

令和元年6月5日 原規技発第1906051号 原子力規制委員会決定

日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格（2012年版/2013年追補/2014年追補）」（JSME S NA1-2012/2013/2014）及び関連規格に関する技術評価書について次のように定める。

令和元年6月5日

原子力規制委員会

日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格（2012年版/2013年追補/2014年追補）」（JSME S NA1-2012/2013/2014）及び関連規格に関する技術評価書の策定について

原子力規制委員会は、日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格（2012年版/2013年追補/2014年追補）」（JSME S NA1-2012/2013/2014）及び関連規格に関する技術評価書を別添のように定める。

日本機械学会

「発電用原子力設備規格 維持規格
(2012年版/2013年追補/2014年追補) 」
(JSME S NA1-2012/2013/2014)
及び関連規格に関する技術評価書

令和元年6月

原子力規制委員会

目 次

1. はじめに	1
2. 維持規格及び関連規格の技術評価に当たって.....	3
2.1 技術評価における視点.....	3
2.2 技術評価の範囲と手順.....	3
2.3 技術基準規則との対応.....	4
2.4 維持規格の補修章の技術評価.....	13
2.5 供用期間中検査に対する基本的考え方.....	13
2.5.1 概要	13
2.5.2 個別事項における考え方.....	14
2.5.2.1 ベースラインデータについて.....	14
2.5.2.2 非破壊試験で検出された欠陥指示.....	15
2.5.2.3 欠陥の扱い.....	15
2.5.2.4 設計工事段階と運転段階における非破壊試験の方法による違い..	16
3. 維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)及び関連規格の技術的妥当性	17
3.1 維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)の 2008 年版からの変更点.....	17
3.2 変更点に関する技術評価.....	17
3.2.1 関連規格の引用年版等の変更.....	17
3.2.2 国内外の知見の反映等(維持規格)	18
3.2.2.1 供用前検査.....	24
3.2.2.2 供用期間中検査.....	29
3.2.2.3 標準検査計画.....	34
3.2.2.4 検査プログラム.....	35
3.2.2.5 目視試験.....	45
3.2.2.6 系の漏えい試験.....	50
3.2.2.7 クラス1 機器及びクラス2 機器の容器の溶接継手の標準検査....	54
3.2.2.8 クラス1 機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査.....	60
3.2.2.9 ポンプ及び弁の非破壊試験要求.....	78
3.2.2.10 支持構造物の標準検査と欠陥評価.....	82
3.2.2.11 炉内構造物の標準検査.....	85

3.2.2.12	シュラウドサポート、中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの個別検査計画.....	91
3.2.2.13	クラス1機器の欠陥評価（評価の流れ）.....	97
3.2.2.14	クラス1機器の評価不要欠陥寸法基準.....	109
3.2.2.15	フェライト鋼容器と管の接合部における機器区分.....	114
3.2.2.16	クラス2、3機器及びクラスMC容器の欠陥評価.....	119
3.2.2.17	欠陥形状のモデル化／欠陥の合体条件評価法.....	129
3.2.2.18	応力拡大係数の算出.....	133
3.2.2.19	K_{Ia} 及び K_{Ic} の規定.....	140
3.2.2.20	欠陥評価に用いる荷重.....	145
3.2.2.21	極限荷重評価法.....	149
3.2.2.22	弾塑性破壊力学評価法.....	155
3.2.2.23	2パラメータ評価法.....	163
3.2.2.24	破壊評価法の選択.....	168
3.2.2.25	フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定.....	173
3.2.2.26	クラス2機器の非破壊試験免除範囲.....	179
3.2.2.27	クラス2管の試験程度.....	184
3.2.3	国内外の知見の反映等（関連規格）.....	187
3.2.3.1	渦電流探傷試験指針に関する技術評価.....	187
3.2.3.2	超音波探傷試験規程に関する技術評価.....	202
3.2.3.3	伝熱管渦流探傷試験指針に関する技術評価.....	220
3.2.3.4	超音波探傷試験システム認証に関する技術評価.....	222
3.2.4	維持規格の2008年版以前の技術評価と維持規格2012年版（2014年追補までを含む。）への反映状況.....	228
4.	維持規格及び関連規格の適用に当たっての条件等.....	253
4.1	維持規格2012年版（2014年追補までを含む。）.....	253
4.2	維持規格2008年版.....	277
4.3	渦電流探傷試験指針.....	285
4.4	超音波探傷試験規程.....	285
4.5	伝熱管渦流探傷試験指針.....	287
4.6	超音波探傷試験システム認証.....	287
5.	過去の技術評価における要望事項.....	288
別記	維持規格改訂において考慮されることが望まれる事項.....	296
別表1～16		
添付資料-1	維持規格2012年版、2013年追補及び2014年追補における維持規格2008年	

版からの変更点一覧（補修章除く）

- 添付資料－ 2 維持規格 2012 年版、2013 年追補及び 2014 年追補における関連規格の維持規格 2008 年版からの変更に関する確認結果
- 添付資料－ 3 EB-1212 蒸気発生器伝熱管局部減肉判定基準に対する構造強度上の評価
- 添付資料－ 4 原子炉圧力容器溶接継手の供用期間中検査への確率論的破壊力学評価の適用事例及び感度解析

1. はじめに

2002年12月に電気事業法等の改正が行われ、事業者に対して、定期的に原子力発電設備の検査を行うことを義務付けるとともに、その検査において、き裂が発見された場合には、設備の構造上の健全性評価を行うことを義務付けた¹。同改正の2003年10月の施行に際し、「発電用原子力設備における破壊を引き起こすき裂その他の欠陥の解釈について」（平成15年12月3日 平成15・11・14 原院第10号）が発出され、同文書において検査の具体的方法及び健全性評価手法と判断基準について日本機械学会が策定した「発電用原子力設備規格 維持規格」（以下単に「維持規格」という。）を条件を付した上で引用した。

維持規格は、米国機械学会（ASME：The American Society of Mechanical Engineers）のボイラー・圧力容器規格（Boiler and Pressure Vessel Code）、Section XI「Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components」（以下「ASME Section XI」という。）、日本電気協会規程「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査（JEAC 4205）」（以下単に「JEAC 4205」という。）、発電設備技術検査協会「原子力発電設備維持に係る技術規準について」等を参考として、日本機械学会が2000年5月に初版（2000年版：JSME S NA1-2000）を策定した。2000年版では、告示501号²の「第1種機器（原子炉冷却材圧力バウンダリ構成機器）」だけを対象に、欠陥評価の方法と許容欠陥基準が規定された。2002年10月には維持規格の改訂版（2002年版：JSME S NA 1-2002）が発行され、欠陥評価（許容欠陥基準を含む）の対象機器の範囲を拡げるとともに、供用期間中検査の規定を追加している。なお、維持規格の活用には、技術的妥当性の評価を行い、条件を付した上で「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈」（原規技発第1408063号（平成26年8月6日原子力規制委員会決定）以下「亀裂解釈」という。）に引用してきており、これまでに維持規格の2000年版、2002年版、2004年版及び2008年版について技術評価が行われている。

2005年に、「発電用原子力設備に関する技術基準」（昭和40年通商産業省令第62号）は、要求事項の詳細を規定する「仕様規定」から要求性能水準を規定する「性能規定」に変更され、技術基準を満たす詳細仕様を定める規格については、学協会³等が策定した民間規格を技術評価を行った上で活用することとした。

原子力規制委員会は、「発電用原子力設備に関する技術基準」に替わる「実用発電用原

¹ 2002年12月に電気事業法等が改正され、事業者の自主的な取組に委ねられていた自主点検が法令上の「定期事業者検査」として位置付けられ、事業者は、安全上の技術基準が適用される原子力発電設備を対象として、定期的に検査を行うことが義務付けられた。この新しい検査制度の下では、原子力発電設備を構成する機器に対する供用期間中検査（維持規格では、「供用期間中に設備の非破壊試験および漏えい試験を行い、設備の経年変化を確認する行為」と定義）は定期事業者検査として事業者に義務付けられた。

² 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年通商産業省告示第501号）、2005年の「発電用原子力設備に関する技術基準」（昭和40年通商産業省令第62号）の性能規定化に伴い廃止された。

³ 本書では、学協会とは、日本原子力学会、日本機械学会及び日本電気協会のことを示す。

子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）の制定に際して、原子力規制委員会としての技術評価を行った上で、引き続き、民間規格を活用することとし⁴、技術基準規則の解釈（以下「技術基準規則解釈」という。）に民間規格を引用した。その後も、「原子力規制委員会における民間規格の活用について」（平成30年6月6日原子力規制委員会）により、民間規格に対する技術評価はその策定プロセスによらず、規定内容が技術的に妥当であるかという観点から行うこととしている。

技術基準規則解釈では、維持規格を直接引用している部分と、技術基準規則解釈で引用している亀裂解釈において維持規格に条件を付して引用している部分があり、両者とも2008年版が引用されている。

また、維持規格2012年版、2013年追補及び2014年追補（以下「維持規格2012年版（2014年追補までを含む）」という。）では、以下に示す日本電気協会の規格を引用している。

- 軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207）（以下「超音波探傷試験規程」という。）
- 原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針（JEAG4217）（以下「渦電流探傷試験指針」という。）
- 軽水型原子力発電所用蒸気発生器伝熱管の供用期間中検査における渦流探傷試験指針（JEAG4208）（以下「伝熱管渦流探傷試験指針」という。）

さらに、亀裂解釈では、日本非破壊検査協会の超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証（NDIS0603）（以下「超音波探傷試験システム認証」という。）を引用している。

本評価書は、次章の基本的考え方を基に維持規格2012年版（2014年追補までを含む。）並びに関連規格の技術評価を行い、取りまとめたものである⁵。

⁴ 「今後の学協会（日本原子力学会、日本機械学会、日本電気協会）規格の活用と規格策定委員会への参画について」（平成24年11月14日原子力規制委員会）参照。

⁵ 本評価書には、維持規格（2012年版（2014年追補まで含む））（JSME S NA1-2012/2013/2014）正誤表（平成28年02月17日付け）、軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）正誤表（平成20年09月30日付け）及び軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）正誤表（平成27年06月23日付け）を含む。

2. 維持規格及び関連規格の技術評価に当たって

2.1 技術評価における視点

「今後の原子力規制委員会における民間規格の活用について」（平成25年6月19日原子力規制委員会）及び「民間規格の技術評価の実施に係る計画について」（平成27年1月7日原子力規制委員会）を踏まえ、維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)の技術評価を、以下の点を確認すること等により実施する。なお、関連規格についても同様な観点から技術評価を行う。

- ① 技術基準規則やその他の法令又はそれに基づく文書で要求される性能との項目及び範囲において対応していること。
- ② 技術基準規則で要求される性能を達成するための必要な技術的事項について、具体的な手法や仕様が示されていること。その他の法令又は法令に基づく文書で要求される事項を達成するための必要な技術的事項については、具体的な手法、仕様、方法及び活動が示されていること。
- ③ 維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)に示される具体的な手法、仕様、方法及び活動について、その技術的妥当性が証明あるいはその根拠が記載されていること。なお、海外規格が維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)に取り込まれたものについては、上記の条件に加え、海外規格との相違点(変更点)及び我が国の規制基準で要求する性能との関係も検討すること。
- ④ 規制当局として追加要件を課している事項については、技術の進歩、運転等における経験などの知見を考慮し、維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)への反映が行われていること。

2.2 技術評価の範囲と手順

維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)の技術評価は以下に示す範囲と手順にて行う。なお、関連規格についても同様とする。

- ① 本技術評価は、既に技術基準規則解釈に引用されている維持規格2008年版から維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)への変更点を対象とする。なお、過去に技術評価されたものであっても最新知見の蓄積や技術の進歩等により再度確認が必要と判断した場合には、再評価を行う。
- ② 維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)で変更された解説は、原則として技術評価の対象外であるが、記載内容を精査し、規格本文における規定内容の技術基準規則への充足性に関係する場合には、技術評価の対象とする。
- ③ 検討に当たっては、原子力規制委員会委員、外部専門家、原子力規制庁職員及び日本原子力研究開発機構安全研究センターの職員から構成される「維持規格の技術評価に関する検討チーム」（備考参照）を設置し、維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)の変更点等について検討を行い、技術評価書を策定する。

(備考)

維持規格の技術評価に関する検討チーム構成員名簿

原子力規制委員会 田中 知 原子力規制委員会委員

原子力規制庁 櫻田道夫 長官官房技術基盤グループ長、辻原浩 技術基盤課長、萩沼真之 技術基盤課企画調整官、佐々木晴子 技術基盤課原子力規制専門職、小嶋正義 システム安全研究部門主任技術研究調査官、河野克己 システム安全研究部門主任技術研究調査官、中村均 システム安全研究部門技術研究調査官、荒井健作 システム安全研究部門技術研究調査官、藤澤博美 技術参与、坂本博司 技術参与、菊池正明 技術参与、船田立夫 技術参与

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構安全研究・防災支援部門安全研究センター 西山裕孝 材料・構造安全研究ディビジョン長、勝山仁哉 材料・構造安全研究ディビジョン構造健全性評価研究グループ 研究主幹

外部専門家 荒居善雄 埼玉大学大学院理工学研究科教授、鈴木雅秀 長岡技術科学大学大学院原子力システム安全工学専攻特任教授、高木敏行 東北大学流体科学研究所教授、辻裕一 東京電機大学工学部機械工学科教授、古川敬 一般財団法人発電設備技術検査協会 溶接・非破壊検査技術センター所長

(注：構成員は平成30年12月18日時点)

2.3 技術基準規則との対応

実用発電用原子炉及びその附属施設の運転開始後における設備の構造上の健全性維持に関して、設計基準対象施設については技術基準規則第17条、第18条並びに第21条第2項及び第3項に、重大事故等対処設備については第55条、第56条及び第58条第2項に規定されている。

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(昭和32年6月10日法律第166号)(以下「原子炉等規制法」という。)第43条3の14は「発電用原子炉設置者は、発電用原子炉施設を原子力規制委員会規則で定める技術上の基準に適合するように維持しなければならない。」とし、技術基準規則第18条では、使用中の原子力設備に破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があってはならないこと(第1項)及び使用中のクラス1機器の耐圧部分を貫通する亀裂その他の欠陥があってはならないこと(第2項)とされている。また、技術基準規則解釈には、『第18条第1項に規定する「その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があってはならない。」とは、亀裂解釈の規定に適合するものであること』と記載されており、亀裂解釈は維持規格2008年版をその一部に条件を付して引用している(「表2-3-1 技術基準規則第十八条、第二十一条、第五十六条、第五十八条及びそれらの解釈の対照表」参照)。

技術基準規則第21条第2項では、クラス1機器、クラス2機器、クラス3機器及びクラ

ス4管について漏えい試験を行ったとき、著しい漏えいがないものと規定されており、技術基準規則解釈第21条2に、第2項の「漏えい試験」は維持規格2008年版によることとなっている。

技術基準規則第21条第3項では、原子炉格納容器の気密試験を行ったとき、著しい漏えいがないものと規定されており、技術基準規則解釈第21条3に、「気密試験」は日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程（JEAC4203-2008）」によることとなっている。維持規格の原子炉格納容器の漏えい率試験に係る規定（「表IE-2500-4」及び「IE-3000系の漏えい試験」）においても「原子炉格納容器の漏えい率試験規程（JEAC4203-2008）」を引用していることから、維持規格の当該規定は、技術評価の対象外とする。

技術基準規則第56条には重大事故等対処設備に破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があつてはならないと規定され、技術基準規則解釈第56条においては、第18条の解釈に準ずると規定されている。また、技術基準規則第58条第2項には、重大事故等対処設備は当該機器の使用時における圧力で漏えい試験を行ったとき著しい漏えいがないものでなければならないと規定されており、技術基準規則解釈第58条第1項に、第21条の解釈に準ずると規定されている。なお、技術基準規則は平成25年6月に制定されたため、今回技術評価の対象とする維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)においては、重大事故等対処設備が反映されていないことから、今回の技術評価においては、設計基準対象施設のみ対象とし、重大事故等対処設備については、今後の維持規格の改訂で規格の中に反映された際に、技術評価することとする。

技術基準規則と維持規格2008年版の検査章及び評価章については、表2.3-2に示すように、クラス4管を除いて規則対応しており、維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)においても構成に変更はない。なお、表2.3-2では維持規格2012年版(2014年追補までを含む。)で規定の内容が変更されている部分（技術的変更でない軽微な変更は除く）に下線を付してある。

なお、技術評価は、「性能規定化された規制要求に対する容認可能な実施方法」について行うものであることから、これに該当しない場合は「技術評価の対象外」とし、技術評価の結果、適用すべきでないと判断したものは「適用除外」としている。ただし、これは実施を妨げるものではなく、技術的根拠があれば個別に説明を行うことにより用いることができる。この考え方は、技術基準規則の解釈に次のように規定されている。

- 技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合するものと判断する。

表 2.3-1 技術基準規則第十八条、第二十一条、第五十六条、第五十八条
及びそれらの解釈の対照表

技術基準規則	技術基準規則解釈
<p>(使用中の亀裂等による破壊の防止)</p> <p>第十八条 使用中のクラス1機器、クラス1支持構造物、クラス2機器、クラス2支持構造物、クラス3機器、クラス4管、原子炉格納容器、原子炉格納容器支持構造物及び炉心支持構造物には、その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があつてはならない。</p> <p>2 使用中のクラス1機器の耐圧部分には、その耐圧部分を貫通する亀裂その他の欠陥があつてはならない。</p>	<p>第18条 (使用中の亀裂等による破壊の防止)</p> <p>1 第1項に規定する「その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があつてはならない。」とは、「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈」(原規技発第1408063号(平成26年8月6日原子力規制委員会決定))の規定に適合するものであること。</p>
<p>(耐圧試験等)</p> <p>第二十一条 (略)</p> <p>2 クラス1機器、クラス2機器、クラス3機器及びクラス4管は、通常運転時における圧力で漏えい試験を行ったとき、著しい漏えいがないものでなければならない。</p>	<p>第21条 (耐圧試験等)</p> <p>1 (略)</p> <p>2 第2項の「漏えい試験」は、日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格(2008年版)」(JSME S NA1-2008)によること。 (「日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格(2008年版)」(JSME S NA1-2008)に関する技術評価書」(平成21年2月原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構取りまとめ))</p>
<p>第五十六条 使用中の重大事故等クラス1機器、重大事故等クラス1支持構造物、重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物には、その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があつてはならない。</p>	<p>第56条 (使用中の亀裂等による破壊の防止)</p> <p>1 第56条の適用に当たっては、第18条の解釈に準ずるものとする。</p>
<p>第五十八条 (略)</p> <p>2 重大事故等クラス1機器、重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス3機器に属する機器は、当該機器の使用時における圧力で漏えい試験を行ったとき、</p>	<p>第58条 (耐圧試験等)</p> <p>1 (略)</p> <p>2 第1項及び第2項に規定する「他の方法」とは、機器の使用時における圧力で試験を行うことが困難と認められる場合</p>

<p>著しい漏えいがないものでなければなら ない。ただし、他の方法により当該圧力 を加えた場合に著しい漏えいがないこと を確認できる場合は、この限りでない。</p>	<p>に、評価等の方法を用いて実施する場合 をいう。</p>
--	------------------------------------

表 2.3-2 技術基準規則と維持規格 2008 年版の対比

注記
 ① 対応規格番号は、原則として 10 の位で分類。上位の規格番号（末尾が 00、000 のもの）は適用される。
 ② 1 の位の規格番号で適用しないものがある場合は、適用されるものを（ ）で限定。
 ③ 2012 年版／2013 年追補／2014 年追補で改定のあった規格番号を下線で示す。

技術基準規則	日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 (2008 年版)」(JSME S NA1-2008)						
	クラス 1 機器	クラス 2 機器	クラス 3 機器	クラス MC 容器 (鋼製)	支持構造物	炉内構造物 (炉心支持 構造物)	クラス 4 管
(使用中の亀裂等による 破壊の防止) 第 18 条 使用中のクラ ス 1 機器、クラス 1 支持 構造物、クラス 2 機器、 クラス 2 支持構造物、ク ラス 3 機器、クラス 4 管、原子炉格納容器、原 子炉格納容器支持構造 物及び炉心支持構造物 には、その破壊を引き起 こす亀裂その他の欠陥 があってはならない。 2 使用中のクラス 1 機器 の耐圧部分には、その耐 圧部分を貫通する亀裂 その他の欠陥があって はならない。	<u>IA-2100</u>	IA-2330	<u>IA-2520</u>	<u>IA-2530</u>	(<u>IA-2543</u>)	添付 I-1	— (規定 なし)
	<u>IA-2210</u>	IA-2340	(<u>IA-2521</u>)	(IA-2531)	IA-2550	添付 I-3	
	IA-2230	IA-2350	(<u>IA-2522</u>)	(IA-2532)	IA-2610		
	<u>IA-2310</u>	IA-2360	(<u>IA-2523</u>)	IA-2540	IA-2620		
	<u>IA-2320</u>	IA-2400	(<u>IA-2524</u>)	(IA-2541)	IA-4100		
	IA-2510	(<u>IA-2525</u>)	(<u>IA-2542</u>)	IA-4200			
	IB-1210	IC-1210	ID-1210	IE-1200	<u>IF-1210</u>	IG-1200	— (規定な し)
	IB-1220	IC-1220	ID-1220	IE-2510	<u>IF-1220</u>	IG-2510	
	IB-2510	<u>IC-2510</u>	ID-2510	IE-2520	<u>IF-1300</u>	IG-2520	
	IB-2520	IC-2520	ID-2520	表 IE-2500-1	IF-2500	表 <u>IG-2500-1</u>	
	<u>表 IB-2500-1</u>	<u>表 IC-2500-1</u>	表 ID-2500-1	表 IE-2500-2	表 IF-2500-1	IJG-1200	
	<u>表 IB-2500-2</u>	表 IC-2500-2		表 IE-2500-3		<u>IJG-2510</u>	
	表 IB-2500-3	表 IC-2500-3				IJG-2520	
	表 IB-2500-4	表 IC-2500-4				IJG-2530	
	<u>表 IB-2500-5</u>	<u>表 IC-2500-5</u>				IJG-2540	
	表 IB-2500-6	表 IC-2500-6				IJG-2550	
	表 IB-2500-7					<u>表 IJG-2500-B-1</u>	
	<u>表 IB-2500-8</u>					<u>表 IJG-2500-B-2</u>	

	<u>表 IB-2500-9</u> 表 IB-2500-10 <u>表 IB-2500-11</u> 表 IB-2500-12 表 IB-2500-14 IJB-1200 IJB-2510 IJB-2520 IJB-2530 IJB-2540 <u>表 IJB-2500-B- 1</u> <u>表 IJB-2500-B- 2</u> 表 IJB-2500-B- 3					表 IJG-2500-B-3 添付 I-4 表 添付 I-4-B-1 表 添付 I-4-P-1	
EA-3010	<u>添付 E-1</u>	<u>添付 E-4</u>	<u>添付 E-7</u>	<u>添付 E-10</u>	添付 E-13	添付 E-16	—
EA-3020	添付 E-2	<u>添付 E-5</u>	<u>添付 E-8</u>	<u>添付 E-11</u>	添付 E-14	添付 E-17	(規定なし)
EA-3030	添付 E-3	<u>添付 E-6</u>	<u>添付 E-9</u>	<u>添付 E-12</u>	添付 E-15		
EB-1010	<u>EC-1010</u>	<u>ED-1010</u>	EE-1010	EF-1010	EG-1010		—
<u>EB-1110</u>	<u>EC-1100</u>	<u>ED-1110</u>	EE-1110	EF-1110	EG-1110		(規定なし)
<u>EB-1120</u>	<u>EC-1120</u>	<u>ED-1120</u>	EE-1120	EF-1120	EG-1120		
EB-1130	<u>EC-1210</u>	<u>ED-1210</u>	EE-1220	EF-1150	EG-1210		
EB-1211	<u>EC-1300</u>	<u>ED-1220</u>		EF-1220	EG-1220		
EB-1212		<u>ED-1300</u>			EJG-1010		
EB-1220					EJG-1110		

	EB-1310					EJG-1130	
	EB-1320					EJG-1320	
	EB-2010					EJG-1321	
	EB-2020					EJG-1322	
	EB-2030					EJG-1323	
	EB-3040					EJG-3040	
	EB-3100					EJG-3100	
	EB-3200					EJG-3200	
	EB-3300					EJG-3300	
	EB-3310					EJG-3310	
	EB-3320					EJG-3320	
	EB-3330					EJG-3330	
	EB-3340					EJG-3340	
	EB-3350					EJG-3350	
	EB-3360					EJG-3351	
	EB-3400					EJG-3352	
	EB-3410					EJG-3353	
	EB-3420					EJG-3360	
	EB-3430					EJG-3400	
	EB-3440					EJG-3410	
	<u>EB-3500</u>					EJG-3420	
	EB-4040					EJG-3430	
	EB-4100					EJG-3440	
	EB-4200					EJG-3450	
	EB-4300					EJG-3460	
	EB-4310					EJG-3470	
	EB-4320					EJG-3500	

EB-4330					EJG-3510	
EB-4340					EJG-3520	
EB-4350					EJG-3600	
EB-4351					添付 EJG-B-1-1	
EB-4352					添付 EJG-B-1-2	
EB-4353					添付 EJG-B-2-1	
EB-4360					添付 EJG-B-2-2	
EB-4400					添付 EJG-B-3-1	
EB-4410					添付 EJG-B-3-2	
EB-4420						
EB-4430						
EB-4440						
EB-4450						
EB-4500						
EB-5040						
EB-5100						
EB-5200						
EB-5300						
EB-5310						
EB-5320						
EB-5330						
EB-5340						
EB-5350						
EB-5360						
EB-5400						
EB-5410						
EB-5420						

	EB-5430						
	EB-5440						
	EB-5450						
	EB-5460						
	EB-5500						

技術基準規則	日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 (2008年版)」(JSME S NA1-2008)			
	クラス 1 機器	クラス 2 機器	クラス 3 機器	クラス 4 管
(耐圧試験等) 第 2 1 条 2 クラス 1 機器、クラス 2 機器、クラス 3 機器及びクラス 4 管は、通常運転時における圧力で漏えい試験を行ったとき、著しい漏えいがないものでなければならない。	IA-3100	IA-3320	IA-3400	— (規定なし)
	IA-3210	IA-3330	IA-3500	
	IA-3220	IA-3340	IA-4100	
	IA-3230	IA-3350	IA-4200	
	IA-3310			
	IB-3100	IC-3100	ID-3100	— (規定なし)
	IB-3210	IC-3210	ID-3210	
	IB-3220	IC-3220	ID-3220	
	IB-3230	IC-3230	ID-3230	
	表 IB-2500-13	IC-3230	表 ID-2500-2	
	EB-1230	表 IC-2500-7	ED-1230	
		EC-1230		

2.4 維持規格の補修章の技術評価

維持規格の補修章は、2004年版の技術評価において「今後、補修章が体系化され、技術基準との対応が可能となった場合は技術評価を行うこととする。」とされている。

維持規格 2012年版(2014年追補までを含む。)においては、補修章の「RA 補修・取替の一般事項」及び「RB-1000 補修技術の一般要求事項」について規定内容を充実させた改訂が行われている。しかし、補修章の RB-2000 番台以降の個別補修方法に関する規定内容については従前のままである。

維持規格は「A 総則」、「I 検査章」、「E 評価章」及び「R 補修章」で構成されているが、総則において検査章、評価章及び補修章の規定は何も引用されておらず、それぞれの行為に対する事業者の責務が規定されているのみである。

補修章の技術評価を行うためには、個別補修技術が仕様規定として整理され、総則において全体が関連付けて体系化される必要がある。その個別補修技術の整理では、運転段階にも適用される設計・建設規格及び溶接規格との対応関係が明確な形で規定され、規定内容が規格間で整合していることが必要である。また、運転段階特有の補修技術(欠陥除去、母材の中性子照射量に対する溶接制限、伝熱管施栓他)の要素について、仕様が規定されている必要がある。さらに、RB-1000 番台においてクラス 1 機器、クラス 2 機器等のクラス別に適用可能な補修技術を示しているが、適用可能な溶接部の形状はクラスごとに制限されているので、個別補修技術はクラスごとに規定内容を明確にする必要がある。なお、技術評価を行い規制上に位置付ける場合には、技術基準規則との対応関係⁶が明確である必要があり、規格の規定との対応関係が明確に読み取れる規定条項に整理されている必要がある。

以上により、補修章については引き続き技術評価を行わないこととする⁷。

2.5 供用期間中検査に対する基本的考え方

維持規格 2012年版(2014年追補までを含む。)の技術評価の結果、供用期間中検査に対する基本的な考え方とそれに係る個別事項について以下のとおり整理した。

2.5.1 概要

実用発電用原子炉及びその附属施設は、供用開始以降時間の経過と共に劣化していく可

⁶ 例えば、技術基準規則解釈の別記-2(日本機械学会「設計・建設規格」及び「材料規格」等の適用に当たって)における別表-1-1、別記-5(日本機械学会「溶接規格」等の適用に当たって)における別表第5-1等を参照。

⁷ 補修章に規定する予防保全技術には、溶接(熱エネルギーの利用を含む。)を伴うものと伴わないものがある。施工時点では技術基準規則に適合している工作物を事業者が自主的に予防処置するものであり、技術基準規則第17条(材料及び構造)に関連付けられる。なお、ウェルドオーバーレイ工法については技術基準規則第17条の規定に適合するための条件について技術基準規則解釈の別記-3(ウェルドオーバーレイ工法の適用に当たって)に規定し、運転段階の非破壊試験の方法を亀裂解釈の別紙1「非破壊試験の方法について」に規定している。また、テンパービード溶接工法による補修方法については「発電用原子炉施設の溶接事業者検査に係る実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則のガイド」の別紙1「非破壊試験の方法について」において技術基準規則第17条15号に適合するための溶接事業者検査の方法を規定している。

能性があり、劣化の程度を試験・検査によって確認し、必要があれば措置を講じ、施設の健全性を維持していく必要がある。

供用期間中検査とは、耐圧部材とその支持構造物等の健全性を確認するために、欠陥の発生及び欠陥の進展（設計工事段階における潜在的及び許容された欠陥の進展を含む。）の有無を非破壊試験により調べ、新たな欠陥指示が検出された場合又は欠陥の進展するおそれが認められた場合は、当該設備の健全性を損ない破壊を引き起こすものであるかについて評価を行う一連のプロセスである。なお、我が国の実用発電用原子炉及びその附属施設においては、技術基準規則第18条第1項の「破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があつてはならない」及び同条第2項の「クラス1機器の耐圧部分を貫通する亀裂その他の欠陥があつてはならない」との規制要求に基づき、供用期間中検査が行われている。また、供用期間中検査には、非破壊試験対象部以外の部分を含む耐圧部材について、漏えい試験を行い著しい漏えいがないことを確認することも含まれる（技術基準規則第21条第2項）。

欠陥の進展を把握するには、非破壊試験により欠陥指示の大きさの変化を捉え、欠陥の進展を示唆する試験結果が得られた（以下「進展するおそれがある」という。）場合には、そのサイジングを行い、その欠陥が「破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥」に該当するかを評価（以下「欠陥評価」という。）する。検出された欠陥指示を過去の測定結果と比較することで、進展しているかを把握することが可能である。比較する過去の記録がない場合には、新たに発生した欠陥として捉える必要がある。新たに取得された非破壊試験の結果を過去の記録と比較することにより判断する場合、過去の記録がより多く収集されていれば、測定時のデータのばらつきを考慮することができ、変化をより正確に把握することができる。

2.5.2 個別事項における考え方

本技術評価において検討された重要な考え方について以下に示す。

2.5.2.1 ベースラインデータについて

新たに取得された供用期間中検査の結果は、過去の記録（具体的には、供用前検査の記録又は以前の供用期間中検査の記録（以下「ベースラインデータ」という。））と比較し、新たに欠陥指示が検出された場合及び欠陥の進展するおそれが確認された場合は、寸法測定を行い、当該欠陥が「破壊を引き起こす」ものであるかを評価し、継続使用の可否を判断する。新たに取得された供用期間中検査の結果について、比較できるベースラインデータがない場合は、当該欠陥指示は新たに発生した欠陥と同様、欠陥評価を行う必要がある。

ベースラインデータの考え方については、以下のとおりである。

- ベースラインデータは、漏えい試験を除く全ての試験対象部（維持規格に規定する追加試験を含み、供用期間中検査を実施する可能性のあるもの全て）について、今後、整備が望まれる。
- ベースラインデータは、供用前検査において供用期間中検査と比較可能な方法で取得

される必要がある。また、供用前検査における溶接部及びその母材部の体積試験の厚さ方向の試験範囲は、全厚さとする必要がある。

- ベースラインデータは、供用前検査において取得されるのが基本であるが、それだけでなく、毎回の検査データとも比較できるように、以前の供用期間中検査の結果も含め蓄積することにより、有効に活用できる。この場合、供用前検査の記録はないが以前の供用期間中検査の記録があれば、その記録をベースラインデータとすることとなる。

2.5.2.2 非破壊試験で検出された欠陥指示

供用期間中に検出された欠陥指示⁸は、供用前検査を含む以前の供用期間中検査（以下「供用前検査等」という。）において同定⁹されており、進展するおそれがない場合には、必ずしもサイジング及び評価を行う必要はない。

したがって、供用前検査等においてベースラインデータを蓄積し、供用期間中検査の非破壊試験で検出された欠陥指示をベースラインデータと比較し、新たに検出された又は進展するおそれのある欠陥指示は、サイジング及び評価を行うことが必要である。また、欠陥指示が進展した原因の推定も行う必要がある。なお、供用前検査において、設計工事段階の非破壊試験におけるものとは異なる欠陥指示が検出された場合は、当該指示について供用期間中検査に準じた評価を行うことが望ましい。

2.5.2.3 欠陥の扱い

設計工事段階の非破壊試験で許容されたものであっても、無欠陥ではなく、各々の非破壊試験の判定基準で許容される欠陥が存在することを想定して、供用期間中検査においては、それらの欠陥が供用期間中に進展していないことを確認することも考慮すべきである。

次項で述べるように設計工事段階の非破壊試験における判定基準の考え方は運転段階のそれとは異なるため、運転段階においては設計工事段階に許容される欠陥であっても供用前検査の対象及び供用期間中検査の対象の候補として考慮し、必要に応じて運転段階の判定基準で評価される必要がある。

設計工事段階の非破壊試験で許容される欠陥はポロシティのような空洞状のものが多く、不検出となる面状欠陥が存在する可能性も否定できない（3.2.2.8項参照）。解析的な評価によれば供用期間中におけるこれらの欠陥の進展性は小さいと考えられるが、欠陥寸法測定にはその手法に相応の不確かさが含まれること、及び維持規格の解説第

⁸ 欠陥は超音波探傷試験規程 2008 年版の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」に記載する「不連続部エコー」と「欠陥エコー」を生じる欠陥に対応し、同表ではこれらをまとめて「要記録エコー」と区分していることから、検出された欠陥指示とは、超音波探傷試験の場合は超音波探傷試験規程 2008 年版の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」に規定する「要記録エコー」とであると考えられる。

⁹ ここでの「同定」とは、以下のいずれかの欠陥であることが認められることを示す。

- a) 供用前検査を含む以前の供用期間中検査で検出された欠陥。
- b) 設計工事段階の非破壊試験で検出され、許容された欠陥。

三編 3. 欠陥評価の基本ルールにあるように「供用期間中の UT においては、設計時には予測しなかったような荷重、または、これと施工条件との組み合わせ等によって、欠陥が進展して検出されることが考えられる。」ことから、供用期間中検査においてその存在を無視することは適切ではなく、試験対象の候補として考慮する必要がある。

したがって、供用期間中検査においては、設計工事段階に発生した欠陥であっても検査の対象として考慮し、規定される試験程度が 100%未満の供用期間中検査対象部において試験対象をサンプル抽出する場合にその試験データを選定要素として加えることが適切である。

2.5.2.4 設計工事段階と運転段階における非破壊試験の方法による違い

設計工事段階の非破壊試験は主に放射線透過試験（以下「RT」という。）が、運転段階の非破壊試験は主に超音波探傷試験（以下「UT」という。）が、それぞれ行われている。設計工事段階及び運転段階における非破壊試験の目的について整理したものを「表 2.5.2.4-1 設計工事段階及び運転段階における非破壊試験の目的及び試験結果の判断基準の考え方の比較」の上段に示す。

設計工事段階における欠陥の判断基準は母材及び溶接部の強度に影響を与える製造欠陥がないことを判定するためのものであり、運転段階においては、基本的に供用期間中の荷重、使用環境等を考慮した欠陥の進展及び破壊の評価を基にした判断基準を用いる必要がある。したがって、設計工事段階の判断基準を維持段階において準用する場合は、その妥当性を説明する必要がある。

両者の非破壊試験の検出特性から、RT では検出できなかった面状欠陥が、UT で検出される可能性がある。このような面状欠陥が存在していたとしても、設計工事段階では耐圧試験で耐えることを確認しており、供用開始後に直ちに破壊を引き起こすことは考え難いが、その後の供用期間中の変化を確認することも必要である。

表 2.5.2.4-1 設計工事段階及び運転段階における非破壊試験の目的
及び試験結果の判断基準の考え方の比較

	設計工事段階	運転段階
の非破壊試験	機器が要求された性能を発揮できる品質を有していることを確認するために行うものである。	供用期間中に、破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥がないことを確認するために行われるものである。その要因としては金属疲労、応力腐食割れ等が考えられる。
考判断基準の方	材料又は溶接部の強度に影響を与えるような製造欠陥がないことを判断基準としており、強度の観点から許容される欠陥の種類、個数、長さ等を規定している。	検出された欠陥に対し、荷重、使用環境等から、欠陥が進展し、破壊に至るかどうかを破壊力学にて評価し、判断する。

3. 維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)及び関連規格の技術的妥当性

3.1 維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)の 2008 年版からの変更点

維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)の 2008 年版からの変更点は、改訂によるもの(添付資料-1)が 198 件あり、各々の変更点について、下表の分類に基づいて整理した。

表 3.1-1 維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)の
2008 年版からの変更点 (変更点に関する根拠の分類)

根拠の分類		具体的内容
①	記載の適正化のための変更	<ul style="list-style-type: none">・用語の統一・表現の明確化・題目の修正・条項番号の変更・単位換算の見直し・記号の変更
②	関連規格の引用年版等の変更	<ul style="list-style-type: none">・関連規格の年版改正の反映・新たな関連規格の反映
③	国内外の知見の反映等	<ul style="list-style-type: none">・国内外における試験研究成果の反映等
④	技術評価の対象外	<ul style="list-style-type: none">・技術評価の対象機器以外の機器に係る変更

3.2 変更点に関する技術評価

維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)の 2008 年版からの変更点(技術評価の対象外の項目を除く)のうち、①に分類される項目については、技術的要求事項の変更がないことを確認した。また、②に分類される項目の検討結果については 3.2.1 に、③に分類される項目の検討結果については 3.2.2 に示す。

なお、過去に技術評価されたものであっても、最新知見の蓄積や技術の進歩等により再度評価の確認が必要と判断した場合には、当該部分を技術評価の対象とした。

3.2.1 関連規格の引用年版等の変更

維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)において、2008 年版から変更又は追加された関連規格を添付資料-2 に示す。年版表記を削除したものが 1 件(3 箇所)、年版を最新のものに変更したものが 3 件(3 箇所)、追加したものが 5 件(9 箇所)の計 9 件である。これらの変更内容のうち、以下の 3 点を技術評価する必要があることを確認した。

これらの技術評価については、次項で述べる維持規格の国内外の知見の反映等に係る技術評価の結果を踏まえることが適切であることから、3.2.2 項の後に改めて記載することとする。

表 3.2.1-1 関連規格の引用年版等の変更に該当する事項

No	件名	主な変更内容又は再確認の内容	記載箇所
1	渦電流探傷試験指針	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気発生器伝熱管以外の機器への表面試験の一手法としての渦流探傷試験規定を追加 ・ 試験要領は渦電流探傷試験指針 2010 年版を適用する規定を追加 	IA-2533 渦流探傷試験
2	超音波探傷試験規程	<ul style="list-style-type: none"> ・ UT において適用する規格を、超音波探傷試験規程 2004 年版から 2008 年版に変更（欠陥の疑いがある場合のフェーズドアレイ法による探傷試験方法を追加等） ・ 維持規格への適用に当たっての再確認 ・ 供用期間中検査に係るレベル 3 資格者の位置付けについて再確認 	IA-2542 超音波探傷試験 IA-2220 検査計画書
3	伝熱管渦流探傷試験指針	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気発生器伝熱管の供用期間中検査の試験方法として適用する規格を、伝熱管渦流探傷試験指針 2005 年版から 2012 年版に変更（外径 19.05mm 伝熱管に適用する探傷子を用いる試験方法の追加等） 	IA-2543 渦流探傷試験
4	超音波探傷試験システム認証	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本文規定を附属書 A とし、新たに WOL に対する PDA 資格試験（附属書 B）及び異種金属継手に関する PDA 資格試験（附属書 C）を追加。 	—

3.2.2 国内外の知見の反映等（維持規格）

維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）の 2008 年版からの変更点について、国内外の知見の反映等によると判断した事項及び変更点以外で再度確認を行った事項は下表に示すとおりであり、事項毎に技術的妥当性を検討した。

表 3.2.2-1 国内外の知見の反映等に該当する変更事項

No	件名	主な変更内容又は再確認の内容	記載箇所
1	供用前検査 ¹⁰	<ul style="list-style-type: none"> ・ 95℃を超える配管・機器の支持構造物を取り替えた場合の供用前検査は、次の運転中又は定期事業者検査中に行うとしていたものを、当該定期事業者検査中若しくはこれに引き続く運転期間中又は次回定期事業者検査中に行う規定に変更 ・ 建設中の供用前検査の実施時期は原則として耐圧試験後とするが、配管の場合は耐圧試験の前でもよいとのただし書 	IA-2100 供用前検査 IA-2110 供用前検査の実施時期

¹⁰ 発電用原子炉施設の最初の運転開始前又は供用期間中における補修・取替後の運転開始前までに、設備の基本データを採取し、供用期間中の検査の体積試験又は表面試験結果と比較するために行う検査。

		を追加	
2	供用期間中検査 ¹¹	<ul style="list-style-type: none"> ・ 供用期間中検査の対象機器に補修・取替を行った場合の供用期間中検査は、補修章の規定を適用することを追加 ・ 供用期間中検査の実施可能時期を「通常の定期事業者検査期間に先立って」から「定期事業者検査期間以外の時期」も含む時期に変更 	IA-1200 適用区分 IA-2210 供用期間中検査の実施時期
3	標準検査 ¹² 計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第1回目の検査間隔の起算日を「商業運転開始日」から「商業運転開始日又はそれ以前の起算日」に変更 	IA-2310 検査間隔 IA-2320 検査プログラム
4	検査プログラム ¹³	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第2回目以降の検査間隔について、検査時期及び試験順序を変更する場合の規定を追加 ・ 試験部位が増加した場合の検査プログラム変更について、検査間隔が10年の場合と7年の場合に分けて、具体的な検査時期と試験量の設定方法を追加 ・ 定点サンプリングの適用条件について再確認 	IA-2320 検査プログラム 添付 I-2 検査プログラム適用に当たっての移行措置
5	目視試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ VT-1、VT-2、VT-3 について、遠隔目視試験における試験対象部までの距離及び角度の範囲を追加 ・ MVT-1 試験における識別確認として、ワイヤと同等の視認性を有するノッチでもよいことを追加 	IA-2520 目視試験 IA-2521 VT-1 試験 IA-2522 VT-2 試験 IA-2523 VT-3 試験 IA-2525 MVT-1 試験
6	系の漏えい試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉圧力容器以外のクラス1機器の試験温度は設計・建設規格¹⁴によるとしていた規定を、設計時又は建設時に定めた機器の最低使用温度に変更 ・ クラス2、3機器のフェライト鋼を含む系統の試験温度は設計・建設規格によるとしていた規定を、設計時又は建設時に定めた機器の最低使用温度に変更 ・ クラス2、3機器の試験圧力について再確認 	IA-3210 試験圧力および試験温度 IB-3210 試験圧力および試験温度 IB-3230 圧力保持範囲 IC-3230 試験温度 ID-3230 試験温度
7	クラス1機器及びクラス2機器の容器の溶接継手の標準検査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験程度の一部又は全部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施する場合、代替とした理由及び代替として実施する試験程度の妥当性を記録することを規定として追加 ・ 原子炉圧力容器の溶接継手の試験程度 	表 IB-2500-1 表 IB-2500-2 表 IB-2500-8 表 IC-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法

¹¹ 供用期間中に、設備の非破壊試験および漏えい試験を行い、設備の経年変化を確認する行為。

¹² 経年変化事象の検知を目的として、指定された検査間隔、検査プログラムに基づいて行う検査。

¹³ 試験を行うための計画表又は工程表。

¹⁴ 日本機械学会「発電用設備規格 設計・建設規格 <第I編軽水炉規格> (JSME S NC1)」

		について再確認	
8	クラス1機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査	<ul style="list-style-type: none"> ・クラス1機器の体積試験の試験範囲を、溶接部の厚さの全厚から内面側1/3へ、溶接止端部から10mmの範囲を5mmの範囲へ変更 ・これに併わせて、管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手に、外面の表面試験を追加 	表 IB-2500-5 表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法 図 IB-2500-17-1 セーフエンド又は管の同種および異種金属溶接継手等
9	ポンプ及び弁の非破壊試験要求	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプのケーシングの内表面（試験カテゴリ B-L-1）の溶接継手及び弁本体の耐圧部分の溶接継手（試験カテゴリ B-M-1）の呼び径100A以上の弁箱の溶接継手について、体積試験又は表面試験を要求していたものを削除 ・ポンプの耐圧部分の溶接継手に対する試験頻度についての規定を削除 	表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法 図 IB-2500-27 弁本体の溶接継手
10	支持構造物の標準検査と欠陥評価	<ul style="list-style-type: none"> ・クラス3機器の支持構造物の範囲はクラス2機器の支持構造物の範囲に準ずるとした規定を削除 ・欠陥評価の判定基準について再確認 	IF-1210 試験対象支持構造物 IF-1220 試験免除支持構造物 IF-1300 支持構造物の範囲 EF-1200 判定基準
11	炉内構造物の標準検査	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉圧力容器及び原子炉容器の容器内部の検査について、検査間隔内での検査の延期を「可」に変更 ・容器内部の検査の試験時期について、第1検査間隔においては最初の燃料交換時及びその後約3年毎としていたものを削除 ・容器内部の試験の範囲及び程度について再確認 	表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法
12	シュラウドサポート、中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの個別検査 ¹⁵ 計画	<ul style="list-style-type: none"> ・シュラウドサポートについて、試験を実施できない範囲は貫通欠陥として扱うとした規定を削除 ・中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの試験範囲は試験部位につながるRPV貫通穴周囲およびハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする規定を追加 ・中性子束計測ハウジングの個別検査について再確認 	IJG-2510 試験実施時期 表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法 等 表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法 表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法
13	クラス1機器の欠陥評価（評価の流れ）	<ul style="list-style-type: none"> ・欠陥評価の流れにおいて、表面部の指示（割れを除く）及び溶接部内部の指示を「EB-1120 試験に対する評価」で評価可 	EB-1110 評価の流れ EB-1120 試験に対する評価

¹⁵ 特定の構造物の特定の経年変化事象についての評価を含めた検査。

	れ)	能とした ・評価の流れについて再確認	図 EB-1000-1 クラス 1 機器の欠陥評価の流れ
14	クラス 1 機器の評価不要欠陥寸法基準	・フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準並びにオーステナイト系ステンレス鋼管及びフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準の表中の内部欠陥について、アスペクト比に対応した評価不要欠陥寸法基準値 (式) の指数を変更	表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準 表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の評価不要欠陥寸法基準
15	フェライト鋼容器と管の接合部における機器区分	・容器-管の機器区分点は、セーフエンドと管の溶接部の中央部であったものを、セーフエンドと管の溶接線のセーフエンド側に変更 ・管台先端から厚さ増加位置までの欠陥の許容基準を管から容器の許容基準に変更	EB-1010 適用及び概要 解説整理番号 E-3 容器と管の適用区分
16	クラス 2、3 機器及びクラス MC 容器の欠陥評価	・クラス 2、3 機器に検出された欠陥の評価法を具体的に規定 ・欠陥評価において、有意な欠陥指示が検出された場合、クラス 1 機器と同様に、「第一段階の欠陥評価」及び「第二段階の欠陥評価」を規定 ・クラス MC 容器の評価章の判定基準について再確認	EC クラス 2 機器の欠陥評価 ED クラス 3 機器の欠陥評価
17	欠陥形状のモデル化／欠陥の合体条件評価法	・欠陥の合体条件評価法について、同一平面上にない複数欠陥として扱うものを「(評価期間前の) 最も大きな欠陥を含む平面上に投影」から「評価期間中の予測欠陥寸法が最大となる同一平面上に投影」に変更	添付 E-1 欠陥形状のモデル化、 添付 E-4 欠陥の合体条件評価法
18	応力拡大係数の算出	・対象構造物のモデルを「平板、円筒、管および容器」から「平板および円筒」にまとめ、それぞれについて欠陥形状、応力分布及び応力拡大係数の算出式の見直し及び組合せを再整理	添付 E-5 応力拡大係数の算出
19	K_{Ia} 及び K_{Ic} の規定	・ RT_{NDT} あるいは $vTrs$ のない初期プラントに対して、JEAC4206-2007 ¹⁶ 附属書 E を適用してもよい規定を追加 ・原子炉圧力容器の中性子照射脆化に関する規定を JEAC4201-2007 ¹⁷ 附属書 B の引用に変更 ・母材及び溶接金属の K_{Ic} 曲線の選定につ	添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定

¹⁶ 日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 (JEAC4206)」2007 年版

¹⁷ 日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法 (JEAC4201)」2007 年版

		いて再確認	
20	欠陥評価に用いる荷重	<ul style="list-style-type: none"> 欠陥評価に用いる荷重において、地震による荷重の組合せは JEAC4601・補-1984¹⁸ の規定の引用を追加 亀裂進展評価で考慮する溶接残留応力他について再確認 	添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重
21	極限荷重評価法	<ul style="list-style-type: none"> クラス 2、3 配管に対する流動応力について、設計降伏点、設計引張強さの実測値が得られない場合の算出式を追加 表面欠陥に対する極限荷重評価法に内部欠陥に対する極限荷重評価法を追加 添付 E-8 の表をクラス 2、3 配管へ適用について再確認 	添付 E-8 極限荷重評価法
22	弾塑性破壊力学評価法	<ul style="list-style-type: none"> オーステナイト系ステンレス鋼について、クラス 1 配管の Z 係数をクラス 2、3 配管に対して適用可とした フェライト鋼管について、クラス 2、3 配管の Z 係数¹⁹と適用範囲の規定を追加 周方向欠陥の図を、従来の扇形表面欠陥から、半楕円表面欠陥と半楕円内部欠陥に変更 塑性崩壊の曲げ応力の評価式に、内部欠陥の式を追加 流動応力の式をクラス 1 配管及び炉内構造物の場合と、クラス 2、3 配管の場合に分け、クラス 2、3 配管の式を追加 	添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法
23	2 パラメータ評価法	<ul style="list-style-type: none"> 周方向欠陥形状を扇形から半楕円に変更 破壊評価曲線の設定の規定における重複部分を削除 添付 E-5 との整合性について再確認 	添付 E-10 2 パラメータ評価法
24	破壊評価法の選択	<ul style="list-style-type: none"> 応力拡大係数を算出する場合の欠陥形状を扇形から半楕円形に変更 引用する添付 E-5 の応力拡大係数算出式を変更 	添付 E-11 破壊評価法の選択
25	フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定	<ul style="list-style-type: none"> クラス 2、3 配管用のシャルピー吸収エネルギーと破壊靱性の変換式 ($CIN-J_{Ic}$ 式) を追加 	添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定
26	クラス 2 機器の試験免除範囲	<ul style="list-style-type: none"> 試験免除の対象範囲について再確認 	IC-1220 試験免除機器

¹⁸ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 (JEAC4601・補)」1984 年版

¹⁹ Z 係数は許容される欠陥長さの制限である欠陥角度が 60° の長さの周方向貫通欠陥を有する配管が塑性崩壊するときの崩壊荷重と延性不安定破壊するときの荷重の比で下記により求める。

$$Z \text{ 係数} = (\text{塑性崩壊荷重} / \text{延性不安定破壊荷重})$$

27	クラス 2 管 の試験程度	・ 試験程度について再確認	表 IC-2500-5 試験カテ ゴリと試験部位および 試験方法
----	------------------	---------------	--

3.2.2.1 供用前検査

供用前検査については、以下のとおり規定されている。

A-5200 検査に関する用語

A-5210 標準検査に関する用語

供用前検査：発電所の最初の運転開始前または供用期間中における補修・取替後の運転開始前までに、設備の基本データを採取し、供用期間中検査の体積試験または表面試験結果と比較するために行う検査をいう。

IA-2000 検査および試験

IA-2100 供用前検査

原子炉の商業運転開始に先立って、本規格における IB-1220 および IC-1220 で体積試験および表面試験を免除された機器を除いて、試験の対象となる機器に対し本規格の IB-2500 および IC-2500 で定める体積試験，表面試験を供用前検査として行わなければならない。

系統の温度が 95℃を超える支持構造物は，IF-2500 で定める目視試験を供用前検査として行わなければならない。

発電用原子炉施設の供用前検査については、供用前検査の記録を供用期間中検査の記録と比較するために用いることから技術評価を行った。

(1) 変更の内容（「別表 1 供用前検査に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 供用前検査の体積試験及び表面試験を免除される機器からクラス 3 機器の「ID-1220 試験免除機器」及び支持構造物の「IF-1220 試験免除機器」の規定を削除した。また、検査の対象となる機器及び試験を「本規格の IB-2500 および IC-2500 で定める体積試験，表面試験」と規定した。
- ② 系統の温度が 95℃を超える支持構造物について、「IF-2500 試験の範囲、程度および試験方法」で定める目視試験を供用前検査として行う規定を追加した。
- ③ 建設時における供用前検査の実施時期は原則として耐圧試験後とするが、配管の場合は耐圧試験の前でもよいとのただし書を追加した。
- ④ 系統の温度が 95℃を超える支持構造物の対象範囲を具体的に記載した。
- ⑤ 通常運転中の温度が 95℃を超える配管・機器の支持構造物を取り替えた場合の供用前検査は、次の運転中又は定期事業者検査中に行うとしていたものを、当該定期事業者検査中又はこれに引き続く運転期間中、若しくは次回定期事業者検査中に行うとする規定に変更した。
- ⑥ 工場内試験記録又は工場据付記録を供用前検査の試験記録としてよい条件から、容器の場合を削除した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

各変更点に対する変更理由を以下に示す。

- ① クラス3機器、支持構造物は体積及び表面試験がもともと要求されていないことから、不要な記載を削除した。
- ② 記載の適正化
- ③ 建設時における供用前検査実施時期について、容器の場合は「IA-2100 供用前検査」で耐圧試験後と規定されているものの、配管の場合は規定がない。(JEAC4205 質疑応答集²⁰では、配管は建設時の耐圧試験の前後いずれでも実施してよいとされていた。) 次の理由から、配管の供用前検査の実施時期について、耐圧試験の前後いずれでも問題ないと判断し、維持規格の規定に反映することとした。
 - 配管の場合は非延性破壊評価要求のある容器と異なり内圧応力は支配的でなく、耐圧試験時の内圧荷重による欠陥の進展の可能性は非常に低く、耐圧試験前後で採取するデータに差異が生じることはないと考えられる。
 - 建設時には、耐圧試験実施前に設計・建設規格及び溶接規格²¹により非破壊試験を実施しているため、仮に欠陥があっても、規格で許容される欠陥であることが確認されている。
 - 規格で許容される欠陥が存在した場合には、欠陥進展の形態としては、疲労又は SCC (応力腐食割れ) が考えられる。その欠陥が規格に合格する範囲の微小欠陥の場合、疲労進展の観点では、耐圧試験実施回数は数回であり、その程度の繰り返し回数での欠陥の疲労進展量は、検知できないほど微小である。また、SCC 進展も耐圧時間は短く進展量は検知できないほど微小である。
- ④ 「支持構造物」を指すものが、「IF-2500 試験の範囲、程度および試験方法」の試験カテゴリ F-A で規定する支持構造物」であることを明確にした。
- ⑤ 95℃を超える配管・機器の支持構造物を取り換えた場合の供用前検査の扱いについては、JEAC4205 質疑応答集にて解説がなされていたが、以下の2件に関して、記載の明確化の観点から、質疑応答集の内容を反映して改訂を行った。
 - 補修又は取替を行った支持構造物に加えて、検査の対象となる「支持荷重または変位量が大幅に変化すると評価した支持構造物」の解釈
 - 実施時期について「次の系統運転中または定期事業者検査期間中」とあるが、この「次の系統運転中」が意味する時期
- ⑥ 従来の規定「IA-2100 供用前検査」(2)は、容器に対しては、2つの内容が含まれていたが、これを、「IA-2110 供用前検査の実施時期」(1)と試験記録「IA-2110 供用前検査の実施時期」(3)に分けて記載した。実施時期に関しては、容器に限らず(容器も含む。), 「IA-2110 供用前検査の実施時期」(1)項で、供用前検査は原

²⁰ 日本電気協会「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査 JEAC4205-2000」「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験指針 JEAC4207-2000」質疑応答集, 2001

²¹ 日本機械学会「発電用設備規格 溶接規格 (JSME S NB1)」

則は設計・建設規格及び溶接規格に従って耐圧試験後とするとし、記録に関しては、容器に限らず（容器も含む。）、「IA-2110 供用前検査の実施時期」(3)項で供用前検査とできる条件を記載した。

(3) 技術評価の結果

① 供用前検査の免除機器の削除と検査対象機器

「ID-1220 試験免除機器」及び「IF-1220 試験免除機器」において免除される試験はVT-3のみである²²ので、供用前検査の体積試験及び表面試験を免除される機器からこれらの規定を削除して明確化したものである。供用期間中検査の対象である機器（支持構造物を含む。）については供用前に異常のないことが検査されている必要があるが、使用前検査において「外観検査」並びに「組立て及び据付状態を確認する検査」が行われており、供用前検査（目視試験 VT-3、VT-4）と同程度の検査であることから、改めて供用前検査を行う必要はなく削除は妥当と判断する。

体積試験及び表面試験に適用される表 IB-2500-1～14 及び表 IC-2500-1～7 には、供用期間中検査として代表できる機器や溶接長さの 25%といった試験の範囲及び程度を記載しているが、試験の範囲及び程度は対象試験部位の 100%とし、体積試験の厚さ方向の試験範囲は供用期間中検査での試験範囲と関係なく溶接部及びその母材部の全厚 100%とすることを規定するよう要望する。また、供用前検査において、設計工事段階の非破壊試験におけるものとは異なる欠陥指示が検出された場合は、当該指示について供用期間中検査に準じた評価を行うことを要望する（「2. 5. 2. 2 非破壊試験で検出された欠陥指示」参照。）。

② 系統の温度が 95℃を超える支持構造物の供用前試験

系統の温度が 95℃を超える支持構造物については熱膨張による影響を考慮して、「IA-2110 供用前検査の実施時期」において、最初の系統運転中又はそれ以後に供用前検査を行うと規定しており、これに伴い「IA-2100 供用前検査」において「系統の温度が 95℃を超える支持構造物」を改めて供用前検査の対象と規定したものであり妥当と判断する。

③ 建設中の供用前検査の実施時期（配管の場合）

「IA-2110 供用前検査の実施時期」(1)において、供用前試験は原則として設計・建設規格及び溶接規格で要求される耐圧試験後とし、ただし書で、配管の場合は耐圧試験前としてもよいとしている。溶接部に割れ等の欠陥があれば、耐圧試験により加圧することで残留応力と内圧力の組合せで局部的に降伏点を超える応力が発生し、微

²² クラス 3 機器及び支持構造物の試験方法は VT-3 目視試験であり、体積試験及び表面試験の規定はない。

小な変形が生ずることにより、欠陥先端が広げられ鈍化することで非破壊試験の検出性が向上することが考えられる²³。

その結果、試験方法が「体積」の場合は、UT での記録すべきエコーが増えることが考えられるので耐圧試験前に実施することは妥当ではない。

したがって、「IA-2110 供用前検査の実施時期」(1)の「ただし、配管の場合は耐圧試験前としてもよい。」とあるのは「ただし、配管であって試験方法が表面の場合は耐圧試験前としてもよい。」に読み替える必要がある。

④ 系統の温度が 95℃を超える支持構造物の対象範囲

「IA-2110 供用前検査の実施時期」(1)の括弧書きは 95℃を超える支持構造物の指すものを明確にしたものであり、内容に変更はなく、妥当と判断する。

⑤ 通常運転中の温度が 95℃を超える配管・機器の支持構造物の供用前検査についての評価

「IA-2110 供用前検査の実施時期」(2)の通常運転中の温度が 95℃を超える配管・機器の支持構造物を取り替えた場合の供用前検査の検査時期の規定については、従来の検査時期においては、補修してから検査するまでの運転による影響がその後の評価から省かれる可能性があったが、補修直後の状態を初期値とすることで、初期値を正しく設定することとなり、妥当と判断する。

なお、「A-5100 共通の用語」における「定期事業者検査」の定義については、平成 24 年 9 月 19 日以降の適用法令は「電気事業法」から「原子炉等規制法」に変わっており「電気事業法第 55 条に基づき発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令に適合していること」は「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 43 条の 3 の 16 に基づき実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則に適合していること」とされている。

⑥ 供用前検査の試験記録

2008 年版「IA-2100 供用前検査」(2)a. に規定していた容器に関する供用前検査の実施時期は、新設された「IA-2110 供用前検査の実施時期」の(1)項の規定に含まれていることから、削除は妥当と判断する。

(4) 適用に当たっての条件

①② なし

③

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2110 供用前検査の実施時	建設時における供用前検査の実施時期は、原則として「設計・建	建設時における供用前検査の実施時期は、原則として「設計・建

²³ 「溶接部等熱影響部信頼性実証試験に関する調査報告書（供用期間中検査実証試験）昭和 61 年度」、財団法人原子力工学試験センター、図 3.2.33、昭和 62 年 3 月

期 (1)	設規格」および「溶接規格」で要求される耐圧試験後とする。ただし、 <u>配管の場合は耐圧試験前</u> としてもよい。また、供用前検査は、製作完了後工場出荷まで、あるいは現地据付後のいずれの時期としてもよい。（解説 IA-2110-1）	設規格」および「溶接規格」で要求される耐圧試験後とする。ただし、 <u>配管であって試験方法が表面の場合は耐圧試験前</u> としてもよい。また、供用前検査は、製作完了後工場出荷まで、あるいは現地据付後のいずれの時期としてもよい。（解説 IA-2110-1）
----------	--	---

④⑤⑥ なし

(5) 要望事項

- 供用前検査においては、試験対象部位の選定や追加検査にも活用できるよう、検査範囲、試験の範囲及び程度、体積試験の厚さ方向の試験範囲等について、再検討することを要望する。
- 供用前検査において、設計工事段階の非破壊試験におけるものとは異なる欠陥指示が検出された場合は、当該指示について供用期間中検査に準じた評価を行うことを要望する（「2. 5. 2. 2 非破壊試験で検出された欠陥指示」参照。）。

3.2.2.2 供用期間中検査

供用期間中検査については、以下のとおり規定されている。

A-5200 検査に関する用語

A-5210 標準検査に関する用語

供用期間中検査：供用期間中に設備の非破壊試験および漏えい試験を行い、設備の経年変化を確認する行為をいう。

(1) 変更の内容（「表 3.2.2.2-1 供用期間中検査に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 供用期間中検査の対象機器に補修・取替を行った場合は、補修章の規定を適用することを追加
- ② 供用期間中検査の実施可能時期を変更

表 3.2.2.2-1 供用期間中検査に関する規定内容の変更点

2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
<p>IA-1200 適用区分</p> <p>IA において試験の対象となる機器は、<u>以下の(1)～(6)に掲げる規定によらなければならない。</u>(解説 IA-1200-1, 解説 IA-1200-2)</p> <p><u>ただし、補修・取替後の供用期間中検査については、「RA 補修・取替の一般事項」の規定を適用する。</u></p>	<p>IA-1200 適用区分</p> <p>IA において試験の対象となる機器は、<u>次に掲げる規定によらなければならない。</u>(解説 IA-1200-1, 解説 IA-1200-2)</p>
<p>IA-2210 供用期間中検査の実施時期</p> <p>(2) IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は、試験対象機器に接近可能な場合、IA-2210(1)の規定にかかわらず、<u>定期事業者検査期間以外の時期に行ってもよい。</u></p>	<p>IA-2210 供用期間中検査の実施時期</p> <p>(2) IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は、試験対象機器に接近可能な場合、IA-2210(1)の規定にかかわらず、<u>通常の定期事業者検査期間に先立って行ってもよい。</u></p>

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 補修章に「RA-5040 補修・取替後の供用前検査および供用期間中検査」が規定されたことを踏まえて、検査章との関係を明確にする。
- ② 定期事業者検査の定義および新検査制度を踏まえ、供用期間中検査を実施できる時期を明確化した。

(3) 技術評価の結果

① 供用期間中検査の対象機器に補修・取替を行った場合の適用区分

IA-1200 適用区分に「ただし、補修・取替後の供用期間中検査については、「RA 補修・取替の一般事項」の規定を適用する。」が追加された。補修章は技術評価の対象ではないが、「RA-5040 補修・取替後の供用前検査および供用期間中検査」は、「IA-2000 検査および試験」に従って供用前検査及び供用期間中検査を行うことを規定している。

「IA-2000 検査および試験」は、「IA-2210 供用期間中検査の実施時期」において、供用期間中検査の実施時期を規定しており、補修・取替後の供用期間中検査に係る規定は明確である。

一方、補修・取替を行ったものの供用前検査については、「RA-2000 補修・取替の定義」の(1) c. で「補修」には予防保全を目的とした措置も含むよう規定されており、この場合も「IA-2000 検査および試験」が適用されるが、「IA-2110 供用前検査の実施時期」の(2)項が適用され、評価章の欠陥評価に基づき EB-1130、EC-1500、ED-1500、EE-1120、EF-1120、EG-1120 及び EJG-1130 に規定する補修・取替を選択したものが対象であり、予防保全を目的とした措置については供用前検査の実施時期が明確となっておらず、妥当ではない。

したがって、予防保全措置を実施した部位についても供用前検査を行うよう、「IA-1200 適用区分」のただし書の「供用期間中検査」は「供用期間中検査及び供用前検査」に、「RA 補修・取替の一般事項」は「IA-2000 検査および試験」に読み替え、「IA-2110 供用前検査の実施時期」(2)の「EB-1130, EC-1500, ED-1500, EE-1120, EF-1120, EG-1120 および EJG-1130 に従い」は適用除外とする必要がある。

② 検査の実施時期

事業者の保全サイクルは、原子炉の解列から次の解列までを一つの期間として行われており、停止中の活動と運転中の活動がある。

定期事業者検査にも停止中と運転中の検査があり、IA-2210 に規定する定期事業者検査の実施時期は「A-5100 共通の用語」によれば解列から総合負荷性能検査までの期間を指している。

維持規格 2008 年版の「定期事業者検査期間に先立って」と維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)の「定期事業者検査期間以外の時期に」との差は定期事業者検査期間の後の時期にも行うことができる点であり、具体的には総合負荷性能検査後に供用期間中検査を行うことを許容するものである。しかし、供用期間中検査は発電用原子力設備の構造健全性維持のために定期事業者検査の一つとして実施されるものであり、総合負荷性能検査までにはすべての検査が終了している必要があることから、総合負荷性能検査後にも実施できるとする規定は妥当ではない。

また、規格中の「定期事業者検査」という用語については、原子炉等規制法第 4 3 条の 3 の 1 6 に規定するものと「A-5100 共通の用語」のただし書の「実施の時期を

意味して使う場合には解列～総合負荷性能検査の期間をいう。」とするものが混在している。

したがって、「定期事業者検査期間以外の時期に」とあるのは「解列に先立って」と読み替える必要がある。

(4) 変更点以外の技術評価

IA-2330 追加試験の(1)で「IA-2320 に規定する試験（系の漏えい試験を除く）を行った結果、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は、その停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器（支持構造物については隣接する支持構造物を含む）について、表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して、追加試験を行わなければならない。」と規定している。しかし、クラス1配管、クラス1容器及びクラス2配管については各々EB-1320 又は EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う場合は、継続使用が許容される欠陥は、評価期間が長い場合には小さくなり、評価期間を短くすると大きくなるため「適合しない」欠陥は評価期間により変化するため、追加試験を行う条件が明確ではない。

第二段階の欠陥評価の対象となる欠陥は「進展するおそれがある」と認められるものであるから、材料、使用条件等が類似の溶接継手について追加試験を行うことを明確にする必要がある。したがって IA-2330 の(1)において「EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は」を「EB-1320 又は EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う欠陥を検出した場合、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示又は特異な状態を検出した場合は」に読み替える必要がある。また、IA-2330 の(2)においても同様に「EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は」を「EB-1320 又は EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う欠陥を検出した場合、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示又は特異な状態を検出した場合は」に読み替える必要がある。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

①

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-1200 適用 区分	ただし、補修・取替後の <u>供用期間中検査</u> については、「 <u>RA 補修・取替の一般事項</u> 」の規定を適用する。	ただし、補修取替後の <u>供用前検査および供用期間中検査</u> については、「 <u>IA-2000</u> 」の規定を適用する。
IA-2110 供用 前検査の実施時期	供用期間中に機器を <u>EB-1130, EC-1500, ED-1500, EE-1120, EF-</u>	供用期間中に機器を補修または取替を行った場合、補修・取替後

(2)	<u>1120, EG-1120 および EJG-1130 に従い補修または取替を行った</u> 場合, 補修・取替後の当該機器および当該機器と既存の機器を接続する溶接継手に対する供用前検査は補修・取替後の発電所運転開始前までに行わなければならない。	の当該機器および当該機器と既存の機器を接続する溶接継手に対する供用前検査は補修・取替後の発電所運転開始前までに行わなければならない。
-----	---	--

②

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2210 供用前検査の実施時期 (2)	IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は, 試験対象機器に接近可能な場合, IA-2210(1)の規定にかかわらず, <u>定期事業者検査期間以外の時期に行ってもよい。</u>	IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は, 試験対象機器に接近可能な場合, IA-2210(1)の規定にかかわらず, <u>解列に先立って行ってもよい。</u>

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2330 追加試験 (1)	IA-2320 に規定する試験(系の漏えい試験を除く)を行った結果, <u>EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は, その停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器(支持構造物については隣接する支持構造物を含む)について, 表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して, 追加試験を行わなければならない。</u>	IA-2320 に規定する試験(系の漏えい試験を除く)を行った結果, <u>EB-1320 または EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う欠陥を検出した場合は, EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は, その停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器(支持構造物については隣接する支持構造物を含む)について, 表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して, 追加試験を行わなければならない。</u>
IA-2330 追加試験 (2)	IA-2330(1)に規定する追加試験の結果, EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態	IA-2330(1)に規定する追加試験の結果, <u>EB-1320 又は EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行</u>

	<p>を検出した場合は、類似の欠陥や特異な状態を発生する可能性がある材料と使用条件の組合せに関し、残りの溶接継手、部品または範囲の全数についてその停止期間中に試験しなければならない。ただし、支持構造物においては、当該系統に設置された同一型式、機能の残りの支持構造物全数としなければならない。</p> <p>(解説 IA-2330-1)</p>	<p><u>う欠陥を検出した場合</u>、EA-3030の規定に適合しない欠陥指示又は特異な状態を検出した場合は、類似の欠陥や特異な状態を発生する可能性がある材料と使用条件の組合せに関し、残りの溶接継手、部品または範囲の全数についてその停止期間中に試験しなければならない。ただし、支持構造物においては、当該系統に設置された同一型式、機能の残りの支持構造物全数としなければならない。(解説 IA-2330-1)</p>
--	---	--

3.2.2.3 標準検査計画

標準検査における検査間隔は「IA-2310 検査間隔」に規定されている。

(1) 変更の内容（「表 3.2.2.3-1 検査間隔の起算日に関する規定内容の変更点」参照）

① 第1回目の検査間隔の起算日を変更した。

表 3.2.2.3-1 検査間隔の起算日に関する規定内容の変更点

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
IA-2310 検査間隔 (1) 原子炉の商業運転開始以降の運転期間を、次のとおり各検査間隔に分割するものとする。ただし、IA-2310(2)ないし(5)の規定に従い修正して適用してもよい。（解説 IA-2310-1） a. 第1回目の検査間隔は、発電所の <u>商業運転開始日またはそれ以前の起算日から10年間とする。</u> （解説 IA-2310-2）	IA-2310 検査間隔 (1) 原子炉の商業運転開始以降の運転期間を、次のとおり各検査間隔に分割するものとする。ただし、IA-2310(2)ないし(5)の規定に従い修正して適用してもよい。（解説 IA-2310-1） a. 第1回目の検査間隔は、発電所の <u>商業運転開始後10年間とする。</u>

(2) 日本機械学会による変更の理由

① 第1回目の検査間隔の起算日を初臨界日とするなどしているプラントがあり、踏襲できるように変更した。

(3) 技術評価の結果

① 供用期間中検査は保守管理の項目の一つであり、商業運転開始前に保守管理活動が始まることから、供用期間中検査の検査間隔10年の起算日を商業運転開始前でも可とすることは妥当と判断する。

(4) 適用に当たっての条件

なし

3.2.2.4 検査プログラム

検査プログラムは「IA-2320 検査プログラム」に規定されている。

(1) 変更の内容（「別表2 検査プログラムに関する規定内容の変更点」参照）

- ① 規格更新に伴う検査プログラムの移行措置に係る規定を追加した。また、JEAC4205から維持規格に検査プログラムの規程を移行するに当たっての規程の記載内容を削除した。
- ② 第2回目以降の検査間隔について検査時期及び試験順序を変更する場合の規定を追加した。
- ③ 定点サンプリング方式を採用している部位のうち、検査間隔が10年から7年に変わった際に、それ以降における弁及びポンプについては、ただし書でこれまでと異なる機器を選択できる規定を追加した。
- ④ 供用期間中に機器や溶接継手が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の検査プログラム変更について、検査間隔が7年の場合の検査時期と試験量(%)の設定方法を追加した。
- ⑤ ある試験カテゴリの中で試験箇所が1箇所又は2箇所の場合は「表IA-2320-1 各検査間隔内の経過年に対する試験要求量」及び「表IA-2320-2 クラス1機器の4回目以降における各検査間隔内の経過年に対する試験要求量」の試験量(%)から当該試験箇所を除外できることを追加した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 検査プログラムの規格更新に伴う移行措置についての規定を追加した。JEAC4205は既に廃止されているので、記載を削除した。
- ② 第2回目以降の検査間隔について検査時期及び試験順序を変更する場合のJEAC4205 質疑応答集の内容を反映した。
- ③ 30年目以降で検査間隔が7年となった場合には、これまでの検査対象機器の分解点検間隔と合わなくなることがあるため、当該機器及び類似機器に損傷事例がないことを条件に、これまでと異なる機器を選択できることとした。
- ④ 30年目以降の検査プログラムが7年となった場合の運用が明確になっていないため、具体的に規定した。また、追加した7年の場合の規定と10年の場合の従前の規定を混同しないように明確化した。
- ⑤ 試験箇所が2箇所又は1箇所ですべての検査時期に試験を行うものについては、試験量(%)の算出から除外してもよいことを明確化した。

(3) 技術評価の結果

- ① 検査プログラムの移行

規定内容は、規格の年版の変更に伴う移行措置に関する運用を規定したものであり、「添付 I-2 検査プログラム適用にあたっての移行措置」は技術評価の対象外とする。

なお、改訂後の規定では、旧年版を適用した検査間隔の期間中であり、かつ既に検査実績がある場合には旧年版による試験方法並びに試験の範囲及び程度を適用できることとなるが、検査間隔が初期の場合には、長期間に渡って旧年版の試験方法並びに試験の範囲及び程度が適用されることとなることから、運用に当たっては、最新知見の取り入れがタイムリーに行われるよう、特に、変更が試験対象の増加、試験方法又は試験の範囲及び程度の拡大である場合、できるだけ速やかに変更内容が適用されるよう、適切に年版更新が行われることが望ましい。

「IA-2320 検査プログラム」(6)の本文及び a. から e. までのそれぞれにおいて「機器や溶接継手等が追加され」とあるのは、機器や溶接継手等の追加だけではなく試験対象が拡大する場合もあることから妥当とは判断されず、「機器や溶接継手等試験対象が追加され」と読み替える必要がある。

② 第 2 回目以降の検査間隔の変更

「IA-2320 検査プログラム」(3)は、最初の検査間隔で設定した試験順序は第 2 回目以降の検査間隔においても繰り返すことを原則としているが、ただし書において、クラス 1 機器及びクラス MC 容器の標準検査において、検査間隔内の延期を可と規定し、検査時期の変更に伴い検査間隔が極端に長くなることを防止している。最長 13 年（第 4 検査間隔以降に実施した試験は 10 年）という期間は、検査時期の中で実施時期を変更する場合にあり得る最大の期間であることから、変更の内容は妥当と判断する。

また書きにおいて、発電所が長期間停止している場合には維持規格の添付 I-1 を適用して上記最長期間に延長された年数を加えられることを明記したものについては、妥当と判断する。

③ 弁及びポンプの機器選択に関する規定

「解説 IA-2310-1 長期運転プラントに対する検査間隔の短縮」には、クラス 1 機器の容器、管、ポンプおよび弁については、安全上の重要度と原子力発電機器の運転年数の長期化を考慮し、第 4 検査間隔以降の供用期間中検査を 10 年から 7 年に短縮している。追加された「IA-2320 検査プログラム」(4)のただし書は、弁及びポンプは類似機器であれば、第 4 検査間隔以降の検査対象機器を変更してもよいとするものである。しかし、「解説 IA-2320-5 抜き取り検査における定点サンプリング方式の採用」には「検査間隔が 7 年になると分解点検間隔と検査間隔の調整上の問題から定点サンプリングの継続が困難になる」とされており、技術的妥当性は説明され

ていない。したがって、ただし書は適用除外とする²⁴。

④ 試験部位が増加した場合の検査プログラム変更

「IA-2320 検査プログラム」(6)の供用期間中に機器や溶接継手等が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合において、同 d. 及び e. の規定は検査間隔が7年のときの試験時期及び試験程度について、試験部位が増加した時期が第1検査時期のときにあつては、試験程度の少なくとも33%を第2検査時期に実施すること、第2検査時期のときにあつては、次の検査間隔から実施することとしている。

これは、検査間隔が10年の場合における同様の試験量の規定が、「表 IA-2320-1 各検査間隔内の経過年に対する試験要求量」における当該検査時期及び次回検査時期での最大試験量の値の差と同じであるので、7年の場合についても「表 IA-2320-2 クラス1 機器の4回目以降における各検査間隔内の経過年に対する試験要求量」における当該検査時期と次回検査時期での最大試験量の値の差としたものであり、妥当と判断する。

従前の規定の a.、b. 及び c. は検査時期が第1、第2及び第3と分かれており、検査間隔が10年の場合の規定であることは明確であり、変更後の内容も実質的に同じであり、妥当と判断する。

⑤ 試験量

「IA-2320 検査プログラム」(7)の試験箇所が少ない項目については試験実施量の総量に含まずに算出するという変更は、従前の運用を明確化したものであり妥当と判断する。

(4) 変更点以外の技術評価

維持規格は、「IA-2320 検査プログラム」(4)において標準検査計画における検査プログラムを原則として定点サンプリング方式²⁵と規定している。

A-5210 標準検査に関する用語

定点サンプリング：経年変化の有無を確認することが、重要であるとの観点から、同一部位を繰り返し検査することをいう。

IA-2320 検査プログラム

(2) 表 IA-2230-1 で規定する機器を除いて、運転経験等により経年変件事象が想定される場合は、添付 I-3 に従って個別に試験方法、範囲、程度および期間を定めて試験を行わなければならない。

²⁴ 本項(4)において、IA-2320 検査プログラムの(4)について、「試験可能な全ての範囲に対する試験を規定していない部位については適切なサンプリング方法としなければならない。」とし、また、「定点の代表性が説明できる場合には定点サンプリング方式としてもよい。」とする条件を付すことから、弁及びポンプの場合もサンプリング方法は選択可能である。

²⁵ 定点サンプリング方式は ASME Sec. XI でも取り入れている試験カテゴリがあり、試験対象部位の選定条件については、例えば、Table IWB-2500-1 に具体的に規定されている。

(4) 検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない。(後略)

(解説 IA-2320-5) 抜取り検査における定点サンプリング方式の採用

標準検査において、試験程度が 100%/10 年で無い場合(検査を抜取りで行う場合)の試験箇所を選定方法については、以下に記載する 2 方法が考えられる。

①ランダムサンプリング:前回の検査間隔中に、試験を行わなかった部位から試験箇所を選定して、試験を実施する方法。

②定点サンプリング:前回の検査間隔中に、試験を実施した箇所と同じ箇所を選定して、試験を実施する方法。

従来の供用期間中検査ではランダムサンプリング方式で検査を行ってきた。しかしながら同じ場所に対して繰り返し試験する方法が経年変化の有無の確認、評価をより適切に行えることから、本規格では定点サンプリング方式を採用した。

なお、ASME Sec. XI (2001)でも定点サンプリングの考え方が導入されている。

試験部位選定の基本的な考え方は、経年変化を確認するために代表部位を選定することであり、具体的には、機器と配管の溶接継手等の構造不連続部位、使用環境条件の厳しい部位、過去の損傷発生部位等を当該機器の重要性、接近性等の検査性、過去の検査実績等を勘案して選定する。

標準検査では定点サンプリングの原則適用を定めているが、適用条件が明確でなく、定点の選定について「解説 IA-2320-5 抜取り検査における定点サンプリング方式の採用」に「機器と配管の溶接継手等の構造不連続部位、使用環境条件の厳しい部位、過去の損傷発生部位等を当該機器の重要性、接近性等の検査性、過去の検査実績等を勘案して選定する。」と記載しているものの、その理由や選定基準が具体化されていない。

(ア) SCC 発生の可能性のある部位等に対する定点サンプリングの適用

SCC は、材料、応力及び環境の 3 因子が重畳し、特定の条件になった時に発生することが知られている²⁶。過去の調査結果によると、沸騰水型原子力発電所の原子炉再循環系配管の全体に SCC によるひび割れが発生し、特異な発生部位は認められなかったと報告されている²⁷。

したがって、SCC 発生の可能性のある部位等に定点サンプリング方式を適用するのは適切ではない。なお、SCC の発生、進展特性を考慮した特別な内容の検査(例えば、維持規格の個別検査)とする必要があり、規定の追加等の見直しを要望する。

²⁶ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格【事例規格】発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮」NC-CC-002

²⁷ 「炉心シュラウド及び原子炉再循環系配管の健全性評価について一検討結果の整理一」、平成16年10月22日原子力安全・保安院

また、SCC 以外にも、定点サンプリングの適用が妥当と判断できない場合も想定されることから、海外の取組等も参考にしつつ、定点サンプリングの適用条件を明確にすることが望まれる。

(イ) 定点サンプリングの定点の選定方法

設計・建設規格及び溶接規格に規定される非破壊試験及び耐圧試験に合格した機器・構造物においては、供用開始後に直ちに破壊を引き起こす欠陥はないものと考えられるが、設計工事段階での非破壊試験に合格した欠陥であっても、その場合であっても無欠陥ではなく許容された欠陥が存在し、それらが設計時には予測しなかったような荷重、又はこれと施工条件の組み合わせ等によって供用期間中に進展することも否定できないため、供用期間中検査においてそれらの進展を監視するために試験対象として考慮する必要がある、定点サンプリング方式とする場合においても、試験対象部位を選定する場合にその候補としてこれらの部位を考慮する必要がある。さらに、定点サンプリング方式とする場合、試験部位選定の具体的な要素として、供用前検査の結果は明示されていないため、定点として試験対象部位とならなかった溶接部は、運転期間中検査されず、継続的に監視されないこととなる。

したがって、定点は、経年変化の発生条件、国内外の損傷事例、安全研究成果、ベースラインデータ等を参考に、適切に選定することが必要である。

(ウ) 定点サンプリングの定点の代表性

定点サンプリングの有効性は、定点箇所の代表性の程度に依存する。代表性が高ければ、経年変化を比較的早く検知可能であり、欠陥検出性の向上が期待できる。逆に代表性が高くなければ、定点以外の部位で発生した欠陥を見逃す可能性が高まる。したがって、「IA-2320 検査プログラム」(4)において「試験可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない」とあるのは「試験可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、適切なサンプリング方式としなければならない。この場合において、定点の代表性が説明できる場合には、定点サンプリング方式としてもよい」とする必要がある。

(エ) 評価不要欠陥の継続監視可能性

「IA-2320 検査プログラム」(2)において、運転経験等により経年変化事象が想定される場合は、「添付 I-3 経年変化事象が想定され場合の試験」に従って個別に試験方法、範囲、程度及び期間を定めて試験を行わなければならないと規定している。

欠陥評価の対象となる欠陥は、何らかの経年変化事象によりその欠陥指示に進展するおそれがあるものであるから、「IA-2320 検査プログラム」(2)の規定が適用

され、評価不要欠陥寸法を満足するものであっても次回以降の検査対象から外れることがないようにする必要がある。

しかし、「IA-2320 検査プログラム」(2)における「運転経験等により経年変化事象が想定される場合は」とは、検査プログラムの立案時点の想定であり、供用期間中においては、評価不要欠陥のうち進展するおそれがあるものについて継続監視の候補として対象に含める必要がある。

したがって、「IA-2320 検査プログラム」(2)の「経年変化事象が想定される場合は」は、評価不要欠陥のうち進展するおそれがあるものについて継続監視の候補として対象に含める必要があることを明確にすることを要望する。

経年変化事象が想定される場合、標準検査から個別検査に移行するので、次回以降の検査プログラムは標準検査による試験程度に個別検査による試験部位を追加して計画する必要がある。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

- ① 「添付 I-2 検査プログラム適用にあたっての移行措置」は技術評価の対象外とする。

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2320 検査プログラム (6)	<p>供用期間中に<u>機器や溶接継手等</u>が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の試験計画は次によらなければならない。</p> <p>a. 検査間隔の第1検査時期に<u>機器や溶接継手等</u>が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2および第3検査時期それぞれに行わなければならない。</p> <p>b. 検査間隔の第2検査時期に<u>機器や溶接継手等</u>が追加された場合、該当する試験カテゴリおよ</p>	<p>供用期間中に<u>機器や溶接継手等試験対象</u>が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の試験計画は次によらなければならない。</p> <p>a. 検査間隔の第1検査時期に<u>機器や溶接継手等試験対象</u>が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2および第3検査時期それぞれに行わなければならない。</p> <p>b. 検査間隔の第2検査時期に<u>機器や溶接継手等試験対象</u>が追加された場合、該当する試験カテ</p>

	<p>び項目番号で要求された検査程度の少なくとも 25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第 3 検査時期に行わなければならない。</p> <p>c. <u>機器や溶接継手等</u>が検査間隔の第 3 検査時期に追加された場合、次の検査間隔から IA-2320 (1) に従って試験しなければならない。</p> <p>d. 検査間隔が 7 年間の場合であって、検査間隔の第 1 検査時期に<u>機器や溶接継手等</u>が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも 33%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第 2 検査時期に行わなければならない。</p> <p>e. 検査間隔が 7 年間の場合であって、検査間隔の第 2 検査時期に<u>機器や溶接継手等</u>が追加された場合、次の検査間隔から IA-2320 (5) に従って試験しなければならない。</p>	<p>ゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも 25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第 3 検査時期に行わなければならない。</p> <p>c. <u>機器や溶接継手等試験対象</u>が検査間隔の第 3 検査時期に追加された場合、次の検査間隔から IA-2320 (1) に従って試験しなければならない。</p> <p>d. 検査間隔が 7 年間の場合であって、検査間隔の第 1 検査時期に<u>機器や溶接継手等試験対象</u>が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも 33%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第 2 検査時期に行わなければならない。</p> <p>e. 検査間隔が 7 年間の場合であって、検査間隔の第 2 検査時期に<u>機器や溶接継手等試験対象</u>が追加された場合、次の検査間隔から IA-2320 (5) に従って試験しなければならない。</p>
--	--	--

②④⑤ なし

③

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2320 検査プログラム (4)	ただし、弁およびポンプの場合、検査間隔が 10 年から 7 年に変わった以降については、類似の箇所を含めて損傷事例がない場合に限り、同一型式、同一設計、同	(削る。)

	一環境，同一運転履歴等類似した条件の他の機器にて試験を実施してもよい。	
--	-------------------------------------	--

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2320 検査プログラム (4)	検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については， <u>原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない。</u>	検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については， <u>適切なサンプリング方式としなければならない。この場合において，定点の代表性が説明できる場合には，定点サンプリング方式としてもよい。</u>

- ・「表 IB-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-A 原子炉圧力容器及び原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手の注(5)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手の注(6)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-D 容器に完全溶込み溶接された管台の注(9)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手の注(6)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-6 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-G-1 直径 50 mm を超える圧力保持用ボルト締付け部の注(6)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-7 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-G-2 直径 50 mm 以下の圧力保持用ボルト締付け部の注(4)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-8 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-H 容器の支持部材取付け溶接継手の注(5)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド，配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手の注(5)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-10 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-K 管，ポンプ及び弁の支持部材取付け溶接継手の注(5)は適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面、B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手及びB-M-2 弁本体の内表面の注(4)は適用除外とする。

- ・「表 IC-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-A 容器の耐圧部分の溶接継手の注(4)は適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-B 容器と管台との耐圧部分の溶接継手の注(6)は適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-3 試験カテゴリと試験部位および試験方法」C-C 容器, 管, ポンプ及び弁の支持部材取付け溶接継手の注(5)は適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-D 直径 50 mm を超える圧力保持用ボルト締付け部の注(5)は適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-F 管の耐圧部分の溶接継手の注(3)は適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-6 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-G ポンプ及び弁の耐圧部分の溶接継手の注(4)は適用除外とする。
- ・「表 ID-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ D-A 容器, 管, ポンプ及び弁の支持部材取付け溶接継手の注(4)は適用除外とする。
- ・「表 IE-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-A 格納容器表面の注(4)は適用除外とする。
- ・「表 IE-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-B 耐圧部分の溶接継手の注(6)は適用除外とする。
- ・「表 IE-2500-3 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-G 圧力保持用ボルト締付け部の注(3)は適用除外とする。
- ・「表 IF-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ F-A 支持構造物の注(8)は適用除外とする。
- ・「表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ G-B-1 沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物、G-B-2 沸騰水型原子炉の炉心支持構造物、G-P-1 加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物及びG-P-2 加圧水型原子炉の炉心支持構造物の注(4)は適用除外とする。

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
表 IB-2500-12 試験カテゴリ B-0 制御棒駆動 ハウジングの耐 圧部分の溶接継 手 注(1)	各検査間隔中の試験程度は、最 外周のハウジング数の25%とす る。 <u>最初の検査間隔で選定した 溶接継手は、原則として後の検 査間隔においても定点サン ピング方式で試験を行わな なければならない。</u>	各検査間隔中の試験程度は、最 外周のハウジング数の25%とす る。

(6) 要望事項

- 定点サンプリングの適用に際し、海外の取組等も参考にしつつ、適用条件と定点の具体的な選定方法（要件）を規格本文に規定することを要望する。
- サンプリング方式に限定することなく、計画的なサンプリング方式等を含め、機器の総合的な欠陥検出性を向上させる方式について改めて検討することを要望する。
- 評価不要欠陥のうち進展するおそれがあるものについて継続監視の候補として対象に含める必要があることを明確にすることを要望する。
- SCC の発生、進展特性を考慮した特別な内容の検査（例えば、維持規格の個別検査）とする必要があり、規定の追加等の見直しを要望する。

3.2.2.5 目視試験

目視試験は「IA-2520 目視試験」（IA-2521～2526 を含む。）に規定されている。

(1) 変更内容（「別表3 目視試験に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 「IA-2520 目視試験」(1)項の「a. 直接目視試験」において、直接目視試験の欠陥識別度の確認を試験対象と同等の表面において実施してもよいことを追加し、その対象が VT-1 試験、VT-2 試験及び VT-3 試験であることを明確化した。
- ② 「IA-2520 目視試験」(1)項の「b. 遠隔目視試験」において、モニターを使用する場合の判別能力の確認方法を追加した。
- ③ 標準検査で実施する目視試験の対象範囲の規定を「IA-2520 目視試験」(2)項として追加した。
- ④ 「IA-2521 VT-1 試験」において、その目的に関する記述から、「強度に影響を与える恐れのある」を削除した。
- ⑤ VT-1 試験、VT-2 試験及び VT-3 試験について、遠隔目視試験における光学装置から試験対象部までの距離及び角度の範囲についての規定を追加した。
- ⑥ 「IA-2524 VT-4 試験」における目的の記述から「構造健全性あるいは気密性のいずれかに影響を与えるおそれのある」を削除した。
- ⑦ 「IA-2525 MVT-1 試験」における適用対象として「炉内構造物の表面」を「機器の表面」とし、炉内構造物以外へも適用できるように変更した。
- ⑧ 「IA-2525 MVT-1 試験」における識別確認として、0.025mm 幅のワイヤと同等の視認性を有するノッチを追加した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ①～⑧ 目視試験規定全体を見渡して、現状技術に合わせて見直しを行う。
- ⑦、⑧ MVT-1 試験を炉内構造物だけでなく、クラス1 機器にも適用していることと定義との間の不整合を修正する。

(3) 技術評価の結果

① 「IA-2520 目視試験」(1)項の「a. 直接目視試験」

直接目視試験の欠陥識別度の確認について、維持規格 2008 年版では、「試験対象部の表面において 18%中性灰色カード上の幅 0.8mm の黒線が識別できることを確認するかまたは試験対象部の表面の明るさを、VT-1 試験および VT-3 試験の場合 540 ルクス以上、VT-2 試験の場合 160 ルクス以上としなければならない。」としていたが、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）では「試験対象部の表面」を「試験対象部または同等の表面」とし、「同等の表面」において確認してもよいこととしたものである。

欠陥識別度の確認は試験対象部の表面で行うことが原則であるが、放射線環境下な

どの対象部位への接近をできるだけ回避すべき場合には、「同等の表面」の意味が明確であれば、同等の条件で識別度の確認を行うことは合理的である。

「解説 IA-2520-1 同等の表面」において、「同等」とは材料、照明、試験環境（気中あるいは水中）が試験対象部と同等であることとしている。その「材料」については、その表面状態（加工仕上げの状況、表面皮膜の状況等）が識別に影響する可能性も考えられるが、直接目視試験ではいずれも「18%灰色カード上の幅 0.8mm の黒線」の識別によるので、視野内における 18%灰色カードの割合が極端に小さくなければその影響は小さいと考えられることから、「試験対象部の表面」を「試験対象部または同等の表面」としたことは妥当と判断する。

また、維持規格 2008 年版で「この場合」と記載されていたものを「VT-1 試験, VT-2 試験および VT-3 試験において」と変更されているが、これは、技術的な変更ではなく表現を明確化したものであり、妥当と判断する。

② 「IA-2520 目視試験」(1)項の「b. 遠隔目視試験」

遠隔目視試験においてモニターを使用する場合の判別能力の確認として、縦横両方向で 18%中性灰色カード上の幅 0.8mm の黒線が識別できることを新たに規定したものであり、直接目視試験と同等であることから、この変更は妥当と判断する。

③ 標準検査で実施する目視試験の対象範囲

維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）で追加された「IB, IC, ID, IE および IF の各章で規定する標準検査においては、目視試験対象の接近可能な表面（溶接継手を含む。）全てを対象とする。ただし、IG 章で規定する標準検査の場合については IG-2500 の規定, IJB, IJG 章で規定する個別検査の場合については, IJB-2500, IJG-2500 の規定による。」は、実質的な要求事項の変更・改訂ではなく、規定内容を明確にしたものであり、この変更は妥当と判断する。

④ 「IA-2521 VT-1 試験」

VT-1 試験の目的について、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）では「強度に影響を与える恐れのある」を削除し、「機器表面について摩耗, き裂, 腐食, 浸食等の異常を検出するために行う試験とする。」としたものである。

目視試験で検出される異常が「強度に影響を与える」ものかどうかは欠陥評価に係る課題であることから、目視試験による検査に係る本規定の記述から削除したものであり、また、VT-2 及び VT-3 に係る記述とも整合することから、この変更は妥当と判断する。

⑤ VT-1 試験、VT-2 試験及び VT-3 試験

維持規格 2008 年版の「IA-2520 目視試験」(2)で遠隔目視試験は「その欠陥の判別能力が直接目視試験と同等以上である場合」に適用してよいと規定していたが、「IA-1521 VT-1 試験」、「IA-2522 VT-2 試験」及び「IA-2523 VT-3 試験」には記載がなかった。

維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）では、VT-1 試験、VT-2 試験及び VT-3 試験について、「遠隔目視試験におけるカメラ等の光学装置から試験対象部の表面までの距離および試験対象部に対する角度は、「IA-2520 目視試験」(1)b. の規定が満足できる範囲以内としなければならない。」の規定を追加したものであり、「IA-2520 目視試験」における遠隔目視試験に対する要求が適用されることを明記したものであるから、この変更は妥当と判断する。

⑥ 「IA-2524 VT-4 試験」

VT-4 試験の目的について、維持規格 2008 年版では「格納容器の構造健全性あるいは気密性のいずれかに影響を与える恐れのある構造上の劣化（腐食，減肉，塗膜の劣化，ボルト・ナットの破損等）を検出するために行う試験とする。」と記載されていたものを、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）では、「構造健全性あるいは気密性のいずれかに影響を与える恐れのある」を削除し、「格納容器の構造上の劣化（腐食，減肉，塗膜の劣化，ボルト・ナットの破損等）を検出するために行う試験とする。」としたものである。

目視試験で検出される異常の「評価」に係る記述を削除したものであり、この変更は妥当と判断する。

⑦ 「IA-2525 MVT-1 試験」の適用対象

MVT-1 試験は 0.025mm 幅のワイヤの識別ができる高精度の目視試験であり、直接目視試験又は遠隔目視試験によらず、必要に応じて炉内構造物以外にも適用できるよう規定することは合理的であると考えられ、この変更は妥当と判断する。

⑧ 「IA-2525 MVT-1 試験」における識別確認

MVT-1 試験における試験精度の確認方法において、確認対象として 0.025mm 幅のワイヤに加えて、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）では 0.025mm 幅のワイヤと同等の視認性を有するノッチを追加したものである。また、「解説 IA-2525-1 MVT-1 試験の精度」に、「同等の視認性を有するノッチ」とは、カメラからの距離や照明が同条件の下で、ノッチがワイヤと同等に識別できることである。」を追加している。

ノッチの視認性は、カメラからの距離や照明の条件のほか、ノッチ形状（幅、底の形状）や対象物に対するカメラ軸との角度及び照明の角度の影響を受けると考えられる。ノッチ底の形状や角度によっては、照明光の反射が強く（又は弱く）なる場合が想定され、ワイヤより容易に視認できる場合もあり得る。このため、ワイヤを視認できることが確認されたカメラからの距離及び照明条件で特定のノッチが視認できることだけで同等の視認性を有するとすることはできない。使用するノッチ形状について視認性がワイヤと同等であることを確認するためのより具体的方法が示されていない現時点では、この変更は妥当ではない。

したがって、MVT-1 試験の試験精度の確認方法における確認対象は従前のおり 0.025mm 幅のワイヤに限り、「解説 IA-2525-1 MVT-1 試験の精度」は適用除外とするこ

とが必要である。

なお、以下の点から、目視試験（遠隔目視試験を含む。）の試験精度の確認方法の再検討並びに目視試験の検査員の資格及び技量の確保に関する規定の策定を要望する。

- ワイヤと亀裂では照明光の反射の仕方が異なり、視認性は母材表面状態の影響も受ける。
- 2004年に発行された NUREG/CR-6860²⁸では、図 3.2.2.5-1 に示すように、遠隔目視試験で使用するビデオカメラシステムの分解能を確認する方法として、ワイヤのような線状の物体は十分ではないとしている。
- ASME Section XI IWA-2211 では VT-1 及び VT-3 の視認性確認方法について、IWA-2211 で resolving characters²⁹による確認が要求されている。更に、目視試験についても、検査員の資格認証と訓練が求められている。

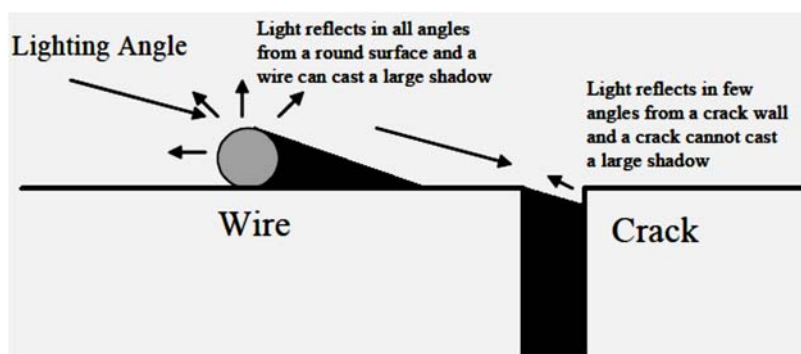


図 3.2.2.5-1 亀裂とワイヤの見え方の違い (NUREG/CR-6860)

(4) 適用に当たっての条件

- ① ~⑦なし
- ⑧

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2525 MVT-1 試験 (2)	MVT-1 試験では、0.025 mm 幅の <u>ワイヤあるいはこれと同等の視認性を有するノッチの識別</u> ができることを確認しなければならない。必要に応じて、クラッド除去等の表面処理を行う。(解説 IA-2525-1)	MVT-1 試験では、0.025 mm 幅の <u>ワイヤの識別</u> ができることを確認しなければならない。必要に応じて、クラッド除去等の表面処理を行う。(解説 IA-2525-1)

・「解説 IA-2525-1 MVT-1 試験の精度」は適用除外とする。

²⁸ NUREG/CR-6860 An Assessment of Visual Testing

²⁹ 所定の大きさに印字した文字の判読で視認性を確認する。VT-1 は高さ 1.1mm、VT-3 は 2.7mm。

(5) 要望事項

目視試験（遠隔目視試験を含む。）の試験精度の確認方法について、最新の知見に基づき検討及び目視試験の検査員の資格と技量の確保に関する規定の策定を要望する。

3.2.2.6 系の漏えい試験

系の漏えい試験は「IA-3000 系の漏えい試験」で共通事項、「IB-3000 系の漏えい試験」、「IC-3000 系の漏えい試験」及び「ID-3000 系の漏えい試験」にクラスごとの個別事項が規定され、クラス MC 容器は「IA-3000 系の漏えい試験」の規定にかかわらず「IE-3000 系の漏えい試験」を適用するとされている。

(1) 変更の内容（「別表 4 漏えい試験に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 維持規格 2008 年版では、「IA-3210 試験圧力および試験温度」(3)において系の漏えい試験の試験圧力及び試験温度は「原則として目視試験中、一定に保持しなければならない。」としていたが、「原則として目視試験中、規定された試験圧力および試験温度を下回らないように保持しなければならない。」に変更した。
- ② 維持規格2008年版の「IA-3210 試験圧力および試験温度」の「(6)系の漏えい試験温度は、「設計・建設規格」に定められるフェライト鋼の破壊靱性要求に基づき決定しなければならない。」を削除した。

○ クラス 1 機器

- ③ 原子炉圧力容器又は原子炉容器の試験温度について、引用規格を設計・建設規格から「JEAC4206原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」（以下単に「破壊靱性の確認試験方法」という。）2007年版に変更し、破壊靱性基準に K_{Ic} 基準を適用することを明確にした。
- ④ 原子炉圧力容器又は原子炉容器以外のクラス 1 機器の試験温度は設計・建設規格によるとしていた規定を、設計時又は建設時に定めた機器の最低使用温度に変更した。
- ⑤ オーステナイト系ステンレス鋼と接合するフェライト鋼で製作された系又は機器について、試験時に隔離できないときの試験温度の規定を削除した。
- ⑥ 原子炉圧力容器又は原子炉容器とクラス 1 機器とを一体で試験する場合の試験温度を追加した。

○ クラス 2、3 機器

- ⑦ フェライト鋼を含む系統の試験温度は設計・建設規格によるとしていた規定を、設計時又は建設時に定めた機器の最低使用温度に変更した。
- ⑧ 全てがオーステナイト系ステンレス鋼で作られている機器で構成される系統の試験温度について、温度を制限しない理由（破壊靱性が十分高いため）の記載を削除した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ①～⑧ 本変更は、質疑応答集の一部の内容を取り込み、漏えい試験の試験圧力又は試験温度に関する規定を明確化し、全体的に構成を見直すことである。

- ⑦ フェライト鋼の漏えい試験温度の制限を、設計・建設規格に定められるフェライト鋼の破壊靱性要求に基づき決定することと定められていたが、設計・建設規格の要求は使用材料に対する設計時の要求のため、適正化を図る。

(3) 技術評価の結果

① 試験圧力及び試験温度の保持

漏えい試験は設備が運転時において漏れのないことを確認するために行うものであり、規定より高い温度で、規定の圧力以上であれば、多少の変動はあっても機器の健全性を損なうことなく漏えいの有無を確認できることから、妥当と判断する。

② 「IA-3210 試験圧力および試験温度」の(6)項の削除

フェライト鋼については最低使用温度以上で使用することが要求されており、漏えい試験においても同様の制限が要求されるが、クラス1機器、クラス2機器、クラス3機器のそれぞれのクラス機器の漏えい試験規定に個別に記載されていること及び規定の重複を避けるために削除するものであることから、妥当と判断する。

③ 原子炉圧力容器又は原子炉容器の試験温度における破壊靱性基準

維持規格 2008 年版においては、原子炉圧力容器又は原子炉容器の漏えい試験温度は設計・建設規格 PVB-2333 を引用していたが、維持規格 2012 年版(2014 年追補までを含む。)においては、引用元を破壊靱性の確認試験方法 2007 年版の FB-4000 の規定に変更したものである。引用した破壊靱性の確認試験方法 2007 年版の該当する規定には、変更前の規定内容が過不足なく含まれており、妥当と判断する。

なお、「IB-3210 試験圧力および試験温度」(3)の原子炉圧力容器又は原子炉容器の関連温度決定は設計・建設規格2005年版及び2007年追補に基づくものであり、適用される破壊靱性は K_{IR} 曲線である。一方、改訂により引用した破壊靱性の確認試験方法 2007年版においては、関連温度決定は K_{IC} 曲線に基づいている。この K_{IC} 曲線の適用については、既に設計・建設規格2012年版の技術評価済である。ただし、室温での規定最小降伏点が620 MPaを超える材料については、クラス1容器の破壊靱性評価に K_{IC} 曲線を用いることを認めないことを条件として付している。

④及び⑦ 原子炉圧力容器又は原子炉容器を除くクラス1機器及びクラス2、3機器の試験温度の最低使用温度への変更

「IB-3210 試験圧力および試験温度」(4)原子炉圧力容器以外のクラス1機器については、維持規格 2008 年版の「ぜい性遷移温度による評価」から「設計時または建設時に定めた機器の最低使用温度以上」と改訂されている。「IC-3230 試験温度」(1)のクラス2機器及び「ID-3230 試験温度」(1)のクラス3機器の場合についても同様である。

「設計時」及び「建設時」については、設計・建設規格等の設計上の規定を満足していることを考慮したものであり、妥当と判断する。

⑤及び⑥ 一体で試験する場合の試験温度

試験温度を制限する材料はフェライト鋼であり、改訂された規定でも、例えば「IB-3210 試験圧力および試験温度」に示すように、試験対象機器の試験温度のうちで最も高い温度以上としており、保守的に試験温度が設定される規定となっており、妥当と判断する。

⑧ クラス 2 機器の規定「IC-3230 試験温度」及びクラス 3 機器の規定「ID-3230 試験温度」

改訂されたクラス 2 機器の規定「IC-3230 試験温度」(1)及びクラス 3 機器の規定「ID-3230 試験温度」(1)の規定は単に規定から妥当性を示す理由を削除し、規定を明確にしたのみであり、妥当と判断する。

なお、設計・建設規格の適用に当たっては、技術基準規則解釈における別記-2の2.(1)(iv)において、原子炉圧力容器及び原子炉容器について「室温での規定最小降伏点が620 MPa を超える材料については、クラス 1 容器の破壊靱性評価に K_{Ic} 曲線を用いることを認めない」としていることから、漏えい試験においても、原子炉圧力容器及び原子炉容器については、同様の条件が付されることとなる。

(4) 変更点以外の技術評価

(ア) クラス 2 機器及びクラス 3 機器の試験圧力について

クラス 2 機器の系の漏えい試験における試験圧力は「IC-3210 試験圧力」において、運転圧力以上の圧力で行うと規定している。クラス 3 機器についても「ID-3210 試験圧力」において、同様に規定している。

クラス 2 機器及びクラス 3 機器の非破壊試験は抜取り検査が適用されており、また「IC-1220 試験免除機器」及び「ID-1220 試験免除機器」に規定する試験免除規定により、工学的安全施設に属さない系の機器、呼び径100A以下の管並びに最高使用圧力及び最高使用温度の組合せ等により非破壊試験が免除される機器がある。

これら非破壊試験が行われない機器は、系の漏えい試験により健全性の確認が行われるが、規定された「運転圧力以上の圧力」では、系統の定格流量時の運転圧力のうち低いものを選んで試験することも可能と解釈できるため、妥当ではない。

したがって、運転圧力以上の圧力とは「IA-3210 試験圧力および試験温度」に規定された「一つの系統またはその一部が、二つの運転モードを有し、かつ各々の運転圧力が異なる場合、当該部の系の漏えい試験は、運転圧力が高い方の圧力以上で行わなければならない。」を踏まえた圧力とする必要がある。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

①～⑧ なし

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IC-3210 試験圧力 (1)	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければ <u>ならない。</u>	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければ <u>ならない。</u> この場合において、一つの系統またはその一部が、二つの運転モードを有し、かつ各々の運転圧力が異なる場合、当該部の系の漏えい試験は、運転圧力が高い方の圧力以上で行わなければ <u>ならない。</u>
ID-3210 試験圧力 (1)	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければ <u>ならない。</u>	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければ <u>ならない。</u> この場合において、一つの系統またはその一部が、二つの運転モードを有し、かつ各々の運転圧力が異なる場合、当該部の系の漏えい試験は、運転圧力が高い方の圧力以上で行わなければ <u>ならない。</u>

3.2.2.7 クラス1機器及びクラス2機器の容器の溶接継手の標準検査

試験部位である溶接継手は、試験カテゴリで区分され、表形式で試験カテゴリごとに試験方法、試験の範囲及び程度、検査間隔内での延期の可否が規定されている。

(1) 変更内容（「表 3.2.2.7-1 クラス1容器及びクラス2容器の溶接継手の標準検査に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 「表 IB-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」注書き(3)、「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」注書き(2)、「表 IB-2500-8 試験カテゴリと試験部位および試験方法」注書き(3)及び「表 IC-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」注書き(3)において、クラス1機器及びクラス2機器の容器の溶接継手の試験程度の一部又は全部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施する場合、代替とした理由及び代替として実施する試験程度の妥当性を記録することが追加された。

表 3.2.2.7-1 クラス1容器及びクラス2容器の溶接継手の標準検査に関する規定内容の変更点

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>表 IB-2500-1(3), 表 IB-2500-2(2), 表 IB-2500-8(3), 表 IC-2500-1(3)</p> <p>なお、特定の溶接継手に対する試験程度の一部または全部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することが妥当と判断される場合は、各溶接継手長さに対する割合でなく全溶接継手長さに対する割合としてもよい。</p> <p><u>ただし、代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として、材質、応力条件（溶接残留応力を含む。）および環境条件（温度、炉水環境）が工学的に同等であることを確認し、記録しておかなければならない。</u></p>	<p>表 IB-2500-1(3), 表 IB-2500-2(2), 表 IB-2500-8(3), 表 IC-2500-1(3)</p> <p>なお、特定の溶接継手に対する試験程度の一部または全部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することが妥当と判断される場合は、各溶接継手長さに対する割合でなく全溶接継手長さに対する割合としてもよい。</p>

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 代替とした理由及び代替として、選定した試験範囲の妥当性の根拠について記録することを明確化する。

(3) 技術評価の結果

- ① この変更は、「日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 (JSME S NA1-2004)」(2004年版)の技術評価書」(平成19年8月原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構取りまとめ)(以下「維持規格2004年版技術評価書」という。)において、適用に当たっての要件とされた事項を維持規格2012年版(2014年版追補までを含む。)に取り込んだものである。なお、同規定の解説(解説表IB-2500-1、2、8及び解説表IC-2500-1)では、試験を代替する機器の当該箇所及びその理由の記録保管先について、具体的な例が追加されている。

したがって、これらの変更は試験範囲を代替することの妥当性を明確にし、説明性を高めることとなるため妥当と判断する³⁰。

代替として実施できる試験範囲の要件としての応力条件(溶接残留応力を含む。)について、個別の溶接継手の残留応力を定量的に把握することは困難な場合が多いため、溶接残留応力に影響する因子として記録すべき項目の例として、溶接方法、溶接部形状、後熱処理条件、溶接補修の有無等を明確にすることを要望する。

(4) 変更点以外の技術評価

(ア) 原子炉圧力容器の溶接継手の試験程度に関する過去の技術評価

維持規格では、原子炉圧力容器の溶接継手の試験程度を次のように規定している。

原子炉圧力容器の溶接継手の部位	試験程度
異種金属溶接継手部(管台とセーフエンドの溶接部)	100% ³¹ /10年
構造不連続部(胴部とフランジ又は鏡板の溶接部、管台取付け箇所の溶接部)	100%/10年
一般部(胴部及び鏡板の周方向と長手方向の溶接部)	7.5%/10年

一般部(設計・建設規格の継手区分A及び継手区分Bに相当)の試験程度が「7.5%/10年」と他の部位に比較して試験程度が低いのは、維持規格の基礎となった日本電気協会の規格(JEAC4205)がASME Section XIの初版(1970年発行)を参照したことによる。ASME Section XIは、1972年に発生したハッチ1号機の事象³²等から、1974年版において「第1検査間隔について、原則100%³³/10年」に改定し、1998年版におい

³⁰ 亀裂解釈の別紙1「非破壊試験の方法」の4.に規定しているが、規格に反映されたものである。

³¹ 維持規格では、「100%」を「全ての試験可能な範囲」と規定している。

³² 米国のEdwin I Hatch原子力発電所1号機において、原子炉圧力容器の管台と胴の溶接部で、製造時の放射線透過試験で発見されなかった欠陥指示が、供用前検査の超音波探傷試験において発見された。

³³ ASME Code Case N-460によれば、原則(essentially)100%とは試験対象の体積又は表面積の90%の範囲を超えていることとしている。

て「(全ての検査間隔において) 原則 100%³⁴/10 年」に改定したが、JEAC4205 では見直されなかった。

一方、2003 年に旧原子力安全・保安院は、「日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2002) に関する技術評価書」(平成 15 年 10 月原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構取りまとめ) (以下「維持規格 2002 年版技術評価書」という。) において、ASME Section XI と試験程度の相違があったものの、過去のトラブルがなく応力分布もなめらかであることから、一般部の試験程度を「7.5%/10 年」で妥当としつつ、今後海外事例を踏まえた妥当性確認が必要としていた。

(イ) 国際的な原子炉圧力容器の一般部の試験程度の状況

米国の原子炉圧力容器の溶接継手の供用期間中検査に関する ASME Section XI の要求は、現時点でも原則 100%実施としている。

欧州の主要国でも、深層防護の観点等により、原則 100%実施としている。

表 3.2.2.7-2 諸外国等の原子炉圧力容器の全ての溶接継手に関する試験程度

国名等	試験程度	理由
日本	特殊部：全ての試験可能な範囲/10 年 一般部：7.5%/10 年	旧原子力安全保安院は、過去のトラブルがなく応力分布もなめらかであることなどから、妥当としている。
アメリカ	全ての部位：100%/10 年 ³⁵	原子炉圧力容器は深層防護における放射性物質の放出の複数の障壁のうちの一つであるので、原子炉圧力容器の健全性の保証を提供するためになされている。
ASME	全ての部位：100%/10 年	1972 年に、米国 Hatch 1 号機の原子炉圧力容器の検査対象外であった胴と管台の溶接部に、3 箇所欠陥が発見されたため等。
フランス	全ての部位：100%/10 年	潜在的な供用期間中の劣化 (応力腐食割れ、粒界割れ) のリスクの存在。 製造時欠陥 (クラッド下の割れ) の監視。 深層防護の目的のための検査。
ドイツ	全ての部位：100%/5 年	原子力圧力容器は、破損することが許容されないものとして特定されている機器である。
スイス	全ての部位：100%/10 年	原子力圧力容器は、経年劣化管理において詳細に取り扱われなければならない。

³⁴ ASME Code Case N-460 によれば、原則 (essentially) 100%とは試験対象の体積又は表面積の 90%の範囲を超えていることとしている。

³⁵ ただし、10CFR50.55a では規格免除及び規格代替案を認めている。

スウェーデン	全ての部位：100%/10年	原子炉圧力容器の突合せ溶接継手、フランジ接続部及び管台の溶接継手は10年を超えない間隔でISIを受けなければならない。
フィンランド	全ての部位：100%/10年	原子炉圧力容器の材料は、劣化していくとしても破壊抵抗を維持しなければならない。
イギリス	全ての部位：100%/10年	原子炉圧力容器はIoF（Incredibility of Failure：破損することが信じられないこと）の機器である。

また、米国では、連邦規則10CFR50.55aの(g)(6)(i)において、原則100%の試験実施が不可能な溶接継手部について免除承認（Granting of relief）が必要と規定しており、各発電所では号機毎に試験可能範囲が90%以下となる場合は免除申請を行い、NRCの承認を得ている（添付資料－4参照）。

(ウ) 原子炉圧力容器一般部の溶接継手の試験程度について

現在運転中の国内加圧水型軽水炉（以下「PWR」という。）については、規定された試験程度によらず、鏡板を除く胴の一般部の溶接継手について検査間隔（10年。第4検査間隔からは7年。）で全ての検査可能な範囲の試験（UT）を実施している（表3.2.2.7-3参照）。また、今のところ、原子炉圧力容器に破壊を引き起こす欠陥が見つかったという例は国際的に知られていない。

原子力基本法（昭和30年法律第186号）では、第2条第2項において、原子力の「安全の確保については、確立された国際的な基準を踏まえ」ることとしている。諸外国では原子炉圧力容器の全ての溶接継手について試験程度を検査間隔（例えば10年）で100%としていることから、日本においても同様の試験程度とし、原子炉圧力容器の健全性の根拠をより確実なものとする必要がある。

表 3.2.2.7-3 国内 PWR の原子炉圧力容器溶接継手一般部の試験実施状況

溶接部位	対象箇所	PWR の試験実施状況
炉心外周域耐圧部分	胴の周継手	検査間隔で全ての試験可能な範囲について実施 ³⁶
	胴の長手継手	
	補修溶接部分	
容器の耐圧部分	胴の周継手	検査間隔で7.5%
	胴の長手継手	
	鏡板の周継手	
	鏡板の長手継手	

³⁶ 容器の耐圧部分の胴の周継手については、10年で7.5%としているプラントもある。

なお、維持規格の技術評価に関する検討チーム会合での主な意見等は以下のとおりであった。

- (a) 日本の非破壊検査員のレベルについて、10 年以上前の研究では高いレベルにあり、現在でも維持されていると認識している。
- (b) 確率論的破壊評価による国内原子炉压力容器の感度解析によれば、運転年数が少ない場合は維持規格の規定（国内実績に基づく丁寧な超音波探傷試験（検査精度高）で7.5%の頻度）と ASME Sec. XI の規定（検査精度中又は低で100%の頻度）との破損頻度の差異は少ないが、運転年数が多い場合、試験技量の高い者が10年間で100%の検査を行えば、30年目でも10年目と同程度の低い破損確率を維持できる可能性があることを示唆している（添付資料－4参照）。
- (c) 諸外国の試験程度と同様の10年で100%の試験程度にするというのは合理的である。試験結果に基づく技術的根拠があれば、試験程度の低減等を認めることが妥当ではないか。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

なし

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
表 IB-2500-1 試験カテゴリ B-A 原子炉压力容器及び原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手 注(3)	各検査間隔中の試験程度は、各溶接継手長さの7.5%とする。ただし、周継手について5%、長手継手について10%としてもよい。 なお、特定の溶接継手に対する試験程度の一部または全部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することが妥当と判断される場合は、各溶接継手長さに対する割合でなく全溶接継手長さに対する割合としてもよい。 ただし、代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として、材質、応力条	各検査間隔中の試験程度は、全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。

	<p><u>件（溶接残留応力を含む）および環境条件（温度，炉水環境）が工学的に同等であることを確認し，記録しておかなければならない。（解説 表 IB-2500-1, 2, 8）</u></p> <p><u>なお，中性子フルエンス（1 MeV またはそれ以上のエネルギー）の照射を 10^{23}n/m^2 を超えて受けた胴の溶接継手は，試験可能な全ての範囲について試験を行わなければならない。</u></p>	
<p>表 IB-2500-2 試験カテゴリ B-B 容器の耐圧 部分の溶接継手 注(7)</p>	<p>（加える。）</p>	<p><u>各検査間隔中の試験程度は，全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。</u></p>

「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B2. 111	胴の周継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2. 112	胴の長手継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2. 121	鏡板の周継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2. 122	鏡板の長手継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾

(6) 要望事項

「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」注(2)、「表 IB-2500-8 試験カテゴリと試験部位および試験方法」注(3)及び「表 IC-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」注(3)のただし書における溶接残留応力については、記録すべき項目の例として、溶接方法、溶接部形状、後熱処理条件、溶接補修の有無等を明確にすることを要望する。

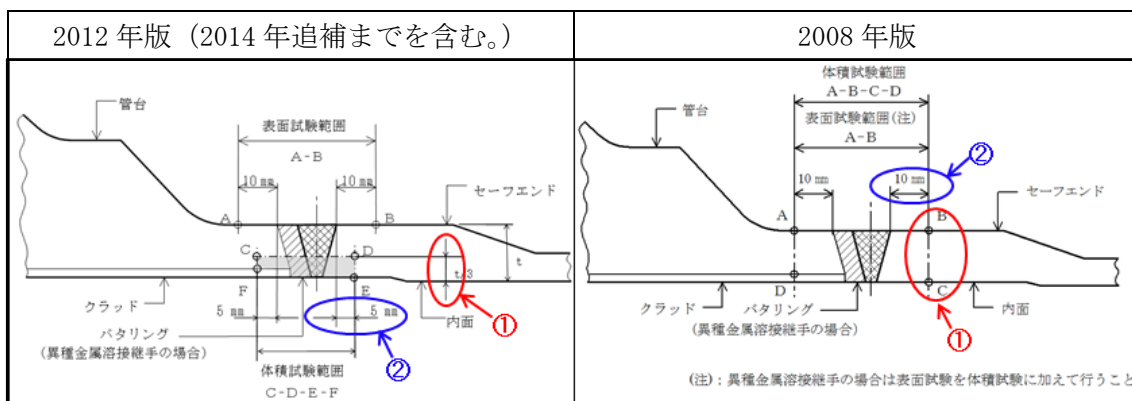
3.2.2.8 クラス1機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査

クラス1機器の圧部分の溶接継手の標準検査は、「試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属溶接継手」及び「試験カテゴリ B-J 管台、セーフエンド及び配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手」に、試験部位と試験方法が規定されている。

(1) 変更内容(「別表5 クラス1機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査に関する規定内容の変更点」参照)

- ① 「IB-2500 試験の範囲、程度および試験方法」に規定されているクラス1機器の溶接部のうち、「試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属溶接継手」(以下単に「試験カテゴリ B-F」という。)及び「試験カテゴリ B-J 管台、セーフエンド及び配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手」(以下単に「試験カテゴリ B-J」という。)について、体積試験の範囲を厚さの全厚から内面側 1/3 へ変更した。これに伴い体積試験の範囲を厚さの内面側 1/3 とした図を追加した。
- ② ①の場合に外面側溶接止端部からの試験範囲を 10mm から 5mm へ変更した。
- ③ 「表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注書き(2)において、クラス1機器の耐圧部分の異種金属溶接継手の定義を変更し、オーステナイトステンレス鋼と高ニッケル合金³⁷との継手を追加した。
- ④ 管台とセーフエンド又は管の耐圧部分の同種金属の溶接継手について、全板厚について体積試験を行う場合は、「表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の試験方法の「体積および表面」の要求に従わず、体積試験のみでよいとする規定を注書き(6)として追加した。

表 3.2.2.8-1 クラス1機器耐圧部分の溶接継手の標準検査に関する規定内容の変更点(①及び②)



³⁷ 日本機械学会材料規格(JSME S NJ1-2012)においてクラス1機器に使用する材料として「ニッケル合金鋼」又は「高ニッケル合金」は規定されていないが、規定の主旨からは、耐食耐熱合金(JSME-N12)、ニッケル・クロム・鉄合金690(JSME-N13)、耐熱耐食超合金棒及び同合金板(JSME-N20, N-21)がこの規定に該当する材料と考えられる。これらの材料をここでは仮に「高ニッケル合金」という。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ①及び②試験カテゴリ B-F 及び試験カテゴリ B-J に分類される溶接継手については、全板厚の体積試験を要求していた。しかしながら、以下の観点から問題なく、体積試験の範囲を内面側 1/3 に限定することで、試験員の被ばく低減も期待できることから、体積試験範囲を変更する。
- 国内の原子力発電所の損傷事例を調査した結果、異材継手又は配管耐圧部と類似の箇所においては、疲労、SCC、減肉以外の損傷は発生していない。海外プラントでも異材継手や配管耐圧部の内部から発生するような損傷モードは報告されていない。
 - SCC 及び減肉は内面に生じる損傷モードであるため、試験範囲を全板厚から内面側 1/3 に変更しても、現行の体積試験方法を踏襲する限り、検出精度への影響は何ら生じない。
 - 材料内部、又は内外表面に存在する欠陥が疲労により進展することが懸念されるが、溶接部は製造時に全数非破壊検査 (RT) が実施されており、材料内部に有意な欠陥がないことが確認されている。
 - クラス 2 機器の「試験カテゴリ C-F 管と耐圧部分の溶接継手」及び ASME Section XI の Examination Category B-F, Pressure-Retaining Dissimilar Metal Welds in Vessel Nozzles 及び Examination Category B-J, Pressure-Retaining Welds in Piping は体積試験範囲を内面側 1/3 とし、表面試験を行っている。
- ③ 異種金属溶接継手として扱う重要な目安の一つに、熱膨張差に起因する応力の発生が考えられるが、オーステナイト系ステンレス鋼と高ニッケル合金の継手においても、起動停止の繰り返しに伴い発生する応力は、無視できないレベルに達する可能性があると考えられるため。「解説表 IB-2500-5-2 異種金属溶接継手の解釈」を追加し、これらの説明を追記する。
- ④ 体積試験範囲を内面側 1/3 の範囲にした場合には、外面側の表面試験を行うため。なお、試験カテゴリ B-J について全板厚の体積試験を行う場合は外面側の表面試験を行わなくてもよいとする。

(3) 技術評価の結果

① 体積試験の範囲を溶接部の厚さの全板厚から内面側 1/3 へ変更

1) 溶接部内部の欠陥について

製造時の RT で検出されなかった欠陥が UT で検出された以下の事例があることから、設計工事段階の RT に合格しても、面状欠陥が存在する可能性がある。

- 1972 年に米国 Edwin I. Hatch-1 号機の原子炉圧力容器胴と管台との溶接部の供

用前検査における UT で、製造時の RT で見つからなかった欠陥指示を検出、補修後に運転を開始した事例³⁸がある。

- 2005 年に米国 Columbia 発電所の供用期間中検査において、原子炉压力容器胴の炉心外周域内及び領域外の各 1 箇所の長手継手の板厚の中央付近に内在する面状欠陥を検出した事例³⁹がある。当該欠陥は製造に起因すると評価された。
- 研究調査報告書⁴⁰において溶接部内部の欠陥に対する RT と UT（屈折角：60° 及び 45°、記録レベル：DAC5%、10%及び 20%）による検出性を比較し、「面状欠陥について、RT で検出した欠陥は全て UT で検出しているが、UT で検出した欠陥が RT で検出できないものがあった」との記載があり、図 3.2.2.8-1 に示すように、屈折角 60° で記録レベルを DAC20%とした場合には、欠陥長さ 15mm 以上の範囲において RT で検出されなかった欠陥が UT で検出されている。

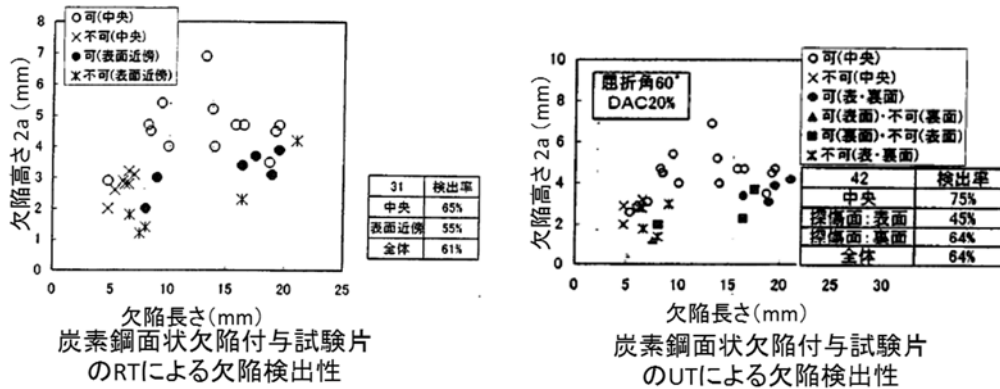


図 3.2.2.8-1 RT と UT の欠陥検出性

また、RT の判定基準は、溶接部の強度に影響を与えるような欠陥がないことを欠陥の種類及び数並びに欠陥指示の長さにより規定している。一方、UT の判定基準は、欠陥の長さ及び深さ及び位置から決定される評価不要欠陥寸法基準を規定している。したがって、RT と UT の判定基準は直接的に比較することができないため、RT で検出される欠陥が UT のそれに比較してより小さいことは確実ではない。このため、RT で検出された欠陥指示が溶接部内部にあつて、合格しているものであつても、進展するおそれがある場合には欠陥評価を行うことが必要である。なお、供用前検査において、RT では検出されなかった欠陥指示が検出された場合は、当該指示

³⁸ J. C. Spanner, ACOUSTIC EMISSION:WHO NEEDS IT -- AND WHY?, ASNT/AEWG International Conference on Acoustic Emission, September 11-12, 1979, Anaheim, California

³⁹ COLUMBIA GENERATING STATION, DOCKET NO. 50-397

“RESPONSE TO REQUEST FOR ADDITIONAL INFORMATION LICENSE RENEWAL APPLICATION”, September 27, 2010, G02-10-142 Energy Northwest

⁴⁰ 「平成 11 年度 実用原子力発電施設検査技術等開発に関する事業報告書 溶接欠陥と機械的強度及び非破壊試験との関係調査」(平成 12 年 3 月、財団法人発電設備技術検査協会)

について供用期間中検査に準じた評価を行うことが望ましい。(「2. 5. 2. 2 非破壊試験で検出された欠陥指示」参照。)

2) ASME Section XI の規定について

ASME Section XI において、Examination Category B-F, Pressure-Retaining Dissimilar Metal Welds in Vessel Nozzles 及び Examination Category B-J, Pressure-Retaining Welds in Piping はいずれも体積試験の範囲を内面側 1/3 としているが、以下の点に考慮が必要である。

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III 「Rules for Construction of Nuclear Facilities and Components」(以下「ASME Sec. III」という。)は供用前試験の許容基準 (NB-5332 Preservice Examination) として、UT の評価不要欠陥を許容基準 (IWB-3000 ACCEPTANCE STANDARDS) として用いている。
- ASME Companion Guide に以下のような趣旨の記載がある。
 - ・ 非常に保守的であるが、検出された全ての欠陥指示 (製造時の欠陥を含む。) について、その成因に拘わらず面状欠陥と仮定して評価を行う⁴¹。
 - ・ RT で検出されなかった製造時の亀裂状の欠陥が、供用前試験の UT で検出されることがあるため、スラグ巻き込みやポロシティにも「面状欠陥」を適用するようにして製造時基準より単純化し、「面状欠陥指示」を許容する規定 (IWB-3410 ACCEPTANCE STANDARDS) を策定した⁴²。
- EPRI の非破壊試験の許容基準に係る特別報告書⁴³では、ASME Sec. XI の欠陥評価ルールは、亀裂状の欠陥、スラグ巻き込み、ポロシティ、溶込み不足・融合不良、ラミネーション及びこれらの複合に由来する欠陥指示は、単純な面状欠陥に置き換えるという前提に基礎を置いている、という主旨の記載がある。

3) フランス AFCEN の RSE-M-2010 Edition, In-Service Inspection Rules for Mechanical Components of PWR Nuclear Islands (以下「RSE-M」という。) 2010 年版でも原子炉容器管台とセーフエンド (試験カテゴリ B-F に相当する部位) 並びにセーフエンド及び一次冷却管との溶接部については、その厚さの全体を UT の対象としている⁴⁴。

⁴¹ Companion Guide to the ASME Boiler & Pressure Vessel Code Criteria and Commentary on select Aspects of the Boiler & Pressure Vessel and Piping Codes, Fourth Edition, Chapter 30, 30.1.1 Background and Philosophy.

⁴² 同上 Chapter 27, 27.2.2.5 Development of Acceptance Standards for Crack-like Flaws

⁴³ Nondestructive Examination Acceptance Standards, Technical Basis and Development of Boiler and Pressure Vessel Code, ASME Section XI Division 1, EPRI NP-1406-SR Special Report, May 1980

⁴⁴ FIGURE 4.4.1.1.2-3-1(7)

以上から、RT に合格した溶接継手であっても、RT では検出されない又は RT の判定基準で許容された欠陥が存在することを想定する必要がある。このため、供用期間中検査において溶接部の厚さ全体について検査を行い、UT で検出された欠陥についてはその成因にかかわらず進展するおそれがある場合には監視し、供用期間中に破壊を引き起こすおそれのある亀裂その他の欠陥ではないことを確認する必要があり、変更は妥当ではない。

したがって、体積試験の範囲を溶接部の厚さの内面側 1/3 に限定することができるのは、供用前検査又は以前の供用期間中検査において、少なくとも溶接部の厚さのうち、外面側 2/3 の範囲に要記録エコー（超音波探傷試験規程における不連続部エコー及び欠陥エコー）が存在しないことが確認されている場合に限る必要がある。

また、溶接の厚さのうち、外面側 2/3 の範囲に要記録エコーが存在する場合は「表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の項目番号が「B5. 10」、「B5. 40」、「B5. 70」及び「B5. 130」の欄において図番の項に「図 IB-2500-17-1」とあるのは「維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17」に、並びに「表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の項目番号が「B9. 11」及び「B9. 110」の欄において図番の項に「図 IB-2500-17-2, -3」とあるのは「図 IB-2500-17-3」に、「B9. 31」の欄において図番の項に「図 IB-2500-18-1, -2」とあるのは「図 IB-2500-18-2」に、同「図 IB-2500-19-1, -2」とあるのは「図 IB-2500-19-2」に、及び同「図 IB-2500-20-1, -2」とあるのは「図 IB-2500-20-2」とする必要がある。

追加された「図 IB-2500-17-1 セーフエンド又は管の同種および異種金属溶接継手（その 3-1）」(1)及び「図 IB-2500-17-2 セーフエンド又は管の同種および異種金属溶接継手（その 3-2）」(1)の溶接部は、クラッドありの管台の内径に合わせてセーフエンド側で面一にした取合構造をしており、管台先端部の厚さは溶接部を挟んで異なる。しかしながら、「図 3.2.2.8-2 管台溶接部の検査範囲」に示すように、管台側厚さを基準とした内面側 1/3 の位置（C 点）は、先端部の厚さを基準とした内面側 1/3 の位置よりも外面側にあり、管台側厚さを基準とした検査範囲は先端側の厚さを基準とした検査範囲をカバーする。したがって、「図 IB-2500-17-2 セーフエンド又は管の同種および異種金属溶接継手（その 3-1）」(1)及び「図 IB-2500-17-2 セーフエンド又は管の同種および異種金属溶接継手（その 3-2）」(1)は妥当とは判断されず、セーフエンドの溶接継手の検査範囲は管台側厚さ(tn)を基準として決める必要がある。

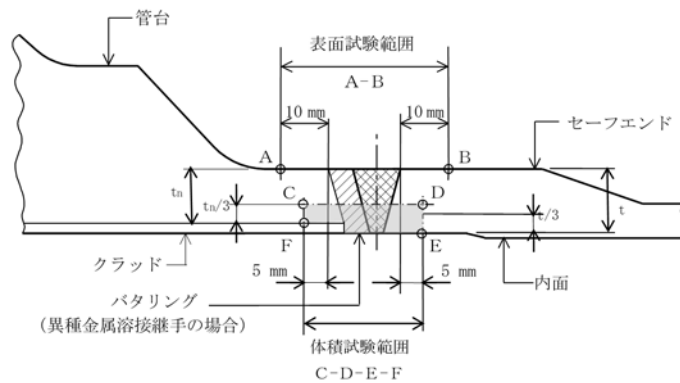


図 3.2.2.8-2 セーフエンドの溶接継手の検査範囲

(「維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。) の試験範囲」に加筆修正)

また、維持規格 2012 年版 (2014 年追補までの含む) の図 IB-2500-17-1 セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手(その 3-1)」(2) 管の溶接継手及び図 IB-2500-17-2 セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手(その 3-2) (2) 管の溶接継手においても、管の内面側 1/3 の位置は上と同様な理由で溶接部の厚さを基準とすることが必要である。

② 溶接止端部からの範囲の変更

日本機械学会は、内面側 1/3 の範囲を検査する場合、開先形状は内側に向かって V 字形状をしていることから、外側の溶接部止端部から 5mm の範囲を検査すれば、内側の溶接部両端からは 5mm 以上の範囲を試験することになり、経年変化の発生が高いと考えられる範囲を含むことができるとしている。維持規格 2008 年版では、体積試験範囲を外側側の溶接止端部から 10mm の範囲としており、その場合、内面側においても必ず溶接止端部から 10mm 以上の範囲が試験される。図 3.2.2.8-2 に示すように沸騰水型軽水炉 (以下「BWR」という。) の再循環系配管溶接部の応力腐食割れの発生位置の調査結果によると、内面側溶接止端部からの距離が最大約 9mm まで分布しているので、体積試験範囲を内面側において溶接止端部から 10mm 以上とすることは妥当であり、体積試験範囲を外側側溶接止端部から 5mm の範囲にしたときに、内面側止端部から 10mm の範囲が必ず試験範囲に含まれる必要がある。

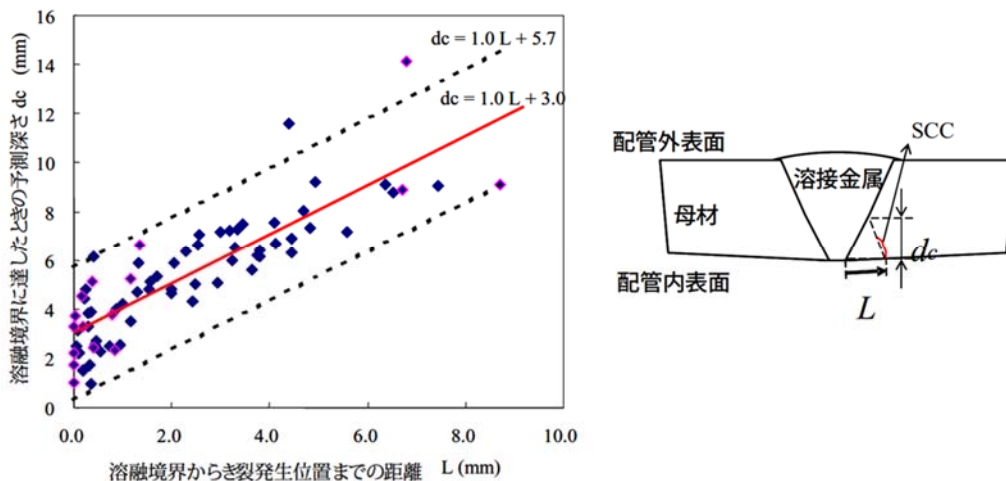


図 3.2.2.8-3 亀裂発生部位と溶接境界に達するときの深さの関係⁴⁵

一般的に、溶接部内面の止端部から 10mm の位置が試験範囲に含まれる時の外面における止端部からの距離は、溶接部の厚さとベベル角度に依存し、図 3.2.2.8-3 に示すようにし、肉厚(t)が 50mm ではベベル角度 (ϕ) が約 6° 以上で、肉厚 80mm では約 3.5° 以上で、試験範囲を外面側止端部から 5mm とすることにより内面側において止端部から 10mm 以上の範囲が試験範囲となる。また、溶接部の外面側に幅 5mm 以上の化粧盛があり、止端部を化粧盛の止端部とすれば、実質的にはベベル角度によらず内面側においても 10mm 以上の範囲が試験範囲となる。

しかし、溶接部の狭開先化により、外面側と内面側の溶接金属の幅の差が小さくなると、体積試験範囲を外面側溶接止端部から 10mm であったものを 5mm に変更することにより内面側における試験範囲が止端部から 10mm の範囲を下廻る場合が生じるため、内面から発生する欠陥が試験範囲外となる可能性を生ずる。

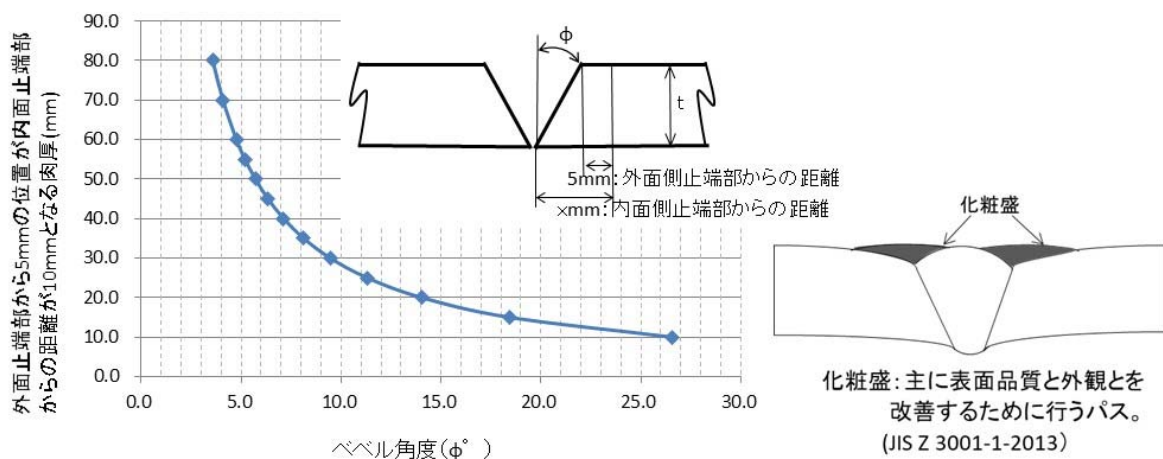


図 3.2.2.8-4 肉厚とベベル角度の関係

45 「炉心シュラウド及び原子炉再循環系配管の健全性評価について－検討結果の整理－」（平成 16 年 10 月 22 日原子力安全・保安院）の図に加筆

したがって、外面の溶接止端部からの距離が 5mm の位置が内面の止端部から 10mm 以上となるベベル角度を有する開先である場合又は（外面側開先端部から片側に 5mm 以上の幅を有する）化粧盛を行っていることが明らかな場合を除いて、試験範囲の幅は外面の溶接止端部から両側へ各々 5mm の範囲へ変更することは妥当ではない。なお、試験範囲としての溶接止端部から 10mm については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格」では溶接止端部から 13mm とされており、設計工事段階と維持段階で範囲が異なるため、見直すことを要望する。

③ クラス 1 機器の耐圧部分の異種金属溶接継手の定義変更

維持規格 2008 年版で「ニッケル合金鋼」と記載していたものは高ニッケル合金であり、この規定における異種金属溶接継手の定義に、オーステナイトステンレス鋼と高ニッケル合金との溶接継手も含まれることを明確にしたものである。

異種金属溶接継手として扱う重要な目安の一つに熱膨張差に起因する応力の発生が挙げられ、熱膨張差の比較的大きいオーステナイトステンレス鋼と高ニッケル合金との組合せを追加することは妥当と判断する。

④ 溶接部の厚さ全厚の体積試験を行う場合の規定内容の変更

試験カテゴリ B-J の試験は、維持規格 2008 年版では全板厚の体積試験が規定されていた。維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）では体積試験を内面側 1/3 の範囲にした場合には、外面側の表面検査を行うことが追加されたが、従前のように全板厚の体積試験を行う場合は、体積試験により外表面も試験対象となるため、必ずしも表面試験を追加する必要はないと考えられ、この変更は妥当と判断する。

また、一般に管溶接部に対して用いられる UT については、外表面の欠陥の検出性は内表面より相対的に低下する場合があると考えられるものの、全厚の体積試験を行い表面試験を行わない場合も選択可能としておくことは、被ばく低減の観点からも妥当と判断する⁴⁶。

(4) 適用に当たっての条件

①②

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
表 IB-2500-5 試験カテゴリ B-F 耐圧部分の 異種金属の溶接	(加える。)	供用前検査または以前の供用 期間中検査において、溶接部に あって少なくとも溶接部の厚 さのうち外面側 2/3 の範囲に

⁴⁶第 1 種管は、建設時に表面試験を実施し、表面は平滑に仕上げてあるので、凹凸による UT の疑似信号は少なく、同種金属溶接継手の全厚さにわたって欠陥検出性が担保できる。一方、第 1 種管は、高線量域にあり、“体積及び表面”とすると、2 種類の方法の資格者の入れ替え、試験準備段取り替え等から、被曝量が増大する。(平成 7 年度 機器配管供用期間中健全性実証試験に関する調査報告書 (原子力発電設備維持に係る技術基準等に関するもの) 第 3 分冊、維持基準原案懸案事項検討書 No. B-08 R1)

<p>継手 注(7)</p>		<p>「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在しない場合に限る。または管の同種および異種金属溶接継手（その3-1）」における体積試験の範囲を示す溶接止端部からの距離「5mm」は、次の1)または2)の場合を除いて「10mm」に読み替える</p>
<p>表 IB-2500-5 試験カテゴリ B-F 耐圧部分の 異種金属の溶接 継手 注(8)</p>	<p>(加える。)</p>	<p>供用前検査または以前の供用期間中検査において、溶接部にあって少なくとも溶接部の厚さのうち外面側 2/3 の範囲に「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在する場合に適用する。</p>
<p>表 IB-2500-5 試験カテゴリ B-F 耐圧部分の 異種金属の溶接 継手 注(9)</p>	<p>(加える。)</p>	<p>図 IB-2500-17-1 の(1)セーフエンドの溶接継手の試験範囲は管台側厚さを基準として内面側 1/3 範囲とする。同図(2)管の溶接継手の試験範囲は溶接部の厚さを基準として内面側 1/3 の範囲とする。</p>
<p>表 IB-2500-9 試験カテゴリ B-J 管台とセーフ エンド、配管 の耐圧部分の同 種金属の溶接継</p>	<p>(加える。)</p>	<p>供用前検査または以前の供用期間中検査において、溶接部にあって少なくとも溶接部の厚さのうち外面側 2/3 の範囲に「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超</p>

手 注(7)		音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在しない場合に限る。」
表 IB-2500-9 試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手 注(8)	(加える。)	供用前検査または以前の供用期間中検査において、溶接部にあつて少なくとも溶接部の厚さのうち外面側 2/3 の範囲に「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在する場合に適用する。
表 IB-2500-9 試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手 注(9)	(加える。)	図 IB-2500-17-2(1)セーフエンドの溶接継手の試験範囲は管台側厚さを基準として内面側 1/3 範囲とする。同図(2)管の溶接継手の試験範囲は溶接部の厚さを基準として内面側 1/3 の範囲とする。

「表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表
(外面側 2/3 に要記録エコーが存在する場合)

試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手 ⁽²⁾			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B5.10	呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾
B5.40	呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾
B5.70	蒸気発生器(一次側)呼び径 100 A 以上の	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾

	管台とセーフエンドの溶接継手		
B5.130	管 呼び径 100 A 以上の 管台とセーフエンド の溶接継手	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版 の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾

(外面側 2/3 に要記録エコーが存在しない場合)

試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手 ⁽²⁾			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B5.10	呼び径 100 A 以上の 管台とセーフエンド の溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾
B5.40	呼び径 100 A 以上の 管台とセーフエンド の溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾
B5.70	蒸気発生器(一次側) 呼び径 100 A 以上の 管台とセーフエンド の溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾
B5.130	管 呼び径 100 A 以上の 管台とセーフエンド の溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾

「表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

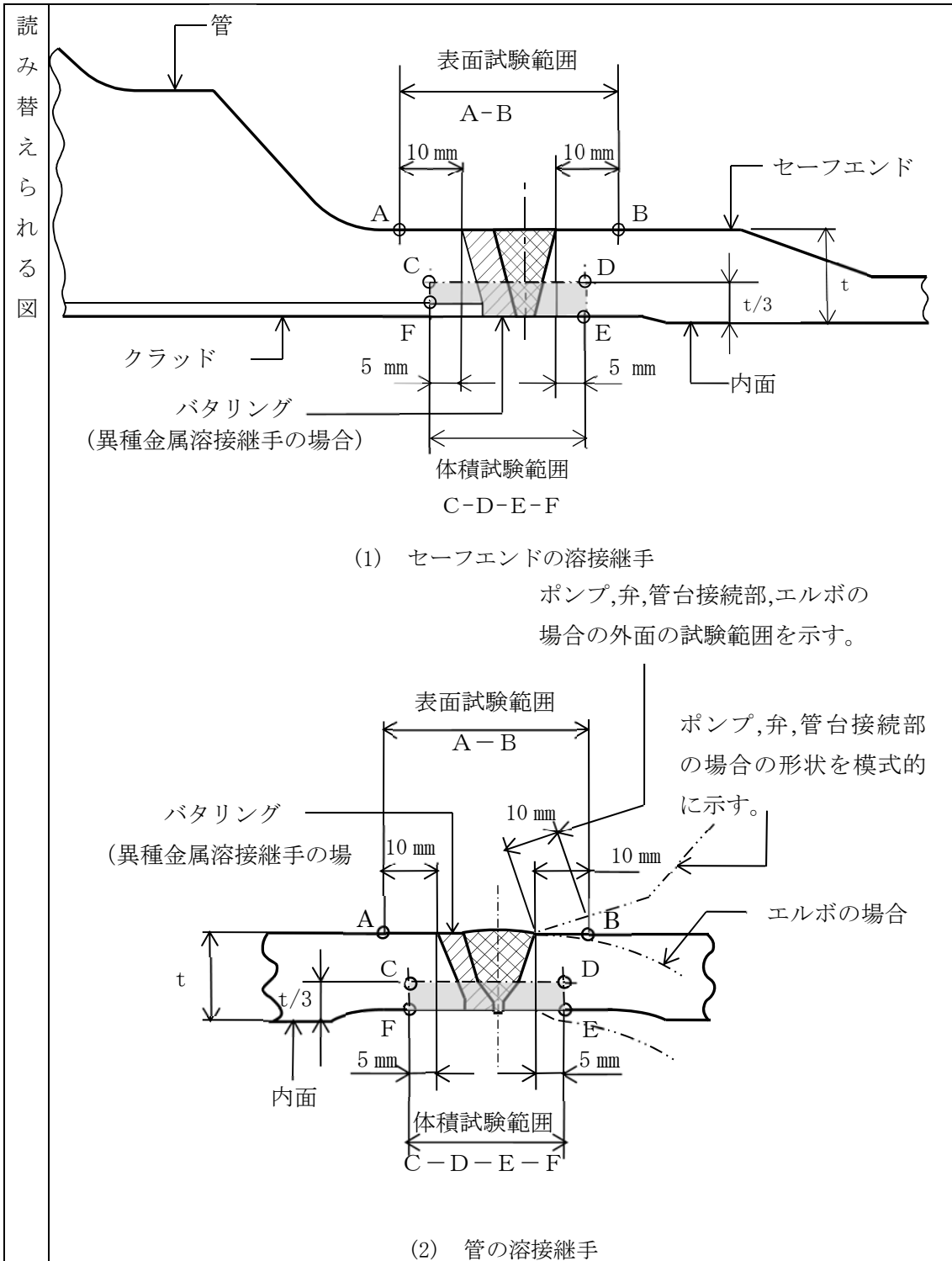
(外面側 2/3 に要記録エコーが存在する場合)

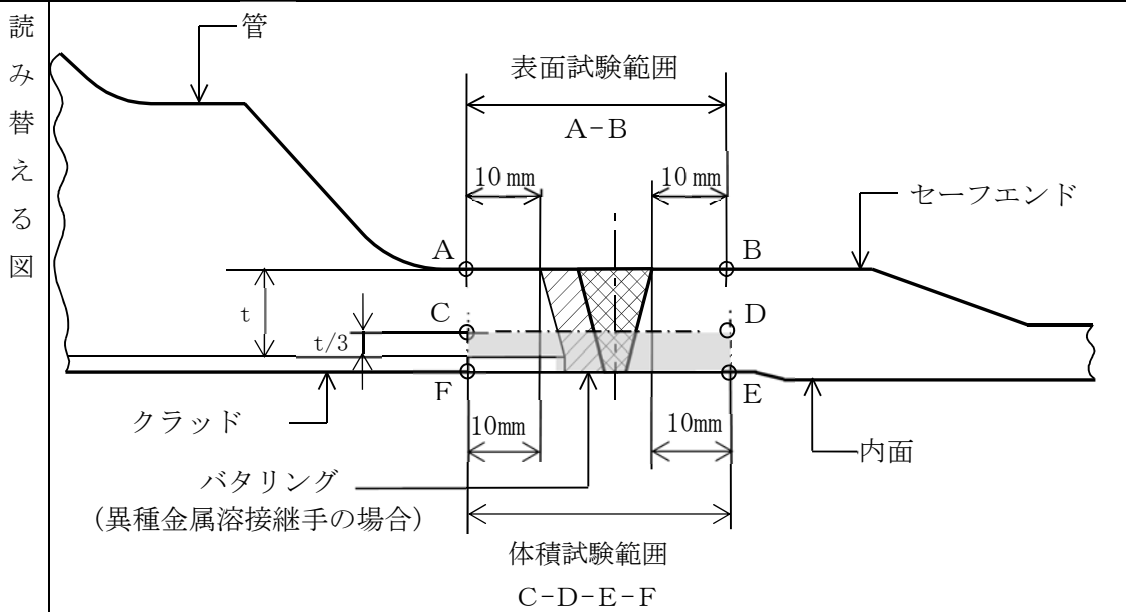
試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B9.11	配管の同種金属溶接 継手(呼び径 100A 以 上) 周継手	図 IB-2500-17-2, - 3	図 IB-2500-17-3 ⁽⁸⁾
B9.31	母管と管台との溶接 継手 呼び径 100 A 以上	図 IB-2500-18-1, - 2 図 IB-2500-19-1, - 2 図 IB-2500-20-1, - 2	図 IB-2500-18-2 ⁽⁸⁾ 図 IB-2500-19-2 ⁽⁸⁾ 図 IB-2500-20-2 ⁽⁸⁾
B9.110	管台とセーフエンド の同種金属溶接継手 呼び径 100 A 以上	図 IB-2500-17-2, - 3	図 IB-2500-17-3 ⁽⁸⁾

(外面側 2/3 に要記録エコーが存在しない場合)

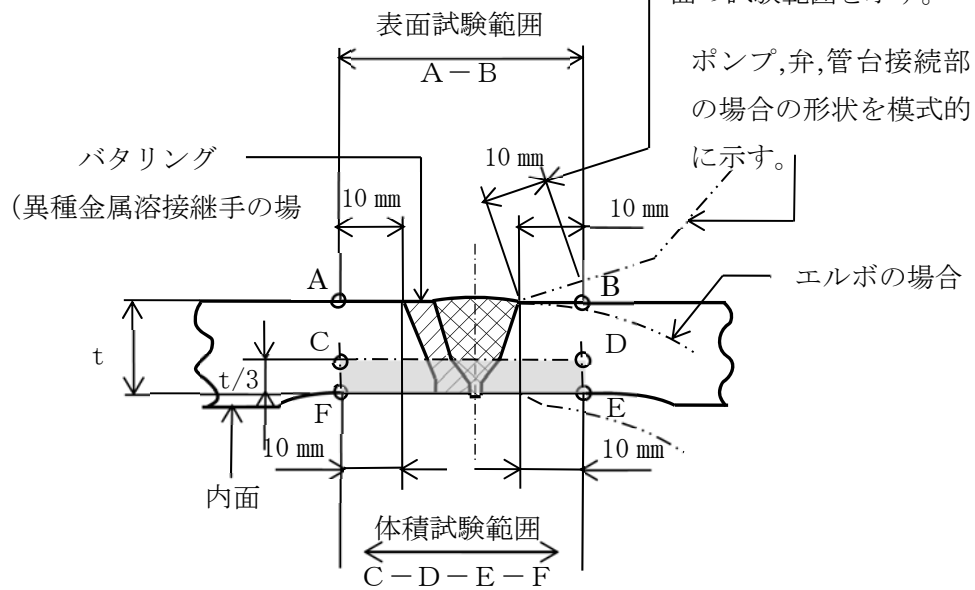
試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B9.11	配管の同種金属溶接継手 (呼び径 100A 以上) 周継手	図 IB-2500-17-2, -3	図 IB-2500-17-2, -3 ⁽⁷⁾
B9.31	母管と管台との溶接継手 呼び径 100 A 以上	図 IB-2500-18-1, -2 図 IB-2500-19-1, -2 図 IB-2500-20-1, -2	図 IB-2500-18-1, -2 ⁽⁷⁾ 図 IB-2500-19-1, -2 ⁽⁷⁾ 図 IB-2500-20-1, -2 ⁽⁷⁾
B9.110	管台とセーフエンドの同種金属溶接継手 呼び径 100 A 以上	図 IB-2500-17-2, -3	図 IB-2500-17-2, -3 ⁽⁷⁾

「図 IB-2500-17-1 セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手(その 3-1)」に係る読替表





(1) セーフエンドの溶接継手 ポンプ, 弁, 管台接続部, エルボの場合の外面の試験範囲を示す。

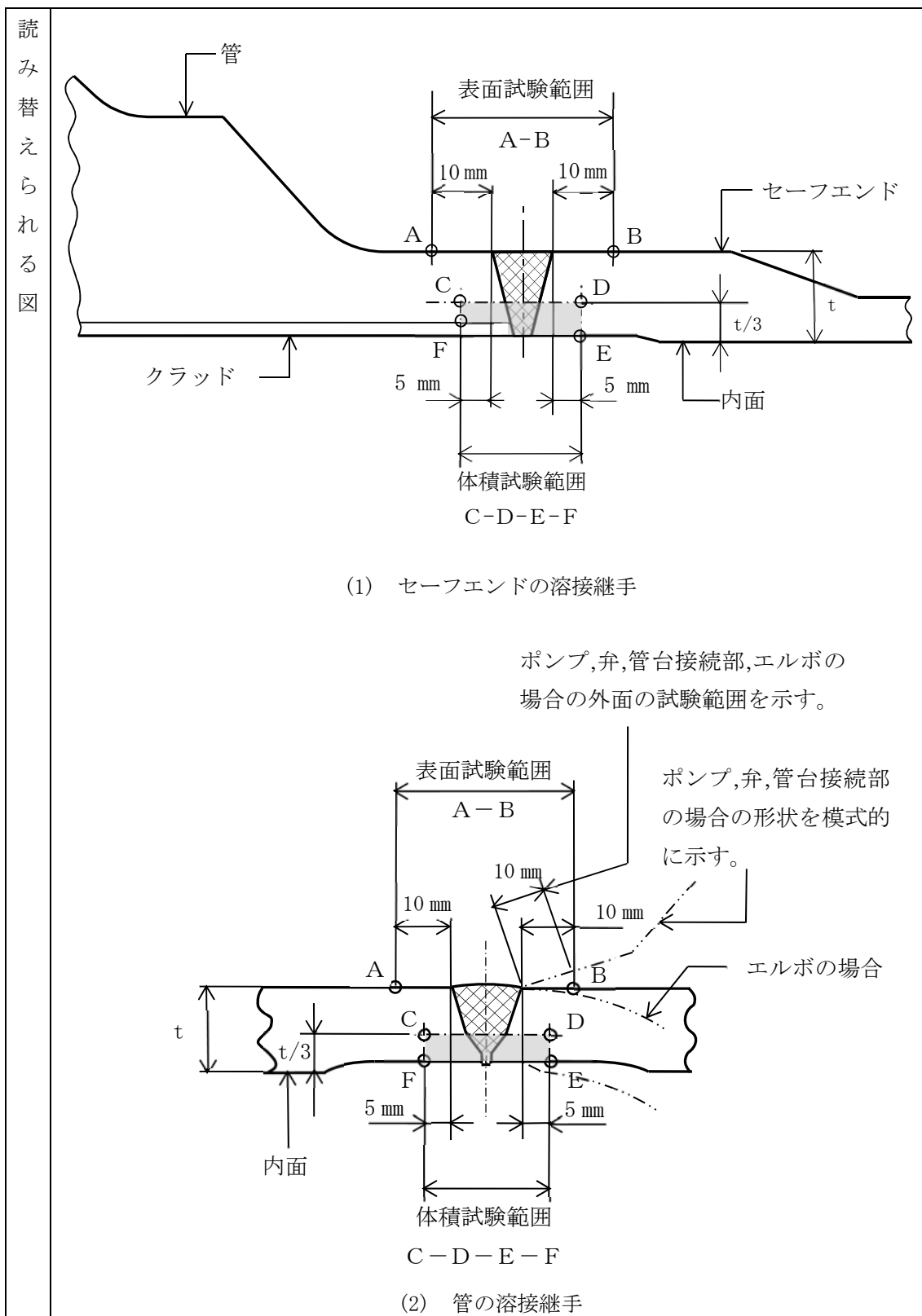


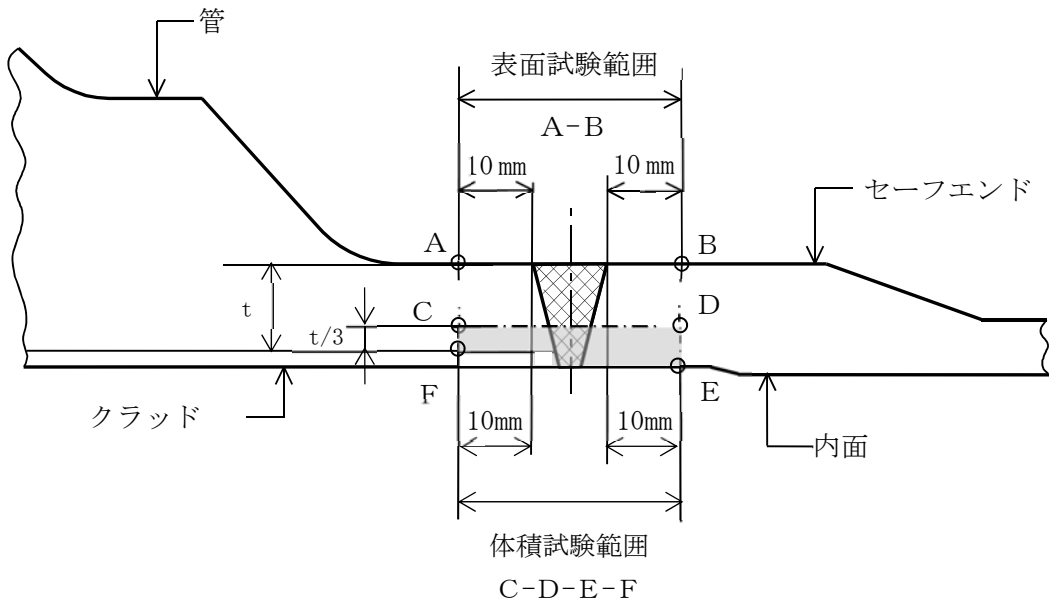
(2) 管の溶接継手

※点 A, B, C, D で囲まれた区間に「要記録エコー」が存在しない場合で、次の 1) または 2) の場合を除いた場合に限る。

- 1) 外面の溶接止端部からの距離が 5mm の位置が内面の止端部から 10mm 以上を確保できるベベル角度を有する開先である場合
- 2) 外面側開先端部から片側に 5mm 以上の幅を有する化粧盛りを行っていることが明らかでない場合

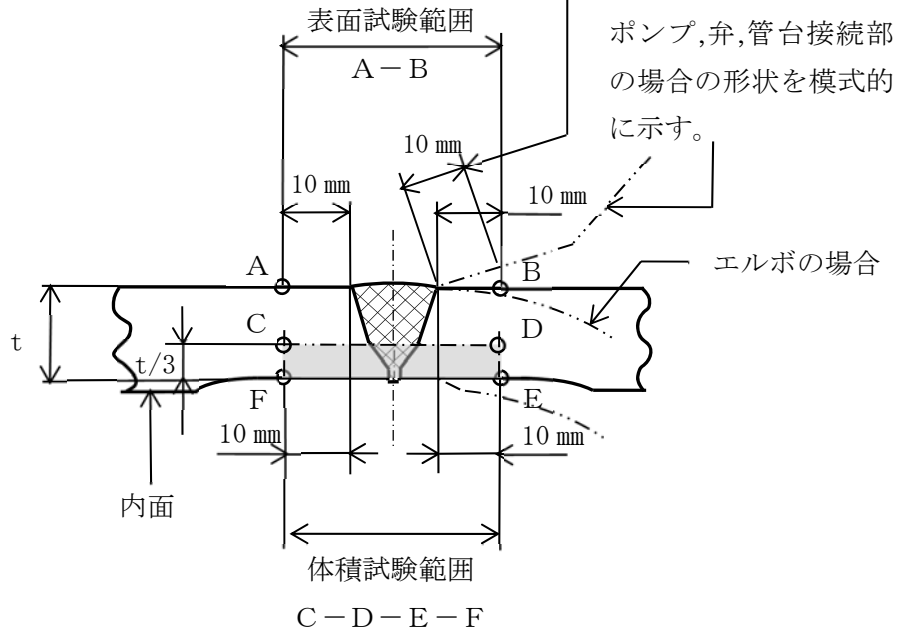
「図 IB-2500-17-2 セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手(その 3-2)」に係る読替表





(1) セーフエンドの溶接継手

ポンプ、弁、管台接続部、エルボの場合の外面の試験範囲を示す。

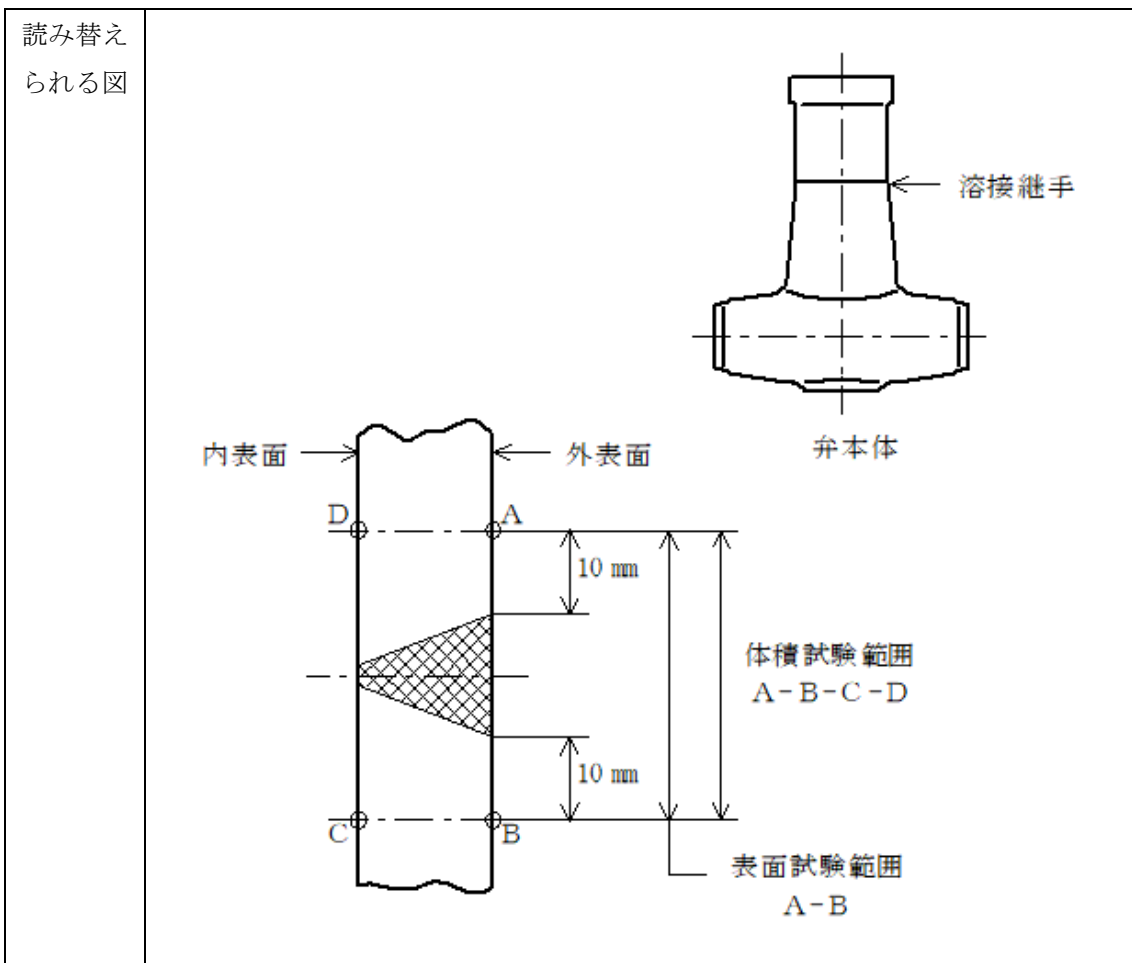


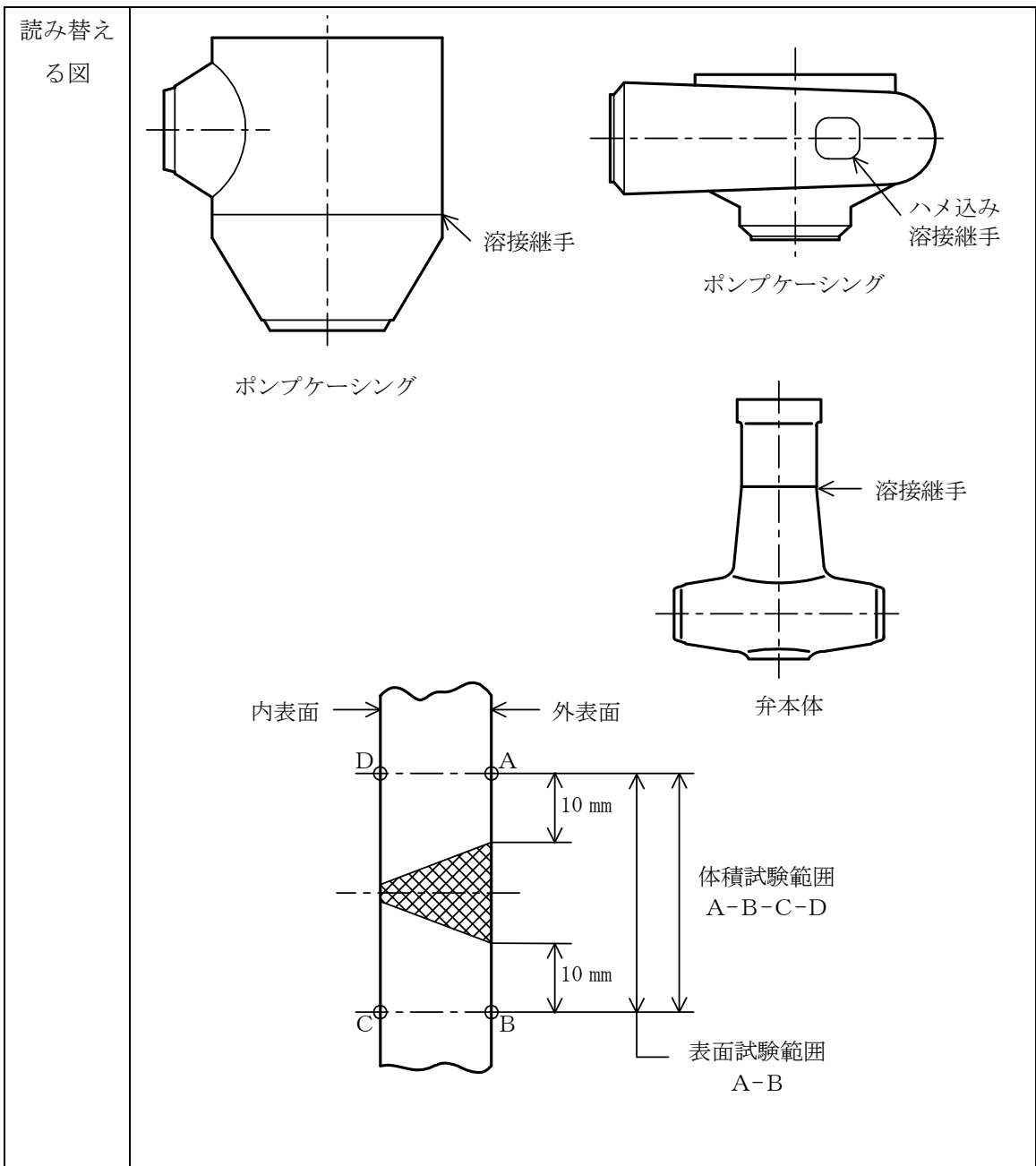
(2) 管の溶接継手

※点 A, B, C, D で囲まれた区間に「要記録エコー」が存在しない場合で、次の 1) または 2) の場合を除いた場合に限る。

- 1) 外面の溶接止端部からの距離が 5mm の位置が内面の止端部から 10mm 以上を確保できるベベル角度を有する開先である場合
- 2) 外面側開先端部から片側に 5mm 以上の幅を有する化粧盛りを行っていることが明らかでない場合

図 IB-2500-27 ポンプケーシングおよび弁本体の溶接継手に係る読替表





③～⑤ なし

(5) 要望事項

体積試験の試験範囲の溶接止端部から 10mm については、日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格」では溶接止端部から 13mm とされており、設計工事段階と維持段階で範囲が異なるため、見直すことを要望する。

3.2.2.9 ポンプ及び弁の非破壊試験要求

クラス1 ポンプ及び弁の標準検査における試験部位と試験方法に関する規定が変更された。

(1) 変更内容(「別表6 ポンプ及び弁の非破壊試験要求に関する規定内容の変更点」参照)

- ① 「表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法」から、「試験カテゴリ B-L-1 ポンプケーシングの耐圧部分の溶接継手」(以下単に「試験カテゴリ B-L-1」という。)を削除した。
- ② 同表から、「試験カテゴリ B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手」(以下単に「試験カテゴリ B-M-1」という。)の項目番号「B12.40」試験部位「呼び径 100A 以上の弁箱の溶接継手(B-M-1)」(以下「項目番号 B12.40」という。)を削除した。
- ③ 同表の試験カテゴリ B-M-1 の「呼び径 100A 未満の弁箱」を「呼び径 100A 以下の弁箱」に変更した。
- ④ 同表注(1)の試験カテゴリ B-L-1 に対する試験頻度についての規定を削除した。
- ⑤ 同表注(1)のポンプケーシングの内表面(以下「試験カテゴリ B-L-2」という。)に対する試験は、試験カテゴリ B-L-1 の試験に選ばれたポンプについて行ってもよいとする規定を削除した。
- ⑥ 「図 IB-2500-27 ポンプケーシングおよび弁本体の溶接継手」から、ポンプケーシングを削除した。

(2) 日本機械学会による変更理由

- ①及び② 内表面の異常検出という目的で試験カテゴリ B-L-2、試験カテゴリ B-M-2 と重複し、相対的に意味の小さくなってきた試験カテゴリ B-L-1、試験カテゴリ B-M-1 の項目番号 B12.40 を適正化のため削除した。
 - 1) 機器内表面の異常の有無の直接確認は、試験カテゴリ B-L-2、試験カテゴリ B-M-2 において可能であり、維持規格上の目的は達成していると考えられる。
 - 2) 国内公開情報調査についての分析・評価結果等からは、供用期間中検査として考慮が必要な構造健全性に影響を与えうるトラブル事例は確認されていない。
 - 3) ASME では 2008 年版で試験要求が削除されており整合が取れる。
- ③ 「呼び径 100A の弁箱」については(体積試験又は表面試験の選択が可能であるが)、管理面から検査水準が同等な「呼び径 100A 未満の弁箱」と統合することが合理的であるため。
- ④～⑥ 試験カテゴリ B-L-1、試験カテゴリ B-M-1 の項目番号 B12.40 の削除に伴い見直し、また、これら試験カテゴリと関連する記載について、不要となるものを削除

した。

(3) 技術評価の結果

①② ポンプケーシング及び弁箱の耐圧部分の溶接継手の要求の削除

維持規格 2008 年版には、試験カテゴリ B-L-1 及び試験カテゴリ B-M-2 の項目番号 B12.40 において、ポンプケーシング又は弁箱の耐圧部分の溶接継手部位に想定している欠陥（内表面からの亀裂を含む。）の確認のために実施する体積試験又は表面試験が規定されているが、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）では削除された。これにより、ポンプケーシング又は弁箱の耐圧部分の溶接継手の試験は、「試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面」及び試験カテゴリ B-M-2 に含まれることになり、試験方法は VT-3 となる。「IA-2523 VT-3 試験」には「VT-3 試験は、機器の変形、心合せ不良、傾き、隙間の異常、ボルト締め付け部の緩み、部品の破損、脱落および機器表面における異常を検出するために行う試験とする。」とされており主に内面全体について、眼から試験対象部までの距離を 1200mm 以内で行う試験であり、VT-3 試験による内面全体の検査は、表面試験と同等に溶接継手の亀裂を検出できる試験ではない。

また、クラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁の耐圧部分における溶接継手は、設計工事段階に溶接検査の対象とはなっておらず、溶接規格でもクラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁の耐圧部分における溶接継手への検査は要求されていない。そのため、試験カテゴリ B-L-1 及び試験カテゴリ B-M-1 を削除した場合は、原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲であるクラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁の耐圧部分の溶接継手について、設計工事段階、供用前及び供用期間中での検査が全く実施されない可能性が生ずる。

したがって、試験カテゴリ B-L-1 及び試験カテゴリ B-M-2 の項目番号 B12.40 の削除は妥当ではない。

なお、ASME Sec. XI 2013 年版の Table IWB-2500-1 (B-L-2, B-M-2) Examination Categories B-L-2, Pump Casings; B-M-2, Valve Bodies において、ポンプケーシング（試験カテゴリ B-L-2）と弁箱（試験カテゴリ B-M-2）の試験要求は VT-3 とされているが、同規格は Table IWB-3410-1 Acceptance Standards において試験カテゴリ B-L-2 及び試験カテゴリ B-M-2 の許容基準として、IWB-3519 Standards for Examination Category B-L-2, Pump Casings, and Examination Category B-M-2, Valve Bodies を呼び込んでいる。同規定には、VT-3 に対する明確な判定基準（板厚の減少率等）が記載されており、判定基準を満足しない場合における UT 及び RT による追加確認の判定基準が記載されている。また、供用前検査における判定基準も記載されており、運転前における非破壊試験で確認された欠陥あるいはその兆候の進展状況が確認できる規定内容となっている。

③ 試験カテゴリ B-M-1 における「呼び径 100A 未満の弁箱」に関する変更

試験カテゴリ B-M-1 の項目番号 B12.40 の削除については、妥当ではないことから、

「未満」を「以下」に変更すると「呼び径 100A 以上の弁箱」と適用範囲が重なるため、妥当ではない。

④ 試験カテゴリ B-L-1 に対する試験頻度に関する変更

試験カテゴリ B-L-1 の削除については、妥当ではないことから、ポンプケーシングの耐圧部分の溶接継手に対する試験頻度の規定の削除についても、妥当ではない。

⑤ ポンプケーシングの内表面（試験カテゴリ B-L-2）に関する変更

試験カテゴリ B-L-1 の削除については、妥当ではないことから、対象ポンプに関する規定の削除についても、妥当ではない。

⑥ 「図 IB-2500-27 ポンプケーシングおよび弁本体の溶接継手」からポンプケーシングを削除した変更

試験カテゴリ B-L-1 の削除については、妥当ではないことから、図の削除についても、妥当ではない。

(4) 適用に当たっての条件

①～⑥

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
表 IB-2500-11 試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 試験カテゴリ	(加える。)	B-L-1 ポンプケーシングの耐圧部分の溶接継手
表 IB-2500-11 ケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 項目番号 B12.30 試験部位	呼び径 100 A 以下の弁箱の溶接継手 (B-M-1)	呼び径 100 A 未満の弁箱の溶接継手 (B-M-1)
表 IB-2500-11 試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 注	(加える。)	(1) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において同様の機能をもつポンプ（例えば、再循環ポンプ）毎に 1 台のポンプ（耐圧部分に溶接継手があるものに限る）の耐圧部分の溶接継手長さまたは溶接継手数の 25%とする。

表 IB-2500-11 試験カテゴリ B-L-2 ポ ンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部 分の溶接継手 B-M-2 弁 本体の内表面 注	(1) 各検査間隔中の試験 程度は、各系統において 同様の機能をもつポンプ 毎に1台のポンプとす る。	(2) 各検査間隔中の試験 程度は、各系統において 同様の機能をもつポンプ 毎に1台のポンプとす る。この試験は、カテゴリ B-L-1 の試験に選ばれた ポンプについて行っても よい。
表 IB-2500-11 ケーシングの内表面 B- M-1 弁本体の耐圧部分の 溶接継手 B-M-2 弁本体 の内表面 注	(2)	(3)
表 IB-2500-11 ケーシングの内表面 B- M-1 弁本体の耐圧部分の 溶接継手 B-M-2 弁本体 の内表面 注	(3)	(4)

「表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法」に係る読替表

項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲 および程度 ⁽⁵⁾	延期*
B12.10	ポンプ ケーシングの溶接 継手 (B-L-1)	図 IB- 2500-27	体積または 表面	溶接継手 ⁽¹⁾	可
B12.40	呼び径 100 A 以上 の弁箱の溶接継手 (B-M-1)	図 IB- 2500-27	体積または 表面	溶接継手 ⁽³⁾	可

3.2.2.10 支持構造物の標準検査と欠陥評価

各クラスの機器の支持構造物は、まとめて一つの試験カテゴリとし、表中で各クラスの機器ごとに試験方法、試験の範囲及び程度、検査間隔内での延期の可否が規定されている。

(1) 変更内容(「表 3.2.2.10-1 支持構造物の標準検査に関する規定内容の変更点」参照)

- ① 「IF-1000 適用範囲および試験対象機器」、「IF-1200 試験対象機器」、「IF-1210 試験対象機器」及び「IF-1220 試験免除機器」の「機器」を「支持構造物」に変更し、「IF-1210 試験対象支持構造物」の試験の対象に容器を追加した。
- ② 「IF-1220 試験免除機器」の試験を免除する対象を「支持構造物の機器」から「支持構造物」に変更した。
- ③ 「IF-1300 支持構造物の範囲」のクラス 3 機器の支持構造物の範囲はクラス 2 機器の支持構造物の範囲に準ずるとした規定を削除した。

表 3.2.2.10-1 支持構造物の標準検査に関する規定内容の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
IF-1000 適用範囲および試験対象 <u>支持構造物</u>	IF-1000 適用範囲および試験対象 <u>機器</u>
IF-1200 試験対象 <u>支持構造物</u>	IF-1200 試験対象 <u>機器</u>
IF-1210 試験対象 <u>支持構造物</u> IF に定める試験の対象となる <u>支持構造物</u> は、 <u>容器</u> 、 <u>管</u> 、 <u>ポンプ</u> および <u>弁</u> の支持構造物とする。	IF-1210 試験対象 <u>機器</u> IF に定める試験の対象となる <u>機器</u> は、 <u>管</u> 、 <u>ポンプ</u> および <u>弁</u> の支持構造物とする。
IF-1220 試験免除 <u>支持構造物</u> IB-1220, IC-1220 および ID-1220 により、非破壊試験を免除された機器に取り付けられた支持構造物は、IF-2500 に定める目視試験を免除してよい。	IF-1220 試験免除 <u>機器</u> IB-1220, IC-1220 および ID-1220 により、非破壊試験を免除された機器に取り付けられた支持構造物の <u>機器</u> は、IF-2500 に定める目視試験を免除してよい。
IF-1300 支持構造物の範囲 支持構造物の範囲は、「設計・建設規格」に定める支持構造物の範囲とする。	IF-1300 支持構造物の範囲 支持構造物の範囲は、「設計・建設規格」に定める支持構造物の範囲とする。 <u>なお、クラス 3 機器の支持構造物の範囲は、クラス 2 機器の支持構造物の範囲に準ずるものとする。</u>

(2) 日本機械学会による変更理由

- ① 支持構造物の試験免除機器の明確化
- ② 試験対象名の適正化
- ③ 冗長な語句、文の削除

(3) 技術評価の結果

- ① 「機器」を「支持構造物」への変更及び「IF-1210 試験対象支持構造物」の試験の追加

IF は支持構造物についての規定であり、「機器」は「支持構造物」を指すことから、この変更は妥当と判断する。

試験対象に容器の支持構造物を追加することは、維持規格 2008 年版の「表 IF-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の試験部位欄に容器が記載されており、これと整合を図ったものであり妥当と判断する。

- ② IF-1220 の試験免除対象に関する変更

「支持構造物の機器」と「支持構造物」は同じものを指しており、適切な用語に変更したものであることから、妥当と判断する。

- ③ 「IF-1300 支持構造物の範囲」のクラス 3 機器の支持構造物の範囲に関する変更

クラス 2 機器及びクラス 3 機器の支持構造物の範囲は、「表 IF-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」に記載されていることから、削除しても問題なく、妥当と判断する。

(4) 変更点以外の技術評価

「表 IF-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の項目番号「F1. 21」試験部位「クラス 2 配管の支持構造物 耐震クラス A および A_s のもの」、項目番号「F1. 31」試験部位「クラス 3 配管の支持構造物 耐震クラス A および A_s のもの」項目番号「F1. 43」試験部位「クラス 2 容器、弁、ポンプの支持構造物 耐震クラス A および A_s のもの」、項目番号「F1. 44」試験部位「クラス 3 容器の支持構造物 耐震クラス A および A_s のもの」及び注(7)に、「耐震クラス A および A_s 」とあるが、耐震クラスを A 及び A_s が限定されており、他の耐震クラスの機器の支持構造物は試験対象となっていない。ここで、耐震クラス A_s とは「その破損により冷却材喪失を引き起こすおそれのあるもの、原子炉を緊急停止させ、かつ、安全停止状態に維持するために必要なもの、使用済燃料を貯蔵するための施設及び原子炉格納容器」をいい、耐震クラス A とは「原子炉事故の際に放射線障害から公衆を守るために必要なもの及びその機能喪失が公衆に放射線障害を及ぼすおそれのあるもので、耐震 A_s クラスに属するもの以外のもの」をいう⁴⁷。設置許可基準規則別記 2 には、B クラスについて「静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。」「機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。」としていることから、耐震 B クラスの機器の支持構造物の試験について

⁴⁷ 日本電気協会 電気技術指針原子力編「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAC4601・補-1984」

も、その必要性を検討することを要望する。

支持構造物の試験方法は「IA-2550 代替試験」に規定する代替試験方法を用いる場合を除き目視試験（VT-3）であるが、評価章の「EF-1200 判定基準」には「EF-1210 体積試験または表面試験」と「EF-1220 目視試験」が規定されている。なお、上記代替試験に対する評価方法は「EA-3020 評価の方法および時期」が適用される。「EF-1210 体積試験または表面試験」の判定基準は、クラス 1 機器やクラス 2 機器の支持部材取付溶接継手に対する表面試験又は体積試験の延長であり、支持構造物に対しても同試験を適用することを想定したものと思われるが、その場合は検査章の支持構造物に対する試験部位と試験方法に明記する必要がある。したがって、「EF-1210 体積試験または表面試験」は技術評価の対象外とする。

（5）適用に当たっての条件

変更点

なし

変更点以外

- 「EF-1210 体積試験または表面試験」は適用除外とする。

（6）要望事項

耐震クラス A および A_s とする規定は耐震クラスを限定することとなり、他の耐震クラスの機器の支持構造物は試験対象とならないこととなることから、耐震 B クラスの機器の支持構造物の試験についても、その必要性を検討することを要望する。

3.2.2.1.1 炉内構造物の標準検査

(1) 変更内容(「表 3.2.2.11-1 炉内構造物の標準検査に関する規定内容の変更点」参照)

- ① 「表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の容器内部の試験程度を規定した注(3)を削除し、「第1検査間隔においては、最初の燃料交換時およびその後約3年毎に試験を行う」としていたものを「IA-2320 検査プログラム」に基づく検査間隔で1回にした。
- ② 同表の項目番号「G1.10」の試験部位「容器内部」の試験について、検査間隔内での延期を「不可」から「可」に変更した。

表 3.2.2.11-1 炉内構造物の標準検査に関する規定内容の変更点

2012年版(2014年追補までを含む。)				2008年版			
表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法				表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法			
試験カテゴリ				試験カテゴリ			
G-B-1 沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物				G-B-1 沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物			
G-B-2 沸騰水型原子炉の炉心支持構造物				G-B-2 沸騰水型原子炉の炉心支持構造物			
G-P-1 加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物				G-P-1 加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物			
G-P-2 加圧水型原子炉の炉心支持構造物				G-P-2 加圧水型原子炉の炉心支持構造物			
項目番号	試験部位	試験の範囲および程度 ⁽⁴⁾	延期*	項目番号	試験部位	試験の範囲および程度 ⁽⁴⁾	延期*
G1.10	原子炉圧力容器および原子炉容器内部 (G-B-1, G-P-1)	容器内部 ⁽²⁾	可	G1.10	原子炉圧力容器および原子炉容器内部 (G-B-1, G-P-1)	容器内部 ⁽²⁾⁽³⁾	不可
G1.20	原子炉圧力容器 (BWR)	表面 ⁽³⁾	可	G1.20	原子炉圧力容器 (BWR)	表面 ⁽⁴⁾	可
G1.30	内部取付け物 (G-B-1) 炉心支持構造物 (G-B-2)	表面 ⁽³⁾	可	G1.30	内部取付け物 (G-B-1) 炉心支持構造物 (G-B-2)	表面 ⁽⁴⁾	可

G1.40	原子炉容器 (PWR)	表面 ⁽³⁾	可	G1.40	原子炉容器 (PWR)	表面 ⁽⁴⁾	可
G1.50	内部取付け物 (G-P-1) 炉心支持構造物 ⁽¹⁾ (G-P-2)	表面 ⁽³⁾	可	G1.50	内部取付け物 (G-P-1) 炉心支持構造物 ⁽¹⁾ (G-P-2)	表面 ⁽⁴⁾	可
* : 検査間隔内での延期				* : 検査間隔内での延期			
注 :				注 :			
(1) 炉心支持構造物は、原子炉容器から取り出さなければならない。				(1) 炉心支持構造物は、原子炉容器から取り出さなければならない。			
(2) 「容器内部」の試験部位は、添付 I-4 に従う。なお、試験の範囲は、BWR は通常の燃料交換時に、蒸気乾燥器、気水分離器、燃料集合体を除去した状態で接近可能な容器内部、PWR は上部炉内構造物、燃料集合体を除去した状態で接近可能な容器内部とする。				(2) 「容器内部」の試験部位は、添付 I-4 に従う。なお、試験の範囲は、BWR は通常の燃料交換時に、蒸気乾燥器、気水分離器、燃料集合体を除去した状態で接近可能な容器内部、PWR は上部炉内構造物、燃料集合体を除去した状態で接近可能な容器内部とする。			
(3) 各検査間隔中の試験程度は、接近可能な表面 (溶接継手含む) とし、添付 I-4 に従う。				(3) <u>第 1 検査間隔においては、最初の燃料交換時およびその後約 3 年毎に試験を行う。また、第 2 検査間隔以降においては、各検査時期に試験を行う。</u>			
(4) 最初の検査間隔で選定した部位は、原則として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験を行わなければならない。				(4) 各検査間隔中の試験程度は、接近可能な表面 (溶接継手含む) とし、添付 I-4 に従う。			
				(5) 最初の検査間隔で選定した部位は、原則として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験を行わなければならない。			

(2) 日本機械学会による変更理由

- ① 「表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注記(3)は、試験対象箇所が複数あることを前提として設けられたものであるが、試験程度は代表機器 1 体を定点としているため、検査間隔内の各検査時期に、毎回点検する必要があるように読めてしまうため削除。
- ② 同表の項目番号 G1.10 に該当するそれぞれの構造物に対して、検査間隔内の任意の時期に、試験が可能であることとするため。

(3) 技術評価の結果

変更点は容器内部の試験の範囲及び程度について検討した後に、評価を行う。

(ア) 容器内部の試験の範囲及び程度

容器内部の試験の範囲及び程度に係る規定の変遷を「表 3.2.2.11-2 容器内部の試験の範囲及び程度の変遷」に示す。

表 3.2.2.11-2 容器内部の試験における容器内表面の試験範囲及び程度の変遷

規格	試験の範囲及び程度	備考
JEAC4205 2000 年版	表-B-2500-12 試験カテゴリと試験部位及び試験方法 試験カテゴリ B-N-1 原子炉容器の内部 項目番号 「B13.10」 試験部位「原子炉容器 容器内部 (B-N-1)」 試験の範囲及び程度「容器内部 ⁽¹⁾⁽³⁾ 」 注(1) 試験の範囲は、通常の燃料交換時に、内容物を除去した状態で接近可能な炉心上部及び下部とする。 注(3) 試験の程度は、接近可能な全ての範囲について、最初の燃料交換時及び約3年毎に試験するものとする。	容器内表面に関する規定はなし。
維持規格 2002 年版	表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ 「G-B-1 沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物」 「G-P-1 加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物」 項目番号 「G1.10」 試験部位「原子炉圧力容器および原子炉容器 容器内部 (G-B-1, G-P-1)」 試験の範囲及び程度「容器内部 ⁽³⁾⁽⁴⁾ 」 注(3) 「容器内部」の定義は炉心上部および下部とする。試験の範囲は、通常の燃料交換時に、蒸気乾燥器、気水分離器、燃料集合体を除去した状態で接近可能な容器内部とする。 注(4) 第1検査間隔においては、最初の燃料交換時およびその後約3年毎に試験を行う。また、第2検査間隔以降においては、各検査時期に試験を行う。	添付 I-4 において、項目番号「G1.10」具体的な対象機器「原子炉容器内表面」とされている。
維持規格 2004 年版 維持規格 2008 年版	表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ 「G-B-1 沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物」	表 添付 I-4-B-1 において、項目番号「G1.10」具体

	<p>「G-P-1 加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物」 項目番号 「G1.10」 試験部位「原子炉圧力容器および原子炉容器 容器内部 (G-B-1, G-P-1)」 試験の範囲及び程度⁽⁵⁾ 「容器内部⁽²⁾⁽³⁾」</p> <p>注(2) 「容器内部」の試験部位は、添付 I-4 に従う。なお、試験の範囲は、BWR は通常の燃料交換時に、蒸気乾燥器、気水分離器、燃料集合体を除去した状態で接近可能な容器内部、PWR は上部炉内構造物、燃料集合体を除去した状態で接近可能な容器内部とする。</p> <p>注(3) … 2002 年版の注(4)に同じ</p> <p>注(5) 最初の検査間隔で選定した部位は、原則として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験を行わなければならない。</p>	<p>的な対象機器 「原子炉容器内表面」試験の範囲及び程度「対称性の最小範囲のクラッドパッチの全表面」とされている。</p>
維持規格 2012 年版	<p>表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ 「G-B-1 沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物」 「G-P-1 加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物」 項目番号 「G1.10」 試験部位「原子炉圧力容器および原子炉容器 容器内部」 試験の範囲及び程度⁽⁴⁾ 「容器内部⁽²⁾」</p> <p>注(2) … 2008 年版の注(2)に同じ</p> <p>注(4) … 2008 年版の注(5)に同じ・</p>	—

容器内部には、通常の燃料交換時に内容物を除去した状態で接近可能な炉心上部及び下部の炉内構造物と容器内表面とが含まれ、「添付 I-4 炉内構造物の試験部位」にその試験対象機器が記載されている。

表 3.2.2.11-2 容器内部の試験の範囲及び程度の変遷を要約したものを「表 3.2.2.11-3 容器内表面の試験の変遷 (要約)」に示す。

表 3.2.2.11-3 容器内表面の試験の範囲及び程度変遷

規格	BWR	PWR
JEAC4205 2000 年版	(容器内表面の規定なし)	
維持規格 2002 年版	<p>試験の範囲：接近可能な容器内部</p> <p>試験の程度：第 1 検査間隔は、最初の燃料交換時及びその後約 3 年ごと</p> <p>第 2 検査間隔以降は各検査時期</p>	なし

維持規格 2004 年版	試験の範囲：対称性の最小範囲のクラッドパッチの全表面	
維持規格 2008 年版	試験の程度：変更なし	
維持規格 2012 年版	試験の範囲：変更なし 試験の程度：検査間隔で 1 回	

容器内部の試験範囲は、以下のとおり変更された。

- JEAC4205 2000 年版では、BWR 及び PWR について「接近可能な全ての範囲」とされていた。
- 維持規格 2002 年版では、BWR 及び PWR について「通常の燃料交換時に、蒸気発生器、気水分離器、燃料集合体を除去した状態で接近可能な」範囲とされ、「試験範囲および程度」として、定点サンプリング方式とすることとされた。また、「添付 I-4 炉内構造物の試験部位」において、BWR については、試験部位「原子炉圧力容器内部」の具体的な対象機器として「原子炉容器内表面」が規定された。なお、PWR については「原子炉容器内表面」の検査は規定されていない。
- 維持規格 2004 年版以降では、「BWR は通常の燃料交換時に、蒸気乾燥器、気水分離器、燃料集合体を除去した状態で接近可能な」容器内部、「PWR は上部炉内構造物、燃料集合体を除去した状態で接近可能な」容器内部とされ、定点サンプリング方式とすることとされた。また、「表 添付 I-4-B-1 沸騰水型原子炉の試験部位」に試験範囲および程度が加えられ、BWR の「原子炉容器内表面」については「対称性の最小範囲のクラッドパッチの全表面」とすることが規定された。

しかし、原子炉容器内表面の試験対象を「対称性の最小範囲のクラッドパッチの全表面」に限定している理由が明確でなく、また、内部取り付け物についての容器内壁の試験範囲が明確ではない。^{48, 49, 50}

原子炉圧力容器内表面の試験は、IG 章に炉内構造物の標準検査として規定されている。原子炉圧力容器の内表面は原子炉圧力容器の一部であることから、クラス 1 機器の規定とし、炉内構造物（炉心支持構造物を含む。）の試験について、各部位の劣化要因を考慮して、適切な試験方法、試験程度となるよう規定を整理することを要望する⁵¹。

また、個別検査は応力腐食割れに対するものであり、IJB 章にクラス 1 機器の個別検査が、IJG 章に炉内構造物の個別検査が規定されている。原子炉圧力容器内表面の試験の整理に当たっては、個別検査の規定も合わせて整理することを要望する。

⁴⁶ 大飯 3 号等の原子炉容器出口管台とセーフエンドの異材溶接継手部における PWSCC 事例も発生している。大飯 3 号「原子炉容器 A ループ出口管台溶接部での傷の確認について」報告書番号 2008-関西-T001

⁴⁹ 容器には管台及びセーフエンドが含まれる（3.2.2.1 5 項参照）ので、それらの内表面も試験の対象である。

⁵⁰ 福島第二 1 号「蒸気乾燥器ドレンチャンネル溶接部の不具合について」報告書番号 1993-東京-T011

⁵¹ ASME Sec. XI (2011a Addenda) の「Table IWB-2500-1 Examination Categories の NOTES[40]」では、試験範囲として炉心上部及び下部の範囲を含み、それらは試験に備えて正規の燃料交換解列中に内部機器を除去することで接近可能になる範囲とされており、PWR の容器内表面も対象とされていると考えられる。

(イ) 変更点

- ① 第1検査間隔における容器内部の試験程度を「最初の燃料交換時及びその後約3年毎」から「1回」に変更

維持規格2008年版では、「表IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」において、「第1検査間隔においては、最初の燃料交換時およびその後約3年毎に試験を行う」としていたものを「IA-2320 検査プログラム」に基づく検査間隔で1回の試験程度にしたものである。技術基準規則第18条の対象である容器内表面については、試験程度はクラス1機器の溶接継手に対するものと同じとなることから、注(3)の削除は妥当と判断する⁵²。

- ② 容器内部の試験の検査間隔内での延期を「不可」から「可」に変更

試験時期について検査間隔内での延期を不可から可に変更したことについては、上記試験カテゴリと同じ規定にするものであり、妥当と判断する。

なお、「表 添付 I-4-P-1 加圧水型原子炉の試験部位」の項目番号が「G1.40」の試験部位「構造物・取付け物」には「炉心支持金物」及び「クレビスインサート」が記載されているが、クレビスインサートに挿入するラジアルキーが同表には記載されていない。ラジアルキーは下部炉心支持板に取り付けられており、上記表中において下部炉心支持板にはラジアルキーを含むことを明確にすることを要望する。

また、PWRの炉心支持金具取付溶接部もその可能性があることから、個別検査の規定に追加することを要望する。

(4) 適用に当たっての条件

なし

(5) 要望事項

- 原子炉圧力容器の内表面の試験は、クラス1機器の規定とし、炉内構造物（炉心支持構造物を含む）の試験について、想定すべき劣化事象を考慮して、適切な試験方法、試験程度となるよう規定を整理することを要望する。
- 個別検査は応力腐食割れに対するものであり、IJB章にクラス1機器の個別検査が、IJC章に炉内構造物の個別検査が規定されている。個別検査の規定も含めて、原子炉圧力容器内表面の試験を整理することを要望する。
- 「表 添付 I-4-P-1 加圧水型原子炉の試験部位」の下部炉心支持板には、ラジアルキーを含むことを明確にすることを要望する。
- PWRの炉心支持金具取付溶接部は応力腐食割れが生ずる可能性があることから、個別検査の規定に追加することを要望する。

⁵²炉内構造物の損傷事例を考慮すれば、1回/10年の検査間隔は再検討が必要である。

3.2.2.12 シュラウドサポート、中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの個別検査計画

(1) 変更の内容（「別表7 シュラウドサポート、中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの個別検査計画に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 「IJG-2510 試験実施時期」(2)において、炉内構造物の試験実施時期を、個別検査の試験実施時期に関する規定によらず、評価章の個別欠陥評価に基づく評価により継続使用が許容された期間の経過前とする場合として、「試験程度のうち有効範囲として扱われない範囲がある場合」を追加した。
- ② 「図 IJG-2500-B-1-1 レグ型」、「図 IJG-2500-B-1-2 ブラケット型」、「図 IJG-2500-B-1-3 コーン型」、「図 IJB-2500-B-1 中性子計測ハウジング」及び「図 IJB-2500-B-2 制御棒駆動ハウジング」において、試験範囲は溶接継手及びその両側 25mm とし、シュラウドについては、さらに溶接継手に隣接するリング部の機械加工全面についても、試験範囲とする規定が記載されていたものを「表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」のシュラウドサポート、「表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」のシュラウド及び「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の中性子計測ハウジングの注書きに移した。
- ③ 「表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」のシュラウドサポート及び「表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」のシュラウドについて、試験を実施しない範囲は貫通欠陥想定とする注書きを削除した。
- ④ 「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の中性子計測ハウジングの注書き(5)及び「表 IJB-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の制御棒駆動ハウジングの注書き(4), (5)に、試験範囲は試験部位につながる RPV 貫通穴周囲及びハウジング外表面のうち、接近可能な範囲とする規定を追加した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 未点検部位の取扱いが明確になるように、解説で記載の部分を削除し、本文に規定した。
- ② 図中に書かれていた試験範囲を、表中の注記に移動した。また、機械加工面全面と変更したのは、国内の欠陥発生事例を反映したものの。
- ③ 維持規格 2004 年版において、維持規格 2002 年版の検査章を検査と評価に分離した際に、検査章の一部に、評価の条件が規定されたまま制定されたため、重複する記載等を削除する等記載の適正化を図った。
- ④ 図中に書かれていた試験範囲を、表中の注記に移動した。

(3) 技術評価の結果

- ① 評価章の個別欠陥評価に従い評価する場合の追加規定

維持規格 2008 年版において、試験を行った範囲として扱われない範囲は貫通欠陥とみなし、継続検査プログラムを定めることについて、解説に記載されていたものを、維持規格 2012 年版で本文規定としたものであり、妥当と判断する。

(解説 表 IJG-2500-B-1-2) 試験を行った範囲として扱われない範囲の扱い

初回試験においても試験を行った範囲として扱われない範囲がある場合は、当該部を貫通欠陥と見なし、試験実施に先立ち個別評価章において継続使用が可能な期間を評価し、継続検査プログラムを定めなければならない。

② 試験範囲に関する規定

「図 IJG-2500-B-1-1 レグ型」、「図 IJG-2500-B-1-2 ブラケット型」、「図 IJG-2500-B-1-3 コーン型」、「図 IJB-2500-B-1 中性子計測ハウジング」及び「図 IJB-2500-B-2 制御棒駆動ハウジング」にあった試験範囲の記載を「表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」、「表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」及び「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」に移したものであり、内容に変更はなく妥当と判断する。

③ シュラウドサポート等の試験を実施しない範囲は貫通欠陥想定とする規定の削除

炉内構造物の欠陥評価の規定「添付 EJG-B-1-1 シュラウドサポートの欠陥評価」3. (3)a. 及び「添付 EJG-B-2-1 シュラウドの欠陥評価」3. (3)a. に、試験できない範囲は貫通欠陥を想定すると規定されており、評価の方法を検査章で規定することは適切でないとして削除したものであり、妥当と判断する⁵³。

なお、本件に関連した評価章の欠陥評価については変更はない。

④ 中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの試験範囲に関する変更

⁵³技術基準規則解釈第3 2条（非常用炉心冷却設備）第1項では、非常用炉心冷却設備の仕様が「設置（変更）許可申請書添付書類八に記載された仕様を満足するとともに設置（変更）許可申請書における評価条件と比較して非保守的な変更がないことを確認すること。」としている。同設備に属するシュラウド及びシュラウドサポートについて、前記添付書類八に記載された仕様が貫通欠陥を想定していない場合は亀裂が貫通しないことを確認する必要がある。このため、亀裂解釈の別紙3では欠陥評価について以下の条件を付している。

「亀裂解釈」 別紙3 シュラウド等の欠陥評価について
シュラウド等の周方向溶接継手及びその近傍（以下「周溶接継手部」という。）に検出された応力腐食割れ（以下別紙3において「SCC」という。）による亀裂の個別欠陥評価は、維持規格の添付 EJG-B-1-1（シュラウドサポートの欠陥評価）及び添付 EJB-B-2-1（シュラウドの欠陥評価）の規定を適用することとし、添付 E1～E17 の規定に次の規定を補足して適用すること。

（中略）

2. 亀裂のモデル化

（3）試験できない範囲についての対応

体積検査又は目視検査の対象とした周溶接継手部のうち、接近性等の制約から検査を行えない部位については、当該検査の実施可能範囲における亀裂検出割合に準じて亀裂を想定すること。また、周方向溶接線の検査できない範囲に想定される欠陥については、試験で検出された最深の欠陥と同じ欠陥が同様の進展をするものと仮定して、貫通までの期間を評価すること。

ただし、欠陥評価で亀裂進展に使用する応力分布は溶接途中又は溶接後に溶接補修が行われていないことが前提であるので、溶接補修を行っている場合は残留応力分布を再評価する必要がある。

「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注書き(5)及び「表 IJB-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注書き(4), (5)の変更は、試験範囲を接近可能な範囲とすることを明確にしたものであり、妥当と判断する。なお、本件に伴い、「図 IJB-2500-B-1 中性子計測ハウジング」及び「図 IJB-2500-B2 制御棒駆動ハウジング」にあった試験範囲の記載は削除されている。

(4) 変更点以外の技術評価

(ア) 中性子計測ハウジングの試験実施時期

変更点ではないが、「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」に規定する「試験カテゴリ IJB-B-1 中性子束計測ハウジング」は、以下の様に規定されている。

表 3.2.2.12-1 維持規格 2012 年版「表 IJB-2500-B-1」(抜粋)

試験カテゴリ IJB-B-1 中性子計測ハウジング			
項目 番号	試験部位	試験実施時期 ⁽⁴⁾	
		初回	2 回以降
G30.10	オーステナイト系ステンレス鋼および高ニッケル合金溶接継手ハウジング取付溶接継手(高ニッケル合金溶接継手) ⁽¹⁾	供用開始から運転時間で 13 年以降の最初の定検	毎定検
G30.20	ハウジング取付溶接継手(ステンレス鋼溶接継手) ⁽¹⁾	供用開始から 25 年以降の最初の定検	毎定検
G30.30	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手(SUS304) ⁽¹⁾	局所出力領域モニタ交換時	局所出力領域モニタ交換時
G30.40	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手(SUS316) ⁽¹⁾	供用開始から 20～30 年以内	前回の試験後 30 年以内
G30.50	局所出力領域モニタを装荷しないハウジングのフランジ溶接継手 ⁽¹⁾	供用開始から 25 年以降の最初の定検	毎定検

本規定は、維持規格 2004 年版技術評価書において、次の理由から技術評価の対象外としている。なお、炉心スプレイ配管・スパージャ及びジェットポンプ管は技術基準規則第 18 条の対象外である。

B. SCC き裂進展速度の適用性

NISA 文書に基づき、管形状の突合せ溶接多重熱サイクルに起因した溶接部近傍硬化域の低炭素ステンレス鋼の SCC き裂進展速度は当面鋭敏化ステンレス鋼の進展速度を適用することとしている（第 20 回基準評価WGにおける評価章の技術評価に際しての指摘事項）。低炭素ステンレス鋼製の中性子計測ハウジングの突合せ溶接部の初回及び 2 回目以降の検査時期の設定は低炭素ステンレス鋼の SCC き裂進展速度で設定したものであり、NISA 文書に適合しない。応力腐食割れ評価技術調査研究（JNES:IGSCC）にて得られるデータ等や実機状況に基づいて、検査時期設定への反映が必要である。

したがって、炉心スプレイ配管・スパージャ、ジェットポンプ管及び中性子計測ハウジングは今回の技術評価の対象から除外する。

維持規格 2004 年版は、低炭素ステンレス鋼の母材の SCC 亀裂進展速度で検査時期を設定しており、SCC 進展線図が研究成果に照らして非保守的であったが、その後も改訂は行われていない。「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の「試験実施時期」は、初回及び 2 回以降の検査時期が規定されているが、低炭素ステンレス鋼溶接部近傍硬化域の SCC 亀裂進展との関係が不明であり、妥当ではない。

したがって、初回及び 2 回目以降の検査時期は、低炭素ステンレス鋼溶接部近傍硬化域の SCC 亀裂進展速度に基づき算出した貫通までの年数に余裕を取ったものとする必要がある。なお亀裂進展速度については、低炭素ステンレス鋼管に検出された応力腐食割れによる亀裂の欠陥評価方法及び許容基準を規定した、亀裂解釈の「別紙 4 低炭素ステンレス鋼管の欠陥評価方法及び許容基準について」に規定する亀裂進展速度の規定によってもよい。これに関連して、「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注書き「(4) 予防保全を適用する場合は、試験実施時期を添付 IJB-B-1-1 に従って設定できる。」は、予防保全の方法が実証されていることが確認できないため、適用除外とする。

軽水炉環境中の低炭素ステンレス鋼管等管形状溶接部の評価に用いる SCC 進展速度は低炭素ステンレス鋼溶接部近傍硬化域の SCC 進展速度データに基づいて規定することを要望する。

(イ) 補修を行った溶接部の残留応力分布について

「表 IJG-2510-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注記(3)(d)のただし書で「接近性の制約等から一方の面しか試験を行えない場合でも、溶接残留応力評価の結果、もう一方の表面の応力が圧縮である場合には、試験を実施した範囲として扱うものとする。」としている。「解説 表 IJG-2500-B-2-1 シュラウドの MVT-1 試験の有効範囲と欠陥の想定」にも表面の応力が圧縮となっている面においては、応力腐食割れの可能性が小さくなると推測されると記載されているが、溶接残留応

力評価は入力条件により結果が影響されること、補修を行った溶接部は残留応力分布が異なることに注意が必要であることを解説に追記することを要望する。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

なし

変更点以外

「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

項目番号	試験部位	試験実施時期		
		読み替えられる字句		読み替える字句
G30.10	ハウジング取付溶接継手(高ニッケル合金溶接継手)	初回	2回以降	低炭素ステンレス鋼溶接部近傍硬化域のSCC 亀裂進展速度に基づき算出した貫通までの年数に余裕を取ったものとする。この場合において、亀裂解釈の「別紙4 低炭素ステンレス鋼管の欠陥評価方法及び許容基準について」に規定する亀裂進展速度の規定によってもよい。
		供用開始から運転時間で13年以降の最初の定検	毎定検	
G30.20	ハウジング取付溶接継手(ステンレス鋼溶接継手)	供用開始から25年以降の最初の定検	毎点検	
G30.30	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手(SUS304)	局所出力領域モニタ交換時	局所出力領域モニタ交換時	
G30.40	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手(SUS316)	供用開始から20～30年以内	前回の試験後30年以内	
G30.50	局所出力領域モニタを装荷しないハウジングのフランジ溶接継手	供用開始から25年以降の最初の定検	毎点検	

- 「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注(4)は適用除外とする。

(6) 要望事項

- 軽水炉環境中の低炭素ステンレス鋼管等管形状溶接部の評価に用いるSCC進展速度は低炭素ステンレス鋼溶接部近傍硬化域のSCC進展速度データに基づいて規定することを要望する。

- 「解説 表 IJG-2500-B-2-1 シュラウドの MVT-1 試験の有効範囲と欠陥の想定」に、溶接残留応力評価は入力条件により結果が影響されること、補修を行った溶接部は残留応力分布が異なることに注意が必要であることを解説に追記することを要望する。

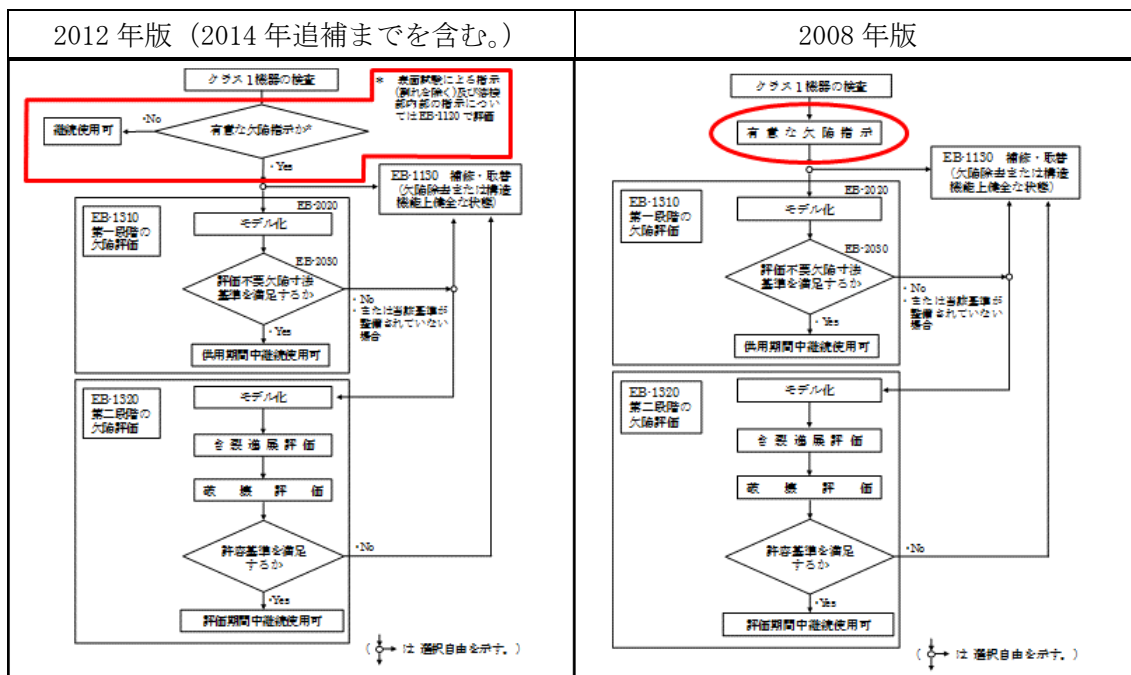
3.2.2.13 クラス1機器の欠陥評価（評価の流れ）

クラス1機器の欠陥評価方法は、「EB-1100 評価の流れ」に試験部位ごとの評価の流れ、「EB-1200 判定基準」に試験結果に対する判定基準及び「EB-1300 欠陥評価」に欠陥評価の方法と許容基準が規定されている。

(1) 変更の内容（「別表8 クラス1機器の欠陥評価（評価の流れ）に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 欠陥評価の流れにおいて、表面試験による指示（割れを除く。）及び体積試験による溶接部内部の指示を「EB-1120 試験についての評価」で評価可能とした規定を追加（「表3.2.2.13-1 欠陥評価の流れに関する規定内容の変更点」参照）。
- ② 「EB-1120 試験についての評価」の「ただし、EB-1200の規定に適合している場合であっても以前の試験結果と比較して有意な差が認められる場合は、その試験結果を記録しなければならない。」を削除。

表 3.2.2.13-1 欠陥評価の流れに関する規定内容の変更点



(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 表面試験による指示であって、供用期間中に発生した割れではないことが明らかなもの及び体積試験による溶接部の内部指示については、欠陥から亀裂進展した事例がないことから、合理的に判断できるように改訂した。
- ② 「EB-1120 試験についての評価」のただし書は検査章「IA-5000 検査の記録」と重複規定となるため削除した。

(3) 技術評価の結果

- ① 表面試験による指示（割れを除く。）及び体積試験による溶接部内部の指示を「EB-1120 試験についての評価」で評価可能とした

「EB-1110 評価の流れ」において、維持規格 2008 年版の「1) クラス 1 容器、クラス 1 配管（ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管を除く）について実施した試験結果は、EB-1310 の規定に従わなければならない。」の規定に、「ただし、表面試験による指示であって割れ以外のもの、および体積試験による溶接部内部の指示については、EB-1120 の規定に従い評価することができる。」を追加したものである。

「EB-1120 試験についての評価」では、試験の結果が、「EB-1200 判定基準」の規定に適合している場合又は供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合は「その機器を継続して使用できる。」としている。

「EB-1200 判定基準」のうち、「EB-1210 体積試験または表面試験」では、「EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準」において、欠陥指示が溶接部にある場合、ボルト等以外の場合で母材にある場合、ボルト等の場合について、各々溶接規格「N-1100 非破壊試験」、設計・建設規格「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験(1)」、「PVB-2425 磁粉探傷試験(1)」、「PVB-2426 浸透探傷試験(1)」、「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験(2)」、「PVB-2422 斜角法による超音波探傷試験(1)」又は「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験(4)」に適合していることとしており、これらの部位については設計工事段階の非破壊試験の許容基準を適用している。

本変更点の技術評価については、下記(4)変更点以外の技術評価と併せて検討する。

- ② 以前の試験結果と比較して有意な差が認められる場合の試験結果記録要求の削除

「EB-1120 試験についての評価(1)」の「ただし、EB-1200 の規定に適合している場合であっても以前の試験結果と比較して有意な差が認められる場合は、その試験結果を記録しなければならない。」としていたものを削除したことについては、規定内容が試験結果の記録であり「IA-5000 検査記録の作成」に包含される内容であることから、削除することにより試験に対する評価の規定であることが明確になり、妥当と判断する。

(4) 変更点以外の技術評価

クラス 1 機器の欠陥評価の流れをフロー図の形で整理したものを「図 3.2.2.13-1 クラス 1 機器の欠陥評価の流れにおける技術評価の項目」に示す。これについて、以下の点を検討した。

- (ア) 有意な欠陥指示について

- (イ) 補修・取替における対応
- (ウ) クラス1ポンプ及びクラス1弁の欠陥評価
- (エ) 過去の記録の比較による「有意な差」の確認
- (オ) 部品等の判定基準
- (カ) 蒸気発生器伝熱管の判定基準
- (キ) 目視試験の判定基準
- (ク) 「漏えい試験」の判断基準

2012年版におけるクラス1機器の欠陥評価の流れ

注記：丸数字は今回の技術評価における論点箇所を示す。

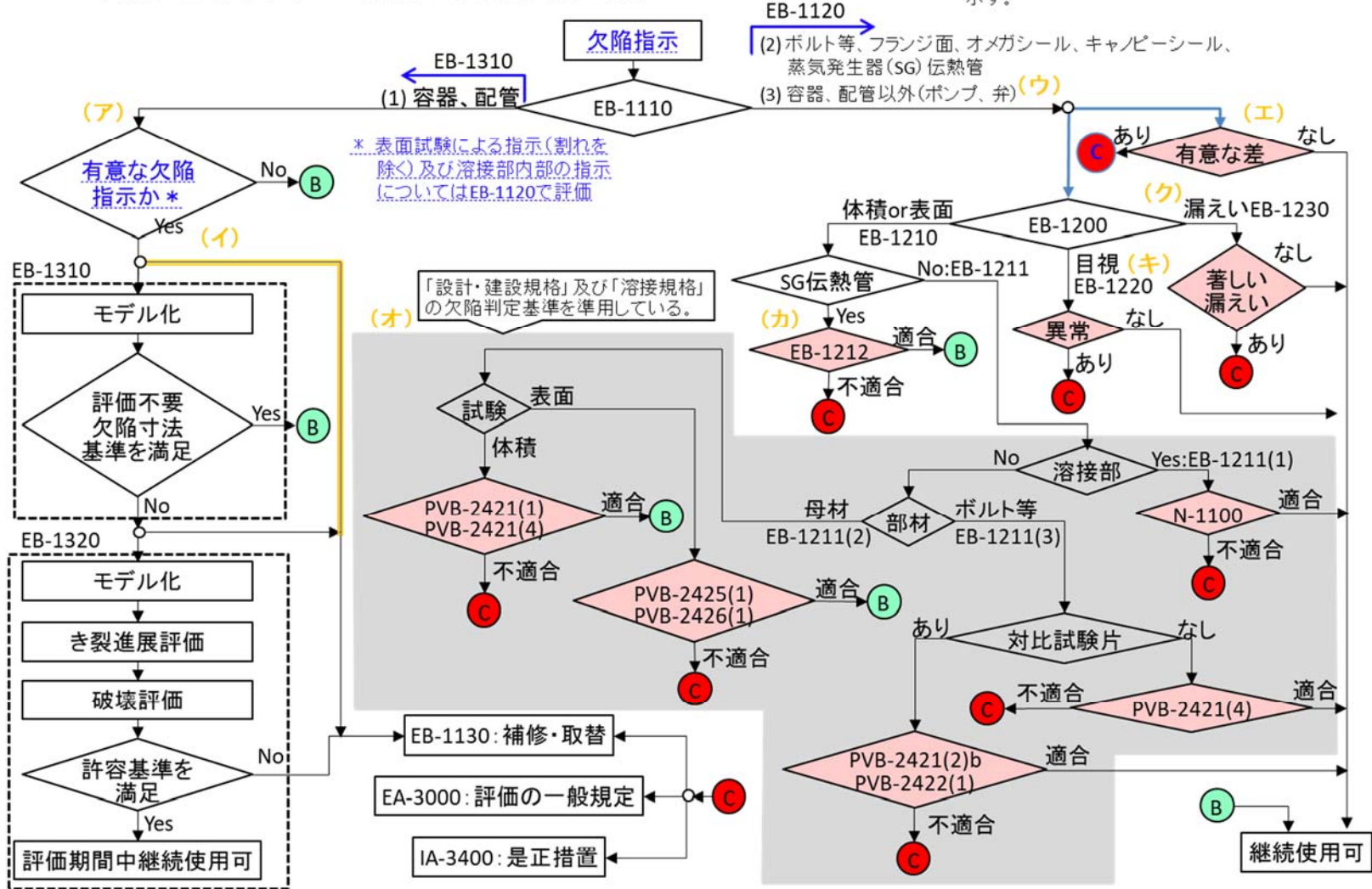


図 3.2.2.13-1 クラス1機器の欠陥評価の流れにおける技術評価の項目

(5) 技術評価の結果

(ア) 有意な欠陥指示

維持規格では、「A-5310 標準評価に関する用語」において、「有意な欠陥指示」は「欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、超音波探傷試験（UT）検出性等の実証試験データおよび他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生、進展によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。」と定義されているが、設計工事段階で許容された欠陥及び不検出の欠陥の検出及び進展を考慮する必要がある（「3. 2. 2. 8 クラス 1 機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査」(3)参照。）。また、進展によって生じる変化を確認する場合には、測定時のばらつきを考慮してベースラインデータと比較することも重要である。

したがって、「有意な欠陥指示」の定義は妥当とは判断されず「欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、供用前検査記録、以前の供用期間中検査の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、検出性等の実証試験データ、測定 のばらつきおよび他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生または進展によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。」と読み替える必要がある。

(イ) 補修・取替における対応

クラス 1 容器及びクラス 1 管についての評価の流れを示す「図 EB-1000-1 クラス 1 機器の欠陥評価の流れ」において、「有意な欠陥指示か」の判定が「Yes」の場合に「EB-1130 補修・取替」に進む線（「図 3.2.2.13-2 クラス 1 容器及びクラス 1 配管についての評価の流れ」の赤枠部分）があるが、欠陥評価を行わずに補修・取替をしてよい場合の判断基準が記載されていない。

なお、原子炉等規制法第 43 条の 3 の 16 第 3 項及び実用炉則⁵⁴第 58 条は、クラス 1 機器に属する容器及び管並びに炉心支持構造物（炉心シュラウド及びシュラウドサポートに限る。）について、技術基準規則第 18 条に適合しなくなるおそれがあると認めるときは、評価を行い、その結果を記録し、これを保存するとともに、その評価が実施された後、速やかに原子力規制委員会に報告することを規定している。

これらを踏まえ、欠陥評価の流れを示した「図 EB-1000-1 クラス 1 機器の欠陥評価の流れ」の見直しを要望する。

⁵⁴ 「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」（昭和 53 年通商産業省令第 77 号）

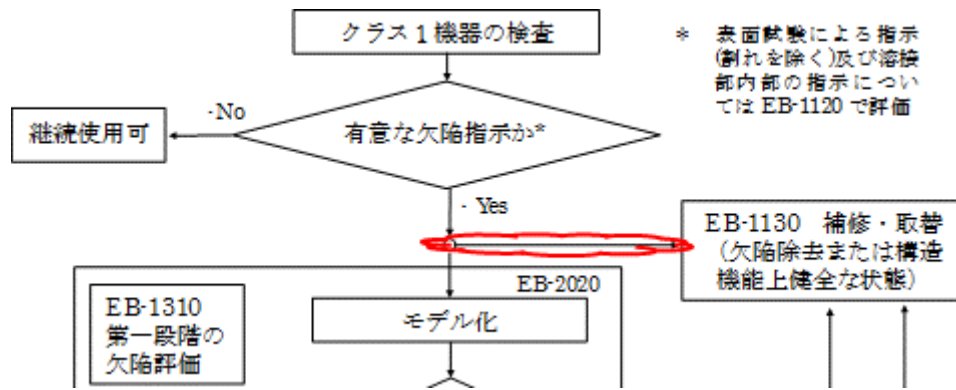


図 3.2.2.13-2 クラス 1 容器及びクラス 1 配管についての評価の流れ
 (「図 EB-1000 クラス 1 機器の欠陥評価の流れ」(抜粋))

(ウ) クラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁の欠陥評価

維持規格では、クラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁について、設計工事段階の非破壊試験の判定基準を準用しており、その妥当性については (オ) において評価を行う。

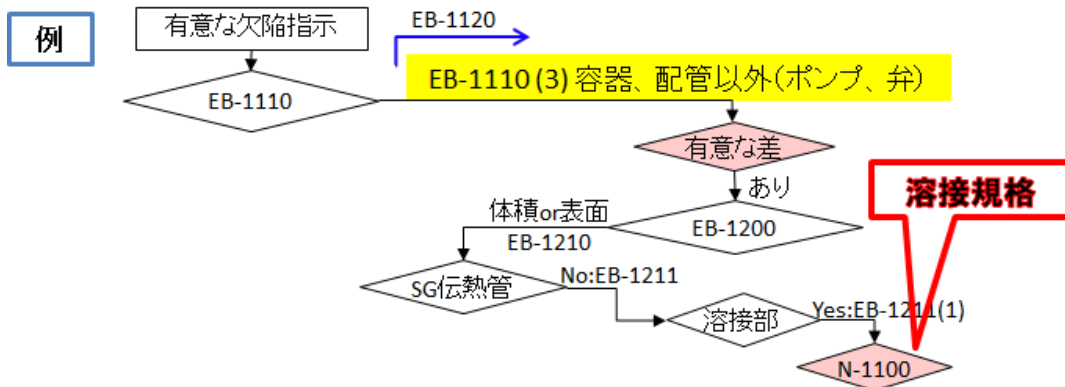


図 3.2.2.13-3 クラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁の判定基準の流れ (一例)

(エ) 過去の記録の比較による「有意な差」の確認

「EB-1120 試験についての評価(1)」では「EB-1200 判定基準」を引用して、試験の結果が「EB-1200 の規定に適合している場合または供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合、その機器を継続して使用できる」と規定している。有意な差を確認する際に、供用前検査の記録又は以前の供用期間中検査の記録と比較することとしているが、測定結果にはばらつきがあり、進展によって生じる変化を確認する際には、できるだけ多くの記録を時系列を考慮して比較することが有効である(上記(ア)参照)。なお、「EB-1200 判定基準」については、(オ)において技術評価を行う。したがって、「EB-1120 試験についての評価(1)」の「試験の結果が EB-1200 の規定に適合している場合または供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合、」とあるのは、「試験の結果が EB-1200 の規定に適合している場合または供用前検査の記録および以前の供用期間中検査の記録と比較して、有意な差が認められない場合、」と読み替えることとする。

(オ) 部品等の判定基準

維持規格の容器及び配管のうちボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管並びにポンプ及び弁（以下「部品等」という。）の判定基準に関する規程を以下に示す。

<p>「EB-1110 評価の流れ」 (1)で追加されたただし書き（容器、配管の欠陥指示） 表面試験による指示であって割れ以外のもの、および体積試験による溶接部内部の指示についてはEB-1120の規定に従い評価することができる。</p>
<p>「EB-1120 試験に対する評価」 (1) EB-1200の規定に適合している場合または供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合、その機器を継続して使用できる。</p>
<p>「EB-1200 判定基準」 → 「EB-1210 体積試験または表面試験」 → 「EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準」 (1) 欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合 体積試験または表面試験の欠陥指示：「溶接規格」N-1100を準用 (2) ボルト等以外の場合で、欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合 体積試験の欠陥指示：「設計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4)を適用 表面試験の欠陥指示：「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用 (3) ボルト等 a. 体積試験のための対比試験片がある場合：「設計・建設規格」PVB-2421(2)bまたはPVB-2422(1)を適用 b. 体積検査のための試験片がない場合：「設計・建設規格」PVB-2421(4)を適用</p>

維持規格は、クラス1機器の部品等の判定基準として、欠陥指示が溶接部にある場合は、溶接規格を準用し、欠陥指示が母材にある場合は、設計・建設規格を適用することとしている。設計・建設規格及び溶接規格の欠陥判定基準を用いることについては、以下のとおりである。

a) 表面試験

設計・建設規格及び溶接規格の表面試験の欠陥判定基準は、維持規格における容器及び配管の線状欠陥についての評価不要欠陥寸法基準を上回ることがないため、保守的であり、この規定は妥当と判断する（ポンプ及び弁については、「3. 2. 2. 9 ポンプ及び弁の非破壊試験要求」参照）。

b) 体積試験

- 設計工事段階における欠陥の判断基準は母材及び溶接部の強度に影響を与える製造欠陥がないことを判定するためのものであり、運転段階においては、基本的に供用期間中の荷重、使用環境等を考慮した欠陥の進展及び破壊の評価を基にした

判断基準を用いる必要がある（「2. 5. 2. 3 設計工事段階と運転段階における非破壊試験の方法と欠陥の検出性」参照）。また、次の点についても考慮が必要である。

- ✓ 供用期間中検査に適用する UT は、「IA-2542 超音波探傷試験」において、超音波探傷試験規格 2008 年版に従うことを規定しているが、超音波探傷試験規格 2008 年版は「2720 欠陥寸法測定」において、欠陥長さ寸法は記録レベルを超える指示長さとし「解説-2720-2 欠陥長さ寸法を測定する場合」において、原則として DAC20%指示長さを欠陥長さ寸法とするとしている。これは、DAC50%でも割れの検出率が低いという研究結果⁵⁵を踏まえて設定されたものである。
- ✓ 設計工事段階に適用する溶接規格の UT は、ボルト等以外の部品等については、垂直法及び斜角法とも、その判定基準として溶接部の厚さの区分に応じて直径が異なる標準穴について、DAC100%以下又は DAC100%を超える部分の長さが厚さの 1/3 を目安とした値を規定している。また、設計・建設規格は、垂直法による底面エコー高さを基準としている⁵⁶。
- ✓ また、ボルト等については、設計工事段階に適用する設計・建設規格の UT は、棒及びボルト等に対する垂直法による軸方向探傷であり、ボルト等のうち鍛造品に対する UT は、斜角法による探傷である。鍛造品に対する UT の判定基準は、底面からの反射波の高さを基準とするものであり「欠陥がない部分の底面からの反射波の高さを表示器の全目盛の 75%以上 90%以下に調整したときに、底面エコー高さが全目盛の 5%以下になる部分がないもの」としているが、超音波探傷試験規格 2008 年版は、「欠陥がない部分の底面からの反射波の高さを表示器の全目盛の 80%に調整したときに、底面エコー高さが全目盛の 20%以下になる範囲を記録する」としている。

したがって、供用期間中検査で実施する UT について、設計・建設規格又は溶接規格の判定基準を適用することは妥当とは判断されず、「EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準」の(1)欠陥指示が溶接部にある場合の体積試験及び(2)欠陥指示が母材にある場合（ボルト等を除く）の体積試験は適用しないこととし、クラス 1 容器及びクラス 1 管と同様に「EB-1300 欠陥評価」又は「EA-3020 評価方法および時期(2)」を適用する必要がある（ポンプ及び弁については、「3. 2. 2. 9 ポンプ及び弁の非破壊試験要求」参照）。

また、(3)のボルト等の体積試験に係る規定⁵⁷も同様に、「要記録エコー」がある場合には「EA-3020 評価の方法及び時期」の(3)によることとする必要がある。

⁵⁵ Impact of PISC Results on Codes, Standards and Regulatory Activities (PISC Report No.28), 1993, Figure 2 参照。PISC は、Programme for the Inspection of Steel Components, Joint Research Centre, Commission of the European Communities

⁵⁶ PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験

⁵⁷ 体積試験のための対比試験片がある場合は、設計・建設規格の「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験(2)b」又は「PVB-2422 斜角法による超音波探傷試験(1)」に適合することとし、同試験片がない場合は、設計・建設規格の「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験(4)」に適合していることとしている。

さらに、変更点の①である「EB-1110 評価の流れ」(1)において「ただし、表面試験による指示であって割れ以外のもの、および体積試験による溶接部内部の指示についてはEB-1120の規定に従い評価することができる」とした規定の追加についても、「EB-1120 試験に対する評価」において「EB-1200 判定基準」によることとしており、体積試験による溶接部内部の指示については、妥当ではない。

さらに、欠陥評価の流れを示した「図 EB-1000-2 クラス 1 機器の欠陥評価の流れ」において、判定基準として「EB-1200 判定基準」を用いるのは、体積試験については妥当とは判断されず、適用除外とする必要がある。

なお、ボルト等については、具体的な判定基準を含む評価方法を規定することを要望する。

(カ) 蒸気発生器伝熱管の判定基準

蒸気発生器伝熱管（試験カテゴリ：B-Q）に対する判定基準を以下に示す。

EB-1212 蒸気発生器伝熱管（試験カテゴリ：B-Q）に対する判定基準

減肉指示以外に、有意な信号が検出されてはならない。

ここで、有意な信号とは、雑音信号レベルを超える信号であって、管支持板等の外部構造物あるいは伝熱管の形状等に起因する信号(疑似信号)でないものをいう。

なお、減肉指示とみなされる信号については、その信号により推定した減肉部の深さが当該部の元の厚さの 20%未満でなければならない。

「減肉指示以外に有意な信号が検出されてはならない。」とすることについては、蒸気発生器伝熱管の劣化事象として、摩耗又は腐食等による減肉のほか、応力腐食割れ又は疲労による割れが想定されるが、割れについては、有意な信号が検出されないことを判定基準としており、妥当と判断する。

「減肉指示とみなされる信号については、その信号により推定した減肉部の深さが当該部の元の厚さの 20%未満でなければならない。」については、維持規格 2004 年版の技術評価で標準定期検査要領書の値と整合が取れていることから、妥当と評価されているが、構造強度の点から改めて確認した。その結果を「添付資料 3 EB-1212 蒸気発生器伝熱管局部減肉判定基準に対する構造強度上の評価」に示す。

伝熱管に外圧が作用する運転状態Ⅳと試験状態において許容される局部減肉の計算結果（一様減肉と置き換えて計算）から、当該規定は妥当と判断する。

減肉量評価は試験・検査により得られた時の値のみで行うだけでなく、減肉傾向を把握できることが望ましい。新しい検査技術も開発されていることから、これら局部減肉管の検査・評価に関する最新知見を踏まえ、今後規程の見直しを検討することが望まれる。また、材料規格に GNCF690 材の外圧チャートを規定することが望まれる。

(キ) 目視試験の判定基準

目視試験の判定基準については、「EB-1220 目視試験」に規定されている。

1) VT-1 試験に対する判定基準

「IA-2521 VT-1 試験」に規定するそれぞれの試験項目について、強度に影響を与える恐れのある異常があってはならないとしており、妥当と判断する。

2) VT-3 試験に対する判定基準

「IA-2523 VT-3 試験」に規定するそれぞれの試験項目について、異常があってはならないとしており、妥当と判断する。

3) IA-2350 に規定する補足試験を行った場合の判定基準

「EB-1210 体積試験または表面試験」の規定を適用してもよいとしているが、目視試験による指示に対する補足試験であり、詳細評価が必要であるため妥当ではない。したがって、詳細評価が可能なように「EB-1110 評価の流れ」の規定を適用することとし、「試験部位に応じて、EB-1210 の体積試験または表面試験の規定を適用してもよい。」とあるのは「EB-1100 の評価の流れの規定を適用すること。」に読み替える必要がある。

(ク) 「漏えい試験」の判断基準

「EB-1230 漏えい試験」の判断基準は、技術基準規則第 2 1 条第 2 項の「著しい漏えいがないものでなければならない」との規定と整合するものであり、妥当と判断する。

(6) 適用に当たっての条件

変更点

なし

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
A-5310 標準評価に関する用語 有意な欠陥指示	有意な欠陥指示:欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、 <u>超音波探傷試験 (UT) 検出性等の実証試験データ</u> および他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生、 <u>進展</u> によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。	有意な欠陥指示:欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、 <u>供用前検査記録、以前の供用期間中検査の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、UT 検出性等の実証試験データ、測定</u> のばらつきおよび他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生 <u>または進展</u> によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。
EB-1110 評価の流れ(1)	<u>クラス 1 容器、クラス 1 配管 (ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管を除く)</u> について実施した試験結果は、EB-1310 の規定に従い評価する。	<u>クラス 1 機器 (ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管を除く)</u> について実施した試験結果は、EB-1310 の規定に従い評価する。 ただし、表面試験による指示であ

	ただし、表面試験による指示であって割れ以外のもの、及び体積試験による溶接部内部の指示については、EB-1120 の規定に従い評価することができる。	って割れ以外のものおよびボルト等については、EB-1120 の規定に従い評価することができる。
EB-1110 評価の流れ (2)	クラス1 容器、クラス1 配管のうち、ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果はEB-1120 の規定に従い評価する。	クラス1 機器のうち、ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果は EB-1120 の規定に従い評価する。
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (1) 欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合	体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-1100 を準用し、これに適合するものでなければならない。	表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-1100 を準用し、これに適合するものでなければならない。
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (2) ボルト等以外の場合で、欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合	体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、 <u>体積試験で検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(1) または同(4)、表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1) または PVB-2426(1) を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。</u>	表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、「設計・建設規格」PVB-2425(1) または PVB-2426(1) を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (3) ボルト等	a. <u>体積試験のための対比試験片がある場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(2)b または PVB-2422(1) を適用し、これに適合するものでなければなら</u>	<u>日本電気協会電気技術規程「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中における超音波探傷試験規程 JEAC4207-2008[2012 年追補版]」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分</u>

	<u>ない。</u> <u>b. 体積検査のための試験片がない</u> <u>場合, 検出された欠陥指示は, 「設</u> <u>計・建設規格」PVB-2421(4)を適用</u> <u>し, これに適合するものでなけれ</u> <u>ばならない。</u>	<u>類」における「D 要記録エコー」</u> <u>(以下単に「要記録エコー」とい</u> <u>う。)</u> <u>がある場合には, EA-3000 に</u> <u>よる。</u>
EB-1220 目視試験(3)	<u>IA-2350 に規定する補足試験を行</u> <u>った場合は, 試験部位に応じて,</u> <u>EB-1210 の体積試験または表面試</u> <u>験の規定を適用してもよい。</u>	<u>IA-2350 に規定する補足試験を行</u> <u>った場合は, EB-1110 の評価の流</u> <u>れの規定を適用すること。</u>

- ・「EB-1110 評価の流れ」の(3)は適用除外とする。
- ・「図 EB-1000-2 クラス1 機器の欠陥評価の流れ」は適用除外とする。

(7) 要望事項

ボルト等については具体的な判定基準を含む評価方法を規定することを要望する。

3.2.2.14 クラス1機器の評価不要欠陥寸法基準

(1) 変更内容 (別表9 クラス1機器の評価不要欠陥寸法基準に関する規定内容の変更点参照)

- ① 表中の内部欠陥について、アスペクト比 (a/ℓ) に対応した評価不要欠陥寸法基準値 (式) の指数を変更
- ② 注(5)において、「数値の丸め方は JIS Z 8401(1961)に従う」としていた規定を削除

(2) 日本機械学会による変更理由

- ① 表中の内部欠陥の式の一部変更

「表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」及び「表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」による内部欠陥の表面欠陥への置き換えにおいて、欠陥のアスペクト比によっては、不連続性が生じる場合があったため。

- ✓ 同一深さのき裂で、表面に近づくにつれて、許容→非許容→許容となる場合がある。

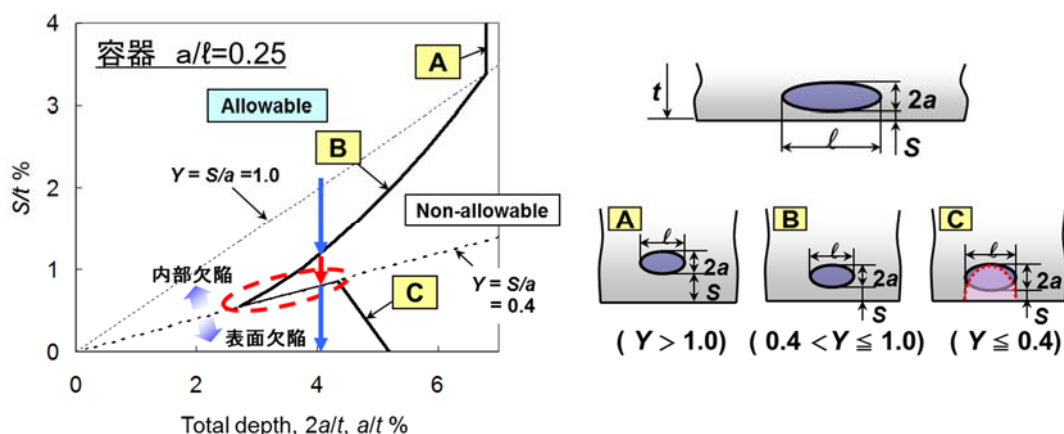


図 3.2.2.14-1 内部欠陥の許容・非許容の不連続性の例

- ② 維持規格の他の表や、他規格での表において、中間値の読み取り時での数値の丸め方まで JIS 規格を引用しているものがない。また、改めて当規格を記載する必要もないので、当該部を削除した。

(3) 技術評価の結果

- ① 「表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」及び「表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」の表中の内部欠陥計算式の変更

1) 「EB-2000 クラス 1 機器の評価不要欠陥寸法基準」における表面欠陥及び内部欠陥の評価不要欠陥寸法基準の根拠

表面欠陥及び内部欠陥の評価不要欠陥寸法基準の根拠は、維持規格の「解説 E-1 評価不要欠陥の基準」に示されている。内部欠陥の評価不要欠陥は、「図 3.2.2.14-2 内部欠陥寸法の模式図」における S と a の比で定義する $Y(=S/a)$ を用いて、機器厚さ t に応じた評価不要欠陥寸法が与えられる。 $Y > 1.0$ の場合は $Y=1.0$ とした内部欠陥半深さ a が与えられ、 $Y \leq 0.4$ の場合は内部欠陥が深さ $2a+S$ 、長さ l の表面欠陥に置き換えられる。また、 $0.4 < Y \leq 1.0$ の範囲では、 Y 値又はアスペクト比が小さくなるにつれて、内部欠陥半深さ a の評価不要欠陥寸法は低減する。(管の厚さが、 $7\text{mm} \leq t < 12.5\text{mm}$ の範囲を除く。)

内部欠陥を表面欠陥に置き換える模式図を「図 3.2.2.14-3 表面欠陥への置き換えの模式図」に示す。

しかし、欠陥のアスペクト比によっては、維持規格 2008 年版の方法が評価不要欠陥寸法に不連続性を生じる場合があることが玉古らの文献⁵⁸で示された。

日本機械学会は維持規格 2012 年版で同文献を踏まえて、係数 Y を Y^n (指数 n はアスペクト比により異なる。) とすることで、不連続性を解消させるようにした。

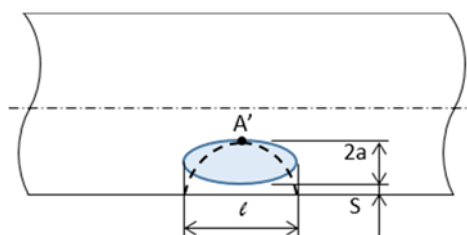
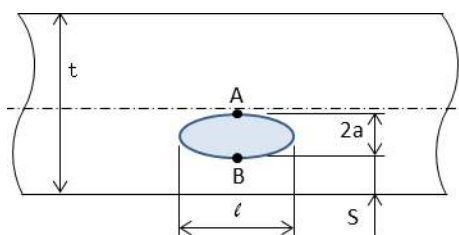


図 3.2.2.14-2 内部欠陥寸法の模式図

図 3.2.2.14-3 表面欠陥への置き換えの模式図

2) 内部欠陥の表面欠陥への置き換えにおける不連続性の解消の合理性

容器 (厚さ 160mm) の内部欠陥 (アスペクト比 0.2) について、 Y 値を 0.0 から 1.0 まですべて 0.1 刻みで変化させた場合における内部欠陥の上部頂点及び下部頂点の位置の変化を「図 3.2.2.14-4 容器 (板厚 160mm、アスペクト比 0.20) での $Y \leq 1.0$ における内部欠陥の上部頂点及び下部頂点の位置をグラフ化した図」に、同図での内部欠陥の上部頂点及び下部頂点の位置を元に、内部欠陥形状及び表面欠陥形状を図示化したものを「図 3.2.2.14-5 容器 (板厚 160mm、アスペクト比 0.20) での内部欠陥から表面欠陥への置き換え模式図」に示す。

「図 3.2.2.14-5 容器 (板厚 160mm、アスペクト比 0.20) での内部欠陥から表面欠陥への置き換え模式図」の青実線楕円の内部欠陥は、 $Y=0.4$ において青破線半楕円の表

⁵⁸ 玉古ら, “機械学会維持規格の評価不要欠陥における内部欠陥の不連続と提案”, 日本機械学会論文集 72 巻 717 号 A 編, 平成 18 年 5 月

面欠陥に置き換えられる。

「図 3.2.2.14-5 容器（板厚 160mm、アスペクト比 0.20）での内部欠陥から表面欠陥への置き換えモード図」の左図（維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。)) では、内部欠陥と内部欠陥から表面欠陥への置き換えと内部欠陥が連続しているのに対して、右図では、内部欠陥の表面欠陥への置き換えは不連続であるとともに、 $Y=0.4$ で表面欠陥に置き換える内部欠陥（青実線楕円）よりも小さな内部欠陥（小さい方の赤実線楕円及び赤点線楕円）が、評価不要内部欠陥の限界寸法となっている。また、欠陥長さについても右図における $Y=0.4$ での表面欠陥（青破線半楕円）に置き換える内部欠陥（青実線楕円）よりも小さい内部欠陥（赤実線楕円（小）及び赤点線楕円）は、同じ欠陥長さの表面欠陥となつたとしても、 $Y=0.4$ での表面欠陥（青破線半楕円）と同等又はそれよりも小さい表面欠陥となる。

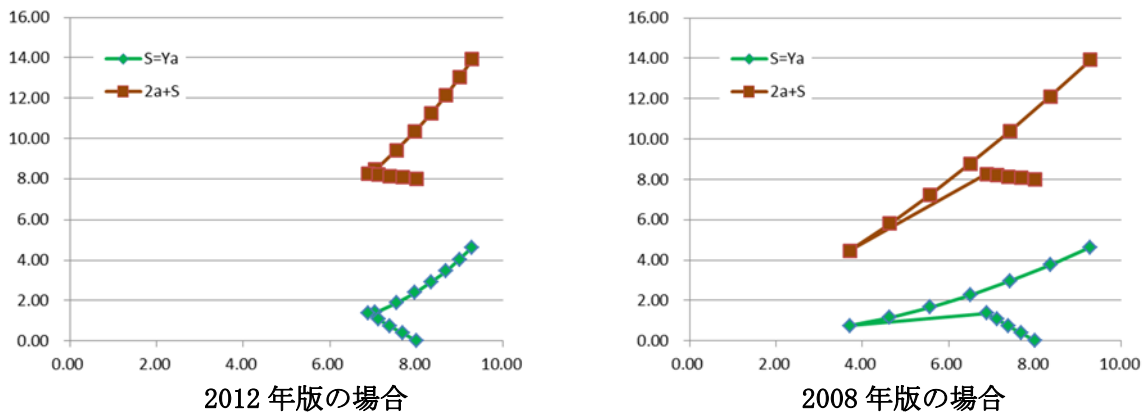


図 3.2.2.14-4 容器（板厚 160mm、アスペクト比 0.20）での $Y \leq 1.0$ における内部欠陥の上部頂点及び下部頂点の位置をグラフ化した図（横軸：2a、縦軸（緑）：S=Ya、縦軸（茶）：2a+S）

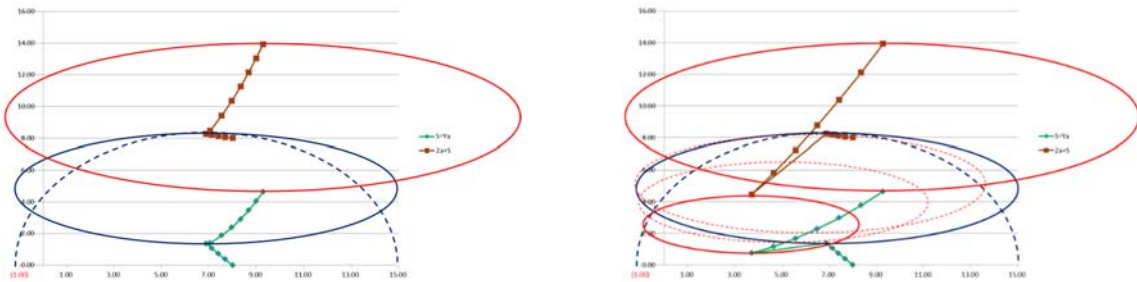


図 3.2.2.14-5 容器（板厚 160mm、アスペクト比 0.20）での内部欠陥から表面欠陥への置き換え模式図

- 赤実線楕円（大）：評価不要内部欠陥の大きさと位置深さ（ $Y = 1.0$ 、2008 年版及び 2012 年版）
- 赤実線楕円（小）：表面欠陥へ置き換わる直前の内部欠陥の大きさと位置深さ（ $Y = 0.4$ 近傍、2008 年版）
- 青実線楕円：表面欠陥へ置き換わる際の内部欠陥の大きさと位置深さ（ $Y = 0.4$ 、上部頂点が青破線楕円と同じ位置、2008 年版及び 2012 年版）
- 表面欠陥へ置き換わる直前の内部欠陥の大きさと位置深さ（ $Y = 0.4$ 近傍、2012 年版）
- 青破線楕円：評価不要表面欠陥の大きさと位置深さ（ $Y = 0.4$ 、上部頂点が青実線楕円と同じ位置、2008 年版及び 2012 年版）
- 赤点線楕円（大）：評価不要内部欠陥の大きさと位置深さ（ $0.4 < Y \leq 1.0$ 、上部頂点が青実線楕円と同じ位置、2008 年版）
- 赤点線楕円（小）：評価不要内部欠陥の大きさと位置深さ（ $0.4 < Y \leq 1.0$ 、下部頂点が青実線楕円と同じ位置、2008 年版）

3) 内部欠陥の表面欠陥への置き換えにおける保守性

維持規格 2008 年版及び維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）ともに、 $Y \leq 0.4$ において内部欠陥を表面欠陥として扱う規定としているが、「図 3.2.2.14-3 表面欠陥への置き換えの模式図」に示すように、内部欠陥よりも深い半楕円形状の表面欠陥として置き換えていることから、この置き換えの規定は保守的な考えにより設定されたものであると判断する。

しかし、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）における $0.4 \leq Y \leq 1.0$ での不連続性の解消による変更は、一部のアスペクト比において、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）が維持規格 2008 年版よりも非保守的な変更となっている。

そのため、日本機械学会発電用設備規格委員会（以下「発電用設備規格委員会」という。）は、圧力バウンダリの破壊を念頭に、「図 3.2.2.14-2 内部欠陥寸法の模式図」の A 点での内部欠陥の応力拡大係数に及ぼす機器表面からの距離の影響評価を行い、その影響が極めて小さいと判断している⁵⁹。

発電用設備規格委員会による評価の概要は以下のとおりである。

- $Y=1.0$ 、 0.8 、 0.6 及び 0.4 並びにアスペクト比 0.1 、 0.3 及び 0.5 の条件で、図 3.2.2.14-2 における A 点の応力拡大係数 K_A について、 $Y=1.0$ で得られた応力拡大係数 $K_A(Y=1.0)$ で無次元化した値 $K_A/K_A(Y=1.0)$ を比較し、いずれの条件において

⁵⁹ 日本機械学会と原子力規制庁との面談記録（平成 27 年 2 月 3 日、平成 28 年 6 月 16 日）。資料 3 の図 3 について、平成 28 年 10 月 11 日に発電用設備規格委員会から原子力規制庁へ図の差し替え依頼あり。

も $K_A/K_A(Y=1.0)$ はほぼ 1.0 の値となり、最大でも 1.05 程度であるとしている。

- 最大となる $K_A/K_A(Y=1.0)$ が 1.05 の場合を欠陥の寸法比に置き換えると、1.10 ($\approx (1.05)^2$) 程度であるため、 $0.4 \leq Y \leq 1.0$ における A 点の内部欠陥の応力拡大係数に及ぼす表面欠陥からの影響は極めて小さいとしている。

上記の評価とは異なる内部欠陥の大きさを設定した容器及び配管について原子力規制庁において $K_A/K_A(Y=1.0)$ を算出したところ、発電用設備規格委員会と同様に 1.05 未満となることを確認した。

以上より、内部欠陥を表面欠陥に置き換える際の不連続性を解消させる変更は妥当と判断する。

なお、ASME Section XI も 2008 年版で同様の変更が行われている。

- ② 「表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」及び「表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」の注の記載内容の変更についての評価

注(5)の「数値の丸め方は日本工業規格 JIS Z 8401 (1961) に従う。」の規定は「表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」及び「表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」における a/t の算出のみに記載されていたが、同 JIS は 1999 年版が最新であり、この規格の数値の丸め方に関する規則 B (四捨五入方式) において電子計算機による処理の際に広く用いられているとされる方法であることから、数値の丸め方に関する記載は必要なく、規定の削除は妥当と判断する。

(4) 適用に当たっての条件

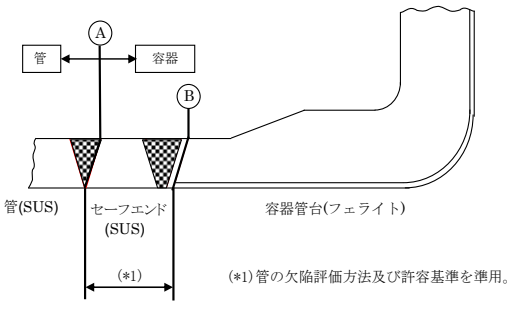
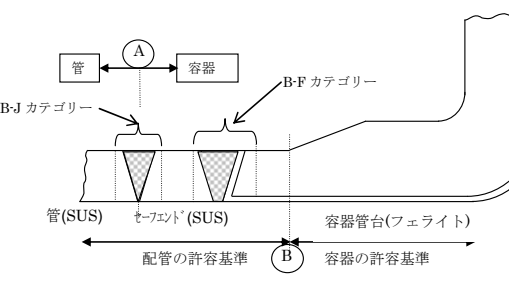
なし

3.2.2.15 フェライト鋼容器と管の接合部における機器区分

(1) 変更の内容(「表 3.2.2.15-1 容器と管接合部の検査の区分と機器区分に関する規定内容の変更点」参照)

- ① 欠陥評価における容器と管の機器区分点(下図のⒶの位置)を変更した。
- ② 欠陥評価方法及び許容基準における容器と管の機器区分点(下図のⒷの位置)を変更した。

表 3.2.2.15-1 容器と管接合部の検査の区分と機器区分に関する規定内容の変更点

2012年版(2014年追補までを含む。)	2008年版
 <p style="text-align: center;">図-1 許容基準の適用範囲</p> <p>Ⓐセーフエンドと管の溶接線のセーフエンド側 Ⓑ管台のバタリング境界部分(以下「管台先端部」という。)</p>	 <p style="text-align: center;">図-1 許容基準の適用範囲</p> <p>Ⓐセーフエンドと管の溶接部の中央部 Ⓑ板厚増加開始点</p>
<p>解説整理番号 E-3 容器と管の適用区分(根拠)</p> <p>欠陥評価上の容器と管の区分は、検査の区分および設計・建設規格の機器区分と整合を図り、セーフエンドと管の溶接線(セーフエンド側) Ⓐとする。</p> <p>ただし、セーフエンドから容器管台先端のバタリング材まで(ⒶからⒷまで)は、欠陥の評価において管の欠陥評価方法及び許容基準を準用するものとする(図-1参照)。これはセーフエンドでは荷重条件としては内圧と軸方向曲げが支配的であり管と同様に扱うことができることによる。</p>	<p>解説整理番号 E-3 容器と管の適用区分(根拠)</p> <p>フェライト鋼容器と管との接続部においては、容器管台の補強に向かって厚さの増加が始まる点Ⓑを境に、容器側には容器の評価不要欠陥寸法基準を適用するものとし、管側は管の評価不要欠陥寸法基準を適用するものとする(図-1参照)。これはⒷよりも管側では荷重条件としては内圧と軸方向曲げが支配的であり管と同様に扱うことができることによる。</p> <p>なお、図-1に示されるように、検査の区分は容器のセーフエンドの溶接線は B-F カテゴリー</p>

	<p>りおよびセーフエンドと配管との溶接線④はB-Jカテゴリとされており、機器の区分としては④を境に容器側を容器、管側を管としている。</p>
--	---

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 欠陥評価における容器と管の機器区分点 (④の位置) について、設計・建設規格と維持規格の検査章との整合を図るため。
 - 設計・建設規格の「解説 GNR-1230 機器等の範囲」は、容器に溶接されるセーフエンド⁶⁰を容器に区分
 - 維持規格の検査章では、管台とセーフエンドの溶接継手部を容器に区分、また、セーフエンドと管との溶接継手部を管に区分
- ② 欠陥評価方法及び許容基準における容器と管の機器区分点 (⑤の位置) の変更は、以下のとおりである。
 - フェライト鋼管の欠陥評価は、最小降伏点が 275MPa 以下の場合に適用するとしているため、容器の最小降伏点が 275~345MPa の場合の欠陥評価において、管形状である管台先端部に、フェライト鋼管の欠陥評価が適用できなかった。このため、管台先端部は容器として評価できるようにした。
 - 管台先端部は通常クラッドが施工されている。管とした場合にはクラッド付管の規定が必要であるが、管に対するクラッドの規定がない。

(3) 技術評価の結果

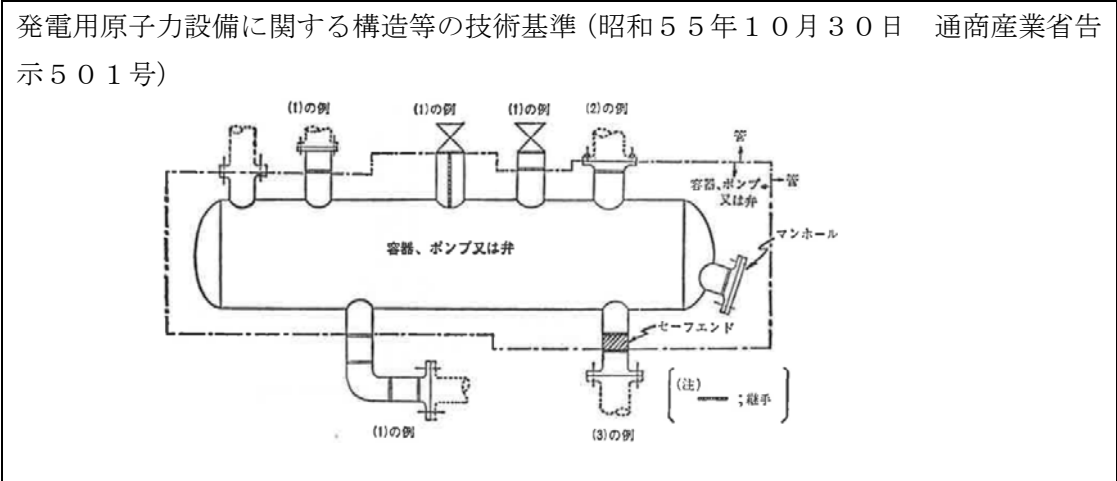
① 欠陥評価における容器と管の機器区分点 (④の位置) の変更

容器の健全性を保つ観点から、セーフエンドの設計は容器に含めて行うべきであり、変更は妥当と判断する。なお、容器、ポンプ及び管の機器区分点については、従来より以下のとおり規定されている。

<p>発電用原子炉施設の溶接事業者検査に係る実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則のガイド (平成25年6月19日 原規技発第13061922号 原子力規制委員会決定) 要約</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 容器と管の接続部における穴の補強に有効な範囲を含まない範囲であって、当該容器に最も近い溶接継手までを「管」とする。 ○ 容器に接続されるセーフエンドは、上記にかかわらず、当該セーフエンドまでを「容器」とする。

⁶⁰ 容器又はポンプと管との接合部に、寸法・形状の調整、現地施工部における異材継手の回避、又は容器内部配管等の内部構造物 (サーマルスリーブ) の接続のために設ける短管状の部品 (設計・建設規格 2012 年版 解説 GNR-1230 機器等の範囲 1. (3)参照。)

- 端部が溶接で管と接続される形式の弁等は、弁等の端部までとし、端部の溶接継手から「管」とする。
- ポンプに接続されるセーフエンドは、上記にかかわらず、当該セーフエンドまでを「ポンプ」とする。



② 欠陥評価方法及び許容基準における容器と管の機器区分点 (㊸の位置) の変更

フェライト鋼管の欠陥評価は、最小降伏点が275MPa以下の場合に適用するとしており、容器の最小降伏点が275~345MPaの欠陥評価において、管台先端部にフェライト鋼管の欠陥評価を適用できない問題を解消できるとしているが、管の許容欠陥寸法基準と容器の許容欠陥寸法基準と比較すると、「図 3.2.2.15-1 管の許容欠陥寸法基準と容器の許容欠陥寸法基準の比較」に示すように、厚さが小さい側で管の許容欠陥寸法の方が小さく、非保守的になることが懸念される。

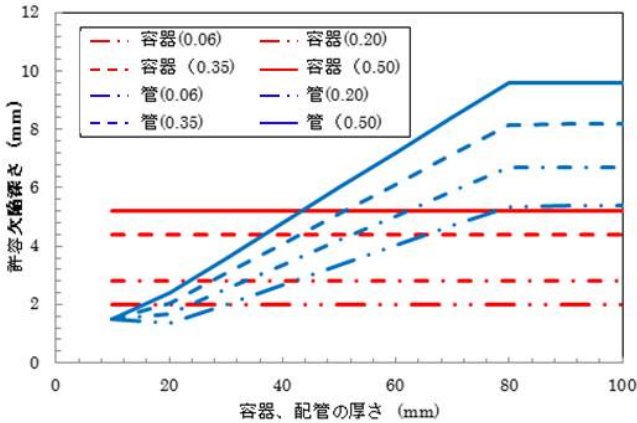


図 3.2.2.15-1 管の許容欠陥寸法基準と容器の許容欠陥寸法基準の比較

フェライト鋼容器の評価不要欠陥寸法を規定した「表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準」の注(3)には「厚さが7mm以上100mm未満の

場合には、表 EB-2000-3（鋼管についての評価不要欠陥寸法基準）に規定する寸法と比較していずれか小さい方の寸法を評価不要欠陥寸法とする。」としていることから、管と容器のうち、より保守的な数値が採用されるよう規定されている。

維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）の「解説 E-3 容器と管の適用区分」に示す図-1 は、管（SUS）とセーフエンド（SUS）であるが、以下の場合もある。

- セーフエンドの材質がフェライト鋼で、容器管台にクラッドが施工されていないもの
- サーマルスリーブ付きのセーフエンド

セーフエンドの材質がオーステナイト系ステンレス鋼の場合や高ニッケル合金の場合は、延性破壊を考慮した管の欠陥評価方法でよいが、フェライト鋼の場合は、脆性破壊と延性破壊の両方を考慮した容器及び管の欠陥評価方法が必要である（「表 3.2.2.15-2 維持規格におけるセーフエンド部の評価不要欠陥基準の適用区分」参照）。

表 3.2.2.15-2 維持規格におけるセーフエンドの評価不要欠陥基準の適用区分

評価部位	セーフエンド		セーフエンドと管台の溶接部		管台先端部
	SUS	フェライト鋼	フェライト鋼	SUS 又は高ニッケル合金	フェライト鋼
荷重条件 (機器区分)	容器又はポンプ	容器又はポンプ	容器又はポンプ	容器又はポンプ	容器又はポンプ
考慮すべき破壊モード	延性破壊	脆性破壊 ^注 と延性破壊	脆性破壊 ^注 と延性破壊	延性破壊	脆性破壊と延性破壊
評価不要欠陥の適用区分	管の基準	容器の基準及び管の基準	容器の基準及び管の基準	管の基準	容器の基準及び管の基準

注：最小降伏点が 275MPa 以下の材料は考慮することを要しない。

したがって「セーフエンドから容器管台先端のバタリング材まで（①から④まで）は、欠陥の評価において管の欠陥評価方法及び許容基準を準用するものとする」については妥当とは判断されず、材質がオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金の場合に限る必要がある。

なお、解説整理番号「E-3 容器と管の適用区分」には「荷重条件としては内圧と軸方向曲げが支配的であり管と同様に扱うことができる。」とあるが、熱荷重の影響を考慮してサーマルスリーブを付けている場合もあるので、解説の記載としては妥当ではない。

本解説は、セーフエンドから容器管台先端のバタリング材まで（①から④まで）の欠陥評価についての要求事項であることから、本文規定とすることを要望する。

(4) 適用に当たっての条件

- ① なし
- ②

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
解説 E-3	ただし、 <u>セーフエンドから容器管台先端のバタリング材まで (AからBまで)</u> は、 <u>欠陥の評価において管の欠陥評価方法及び許容基準を準用するものとする (図-1 参照)。</u> <u>これはセーフエンドでは荷重条件としては内圧と軸方向曲げが支配的であり管と同様に扱うことができることによる。</u>	ただし、 <u>材質がオーステナイト系ステンレス鋼または高ニッケル合金の場合にあつては、セーフエンドから容器管台先端のバタリング材まで (AからBまで)</u> は、 <u>欠陥の評価において管の欠陥評価方法および許容基準を準用するものとする (図-1 参照)。</u>

(5) 要望事項

欠陥評価における容器と管の機器区分点は、本文規定とすることを要望する。

3.2.2.16 クラス2、3機器及びクラスMC容器の欠陥評価

維持規格 2008 年版のクラス 2、3 機器の欠陥評価は、EC-1100 (ED-1100) で評価の流れ、EC-1200 (ED-1200) で試験結果に対する判定基準及び EC-1300 (ED-1300) で欠陥評価の方法を「適用の妥当性を示すことができる場合には、EB-1300 に従い欠陥評価を行ってもよい」と規定されていた。維持規格 2012 年 (2014 年追補までを含む。) は、クラス 2、3 機器の欠陥評価をクラス 1 機器並みに詳細に評価できるよう改訂された。

(1) 変更の内容 (「別表 10 クラス 2、3 機器及びクラス MC 容器の欠陥評価」参照)

「EC-1100 評価の流れ」(又は「ED-1100 評価の流れ」)において、維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。)ではクラス 2 (又はクラス 3) 機器を配管 (オーステナイト系ステンレス鋼管及びフェライト鋼管) とそれ以外の機器に区分し、配管の指示のうち「表面試験による指示であって割れまたは体積試験による溶接部内部の指示によらないもの」について、試験結果を「EC-1310 第一段階の欠陥評価」(又は「ED-1310 第一段階の欠陥評価」)に従い評価することを追加した。また、配管のそれ以外の指示及びその他の機器については、従前のおり「EC-1200 判定基準」(又は「ED-1200 判定基準」)⁶¹に規定した。

- ① 「EC-1300 (又は ED-1300) 欠陥評価」に規定していた EB-1300 の規定の準用 (適用の妥当性を示すことができる場合) を廃止し、「EC-1310 (又は ED-1310) 第一段階の欠陥評価」及び「EC-1320 (又は ED-1320) 第二段階の欠陥評価」を新たに規定した。
- ② 「EC-1400 (又は ED-1400) 試験の評価結果に対する措置」を追加した。
- ③ 維持規格 2008 年版の「EC-1110 (又は ED-1110) 試験についての評価」において、「試験結果が供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合、その機器を継続して使用することができる。」との主旨の規定を「EC-1210 (又は ED-1210) 体積試験または表面試験」に移動した。
- ④ 「EC-2000 (又は ED-2000) クラス 2 (又はクラス 3) 機器の評価不要欠陥寸法基準」を追加した。オーステナイト系ステンレス鋼管の場合、クラス 2、3 においても靱性は十分に高いと考えられることからクラス 1 と同じとした。フェライト鋼管はクラス 1 機器材料よりも弾塑性破壊靱性が劣ることを想定し、クラス 1 機器の弾塑性破壊靱性との比 γ を定義 (関連する添付 E-12 を改訂) し、評価不要欠陥寸法基準はクラス 1 機器のものを基に、フェライト鋼の弾塑性破壊靱性の低下を考慮して、 γ で補正した。
- ⑤ 「EC-4000 (又は ED-4000) オーステナイト系ステンレス鋼管の欠陥評価」に、クラス 1 機器の欠陥評価を基本とする評価方法を新たに規定した。
- ⑥ 「EC-5000 (又は ED-5000) フェライト鋼管の欠陥評価」に、クラス 1 機器の欠陥評価を基本とする評価方法を新たに規定した。

⁶¹ 欠陥指示が溶接部にある場合は溶接規格、母材にある場合及びボルト等は設計・建設規格を適用して判定する。

(2) 日本機械学会による変更の理由

維持規格 2008 年版に明確に規定されていないクラス 2、3 配管についての評価不要欠陥寸法及び欠陥評価法を整備し、適用性の向上を図る。

(3) 技術評価の結果

① ～④ クラス 2 機器の欠陥評価の基本事項

① 維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。) では、「EC-1100 評価の流れ」に、クラス 2 機器を、配管とそれ以外の機器に分け、配管については「表面試験による指示であって割れまたは体積試験による溶接部内部の指示によらないもの」に限って、「EC-1310 第一段階の欠陥評価」の規定に従って、欠陥評価を行うことが追加された。この変更は、クラス 2 管の欠陥評価の流れをクラス 1 管のそれに準じたものとして新たに規定したものであり、妥当と判断する。

② 「EC-1300 欠陥評価」に規定していた EB-1300 の規定の準用 (適用の妥当性を示すことができる場合) を廃止し、「EC-1310 第一段階の欠陥評価」及び「EC-1320 第二段階の欠陥評価」を新たに規定した。この変更については、上記①と同様の理由により妥当と判断する。なお、新たに規定された EC-1310 及び EC-1320 については⑤とあわせて技術評価を行う。

③ 「EC-1400 試験の評価結果に対する措置」の規定が追加され、「EC-1100 評価の流れ」に「EC-1200 に適合しない場合は EC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない」が規定された。この規定は「EC-1200 の判定基準に適合しない場合は、EA-3020 (2) (3) および EA-3030 (2) に基づき妥当性が示される評価方法および判定基準を用いて評価を行うか、EC-1500 の補修・取替」に基づいて必要な措置を講じなければならない」としているが、「EC-1200 判定基準」に適合しない場合であっても、運転段階の判定基準に基づく評価を行うことが適切であり、「EC-1320 第二段階の欠陥評価」(6)において、「EA-3020 評価の方法及び時期」(2)及び(3)並びに「EA-3030 判定基準」(2)に基づく評価が規定されていることから、この規定は妥当と判断する。ただし、EC-1200 については、(4) (ア) とあわせて技術評価を行う。

④ 「EC-1110 試験についての評価」において、試験結果が供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合、その機器を継続して使用することができるとしていた規定を、「EC-1210 体積試験または表面試験」に移動した変更は、その主旨に変更はない。ただし、検出された欠陥指示を過去の記録と比較することにより判断する場合は、測定時のデータのばらつきを考慮してその変化をより正確に把握するために過去の記録がより多く収集されていることが必要であることから、「供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合」は、「供用前検査の記録及び以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合」

に読み替える必要がある。

①～④クラス 3 機器の欠陥評価の基本事項

クラス 3 機器の欠陥評価は、クラス 1 機器に準じて規定したものであるが、検査章に規定された試験部位及び方法は、目視試験 (VT-3) 及び検査対象機器の圧力保持範囲に対する漏えい試験 (VT-2) であり、判定基準は「ED-1220 目視試験」及び「ED-1230 漏えい試験」に規定されている。

しかし、「ED-1100 評価の流れ」(1)に規定する配管の試験は、表面試験又は体積試験であり、判定基準は「ED-1210 体積試験または表面試験」である⁶²。試験方法が目視試験及び漏えい試験であるのに対し、判定基準が体積試験又は表面試験とされており、これらが整合していないことから、以下の規定は技術評価の対象外とする。

ED-1300 欠陥評価

ED-2000 クラス 3 機器の評価不要欠陥寸法基準

ED-4000 オーステナイト系ステンレス鋼管の欠陥評価

ED-5000 フェライト鋼管の欠陥評価

また、関連する以下の規定も技術評価の対象外とする。とする。

ED-1010 適用および概要

ED-1100 評価の流れ (1)

ED-1210 体積試験または表面試験

図 ED-1000-1 クラス 3 機器の欠陥評価の流れ

「ED-1220 目視試験」(2)に規定する「IA-2350 に規定する補足試験を行った場合は、試験部位に応じて、EB-1210 の体積試験または表面試験の規定を適用してもよい。」については、クラス 1 機器の判定基準を適用してもよいと規定しており妥当と判断する（「EB-1210 体積試験または表面試験」については、「3. 2. 2. 1 3 クラス 1 機器の欠陥評価（評価の流れ）」参照）。

⑤クラス 2 機器の評価不要欠陥寸法基準オーステナイト系ステンレス鋼のクラス 2、3 機器の評価不要欠陥寸法基準は、クラス 1 機器と同じとしている。その理由について、維持規格解説 E-29 には、クラス 2、3 管の材料は「靱性が十分に高い」ためと記されている。なお、技術的根拠は記載されておらず、設計・建設規格及び溶接規格において、オーステナイト系ステンレス鋼のクラス 1、2 及び 3 管いずれも、母材及び溶接部の破壊靱性試験は要求されていない。ただし、材料規格において、クラス 1、2 及び 3 管に適用する材料の JIS 規格には、破壊靱性を含む機械特性に関する要求はなく、同じ JIS 規格のクラス 1、2 及び 3 管の機械特性は同等とみなすことができることから、オーステナイト系ステンレス鋼のクラス 2、3 管に対して、クラス 1 管と同じ基準を用いることは妥当と判断

⁶² 同様の規定がクラス MC 容器、支持構造物及び炉内構造物の標準検査に対する欠陥評価がそれぞれ EE-1210、EF-1210 及び EG-1210 においても規定されている。目視試験で不合格となる欠陥は表面に異常が確認されたものであり、表面欠陥に該当するので、補足試験として表面試験を行い、その欠陥評価に設計・建設規格又は溶接規格の表面試験の判定基準を適用することは問題ないと判断される。

する。

フェライト鋼管は、クラス1管における弾塑性破壊靱性 J_{Ic} とクラス2, 3管の J_{Ic} の比 γ を次式により求め、 γ をクラス1管の評価不要欠陥寸法に乗じて、クラス2, 3管の評価不要欠陥寸法を決定するとしている。

$$\gamma = \frac{J_{Ic}}{119}$$

ここで、分子の J_{Ic} はクラス2, 3管の J_{Ic} 、分母の119 (単位は kJ/m^2) は、フェライト鋼のクラス1管の J_{Ic} の代表値として、解説E-19表3に記載されたSTS42 16Bの値である12.1kgf/mmの単位を換算した値である。上式では、分母のクラス1管の J_{Ic} の値が大きくなれば、評価不要欠陥寸法は小さくなり、より保守的になる。解説E-19表3には、フェライト鋼のクラス1管の母材及び溶接金属の J_{Ic} が記載されているが、試験温度300°Cにおいて、 J_{Ic} はSMAW・SRの21.0kgf/mmが最も大きい値であり、12.1kgf/mmの値は保守的に選択されているとはいえない。また γ の考え方を示している解説E-29の参考文献⁶³では、フェライト鋼のクラス1管の J_{Ic} の代表値として、185 kJ/m^2 の値を用いて評価不要欠陥寸法の試算例を示している。これらのことから、 γ の値として119 kJ/m^2 を用いることは、妥当ではない。したがって、「EC-2030 破壊靱性の比」の γ の評価式は適用除外とし、 γ は保守性が確認できる適切な方法により求めることとする必要がある。なお、クラス3機器の欠陥評価は技術評価の対象外としている ([3. 2. 2. 16 クラス2, 3機器及びMC容器の欠陥評価]参照)。

- ⑤ クラス2機器のオーステナイト系ステンレス鋼管の欠陥評価クラス1機器の「EB-4020 適用」には、オーステナイト系ステンレス鋼管のうち、鋳造管についてはフェライト量が23.5%以下のものと制限しているが、クラス2機器の「EC-4020 適用」には、鋳造管についての制限は規定されておらず、変更は妥当ではない。

材料規格2012年版において、ステンレス鋳造管はクラス2機器にも使用可と規定されており、適用条件にクラス間の差異はないことから、フェライト量についても同様の制限を付す必要がある。

- ⑥ クラス2機器のフェライト鋼管の欠陥評価

クラス1機器の「EB-5020 適用」にあつては、フェライト鋼管のうち、口径及び最小降伏点の制限以外に、鋳造管を除くと制限しているが、クラス2機器の「EC-5020 適用」にあつては、鋳造管についての制限は規定されておらず、変更は妥当ではない。

材料規格2012年版において、炭素鋼鋳鋼品等は、クラス2機器にも使用可と規定されており、適用条件にクラス間の差異はないことから、鋳造管についても同様の制限を付す必要がある。

また、フェライト鋼のクラス2管の破壊靱性要求は、クラス1管と異なり遷移領域で使

⁶³ 三浦他, 軽水炉クラス2, 3機器に対する欠陥評価のあり方, 電力中央研究所研究報告: Q05013, 平成18年6月

用される場合もあるが、「EC-5420 破壊評価法」には線形破壊力学評価法が規定されていないことから、破壊評価法の決定方法を改めて整理することを要望する。

(4) 変更点以外の技術評価

クラス2機器の欠陥評価に関する規定は、以下のとおりである。

(ア) 「3. 2. 2. 13 クラス1機器の欠陥評価 (評価の流れ)」において、運転段階の規格である維持規格の体積試験及び表面試験の判定基準として設計・工事段階の規格である設計・建設規格及び溶接規格を適用することについて、表面試験の判定基準としては、より保守的であることから妥当であるものの、体積試験の判定基準としては妥当でないとしている。クラス2機器の欠陥評価についても、同様の規定となっていることから、以下のとおりとする必要がある。

- 「EC-1100 評価の流れ」において、クラス2機器の表面試験による指示であって割れ以外のものについては「EC-1200 判定基準」を適用する。また、表面試験による指示であって割れ及び体積試験による指示については「EC-1300 欠陥評価」に従って評価する。管以外の機器の表面試験による指示であって割れ及び体積試験による指示については「EC-1310 第一段階の欠陥評価」(3)の規定に従い「EC-1320 第二段階の欠陥評価」(6)の規定により「EA-3020 評価の方法及び時期」(2)及び(3)並びに「EA-3030 判定基準」(2)に基づく評価を含めて「EC-1320 第二段階の欠陥評価」の規定を適用する。
- 「EC-1210 体積試験または表面試験」(2)において、「表面試験または体積試験で検出された欠陥指示」は「表面試験で検出された欠陥指示」に読み替える。
- 「EC-1210 体積試験または表面試験」(3)において、「表面試験または体積試験で検出された欠陥指示」は「表面試験で検出された欠陥指示」に読み替え、「体積試験で検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4)、表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ」とあるのは「表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し」に読み替える。
- 「EC-1210 体積試験または表面試験」の「(4)ボルト等」は、体積試験により検出された欠陥指示であって、超音波探傷試験規程による「要記録エコー」である場合は、「EC-1300 欠陥評価」(6)の規定に従って「EA-3020 評価の方法及び時期」(2)及び(3)並びに「EA-3030 判定基準」(2)を適用して評価する。
- また、上述の技術評価にともない、クラス2機器の欠陥評価の流れを示した「図 EC-1000-1 クラス2機器の欠陥評価の流れ」は適用除外とする。

クラス3機器の検査に係る規定には以下のとおりである。

(イ) クラス1、2機器の耐圧部分の支持部材取付溶接部該部の試験は、亀裂等の検出を目的とした表面試験が規定されているが、クラス3機器の試験は、VT-3 が規定されている

る。VT-3 試験は「機器の変形，芯合せ不良，傾き，隙間の異常，ボルト締付部の緩み，部品の破損，脱落及び機器表面における異常」を検出するために行う試験であり、亀裂等の検出を目的としたものではない。しかしながら、クラス 3 機器の支持構造物についても亀裂に類する欠陥を生ずる劣化が想定され、この規定は妥当と判断できない。目視試験で表面の亀裂等の検出を行う場合、VT-1 とする必要がある。VT-1 試験は「摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常」を検出するために行う試験である。なお、ASME Sec. XI は 1998 年版で試験方法が VT-3 から VT-1 に改定されている。

したがって、「表 ID-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の「試験カテゴリ D-A 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接部」において、「項目番号」が「D1.10」及び「D1.20」の欄に示す「試験方法」の項に「VT-3」とあるのは、「VT-1」に読み替える必要がある。

また、クラス MC 容器の試験方法は、検査章において、塗膜上からの試験を可能とする目視試験 (VT-4) が規定されているが、評価章の「EE-1200 判定基準」には「EE-1210 体積試験または表面試験」と「EE-1220 目視試験」が規定されている。目視試験に対する判定基準は EE-1220 であるので、EE-1210 は技術評価の対象外とする必要がある。

(ウ) 「EC-1300 欠陥評価」にクラス 2 機器の欠陥評価が規定された。欠陥指示が検出された溶接部であって「EC-1320 第二段階の欠陥評価」で継続使用が許容された場合、クラス 1 機器と同様に継続検査を行う必要がある。したがって、「IA-2340 継続検査のプログラム」(1)において「供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験又は IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 の規定に適合しない欠陥指示を有する機器において、EB-1320 によってその機器の継続使用が許容された場合は」を「供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験又は IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 又は EC-1320 の規定に適合しない場合は」に読み替える必要がある。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

①～④クラス 2 機器の欠陥評価の基本事項

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
EC-1100 評価の流れ (1)	<u>クラス 2 配管 (オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管) については、表面試験による指示であって割れ以外のもの、または体積試験による溶接部内部の指示については、EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができ</u>	<u>クラス 2 機器 (支持部材取付け溶接継手、ボルト等を除く。)</u> については、 <u>表面試験による指示であって割れ以外のものについては、</u> EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合は EC-1400 の規定に基づ

	<p>る。EC-1200 に適合しない場合は EC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。また、表面試験による指示であって割れ、または<u>体積試験による溶接部内部の指示によらないもの</u>については、試験結果を EC-1310 の規定に従い評価する。<u>評価を実施しない場合は、EC-1500 の補修・取替により欠陥を除去するか、構造機能上健全な状態にしなければならない。</u></p>	<p>く措置を講じなければならない。また、表面試験による指示であって割れ、または<u>体積試験による指示</u>については、試験結果を EC-1310 の規定に従い評価する。</p>
<p>EC-1100 評価の流れ (2)</p>	<p><u>クラス 2 配管（オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管）以外のクラス 2 機器</u>については、試験結果が EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合は EC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。</p>	<p><u>クラス 2 機器（支持部材取付溶接継手、ボルト等に限る）</u>については、試験結果が EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合は EC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。</p>
<p>EC-1210 体積試験または表面試験 (1)</p>	<p>試験結果が供用前検査の記録<u>ある</u>いは<u>以前の供用期間中検査の記録</u>と比較して有意な差がない場合は、以下の(2)～(4)の結果にかかわらず、機器を継続して使用することができる。</p>	<p>試験結果が供用前検査の記録<u>および</u>以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合は、以下の(2)～(4)の結果にかかわらず、機器を継続して使用することができる。</p>
<p>EC-1210 体積試験または表面試験 (2) 欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合</p>	<p><u>体積試験または表面試験</u>で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-3100 または N-6100 を適用し、これに適合するものでなければならない。</p>	<p>表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-3100 または N-6100 を適用し、これに適合するものでなければならない。</p>
<p>EC-1210 体積試験</p>	<p><u>体積試験または表面試験</u>で検出さ</p>	<p><u>表面試験</u>で検出された欠陥指示が</p>

<p>験または表面試験</p> <p>(3) ボルト等以外の場合で、欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合</p>	<p>れた欠陥指示が母材にある場合、<u>体積試験で検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4)、表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)または PVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。</u></p>	<p>母材にある場合、<u>「設計・建設規格」 PVB-2425(1) または PVB-2426(1)を適用し、これに適合するものでなければならない。</u></p>
<p>EC-1210 体積試験または表面試験</p> <p>(4) ボルト等</p>	<p>a. <u>体積試験のための対比試験片がある場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(2)b または PVB-2422(1)を適用し、これに適合するものでなければならない。</u></p> <p>b. <u>体積検査のための試験片がない場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(4)を適用し、これに適合するものでなければならない。</u></p>	<p><u>超音波探傷試験規程による「要記録エコー」がある場合には「EA-3020 評価の方法および時期」(2)および(3)ならびに「EA-3030 判定基準」(2)を適用し、これに適合するものでなければならない。</u></p>

● 図 EC-1000-1 クラス 2 機器の欠陥評価の流れ」は適用除外とする。

①～④クラス 3 機器の欠陥評価の基本事項

次の項を除き、技術評価の対象外とする。

- 「ED-1220 目視試験」
- 「ED-1230 漏えい試験」

⑤

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
<p>EC-2030 破壊靱性の比</p>	<p>フェライト鋼管の場合、<u>次式により γ を求めなければならない。</u></p> $\gamma = \frac{J_{Ic}}{119}$ <p><u>ここで、J_{Ic} の単位は kJ/m^2 である。</u></p> <p><u>弾塑性破壊靱性 J_{Ic} は、添付 E-12 により求めてもよい。</u></p> <p><u>$\gamma > 1.0$ の場合は、$\gamma = 1.0$ とす</u></p>	<p>フェライト鋼管の場合、<u>適切に γ を求めなければならない。</u></p>

	る。	
--	----	--

⑥

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
EC-4020 適用	EC-4000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 310 MPa 未満のオーステナイト系ステンレス鋼管およびその溶接部に対して適用する。	EC-4000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 310 MPa 未満のオーステナイト系ステンレス鋼管 <u>(<u>鑄造管についてはフェライト量が 23.5%以下のもの</u>)</u> およびその溶接部に対して適用する。

⑦

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
EC-5020 適用	EC-5000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 275 MPa 以下のフェライト鋼管（継目無管またはシーム溶接管）およびその溶接部に対して適用する。	EC-5000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 275 MPa 以下のフェライト鋼管（継目無管またはシーム溶接管 <u>(ただし、鑄造管を除く。)</u>) およびその溶接部に対して適用する。
EC-5420 破壊評価法	破壊評価法は、下記の(1)、(2)または(3)による方法のいずれかを用いて行わなければならない。	破壊評価法は、下記の(1)、(2)または(3)による方法のいずれかを用いて行わなければならない。 <u>欠陥の大きさと応力の関係を考慮しても最低使用温度において脆性破壊のおそれがないものに限る。</u>

変更点以外

「表 ID-2500-1 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

試験カテゴリ D-A 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手			
項目番号	試験部位	試験方法	
		読み替えられる字句	読み替える字句
D1.10	圧力容器 耐圧部分への支持部材取付け 溶接継手 ⁽²⁾	VT-3	VT-1
D1.20	管、ポンプ、弁 耐圧部分への支持部材取付け 溶接継手	VT-3	VT-1

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2340 継続検査のプログラム (1)	供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験または IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 の規定に適合しない欠陥指示を有する機器において、 <u>EB-1320 によってその機器の継続使用が許容された場合は、</u> 欠陥指示または特異な状態を有する部分に対し、次の時期に継続検査を行わなければならない。(解説 IA-2340-1)	供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験または IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 の規定に適合しない場合または <u>EC-1320 の規定による評価で継続使用が許容された場合は、</u> 欠陥指示または特異な状態を有する部分に対し、次の時期に継続検査を行わなければならない。(解説 IA-2340-1)

(6) 要望事項

- クラス2のフェライト鋼管は脆性破壊を考慮すべき遷移領域で使用される場合もあり得るが、「EC-5420 破壊評価法」には脆性破壊に適用すべき線形破壊力学評価法が規定されていないため、破壊評価法の決定方法を改めて整理することを要望する。

3.2.2.17 欠陥形状のモデル化／欠陥の合体条件評価法

(1) 変更の内容

- ① 同一平面に投影された複数の平面欠陥が合体しない場合の取扱いについて追加した（「表 3.2.2.17-1 欠陥評価の破壊評価における合体の取扱いに関する規定内容の変更点」参照）。

表 3.2.2.17-1 欠陥評価の破壊評価における合体の取扱いに関する規定内容の変更点

2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
<p>添付 E-1 欠陥形状のモデル化</p> <p>4. 面状欠陥のモデル化</p> <p>4.4 複数欠陥の扱い</p> <p>複数存在する平面欠陥について、本規定に従って、合体の扱いを行った場合には、単一欠陥として寸法・形状を決定しなければならない。</p> <p>(1) (略)</p> <p>(2) (略)</p> <p>(3) 第二段階の欠陥評価の破壊評価における合体の取扱い</p> <p>a. <u>き裂進展評価において同一平面に投影された複数の平面欠陥が合体しない場合は、実際の欠陥の位置に戻し、以下の b. および c. に基づいて合体の判定を行わなければならない。</u></p> <p>b. 破壊評価において、複数の接近した平面欠陥は、表 添付 E-1-1 のステップ 8 および 9 に従って合体の取扱いを行わなければならない。</p> <p>c. b. 項における、複数の接近した平面欠陥の合体の取扱いは、進展評価の後の個々の平面欠陥に対し適用するものとし、破壊評価の段階で一度 b. 項の合体の取扱いを行った欠陥形状に対し繰り返し行う必要はない。</p>	<p>添付 E-1 欠陥形状のモデル化</p> <p>4. 面状欠陥のモデル化</p> <p>4.4 複数欠陥の扱い</p> <p>複数存在する平面欠陥について、本規定に従って、合体の扱いを行った場合には、単一欠陥として寸法・形状を決定しなければならない。</p> <p>(1) (略)</p> <p>(2) (略)</p> <p>(3) 第二段階の欠陥評価の破壊評価における合体の取扱い</p> <p>a. 破壊評価において、複数の接近した平面欠陥は、表 添付 E-1-1 のステップ 8 および 9 に従って合体の取扱いを行わなければならない。</p> <p>b. a. 項における、複数の接近した平面欠陥の合体の取扱いは、進展評価の後の個々の平面欠陥に対し適用するものとし、破壊評価の段階で一度 b. 項の合体の取扱いを行った欠陥形状に対し繰り返し行う必要はない。</p>

- ② 複数の欠陥を検出した場合の各欠陥の輪郭間の寸法について、投影面の選定を「面積が最大となる欠陥の面上」から「予測欠陥寸法が最大、許容応力が最小となる」同一平面上に変更した（「表 3.2.2.17-2 複数の欠陥を検出した場合の、各欠陥の輪郭間の寸法に関する規定内容の変更点」参照）。

表 3.2.2.17-2 複数の欠陥を検出した場合の、各欠陥の輪郭間の寸法に関する規定内容⁶⁴の変更点

ステップ 8

モデル化項目 隣接する複数の欠陥の間隔寸法

内容 モデル化する時の取扱い 複数の欠陥を検出した場合の、ステップ No. 1 で投影した各欠陥の輪郭間の寸法

2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
(2) 間隔寸法 $S_i \leq 12.5 \text{ mm}$ の平行平面上に存在する複数欠陥（ステップ No. 8 (3) 以外の場合）は、 <u>き裂進展評価においては評価期間中の予測欠陥寸法が最大、破壊評価においては許容応力が最小となる同一平面上の欠陥として上記(1)に従い取り扱う。</u>	(2) 間隔寸法 $S_i \leq 12.5 \text{ mm}$ の平行平面上に存在する複数欠陥（ステップ No. 8 (3) 以外の場合）は、 <u>面積の最大となる欠陥の面上に他の欠陥を投影し、同一平面上の欠陥として上記(1)に従い取り扱う。</u>

- ③ 同一平面上にない複数欠陥は「複数欠陥のうち最も大きい欠陥を含む」としていたものを、「評価期間中の予測欠陥寸法が最大となる」ものに変更した（「表 3.2.2.17-3 欠陥の合体条件評価法に関する規定内容の変更点」参照）。

表 3.2.2.17-3 欠陥の合体条件評価法に関する規定内容の変更点

2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
添付 E-4 欠陥の合体条件評価法 2. 合体条件評価法 複数欠陥は(1)項および(2)項に従い、合体した欠陥またはそれぞれ単独の欠陥として扱わなければならない。 (1) 同一平面上にない複数欠陥(平行平面上欠陥)	添付 E-4 欠陥の合体条件評価法 2. 合体条件評価法 複数欠陥は(1)項および(2)項に従い、合体した欠陥またはそれぞれ単独の欠陥として扱わなければならない。 (1) 同一平面上にない複数欠陥(平行平面上欠陥)

⁶⁴ 維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）の「表 添付 E-1-1 平面欠陥の方向、位置および寸法決定の手順）」

<p>a. 平行平面上であって、かつ、機器の表面と平行でない平面上に位置する複数欠陥は、<u>欠陥を評価期間中の予測欠陥寸法が最大となる同一平面上に投影した場合の欠陥の内側先端間の距離 S および平行平面間の垂直距離 H が以下の(1)式または(2)式を満足する場合、同一平面上の複数欠陥として取扱い、b. 項の規定に従う。</u></p>	<p>a. 平行平面上であって、かつ、機器の表面と平行でない平面上に位置する複数欠陥は、<u>複数欠陥のうち最も大きな欠陥を含む平面上に投影した場合の欠陥の内側先端間の距離 S および平行平面間の垂直距離 H が以下の(1)式または(2)式を満足する場合、同一平面上の複数欠陥として取扱い、b. 項の規定に従う。</u></p>
--	--

(2) 日本機械学会による変更の理由

① 破壊評価における亀裂の合体評価手順の規定

- 亀裂進展評価後、同一平面に投影された欠陥が合体しない場合、破壊評価で再度同一平面に投影するかの判断が明記されていない。
- 破壊評価における亀裂の合体評価手順を規定した。

②③ 同一平面にない複数欠陥の投影面について

- 亀裂進展・破壊評価で「面積の最大となる欠陥の面上に他の欠陥を投影する」と規定していた。
- 面積の最大となる欠陥の面に投影することが必ずしも保守的ではない。(破壊評価用荷重、投影面板厚、材質等も考慮する必要あり。)

(3) 技術評価の結果

① 同一平面に投影された複数の平面欠陥が合体しない場合の取扱いについての評価

評価期間末期において破壊評価を行う場合は、「添付 E-1 欠陥のモデル化 4.4(3) 第二段階の欠陥評価の破壊評価における合体の取扱い」を適用することとなっている。

本規定は、進展評価に適用する 4.4(2)の規定とは異なる合体条件であるので、破壊評価における条件であることを明確にするために、4.4(3)に a. を追加したものであり、妥当と判断する。

②③ 同一平面にない複数欠陥の投影面についての評価

現行の規定では、複数の欠陥がある場合は添付 E-1 の「4.4(2) 第二段階の欠陥評価の亀裂進展における合体の取扱い」及び「添付 E-4 欠陥の合体評価法」で、進展途中の欠陥の合体の有無を確認する。

大小 2 つの欠陥が存在して (a) 欠陥がある対象部位の厚さが異なる場合、(b) 材料が異なる場合、及び (c) 作用応力が異なる場合のモデルを「図 3.2.2.17-1 条件の異なる複数の欠陥がある例」に示す。大きい欠陥が厚さの大きい部位、材料の亀裂進展速度が小さ

い面又は作用応力が小さい面に位置する場合には、評価初期の時点で相対的に小さかった欠陥が、評価期間末期においては、評価初期の時点で相対的に大きかった欠陥より大きなものになると予測される可能性も否定できない。

今回の改訂では、評価者が評価期間末期において予測欠陥大きさが最大となるよう、欠陥の投影面を適切に設定することにより、評価結果が必ず保守側となるよう改訂されており、妥当と判断する。

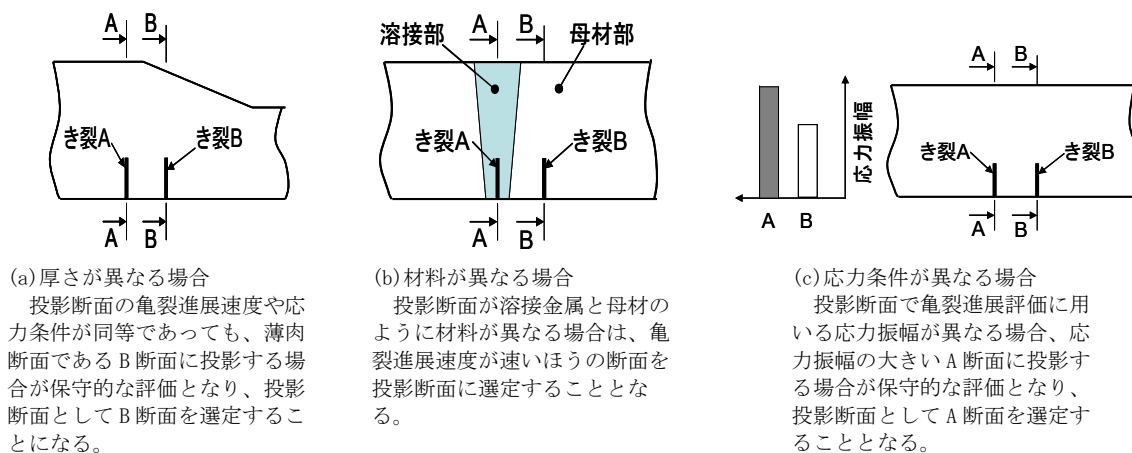


図 3.2.2.17-1 条件の異なる複数の欠陥がある例⁶⁵

(4) 適用に当たっての条件

なし

(5) 要望事項

進展評価における複数欠陥の合体条件規定を適用する場合、それぞれの欠陥の平面において、個々の欠陥の進展と合体の計算をすることが必要であり、改訂前の規定より複雑な計算が求められるので、代表例を解説に記載することを要望する。

⁶⁵ 維持規格「解説整理番号 E-9」の「図4 段違い複数き裂の投影断面の選定例」

3.2.2.18 応力拡大係数の算出

(1) 変更の内容（「別表 1 1 応力拡大係数の算出に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 応力拡大係数算出に用いる応力を欠陥に垂直方向の成分のみとすること、平板の板厚方向又は円筒の管厚方向の応力分布、内部欠陥の曲げ応力の符号や円筒の断面曲げ応力分布に係る記載等を追加した。
- ② 維持規格 2008 年版で欠陥形状係数 (Q) の計算式について異なる項に記載していたものをまとめ、多項式による厚さ方向の応力分布の一般式を定義すると共に、応力拡大係数算出式を追加した。また、SCC の亀裂進展評価に用いる応力拡大係数について、塑性域補正を行っても行わなくてもよいとしていたものを行わないことに変更した。
- ③ 対象構造物のモデルを「平板、円筒、管および容器」から「平板および円筒」にまとめ、それぞれについて欠陥形状、応力分布及び応力拡大係数の算出式の組合せを整理した（「表 3.2.2.18-1 応力拡大係数の算出式に関する規定内容の変更点」参照）。これに伴い、「2. 記号の定義」から管及び容器に関する記号を削除した。
- ④ 管の扇形内表面欠陥の算出式を削除した。
- ⑤ 塑性域補正法を一般化した記載に変更した。

表 3.2.2.18-1 応力拡大係数の算出式に関する規定内容の変更点

モデル	欠陥形状	応力分布	項番号と算出式の出典及び引用する図表			
			2012 年版		2008 年版	
平板	内部 (橢円)	非線形	5.2 a.	Shiratori ら 図 添付 E-5-2(a) 表 添付 E-5-2~4		—
		線形	5.2 b.	Shiratori ら 図 添付 E-5-2(a) 表 添付 E-5-2~4	5.2	ASME Sec. XI App. A 図 添付 E-5-1, 2(a), 3, 4
	表面 (半橢円)	非線形	5.3(1)a.	ASME Sec. XI App. A 又は CEA 図 添付 E-5-2(b) 表 添付 E-5-5~8	5.3(1)	ASME Sec. XI App. A 図 添付 E-5-2(b) 表 添付 E-5-1, 2
		線形	5.3(1)b.	ASME Sec. XI App. A 又は CEA 図 添付 E-5-2(b) 表 添付 E-5-5~8	5.3(2)	ASME Sec. XI App. A 図 添付 E-5-2(b) 表 添付 E-5-1, 2
円筒	表面 (周方向半橢円)	非線形	5.3(2)a.	CEA 図 添付 E-5-3(a), (b) 表 添付 E-5-9(a), (b) 表 添付 E-5-10(a), (b)	5.3(6) a.	API 図 添付 E-5-7(1), (2) 表 添付 E-5-4, 5

	表面 (軸方向 半楕円)	線形	5.3(2)b.	CEA ☒ 添付 E-5-3(a), (b) 表 添付 E-5-9(a), (b) 表 添付 E-5-10(a), (b)	—	—
		非線形	5.3(3)a.	CEA ☒ 添付 E-5-3(c), (d) 表 添付 E-5-11(a), (b) 表 添付 E-5-12(a), (b)	—	—
		線形	5.3(3)b.	CEA ☒ 添付 E-5-3(c), (d) 表 添付 E-5-11(a), (b) 表 添付 E-5-12(a), (b)	5.3(4)	Raju-Newman(平板式を管に適用) 他 表 添付 E-5-3
円筒	表面 (周方向 全周)	非線形	5.3(4)a.	CEA ☒ 添付 E-5-3(e), (f) 表 添付 E-5-13(a), (b)	5.3(6) b.	API ☒ 添付 E-5-7(3), (4) 表 添付 E-5-6, 7
		線形	5.3(4)b.	CEA ☒ 添付 E-5-3(e), (f) 表 添付 E-5-13(a), (b)	—	—
	表面 (軸方向 長い)	非線形	5.3(5)a.	CEA ☒ 添付 E-5-3(g), (h) 表 添付 E-5-14(a), (b)	—	—
		線形	5.3(5)b.	CEA ☒ 添付 E-5-3(g), (h) 表 添付 E-5-14(a), (b)	—	—
管	表面 (周方向 扇形)	非線形	—	—	—	—
		線形	—		5.3(3) a.	ASME Sec. XI App. C
	表面 (軸方向 扇形)	非線形	—		—	—
		線形	—		5.3(3) b.	ASME Sec. XI App. C
容器	表面 (軸方向 半楕円)	非線形	(5.3(3)a.)	CEA ☒ 添付 E-5-3(c), (d) 表 添付 E-5-11(a), (b) 表 添付 E-5-12(a), (b)	5.3(5) a.	Buchalet ら ☒ 添付 E-5-5, 6
		線形	(5.3(3)b.)	CEA ☒ 添付 E-5-3(c), (d) 表 添付 E-5-11(a), (b) 表 添付 E-5-12(a), (b)	5.3(5) b.	Raju-Newman(平板)

(2) 日本機械学会による変更の理由

①～⑤

- 「添付 E-5 応力拡大係数の算出」の応力拡大係数(K)算出式の分類法には一貫性が乏しい。また、解の精度、応力分布の自由度、適用範囲の広さ、補正係数の内挿性及び算出の簡便性の観点から、国内外でよりよい K 算出式の整備が進められており、その最新知見を本規格に反映する必要がある。
- SCC も疲労亀裂と同様、延性亀裂進展とは異なり、亀裂進展により塑性域が大きく拡大する現象ではなく、塑性域補正の必要がない。

(3) 技術評価の結果

①応力拡大係数算出に用いる応力等に関する変更

応力拡大係数の算出に用いる応力を、欠陥に垂直な応力のみとすることは、「添付 E-5 応力拡大係数の算出」における応力拡大係数の算出式が開口亀裂のみを扱っていることに対応したものであり、また一般に評価対象としては開口亀裂が多いことも考慮しており、妥当と判断する。

なお、配管にねじり荷重が負荷される場合や、溶接残留応力が存在する場合には、欠陥に垂直な方向以外の応力成分が応力拡大係数に寄与する場合もあり、RSE-M では、面内せん断型の亀裂や面外せん断型の亀裂を含む複合モードにおける等価応力拡大係数の扱いを規定しているものもある⁶⁶。対象とする部材のせん断、ねじり等が無視できない場合には、これらの応力拡大係数を考慮した適切な方法を適用する旨を規定することを要望する。

平板の板厚方向又は円筒の管厚方向の応力分布に係る記載を追加したことについては、維持規格 2008 年版における応力分布の近似方法の記述を明確化したものであり、妥当と判断する。また、内部欠陥の曲げ応力の符号や円筒の断面曲げ応力分布に係る記載等を追加したことは、応力拡大係数の算出式の入力方式に対応して記載を明確化したものであり妥当と判断する。

②欠陥形状係数(Q)の計算式の整理

欠陥形状係数 Q の計算式をまとめたこと及び板厚又は管厚方向の応力分布の多項式を定義したことは、各種の応力拡大係数の計算式において、共通する事項を明確にしたものであり妥当と判断する。

応力拡大係数の塑性域補正に関しては、維持規格 2008 年版では、疲労による亀裂進展については、塑性域補正を行わないとし、SCC についてはどちらでもよいとしていたものを、行わないと変更したものである。一般に、疲労及び SCC の安定成長域の応力拡大係数では、亀裂の塑性域は微小であり、塑性域補正の有無が進展解析結果に及ぼす影響は小さい。なお、塑性域補正しない応力拡大係数範囲 ΔK (疲労亀裂進展に適用)又は応力

⁶⁶ APPENDIX 5.4 Analytical methods for calculating stress intensity factors and J integral.

拡大係数 K (SCC 亀裂進展に適用) を適用した場合は、同一の応力に対してごく僅かであるが小さめの ΔK 又は K となる。

また、疲労亀裂進展の計測方法として ASTM E-647⁶⁷ が国内外で適用されているが、同方法では応力拡大係数に塑性域の考慮を入れていない。SCC に関しては、ASTM に亀裂進展の計測方法の規定はなく、SCC 進展速度を計測した実証事業^{68、69}においても、塑性域補正を行っていない。

以上より、疲労による亀裂進展と同様に、SCC の亀裂進展評価に用いる応力拡大係数に塑性域補正を行わないとすることは妥当と判断する。

③応力拡大係数の算出式の組合せ

維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。) では、維持規格 2008 年版において個別に規定していた平板、管、容器及び円筒構造の規定を、欠陥の種類、対象構造の種類、欠陥形状の種類、欠陥の位置、欠陥の方向及び負荷応力 (線形、非線形) を指標として体系的に分類している。維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。) の新たな算出式は、維持規格 2008 年版の算出式及び他の参照可能な算出式と比較が行われており、その結果は文献^{70、71}において確認できる。また、新たな算出式は、維持規格 2008 年版の算出式より、小さい欠陥深さと厚さ比 (a / t) 及び小さい欠陥アスペクト比 (a / ϕ) まで適用可能である。これらのことから、この変更は妥当と判断する。

④管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数の算出式の削除

維持規格 2008 年版では、管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数の算出式が規定されていた。維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。) では削除されたが、以下の点について考慮が必要である。

- 管の評価において周方向欠陥の J 積分の弾性成分を求めるための扇形内表面欠陥の応力拡大係数式が「添付 E-5 応力拡大係数の算出」では削除されたが「添付 E-10 2 パラメータ評価法」では削除されていない。
- 破壊評価線図の横軸 Kr' を求めるための応力拡大係数は、扇形内表面欠陥のものを用いることを、適用に当たっての条件としている (「3. 2. 2. 2 4 破壊評価法の選択」参照)。これは扇形内表面欠陥の代わりに、半楕円内表面欠陥の応力拡大係数を使用した場合、10~30%程度、 Kr' を低く評価するためである。

扇形内表面欠陥の応力拡大係数の算出式の精度を検討することを目的に、原子力規制

⁶⁷ ASTM International の ASTM 規格 ASTM E-647 Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates

⁶⁸ 独立行政法人原子力安全基盤機構「原子力用ステンレス鋼の耐応力腐食割れ実証事業 平成 15~19 年度」

⁶⁹ 独立行政法人原子力安全基盤機構「Ni 基合金応力腐食割れ進展評価技術実証事業 平成 17~21 年度」

⁷⁰ K. Miyazaki, F. Iwamatsu, S. Nakanishi and M. Shiratori, Stress Intensity Factor Solution For Subsurface Flaw Estimated By Influence Function Method, Proceedings of PVP2006-ICPVT-11, 2006 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference July 23-27, 2006, Vancouver, BC, Canada

⁷¹ 三浦、永井及び高橋, "欠陥評価に用いる応力拡大係数解の適用性検討", 電力中央研究所報告 Q13002, 平成 26 年 4 月

片にて、有限要素解析を実施した結果を「表 3.2.2.18-2 応力拡大係数の算出式と有限要素法による解の比較」及び「図 3.2.2.18-1 扇形内表面欠陥及び半楕円内表面欠陥の応力拡大係数の解析に用いた有限要素モデル」 a) から g) に示す。有限要素法による解は、離散化による計算誤差を含むが、極めて細密な要素分割を行ったモデルによる計算結果であり、計算誤差は最小に抑えられている。計算した範囲では、周方向の扇形内表面欠陥の算出式の解の誤差(相対差)は、概ね 5%以下である。欠陥が相対的に深く、短い場合 ($a/t = 0.6$ 、 $\theta/\pi = 0.05$) には 18%程度の誤差を生じているが、それでも保守的な解となっている。参考に、管の周方向半楕円内表面欠陥について有限要素解析と比較した結果を、表 3.2.2.18-2 及び図 3.2.2.18-1 h) に示す。半楕円内表面欠陥の計算例の誤差は約 5%であったが、扇形内表面欠陥の大部分の計算例の誤差は、これと同程度以下であり、半楕円内表面き裂の算出式が特に高い精度を有しているともいえない。扇形内表面欠陥の応力拡大係数の算出式は、大部分の欠陥形状に対して良好な精度を有しており、半楕円内表面き裂の算出式を用いた場合、「添付 E-11 破壊評価法の選択」において、 $K_{r'}$ を過小評価するにもかかわらず、扇形内表面欠陥の応力拡大係数の算出式を削除する変更は妥当とは判断されず、適用に当たっては「5.3 表面欠陥に対する算出法」(5)の後に(6)を設け、維持規格 2008 年版の「5.3 (3) 管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数」を追加する必要がある。

表 3.2.2.18-2 応力拡大係数の算出式と有限要素法による解の比較

	扇形内表面欠陥						半楕円内表面欠陥
	2	4	6	2	4	6	
a	2	4	6	2	4	6	4
a/t	0.2	0.4	0.6	0.2	0.4	0.6	0.4
θ/π	0.05			0.1			0.05
K_{FEM}	0.0935	0.137	0.163	0.0956	0.157	0.214	0.1239
K_{E-5}	0.0922	0.142	0.193	0.0939	0.150	0.211	0.1298
誤差	1.4%	-3.4%	-18.5%	1.8%	4.4%	1.4%	-4.5%

ここで、 a ：欠陥深さ(mm)、

t ：板厚(10mm)、

θ ：亀裂半角(radian)、

K_{FEM} ：FEMによる最深部(中央部)の応力拡大係数(MPa \sqrt{m})、

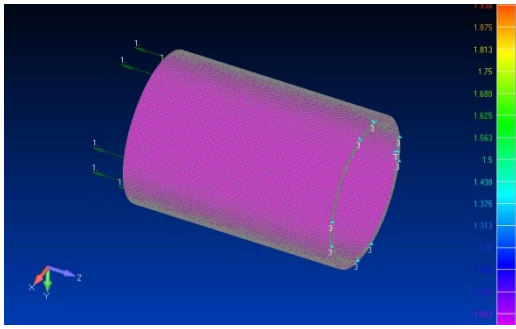
K_{E-5} ：維持規格添付 E-5 による最深部の応力拡大係数(MPa \sqrt{m})、

扇形内表面欠陥は 2008 年版、半楕円欠陥は 2012 年版に従う。

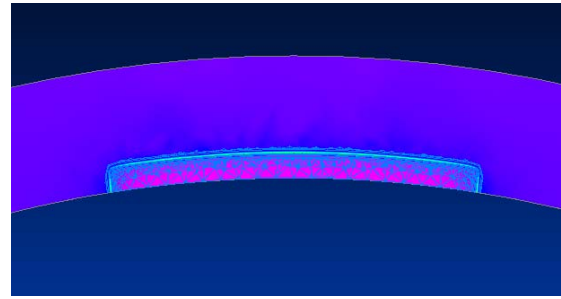
円筒の内半径： $R_i = 95\text{mm}$ 、

膜応力： $\sigma_m = 1\text{MPa}$ 。

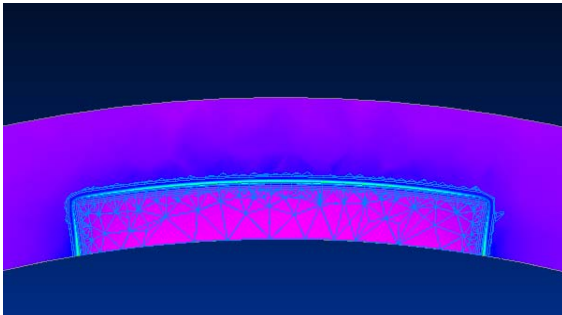
誤差 = $(K_{FEM} - K_{E-5}) / 100$ 、ここでは相対差を示す。



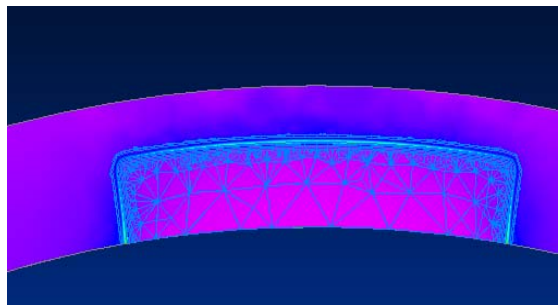
a) FEM モデル(全体)



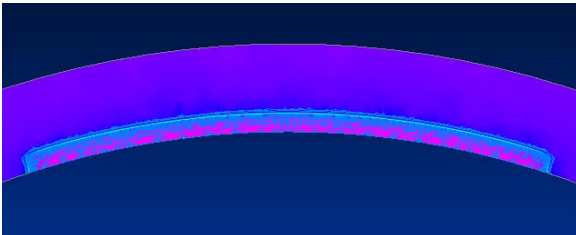
b) $a / t = 0.2, \theta / \pi = 0.05$



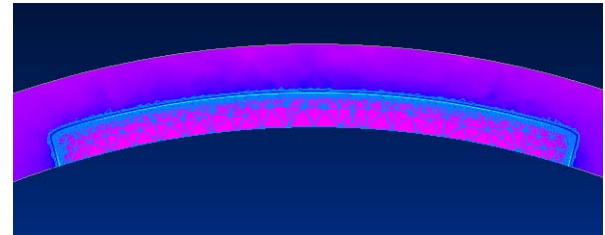
c) $a / t = 0.4, \theta / \pi = 0.05$



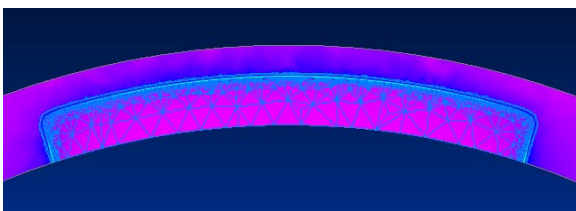
d) $a / t = 0.6, \theta / \pi = 0.05$



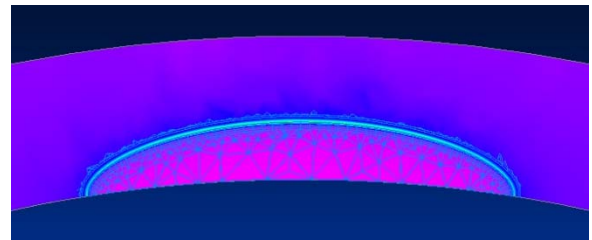
e) $a / t = 0.2, \theta / \pi = 0.1$



f) $a / t = 0.4, \theta / \pi = 0.1$



g) $a / t = 0.6, \theta / \pi = 0.1$



h) $a / t = 0.4, \theta / \pi = 0.05$

- b)～g)：扇形内表面欠陥、h)：半楕円内表面欠陥
- 有限要素コード：FINAS/STAR、亀裂モデラー：FINAS/CRACK
- 要素種類、要素数及び節点数：6面体2次要素 (HEX20)、4面体2次要素 (TETRA10)、亀裂先端は特異要素、要素数：約32～34万、節点数：約51～55万

図 3. 2. 2. 18-1 扇形内表面欠陥及び半楕円内表面欠陥の応力拡大係数の解析に用いた有限要素モデル

⑤ 計算式の表記の整理

塑性域補正の方法自体には変更はなく、妥当と判断する。

(4) 適用に当たっての条件

①②③ なし

④

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-5 応力 拡大係数の算出 5.3	(加える。)	(6) 維持規格 2008 年版の 5.3(3)に基づく管の扇形内表面 欠陥の応力拡大係数 維持規格 2008 年版の 5.3 表面 欠陥に対する算出法(3)を準用 して、管の扇形内表面欠陥に対 する応力拡大係数算出式を算出 する。この場合の記号の定義は、 同 2008 年版の「添付 E-5 2. 記 号の定義」による。

⑤ なし

(5) 要望事項

対象とする部材のせん断、ねじり等が無視できない場合には、面内せん断型や面外せん断型を含む複合モードにおける応力拡大係数を考慮した適切な方法を適用する旨を規定することを要望する。

3.2.2.19 K_{Ia} 及び K_{Ic} の規定

「EB-1320 第二段階の欠陥評価」は、評価期間末期における平面欠陥の予測寸法に対する破壊評価を行わなければならないと規定されている。「添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定」は、欠陥評価の破壊評価にこの遷移温度領域の破壊靱性として用いる静的平面ひずみ破壊靱性 K_{Ic} 及び平面ひずみ亀裂伝ば停止破壊靱性 K_{Ia} が規定されている。

(1) 変更の内容（「別表 1 2 K_{Ia} 及び K_{Ic} の規定に関する規定内容の変更点」参照）

- ① RT_{NDT} （材料の関連温度）又は $vTrs$ （V ノッチシャルピー衝撃試験で延性破面率が 50% を示す遷移温度）が得られていない初期のプラントに対しては、破壊靱性の確認試験方法 2007 年版の「附属書 E 破壊靱性評価方法」を適用して K_{Ia} 又は K_{Ic} を定めてもよいとする規定を追加した。
- ② 原子炉圧力容器の炉心領域にあって、照射による脆化への影響を考慮する場合の破壊靱性について、「5.2 原子炉圧力容器の中性子照射ぜい化」によってもよいとして規定していたものを、日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法（JEAC4201）」（以下単に「監視試験方法」という。）2007 年版の附属書 B によってもよいに変更し、「5.2 原子炉圧力容器の中性子照射ぜい化」を削った。

(2) 日本機械学会による変更の理由

「添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定」は、フェライト鋼容器の破壊靱性 K_{Ic} 及び K_{Ia} を規定するが、最新の関連規格 ASME Sec. XI 及び破壊靱性の確認試験方法との整合が取れていないため。

(3) 技術評価の結果

① RT_{NDT} 又は $vTrs$ が得られていない初期のプラントに関する変更

破壊靱性の確認試験方法 2007 年版の「附属書 E 破壊靱性評価方法」の式を適用可能とする規定については、設計・建設規格 2012 年版の技術評価において評価されており、 K_{Ic} 曲線の適用に当たって条件を付していることから、同様の条件を付すこととなる（技術基準規則解釈別記-2「日本機械学会「設計・建設規格」及び「材料規格」の適用に当たって」参照。）。

日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）」〈第 1 編 軽水炉規格〉（JSME S NC1-2012）に関する技術評価書（抜粋）

3.2.3.4 破壊靱性評価に関する見直し

2) 技術評価の結果

① 破壊靱性評価法の見直しについて

（中略）

設計・建設規格 2012 年版には、室温での規定最小降伏点が 620MPa を超える材料についての取扱いが明記されていない。その理由について、日本機械学会は、 K_{Ic} 曲線を用い

ることを認めていないためとしている。このため、これを明示する目的で「室温での規定最小降伏点が 620 MPa を超える材料については、クラス 1 容器の破壊靱性評価に K_{Ic} 曲線を用いることを認めない。」ことを条件として付すこととする。

② 原子炉圧力容器の照射脆化への影響を考慮する場合の破壊靱性に関する変更

維持規格 2008 年版では「5.2 原子炉圧力容器の中性子照射ぜい化」として監視試験方法 2004 年版の付録 1「中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」の規定と同じものを記載していたものを、監視試験方法 2007 年版の附属書 B「中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」に変更している。

監視試験方法 2007 年版の「附属書 B 中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」は、2013 年追補の技術評価において、適用に当たって条件を付していることから、監視試験方法 2007 年版は監視試験方法 2007 年版[2013 年追補版]に読み替え、同様の条件を付すこととなる。(技術基準規則解釈別記-6「日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法 (JEAC 4201)」の適用に当たって」参照。)

日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法 (JEAC4201-2007) [2013 年追補版]」に関する技術評価書 (抜粋)

5. 2 適用に当たっての条件

JEAC4201-2007[2013 年追補版]の適用に当たっては、附属書表 B-2100-3 国内脆化予測法の適用範囲において、(注記)に以下を加える。

・原子炉圧力容器内面が受ける中性子照射量 ($E>1\text{MeV}$) が $2.4 \times 10^{19}\text{n/cm}^2$ を上回る場合は、以下の①及び②を満足すること。

① 原子炉圧力容器内面が受ける中性子照射量 ($E>1\text{MeV}$) が、これまでに取り出された監視試験片の中性子照射量を超えない時期に、新たな監視試験片を取り出して関連温度移行量を予測すること。

② 運転開始後 40 年を超えて運転を行う場合には、運転開始後 40 年から 50 年の間に少なくとも一度、更に運転開始後 50 年から 60 年の間に少なくとも一度、監視試験片を取り出して関連温度移行量を予測すること。

(4) 変更点以外の技術評価

「添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定」の母材及び溶接金属の K_{Ic} 曲線の選定について、検討を行った。

- 設計・建設規格の添付 4-1 では、破壊靱性の式として、ASME Sec. XI App. G と同じ式 (ASME Sec. III と同じ式) が用いられているが、維持規格の欠陥評価においては、これとは異なる式が用いられている。設計・建設規格の K_{Ic} 曲線と「4. 破壊靱性」(2) に規定する母材及び溶接金属の K_{Ic} 曲線 (破壊靱性の確認試験方法 2007 年版と同じ) について、1 パスビード法の場合と 2 パスビード法の場合に分けて比較したものを図 3. 2. 2. 19-1 に示す。実機評価で使用する $T - RT_{NDT} \geq +33^\circ\text{C}$ の領域では設計・建設規

格の K_{Ic} 曲線が維持規格の母材及び溶接金属の K_{Ic} 曲線より保守側となっている。これは、設計・建設規格の K_{Ic} の式は、中性子照射脆化した試料のデータを含んで設定されているのに対し、維持規格の母材及び溶接金属の K_{Ic} の式は、それぞれ(社)火力原子力発電技術協会の構造基準委員会 K_{IR} 検討会において国内の中性子照射脆化した試料を含んでいない K_{Ic} データのみで設定されたものであることによる⁷²。

なお、米国の Companion Guide to the ASME Code Rev. 4 CHAPTER 43 「PWR REACTOR VESSEL INTEGRITY AND INTERNALS AGING MANAGEMENT」に記載された図によれば、最近公開された約 1500 点の K_{Ic} データと ASME SecXI App. G の K_{Ic} 曲線(設計・建設規格の K_{Ic} 曲線と同じ)とが併せて記載されており、同 K_{Ic} 曲線が下限となっている。

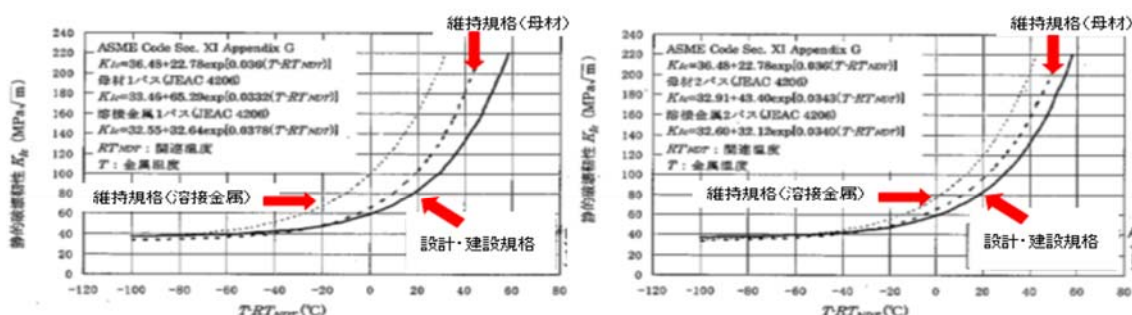


図2 設計・建設規格と維持規格・JEAC4206-2007 (1パスビード)の K_{Ic} 曲線の比較

図3 設計・建設規格と維持規格・JEAC4206-2007 (2パスビード)の K_{Ic} 曲線の比較

(1パスビード法)

(2パスビード法)

図 3.2.2.19-1 設計・建設規格、維持規格及び破壊靱性の確認試験方法 2007 年版の K_{Ic} 曲線の比較 (破壊靱性の確認試験方法 2007 年版の解説-附属書図 A-3220-1 を一部加工。)

- 破壊靱性の確認試験方法 2007 年版「附属書 A 非延性破壊防止のための解析法」の「解説-附属書 A-3220 2. 材料の破壊靱性」を以下に示す。中性子照射の影響を考慮する場合には、附属書 A の破壊靱性曲線 (ASME Sec. XI App. G と同じ式) の適用を推奨している。

破壊靱性の確認試験方法 2007 年版 「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」 附属書 A 「非延性破壊防止のための解析法」

解説-附属書 A-3220 「2. 材料の破壊靱性」

K_{Ic} 曲線は、附属書 E に記載されている式及び ASME Sec. XI Appendix G の曲線がある。解説-附属書図 A-3220-1 に 1 パスビード及び 2 パスビードの落重試験及びシャルピー衝撃試験に基づいて求めた RT_{NDT} による各 K_{Ic} 曲線の比較を示す。附属書 E の K_{Ic} 曲線は未照射材のデータをベースに決められていることから、照射材に対し余裕を含むことが望ましいこと並びに評価に用いる K_{Ic} 曲線は評価を簡便にするため母材と溶接金属を下限包絡する曲

⁷² 構造基準委員会 K_{IR} 検討会活動報告書 (最終報告)【第 1 種容器の破壊靱性規定策定】(平成 8 年 3 月 社団法人火力原子力発電技術協会) 図 3.6.1-2(1)及び(2)並びに図 3.6.1-3(1)及び(2) (略)に記載されている (維持規格の「解説 E-12 破壊靱性の根拠」参照。)

線が望ましいと考えられることから、本評価方法では、ASME Code Sec. XI Appendix G の K_{Ic} 曲線を評価に用いることとした。

以上から、欠陥評価に用いる K_{Ic} 曲線は最近公開されたデータ及び照射を考慮した場合の余裕を含むことを考慮すると、中性子照射脆化のおそれのある部位について、維持規格「添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定」の「4. 破壊靱性」(2) の K_{Ic} 曲線を適用することは、非保守側となり妥当とは判断されず、欠陥評価においても、ASME Sec. XI App. G と同じである設計・建設規格 2012 年版の添付 4-1 に規定される K_{Ic} 曲線を適用することが必要である。

なお、維持規格の欠陥評価に用いる K_{Ic} 曲線は、最近公開されたデータ及び中性子照射による脆化を考慮した場合の余裕を含むことを考慮し、最新知見も踏まえて適用する K_{Ic} 曲線について再整理することを要望する。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

- ① なし
- ②

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定 5. 経年変化の考慮 (2)	原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射による脆化への影響を考慮する場合は、JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」附属書 B によってもよい。	原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射による脆化への影響を考慮する場合は、JEAC4201-2007[2013 年追補版]「原子炉構造材の監視試験方法」附属書 B によってもよい。

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定 1. 適用	本添付は、欠陥評価の破壊評価において遷移温度領域の破壊靱性として用いる静的平面ひずみ破壊靱性 K_{Ic} および平面ひずみき裂伝ぱ停止破壊靱性 K_{Ia} について規定する。	本添付は、欠陥評価の破壊評価において遷移温度領域の破壊靱性として用いる静的平面ひずみ破壊靱性 K_{Ic} および平面ひずみき裂伝ぱ停止破壊靱性 K_{Ia} について規定する。 <u>ただし、中性子照射脆化した部位については、設計・建設規格 2012 年版の添付 4-1 に規定される K_{Ic} 曲線を用いること。</u>

(6) 要望事項

維持規格の欠陥評価に用いる K_{II} 曲線は、最近公開されたデータ及び中性子照射による脆化を考慮した場合の余裕を含むことを考慮し、最新知見も踏まえて再整理することを要望する。

3.2.2.20 欠陥評価に用いる荷重

「添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重」は、フェライト鋼容器，オーステナイト系ステンレス鋼管，フェライト鋼管の第二段階の評価および炉内構造物の評価のき裂進展評価および破壊評価に用いる荷重およびその組合わせが規定されている。

(1) 変更の内容表（「表 3.2.2.20-1 欠陥評価に用いる荷重に関する規定内容の変更点」参照）

地震による荷重の組合せについて日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（JEAC4601・補）」（以下「耐震設計指針」という。）1984年版の規定によることを追加した。

表 3.2.2.20-1 欠陥評価に用いる荷重に関する規定内容の変更点

2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.2 許容状態 C および D についての評価 (1) 考慮する荷重 a. 供用状態 C および <u>D</u> に対応する過渡条件の内圧および温度過渡による荷重を考慮しなければならない。 b. 機械的荷重として、自重、管または支持構造物からの反力（接続する機器の熱膨張および変位に伴い生じるものならびに供用状態 C および <u>D</u> に対応する過渡条件によるものを含む。）、その他ボルト締付荷重等の付加荷重を考慮しなければならない。 c. 地震荷重として、地震力 S1* および S2* により生じる荷重を考慮しなければならない。（以下略） (2) 荷重の組合わせ 以下に示すそれぞれの荷重の組合わせについて評価しなければならない。 <u>ここで、地震による荷重の組合わせは、JEAG4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針 許容応力編」の規定によるものとする。</u>	添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.2 許容状態 C および D についての評価 (1) 考慮する荷重 a. 供用状態 C および <u>供用状態 D</u> に対応する過渡条件の内圧および温度過渡による荷重を考慮しなければならない。 b. 機械的荷重として、自重、管または支持構造物からの反力（接続する機器の熱膨張および変位に伴い生じるものならびに供用状態 C および供用状態 D に対応する過渡条件によるものを含む。）、その他ボルト締付荷重等の付加荷重を考慮しなければならない。 c. 地震荷重として、地震力 S1* および S2* により生じる荷重を考慮しなければならない。（以下略） (2) 荷重の組合わせ 以下に示すそれぞれの荷重の組合わせについて評価しなければならない。

(2) 日本機械学会による変更の理由

荷重の組合せを明確にする。

(3) 技術評価の結果

規制基準においては、地震による荷重の組合せは、設置許可基準規則第4条に規定しており、耐震設計指針1984年版の規定は、これと異なることから妥当ではない。

したがって、「添付E-7 欠陥評価に用いる荷重」の「4.2 許容状態CおよびDに対する評価」(2)において「ここで、地震による荷重組み合わせは、JEAG4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針 許容応力編」の規定によるものとする。」は適用除外とする必要がある。

(4) 変更点以外の技術評価

「A-5310 標準評価に関する用語」について、検討を行った。

ア) 基準地震動

「A-5310 標準評価に関する用語」の定義及び「添付E-7 欠陥評価に用いる荷重」には、基準地震動 S_1 による地震力 S_1^* 及び基準地震動 S_2 による地震力 S_2^* が用いられており、「添付E-7 欠陥評価に用いる荷重」の「2. 記号の定義」の注1には「 S_1 , S_2 および静的地震力は、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(昭和56年7月20日原子力安全委員会決定)の定めるところによる」としている。しかし、技術基準規則第4条等は、基準地震動 S_1 による地震力 S_1^* 及び基準地震動 S_2 による地震力 S_2^* を用いておらず妥当ではない。

基準地震動 S_1 は設置許可基準規則第4条第2項及び設置許可基準解釈別記2にて規定する弾性設計用地震動(以下「 S_d 」という。)に、基準地震動 S_2 は設置許可基準規則第4条第3項にて規定する基準地震動(以下「 S_s 」という。)に、地震力 S_1^* は設置許可基準規則第4条第2項に規定する地震力 S_d^* に、地震力 S_2^* は設置許可基準規則第4条第3項に規定する地震力 S_s^* にする必要がある(「3. 2. 2. 16 クラス2, 3機器及びクラスMC容器の欠陥評価」参照。)。また、「2. 記号の定義」の注1は、適用除外とする必要がある。

イ) 供用状態D

「A-5310 標準評価に関する用語」に定義する供用状態Dは、大変形を許容している⁷³が、技術基準規則は、基準地震動に対する設計基準対象施設的设计について、大変形を許容していない⁷⁴。したがって、供用状態Dの定義は妥当とは判断されず、「A-5310 標準評価に用いる用語」に規定する供用状態Dの定義は適用除外とする必要がある。

⁷³ 「対象とする機器等が全断面積にわたって大変形を生じてよい」と設計仕様書等で規定された圧力および機械的荷重が負荷された条件下にある状態。」とされている。

⁷⁴ 「塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって、破断延性限界に十分な余裕を有し」としている。

ウ) 亀裂進展評価で考慮する荷重

亀裂進展評価で考慮する荷重について、「添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重」の 3.1(4) で「溶接部に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない」と規定しているが、溶接補修を行った場合の溶接残留応力について考慮されていない。

欠陥評価で亀裂進展に使用する応力分布は、溶接補修を行っている場合には残留応力分布を再評価する必要がある。しかし、シュラウドのように溶接事業者検査対象外の機器については、溶接補修の記録がない可能性がある⁷⁵。

一方、亀裂解釈は、亀裂等が存在する状態でシュラウドを使用する場合は、亀裂等の進展状況を把握するため、原則として毎回の定期事業者検査時に当該部の点検を行うこととし、少なくとも 3 回の継続検査を条件としている⁷⁶。異常な亀裂進展があれば継続検査で確認されるので、その評価は必要である。

したがって、欠陥評価で亀裂進展に使用する残留応力分布は、溶接途中又は溶接後に溶接補修が行われて、その影響を受けている可能性があるため、亀裂進展の初期の評価及び継続検査における評価等で確認することについて、解説に記載することを要望する（「3. 2. 2. 1 2 シュラウドサポート及び中性子計測ハウジングの個別検査計画」参照。）。

エ) 破壊評価に用いる荷重としての溶接残留応力

破壊評価に用いる荷重としての溶接残留応力は、容器の溶接部に対して考慮すると規定している。

破壊評価に用いる荷重について、「容器の溶接部に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない」と規定⁷⁷し、溶接残留応力の考慮を容器の溶接部に限定しており、シュラウド等の炉心支持構造物等の機器に適用されない規定となっている。

しかし、「解説 E-10 評価に用いる荷重」には、破壊評価における溶接残留応力の考慮の理由を、線形破壊力学を適用する場合としており、中性子照射により脆性破壊を考慮する必要がある場合も考慮した記載であることから、線形破壊力学を適用する場合、溶接残留応力を考慮する必要がある。また、対象は、容器だけでなく、機器である。

したがって、「容器の溶接部」とあるのは「線形破壊力学評価法を適用する機器の溶接部」と読み替える必要がある。

(5) 適用に当たっての条件

⁷⁵ 溶接事業者検査の対象である溶接部については、「溶接安全管理審査に関する運用要領」（平成 26 年 2 月 27 日付け原管 B 発第 1402271 号）の別紙「法定審査項目に対する審査基準」の「2.5.2 記録の作成」①第六号に規定する「検査の結果に基づいて補修等の措置を講じたときは、その内容」に基づき、補修記録が管理されている。

⁷⁶ 別紙 1 「非破壊試験の方法について」の 9. (2)①

⁷⁷ 「添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重」の「4.1 許容状態 A および B に対する評価」(1)c. 及び「4.2 許容状態 C および D に対する評価」(1)d.

変更点

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.2 許容状態 A および B に対する評価 (2) 荷重の組合せ	以下に示すそれぞれの荷重の組合せについて評価しなければならない。 <u>ここで、地震による荷重の組合せは、JEAG4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針 許容応力編」の規定によるものとする。</u>	以下に示すそれぞれの荷重の組合せについて評価しなければならない。

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.1 許容状態 A および B に対する評価 (1) 考慮する荷重	c. <u>容器の溶接部</u> に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。	c. <u>線形破壊力学評価法を適用する機器の溶接部</u> に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。
添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.2 許容状態 C および D に対する評価 (1) 考慮する荷重	d. <u>容器の溶接部</u> に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。	d. <u>線形破壊力学評価法を適用する機器の溶接部</u> に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。

- 「添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重」の「2. 記号の定義」の「(注 1)」は適用除外とする。
- 「A-5310 標準評価に用いる用語」に規定する供用状態 D の定義は適用除外とする。

(6) 要望事項

- 供用状態 D の定義を、設計・建設規格を含めて技術基準規則と整合するように見直すことを要望する。
- 解説に、欠陥評価で亀裂進展に使用する残留応力分布は、溶接途中又は溶接後に溶接補修が行われて、その影響を受けている可能性があるため、亀裂進展の初期の評価及び継続検査における評価等で確認する旨を記載することを要望する。

3.2.2.2.1 極限荷重評価法

「添付 E-8 極限荷重評価法」は、オーステナイト系ステンレス鋼管、フェライト鋼管及び炉内構造物の評価が規定されている。

(1) 変更の内容（「別表 1 3 極限荷重評価法に関する規定内容の変更点」参照）

- ① 表面欠陥に対する極限荷重評価法に、内部欠陥に対する極限荷重評価法を追加し、内部欠陥に関する許容欠陥及び許容応力の算出式を追加した。
- ② クラス 2、3 配管に対する流動応力⁷⁸について、設計降伏点及び設計引張強さの実測値が得られない場合の算出式を追加した。
- ③ 周方向欠陥の模式図を扇形から半楕円に変更し、軸方向欠陥の図を追加した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 内部欠陥の全体の深さを $2a$ 又は $2d$ と表記しているため、「添付 E-8 極限荷重評価法」及び「添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法」における極限荷重評価式で、内部欠陥の全体の深さを $2a$ と表記し、関連する式、図及び表を修正した。
- ② クラス 1 配管の流動応力には設計応力強さ S_m を使用しているが、クラス 2、3 管では材料の σ_y （降伏点）と σ_u （引張強さ）の実測値が得られていない場合について、材料の特性を考慮し安全側となるような流動応力の定め方を検討する。
- ③ 維持規格に規定されている欠陥評価においては、表面欠陥の形状を半楕円とすることとされているが、一部の図において、周方向欠陥の形状が扇形として表されており、誤解を招くおそれがあるため、関連箇所の図を改訂する。

(3) 技術評価の結果

① 表面欠陥に関する変更

表面欠陥の深さ a に対して、内部欠陥の深さについては $2a$ とすることに伴う式、図及び表の追加及び変更は、薄肉円筒モデルとして、欠陥位置の管の厚さから欠陥の深さ相当分を減じた断面性状から算出するものであり、妥当と判断する。

「4.3 許容曲げ応力の算出」及び「5.3 許容周方向応力の算出」において許容応力の算出方法を限定する記述に変更していることについては、「3. 評価の概要」に記載する 3 通りの許容基準の算出方法を混在して使用するという誤解を与える記載ぶりを適切に見直したものであり、妥当と判断する。

② クラス 2、3 配管に対する流動応力に関する変更

材料の使用温度における降伏点と引張強さの値が得られていない場合の流動応力の値は、設計・建設規格又は材料規格に規定する設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u の値を使

⁷⁸ 全断面降伏による塑性崩壊の評価に用いる応力。一般的には降伏強さと引張強さとの平均値を用いる。
(JIS B 0190-2010 圧力容器の構造に関する共通用語)

用して算出するというものである。

「図 3. 2. 2. 21-1 実測値ベースと規格値ベースの流動応力の比較」は、クラス 2、3 管の代表的な材料である STPT410 及び STPG370 の実測値及び規格値をもとに算出した流動応力を比較したものの⁷⁹であり、規格値から算出した流動応力は実測値から算出したものより保守的な結果となっている。

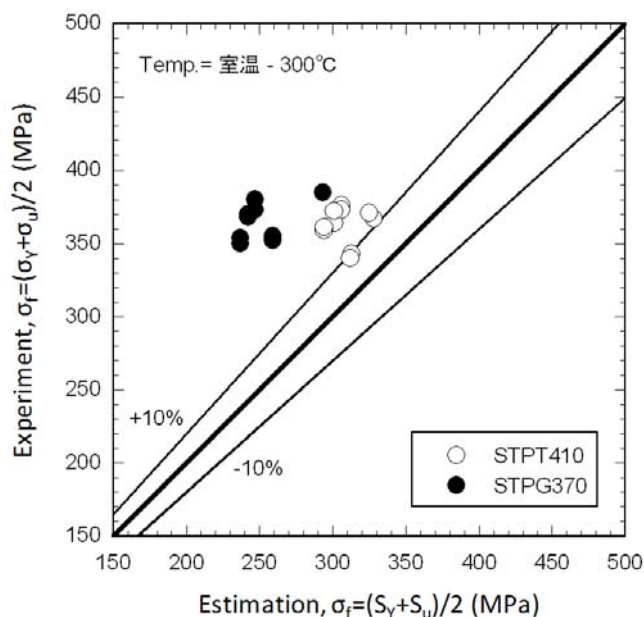


図 3. 2. 2. 21-1 実測値⁸⁰ベースと規格値ベースの流動応力の比較

「配管の破断に伴う「内部飛来物に対する設計上の考慮」について」（平成 4 年 3 月 2 6 日原子力安全委員会了承）の「Ⅲ審議結果 2. LBB 概念の成立性評価（6）き裂安定性解析」において、「流動応力は、告示 501 号に規定されている設計降伏点と設計引張強さの和の 1/2 とする。」としており、追加されたクラス 2、3 配管の流動応力算出式は従来より使用している式である。

なお、米国 NRC は、Standard Review Plan⁸¹の中で、「 σ_f （流動応力） $= 0.5(\sigma_y$ （降伏点） $+ \sigma_u$ （引張強さ））」とし、 σ_y と σ_u が得られていない場合には、ASME 規格の最小値を使用することができる」としている。

したがって、実測値がない場合、クラス 2 配管の流動応力を $\sigma_f = (S_y + S_u) / 2$ とする規定は妥当と判断する。ただし、材料規格 2012 年版の解説 3-1-5 及び 3-1-6 に記載しているように、 S_y 値及び S_u 値は設計値であり保証値ではない点に留意する必要がある。

⁷⁹ 維持規格 2013 年追補 解説 2-3-248.4 頁

⁸⁰ 三浦他，“軽水炉クラス 2、3 配管の欠陥評価法の開発—中靱性配管に対する欠陥評価手法の構築—”，電力中央研究所報告 総合報告：T75，平成 15 年 6 月

⁸¹ NUREG-0800, Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, 3.6.3 LEAK-BEFORE-BREAK EVALUATION PROCEDURES

なお、クラス3機器の欠陥評価は技術評価の対象外としている（「3.2.2.16 クラス2, 3機器及びクラスMC機器の欠陥評価」参照）ことから、クラス3機器に対する規定は本技術評価においては技術評価の対象外とし、「4.2 許容欠陥深さの式による算出」(1)において「クラス2およびクラス3配管の場合」とあるのは「クラス2の場合」に読み替える必要がある。

③ 周方向欠陥の模式図を扇形から半楕円への変更及び軸方向欠陥の図の追加

欠陥形状の図の変更については、計算結果自体は変わらないことから、妥当と判断する。

ただし、表 3.2.2.21-2 に示すように欠陥形状の図が扇形から半だ円に変更されており、式と一致していないことから、適切な欠陥形状の図及び算出式の検討と、算出式の変更を行う場合にはそれによる影響の検証を要望する。

表 3.2.2.21-2 図及び算出式における欠陥形状の比較

対象規定（周方向欠陥）		2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
管	図で用いている欠陥形状	半だ円欠陥	扇形欠陥
	算出式で用いている欠陥形状	扇形欠陥	扇形欠陥

(4) 変更点以外の技術評価

- 「3. 評価の概要(1)」において、許容欠陥深さの算出に適用する表は、「表添付 E-8-1 管の許容状態 A および B における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比」、「表添付 E-8-2 管の許容状態 C および D における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比」、「表添付 E-8-3 管の許容状態 A および B における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比」、「表添付 E-8-4 管の許容状態 C および D における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比」であるが、これらの表はクラス1配管に適用する設計応力強さ S_0 基準であり、クラス2、3配管に適用する許容引張応力 S に対応していないことから、クラス2、3配管について、この表を適用することは妥当とは判断されず、クラス1配管に限る必要がある。
- 「解説 E-29 クラス2, 3機器の欠陥評価」における表1では、クラス2、3配管の材料（STPT410、STPG370、STS410、STPY400、STPL380 及び STPA24）の許容引張応力 S が $\text{Min}(5/8S_y, 1/4S_0)$ とされているが、材料規格を見ると STPT410、STS410、STPL380 及び STPA24 の値は $\text{Min}(2/3S_y, 1/3.5S_0)$ であり計算式が異なっている。設計係数の違いを考慮した検討が必要であり、最新知見を踏まえて流動応力の算出式を整理することを要望する。
- 極限荷重評価法は、材料の靱性が極めて高く、機器の断面が塑性崩壊するとみなせる場合に適用できる評価法である。しかしながら、フェライト鋼のクラス2, 3管の配

管破壊試験⁸²では、フェライト鋼のクラス1管と比べて、有意に低い延性き裂進展抵抗を示している。また貫通き裂の場合には、き裂進展開始当初から、せん断型の延性破面が形成され、実測された破壊荷重は、流動応力の実力値から求めた塑性崩壊荷重を有意に下回っている⁸³。極限荷重評価法は表面欠陥及び内部欠陥を対象としており、これらき裂が、すぐさま貫通き裂に移行して破壊するとは考えにくい。しかしながら、欠陥が深い場合には、载荷に伴い貫通した欠陥が延性き裂進展を起こし、貫通時の荷重より低い荷重で破壊することが考えられる。現規定では、そのような破壊現象は考慮はされていないと思われる。フェライト鋼のクラス2，3管への本規定の適用に当たっては、比較的靱性の低い、薄肉の配管を扱うことを考慮して、板厚、欠陥深さ、靱性等の適用条件を付与することが必要と思われる。現規定では、これら適用条件が規定されていないため、フェライト鋼のクラス2，3管に対しては適用除外とする必要がある。

フェライト鋼管のクラス2，3管への極限荷重評価法の適用に当たり、板厚、欠陥深さ、靱性等の適用条件を検討することを要望する。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

①③ なし

②

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-8 極限荷重評価法 4.2 許容欠陥深さの式による算出 (1) 周方向欠陥の評価式	クラス2およびクラス3 配管の場合	クラス2配管の場合

変更点以外

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
表添付 E-8-1 管の許容状態 A および B における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比 注	(加える。)	(3) 本表の適用は、クラス1管に限る。
表 添付 E-8-2 管の許容状態	(加える。)	(3) 本表の適用は、クラス

⁸²三浦他，軽水炉クラス2，3配管の欠陥評価法の開発—中靱性配管に対する欠陥評価手法の構築—，電力中央研究所報告 総合報告，図6-26：T75，平成15年6月

⁸³三浦他，軽水炉クラス2，3配管の欠陥評価法の開発—中靱性配管に対する欠陥評価手法の構築—，電力中央研究所報告 総合報告，図6-15，表6-4：T75，平成15年6月

態CおよびDにおける周方向許容欠陥深さと管の厚さの比		1管に限る。
表 添付 E-8-3 管の許容状態AおよびBにおける軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比	(加える。)	(3) 本表の適用は、クラス1管に限る。
表添付 E-8-4 管の許容状態CおよびDにおける軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比	(加える。)	(3) 本表の適用は、クラス1管に限る。
添付 E-8 極限荷重評価法 1. 適用	本添付は、オーステナイト系ステンレス鋼管、 <u>フェライト鋼管</u> および炉内構造物の破壊評価法のうち、極限荷重評価法による許容欠陥寸法および許容応力について規定する。	本添付は、オーステナイト系ステンレス鋼管、 <u>フェライト鋼管</u> （クラス1管に限る。）および炉内構造物の破壊評価法のうち、極限荷重評価法による許容欠陥寸法および許容応力について規定する。

(6) 要望事項

- 算出式の変更を行う場合は、適切な欠陥形状の図と変更による影響の検証を要望する。
- クラス1機器の流動応力は、表 3.2.2.21-3 に示す種々の提案式を検討した結果 $\sigma_f = 2.7S_m$ とされており、クラス2機器の流動応力の算出式と異なる式が採用されている。今後、最新知見を踏まえ、流動応力の算出式を整理することを要望する。
- フェライト鋼管のクラス2, 3管への極限荷重評価法の適用に当たり、板厚、欠陥深さ、靱性等の適用条件を検討することを要望する。

表 3.2.2.21-3 流動応力の例⁸⁴

材料	材料定数			流動応力					
	S_m	S_y	S_u	$3.0S_m$	$2.4S_m$	$(S_y + S_u)/2$	$(\sigma_y + \sigma_u)/2$	$S_y + 68.6$	$\sigma_y + 68.6$
SUS304	115	127	391	344	—	260	284~323	—	—
SUS316	119	131	427	358	—	279	284~353	—	—
STS410	123	183	404	—	294	294	323	251	258
STS480	139	210	129	—	334	317	~392	278	318

⁸⁴ 維持規格 2008 年版 解説整理番号：E-16 管の流動応力（材料定数の出典は設計・建設規格 2005 年版における 300℃の値で確認すると、STS480 の S_u 値は 423、SFVQ1A の S_y 値は 303 である。）

STPT410	123	183	404	—	294	294	~333	251	256
STPA24	124	184	392	—	299	288	343~363	252	319
SFVQ1A	184	302	478	—	442	390	480~490	370	475

3.2.2.2.2 弾塑性破壊力学評価法

「添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法」に、クラス 2、3 配管の評価法、内部欠陥の評価式等が追加された。

(1) 変更の内容（「別表 1 4 弾塑性破壊力学評価法に関する規定内容の変更点」参照）

- ① オーステナイト系ステンレス鋼管のクラス 2、3 配管は R/t （管平均半径/管厚比）が 5.56～15.5 の範囲について、クラス 1 と同じ Z 係数⁸⁵を適用可とした。
- ② フェライト鋼管のクラス 2、3 配管について、 Z 係数算出式を追加し R/t の適用範囲を 5～30 とした。
- ③ 周方向欠陥の模式図を、扇形の表面欠陥から、半楕円表面欠陥と楕円内部欠陥に変更した。
- ④ 塑性崩壊時の曲げ応力 P_b' の評価式について、内部欠陥の式を追加した。
- ⑤ クラス 2、3 配管の流動応力について、降伏点と引張強さの実測値が得られない場合に、設計降伏点と設計引張強さに置き換えて算出する式を追加した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ①② クラス 2、3 配管は、クラス 1 配管よりも薄肉（ R/t が大）であること、及び破壊靱性が相対的に低いことから、材料の破壊靱性或形状の違いを考慮した Z 係数の評価式を策定する。

- オーステナイト系ステンレス鋼管

クラス 1 配管と同じ式を適用。ただし、適用範囲（ $5.56 \leq R/t \leq 15.5$ ）を明記する。

（靱性は十分に高いと想定されるが、クラス 2、3 配管では相対的に薄肉となる可能性があるため。）

- フェライト鋼管（電中研研究報告：Q05013「軽水炉クラス 2、3 機器に対する欠陥評価のあり方」から引用）

$$Z = \{0.32 \log(OD/25) + 0.88\} (R/t)^{0.13}$$

ここで、OD：呼び径（A）、R：管平均半径、t：管の厚さ

- ③④ 内部欠陥の全体の深さを $2a$ 又は $2d$ と表記しているため、極限荷重評価式で内部欠陥の全体の深さを $2a$ と表記し、関連する式、図、表を修正。また、維持規格に規定されている欠陥評価においては、表面欠陥の形状を半だ円とすることとされているが、一部の図において、周方向欠陥の形状が扇形として表されており、誤解を招くおそれがあるため、関連箇所を図を改訂する。
- ⑤ 極限荷重評価法の流動応力についての変更理由と同じ。

⁸⁵（再掲） Z 係数は、周方向貫通欠陥を有する配管が塑性崩壊するときの崩壊荷重と延性不安定破壊するときの荷重の比で下記により求める。

$$Z \text{ 係数} = (\text{塑性崩壊荷重} / \text{延性不安定破壊荷重})$$

(3) 技術評価の結果

① クラス 2、3 配管のオーステナイト系ステンレス鋼管への Z 係数適用

弾塑性破壊力学評価法をクラス 2、3 配管のオーステナイト系ステンレス鋼管に適用するに当たって、Z 係数の算出式は、クラス 1 と同じものを用いることとしている。同じ Z 係数算出式を適用する理由は、維持規格解説 E-29 において「靱性が十分に高い」と記されているのみであり、ここでは明確な根拠が示されていない。

オーステナイト系ステンレス鋼管は、金属の結晶構造が面心立方格子であるため、一般にぜい性破壊が発生しないとされている。このため、設計・建設規格及び溶接規格では、クラス 1、2、3 配管とも、それぞれ母材及び溶接部の破壊靱性試験を要求していない。また、材料規格においても、クラス 1、2、3 配管に適用する材料の JIS 規格は区別されておらず、破壊靱性を含む機械特性に対する付加的要求もないことから、同じ JIS 規格のクラス 1、2、3 配管の基礎的な機械特性は同等とみなすことができる。

ただし、クラス 1 配管に対しては、設計・建設規格において「各素材形状に対する非破壊試験」が要求されていること及び溶接規格の RT における判定基準も厳しいことから、素材及び溶接部はクラス 2、3 配管と比べて、より欠陥の少ない状態であると考えられる。

しかしながら、検出された欠陥の破壊評価を行う場合を想定すると、欠陥は既に特定されていることから、クラス 2、3 配管がクラス 1 配管の破壊特性と同等の破壊特性を持つと見なして、クラス 1 と同じ Z 係数の算出式を用いて破壊評価を行うことは、妥当と判断する。

また、クラス 1 配管と同じ Z 係数の算出式を適用するに当たって、クラス 2、3 配管が相対的に薄肉になることに配慮して、R/t の適用範囲を 5.56～15.5 とする制限を加えている。この R/t の適用範囲は、解説 E-19 に記載されている Z 係数の計算範囲に対応したものであり、妥当と判断する。

② フェライト鋼のクラス 2、3 管への Z 係数適用についての評価

フェライト鋼のクラス 2、3 管は、クラス 1 管に比べて、管厚が薄い（R/t が大きい）こと及び相対的に破壊靱性が低いことから、次の Z 係数算出式を設定している。

$$Z = \{0.321 \log(OD/25) + 0.88\} (R/t)^{0.13}$$

ただし、R/t の適用範囲は 5～30 とする。

上式は、文献⁸⁶⁾に基づく実験及び解析により決定されたものである。同文献ではクラス 2、3 配管に用いられている代表的なフェライト鋼管材として STPT410 及び STPG370 を選定し、配管破壊試験及び有限要素法(FEM)による配管破壊解析を行っている。「図 3.2.2.22-1 クラス 2、3 材料の J 積分抵抗曲線の例」は、配管破壊試験における亀裂の進展量と、実験を追跡した破壊解析で求めた J 積分値を用いて、材料の J 積分抵抗曲線（以下「J-R

86 三浦他，軽水炉クラス 2、3 配管の欠陥評価法の開発—中靱性配管に対する欠陥評価手法の構築—，電力中央研究所報告 総合報告：T75，平成 15 年 6 月

カーブ」という。)を作成したものである。STPT410 炭素鋼管の J-R カーブの図には、クラス 1 配管のフェライト鋼である STS410 炭素鋼管の J-R カーブも示されており、STPT410 炭素鋼管の亀裂進展抵抗性が有意に低いことが分かる。また同じクラス 2、3 配管である STPT410 炭素鋼管と STPG370 炭素鋼管の亀裂進展抵抗性は、ほぼ同程度であることが分かる。なお、配管破壊試験において、貫通亀裂はほとんどせん断型破面の性状を有していることが報告されており、低いき裂進展抵抗性と対応していると思われる。

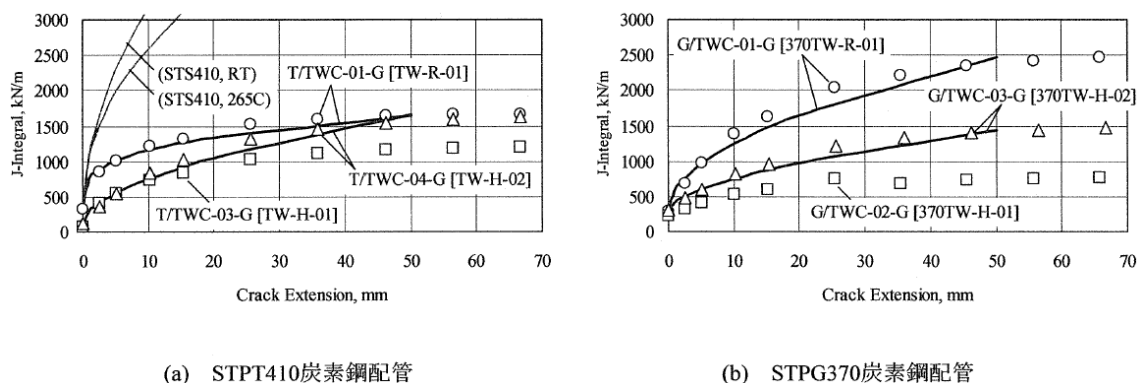
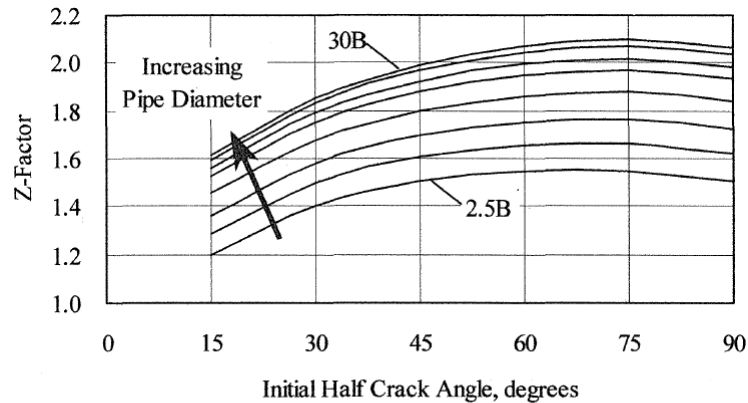


図 3.2.2.22-1 クラス 2、3 材料の J 積分抵抗曲線の例⁸⁷

Z 係数を求めるためには、様々な口径及び荷重条件について、試験や延性亀裂進展解析から予測された最大荷重と塑性崩壊基準に基づく破壊荷重との比率のデータを収集する必要があるが、同文献では、参照応力法による配管破壊解析により最大荷重を求めている。(参照応力法は、FEM を用いることなく、応力拡大係数から得られた弾性 J 積分を基に簡易的に弾塑性 J 積分を算出する方法である。)FEM による配管破壊解析結果と比較することにより、参照応力法の保守性を確認した上で、配管口径 OD、管厚比 R_m/t 及び初期亀裂角度 θ_0 を変数として参照応力法の計算を行い、最大荷重及び Z 係数を決定している。図 3.2.2.22-2 は参照応力法による Z 係数の計算結果の例であり、初期亀裂長さ θ_0 (横軸) の増加に伴って Z 係数が増加し、最大値を示したあと、若干低下していることが分かる。

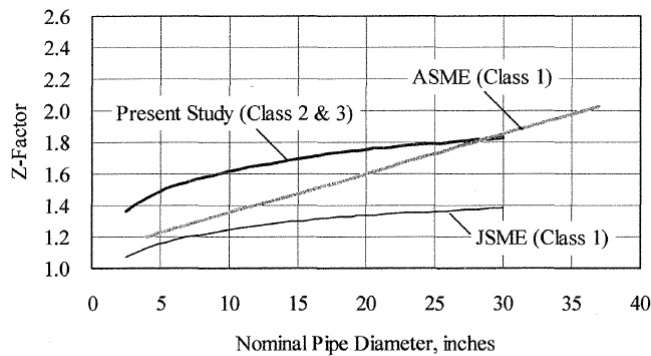
⁸⁷ 維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。)
「解説 E-19 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の Z 係数」より引用



(b) STPT410炭素鋼配管, $R_m/t = 30$

図 3. 2. 2. 22-2 参照応力法による解析結果に基づく Z 係数の例 (STPT410 炭素鋼管)⁸⁸

Z 係数の評価式は、 θ_0 を変化させた場合の Z 係数の最大値を用いるとともに、2つの鋼種の高い方の Z 係数を用いて、材料の違いを包絡するように決定している。図 3. 2. 2. 22-3 は、これら一連の解析により決定された Z 係数を、クラス 1 配管と比較した例である。クラス 2、3 配管の Z 係数は、クラス 1 配管の Z 係数と比べて大きく、塑性崩壊荷重が同等の場合には、相対的に低い破壊荷重を与えることが分かる。



(b) 管厚比 $R_m/t = 10$

図 3. 2. 2. 22-3 クラス 2、3 配管に対する Z 係数のクラス 1 配管の Z 係数との比較⁸⁹

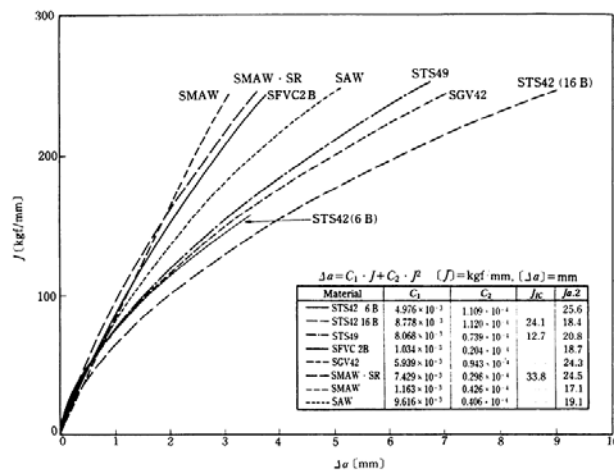
これらの一連の評価は、配管破壊試験結果から求められた J-R カーブに基づいて実施されており、クラス 1 配管の評価法と比べると、低い延性不安定破壊荷重を与えることが確認できる。しかしながら、配管破壊試験の貫通き裂がせん断型であることを考慮した場合、

⁸⁸維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。)「解説 E-19 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の Z 係数」より引用

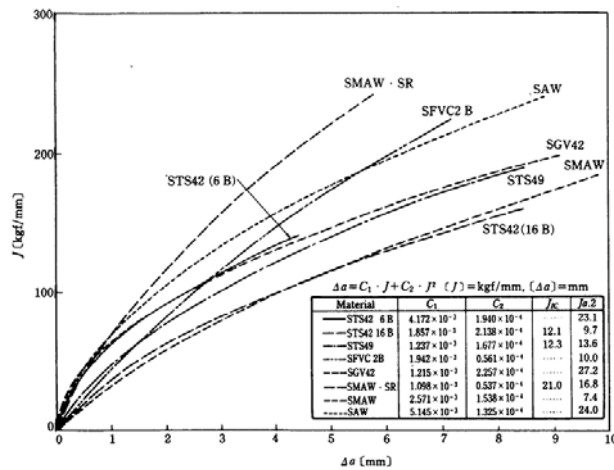
⁸⁹維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。)「解説 E-19 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の Z 係数」より引用

J-R カーブの板厚依存性等を考慮しなくてよいとは言えない。この板厚依存性が、せん断型延性破壊と引張型延性破壊の遷移によるものであるならば、薄い板厚の配管では、延性不安定破壊荷重が、相対的に低下することが考えられる。

また、これらの評価の基になっている試験データは、クラス2、3配管を代表とする2鋼種の母材のデータであり、溶接部を含む試験データは含まれていない。図3.2.2.22-4は、Z係数の根拠データの一つとして「解説E-19 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管のZ係数」に掲示されている、溶接部を含むクラス1配管のフェライト鋼の室温及び300℃におけるJ-Rカーブである。室温では、溶接部は母材と比べて高い亀裂進展抵抗性を示しているが、亀裂進展量 Δa は小さい。300℃においては、母材と溶接部は同等のJ-Rカーブを示している。このようにクラス1のZ係数の決定に当たっては、母材だけでなく、溶接部を含む検討がされている。



(1) 配管用炭素鋼の破壊靱性(室温)



(2) 配管用炭素鋼の破壊靱性(300℃)

図 3.2.2.22-4 クラス1フェライト鋼母材及び溶接部の室温と300℃におけるJ-Rカーブ⁹⁰

⁹⁰維持規格2012年版(2014年追補までを含む)。「解説E-19 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管のZ係数」より引用

クラス 2、3 配管のフェライト鋼管の母材の J-R カーブが、クラス 1 配管と比べて有意に低めのカーブとなることは図 3.2.2.22-1(a)に示されているとおりであり、熱影響部を含む溶接部への適用性については、慎重に検討する必要がある。母材の試験データを基に決定された Z 係数を、溶接継手を含む配管の破壊評価に適用することについては、溶接部の試験データが提示されていないことから、妥当ではない。

以上により、クラス 2、3 配管のフェライト鋼管の Z 係数は、当面、適用対象を母材のみとし、溶接部への適用に関しては、試験データによる確認後とする必要がある。また、クラス 2、3 配管のフェライト鋼管の強度及び靱性は、鋼種によって広範囲に分布することから、Z 係数を適用する鋼種についても、Z 係数の適用性が確認されている 2 鋼種に限定する必要がある。

Z 係数算出式を適用するに当たり、クラス 2、3 配管のフェライト鋼管が相対的に薄肉になることに配慮して、R/t の適用範囲を 5~30 とする制限が加えられている。この R/t の適用範囲は、Z 係数の計算範囲に対応したものである。しかしながら、配管破壊試験は、呼び径 12B、呼び厚さ Sch40、R/t=15 の試験体のみで実施されていることから、これを超える R/t の配管に適用するのは妥当ではない。

クラス 2、3 配管への弾塑性破壊力学評価法の開発のための試験データを提供している配管破壊試験において、貫通き裂の延性き裂進展破面は、ほとんどが、せん断型になっていることが報告されている。一般に CT 試験片等を用いた弾塑性破壊靱性試験においても、板厚を薄くした場合、せん断破面が出現しやすくなることが知られている。クラス 1 配管の弾塑性破壊力学評価方法は、モード I 型の延性破壊力学に基づいて開発されたものであるが、クラス 2、3 配管の弾塑性評価方法は、この手法を踏襲した上で、Z 係数等を見直す等の拡張を行っている。このため現時点では、クラス 2、3 配管で起こりうる延性き裂進展をどの範囲で保守的に評価できるかを判断する技術情報が不足している。したがって、クラス 2、3 配管の弾塑性評価手法の適用範囲は、配管破壊試験等で確認された範囲とする必要がある。

フェライト鋼のクラス 2、3 配管への弾塑性破壊力学評価法の適用に当たり、溶接部を含む材料における延性き裂進展の扱い、延性き裂進展に及ぼす板厚効果等に関して、破壊力学的な検討を行うことを要望する。

③④ 内部欠陥についての式の追加と図の変更

楕円内部欠陥に対しては、以下のように欠陥深さ a を 2a に置き換えて、表面欠陥と同じ表又は式により評価することとしている。

$$\text{表面欠陥： } P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{a}{t} \sin \theta \right)$$

$$\text{内部欠陥： } P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{2a}{t} \sin \theta \right)$$

欠陥断面における曲げモーメントの釣り合いの観点からは、表面欠陥と同じ大きさの内部欠陥は、表面欠陥の場合より若干小さい曲げモーメントで塑性崩壊するはずである。しかし、通常の R/t の配管に対して塑性崩壊に基づく破壊基準を用いる限り、両者に大きな差はない。したがって、周方向欠陥の評価方法に係る変更は妥当と判断する。

なお、周方向欠陥の模式図を従来の扇形表面欠陥から半楕円表面欠陥又は楕円内部欠陥に変更したことについては、「表 3.2.2.22-1 図及び算出式における欠陥形状の比較」に示すように、維持規格 2008 年版では図と評価式が一致していたのに対して、維持規格 2012 年版では不一致が生じている。適切な欠陥形状の図又は評価式の検討と、評価式の変更を行う場合にはそれによる影響の検証を要望する。

表 3.2.2.22-1 図及び評価式における欠陥形状の比較

対象規定（周方向欠陥）		2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
管	図で用いている欠陥形状	半楕円欠陥	扇形欠陥
	評価式で用いている欠陥形状	扇形欠陥	扇形欠陥

また、「4.3 許容曲げ応力の算出」において、許容応力の算出方法の説明に係る記述を変更していることについては、内容を明確にしたものであり、妥当と判断する。

⑤ クラス 2、3 配管の流動応力に、降伏点と引張強さの実測値が得られない場合の式

実測値がない場合、クラス 2 配管の流動応力を $\sigma_f = (S_y + S_u) / 2$ とする規定は妥当と判断する（「3.2.2.21 極限荷重評価法の流動応力」参照）。ただし、 S_y 値及び S_u 値は設計値であり下限を保証する値ではない点に留意する必要がある。

なお、クラス 3 機器の欠陥評価は技術評価の対象外としている（[3.2.2.16 クラス 2、3 機器及び MC 容器の欠陥評価] 参照）。

(4) 適用に当たっての条件

①②

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法 4.1 許容欠陥深さの表による算出 (3) Z 係数 (割増し係数)	b. フェライト鋼管 クラス 1 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = 0.2885 \log(OD / 25) + 0.9573$ クラス 2 およびクラス 3 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = \{0.32 \log(OD / 25) +$	b. フェライト鋼管 クラス 1 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = 0.2885 \log(OD / 25) + 0.9573$ クラス 2 およびクラス 3 のフェライト鋼管 (STPT410 炭素鋼管および STPG370 炭素鋼管 (溶接部を除く。)) については、

	$0.88 \sqrt{R/t} + 0.13$ ただし、クラス 2, 3 配管においては、 R/t の適用範囲を <u>5~30</u> とする。	Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = \{0.32 \log (OD / 25) + 0.88 \sqrt{R/t} + 0.13$ ただし、クラス 2, 3 配管においては、 R/t の適用範囲を <u>5~15</u> とする。
--	---	--

③④ なし

⑤

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-9 弾塑性破壊力学 評価法 4.2 許容欠陥深さの式による算出 (1) 周方向欠陥の評価式	クラス 2 およびクラス 3 配管	クラス 2 配管

(5) 要望事項

- 周方向欠陥の模式図は半楕円表面欠陥又は楕円内部欠陥、評価式は扇形表面欠陥の塑性崩壊基準であり、両者が一致していないことから、適切な欠陥形状の図又は算出式の検討と、算出式の変更を行う場合にはそれによる影響の検証を要望する。
- フェライト鋼のクラス 2, 3 管への弾塑性破壊力学評価法の適用に当たり、溶接部を含む材料における延性き裂進展の扱い、延性き裂進展に及ぼす板厚効果等に関して、破壊力学的な検討を行うことを要望する。

3.2.2.2.3 2パラメータ評価法

2パラメータ評価法はオーステナイト系ステンレス鋼管、フェライト鋼管及び炉内構造物の評価に用いられる破壊評価方法である。2パラメータ評価法⁹¹の流れを「図 3.2.2.23-1 2パラメータ評価法の流れ」に示す。

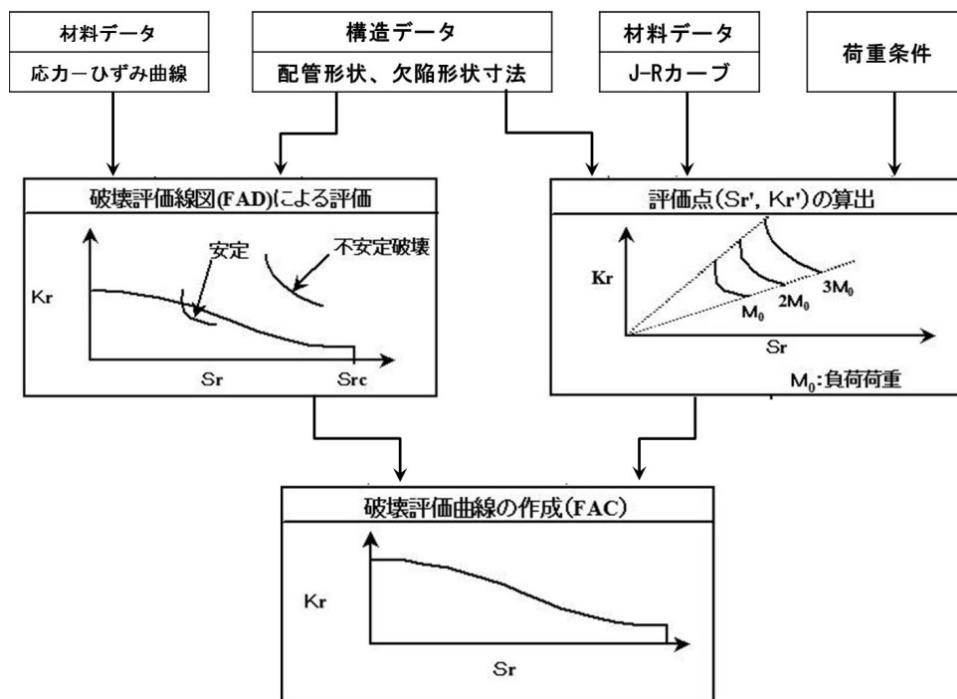


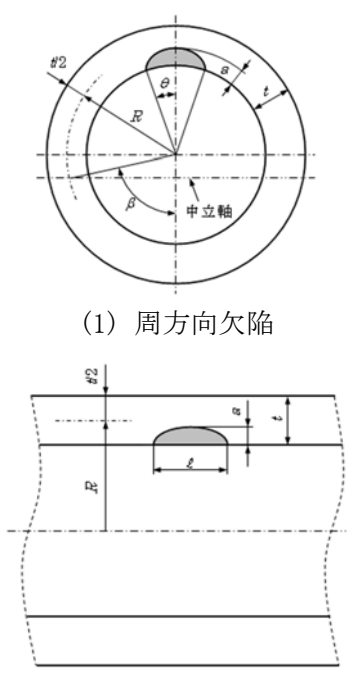
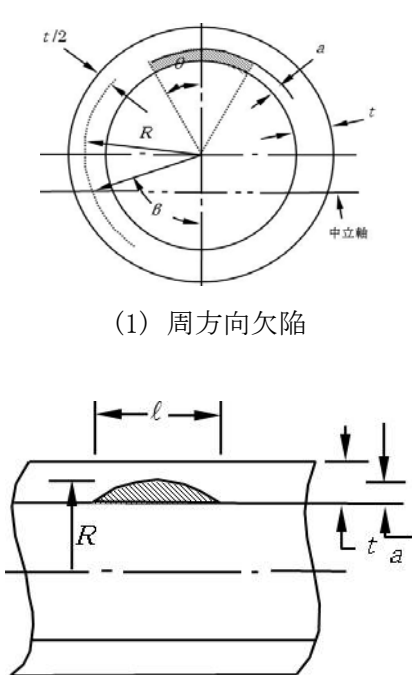
図 3.2.2.23-1 2パラメータ評価法の流れ⁹²

- (1) 変更の内容（「別表 15 2パラメータ評価法に関する規定内容の変更点」参照）
- ① 「添付 E-10 2パラメータ評価法」の「3. 管の評価の流れ」及び「5. 炉内構造物の評価の流れ」のそれぞれの「(4) 評価点の座標 (S_r' , K_r') の設定」において、「求めた座標が FAC (破壊評価曲線) の上側および限界荷重のカットオフを超える場合、 S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。」としていたものを、「求めた座標が FAC の上側にある場合、 S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。」に変更した。
 - ② 「4.1 管の破壊評価曲線の設定」(2)b. の管の軸方向欠陥の破壊評価曲線の設定において、「図 添付 E-10-3 破壊評価曲線」に示す破壊評価曲線が適用できない場合の設定方法から、周方向の式に対する限定条件を削除した。
 - ③ 欠陥形状の図を、扇形の表面欠陥から半楕円表面欠陥に変更した。

⁹¹ K_r と S_r から判定することから、2パラメータ評価法と呼ばれている。

⁹² 維持規格 図 添付 E-10-2 2パラメータ評価法の評価の流れ模式図

表 3.2.2.23-1 欠陥形状の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
 <p>(1) 周方向欠陥</p> <p>(2) 軸方向欠陥</p> <p>図 添付 E-10-1 欠陥形状の模式図と記号</p>	 <p>(1) 周方向欠陥</p> <p>(2) 軸方向欠陥</p> <p>図 添付 E-10-1 欠陥形状</p>

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ① 「添付 E-10 2 パラメータ評価法」に従う破壊評価の手順のうち、評価点の座標 (S_r' , K_r') の設定に関する冗長な記述を削除。
- ② 軸方向亀裂の規定に、周方向亀裂に対する亀裂深さと厚さの比 (a/t) の制限、欠陥角度 (θ/π) の制限、半径厚さ比 (R/t) の制限及び作用応力の補正が誤って記載されているので、削除した。
- ③ 維持規格に規定されている欠陥評価においては、表面欠陥の形状を半楕円とすることとされているが、一部の図において、周方向欠陥の形状が扇形として表されており、誤解を招くおそれがあるため、関連箇所の図を改訂した。

(3) 技術評価の結果

① 評価点の座標 (S_r' , K_r') 設定における変更

「添付 E-10 2 パラメータ評価法」は、欠陥を有する管及び円筒形状をした炉内構造物について、2 パラメータ評価法による破壊評価法を規定したものである。例えば、炉内構造物の場合は、横軸は作用応力と降伏点の比 (S_r') で、縦軸は J 積分弾性分と J 積分の比

の平方根($K_r' = \sqrt{J_e/(J_e + J_p)}$)上で、許容限界線(破壊評価曲線)を超えるか否かで、許容されるか否かを判断する方法である。評価点の座標(S_r' , K_r')について「求めた座標がFACの上側および限界荷重のカットオフを超える場合」を「求めた座標がFACの上側にある場合」に修正したことは、評価点がカットオフを超える場合は存在しないことから、妥当と判断する。

【日本機械学会による説明】

延性き裂が進展してき裂寸法が大きくなると塑性崩壊荷重は低下するため、作用荷重が一定の下では S_r' は増大することになる。したがって、いったん評価点がカットオフの外側 (S_r の大きい側) に出た場合、その後、延性き裂が進展しても評価点がカットオフの内側 (原点側) に入ることはない。すなわち、最初から評価点の座標がカットオフの外側にある場合や、延性き裂進展評価の過程で評価点がいったんカットオフの外側に出た場合には、その時点で破壊と評価されることになる。

したがって、評価点がカットオフの外側にある場合に、さらに延性き裂進展評価を継続する必要はない。

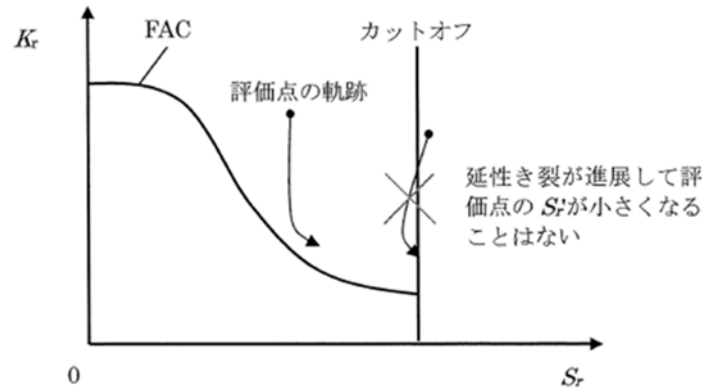


図 2 パラメータ法における評価点の軌跡

② 軸方向欠陥の破壊評価曲線の設定

周方向の式に対する限定条件を誤って記載していたものであり、削除は妥当と判断する。

③ 欠陥形状の図の変更

K_r' 及び S_r' の算出式に変更はなく、計算結果自体は変わらないことから、妥当と判断する。ただし、以下の問題点があることから、適切な欠陥形状の図と算出式の検討を要望する。

- 管の評価法について、 K_r' 及び S_r' の算出式は扇形欠陥であるが、欠陥形状の図が扇形から半だ円に変更されており、式と一致していない。
- 炉内構造物の評価法について、表 3.2.2.23-2 に示すように、 K_r' の算出式は半だ円欠陥であり、欠陥形状の図が扇形から半だ円に変更され、式と一致しているが、 S_r' の算出式は扇形欠陥であるものの、欠陥形状の図が扇形から半楕円形に変更されており、式と一致していない。

表 3.2.2.23-2 図及び算出式における欠陥形状の比較

対象規定 (周方向欠陥)		2012 年版 (2014 年追補までを含む。)		2008 年版	
		K_r	S_r	K_r	S_r
管	欠陥形状図	半だ円	半だ円	扇形	扇形
	算出式	扇形	扇形	扇形	扇形
炉内 構造物	欠陥形状図	半だ円	半だ円	扇形	扇形
	算出式	半だ円	扇形	半だ円	扇形

(4) 変更点以外の技術評価

扇形の欠陥に対する応力拡大係数が「添付 E-5 応力拡大係数の算出」から削除されたことに伴い、 K_r' の算出に用いる応力拡大係数が半楕円形状の応力拡大係数に変更された。

「4.3 管の評価点の座標 (S_r' , K_r')」において、(1)の周方向欠陥に対する扇形欠陥の応力拡大係数式及び(2)の軸方向欠陥に対する応力拡大係数式は 2012 年版の「添付 E-5 応力拡大係数の算出」で削除された式が規定されている。また、「6.3 炉内構造物の評価点の座標 (S_r' , K_r')」b.において 2008 年版と同じ一定深さの表面欠陥に対する応力拡大係数が規定されているが「添付 E-5 応力拡大係数の算出」では異なる式が規定されている。「添付 E-5 応力拡大係数の算出」との関係が整合しておらず再整理を要望する。

「4.1 破壊評価曲線の設定」(2)の「a. 周方向欠陥」及び「b. 軸方向欠陥」において、係数 f_b 、 H_b は EPRI NP-6301(1989) Ductile Fracture Handbook の該当箇所を適用するとしているが、同報告書の具体的な数値又は式が不明であるので、具体的な数値又は式を指定した規定にすることを要望する。

2 パラメータ評価法は、塑性崩壊及び破壊力学パラメータによる評価において、配管の断面がモード I 型(引張型)の破壊を起こすことを前提とした評価手法である。しかしながら、弾塑性破壊力学評価法の技術評価の項で述べているように、クラス 2, 3 鋼管のフェライト鋼管の破壊試験では、貫通き裂の延性破壊進展抵抗は、クラス 1 配管のフェライト鋼管と比べて、有意に低下し、せん断型の破面様相を示している。2 パラメータ評価法は表面欠陥を対象としており、き裂進展がすぐさま貫通き裂の延性破壊に移行するとは考えにくい、欠陥が深い場合には、载荷に伴い貫通した欠陥が低い荷重でせん断型の延性破壊を起こすことが考えられる。現規程では、そのような破壊現象に対する考慮はなされていないと思われる。クラス 2, 3 配管のフェライト鋼管への本規定の適用に関しては、許容欠陥寸法、板厚あるいはスケジュールに対する適用条件を検討するとともに、溶接部を含む材料における延性き裂進展の扱い、延性き裂進展に及ぼす板厚効果等に関して、破壊力学的な検討を行うことを要望する。

(5) 適用に当たっての条件

なし

(6) 要望事項

- K_r' 及び S_r' の算出式に整合させた適切な欠陥形状図と算出式の検討を要望する。
- 「4.3 管の評価点の座標 (S_r' , K_r')」において、(1)の周方向欠陥に対する扇形欠陥の応力拡大係数式及び(2)の軸方向欠陥に対する応力拡大係数式は維持規格 2012 年版の「添付 E-5 応力拡大係数の算出」で削除された式が規定されている。また、「6.3 炉内構造物の評価点の座標 (S_r' , K_r')」b.において維持規格 2008 年版と同じ一定深さの表面欠陥に対する応力拡大係数が規定されているが「添付 E-5 応力拡大係数の算出」では異なる式が規定されている。「添付 E-5 応力拡大係数の算出」との関係が整合しておらず再整理を要望する。
- 「4.1 破壊評価曲線の設定」(2)の「a. 周方向欠陥」及び「b. 軸方向欠陥」において、係数 f_b 、 H_b は EPRI NP-6301(1989) Ductile Fracture Handbook の該当箇所を適用しているが、同報告書の具体的な数値又は式が不明であるので、具体的な数値又は式を指定した規定にすることを要望する。
- クラス 2, 3 配管のフェライト鋼管への本規定の適用に関しては、許容欠陥寸法、板厚あるいはスケジュールに対する適用条件を検討するとともに、溶接部を含む材料における延性き裂進展の扱い、延性き裂進展に及ぼす板厚効果等に関して、破壊力学的な検討を行うことを要望する。

3.2.2.24 破壊評価法の選択

フェライト鋼管の第二段階欠陥評価における破壊評価法は、「EB-5420 破壊評価法」に規定する極限荷重評価法、弾塑性破壊力学評価法又は2パラメータ評価法のいずれかを用いて行われる。「添付 E-11 破壊評価法の選択」は、弾塑性破壊力学評価法及び極限荷重評価法について、使用温度、靱性、厚さ、欠陥位置、欠陥寸法及び負荷条件を考慮した破壊評価法選択係数を算出して選択することが規定されている（「図 3.2.2.24-1 破壊評価法選択係数の評価線図」参照）。

破壊評価法の選択手順は、以下のとおりである。

- (1) 材料定数 (J_{Ic} , S_y (設計降伏点), S_m (設計応力強さ)) を決定する。
- (2) 負荷応力を決定する。
- (3) K_r' と S_r' との比である破壊評価法選択係数 (SC) を求める。
- (4) SC の大きさにより破壊評価法を選択する。

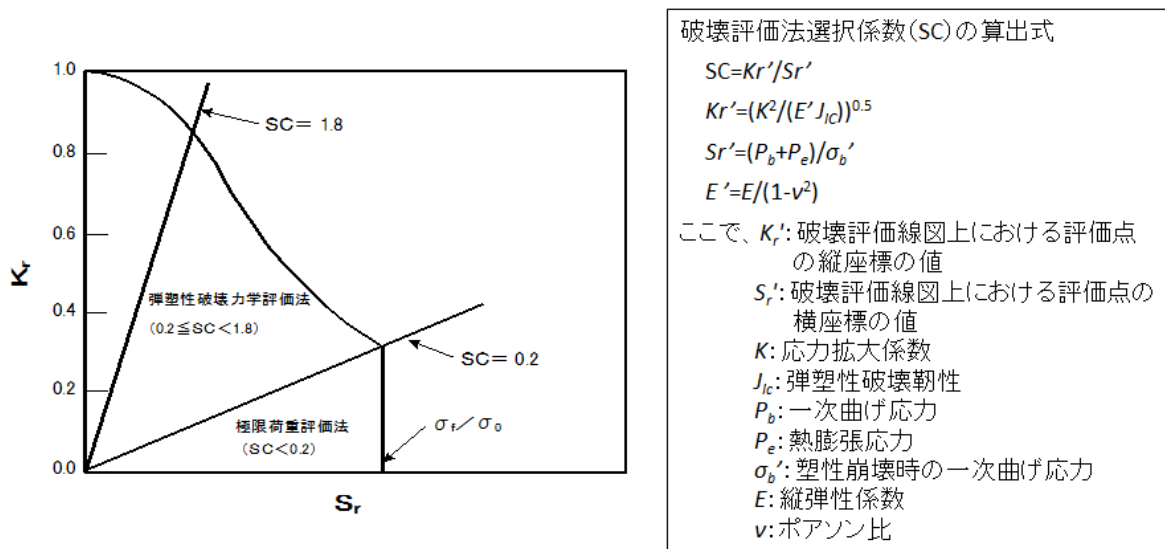


図 3.2.2.24-1 破壊評価法選択係数の評価線図

(1) 変更の内容

破壊評価法選択係数の K_r' 及び S_r' の算出に用いる応力拡大係数を求める場合の欠陥形状の図を、扇形から半楕円形に変更した。

なお、「添付 E-11 破壊評価法の選択」の変更点ではないが、「表 3.2.2.18-1 応力拡大係数の算出式の変更点」に示すように、2008 年版「添付 E-5 応力拡大係数の算出」の「5.3 (3) 管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数」を削除したことにより、適用する応力拡大係数の式も変更になった。

表 3.2.2.24-1 欠陥形状に関する変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む)	2008 年版
<p>図 添付 E-11-1 周方向欠陥形状</p>	<p>図 添付 E-11-1 周方向欠陥形状</p>

(2) 日本機械学会による変更の理由

維持規格に規定されている欠陥評価においては、表面欠陥の形状を半楕円とすることとされているが、一部の図において、周方向欠陥の形状が扇形として表されており、誤解を招くおそれがあるため、関連箇所の図を改訂する。

(3) 技術評価の結果

欠陥形状図が半楕円欠陥に改訂されたことに伴い、表 3.2.2.24-1 に示すとおり、応力拡大係数 K の算出式が扇形から半楕円の式となった。なお、 S_r' の算出に用いる P_b 及び P_c については、扇形欠陥の計算式のままで変更されていない。

表 3.2.2.24-1 E-11 「破壊評価法の選択」における K の図形と計算式

対象規定		2012 年版 (2014 年追補までを含む。)		2008 年版		(参考) ASME Sec. XI App. C	
		K_r'	S_r'	K_r'	S_r'	K_r'	S_r'
周方向	欠陥形状図	半だ円	半だ円	扇形	扇形	扇形	扇形
	算出式	半だ円	扇形	扇形	扇形	扇形	扇形
軸方向	欠陥形状図	半だ円	半だ円	半だ円	半だ円	半だ円	半だ円
	算出式	半だ円	矩形	矩形	矩形	矩形	矩形

維持規格 2008 年版までは、破壊評価法選択係数 SC の区分値は、扇形欠陥の算出式で求めた K_r' に基づいており、半楕円の算出式に変更した場合の影響が評価されていない。そこで、代表的な周方向欠陥及び軸方向欠陥の変更に伴う K_r' の変化を求めた結果を、「表 3.2.2.24-2 周方向欠陥（扇形の K_r' と半楕円の K_r' の比（ K_r' （半楕円）/ K_r' （扇形））」及び「表 3.2.2.24-3 軸方向欠陥（半楕円の K_r' と矩形の K_r' の比（ K_r' （半楕円）/ K_r' （矩形））」に示す。

これらの表より、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）における K_r' （半楕円欠陥を用いた場合）の値は、維持規格 2008 年版における K_r' （扇形欠陥を用いた場合）のものに比べて、10%から 30%程度小さくなる事が分かる。

表 3.2.2.24-2 周方向欠陥（扇形の K_r' と半楕円の K_r' の比（ K_r' （半楕円）/ K_r' （扇形））

$R(m)$	R_i/t	a/ℓ	a/t	「円筒の半楕円欠陥」の K_r' と 「管の扇形欠陥」の K_r' の比
0.25	5	0.125	0.4	0.79
		0.25	0.4	0.69
		0.0625	0.2	0.88
0.5	10	0.125	0.4	0.89

表 3.2.2.24-3 軸方向欠陥（半楕円の K_r' と矩形の K_r' の比（ K_r' （半楕円）/ K_r' （矩形））

$R(m)$	R_i/t	a/ℓ	a/t	「円筒の半楕円欠陥」の K_r' と 「管の扇形欠陥」の K_r' の比
0.25	5	0.25	0.1	0.80
		0.5	0.2	0.77
		0.125	0.2	0.80
		0.25	0.4	0.81
		0.0625	0.2	0.77
0.5	10	0.25	0.1	0.87
		0.5	0.2	0.84
		0.125	0.4	0.78

この場合、維持規格 2008 年版までの規定では弾塑性破壊力学評価法が選択されていたものが、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）による規定では、極限荷重評価法が選択される場合があることとなり、妥当とは判断されず、2008 年版の応力拡大係数を用いる必要がある。なお、極限荷重評価法は、材料の使用温度における靱性が極めて高い場合に適用する評価法である。したがって、

極限荷重評価法では、作用応力そのものを考慮して、「添付 E-8 極限荷重評価法」に従って、許容欠陥寸法を算出するが、弾塑性破壊力学評価法では、「添付 E-9 弾塑性破壊力

学評価法」に従って、対象とする配管の口径に応じて、作用応力に Z 係数⁹³を乗じた応力を考慮して許容欠陥寸法を算出する。このため、極限荷重評価法が選択された場合、弾塑性破壊力学評価法に比べ、許容欠陥寸法が大きく算出され、非保守的になる場合がある。これを踏まえれば、 K_r' の算出に用いる応力拡大係数を、扇形欠陥から半楕円欠陥に変更する際には、破壊評価法選択係数の評価線図における SC の区分値 (1.8 と 0.2) の修正が必要になると思われる。

なお、「添付 E-11 破壊評価法の選択」において参考とした ASME Sec. XI App. C では、欠陥の詳細な進展評価及び破壊評価に用いる応力拡大係数と破壊評価法の選択において用いる応力拡大係数は区別して用いられており、「添付 E-11 破壊評価法の選択」の周方向欠陥及び軸方向欠陥については、それぞれ扇形及び矩形の欠陥形状並びにそれに対応した応力拡大係数を、 K_r' の算出に用いる規定としている。また、ASME Sec. XI の破壊評価法選択係数の根拠としている EPRI NP-6045⁹⁴では、周方向欠陥では扇形欠陥、軸方向欠陥では矩形の形状を用いた評価法としている。

破壊評価法の選択では、フェライト鋼管に対して、線形破壊力学を適用せず、極限荷重評価法、弾塑性破壊力学評価法又は 2 パラメータ評価法のいずれかを選択するとしている。この理由に関しては、維持規格 2012 年版解説第三編評価、第一部維持規格 (評価) の考え方、8.3 破壊評価法の選択において、フェライト鋼管の使用温度が、常にぜい性遷移温度よりも高く、上部棚領域での使用になることからと説明している。

しかしながら、これはクラス 1 配管のフェライト鋼管への適用を前提とした考え方である。クラス 2, 3 配管のフェライト鋼管では、設計上は、遷移領域でも使用されるため、ぜい性破壊を考慮すべき場合がありうる。設計・建設規格 2012 年版では、フェライト鋼のクラス 1, 2 及び 3 配管の破壊靱性試験の判定基準は、関連温度 RT_{NDT} を用いて、次のように記載している。

a) クラス 1 配管: $RT_{NDT} \leq$ 管の最低使用温度より 56°C 低い温度

b) クラス 2, 3 配管: $RT_{NDT} \leq$ 管の最低使用温度より 17°C 低い温度

設計・建設規格 (解説 PPB-2320) 破壊靱性試験の方法および判定基準によれば、これらの関連温度の要求値は、図 3.2.2.24-2 に示す Pellini のぜい性破壊曲線に基づいて決定されたものである。横軸の NDT は、落重試験により求められた無延性遷移温度であり、所定の条件を満たす場合に、関連温度 (RT_{NDT}) になる。同図より、クラス 1 配管の最低使用温度が、ぜい性破壊が起こり難い温度 ($NDT+56^\circ\text{C}$) 以上に規定されているのに対して、クラス 2, 3 配管の最低使用温度 ($NDT+17^\circ\text{C}$ 以上) は、ぜい性破壊を考慮すべき遷移領域を含めて規定されていることが分かる。

これらのことは、クラス 2, 3 配管のフェライト鋼管の破壊評価では、ぜい性破壊を考

⁹³ Z 係数は、周方向貫通欠陥を有する配管が、塑性崩壊するときの崩壊荷重と延性不安定破壊するときの荷重の比で、1 より大きい。

⁹⁴ EPRI NP-6045, Evaluation of Flaws in Ferritic Piping, October 1988

慮して、線形破壊力学を適用すべき場合もありうることを示しており、破壊評価法の決定方法を改めて再整理することを要望する。

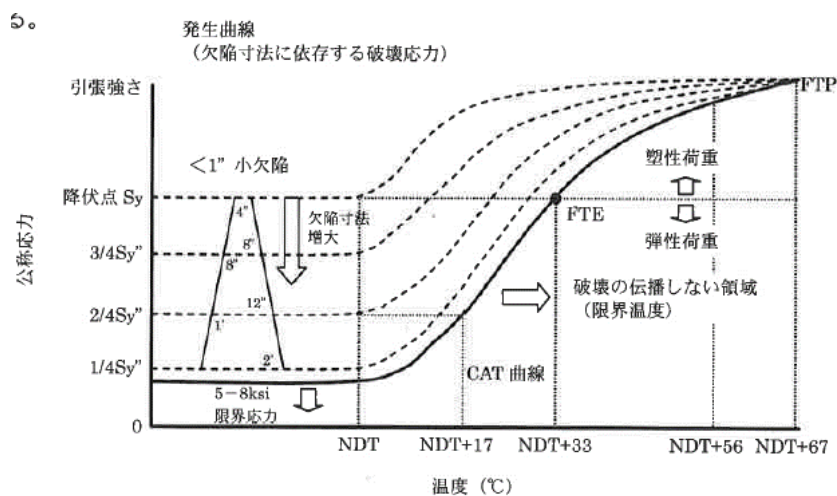


図 3.2.2.24-2 ぜい性破壊曲線⁹⁵

(4) 適用に当たっての条件

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
添付 E-11 破壊評価法の選択 4.4 周方向欠陥 (1) 応力拡大係数 K	4.3 項における (1) 式の応力拡大係数 K は、添付 E-5 に基づき算出しなければならない。	4.3 項における (1) 式の応力拡大係数 K は、維持規格 2008 年版の「添付 E-5」における「5.3 表面欠陥に対する算出法」の「(3) 管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数 a. 周方向欠陥」に基づき算出しなければならない。
添付 E-11 破壊評価法の選択 4.5 軸方向欠陥 (1) 応力拡大係数 K	4.3 項における (1) 式の応力拡大係数 K は、添付 E-5 に基づき算出しなければならない。	4.3 項における (1) 式の応力拡大係数 K は、維持規格 2008 年版の添付 E-5 における「5.3 表面欠陥に対する算出法」の「(3) 管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数 b. 軸方向欠陥」に基づき算出しなければならない。

(5) 要望事項

- クラス 2、3 配管のフェライト配管の破壊評価では、ぜい性破壊を考慮して、線形破壊力学を適用すべき場合もありうると思われ、破壊評価法の決定方法を改めて再整理することを要望する。

⁹⁵ 日本機械学会 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2012 年版 解説 PPB-2320

3.2.2.25 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定

「添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」は、フェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic} を、次の(1)～(4)のいずれかを用いて求めると規定されている。

- (1) 同ヒート材の J_{Ic} 試験から直接求める。
- (2) 同等材の J_{Ic} 試験データの下限值から求める。
- (3) 上部棚温度でのシャルピー吸収エネルギー (CVN) と J_{Ic} との相関式により求める。
- (4) クラス 1 配管材料を対象に、表 添付 E-12-1, 2 に規定する J_{Ic} の値を用いる。

(1) 変更の内容(「別表 1 6 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定に関する規定内容の変更点」参照)

- ① 「3.1 周方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性」(3)b.において、クラス 2、3 配管に対する弾塑性破壊靱性 J_{Ic} の相関式を追加した。

$$J_{Ic} = \frac{0.91(0.54CVN + 55)^2}{E}$$

ここで、 J_{Ic} : kJ/m²

CVN : J

E : GPa

これに伴い、「2. 記号の定義」にて、「 E : 使用温度における縦弾性係数」を追記した。

また、クラス 1 配管とクラス 2、3 配管の区分を明確にするため規定を修正した。

- ② 「3.1 周方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性」(4)及び「3.2 軸方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性」(4)に、材料に対する適用規格として材料規格を追記した。
- ③ 「3.2 軸方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性」(3)b.において、クラス 2、3 配管に対する J_{Ic} の相関式は上記式によると規定した。

(2) 日本機械学会による変更の理由

- ①～③ クラス 2、3 機器の評価不要欠陥寸法基準(3.2.2.16項参照)の策定過程において、クラス 1 機器の同基準を適用可能とする場合に、クラス 2、3 機器のフェライト鋼管はクラス 1 機器材料よりも破壊靱性が劣ることを想定し、クラス 1 機器材料の破壊靱性との比で補正することにした。これに関連して、「添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」にクラス 2、3 配管材料に対するシャルピー吸収エネルギーと破壊靱性の相関式を追加した。

(3) 技術評価の結果

- ①及び③ J_{Ic} の変換式の追加

クラス 2、3 機器のフェライト鋼管に対する J_{Ic} を、 CVN から求める式の根拠は、解説 E-

29「クラス2，3機器の欠陥評価」の参考文献⁹⁶に示されている。「添付E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」(2)式は、英国規格 BS7910, Annex J⁹⁷に規定されている次式に基づいて導出されたものである。

$$K_{mat} = 0.54CV + 55 \quad (1)$$

ここで、 K_{mat} ：破壊靱性（単位は $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ）

CV ：運転温度におけるシャルピー吸収エネルギーの下限値（単位はJ）

さらに、上式の K_{mat} を、平面歪条件における K と J の関係を示す次式を用いて J_{Ic} に換算している。

$$J_{Ic} = \frac{K_{mat}^2}{E}(1-\nu) \quad (2)$$

ここで、 ν ：ポアソン比

上記式に 0.3 を代入し、 CV を上部棚吸収エネルギー CVN に置き換えると、以下の添付 E-12(2)式が得られる。

$$J_{Ic} = \frac{0.91(0.54CVN + 55)^2}{E} \quad \text{添付 E-12(2)式}$$

ここで、 J_{Ic} ：弾塑性破壊靱性（単位は kJ/m^2 ）

CVN ：上部棚吸収エネルギー（単位はJ）

E ：縦弾性係数（単位はGPa）

BS7910, Annex Jは、使用温度における下限の CV から、下部棚、遷移域及び上部棚を含む温度領域の K_{mat} を、保守的に予測する複数の手順を統合して規定している。添付 E-12(2)式は、潜在的に靱性が低い、古い製法の高硫黄材に対して得られた相関式(1)を引用したものである。BS7910, Annex Jには、別の代替式として、低炭素及び低硫黄の鋼材に対して得られた次の相関式も提示されている。

$$K_{mat0.2} = \sqrt{\frac{E(0.53CVN^{1.28})(0.2^{0.133CVN^{0.256}})}{1000(1-\nu^2)}} \quad (3)$$

ここで、 $K_{mat0.2}$ は 0.2mm の延性亀裂があったときの破壊靱性（単位は $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ）、上部棚吸収

⁹⁶ 三浦他，軽水炉クラス2，3機器に対する欠陥評価のあり方，電力中央研究所研究報告：Q05013，平成18年6月

⁹⁷ BS7910:2013, Annex J, Use of Charpy V-notch impact tests to estimate fracture toughness.

エネルギーCVNは延性破面率が100%（へき開破面率0%）の場合の吸収エネルギーと定義されている。

クラス2、3配管の式及び(2)式の関係を用いて(3)式を J_{Ic} に換算したもの及びクラス1配管の場合の「添付E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」(1)式を比較したものを「図3.2.2.25-1 シャルピー吸収エネルギーCVNと弾塑性破壊靱性 J_{Ic} の相関式の比較」に示す。

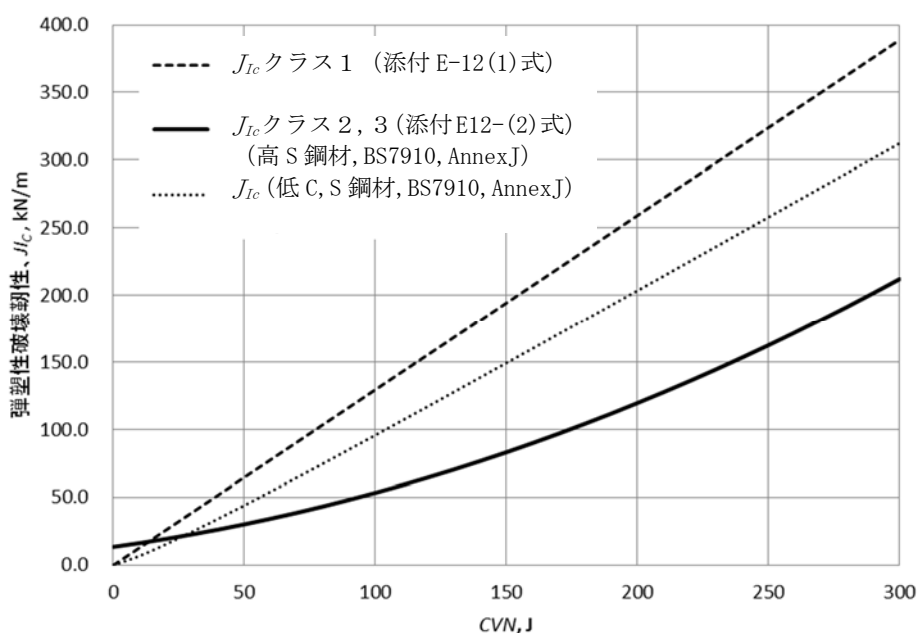


図 3.2.2.25-1 シャルピー吸収エネルギーCVNと弾塑性破壊靱性 J_{Ic} の相関式の比較

上図より、クラス2、3配管の「添付E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」(2)式は、クラス1配管の「添付E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」(1)式を下回っており、BS7910, Annex Jの鋼材の相関式に対しても下回っている。以上により、クラス2及びクラス3配管に対する J_{Ic} の相関式は、保守性の高い相関式が選定されていると判断する。

「添付E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」(2)式の国産材への適用性を確認することを目的に、フェライト鋼クラス2及びクラス3配管のSTPT410炭素鋼、STPG370炭素鋼及びSTPA23低合金鋼の母材について、シャルピー衝撃試験及びコンパクトテンション(CT)試験片による破壊靱性試験を実施した結果が解説E-29「クラス2、3機器の欠陥評価」の参考文献^{95,98}に示されている。「図3.2.2.25-2 シャルピー吸収エネルギーCVNと破壊靱性 J_{Ic} , J_Q の関係の比較」は、シャルピー吸収エネルギー(CVN)と破壊靱性(J_{Ic} , J_Q)

⁹⁸ 三浦他, 軽水炉配管材の破壊靱性異方性の評価と維持規格の合理化に対する提言, 電力中央研究所研究報告: Q05002, 平成18年4月

の相関データを、「添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」(2)式 (BS7910 と表記)と比較して示したものである⁹⁵。同図より、得られた破壊靱性 (J_{Ic} , J_Q) は、いずれも「添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定」(2)式を上回っていることが分かる。ただし、これらは板厚 10mm の CT 試験片により得られたものであり、弾塑性破壊靱性 J_{Ic} の判定基準をほぼ満たしたものは、比較的靱性の低い STPG370 炭素鋼のみで、残りは全て破壊靱性 J_Q として報告されている⁹⁵。ただし STPT410 炭素鋼では、 J_Q は BS7910 の相関式と比べて大きな余裕がある。STPA23 低合金鋼では、 J_Q は BS7910 の相関式に接近しているが、試験片が大規模降伏している場合には、板厚が厚くなると J_Q は増加する傾向にある⁹⁹ことから、 J_{Ic} は BS7910 の相関式を上回っていると予想される。

これら試験は、炭素鋼 3 鋼種の母材に関するもので、溶接部のデータは含まれていない。ただし、破壊靱性試験が要求される部位の溶接金属や熱影響部に関しては、溶接規格¹⁰⁰により、破壊靱性値が母材と同等以上であることが規定されている。よって、添付 E-12(2)式 (BS7910 の相関式) の保守性が高いことも考慮し、破壊靱性試験が要求される部位については溶接部を含めて、同式を適用することは、妥当と判断する。

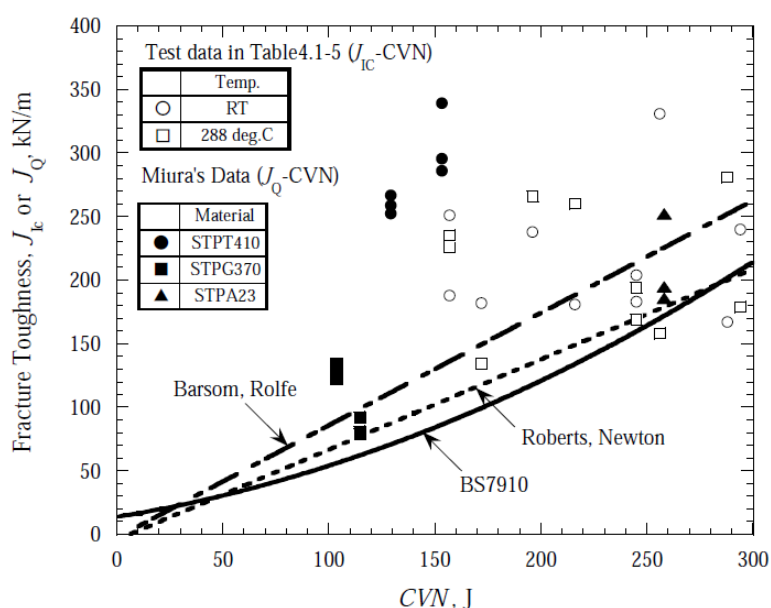


図 3.2.25-2 シャルピー吸収エネルギー CVN と破壊靱性 J_{Ic} , J_Q の関係の比較⁹⁵

添付 E-12 で決定した J_{Ic} は、EC(D)-2000 評価不要欠陥寸法基準、添付 E-11 破壊評価法の選択に用いられるのみである。評価不要欠陥寸法基準に、添付 E-12(2)式から求めた J_{Ic} を適用した場合、フェライト鋼のクラス 2, 3 管の評価不要欠陥寸法はクラス 1 の場合よりも、有意に小さくなることが予想される。また「添付 E-11 破壊評価法の選択」に、同じく J_{Ic} を

⁹⁹ JSME S 001-1981 弾塑性破壊力学 J_{Ic} 試験方法解説、1.4 破壊靱性の板厚効果

¹⁰⁰ 溶接規格 2012 年版表 N-X110-3 破壊靱性試験

適用した場合、破壊評価線図の縦軸 K_r は、クラス 1 の場合よりも大きく評価され、より保守的な評価法が選択されると予想される。これらのことにより、①及び③ J_{Ic} の変換式の追加は妥当と判断する。

ただし、フェライト鋼のクラス 2, 3 管では、溶接規格により、厚さが 16mm 未満等の管の溶接部及びクラス 3 管の安全設備に関しないものに対しては、破壊靱性試験は要求されていない。このため、高入熱の溶接等によって溶接部の破壊靱性が低下している場合であっても、母材の衝撃値の参考値等を用いて J_{Ic} が決定されてしまう可能性がある。したがって、添付 E-12(2) 式の適用を、溶接金属と熱影響部の破壊靱性が母材と同等以上であることを確認できる場合に限定する必要がある。

本規定のクラス 2, 3 配管への適用に当たっては、中低強度、低靱性の薄肉の配管を扱うことになるが、これら材料の溶接部を含む破壊靱性の試験データは少ない。また薄肉の配管の場合には、現厚の試験片であって有効な J_{Ic} を採取できない場合が多いとも予想される。 J_{Ic} 評価の信頼性を高めるために、改めて試験データの拡充、破壊力学的検討等を行うことを要望する。

③適用規格の追記

規定を明確化したもので、実質的内容に変更がないため、妥当と判断する。なお、クラス 2, 3 機器の欠陥評価は技術評価の対象外としている（[3. 2. 2. 1 6 クラス 2, 3 機器及び MC 容器の欠陥評価] 参照）。

(4) 変更点以外の技術評価

「表 添付 E-12-1 周方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic} 」及び「表 添付 E-12-2 軸方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic} 」において、グループ 2 材に STPT480 が含まれているが、同材は材料規格においてクラス 1 配管には使用不可となっているため適用除外とする必要がある。これらの表は、それぞれ 3.1(1)(2) 及び(3)と 3.2(1)(2) 及び(3)の方法を用いない場合に、最も保守的に J_{Ic} を決定する方法を提供することを意図したものであるが、クラス 2, 3 管に係る条項との関連性を踏まえた修正を行うことを要望する。

なお、「2. 記号の定義」において、 CIV は上部棚でのシャルピー吸収エネルギーと定義されているが、クラス 2, 3 管は、設計上、遷移領域で使用されることもあり得る。クラス 1 管 CIV とクラス 2, 3 管の CIV の定義・適用条件等について、改めて検討・整理を行うことを要望する。

(5) 適用に当たっての条件

変更点

①及び③

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
---------	-----------	---------

添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定 3.1 周方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (3) b. クラス 2 およびクラス 3 配管の場合	下記の式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する。	下記の式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する <u>(溶接金属と熱影響部の破壊靱性が母材と同等以上であることを確認できる場合に限る。)</u> 。
添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定 3.2 軸方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (3) b. クラス 2 およびクラス 3 配管の場合	(2) 式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する。	(2) 式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する <u>(溶接金属と熱影響部の破壊靱性が母材と同等以上であることを確認できる場合に限る。)</u> 。

② なし

変更点以外

表添付 E-12-1 周方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic}	グループ 2 材 STPT480 およびグループ 1 材以外の材料	グループ 2 材 グループ 1 材以外の材料
表添付 E-12-2 軸方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic}	グループ 2 材 STPT480 およびグループ 1 材以外の材料	グループ 2 材 グループ 1 材以外の材料

(6) 要望事項

- 「表 添付E-12-1周方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic} 」及び「表 添付E-12-2軸方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic} 」において、クラス 2、3 管に係る条項との関連性を踏まえた修正を行うことを要望する。
- クラス 2、3 配管の溶接部の破壊靱性、破壊靱性の板厚効果等について改めて試験データの拡充、破壊力学的検討等を行うことを要望する。
- 「2. 記号の定義」において、クラス 1 配管 CIV とクラス 2、3 配管の CIV の定義・適用条件等について、改めて検討・整理を行うことを要望する。

3.2.2.26 クラス2機器の非破壊試験免除範囲

クラス2機器の非破壊試験免除範囲については、維持規格 2008 年版以前の技術評価において妥当と判断しているが、以下の点について検討を行った。

(1) 変更点以外の技術評価

(ア) 試験免除機器

維持規格 2002 年版技術評価書は、クラス2機器の非破壊試験免除範囲について JEAC4205-1996 と比較し、次のように技術評価された。

維持規格 2002 年版技術評価書 (抜粋)

4.1 検査の対象範囲

維持規格の検査の対象範囲は、クラス1、2、3機器、クラスMC容器、支持構造物、炉内構造物となっており、JEAC4205-1996 にない鋼製格納容器 (クラスMC容器)、クラス3機器の管に接続するポンプ、弁 (クラス3機器に含まれる。) を追加しており、対象範囲を拡大している。また、維持規格では、クラス2機器の全てを対象としており、JEAC4205-1996 においてクラス2機器のうち工学的安全施設の直接系、原子炉緊急停止系、原子炉停止に直接必要な冷却系に限定されていたものから、対象範囲を拡大している。(表 4.1 参照)

(中略)

また、クラス2機器やクラス3機器の対象範囲の拡大は、ASME 規格の対象範囲に準じて設定されたものであり、国際的な運用に準じたものとなっている。

しかしながら、非破壊試験については次のような試験免除規定がある。

IC-1220 試験免除機器

次の機器は、IC-2500 に規定する体積試験および表面試験を免除してよい。

- (1) 呼び径 100 A 以下の管 (加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては、呼び径 40 A 以下)
- (2) 呼び径 100 A 以下の管と試験対象機器との取合部およびその系内機器 (取合部が入口側、出口側共に呼び径 100 A 以下の管。ただし、加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては、呼び径 40 A 以下の管)
- (3) 最高使用圧力および最高使用温度が各々圧力 2 MPa 以下、温度 95℃以下で運転される系統内の容器、管、ポンプ、弁、その他の機器および機器接続部
- (4) 通常運転時に液体を内包していない系の開放端の最後の止め弁より下流側
- (5) 主流路を形成しない機器
各系の機能を果たすための主流路 (運転状態で流体が本流として流れる) を構成する機器以外の機器。例えばテストライン、ポンプミニマムフローライン、バイパスライン、ドレン・ベントラインおよび計装ラインが該当する。
- (6) 緊急炉心冷却系 (ECCS) 以外で、かつ通常の起動から停止までの間 (ただし試験状態は含まない) その機能を必要としない系統内の機器

- (7) 緊急炉心冷却機能を果たす機器のうちで、系統内を流れる液体の化学管理が定期サンプリングおよび分析により確認されているもの（ほう酸濃度、塩化物イオンおよびフッ化物イオンの各々が、週1回あるいは月1回の頻度で、サンプリングおよび分析により確認されているものが該当する。）
- (8) 加圧水型原子力発電所において静的に加圧され外部動力に依存しない（ポンプのない）安全注入系を構成する容器、管、ポンプ、弁、その他の構成部品および機器接続部（外部動力に依存しない安全注入系の典型的なものは、アキュムレータタンクとその関連系統である。）
- (9) タービンを駆動させることを主目的とする流体が循環する回路に属する機器
- (10) 格納容器バウンダリの範囲に属する機器のうちで、次に該当しない機器
- 工学的安全施設の中の直接系に属する機器
 - 原子炉緊急停止系に属する機器
 - 原子炉の停止に直接必要な冷却系に属する機器

「IC-1220 試験免除機器」の規定について、日本機械学会は次のように説明している。

- ASME に準じた免除範囲とするとともに、日本における ISI の実績を踏まえて試験対象を合理化した¹⁰¹。
- (5)、(6)、(7)、(9) 及び(10)については、ASME には記載がない維持規格独自のものであり、機器の重要度及び ISI の実績を踏まえて試験対象を合理化し、従来から試験を実施していない機器を明確化した

これらに該当する系の例を「表 3.2.2.26-1 非破壊試験免除規定の具体例」に示す。

表 3.2.2.26-1 非破壊試験免除規定の具体例

IC-1220 の規定内容	PWR の例	BWR の例
(5) 主流路を形成しない機器 各系の機能を果たすための主流路（運転状態で流体が本流として流れる）を構成する機器以外の機器	テストライン、 ポンプミニマムフローライン、 バイパスライン、 ドレン・ベントライン、 計装ライン	テストライン ポンプミニマムフローライン バイパスライン ドレン・ベントライン 計装ライン
(6) 緊急炉心冷却系（ECCS）以外で、かつ通常の起動から停止までの間（ただし試験状態は含まない）その機能を必要としな	格納容器スプレイ系 格納容器貫通部配管（燃料取替用水系）	格納容器スプレイライン サプレッションチェンバス プレイライン

¹⁰¹ 維持規格 2002 年版技術評価書の添付資料 1 の 16/24 頁「維持規格 2002」と JEAC4205-1996 との比較表（IC クラス 2 機器の標準検査）の「IC-1220 試験免除機器」参照。

い系統内の機器		
(7) 緊急炉心冷却機能を果たす機器のうちで、系統内を流れる液体の化学管理が定期サンプリングおよび分析により確認されているもの	安全注入系(高压注入ポンプ入口～出口)	対象系統なし
(9) タービンを駆動させることを主目的とする流体が循環する回路に属する機器	主蒸気系 主給水系	主蒸気系（外側隔離弁～タービン） 給水系戻りラインの一部 原子炉隔離時冷却系タービンライン
(10) 格納容器バウンダリの範囲に属する機器のうちで、次に該当しない機器 a. 工学的安全施設のうち の直接系に属する機器 b. 原子炉緊急停止系に属する機器 c. 原子炉の停止に直接必要な冷却系に属する機器	格納容器貫通部（換気空調系、原子炉補機冷却系、格納容器減圧及び水素制御設備）	格納容器貫通部の下記隔離弁間（原子炉補機冷却水系、換気空調冷却水系、ドライウエル換気系、他）

「IC-1220 試験免除機器」に規定する機器を免除してもよいとする技術的根拠は提示されていない。

ASME Sec XI におけるクラス 2 機器の非破壊試験免除範囲は、維持規格の「IC-1220 試験免除機器」(1)～(4)及び(8)に当たる部位としている。これに関し、米国では、200° F（約 93°C）未満及び圧力 2751lb/in²（約 690Pa）未満の系の呼び径 4in（約 100A）の配管については、供用期間中の劣化を考慮して、設計で要求される厚さより厚い配管厚さが一般的に使用されていること、小口径の配管破断は許容できるシステム設計となっている¹⁰²ことから、従来より検査が免除されているとのことである。

また、RSE-M では「C-3320 Components subject to periodic inspections」において、最高使用圧力が 0.5bar（0.5 気圧）以下の機器を免除としている。

本来、非破壊試験を免除すべきではなかった部位について、非破壊試験を免除しているものであり、「IC-1220 試験免除機器」(5)～(7)、(9) 及び(10)について、非破壊試験を免除することは妥当ではない。

(イ) 取合部が複数個存在する場合の免除範囲

¹⁰² Instn Mech Engs AUGMENTED SCOPE OF THE 1974 ASME SECTION XI CODE 'INSERVICE INSPECTION OF NUCLEAR POWER PLANT COMPONENTS (1972)

「IC-1220 試験免除機器」(2)の規定は、管と機器の取合部（入口側及び出口側）の呼び径が小さければ試験免除できるとしているが、機器の制約から取合部（入口側又は出口側）が複数個存在する場合があります、そのときは取合部（入口側又は出口側）の断面積（呼び径基準）の和で試験免除可否の判断をする必要がある。したがって、「IC-1220 試験免除機器」(2)の「呼び径 40A 以下の管」とあるのは「呼び径 40A 以下の管。ただし、入口側又は出口側が複数個のときは呼び径の二乗和平方根の値が 40A 以下とする。」に読み替えるものとする。

(ウ) 支持部材取付け溶接継手に関する免除範囲

「表 IC-2500-3 試験カテゴリ C-C 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手」の注(4)において、各検査期間中の試験程度は耐震クラス A 及び A_s の上記溶接継手数の 7.5%とすると規定している。また、クラス 3 機器に対する同様の規定が「表 ID-2500-1 試験カテゴリ D-A 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手」の注(3)にも同様に規定されている。

しかし、耐震クラス A および A_s とする規定は耐震クラスを限定することとなり、他の耐震クラスの機器の支持部材取付け溶接継手は免除されることとなることから、他の耐震クラスの機器の支持部材取付け溶接継手の試験についても、その必要性を検討することを要望する（「3. 2. 2. 10 支持構造物の標準検査と欠陥評価」参照。）。

(2) 適用に当たっての条件

- 「IC-1220 試験免除機器」(5)、(6)、(7)、(9)及び(10)は適用除外とする。

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IC-1220 試験免除機器 (2)	呼び径 100 A 以下の管と試験対象機器との取合部およびその系内機器（取合部が入口側，出口側共に呼び径 100 A 以下の管。ただし，加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては， <u>呼び径 40 A 以下の管</u> ）	呼び径 100 A 以下の管と試験対象機器との取合部およびその系内機器（取合部が入口側，出口側共に呼び径 100 A 以下の管。ただし，加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては， <u>呼び径 40 A 以下の管。また，入口側または出口側が複数個のときは呼び径の二乗和平方根の値が 40A 以下とする。</u> ）

(3) 要望事項

- 「表 IC-2500-3 試験カテゴリ C-C 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手」の注(4)、及び「表 ID-2500-1 試験カテゴリ D-A 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手」の注(3)には、「耐震クラス A および A_s とする規定は耐震ク

ラスを限定することとなり、他の耐震クラスの機器の支持部材取付け溶接継手は免除されることとなることから、他の耐震クラスの機器の支持部材取付け溶接継手の試験についても、その必要性を検討することを要望する。

3.2.2.27 クラス2管の試験程度

(1) 変更点以外の技術評価

維持規格は「表 IC-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」(試験カテゴリ C-F 管の耐圧部分の溶接継手)において、試験方法が「体積および表面」又は「表面」の溶接継手に対して、下記に示すように、注(2)で「IC-1220 で免除されない全ての溶接継手数の7.5%とする。」とし、その中から構造不連続部を選択するように規定している。

表 IC-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法

(試験カテゴリ C-F 管の耐圧部分の溶接継手)

(表は略)

注：

(2) 各検査間隔中の試験程度は、IC-1220 で免除されない全ての溶接継手数の7.5%とする。

試験は、以下のように配分しなければならない。(解説 表 IC-2500-5-1)

- a. 試験が免除されない各系統の溶接継手数に応じて、実行可能な範囲で各系統に比例配分しなければならない。
- b. a. で配分されたものについて、構造不連続部(構造不連続部は、容器の管台、弁、ポンプケーシング、枝管等と管との溶接継手および管溶接継手(エルボ、ティ、レジャーサ、フランジ等)とする)の種類の数に応じて、構造不連続部に比例配分しなければならない。
- c. b. で配分されたものについて、口径毎の継手数に応じて比例配分しなければならない。

(解説 表 IC-2500-5-1) 管の耐圧部分の溶接継手試験部位配分方法

当該カテゴリにおいては、構造不連続部である試験対象部位が特定な箇所および継手形状に偏らないよう、各系統毎、溶接継手の種類毎および口径毎で試験される継手数を比例配分により求めるよう定めた。

溶接継手数はプラントの出力や建設時期によって異なる。例えば、PWR では対象となる総継手数が145に対して、そのうちの13継手が試験対象となる場合があるが、これを更に実行可能な範囲で各系統に比例配分し、構造不連続部の種類に応じて比例配分し、口径毎の継手数に応じて比例配分した場合、比例配分の結果、継手数が1となる場合が想定される¹⁰³。

なお、ASME Sec. XI の Table IWC-2500-1 では材質ごとに溶接継手数の7.5%(最小28継手)と規定している。

これについては、試験対象継手の総数と試験程度(抜取率)に応じて、一定程度の欠陥抽

¹⁰³ 維持規格は「IA-2330 追加試験」(1)において「EA-3030 判定基準」の規定に適合しない欠陥指示又は特異な状態を検出した場合は追加試験を行うと規定しているため、「IA-2320 検査プログラム」に規定する抜取検査において1個でも前記のものが存在すれば、追加試験が行われる。

出率を確保できるよう、規定の検討が望まれる。

これに関して、クラス 2 機器の試験程度を比較した結果を、「表 3.2.2.27-1 主なクラス 2 機器の試験カテゴリと試験程度」に示す。

表 3.2.2.27-1 主なクラス 2 機器の試験カテゴリと試験程度

試験カテゴリ	試験程度の概要
C-A 容器の耐圧部分の溶接継手	類似の設計、寸法、使用条件の複数の容器の試験は、一つの容器で行うか複数の容器に振り分け 試験程度は一つの容器の各溶接継手長さの 7.5%
C-B 容器と管台との耐圧部分の溶接継手	同一設計、寸法、使用条件の複数の容器の試験は、一つの容器で行うか複数の容器に振り分け 試験程度は管台の数の 7.5%
C-C 容器、管、ポンプ及び弁の支持部材取付溶接継手	類似の設計及び使用条件の容器が複数ある場合の試験は、一つの容器で行うか複数の容器に振り分け 試験程度は耐震クラス A 及び As の支持部材取付溶接継手数の 7.5%
C-F 管の耐圧部分の溶接継手	試験は各系統の溶接継手数、構造不連続部の種類毎の数、口径毎の数で分類して比例配分 試験程度は免除規定で免除されない全ての溶接継手数の 7.5%
C-G ポンプ及び弁の耐圧部分の溶接継手	1 系統内で類似の設計、機能及び運転条件のポンプと弁が複数ある場合の試験は 1 台のポンプ及び 1 台の弁 試験程度は溶接継手数の 7.5%

試験カテゴリ C-B、C-C、C-F 及び C-G は対象継手数の 7.5%であるが、同 C-A の場合は類似の容器が複数あっても一つの容器の各溶接継手長さの 7.5%と規定し、類似のもの数が対象数から除外されている。

なお、ASME Sec. XI の Table IWC-2500-1 では、試験カテゴリ C-A について試験程度を 100%とし、類似の設計、寸法、使用条件の複数の容器の試験は、一つの容器で行うか複数の容器に振り分けることができるとしている。ASME は供用前検査では複数の容器を全て 100%試験しているので、供用期間中検査では 100%を複数の容器で振り分けてもよいとしている。

容器についても試験対象継手の総溶接継手長さとして試験程度（抜取率）に応じて、一定程度の欠陥抽出確率を確保できるよう、規定の検討が望まれる。

また、試験カテゴリ C-B、C-C 及び C-G の試験程度は対象管台数又は対象溶接継手数の 7.5%である。容器と管台との耐圧部分の溶接継手、容器、管、ポンプ及び弁の支持部材取付溶接継手並びにポンプ及び弁の耐圧部分の溶接継手についても、規定の検討が望まれる。

(2) 適用に当たっての条件

なし

(3) 要望事項

- 試験対象継手の総数と試験程度（抜取率）に応じて、一定程度の欠陥抽出率を確保できるよう、規定の検討が望まれる。
- 容器についても試験対象継手の総溶接継手長さや試験程度（抜取率）に応じて、一定程度の欠陥抽出率を確保できるよう、規定の検討が望まれる。
- 容器と管台との耐圧部分の溶接継手、容器、管、ポンプ及び弁の支持部材取付溶接継手並びにポンプ及び弁の耐圧部分の溶接継手についても、規定の検討が望まれる。

3.2.3 国内外の知見の反映等（関連規格）

3.2.3.1 渦電流探傷試験指針に関する技術評価

渦電流探傷試験指針 2010 年版は新規に制定された規格であり、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）に引用されている。渦電流探傷試験指針 2010 年版を引用している維持規格の規定について技術評価を行った上で、渦電流探傷試験指針の技術的内容について各章毎に技術評価を行う。

3.2.3.1.1 維持規格

(1) 変更の内容（「表 3.2.3.1-1 渦電流探傷試験指針に関する変更点」参照）

渦電流探傷試験指針 2010 年版は、維持規格の検査章「IA-2530 表面試験」における試験方法として追加規定された。

表 3.2.3.1-1 渦電流探傷試験指針に関する変更点

2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
<p>IA-2530 表面試験</p> <p>表面試験は、表面、または表面近くの線状、または円形状の欠陥指示を検出する方法であって、表面状況、材料、接近性等の点から判断して磁粉探傷試験、<u>浸透探傷試験</u>、または渦電流探傷試験のいずれかを使用しなければならない。</p>	<p>IA-2530 表面試験</p> <p>表面試験は、表面、または表面近くの線状、または円形状の欠陥指示を検出する方法であって、表面状況、材料、接近性等の点から判断して磁粉探傷試験<u>または浸透探傷試験</u>のいずれかを使用しなければならない。</p>
<p>IA-2533 渦流探傷試験</p> <p><u>渦流探傷試験は、磁性体および非磁性体の表面に開口している線状の欠陥指示を検出する方法であって、オーステナイト系ステンレス鋼または高ニッケル合金の母材部および溶接部に適用する場合の手順は、JEAG 4217-2010 「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」に従わなければならない。</u></p>	<p>(新設)</p>

(2) 日本機械学会による変更理由

- 変更前の維持規格の検査章では、「IJB クラス 1 機器の個別検査」、「IJG 炉内構造物の個別検査」で規定するオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金溶接継手を対象としたクラス 1 機器の個別検査において、MVT-1 試験の代替試験として渦電流探傷試験の適用も可能としているが、表面試験としての具体的な試験要領に関する規定は

なかった。

- 上置プローブを用いた渦電流探傷試験指針 2010 年版が発刊されたことに伴い、表面試験の一手法として渦流探傷試験要領を取り込むこととした。

(3) 技術評価の結果

「IA-2530 表面試験」は、磁粉探傷試験、浸透探傷試験又は渦流探傷試験のいずれかを使用すると規定し、「IA-2533 渦流探傷試験」において、オーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金の母材部及び溶接部については、渦電流探傷試験指針 2010 年版に従うと規定している。

検査章のクラス 1 機器及びクラス 2 機器の標準検査に係る試験カテゴリでは、試験方法に表面試験を規定している試験部位が存在するので、渦流探傷試験を選択することも可能である。また、検査章の「IJB クラス 1 機器の個別検査」及び「IJG 炉内構造物の個別検査」における試験カテゴリでは、試験方法 MVT-1(遠隔目視試験)の代替として渦流探傷試験を行ってもよいと規定している。

クラス 1 容器及びクラス 1 管 (ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピシール、蒸気発生器伝熱管を除く。) 並びにクラス 2 管に検出された欠陥であって応力腐食割れ以外のものについては各々 EB-1300 又は EC-1300 を適用して判定し、その他については EA-3030(2)を適用して判定することになるが、検出された欠陥の寸法測定の結果は実欠陥長さに対して保守的であることが必要である。

しかし、渦電流探傷試験指針 2010 年版に規定する渦流探傷試験は、「解説-1200-2 対象となる欠陥の深さ」に「本指針で対象とするのは、原則として、深さ 1mm 以上の探傷面の開口欠陥とする」とされており、「3100 欠陥の疑いのある指示部の抽出」には、「原則、抽出基準「基準感度の 20%以上の指示部」により、欠陥の疑いのある指示部を抽出する。」としており、基準感度の 20%未満の割れについては抽出されない。欠陥指示長さについても、基準感度の 20%で抽出した信号の振幅に対して、「解説-3300-1 欠陥長さ測定」において「信号消失指示長さ、12dB ドロップ指示長さなどを求める方法」としており、「図 3.2.3.1-1 しきい値毎の長さサイジング総合分析結果」によれば、実際の長さよりも短い指示長さが出力される場合があり、非保守的な長さで判定される可能性がある。したがって、渦電流探傷試験指針 2010 年版により測定される指示長さを「EB-1310 第一段階の欠陥評価」、「EC-1310 第一段階の欠陥評価」又は他の欠陥評価に適用することは妥当ではない。

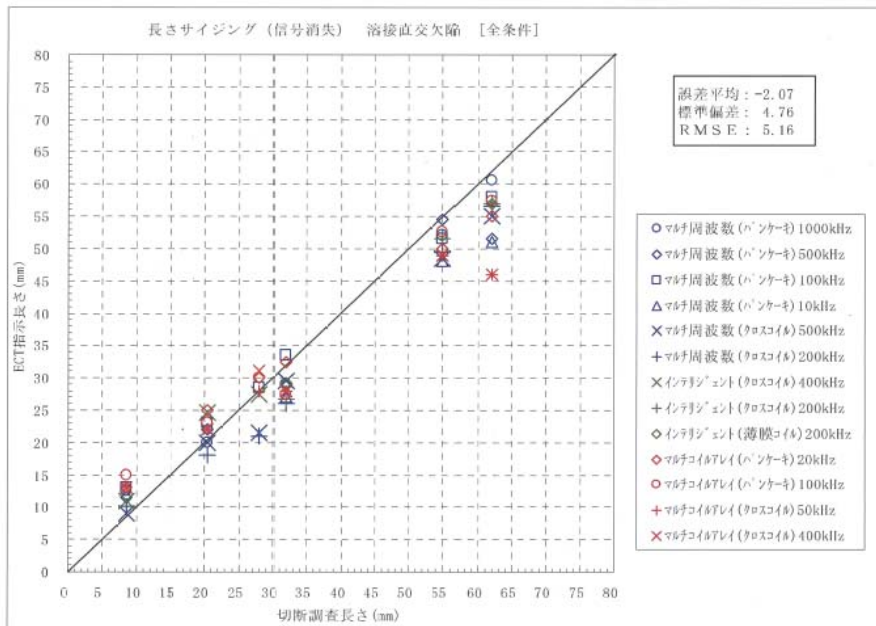
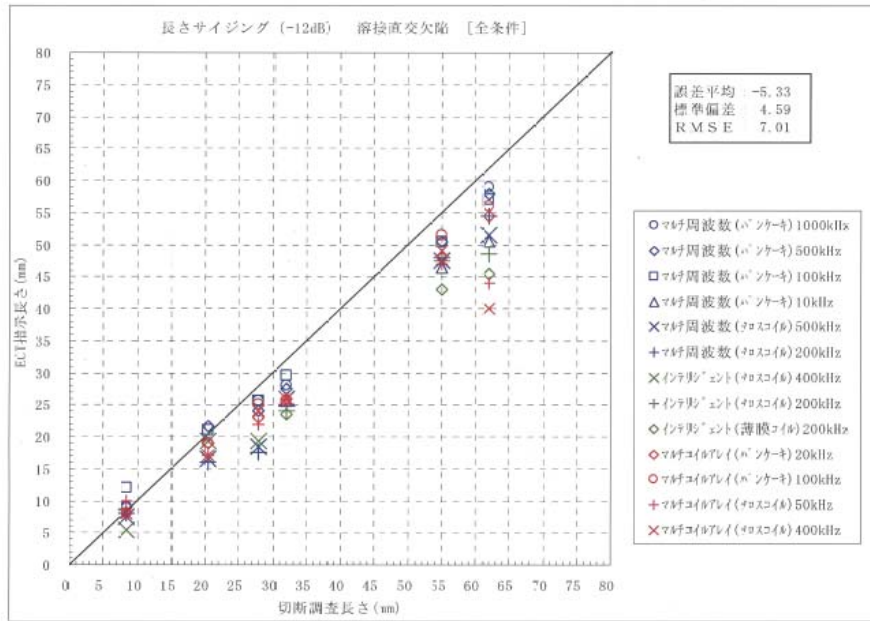


図 2.7.2.1(2)-2 しきい値毎の長さサイジング総合分析結果 (直交欠陥) (全データ)

図 3.2.3.1-1 しきい値毎の長さサイジング総合分析結果 (直行欠陥) (全データ) ¹⁰⁴

渦流探傷試験は水中での表面試験が可能である等の利点は認められるものの、欠陥長さが保守的に測定されるサイジング方法に関する規定が策定されるまでの間、「IA-2533 渦流探傷試験」は、遠隔走査等により深さ 1mm 以上の表面欠陥を検出するための目視試験の代替

¹⁰⁴ 独立行政法人原子力安全基盤機構「ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証 (平成 14~20 年度)」

試験方法に位置付け、表面試験は磁粉探傷試験又は浸透探傷試験とすることが必要である。なお、渦電流探傷試験指針 2010 年版の「解説-1200-3 適用」には、主な適用は維持規格の MVT-1 試験の代替試験であると記載している。

(4) 適用に当たっての条件

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2525 MVT-1 試験	(加える。)	(3)MVT-1 試験の代替としてオーステナイト系ステンレス鋼または高ニッケル合金の母材部および溶接部に適用する場合の手順は、「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針 (JEAG4217-2010)」に従うことができる。
IA-2530 表面試験	表面試験は、表面、または表面近くの線状、または円形状の欠陥指示を検出する方法であって、表面状況、材料、接近性等の点から判断して <u>磁粉探傷試験</u> 、 <u>浸透探傷試験</u> 、または <u>渦流探傷試験</u> のいずれかを使用しなければならない。	表面試験は、表面、または表面近くの線状、または円形状の欠陥指示を検出する方法であって、表面状況、材料、接近性等の点から判断して <u>磁粉探傷試験</u> または <u>浸透探傷試験</u> のいずれかを使用しなければならない。

- 「IA-2533 渦流探傷試験」は適用除外とする。

3.2.3.1.2 渦電流探傷試験指針

渦電流探傷試験指針 2010 年版は、第 1 章 総則、第 2 章 試験要領、第 3 章 欠陥判定及び欠陥長さ測定要領、第 4 章 記録要領、附属書 A～C で構成されている。第 1 章は目的、適用範囲、用語及び略語、関連規格について規定されている。技術評価は技術的内容が記載されている第 2 章以降について実施した。

(1) 第 2 章 試験要領

1) 規定の内容

- 2010 事前確認：欠陥の検出精度及び長さ測定誤差を試験により予め確認し、記録に残すことを規定
- 2110 試験範囲の識別：基準位置の設定（恒久的な基準位置をもとに設定）とその記録について規定
- 2120 試験部の表面状態：表面状態について、欠陥検出、欠陥長さ検出を妨げない程度に固着スケール又は付着物が取り除かれ、滑らかであることを規定
- 2200 試験員及び試験評価員：試験員はETレベル1（JIS Z 2305-2001¹⁰⁵ による認証）以上の有資格者又は同等以上の技術レベルを有する者、試験評価員はETレベル2（JIS Z 2305-2001 による認証）以上の有資格者又は同等以上の技術レベルで試験部に関する知識を有する技術者と規定
- 2310 探傷器：Cスコープ表示、リサージュ波形及び振幅チャートの情報が出力できるデジタル探傷器とし、表示性能（位相角分解能、表示電圧の範囲及び分解能）を規定
- 2320 プローブ：単一プローブ又はアレイプローブとし、欠陥検出に用いる試験周波数で基準感度及び位相角が設定できるものと規定
- 2330 対比試験片：試験片の形状、材料、表面条件、寸法と人工きずの種類、形状、寸法（深さ、幅、長さ）を規定
- 2340 記録・解析装置：サンプリングレート、分解能、デジタル表示及び記録を規定
- 2410 探傷器：校正方法はJIS Z 2314-1991¹⁰⁶に従って測定し、周波数確度、位相角直線性及び増幅直線性の範囲と校正時期を規定
- 2420 プローブ：使用する試験周波数で試験片に付与した深さ1mmの人工きずを基準感度以上で測定できることを規定
- 2500 基準感度、位相角の設定及び確認：それぞれの確認時期、基準感度は前回の基準感度に比べて2dBを超えて変化した場合はその試験を無効とすること、位相角は前回の位相角に比べて5°を超えて変化した場合はその試験を無効とすることを規定

¹⁰⁵ 非破壊試験—技術者の資格及び認証(2001年版)

¹⁰⁶ 渦流探傷器の性能測定方法(1991年版)

- 2600 試験周波数：欠陥の検出に有効な複数の周波数を用いることを規定
- 2710 走査方法：走査ステップ、走査速度、表面状態を規定
- 2720 走査範囲：所定の探傷範囲について、プローブを走査して記録する（探傷できない範囲も含む）ことを規定

2) 技術評価の結果

試験員及び試験評価員に求める技術レベルとして、「2200 試験員及び試験評価員」で試験員には JIS Z 2305-2001 によって認証された ET レベル 1 以上等及び試験評価員には ET レベル 2 以上等を求めている。JIS Z 2305-2001 のレベル 1 は、レベル 2 又はレベル 3 技術者の監督のもとで非破壊試験機器の調整、実施、記録及び報告を実施できる技術者が認証を受けることができ、レベル 2 は、レベル 1 の業務に加え、非破壊試験結果の解釈及び評価、結果をとりまとめて報告等を実施できる技術者が、認証を受けることができることとなっている。

「解説-2200-2 試験員及び試験評価員の実施可能な業務」に記載された内容は、それぞれ JIS Z 2305-2001 でレベル 1 及びレベル 2 が実施可能であると規定された内容と同等であり、試験員及び試験評価員に求める技術レベルの設定は妥当と判断する¹⁰⁷。

なお、供用期間中検査全体を管理、監督、評価等をする際には個別試験のレベル 2 の資格者だけでは不十分であり、レベル 3 資格の保有者(特定の試験の資格者に限らない。)又はこれと同等以上の技術レベルを有する者が供用期間中検査全体に関する管理、監督、評価等を行う必要があることから、同様の対応が必要になる。

渦電流探傷試験指針 2010 年版の探傷器の表示性能の範囲、人工きずの種類、形状及び寸法の範囲、記録・解析装置（サンプリングレート、分解能、デジタル表示及び記録）並びに探傷器の校正方法は、実証試験報告書（NSA¹⁰⁸及び NNW¹⁰⁹）記載のそれぞれの内容と同等であり、NSA 及び NNW において、これらの仕様により、実機で想定される SCC 等の欠陥が検出できることを確認していることから、妥当と判断する。（表 3.2.3.1.2-1 参照）

¹⁰⁷ なお、超音波探傷試験規程 2008 年版の技術評価において、維持規格に対し「超音波探傷試験による供用期間中検査全体を実施する際には、レベル 3 もしくは 3 種の資格の保持者、又はこれらと同等以上の技術レベルを有する者が供用期間中検査全体に関する管理、監督、評価等を行うこと」との適用に当たっての条件を付している。

¹⁰⁸ 独立行政法人原子力安全基盤機構「低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証（平成 15～18 年度）」

¹⁰⁹ 独立行政法人原子力安全基盤機構「ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証（平成 14～20 年度）」

表 3.2.3.1.2-1 渦電流探傷試験指針と NSA 及び NNW における探傷器の
表示性能の範囲等の比較

渦電流探傷試験指針 2010 年版	実証試験報告書 (NSA 及び NNW)
<p>2310(2) 探傷器の表示性能</p> <p>a. 位相角の分解能：1° 以下</p> <p>b. 表示電圧の範囲： 上限値：基準感度校正電圧以上 下限値：0.01V</p> <p>c. 表示電圧の分解能：0.01V 以下</p>	<p>NNW (平成 20 年度) (付録 2-6)、NSA(105～106)</p> <p>a. 位相角の分解能：1° 以下</p> <p>b. 電圧のレンジ： 0.01V～感度校正電圧以上</p> <p>c. 電圧の分解能：0.01V 以下</p>
<p>2330(5) 人工きずの種類、形状及び寸法</p> <p>a. 種類：放電加工又は機械加工</p> <p>b. 形状：矩形又は長さ方向に貫通した深さ一定の人工きず</p> <p>c. 深さ：1±0.1mm</p> <p>d. 幅：0.3±0.05mm</p> <p>e. 長さ：直方向のプローブ外径より大きく、基準感度と位相角の設定が再現よく測定できる大きさとする。</p>	<p>NNW (平成 20 年度) (付録 2-9)</p> <p>校正試験片での人工きず (スリット) の形状寸法として</p> <p>深さ：1mm、幅 0.3mm で実施</p>
<p>2340 記録・解析装置</p> <p>(1) サンプリングレート及び分解能 走査距離 25mm あたり 30 点以上、1 点あたり 12 ビット以上</p> <p>(2) デジタル表示</p> <p>a. リサージュ波形 7 ビット以上</p> <p>b. 振幅チャート表示 6 ビット以上、</p> <p>c. C スコープの表示 16 段階以上</p> <p>(3) 記録 記録装置の分解能 1 点あたり 12 ビット以上</p>	<p>NNW (平成 17 年度) (1163-1164) (4) 探傷器</p> <p>f. サンプリングレート及び分解能 走行距離 25mm 当たり 30 点以上、分解能は 1 点あたり 12 ビット以上</p> <p>g. デジタル表示 リサージュ波形 7 ビット以上 振幅チャート 6 ビット以上</p> <p>h. 記録精度： 分解能は 1 点あたり 12 ビット以上</p>
<p>2410 探傷器の校正方法</p> <p>a. 周波数確度：±5%</p> <p>b. 位相角直線性：±3°</p> <p>c. 増幅直線性：±2%以内</p>	<p>NNW (平成 17 年度) (1163-1164) (4) 探傷器</p> <p>a. 周波数精度：±5%以内</p> <p>b. 位相弁別精度：90±3° 以内</p> <p>c. 増幅直線性精度：±2%以内</p>

「2420 (1)プローブの性能確認方法」の「深さ 1mm で人工きずを基準感度以上で測定できること」については、NSA 及び NNW での確認方法である「深さ 1mm の人工きずを付けた試験片で基準感度以上を測定している」と同等であることから、妥当と判断する。

「2520 設定及び確認の方法」の基準感度については、基準感度の確認の結果、前回の基準感度に比べて 2dB を超えた場合は再試験としている。2dB は、JIS G 0568-2006¹¹⁰の「8.5 試験感度の確認」(3dB 以内) より厳しく設定しているものであり、妥当と判断する。

また、位相角の変動幅に関しては、NSA 及び NNW でその誤差を $\pm 3^\circ$ と $\pm 5^\circ$ で試験し、信号識別が可能であることが確認されている。その結果を基に、再試験の範囲を、 5° を超えて変化した場合とすることは、妥当と判断する。

3) 適用に当たっての条件

なし

(2) 第3章 欠陥検出及び長さ測定要領

1) 規定の内容

3100 欠陥の疑いのある指示部の抽出：抽出基準を基線からの出力電圧差が基準感度の 20%以上の指示部とし、それより高い抽出機能を有するその他の抽出基準でもよいと規定

3200 欠陥判定：リサーチ波形や振幅チャートを基にした欠陥判定の手順を規定

3300 欠陥長さ測定：欠陥長さ方向の端部に該当する振幅チャートの位置座標から欠陥の指示長さを求める場合と性能が確認された自動化処理装置を使用する場合を規定し、複数欠陥の場合は、維持規格の「線状欠陥の取扱い」を参考に、その集合体の長さを測定してもよいと規定

2) 技術評価の結果

欠陥の疑いのある指示部の抽出基準は、以下に示す NNW により欠陥検出の有効性が確認された抽出基準と同様な要領（基準感度の 20%以上の指示部）を規定していることから、妥当と判断する。

¹¹⁰ 鋼の貫通コイル法による渦電流探傷試験法（2006年版）

「NNW より有効性が確認された欠陥検出に係る判断基準（しきい値）について」

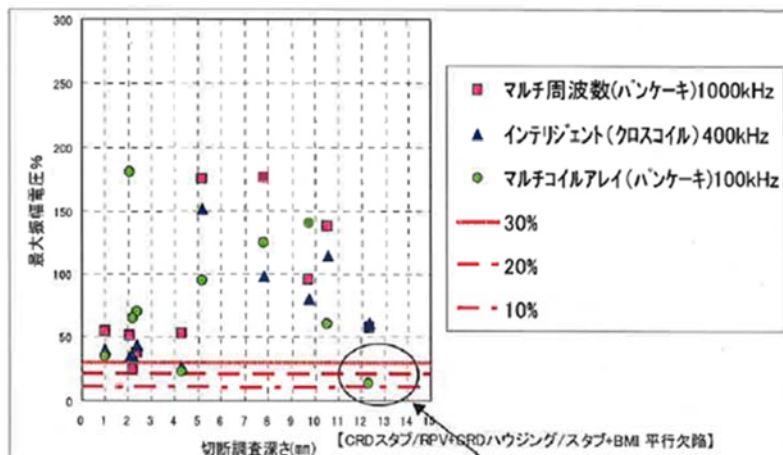
圧力容器貫通部模擬試験体（CRD スタブチューブ、炉内計装管台）に対して、渦電流探傷試験装置（各種 ECT 法）による開口面からの欠陥検出性の判断基準（しきい値）を調査した。その結果を以下に示す。

しきい値として、最大振幅電圧が 10%、20%、30%をしきい値とした場合の欠陥信号抽出可否、及び抽出される欠陥以外の信号についての結果を下表に示す。また、CRD スタブチューブ、ハウジングを対象に欠陥信号抽出可否を調査した結果を図 4.7.2.2(1)-5 に示す。

	欠陥信号抽出可否（図 4.7.2.2(1)-5）	欠陥以外に抽出される信号
しきい値 10%	欠陥検出は 100%抽出可能	欠陥以外の疑似信号も多数抽出された。
しきい値 20%	欠陥信号は約 90%抽出可能（約 10%は抽出不可）	欠陥以外の疑似信号も抽出されたが、それほど多くない。
しきい値 30%	欠陥信号は約 70%抽出可能（約 30%は抽出不可）	欠陥信号も抽出されなかった。

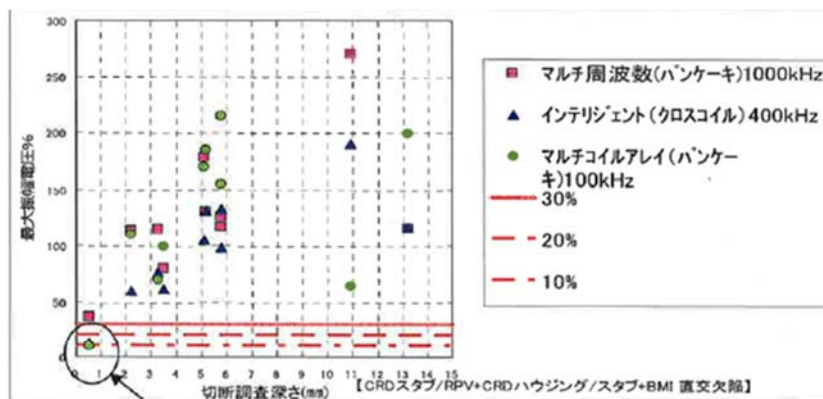
ここで最大振幅電圧が 20%以下の欠陥信号が 3 点あり、1 点は CRD スタブチューブ/RPV の溶接平行欠陥（SRS-2、深さ 12.3mm）であり、欠陥信号が低い理由は溶接部端部付近の小さい曲率の影響が考えられ一部アレイプローブがリフトオフ（プローブが対象物から浮いて接触が保たれなくなる）したものと考えられるが、実機における SCC ではプローブのリフトオフ防止対策を講ずることとすることで検出可能であると考えられる。残り 2 点は CRD ハウジングチューブの溶接直交欠陥（HTS-1、深さ 0.5mm）である。欠陥信号が低い理由は深さが 0.5mm と浅いことによるものであると考えられるが、0.5mm 程度以下の浅い欠陥は検出されない可能性がある。

以上より、上記の事項を除けば、欠陥信号を抽出するための最大電圧振幅%のしきい値として 20%とすることで、欠陥信号を 100%抽出できた。



(平行欠陥)

スタブ/RPV (SRS-2) は溶接部端部付近の曲率の影響が考えられ一部アレイプローブがリフトオフしたものと考えられる



(直交欠陥)

CRDハウジングスタブ (HTS-1) は欠陥深さが 0.5mm と浅い為と考えられる

図 4.7.2.2(1)-5 欠陥深さと最大振幅電圧%の関係

また、その他の抽出基準を適用する場合の方法として、SN比を抽出基準とする場合や波形の特徴を抽出基準とする場合を規定している。これらの抽出基準を適用する場合は、基準感度の20%以上の指示部と同等以上の抽出性能を有することを欠陥を付与した試験片等を用いて確認するとしていることから、妥当と判断する。

- 3) 適用に当たっての条件
なし

(3) 附属書 A クロスコイル (自己誘導形自己比較方式、相互誘導形自己比較方式及び標準比較方式) の渦電流探傷試験要領

1) 規定の内容 (本文規定を適用する項は省略)

A-2300 基準感度、位相角の設定及び確認：対比試験片の人工きずを交差する方向にプローブを走査し、検出される傷の信号の振幅、位相角を基準値に設定すると規定

A-2400 試験周波数：10kHz～1MHz の2種類以上と規定

A-2500 プローブの走査：走査方向は任意とし、試験部の形状によりプローブの姿勢が安定しやすい方向に走査すること、プローブ特性に応じて走査ステップを設定することを規定

A-3200 欠陥判定：抽出された指示が欠陥によるものか、それ以外の要因 (リフトオフ信号、表面うねり信号等) によるものかの判定方法を、リサーチ波形とチャートにより波形特徴等を確認する手順を規定

A-3300 欠陥長さ測定：判定した欠陥に対して欠陥長さの測定を行う手順を規定

2) 技術評価の結果

「A-2300 基準感度、位相角の設定及び確認」については、以下に示す NSA 及び NNW で検査性能が確認されている基準感度、位相角の設定及び確認方法と同様の方法を規定していることから、妥当と判断する。

「NSA 及び NNW で検査性能を確認した方法」

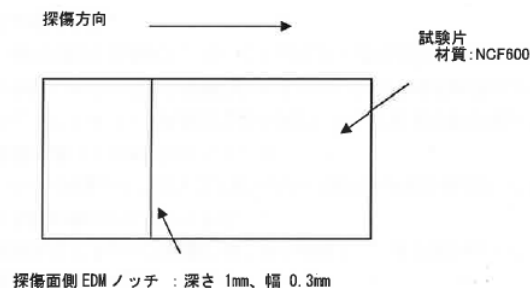
下記のようなスリットを設けた校正用試験片を使用し、感度及び位相が調整可能であることを確認している。

① 校正用試験片

- ・ 材質：ステンレス鋼 (SUS316L) 又はニッケル基合金 (NCF600)
- ・ 寸法：幅 30mm 以上、欠陥までの長さ 30mm 以上
(校正用ノッチ探傷時に試験片端面や裏面の影響を受けない寸法)

② スリット

深さ 1mm、幅 0.3mm



校正試験片の形状寸法

全探傷周波数について、校正試験片の人工きず（深さ 1mm、幅 0.3mm）による信号を振幅 $3V \pm 0.5V$ 、位相角 $165^\circ \pm 5^\circ$ 又は $-15^\circ \pm 5^\circ$ に設定することで、良好な欠陥検出性を有することを確認している

「A-2400 試験周波数」については、欠陥の検出性に関する重要なパラメータであることから、欠陥の検出に有効な試験周波数で試験を行う必要がある。

NSA 及び NNW では、50kHz、100kHz、200kHz、400kHz、500kHz が使用され、SCC に対し欠陥検出及び長さ測定に有効であることを確認しているが、渦電流探傷試験指針 2010 年版は適用できる周波数の範囲を 10kHz から 1MHz までとしており、確認済みの試験周波数の範囲を超えている。NSA 及び NNW の試験周波数の範囲外の試験周波数については、その周波数での欠陥検出性能及び欠陥長さ測定性能が NSA 及び NNW での試験結果と同等以上であることを示す必要がある。

3) 適用に当たっての条件

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
A-2400 試験周波数	試験周波数は、 <u>10kHz から 1MHz</u> の 2 種類以上の周波数とする。	試験周波数は、 <u>50kHz から 500kHz</u> の 2 種類以上の周波数とする。

(4) 附属書 B パンケーキコイル（自己誘導形標準比較方式）の渦電流探傷試験要領

1) 規定の内容（本文規定を適用する項は省略）

B-2300 基準感度、位相角の設定及び確認：対比試験片の人工きずを交差する方向にプローブを走査し、検出されるきずの信号の振幅、位相角を基準値に設定すると規定

B-2400 試験周波数：10kHz～1MHz の 2 種類以上とすることを規定

B-2500 プローブの走査：走査方向は任意とし、試験部の形状によりプローブの姿勢が安定しやすい方向に走査すること、プローブ特性に応じて走査ステップの間隔を規定

B-3200 欠陥判定：抽出された指示が欠陥によるものか、それ以外の要因（リフトオフ信号、表面うねり信号等）によるものかの判定方法について、リサーチ波形とチャートにより波形特徴等を確認する手順を規定

B-3300 欠陥長さ測定：欠陥に対して欠陥長さの測定を行う手順を規定

2) 技術評価の結果

「B-2300 基準感度、位相角の設定及び確認」については、以下に示す NSA 及び NNW で検査性能が確認されている基準感度、位相角の設定及び確認方法と同様の規定であることから、妥当と判断する。

「NSA 及び NNW で検査性能を確認した方法」

下記のようなスリットを設けた校正用試験片を使用し、感度及び位相が調整可能で

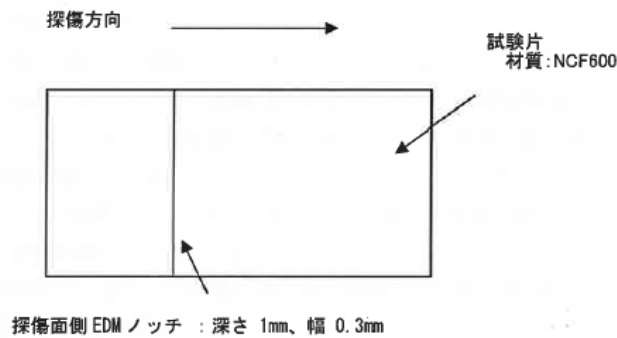
あることを確認している。

① 校正用試験片

- ・ 材質：ステンレス鋼(SUS316L)又はニッケル基合金(NCF600)
- ・ 寸法：幅 30mm 以上、欠陥までの長さ 30mm 以上
(校正用ノッチ探傷時に試験片端面や裏面の影響を受けない寸法)

② スリット

深さ1mm、幅 0.3mm



校正試験片の形状寸法

全探傷周波数について、校正試験片の人工きず（深さ 1mm、幅 0.3mm）による信号を、 $1V \pm 0.1V$ 、位相角 $90^\circ \pm 5^\circ$ に設定することで、良好な欠陥検出性を有することを確認している。

「B-2400 試験周波数」については、欠陥の検出性に関する重要なパラメータであることから、欠陥の検出に有効な試験周波数にて試験を行う必要がある。

NSA 及び NNW では、10kHz、100kHz、500kHz 及び 1MHz が使用され、2 種類以上の周波数を組み合わせた試験結果から、100kHz、500kHz 及び 1MHz の試験周波数が SCC に対し欠陥の検出及び長さ測定に有効であることを確認¹¹¹しているが、渦電流探傷試験指針 2010 年版は適用できる周波数の範囲を 10kHz から 1MHz までとしており、確認済みの試験周波数の範囲を超えている。NSA 及び NNW において有効性が確認された試験周波数の範囲外の試験周波数については、その周波数での欠陥検出性能及び欠陥長さ測定性能が NSA 及び NNW での試験結果と同等以上であることを示す必要がある。

3) 適用に当たっての条件

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
B-2400 試験周波数	試験周波数は、 <u>10kHz から 1MHz</u> の範囲で 2 種類以上の周波数と	試験周波数は、 <u>100kHz から 1MHz</u> の範囲で 2 種類以上の周波数と

¹¹¹ NNW の平成 18 年度報告書においてマルチ周波数の 10kHz はノイズが大きいため評価できず、この周波数は適していないとしている。

	する。	する。
--	-----	-----

(5) 附属書C パンケーキコイル（相互誘導形標準比較方式）の渦電流探傷試験要領

1) 規定の内容（本文規定を適用する項は省略）

C-2300 基準感度、位相角の設定及び確認：対比試験片の人工きずを交差する方向にプローブを走査し、検出される傷の信号の振幅、位相角を基準値に設定すると規定

C-2400 試験周波数：10kHz～1MHz の2種類以上と規定

C-2500 プローブの走査：走査方向は任意とするが、オーステナイト系ステンレス鋼の溶接部又は異材継手境界部を含む試験部では、プローブを溶接線又は異材継手境界に対して平行に走査することを規定

C-3200 欠陥判定：抽出された指示が欠陥によるものか、それ以外の要因（リフトオフ信号、表面うねり信号等）によるものかの判定方法をリサージュ波形、チャートにより波形特徴等を確認する手順を規定

C-3300 欠陥長さ測定：判定した欠陥に対して欠陥長さの測定を行う手順を規定

2) 技術評価の結果

「C-2300 基準感度、位相角の設定及び確認」については、以下に示すNSA及びNNWで検査性能が確認されている基準感度、位相角の設定及び確認方法と同様の規定になっていることから、妥当と判断する。

「NSA及びNNWで検査性能を確認した方法」

下記のようなスリットを設けた校正用試験片を使用し、感度及び位相が調整可能であることを確認している。

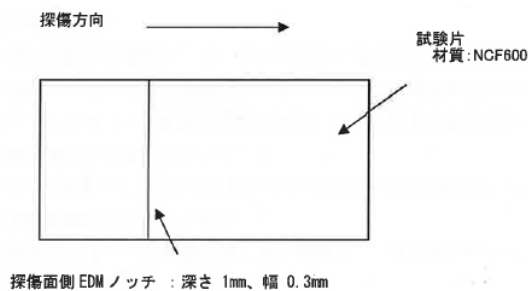
① 校正用試験片

- ・ 材質：ステンレス鋼(SUS316L)又はニッケル基合金(NCF600)
- ・ 寸法：幅30mm以上、欠陥までの長さ30mm以上

(校正用ノッチ探傷時に試験片端面や裏面の影響を受けない寸法)

② スリット

深さ1mm、幅0.3mm



校正試験片の形状寸法

全探傷周波数について、校正試験片の人工きず（深さ 1mm、幅 0.3mm）による信号を振幅 $2 \pm 0.2V$ 、位相角 $90 \pm 5^\circ$ に設定すること、良好な欠陥検出性と長さ測定性を確認している。

「C-2400 試験周波数」については、欠陥の検出性に関係する重要な条件パラメータであることから、欠陥の検出に有効な試験周波数にて試験を行う必要がある。

NSA 及び NNW では、20kHz から 100kHz のうちの 2 種類の周波数が使用され、SCC に対し欠陥検出及び長さ測定に有効であることを確認しているが、渦電流探傷試験指針 2010 年版は適用できる周波数の範囲を 10kHz から 1MHz までとしており、確認済みの試験周波数の範囲を超えており、妥当とは判断できない。

NSA 及び NNW の試験周波数の範囲外の試験周波数については、その周波数での欠陥検出性能及び欠陥長さ測定性能が、NSA 及び NNW での試験結果と同等以上であることを示す必要がある。

3) 適用に当たっての条件

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
C-2400 試験周波数	試験周波数は、 <u>10kHz から 1MHz</u> の 2 種類以上の周波数とする。	試験周波数は、 <u>20kHz から 100kHz</u> の内の 2 種類以上の周波数とする。

3.2.3.2 超音波探傷試験規程に関する技術評価

超音波探傷試験規程 2008 年版は、亀裂解釈に引用されており、2012 年追補版が発行されていることから、超音波探傷試験規程 2012 年追補版を技術評価の対象とした。なお、維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）は、超音波探傷試験規程 2008 年版を適用規格としているが、超音波探傷試験規程 2008 年版は過去に技術評価されている。

(1) 変更点

以下の附属書を新規追加し、附属書の追加に伴う総則の目的を改定した。

- ・附属書 B 超音波自動探傷装置への要求時性能
- ・附属書 C フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法
- ・附属書 D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領

(2) 附属書 B 超音波自動探傷装置への要求時性能

1) 規定の内容

- B-1400 超音波自動探傷装置（走査装置）の区分：走査装置を一般走査装置及び特殊走査装置として規定
- B-1500 性能確認項目：超音波自動探傷装置の機能及び精度に対する性能確認項目を外観目視、基本動作、位置決め単体作動精度、位置決め精度、探触子保持機能、欠陥検出再現精度及びデータ収録機能の 7 項目を規定
- B-2100 外観目視：確認方法及び判定基準を規定
- B-2200 基本動作：確認方法及び判定基準を規定
- B-2300 位置決め単体作動精度：確認方法及び判定基準を規定
- B-2400 位置決め精度：確認方法及び判定基準を規定
- B-2500 探触子保持機能：確認方法及び判定基準を規定
- B-2600 欠陥検出再現精度：確認方法及び判定基準を規定
- B-2700 データ収録機能：確認方法及び判定基準を規定
- B-3100 製作時試験：実施時期を、装置の新規製作時及び位置決め精度に係る部分（ソフトウェアを含む。）に改造を加えた場合と規定
- B-3200 使用前点検：実施時期を、探傷を実施する 12 ヶ月以内と規定
- B-3300 日常点検：実施時期を、一般には試験実施前後で実施と規定
- B-3400 性能確認の実施程度：製作時試験、使用前点検及び日常点検における、それぞれの性能確認項目を規定

2) 技術評価の結果

本附属書は、「日本電気協会「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における

超音波探傷試験規程」(JEAC4207-2008)に関する技術評価書」(平成21年2月原子力安全・保安院及び独立行政法人原子力安全基盤機構とりまとめ)における日本電気協会への要望事項に基づき、自動探傷装置を使用する場合の位置精度、探傷ピッチ、作動精度等の確認方法等を具体的に規定したものである。本附属書について、本附属書の規定に基づく超音波自動探傷装置を用いることで、本文で規定する手動探傷と同等以上の精度での探傷が可能かという観点で技術評価を実施した。

「B-1500 性能確認項目」においては、装置の機能及び精度に対する性能確認項目として、外観目視、基本動作、位置決め単体作動精度、位置決め精度、探触子保持機能、欠陥検出再現精度及びデータ収録機能の7項目を規定している。これらの項目を確認することで、本文で規定する手動探傷と同等の精度での探傷が可能と考えられるため、妥当と判断する。

「B-2600 欠陥検出再現精度」においては、欠陥検出再現精度の判定基準として、エコー高さの最大値と最小値の差が4dB以下であることとしている。手動探傷や自動探傷の区別なく規定した第2章一般事項の「2500 時間軸及び基準感度の調整」では、試験前に設定した基準エコー高さに対して、試験後の感度は $\pm 2\text{dB}$ の許容値を定めている。B-2600では、3回以上装置の取付け・取り外しを行い、その度に設定した基準感度でモックアップに付与された欠陥を探傷して、それらのエコー高さの変動幅を比較しているため、複数回探傷のエコー高さの最小と最大値の変動幅について、 $\pm 2\text{dB}$ の絶対値である4dBを判定基準とすることは妥当と判断する。なお、4dBという値には装置の取付け・取り外しによる変動幅とモックアップに付与された欠陥の探傷データによる変動幅の和であるので、前者の変動幅が小さく後者の変動幅が大きい場合には、実際の探傷時に許容値($\pm 2\text{dB}$)を超える可能性が否定できないが、その場合は試験を無効とし再探傷することを規定している。

3) 適用に当たっての条件

なし

(3) 附属書C フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法

1) 規定の内容

C-1300 適用手法: 欠陥検出についてフェーズドアレイ技術を用いた手法と従来手法を組み合わせて適用してもよいこと、及び欠陥長さ測定についてフェーズドアレイ技術を用いた手法又は従来手法のいずれを用いてもよいことを規定

C-1400 適用区分: フェーズドアレイ技術を用いた探傷法を適用する場合の適用方法として、(1)従来手法と同等の手順・判定及び考え方を用いて行う方法、(2)従来手法とは異なるが、校正用試験片等により同等以上の欠陥検出能力があることを、校正によって確認した上で行う方法、(3)従来手法によるUT方法に代えて、同等以

上の試験結果が得られる手法であると予め確認した上で適用する方法の 3 つに区分することを規定

- C-1500 試験評価員及び試験員：試験評価員及び試験員に求める知識について規定
- C-2000 従来手法に準じた方法
- C-2200 探傷装置：フェーズドアレイ超音波探傷器の性能試験及びフェーズドアレイ探触子について規定
- C-2300 探傷方法一般：感度校正方法及び走査方法について規定
- C-2400 走査範囲：探触子の走査範囲について規定
- C-2500 評価及び記録：検出されたエコーの分類及び評価は第 2 章「2710 記録要領」に従うこと並びに検出されたエコーについて記録すること、検出された場合の欠陥長さについて、第 2 章、第 3 章及び第 4 章に従うことを規定
- C-3000 校正によって従来手法と同等以上であることを示す方法
- C-3200 探傷装置：「C-2200 探傷装置」に従うことを規定
- C-3300 探傷方法一般：適用する探触子の周波数及び対比試験片は第 2 章、第 3 章及び第 4 章に従うこと、探傷有効範囲の確認方法として、セクタ走査を用いる場合には、付与された人工欠陥が検出可能な範囲が探傷有効範囲となることを規定
- C-3400 走査範囲：探触子の走査範囲の設定方法について規定
- C-3500 評価及び記録：検出されたエコーの分類及び評価は第 2 章「2710 記録要領」に従うこと並びに検出されたエコーについて記録すること、検出された場合の欠陥長さは第 4 章「4274 記録」に従うことを規定
- C-4000 検出能力を実証する方法
- C-4100 一般事項：本項が、「C-2000 従来手法に準じた方法」、「C-3000 校正によって従来手法」と同等以上であることを示す方法以外の探傷要領を設定し、その要領に従って探傷を行おうとする場合に、その探傷要領が妥当であることを実証することで探傷要領の妥当性を証明する場合の実証方法について示すこと、妥当性確認方法の原則について規定
- C-4200 要領書：要領書の記載事項について、(1)適用範囲、(2)試験部の区分、(3)試験評価員及び試験員、(4)超音波探傷装置、(5)感度校正方法、(6)探傷手順、(7)判定方法、(8)欠陥長さ測定方法とすることを規定
- C-4300 確認事項：試験部の区分並びに確認に用いる試験片及び人工欠陥について規定
- C-4400 確認手順：探傷要領の妥当性の確認試験について、事前準備における確認事項と、確認試験においては、要領書に従って実施し、要領書に探傷条件等、範囲（幅）を持って指定している項目については、その探傷条件の範囲で各々確認を行うこと、また、手動走査の場合には、同一手順で 3 回のデータ採取を行うことを規定
- C-4500 適用可否の判断：欠陥検出の判定基準として、①付与された人工欠陥が要領書で記載した条件で検出できること、②探傷要領で範囲を持って規定している項目に

については、その範囲の上限及び下限で同様に検出可能であること、③手動走査では3回の試験で同様に検出可能であることを規定

欠陥長さ測定の判定基準として、付与された人工欠陥の長さが要領書で指定した条件により測定可能であり、その長さ測定精度がUTS等の成果と同等以上であることを規定

C-4600 超音波探傷装置の同等性：超音波探傷器及び探触子の同等性について規定

2) 技術評価の結果

本附属書は、これまで超音波探傷試験規程 2008 年版の欠陥検出では欠陥であるかの確認のみに用いられてきたフェーズドアレイ技術について、本文で規定する屈折角が固定されている従来手法に代えて、欠陥検出及び欠陥長さ測定に用いる場合の方法を規定したものである。本附属書の規定に基づくフェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法を適用することで、本文で規定する従来手法による探傷と同等以上の精度での探傷が可能かという観点で技術評価を実施した。

「C-2000 従来手法に準じた方法」においては、例えば探傷の補助情報として、フェーズドアレイ画像を用いる場合、複数の屈折角、焦点距離の探傷を同時に行う場合、又は機械的走査の代替として電子的リニア走査を行う場合といった従来手法に準じた方法を示している。本方法は、本文で規定する屈折角が固定されている従来手法のデータを取得できた上で、さらにフェーズドアレイ画像や他の屈折角での探傷データを取得できる方法であるため、妥当と判断する。

「C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法」においては、例えば探触子の機械的走査を削減するためフェーズドアレイ技術のセクタ走査若しくはリニア走査による探傷を行う場合又は複雑形状部や探傷不可範囲部の探傷不可範囲を削減するためセクタ走査等による探傷を行う場合について、従来手法と同等以上の欠陥検出能力があることを校正により確認した上で行う方法を示している。

校正に用いる対比試験片には、規程の第2章、第3章及び第4章に規定する縦波斜角法に使用するノッチを付与された試験片を用いることとしていることから、妥当と判断する。

「C-4000 検出能力を実証する方法」においては、例えば難検査部位や実証データが整備されていない部位に新たな検査手法を適用する場合について、その検出能力を直接確認し、従来手法と同等以上の試験結果が得られると確認した上で適用する方法を示している。しかし、対象とする手法が多様であり、妥当性の確認方法の適切性も個別に判断すべきであることから、「C-4000 検出能力を実証する方法」は技術評価の対象外とする。

3) 適用に当たっての条件

- 「C-4000 検出能力を実証する方法」は技術評価の対象外とする。

(4) 附属書 D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領

1) 規定の内容

D-1300 一般事項：UT は垂直法又は斜角法により実施し斜角法の公称屈折角は原則 45° とすること及び検出した指示が欠陥であるかどうか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、周波数、周波数帯域、焦点の有無、フェーズドアレイ技術、板厚方向に深さのある反射源か否かを確認するための深さ測定等を追加して行うことができることを規定

D-2000 使用機材

D-2100 超音波探傷器：パルス反射式の超音波探傷器又は探傷手法に従った超音波探傷器を用いることを規定

D-2200 探触子：周波数は 0.4～15MHz、超音波のモードは横波又は縦波とし、「D-3100 基準感度の設定」で規定する基準感度が設定できるものを選択することを規定

D-2300 対比試験片：試験片に設ける校正用反射体について、原則として矩形ノッチとし、深さは 1.0mm、最も近い端面からの距離及び長さは 40mm 以上とすること、また試験範囲の側面を走査面とする場合には、ノッチは実探傷における最大ビーム路程以上となる位置に設けること、対比試験片の形状について、厚さは溶接部の厚さの実測値又は接合される母材の公称厚さのいずれかとすることを規定

D-3000 探傷方法

D-3100 基準感度の設定：設定方法について規定

D-3200 探触子の走査方向：探触子の走査方向について、想定される欠陥に対して超音波ビームが直交する方向に伝播するように行うことを規定

D-3300 探触子の走査範囲：可能な限り維持規格で要求される試験範囲に超音波が伝播するように行うこととし、試験部の幾何学的形状等の理由により満足できない場合は探傷不可範囲として記録することを規定

D-4000 記録要領及び欠陥寸法測定

D-4100 試験記録：DAC20%を超えるエコーが検出された場合、第 2 章「2710 記録要領」で記録することとし、これを記録レベルとすることを規定

D-4200 欠陥寸法測定：反射源が欠陥に基づくエコーについては、試験結果の記録と共に欠陥長さ寸法測定を行うこととし、欠陥長さ寸法は記録レベルを超える指示長さとすることを規定

2) 技術評価の結果

本附属書は、維持規格「IJG-2540 試験方法」に規定されている炉心シュラウドに対する目視試験 (MVT-1) の代替としての UT について、その実施要領を具体的に規定したもので、維持規格 2004 年版技術評価書「7.2 技術評価のまとめ」において、亀裂長さ計測の要領

が学協会規格等で確立することを要件に適用可能とするとしていたことに対応するものである。本附属書について、本文で規定する UT の要領と同等の探傷能力を確保できる要領となっているかという観点で技術評価を実施した。

本附属書は、MVT-1 が実施困難な部位に対して適用が予想される UT の要領である。MVT-1 が実施困難な部位に対しては、「解説 D-1200 適用範囲」に記載されているとおり、超音波探傷であっても物理的にひびの開口面側からの直射法の実施は困難であることが予想されることから、対象範囲をひびの開口面側からの 1 回反射法での超音波探傷及び、ひびの反開口面（裏面）側からの直射法での UT としていることは妥当と判断する。

「D-1300 一般事項」で規定する探傷方法一般についての内容は、「3211 一般」及び「4221 一般」と同様であり、妥当と判断する。

「D-2000 使用機材」で規定する超音波探傷器及び探触子についての内容は、「2310 超音波探傷器」及び「2320 探触子」と同様であり、妥当と判断する。

「D-3100 基準感度の設定」で規定する基準感度の設定方法は、ノッチを実探傷における最大ビーム路程以上となる位置に設けて、それからのエコーを基準感度としており、妥当と判断する。

「D-3300 探触子の走査範囲」で規定する探触子の走査範囲は、維持規格で要求される試験範囲に超音波が伝播するように行うとしているものであり、妥当と判断する。

「D-4000 記録要領及び欠陥寸法測定」で規定する試験の記録要領及び欠陥寸法測定についての内容は、それぞれ第 2 章「2710 記録要領」及び「2720 欠陥寸法測定」と同様であり、妥当と判断する。

3) 適用に当たっての条件

なし

(5) 変更点以外の技術評価

1) 技術評価の結果

①溶接部の余盛り仕上げについて

「2120 試験部の表面状態」において、溶接部の余盛りを平滑に仕上げた後の非破壊試験が規定されていない。

2120 試験部の表面状態

探触子を走査する範囲の表面は、清浄で、かつ滑らかであるものとする。ただし、表面に固着したスケール又は塗料のある場合でも、表面が滑らかで、はく離するおそれがなく、かつ超音波の伝ばを妨げるおそれのないものは取り除かなくてもよい。

また、溶接部の余盛などは対象となる機器に有害でない範囲で平滑に仕上げることが望ましいが、斜角探傷において配管内面の探傷が十分可能である場合などは、平滑に仕上げることがを要しない。

(解説-2120-1)

新設プラントあるいは既設プラントの改造工事時において、以降の試験に対し、溶接余盛等によって走査の妨げが予想される場合には、これを除去することを推奨した。ただし、余盛を除去する場合であっても、設計・建設規格で定める必要な厚さを下回らないこと。

「2120 試験部の表面状態」では「溶接部の余盛などは対象となる機器に有害でない範囲で平滑に仕上げることが望ましい」とし、解説-2120-1において「余盛を除去する場合であっても、設計・建設規格で定める必要な厚さを下回らないこと」としているが、当該部の供用開始後に余盛等を削って平滑に仕上げた場合には新たな表面が生ずるので、設計・建設規格又は溶接規格に基づき非破壊試験（磁粉探傷試験（磁粉探傷試験が不適当な場合は浸透探傷試験））を行い判定基準に合格する必要がある。しかし、本規程は「1100 目的」に規定しているように、UTについてその要領を示すものであり、加工については維持規格による。維持規格の「IA-2510 一般事項」(2)は「非破壊試験のため表面処理が必要な場合」の処理範囲を規定しているが、解説において、表面処理後の厚さは計算上必要な厚さを下回ってはならないと記載しており、減肉加工を含む表面処理であることが明確である。

IA-2510 一般事項

- (1) 供用期間中検査に適用する非破壊試験は、目視試験、表面試験および体積試験とする。適用する試験方法は、各試験カテゴリの規定に従わなければならない。なお試験実施に対しては、遠隔装置を適用してもよい。
- (2) 非破壊試験のため表面処理が必要な場合、処理範囲は、試験が十分に行えるように試験範囲およびその周辺領域を含めなければならない。（解説 IA-2510-1）

(解説 IA-2510-1) 表面処理後の厚さ

表面処理後の厚さは、「設計・建設規格」で定める計算上必要な厚さを下回ってはならない。

したがって、適用に当たっては、維持規格の「IA-2510 一般事項」(2)の末尾に「表面処理として余盛除去等の減肉加工が行われた面は、適用規格に基づき非破壊試験（磁粉探傷試験（磁粉探傷試験が不適当な場合は浸透探傷試験））を行う。」を追加する。

なお、「解説 IA-2510-1 表面処理後の厚さ」は、表面処理後の厚さに関する要求事項であることから、解説ではなく規定とするよう要望する。

② 要記録エコーの分類について

「2712 試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析」の「解説-2712-1 反射源の位置の解析」、「解説表-2712-1 エコー分類 (22/23)」及び「解説表-2712-1 エコー分類 (23/23)」において、要記録エコーを適用規格によって合格と判定される場合は不連続部エコー、不合格と判定される場合は欠陥エコーに区分している。この場合の適用規格は、維持規格であるが、維持規格の判定基準は設計工事段階の溶接規格又は設計・建設規格とされている。一方、亀裂解釈は、維持規格の許容基準に適合する亀裂等については、規則不適合欠陥¹¹²に該当しないものとして扱うとしており、判断基準が異なる。

2712 試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析

(1) 反射源の位置の解析

ビーム路程、屈折角、試験部の厚さ等から、図-2712-1 に例示する方法等により、反射源の位置の解析を行う。(解説-2712-1)

(2) 反射源の種類の解析

超音波探傷試験で検出されたエコーについて、その反射源が欠陥に基づくものか、試験部の金属組織的变化又は形状に起因するものかを判断するために、解析を行う。表-2712-1 以外のエコー名称を用いる場合は、その定義を明確にしておく。(解説表-2712-1)

- a. 表面形状に（例えば溶接裏波部形状）によるエコーであると判断された場合には形状エコーと、材料の金属組織的变化（例えば溶接金属と母材との境界部）によるエコーであると判断された場合には、金属組織エコーと評価する。
- b. 形状エコー又は金属組織エコーと判断する手段は次のとおり。
 - (a) 通常の試験要領によって反射源が存在する範囲を評価する。
 - (b) 反射源の座標をプロットし位置関係を確認する。反射源の位置及び裏波部やテーパ移行部等表面の不連続位置を図示した断面図を用意する。
 - (c) 製作図又は溶接開先図と照合して確認する。
 - (d) 反射源を分類するに当たり、表-2712-1 を用いる。
- c. これらの代わりに他の非破壊検査手法を用いて指示が形状又は金属組織によるものであることを判断してもよい。（例えば他の屈折角、放射線透過試験、内面又は外面の形状計測）

(解説-2712-1) 反射源の位置の解析

反射源位置の作図において、その後行う反射源の種類の分類に支障をきたすと判断される場合は、以下の手順に従うことが望ましい。

¹¹² 技術基準規則第18条第1項の「破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥」

- (1) 表面形状が反射源の種類に分類に影響を与えると判断される場合には、くし型ゲージ(シェイプゲージ)等により表面形状を考慮した上で、反射源位置の解析を行うことが望ましい。
- (2) 溶接継手中心が不明確で反射源の種類に分類に影響を与えると判断される場合は、斜角法又は垂直法を用いて溶接継手中心を求めることが望ましい。
- (3) 内面形状変化がある場合で、反射源の種類に分類に影響を与えると判断される場合は、詳細板厚測定を実施することが望ましい。このとき、オーステナイト系ステンレス鋼の詳細板厚測定を行う場合は、反射源の分類に必要な範囲にわたり、概ね 2.5mm 間隔での測定が望ましい。

解説表-2712-1 エコー分類 (22/23)

D-a	
区分 1 : D 要記録エコー	区分 2 : a 不連続エコー
エコーの説明	エコー名表記：不連続エコー 又は非金属介在物など (その他特定できた場合)
<p>他のいずれのエコーにも分類されず、反射源が不連続部であると推定されるもの。</p> <p>適用規格によって不合格と判定される場合には、「欠陥エコー」とする。</p> <p>一般的に複数の探傷方法や他の非破壊検査手法の結果と合わせて総合的に判断する。単一の超音波探傷手法のみでの判断は行わない。</p> <p>探傷結果を他の評価規定(維持規格等)に照らして判定を行うに当たり、対象の反射源を以下の3種類に分類しても良い。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・面状欠陥 ・ラミネーション欠陥 ・線状欠陥 <p>(以下略)</p>	

解説表-2712-1 エコー分類 (23/23)	
D-b	
区分 1 : D 要記録エコー	区分 2 : b 欠陥エコー
エコーの説明	エコー名表記 : 欠陥エコー
<p>反射源が不連続部で、適用規格によって不合格とされるもの。 判定が行われていない場合には、「不連続部エコー」の表記による。 一般的に複数の探傷方法や他の非破壊検査手法の結果と合わせて総合的に判断する。単一の超音波探傷手法のみでの判断は行わない。 超音波探傷試験記録のみで記録を取り扱う場合には、不合格であるかの判定ができない場合があるので、その場合には「要記録エコー」と記載し、その他のき裂進展評価等を含めた記録とする場合には「欠陥エコー」と記載する。 (以下略)</p>	

亀裂解釈は、維持規格の許容基準に適合する亀裂等については規則不適合欠陥に該当しないものとして扱うとしており（後述の③及び④参照）、規則不適合欠陥が存在する機器は、技術基準規則に適合していない。また、供用期間中検査において検出された欠陥に対して、設計工事段階の溶接規格又は設計・建設規格の判定基準を適用してエコー分類を行うことは、「クラス 1 機器の欠陥評価の流れ」¹¹³の評価結果と同様に妥当ではない。供用期間中検査において検出された指示エコーが、設計工事段階の非破壊試験（RT）で許容された欠陥からのものであることが明らかでかつ変化が認められない場合には、当該エコーを不連続部エコーとし、その他の場合（新たに検出された場合を含む。）は欠陥エコーと区分する必要がある。

したがって、「解説表-2712-1 エコー分類 (22/23)」（不連続エコー）の「適用規格によって不合格と判定される場合には、「欠陥エコー」とする。」とあるのは、「指示エコーが製造時の非破壊試験で許容された欠陥からのものであることが明らかでない又は変化が認められる場合は、「欠陥エコー」とする。」と読み替える必要がある。

また、「解説表-2712-1 エコー分類 (23/23)」（欠陥エコー）の「反射源が不連続部で、適用規格によって不合格とされるもの。」とあるのは、「反射源が不連続部で、供用期間中検査で新たに検出された指示エコー又は製造時の非破壊試験で許容された欠陥からのものであることが明らかでない又は変化が認められる指示エコーのもの。」と読み替える必要がある。

③ 欠陥寸法測定の対象欠陥について

「2720 欠陥寸法測定」及び「解説-2720-1 欠陥寸法測定を要する場合」において、反射源が欠陥に基づくものについて欠陥寸法測定を行うと規定している。

¹¹³ 第 4 回維持規格の技術評価に関する検討チーム資料 4-1 No. 17 クラス 1 機器の欠陥評価の流れ

2720 欠陥寸法測定

供用期間中検査において超音波探傷試験を行った結果、反射源が欠陥に基づくものについては、2710 項に示す記録要領に従って超音波探傷試験の結果を記録するとともに、欠陥寸法測定を行う。(解説-2720-1)

この場合において、欠陥長さ寸法は記録レベルを超える指示長さとし、欠陥深さ寸法は 2721 項、2722 項に基づき附属書 A「欠陥深さ寸法測定要領」に規定された方法により測定したものとする。ただし、クラッド付き管台内面の丸みの部分及びステンレス鋼、異種金属溶接継手部（バタリング部に検出された欠陥に限る）の欠陥長さ測定については、これによらず保守的と考えられる評価方法による。

(解説-2720-1) 欠陥寸法測定を要する場合

供用期間中検査において、進展性のある有意な差がある反射源（すなわち有意な欠陥）の場合には、欠陥長さ及び深さを測定し、評価することが必要である。

本件は次の④と合わせて評価を行う。

④ クラス 1 機器の欠陥寸法測定の対象欠陥について

「2721 クラス 1 (第 1 種) 機器」は、欠陥深さ寸法測定を行うものとして、「維持規格の「EB-1300 欠陥評価」(JEAC4205 2000 年版の「A-3000 試験結果の評価」) に基づき欠陥評価を行う場合であって、欠陥指示が溶接規格に適合しない場合」及び「明確な進展性の有る有意な差が認められる場合」と規定している¹¹⁴。

2721 クラス 1 (第 1 種) 機器

維持規格の EB-1300 項 (JEAC4205 の A-3000 項) に基づき欠陥評価を行う場合であって、欠陥指示が溶接規格に適合しない場合には、欠陥深さ寸法測定を行う。

また、明確な進展性の有る有意な差が認められる場合にも、欠陥深さ寸法測定を行う。(解説-2721-1)

ここで、垂直法で検出される探傷面に平行な面状の反射源の寸法測定は探触子の移動距離を測定することにより行うこととする。

また探傷面に直交する面状の反射源の寸法測定は長さについては探触子の移動距離による測定、深さ寸法測定は附属書 A による方法とする。

(解説-2721-1) 欠陥指示が溶接部にある場合

溶接規格に適合する欠陥指示とは、その位置などから溶接施工時に溶接部の内部に生じたものと判断され、溶接部の判定基準である溶接規格に適合するものを言い、この場合、欠陥深さ寸法測定は実施しない。適合しない欠陥指示とは、欠陥が表面にある場合などで、割れか否かの判断が付かない場合にも欠陥深さ寸法測定の対象とした。

有意な差とは、機器の製造時の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位

¹¹⁴ 維持規格の関連規定に対する評価については前出の「クラス 1 機器の欠陥評価の流れ」の①を参照

置、UT 検出性等の実証試験データ、他の非破壊試験方法による補足試験結果（屈折角度、走行間隔等を変えた UT、他の手法による非破壊試験等）等を参考に総合的に判断し、供用期間中における欠陥の発生、進展によって生じた変化が認められる場合のことを言う。

なお、UTS では、以下の表の結果が得られており、統計学上は 2σ の範囲に約 96% のデータが含まれる。

解説表-2721-1 UTS で測定した標準偏差 (1σ) の値 … (略)

「2720 欠陥寸法測定」は、反射源が欠陥に基づくものについて欠陥寸法測定を行うと規定し、「2721 クラス 1 (第 1 種) 機器」は、欠陥深さ寸法測定を行うものは、維持規格の「EB-1300 欠陥評価」に基づき欠陥評価を行う場合であって、欠陥指示が溶接規格に適合しない場合及び明確な進展性のある有意な差が認められる場合と規定している。しかし、亀裂解釈においては以下のように規定している。

- a) 非破壊試験を行う。
- b) 当該試験によって検出された亀裂、孔その他の損傷（以下「亀裂等」という。）については、その形状及び大きさが特定されたとき、別紙 2¹¹⁵に定める評価を行う。
- c) 当該評価の結果、維持規格及び事例規格の許容基準¹¹⁶に適合する亀裂等については、規則不適合欠陥に該当しないものとして扱う。

亀裂解釈は、供用期間中検査で検出された欠陥指示は寸法測定を行い、維持規格及び事例規格による欠陥評価を行うことを求めており、設計工事段階の規格である溶接規格の判定基準によるとはしていない。これは、溶接規格の非破壊試験の判断基準が溶接部の強度の観点から規定しているのに対して、運転段階では供用期間中における亀裂等の進展を考慮した破壊力学的な評価を判断基準にしているためである。

一方、機器の設計工事段階には溶接規格等による非破壊試験と耐圧試験が行われているので、非破壊試験によって許容される欠陥が存在していても、使用開始後直ちに破壊に至るとは考えられていない。検出された指示エコーについて、供用前検査及び以前の供用期間中検査の指示エコーと比較して変化が認められなければ、その形状及び大きさの特定並びにその結果に基づく維持規格「EB-1300 欠陥評価」による評価も省略可能とすることができると考えられる。この場合、反射源からのエコーの供用前検査又は以前の供用期間中検査におけるエコーとの比較において、振幅を比較する場合には測定のばらつきを、指示長さを比較する場合は測定誤差を考慮して比較することが重要である

また、設計工事段階の非破壊試験 (RT) に合格した溶接部であっても、RT では検出されない欠陥（特に面状欠陥）が存在する可能性は否定できず、これが供用前検査又

¹¹⁵ 別紙 2 維持規格及び事例規格による欠陥評価について

¹¹⁶ 第二段階の欠陥評価における許容基準

は供用期間中検査の UT で新たに検出されることが想定されるが、このような場合は「欠陥エコー」として維持規格「EB-1300 欠陥評価」に従って欠陥評価を行うためサイジングを行う必要がある。

したがって、「2720 欠陥寸法測定」において「反射源が欠陥に基づくもの」は「反射源が新たに検出されたもの及び反射源からのエコーが供用前検査又は以前の供用期間中検査におけるエコーと比較して変化が認められるもの」と読み変える必要がある。

また、「2721 クラス 1（第 1 種）機器」において、欠陥深さ寸法測定を行うものは「維持規格の EB-1300 項（JEAC4205 の A-3000 項）に基づき欠陥評価を行う場合であって、欠陥指示が溶接規格に適合しない場合」という規定のうち、前半の「維持規格の EB-1300 項に基づき欠陥評価を行う場合であって」については、「EB-1310 第一段階の欠陥評価」において評価不要欠陥寸法との比較をするために欠陥深さ寸法が必要であり、選択条件ではない。また、「JEAC4205 の A-3000 項」は当該規程が 2010 年に廃止されているので削除が必要である。

後半の「欠陥指示が溶接規格に適合しない場合」については、前述の②で述べたとおり、溶接規格の判定基準に対する適合可否でもって欠陥深さ測定の要否の判断基準とすることは、亀裂解釈と整合していない。また、溶接規格による UT の場合は、溶接時のブローホール等の検出を主目的とした 1 方向探傷であるのに対して、供用期間中検査は、面状亀裂の検出も可能な 5 方向探傷が原則であり、供用期間中検査の方法よりも簡易な検出方法を適用可とするのは適切ではない。

したがって、「2721 クラス 1（第 1 種）機器」の「維持規格の EB-1300 項（JEAC4205 の A-3000 項）に基づき欠陥評価を行う場合であって、欠陥指示が溶接規格に適合しない場合」とあるのは、「維持規格の EB-1300 項に基づき欠陥評価を行うために」と読み替える必要がある。

また、「解説-2721-1 欠陥指示が溶接部にある場合」における「溶接規格に適合する欠陥指示とは、その位置などから溶接施工時に溶接部の内部に生じたものと判断され、溶接部の判定基準である溶接規格に適合するものを言い、この場合、欠陥深さ寸法測定は実施しない。適合しない欠陥指示とは、欠陥が表面にある場合などで、割れか否かの判断が付かない場合にも欠陥深さ寸法測定の対象とした。」は上記理由により適用除外とする必要がある。

さらに、「供用期間中における欠陥の発生、進展によって生じた変化」については、欠陥が発生して進展した結果の変化に限定し、供用前から存在していた欠陥の進展は対象外とする誤解釈をする可能性があるため「供用期間中における欠陥発生又は欠陥の進展によって生じた変化」と読み替える必要がある。

⑤ クラス 2 機器の欠陥寸法測定の対象欠陥について

「2722 クラス 2（第 3 種）機器」において、維持規格の「EC-1200 判定基準」に適合せず「EA-3000 評価の一般規定」に基づいて欠陥評価を行う場合にのみ、欠陥深さ寸法

測定を行うと規定している。

2722 クラス 2 (第 3 種) 機器

維持規格の EC-1200 項 (JEAC4205 の A-3000 項) に適合しない場合で、EA-3000 「評価の一般規定」に基づいて欠陥評価を行う場合には、欠陥深さ寸法測定を行う。

「2722 クラス 2 (第 3 種) 機器」において、維持規格の「EC-1200 判定基準」に適合せず「EA-3000 評価の一般規定」に基づいて欠陥評価を行う場合にのみ、欠陥深さ寸法測定を行うと規定しているが、「EC-1200 判定基準」は設計工事段階に適用する溶接規格や設計・建設規格の非破壊試験方法と判定基準を用いており、③及び④で述べているように適切ではない。また、欠陥に「EC-1310 第 1 段階の欠陥評価」における評価不要欠陥寸法を適用する場合もある。

したがって、「維持規格の EC-1200 項 (JEAC4205 の A-3000 項) に適合しない場合で、EA-3000 「評価の一般規定」に基づいて欠陥評価を行う場合には、欠陥深さ寸法測定を行う。」とあるのは、「供用前検査又は以前の供用期間中検査の結果と比較して変化が認められる場合及び新たに検出された場合には、維持規格 EA-3000 に基づいて欠陥評価を行うために欠陥深さ寸法測定を行う。」と読み替える必要がある。

⑥ 試験結果の評価について

「2730 試験結果の評価」において、検出された欠陥は維持規格の「EA-3000 評価の一般規定」に従って評価すると規定している。また、試験結果を評価する場合に、維持規格が設計工事段階の適用規格に規定する非破壊試験で判定することを規定していることを受けて、追加探傷の例を「解説-2730-1 追加の探傷」に記載している。

2730 試験結果の評価

超音波探傷試験により検出された欠陥は、維持規格の EA-3000 項 (JEAC4205 の A-3000 項) の規定に従って評価する。

また、試験結果を評価する場合、必要に応じて追加の探傷を行う。(解説-2730-1) (解説-2730-1) 追加の探傷

維持規格又は JEAC4205 の試験結果で評価する上で、溶接規格又は設計・建設規格を引用し、判定しているものがある。この場合には各々の規格に従った追加の探傷が必要な場合がある。評価を行う上での代表的な例を以下に示す。

ラミネーション欠陥を検出した例

- ① ラミネーション欠陥であることの確認：垂直探傷にて指示範囲の両端に対して反射源深さを測定し、その傾きが探傷面に対して 10° 以内であることを確認する。
- ② 対象が鋳造品である場合
設計・建設規格で定める対比試験片で感度校正を再度調整するか、実施した探傷との感度差を計算し、エコー高さを評価する。

③ 対象が鍛造品である場合（管もこれに含む）

底面エコー方式による探傷を実施し、底面エコー高さが表示器の5%以下になる部分の有無を確認する。（設計・建設規格）

④ 対象が板である場合（板から製造された管、容器等を含む）

底面エコー方式による探傷を実施し底面エコーの消失の有無を確認する。（設計・建設規格）

なお、これらの時に各々の規格で要求されている探傷器等の性能試験（増幅直線性、時間軸直線性）については、本規格での要求を満たすことで代用できる。

「2730 試験結果の評価」において、検出された欠陥は維持規格の「EA-3000 評価の一般規定」に従って評価すると規定しているが、「2700 記録要領及び欠陥寸法測定」は超音波探傷試験規程の記録要領及び欠陥寸法測定であり、試験結果の欠陥としての評価は規定の範囲外と考えられる。

また、試験結果を評価する場合に、維持規格が、設計工事段階の適用規格に規定する非破壊試験で判定することを規定していることを受けて、必要に応じて行う追加探傷の例を「解説-2730-1 追加の探傷」に記載しているが、③及び④で述べているように、設計工事段階の試験方法と判定基準を適用するのは、妥当ではない。

したがって、「2730 試験結果の評価」は適用除外とする必要がある。

⑦配管の垂直法探傷の省略条件について

「4221 一般」において、垂直法探傷が省略できる場合を規定しているが、溶接以外の加工等が行われた場合に省略できないことが明確でない。

4221 一般

配管の突合せ溶接継手の試験は、垂直法及び斜角法により実施する。ただし、垂直法については、過去に、現在の校正方法・記録レベルが同一の条件で探傷した ISI 等の客観的記録があり、要記録エコーが記録されていない部位については斜角法のみとする。（解説-4221-1）

斜角法の公称屈折角は、原則として 45° とするが、試験部の厚さなどの幾何学的形状のため 45° が適さない場合には、他の屈折角を用いてもよい。（解説-4221-4）

また、斜角探傷で検出した指示が欠陥であるか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、あるいは周波数、周波数帯域、焦点の有無、2次クリーニング波法による試験、フェーズドアレイ法、板厚方向に深さのある反射源か否かを確認するための深さ測定等を追加して行うことができる。（解説-3211-1、解説-4221-1）

なお、他の屈折角等による追加の確認探傷は、欠陥かどうか疑わしいか否かにかかわらず実施してもよい。

（解説-4221-2）探傷方法の一般

垂直法では、運転に伴って発生が予想されるき裂状の反射源についての検出能力は非常に低く、探傷の位置付けとして斜角探傷の妨害となる大きなラミネーション

状の反射源の有無を確認するものである。このため現在の規定に照合して同等と考えられる探傷記録がある場合には垂直探傷を要求しないものとした。このときの記録については、ISIのように探傷実施者の他にその実施内容・手順等を客観的に確認していることが必要である。実際に ISI やそれに準ずる試験として実施する場合の他、PSI であっても第三者確認等を実施している場合はこれに含むものとする。なお、この場合であっても要記録エコーの記録されている部位（継手ではなく検出された反射源）については追加探傷を行う必要がある。

「4221 一般」において、配管の突合せ溶接継手の試験の場合は垂直法及び斜角法により実施するとし、ただし書で過去に同一の条件で探傷した供用期間中検査等の記録があり、要記録エコーが記録されていない部位については、斜角法のみとして垂直法探傷が省略できる場合を規定している。

これは、「解説-4221-2 探傷方法の一般」にも記載しているように、垂直法では、運転に伴って発生が予想される配管の厚さ方向のき裂状の反射源についての検出能力が非常に低いとの知見を反映したものであり、合理的である。

しかし、応力改善等の溶接以外の加工等が行われた場合には、施工時に負荷される大きな応力により、セパレーション等の損傷が発生することが考えられることから、垂直法を省略可能とすることは妥当ではない。

したがって、垂直法の省略については、応力改善等の施工が行われた場合には、供用前検査として垂直探傷を行う必要がある。

2) 適用に当たっての条件

- ① なし
- ②

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
解説表-2712-1 エコー分類 (22/23)	<u>適用規格によって不合格と判定される場合には、「欠陥エコー」とする。</u>	<u>指示エコーが製造時の非破壊試験で許容された欠陥からのものであることが明らかでない場合または変化が認められる場合は、「欠陥エコー」とする。</u>
解説表-2712-1 エコー分類 (23/23)	<u>反射源が不連続部で、適用規格によって不合格とされるもの。</u>	<u>反射源が不連続部で、供用期間中検査で新たに検出された指示エコーまたは製造時の非破壊試験で許容された欠陥からのものであることが明らかでないまたは変化が認められる指示エコーのもの。</u>

③

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
2720 欠陥寸法測定	供用期間中検査において超音波探傷試験を行った結果、 <u>反射源が欠陥に基づくもの</u> については、	供用期間中検査において超音波探傷試験を行った結果、 <u>反射源が新たに検出されたものおよび反射源からのエコーが供用前検査または以前の供用期間中検査におけるエコーと比較して変化が認められるもの</u> については、

④

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
2721 クラス 1 (第 1 種) 機器	維持規格の EB-1300 項 (JEAC4205 の A-3000 項) に基づき欠陥評価を行う場合であって、 <u>欠陥指示が溶接規格に適合しない場合には、欠陥深さ寸法測定を行う。</u>	維持規格の EB-1300 項に基づき欠陥評価を行う <u>ためには、欠陥深さ寸法測定を行う。</u>
(解説 -2721-1 欠陥指示が溶接部にある場合)	<u>欠陥指示が溶接部にある場合溶接規格に適合する欠陥指示とは、その位置などから溶接施工時に溶接部の内部に生じたものと判断され、溶接部の判定基準である溶接規格に適合するものを言い、この場合、欠陥深さ寸法測定は実施しない。適合しない欠陥指示とは、欠陥が表面にある場合などで、割れか否かの判断が付かない場合にも欠陥深さ寸法測定の対象とした。</u> 有意な差とは、	有意な差とは、
(解説 -2721-1 欠陥指示が溶接部にある場合)	供用期間中における欠陥の発生、 <u>進展によって生じた変化</u>	供用期間中における欠陥の発生 <u>または欠陥の進展によって生じた変化</u>

⑤

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
2722 クラス 2 (第 2 種) 機器	維持規格の EC-1200 項 (JEAC4205 の A-3000 項) に適合しない場合	<u>供用前検査または以前の供用期間中検査の結果と比較して変化</u>

	<u>で、EA-3000「評価の一般規定」に基づいて欠陥評価を行う場合には、欠陥深さ寸法測定を行う。</u>	<u>が認められる場合および新たに検出された場合には、維持規格EA-3000に基づいて欠陥評価を行うために欠陥深さ寸法測定を行う。</u>
--	--	---

⑥ 「2730 試験結果の評価」は適用除外とする。

⑦

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
4221 一般	<u>ただし、垂直法については、過去に、現在の校正方法・記録レベルが同一の条件で探傷した ISI 等の客観的記録があり、要記録エコーが記録されていない部位については斜角法のみとする。</u>	<u>ただし、過去に、現在の校正方法・記録レベルが同一の条件で探傷した ISI 等の客観的記録があり、要記録エコーが記録されていない部位については斜角法のみとするが、厚さ方向の応力分布が変化するような施工が行われた場合は再度垂直法を行う。</u>

維持規格について

①

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
IA-2510 一般事項 (2)	非破壊試験のため表面処理が必要な場合、処理範囲は、試験が十分に行えるように試験範囲およびその周辺領域を含めなければならない。	非破壊試験のため表面処理が必要な場合、処理範囲は、試験が十分に行えるように試験範囲およびその周辺領域を含めなければならない。 <u>表面処理として減肉加工が行われた面は、適用規格に基づき非破壊試験（磁粉探傷試験（磁粉探傷試験が不適當な場合は浸透探傷試験））を行う。</u>

3) 要望事項

維持規格の「解説 IA-2510-1 表面処理後の厚さ」は、表面処理後の厚さに関する要求事項であることから、解説ではなく規定とするよう要望する。

3.2.3.3 伝熱管渦流探傷試験指針に関する技術評価

伝熱管渦流探傷試験指針 2012 年版は、2005 年版で規定していた X プローブを廃止して、同プローブ改良型のスマートアレイプローブに変更し、従前の外径 22.23mm 伝熱管用の他に外径 19.05mm 伝熱管に使用可能なインテリジェントプローブを追加したものである。外径 19.05mm 伝熱管を用いた蒸気発生器は国内に存在しないため、インテリジェントプローブは、今回の技術評価の対象外とする。

1) 技術評価の結果

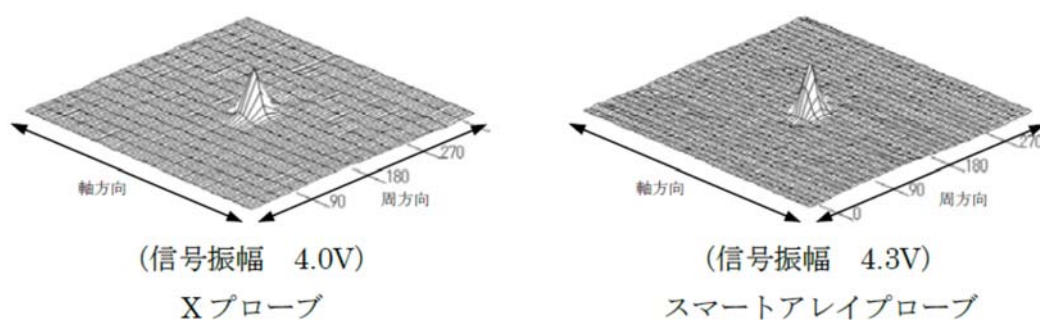
スマートアレイプローブは、従来の X プローブのコイル配置を改良して、周方向きずに対する分解能を向上させた改良型検査装置であり、実機への適用性を、実機模擬のモックアップ管及び小曲げ U ベンド部模擬短管を用いた試験¹¹⁷により確認できていることから、この変更は妥当と判断する。

- スマートアレイプローブ構造

コイル配置はほぼ同等であるが励磁/検出コイルの切換パターンを見直すことにより、周モード全 32 チャンネルを同一円周上に配置し、周方向きずの分解能を向上させたプローブである。

- データの同等性

きず検出性については、X プローブとほぼ同等の感度で検出可能であることを確認している。(図 3.2.3.3-1 きず信号例を参照)



[外面周方向 EDM スリット / 長さ 5mm、幅 0.2mm、深さ 40% (約 0.5mm)]

図 3.2.3.3-1 きず信号例

- 確証内容

実機模擬した SG 伝熱管に対して以下の確認を行っている。

プローブ挿入性、走査速度、きず検出性 (EDM スリット、減肉、ピッチング、模擬 SCC)、探傷器性能、解析機能 (位相・感度校正機能、自動構造物検出機能、解析機能)

¹¹⁷ 前田ら, 「スマートアレイプローブの開発と実機への適用」, 保全学 Vol. 10, No. 1 (2011), pp. 28-34.

2) 適用に当たっての条件

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
3.2.3.1 全長用インテリジェントプローブによる渦流探傷試験 (4) 試験周波数	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。 <u>また, 外径 19.05mm 伝熱管では 200 kHz は参考周波数。</u>)	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。)
3.2.3.2 小曲げ伝熱管半長部用インテリジェントプローブによる渦流探傷試験 (4) 試験周波数	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。 <u>また, 外径 19.05mm 伝熱管では 200 kHz は参考周波数。</u>)	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。)
3.2.3.3 小曲げ伝熱管Uバンド用インテリジェントプローブによる渦流探傷試験 (4) 試験周波数	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。 <u>また, 外径 19.05mm 伝熱管では 200 kHz は参考周波数。</u>)	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。)

3.2.3.4 超音波探傷試験システム認証に関する技術評価

ステンレス鋼管の応力腐食割れによる亀裂の寸法測定に関する技術者資格については、亀裂解釈の別紙1「非破壊試験の方法について」において、同亀裂のサイジングを行う場合は、日本非破壊検査協会「超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証（NDIS 0603）」（以下「超音波探傷試験システム認証」という。）2005年版の附属書（規定）「軽水型原子力機器に対するPD資格試験」に合格し、認証を受けたPD技術者¹¹⁸が、同規格により認証された探傷装置を用い、PD認証方法¹¹⁹により行うこととしている¹²⁰。

超音波探傷試験システム認証 2015年版は、2005年版の上記附属書を附属書A（規定）「軽水型原子力機器のオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部に対するき裂高さ測定のPD資格試験」と改題し、新規に附属書B（規定）「軽水型原子力発電所用のウェルドオーバーレイ施工部に対するPD資格試験」及び附属書C（規定）「異種金属溶接継手に対する亀裂高さ測定のPD資格試験」を追加したものである¹²¹。

ウェルドオーバーレイ（以下「WOL」という。）施工部に対する運転段階の非破壊試験の試験員については、亀裂解釈の別紙1「非破壊試験の方法について」の10.（3）において、PD技術者にWOL用試験体を用いた探傷研修等の追加要件を付して、探傷を確実に実施できる者としている。附属書Bはこれに係る規定である。

附属書Cは、異種金属溶接継手に対する亀裂高さ測定のPD資格試験である。

- （1）本文規定及び附属書A「軽水型原子力機器のオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部に対するき裂高さ測定のPD資格試験」

1）変更点

用語等の見直し並びに附属書B及びCの追加に伴う記載の変更を行った。

¹¹⁸ 超音波探傷試験技術者

¹¹⁹ 超音波探傷試験システム認証 2005年版により認証された手順書に従って行う方法

¹²⁰ 維持規格は、非破壊試験の試験員について、「IA-2620 非破壊試験試験員」で「試験を行うための十分な能力を有する」ものであることを規定し、「解説 IA-2620-1 非破壊試験試験員」において、日本非破壊検査協会「非破壊試験技術者技量認定規程（NDIS 0601）」に基づく1種以上の資格又はJIS Z 2305に基づくレベル1以上の資格を有するものを例示している。

亀裂の寸法測定に関する技術者資格については、維持規格に規定されていないが、引用された超音波探傷試験規程の「附属書A 欠陥深さ寸法測定要領」の「A-1300 試験評価員及び試験員」において、試験員は所定の認証機関によるレベル2以上若しくは2種以上と規定している。また、「解説 A-1100-1 PD認証を取得した試験技術者、探傷装置及び手順書を用いて欠陥深さ測定を行う場合」において、同方法は「NDIS 0603の附属書によって認証された範囲においてUT技術者、探傷装置及び手順書を用いた欠陥深さ寸法測定を行う場合」と記載されている。

¹²¹ PD認証制度発足に伴う暫定措置の扱いについて

亀裂解釈の別紙1「非破壊試験の方法について」においては、亀裂のサイジングを行う場合について、PD認証方法により行う方法の他に、ただし書で「PD認証制度発足後の認証者が充足されるまでの当面の間における暫定的な措置として、JEAC4207-2008に規定する方法に次の条件（略）を付加した方法又はこれと同等以上の性能を有する方法により行うことを認めることとする。」と規定している。しかし、PD制度が亀裂解釈に導入されてから10年が経過し、これまでに多くのPD技術者が認証されていることから、このただし書は削除し、暫定措置を廃止する必要がある。

2) 技術評価の結果

用語等の見直し並びに附属書 B 及び C の追加に伴う記載の変更については、本文規定において、再認証の最大期間を 5 年から 10 年に変更しているが、附属書 A では、PD 認証の有効期間を 1 年、最大 4 回更新できるとしており、実質的な再認証の最大期間は 5 年であることから、実質的には変更はなく妥当と判断する。

附属書 B 及び C の追加に伴い、本文規定において、「序文」、「3 用語及び定義」の「3.6 経験」及び「3.19 基本的パラメータ」並びに「5.3 PD 試験センター」の「5.3.3」で「き裂」を「亀裂など」に変更している。これは、新たに追加された附属書 B 及び C で規定しているきずには亀裂以外のものも含まれていることによるものであり、既存の附属書 A では従前どおり亀裂は全て応力腐食割れを要求していることから、変更は妥当と判断する。

3) 適用に当たっての条件

なし

4) 要望事項

なし

(2) 附属書 B 軽水型原子力発電所用のウェルドオーバーレイ施工部に対する PD 資格試験

1) 技術評価の結果

技術基準規則解釈の「別記-3 ウェルドオーバーレイ工法の適用に当たって」においては、オーステナイト系ステンレス鋼配管の完全溶込み突合せ溶接部の周継手部内表面に検出された応力腐食割れによる亀裂について、WOL 工法を適用する場合についての材料、構造、溶接施工法、非破壊試験等を規定し、亀裂解釈において WOL 施工部についての運転段階の非破壊試験を規定している。なお、新たな耐圧部材である WOL 施工部（溶接部）全体についても初期データの記録及びその後の変化を確認する意味でデータを採取する必要があり、その時点では有意な信号（要記録エコー）は特定されていることが前提である。供用期間中検査としての UT 方法は原配管溶接開先幅とその両側 13mm の範囲における WOL 施工厚さと原配管肉厚の 25%厚さ全体の探傷が行われ、その範囲に応力腐食割れによる亀裂の進展がないことを確認することを目的としている。

附属書 B の附属書 A と異なる点について検討した。

- 試験探傷範囲を WOL 施工されたオーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手（ステンレス鋳鋼部を除く。）の他に、別記-3 に規定のない WOL 施工された異種金属配管突合せ溶接継手も試験対象としている。（B.1.2 認証の区分、B.2.4 試験体の要件 c) 1))
異種金属配管突合せ溶接継手の WOL 施工については具体的な工法が規定されていないことから技術評価の対象外とする。

- PD 試験体の原配管部きずは、WOL 工法の対象亀裂である SCC の他に、疲労亀裂又は PD 資格試験機関がこれらの亀裂との同等性を確認したものを含んでもよいこととしている。(B. 2. 4 試験体の要件 e) 1))
原配管部のきずは、供用期間中において SCC 又は疲労による進展が考えられることから、SCC、疲労亀裂を付与することは妥当と判断する。なお、PD 資格試験機関がこれらの亀裂との同等性を確認したものについては、異なる PD 資格試験機関が認証機関に承認されても判断基準が同じとなるよう、確認方法を明確にしておくことが望まれる。
- PD 試験体には WOL 工法の溶接部のきずとして、亀裂以外のきず（例：融合不良）を含むこととしている。(B. 2. 4 試験体の要件 e) 2))
WOL 施工部に対する供用期間中検査では、主に WOL 施行後に設定される試験対象範囲に対する亀裂の進展の有無及び WOL 工法の溶接部のきずの進展の有無を確認する。深さ位置測定値の RMSE を求めるに当たり用いる試験体のきずの深さは、試験対象部位の全厚さ範囲に分布していることが望ましいことから、WOL 工法の溶接部のきず及び原配管との境界部の亀裂以外のきずを含むことは妥当と判断する。
- きず検出試験における無きず部の数は、「原配管及び WOL 工法の溶接部において、きず部の数の 2 倍以上なければならない。」と規定している。(B. 2. 5. 1 PD 試験体数)
亀裂解釈で規定する試験範囲に対する原配管亀裂の進展の有無を確認することが重要であることから、きず検出試験に用いる無きず部試験体には内表面からの深さが原配管肉厚の 75%に達しない亀裂を含めることを要望する。
- 申請者は探傷結果として、WOL 工法の溶接部のきず及び原配管部のきずの有無を記録することとしている。(B. 2. 6 PD 資格試験の実施手順 d) 1))
WOL 工法の溶接部のきずには原配管から WOL 工法の溶接部に進展した亀裂と亀裂以外のきずが含まれており、申請者がそれらを識別できているかを確認することは重要である。日本非破壊検査協会は運用によって亀裂と亀裂以外のきずの識別を含めた合否判定を行うとしているが、判定基準の一つとして明記する必要がある。
- 附属書 B では、「B. 2. 7. 1 きず検出試験の合否」において、きず検出試験を実施することとしているが、WOL 工法は亀裂の位置、深さが既知のきずに対して適用すること、WOL 施工部については技術基準規則の別記- 3 に溶接規格第 1 部 N-1100(3)の a. 又は b. に規定するいずれかの者により行うこととされていることから、技術評価の対象外とする。なお、判定基準は米国で実績のある ASME Section XI Appendix VIII Supplement 11- Qualification Requirements for Full Structural Overlaid Wrought Austenitic Piping Welds の判定基準と同

じである。

- PD 試験結果の評価において、きずの長さの測定試験及びきずの深さ位置測定試験の合否を RMSE¹²²で、それぞれ 19mm 以下、3.2mm を超えてはならないと規定している。(B.2.7.2 きずの長さ測定試験の合否、B.2.7.3 きずの深さ位置測定試験の合否)

深さ位置測定試験の合否基準として用いる RMSE は附属書 A の合格基準と同じであり、妥当と判断する。なお、WOL 施工部の運転段階の非破壊検査を規定している亀裂解釈は維持規格の評価規定を適用している。維持規格の欠陥評価を行う場合は、最深点の深さ及び開口部の亀裂長さをを用いており、原配管肉厚 75%の位置におけるきずの長さ測定を求めておらず、欠陥評価には関係しない。したがって、きず長さ測定試験の合否基準は技術評価の対象外とする。

2) 適用に当たっての条件

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
B.1.2 認証の区分	WOL 施工されたオーステナイト系ステンレス鋼配管突き合わせ溶接継手 (ステンレス鋳鋼部を除く。) 及び WOL 施工された異種金属配管突き合わせ溶接継手	WOL 施工されたオーステナイト系ステンレス鋼配管突き合わせ溶接継手 (ステンレス鋳鋼部を除く。)
B.2.6 PD 資格試験の実施手順 d) 1)	WOL 工法の溶接部のきず及び原配管部のきず (内表面からの深さが原配管肉厚の 75%以上の亀裂) の有無	WOL 工法の溶接部の亀裂, WOL 工法の溶接部の亀裂以外のきず及び原配管部のきず (内表面からの深さが原配管肉厚の 75%以上の亀裂) のそれぞれの有無

- 「B.2.7.1 きず検出試験の合否」は技術評価の対象外とする。
- 「B.2.7.2 きずの長さ測定試験の合否」は技術評価の対象外とする。

3) 要望事項

- PD 試験に用いるきずで、PD 資格試験機関が亀裂と同等性を確認したものについては、異なる PD 資格試験機関が認証機関に承認されても判断基準が同じとなるよう、確認方法を明確にすることを要望する。
- きず検出試験に用いる無きず部には内表面からの深さが原配管肉厚の 75%に達しない亀裂を含めることを要望する。
- 附属書 B においてきず検出性試験が規定された。附属書 B の対象部位以外の検出性試験を実施する試験員の技量については、基礎レベルとして UT レベル 1 以上を要求し

¹²² Root Mean Square Error (平均平方二乗誤差)

ているものの、超音波探傷試験規程の解説において、教育訓練を受けることが望ましいとされているのみである。よって、附属書 B の対象部位以外の検出性試験を実施する試験員の技量を客観的に評価する方法の検討を日本電気協会と連携して行うことを要望する。

(3) 附属書 C 異種金属溶接継手に対する亀裂高さ測定の PD 資格試験

附属書 C は、容器ノズルと配管の異種金属溶接継手は、過去に PWR の一次冷却水による応力腐食割れ（以下「PWSCC」という。）が発生し、内外面からきずの深さ測定を実施した例があり、その精度を確認するための試験規程である。

1) 技術評価の結果

附属書 C の附属書 A と異なる点について検討した。

- ① 試験結果の評価において、外面探傷の場合、RMSE は 3.2mm を超えてはならない。内面探傷の場合、配管肉厚が 53.3mm 未満の場合は RMSE は 3.2mm を、配管肉厚が 53.3mm 以上の場合は RMSE は 6.4mm を超えてはならないとしている。(C. 2. 7 PD 資格試験結果の評価)

本附属書の判定基準である RMSE 6.4mm は、米国機械学会が判定基準を緩めて作成したコードケース N-695-1 の判定基準を参考としたものであるが、米国の規制当局は試験結果を評価した結果、RMSE 6.4mm とする判定基準を認めていない。したがって、日本における試験が行われていない時点で判定基準を緩めることは妥当ではない。よって、内面探傷の判定基準の RMSE は附属書 A と同じく超音波探傷の誤差等を考慮した 3.2mm とする必要がある。

- ② 付与される亀裂は、応力腐食割れ (SCC) 及び疲労亀裂、又は PD 資格試験機関がこれらとの同等性を確認したものとするとしている。(C. 2. 4 PD 試験体の要件 d))

異種金属溶接継手部には供用期間中に SCC 及び疲労亀裂の発生、進展が想定されることから、試験体に応力腐食割れ及び疲労亀裂を付与することは妥当と判断する。なお、PD 資格試験機関がこれらの亀裂との同等性を確認したものについては、異なる PD 資格試験機関が認証機関に承認されても判断基準が同じとなるよう、確認方法を明確にしておくことが望まれる。

2) 適用に当たっての条件

①

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
C. 2. 7 PD 資格試験結果の評価 b)	内面探傷の場合、 <u>配管肉厚が 53.3mm 未満の場合は RMSE は 3.2mm を、配管肉厚が 53.3mm 以上の場合は RMSE は 6.4mm を</u> 超え	内面探傷の場合、RMSE は 3.2mm を超えてはならない。

	てはならない。	
--	---------	--

② なし

3) 要望事項

PD 試験に用いるきずで、PD 資格試験機関が亀裂と同等性を確認したものについては、異なる PD 資格試験機関が認証機関に承認されても判断基準が同じとなるよう、確認方法を明確にすることを要望する。

3.2.4 維持規格の2008年版以前の技術評価と維持規格2012年版（2014年追補までを含む。）への反映状況

維持規格は2000年版、2002年版、2004年版及び2008年版についても技術評価が行われており、その際に付した適用に当たっての条件について、維持規格2012年版（2014年追補までを含む。）への反映状況を確認した結果を表3.2.4-1～4に示す。なお、原子力規制委員会が引用している年版は、2008年版である。

また、未反映のものについて、現状の確認を行ったものを以下に示す。

- 表3.2.4-1 日本機械学会「維持規格（JSME S NA1-2000）」に関する技術評価書の記載内容と確認結果
- 表3.2.4-2 日本機械学会「維持規格（JSME S NA1-2002）」に関する技術評価書の記載内容と確認結果
- 表3.2.4-3 日本機械学会「維持規格（JSME S NA1-2004）」に関する技術評価書の記載内容と確認結果
- 表3.2.4-4 日本機械学会「維持規格（JSME S NA1-2008）」に関する技術評価書の記載内容と確認結果

表 3.2.4-1 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2000)」に関する技術評価書の記載内容と確認結果

No.	項目	2000 年版に関する技術評価書の記載内容	確認結果
00-1	5.1(1) 非破壊試験の実施方法	<p>欠陥の検出及び欠陥寸法の測定を目的とした非破壊試験が適切かつ十分な精度を以て実施されることが、欠陥評価の前提条件である。このため、事業者は、非破壊試験の実施に当たって、欠陥の検出、欠陥の長さ及び深さの測定にそれぞれ適した試験方法を選択し、その試験方法が十分な精度を有することを予め確認する必要がある。</p> <p>また、事業者は、非破壊試験を実施する者（試験員）が当該試験を行うための十分な能力を有していることを確認することが必要である。その際、例えば、当該試験員が、①非破壊試験に必要な能力を証明する資格認定を受けていること、②適切な頻度でその能力維持に必要な講習や訓練を受けていること等を確認して判断すべきである。</p>	<p>【反映済】</p> <p>維持規格 2002 年版の規定本文及び解説に記載され、2002 年版の技術評価書 4.3「非破壊試験の方法」及び 4.4「非破壊試験の試験員の能力」で評価結果を記載。(02-1 及び 02-2 参照)</p>
00-2	5.1(2) オーステナイト系ステンレス鋼に対する探傷試験後半部分	<p>改良された超音波探傷法については、国内での確証試験（平成 15 年 5 月に公表された発電設備技術検査協会報告書）により、従来確認されていた精度である測定下限値の誤差 4.4 mm を超えるものではなく、SUS316(LC)材の応力腐食割れの深さ測定に有効であると認められた。このため、この試験結果とともに、上記の確証試験以外で事業者が調査の対象とした 4 発電所 7 基で得られたデータも参考にしながら信頼性の確認を行った上で、当該方法を実機に適用することが必要である。</p>	<p>【反映済】【本技術評価の対象】</p> <p>維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）において、超音波探傷試験規格 JEAC4207-2008 を引用している。</p> <p>また、UT 以外の非破壊試験として、「IA-2533 渦流探傷試験」は 2012 年版で追加され、JEAG4217-2010「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」が引用されている（3.2.3.1 参照）。</p>

		また、超音波探傷試験法以外の方法を用いる場合であっても、十分な検査精度を確認した上で、適用することが必要である。	
00-3	5.1(3) 欠陥の検出に伴う追加試験	<p>供用期間中検査の非破壊試験により、検査対象機器において有意な欠陥指示が確認された場合は、当該検査の対象箇所に含まれていない類似箇所においても欠陥が存在する可能性があることから、事業者は、当該検査の期間中に類似箇所に対する追加的な非破壊試験を行う必要がある。この追加試験では、当該機器について当初計画されていた試験の数量に等しい箇所数又は範囲を対象とすべきである。</p> <p>また、追加試験において更に欠陥が検出された場合には、材料や使用条件等の類似性を考慮して、当該機器において、同種の欠陥等が発生する可能性が高いと判断されるすべての箇所について試験を行うことが必要である。</p>	<p>【反映済】</p> <p>維持規格 2002 年版において IA-2330 追加試験が規定され、「EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合はその停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器について、表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して、追加試験を行わなければならない。」等が規定された。</p>
00-4	5.2(1) 評価不要欠陥の取扱い	<p>「維持規格」においては機器の設計繰返し荷重(60年)を想定し、その間成長する欠陥の大きさを予想して評価不要欠陥を定めているが(「維持規格」解説(Ⅱ)-1-4 ページ参照)、60年という期間は、評価不要欠陥寸法を定めるための前提条件であることから、検出された欠陥が評価不要欠陥寸法以下であることを以て、当該機器が60年間継続使用できるものと解してはならないということを十分に認識する必要がある。</p>	<p>【技術評価の対象外】</p> <p>維持規格 2004 年版の技術評価書 6.1.2 の表 5 において、「2000 年版に対する指摘事項は注意喚起であり、維持規格においてそもそも対応不要」と評価済み。</p>
00-5	5.2(2) 評	「維持規格」に規定される方法により評価不要欠陥と判定さ	【反映済】

	価不要欠陥に対する監視	れた場合であっても、近傍にある複数の欠陥が合体し進展するおそれがある場合などについては、事業者は、ある一定の期間内において技術的に妥当と認められる頻度で当該箇所を繰り返し監視する定点サンプリングを実施することが必要である。	維持規格 2004 年版の技術評価書 6.1.2 の表 5 において、「検査章では原則として定点サンプリングを実施することが規定されており、対応済みと判断。」と評価されている。ただし、定点サンプリングについて本技術評価書 3.2.2.4 項(4)で技術評価。
00-6	5.2(3) 応力腐食割れ(SCC)による欠陥の評価	SCC による欠陥に対しては、「維持規格」においては評価不要欠陥の適用は認められていないため、事業者は、検出された欠陥を評価不要欠陥と評価する際には、当該欠陥が SCC によるものでないとする技術的根拠を明確にし、その根拠及び結果を記録して保存することが必要である。	【未反映】 亀裂解釈別紙 2 の 1. に規定。
00-7	5.3 継続使用機器の監視	き裂進展評価及び破壊評価(EB-3000、EB-4000 及び EB-5000)の結果に基づき、一定期間の継続使用が認められた場合であっても、当該欠陥の進展予測の妥当性を確認するために、事業者は、継続検査の実施計画を策定して、当該期間中に、技術的に妥当と認められる頻度で継続的に、当該欠陥を監視することが必要である。	【反映済】 維持規格 2002 年版以降の「IA-2340 継続検査のプログラム」に規定。
00-8	5.4 評価の前提条件と再実施	「維持規格」では、進展予測に際しての荷重の発生回数を、設計時の条件ではなく、運転実績に基づいて設定するとしているが、この場合、欠陥の進展予測結果が運転実績に影響されることとなる。これは、現実的な方法であるが、その一方、必ずしも将来予測を行う条件として十分であるとは限らない。このため、事業者は、運転実績だけに限らず、設計時の条件と運転期間を基に設定するという ASME Boiler and	【未反映】 亀裂解釈別紙 2 の 2. に規定。 【反映済み】 地震については、維持規格 2004 年版の技術評価書 6.1.2 の表 5 において、「地震時の評価については、EB-1310(4)、EB-1320(7)及びそれらの注記に条件が反映されていて、対応済

		<p>Pressure Vessel Code Section XI の考え方を考慮して定めることが必要である。</p> <p>また、事業者が設定した荷重の発生回数を超えたり、進展予測の評価の前提として想定していた以外の荷重が発生するなど、進展予測の前提条件が変わるような場合、事業者は、その条件に則した再評価を行うとともに、必要に応じて当該欠陥寸法を再度計測することが必要である。</p> <p>さらに、基準地震動 (S1) による地震力あるいは静的地震力に比べて十分小さい地震力以下で原子炉が自動停止するよう設計・運用されているが、この設計地震力に相当する加速度未満の地震を経験した場合、事業者は、発電所の再起動に先だって適切な点検を行い、問題のないことを確認することが必要である。</p>	<p>みと判断。」と評価。</p>
00-9	5. 5 第1種機器以外の設備への「維持規格」の適用	<p>「維持規格」は、第1種機器（原子炉冷却材圧力バウンダリを構成するフェライト鋼容器、オーステナイト系ステンレス鋼管及びフェライト鋼管）を対象としているが、これら以外の機器について欠陥評価を実施する場合は、「維持規格」に定める方法を適用することができる。</p>	<p>【反映済み】</p> <p>維持規格 2004 年版で規格が改正され、維持規格 2004 年版の技術評価書 6.1.2 の表 5 において、「クラス 2 機器及びクラス 3 機器については「適用の妥当性を示すことができる場合には」という条件で、クラス 1 機器に準じた欠陥評価が適用できる旨明確化されており、対応済みと判断。」と評価。</p> <p>【本技術評価の対象】</p> <p>維持規格 2012 年版でクラス 2 機器及びクラス 3 機器の欠陥評価に関する規定が改定されたので、本技術評価書 3. 2. 2. 1 6 項で技術評価。</p>

00-10	5. 6 「維持規格」以外の方法の適用	<p>「維持規格」に定められた方法の一部あるいは全部について、他の方法を適用することにより健全性評価を行うとする場合、規制当局の承認を受けることが必要である。</p> <p>すなわち、当該方法が十分な技術的根拠を有し、かつ、容認できるレベルの品質と安全性を保証するものであることの技術的妥当性を提示し、その適用の是非について承認を受けることが必要である。</p>	<p>【技術評価の対象外】</p> <p>維持規格 2004 年版の技術評価書 6. 1. 2 の表 5 において、「規格に対する要求事項でないので、対象外。」と記載。</p>
00-11	5. 7 想定外欠陥に関する情報の共有化	<p>非破壊試験において検出された欠陥が、「維持規格」において想定するき裂進展機構（EB-3330、EB-4330 及び EB-5330）に該当しない機構で進展するものであることが判明した場合あるいはその可能性がある場合には、「維持規格」を適用することはできない。</p> <p>しかしながら、こうした欠陥は新たな進展機構によるものであることから、当該欠陥に係る技術的知見を今後の対策検討等に有効活用するとの観点から、規制当局及び事業者は、試験の結果、き裂が生じた条件と進展予測、対策等について、情報の共有化が図れるような仕組みを検討する必要がある。</p>	<p>【技術評価の対象外】</p> <p>維持規格 2004 年版の技術評価書 6. 1. 2 の表 5 において、「規格に対する要求事項でないので、対象外。」と記載。</p> <p>亀裂解釈別紙 2 の「3. 想定外亀裂等の取扱い」に規定。</p>

表 3.2.4-2 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2002)」に関する技術評価書の記載内容と確認結果

No.	項目	2002 年版に関する技術評価書の記載内容	確認結果
02-1	4. 3 非破壊試験の方法	最近ひび割れが問題化している新たな材料 (SUS316(LC) 材) を用いた再循環系配管については、ひび割れの深さについて超音波探傷試験と実測とで比較的大きな差異が生じる事例が見られた。これは、溶接金属部に向かって進展し、場合によっては溶接金属内部まで進展するようなひび割れの性状に起因するものが主な原因であり、ひび割れ深さの測定精度の確認・向上には、検査員がひび割れを溶接金属内にあると認識し、また、溶接金属内のひび割れを検出できる超音波探傷手法で測定を行うことが有効であるとされている。このため、このような改善された測定方法について確証試験などの結果を踏まえ信頼性の確認を行った上で、具体的な試験方法として適用していくことが必要である。	<p>【反映済】</p> <p>非破壊試験の方法については維持規格 2008 年版で JEAC 4207-2004 に従うことを規定、維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。) では JEAC 4207-2008 に従うよう改訂。溶接金属内のひび割れを検出できる改善された測定方法については NDIS 0603:2015 の附属書 A の「A. 2. 5. 1 PD 試験体数」において「先端が溶接金属内にある SCC を 1 個以上含まなければならない。」と規定。</p> <p>【本技術評価の対象】</p> <p>JEAC 4207-2008 の 2012 年追補版を本技術評価書 3. 2. 3. 2 項で技術評価。</p> <p>NDIS 0603 の 2015 年版を本技術評価書 3. 2. 3. 4 で技術評価。</p>
02-2	4. 4 非破壊試験の試験員の能力	維持規格では、非破壊検査協会の技能認定制度と同程度の技能があることを要求しているが、この認定は技能に関して一定期間の資格を認定する制度であり、ASME 規格のように原子力発電設備の超音波探傷試験に対する技量を試験の実施に先立って確認するものではない。このため、原子力発電設備の非破壊試験に必要な資質・技能の向上や検査員の教育・実務訓練、必要な能力の資格認定・能力確認などの方策が課題である。	<p>【反映済】</p> <p>JEAC 4207-2008 の「附属書 A 欠陥深さ寸法測定要領」では「A-1300 試験評価員及び試験員」及び「A-1310 教育訓練」を規定。解説 A-1100-1 で、NDIS 0603 の附属書で認定された範囲は A-1100 の「欠陥評価の保守性を考慮して十分な制度を有すると認められた方法」と見做して良い、と記載。亀裂解釈別紙 1. の 2. で応力腐食割れ亀裂の寸法測定には NDIS 0603 2005 年版の適用を規定。</p>

			<p>【本技術評価の対象】</p> <p>NDIS 0603 の 2015 年版を本技術評価書 3. 2. 3. 4 で技術評価。</p>
02-3	4. 6. 1 非破壊試験の対象部位及び試験程度	<p>③蒸気発生器、加圧器の構造不連続部及び異種金属溶接継手部については、原子炉容器に次ぐものとして、また過去のトラブル事例がないことから、25%/10 年とし、その他の一般部は、原子炉容器の一般部と同じ 7.5%/10 年としているが、これらは JEAC4205-1996 及び ASME 規格とは異なるものである。これらについては、過去のトラブル事例がないことや設備の重要度を踏まえたものであり、技術的に妥当であると評価されるが、従来の運用を変更することとなるので、実際の運用を踏まえてその妥当性を確認していくことが必要である。</p>	<p>【未反映】</p> <p>亀裂解釈別紙 1 の 5. において、PWR 原子炉冷却材圧力バウンダリの溶接継手の非破壊試験を規定。</p> <p>(RPV の評価について追而)</p>
02-4	4. 6. 1 非破壊試験の対象部位及び試験程度	<p>④再循環系配管などクラス 1 機器に属する管については、種々の形状をとるので配管全体を構造不連続部とみなし、異種金属溶接継手部を含め、原子炉容器の構造不連続部、異種金属溶接継手部に次ぐものとして、ASME 規格と同様に 25%/10 年としているが、JEAC4205-1996 では異種金属溶接継手部は 100%/10 年としている。最近、SUS316(LC)材を用いた再循環系配管に多くのトラブル事例が見られたことから、後述のとおり原子力安全・保安院として当面の間は別途の試験程度とする指示をしていることから、当該試験程度を適用することは適切ではない。</p>	<p>【未反映】</p> <p>亀裂解釈別紙 1 の 7. 及び 8. において、BWR 配管の SCC 感受性を有する溶接継手の非破壊試験 100%/5 年を規定。</p>

02-5	4.6.1 非破壊試験の対象部位及び試験程度	<p>⑤クラス2機器に属する容器については、JEAC4205-1996及びASME規格も構造不連続部のみを検査対象としており、また、過去のトラブル事例に対応した再発防止策が講じられていることを踏まえ、クラス1機器のその他の容器(25%/10年)に次ぐものとして、7.5%/10年としており、JEAC4205-1996の5%/10年と比べて試験程度を増やしている。また、ASME規格は100%/10年であるが、複数台ある場合は代表1台で可能としていること、また、実運用では試験可能性に基づく試験程度の設定が行われており、ASME規格どおりの試験程度で実運用がされているものではない。したがって、維持規格の試験程度は、従来の運用より試験程度を増加させるものであり、また、過去のトラブル事例に対応した再発防止策や設備の重要度を踏まえたものであり、技術的に妥当であると評価されるが、米国などの海外でのトラブル事例や実運用を踏まえてその妥当性を確認していくことが必要である。また、過去のトラブル事例である再生熱交換器連絡管等の高サイクル熱疲労への対応として特別な検査を継続して実施中であるので、この結果を踏まえた対応を検討することが必要である。</p>	<p>【未反映】 技術基準規則解釈第19条において高サイクル熱疲労発生の防止措置を規定。(特別な検査は終了しており、引き続き発電用原子炉施設の使用前検査、施設定期検査及び定期事業者検査に係る実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則のガイドに記載。)</p>
02-6	4.6.1 非破壊試験の対象部位及び試験程度	<p>⑥クラス2機器に属する管については、過去のトラブルに対応した再発防止策が講じられていることを踏まえ、クラス1機器の管(25%/10年)に次ぐものとして、7.5%/10年としており、ASME規格と同等であるが、JEAC4205-1996の試験程度</p>	<p>【本技術評価の対象】 クラス2管の試験程度について本技術評価書3.2.2.27項で技術評価。</p>

		(25%又は 12.5%/10 年) より合理化している。これは ASME 規格と同等であり、過去のトラブル事例に対する再発防止策が講じられていることや設備の重要度を踏まえたものであり、技術的に妥当であると評価されるが、従来の運用を変更することとなるので、実際の運用を踏まえてその妥当性を確認していくことが必要である。	
02-7	維持規格の「個別検査」に関する技術評価 5. 6 評価のまとめ 後半部分	最近のトラブル事例を踏まえて、規制当局として、今後至近の 2 回の定期検査のいずれかの検査期間において、原則として周方向のすべての溶接線について超音波探傷試験を行うことを事業者に指示したことから、この試験の結果などを踏まえて、維持規格の個別検査が実機に適用できるかを検証することとする。なお、今後至近の 2 回の定期検査において超音波探傷試験の対象としていない周方向の溶接線(残留応力対策を行ったもの等)については、今後維持規格の個別検査の実機への適用について検証されるまでの間は、従来の試験程度(100%/10 年)を適用することとする。 また、シュラウドの初回試験の実施時期については、維持規格で設定している時期が適切でない事例がみられたことから、シュラウド及びシュラウドサポートに対する個別検査の初回試験の実施時期を設定するに当たっては、事業者は所有する設備について評価を行い、適切な時期を設定することが必要である。	【未反映】 亀裂解釈別紙 1 の 9. に規定。
02-8	最近の事故・ト	最近の事故・トラブル事例からみた結果、供用期間中検査と	【反映済】【本技術評価の対象】

<p>ラブル事例から反映すべき事項の検討</p> <p>6.3 評価のまとめ</p>	<p>して試験範囲や試験程度の見直しの検討が必要なものが 9 分類 32 件となった。</p> <p>このうち、中性子計測ハウジングの応力腐食割れなど 4 分類 6 件については、その対応策について日本機械学会において維持規格に取り入れるための検討が開始されており、維持規格の早急な改訂を期待するものである。また、再循環系配管及びシュラウドの応力腐食割れ (2 分類、合計 22 件) については、規制当局として、SUS316(LC) 材を用いた再循環系配管等は当面の間は原則として 100%/5 年の試験程度とすること、シュラウドは至近 2 回の定期検査のいずれかの検査期間において原則として周方向すべての溶接線の超音波探傷試験を実施することについて事業者に指示したところであり、これらの試験の結果を踏まえて対応を検討する必要がある。さらに、同様に CRD 配管の応力腐食割れについても、規制当局として試験、点検及び調査の実施を事業者に指示しており、これらの試験や調査等の結果を踏まえた対応を検討する必要がある。再生熱交換器連絡管及び余剰抽出配管の高サイクル熱疲労については、特別な検査を継続して実施中であるので、この結果を踏まえた対応を検討する必要がある。</p> <p>また、上記以外のものは、維持規格の供用期間中検査で対応可能なもの、又は供用期間中検査以外の別途の対応が必要なものであり、維持規格の供用期間中検査として見直しが必要なものではない。</p>	<p>維持規格 2004 年版で規定。シュラウドサポート、中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの個別検査計画について、本技術評価書 3. 2. 2. 1 2 で技術評価。</p> <p>【反映済】</p> <p>制御棒駆動機構ハウジング貫通部については、維持規格 2004 年版の技術評価書 7. 1. 8 において妥当と評価。</p> <p>【技術評価の対象外】</p> <p>炉心スプレイス配管・スパージャ及び炉内のジェットポンプ入口配管については 2004 年版で追加されたが、炉心支持構造物には該当せず、また、SCC 亀裂進展速度の適用性の確認が必要なため技術評価の対象外。</p> <p>【未反映】</p> <p>再循環系配管及びシュラウドについては、亀裂解釈別紙 1 の 9. に規定。</p> <p>CRD 配管の応力腐食割れ (ステンレス鋼の塩化物による貫粒型応力腐食割れ) については、発電用原子炉施設の使用前検査、施設定期検査及び定期事業者検査に係る実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則のガイドにおいて、保守管理の実施計画に反映するよう記載。</p>
--	---	---

表 3.2.4-3 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2004)」に関する技術評価書の記載内容と確認結果

No.	項目	2004 年版に関する技術評価書の記載内容	評価結果
04-1	5. 2 (1) (a) JEAG4207-2004、 JEAC4203-2004	JEAG4207-2004「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中 検査における超音波探傷試験指針」、JEAC4203-2004「原子 炉格納容器の漏えい率試験規程」の適用 平成 16 年 8 月及び平成 18 年 4 月の技術評価において 示した追加要求を適用すること。	【未反映】 JEAG4207-2004 についての追加要求は、亀裂解釈別紙 1 の 3. に規定。 JEAC4203-2004 についての追加要求は、技術基準規則解釈 第 21 条第 3 項に規定。
04-2	5. 2 (1) (b) 系 の漏えい試験に關す る試験開始前の圧力 及び温度保持時間	当面の間、使用時間 4 時間未満の保温材を設置したクラ ス 2 機器及びクラス 3 機器に対する保持時間は 4 時間以 上とすること。 ただし、配管から著しい漏えいがあった場合に当該漏え いが保温材から漏えいする事象について具体的データが 事業者から示された場合には、4 時間未満の保持時間を適 用することとする。	【未反映】 維持規格 2012 年版 (2014 年追補までを含む。) に反映さ れていない ¹²³ ことから、「IA-3220 試験圧力および試験温 度の保持時間」の 「(1) 系の漏えい試験において、クラス 2 機器およびク ラス 3 機器のうち通常運転中使用しない系統または機器 については、圧力が IA-3210(1)に規定する試験圧力到達 後、 <u>10 分間以上保持しなければならない。クラス 2 機器 およびクラス 3 機器のうち通常運転中使用する系統また は機器については、以下に掲げる事項を満たしている場 合は保持時間を要求しない。</u> a. <u>保温材のある系統または機器について、通常運転圧力 以上で 4 時間以上すでに保持されている場合。</u> b. <u>保温材のない系統または機器について、通常運転圧力 以上で 10 分間以上すでに保持されている場合。」</u>

¹²³ 維持規格 2016 年版において、反映されている。

			<p>とあるのは、</p> <p>「(1) クラス 2 機器およびクラス 3 機器のうち通常運転中 使用しない系統または機器については、圧力が IA-3210(1)に規定する試験圧力到達後、<u>以下の時間保持しなければならない。</u></p> <p>a. <u>保温材のある系統または機器については、4 時間以上</u> b. <u>保温材のない系統またはききについては、10 分間以上</u>」</p> <p>に読み替える。</p>
04-3	5. 2 (1) (c) 溶接継手に対する試験頻度	試験程度の一部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することを妥当と判断する場合は、応力条件及び環境条件が工学的に同等であることを確認し、その理由を記録し保管すること。	<p>【反映済み】【本技術評価の対象】</p> <p>維持規格 2012 年版の表 IB-2500-1 (3) 等に追加。</p> <p>【本技術評価の対象】</p> <p>本技術評価書 3. 2. 2. 7 項で技術評価。</p>
04-4	5. 2 (1) (d) 維持規格 2002 年版技術評価における追加要件	BWR の再循環系配管(クラス 1 機器の管)については、改良後の材料(SUS316(LC)材)に応力腐食割れの事例が多くみられた。したがって、同材料を用いた再循環系配管等(原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管類)については、応力腐食割れの発生状況を的確に把握し、応力腐食割れの影響が顕在化する前に対処可能と評価できる実機での実績が得られるまでは、非破壊試験の程度を原則として当面 100%/5 年とすること。	<p>【未反映】</p> <p>亀裂解釈別紙 1 の 7. に規定。</p>
04-5	6. 2 (1) (a) 添付 E-2 BWR 通常炉内	管形状の炉内構造物の低炭素系ステンレス鋼管のうち、突合せ溶接多重熱サイクルに起因した溶接部近傍硬化域	<p>【未反映】</p> <p>亀裂解釈別紙 4 の 1. (3) ④に規定。</p>

	水質環境中（鋭敏化 SUS304、低炭素系 SUS 鋼）の SCC き裂進展速度線図	の SCC き裂進展速度は、当面、鋭敏化 SUS304 の SCC き裂進展速度線図を適用することを要件とする。	
04-6	6.2(1)(b) 添付 E-2 BWR 水素注入水質環境中（鋭敏化 SUS304、低炭素系 SUS 鋼）の SCC き裂進展速度線図	管形状の炉内構造物の低炭素系ステンレス鋼管のうち、突合せ溶接多重熱サイクルに起因した溶接部近傍硬化域の SCC き裂進展速度は、当面、鋭敏化 SUS304 の SCC き裂進展速度線図を適用することを要件とする。	【未反映】 亀裂解釈別紙 4 の 1. (3) ④に規定。
04-7	6.2(1)(c) 添付 E-2 高照射量のオーステナイト系ステンレス鋼の BWR 炉水環境中 SCC き裂進展速度線図	当面、鋭敏化 SUS304 の上限値 (30mm/年) を適用することとする。(中性子照射量 $>5 \times 10^{24}n/m^2$ の場合)	【未反映】 亀裂解釈別紙 3 の 3. (3) に規定。
04-8	6.2(1)(d) 2000 年版技術評価で課題とされた事項	2000 年版技術評価で課題とされた事項 応力腐食割れ (SCC) による欠陥に対しては、「維持規格」において評価不要欠陥の適用は認められていないため、事業者は、検出された欠陥を評価不要欠陥と評価する際には、当該欠陥が SCC によるものでないとする技術的根拠を明確にし、その根拠及び結果を記録して保存することが必要であることを引き続き要件として課すこととす	【未反映】 亀裂解釈別紙 2 の 1. に規定されている。 (注 1 参照)

		る。	
04-9	6.2(1)(e) EJC-3000 炉内構造物の欠陥評価に当たっての破壊評価法の適用	<p>維持規格 2004 年版解説 9.3 の図 3「炉内構造物の破壊評価法の選択の基本的な流れ」に、以下の要件を加えて選択することとする。</p> <p>(i)2 倍勾配法は、シュラウド及びシュラウドサポートについて、最小必要断面積に基づく崩壊荷重の算定に対してのみ適用</p> <p>その場合、材料が延性に優れたものでありその必要なデータが整備されていること、また、崩壊荷重の交点が荷重-変位曲線の最大荷重を過ぎたあとの変位量を強度評価に用いないこと</p> <p>(ii)2 パラメータ評価法は、中性子照射も含めた実際の炉内構造物の材料諸特性が明確化されていることが不可欠であり、当面、炉内構造物では管形状のものに対してのみ適用すること</p>	<p>【未反映】</p> <p>(i) は亀裂解釈別紙 3 の 4. (3) ①に、(ii) は同別紙 2 の 4. に規定。</p>
04-10	6.2(1)(f) 添付 E-17 炉内構造物の機能評価	<p>炉内構造物の機能評価については、地震荷重により原子炉の安全に係るような崩壊を生じないことに加え、以下の 2 項目が必要である。</p> <p>①き裂の貫通や変形によって原子炉の安全に与える影響を評価すること</p> <p>②技術基準に他の規定がある場合には、当該規定の要求を満たすこと</p> <p>具体的には、「7. 1. 1 「個別検査」及び「個別評価」</p>	<p>左記①②を踏まえた追加評価項目に対する条件は 04-12～04-20 参照。</p>

		に係る規定に対する技術評価の視点」に記載した。	
04-11	6.2(1)(g) NISA 文書による一次一般膜応力による許容応力限界から求める必要最小断面積の適用について	今後は本評価手法（一次一般膜応力による許容応力限界から求める必要最小断面積）の追加適用を求めないこととする。	【技術評価の対象外】 記載の誤りにつき対応不要。 亀裂解釈別紙3の4.(3)②に規定。
04-12	7.2(1) 試験 要求のない部位及び試験できない範囲の対応	炉内構造物に対して構造健全性だけではなく、安全上重要な機能の維持を要求する観点から、本技術評価では炉内構造物の一部(シュラウド、シュラウドサポートを含む)に貫通欠陥を許容している規定について、維持規格2004年版では、これらの炉内構造物に対して貫通欠陥を許容する規定になっているが、構造健全性以外に要求される炉心冷却機能等について、具体的な判断基準が示されていないため、直ちに技術基準(省令62号)に適合しているとは評価できないことを追加要件として課すこととした。 これにより、上記のように検査対象から除外した規定についても再度見直すこととした。	04-13 以降の個別追加要件を参照。
04-13	7.2(1)(a) 縦溶接線の検査の必要性について	シュラウド及びシュラウドサポートの縦溶接線については、周方向溶接線と同様のX型の開先形状では板厚中央部で溶接残留応力は圧縮となることが予想されるが、縦溶接線が交わる周方向溶接部は溶接残留応力に関して具	【未反映】 亀裂解釈別紙1の9.(1)①に規定。

		体的な測定データまたは解析データが得られていないため、シュラウド及びシュラウドサポートの縦溶接線について、周方向溶接線の試験範囲に縦溶接線との交差部（T字部）を含むことを追加要件とする。	
04-14	7.2(1)(b) 試験できない範囲についての対応	周方向溶接線の軸方向残留応力は周方向の部位によらずほぼ同じと考えられる。また、SCCによるき裂進展に関わる材料特性、運転荷重(差圧)の条件も同じと推定できるので、周方向の部位によらず、SCCによるき裂進展挙動は同じとすることができる。 したがって、周方向溶接線の検査できない範囲に想定される欠陥については、試験で検出された最深の欠陥と同じ欠陥が同様の進展をするものと仮定して、貫通までの期間を評価することを追加要件とする。なお、維持規格解説に記載のH7溶接線に想定したき裂の保守的な進展評価に基づけば、運転開始から30年で貫通となることを適用してもよいこととする。これと、他の判断基準である最小必要断面積とを勘案して、継続使用の可否判断及び試験実施時期の決定を行うことができる。	【未反映】 亀裂解釈別紙3の2.(3)に規定。
04-15	7.2(2) シュラウドに対する個別検査及び同検査を受けた欠陥評価に対する技術評価のまとめ	①上記(1)(a)に基づき、周方向溶接線の試験部位については縦溶接線との交点(T字部)を含むことを要件とする。 ③ 試験実施時期に代替できる予防保全時期に適用可能な予防保全措置としては、(i)耐食材肉盛(肉盛溶接によって生じる既存材の熱影響部への保	①04-13 参照 【未反映】 ④ 左記(i)、(ii)及び(iii)は、予防保全措置として応力腐食割れ防止の効果が実証されたものであ

<p>(a) 検査章</p>	<p>全が適切であること)、(ii)ピーニング(施工前にき裂等の欠陥がないことが確認されており、応力改善がなされていること)、(iii)磨き加工(Nストリップ)とする。なお、磨き加工については応力改善が確認されているが、学協会規格等における施工要領の確立が要件となる。</p> <p>③腐食電位を評価したき裂進展速度式の適用において腐食電位の評価方法についての検討が必要である。</p> <p>④MVT-1 試験の代替として規定されている超音波探傷試験または、渦流探傷試験は、き裂長さ計測の要領が学協会規格等で確立することを要件に適用可能とする。</p> <p>⑧継続検査については、現在継続検査によるデータを取得・蓄積している段階であり、当面十分なデータが蓄積されるまでの間(平成15年4月NISA文書より5年以上)、NISA 指示文書による継続検査を実施すること。NISA 文書で想定している期間における全プラントの報告がなされ、その評価が終了した時点で問題がなければNISA 文書の指示は解除する。</p>	<p>る事を要求しているものであり、PWR の原子炉冷却材圧力バウンダリについて亀裂解釈別紙1の5. 本文並びに表の(注5)、(注6-2)及び(注8)に規定。BWR のオーステナイト系ステンレス鋼管を用いた原子炉冷却材圧力バウンダリ配管について亀裂解釈別紙1. 7. に規定。</p> <p>【未反映】</p> <p>③水素注入と貴金属表面処理については、腐食電位の評価方法が実証されていることが確認できないため、予防保全を考慮した点検頻度の採用は不可。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「添付 IJG-B-2-1 シュラウドに対する予防保全の適用」の「表 添付 IJG-B-2-1-1 予防保全の適用」の「予防保全」の欄が「水素注入」及び「貴金属表面処理」は適用除外とする。 ● 同様の理由により、「添付 IJG-B-1-1 シュラウドサポートに対する予防保全の適用」の「表 添付 IJG-B-1-1-1 予防保全の適用」及び「添付 IJB-B-1-1 中性子計測ハウジングに対する予防保全の適用」の「表 添付 IJB-B-1-1-1 予防保全の適用」の「予防保全」の欄が「水素注入」及び「貴金属表面処理」は適用除外とする。
----------------	--	---

			<p>【反映済】【本技術評価の対象】</p> <p>④MVT-1の代替試験としての超音波探傷試験は JEAC4207-2008 の 2012 年追補版附属書 D に追加。</p> <p>【本技術評価の対象】</p> <p>本技術評価書の 3. 2. 3. 2 項で技術評価。</p> <p>【技術評価の対象外】</p> <p>⑤ 当該 NISA 文書 (NISA-161a-03-01) は、平成 21 年 2 月 27 日付け NISA 文書 (亀裂解釈) の附則 4. で廃止。</p>
04-16	7. 2 (2) (b) 評価章	<p>①評価手法については、仕様規格の明確化の観点から、「EJG-B-2-1 シュラウドの欠陥評価」を適用することとし、追加事項・補足事項等については、EJG-3000 の規定及び添付規定が適用されることを明確化する。具体的に適用される EJG-B-2-1 等の規定は以下のとおりとする。</p> <p>(i) (継手形状) 継手形状については、添付 E-13 (炉内構造物の溶接継手のモデル化) によること。</p> <p>(ii) (体積検査) 体積検査を実施した場合には、添付 E-1 (欠陥形状のモデル化) によること。</p> <p>(iii) (負荷条件: き裂進展及び破壊評価) 荷重組合せは、添付 E-7 (欠陥評価に用いる荷重) によること。</p> <p>(iv) (応力拡大係数) 添付 E-5 (応力拡大係数の算出) の適用可能であることの明確化</p>	<p>【未反映】</p> <p>①～⑤とも亀裂解釈の別紙 3 に規定。</p>

		<p>(v) (破壊評価法) シュラウドの破壊評価に対しては、添付 E-8 (極限荷重評価法) 及び同許容基準の適用が可能とする。</p> <p>(vi) (2 倍勾配法) 添付 E-JG-B--2-2 (シュラウドの最小必要断面積の算出方法) において添付 E-16 (2 倍勾配法) が適用されていること。</p> <p>②目視検査の評価において、「き裂等の欠陥の両端に板厚分をそれぞれ加え、板厚方向の貫通き裂とする」</p> <p>③検出欠陥のき裂進展モデルについて、「超音波探傷試験により検出された欠陥」は周方向及び厚さ方向の進展を考慮すること</p> <p>④試験できない範囲については、NISA 文書指示「試験実施範囲における欠陥検出割合に準じてき裂を想定」することに加え、上記 7. 2 (1) (b) を追加する。</p> <p>⑤シュラウドの個別欠陥評価において、NISA 文書通り極限荷重評価法も適用可能とする。</p>	
04-17	<p>7. 2 (3) シュラウドサポートの個別検査及び個別欠陥評価に対する技術評価のまとめ</p> <p>(a) 検査章</p>	<p>①上記(1)(a)に基づき、周方向溶接線の試験部位については縦溶接線との交点(T字部)を含むことを要件とする。</p> <p>②(点検頻度)</p> <p>インコネル 82 合金には現時点で追加要件を課さないが、耐 SCC の継続データの蓄積が望ましい。</p> <p>③(点検頻度における予防保全措置の考慮)</p> <p>試験実施時期に代替できる予防保全時期に適用可能な予</p>	<p>【未反映】</p> <p>①亀裂解釈別紙 1 の 9. (1) ①に規定。</p> <p>【未反映】</p> <p>②要望事項は継続する。</p> <p>③④⑤04-15 参照</p>

		<p>防保全措置としては、(i)耐食材肉盛(肉盛溶接によって生じる既存材の熱影響部への保全が適切であること)、(ii)ピーニング(施工前にき裂等の欠陥がないことが確認されており、応力改善がなされていること)、(iii)磨き加工(Nストリップ)とする。なお、磨き加工については応力改善が確認されているが、学協会規格等における施工要領の確立が要件となる。</p> <p>④MVT-1 試験の代替として規定されている超音波探傷試験または、渦流探傷試験は、き裂長さ計測の要領が学協会規格等で確立することを要件に適用可能とする。</p> <p>⑤個別検査における劣化事象(SCC)については、十分なデータが得られるまでは標準検査の継続検査の方法を踏襲すべきと考えるので、継続検査については、個別検査の規定によらず、標準検査の規定 IA-2340 を適用する。</p> <p>なお、継続検査のデータが十分得られた場合には、個別検査の継続検査を見直すものとする。</p>	
04-18	7.2(3)(b) 評価章	<p>①評価手法については、仕様規格の明確化の観点から、「EJG-B-1-1 シュラウドサポートの欠陥評価」を適用することとし、追加事項・補足事項等については、EJG-3000の規定及び添付規定が適用されることを明確化する。具体的に適用される EJG-B-1-1 等は以下のとおりとする。</p> <p>(i) (継手形状)</p> <p>継手形状については、添付 E-13 (炉内構造物の溶接継手</p>	<p>【未反映】</p> <p>①～④とも亀裂解釈別紙3に規定。</p>

		<p>のモデル化) によること。</p> <p>(ii) (体積検査) 体積検査を実施した場合には、添付 E-1 (欠陥形状のモデル化) によること。</p> <p>(iii) (負荷条件：き裂進展及び破壊評価) 荷重組合せは、添付 E-7 (欠陥評価に用いる荷重) によること。</p> <p>(iv) (2 倍勾配法) 添付 EJG-B-2-2 (シュラウドサポートの最小必要断面積の算出方法) において添付 E-16 (2 倍勾配法) が適用されていること。</p> <p>②目視検査の評価において、「き裂等の欠陥の両端に板厚分をそれぞれ加え、板厚方向の貫通き裂とする」。</p> <p>③検出欠陥のき裂進展モデルについて、「超音波探傷試験により検出された欠陥」は周方向及び厚さ方向の進展を考慮する。</p> <p>④試験できない範囲については、NISA 文書指示「試験実施範囲における欠陥検出割合に準じてき裂を想定」することに加え、上記(1)(b)を追加する</p>	
04-19	7. 2 (4) 上部格子板に対する個別検査及び同検査を受けた欠陥評価に対する	①試験実施時期に代替できる予防保全時期に適用可能な予防保全措置は上記(1)のシュラウドの場合と同じとすること。	<p>【技術評価の対象外】 記載の誤りにつき対応不要 (上部格子板に対する技術評価本文は条件なしとなっている。)</p>

	技術評価のまとめ (a) 検査章		
04-20	7. 2 (5) 制御 棒駆動機構ハウジングに対する個別検査 に対する技術評価の まとめ (a) 検査章	②試験実施時期に代替できる予防保全時期に適用可能な 予防保全措置は上記(1)のシュラウドの場合と同様とす る。	【未反映】 ● 「添付 IJB-B-2-1 制御棒駆動機構ハウジングに対す る予防保全の適用」の「表 添付 IJB-B-2-1-1 予防 保全の適用」の「予防保全」の欄が「水素注入」及び 「貴金属表面処理」は適用除外とする。
04-21	7. 2 (6) 補修 章の技術評価につい て	個別検査規定の点検時期の設定に係る補修技術が検査章 にあり、これに限定して技術評価を実施した。維持規格補 修章全体については、体系化がなされた後に技術評価を 実施することとする。	【技術評価の対象外】 (本技術評価書 2. 4 参照)

表 3. 2. 4-4 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2008)」に関する技術評価書の記載内容と確認結果

No.	項目	2008 年版に関する技術評価書の記載内容	評価結果
08-1	加圧水型軽水 炉の一次冷却 材圧力バウン ダリにおける Ni 基合金使用 部位に係る検 査等について に対する対応	本指示文書では、母材又は溶接金属が 600 系 Ni 基合金で あって、一次冷却材に接触する全ての溶接継手に対して維持 規格で規定する検査のほかに追加で検査を要求している。さ らに長期的対策として検査性の向上や評価手法確立の方策 の加速等を要求している。よって、2008 年版の適用に当た っても引き続き要件として課すものとする。 (平成 17 年 6 月 16 日付け平成 17・06・10 原院第 7 号 (NISA-163a-05-2))	【未反映】 亀裂解釈別紙 1 の 5. に規定。

08-2	<p>定期事業者検査における超音波探傷試験の代替措置計画策定について(指示)(平成20年2月5日付け平成20・02・05 原院第5号(NISA-163b-08-1))に対する対応</p>	<p>本指示文書では、「平成18年3月23日付け「発電用原子力設備における破壊を引き起こすき裂その他の欠陥の解釈について(平成18・03・20 原院第2号)」及び平成17年6月16日付け「加圧水型軽水炉の一次冷却材圧力バウンダリにおけるNi 基合金使用部位に係る検査等について(平成17・06・10 原院第7号)」において、体積試験(超音波探傷試験)が要求されている原子炉圧力バウンダリを構成する機器や工学的安全施設に属する機器等の溶接部であって、日本機械学会「発電用原子力設備規格維持規格」IA-2360(接近性)の規定に基づき、構造上接近又は検査が困難であるとして当該試験が行われていない箇所は、関係法令を参照するとともに当院の指示、機器の構造等の設計的知見及び各種科学的知見等を踏まえ、想定されるき裂等を検知するための代替試験及びき裂等の大きさを特定するための代替試験又は推定するための類似箇所の試験結果等を用いた評価を規定した代替措置計画を策定すること。」と指示している。これは、2004年版の技術評価における要件でもある。よって、2008年版の適用に当たっても引き続き要件として課すものとする。</p>	<p>【未反映】 亀裂解釈別紙1の1. に規定。</p>
------	---	--	----------------------------------

(注1) 応力腐食割れ対応の検査 (No.04-8)

以下の対象部位については、SCC 事象の知見から、亀裂解釈において別途検査を要求している。

- 加圧水型軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリであって、亀裂解釈別紙1「非破壊試験の方法について」の5. の表で指定した部位
- BWR のオーステナイト系ステンレス鋼を用いた原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管類（有効性が実証された SCC 防止対策を施した部位又は使用温度が 100℃以下のものは除く。）であって、亀裂解釈別紙1「非破壊試験の方法について」の7. の表で指定した部位

SCC の発生報告は、近年でもある（表 3.2.4.1-1 参照）が、これらの知見を踏まえた規格の改定は行われていない。

維持規格の個別検査は、炉内構造物及び原子炉（圧力）容器貫通部の一部に限定されており、亀裂解釈に記載する部位を含めて、SCC の発生が想定される（材料、応力及び環境の3因子が重畳し、特定の条件になった時に SCC が発生することを否定できない）部位についての、検査の規定が未策定である。

また、PWSCC¹²⁴は、2003年に国内のプラントで始めて報告されて以降、複数のプラントで事例が報告されているが、これについても同様であり、引き続き今後の対応が望まれる。

表 3.2.4.1-1 応力腐食割れの発生状況（報告件数）

	試験カテゴリ	平成20年以前	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	発生場所
PWR	B-F	12			1			蒸気発生器入口管台部・原子炉容器出口管台溶接部
	B-Q	2		1	2	1		蒸気発生器伝熱管
	C-F	2		1				1次冷却水システムの空気抜弁下流側溶接部近傍 原子炉冷却システムへの充填配管の空気抜き配管溶接部
BWR	B-J	4	2	1	2		2	原子炉冷却材再循環系配管溶接部 原子炉再循環系配管出入口ノズル配管溶接継手 原子炉再循環系配管と原子炉浄化系配管の溶接継手部
	C-G			4				残留熱除去系計装ラインの弁箱部
	G-B			2				シュラウド中間胴内側母材部・蒸気乾燥器の溶接部近傍

¹²⁴ Primary Water SCC (PWR プラント 1 次系水環境条件下での応力腐食割れ)

4. 維持規格及び関連規格の適用に当たっての条件等

維持規格及び関連規格の適用に当たっての条件を以下に示す。なお、技術評価の対象外としたものは記載していない。

4. 1 維持規格 2012 年版（2014 年追補までを含む。）

表 4.1-1 「維持規格」2012 年版（2014 年追補までを含む。）に係る読替表

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
A-5310 標準評価に関する用語 有意な欠陥指示	有意な欠陥指示：欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、超音波探傷試験（UT）検出性等の実証試験データおよび他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生、進展によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。	有意な欠陥指示：欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、供用前検査記録、以前の供用期間中検査の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、UT 検出性等の実証試験データ、測定の際のばらつきおよび他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生または進展によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。
IA-1200 適用区分	ただし、補修・取替後の供用期間中検査については、「RA 補修・取替の一般事項」の規定を適用する。	ただし、補修取替後の供用前検査および供用期間中検査については、「IA-2000」の規定を適用する。
IA-2110 供用前検査の実施時期 (1)	建設時における供用前検査の実施時期は、原則として「設計・建設規格」および「溶接規格」で要求される耐圧試験後とする。ただし、配管の場合は耐圧試験前としてもよい。また、供用前検査は、製作完了後工場出荷まで、あるいは現地据付後のいずれの時期としてもよい。（解説 IA-2110-1）	建設時における供用前検査の実施時期は、原則として「設計・建設規格」および「溶接規格」で要求される耐圧試験後とする。ただし、配管であって試験方法が表面の場合は耐圧試験前としてもよい。また、供用前検査は、製作完了後工場出荷まで、あるいは現地据付後のいずれの時期としてもよい。（解説 IA-2110-1）
IA-2110 供用前検査の実施時期 (2)	供用期間中に機器を EB-1130, EC-1120, ED-1120, EE-1120, EF-1120, EG-1120 および EJG-1130 に従い補修または取替を行った場合、補修・取替後の当該機器および当該機器と既存の機器を接続する溶接継手に対する供用前検査は補修・取替後の発電所運転開始前までに行わな	供用期間中に機器を補修または取替を行った場合、補修・取替後の当該機器および当該機器と既存の機器を接続する溶接継手に対する供用前検査は補修・取替後の発電所運転開始前までに行わなければならない。

	なければならない。	
IA-2210 供用前検査の実施時期 (2)	IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は、試験対象機器に接近可能な場合、IA-2210(1)の規定にかかわらず、定期事業者検査期間以外の時期に行ってもよい。	IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は、試験対象機器に接近可能な場合、IA-2210(1)の規定にかかわらず、解列に先立って行ってもよい。
IA-2320 検査プログラム (4)	検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない。ただし、弁およびポンプの場合、検査間隔が10年から7年に変わった以降については、類似の箇所を含めて損傷事例がない場合に限り、同一型式、同一設計、同一環境、同一運転履歴等類似した条件の他の機器にて試験を実施してもよい。(解説 IA-2320-5, 解説 IA-2320-6)	検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、適切なサンプリング方式としなければならない。この場合において、定点の代表性が説明できる場合には、定点サンプリング方式としてもよい。(解説 IA-2320-5, 解説 IA-2320-6)
IA-2320 検査プログラム (6)	供用期間中に機器や溶接継手等が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の試験計画は、検査間隔および検査時期に応じて、次によらなければならない。 (解説 IA-2320-7) a. 検査間隔が10年間の場合であって、検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2および第3検査時期それぞれに行わなければならない。 b. 検査間隔が10年間の場合であって、検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも	供用期間中に機器や溶接継手等試験対象が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の試験計画は、検査間隔および検査時期に応じて、次によらなければならない。(解説 IA-2320-7) a. 検査間隔が10年間の場合であって、検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等試験対象が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2および第3検査時期それぞれに行わなければならない。 b. 検査間隔が10年間の場合であって、検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等試験対象が追加された場合、該当する試験カ

	<p>25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第3検査時期に行わなければならない。</p> <p>c. 検査間隔が10年間の場合であって、機器や溶接継手等が検査間隔の第3検査時期に追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(1) または IA-2320(5) に従って試験しなければならない。</p> <p>d. 検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも33%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2検査時期に行わなければならない。</p> <p>e. 検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(5) に従って試験しなければならない。</p>	<p>カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第3検査時期に行わなければならない。</p> <p>c. 検査間隔が10年間の場合であって、機器や溶接継手等試験対象が検査間隔の第3検査時期に追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(1) または IA-2320(5) に従って試験しなければならない。</p> <p>d. 検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等試験対象が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも33%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2検査時期に行わなければならない。</p> <p>e. 検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等試験対象が追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(5) に従って試験しなければならない。</p>
<p>IA-2330 追加試験 (1)</p>	<p>IA-2320 に規定する試験（系の漏えい試験を除く）を行った結果、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は、その停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器（支持構造物については隣接する支持構造物を含む）について、表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して、追加試験を行わなければならない。</p>	<p>IA-2320 に規定する試験（系の漏えい試験を除く）を行った結果、EB-1320 または EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う欠陥を検出した場合、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は、その停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器（支持構造物については隣接する支持構造物を含む）について、表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して、追加試験を行わなければならない。</p>

		い。
IA-2330 追加試験 (2)	IA-2330(1)に規定する追加試験の結果、EA-3030の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は、類似の欠陥や特異な状態を発生する可能性がある材料と使用条件の組合せに関し、残りの溶接継手、部品または範囲の全数についてその停止期間中に試験しなければならない。ただし、支持構造物においては、当該系統に設置された同一型式、機能の残りの支持構造物全数としなければならない。(解説 IA-2330-1)	IA-2330(1)に規定する追加試験の結果、EB-1320 又は EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う欠陥を検出した場合、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示又は特異な状態を検出した場合は、類似の欠陥や特異な状態を発生する可能性がある材料と使用条件の組合せに関し、残りの溶接継手、部品または範囲の全数についてその停止期間中に試験しなければならない。ただし、支持構造物においては、当該系統に設置された同一型式、機能の残りの支持構造物全数としなければならない。(解説 IA-2330-1)
IA-2340 継続検査のプログラム (1)	供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験または IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 の規定に適合しない欠陥指示を有する機器において、EB-1320 によってその機器の継続使用が許容された場合は、欠陥指示または特異な状態を有する部分に対し、次の時期に継続検査を行わなければならない。(解説 IA-2340-1)	供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験または IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 の規定に適合しない場合または EC-1320 の規定による評価で継続使用が許容された場合は、欠陥指示または特異な状態を有する部分に対し、次の時期に継続検査を行わなければならない。(解説 IA-2340-1)
IA-2510 一般事項 (2)	非破壊試験のため表面処理が必要な場合、処理範囲は、試験が十分に行えるように試験範囲およびその周辺領域を含めなければならない。(解説 IA-2510-1)	非破壊試験のため表面処理が必要な場合、処理範囲は、試験が十分に行えるように試験範囲およびその周辺領域を含めなければならない。(解説 IA-2510-1) 表面処理として減肉加工が行われた面は、適用規格に基づき非破壊試験(磁粉探傷試験(磁粉探傷試験が不適当な場合は浸透探傷試験))を行う。
IA-2525 MVT-1 試験 (2)	MVT-1 試験では、0.025 mm 幅のワイヤあるいはこれと同等の視認性を有するノッチの識別ができることを確認しなければならない。必要に応じて、クラッド除去等の表面処理を行う。(解説 IA-	MVT-1 試験では、0.025 mm 幅のワイヤの識別ができることを確認しなければならない。必要に応じて、クラッド除去等の表面処理を行う。(解説 IA-2525-1) (3) MVT-1 試験の代替として

	2525-1)	オーステナイト系ステンレス鋼または高ニッケル合金の母材部および溶接部に適用する場合の手順は、「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針 (JEAG4217-2010)」に従うことができる。
IA-2530 表面試験	表面試験は、表面、または表面近くの線状、または円形状の欠陥指示を検出する方法であって、表面状況、材料、接近性等の点から判断して磁粉探傷試験、浸透探傷試験、または渦流探傷試験のいずれかを使用しなければならない。	表面試験は、表面、または表面近くの線状、または円形状の欠陥指示を検出する方法であって、表面状況、材料、接近性等の点から判断して磁粉探傷試験または浸透探傷試験のいずれかを使用しなければならない。
IC-1220 試験免除機器 (2)	呼び径 100 A 以下の管と試験対象機器との取合部およびその系内機器 (取合部が入口側、出口側共に呼び径 100 A 以下の管。ただし、加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては、呼び径 40 A 以下の管)	呼び径 100 A 以下の管と試験対象機器との取合部およびその系内機器 (取合部が入口側、出口側共に呼び径 100 A 以下の管。ただし、加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては、呼び径 40 A 以下の管。また、入口側または出口側が複数個のときは呼び径の二乗平方根の値が 40A 以下とする。)
IC-3210 試験圧力 (1)	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければならない。	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければならない。この場合において、一つの系統またはその一部が、二つの運転モードを有し、かつ各々の運転圧力が異なる場合、当該部の系の漏えい試験は、運転圧力が高い方の圧力以上で行わなければならない。
ID-3210 試験圧力 (1)	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければならない。	系の漏えい試験は、運転圧力以上の圧力で行わなければならない。この場合において、一つの系統またはその一部が、二つの運転モードを有し、かつ各々の運転圧力が異なる場合、当該部の系の漏えい試験は、運転圧力が高い方の圧力以上で行わなければならない。
EB-1110 評価の流れ (1)	クラス 1 容器、クラス 1 配管 (ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシー	クラス 1 機器 (ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器

	<p>ル、蒸気発生器伝熱管を除く)について実施した試験結果は、EB-1310の規定に従い評価する。</p> <p>ただし、表面試験による指示であって割れ以外のもの、及び体積試験による溶接部内部の指示については、EB-1120の規定に従い評価することができる。</p>	<p>伝熱管を除く)について実施した試験結果は、EB-1310の規定に従い評価する。</p> <p>ただし、表面試験による指示であって割れ以外のものおよびボルト等については、EB-1120の規定に従い評価することができる。</p>
EB-1110 評価の流れ (2)	<p>クラス1容器、クラス1配管のうち、ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果はEB-1120の規定に従い評価する。</p>	<p>クラス1機器のうち、ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果はEB-1120の規定に従い評価する。</p>
EB-1120 試験についての評価 (1)	<p>試験の結果が、EB-1200の規定に適合している場合または、供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合、その機器を継続して使用することができる。</p>	<p>試験の結果が、EB-1200の規定に適合している場合または、供用前検査の記録および以前の供用期間中検査の記録と比較して、有意な差が認められない場合、その機器を継続して使用することができる。</p>
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (1)欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合	<p>体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-1100を準用し、これに適合するものでなければならない。</p>	<p>表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-1100を準用し、これに適合するものでなければならない。</p>
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (2)ボルト等以外の場合で、欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合	<p>体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、体積試験で検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4)、表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。</p>	<p>表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。</p>
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (3)ボルト等	<p>a. 体積試験のための対比試験片がある場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(2)bまたはPVB-2422(1)を適用し、これに適合するものでなければならない。</p> <p>b. 体積検査のための試験片</p>	<p>日本電気協会電気技術規程「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中における超音波探傷試験規程JEAC4207-2008[2012年追補版]」の「表-2712-1 UT指示エコーの分類」における「D要記録エコー」(以下単に「要</p>

	がない場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(4)を適用し、これに適合するものでなければならない。	記録エコー」という。)がある場合には、EA-3000による。
EB-1220 目視試験 (3)	IA-2350 に規定する補足試験を行った場合は、試験部位に応じて、EB-1210 の体積試験または表面試験の規定を適用してもよい。	IA-2350 に規定する補足試験を行った場合は、EB-1110 の評価の流れの規定を適用すること。
EC-1100 評価の流れ (1)	クラス2配管(オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管)については、表面試験による指示であって割れ以外のもの、または体積試験による溶接部内部の指示については、EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合はEC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。また、表面試験による指示であって割れ、または体積試験による溶接部内部の指示によらないものについては、試験結果をEC-1310 の規定に従い評価する。評価を実施しない場合は、EC-1500 の補修・取替により欠陥を除去するか、構造機能上健全な状態にしなければならない。	クラス2機器(支持部材取付け溶接継手、ボルト等を除く。)については、表面試験による指示であって割れ以外のものについては、EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合はEC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。また、表面試験による指示であって割れ、または体積試験による指示については、試験結果をEC-1310 の規定に従い評価する。
EC-1100 評価の流れ (2)	クラス2配管(オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管)以外のクラス2機器については、試験結果がEC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合はEC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。	クラス2機器(支持部材取付け溶接継手、ボルト等に限る)については、試験結果がEC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合はEC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。
EC-1210 体積試験または表面試験 (1)	試験結果が供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合は、以下の(2)～(4)の結果にかかわらず、機器を継続して使用することができる。	試験結果が供用前検査の記録および以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合は、以下の(2)～(4)の結果にかかわらず、機器を継続して使用することができる。
EC-1210 体積試験または	体積試験または表面試験で	表面試験で検出された欠陥

表面試験 (2) 欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合	検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-3100 または N-6100 を適用し、これに適合するものでなければならない。	指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-3100 または N-6100 を適用し、これに適合するものでなければならない。
EC-1210 体積試験または表面試験 (3) ボルト等以外の場合で、欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合	体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、体積試験で検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4)、表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。	表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、これに適合するものでなければならない。
EC-1210 体積試験または表面試験 (4) ボルト等	a. 体積試験のための対比試験片がある場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(2)b または PVB-2422(1)を適用し、これに適合するものでなければならない。 b. 体積検査のための試験片がない場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(4)を適用し、これに適合するものでなければならない。	超音波探傷試験規格による「要記録エコー」がある場合には「EA-3020 評価の方法および時期」(2)および(3)ならびに「EA-3030 判定基準」(2)を適用し、これに適合するものでなければならない。
EC-2030 破壊靱性の比	フェライト鋼管の場合、次式により γ を求めなければならない。 $\gamma = \frac{J_{Ic}}{119}$ ここで、 J_{Ic} の単位は kJ/m^2 である。 弾塑性破壊靱性 J_{Ic} は、添付 E-12 により求めてもよい。 $\gamma > 1.0$ の場合は、 $\gamma = 1.0$ とする。	フェライト鋼管の場合、適切に γ を求めなければならない。
EC-4020 適用	EC-4000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 310 MPa 未満のオーステナイト系ステンレス鋼管およびその溶接部に対して適用する。	EC-4000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 310 MPa 未満のオーステナイト系ステンレス鋼管（铸造管についてはフェライト量が 23.5% 以下のもの）およびその溶接部に対して適用する。
EC-5020 適用	EC-5000 は、クラス 2 配管の	EC-5000 は、クラス 2 配管の

	うち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 275 MPa 以下のフェライト鋼管（継目無管またはシーム溶接管）およびその溶接部に対して適用する。	うち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 275 MPa 以下のフェライト鋼管（継目無管またはシーム溶接管（ただし、鋳造管を除く。））およびその溶接部に対して適用する。
EC-5420 破壊評価法	破壊評価法は、下記の(1)、(2)または(3)による方法のいずれかを用いて行わなければならない。	破壊評価法は、下記の(1)、(2)または(3)による方法のいずれかを用いて行わなければならない。欠陥の大きさと応力の関係を考慮しても最低使用温度において脆性破壊のおそれがないものに限る。
添付 E-5 応力拡大係数の算出 5.3 表面欠陥に対する算出法	5.4 塑性域補正法	(6) 維持規格 2008 年版の 5.3(3)に基づく管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数 維持規格 2008 年版の 5.3 表面欠陥に対する算出法(3)を準用して、管の扇形内表面欠陥に対する応力拡大係数算出式を算出する。この場合の記号の定義は、同 2008 年版の「添付 E-5 2. 記号の定義」による。 5.4 塑性域補正法
添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定 1. 適用	本添付は、欠陥評価の破壊評価において遷移温度領域の破壊靱性として用いる静的平面ひずみ破壊靱性 K_{Ic} および平面ひずみき裂伝ば停止破壊靱性 K_{Ia} について規定する。	本添付は、欠陥評価の破壊評価において遷移温度領域の破壊靱性として用いる静的平面ひずみ破壊靱性 K_{Ic} および平面ひずみき裂伝ば停止破壊靱性 K_{Ia} について規定する。ただし、中性子照射脆化した部位については、設計・建設規格 2012 年版の添付 4-1 に規定される K_{Ic} 曲線を用いること。
添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定 5. 経年変化の考慮 (2)	原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射による脆化への影響を考慮する場合は、JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」附属書 B によってもよい。	原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射による脆化への影響を考慮する場合は、JEAC4201-2007[2013 年追補版]「原子炉構造材の監視試験方法」附属書 B によってもよい。
添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.1 許容状態 A および B に対する評価 (1) 考慮する荷重	c. 容器の溶接部に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。	c. 線形破壊力学評価法を適用する機器の溶接部に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。

<p>添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.2 許容状態 C および D に対する評価 (1) 考慮する荷重</p>	<p>d. 容器の溶接部に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。</p>	<p>d. 線形破壊力学評価法を適用する機器の溶接部に対しては、溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。</p>
<p>添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.2 許容状態 A および B に対する評価 (2) 荷重の組合わせ</p>	<p>以下に示すそれぞれの荷重の組合わせについて評価しなければならない。 ここで、地震による荷重の組合わせは、JEAG4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針 許容応力編」の規定によるものとする。</p>	<p>以下に示すそれぞれの荷重の組合わせについて評価しなければならない。</p>
<p>添付 E-8 極限荷重評価法 1. 適用</p>	<p>本添付は、オーステナイト系ステンレス鋼管、フェライト鋼管および炉内構造物の破壊評価法のうち、極限荷重評価法による許容欠陥寸法および許容応力について規定する。</p>	<p>本添付は、オーステナイト系ステンレス鋼管、フェライト鋼管（クラス 1 管に限る。）および炉内構造物の破壊評価法のうち、極限荷重評価法による許容欠陥寸法および許容応力について規定する。</p>
<p>添付 E-8 極限荷重評価法 4.2 許容欠陥深さの式による算出 (1) 周方向欠陥の評価式</p>	<p>クラス 2 およびクラス 3 配管の場合</p>	<p>クラス 2 配管の場合</p>
<p>添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法 4.1 許容欠陥深さの式による算出 (3) Z 係数（割増し係数）</p>	<p>b. フェライト鋼管 クラス 1 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = 0.2885 \log(OD / 25) + 0.9573$ クラス 2 およびクラス 3 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = \{0.32 \log(OD / 25) + 0.88\} (R/t)^{0.13}$ ただし、クラス 2, 3 配管においては、R/t の適用範囲を 5~30 とする。</p>	<p>b. フェライト鋼管 クラス 1 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = 0.2885 \log(OD / 25) + 0.9573$ クラス 2 およびクラス 3 のフェライト鋼管（STPT410 炭素鋼管および STPG370 炭素鋼管（溶接部を除く。）に限る。）については、Z 係数は下記に従わなければならない。 $Z = \{0.32 \log(OD / 25) + 0.88\} (R/t)^{0.13}$ ただし、クラス 2, 3 配管においては、R/t の適用範囲を 5~15 とする。</p>
<p>添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法 4.2 許容欠陥深さの式による算出 (1) 周方向欠陥の評価式</p>	<p>クラス 2 およびクラス 3 配管の場合</p>	<p>クラス 2 配管の場合</p>
<p>添付 E-11 破壊評価法の選択 4.4 周方向欠陥 (1) 応力拡大係数 K</p>	<p>4.3 項における(1)式の応力拡大係数 K は、添付 E-5 に基づき算出しなければならない。</p>	<p>4.3 項における(1)式の応力拡大係数 K は、維持規格 2008 年版の「添付 E-5」における「5.3 表面欠陥に対する</p>

		算出法」の「(3)管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数 a. 周方向欠陥」に基づき算出しなければならない。
添付 E-11 破壊評価法の選択 4.5 軸方向欠陥 (1) 応力拡大係数 K	4.3 項における(1)式の応力拡大係数 K は、添付 E-5 に基づき算出しなければならない。	4.3 項における(1)式の応力拡大係数 K は、維持規格 2008 年版の添付 E-5 における「5.3 表面欠陥に対する算出法」の「(3)管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数 b. 軸方向欠陥」に基づき算出しなければならない。
添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定 3.1 周方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (3) b. クラス 2 およびクラス 3 配管の場合	下記の式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する。	下記の式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する(溶接金属と熱影響部の破壊靱性が母材と同等以上であることを確認できる場合に限る。)
添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定 3.2 軸方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (3) b. クラス 2 およびクラス 3 配管の場合	(2)式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する。	(2)式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する(溶接金属と熱影響部の破壊靱性が母材と同等以上であることを確認できる場合に限る。)
解説 E-3 容器と管の適用区分	ただし、セーフエンドから容器管台先端のバタリング材まで (AからBまで) は、欠陥の評価において管の欠陥評価方法及び許容基準を準用するものとする (図-1 参照)。これはセーフエンドでは荷重条件としては内圧と軸方向曲げが支配的であり管と同様に扱うことができることによる。	ただし、材質がオーステナイト系ステンレス鋼または高ニッケル合金の場合にあつては、セーフエンドから容器管台先端のバタリング材まで (AからBまで) は、欠陥の評価において管の欠陥評価方法及び許容基準を準用するものとする (図-1 参照)。
表 IB-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-A 原子炉圧力容器および原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手 注(3)	各検査間隔中の試験程度は、各溶接継手長さの 7.5%とする。ただし、周継手について 5%、長手継手について 10%としてもよい。 なお、特定の溶接継手に対する試験程度の一部または全部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することが妥当と判断される場合は、各溶接継手長さに対する割合でなく全溶接継	各検査間隔中の試験程度は、全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。

	<p>手長さに対する割合としてもよい。</p> <p>ただし、代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として、材質、応力条件（溶接残留応力を含む）および環境条件（温度、炉水環境）が工学的に同等であることを確認し、記録しておかなければならない。（解説表 IB-2500-1, 2, 8）</p> <p>なお、中性子フルエンス（1 MeV またはそれ以上のエネルギー）の照射を 10^{23} n/m² を超えて受けた胴の溶接継手は、試験可能な全ての範囲について試験を行わなければならない。</p>	
<p>表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p>試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手</p> <p>注(6)</p>	行わなければならない。	<p>行わなければならない。</p> <p>(7) 各検査間隔中の試験程度は、全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。</p>
<p>表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p>試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手</p> <p>注(6)</p>	行わなければならない。	<p>行わなければならない。</p> <p>(7) 供用前検査または以前の供用期間中検査において、溶接部にあつて少なくとも溶接部の厚さのうち外面側 2/3 の範囲に「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在しない場合に限る。</p> <p>(8) 供用前検査または以前の供用期間中検査において、溶接部にあつて少なくとも溶接部の厚さのうち外面側 2/3 の範囲に「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程（JEAC4207-2008）」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在する場合に適用する。</p>

		(9) 図 IB-2500-17-1 の(1)セーフエンドの溶接継手の試験範囲は管台側厚さを基準として内面側 1/3 範囲とする。同図(2)管の溶接継手の試験範囲は溶接部の厚さを基準として内面側 1/3 の範囲とする。
表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手 注(6)	体積試験のみとすることができる。(解説表 IB-2500-9-2)	体積試験のみとすることができる。(解説表 IB-2500-9-2) (7) 供用前検査または以前の供用期間中検査において, 溶接部にあつて少なくとも溶接部の厚さのうち外面側 2/3 の範囲に「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程 (JEAC4207-2008)」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在しない場合に限る。 (8) 供用前検査または以前の供用期間中検査において, 溶接部にあつて少なくとも溶接部の厚さのうち外面側 2/3 の範囲に「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程 (JEAC4207-2008)」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「要記録エコー」が存在する場合に適用する。 (9) 図 IB-2500-17-2(1)セーフエンドの溶接継手の試験範囲は管台側厚さを基準として内面側 1/3 範囲とする。同図(2)管の溶接継手の試験範囲は溶接部の厚さを基準として内面側 1/3 の範囲とする。
表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分	B-L-2 ポンプケーシングの内表面	B-L-1 ポンプケーシングの耐圧部分の溶接継手 B-L-2 ポンプケーシングの内表面

の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 試験カテゴリ		
表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 項目番号 B12.30 試験部位	呼び径 100 A 以下の弁箱の溶接継手 (B-M-1)	呼び径 100 A 未満の弁箱の溶接継手 (B-M-1)
表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 注	(1) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において同様の機能をもつポンプ毎に1台のポンプとする。	(1) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において同様の機能をもつポンプ(例えば、再循環ポンプ)毎に1台のポンプ(耐圧部分に溶接継手があるものに限る)の耐圧部分の溶接継手長さまたは溶接継手数の25%とする。 (2) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において同様の機能をもつポンプ毎に1台のポンプとする。この試験は、カテゴリ B-L-1 の試験に選ばれたポンプについて行ってもよい。
表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 注	(2)	(3)
表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面 注	(3)	(4)
表 IB-2500-12 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-0 制御	各検査間隔中の試験程度は、最外周のハウジング数の25%とする。最初の検査間隔で選定した溶接継手は、原則	各検査間隔中の試験程度は、最外周のハウジング数の25%とする。

棒駆動ハウジングの耐圧部分の溶接継手 注(1)	として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験を行わなければならない。	
表 添付 E-8-1 管の許容状態AおよびBにおける周方向許容欠陥深さと管の厚さの比 注(2)	求めなければならない。	求めなければならない。 (3)本表の適用は、クラス1管に限る。
表 添付 E-8-2 管の許容状態CおよびDにおける周方向許容欠陥深さと管の厚さの比 注(2)	求めなければならない。	求めなければならない。 (3)本表の適用は、クラス1管に限る。
表 添付 E-8-3 管の許容状態AおよびBにおける軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比 注(2)	求めなければならない。	求めなければならない。 (3)本表の適用は、クラス1管に限る。
表 添付 E-8-4 管の許容状態CおよびDにおける軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比 注(2)	求めなければならない。	求めなければならない。 (3)本表の適用は、クラス1管に限る。
表 添付 E-12-1 周方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic}	グループ2材 STPT480 およびグループ1材以外の材料	グループ2材 グループ1材以外の材料
表 添付 E-12-2 軸方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic}	グループ2材 STPT480 およびグループ1材以外の材料	グループ2材 グループ1材以外の材料

- ・「A-5310 標準評価に関する用語」の「供用状態D」は、適用除外とする。
- ・「解説 IA-2525 MVT-1 試験の精度」は、適用除外とする。
- ・「IA-2533 渦流探傷試験」は、適用除外とする。
- ・「IC-1220 試験免除機器」の(5)から(7)まで、(9)及び(10)は、適用除外とする。
- ・「添付 I-2 検査プログラム適用にあたっての移行措置」は、適用除外とする。
- ・「添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重」の2. 記号の定義の(注1)は、適用除外とする。
- ・「EB-1110 評価の流れ」の(3)は、適用除外とする。
- ・「EF-1210 体積試験または表面試験」は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-A 原子炉圧力容器および原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-D 容器に完全溶込み溶接された管台の注(9)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-6 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-G-1 直径50 mm を超える圧力保持用ボルト締付け部の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-7 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-G-2 直径50

- mm 以下の圧力保持用ボルト締付け部の注(4)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-8 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-H 容器の支持部材取付け溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
 - ・「表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
 - ・「表 IB-2500-10 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-K 管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
 - ・「表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面、B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手及び B-M-2 弁本体の内表面の注(4)は、適用除外とする。
 - ・「表 IC-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-A 容器の耐圧部分の溶接継手の注(4)は、適用除外とする。
 - ・「表 IC-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-B 容器と管台との耐圧部分の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
 - ・「表 IC-2500-3 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-C 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
 - ・「表 IC-2500-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-D 直径 50 mm を超える圧力保持用ボルト締付け部の注(5)は、適用除外とする。
 - ・「表 IC-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-F 管の耐圧部分の溶接継手の注(3)は、適用除外とする。
 - ・「表 IC-2500-6 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-G ポンプおよび弁の耐圧部分の溶接継手の注(4)は、適用除外とする。
 - ・「表 ID-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ D-A 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手の注(4)は、適用除外とする。
 - ・「表 IE-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-A 格納容器表面の注(4)は、適用除外とする。
 - ・「表 IE-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-B 耐圧部分の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
 - ・「表 IE-2500-3 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-G 圧力保持用ボルト締付け部の注(3)は、適用除外とする。
 - ・「表 IF-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ F-A 支持構造物の注(8)は、適用除外とする。
 - ・「表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ G-B-1 沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物、G-B-2 沸騰水型原子炉の炉心支持構造物、G-P-1 加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物及び G-P-2 加圧水型原子炉の炉心支持構造物の注(4)は、適用除外とする。
 - ・「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注(4)は、適用除外とする。
 - ・「図 EB-1000-2 クラス 1 機器の欠陥評価の流れ」は、適用除外とする。
 - ・「図 EC-1000-1 クラス 2 機器の欠陥評価の流れ」は、適用除外とする。

表 4.1-2 「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B2.111	胴の周継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2.112	胴の長手継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2.121	鏡板の周継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2.122	鏡板の長手継手 (子午線方向を含む)	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾

表 4.1-3 「表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表
(外面側 2/3 に要記録エコーが存在する場合)

試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手 ⁽²⁾			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B5.10	呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾
B5.40	呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾
B5.70	蒸気発生器(一次側)呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾
B5.130	管呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	維持規格 2008 年版の図 IB-2500-17 ⁽⁸⁾

(外面側 2/3 に要記録エコーが存在しない場合)

試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手 ⁽²⁾			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B5.10	呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾
B5.40	呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾
B5.70	蒸気発生器(一次側)呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾
B5.130	管呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	図 IB-2500-17-1 ⁽⁷⁾

表 4.1-4 「表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表
(外面側 2/3 に要記録エコーが存在する場合)

試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B9.11	配管の同種金属溶接継手(呼び径 100A 以	図 IB-2500-17-2, -3	図 IB-2500-17-3 ⁽⁸⁾

	上) 周継手		
B9. 31	母管と管台との溶接継手 呼び径 100 A 以上	☒ IB-2500-18-1, - 2 ☒ IB-2500-19-1, - 2 ☒ IB-2500-20-1, - 2	☒ IB-2500-18-2 ⁽⁸⁾ ☒ IB-2500-19-2 ⁽⁸⁾ ☒ IB-2500-20-2 ⁽⁸⁾
B9. 110	管台とセーフエンドの同種金属溶接継手 呼び径 100 A 以上	☒ IB-2500-17-2, - 3	☒ IB-2500-17-3 ⁽⁸⁾

(外面側 2/3 に要記録エコーが存在しない場合)

試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手			
項目番号	試験部位	☒番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B9. 11	配管の同種金属溶接継手(呼び径 100A 以上) 周継手	☒ IB-2500-17-2, - 3	☒ IB-2500-17-2, - 3 ⁽⁷⁾
B9. 31	母管と管台との溶接継手 呼び径 100 A 以上	☒ IB-2500-18-1, - 2 ☒ IB-2500-19-1, - 2 ☒ IB-2500-20-1, - 2	☒ IB-2500-18-1, - 2 ⁽⁷⁾ ☒ IB-2500-19-1, - 2 ⁽⁷⁾ ☒ IB-2500-20-1, - 2 ⁽⁷⁾
B9. 110	管台とセーフエンドの同種金属溶接継手 呼び径 100 A 以上	☒ IB-2500-17-2, - 3	☒ IB-2500-17-2, - 3 ⁽⁷⁾

表 4.1-5 「表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

・次の表のとおり項を加える。

項目番号	試験部位	☒番	試験方法	試験の範囲 および程度 ⁽⁵⁾	延期*
B12. 10	ポンプケーシングの溶接継手 (B-L-1)	☒ IB-2500-27	体積または表面	溶接継手 ⁽¹⁾	可
B12. 40	呼び径 100 A 以上の弁箱の溶接継手 (B-M-1)	☒ IB-2500-27	体積または表面	溶接継手 ⁽³⁾	可

表 4.1-6 「表 ID-2500-1 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

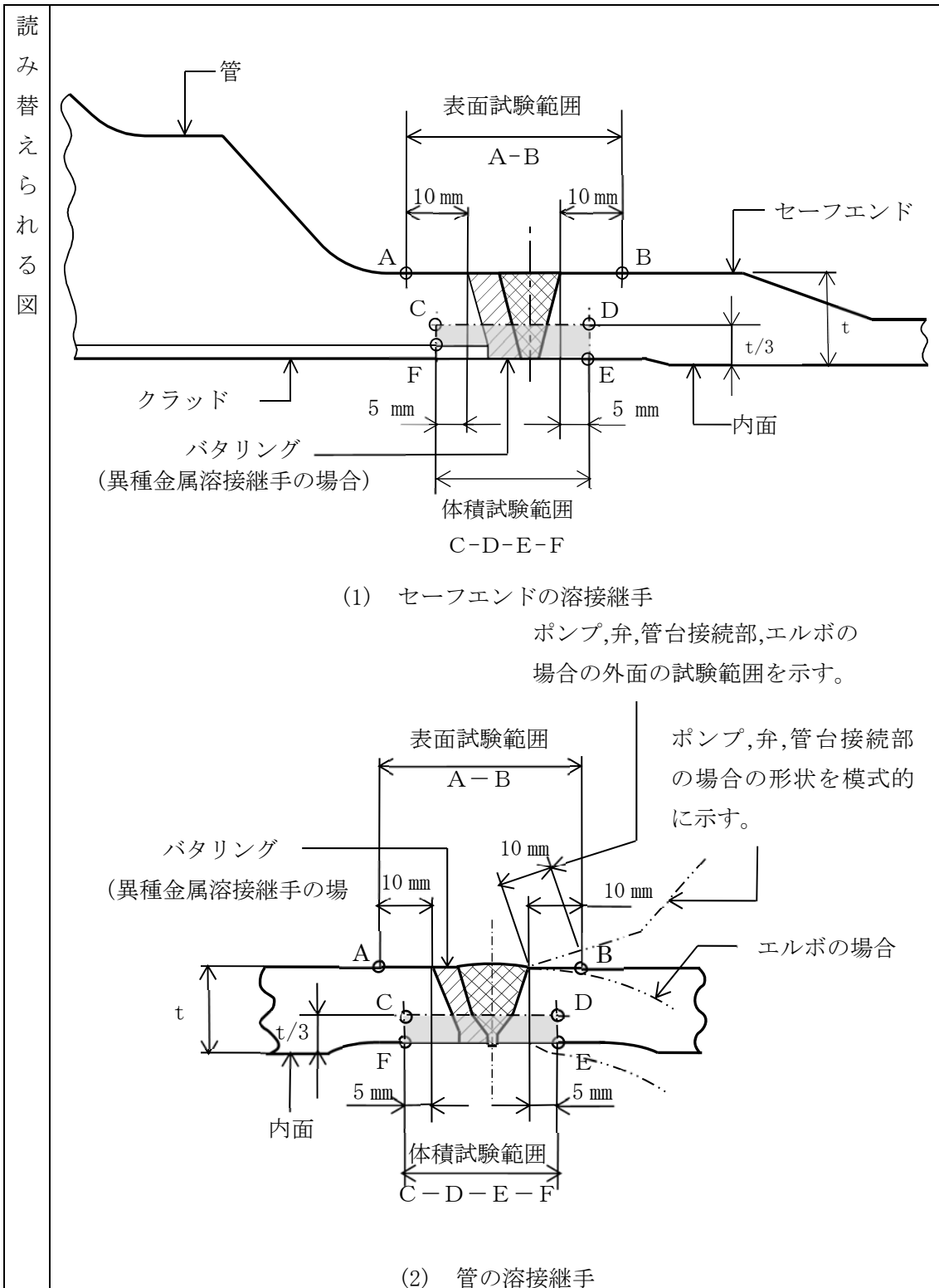
試験カテゴリ D-A 容器, 管, ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手			
項目番号	試験部位	試験方法	
		読み替えられる字句	読み替える字句
D1. 10	圧力容器耐圧部分への支持部材取付け溶接継手 ⁽²⁾	VT-3	VT-1

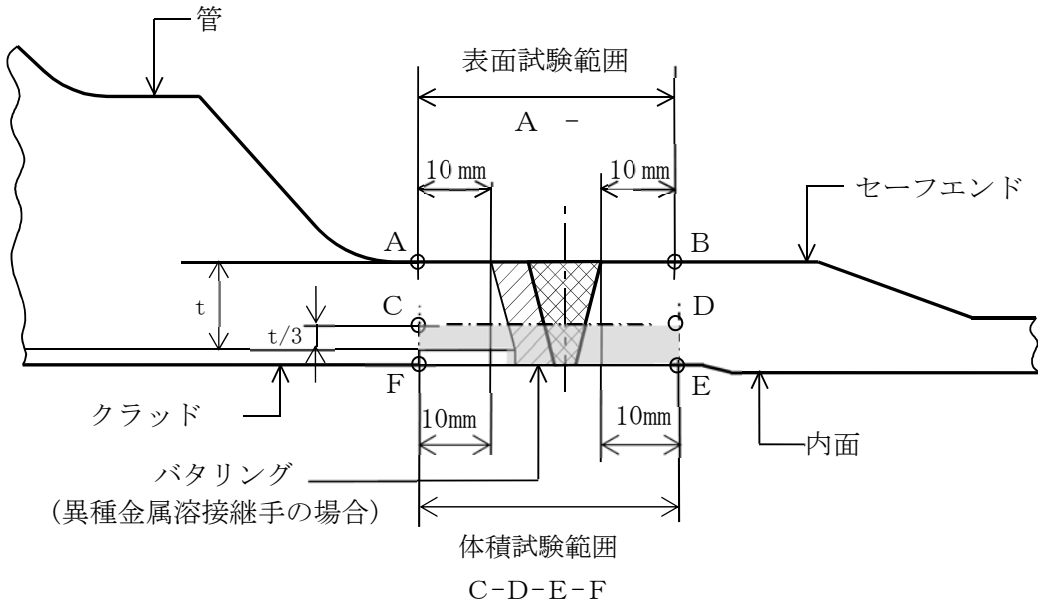
D1.20	管, ポンプ, 弁 耐圧部分への支持部材取付け 溶接継手	VT-3	VT-1
-------	------------------------------------	------	------

表 4.1-7 「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位及び試験方法」に係る読替表

項目番号	試験部位	試験実施時期		読み替える字句
		読み替えられる字句		
G30.10	ハウジング取付 溶接継手(高ニッケル合金溶接継手)	初回	2回以降	低炭素ステンレス鋼溶接部近傍硬化域のSCC亀裂進展速度に基づき算出した貫通までの年数に余裕を取ったものとする。この場合において、亀裂解釈の「別紙4 低炭素ステンレス鋼管の欠陥評価方法及び許容基準について」に規定する亀裂進展速度の規定によってもよい。
		供用開始から運転時間で13年以降の最初の定検	毎定検	
G30.20	ハウジング取付 溶接継手(ステンレス鋼溶接継手)	供用開始から25年以降の最初の定検	毎点検	
G30.30	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手(SUS304)	局所出力領域モニタ交換時	局所出力領域モニタ交換時	
G30.40	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手(SUS316)	供用開始から20～30年以内	前回の試験後30年以内	
G30.50	局所出力領域モニタを装荷しないハウジングのフランジ溶接継手	供用開始から25年以降の最初の定検	毎点検	

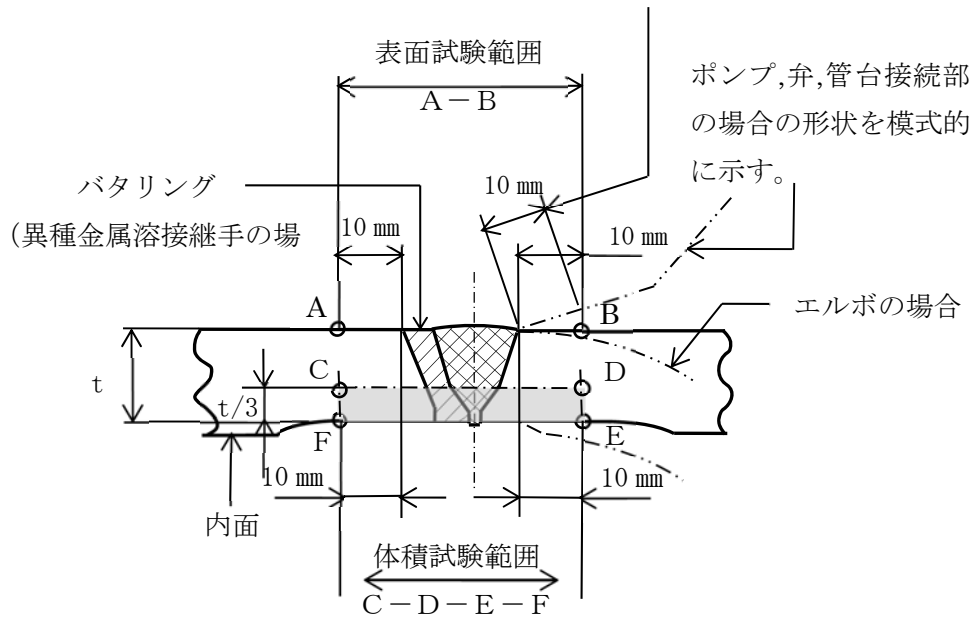
表 4.1-8 「図 IB-2500-17-1 セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手
(その 3-1)」に係る読替表





(1) セーフエンドの溶接継手

ポンプ,弁,管台接続部,エルボの場合の外面の試験範囲を示す。

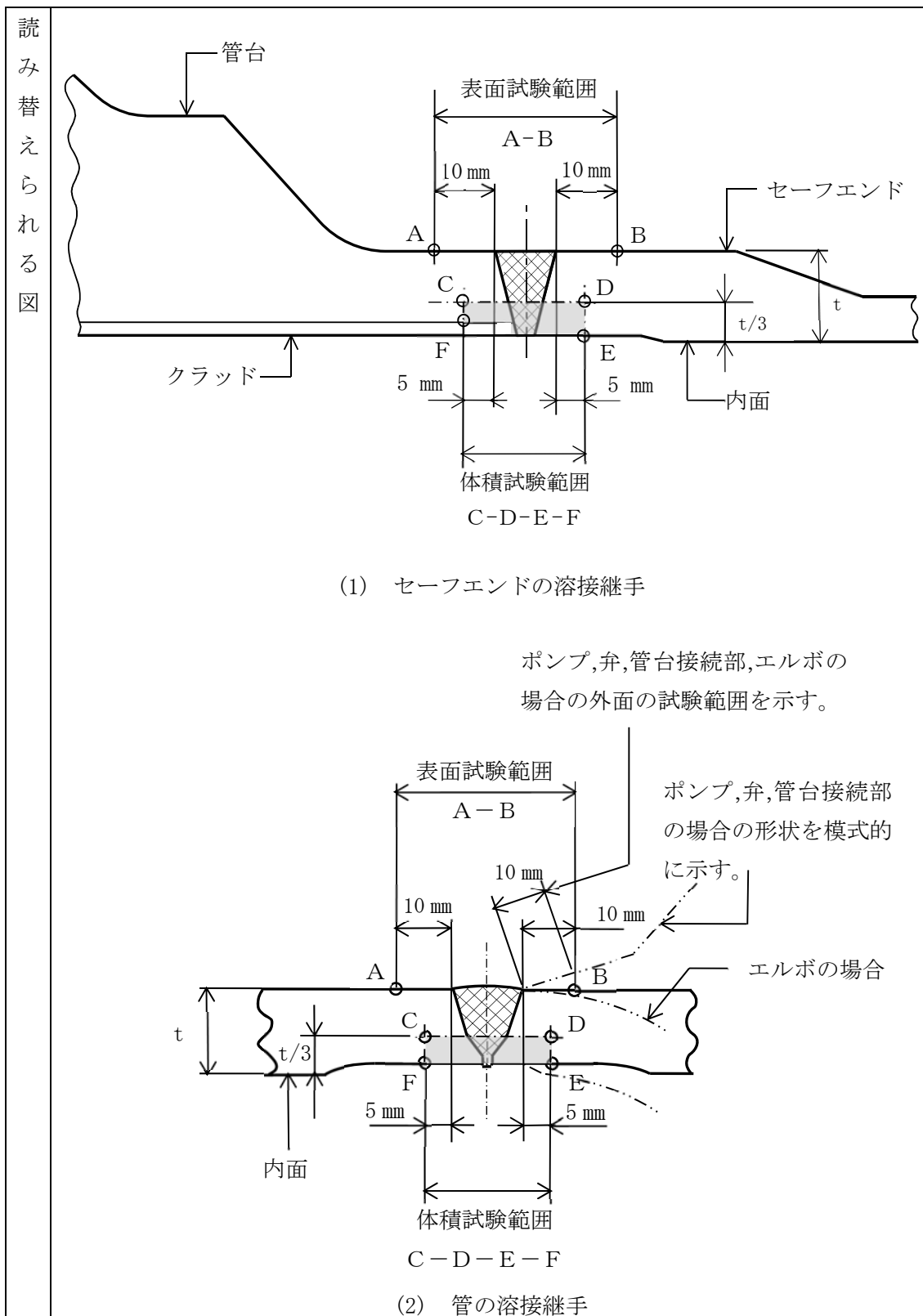


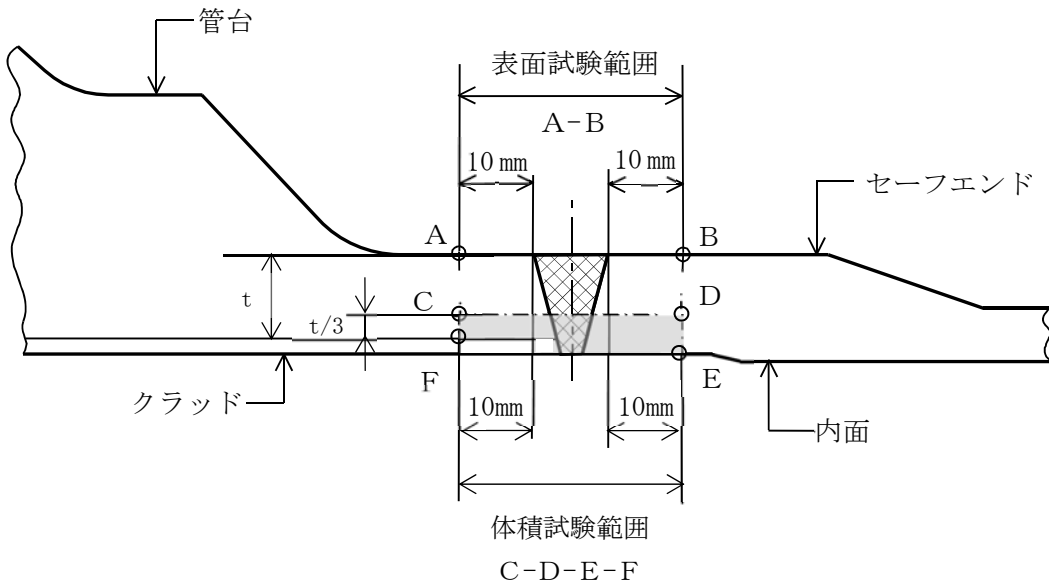
(2) 管の溶接継手

※点 A, B, C, D で囲まれた区間に「要記録エコー」が存在しない場合で、次の 1) または 2) の場合を除いた場合に限る。

- 1) 外面の溶接止端部からの距離が 5mm の位置が内面の止端部から 10mm 以上を確保できるベベル角度を有する開先である場合
- 2) 外面側開先端部から片側に 5mm 以上の幅を有する化粧盛りを行っていることが明らかな場合

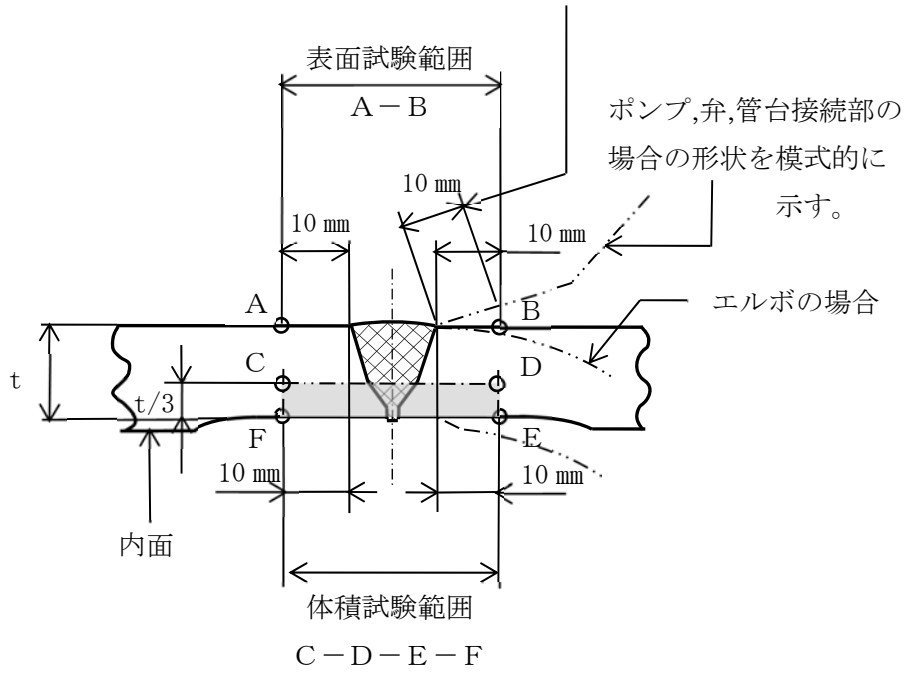
表 4.1-9 「図 IB-2500-17-2 セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手
(その 3-2)」に係る読替表





(1) セーフエンドの溶接継手

ポンプ,弁,管台接続部,エルボの場合の外面の試験範囲を示す。

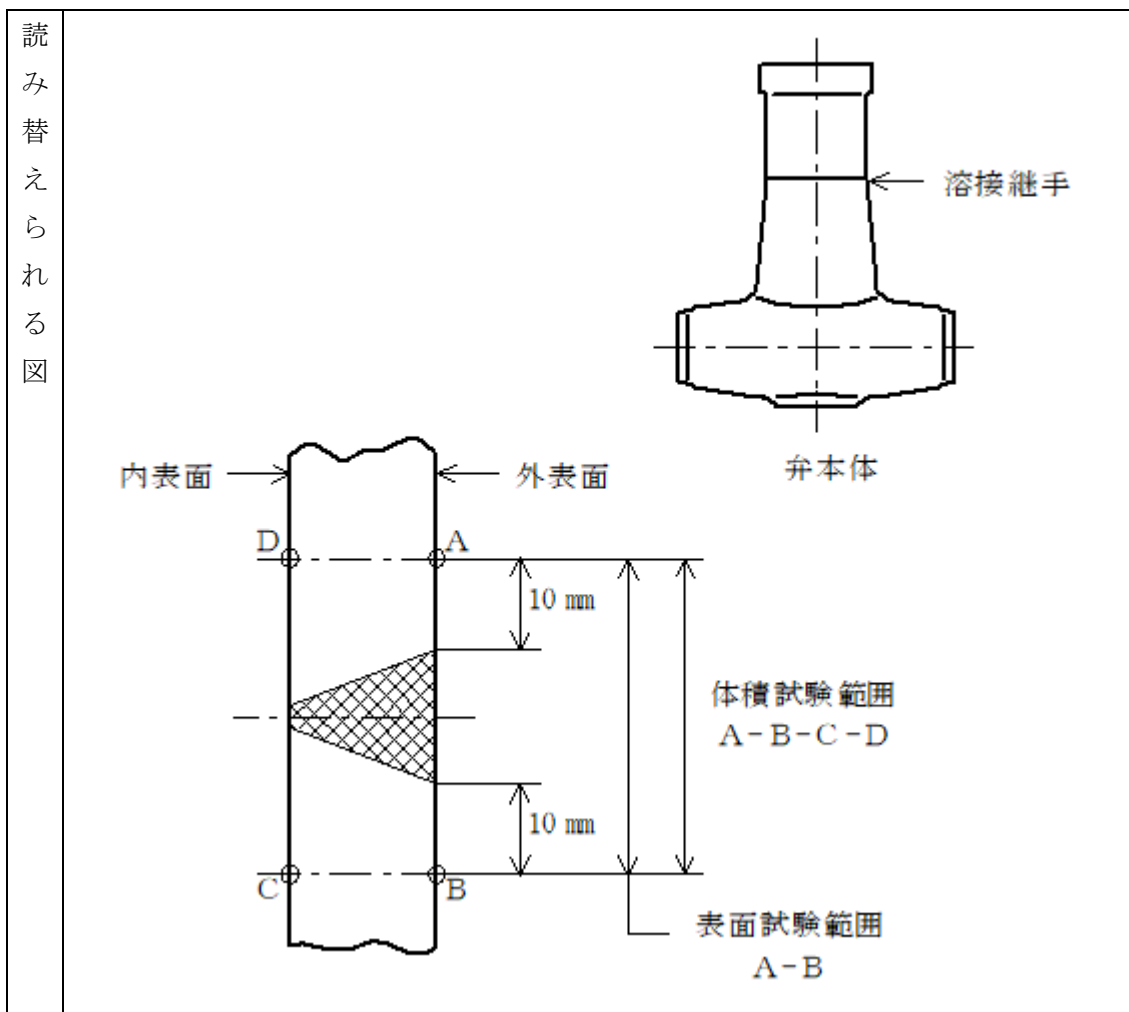


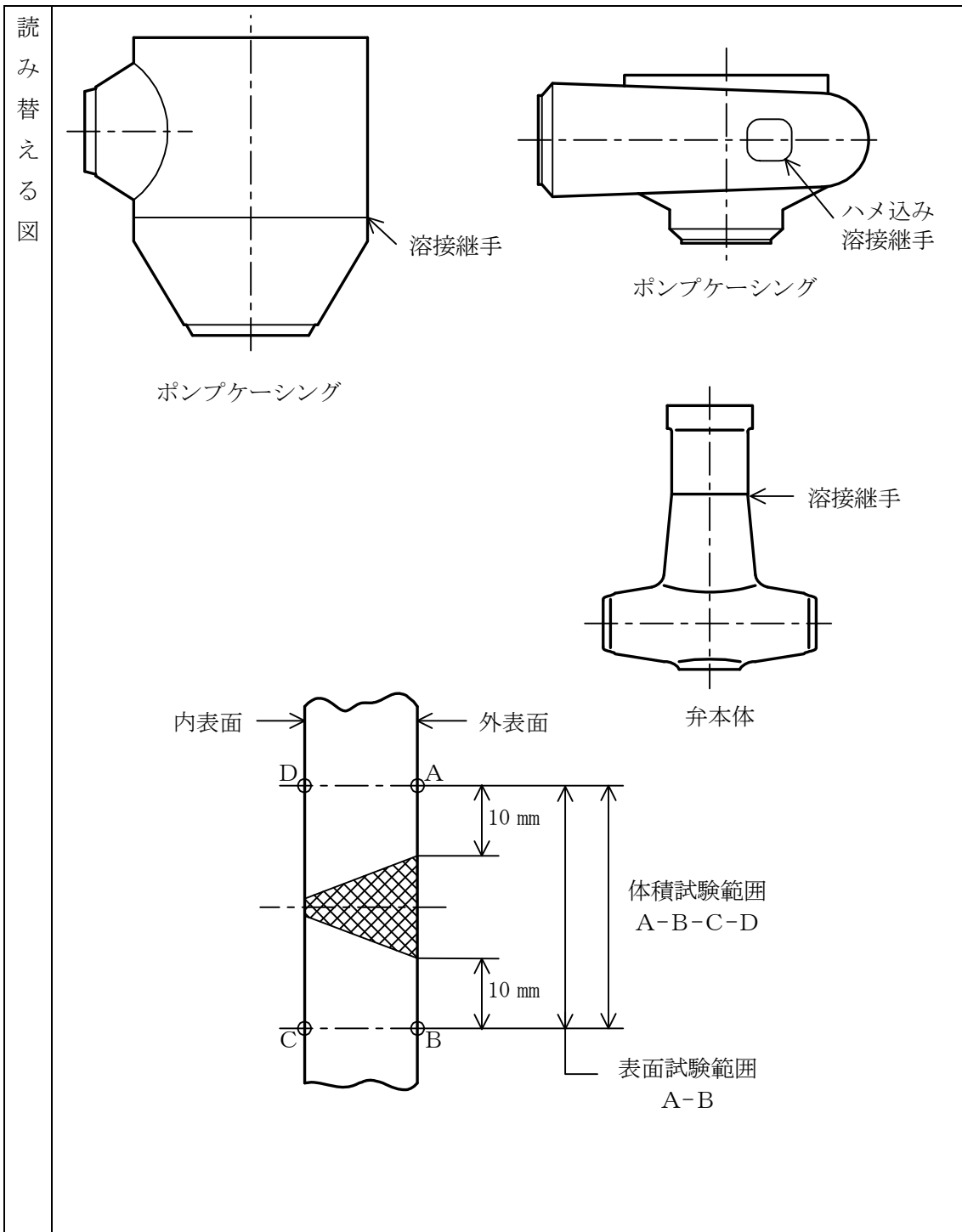
(2) 管の溶接継手

※点 A, B, C, D で囲まれた区間内に「要記録エコー」が存在しない場合で、次の 1) または 2) の場合を除いた場合に限る。

- 1) 外面の溶接止端部からの距離が 5mm の位置が内面の止端部から 10mm 以上を確保できるベベル角度を有する開先である場合
- 2) 外面側開先端部から片側に 5mm 以上の幅を有する化粧盛りを行っていることが明らかな場合

表 4.1-10 図 IB-2500-27 ポンプケーシングおよび弁本体の溶接継手に係る読替表





4. 2 維持規格 2008 年版

表 4.2-1 「維持規格」 2008 年版に係る読替表

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
A-5310 標準評価に関する用語 有意な欠陥指示	有意な欠陥指示：欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、超音波探傷試験 (UT) 検出性等の	有意な欠陥指示：欠陥指示のうち、機器の製造時の記録、供用前検査記録、以前の供用期間中検査の記録、過去のトラブル事例、欠陥指

	<p>実証試験データおよび他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生、進展によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。</p>	<p>示の反射源位置、UT 検出性等の実証試験データ、測定のおろつきおよび他の非破壊検査試験方法による補足試験結果等を参考に総合的に判断し、供用中における欠陥の発生または進展によって生じた変化が認められる場合の欠陥指示。</p>
IA-2320 検査プログラム (4)	<p>検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない。</p>	<p>検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、適切な検査方法としなければならない。この場合において、定点の代表性が説明できる場合には、定点サンプリング方式としてもよい。</p>
IA-2330 追加試験 (1)	<p>IA-2320 に規定する試験（系の漏えい試験を除く）を行った結果、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は、その停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器（支持構造物については隣接する支持構造物を含む）について、表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して、追加試験を行わなければならない。</p>	<p>IA-2320 に規定する試験（系の漏えい試験を除く）を行った結果、EB-1320 または EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う欠陥を検出した場合、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は、その停止期間中に同じ試験カテゴリ内の機器（支持構造物については隣接する支持構造物を含む）について、表 IA-2330-1 に定める以上の数または範囲に対して、追加試験を行わなければならない。</p>
IA-2330 追加試験 (2)	<p>IA-2330(1) に規定する追加試験の結果、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示または特異な状態を検出した場合は、類似の欠陥や特異な状態を発生する可能性がある材料と使用条件の組合せに関し、残りの溶接継手、部品または範囲の全数についてその停止期間中に試験しなければならない。ただし、支持構造物においては、当該系統に設置された同一型式、機能の残りの支持構造物全数としなければならない。（解説 IA-2330-1）</p>	<p>IA-2330(1) に規定する追加試験の結果、EB-1320 又は EC-1320 に従って第二段階の欠陥評価を行う欠陥を検出した場合、EA-3030 の規定に適合しない欠陥指示又は特異な状態を検出した場合は、類似の欠陥や特異な状態を発生する可能性がある材料と使用条件の組合せに関し、残りの溶接継手、部品または範囲の全数についてその停止期間中に試験しなければならない。ただし、支持構造物においては、当該系統に設置された同一型式、機能の残りの支持構造物全数としなければならない。</p>

		い。(解説 IA-2330-1)
IA-2340 継続検査のプログラム (1)	供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験または IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 の規定に適合しない欠陥指示を有する機器において、EB-1320 によってその機器の継続使用が許容された場合は、欠陥指示または特異な状態を有する部分に対し、次の時期に継続検査を行わなければならない。(解説 IA-2340-1)	供用期間中検査における IA-2540 で定める体積試験または IA-2530 で定める表面試験の結果が EB-1310 の規定に適合しない場合または EC-1320 の規定による評価で継続使用が許容された場合は、欠陥指示または特異な状態を有する部分に対し、次の時期に継続検査を行わなければならない。(解説 IA-2340-1)
IA-2510 一般事項 (2)	非破壊試験のため表面処理が必要な場合、処理範囲は、試験が十分に行えるように試験範囲およびその周辺領域を含めなければならない。(解説 IA-2510-1)	非破壊試験のため表面処理が必要な場合、処理範囲は、試験が十分に行えるように試験範囲およびその周辺領域を含めなければならない。(解説 IA-2510-1) 表面処理として減肉加工が行われた面は、適用規格に基づき非破壊試験(磁粉探傷試験(磁粉探傷試験が不適当な場合は浸透探傷試験))を行う。
EB-1110 評価の流れ (1)	クラス 1 容器、クラス 1 配管(ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管を除く)について実施した試験結果は、EB-1310 の規定に従わなければならない。	クラス 1 機器(ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管を除く)について実施した試験結果は、EB-1310 の規定に従わなければならない。
EB-1110 評価の流れ (2)	クラス 1 容器、クラス 1 配管のうち、ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果は EB-1120 の規定に従わなければならない。	クラス 1 機器のうち、ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果は EB-1120 の規定に従わなければならない。
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (1)欠陥指示が溶接部(溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲)にある場合	体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-1100 を準用し、これに適合するものでなければならない。	表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-1100 を準用し、これに適合するものでなければならない。
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (2)ボルト等以外の場合で、	体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、体積試験で検出された欠陥指示は、「設	表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、「設計・建設規格」PVB-2425(1)または PVB-2426(1)を適用

欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合	計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4), 表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し, それぞれ, これに適合するものでなければならない。	し, それぞれ, これに適合するものでなければならない。
EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準 (3) ボルト等	a. 体積試験のための対比試験片がある場合, 検出された欠陥指示は, 「設計・建設規格」PVB-2421(2)b または PVB-2422(1)を適用し, これに適合するものでなければならない。 b. 体積検査のための試験片がない場合, 検出された欠陥指示は, 「設計・建設規格」PVB-2421(4)を適用し, これに適合するものでなければならない。	日本電気協会電気技術規程「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中における超音波探傷試験規程 JEAC4207-2008[2012 年追補版]」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」における「D 要記録エコー」（以下単に「要記録エコー」という。）がある場合には, EA-3000 による。
EB-1220 目視試験 (3)	IA-2350 に規定する補足試験を行った場合は, 試験部位に応じて, EB-1210 の体積試験または表面試験の規定を適用してもよい。	IA-2350 に規定する補足試験を行った場合は, EB-1110 の評価の流れの規定を適用すること。
添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定 1. 適用	本添付は, 欠陥評価の破壊評価において遷移温度領域の破壊靱性として用いる静的平面ひずみ破壊靱性 K_{Ic} および平面ひずみき裂伝ぱ停止破壊靱性 K_{Ia} について規定する。	本添付は, 欠陥評価の破壊評価において遷移温度領域の破壊靱性として用いる静的平面ひずみ破壊靱性 K_{Ic} および平面ひずみき裂伝ぱ停止破壊靱性 K_{Ia} について規定する。ただし, 中性子照射脆化した部位については, 設計・建設規格 2012 年版の添付 4-1 に規定される K_{Ic} 曲線を用いること。
添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.1 許容状態 A および B に対する評価 (1) 考慮する荷重	c. 容器の溶接部に対しては, 溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。	c. 線形破壊力学評価法を適用する機器の溶接部に対しては, 溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。
添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重 4.2 許容状態 C および D に対する評価 (1) 考慮する荷重	d. 容器の溶接部に対しては, 溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。	d. 線形破壊力学評価法を適用する機器の溶接部に対しては, 溶接残留応力が付加されることを考慮しなければならない。
添付 E-8 極限荷重評価法 1. 適用	本添付は, オーステナイト系ステンレス鋼管, フェライト鋼管および炉内構造物の破壊評価法のうち, 極限	本添付は, オーステナイト系ステンレス鋼管, フェライト鋼管（クラス 1 管に限る。）および炉内構造物の破

	荷重評価法による許容欠陥寸法および許容応力について規定する。	壊評価法のうち、極限荷重評価法による許容欠陥寸法および許容応力について規定する。
IC-1220 試験免除機器 (2)	呼び径 100 A 以下の管と試験対象機器との取合部およびその系内機器（取合部が入口側，出口側共に呼び径 100 A 以下の管。ただし，加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては，呼び径 40 A 以下の管）	呼び径 100 A 以下の管と試験対象機器との取合部およびその系内機器（取合部が入口側，出口側共に呼び径 100 A 以下の管。ただし，加圧水型原子力発電所の高圧安全注入系に関しては，呼び径 40 A 以下の管。また，入口側または出口側が複数個のときは呼び径の二乗和平方根の値が 40A 以下とする。）
IC-3210 試験圧力 (1)	系の漏えい試験は，運転圧力以上の圧力で行わなければならない。	系の漏えい試験は，運転圧力以上の圧力で行わなければならない。この場合において、一つの系統またはその一部が，二つの運転モードを有し，かつ各々の運転圧力が異なる場合，当該部の系の漏えい試験は，運転圧力が高い方の圧力以上で行わなければならない。
ID-3210 試験圧力 (1)	系の漏えい試験は，運転圧力以上の圧力で行わなければならない。	系の漏えい試験は，運転圧力以上の圧力で行わなければならない。この場合において、一つの系統またはその一部が，二つの運転モードを有し，かつ各々の運転圧力が異なる場合，当該部の系の漏えい試験は，運転圧力が高い方の圧力以上で行わなければならない。
表 IB-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法 試験カテゴリ B-A 原子炉圧力容器及び原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手 注(3)	各検査間隔中の試験程度は，各溶接継手長さの 7.5% とする。ただし，周継手について 5%，長手継手について 10% としてもよい。 なお，特定の溶接継手に対する試験程度の一部または全部を実施せず，その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することが妥当と判断される場合は，各溶接継手長さに対する割合でなく全溶接継手長さに対する割合としてもよい。	各検査間隔中の試験程度は，全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。

	<p>ただし、代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として、材質、応力条件（溶接残留応力を含む）および環境条件（温度、炉水環境）が工学的に同等であることを確認し、記録しておかなければならない。（解説表 IB-2500-1, 2, 8）</p> <p>なお、中性子フルエンス（1 MeV またはそれ以上のエネルギー）の照射を 10^{23} n/m² を超えて受けた胴の溶接継手は、試験可能な全ての範囲について試験を行わなければならない。</p>	
<p>表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p>試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手</p> <p>注(6)</p>	行わなければならない。	<p>行わなければならない。</p> <p>(7) 各検査間隔中の試験程度は、全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。</p>
<p>表 IB-2500-12 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p>試験カテゴリ B-0 制御棒駆動ハウジングの耐圧部分の溶接継手</p> <p>注(1)</p>	<p>各検査間隔中の試験程度は、最外周のハウジング数の25%とする。最初の検査間隔で選定した溶接継手は、原則として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験を行わなければならない。</p>	<p>各検査間隔中の試験程度は、最外周のハウジング数の25%とする。</p>
<p>表 添付 E-8-1 管の許容状態 A および B における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比</p> <p>注(2)</p>	求めなければならない。	<p>求めなければならない。</p> <p>(3) 本表の適用は、クラス 1 管に限る。</p>
<p>表 添付 E-8-2 管の許容状態 C および D における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比</p> <p>注(2)</p>	求めなければならない。	<p>求めなければならない。</p> <p>(3) 本表の適用は、クラス 1 管に限る。</p>
<p>表 添付 E-8-3 管の許容状態 A および B における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比</p> <p>注(2)</p>	求めなければならない。	<p>求めなければならない。</p> <p>(3) 本表の適用は、クラス 1 管に限る。</p>
<p>表 添付 E-8-4 管の許容状態 C および D における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比</p> <p>注(2)</p>	求めなければならない。	<p>求めなければならない。</p> <p>(3) 本表の適用は、クラス 1 管に限る。</p>

表 添付 E-12-1 周方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic}	グループ 2 材 STPT480 およびグループ 1 材以外の材料	グループ 2 材 グループ 1 材以外の材料
表 添付 E-12-2 軸方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靱性 J_{Ic}	グループ 2 材 STPT480 およびグループ 1 材以外の材料	グループ 2 材 グループ 1 材以外の材料

- ・「A-5310 標準評価に関する用語」の「供用状態 D」は、適用除外とする。
- ・「IC-1220 試験免除機器」の(5)から(7)まで、(9)及び(10)は、適用除外とする。
- ・「EB-1110 評価の流れ」の(3)は、適用除外とする。
- ・「EF-1210 体積試験または表面試験」は、適用除外とする。
- ・「添付 I-2 検査プログラム適用にあたっての移行措置」は、適用除外とする。
- ・「添付 E-7 欠陥評価に用いる荷重」の 2. 記号の定義の(注 1)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-A 原子炉圧力容器及び原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-D 容器に完全溶込み溶接された管台の注(9)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-6 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-G-1 直径 50 mm を超える圧力保持用ボルト締付け部の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-7 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-G-2 直径 50 mm 以下の圧力保持用ボルト締付け部の注(4)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-8 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-H 容器の支持部材取付け溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-10 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-K 管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面、B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手及び B-M-2 弁本体の内表面の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-A 容器の耐圧部分の溶接継手の注(4)は、適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-B 容器と管台との耐圧部分の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-3 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-C 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-D 直径 50 mm を超える圧力保持用ボルト締付け部の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-F 管の耐圧部分の溶接継手の注(3)は、適用除外とする。
- ・「表 IC-2500-6 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ C-G ポンプおよび弁の耐圧部分の溶接継手の注(4)は、適用除外とする。
- ・「表 ID-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ D-A 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手の注(4)は、適用除外とする。
- ・「表 IE-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-A 格納容器表面の注(4)は、適用除外とする。

- ・「表 IE-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-B 耐圧部分の溶接継手の注(6)は、適用除外とする。
- ・「表 IE-2500-3 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ E-G 圧力保持用ボルト締付け部の注(3)は、適用除外とする。
- ・「表 IF-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ F-A 支持構造物の注(8)は、適用除外とする。
- ・「表 IG-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」試験カテゴリ G-B-1 沸騰水型原子炉压力容器内部の構造物・取付け物、G-B-2 沸騰水型原子炉の炉心支持構造物、G-P-1 加圧水型原子炉压力容器内部の構造物・取付け物及び G-P-2 加圧水型原子炉の炉心支持構造物の注(5)は、適用除外とする。
- ・「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」の注(4)は、適用除外とする。
- ・「図 EB-1000-2 クラス1機器の欠陥評価の流れ」は、適用除外とする。

表 4.2-2 「表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法」に係る読替表

試験カテゴリ B-B 容器の耐圧部分の溶接継手			
項目番号	試験部位	図番	
		読み替えられる字句	読み替える字句
B2.111	胴の周継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2.112	胴の長手継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2.121	鏡板の周継手	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾
B2.122	鏡板の長手継手 (子午線方向を含む)	溶接継手 ⁽²⁾	溶接継手 ⁽⁷⁾

表 4.2-3 「表 ID-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」に係る読替表

試験カテゴリ D-A 容器、管、ポンプおよび弁の支持部材取付け溶接継手			
項目番号	試験部位	試験方法	
		読み替えられる字句	読み替える字句
D1.10	压力容器 耐圧部分への支持部材取付け 溶接継手 ⁽²⁾	VT-3	VT-1
D1.20	管、ポンプ、弁 耐圧部分への支持部材取付け 溶接継手	VT-3	VT-1

表 4.2-4 「表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法」に係る読替表

項目番号	試験部位	試験実施時期		
		読み替えられる字句		読み替える字句
G30.10	ハウジング取付 溶接継手(高ニッケル合金溶接継手)	初回	2回以降	低炭素ステンレス鋼溶接部近傍硬化域のSCC亀裂進展速度に基づき算出した貫通までの年数に余裕を取ったものとする。この場合において、亀裂解釈の「別紙4低炭素ステンレス鋼管の欠陥評価方法及び許容基準について」に規定する亀裂進展速度の規
		供用開始から運転時間で13年以降の最初の定検	毎定検	
G30.20	ハウジング取付 溶接継手(ステンレス鋼溶接継手)	供用開始から25年以降の最初の定検	毎点検	

G30.30	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手 (SUS304)	局所出力領域モニタ交換時	局所出力領域モニタ交換時	定によってもよい。
G30.40	局所出力領域モニタを装荷したハウジングのフランジ溶接継手 (SUS316)	供用開始から 20～30 年以内	前回の試験後 30 年以内	
G30.50	局所出力領域モニタを装荷しないハウジングのフランジ溶接継手	供用開始から 25 年以降の最初の定検	毎点検	

4. 3 渦電流探傷試験指針

表 4.3-1 「渦電流探傷試験指針」に係る読替表

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
附属書 A A-2400 試験周波数	試験周波数は、10kHz から 1MHz の 2 種類以上の周波数とする。	試験周波数は、50kHz から 500kHz の 2 種類以上の周波数とする。
附属書 B B-2400 試験周波数	試験周波数は、10kHz から 1MHz の範囲で 2 種類以上の周波数とする。	試験周波数は、100kHz から 1MHz の範囲で 2 種類以上の周波数とする。
附属書 C C-2400 試験周波数	試験周波数は、10kHz から 1MHz の 2 種類以上の周波数とする。	試験周波数は、20kHz から 100kHz の内の 2 種類以上の周波数とする。

4. 4 超音波探傷試験規程

表 4.4-1 「超音波探傷試験規程」に係る読替表

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
解説表-2712-1 エコー分類 (22/23)	適用規格によって不合格と判定される場合には、「欠陥エコー」とする。	指示エコーが製造時の非破壊試験で許容された欠陥からのものであることが明らかでない場合または変化が認められる場合は、「欠陥エコー」とする。
解説表-2712-1 エコー分類 (23/23)	反射源が不連続部で、適用規格によって不合格とされるもの。	反射源が不連続部で、供用期間中検査で新たに検出された指示エコーまたは製造時の非破壊試験で許容された欠陥からのものであることが明らかでないまたは変化が認められる指示エコーのもの。

2720 欠陥寸法測定	供用期間中検査において超音波探傷試験を行った結果、反射源が欠陥に基づくものについては、	供用期間中検査において超音波探傷試験を行った結果、反射源が新たに検出されたものおよび反射源からのエコーが供用前検査または以前の供用期間中検査におけるエコーと比較して変化が認められるものについては、
2721 クラス1(第1種)機器	維持規格の EC-1300 項 (JEA C4205 の A-3000 項) に基づき欠陥評価を行う場合であって、欠陥指示が溶接規格に適合しない場合には、欠陥深さ寸法測定を行う。	維持規格の EB-1300 項に基づき欠陥評価を行うためには、欠陥深さ寸法測定を行う。
(解説-2721-1 欠陥指示が溶接部にある場合)	溶接規格に適合する欠陥指示とは、その位置などから溶接施工時に溶接部の内部に生じたものと判断され、溶接部の判定基準である溶接規格に適合するものを言い、この場合、欠陥深さ寸法測定は実施しない。適合しない欠陥指示とは、欠陥が表面にある場合などで、割れか否かの判断が付かない場合にも欠陥深さ寸法測定の対象とした。 有意な差とは、	有意な差とは、
(解説-2721-1 欠陥指示が溶接部にある場合)	供用期間中における欠陥の発生、進展によって生じた変化	供用期間中における欠陥の発生または欠陥の進展によって生じた変化
2722 クラス2(第2種)機器	維持規格の EB-1200 項 (JEAC4205 の A-3000 項) に適合しない場合で、EA-3000 「評価の一般規定」に基づいて欠陥評価を行う場合には、欠陥深さ寸法測定を行う。	供用前検査または以前の供用期間中検査の結果と比較して変化が認められる場合および新たに検出された場合には、維持規格 EA-3000 に基づいて欠陥評価を行うために欠陥深さ寸法測定を行う。
4221 一般	ただし、垂直法については、過去に、現在の校正方法・記録レベルが同一の条件で探傷した ISI 等の客観的記録があり、要記録エコーが記録されていない部位については斜角法のみとする。	ただし、過去に、現在の校正方法・記録レベルが同一の条件で探傷した ISI 等の客観的記録があり、要記録エコーが記録されていない部位については斜角法のみとするが、厚さ方向の応力分布が変化するような施工が行われた場合は再度垂直法を行う。

・「2730 試験結果の評価」は、適用除外とする。

4. 5 伝熱管渦流探傷試験指針

表 4.5-1 「伝熱管渦流探傷試験指針」に係る読替表

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
3.2.3.1 全長用インテリジェントプローブによる渦流探傷試験 (4) 試験周波数	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。また、外径 19.05mm 伝熱管では 200 kHz は参考周波数。)	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。)
3.2.3.2 小曲げ伝熱管半長部用インテリジェントプローブによる渦流探傷試験 (4) 試験周波数	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。また、外径 19.05mm 伝熱管では 200 kHz は参考周波数。)	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。)
3.2.3.3 小曲げ伝熱管Uベンド用インテリジェントプローブによる渦流探傷試験 (4) 試験周波数	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。また、外径 19.05mm 伝熱管では 200 kHz は参考周波数。)	(外径 22.23mm 伝熱管では 300kHz は参考周波数。)

4. 6 超音波探傷試験システム認証

表 4.6-1 「超音波探傷試験システム認証 2015」に係る読替表

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
B.1.2 認証の区分	WOL 施工されたオーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手（ステンレス 鋳鋼部を除く。）及び WOL 施工された異種金属配管突合せ溶接継手	WOL 施工されたオーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手（ステンレス 鋳鋼部を除く。）
B.2.6 PD 資格試験の実施手順 d) 1)	WOL 工法の溶接部のきず及び原配管部のきず（内表面からの深さが原配管肉厚の 75%以上の亀裂）の有無	WOL 工法の溶接部の亀裂、WOL 工法の溶接部の亀裂以外のきず及び原配管部のきず（内表面からの深さが原配管肉厚の 75%以上の亀裂）のそれぞれの有無
C.2.7 PD 資格試験結果の評価 b)	内面探傷の場合、配管肉厚が 53.3mm 未満の場合は RMSE は 3.2mm を、配管肉厚が 53.3mm 以上の場合は RMSE は 6.4mm を超えてはならない。	内面探傷の場合、RMSE は 3.2mm を超えてはならない。

5. 過去の技術評価における要望事項

過去の技術評価において要望事項となっていたものについて、未反映であるものを以下に示す。これらについては、今後規格に反映することを要望する。

- 表 5.1-1 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2004)」に関する技術評価書の要望事項と反映状況
- 表 5.1-2 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2008)」に関する技術評価書の要望事項と反映状況
- 表 5.1-3 日本電気協会「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」(JEAC-2008)に関する技術評価書の要望事項と反映状況
- 表 5.1-4 日本非破壊検査協会「超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証」(NDIS 0603:2005)に関する技術評価書の要望事項と反映状況

表 5.1-1 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2004)」に関する技術評価書の
要望事項と反映状況

要望事項	反映状況
<p>8.(1) 標準検査</p> <p>(表 IC-2500-5 の「試験カテゴリ C-F 管の耐圧部分の溶接継手」の試験方法が「体積または表面」から「体積および表面」への改定に関連して)</p> <p>(a) 海外の規格基準を参考にして規格に反映する場合には、その背景、技術的根拠等についても規格の解説等に残すことを要望する。</p>	未反映
<p>8.(1) 標準検査</p> <p>(表 IC-2500-5 の「試験カテゴリ C-F 管の耐圧部分の溶接継手」の注(5)で「公称厚さ 9.5mm を超え 12.7mm 以下の継手にあつては、「体積または表面」のいずれかとしてもよい。ただし、新設プラント等にあつては、PSI の時点から管の公称厚さにかかわらず「体積および表面」としなければならない。」と規定していることを例に)</p> <p>(b) 既設プラントと新設プラントにおいて適用に差異を設ける場合には、解説等にその理由等を明確にし、必要に応じて追加で行うべき試験等の要求を明確にすることを要望する。</p>	未反映
<p>8.(1) 標準検査</p> <p>(c) IA-2220 検査計画書(5)試験要求を満たさない機器、IA-2360 接近性の接近及び検査困難な機器で試験免除規定があるが、実施不可の理由、検査目的に応じて代替検査の適用及び実施について考慮することを要望する。</p>	未反映
<p>8.(1) 標準検査</p> <p>(d) 再生熱交換器出口配管損傷等過去のトラブル事例を反映した個別検査への取り込みの検討をすることを要望する。</p>	未反映

<p>8.(2) 標準検査に基づく欠陥評価</p> <p>(a) SCC き裂進展線図については、環境や材料によっては、データ取得が不十分なものもあるが、JNES 等の試験結果及びその他の国内外の情報を収集し、適宜見直しを行うことを要望する。</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(7.2 項(1)で(a) シュラウド及びシュラウドサポートの縦溶接線の検査の必要性、(b) シュラウド及びシュラウドサポートの試験できない範囲の対応、(c) 制御棒駆動機構ハウジングの検査について技術評価している。)</p> <p>(a) 試験要求のない部位及び試験できない範囲の対応</p> <p>7.2 項(1)(a)(b)(c)を勘案して規定及び解説の改訂を要望する</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(b) シュラウド</p> <p>①アライナブラケット等の溶接継手を除外することについて、解説において理由を記載することを要望する。</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(b) シュラウド</p> <p>②仕様規定として分かりやすい規格構成とすることを要望する。</p> <p>(i) 炉内構造物 (EJG-3000)及びシュラウドの欠陥評価 (添付 EJG-B-2-1) の双方が適用可能となっているが、両規定の関係の明確化</p> <p>(ii) 添付規定の引用の一貫性の確保</p> <p>(iii) 重複内容の規定については、引用等により整合性を保つとともに、なるべく分かりやすいものとする</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(b) シュラウド</p> <p>③機能評価に関して、「7.1.1 「個別検査」及び「個別欠陥評価」に係る規定に対する視点 (3)追加要件」を勘案した規定の改訂を要望する。</p> <p>注：7.1.1(3)の記載内容を以下に示す。(文中の図3は省略)</p> <p>維持規格 2004 年版では、個別検査の対象としている炉内構造物に対して構造健全性の観点から、最小必要断面積や最小必要長さ等の判定基準が設けられているが欠陥深さについての基準が特でないことから、同規格では炉内構造物の貫通欠陥を許容していると解釈することができる。</p> <p>一方、対象となる炉内構造物については図3に示すとおり、BWRの炉心スプレイ配管・スパーチャ、シュラウド、シュラウドサポート、ジェットポンプやPWRの炉心そう等、冷却材喪失事故において非常用炉心冷却設備とあいまって、炉心を直接的または間接的に冷却する</p>	未反映

<p>ための安全上重要な機能を有しているものがあり、これらは技術基準第17条と密接な関係にある。</p> <p>維持規格2004年版では、これらの炉内構造物に対して貫通欠陥を許容する規定になっているが、構造健全性以外に要求される炉心冷却機能等について、具体的な判断基準が示されていないため、直ちに技術基準(省令62号)に適合しているとは評価できない。</p>	
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(c) シュラウドサポート</p> <p>①仕様規定として分かりやすい規格構成とすることを要望する。</p> <p>(i) 炉内構造物 (EJG-3000)及びシュラウドサポートの欠陥評価 (添付 EJG-B-1-1)</p> <p>の双方が適用可能となっているが、両規定の関係明確化</p> <p>(ii) 添付規定の引用の一貫性の確保</p> <p>(iii) 重複内容の規定については、引用等により整合性を保つとともに、なるべく分かりやすいものとする</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(c) シュラウドサポート</p> <p>②機能評価に関して、「7.1.1「個別検査」及び「個別欠陥評価」に係る規定に対する視点 (3)追加要件」を勘案した規定の改訂を要望する。</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(c) シュラウドサポート</p> <p>③SCCに関する知見の継続的検証を要望する。</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(d) 制御棒駆動機構ハウジング</p> <p>①試験方法について、解説に本技術評価の「7.2(c) 制御棒駆動ハウジングの検査について」の記載内容を反映することを要望する。</p> <p>注：7.2(c)の記載内容を以下に示す。</p> <p>維持規格2004年版の制御棒駆動機構ハウジングの個別検査の試験方法はVT-2としているので、漏えいが検知された時点で補修・取替えとする規定となっている。また、維持規格2004年版解説において、VT-2試験で漏えいが認められず、その後の運転中に万一漏えいが認められた場合、想定される漏えい量は微小であり、原子炉安全性への影響はないとしている。</p> <p>しかしながら、技術基準(省令62号第9条の2の解釈)においてクラス1機器のバウンダリを構成する機器に貫通き裂は認められていない。したがって、技術基準に適合するためには、原子炉運転中に制御棒駆動機構ハウジングからの漏えいが生じた場合、直ちにこれを検</p>	未反映

<p>出し原子炉を停止させる措置を講ずることができることが必要条件となる。</p> <p>技術基準(省令62号第16条の3第2項)では、原子炉施設に原子炉冷却材バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置の施設が要求されており、また、同解説にはBWRにおける具体的な設備としては、原子炉格納容器内の廃液サンプル水位、放射能濃度、原子炉格納容器内ガス冷却装置の凝縮水量を測定する設備があることが示されている。</p> <p>一方、事業者が定めている保安規定では、漏えい検出のための複数の装置(格納容器内空気冷却器凝縮水量、原子炉格納容器高電導度廃液サンプル排水量、原子炉格納容器低電導度廃液サンプル排水量、原子炉格納容器内雰囲気核分裂生成物の放射能濃度)の設置が定められている。また、明らかに原子炉冷却材バウンダリからの漏えいの有意な変化がある場合は原子炉を停止することが規定されている。さらに、保守的な欠陥想定で地震を想定して破壊に対する裕度を評価している。</p> <p>以上、運転中に制御棒駆動機構ハウジングから漏えいが発生した場合でも、異なる数種の検出装置を設置しており、最も早く漏えいを検知した時点でプラントの停止操作を行うことが可能であることから、維持規格2004年版で規定された制御棒駆動機構ハウジングの試験方法は妥当と判断する。</p>	
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(e) 個別検査・個別欠陥評価の構成として、シュラウド及びシュラウドサポートの縦溶接線に沿うき裂は横荷重に対して構造強度上問題ないことを、説明性を高くする観点からも規格のはじめの部分に明確に記載することを要望する。</p>	未反映
<p>8.(3) 個別検査及び同検査を受けた欠陥評価</p> <p>(4) 維持規格補修編については、今回は技術評価を行わない。今後補修章が体系化され、技術基準との対応が可能になるよう要望する。</p> <p>この中でシュラウドの補修方法に関して、機械補修(タイロッド)の位置付けの検討を要望する。</p>	<p>2012年版でRA章(補修・取替の一般事項)の規定が充実され体系化に向けた改善が行われたが、RB章(補修技術と方法)は技術基準との対応が可能な段階には至っていない。</p> <p>シュラウドの機</p>

	械補修は未反映
--	---------

表 5.1-2 日本機械学会「維持規格 (JSME S NA1-2008)」に関する技術評価書の

要望事項と反映状況

要望事項	反映状況
<p>(1) IA-2360 (接近性) の規定に対する要望</p> <p>セーフエンド異材継手の損傷に伴い、「定期事業者検査における超音波探傷試験の代替措置計画策定について (平成20年2月5日付け平成20・02・05 原院第5号 (NISA-163b-08-1))」を発出し、「体積試験 (超音波探傷試験) が要求されている原子炉圧力バウンダリを構成する機器や工学的安全施設に属する機器等の溶接部であって、日本機械学会「発電用原子力設備規格維持規格」IA-2360 (接近性) の規定に基づき、構造上接近又は検査が困難であるとして当該試験が行われていない箇所は、関係法令を参照するとともに当院の指示、機器の構造等の設計的知見及び各種科学的知見等を踏まえ、想定されるき裂等を検知するための代替試験及びき裂等の大きさを特定するための代替試験又は推定するための類似箇所の試験結果等を用いた評価を規定した代替措置計画を策定すること。」とした。これに対し電気事業者は代替試験を行う計画を平成20年5月30日付けで報告している。</p> <p>この状況を踏まえ、IA-2360 (接近性) の規定にあっても、代替試験を計画し実施することを規定するよう要望する。</p>	未反映
<p>(2) クラス2機器の標準検査への要望</p> <p>公称厚さ 12.7mm を超える容器に付く補強板なしの管台では試験方法が体積検査および表面検査を要求しているが、公称厚さ 12.7mm を超える容器に付く補強板ありの管台で表面検査のみを要求している。機器の使用時における損傷の発生箇所を勘案すると、補強板あり、なしにおいて同等の試験範囲、試験方法を規定することを要望する。</p>	未反映
<p>(3) 弁、ポンプに溶接されるセーフエンドの継手等の扱いについての要望</p> <p>溶接事業者検査の内容の整理が進められており、製造時検査と供用期間中検査の整合性を図る必要がある。耐圧溶接部の健全性を確認することが重要な項目の一つであることを考慮すると、配管と同一の使用条件である弁、ポンプに溶接されるセーフエンドの溶接部がある場合は維持規格でも評価対象になると考える。以上より、クラス1および2機器の試験の範囲、程度、試験方法に弁、ポンプに接続されるセーフエンドの溶接部の扱いについては明確にするよう要望する。</p>	未反映 ただし、弁にセーフエンドは存在しないので、下線部の「弁、」は適用除外とする必要がある。

表 5.1-3 日本電気協会「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」(JEAC-4207)に関する技術評価書の要望事項と反映状況

要望事項	反映状況
<p>JEAG4207-2004¹²⁵の技術評価書</p> <p>8. 今後の課題</p> <p>UTによる検査技術は、原子力発電所の安全確保の基礎となるものとして極めて重要なものである。今後ともこれによる欠陥の検出及び寸法測定に係るデータを蓄積し、その分析評価を通じ、測定精度のばらつきを少なくしつつ、その向上を図るとともに、検査精度を含む検査の能力の向上を図る観点から、PD制度の早期確立を図るとともに、既存の検査技術の改良、新しい検査技術の導入に積極的に取り組むことが望ましい。</p>	<p>本件は、産業界への要望事項であり、引き続き努力されることが望ましい。</p> <p>なお、PD制度は確立しており、運用されている。</p>
<p>JEAC4207 2008年版</p> <p>5. 3 日本電気協会への要望事項</p> <p>(1)自動探傷装置を使用する場合の原則を追加</p> <p>自動探傷装置を使用する場合の原則のみが記載されており、位置精度、探傷ピッチ等詳細が規定されていないことや、予め作動精度等の確認方法(第三者による確認等)が具体的に規定されていないことから、規程を運用する際に混乱が生じないよう具体的な記載を要望する。</p>	<p>2012年追補版で反映済み。</p>
<p>JEAC4207 2008年版</p> <p>5. 3 日本電気協会への要望事項</p> <p>(2)特定部位における欠陥深さ寸法測定要領の追加</p> <p>JNESにて実施している安全研究「原子力発電施設検査技術実証事業(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認)(UTS)により、下記①～⑤の欠陥寸法測定要領を規定しているが、深さ測定誤差が大きく、保守的な評価方法として具体的な運用方法が明確ではないため、今回は技術評価の対象外としている。</p> <p>今後の運用等の状況を踏まえ、下記②～⑤について具体的な評価方法の記載を検討するよう希望する。</p> <p>① 本文 2720(解説-2720-2)クラッド付きノズルコーナ部の欠陥長さ推定方法</p> <p>② 付属書 A-4500～A-4573 端部エコー法による容器管台内面丸み部分の欠陥深さ寸法測定</p> <p>③ 付属書 A-4600～A-4673 端部エコー法による容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手の欠陥深さ寸法測定要領</p>	<p>未反映。</p>

¹²⁵ JEAC4207-2008の前は、「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験指針(JEAG4207-2004)」であった。

<p>④ 付属書 A-5500～A-5573TOFD 法による容器管台内面丸みの部分の欠陥深さ寸法測定要領</p> <p>⑤ 付属書 A-5600～A-5673TOFD 法による容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手の欠陥深さ寸法測定要領</p>	
<p>JEAC4207 2008 年版</p> <p>5. 4 今後の課題</p> <p>(1)容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手の探傷方法を追加</p> <p>NNW では 10%～40%程度の SCC の検出実績となっており、現状においては、このような検出限界を踏まえた点検計画を策定するなどの対応が必要であり、将来においては、検出性を向上させた探傷方法の開発が望まれる。</p>	未反映
<p>JEAC4207 2008 年版</p> <p>5. 4 今後の課題</p> <p>(2)オーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手の探傷方法を追加</p> <p>UTS では評価不要欠陥寸法をわずかに超えた程度の疲労欠陥までの検出実績となっており、現状においては、このような検出限界を踏まえた点検計画を策定するなどの対応が必要であり、将来においては、音圧強度を上げた探触子の採用等により検出性の向上した探傷方法の確証を含めた実機適用への取り組みが望まれる。</p>	未反映
<p>JEAC4207 2008 年版</p> <p>5. 4 今後の課題</p> <p>(3)UT 検査技術の向上</p> <p>UT による検査技術は、原子力発電所の安全確保の基礎となるものとして極めて重要なものである。最近においては、オーステナイトステンレス鋼配管溶接部のみならず、セーフエンドの異材溶接部に PWSCC が顕在化してきている。このことから、今後ともこれによる欠陥の検出及び寸法測定に係るデータを蓄積し、その分析評価を通じ、測定精度のばらつきを少なくしつつ、その向上を図るとともに、検査精度を含む検査の能力の向上を図る観点から、PD 制度の拡充を図るとともに、既存の検査技術の改良、新しい検査技術の導入に積極的に取り組むことが望ましい。</p>	<p>2012 年追補版でフェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法を反映済み。</p> <p>PD 制度の拡充は NDIS0603 2015 年版で WOL 溶接部セーフエンドの異材溶接部が追加された。</p>

表 5.1-4 日本非破壊検査協会「超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証」(NDIS 0603:2005)に関する技術評価書の要望事項と反映状況

要望事項	反映状況
------	------

<p>8. 今後の課題</p> <p>(1) 今後の規格策定に当たっては、他の学協会規格活動同様、規格策定手続きが書面投票等も含めて明確に規定され、委員会の傍聴、議事公開等が適切に行われることが望まれる。</p> <p>(2) 現在対象が附属書で規定している軽水型原子力発電所用機器のオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接継手の供用期間中検査におけるき裂深さ測定に限定されていることから、これ以外の分野においても関係機関の協力を得つつ、制度の整備を加速させる必要がある。</p> <p>(3) PD資格が技術者・探傷装置・手順書と一括した超音波探傷試験システムとして一旦認証されると、技術者以外の構成要素が固定化され、技術の進歩を阻害する要因となることも懸念され、非破壊検査技術の進歩に合わせ最新の知見に基づく探傷装置や探傷方法を適切に反映し得る制度とすることが望ましい。</p>	<p>(1) 及び(3)については、引き続き要望する。</p> <p>(2) については 2015 年版には附属書 B と附属書 C が追加されており、対象分野の拡充が図られているが、今回の技術評価の結果を踏まえれば更なる検討が望まれる。</p>
---	---

別記 維持規格改訂において考慮されることが望まれる事項

今回の技術評価において、直接変更点等に関するものではないが、今後適切に対応されることが望まれる事項について、気づきを整理した。

1. 全般

(1) 規格の体系化

維持規格は「A 総則」、「I 検査章」、「E 評価章」及び「R 補修章」で構成されているが、検査章、評価章及び補修章の規定の対応がとれていない点が散見される。全体の流れについて検査、評価及び補修の骨子を規定し、全体として体系化することが望まれる。

(2) 定期事業者検査の定義（「A-5100 共通の用語」）

定期事業者検査の定義には、電気事業法に基づきとされているが、現行法令では原子炉等規制法に基づくこととなるため、修正することが望まれる。

(3) 溶接部の定義（「A-5100 共通の用語」）

「A-5100 共通の用語」に規定する「溶接部」の定義が、溶接規格の定義と異なっており、維持規格は、溶接部を「溶接金属、熱影響部を含み、溶接止端部から母材側へ10mmまでの範囲」と定義しているが、溶接規格やJIS Z 3100の「溶接部」の定義は「溶接金属部及びこれに隣接する母材の熱影響部の総称」としている。また、技術基準規則第17条第14号には、「溶接部は溶接金属部及び熱影響部をいう。」と規定している。維持規格の検査章、評価章及び補修章において使用されている「溶接部」は、溶接規格の定義を適用すると問題ないが、維持規格の定義を適用すると、次のような矛盾が生ずる。

「EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準」(1)の「欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合」は、溶接規格の溶接部の定義と同じであるが、(2)の「ボルト等以外の場合で欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合」は、維持規格の定義に基づく溶接部を除く母材であるので、これを組み合わせると、X 開先継手の厚さ中央部のように熱影響を受けていない溶接止端部から10mmまでの範囲は(1)、(2)から除外されてしまい、欠陥に対する判定基準が存在しなくなる。

「溶接部」の定義は溶接規格の定義に合わせることを望まれる。

(4) 仮想欠陥の定義（「A-5320 個別評価に関する用語」）

仮想欠陥の定義は、下記に示すように、炉心そうに適用する仮想の欠陥としているが、炉心そうに係る規定には当該用語は使われていない。

仮想欠陥：炉心そうは経年劣化による欠陥の発生の可能性が極めて低く、欠陥発生および欠陥成長時の構造強度評価が困難であるため、構造強度の余裕等を検討するために導入する仮想の欠陥。

仮想欠陥という用語はフェライト鋼容器の欠陥評価における「EB-3430 破壊評価法」に記載があるものの、炉心そうに係る規定には記載がないため「炉心そうは経年劣化による欠陥の発生の可能性が極めて低く、欠陥発生および欠陥成長時の構造強度評価が困難で

あるため、」は不要であり削除することを要望する。なお、炉心そうに係る規定には「仮想き裂」が使用されている。

(5) 重大事故等対処設備に対応した検査及び評価

技術基準規則第56条に規定する重大事故等対処設備に対応した検査及び評価について、維持規格に規定することが望まれる。

2. 検査章

(1) 高サイクル熱疲労損傷の発生が想定される場合の検査の規定

日本機械学会基準「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」(JSME S 017)に記載する高サイクル熱疲労(運転操作型熱成層、弁グランドリーク型熱成層及び弁シートリーク型熱成層)を含む温度差のある流体の混合挙動により、温度変動を受けて高サイクル熱疲労損傷の発生が想定される場合の検査の規定を策定することを要望する。

3. 評価章

(1) 欠陥の形状及び大きさの特定に関する規定の明確化(「添付 E-1 欠陥形状のモデル化」)

欠陥をモデル化については、「図 5.1.1-1 欠陥形状の例(線影部)」に示す l' (欠陥の長さ)と d (欠陥の深さの最大値)の他に線影部の凸凹形状を描くために必要な位置情報と個々の深さが測定される必要がある。

欠陥の検出に適用する非破壊試験の方法については「IA-2500 非破壊試験方法」に規定されているが、欠陥の性状測定については明確に規定されていない¹²⁶。

また、「添付 E-1 欠陥形状のモデル化」は、欠陥形状のモデル化(l' と d の決定)と複数欠陥の合体条件を規定しているが、検出された欠陥の形状及び大きさの測定については規定がない¹²⁷。

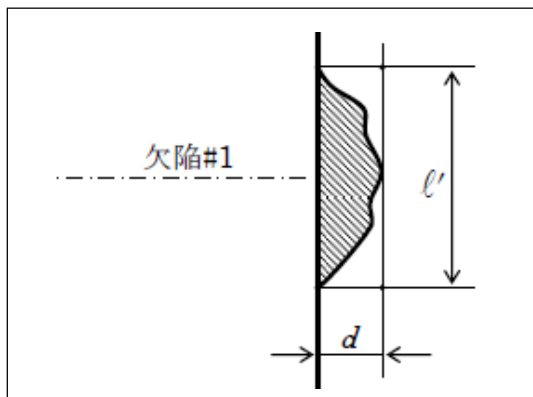
欠陥の形状及び大きさの測定は欠陥評価を行うための準備行為であることから、検査

¹²⁶ なお、「IA-2550 代替試験」については、「IA-2350 補足試験」(1)において、「欠陥指示を検出した場合には、その欠陥の性状(欠陥の大きさ、形状、方向等)を決定するため、IA-2550に規定する他の試験方法や技術を用いて補足試験を行ってもよい。」と規定している。

¹²⁷ 「A-5300 評価に関する用語」では、用語「評価不要欠陥」において「非破壊試験で検出された欠陥指示から長さおよび深さ(欠陥高さ)を求めるサイジングを行い、欠陥寸法を決定する。(後略)」と記載しており、サイジングという行為は評価過程の一部と位置付けられている。維持規格解説「第三編 評価」の「第一部 維持規格(評価)の考え方について」でも、「4. 欠陥のモデル化」の「4.1 非破壊試験と検出される欠陥の種類」において、「欠陥評価を行ううえでUTには、欠陥に対する検出性とサイジング精度が問題となる。UTの欠陥検出性については1982～1986年度に(中略)実証試験が実施され、確認がなされている。UTのサイジング技術に関しては(中略)検出精度を安全側に考慮して、欠陥寸法を評価することとなる。」と記載しているので、欠陥指示の検出(検査章)とサイジング(評価過程)は区別されている。

一方、米国ASME規格Sec. XIでは、維持規格の検査章に相当するIWA-2000において、原子炉压力容器や配管についてPD資格者による欠陥の検出と寸法測定を規定しており、サイジングは検査章に区分されていると解釈できる。(別添1.1で技術評価した超音波探傷試験技術者システム資格認証の規格では欠陥の検出は対象外としている。)

章の後工程又は評価章の前工程として、いずれかの章に規定することが望まれる。



別表1 供用前検査に関する規定内容の変更点

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>IA-2100 供用前検査 原子炉の商業運転開始に先立って、本規格における IB-1220 および IC-1220 で体積試験および表面試験を免除された機器を除いて、試験の対象となる機器に対し本規格の <u>IB-2500</u> および <u>IC-2500</u> で定める体積試験，表面試験を供用前検査として行わなければならない。 <u>システムの温度が 95℃を超える支持構造物は，IF-2500 で定める目視試験を供用前検査として行わなければならない。</u></p> <p>IA-2110 供用前検査の実施時期 (1) <u>建設時における供用前検査の実施時期は，原則として「設計・建設規格」および「溶接規格」で要求される耐圧試験後とする。ただし，配管の場合は耐圧試験前としてもよい。また，供用前検査は，製作完了後工場出荷まで，あるいは現地据付後のいずれの時期としてもよい。（解説 IA-2110-1）</u> <u>システムの温度が 95℃を超える支持構造物（IF-2500 の試験カテゴリ F-A で規定する支持構造物の内，システムの温度が 95℃を超える支持構造物）は，最初の系統運転中またはそれ以後に供用前検査を行わなければならない。（解説 IA-2110-2）</u></p> <p>(2) 供用期間中に機器を EB-1130，EC-1120，ED-1120，EE-1120，EF-1120，EG-1120 および EJG-1130 に従い補修または取替を行った場合，補修・取替後の当該機器および当該機器と既存の機器を接続する溶接継手に対する供用前検査は補修・取替後の発電所運転開始前までに行わなければならない。この供用前検査は，補修・取替後の耐圧試験前または後のいずれの場合でも行うことができる。ただし，通常運転中の温度が 95℃を超える系統の支持構造物においては，補修または取替を行った支持構造物に加えて支持荷重または変位量が大幅に変化すると評価した支持構造物に対しても供用前検査を行うものとし，<u>補修・取替を実施した当該定期事業者検査中における当該系統の運転状態（高温停止状態含む）またはそれに引き続く運転期間中，もしくは次回定期事業者検査期間中に行わなければならない。（解説 IA-2110-3）</u></p> <p>(3) 次の条件をすべて満たす場合には，工場内試験記録または現地据付時の試験記録を(1)および(2)における供用前検査の試験記録としてもよい。 <削除></p> <p>a. 以後の供用期間中検査と同等の設備および技術を用いて，同等の状態で行った場合。 b. その試験記録が，供用期間中検査で行う試験記録と対照できる様式である場合。</p>	<p>IA-2100 供用前検査 (1) 原子炉の商業運転開始に先立って、本規格における IB-1220，IC-1220，<u>ID-1220</u> および <u>IF-1220</u> で体積試験および表面試験を免除された機器を除いて，試験の対象となる機器に対し<u>本規格に</u>定める体積試験，表面試験を供用前検査として行わなければならない。</p> <p>ただし，システムの温度が 95℃を超える支持構造物は，最初の系統運転中またはそれ以後に供用前検査を行わなければならない。<u>（解説 IA-2100-1）</u></p> <p>(3) 供用期間中に機器を EB-1130，EC-1120，ED-1120，EE-1120，EF-1120，EG-1120 および EJG-1130 に従い補修または取替を行った場合，補修・取替後の当該機器および当該機器と既存の機器を接続する溶接継手に対する供用前検査は補修・取替後の発電所運転開始前までに行わなければならない。この供用前検査は，補修・取替後の耐圧試験前または後のいずれの場合でも行うことができる。ただし，通常運転中の温度が 95℃を超える系統の支持構造物においては，補修または取替を行った支持構造物に加えて支持荷重または変位量が大幅に変化すると評価した支持構造物に対しても供用前検査を行うものとし，<u>次の系統運転中または定期事業者検査期間中に行わなければならない。</u></p> <p>(2) 次の条件をすべて満たす場合には，<u>供用前検査として工場内試験記録または現地据付時の試験記録を用いてもよい。</u></p> <p>a. <u>容器においては，「設計・建設規格」および「溶接規格」に従って耐圧試験を行った後に試験を行った場合。</u> b. 以後の供用期間中検査と同等の設備および技術を用いて，同等の状態で行った場合。 c. その試験記録が，供用期間中検査で行う試験記録と対照できる様式である場合。</p>

別表2 検査プログラムに関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む)	2008年版
<p>IA-2320 検査プログラム</p> <p>(1) IB, IC, ID, IE, IF および IG の各試験カテゴリで規定する試験は、表 IA-2320-1 に示す検査間隔中の経過年に要求される試験要求量を満たすようにして、各々の検査間隔内で完了しなければならない。(解説 IA-2320-1, 解説 IA-2320-2)</p> <p><u>なお、本規格発行以前の維持規格（「維持規格（旧年版）」）に基づく検査プログラムから、本規格に基づく検査プログラムに移行する場合は添付 I-2 に従ってもよい。</u></p> <p>また、IA-2310(4)を適用する場合、表 IA-2320-1 の経過年は、実際の経過年数から、IA-2310(4)の規定に従い延長された年数を引いたものに読み替えなければならない。</p> <p>ただし、各規定で個別に試験時期を指定している場合は、これを優先させなければならない。(解説 IA-2320-3)</p> <p>(略)</p> <p>(3) 第2回目以降の検査間隔においては、原則として最初の検査間隔で設定した試験順序に従って繰り返し試験しなければならない。</p> <p><u>ただし、IA-2320(1)の規定に従ったうえで、検査時期および試験順序を変更してもよい。なお、この場合には当該機器（または試験部位）における前回の試験とその後の試験との間隔（試験の間隔）は、13年（クラス1機器で第4検査間隔以降に実施した試験について次検査間隔で試験順序を変更する場合は10年）を超えてはならない。(解説 IA-2320-4)</u></p> <p><u>また、IA-2310(4)を適用する場合には、同規定に従い延長された年数を加えた年数とする。</u></p> <p>(4) 検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない。<u>ただし、弁およびポンプの場合、検査間隔が10年から7年に変わった以降については、類似の箇所を含めて損傷事例がない場合に限り、同一型式、同一設計、同一環境、同一運転履歴等類似した条件の他の機器にて試験を実施してもよい。(解説 IA-2320-5, 解説 IA-2320-6)</u></p> <p>(略)</p> <p>(6) 供用期間中に機器や溶接継手等が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の試験計画は、<u>検査間隔及び検査時期に応じて、次によらなければならない。(解説 IA-2320-7)</u></p> <p>a. <u>検査間隔が10年間の場合であって、検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2および第3検査時期それぞれに行わなければならない。</u></p>	<p>IA-2320 検査プログラム</p> <p>(1) IB, IC, ID, IE, IF および IG の各試験カテゴリで規定する試験は、表 IA-2320-1 に示す検査間隔中の経過年に要求される試験要求量を満たすようにして、各々の検査間隔内で完了しなければならない。(解説 IA-2320-1)</p> <p><u>なお、他規程に基づく供用期間中検査から、本規格に基づく検査プログラムに移行する場合は添付 I-2 に従ってもよい。</u></p> <p>また、IA-2310(4)を適用する場合、表 IA-2320-1 の経過年は、実際の経過年数から、IA-2310(4)の規定に従い延長された年数を引いたものに読み替えなければならない。</p> <p>ただし、各規定で個別に試験時期を指定している場合は、これを優先させなければならない。</p> <p>(略)</p> <p>(3) 第2回目以降の検査間隔においては、原則として最初の検査間隔で設定した試験順序に従って繰り返し試験しなければならない。</p> <p>(4) 検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない。(解説 IA-2320-2, 解説 IA-2320-3)</p> <p>(略)</p> <p>(6) 供用期間中に機器や溶接継手等が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の試験計画は次によらなければならない。</p> <p>a. <u>検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2および第3検査時期それぞれに行わなければならない。</u></p>

2012年版（2014年追補までを含む）	2008年版
<p>ならない。</p> <p>b. <u>検査間隔が10年間の場合であって、検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第3検査時期に行わなければならない。</u></p> <p>c. <u>検査間隔が10年間の場合であって、検査間隔の第3検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(1)、IA-2320(5) に従って試験しなければならない。</u></p> <p>d. <u>検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも33%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2検査時期に行わなければならない。</u></p> <p>e. <u>検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(5) に従って試験しなければならない。</u></p> <p>(7) ある試験カテゴリの中で、試験箇所が2箇所の場合は、表 IA-2320-1 で規定する試験要求量 (%) の代わりに、その箇所を任意の2回の検査時期内に試験しなければならない。また、試験箇所数が1箇所の場合は、表 IA-2320-1 または表 IA-2320-2 で規定する要求試験量 (%) の代わりに、任意の1回の検査時期に試験を行わなければならない。(解説 IA-2320-7)</p> <p><u>なお、この場合、試験量(%)の算出においては当該試験箇所を除外してもよい。</u></p>	<p>b. 検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも25%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第3検査時期に行わなければならない。</p> <p>c. <u>機器や溶接継手等が検査間隔の第3検査時期に追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(1) に従って試験しなければならない。</u></p> <p><なし></p> <p><なし></p> <p>(7) ある試験カテゴリの中で、試験箇所が2個の場合は、表 IA-2320-1 で規定する試験要求量 (%) の代わりに、その箇所を任意の2回の検査時期内に試験しなければならない。また、試験箇所数が1個の場合は、表 IA-2320-1 または表 IA-2320-2 で規定する要求試験量 (%) の代わりに、任意の1回の検査時期に試験を行わなければならない。(解説 IA-2320-4)</p>

別表3 目視試験に関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>IA-2520 目視試験</p> <p>(1) 目視試験では、試験対象と試験目的に応じ表面の摩耗、き裂、腐食、浸食、塗膜の劣化等異常の有無を確認する試験、系の漏えい試験中の機器からの異常漏えいの有無を確認する試験、機器およびその支持構造物等の変形、心合せ不良、傾きを含め、その健全性を確認する試験を行わなければならない。</p> <p>なお、試験に先立ち必要に応じ、表面を清浄にし、除染しなければならない。</p> <p>a. 直接目視試験</p> <p>直接目視試験は、試験対象の表面に対して接近可能な場合に用いる手段であり、視角、欠陥識別度を改善するため、鏡または拡大鏡を用いてもよい。</p> <p>なお、<u>VT-1試験、VT-2試験およびVT-3試験において、試験対象部または同等の表面において18%中性灰色カード上の幅0.8 mmの黒線が識別できることを確認するかまたは試験対象部の表面の明るさを、VT-1試験およびVT-3試験の場合540 lx以上、VT-2試験の場合160 lx以上としなければならない。(解説 IA-2520-1)</u></p> <p>b. 遠隔目視試験</p> <p>遠隔目視試験は、<u>IA-2520(1)a.の直接目視試験の要求を満足できる場合は、直接目視試験の代替として適用してもよい。遠隔目視試験には、望遠鏡、ボアスコープ、テレビカメラ等の光学装置を用いた試験を含む。モニタを使用する場合には、縦横両方向で判別能力の確認を行わなければならない。</u></p> <p>なお、表面の摩耗、き裂、腐食、浸食、塗膜の劣化、機器または部品の変形、心合せ不良、傾きの有無を確認するため、必要に応じ適切な照明装置、光学装置またはこれらを組合せて使用しなければならない。</p> <p>(2) <u>IB、IC、ID、IEおよびIFの各章で規定する標準検査においては、目視試験対象の接近可能な表面(溶接継手を含む)全てを対象とする。ただし、IG章で規定する標準検査の場合についてはIG-2500の規定、IJB、IJG章で規定する個別検査の場合については、IJB-2500、IJG-2500の規定による。</u></p> <p>IA-2521 VT-1試験</p> <p>(1) VT-1試験は、機器表面について摩耗、き裂、腐食、浸食等の異常を検出するために行う試験とする。</p> <p>(3) <u>遠隔目視試験におけるカメラ等の光学装置から試験対象部の表面までの距離および試験対象部に対する角度は、IA-2520(1)b.の規定が満足できる範囲以内としなければならない。</u></p>	<p>IA-2520 目視試験</p> <p>目視試験では、試験対象と試験目的に応じ表面の摩耗、き裂、腐食、浸食、塗膜の劣化等異常の有無を確認する試験、系の漏えい試験中の機器からの異常漏えいの有無を確認する試験、機器およびその支持構造物等の変形、心合せ不良、傾きを含め、その健全性を確認する試験を行わなければならない。</p> <p>なお、試験に先立ち必要に応じ、表面を清浄にし、除染しなければならない。</p> <p>(1) 直接目視試験</p> <p>直接目視試験は、試験対象の表面に対して接近可能な場合に用いる手段であり、視角、欠陥識別度を改善するため、鏡または拡大鏡を用いてもよい。</p> <p>なお、<u>この場合、試験対象部の表面において18%中性灰色カード上の幅0.8 mmの黒線が識別できることを確認するかまたは試験対象部の表面の明るさを、VT-1試験およびVT-3試験の場合540ルクス以上、VT-2試験の場合160ルクス以上としなければならない。</u></p> <p>(2) 遠隔目視試験</p> <p>遠隔目視試験は、<u>その欠陥の判別能力が直接目視試験と同等以上である場合は、直接目視試験の代替として適用してもよい。遠隔目視試験には、望遠鏡、ボアスコープ、テレビカメラ等の光学装置を用いた試験を含む。</u></p> <p>なお、表面の摩耗、き裂、腐食、浸食、塗膜の劣化、機器または部品の変形、心合せ不良、傾きの有無を確認するため、必要に応じ適切な照明装置、光学装置またはこれらを組合せて使用しなければならない。</p> <p><なし></p> <p>IA-2521 VT-1試験</p> <p>(1) VT-1試験は、機器表面について摩耗、き裂、腐食、浸食等の<u>強度に影響を与える恐れのある異常</u>を検出するために行う試験とする。</p>

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>IA-2522 VT-2 試験</p> <p>(1) VT-2 試験は、系の漏えい試験の場合に、耐圧機器からの漏えいを検出するために行う試験とする。</p> <p>(3) <u>遠隔目視試験におけるカメラ等の光学装置から試験対象部の表面までの距離は、IA-2520(1)b.の規定が満足できる範囲以内としなければならない。</u></p> <p>IA-2523 VT-3 試験</p> <p>(2) VT-3 試験には、スナバ、コンスタントハンガ、スプリングハンガ等の支持構造物の取付け状態を確認する試験を含む。 また、遠隔目視試験により、炉内構造物について過度の変形・心合せ不良・傾き、部品の破損および脱落を検出するために行う試験を含む。</p> <p>(3) <u>直接目視試験における眼から試験対象部の表面までの距離は、1,200 mm 以内としなければならない。</u></p> <p>(4) <u>遠隔目視試験におけるカメラ等光学装置から試験対象部までの距離は、IA-2520(1)b.の規定が満足できる範囲以内としなければならない。</u></p> <p>IA-2524 VT-4 試験</p> <p>(1) VT-4 試験は、<u>IE</u>で規定する目視試験に適用するものであり、格納容器の構造上の劣化（腐食、減肉、塗膜の劣化、ボルト・ナットの破損等）を検出するために行う試験とする。</p> <p>IA-2525 MVT-1 試験</p> <p>(1) MVT-1 試験は、<u>機器</u>の表面について、摩耗、き裂、腐食、浸食等の異常を検出するために行う試験とする。</p> <p>(2) MVT-1 試験では、<u>0.025 mm 幅のワイヤあるいはこれと同等の視認性を有するノッチの識別ができることを確認しなければならない。</u>必要に応じて、クラッド除去等の表面処理を行う。</p>	<p>IA-2522 VT-2 試験</p> <p>(1) VT-2 試験は、系の漏えい試験の場合に、耐圧機器からの漏えいを検出するために行う試験とする。</p> <p><なし></p> <p>IA-2523 VT-3 試験</p> <p>(2) VT-3 試験には、スナバ、コンスタントハンガ、スプリングハンガ等の支持構造物の取付け状態を確認する試験を含む。</p> <p>(3) <u>VT-3 試験には、遠隔目視試験にて、炉内構造物について過度の変形・心合せ不良・傾き、部品の破損および脱落を検出するために行う試験を含む。</u></p> <p>(2) (略) 直接目視試験における眼から試験対象部の表面までの距離は、1,200 mm 以内としなければならない。</p> <p><なし></p> <p>IA-2524 VT-4 試験</p> <p>(1) VT-4 試験は、「<u>IE クラス MC 容器（鋼製）</u>」で規定する目視試験に適用するものであり、格納容器の<u>構造健全性あるいは気密性のいずれかに影響を与える恐れのある構造上の劣化（腐食、減肉、塗膜の劣化、ボルト・ナットの破損等）</u>を検出するために行う試験とする。</p> <p>IA-2525 MVT-1 試験</p> <p>(1) MVT-1 試験は、<u>炉内構造物</u>の表面について、摩耗、き裂、腐食、浸食等の異常を検出するために行う試験とする。</p> <p>(2) MVT-1 試験では、<u>0.025mm 幅のワイヤの識別ができることを確認しなければならない。</u>必要に応じて、クラッド除去等の表面処理を行う。（解説 IA-2525-1）</p>

別表4 漏えい試験に関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>IA-3210 試験圧力および試験温度 (3) 系の漏えい試験の試験圧力および試験温度は、IA-3350の規定を適用する場合を除いて、原則として目視試験中、<u>規定された試験圧力および試験温度を下回らないように保持しなければならない。</u>(解説 IA-3210-1)</p> <p><削除></p> <p>IB-3210 試験圧力および試験温度 (3) <u>原子炉圧力容器の系の漏えい試験における試験温度は、JEAC4206-2007「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」FB-4100に従わなければならない。</u> <u>その際、附属書AにあってはA-3220を用いなければならない。</u>(解説 IB-3210-1) (4) <u>原子炉圧力容器以外のクラス1機器の系の漏えい試験における試験温度は、設計時または建設時に定めた機器の最低使用温度以上としなければならない。</u> <u>なお、全てオーステナイト系ステンレス鋼で製作された系または部分を試験する場合は試験温度を制限しない。</u>(解説 IB-3210-1) (5) <u>原子炉圧力容器とその他のクラス1機器と一体で系の漏えい試験を行う場合の試験温度は、(3)と(4)でそれぞれ要求される試験対象機器の試験温度のうちで最も高い温度以上としなければならない。</u></p> <p><削除></p>	<p>IA-3210 試験圧力および試験温度 (3) 系の漏えい試験の試験圧力および試験温度は、IA-3350の規定を適用する場合を除いて、原則として目視試験中、<u>一定に保持しなければならない。</u></p> <p>(6) <u>系の漏えい試験温度は、「設計・建設規格」に定められるフェライト鋼の破壊靱性要求に基づき決定しなければならない。</u></p> <p>IB-3210 試験圧力 <なし> <なし> <なし></p> <p>IB-3230 試験温度 (1) <u>試験温度は、設計・建設規格PVB-2333に定める関連温度またはそれと同様の関連温度により評価される温度(℃を単位とする)以上としなければならない。</u>また、高応力部(原子炉容器の主フランジ部でボルト締付けによる荷重が作用する部位)の試験温度は、関連温度に50℃を加えた温度以上でなければならない。ただし、設計・建設規格PVB-2333に定めるものと同様の関連温度が求められていない機器に対する試験温度は、ぜい性遷移温度による評価で行なってもよい。 <u>設計・建設規格PVB-2333に定めるものと同様の関連温度とは、「告示501号」(昭和55年)に定めるものをいう。</u>(解説 IB-3230-1) (2) <u>試験温度は、中性子照射の影響のある炉心領域部においては、材料の靱性変化について、設計・建設規格に定める監視試験片の試験結果を評価して、非延性破壊を生じさせない温度としなければならない。</u>(解説 IB-3230-2) (3) <u>全てオーステナイト系ステンレス鋼で製作された系または部分を試験する場合の試験温度については、IB-3230(1)の規定を適用する必要はない。</u> (4) <u>オーステナイト系ステンレス鋼と接合するフェライト鋼で製作された系または機器において、試験時にそれぞれ隔離できない場合の試験温度は、IB-3230(1)の規定に</u></p>

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p>IC-3230 試験温度</p> <p>(1) <u>系の漏えい試験における試験温度は、設計時または建設時に定めた機器の最低使用温度以上としなければならない。なお、全てオーステナイト系ステンレス鋼で製作された系または部分を試験する場合は試験温度を制限しない。(解説 IC-3230-1)</u></p> <p>(2) フェライト鋼材料の機器を含む系統において、建設時に破壊靱性要求事項が特定も要求もされていない場合の系の漏えい試験温度は、所有者が決定しなければならない。</p> <p>ID-3230 試験温度</p> <p>(1) <u>系の漏えい試験における試験温度は、設計時または建設時に定めた機器の最低使用温度以上としなければならない。なお、全てオーステナイト系ステンレス鋼で製作された系または部分を試験する場合は試験温度を制限しない。(解説 ID-3230-1)</u></p> <p><削除></p>	<p><u>よらなければならない。</u></p> <p>IC-3230 試験温度</p> <p>(1) <u>フェライト鋼材料の機器を含む系統の漏えい試験時における試験温度は、設計・建設規格に定められるフェライト鋼材料の破壊靱性要求事項を満足する最低使用温度以上となるように設定しなければならない。</u></p> <p>(2) フェライト鋼材料の機器を含む系統において、建設時に破壊靱性要求事項が特定も要求もされていない場合の系の漏えい試験温度は、所有者が決定しなければならない。</p> <p>(3) <u>全てがオーステナイト系ステンレス鋼で作られている機器で構成されている系統については、破壊靱性が充分高いため、試験温度の制限はない。</u></p> <p>ID-3230 試験温度</p> <p>(1) <u>フェライト鋼材料の機器を含む系統の漏えい試験時における試験温度は、設計建設規格に定められるフェライト鋼材料の破壊靱性要求事項を満足する最低使用温度以上となるように設定しなければならない。</u></p> <p>(3) <u>全てがオーステナイト系ステンレス鋼で作られている機器で構成されている系統については、破壊靱性が充分高いため、試験温度の制限はない。</u></p>

別表5 クラス1機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査に関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む。)						2008年版					
表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法						表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法					
試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手 ⁽²⁾						試験カテゴリ B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手 ⁽²⁾					
項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲および程度	延期*	項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲および程度	延期*
B5.10	原子炉圧力容器または原子炉容器 呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	体積および表面	溶接継手 ⁽¹⁾⁽³⁾	可	B5.10	原子炉圧力容器または原子炉容器 呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-15~17	体積および表面	溶接継手 ⁽¹⁾⁽³⁾	可
B5.20	呼び径 100 A 未満の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-16	表面	溶接継手 ⁽¹⁾⁽³⁾	可	B5.20	呼び径 100 A 未満の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽¹⁾⁽³⁾	可
B5.30	管台とセーフエンドとのソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手 ⁽¹⁾⁽³⁾	可	B5.30	管台とセーフエンドとのソケット溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽¹⁾⁽³⁾	可
B5.40	加圧器 呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	体積および表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可	B5.40	加圧器 呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-15~17	体積および表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可
B5.50	呼び径 100 A 未満の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-16	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可	B5.50	呼び径 100 A 未満の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可
B5.60	管台とセーフエンドとのソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可	B5.60	管台とセーフエンドとのソケット溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可
B5.70	蒸気発生器 (一次側) 呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-17-1	体積および表面	溶接継手 ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	不可	B5.70	蒸気発生器 (一次側) 呼び径 100 A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-15~17	体積および表面	溶接継手 ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	不可
B5.80	呼び径 100 A 未満の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-16	表面	溶接継手 ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	不可	B5.80	呼び径 100 A 未満の管台とセーフエンドの溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	不可
B5.90	管台とセーフエンドとのソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手 ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	不可	B5.90	管台とセーフエンドとのソケット溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	不可
B5.130	管 呼び径 100 A 以上の溶接継手	図 IB-2500-17-1	体積および表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可	B5.130	管 呼び径 100 A 以上の溶接継手	図 IB-2500-15~17	体積および表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可
B5.140	呼び径 100 A 未満の溶接継手	図 IB-2500-16	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可	B5.140	呼び径 100 A 未満の溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可
B5.150	ソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可	B5.150	ソケット溶接継手	図 IB-2500-15~17	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	不可

* : 検査間隔内での延期

* : 検査間隔内での延期

2012年版 (2014年追補までを含む。)						2008年版					
注： (略) (2) 表 IB-2500-5 の試験カテゴリ B-F に規定する異種金属溶接継手とは、 A) フェライト鋼とオーステナイト系ステンレス鋼 B) フェライト鋼と高ニッケル合金 C) オーステナイト系ステンレス鋼と高ニッケル合金 の周継手をいう。(解説 表 IB-2500-5-2) (略)						注： (略) (2) <u>フェライト鋼とオーステナイトステンレス鋼およびニッケル合金鋼との異種金属溶接継手の周継手とする。</u> (略)					
表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法						表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法					
試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手						試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手					
項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲および程度 ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁵⁾	延期*	項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲および程度 ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁵⁾	延期*
B9.11	配管の同種金属溶接継手 (呼び径 100A 以上) 周継手	図 IB-2500-17-2, -3	体積および表面 ⁽⁶⁾	溶接継手	不可	B9.11	配管の同種金属溶接継手 (呼び径 100A 以上) 周継手	図 IB-2500-17	体積	溶接継手	不可
B9.12	長手継手 (呼び径 100A 未満) 周継手	—	体積および表面 ⁽⁶⁾	溶接継手 ⁽⁴⁾	不可	B9.12	長手継手 (呼び径 100A 未満) 周継手	—	体積	溶接継手 ⁽⁴⁾	不可
B9.21	周継手	図 IB-2500-16	表面	溶接継手	不可	B9.21	周継手	図 IB-2500-16	表面	溶接継手	不可
B9.22	長手継手	—	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾	不可	B9.22	長手継手	—	表面	溶接継手 ⁽⁴⁾	不可
B9.31	母管と管台との溶接継手 呼び径 100A 以上	図 IB-2500-18-1, -2 図 IB-2500-19-1, -2 図 IB-2500-20-1, -2	体積および表面 ⁽⁶⁾ 体積および表面 ⁽⁶⁾ 体積および表面 ⁽⁶⁾	溶接継手	不可	B9.31	母管と管台との溶接継手 呼び径 100A 以上	図 IB-2500-18~20	体積	溶接継手	不可
B9.32	呼び径 100A 未満	図 IB-2500-18-1 図 IB-2500-19-1 図 IB-2500-	表面 表面 表面	溶接継手	不可	B9.32	呼び径 100A 未満	図 IB-2500-18~20	表面	溶接継手	不可

2012年版(2014年追補までを含む。)						2008年版					
B9.40	ソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手	不可	B9.40	ソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手	不可
B9.110	管台とセーフエンドの同種金属溶接継手 呼び径 100A 以上	図 IB-2500-17-2,-3	体積および表面 ⁽⁶⁾	溶接継手 ⁽¹⁾	可	B9.110	管台とセーフエンドの同種金属溶接継手 呼び径 100A 以上	図 IB-2500-17	体積	溶接継手 ⁽¹⁾	可
B9.120	呼び径 100A 未満	図 IB-2500-16	表面	溶接継手 ⁽¹⁾	可	B9.120	呼び径 100A 未満	図 IB-2500-16	表面	溶接継手 ⁽¹⁾	可
B9.130	ソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手 ⁽¹⁾	可	B9.130	ソケット溶接継手	図 IB-2500-15	表面	溶接継手 ⁽¹⁾	可
* : 検査間隔内での延期						* : 検査間隔内での延期					
注 : (略) <u>(6) それぞれの試験部位について、図 IB-2500-17-3、図 IB-2500-18-2、図 IB-2500-19-2、図 IB-2500-20-2 の範囲の体積試験を実施した場合は、体積試験のみとすることができる。(解説表 IB-2500-9-2)</u>						注 : (略) (なし)					
<u>(解説表 IB-2500-9-2) 配管、母管と管台および管台とセーフエンドの同種金属溶接継手の試験範囲、試験方法</u> 表 IB-2500-9 試験カテゴリ B-J「管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手」項目番号 B9.11、B.12、B9.31 および B9.110 の試験方法“体積および表面”試験は、“内面 t/3 (t は試験部の厚さ) を試験範囲に含む体積試験”および“外面の表面試験”である。“外面 (図 IB-2500-17-2 範囲 (A-B)) の表面試験”は、“外面を対象範囲に含む体積試験”で代替できることから、本試験は、管台内面および外面を試験範囲に含む、つまり図 IB-2500-17-3 の範囲 (A-B-C-D) の体積試験で代替できるとした。						(なし)					

別表6 ポンプ及び弁の非破壊試験要求に関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む。)						2008年版					
表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法						表 IB-2500-11 試験カテゴリと試験部位および試験方法					
試験カテゴリ B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面						試験カテゴリ B-L-1 ポンプケーシングの耐圧部分の溶接継手 B-L-2 ポンプケーシングの内表面 B-M-1 弁本体の耐圧部分の溶接継手 B-M-2 弁本体の内表面					
項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲 および程度 ⁽⁴⁾	延期*	項目番号	試験部位	図番	試験方法	試験の範囲 および程度 ⁽⁵⁾	延期*
B12.20	ポンプ ケーシング (B-L-2)	—	VT-3	内表面 ⁽¹⁾	可	B12.10	ポンプ ケーシングの溶接 継手 (B-L-1)	図 IB- 2500-27	体積または 表面	溶接継手 ⁽¹⁾	可
B12.30	弁 呼び径 100 A 以下の 弁箱の溶接継手 (B- M-1)	図 IB- 2500-27	表 面	溶接継手 ⁽²⁾	可	B12.20	ケーシング (B-L-2)	—	VT-3	内表面 ⁽²⁾	可
B12.50	呼び径 100 A を超え る弁箱 (B-M-2)	—	VT-3	内表面 ⁽³⁾	可	B12.30	弁 呼び径 100 A 未満の 弁箱の溶接継手 (B- M-1)	図 IB- 2500-27	表 面	溶接継手 ⁽³⁾	可
						B12.40	呼び径 100 A 以上の 弁箱の溶接継手 (B- M-1)	図 IB- 2500-27	体積または 表面	溶接継手 ⁽³⁾	可
						B12.50	呼び径 100 A を超え る弁箱 (B-M-2)	—	VT-3	内表面 ⁽⁴⁾	可
注： <削除> (1) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において同様の機能をもつポンプ毎に1台のポンプとする。 (2) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において類似の機能（例えば、格納容器隔離弁、系の圧力上昇止弁）で類似の構造（例えば、玉形弁、仕切弁または逆止弁）、類似の製法、同一メーカーの弁毎に、少なくとも1個の弁（耐圧部分に溶接継手があるものに限る）の耐圧部分の溶接継手長さの25%とする。						注： (1) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において同様の機能をもつポンプ（例えば、再循環ポンプ）毎に1台のポンプ（耐圧部分に溶接継手があるものに限る）の耐圧部分の溶接継手長さまたは溶接継手数の25%とする。 (2) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において同様の機能をもつポンプ毎に1台のポンプとする。この試験は、カテゴリ B-L-1 の試験に選ばれたポンプについて行ってもよい。 (3) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において類似の機能（例えば、格納容器隔離弁、系の圧力上昇止弁）で類似の構造（例えば、玉形弁、仕切弁または逆止弁）、類似の製法、同一メーカーの弁毎に、少なくとも1個の弁（耐圧部分に溶接継手があるものに限る）の耐圧部分の溶接継手長さの25%とする。					

2012年版（2014年追補までを含む。）

- (3) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において類似の機能で類似の構造（例えば、玉形弁、仕切弁または逆止弁）、類似の製法、同一メーカーの弁毎に1個の弁とする。
- (4) 最初の検査間隔で選定した溶接継手、ポンプケーシングまたは弁の内表面は、原則として以後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験を行わなければならない。

2008年版

- (4) 各検査間隔中の試験程度は、各系統において類似の機能で類似の構造（例えば、玉形弁、仕切弁または逆止弁）、類似の製法、同一メーカーの弁毎に1個の弁とする。
- (5) 最初の検査間隔で選定した溶接継手、ポンプケーシングまたは弁の内表面は、原則として以後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験を行わなければならない。

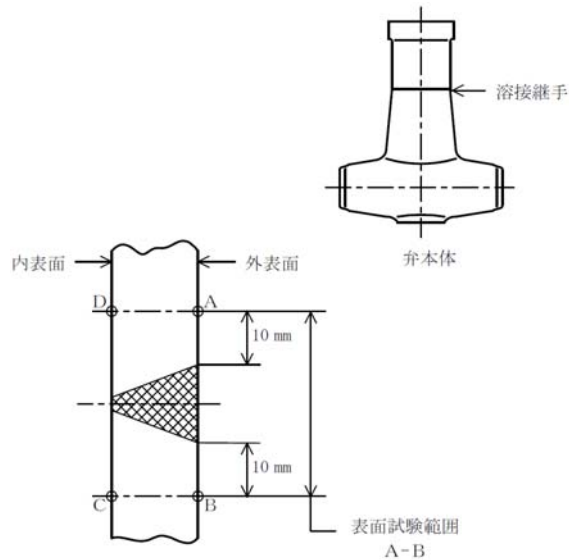


図 IB-2500-27 弁本体の溶接継手

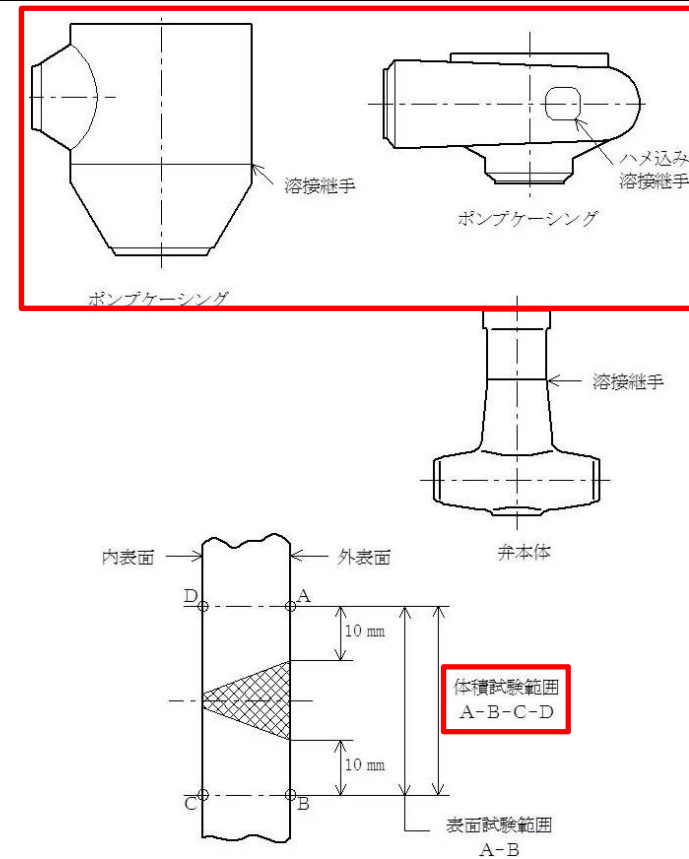


図 IB-2500-27 ポンプケーシングおよび弁本体の溶接継手

別表7 シュラウドサポート、中性子計測ハウジング及び制御棒駆動ハウジングの個別検査計画に関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版																								
<p>IJG-2510 試験実施時期 (2) 前項(1)で実施した試験において欠陥指示または特異な状態が確認された場合、および試験程度のうち有効範囲として扱われない範囲がある場合には、次回以降の試験の実施時期は、表 IJG-2500-B-1～5 および表 IJG-2500-P-1～4 に規定する試験実施時期によらず、EJG-1321～1334 もしくは EJG-3000 または EA-3020(2)に基づく評価により継続使用が許容された期間の経過前の定期事業者検査中とする。(解説 IJG-2510-1)</p>	<p>IJG-2510 試験実施時期 (2) 前項(1)で実施した試験において欠陥指示または特異な状態が確認された場合、次回以降の試験の実施時期は、表 IJG-2500-B-1～5 および表 IJG-2500-P-1～4 に規定する試験実施時期によらず、EJG-1321～1334 もしくは EJG-3000 または EA-3020(2)に基づく評価により継続使用が許容された期間の経過前の定期事業者検査中とする。(解説 IJG-2510-1)</p>																								
<p>表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p>	<p>表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p>																								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">試験カテゴリ</th> <th style="width: 30%;">IJG-B-1</th> <th style="width: 40%;">シュラウドサポート</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">(略)</td> </tr> <tr> <td colspan="3">注：</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> (3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。 (a) <u>試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲とする。(解説 表 IJG-2500-B-1-2)</u> (b) <u>レグ型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、H10 および H11 溶接継手については、全てのレグについて試験程度を満足するように試験を行わなければならない。</u> (c) <u>ブラケット型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、ブラケット溶接継手は、全てのブラケットとしなければならない。</u> (d) <u>所定の試験程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</u> (e) <u>MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、溶接継手の上面および下面(または外面および内面)の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。</u> </td> </tr> </tbody> </table>	試験カテゴリ	IJG-B-1	シュラウドサポート	(略)			注：			(3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。 (a) <u>試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲とする。(解説 表 IJG-2500-B-1-2)</u> (b) <u>レグ型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、H10 および H11 溶接継手については、全てのレグについて試験程度を満足するように試験を行わなければならない。</u> (c) <u>ブラケット型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、ブラケット溶接継手は、全てのブラケットとしなければならない。</u> (d) <u>所定の試験程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</u> (e) <u>MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、溶接継手の上面および下面(または外面および内面)の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。</u>			<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">試験カテゴリ</th> <th style="width: 30%;">IJG-B-1</th> <th style="width: 40%;">シュラウドサポート</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">(略)</td> </tr> <tr> <td colspan="3">注：</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> (3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。 <なし> (a) <u>レグ型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、H10 および H11 溶接継手については、全てのレグについて試験程度を満足するように試験を行わなければならない。</u> (b) <u>ブラケット型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、ブラケット溶接継手は、全てのブラケットとしなければならない。</u> (c) <u>所定の試験程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</u> (d) <u>MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、溶接継手の上面および下面(または外面および内面)の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。</u> <u>なお、試験を実施しない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。</u> (解説 表 IJG-2500-B-1-2) </td> </tr> </tbody> </table>	試験カテゴリ	IJG-B-1	シュラウドサポート	(略)			注：			(3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。 <なし> (a) <u>レグ型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、H10 および H11 溶接継手については、全てのレグについて試験程度を満足するように試験を行わなければならない。</u> (b) <u>ブラケット型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、ブラケット溶接継手は、全てのブラケットとしなければならない。</u> (c) <u>所定の試験程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</u> (d) <u>MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、溶接継手の上面および下面(または外面および内面)の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。</u> <u>なお、試験を実施しない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。</u> (解説 表 IJG-2500-B-1-2)		
試験カテゴリ	IJG-B-1	シュラウドサポート																							
(略)																									
注：																									
(3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。 (a) <u>試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲とする。(解説 表 IJG-2500-B-1-2)</u> (b) <u>レグ型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、H10 および H11 溶接継手については、全てのレグについて試験程度を満足するように試験を行わなければならない。</u> (c) <u>ブラケット型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、ブラケット溶接継手は、全てのブラケットとしなければならない。</u> (d) <u>所定の試験程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</u> (e) <u>MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、溶接継手の上面および下面(または外面および内面)の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。</u>																									
試験カテゴリ	IJG-B-1	シュラウドサポート																							
(略)																									
注：																									
(3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。 <なし> (a) <u>レグ型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、H10 および H11 溶接継手については、全てのレグについて試験程度を満足するように試験を行わなければならない。</u> (b) <u>ブラケット型シュラウドサポートの試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとし、ブラケット溶接継手は、全てのブラケットとしなければならない。</u> (c) <u>所定の試験程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</u> (d) <u>MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、溶接継手の上面および下面(または外面および内面)の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。</u> <u>なお、試験を実施しない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。</u> (解説 表 IJG-2500-B-1-2)																									

2012年版(2014年追補までを含む。)	2008年版
<p align="center">表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p align="center">試験カテゴリ IJG-B-2 シュラウド</p> <p>(略)</p> <p>注：</p> <p>(3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。</p> <p>(a) <u>試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲と溶接継手に隣接するリング部の機械加工面全面とする。(解説 表 IJG-2500-B-1-2)</u></p> <p>(b) 試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとする。</p> <p>(c) 所定の試験範囲および程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</p> <p>(d) MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、原則として溶接継手の外面および内面の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。ただし、接近性の制約等から一方の面しか試験を行えない場合でも、溶接残留応力評価の結果、もう一方の面の表面の応力が圧縮である場合には、試験を実施した範囲として扱うものとする。(解説 表 IJG-2500-B-2-2)</p>	<p align="center">表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p align="center">試験カテゴリ IJG-B-2 シュラウド</p> <p>(略)</p> <p>注：</p> <p>(3) 試験範囲および程度は以下のとおりとする。</p> <p><なし></p> <p>(a) 試験程度は評価期間に対して設定される溶接継手長さとする。</p> <p>(b) 所定の試験範囲および程度を確保するため必要な場合は、取外し可能な炉内構造物を取外さなければならない。</p> <p>(c) MVT-1 および渦流探傷試験による試験を行う場合は、原則として溶接継手の外面および内面の継手両側について試験を行った場合に限り、試験を実施した範囲として扱うものとする。ただし、接近性の制約等から一方の面しか試験を行えない場合でも、溶接残留応力評価の結果、もう一方の面の表面の応力が圧縮である場合には、試験を実施した範囲として扱うものとする。(解説 表 IJG-2500-B-2-1)</p> <p><u>なお、試験を実施しない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。(解説 表 IJG-2500-B-1-2)</u></p>
<p align="center">表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p align="center">試験カテゴリ IJB-B-1 中性子計測ハウジング</p> <p>(略)</p> <p>注：</p> <p>(5) <u>試験範囲は、試験部位に繋がる RPV 貫通穴周囲およびハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。</u></p> <p>(6) <u>試験範囲は、試験部位の内表面の溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲とする。</u></p> <p><u>(解説 表 IJB-2500-B-1-1)</u></p>	<p align="center">表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <p align="center">試験カテゴリ IJB-B-1 中性子計測ハウジング</p> <p>(略)</p> <p>注：</p> <p><なし></p> <p><なし></p>

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版								
<p align="center">表 IJB-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="165 263 1106 298">試験カテゴリ</th> <th data-bbox="165 263 1106 298">IJB-B-2 制御棒駆動ハウジング</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="165 298 1106 458"> (略) 注： (4) <u>試験範囲は、試験部位に繋がる RPV 貫通穴周囲およびハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。</u> (5) <u>試験範囲は、ハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。</u> </td> </tr> </tbody> </table>	試験カテゴリ	IJB-B-2 制御棒駆動ハウジング	(略) 注： (4) <u>試験範囲は、試験部位に繋がる RPV 貫通穴周囲およびハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。</u> (5) <u>試験範囲は、ハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。</u>		<p align="center">表 IJB-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1133 263 2074 298">試験カテゴリ</th> <th data-bbox="1133 263 2074 298">IJB-B-2 制御棒駆動ハウジング</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1133 298 2074 458"> (略) 注： <なし> <なし> </td> </tr> </tbody> </table>	試験カテゴリ	IJB-B-2 制御棒駆動ハウジング	(略) 注： <なし> <なし>	
試験カテゴリ	IJB-B-2 制御棒駆動ハウジング								
(略) 注： (4) <u>試験範囲は、試験部位に繋がる RPV 貫通穴周囲およびハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。</u> (5) <u>試験範囲は、ハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。</u>									
試験カテゴリ	IJB-B-2 制御棒駆動ハウジング								
(略) 注： <なし> <なし>									

別表 8 クラス 1 機器の欠陥評価（評価の流れ）に関する規定内容の変更点

2012 年版（2014 年追補までを含む。）	2008 年版
<p>EB-1110 評価の流れ</p> <p>(1) クラス 1 容器, クラス 1 配管 (ボルト等, フランジ面, オメガシール, キャノピーシール, 蒸気発生器伝熱管を除く) について実施した試験結果は, EB-1310 の規定に従い評価する。 <u>ただし, 表面試験による指示であって割れ以外のもの, 及び体積試験による溶接部内部の指示については, EB-1120 の規定に従い評価することができる。</u></p> <p>(2) クラス 1 容器, クラス 1 配管のうち, ボルト等, フランジ面, オメガシール, キャノピーシール, 蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果は EB-1120 の規定に従い評価する。</p> <p>(3) クラス 1 容器, クラス 1 配管以外について実施したクラス 1 機器の試験結果は EB-1120 の規定に従い評価する。</p> <p>EB-1120 試験に対する評価</p> <p>(1) 試験の結果が, EB-1200 の規定に適合している場合または, 供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合, その機器を継続して使用することができる。</p> <p>(2) 試験の結果が, EB-1120(1) の規定に該当しない場合は, その機器は, EA-3000 「評価の一般規定」に基づいて評価を行うか, EB-1130 「補修・取替」または IA-3400 に示す漏えい試験によって発見された漏えいの「是正措置」のいずれかの規定に基づいて必要な措置を講じなければならない。</p>	<p>EB-1110 評価の流れ</p> <p>(1) クラス 1 容器, クラス 1 配管 (ボルト等, フランジ面, オメガシール, キャノピーシール, 蒸気発生器伝熱管を除く) について実施した試験結果は, EB-1310 の規定に従わなければならない。</p> <p>(2) クラス 1 容器, クラス 1 配管のうち, ボルト等, フランジ面, オメガシール, キャノピーシール, 蒸気発生器伝熱管について実施した試験結果は EB-1120 の規定に従わなければならない。</p> <p>(3) クラス 1 容器, クラス 1 配管以外について実施したクラス 1 機器の試験結果は EB-1120 の規定に従わなければならない。</p> <p>EB-1120 試験に対する評価</p> <p>(1) 試験の結果が, EB-1200 の規定に適合している場合または, 供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合, その機器を継続して使用することができる。<u>ただし, EB-1200 の規定に適合している場合であっても以前の試験結果と比較して有意な差が認められる場合は, その試験結果を記録しなければならない。</u></p> <p>(2) 試験の結果が, EB-1120(1) の規定に該当しない場合は, その機器は, EA-3000 「評価の一般規定」に基づいて評価を行うか, EB-1130 「補修・取替」または IA-3400 に示す漏えい試験によって発見された漏えいの「是正措置」のいずれかの規定に基づいて必要な措置を講ずるかしなければならない。</p>

2012年版（2014年追補までを含む。）

2008年版

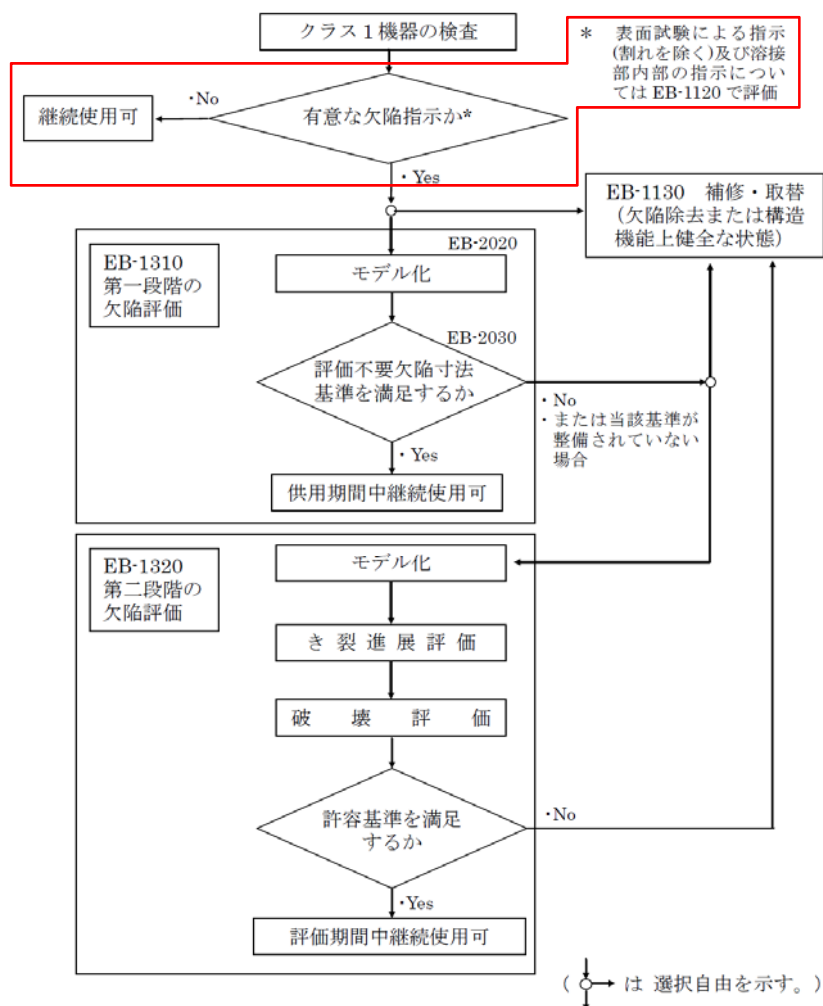


図 EB-1000-1 クラス1機器の欠陥評価の流れ

〔クラス1容器、クラス1配管（ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管を除く）の場合〕

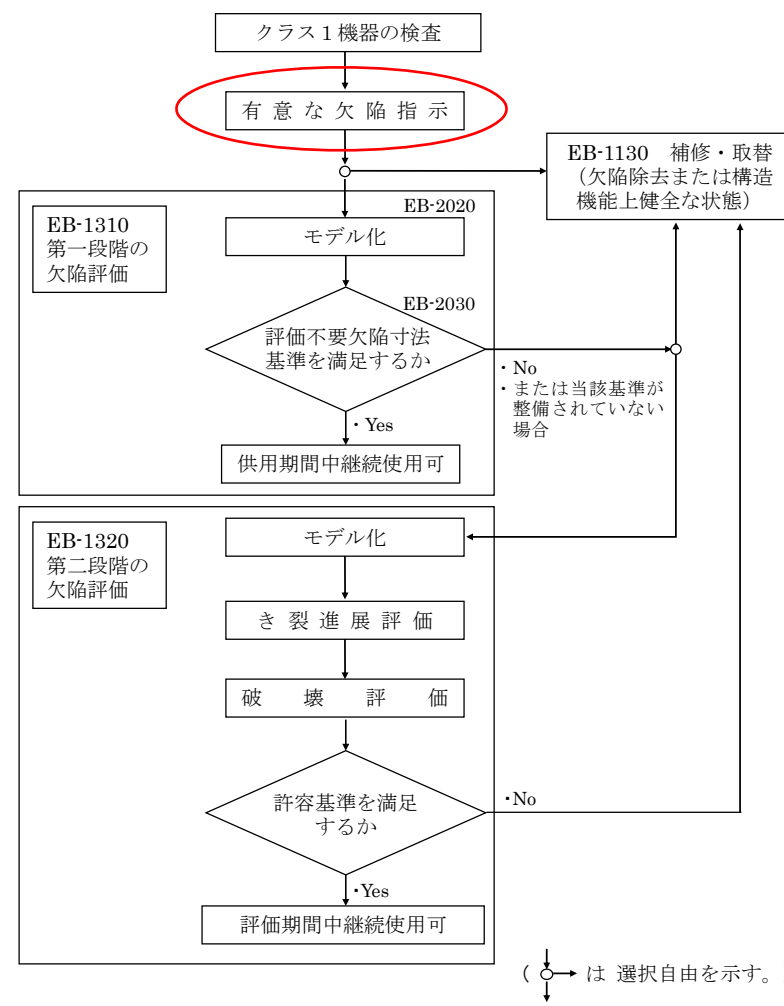


図 EB-1000-1 クラス1機器の欠陥評価の流れ

〔クラス1容器、クラス1配管（ボルト等、フランジ面、オメガシール、キャノピーシール、蒸気発生器伝熱管を除く）の場合〕

別表9 クラス1 機器の評価不要欠陥寸法基準に関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む)							2008年版						
表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準							表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準						
アスペクト比 a / ℓ (4,5)	厚 さ t (mm)						アスペクト比 a / ℓ (4,5)	厚 さ t (mm)					
	$7 \leq t < 100$		$100 \leq t < 300$		$300 \leq t$			$7 \leq t < 100$		$100 \leq t < 300$		$300 \leq t$	
	表面欠陥 a (mm)	内部 欠陥(2) a (mm)	表面欠陥 a / t (%)	内部 欠陥(2) a / t (%)	表面欠陥 a (mm)	内部 欠陥(2) a (mm)		表面欠陥 a (mm)	内部 欠陥(2) a (mm)	表面欠陥 a / t (%)	内部 欠陥(2) a / t (%)	表面欠陥 a (mm)	内部 欠陥(2) a (mm)
0.50	5.2 (3)	5.4 Y (3)	5.2	5.4 Y	15.6	16.2 Y	0.50	5.2 (3)	5.4 Y (3)	5.2	5.4 Y	15.6	16.2 Y
0.45	5.1 (3)	5.3 Y (3)	5.1	5.3 Y	15.3	15.9 Y	0.45	5.1 (3)	5.3 Y (3)	5.1	5.3 Y	15.3	15.9 Y
0.40	5.0 (3)	5.2 Y (3)	5.0	5.2 Y	15.0	15.6 Y	0.40	5.0 (3)	5.2 Y (3)	5.0	5.2 Y	15.0	15.6 Y
0.35	4.4 (3)	4.6 $Y^{\frac{0.8}{}}$ (3)	4.4	4.6 $Y^{\frac{0.8}{}}$	13.2	13.8 $Y^{\frac{0.8}{}}$	0.35	4.4 (3)	4.6 Y (3)	4.4	4.6 Y	13.2	13.8 Y
0.30	3.8 (3)	4.0 $Y^{\frac{0.7}{}}$ (3)	3.8	4.0 $Y^{\frac{0.7}{}}$	11.4	12.0 $Y^{\frac{0.7}{}}$	0.30	3.8 (3)	4.0 Y (3)	3.8	4.0 Y	11.4	12.0 Y
0.25	3.3 (3)	3.4 $Y^{\frac{0.5}{}}$ (3)	3.3	3.4 $Y^{\frac{0.5}{}}$	9.9	10.2 $Y^{\frac{0.5}{}}$	0.25	3.3 (3)	3.4 Y (3)	3.3	3.4 Y	9.9	10.2 Y
0.20	2.8 (3)	2.9 $Y^{\frac{0.3}{}}$ (3)	2.8	2.9 $Y^{\frac{0.3}{}}$	8.4	8.7 $Y^{\frac{0.3}{}}$	0.20	2.8 (3)	2.9 Y (3)	2.8	2.9 Y	8.4	8.7 Y
0.15	2.5 (3)	2.6 $Y^{\frac{0.4}{}}$ (3)	2.5	2.6 $Y^{\frac{0.4}{}}$	7.5	7.8 $Y^{\frac{0.4}{}}$	0.15	2.5 (3)	2.6 Y (3)	2.5	2.6 Y	7.5	7.8 Y
0.10	2.2 (3)	2.3 $Y^{\frac{0.6}{}}$ (3)	2.2	2.3 $Y^{\frac{0.6}{}}$	6.6	6.9 $Y^{\frac{0.6}{}}$	0.10	2.2 (3)	2.3 Y (3)	2.2	2.3 Y	6.6	6.9 Y
0.06	2.0 (3)	2.1 $Y^{\frac{0.8}{}}$ (3)	2.0	2.1 $Y^{\frac{0.8}{}}$	6.0	6.3 $Y^{\frac{0.8}{}}$	0.06	2.0 (3)	2.1 Y (3)	2.0	2.1 Y	6.0	6.3 Y

<p>注：(1) aは、欠陥深さ (mm)、ℓは、欠陥長さ (mm)、tは、対象部分の厚さ (mm) とする。aおよびℓの取扱いは、添付E-1に従う。</p> <p>(2) $Y = S / a$とし、$Y > 1.0$の場合は、$Y = 1.0$とする。ここで、Sは、表面から欠陥までの深さ (mm) とし、その取扱いは添付E-1に従う。なお、$Y \leq 0.4$の場合は、表面欠陥として扱う。</p> <p>(3) 厚さが7mm以上100mm未満の場合は、表EB-2000-3に規定する寸法と比較して、いずれか小さい方の寸法を評価不要欠陥寸法とする。</p> <p>(4) 欠陥長さに関して、$2\theta \leq 30^\circ$、$\ell / \sqrt{Rt} \leq 2$の範囲内であること。ここで、2θは欠陥長さの両端と容器の軸芯とを結ぶ間の角度 ($^\circ$)、Rは容器の平均半径 (mm) とする。</p> <p>(5) アスペクト比は、$a / \ell \geq 0.06$であること。また、アスペクト比が表示されている中間の値である場合のaおよびa / tの値は、比例法によって計算で求めることができる。</p>	<p>注：(1) aは、欠陥深さ (mm)、ℓは、欠陥長さ (mm)、tは、対象部分の厚さ (mm) とする。aおよびℓの取扱いは、添付E-1に従う。</p> <p>(2) Yは、Sとaとの比とし、$Y > 1.0$の場合は、$Y = 1.0$とする。ここで、Sは、表面から欠陥までの深さ (mm) とし、その取扱いは添付E-1に従う。なお、$Y \leq 0.4$の場合は、表面欠陥として扱う。</p> <p>(3) 厚さが7mm以上100mm未満の場合は、表EB-2000-3に規定する寸法と比較して、いずれか小さい方の寸法を評価不要欠陥寸法とする。</p> <p>(4) 欠陥長さに関して、$2\theta \leq 30^\circ$、$\ell / \sqrt{Rt} \leq 2$の範囲内であること。ここで、2θは欠陥長さの両端と容器の軸芯とを結ぶ間の角度 ($^\circ$)、Rは容器の平均半径 (mm) とする。</p> <p>(5) アスペクト比は、$a / \ell \geq 0.06$であること。また、アスペクト比が表示されている中間の値である場合のaおよびa / tの値は、比例法によって計算で求めることができる。<u>数値の丸め方は日本工業規格 JIS Z 8401 (1961) に従う。</u></p>
--	---

2012年版 (2014年追補までを含む)							2008年版						
表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準							表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準						
アスペクト比 a / ℓ (4, 5)	厚 さ t (mm)						アスペクト比 a / ℓ (4, 5)	厚 さ t (mm)					
	$7 \leq t < 12.5$		$12.5 \leq t < 80$		$80 \leq t$			$7 \leq t < 12.5$		$12.5 \leq t < 80$		$80 \leq t$	
	表面欠陥 a (mm)	内部欠陥 ⁽²⁾ a (mm)	表面欠陥 a / t (%)	内部欠陥 ⁽²⁾ a / t (%)	表面欠陥 a (mm)	内部欠陥 ⁽²⁾ a (mm)		表面欠陥 a (mm)	内部欠陥 ⁽²⁾ a (mm)	表面欠陥 a / t (%)	内部欠陥 ⁽²⁾ a / t (%)	表面欠陥 a (mm)	内部欠陥 ⁽²⁾ a (mm)
0.50	1.5	1.6 Y	12.0	12.5 Y	9.6	10.0 Y	0.50	1.5	1.6 Y	12.0	12.5 Y	9.6	10.0 Y
0.45	1.5	1.6 Y	11.4 (3)	11.9 Y ^{0.9} (3)	9.1	9.5 Y ^{0.9}	0.45	1.5	1.6 Y	11.4 (3)	11.9 Y (3)	9.1	9.5 Y
0.40	1.5	1.6 Y	10.8 (3)	11.3 Y ^{0.9} (3)	8.6	9.0 Y ^{0.9}	0.40	1.5	1.6 Y	10.8 (3)	11.3 Y (3)	8.6	9.0 Y
0.35	1.5	1.6 Y	10.2 (3)	10.6 Y ^{0.8} (3)	8.2	8.5 Y ^{0.8}	0.35	1.5	1.6 Y	10.2 (3)	10.6 Y (3)	8.2	8.5 Y
0.30	1.5	1.6 Y	9.6 (3)	10.0 Y ^{0.8} (3)	7.7	8.0 Y ^{0.8}	0.30	1.5	1.6 Y	9.6 (3)	10.0 Y (3)	7.7	8.0 Y
0.25	1.5	1.6 Y	9.0 (3)	9.4 Y ^{0.7} (3)	7.2	7.5 Y ^{0.7}	0.25	1.5	1.6 Y	9.0 (3)	9.4 Y (3)	7.2	7.5 Y
0.20	1.5	1.6 Y	8.4 (3)	8.8 Y ^{0.6} (3)	6.7	7.0 Y ^{0.6}	0.20	1.5	1.6 Y	8.4 (3)	8.8 Y (3)	6.7	7.0 Y
0.15	1.5	1.6 Y	7.8 (3)	8.1 Y ^{0.7} (3)	6.2	6.5 Y ^{0.7}	0.15	1.5	1.6 Y	7.8 (3)	8.1 Y (3)	6.2	6.5 Y
0.10	1.5	1.6 Y	7.2 (3)	7.5 Y ^{0.8} (3)	5.8	6.0 Y ^{0.8}	0.10	1.5	1.6 Y	7.2 (3)	7.5 Y (3)	5.8	6.0 Y
0.08	1.5 (4)	1.6 Y (4)	7.0 (3)	7.3 Y ^{0.8} (3)	5.6	5.8 Y ^{0.8}	0.08	1.5 (4)	1.6 Y (4)	7.0 (3)	7.3 Y (3)	5.6	5.8 Y
0.06	1.5 (4)	1.6 Y (4)	6.7 (3)	7.0 Y ^{0.9} (3, 4)	5.4	5.6 Y ^{0.9}	0.06	1.5 (4)	1.6 Y (4)	6.7 (3)	7.0 Y (3, 4)	5.4	5.6 Y

注：(1) a は、欠陥深さ (mm), ℓ は、欠陥長さ (mm), t は、対象部分の厚さ (mm) とする。 a および ℓ の取扱いは、添付E-1に従う。

(2) $Y = S / a$ とし、 $Y > 1.0$ の場合は、 $Y = 1.0$ とする。ここで、 S は、表面から欠陥までの深さ (mm) とし、その取扱いは添付E-1に従う。なお、 $Y \leq 0.4$ の場合は、表面欠陥として扱う。

(3) a / t (%) の値に t を乗じて求めた a の値が 1.5 以下となる場合は、 $a = 1.5$ (mm) とする。

(4) 欠陥長さに関して、 $2\theta \leq 30^\circ$, $\ell / \sqrt{Rt} \leq 2$ の範囲内であること。ここで、 2θ は欠陥長さの両端と管の軸芯とを結ぶ間の角度 ($^\circ$) , R は管の平均半径 (mm) とする。

(5) アスペクト比は、 $a / \ell \geq 0.06$ であること。また、アスペクト比が表示されている中間の値である場合の a および a / t の値は、比例法によって計算で求めることができる。

注：(1) a は、欠陥深さ (mm), ℓ は、欠陥長さ (mm), t は、対象部分の厚さ (mm) とする。 a および ℓ の取扱いは、添付E-1に従う。

(2) Y は、 S と a との比とし、 $Y > 1.0$ の場合は、 $Y = 1.0$ とする。ここで、 S は、表面から欠陥までの深さ (mm) とし、その取扱いは添付E-1に従う。なお、 $Y \leq 0.4$ の場合は、表面欠陥として扱う。

(3) a / t (%) の値に t を乗じて求めた a の値が 1.5 以下となる場合は、 $a = 1.5$ (mm) とする。

(4) 欠陥長さに関して、 $2\theta \leq 30^\circ$, $\ell / \sqrt{Rt} \leq 2$ の範囲内であること。ここで、 2θ は欠陥長さの両端と管の軸芯とを結ぶ間の角度 ($^\circ$) , R は管の平均半径 (mm) とする。

(5) アスペクト比は、 $a / \ell \geq 0.06$ であること。また、アスペクト比が表示されている中間の値である場合の a および a / t の値は、比例法によって計算で求めることができる。数値の丸め方は日本工業規格 JIS Z 8401 (1961) に従う。

別表 10 クラス 2、3 機器及びクラス MC 機器の欠陥評価に関する規定内容の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p>EC-1000 クラス 2 機器の欠陥評価の基本事項 EC-1010 適用および概要 EC-1000 から EC-5000 は、クラス 2 機器の欠陥評価に対して適用する。 EC-1000 では、本規格の供用期間中検査の規定に従いクラス 2 機器について実施する供用期間中検査およびその他の検査に対する欠陥評価の基本事項を定める。 <u>EC-2000 では、本規格の供用期間中検査の規定に従いクラス 2 機器について実施する供用期間中検査およびその他の検査のうち、体積試験および表面試験により検出された欠陥指示に対する第一段階の欠陥評価についての欠陥形状のモデル化および判定基準（評価不要欠陥寸法基準）を規定する。適用の詳細は EC-2000 に従う。</u> <u>EC-3000 から EC-5000 は、第二段階の欠陥評価（評価期間中のき裂進展を考慮した欠陥評価）についての欠陥評価方法および許容基準を規定する。これらの適用の詳細は、それぞれの規定に従うものとする。</u></p> <p>EC-1100 評価の流れ <u>欠陥評価の流れを図 EC-1000-1 に示す。</u></p> <p>(1) <u>クラス 2 配管（オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管）については、表面試験による指示であって割れ以外のもの、または体積試験による溶接部内部の指示については、EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合は EC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。また、表面試験による指示であって割れ、または体積試験による溶接部内部の指示によらないものについては、試験結果を EC-1310 の規定に従い評価する。評価を実施しない場合は、EC-1500 の補修・取替により欠陥を除去するか、構造機能上健全な状態にしなければならない。</u></p> <p>(2) <u>クラス 2 配管（オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管）以外のクラス 2 機器については、試験結果が EC-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。EC-1200 に適合しない場合は EC-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。</u></p>	<p>EC-1000 クラス 2 機器の欠陥評価の基本事項 EC-1010 適用および概要 EC-1000 は、クラス 2 機器の欠陥評価に対して適用する。 EC-1000 では、本規格の供用期間中検査の規定に従いクラス 2 機器について実施する供用期間中検査およびその他の検査に対する欠陥評価の基本事項を定める。<u>欠陥評価の流れを図 EC-1000-1 に示す。</u></p> <p>EC-1100 評価の流れ EC-1110 試験に対する評価</p> <p>(1) <u>試験の結果が、EC-1200 の規定に適合している場合または、供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合、その機器を継続して使用することができる。ただし、EC-1200 の規定に適合している場合であっても以前の試験結果と比較して有意な差が認められる場合は、その試験結果を記録しなければならない。</u></p> <p>(2) <u>試験の結果が、EC-1110(1) の規定に該当しない場合は、その機器は、EA-3000「評価の一般規定」に基づいて評価を行うか、EC-1120「補修・取替」または IA-3400 に示す漏えい試験の「是正措置」のいずれかの規定に基づいて必要な措置を講じなければならない。なお、クラス 2 容器、クラス 2 配管（ボルト等を除く）について実施した試験結果は、EC-1300 の規定を適用してもよい。</u></p>

2012年版 (2014年追補までを含む。)

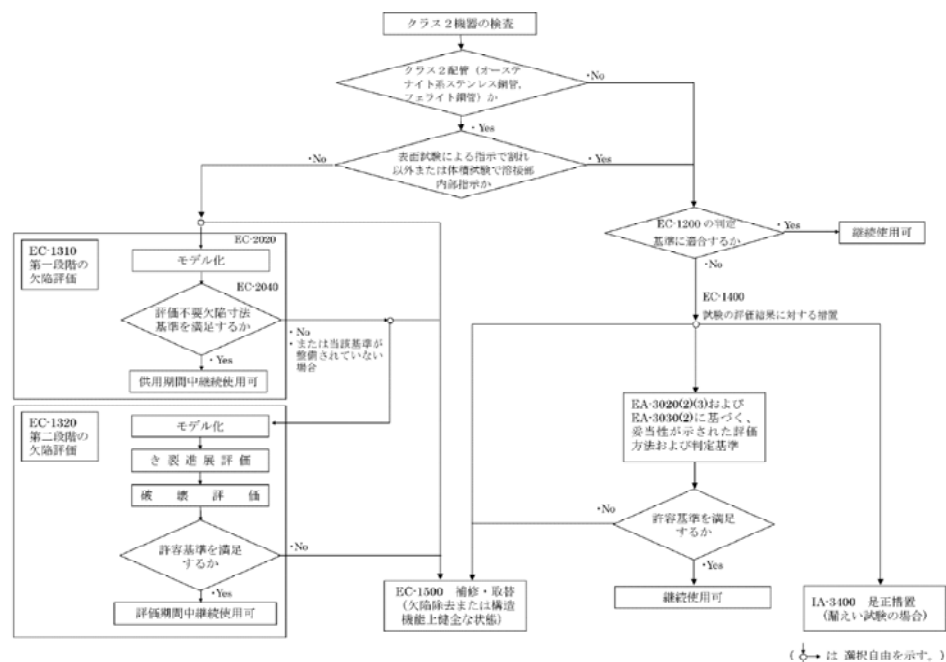


図 EC-1000-1 クラス2機器の欠陥評価の流れ

2008年版

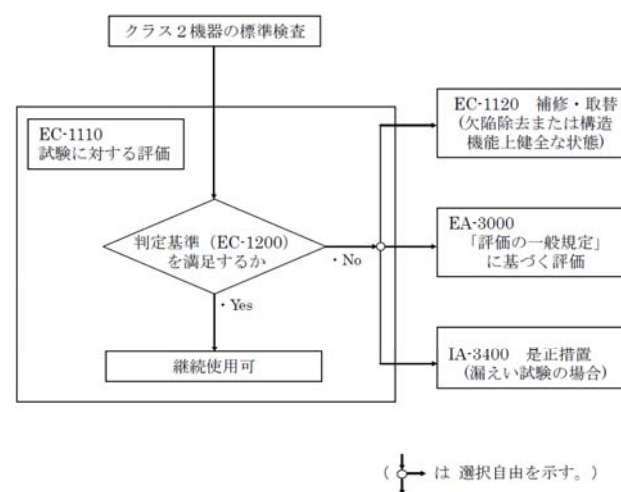


図 EC-1000-1 クラス2機器の欠陥評価の流れ

EC-1200 判定基準

EC-1210 体積試験または表面試験

- (1) 試験結果が供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差がない場合は、以下の(2)~(4)の結果にかかわらず、機器を継続して使用することができる。
- (2) 欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合
体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-3100 または N-6100 を適用し、これに適合するものでなければならない。
- (3) ボルト等以外の場合で、欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合
体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、体積試験で検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4)、表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。

EC-1200 判定基準

EC-1210 体積試験または表面試験

- (1) 欠陥指示が溶接部（溶接金属およびこれに隣接する熱影響部を加えた範囲）にある場合
体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が溶接部にある場合、「溶接規格」N-1100 を適用し、これに適合するものでなければならない。
- (2) ボルト等以外の場合で、欠陥指示が母材（溶接部を除く範囲）にある場合
体積試験または表面試験で検出された欠陥指示が母材にある場合、体積試験で検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(1)または同(4)、表面試験で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>(4) ボルト等</p> <p>a. 体積試験のための対比試験片がある場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(2)b または PVB-2422(1)を適用し、これに適合するものでなければならない。</p> <p>b. 体積検査のための試験片がない場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(4)を適用し、これに適合するものでなければならない。</p>	<p>(3) ボルト等</p> <p>a. 体積試験のための対比試験片がある場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(2)b または PVB-2422(1)を適用し、これに適合するものでなければならない。</p> <p>b. 体積検査のための試験片がない場合、検出された欠陥指示は、「設計・建設規格」PVB-2421(4)を適用し、これに適合するものでなければならない。</p>
<p>EC-1300 欠陥評価</p>	<p>EC-1300 欠陥評価</p>
<p>EC-1310 第一段階の欠陥評価</p>	
<p>(1) <u>欠陥評価を行う場合には、EC-2000に規定される欠陥形状のモデル化および評価不要欠陥寸法に照らした判定を行い(以下、第一段階の欠陥評価という)、判定結果に応じて(2)および(3)に従わなければならない。</u></p> <p>(2) <u>(1)の欠陥形状をモデル化した欠陥の判定において、欠陥がEC-2000の評価不要欠陥寸法基準を満足する場合は、欠陥は無害であると判定され、欠陥が存在する当該機器は、供用期間中、継続して使用することができる。</u></p> <p>(3) <u>(1)の欠陥形状をモデル化した欠陥の判定において、欠陥がEC-2000の評価不要欠陥寸法基準を満足しない場合または当該基準が整備されていない場合は、EC-1320に従うか、EC-1500の補修・取替により欠陥を除去するか、または構造機能上健全な状態にしなければならない。</u></p> <p>(4) <u>(2)に従い、欠陥が存在する当該機器が、欠陥検出後の供用期間中に、供用状態CまたはDに対応する過渡条件の負荷、または想定した地震力以上の負荷を経験した場合は(注)、その事象によるプラント停止後の最初のプラント起動前に、再評価を行うとともに、必要に応じて当該欠陥寸法を再度計測し、EC-2000の評価不要欠陥寸法基準に照らして判定を行うか、EC-1500の補修・取替により欠陥を除去するか、または構造機能上健全な状態にしなければならない。ここで、EC-2000に照らして判定する場合は、判定結果に応じて、(2)および(3)に従うものとする。</u></p>	<p><u>運転を開始したクラス2機器において、供用期間中検査等の検査により有意な欠陥指示が検出された場合、適用の妥当性を示すことができる場合には、EC-1300の規定に従い欠陥評価を行ってもよい。</u></p>
<p>EC-1320 第二段階の欠陥評価</p>	
<p>(1) <u>EC-1320は、EC-1310により要求される評価期間中のき裂進展を考慮した欠陥評価(以下、第二段階の欠陥評価という)について規定する。</u></p> <p>(2) <u>第二段階の欠陥評価において、所有者は、評価期間および評価条件を設定しなければならない。</u></p> <p>(3) <u>第二段階の欠陥評価においては、添付E-1に従う欠陥形状のモデル化、評価期間末期までのき裂進展評価および評価期間末期における平面欠陥の予測寸法に対する破壊評価を行わなければならない。</u></p> <p>(4) <u>(3)の破壊評価の結果、許容基準を満足する場合には、評価期間の間、欠陥は無害であると判定され、当該機器は評価期間の間、継続して使用することができる。こ</u></p>	

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>の場合、<u>欠陥検出後の供用期間中は、IA-2340の規定に従い継続検査のプログラムを立案し実施しなければならない。</u></p> <p>(5) (3)の破壊評価の結果、<u>許容基準を満足しない場合には、EC-1500の補修・取替により欠陥を除去するか、または構造機能上健全な状態にしなければならない。</u></p> <p>(6) (3)、(4)および(5)に示す評価方法および許容基準は、<u>EC-4000からEC-5000に従ってもよい。これらに従わない場合には、EA-3020(2)(3)およびEA-3030(2)に基づき妥当性が示される評価方法および判定基準を用いて評価を行うものとする。ただし、適用の妥当性が示される評価方法および判定基準を用いる場合は、その妥当性の根拠を記録に残さなければならない。</u></p> <p>(5) (4)に従い、<u>欠陥が存在する当該機器が許容基準を満足し、評価期間の間、継続して使用している場合に、供用状態CまたはDに対応する過渡条件の負荷、または想定した地震力以上の負荷を経験した場合は(注)、その事象によるプラント停止後の最初のプラント起動前に、再評価を行うとともに、必要に応じて当該欠陥寸法を再度計測し、(3)から(6)に従うものとする。</u></p> <p>(注) <u>プラントは、基準地震動S1による地震力および静的地震力のうち大きい方の地震力よりも小さい地震力で自動停止するよう設計運用されていることから、地震時に原子炉が停止した場合、欠陥を有する部位に働いた地震荷重を評価して対応すればよい。なお、設計地震力に相当する加速度未満の地震を経験した場合は、適切な点検を行い、問題がないことを確認すればよい。</u></p> <p>EC-1400 試験の評価結果に対する措置 <u>EC-1200の判定基準に適合しない場合は、EA-3020(2)(3)およびEA-3030(2)に基づき妥当性が示される評価方法および判定基準を用いて評価を行うか、EC-1500の補修・取替またはIA-3400に示す漏えい試験によって発見された漏えいの「是正措置」のいずれかの規定に基づいて必要な措置を講じなければならない。ただし、適用の妥当性が示される評価方法および判定基準を用いる場合は、その妥当性の根拠を記録に残さなければならない。</u></p> <p>EC-1500 補修・取替 <u>EC-1500補修・取替を選択した場合は、補修・取替を行い欠陥を除去するか、または、構造機能上健全な状態にしなければならない。</u></p> <p>EC-2000 クラス2機器の評価不要欠陥寸法基準</p> <p>EC-2010 適用 (略)</p> <p>EC-2020 欠陥形状のモデル化</p>	

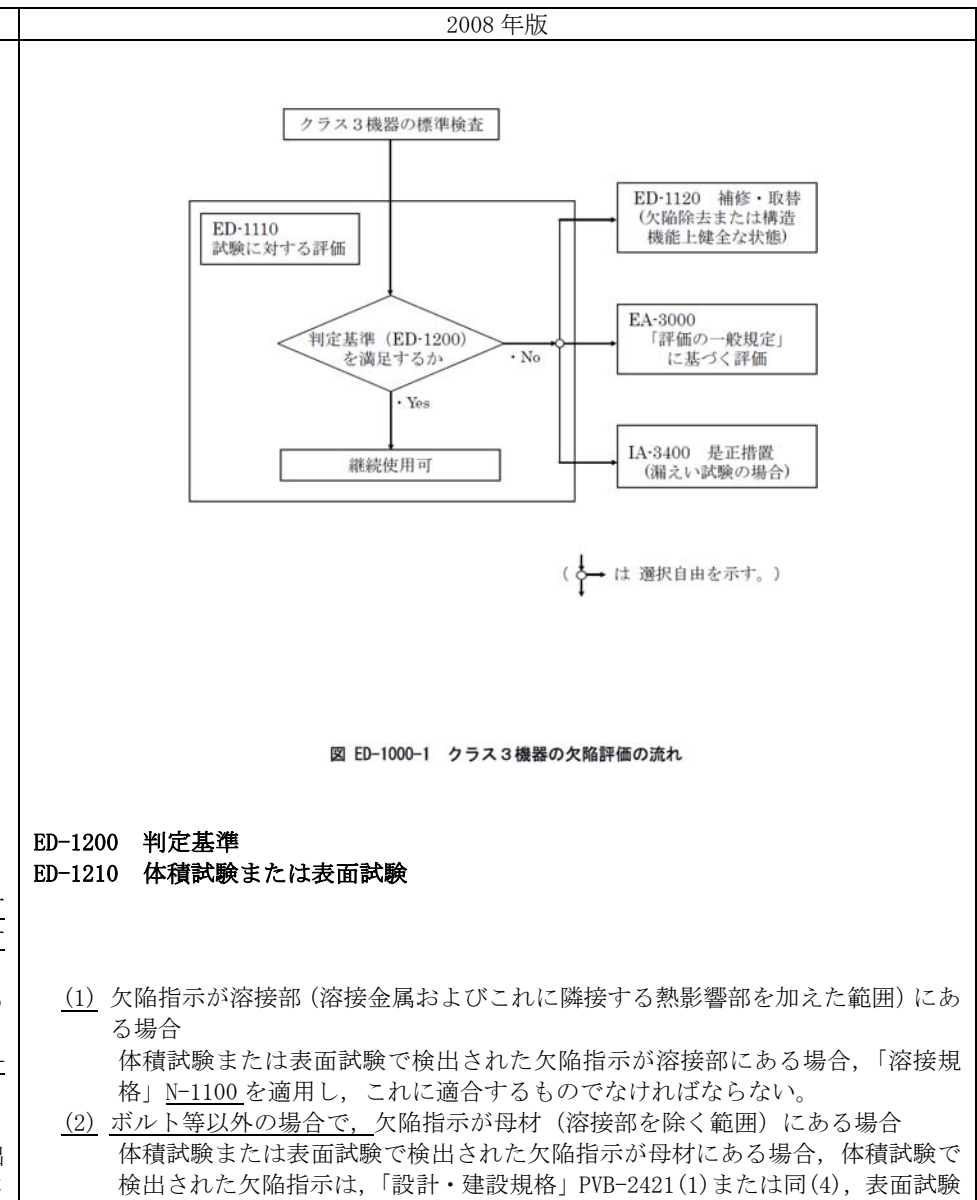
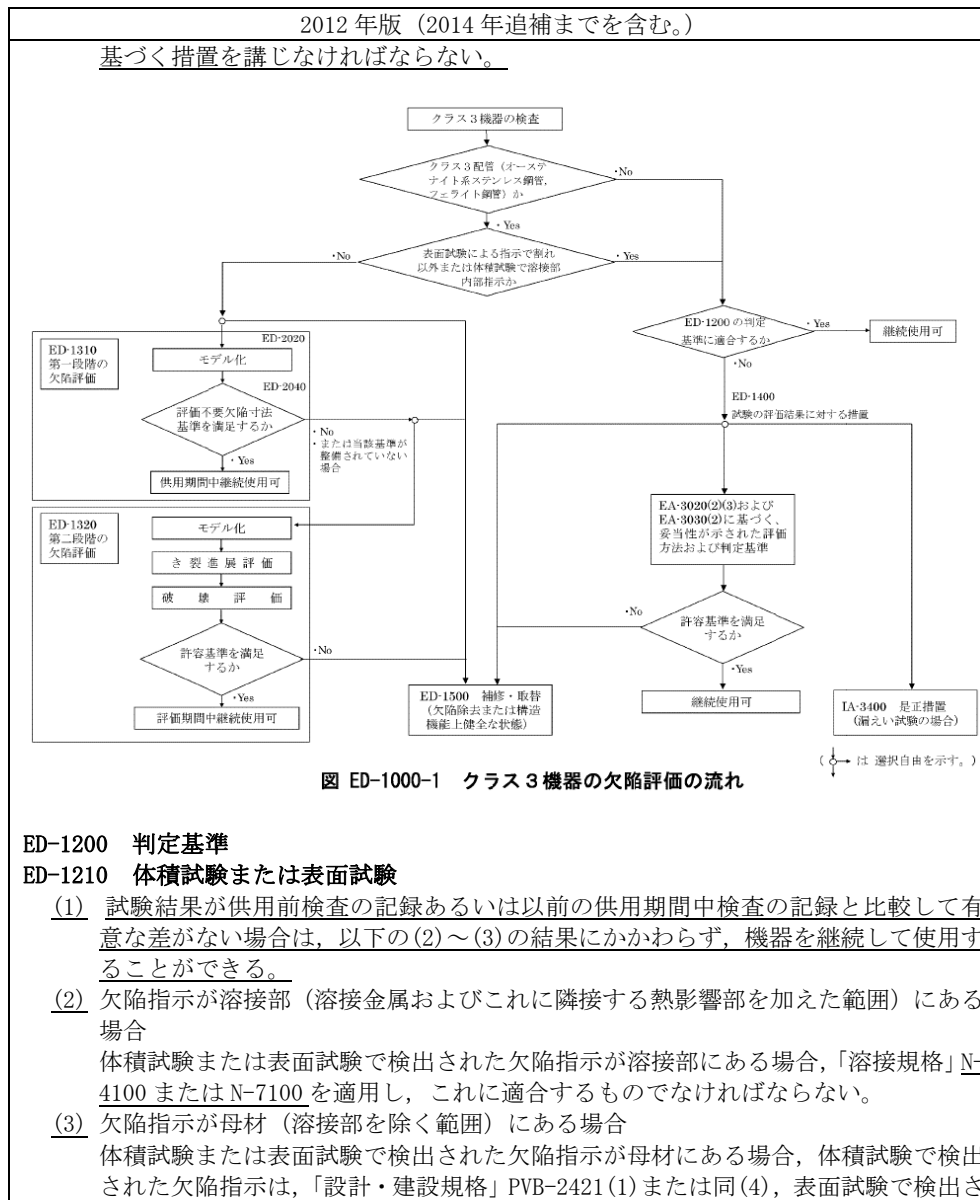
2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p><u>(略)</u></p> <p><u>EC-2030 破壊靱性の比</u> <u>(略)</u></p> <p><u>EC-2040 判定基準</u> <u>(略)</u></p> <p><u>表 EC-2000-1 オーステナイト系ステンレス鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> <u>(略)</u></p> <p><u>表 EC-2000-2 オーステナイト系ステンレス鋼管の線状欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> <u>(略)</u></p> <p><u>表 EC-2000-3 フェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> <u>(略)</u></p> <p><u>表 EC-2000-4 フェライト鋼管の線状欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> <u>(略)</u></p> <p><u>EC-4000 オーステナイト系ステンレス鋼管の欠陥評価</u> <u>EC-4010 はじめに</u> <u>(略)</u></p> <p><u>EC-4020 適用</u> EC-4000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 310 MPa 未満のオーステナイト系ステンレス鋼管およびその溶接部に対して適用する。</p> <p><u>EC-4030 記号および略語の定義</u> <u>(略)</u></p> <p><u>EC-4040 評価の規定概要</u> <u>(略)</u></p>	

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<u>EC-4100 対象欠陥</u> (略)	
<u>EC-4200 欠陥形状のモデル化</u> (略)	
<u>EC-4300 き裂進展評価</u> (略)	
<u>EC-4310 評価期間</u> (略)	
<u>EC-4320 負荷条件</u> (略)	
<u>EC-4330 き裂進展機構</u> (略)	
<u>EC-4340 き裂進展速度</u> (略)	
<u>EC-4350 き裂進展評価法</u> (略)	
<u>EC-4351 疲労によるき裂進展</u> (略)	
<u>EC-4352 SCC によるき裂進展</u> (略)	
<u>EC-4353 疲労と SCC の組合わせによるき裂進展</u> (略)	
<u>EC-4360 応力拡大係数</u> (略)	

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<u>EC-4400 破壊評価</u> (略)	
<u>EC-4410 負荷条件</u> (略)	
<u>EC-4420 破壊評価法</u> (略)	
<u>EC-4430 極限荷重評価法</u> (略)	
<u>EC-4440 弾塑性破壊力学評価法</u> (略)	
<u>EC-4450 2パラメータ評価法</u> (略)	
<u>EC-4500 許容基準</u> (略)	
<u>EC-5000 フェライト鋼管の欠陥評価</u>	
<u>EC-5010 はじめに</u> (略)	
<u>EC-5020 適用</u> EC-5000 は、クラス 2 配管のうち、呼び径が 65 mm 以上、最小降伏点が 275 MPa 以下のフェライト鋼管（継目無管またはシーム溶接管）およびその溶接部に対して適用する。	
<u>EC-5030 記号の定義</u> (略)	
<u>EC-5040 評価の規定概要</u> (略)	
<u>EC-5100 対象欠陥</u> (略)	

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<u>EC-5200</u> <u>欠陥形状のモデル化</u> (略)	
<u>EC-5300</u> <u>き裂進展評価</u> (略)	
<u>EC-5310</u> <u>評価期間</u> (略)	
<u>EC-5320</u> <u>負荷条件</u> (略)	
<u>EC-5330</u> <u>き裂進展機構</u> (略)	
<u>EC-5340</u> <u>き裂進展速度</u> (略)	
<u>EC-5350</u> <u>き裂進展評価法</u> (略)	
<u>EC-5360</u> <u>応力拡大係数</u> (略)	
<u>EC-5400</u> <u>破壊評価</u> (略)	
<u>EC-5410</u> <u>負荷条件</u> (略)	
<u>EC-5420</u> <u>破壊評価法</u> (略)	
<u>EC-5430</u> <u>破壊靱性</u> (略)	

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>EC-5440 極限荷重評価法 (略)</p> <p>EC-5450 弾塑性破壊力学評価法 (略)</p> <p>EC-5460 2パラメータ評価法 (略)</p> <p>EC-5500 許容基準 (略)</p>	
<p>ED-1010 適用および概要 ED-1000 から ED-5000 は、クラス 3 機器の欠陥評価に対して適用する。 ED-1000 では、本規格の供用期間中検査の規定に従いクラス 3 機器について実施する供用期間中検査およびその他の検査に対する欠陥評価の基本事項を定める。 ED-2000 では、本規格の供用期間中検査の規定に従いクラス 3 機器について実施する供用期間中検査およびその他の検査のうち、体積試験および表面試験により検出された欠陥指示に対する第一段階の欠陥評価についての欠陥形状のモデル化および判定基準（評価不要欠陥寸法基準）を規定する。適用の詳細は ED-2000 に従う。 ED-3000 から ED-5000 は、第二段階の欠陥評価（評価期間中のき裂進展を考慮した欠陥評価）についての欠陥評価方法および許容基準を規定する。これらの適用の詳細は、それぞれの規定に従うものとする。</p> <p>ED-1100 評価の流れ 欠陥評価の流れを図 ED-1000-1 に示す。 (1) <u>クラス 3 配管（オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管）については、表面試験による指示であって割れ以外のもの、または体積試験による溶接部内部の指示については、ED-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。ED-1200 に適合しない場合は ED-1400 の規定に基づく措置を講じなければならない。また、表面試験による指示であって割れ、または体積試験による溶接部内部の指示によらないものについては、試験結果を ED-1310 の規定に従い評価する。評価を実施しない場合は、ED-1500 の補修・取替により欠陥を除去するか、構造機能上健全な状態にしなければならない。</u> (2) <u>クラス 3 配管（オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管）以外のクラス 3 機器については、試験結果が ED-1200 の規定に適合している場合、その機器を継続して使用することができる。ED-1200 に適合しない場合は ED-1400 の規定に</u></p>	<p>ED-1010 適用および概要 ED-1000 は、クラス 3 機器の欠陥評価に対して適用する。 ED-1000 では、本規格の供用期間中検査の規定に従いクラス 3 機器について実施する供用期間中検査およびその他の検査に対する欠陥評価の基本事項を定める。<u>欠陥評価の流れを図 ED-1000-1 に示す。</u></p> <p>ED-1100 評価の流れ ED-1110 試験に対する評価 (1) <u>試験の結果が、ED-1200 の規定に適合している場合または、供用前検査の記録あるいは以前の供用期間中検査の記録と比較して有意な差が認められない場合、その機器を継続して使用することができる。ただし、ED-1200 の規定に適合している場合であっても以前の試験結果と比較して有意な差が認められる場合は、その試験結果を記録しなければならない。</u> (2) <u>試験の結果が、ED-1110(1)の規定に該当しない場合は、その機器は、EA-3000「評価の一般規定」に基づいて評価を行うか、ED-1120「補修・取替」または IA-3400 に示す漏えい試験の「是正措置」のいずれかの規定に基づいて必要な措置を講じなければならない。なお、クラス 3 容器、クラス 3 配管（ボルト等を除く）について実施した試験結果は、ED-1300 の規定を適用してもよい。</u></p>



2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p>れた欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。</p> <p>ED-1220 目視試験 VT-2 試験を除く目視試験では、(1)～(2)の規定を満足しなければならない。 (1) VT-3 試験の場合には、機器の変形、芯合せ不良、傾き、隙間の異常、ボルト締め付け部の緩み、部品の破損、脱落および機器表面における異常があってはならない。 (2) IA-2350 に規定する補足試験を行った場合は、試験部位に応じて、EB-1210 の体積試験または表面試験の規定を適用してもよい。</p> <p>ED-1230 漏えい試験 漏えい試験の結果、著しい漏えいがあってはならない。</p> <p>ED-1300 欠陥評価</p> <p>ED-1310 第一段階の欠陥評価 (略)</p> <p>ED-1320 第二段階の欠陥評価 (略)</p> <p>ED-1400 試験の評価結果に対する措置 (略)</p> <p>ED-1500 補修・取替 (略)</p> <p>ED-2000 クラス 3 機器の評価不要欠陥寸法基準 ED-2010 適用 (略)</p> <p>ED-2020 欠陥形状のモデル化 (略)</p> <p>ED-2030 破壊靱性の比 (略)</p> <p>ED-2040 判定基準 (略)</p> <p>表 ED-2000-1 <u>オーステナイト系ステンレス鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> (略)</p>	<p>で検出された欠陥指示は「設計・建設規格」PVB-2425(1)またはPVB-2426(1)を適用し、それぞれ、これに適合するものでなければならない。</p> <p>ED-1220 目視試験 VT-2 を除く目視試験では、(1)～(2)の規定を満足しなければならない。 (1) VT-3 試験の場合には、機器の変形、芯合せ不良、傾き、隙間の異常、ボルト締め付け部の緩み、部品の破損、脱落および機器表面における異常があってはならない。 (2) IA-2350 に規定する補足試験を行った場合は、試験部位に応じて、ED-1210 の体積試験または表面試験の規定を適用してもよい。</p> <p>ED-1230 漏えい試験 漏えい試験の結果、著しい漏えいがあってはならない。</p> <p>ED-1300 欠陥評価 <u>運転を開始したクラス 3 機器において、供用期間中検査等の検査により有意な欠陥指示が検出された場合、適用の妥当性を示すことができる場合には、EB-1300 の規定に従い欠陥評価を行ってもよい。</u></p>

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p><u>表 ED-2000-2</u> <u>オーステナイト系ステンレス鋼管の線状欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> (略)</p>	
<p><u>表 ED-2000-3</u> <u>フェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> (略)</p>	
<p><u>表 ED-2000-4</u> <u>フェライト鋼管の線状欠陥についての評価不要欠陥寸法基準</u> (略)</p>	
<p><u>ED-3000</u> (構成上の意図的な欠番)</p>	
<p><u>ED-4000</u> <u>オーステナイト系ステンレス鋼管の欠陥評価</u></p>	
<p><u>ED-4010</u> <u>はじめに</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4020</u> <u>適用</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4030</u> <u>記号および略語の定義</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4040</u> <u>評価の規定概要</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4100</u> <u>対象欠陥</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4200</u> <u>欠陥形状のモデル化</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4300</u> <u>き裂進展評価</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4310</u> <u>評価期間</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4320</u> <u>負荷条件</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4330</u> <u>き裂進展機構</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4340</u> <u>き裂進展速度</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4350</u> <u>き裂進展評価法</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4351</u> <u>疲労によるき裂進展</u> (略)</p>	
<p><u>ED-4352</u> <u>SCCによるき裂進展</u></p>	

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
(略)	
<u>ED-4353 疲労と SCC の組合わせによるき裂進展</u>	
(略)	
<u>ED-4360 応力拡大係数</u>	
(略)	
<u>ED-4400 破壊評価</u>	
(略)	
<u>ED-4410 負荷条件</u>	
(略)	
<u>ED-4420 破壊評価法</u>	
(略)	
<u>ED-4430 極限荷重評価法</u>	
(略)	
<u>ED-4440 弾塑性破壊力学評価法</u>	
(略)	
<u>ED-4450 2 パラメータ評価法</u>	
(略)	
<u>ED-4500 許容基準</u>	
(略)	
<u>ED-5000 フェライト鋼管の欠陥評価</u>	
<u>ED-5010 はじめに</u>	
(略)	
<u>ED-5020 適用</u>	
(略)	
<u>ED-5030 記号の定義</u>	
(略)	
<u>ED-5040 評価の規定概要</u>	
(略)	
<u>ED-5100 対象欠陥</u>	
(略)	
<u>ED-5200 欠陥形状のモデル化</u>	
(略)	
<u>ED-5300 き裂進展評価</u>	
(略)	
<u>ED-5310 評価期間</u>	
(略)	
<u>ED-5320 負荷条件</u>	

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
(略)	
<u>ED-5330</u> <u>き裂進展機構</u>	
(略)	
<u>ED-5340</u> <u>き裂進展速度</u>	
(略)	
<u>ED-5350</u> <u>き裂進展評価法</u>	
(略)	
<u>ED-5360</u> <u>応力拡大係数</u>	
(略)	
<u>ED-5400</u> <u>破壊評価</u>	
(略)	
<u>ED-5410</u> <u>負荷条件</u>	
(略)	
<u>ED-5420</u> <u>破壊評価法</u>	
(略)	
<u>ED-5430</u> <u>破壊靱性</u>	
(略)	
<u>ED-5440</u> <u>極限荷重評価法</u>	
(略)	
<u>ED-5450</u> <u>弾塑性破壊力学評価法</u>	
(略)	
<u>ED-5460</u> <u>2パラメータ評価法</u>	
(略)	
<u>ED-5500</u> <u>許容基準</u>	
(略)	

別表 1 1 応力拡大係数の算出に関する規定内容の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p>添付 E-5 応力拡大係数の算出</p> <p>2. 記号の定義 a : 内部欠陥の短軸半長または表面欠陥の深さ</p> <p>d : 内部欠陥におけるき裂に近い側の表面から欠陥中央までの距離 F : 欠陥の形状, 位置, 構造物の形状等により求められる係数 G_i : 補正係数 ($i = 0 \sim 4$) G_{bg} : 断面曲げ応力に対する補正係数 K : 応力拡大係数 K' : 塑性域補正を考慮した応力拡大係数 ℓ : 内部欠陥の長軸長さまたは表面欠陥の長さ</p> <p>M_m : 膜応力に対する補正係数 M_b : 曲げ応力に対する補正係数</p> <p>p : 内圧 Q : 欠陥形状係数 Q' : 塑性域補正を考慮した欠陥形状係数</p> <p>R_i : 円筒の内半径</p> <p>t : 平板の板厚または円筒の管厚</p> <p>x : 内部欠陥におけるき裂に近い側の表面から評価位置までの距離, 表面欠陥におけるき裂表面から評価位置までの距離</p> <p>σ : 応力 σ_b : 板厚向に作用する曲げ応力 σ_{bg} : 円筒中の周方向欠陥に作用する断面曲げ応力 σ_i : 板厚または管厚方向の応力分布を多項式近似で定義したときの係数 ($i = 0$)</p>	<p>添付 E-5 応力拡大係数の算出</p> <p>2. 記号の定義 a : 内部欠陥 (だ円欠陥) の短軸半長または表面欠陥の深さ (半だ円欠陥の短軸半長) a/ℓ : アスペクト比 c : 欠陥の長さの 1/2 (半だ円欠陥の長軸半長)</p> <p>F : 欠陥の形状, 位置, 構造物の形状等により求められる係数</p> <p>K : 応力拡大係数</p> <p>ℓ : 内部欠陥 (だ円欠陥) の長軸長さまたは表面欠陥の長さ (半だ円欠陥の長軸長さ)</p> <p>M : 管の負荷モーメント M_x : 円筒構造物に作用する x 軸まわりの全断面曲げモーメント M_y : 円筒構造物に作用する y 軸まわりの全断面曲げモーメント M_m : 膜応力に対する補正係数 M_b : 曲げ応力に対する補正係数 P : 管の内圧による軸方向荷重 P_e : 管の熱膨張応力 p : 内圧 Q : 欠陥形状係数</p> <p>q_y : 欠陥の塑性域補正係数 R_i : 内半径 R_o : 外半径 t : 厚さ w : 容器胴の長さ</p> <p>σ : 応力 σ_b : 曲げ応力</p>

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p style="text-align: center;">～4)</p> <p>σ_m : 膜応力 σ_p : 内圧 σ_y : 材料の降伏点</p>	<p>σ_m : 膜応力 σ_y : 材料の降伏点 ϕ : 欠陥前縁の位置を規定する角度 θ : 周方向欠陥半長に対応する角度 σ_θ : 管の周方向膜応力</p>
<p>4. 応力の算出</p>	<p>4. 応力の算出</p>
<p>4.1 考慮する荷重</p>	<p>4.1 考慮する荷重</p>
<p>応力拡大係数を求めるための応力として、内圧による応力、外力による応力、熱応力（クラッドに誘発される応力を含む）、地震力による応力等負荷条件に対応する応力を全て考慮しなければならない。また溶接部に対しては、溶接残留応力も考慮しなければならない。これらの考慮する荷重および組み合わせの詳細は、添付 E-7 によるものとする。</p>	<p>応力拡大係数を求める応力は、内圧による応力、外力による応力、熱応力（クラッドに誘発される応力を含む）、地震力による応力等負荷条件に対応する応力を全て考慮しなければならない。また溶接部に対しては、溶接残留応力も考慮しなければならない。これらの考慮する荷重および組み合わせの詳細は、添付 E-7 によるものとする。</p>
<p>4.2 応力の分類</p>	<p>4.2 応力の分類</p>
<p>(1) 5. 項の応力拡大係数の算出方法に応じ、応力を線形または非線形応力分布に近似しなければならない。<u>応力としては対象とする欠陥に垂直な方向の成分のみを考える。</u></p> <p>(2) 平板の板厚方向または円筒の管厚方向の応力分布を線形応力分布に近似する場合は、図 添付 E-5-1 に示す方法またはその他の方法により近似し、膜応力 σ_m および曲げ応力 σ_b に分類しなければならない。すでに応力解析が実施されており、σ_m および σ_b が求められている場合には、これらの応力を用いてもよい。<u>平板の板厚方向または円筒の管厚方向の応力分布を非線形応力分布に近似する場合は、適用する応力拡大係数の算出式に適合した応力分布を定義しなければならない。</u> <u>内部欠陥に対する σ_b はき裂に近い側の表面側が正に、表面欠陥に対する σ_b はき裂表面側が正になるよう符号を定める。</u></p> <p>(3) 円筒中の周方向半だ円欠陥および周方向全周表面欠陥に対しては、上記(2)に加え、欠陥断面に作用する断面曲げ応力分布 σ_{bg} を決定しなければならない。<u>σ_{bg} はき裂側が正になるよう符号を定める。</u></p>	<p>(1) 5. 項の応力拡大係数の算出方法に応じ、応力を線形または非線形応力分布に近似しなければならない。</p> <p>(2) 線形応力分布に近似する場合は、図添付 E-5-1 に示す方法またはその他の方法により近似し、膜応力 σ_m および曲げ応力 σ_b に分類しなければならない。すでに応力解析が実施されており、σ_m、σ_b が求められている場合には、これらの応力を用いてもよい。<u>非線形応力分布に近似する場合は、適用する応力拡大係数の算出式に適合した応力分布を定義しなければならない。</u></p>
<p>5. 応力拡大係数の算出</p>	<p>5. 応力拡大係数の算出</p>
<p>5.1 算出式又は算出方法の選択</p>	<p>5.1 算出式又は算出方法の選択</p>
<p>応力拡大係数 K は、一般に応力 σ と欠陥深さ a の関数として、次式により表わされる。</p>	<p>応力拡大係数 K は、一般に応力 σ と欠陥深さ a の関数として、次式により表わされる。</p>

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p>$K = F\sigma\sqrt{\pi a}$</p> <p>ここで、Fは欠陥の形状、位置、構造物の形状等により求められる係数である。算出式の選定は下記の(1)～(5)を考慮し、所有者が行われなければならない。なお、条件が適切であれば、5.2 項または 5.3 項に示す算出方法を適用してもよい。5.2 項および 5.3 項に収録された適用可能な算出式の一覧を表 添付 E-5-1 に示す。</p> <p>5.2 項および 5.3 項に収録された算出式の適用にあたり、欠陥形状係数 Q の計算は次式による。</p> $Q = 1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65} \quad (1)$ <p>また、欠陥位置における板厚または管厚方向の応力分布を多項式で定義する場合、その分布は次式による。</p> $\sigma = \sigma_0 + \sigma_1(x/t) + \sigma_2(x/t)^2 + \sigma_3(x/t)^3 + \Lambda \quad (2)$ <p>x ($0 \leq x \leq t$) は内部欠陥に対しき裂に近い側の表面からの距離、表面欠陥に対しき裂表面からの距離とする。</p> <p>応力拡大係数に対して塑性域補正が必要な場合には補正を行わなければならない。疲労および SCC によるき裂進展評価に用いる応力拡大係数に対しては塑性域補正を行わない。破壊評価に用いる応力拡大係数に対しては塑性域補正を行わなければならない。なお、塑性域補正を行う場合は、5.4 項に示す方法を適用する。</p> <p>(1) 評価対象の構造物形状に近い構造物に対する算出式を選択すること。また、構造物の寸法の制限(欠陥深さと厚さの比、欠陥深さと欠陥長さの比、半径と厚さの比等)を満足すること。</p> <p>(2) 応力計算で得られる構造物の応力分布(線形応力分布/非線形応力分布)を考慮して、この分布が反映できるような計算式を選択すること。</p> <p>(3) 負荷条件が算出式の適用条件に適合していること。</p> <p>(4) 計算誤差が文献等で示されていれば、目的とする解析精度の観点からこれを考慮すること。</p> <p>(5) 本添付に収録した応力拡大係数の算出式では、応力及びき裂深さの単位に従って応力拡大係数を計算すること(例えば、応力に [MPa]、き裂深さに [m] を使用した場合、応力拡大係数は $[MPa\sqrt{m}]$ で算出される)。</p>	<p>$K = F\sigma\sqrt{\pi a}$</p> <p>ここで、Fは欠陥の形状、位置、構造物の形状等により求められる係数であり、各種の欠陥の形状、位置、構造物の形状等に対して文献等で K の算出式が導かれている。文献等で導かれ一般に用いられている計算式は板または円筒等の一般形状についての式である。計算式の選定は下記の(1)～(4)を考慮し、所有者が行われなければならない。なお、条件が適切であれば 5.2 項または 5.3 項に示す一般形状に対する算出方法を適用してもよい。</p> <p>また、応力拡大係数に対して塑性域補正が必要な場合には補正を行わなければならない。疲労によるき裂進展評価に用いる応力拡大係数に対しては塑性域補正を行わない。SCC によるき裂進展評価に用いる応力拡大係数に対しては塑性域補正を行っても、行わなくともいずれでもよい。破壊評価に用いる応力拡大係数に対しては塑性域補正を考慮する。なお、応力拡大係数に対して塑性域補正を行う場合は、5.4 項に示す補正方法を適用してもよい。</p> <p>(1) 評価対象の構造物形状に近い構造物に対する計算式を選択すること。また、構造物の寸法の制限(欠陥深さと厚さの比、欠陥の形状、径と厚さの比等)を満足すること。</p> <p>(2) 応力データは詳細なほうがよいが、応力計算で得られる構造物の応力分布(線形応力分布/非線形応力分布)を考慮してこの分布が反映できるような計算式を選択すること。</p> <p>(3) 負荷条件が計算式の適用条件に適合していること。</p> <p>(4) 計算誤差が文献等で示されていれば目的とする解析精度の観点からこれを考慮すること。</p> <p>(5) 本添付に収録した応力拡大係数の計算式では、応力及びき裂深さの単位に従って応力拡大係数が計算される(例えば、応力に MPa、き裂深さに m を使用した場合、応力拡大係数は $MPa\sqrt{m}$ で算出される)。</p>

2012年版(2014年追補までを含む。)

2008年版

表 添付 E-5-1 本添付に収録された適用可能な算出式の一覧

		だ円 内部欠陥	半だ円 表面欠陥	周方向 半だ円 表面欠陥	軸方向 半だ円 表面欠陥	周方向 全周 表面欠陥	軸方向 長い 表面欠陥
内部欠陥	平板	5.2	—	—	—	—	—
表面欠陥	平板	—	5.3(1)	—	—	—	—
	円筒	—	—	5.3(2)	5.3(3)	5.3(4)	5.3(5)

表内の項番は算出式が記載されている項を示す

— : 該当なし

5.2 内部欠陥に対する算出法

a. 非線形応力分布に対する応力拡大係数

だ円形状の内部欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における四次多項式で定義される応力分布を用い、図 添付 E-5-2(a)に示す位置(ポイント1, 2, および3)に対して、以下に示す式により求める。

$$K = (\sigma_0 G_0 + \sigma_1 G_1 + \sigma_2 G_2 + \sigma_3 G_3 + \sigma_4 G_4) \sqrt{\pi a / Q} \quad (3)$$

上式の適用範囲は次のとおりである。

$$0 < a/\ell \leq 0.5 \text{ (ポイント1および2)}, \quad 0.1 \leq a/\ell \leq 0.5 \text{ (ポイント3)}, \\ a/d \leq 0.8, \quad 0.2 \leq d/t \leq 0.5$$

ただし、(3)式において、

$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$: 板厚方向の応力分布を(2)式の四次多項式で与えたときの係数。

G_0, G_1, G_2, G_3, G_4 : アスペクト比 a/ℓ , 欠陥深さ比 a/d , および板厚方向欠陥位置 d/t から決定される補正係数。ポイント1での計算には表添付 E-5-2を、ポイント2での計算には表添付 E-5-3を、ポイント3での計算には表添付 E-5-4をそれぞれ用いる。 a/ℓ , a/d , および d/t について中間の値は内挿により求める。

b. 線形応力分布に対する応力拡大係数

だ円形状の内部欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m と曲げ応力 σ_b により、図 添付 E-5-2(a)に示す位置(ポイント1, 2, および3)に対して、以下に示す式により求める。

$$K = (\sigma_m M_m + \sigma_b M_b) \sqrt{\pi a / Q} \quad (4)$$

$$M_m = G_0, \quad M_b = G_0 - 2G_1 \quad (5)$$

上式の適用範囲は次のとおりである。

5.2 内部欠陥に対する算出法

内部欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m と曲げ応力 σ_b により、図添付 E-5-2(a)に示す位置に対して以下に示す式により求めてもよい。

$$K = (\sigma_m M_m + \sigma_b M_b) (\pi a / Q)^{1/2} \quad (1)$$

$$Q = 1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65} \quad (2)$$

ただし、(1)式から(2)式において、

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>$0 < a/\ell \leq 0.5$ (ポイント1および2), $0.1 \leq a/\ell \leq 0.5$ (ポイント3), $a/d \leq 0.8$, $0.2 \leq d/t \leq 0.5$</p> <p>ただし, (5)式において,</p> <p>G_0, G_1: アスペクト比 a/ℓ, 欠陥深さ比 a/d, および板厚方向欠陥位置 d/t から決定される補正係数。ポイント1での計算には表 添付 E-5-2 を, ポイント2での計算には表 添付 E-5-3 を, ポイント3での計算には表 添付 E-5-4 をそれぞれ用いる。 a/ℓ, a/d, および d/t について中間の値は内挿により求める。</p>	<p>σ_a, σ_b: 図 添付 E-5-1 に示す方法により求められる膜応力および曲げ応力。 M_a: 膜応力に対する補正係数は図 添付 E-5-3 によること。 M_b: 曲げ応力に対する補正係数は図 添付 E-5-4 によること。 a/ℓ: 欠陥のアスペクト比。次の範囲であること。 $0 \leq a/\ell \leq 0.5$</p>
<p>5.3 表面欠陥に対する算出法</p>	<p>5.3 表面欠陥に対する算出法</p>
<p>(1) 平板中の半だ円表面欠陥の応力拡大係数</p>	<p>(1) 非線形応力分布に対する応力拡大係数</p>
<p>a. 非線形応力分布に対する応力拡大係数</p> <p>半だ円形状の表面欠陥に対する応力拡大係数は, 欠陥位置における三次多項式で定義される応力分布を用い, 図 添付 E-5-2(b) に示す最深点(ポイント1)および表面点(ポイント2)に対して, 以下に示す(6)式あるいは(7)式のいずれかにより求める。</p>	<p>半だ円形状の表面欠陥に対する応力拡大係数は, 欠陥位置における3次多項式で定義される応力分布を用い, 図 添付 E-5-2(b) に示す最深点(ポイント1)および表面点(ポイント2)に対して欠陥寸法として欠陥深さ(表面から最深点までの距離)を用い, 以下に示す式により求めてもよい。</p>
$K = \left[(\sigma_0 + \sigma_p)G_0 + \sigma_1 G_1 \left(\frac{a}{t}\right) + \sigma_2 G_2 \left(\frac{a}{t}\right)^2 + \sigma_3 G_3 \left(\frac{a}{t}\right)^3 \right] \sqrt{\pi a / Q} \quad (6)$	$K = \left[(A_0 + A_p)G_0 + A_1 G_1 + A_2 G_2 + A_3 G_3 \right] (\pi a / Q)^{1/2} \quad (3)$
<p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p>	<p>ただし, (3)式において,</p>
<p>$0 < a/\ell \leq 0.5$ (表面点), $a/\ell \leq 0.5$ (最深点), $a/t \leq 0.8$</p>	<p>A_0, A_1, A_2, A_3, A_p: 欠陥深さ ($0 \leq x/a \leq 1$, x はき裂の存在する表面からの距離) にわたる応力分布を表現する(4)式より計算される応力に関する係数。欠陥深さの関数として K を計算する場合, 各欠陥深さに対して係数 A_0 から A_3 までを決定しなければならない。また, A_p は, 内圧が容器内表面の欠陥に働く場合 $A_p = p$, それ以外は $A_p = 0$ とする。</p>
<p>ただし, (6)式において,</p>	$\sigma = A_0 + A_1(x/a) + A_2(x/a)^2 + A_3(x/a)^3 \quad (4)$
<p>$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_p$: 板厚方向の応力分布を(2)式の三次多項式で与えたときの係数。σ_p は, 圧力が欠陥のある側の表面に作用する場合 p, それ以外は0とする。</p>	<p>G_0, G_1, G_2, G_3: 欠陥深さおよびアスペクト比から決定される補正係数。最深点での計算には表添付 E-5-1 を, 表面点での計算には表添付 E-5-2 を用いること。ただし, $a/\ell, a/t$ について中間点は内挿により求めなければならない。</p>
<p>G_0, G_1, G_2, G_3: アスペクト比 a/ℓ および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表 添付 E-5-5 を, 表面点での計算には表 添付 E-5-6 を用いる。 a/ℓ および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	$Q = 1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65} \quad (5)$
$K = \left[(\sigma_0 + \sigma_p)G_0 + \sigma_1 G_1 \left(\frac{a}{t}\right) + \sigma_2 G_2 \left(\frac{a}{t}\right)^2 + \sigma_3 G_3 \left(\frac{a}{t}\right)^3 \right] \sqrt{\pi a} \quad (7)$	
<p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p>	
<p>$0 < a/\ell \leq 0.5$ (表面点, 最深点とも), $a/t \leq 0.8$</p>	
<p>ただし, (7)式において,</p>	

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_p$: 板厚方向の応力分布を(2)式の三次多項式で与えたときの係数。σ_pは、圧力が欠陥のある側の表面に作用する場合 p, それ以外は0とする。</p> <p>G_0, G_1, G_2, G_3: アスペクト比 a/ℓ および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表 添付 E-5-7 を、表面点での計算には表 添付 E-5-8 を用いる。a/ℓ および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	
<p>b. 線形応力分布に対する応力拡大係数</p>	<p>(2) 線形応力分布に対する応力拡大係数</p>
<p>半だ円形状の表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m と曲げ応力 σ_b により、図 添付 E-5-2(b) に示す最深点 (ポイント1) および表面点 (ポイント2) に対して、以下に示す(8)式あるいは(10)式のいずれかにより求める。</p>	<p>表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m と曲げ応力 σ_b により図添付 E-5-2(b) に示す最深点 (ポイント1) および表面点 (ポイント2) に対して、欠陥寸法として欠陥深さ (表面から最深点までの距離) を用い以下に示す式により求めてもよい。また、A_p は、内圧が容器内表面の欠陥に働く場合 $A_p = p$, それ以外は $A_p = 0$ とする。</p>
$K = \frac{[(\sigma_m + \sigma_p)M_m + \sigma_b M_b] \sqrt{\pi a / Q}}{M_m = G_0, M_b = G_0 - 2(a/t)G_1} \quad (8)$	$K = \frac{[(\sigma_m + A_p)M_m + \sigma_b M_b] (\pi a / Q)^{1/2}}{M_m = G_0, M_b = G_0 - 2(a/t)G_1} \quad (6)$
<p>ただし、(9)式において、</p>	<p>ただし、(6)式において、</p>
<p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p>	<p>ただし、(6)式において、</p>
<p>$0 < a/\ell \leq 0.5$ (表面点), $a/\ell \leq 0.5$ (最深点), $a/t \leq 0.8$</p>	<p>$\frac{M_m}{M_b} = \frac{G_0}{G_0 - 2(a/t)G_1}$</p>
<p>ただし、(9)式において、</p>	
<p>G_0, G_1: アスペクト比 a/ℓ および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表 添付 E-5-5 を、表面点での計算には表 添付 E-5-6 を用いる。a/ℓ および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	<p>G_0, G_1: 欠陥深さおよびアスペクト比から決定される補正係数。最深点での計算には表添付 E-5-1 を、表面点での計算には表添付 E-5-2 を用いること。ただし、$a/\ell, a/t$ について中間点は内挿により求めなければならない。</p>
$K = \frac{[(\sigma_m + \sigma_p)M_m + \sigma_b M_b] \sqrt{\pi a}}{M_m = G_0, M_b = G_0 - 2(a/t)G_1} \quad (10)$	$Q = 1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65} \quad (7)$
<p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p>	
<p>$0 < a/\ell \leq 0.5$ (表面点, 最深点とも), $a/t \leq 0.8$</p>	
<p>ただし、(11)式において、</p>	
<p>G_0, G_1: アスペクト比 a/ℓ および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表 添付 E-5-7 を、表面点での計算には表 添付 E-5-8 を用いる。a/ℓ および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	
<p>(2) 円筒中の周方向半だ円表面欠陥の応力拡大係数</p>	<p>(6) 円筒構造物の周方向表面欠陥の応力拡大係数</p>
<p>a. 非線形応力分布に対する応力拡大係数</p>	<p>a. 周方向半だ円表面欠陥の応力拡大係数</p>

2012年版(2014年追補までを含む。)

図添付 E-5-3(a)および(b)に示すような周方向半だ円表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における三次多項式と断面曲げ応力 σ_{bg} で定義される応力分布を用い、図添付 E-5-3(a)および(b)に示す最深点および表面点に対して、以下に示す式により求める。

$$K = \left[\begin{array}{l} (\sigma_0 + \sigma_p)G_0 + \sigma_1 G_1 \left(\frac{a}{t}\right) + \sigma_2 G_2 \left(\frac{a}{t}\right)^2 + \sigma_3 G_3 \left(\frac{a}{t}\right)^3 \\ + \sigma_{bg} G_{bg} \end{array} \right] \sqrt{\pi a} \quad (12)$$

上式の適用範囲は次のとおりである。

$$1 \leq R_i/t, \quad 0 < a/\ell \leq 0.5, \quad a/t \leq 0.8$$

ただし、(12)式において、

$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_p$: 板厚方向の応力分布を(2)式の三次多項式で与えたときの係数。 σ_p は、内圧が円筒内表面の欠陥に働く場合 p 、それ以外は0とする。

$G_0, G_1, G_2, G_3, G_{bg}$: 管厚比 R_i/t 、アスペクト比 a/ℓ 、および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表添付 E-5-9(a)および(b)を、表面点での計算には表添付 E-5-10(a)および(b)を用いる。 $R_i/t, a/\ell$ 、および a/t について中間の値は内挿により求める。

2008年版

円筒半径と厚さの比が5以上であるような円筒構造物において、図添付 E-5-7(1)、(2)に示すような周方向半だ円表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における4次多項式と全断面曲げモーメントで定義された応力分布により、以下に示す式で求めてもよい。

$$K_I = \left[\begin{array}{l} G_0 \sigma_0 + G_1 \sigma_1 \left(\frac{a}{t}\right) + G_2 \sigma_2 \left(\frac{a}{t}\right)^2 + G_3 \sigma_3 \left(\frac{a}{t}\right)^3 \\ + G_4 \sigma_4 \left(\frac{a}{t}\right)^4 + G_5 \sigma_5 + G_6 \sigma_6 \end{array} \right] \sqrt{\frac{\pi a}{Q}} \quad (35)$$

(35)式において、

$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$: 応力の板厚方向分布を次式で近似した時の係数

$$\sigma(x) = \sigma_0 + \sigma_1 \left(\frac{x}{t}\right) + \sigma_2 \left(\frac{x}{t}\right)^2 + \sigma_3 \left(\frac{x}{t}\right)^3 + \sigma_4 \left(\frac{x}{t}\right)^4 \quad (36)$$

ただし、

x : 円筒表面からの板厚方向位置 $0 \leq x \leq t$

また、

$$\sigma_5 = \frac{M_x R_o}{\frac{\pi}{4}(R_o^4 - R_i^4)}$$

$$\sigma_6 = \frac{M_y R_o}{\frac{\pi}{4}(R_o^4 - R_i^4)}$$

$$Q = 1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65} \quad (2a/\ell \leq 1 \text{ のとき}) \quad (37)$$

(35)式の適用範囲は以下のとおりである。

$$0.2 \leq a/t \leq 0.8$$

$$1 \leq c/a \leq 32$$

$$0 \leq \phi \leq \pi$$

$$5 \leq R_i/t \leq 60$$

R_i : 内半径

c : 半だ円欠陥の長軸半長

$$\beta = \frac{2\phi}{\pi}$$

ϕ : 欠陥形状の表面からの角度。 $\phi = 0$ は表面、 $\phi = \pi/2$ は最深部とな

る。

係数 G_0, G_1, G_5, G_6 は応力拡大係数の影響係数で以下の式で求められる。

G_0, G_1 は、内表面欠陥に対する表添付 E-5-4 または外表面欠陥に対する表添付 E-5-5 と次式から得られた値を $a/t, c/a$ で補間する。

$$G_0 = A_{0,0} + A_{1,0}\beta + A_{2,0}\beta^2 + A_{3,0}\beta^3 + A_{4,0}\beta^4 + A_{5,0}\beta^5 + A_{6,0}\beta^6 \quad (38)$$

$$G_1 = A_{0,1} + A_{1,1}\beta + A_{2,1}\beta^2 + A_{3,1}\beta^3 + A_{4,1}\beta^4 + A_{5,1}\beta^5 + A_{6,1}\beta^6$$

$$G_5 = A_{0,5} + A_{1,5}\beta + A_{2,5}\beta^2 + A_{3,5}\beta^3 + A_{4,5}\beta^4 + A_{5,5}\beta^5 + A_{6,5}\beta^6$$

$$G_6 = A_{0,6} + A_{1,6}\beta + A_{2,6}\beta^2 + A_{3,6}\beta^3 + A_{4,6}\beta^4 + A_{5,6}\beta^5 + A_{6,6}\beta^6$$

ただし、

$A_{i,j}$: 円筒半径と厚さの比、欠陥深さおよびアスペクト比から決定される係数（表添付 E-5-4 または表添付 E-5-5）

従って、表面部では $G_j = A_{0,j}$ 、最深部では $G_j = \sum_{i=0}^6 A_{i,j}$ となる。

4次多項式分布の場合、最深部および表面部の係数 G_2, G_3, G_4 は G_0, G_1 より次式で求められる。

i. 最深部

$$G_2 = \frac{\sqrt{2Q}}{\pi} \left(\frac{16}{15} + \frac{1}{3} M_1 + \frac{16}{105} M_2 + \frac{1}{12} M_3 \right) \quad (39)$$

$$G_3 = \frac{\sqrt{2Q}}{\pi} \left(\frac{32}{35} + \frac{1}{4} M_1 + \frac{32}{315} M_2 + \frac{1}{20} M_3 \right)$$

$$G_4 = \frac{\sqrt{2Q}}{\pi} \left(\frac{256}{315} + \frac{1}{5} M_1 + \frac{256}{3465} M_2 + \frac{1}{30} M_3 \right)$$

ただし、

$$M_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{2Q}} (3G_1 - G_0) - \frac{24}{5}$$

$$M_2 = 3$$

$$M_3 = \frac{6\pi}{\sqrt{2Q}} (G_0 - 2G_1) + \frac{8}{5}$$

ii. 表面部

$$G_2 = \frac{\sqrt{Q}}{\pi} \left(\frac{4}{5} + \frac{2}{3} N_1 + \frac{4}{7} N_2 + \frac{1}{2} N_3 \right) \quad (40)$$

$$G_3 = \frac{\sqrt{Q}}{\pi} \left(\frac{4}{7} + \frac{1}{2} N_1 + \frac{4}{9} N_2 + \frac{2}{5} N_3 \right)$$

$$G_4 = \frac{\sqrt{Q}}{\pi} \left(\frac{4}{9} + \frac{2}{5} N_1 + \frac{4}{11} N_2 + \frac{1}{3} N_3 \right)$$

ただし、

$$N_1 = \frac{3\pi}{\sqrt{Q}} (2G_0 - 5G_1) - 8$$

$$N_2 = \frac{15\pi}{\sqrt{Q}} (3G_1 - G_0) + 15$$

$$N_3 = \frac{3\pi}{\sqrt{Q}} (3G_0 - 10G_1) - 8$$

$a/t \leq 0.2$ のき裂に対しては、(41)式による G_0 及び G_1 ($a/t = 0.01$) の値と $a/t = 0.2$ のときの G_0 、 G_1 を補完して求める。

$$G_0 = \left[1.13 - 0.09 \left(\frac{2a}{\lambda} \right) \right] \left[\left(\frac{2a}{\lambda} \right)^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \right]^{1/4} \quad (41)$$

$$G_1 = G_0 \left(\frac{1-H}{2} \right) \left(\frac{a}{t} \right)^{-1}$$

ただし、

$$H = H_1 + (H_2 - H_1) \sin^4 \varphi$$

$$H_1 = 1.0 - 0.34 \left(\frac{a}{t} \right) - 0.11 \left(\frac{2a}{\lambda} \right) \left(\frac{a}{t} \right)$$

$$H_2 = 1.0 + H_{21} \left(\frac{a}{t} \right) + H_{22} \left(\frac{a}{t} \right)^2$$

b. 線形応力分布に対する応力拡大係数

図添付 E-5-3(a)および(b)に示すような周方向半だ円表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m 、曲げ応力 σ_b 、および断面曲げ応力 σ_{bg} より、図添付 E-5-3(a)および(b)に示す最深点および表面点に対して、以下に示す式により求める。

$$K = \left[(\sigma_m + \sigma_p) M_m + \sigma_b M_b + \sigma_{bg} G_{bg} \right] \sqrt{\pi a} \quad (13)$$

$$M_m = G_0, \quad M_b = G_0 - 2(a/t)G_1 \quad (14)$$

上式の適用範囲は次のとおりである。

$$1 \leq R_i/t, \quad 0 < a/\ell \leq 0.5, \quad a/t \leq 0.8$$

ただし、(13)式および(14)式において、

G_0, G_1, G_{bg} : 管厚比 R_i/t 、アスペクト比 a/ℓ 、および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表添付 E-5-9(a)および(b)を、表面点での計算には表添付 E-5-10(a)および(b)を用いる。
 $R_i/t, a/\ell, a/t$ について中間の値は内挿により求める。

(3) 円筒中の軸方向半だ円表面欠陥の応力拡大係数

a. 非線形応力分布に対する応力拡大係数

図添付 E-5-3(c)および(d)に示すような軸方向半だ円表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における三次多項式で定義される応力分布を用い、図添付 E-5-3(c)および(d)に示す最深点および表面点に対して、以下に示す式により求める。

$$K = \left[(\sigma_0 + \sigma_p) G_0 + \sigma_1 G_1 \left(\frac{a}{t} \right) + \sigma_2 G_2 \left(\frac{a}{t} \right)^2 + \sigma_3 G_3 \left(\frac{a}{t} \right)^3 \right] \sqrt{\pi a} \quad (15)$$

上式の適用範囲は次のとおりである。

$$q = 0.2 + \left(\frac{2a}{\lambda} \right) + 0.6 \left(\frac{a}{t} \right)^2$$

$$H_{21} = -1.22 - 0.12 \left(\frac{2a}{\lambda} \right)^2$$

$$H_{22} = 0.55 - 1.05 \left(\frac{2a}{\lambda} \right)^{0.75} + 0.47 \left(\frac{2a}{\lambda} \right)^{1.5}$$

(規定なし)

(5) 容器胴部の内表面欠陥の応力拡大係数

a. 非線形応力分布に対する応力拡大係数

容器胴部の容器軸方向内表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における3次多項式で定義された応力分布により以下に示す式により求めてもよい。

$$K = \left(A_0 F_0 + \frac{2a}{\pi} A_1 F_1 + \frac{a^2}{2} A_2 F_2 + \frac{3a^3}{3\pi} A_3 F_3 \right) \cdot R_f \sqrt{\pi a} \quad (22)$$

(22)式において、

F_0, F_1, F_2, F_3 : 応力拡大係数の補正係数 (図添付 E-5-5)
 A_0, A_1, A_2, A_3 : 厚さ方向の応力分布を次式で近似した係数

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版												
<p>$1 \leq R_i/t, 0 < a/\ell \leq 0.5, a/t \leq 0.8$ ただし、(15)式において、 $\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_p$: 板厚方向の応力分布を(2)式の三次多項式で与えたときの係数。σ_p は、内圧が円筒内表面の欠陥に働く場合 p、それ以外は0とする。 G_0, G_1, G_2, G_3 : 管厚比 R_i/t, アスペクト比 a/ℓ, および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表 添付 E-5-11(a) および(b)を、表面点での計算には表 添付 E-5-12(a) および(b)を用いる。$R_i/t, a/\ell$, および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	<p>$\sigma = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + A_3 x^3$ ただし、 x: 内表面からの距離 また、R_f は評価位置に関する係数であり、以下の式で求められる。 $R_f = \frac{A_0 \frac{\theta_1}{\phi_1} + a A_1 \frac{\theta_2}{\phi_2} + a^2 A_2 \frac{\theta_3}{\phi_3} + a^3 A_3 \frac{\theta_4}{\phi_4}}{A_0 + \frac{a}{2} A_1 + \frac{a^2}{2} A_2 + \frac{3}{8} a^3 A_3}$ (23) ここで、 $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$: 形状に関する係数 (図添付 E-5-6) $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$: 表面点と最深点については以下の式による。 <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="text-align:center;">(表面点)</td> <td style="text-align:center;">(最深点)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">$\theta_1 = (1 - k^2)^{1/4}$</td> <td style="text-align:center;">$\theta_1 = 1$</td> <td rowspan="4" style="text-align:right; vertical-align:middle;">(24)</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">$\theta_2 = 0$</td> <td style="text-align:center;">$\theta_2 = 1$</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">$\theta_3 = \theta_1 \left(1 - \frac{2\phi_1}{\phi_2 + 2\phi_1} \right)$</td> <td style="text-align:center;">$\theta_3 = 1$</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">$\theta_4 = 0$</td> <td style="text-align:center;">$\theta_4 = 1$</td> </tr> </table> $k = \frac{c^2 - a^2}{c^2}$ </p>	(表面点)	(最深点)		$\theta_1 = (1 - k^2)^{1/4}$	$\theta_1 = 1$	(24)	$\theta_2 = 0$	$\theta_2 = 1$	$\theta_3 = \theta_1 \left(1 - \frac{2\phi_1}{\phi_2 + 2\phi_1} \right)$	$\theta_3 = 1$	$\theta_4 = 0$	$\theta_4 = 1$
(表面点)	(最深点)												
$\theta_1 = (1 - k^2)^{1/4}$	$\theta_1 = 1$	(24)											
$\theta_2 = 0$	$\theta_2 = 1$												
$\theta_3 = \theta_1 \left(1 - \frac{2\phi_1}{\phi_2 + 2\phi_1} \right)$	$\theta_3 = 1$												
$\theta_4 = 0$	$\theta_4 = 1$												
<p>b. 線形応力分布に対する応力拡大係数 図 添付 E-5-3(c) および(d) に示すような軸方向半だ円表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m および曲げ応力 σ_b より、図 添付 E-5-3(c) および(d) に示す最深点および表面点に対して、以下に示す式により求める。 $K = \left[(\sigma_m + \sigma_p) M_m + \sigma_b M_b \right] \sqrt{\pi a} \quad (16)$ $M_m = G_0, M_b = G_0 - 2(a/t)G_1 \quad (17)$ 上式の適用範囲は次のとおりである。 $1 \leq R_i/t, 0 < a/\ell \leq 0.5, a/t \leq 0.8$ ただし、(16)式および(17)式において、 G_0, G_1: 管厚比 R_i/t, アスペクト比 a/ℓ, および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。最深点での計算には表 添付 E-5-11(a) および(b)を、表面</p>	<p>b. 線形応力分布に対する応力拡大係数 容器胴部の容器軸方向内表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜および曲げ応力により以下に示す式により求めてもよい。 $K = \sigma_m M_m \sqrt{\pi a / Q} + \sigma_b M_b \sqrt{\pi a / Q} \quad (25)$ $Q = 1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65} \quad (2a/\ell \leq 1 \text{ のとき})$ M_m, M_b は以下の式によること。 $M_m = \left\{ M_1 + M_2 \left(\frac{a}{t} \right)^2 + M_3 \left(\frac{a}{t} \right)^4 \right\} g \cdot f_\phi \cdot f_w \quad (26)$ $M_b = M_m \cdot H \quad (27)$ </p>												

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>点での計算には表 添付 E-5-12(a)および(b)を用いる。R_i/t, a/ℓ, および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	$M_1 = 1.13 - 0.09 \frac{2a}{\lambda} \quad (28)$ $M_2 = -0.54 + 0.89 \left(0.2 + \frac{2a}{\lambda} \right) \quad (29)$ $M_3 = 0.5 - 1 \left(0.65 + \frac{2a}{\lambda} \right) + 14 \left(1 - \frac{2a}{\lambda} \right)^{24} \quad (30)$ $g = 1.1 + 0.35 \left(\frac{2a}{t} \right)^2 \quad \text{— (表面点)} \quad (31)$ $g = 1 \quad \text{— (最深点)}$ $f_\phi = \left(\frac{2a}{\lambda} \right)^{1/2} \quad \text{— (表面点)} \quad (32)$ $f_\phi = 1 \quad \text{— (最深点)}$ $f_w = \left\{ \sec \left(\frac{\pi \lambda}{2w} \sqrt{\frac{a}{t}} \right) \right\}^{1/4} \quad (33)$ $H = 1 - 0.34 \left(\frac{a}{t} \right) - 0.11 \left(\frac{a}{t} \right) \left(\frac{2a}{\lambda} \right) \quad \text{— (表面点)} \quad (34)$ $H = 1 + \left\{ -1.22 - 0.12 \left(\frac{2a}{\lambda} \right) \right\} \left(\frac{a}{t} \right) + \left\{ 0.55 - 1.05 \left(\frac{2a}{\lambda} \right)^{0.75} + 0.47 \left(\frac{2a}{\lambda} \right)^{1.5} \right\} \left(\frac{a}{t} \right)^2 \quad \text{— (最深点)}$ <p>ただし、 w : 容器胴の長さ</p> <p>(4) 管の半だ円内表面欠陥の応力拡大係数 管の半だ円軸方向内表面欠陥の応力拡大係数は、管の欠陥部位における応力から以下に示す式により最深点および表面点について求めてもよい。</p>

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>(4) 円筒中の周方向全周表面欠陥の応力拡大係数</p> <p>a. 非線形応力分布に対する応力拡大係数</p> <p>図 添付 E-5-3(e)および(f)に示すような周方向全周表面欠陥に対する応力拡大</p>	$K = \sigma_{\theta} \cdot f_{iA} \sqrt{\pi a} \quad \text{(最深点)} \quad (16-a)$ $K = \sigma_{\theta} \cdot f_{iB} \sqrt{\pi a} \quad \text{(表面点)} \quad (16-b)$ $f_{iA} = \frac{1}{\{1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65}\}^{0.5}} [1.13 - 0.18(a/\lambda) + \left\{-0.54 + \frac{0.89}{0.2 + 2(a/\lambda)}\right\}(a/t)^2 + \left\{0.5 - \frac{1}{0.65 + 2(a/\lambda)} + 14(1 - 2(a/\lambda))^{24}\right\}(a/t)^4]$ $f_{iB} = \left[\left\{1.1 + 0.35\left(\frac{a}{t}\right)^2\right\} \left\{2\left(\frac{a}{\lambda}\right)\right\}^{0.5} \right] f_{iA} \quad (18)$ <p>(16)式において、</p> <p>σ_{θ} : 管の周方向膜応力</p> <p>また、より詳細には、配管形状に関する補正も行った以下に示す式により求めてもよい。</p> $K = \sigma_{\theta} F_i \sqrt{\frac{\pi a}{Q}} \quad (19)$ $Q = 1 + 4.593(a/\lambda)^{1.65} \quad (20)$ $F_i = \frac{t}{R_i} \left(\frac{R_0^2}{R_0^2 - R_i^2} \right) \left\{ 2G_0 - 2\left(\frac{a}{R_i}\right)G_1 + 3\left(\frac{a}{R_i}\right)^2 G_2 - 4\left(\frac{a}{R_i}\right)^3 G_3 \right\} \quad (21)$ <p>G_0, G_1, G_2, G_3 : 欠陥深さ、アスペクト比、配管形状及び応力拡大係数計算位置から決定される補正係数。計算には表添付 E-5-3 を用いること。ただし、中間点は内挿より求めなければならない。</p> <p>σ_{θ} : 管の周方向膜応力</p> <p>R_0 : 管外半径</p> <p>(6) 円筒構造物の周方向表面欠陥の応力拡大係数</p> <p>b. 全周表面欠陥の応力拡大係数</p> <p>円筒半径と厚さの比が 2 以上であるような円筒構造物において、図添付 E-5-</p>

2012年版 (2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>係数は、欠陥位置における四次多項式と断面曲げ応力 σ_{bg} で定義される応力分布を用い、以下に示す式により求める。</p> $K = \left[(\sigma_0 + \sigma_p)G_0 + G_1\sigma_1\left(\frac{a}{t}\right) + G_2\sigma_2\left(\frac{a}{t}\right)^2 + G_3\sigma_3\left(\frac{a}{t}\right)^3 + G_4\sigma_4\left(\frac{a}{t}\right)^4 + \sigma_{bg}G_{bg} \right] \sqrt{\pi a} \quad (18)$ <p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p> $1 \leq R_i/t \leq 400, a/t \leq 0.8$ <p>ただし、(18)式において、</p> <p>$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_p$: 板厚方向の応力分布を(2)式の四次多項式で与えたときの係数。σ_p は、内圧が円筒内表面の欠陥に働く場合 p、それ以外は0とする。</p> <p>$G_0, G_1, G_2, G_3, G_4, G_{bg}$: 管厚比 R_i/t および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。表添付 E-5-13(a)および(b)を用いる。R_i/t および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	<p>7(3), (4)に示すような全周表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における4次多項式で定義された応力分布により、以下に示す式で求めてもよい。</p> $K_I = \left[G_0\sigma_0 + G_1\sigma_1\left(\frac{a}{t}\right) + G_2\sigma_2\left(\frac{a}{t}\right)^2 + G_3\sigma_3\left(\frac{a}{t}\right)^3 + G_4\sigma_4\left(\frac{a}{t}\right)^4 \right] \sqrt{\pi a} \quad (42)$ <p>(42)式において、</p> <p>$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_p$: 応力の板厚方向分布を次式で近似した時の係数</p> $\sigma(x) = \sigma_0 + \sigma_1\left(\frac{x}{t}\right) + \sigma_2\left(\frac{x}{t}\right)^2 + \sigma_3\left(\frac{x}{t}\right)^3 + \sigma_4\left(\frac{x}{t}\right)^4 \quad (43)$ <p>ただし、</p> <p>x : 円筒表面からの厚さ方向位置 $0 \leq x \leq t$</p> <p>G_0, G_1, G_2, G_3, G_4 : 応力拡大係数の影響係数であり、内表面欠陥に対する表添付 E-5-6 または外表面欠陥に対する表添付 E-5-7 を用いて a/t で補間する。</p> <p>なお、適用範囲は以下とする。</p> $0 \leq a/t \leq 0.8$ $2 \leq R_i/t \leq 60$ <p>以上の計算式は評価する欠陥面より十分遠いところで拘束される場合には精度よく求められる。欠陥面に近いところで拘束がある場合には、有限要素法による計算等で求めた方が精度良く求められる。</p>
<p>b. 線形応力分布に対する応力拡大係数</p> <p>図 添付 E-5-3(e)および(f)に示すような周方向全周表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m、曲げ応力 σ_b、および断面曲げ応力 σ_{bg} より、以下に示す式により求める。</p> $K = \left[(\sigma_m + \sigma_p)M_m + G_bM_b + \sigma_{bg}G_{bg} \right] \sqrt{\pi a} \quad (19)$ $M_m = G_0, M_b = G_0 - 2(a/t)G_1 \quad (20)$ <p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p> $1 \leq R_i/t \leq 400, a/t \leq 0.8$ <p>ただし、(19)式および(20)式において、</p> <p>G_0, G_1, G_{bg} : 管厚比 R_i/t および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。表添付 E-5-13(a)および(b)を用いる。R_i/t および a/t について中間の値は内挿により求める。</p>	<p>(規定なし)</p>

2012年版(2014年追補までを含む。)	2008年版
<p>(5) 円筒中の軸方向に長い表面欠陥の応力拡大係数</p> <p>a. 非線形応力分布に対する応力拡大係数</p> <p>図 添付 E-5-3(g)および(h)に示すような軸方向に長い表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における四次多項式で定義される応力分布を用い、以下に示す式により求める。</p> $K = \left[(\sigma_0 + \sigma_p)G_0 + G_1\sigma_1 \left(\frac{a}{t}\right) + G_2\sigma_2 \left(\frac{a}{t}\right)^2 + G_3\sigma_3 \left(\frac{a}{t}\right)^3 + G_4\sigma_4 \left(\frac{a}{t}\right)^4 \right] \sqrt{\pi a} \quad (21)$ <p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p> $1 \leq R_i/t \leq 400, \quad 0 < a/t \leq 0.8$ <p>ただし、(21)式において、</p> <p>$\sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$: 板厚方向の応力分布を(2)式の四次多項式で与えたときの係数。σ_p は、内圧が円筒内表面の欠陥に働く場合 p、それ以外は0とする。</p> <p>G_0, G_1, G_2, G_3, G_4 : 管厚比 R_i/t および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。表 添付 E-5-14(a)および(b)を用いる。R_i/t および a/t について中間の値は内挿により求める。</p> <p>b. 線形応力分布に対する応力拡大係数</p> <p>図 添付 E-5-3(g)および(h)に示すような軸方向に長い表面欠陥に対する応力拡大係数は、欠陥位置における膜応力 σ_m および曲げ応力 σ_b より、以下に示す式により求める。</p> $K = \left[(\sigma_m + \sigma_p)M_m + G_b M_b \right] \sqrt{\pi a} \quad (22)$ $M_m = G_0, \quad M_b = G_0 - 2(a/t)G_1 \quad (23)$ <p>上式の適用範囲は次のとおりである。</p> $1 \leq R_i/t \leq 400, \quad a/t \leq 0.8$ <p>ただし、(22)式および(23)式において、</p> <p>G_0, G_1 : 管厚比 R_i/t および欠陥深さ a/t から決定される補正係数。表 添付 E-5-14(a)および(b)を用いる。R_i/t および a/t について中間の値は内挿により求める。</p> <p>(削除)</p>	<p>(規定なし)</p> <p>(3) 管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数</p> <p>管の扇形内表面欠陥の最深部の応力拡大係数を算出する場合には、管の欠陥位置における作用荷重から以下に示す式により求めてもよい。</p> <p>a. 周方向欠陥</p> $K = K_m + K_b \quad (8)$

$$K_m = [P / (2\pi R_i t)] F_m \sqrt{\pi a} \quad (9)$$

$$K_b = [M / (\pi R_i^2 t) + P_e] F_b \sqrt{\pi a} \quad (10)$$

$$F_m = 1.10 + x [0.15241 + 16.772(x\theta / \pi)^{0.855} - 14.944(x\theta / \pi)] \quad (11)$$

$$F_m = 1.10 + x [0.15241 + 16.772(x\theta / \pi)^{0.855} - 14.944(x\theta / \pi)] \quad (12)$$

$$x = a / t$$

F_m と F_b に対する上式は次の場合に有効である。

$$\theta / a \geq 2$$

$$0.08 \leq x \leq 0.8$$

$$0.08 \leq \theta / \pi \leq 0.8$$

ただし、 $0.5 \leq \theta / \pi \leq 1.0$ の場合には $\theta / \pi = 0.5$ を用いなければならない。

(8) 式から (12) 式において、

P : 管の内圧による軸方向荷重

R_i : 管内半径

M : 管の負荷モーメント

P_e : 管の熱膨張応力

b. 軸方向欠陥

$$K = (pR_i / t) F \sqrt{\pi a / Q} \quad (13)$$

$$Q = 1 + 4.593(a / \lambda)^{1.65} \quad (14)$$

$$F = 1.12 + 0.053\alpha + 0.0055\alpha^2 + (1.0 + 0.02\alpha + 0.0191/\alpha^2)(20 - R_i / t)^2 / 1400 \quad (15)$$

$$\alpha = (a / t)(a / \lambda)$$

5.4 塑性域補正法

応力拡大係数に対して塑性域補正が必要な場合には、以下のとおり補正を行う。
塑性域補正を考慮する前の応力拡大係数が次式で表されるとする。

$$K = \sum_{i=1}^N G_i \sigma_i \sqrt{\pi a / Q} = A \sqrt{\pi a / Q}, \quad A = \sum_{i=1}^N G_i \sigma_i \quad (27)$$

N は考慮する作用応力の個数である。このとき、塑性域補正を考慮した応力拡大係数 K' は、

$$K' = A \sqrt{\pi a / Q'} \quad (28)$$

5.4 塑性域補正法

応力拡大係数に対して塑性域補正が必要な場合には以下の塑性域補正の考え方に基づいて補正を行ってもよい。

Irwin により提案された塑性域補正の基本的な考え方は次のとおりである。一般に塑性域補正を考慮しない応力拡大係数が次式で表されるとする。

$$K = M \sigma (\pi a / Q')^{1/2} \quad (44)$$

$$Q' = 1 + 4.593(a / \lambda)^{1.65}$$

$$Q' = \frac{Q}{1 + \frac{1}{6\pi a} \left(\frac{K}{\sigma_y} \right)^2} \quad (29)$$

となる。(28)式中のAは(27)式より求める。

また、塑性域補正を考慮する前の応力拡大係数が次式、

$$K = \sum_{i=1}^N G_i \sigma_i \sqrt{\pi a / Q} = A \sqrt{\pi a / Q}, \quad A = \sum_{i=1}^N G_i \sigma_i \quad (30)$$

で表されるとき、塑性域補正を考慮した応力拡大係数K'は、

$$K' = A \sqrt{\pi a / Q'} \quad (31)$$

$$Q' = \frac{Q}{1 + \frac{1}{6\pi a} \left(\frac{K}{\sigma_y} \right)^2} \quad (32)$$

となる。(31)式中のAは(30)式より求める。

上式を2乗して、

$$K^2 = M^2 \sigma^2 (\pi a / Q') \quad (45)$$

平面ひずみ条件の下で裂先端の塑性域補正、

$$r_p = \frac{1}{4\sqrt{2}\pi} \left(\frac{K}{\sigma_y} \right)^2 \cong \frac{1}{6\pi} \left(\frac{K}{\sigma_y} \right)^2 \quad (46)$$

を考え、(45)式のaをa + r_pに置き換えると、

$$K^2 = M^2 \sigma^2 \frac{\pi \left[a + \frac{1}{6\pi} \left(\frac{K}{\sigma_y} \right)^2 \right]}{Q'} \quad (47)$$

これをKについて整理すると、

$$K^2 = \frac{M^2 \sigma^2 \pi a}{Q' - \frac{1}{6} \left(\frac{M\sigma}{\sigma_y} \right)^2} \quad (48)$$

すなわち、

$$K = M\sigma (\pi a / Q)^{1/2} \quad (49)$$

$$Q = Q' - \frac{1}{6} \left(\frac{M\sigma}{\sigma_y} \right)^2$$

同様に、塑性域補正を考慮しない応力拡大係数が、

$$K = M\sigma (\pi a)^{1/2} \quad (50)$$

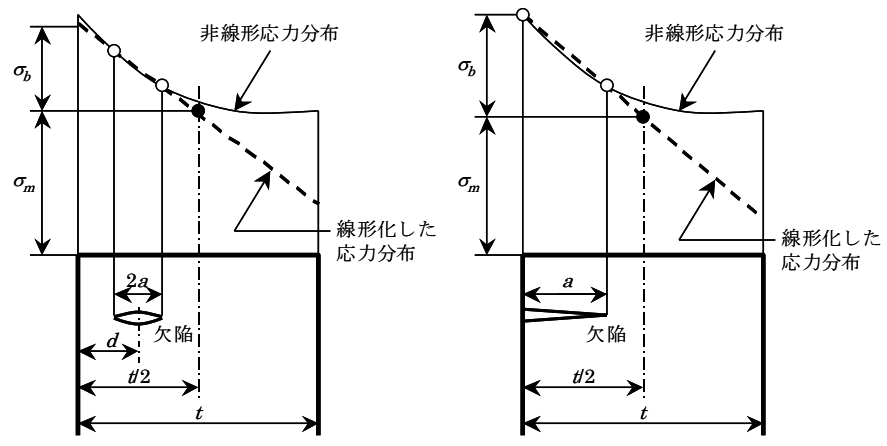
により表される場合には、塑性域補正を考慮した応力拡大係数は、

$$K = M\sigma (\pi a / Q_1)^{1/2} \quad (51)$$

$$Q_1 = 1 - \frac{1}{6} \left(\frac{M\sigma}{\sigma_y} \right)^2$$

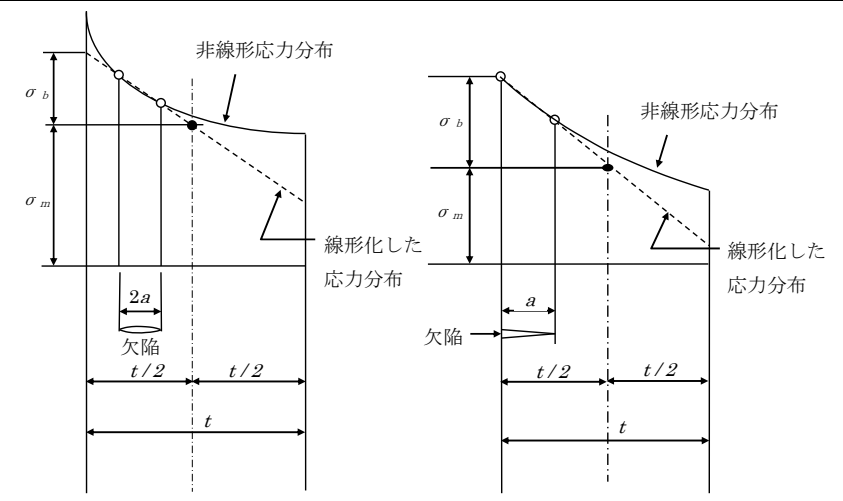
となる。

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
表 添付 E-5-2 内部欠陥のポイント1における補正係数 $G_0 \sim G_4$ の値（略）	表 添付 E-5-1 表面欠陥の最深点（ポイント1）における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（略）
表 添付 E-5-3 内部欠陥のポイント2における補正係数 $G_0 \sim G_4$ の値（略）	表 添付 E-5-2 表面欠陥の表面点（ポイント2）における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（略）
表 添付 E-5-4 内部欠陥のポイント3における補正係数 $G_0 \sim G_4$ の値（略）	表 添付 E-5-3 補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（略）
表 添付 E-5-5 平板中の表面欠陥の最深点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（6）式による算出のための補正係数（略）	表 添付 E-5-4 円筒の周方向半だ円内表面欠陥における影響係数 A_0 から A_6 （略）
表 添付 E-5-6 平板中の表面欠陥の表面点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（6）式による算出のための補正係数（略）	表 添付 E-5-5 円筒の周方向半だ円外表面欠陥における影響係数 A_0 から A_6 （略）
表 添付 E-5-7 平板中の表面欠陥の最深点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（7）式による算出のための補正係数（略）	表 添付 E-5-6 円筒の全周内表面欠陥における係数 G_0 から G_4 （略）
表 添付 E-5-8 平板中の表面欠陥の表面点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（7）式による算出のための補正係数（略）	表 添付 E-5-7 円筒の全周外表面欠陥における係数 G_0 から G_4 （略）
表 添付 E-5-9 円筒中の周方向半だ円表面欠陥の最深点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ および G_{bg} の値（a）内表面欠陥、（b）外表面欠陥（略）	
表 添付 E-5-10 円筒中の周方向半だ円表面欠陥の表面点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ および G_{bg} の値（a）内表面欠陥、（b）外表面欠陥（略）	
表 添付 E-5-11 円筒中の軸方向半だ円表面欠陥の最深点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（a）内表面欠陥、（b）外表面欠陥（略）	
表 添付 E-5-12 円筒中の軸方向半だ円表面欠陥の表面点における補正係数 $G_0 \sim G_3$ の値（a）内表面欠陥、（b）外表面欠陥（略）	
表 添付 E-5-13 円筒中の周方向全周表面欠陥の補正係数 $G_0 \sim G_4$ の値（a）内表面欠陥、（b）外表面欠陥（略）	
表 添付 E-5-14 円筒中の軸方向に長い表面欠陥の補正係数 $G_0 \sim G_4$ の値（a）内表面欠陥、（b）外表面欠陥（略）	



(a) 内部欠陥 (b) 表面欠陥

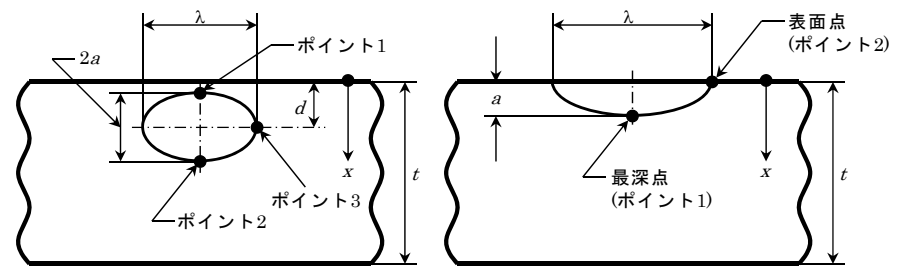
図 添付 E-5-1 応力分布の線形化



(a) 内部欠陥 (b) 表面欠陥

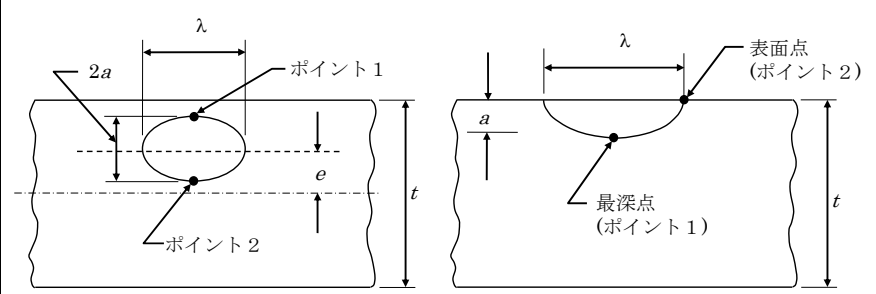
t : 厚さ
 σ_m : 膜応力
 σ_b : 曲げ応力

図 添付 E-5-1 応力分布の線形化



(a) 内部欠陥 (b) 表面欠陥

図 添付 E-5-2 平板中の内部欠陥および表面欠陥



(a) 内部欠陥 (b) 表面欠陥

e : 欠陥の厚さ方向中心線の偏心量

図 添付 E-5-2 半楕円欠陥モデル

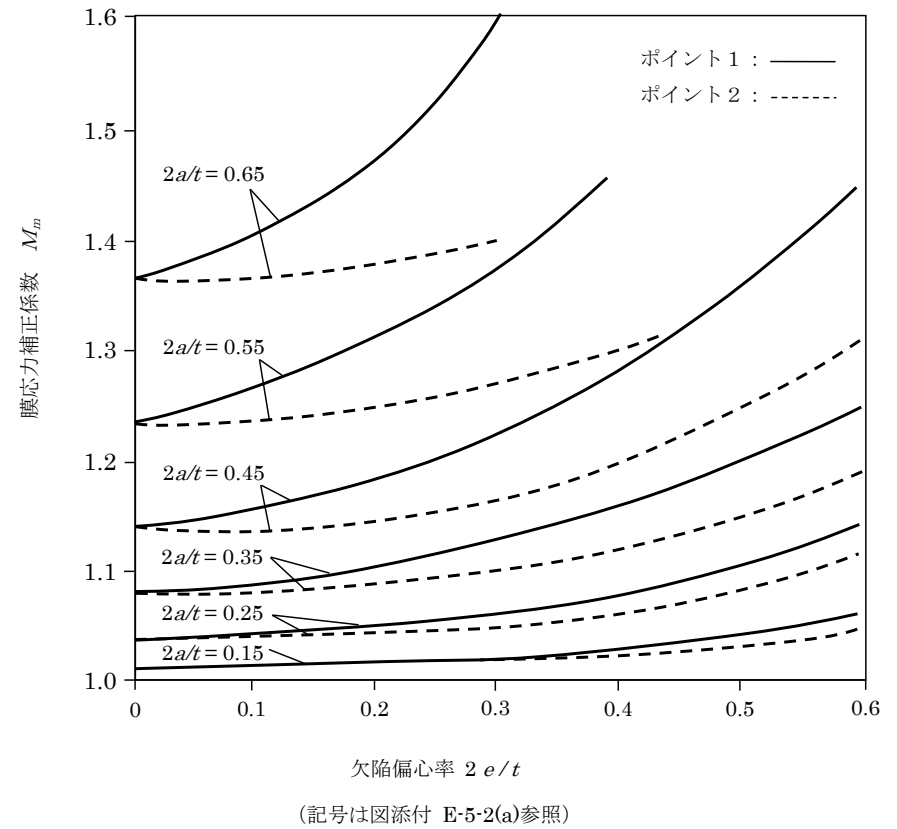


図 添付 E-5-3 内部欠陥における膜応力補正係数

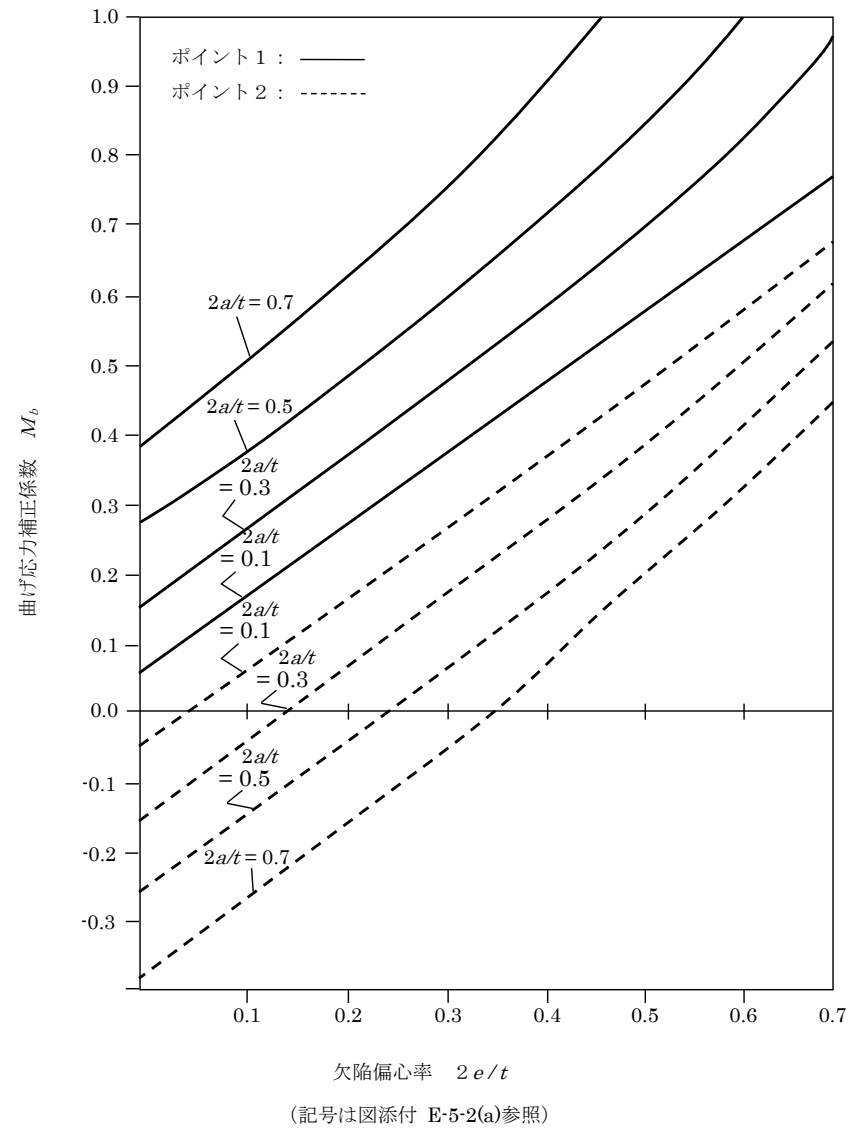


図 添付 E-5-4 内部欠陥における曲げ応力補正係数

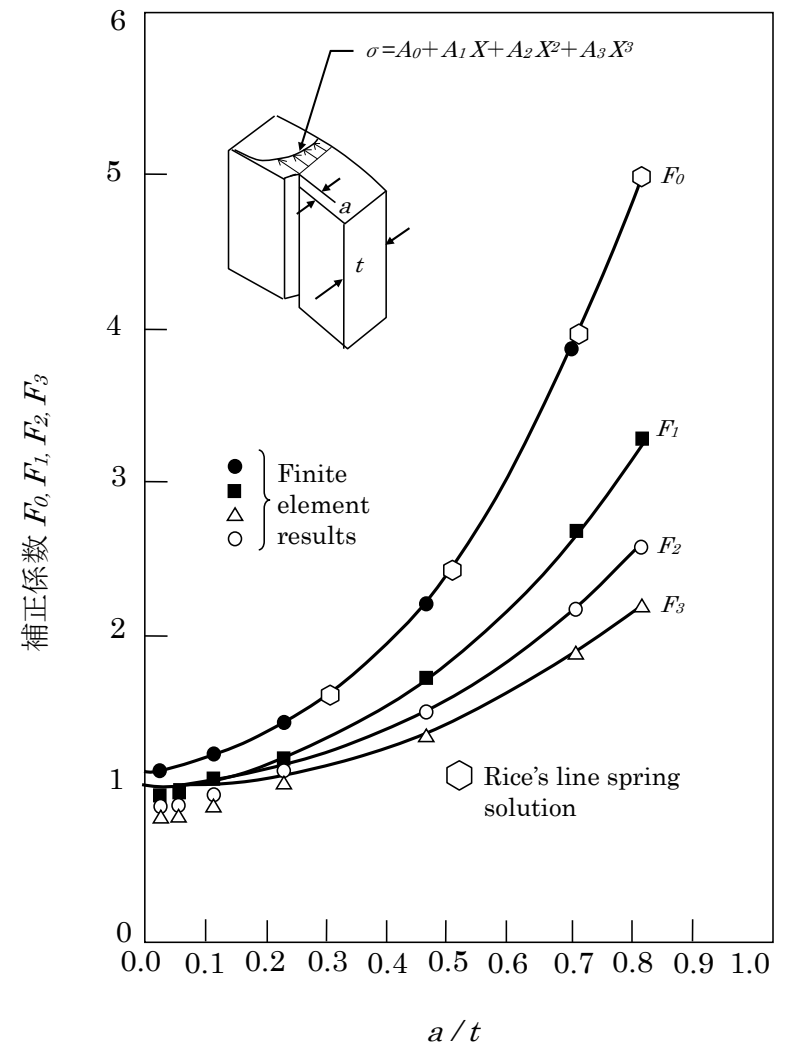


図 添付 E-5-5 軸方向欠陥の K 値の補正係数 $F_0 \sim F_3$
 (Buchalet ら, ASTM STP 590, 1976)

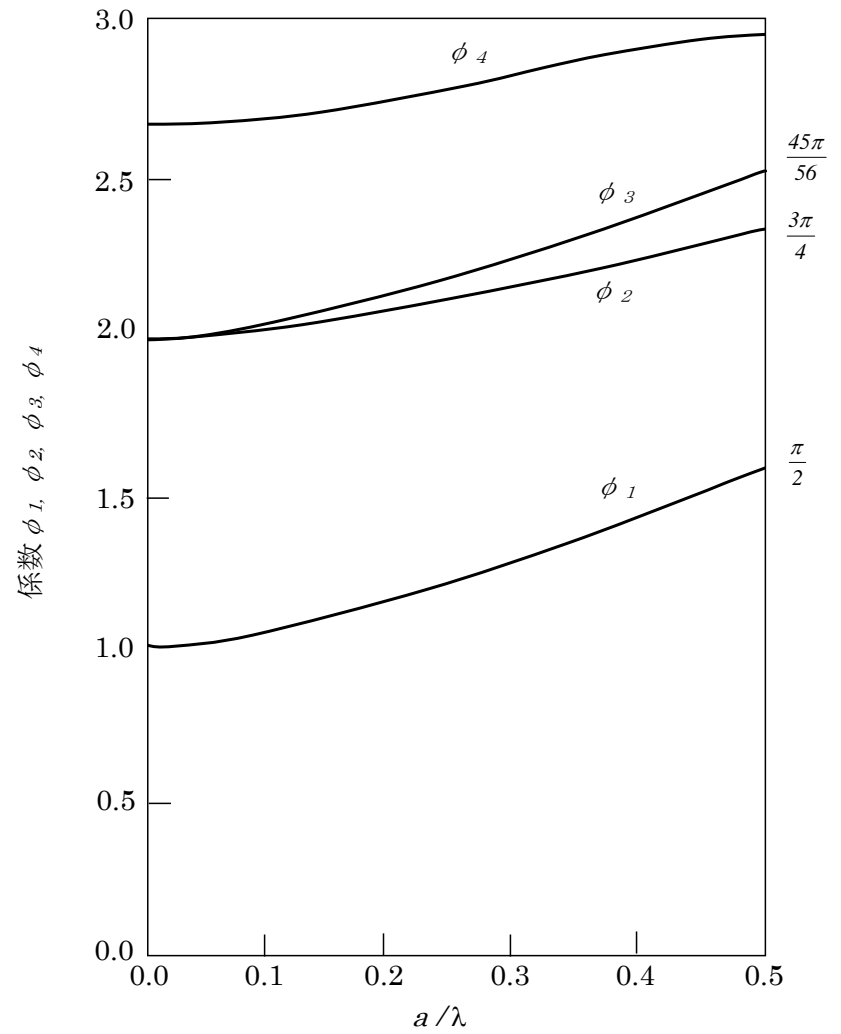
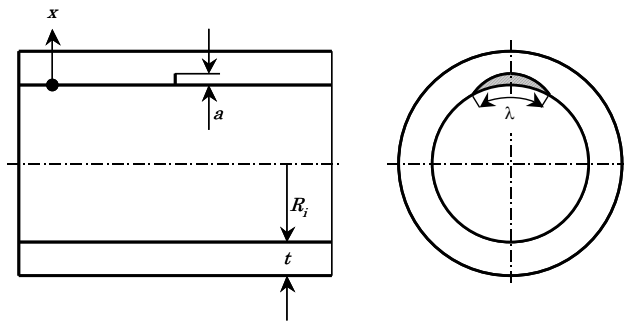
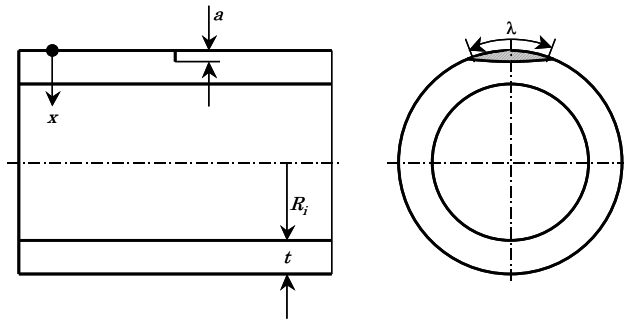


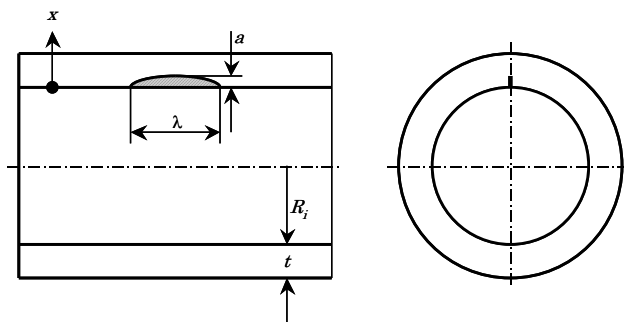
図 添付 E-5-6 軸方向欠陥の K 値の補正係数 $\phi_1 \sim \phi_4$
 (Buchalet ら, ASME 75-WA/PVP-3)



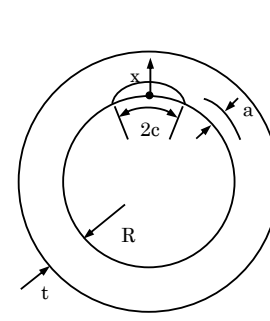
(a) 周方向半だ円表面欠陥(内表面)



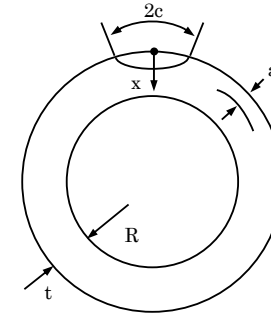
(b) 周方向半だ円表面欠陥(外表面)



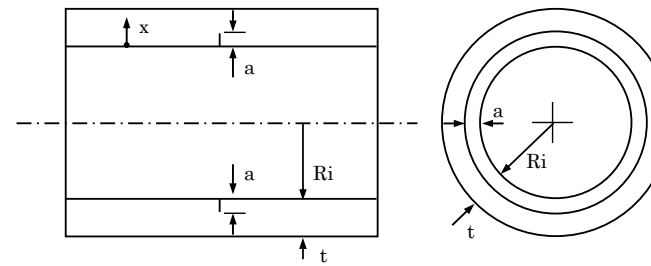
(c) 軸方向半だ円表面欠陥(内表面)



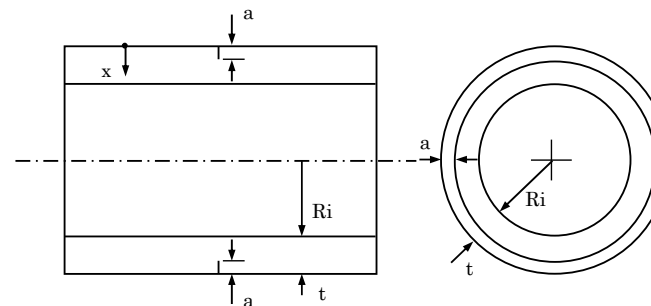
(1) 円筒の周方向半だ円内表面欠陥



(2) 円筒の周方向半だ円外表面欠陥

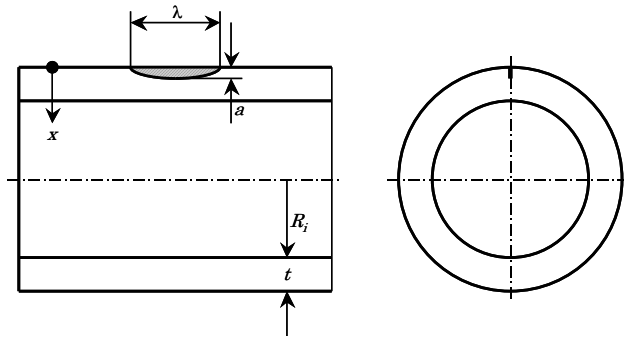


(3) 円筒の全周内表面欠陥



(4) 円筒の全周外表面欠陥

図 添付 E-5-7 円筒構造物の周方向表面欠陥



(d) 軸方向半だ円表面欠陥(外表面)
図 添付 E-5-3 円筒中の表面欠陥

別表 1 2 K_{Ia} および K_{Ic} の規定に関する規定内容の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む)	2008 年版																					
<p>添付 E-6 K_{Ia} および K_{Ic} の規定</p> <p>4. 破壊靱性 <u>(3) RT_{NDT} あるいは(2)c. の vT_{FS} が得られていない初期のプラントに対しては、 JEAC4206-2007「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認方法」附属書 E を 適用して K_{Ia} あるいは K_{Ic} を定めてもよい。</u></p> <p>5. 経年変化の考慮</p> <p><削除> (2) 原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射による脆化への影響を考慮する場合は、<u>JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」附属書 B によってもよい。</u></p> <p><削除></p>	<p>添付 E-6 K_{Ia} K_{Ic} の規定</p> <p>4. 破壊靱性 <なし></p> <p>5. 経年変化の考慮</p> <p>5.1 考慮する経年変化要因 (2) 原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射による<u>ぜい化</u>への影響を考慮する場合は、<u>5.2 項によってもよい。</u></p> <p>5.2 原子炉圧力容器の中性子照射ぜい化 (1) 原子炉圧力容器炉心領域の中性子照射ぜい化による破壊靱性の変化を考慮するため、以下の適用条件に合致するならば(2)、(3)項の方法を用いてもよい。 <u>適用条件：</u></p> <table border="1" data-bbox="1234 823 2042 1051"> <thead> <tr> <th></th> <th>(母材)</th> <th>(溶接金属)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・材料の銅(Cu)含有量</td> <td>0.30% 以下</td> <td>0.40% 以下</td> </tr> <tr> <td>・材料のニッケル(Ni)含有量</td> <td>1.0% 以下</td> <td>1.2% 以下</td> </tr> <tr> <td>・材料のりん(P)含有量</td> <td>0.020% 以下</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>・材料のシリコン(Si)含有量</td> <td>—</td> <td>0.80% 以下</td> </tr> <tr> <td>・中性子照射量($E \geq 1$ MeV)</td> <td>$10^{17} \sim 10^{20}$ n/cm²</td> <td>$10^{17} \sim 10^{20}$ n/cm²</td> </tr> <tr> <td>・公称照射温度</td> <td>274°C ~ 310°C</td> <td>274°C ~ 310°C</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) RT_{NDT} の補正 4. (2) 項の RT_{NDT} を(1)式に示す RT_{NDT} 調整値に置き換えて補正しなければならない。 $RT_{NDT} \text{ 調整値} = RT_{NDT} \text{ 初期値} + \Delta RT_{NDT} + M \quad (1)$ $RT_{NDT} \text{ 初期値} : \text{照射前の試験により決定した } RT_{NDT}$ $\Delta RT_{NDT} : (3) \text{ 項で求められる } RT_{NDT} \text{ 移行量}$ $M : \text{マージン } M = 2\sigma \Delta$ $\sigma \Delta \text{ は, } \Delta RT_{NDT} \text{ に関する標準偏差 } (^\circ\text{C}) \text{ であり, 母材については } 12^\circ\text{C}, \text{ 溶接金属については } 15^\circ\text{C}.$ <u>ただし, M が ΔRT_{NDT} の計算値を超える場合には, M を ΔRT_{NDT} の計算値とする。しかしながら, 監視試験による実測値が予測値より M を超えて大きい場合は安全側となるように M を定めなければならない。</u></p>		(母材)	(溶接金属)	・材料の銅(Cu)含有量	0.30% 以下	0.40% 以下	・材料のニッケル(Ni)含有量	1.0% 以下	1.2% 以下	・材料のりん(P)含有量	0.020% 以下	—	・材料のシリコン(Si)含有量	—	0.80% 以下	・中性子照射量($E \geq 1$ MeV)	$10^{17} \sim 10^{20}$ n/cm ²	$10^{17} \sim 10^{20}$ n/cm ²	・公称照射温度	274°C ~ 310°C	274°C ~ 310°C
	(母材)	(溶接金属)																				
・材料の銅(Cu)含有量	0.30% 以下	0.40% 以下																				
・材料のニッケル(Ni)含有量	1.0% 以下	1.2% 以下																				
・材料のりん(P)含有量	0.020% 以下	—																				
・材料のシリコン(Si)含有量	—	0.80% 以下																				
・中性子照射量($E \geq 1$ MeV)	$10^{17} \sim 10^{20}$ n/cm ²	$10^{17} \sim 10^{20}$ n/cm ²																				
・公称照射温度	274°C ~ 310°C	274°C ~ 310°C																				

(3) RT_{NDT} 移行量 (ΔRT_{NDT}) は下記より求めなければならない。

a. 予測式による方法

ΔRT_{NDT} は母材および溶接金属それぞれについて下式により求めなければならない。

$$\text{(母材)} \quad \Delta RT_{NDT} (\text{°C}) = [CF] \cdot f^{0.29-0.04 \cdot \log f} \quad (2)$$

$$[CF] = -16 + 1210 \cdot P + 215 \cdot Cu + 77 \cdot \sqrt{Cu \cdot Ni} \quad (3)$$

$$\text{(溶接金属)} \quad \Delta RT_{NDT} (\text{°C}) = [CF] \cdot f^{0.25-0.10 \cdot \log f} \quad (4)$$

$$[CF] = 26 - 24 \cdot Si - 61 \cdot Ni + 301 \cdot \sqrt{Cu \cdot Ni} \quad (5)$$

ここで, $[CF]$: 化学成分による係数

Cu : 銅の含有量 (%)

Si : シリコンの含有量 (%)

Ni : ニッケルの含有量 (%)

P : 磷の含有量 (%)

(注)

銅の含有量が 0.05%以下の場合には, 銅の含有量は 0.05%としてせい化予測をしなければならない。なお, Cu , Ni , P および Si は材料の測定値 (複数ある場合はその平均) を用いる。

f : 中性子照射量 ($\times 10^{19}$ n/ cm², $E \geq 1$ MeV)

f は, 母材内表面からの深さ a (mm)とすると次式で与えられる。

$$f (\times 10^{19} \text{ n/ cm}^2, E \geq 1 \text{ Mev}) = f_0 \cdot \exp(-0.24 a / 25.4) \quad (6)$$

ここで,

f_0 : 母材内表面での中性子照射量 ($\times 10^{19}$ n/ cm², $E \geq 1$ MeV)

ただし, dpa (displacements per atom, 原子当たりのはじき出し) 評価を行っている場合, 母材内表面における dpa と深さ a (mm)での dpa との比を (6) 式中の減衰係数 $\exp(-0.24 a / 25.4)$ の代わりに用いてもよい。

b. 監視試験のデータにもとづく方法

材料に対して 2 個以上の監視試験のデータ (ΔRT_{NDT} の実測値) がある場合, そのデータを用いて以下のように CF を補正して RT_{NDT} 調整値を求めてもよい。

$$\Delta RT_{NDT} (\text{°C}) = [CF_c] \cdot [FF] \quad (7)$$

$$[CF_c] = \frac{\sum_{m=1}^n \{ (\Delta RT_{NDT} \text{実測値})_m \cdot [FF]_m \}}{\sum_{m=1}^n ([FF]_m)^2} \quad (8)$$

2012年版 (2014年追補までを含む)	2008年版
	<p>ここで、</p> <p>$[CF_c]$: $[CF]$ の補正值</p> <p>$[FF]$: 中性子照射量による係数</p> <p>N : 監視試験総数</p> <p>$(\Delta RT_{NDT} \text{実測値})_m$: m 番目の監視試験から得られた ΔRT_{NDT} [°C]</p> <p>$[FF]_m$: m 番目の監視試験データについて以下で求められる $[FF]$</p> <p style="margin-left: 40px;">(母材) $f^{0.29-0.04 \cdot \log f}$</p> <p style="margin-left: 40px;">(溶接金属) $f^{0.25-0.10 \cdot \log f}$</p> <p>この場合、$\Delta RT_{NDT}$ の予測値に加算する (1) 式の M は、$M = \sigma \Delta$ とすることができる。しかしながら、監視試験による実測値が予測値より (1) 式の M を超えて大きい場合は、安全側となるように M を定めなければならない。</p> <p>c. b. 項の方法で求めた RT_{NDT} の調整値が a. 項の方法により求めた値より大きい場合は、b. 項の方法による値を用いなければならない。</p>

別表 1 3 極限荷重評価法の規定に関する規定内容の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p>添付 E-8 極限荷重評価法</p> <p>2. 記号の定義</p> <p>a : 平面欠陥の深さ (内部欠陥の場合は $2a$)</p> <p>a_f : 評価期間末期における平面欠陥の予測深さ (内部欠陥の場合は $2a_f$)</p> <p>a_n : 許容状態 A および B における許容欠陥深さ (内部欠陥の場合は $2a_n$)</p> <p>a_o : 許容状態 C および D における許容欠陥深さ (内部欠陥の場合は $2a_o$)</p> <p>(略)</p> <p>S_y : 設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計降伏点</p> <p>S_u : 設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計引張強さ</p> <p>(略)</p> <p>σ_y : 使用温度における降伏点 (または 0.2%耐力)</p> <p>σ_u : 使用温度における引張強さ</p> <p>4. 周方向欠陥の評価方法</p> <p>4.2 許容欠陥深さの式による算出</p> <p>4.1 項の代替として、(1)項から(3)項に従い、許容欠陥深さ a_n および a_o を求めよう。</p> <p>(1) 周方向欠陥の評価式</p> <p>($\theta + \beta$) $\leq \pi$ である欠陥形状で、管の引張側に位置する周方向欠陥について (図添付 E-8-1 参照), 曲げ応力と塑性崩壊発生時における欠陥の深さの関係は,</p> $\left. \begin{array}{l} \text{(表面欠陥)} \\ P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{a}{t} \sin \theta \right) \\ \text{(内部欠陥)} \\ P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{2a}{t} \sin \theta \right) \end{array} \right\} \quad (1)$ <p>で与えられる。</p> <p>ここで、θ は欠陥角度であり、欠陥長さ l_f から求められる。</p> <p>また、β は次式で表わされる。</p>	<p>添付 E-8 極限荷重評価法</p> <p>2. 記号の定義</p> <p>a : 平面欠陥の深さ</p> <p>a_f : 評価期間末期における平面欠陥の予測深さ</p> <p>a_n : 許容状態 A および B における許容欠陥深さ</p> <p>a_o : 許容状態 C および D における許容欠陥深さ</p> <p>(略)</p> <p><なし></p> <p><なし></p> <p>(略)</p> <p><なし></p> <p><なし></p> <p>4. 周方向欠陥の評価方法</p> <p>4.2 許容欠陥深さの式による算出</p> <p>4.1 項の代替として、(1)項から(3)項に従い、許容欠陥深さ a_n および a_o を求めよう。</p> <p>(1) 周方向欠陥の評価式</p> <p>($\theta + \beta$) $\leq \pi$ である欠陥形状で、管の引張側に位置する周方向欠陥について (図添付 E-8-1 参照), 曲げ応力と塑性崩壊発生時における欠陥の深さの関係は,</p> $P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{a}{t} \sin \theta \right) \quad (1)$ <p>で与えられる。</p> <p>ここで、θ は欠陥角度であり、欠陥長さ l_f から求められる。</p> <p>また、β は次式で表わされる。</p>

(表面欠陥)

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{a}{t} \theta - \pi \frac{P_m}{\sigma_f} \right)$$

(内部欠陥)

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{2a}{t} \theta - \pi \frac{P_m}{\sigma_f} \right)$$

(2)

P_b' は、塑性崩壊時の曲げ応力であり、(2)項で与える。

σ_f は降伏点 $\underline{\sigma}_v$ と引張強さ $\underline{\sigma}_u$ の平均値である。降伏点および引張強さは実測した値を用いなければならない。これらの値が得られない場合は以下のようにしなければならない。

クラス1配管および炉内構造物の場合、

$$\sigma_f = 2.7 S_m$$

クラス2およびクラス3配管の場合、

$$\sigma_f = (\underline{S}_v + \underline{S}_u) / 2$$

ここで、設計応力強さ S_m は応力が発生する事象の温度で評価する。

(2) 塑性崩壊時の曲げ応力

塑性崩壊時の曲げ応力を以下のように応力と安全率の式で与え、これを(1)項の P_b' に等しいとする。

$$P_b' = Z(SF) \left(P_m + P_b + \frac{P_e}{SF} \right) - P_m \quad (3)$$

ここで、 P_m 、 P_b および P_e は応力、 SF は安全率で

許容状態AおよびBに対して

$$SF = 2.77$$

許容状態CおよびDに対して

$$SF = 1.39$$

(1)式、(2)式および(3)式を組み合わせ、応力 P_m 、 P_b 、 P_e 等を代入することにより、許容欠陥深さ a_n 、 a_o が得られる。

許容状態AおよびB 表面欠陥 $a_n = a$

内部欠陥 $\underline{a}_n = 2a$

許容状態CおよびD 表面欠陥 $a_o = a$

内部欠陥 $\underline{a}_o = 2a$

(3) 許容欠陥寸法の限界

(1)項および(2)項の許容欠陥寸法の限界は次のとおりとする。ただし、炉内構造物は除くものとする。

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{a}{t} \theta - \pi \frac{P_m}{\sigma_f} \right)$$

(2)

P_b' は、塑性崩壊時の曲げ応力であり、(2)項で与える。

σ_f は降伏点と引張強さの平均値である。降伏点および引張強さは実測した値を用いること。これらの値が得られない場合は以下のようにしなければならない。

$$\sigma_f = 2.7 S_m$$

ここで、設計応力強さ S_m は応力が発生する事象の温度で評価する。

(2) 塑性崩壊時の曲げ応力

塑性崩壊時の曲げ応力を以下のように応力と安全率の式で与え、これを(1)項の P_b' に等しいとする。

$$P_b' = Z(SF) \left(P_m + P_b + \frac{P_e}{SF} \right) - P_m \quad (3)$$

ここで、 P_m 、 P_b および P_e は応力、 SF は安全率で

許容状態AおよびBに対して

$$SF = 2.77$$

許容状態CおよびDに対して

$$SF = 1.39$$

(1)式、(2)式および(3)式を組み合わせ、応力 P_m 、 P_b 、 P_e 等を代入することにより、欠陥深さ a が得られる。さらに a から許容欠陥深さ a_n 、 a_o は以下のようになる。

許容状態AおよびB 表面欠陥 $a_n = a$

内部欠陥 $\underline{a}_n = 2a$

許容状態CおよびD 表面欠陥 $a_o = a$

内部欠陥 $\underline{a}_o = 2a$

(3) 許容欠陥寸法の限界

(1)項および(2)項の許容欠陥寸法の限界は次のとおりとする。ただし、炉内構造物は除くものとする。

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>a. 欠陥深さ 許容欠陥深さは、$a=0.75t$ 以下とする。a が $0.75t$ を超える場合は $a=0.75t$ とする。ここで、t は管の厚さである。<u>内部欠陥については a を $2a$ に読み替える。</u></p> <p>b. 欠陥角度 許容欠陥角度は、$2\theta \leq 60^\circ$ とする。 ただし、妥当性が示される場合は本制限を除いてもよい。</p>	<p>a. 欠陥深さ 許容欠陥深さは、$a=0.75t$ 以下とする。a が $0.75t$ を超える場合は $a=0.75t$ とする。ここで、t は管の厚さである。内部欠陥については a を $2a$ に読み替える。</p> <p>b. 欠陥角度 許容欠陥角度は、$2\theta \leq 60^\circ$ とする。 ただし、妥当性が示される場合は本制限を除いてもよい。</p>
<p>4.3 許容曲げ応力の算出 周方向欠陥については、以下の式により許容曲げ応力 S_c を求める。</p>	<p>4.3 許容曲げ応力の算出 周方向欠陥については、<u>4.1 項および 4.2 項のかわりに、以下に示す式から許容曲げ応力 S_c を求めてもよい。</u></p>
$S_c = \frac{P_b' - P_e}{SF} - P_m \left(1 - \frac{1}{SF} \right) \quad (4)$	$S_c = \frac{P_b' - P_e}{SF} - P_m \left(1 - \frac{1}{SF} \right) \quad (4)$
<p>ここで、P_b' は(1)式により求められる値、P_m は一次一般膜応力、P_e は熱膨張応力とする。P_b' は a、θ を評価期間末期における平面欠陥の予測欠陥寸法（表面欠陥については $a=a_f$、内部欠陥については $a=2a_f$）として求めること。また θ は ℓ_f から求め、SF は <u>4.2(2)項に従わなければならない。</u></p>	<p>ここで、P_b' は(1)式により求められる値、P_m は一次一般膜応力、P_e は熱膨張応力とする。P_b' は a、θ を評価期間末期における平面欠陥の予測欠陥寸法（表面欠陥については $a=a_f$、内部欠陥については $a=2a_f$）として求めること。また θ は ℓ_f から求め、SF は <u>(3)式中の値として求める。</u></p>
<p>5. 軸方向欠陥の評価方法</p>	<p>5. 軸方向欠陥の評価方法</p>
<p>5.1 許容欠陥深さの表による算出</p>	<p>5.1 許容欠陥深さの表による算出</p>
<p>軸方向欠陥については、評価期間末期における平面欠陥の予測長さ ℓ_f を用い、無次元欠陥長さ ℓ_f / \sqrt{Rt} を算出して、(1)項および(2)項に従い許容欠陥深さを求める。</p>	<p>軸方向欠陥については、評価期間末期における平面欠陥の予測長さ ℓ_f を用い、無次元欠陥長さ ℓ_f / \sqrt{Rt} を算出して、(1)項および(2)項に従い許容欠陥深さを求める。</p>
<p>(1) 許容状態 A および B 供用状態 A および B における圧力に対応した周方向応力比 $(pD/2t)/S_m$ を計算する。$\ell_f /$ と $(pD/2t)/S_m$ を用い、表添付 E-8-3 により許容状態 <u>A</u> および <u>B</u> における許容欠陥深さ a_n を決定する。必要ならば、表の中間の値は線形補間を用いて許容欠陥深さを求めなければならない。</p> <p>ここで、p は内圧、D は管の外径、R は管の平均半径、t は管の厚さ、S_m は設計応力強さである。また、設計応力強さ S_m は応力が発生する事象の温度で評価する。</p>	<p>(1) 許容状態 A および B 供用状態 A および B における圧力に対応した周方向応力比 $(pD/2t)/S_m$ を計算する。$\ell_f /$ と $(pD/2t)/S_m$ を用い、表添付 E-8-3 により <u>a_n/t から</u>許容状態 <u>AA</u> および <u>BA</u> における許容欠陥深さ a_n を決定する。必要ならば、表の中間の値は線形補間を用いて許容欠陥深さを求めなければならない。</p> <p>ここで、p は内圧、D は管の外径、R は管の平均半径、t は管の厚さ、S_m は設計応力強さである。また、設計応力強さ S_m は応力が発生する事象の温度で評価する。</p>
<p>(2) 許容状態 C および D 供用状態 C および D における圧力に対応した周方向応力比 $(pD/2t)/S_m$ を計算する。$\ell_f /$ と $(pD/2t)/S_m$ を用い、表添付 E-8-4 により許容状態 C および D における許容欠陥深さ a_o を決定する。必要ならば、表の中間の値は線形補間を用いて許容欠陥深さを求めなければならない。</p>	<p>(2) 許容状態 C および D 供用状態 C および D における圧力に対応した周方向応力比 $(pD/2t)/S_m$ を計算する。$\ell_f /$ と $(pD/2t)/S_m$ を用い、表添付 E-8-4 により <u>a_o/t から</u>許容状態 C および D における許容欠陥深さ a_o を決定する。必要ならば、表の中間の値は線形補間を用いて許容欠陥深さを求めなければならない。</p>

5.2 許容欠陥深さの式による算出

軸方向欠陥にあつては、5.1項のかわりに、以下に示す式から許容欠陥深さ a_n および a_o を求めてもよい。

(1) 軸方向欠陥の評価式

下式において、 ℓ に評価期間末期における平面欠陥寸法の予測長さ ℓ_f を代入し、その他の変数をそれぞれ下記に従い代入することにより、それぞれの運転状態における許容欠陥深さ a_n 、 a_o が得られる。

(表面欠陥)

$$\sigma_h = \frac{\sigma_f}{SF} \left(\frac{t/a-1}{t/a-1/M_2} \right)$$

(内部欠陥)

$$\sigma_h = \frac{\sigma_f}{SF} \left(\frac{t/2a-1}{t/2a-1/M_2} \right)$$

(5)

ここで、

σ_f = 流動応力 (4.2(1)項に従う)

M_2 = $[1 + (1.61/4Rt)\ell^2]^{1/2}$

σ_h = 周方向応力 = $pD/2t$

p = 内圧

D = 管の外径

ℓ = 欠陥長さ

a = 許容欠陥深さ

許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n = a$

内部欠陥 $2a_n = 2a$

許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o = a$

内部欠陥 $2a_o = 2a$

R = 管平均半径

t = 管の厚さ

SF = 安全率 3.0 (許容状態 A および B)

1.5 (許容状態 C および D)

(2) 許容欠陥寸法の限界

(1)項の許容欠陥寸法の限界は次のとおりとする。ただし、炉内構造物は除くものとする。

a. 欠陥深さ

許容欠陥深さは、 $a=0.75t$ 以下とする。 a が $0.75t$ を超える場合は $a=0.75t$

5.2 許容欠陥深さの式による算出

軸方向欠陥にあつては、5.1項のかわりに、以下に示す式から許容欠陥深さ a_n および a_o を求めてもよい。

(1) 軸方向欠陥の評価式

下式において、 ℓ に評価期間末期における平面欠陥寸法の予測長さ ℓ_f を代入し、その他の変数をそれぞれ下記に従い代入することにより、それぞれの運転状態における許容欠陥深さ a が得られる。

$$\sigma_h = \frac{\sigma_f}{SF} \left(\frac{t/a-1}{t/a-1/M_2} \right) \quad (5)$$

ここで、

σ_f = 流動応力 (4.2(1)項に従う)

M_2 = $[1 + (1.61/4Rt)\ell^2]^{1/2}$

σ_h = 周方向応力 = $pD/2t$

p = 内圧

D = 管の外径

ℓ = 欠陥長さ

a = 許容欠陥深さ

許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n = a$

内部欠陥 $2a_n = 2a$

許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o = a$

内部欠陥 $2a_o = 2a$

R = 管平均半径

t = 管の厚さ

SF = 安全率 3.0 (許容状態 A および B)

1.5 (許容状態 C および D)

(2) 許容欠陥寸法の限界

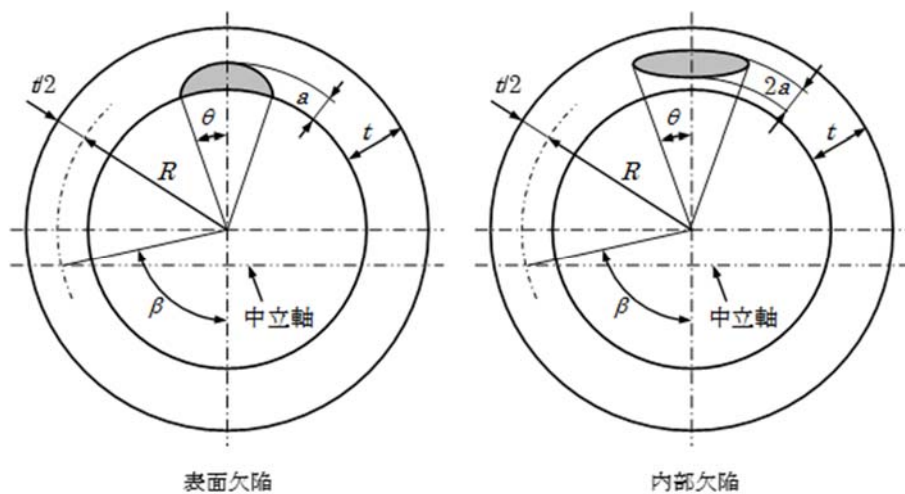
(1)項の許容欠陥寸法の限界は次のとおりとする。ただし、炉内構造物は除くものとする。

a. 欠陥深さ

許容欠陥深さは、 $a=0.75t$ 以下とする。 a が $0.75t$ を超える場合は $a=0.75t$ とする。ここで、 t は管の厚さである。

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>とする。ここで、t は管の厚さである。<u>内部欠陥については a を $2a$ に読み替える。</u></p> <p>b. 欠陥長さ 許容欠陥長さ ℓ は $\ell < \ell_{crit}$ とする。ここで、ℓ_{crit} は貫通欠陥の限界欠陥長さであり、下記の式で与えられる。 $\ell_{crit} = 1.58(Rt)^{0.5}[(\sigma_f/\sigma_h)^2 - 1]^{0.5} \quad (6)$ ただし、妥当性が示される場合は本制限を除いてもよい。</p> <p>5.3 許容周方向応力の算出 軸方向欠陥については、以下の式により周方向許容応力 S_a を求める。</p> $\left. \begin{array}{l} \text{(表面欠陥)} \\ S_a = \frac{\sigma_f}{SF} \left(\frac{t/a-1}{t/a-1/M_2} \right) \\ \text{(内部欠陥)} \\ S_a = \frac{\sigma_f}{SF} \left(\frac{t/2a-1}{t/2a-1/M_2} \right) \end{array} \right\} \quad (7)$ $M_2 = [1 + (1.61/4R_t)]$ <p>M_2 の式において、ℓ は評価期間末期における平面欠陥の予測長さ ℓ_f とする。 $a = a_f$ (評価期間末期の平面欠陥の予測深さ) とする。</p> <p>t ≡ 管の厚さ σ_f ≡ 流動応力 (4.2(1)項に従う) SF ≡ 安全率 3.0 (許容状態 A および B) 1.5 (許容状態 C および D)</p>	<p>b. 欠陥長さ 許容欠陥長さ ℓ は $\ell < \ell_{crit}$ とする。ここで、ℓ_{crit} は貫通欠陥の限界欠陥長さであり、下記の式で与えられる。 $\ell_{crit} = 1.58(Rt)^{0.5}[(\sigma_f/\sigma_h)^2 - 1]^{0.5} \quad (6)$ ただし、妥当性が示される場合は本制限を除いてもよい。</p> <p>5.3 許容周方向応力の算出 軸方向欠陥については、5.1 項および 5.2 項のかわりに、以下の式により周方向許容応力 S_a を求め、σ_h と比較してもよい。 ここで、σ_h は周方向応力 S_a は軸方向欠陥を有する管の周方向許容応力</p> $S_a = \frac{\sigma_f}{SF} \left(\frac{t/a-1}{t/a-1/M_2} \right) \quad (7)$ $M_2 = [1 + (1.61/4R_t)]$ <p>M_2 において、ℓ は評価期間末期における平面欠陥の予測長さ ℓ_f とする。 表面欠陥では $a = a_f$ (評価期間末期の平面欠陥の予測深さ) とし、内部欠陥では $2a = a_f$ とする。</p> <p>t : 管の厚さ σ_f : 流動応力 (4.2(1)項に従う) SF : 安全率 許容状態 A および B に対して SF = 3.0 許容状態 C および D に対して SF = 1.5</p>

2012年版（2014年追補までを含む。）

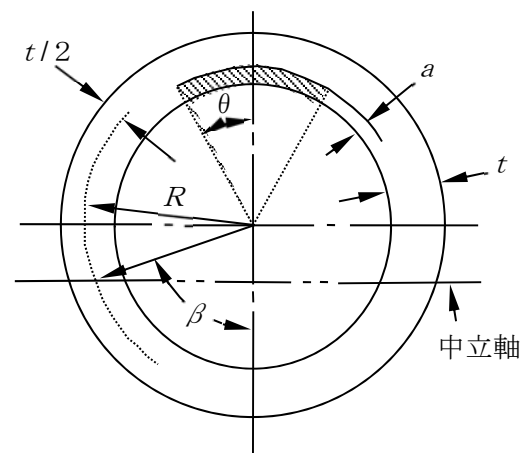


表面欠陥

内部欠陥

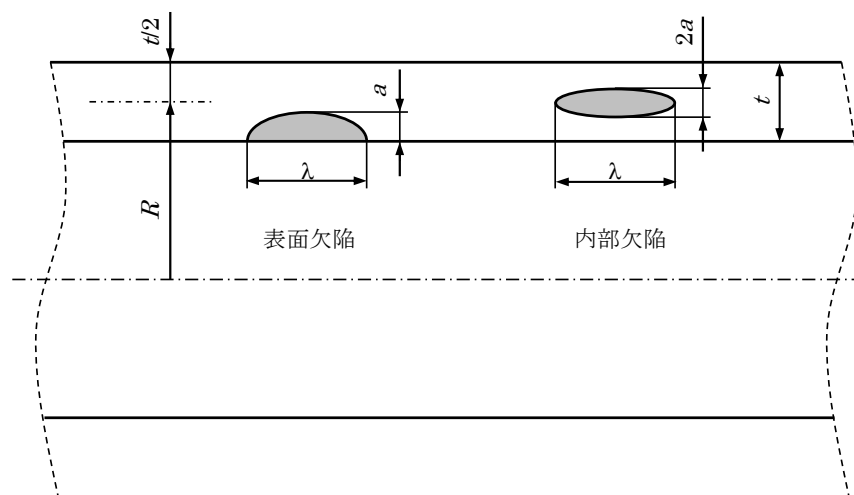
(a) 周方向欠陥

2008年版



中立軸

図 添付 E-8-1 周方向欠陥の模式図と記号



表面欠陥

内部欠陥

(b) 軸方向欠陥

図 添付 E-8-1 欠陥の模式図と記号

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>表 添付 E-8-1 管の許容状態 A および B における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $2a_n$ を用いること。</p>	<p>表 添付 E-8-1 管の許容状態 A および B における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_n$ を用いること。</p>
<p>表 添付 E-8-2 管の許容状態 C および D における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $2a_o$ を用いること。</p>	<p>表 添付 E-8-2 管の許容状態 C および D における周方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_o$ を用いること。</p>
<p>表 添付 E-8-3 管の許容状態 A および B における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $2a_n$ を用いること。</p>	<p>表 添付 E-8-3 管の許容状態 A および B における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_n$ を用いること。</p>
<p>表 添付 E-8-4 管の許容状態 C および D における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $2a_o$ を用いること。</p>	<p>表 添付 E-8-4 管の許容状態 C および D における軸方向許容欠陥深さと管の厚さの比 (極限荷重評価基準)</p> <p>(略)</p> <p>注 (1) 欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。 内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_o$ を用いること。</p>

別表 1 4 弾塑性破壊力学評価法の規定に関する規定内容の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む。)	2008 年版
<p>添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法</p> <p>2. 記号および略語の定義</p> <p>a : 平面欠陥の深さ (内部欠陥の場合は $2a$)</p> <p>a_f : 評価期間末期における平面欠陥の予測深さ (内部欠陥の場合は $2a_f$)</p> <p>a_n : 許容状態 A および B における許容欠陥深さ (内部欠陥の場合は $2a_n$)</p> <p>a_o : 許容状態 C および D における許容欠陥深さ (内部欠陥の場合は $2a_o$)</p> <p>(略)</p> <p>S_y : 設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計降伏点</p> <p>S_u : 設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計引張強さ</p> <p>(略)</p> <p>σ_v : 使用温度における降伏点 (または 0.2%耐力)</p> <p>σ_u : 使用温度における引張強さ</p> <p>4. 周方向欠陥の評価方法</p> <p>4.1 許容欠陥深さの表による算出</p> <p>(3) Z 係数 (割増し係数)</p> <p>a. オーステナイト系ステンレス鋼管</p> <p>オーステナイト系ステンレス鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。</p> <p>GTAW および SMAW において：$Z = 0.292 \log(OD / 25) + 0.986$</p> <p>SAW およびフェライト量 20%未満の casting オーステナイト系ステンレス鋼管において：$Z = 0.350 \log(OD / 25) + 1.215$</p> <p>ただし、クラス 2, 3 配管においては、R/t の適用範囲を 5.56~15.5 とする。</p> <p>b. フェライト鋼管</p> <p>クラス 1 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。</p> <p>$Z = 0.2885 \log(OD / 25) + 0.9573$</p> <p>クラス 2 およびクラス 3 のフェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。</p> <p>$Z = \{0.32 \log(OD / 25) + 0.88\} (R/t) 0.13$</p> <p>ただし、クラス 2, 3 配管においては、R/t の適用範囲を 5~30 とする。</p> <p>4.2 許容欠陥深さの式による算出</p> <p>4.1 項のかわりに、(1)項から(3)項に従い、許容欠陥深さ a_n および a_o を求めてもよい。</p>	<p>添付 E-9 弾塑性破壊力学評価法</p> <p>2. 記号および略語の定義</p> <p>a : 平面欠陥の深さ</p> <p>a_f : 評価期間末期における平面欠陥の予測深さ</p> <p>a_n : 許容状態 A および B における許容欠陥深さ</p> <p>a_o : 許容状態 C および D における許容欠陥深さ</p> <p>(略)</p> <p><なし></p> <p><なし></p> <p>(略)</p> <p><なし></p> <p><なし></p> <p>4. 周方向欠陥の評価方法</p> <p>4.1 許容欠陥深さの表による算出</p> <p>(3) Z 係数 (割増し係数)</p> <p>a. オーステナイト系ステンレス鋼管</p> <p>オーステナイト系ステンレス鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。</p> <p>GTAW および SMAW において：$Z = 0.292 \log(OD / 25) + 0.986$</p> <p>SAW およびフェライト量 20%未満の casting オーステナイト系ステンレス鋼管において：$Z = 0.350 \log(OD / 25) + 1.215$</p> <p>ここで、OD は呼び径(A)である。</p> <p>b. フェライト鋼管</p> <p>フェライト鋼管については、Z 係数は下記に従わなければならない。</p> <p>$Z = 0.2885 \log(OD / 25) + 0.9573$</p> <p>ここで、OD は呼び径(A)である。</p> <p>4.2 許容欠陥深さの式による算出</p> <p>4.1 項のかわりに、(1)項から(3)項に従い、許容欠陥深さ a_n および a_o を求めてもよい。</p>

(1) 周方向欠陥の評価式

($\theta + \beta$) $\leq \pi$ である欠陥形状で、管の引張側に位置する周方向欠陥について(図添付 E-9-1 参照)、曲げ応力と塑性崩壊発生時における欠陥の深さの関係は、

(表面欠陥)

$$P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{a}{t} \sin \theta \right)$$

(内部欠陥)

$$P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{2a}{t} \sin \theta \right)$$

(1)

で与えられる。

ここで、 β は次式で表される。

(表面欠陥)

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{a}{t} \theta - \pi \frac{P_m}{\sigma_f} \right)$$

(内部欠陥)

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{2a}{t} \theta - \pi \frac{P_m}{\sigma_f} \right)$$

(2)

P_b' は、塑性崩壊時の曲げ応力であり、(2)項で与えられる。

σ_f は降伏点 σ_y と引張強さ σ_u の平均値である。降伏点および引張強さは実測した値を用いなければならない。これらの値が得られない場合は以下のようにしなければならない。

クラス1配管および炉内構造物の場合、

$$\sigma_f = 2.7 S_m$$

クラス2およびクラス3配管の場合、

$$\sigma_f = (S_y + S_u) / 2$$

ここで、設計応力強さ S_m 、設計降伏点 S_y および設計引張強さ S_u は応力が発生する事象の温度で評価する。

(2) 塑性崩壊時の曲げ応力

塑性崩壊時の曲げ応力を以下のように応力と安全率の式で与え、これを(1)項の P_b' に等しいとする。

$$P_b' = Z(SF) \left(P_m + P_b + \frac{P_e}{SF} \right) - P_m \quad (3)$$

ここで、

(1) 周方向欠陥の評価式

($\theta + \beta$) $\leq \pi$ である欠陥形状で、管の引張側に位置する周方向欠陥について(図添付 E-9-1 参照)、曲げ応力と塑性崩壊発生時における欠陥の深さの関係は、

$$P_b' = \frac{2\sigma_f}{\pi} \left(2 \sin \beta - \frac{a}{t} \sin \theta \right) \quad (1)$$

で与えられる。

ここで、 β は次式で表される。

$$\beta = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{a}{t} \theta - \pi \frac{P_m}{\sigma_f} \right) \quad (2)$$

P_b' は、塑性崩壊時の曲げ応力であり、(2)項で与えられる。

σ_f は降伏点と引張強さの平均値である。降伏点および引張強さは実測した値を用いなければならない。これらの値が得られない場合は以下のようにしなければならない。

$$\sigma_f = 2.7 S_m$$

ここで、設計応力強さ S_m は応力が発生する事象の温度で評価する。

(2) 塑性崩壊時の曲げ応力

塑性崩壊時の曲げ応力を以下のように応力と安全率の式で与え、これを(1)項の P_b' に等しいとする。

$$P_b' = Z(SF) \left(P_m + P_b + \frac{P_e}{SF} \right) - P_m \quad (3)$$

ここで、

2012年版（2014年追補までを含む。）	2008年版
<p>P_m = 一次一般膜応力 P_b = 一次曲げ応力 P_e = 熱膨張応力 SF は安全率で 許容状態 A および B に対して $SF=2.77$ 許容状態 C および D に対して $SF=1.39$ Z 係数は 4.1(3)項に従わなければならない。 (1)式、(2)式および(3)式を組み合わせ、応力 P_m、P_b、P_e等を代入することにより、 欠陥深さ a が得られる。さらに a から許容欠陥深さ a_m、a_o は以下ようになる。 許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n=a$ 内部欠陥 $2a_o=2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o=a$ 内部欠陥 $2a_o=2a$</p> <p>(3) 許容欠陥寸法の限界 (1)項および(2)項の許容欠陥寸法の限界は次のとおりとする。ただし、炉内構造物は除くものとする。 a. 欠陥深さ 許容欠陥深さは、$a = 0.75t$ 以下とする。a が $0.75t$ を超える場合は $a = 0.75t$ とする。ここで、t は管の厚さである。<u>内部欠陥については aを $2a$に読み替える。</u> b. 欠陥角度 許容欠陥角度は、$2\theta \leq 60^\circ$ とする。 ただし、妥当性が示される場合は本制限を除いてもよい。</p> <p>4.3 許容曲げ応力の算出 周方向欠陥については、<u>以下の式により許容曲げ応力 S_c を求める。</u></p> $S_c = \frac{1}{SF} \left(\frac{P'_b}{Z} - P_e \right) - P_m \left(1 - \frac{1}{Z(SF)} \right) \quad (4)$ <p>ここで、P'_b は(1)式（塑性崩壊時の曲げ応力）を用いて算出する。(1)式および(2)式において、a、θ は評価期間末期における欠陥の予測欠陥寸法 a_f、θ_f から求めなければならない。</p> <p>SF は安全率で、以下の値としなければならない。 許容状態 A および B に対して $SF = 2.77$</p>	<p>P_m = 一次一般膜応力 P_b = 一次曲げ応力 P_e = 熱膨張応力 SF は安全率で 許容状態 A および B に対して $SF=2.77$ 許容状態 C および D に対して $SF=1.39$ Z 係数は 4.1(3)項に従わなければならない。 (1)式、(2)式および(3)式を組み合わせ、応力 P_m、P_b、P_e等を代入することにより、 欠陥深さ a が得られる。さらに a から許容欠陥深さ a_m、a_o は以下ようになる。 許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n=a$ 内部欠陥 $a_o=2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o=a$ 内部欠陥 $a_o=2a$</p> <p>(3) 許容欠陥寸法の限界 (1)項および(2)項の許容欠陥寸法の限界は次のとおりとする。ただし、炉内構造物は除くものとする。 a. 欠陥深さ 許容欠陥深さは、$a = 0.75t$ 以下とする。a が $0.75t$ を超える場合は $a = 0.75t$ とする。ここで、t は管の厚さである。 b. 欠陥角度 許容欠陥角度は、$2\theta \leq 60^\circ$ とする。 ただし、妥当性が示される場合は本制限を除いてもよい。</p> <p>4.3 許容曲げ応力の算出 周方向欠陥については、<u>4.1 項および 4.2 項のかわりに、以下に示す式から許容曲げ応力 S_c を求めてもよい。</u></p> $S_c = \frac{1}{SF} \left(\frac{P'_b}{Z} - P_e \right) - P_m \left(1 - \frac{1}{Z(SF)} \right) \quad (4)$ <p>ここで、P'_b は(1)式（塑性崩壊時の曲げ応力）を用いて算出する。(1)式および(2)式において、a、θ は評価期間末期における欠陥の予測欠陥寸法 a_f、θ_f から求めなければならない。 <u>Z 係数は 4.1(3)項に従わなければならない。</u> SF は安全率で、以下の値としなければならない。 許容状態 A および B に対して $SF = 2.77$</p>

2012年版 (2014年追補までを含む。)

許容状態 C および D に対して $SF = 1.39$
Z 係数は 4.1(3) 項に従わなければならない。

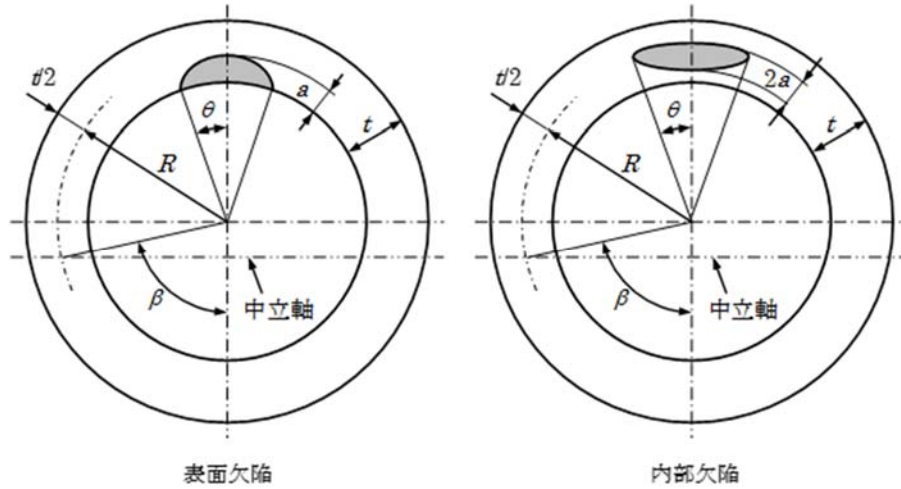


図 添付 E-9-1 周方向欠陥の模式図と記号

2008年版

許容状態 C および D に対して $SF = 1.39$

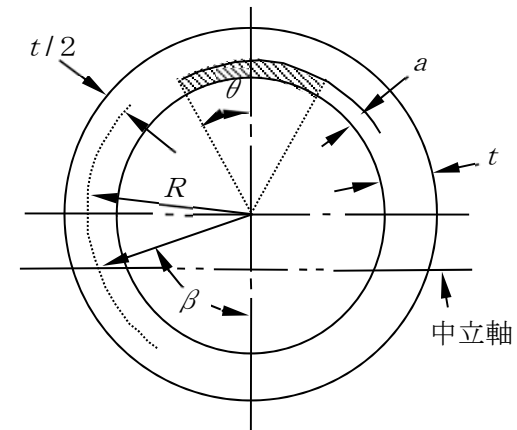


図 添付 E-9-1 周方向欠陥の模式図と記号

別表 1 5 2 パラメータ評価法の規定に関する規定内容の変更点

2012 年版 (2014 年追補までを含む)	2008 年版
<p>添付 E-10 2 パラメータ評価法</p> <p>3. 管の評価の流れ</p> <p>(4) 評価点の座標 (S_r', K_r') の設定</p> <p>評価期間末期における平面欠陥の予測寸法に対し、許容状態 A, B, C および D のそれぞれについて評価点を以下のように求める。</p> <p>周方向欠陥については、一次膜応力 P_m、一次曲げ P_b および熱膨張応力 P_e に対する評価点の座標 (S_r', K_r') を求める。軸方向欠陥については、内圧 p に対する評価点の座標 (S_r', K_r') を求める。求めた座標が FAC の上側にある場合、S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。</p> <p>4. 管の評価方法</p> <p>4.1 管の破壊評価曲線の設定</p> <p>(略)</p> <p>(2) 上記(1)の破線評価曲線を適用できない場合</p> <p>(略)</p> <p>a. 周方向欠陥</p> <p>(略)</p> <p>J_e および J_p は J のそれぞれ弾性成分および塑性成分で、(4)式および(5)式、または有限要素法等妥当であることを示すことのできる方法で求めなければならない。</p> $J_e = f_b \frac{M^2}{\pi R^4 t E'} \quad (4)$ $J_p = \alpha \sigma_0 \varepsilon_0 t H_b \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_0} \right)^{n+1} \quad (5)$ $\sigma_b = \frac{M}{\pi R^2 t}$ <p>(略)</p> <p>b. 軸方向欠陥</p> <p>(略)</p> <p>(削除)</p>	<p>添付 E-10 2 パラメータ評価法</p> <p>3. 管の評価の流れ</p> <p>(4) 評価点の座標 (S_r', K_r') の設定</p> <p>評価期間末期における平面欠陥の予測寸法に対し、許容状態 A, B, C および D のそれぞれについて評価点を以下のように求める。</p> <p>周方向欠陥については、一次膜応力 P_m、一次曲げ P_b および熱膨張応力 P_e に対する評価点の座標 (S_r', K_r') を求める。軸方向欠陥については、内圧 p に対する評価点の座標 (S_r', K_r') を求める。求めた座標が FAC の上側および限界荷重のカットオフを超える場合、S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。</p> <p>4. 管の評価方法</p> <p>4.1 管の破壊評価曲線の設定</p> <p>(略)</p> <p>(2) 上記(1)の破線評価曲線を適用できない場合</p> <p>(略)</p> <p>a. 周方向欠陥</p> <p>(略)</p> <p>J_e および J_p は J のそれぞれ弾性成分および塑性成分で、(4)式および(5)式、または有限要素法等妥当であることを示すことのできる方法で求めなければならない。</p> $J_e = f_b \frac{M^2}{\pi R^4 t E'} \quad (4)$ $J_p = \alpha \sigma_0 \varepsilon_0 H_b \left(\frac{\sigma_b}{\sigma_0} \right)^{n+1} \quad (5)$ $\sigma_b = \frac{M}{\pi R^2 t}$ <p>(略)</p> <p>b. 軸方向欠陥</p> <p>(略)</p> <p>なお、(4)式および(5)式を用いる場合には、き裂深さ a と管の厚さ t との比およびき裂角度 θ/π は以下の範囲でなければならない。</p> $0.1 \leq a/t \leq 0.8$

5. 炉内構造物の評価の流れ

(略)

(4) 評価点の座標 (S_r' , K_r') の設定

評価期間末期における平面欠陥の予測寸法に対し、許容状態A, B, CおよびDのそれぞれについて評価点を以下のように求める。

周方向欠陥について、一次膜応力 P_m に対する評価点の座標 (S_r' , K_r') を求める。求めた座標がFACの上側にある場合、 S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。

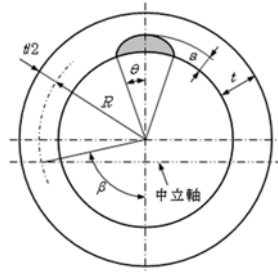
6.3 炉内構造物の評価点の座標 (S_r' , K_r')

(略)

b. 座標 K_r' は次式で与えられる。

(略)

SF は表添付 E-10-3 に示すとおりとする。



(1) 周方向欠陥

$$0.05 < \theta/\pi \leq 0.7$$

また(4)式、(5)式の適用において、厚さ t に対し、 $R/t=10$ となるように、 R を補正するとともに、応力が等しくなるよう荷重を補正しなければならない。

5. 炉内構造物の評価の流れ

(略)

(4) 評価点の座標 (S_r' , K_r') の設定

評価期間末期における平面欠陥の予測寸法に対し、許容状態A, B, CおよびDのそれぞれについて評価点を以下のように求める。

周方向欠陥について、一次膜応力 P_m に対する評価点の座標 (S_r' , K_r') を求める。求めた座標がFACの上側および限界荷重のカットオフを超える場合、 S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。

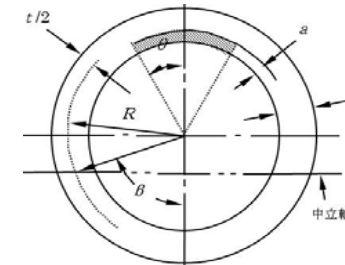
6.3 炉内構造物の評価点の座標 (S_r' , K_r')

(略)

b. 座標 K_r' は次式で与えられる。

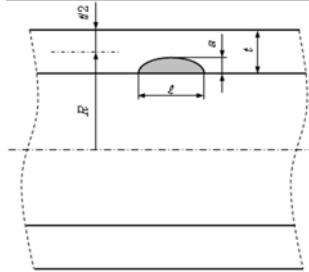
(略)

SF は表添付 E-10-3 に示すとおりとする。



(1) 周方向欠陥

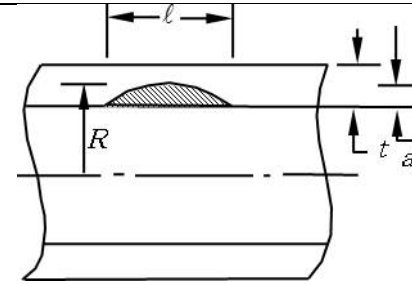
2012年版 (2014年追補までを含む)



(2) 軸方向欠陥

図 添付E-10-1 欠陥形状の模式図と記号

2008年版



(2) 軸方向欠陥

図 添付E-10-1 欠陥形状

別表 1 6 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定に関する規定内容の変更点

2012年版 (2014年追補までを含む)	2008年版
<p>添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定</p> <p>2. 記号の定義 (略) E : 使用温度における縦弾性係数</p> <p>3. 破壊靱性 弾塑性破壊靱性 J_{Ic} は、下記に従い決定しなければならない。</p> <p>3.1 周方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (略)</p> <p>(3) シャルピー吸収エネルギー (CVN) と破壊靱性 J_{Ic} との相関式を用いて、破壊靱性 J_{Ic} に変換する。</p> <p>a. クラス 1 配管の場合 使用温度が 20°C 以上では、下記の式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する。 $J_{Ic} = 1.296 CVN \quad (1)$ ここに、J_{Ic} : kJ/m² CVN : J なお、CVN は同ヒート材のデータまたは同等材の CVN の下限値である。</p> <p>b. クラス 2 およびクラス 3 配管の場合 下記の式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する。 $J_{Ic} = \frac{0.91(0.54CVN + 55)^2}{E} \quad (2)$ ここに、J_{Ic} : kJ/m² CVN : J E : GPa なお、CVN は同ヒート材のデータまたは同等材の CVN の下限値である。</p> <p>(4) クラス 1 配管においては、(1)、(2) または (3) によらない場合には、表添付 E-12-1 から求めなければならない。ここに、適用可能な材料としては、設計・建設規格または材料規格に規定されるクラス 1 配管に使用する JIS 規格のフェライト鋼とする。</p> <p>3.2 軸方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (略)</p> <p>(3) シャルピー吸収エネルギー (CVN) と破壊靱性 J_{Ic} との相関式を用いて、破壊靱性 J_{Ic}</p>	<p>添付 E-12 フェライト鋼管の欠陥評価に用いる破壊靱性 J_{Ic} の規定</p> <p>2. 記号の定義 (略) (なし)</p> <p>3. 破壊靱性 弾塑性破壊靱性 J_{Ic} は、下記に従い決定しなければならない。</p> <p>3.1 周方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (略)</p> <p>(3) 使用温度が 20°C 以上では、シャルピー吸収エネルギー (CVN) より、下記の式を用いて破壊靱性 J_{Ic} に変換する。 $J_{Ic} = 1.296 \cdot CVN \quad (1)$ ここに、J_{Ic} : kJ/m² CVN : J なお、CVN は同ヒート材のデータまたは同等材の CVN の下限値である。</p> <p>(3) (1)、(2) または (3) によらない場合には、表添付 E-12-1 から求めなければならない。ここに、適用可能な材料としては、設計・建設規格 (JSME S NC1-2001) の付録材料図表 Part 1 に規定されるクラス 1 配管に使用する JIS 規格のフェライト鋼とする。</p> <p>3.2 軸方向欠陥に対する弾塑性破壊靱性 (略)</p> <p>(3) シャルピー吸収エネルギー (CVN) と破壊靱性 J_{Ic} との相関式を用いて、破壊靱性 J_{Ic} に変換する。</p>

2012年版 (2014年追補までを含む)	2008年版																														
<p>に変換する。</p> <p>a. <u>クラス1配管の場合</u> <u>使用温度が20℃以上では、(1)式を用いて破壊靭性 J_{Ic} に変換する。</u> なお、CVNは同ヒート材のデータまたは同等材の CVN の下限値である。</p> <p>b. <u>クラス2およびクラス3配管の場合</u> <u>(2)式を用いて破壊靭性 J_{Ic} に変換する。</u> なお、CVNは同ヒート材のデータまたは同等材の CVN の下限値である。</p> <p>(4) <u>クラス1配管においては、(1)、(2)または(3)によらない場合には、表添付E-12-2から求めなければならない。ここに、適用可能な材料としては、設計・建設規格または材料規格に規定されるクラス1配管に使用する JIS 規格のフェライト鋼とする。</u></p>	<p>なお、CVNは同ヒート材のデータまたは同等材のCVNの下限値である。</p> <p>(4) (1)、(2)および(3)によらない場合には、表添付E-12-2から求めなければならない。ここに適用可能な材料は、設計・建設規格(JSME S NC1-2001)の付録材料図表 Part 1に規定されるクラス1配管に使用するJIS規格のフェライト鋼とする。</p>																														
<p>表 添付 E-12-1 周方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靭性 J_{Ic}</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象材料</th> <th>使用温度 T (°C)</th> <th>弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料</td> <td>T ≥ 20</td> <td>134</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10 ≤ T < 20</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料</td> <td>T ≥ 40</td> <td>114</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10 ≤ T < 40</td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table>	対象材料	使用温度 T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)	グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20	134		10 ≤ T < 20	109	グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40	114		10 ≤ T < 40	64	<p>表 添付 E-12-1 周方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靭性 J_{Ic}</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象材料</th> <th>使用温度 T (°C)</th> <th>弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料</td> <td>T ≥ 20℃</td> <td>134</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10℃ ≤ T < 20℃</td> <td>109</td> </tr> <tr> <td>グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料</td> <td>T ≥ 40℃</td> <td>114</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10℃ ≤ T < 40℃</td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table>	対象材料	使用温度 T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)	グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20℃	134		10℃ ≤ T < 20℃	109	グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40℃	114		10℃ ≤ T < 40℃	64
対象材料	使用温度 T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)																													
グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20	134																													
	10 ≤ T < 20	109																													
グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40	114																													
	10 ≤ T < 40	64																													
対象材料	使用温度 T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)																													
グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20℃	134																													
	10℃ ≤ T < 20℃	109																													
グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40℃	114																													
	10℃ ≤ T < 40℃	64																													
<p>表 添付 E-12-2 軸方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靭性 J_{Ic}</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象材料</th> <th>使用温度T (°C)</th> <th>弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料</td> <td>T ≥ 20</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10 ≤ T < 20</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料</td> <td>T ≥ 40</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10 ≤ T < 40</td> <td>31</td> </tr> </tbody> </table>	対象材料	使用温度T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)	グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20	67		10 ≤ T < 20	54	グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40	57		10 ≤ T < 40	31	<p>表 添付 E-12-2 軸方向欠陥に用いるフェライト鋼管の弾塑性破壊靭性 J_{Ic}</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象材料</th> <th>使用温度T (°C)</th> <th>弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料</td> <td>T ≥ 20℃</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10℃ ≤ T < 20℃</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料</td> <td>T ≥ 40℃</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10℃ ≤ T < 40℃</td> <td>31</td> </tr> </tbody> </table>	対象材料	使用温度T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)	グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20℃	67		10℃ ≤ T < 20℃	54	グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40℃	57		10℃ ≤ T < 40℃	31
対象材料	使用温度T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)																													
グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20	67																													
	10 ≤ T < 20	54																													
グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40	57																													
	10 ≤ T < 40	31																													
対象材料	使用温度T (°C)	弾塑性破壊靭性 J_{Ic} (kJ/m ²)																													
グループ1材 STS410, STS480, SFVC2B, SGV410 SGV480, GTAW, SMAW, SAWによる溶接金属及び上部棚となる下限の温度が20℃以下の材料	T ≥ 20℃	67																													
	10℃ ≤ T < 20℃	54																													
グループ2材 STPT480およびグループ1材以外の材料	T ≥ 40℃	57																													
	10℃ ≤ T < 40℃	31																													

日本機械学会 維持規格 2012 年版、2013 年追補及び 2014 年追補における維持規格 2008 年版からの変更点一覧（補修章除く）

変更点の分類：

- ① 記載の適正化のための変更（用語の統一、表現の明確化、題目の修正、条項番号の変更、単位換算の見直し、記号の変更）
- ② 引用されている規格の引用年版等の変更（年版改正の反映、新たな規格の反映）
- ③ 国内外の知見の反映等（国内外における試験研究成果の反映等）
- ④ 技術評価の対象外

No.	規定番号	変更内容	分類
A 総則			
1	A-2300 引用規格	・引用規格を追加 →(3)日本機械学会 発電用原子力設備規格 材料規格 (JSME S NJ1)	③
2	A-5100 共通の用語	・定義に定期事業者検査を追加 →定期事業者検査：原子力発電所が供用期間中において電気事業法第 5 5 条に基づき発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令に適合していることを定期的に確認・評価する行為をいう。ただし、本規格では、実施の時期を意味して使う場合には、解列～総合負荷性能検査の期間をいう。	④
3	A-5310 標準評価に関する用語	・「最小降伏点」に関する記載の見直し 最小降伏点：設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 9 の最小降伏点。 →最小降伏点：設計・建設規格の最小降伏点，または材料規格の常温最小降伏点。	①
I 検査			
4	IA-1200 適用区分	・補修に係る規定を追加 →ただし、補修・取替後の供用期間中検査については、「RA 補修・取替の一般事項」の規定を適用する。	④
5	IA-2100 供用前検査	・試験の免除規定の見直し (ID-1220, IF-1220 の削除) ・・・本規格における IB-1220, IC-1220, ID-1220 および IF-1220 で体積試験および表面試験を免除された機器を除いて・・・。 →・・・本規格における IB-1220 および IC-1220 で体積試験および表面試験を免除された機器を除いて・・・。 ・システムの温度が 95℃を超える支持構造物について、IF-2500 で定める目視試験を供用前検査として行う規定を明確化	③
6	IA-2110 供用前検査の実施時期	・IA-2110 供用前検査の実施時期を追加し、(1)に建設時の供用前検査の実施時期を規定した。また、IA-2100 の(2)を IA-2110 の(3)に同じく(3)を(2)に移動した。	③
7	IA-2210(2) 供用期間中検査の	・供用期間中検査の実施時期を見直し IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は、試験対象機器に接近可能な場合、IA-2210(1)の規定に	③

No.	規定番号	変更内容	分類
	実施時期	かかわらず、 <u>通常の定期事業者検査期間に先立って行ってもよい。</u> → IC, ID, IE および IF で規定する供用期間中検査は、試験対象機器に接近可能な場合、IA-2210(1)の規定にかかわらず、 <u>定期事業者検査期間以外の時期に行ってもよい。</u>	
8	IA-2310 検査間 隔	・ (1)a の検査間隔の起算日を明確化 a. 第 1 回目の検査間隔は、発電所の <u>商業運転開始後 10 年間</u> とする。 → a. 第 1 回目の検査間隔は、発電所の <u>商業運転開始日またはそれ以前の起算日から 10 年間</u> とする。	③
9	IA-2320 検査プ ログラム(1)	・ 検査プログラムの移行における旧規格の記載見直し なお、 <u>他規程に基づく供用期間中検査から、本規格に基づく検査プログラムに移行する場合は添付 I-2 に従ってもよい。</u> → なお、 <u>本規格発行以前の維持規格（「維持規格（旧年版）」）に基づく検査プログラムから、本規格に基づく検査プログラムに移行する場合は添付 I-2 に従ってもよい。</u>	③
10	IA-2320 検査プ ログラム(3)	・ 第 2 回目以降の検査間隔における試験順序を見直し (3) 第 2 回目以降の検査間隔においては、原則として最初の検査間隔で設定した試験順序に従って繰り返し試験しなければならない。 → (3) 第 2 回目以降の検査間隔においては、原則として最初の検査間隔で設定した試験順序に従って繰り返し試験しなければならない。 <u>ただし、IA-2320(1)の規定に従ったうえで、検査時期および試験順序を変更してもよい。なお、この場合には当該機器（または試験部位）における前回の試験とその後の試験との間隔（試験の間隔）は、13 年（クラス 1 機器で第 4 検査間隔以降に実施した試験について次検査間隔で試験順序を変更する場合は 10 年）を超えてはならない。（解説 IA-2320-4）</u> <u>また、IA-2310(4)を適用する場合には、同規定に従い延長された年数を加えた年数とする。</u>	③
11	IA-2320 検査プ ログラム(4)	・ 弁及びポンプの検査間隔 7 年以降の定点サンプリング変更の規定を追加 (4) 検査可能なすべての範囲に対する試験を規定していない部位については、原則として前回の検査間隔中に試験を行った部位に対し試験を行う定点サンプリング方式としなければならない。 → (4) ……。 <u>ただし、弁およびポンプの場合、検査間隔が 10 年から 7 年に変わった以降については、類似の箇所を含めて損傷事例がない場合に限り、同一型式、同一設計、同一環境、同一運転履歴等類似した条件の他の機器にて試験を実施してもよい。</u>	③
12	IA-2320 検査プ ログラム(6)	・ 検査間隔が 7 年以降に、試験部位が増加した場合の検査プログラム変更方法の明確化 → (6) 供用期間中に機器や溶接継手等が追加され、検査プログラム中の試験部位が増加した場合の試験計画は、 <u>検査間隔および検査時期に応じて、次によらなければならない。</u> a., b. <u>検査間隔が 10 年間の場合であって、</u> ・・ c. <u>検査間隔が 10 年間の場合であって、機器や溶接継手等が検査間隔の第 3 検査時期に追加された場合、</u>	③

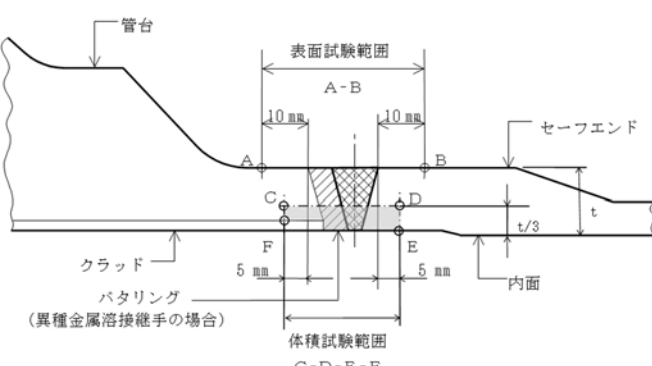
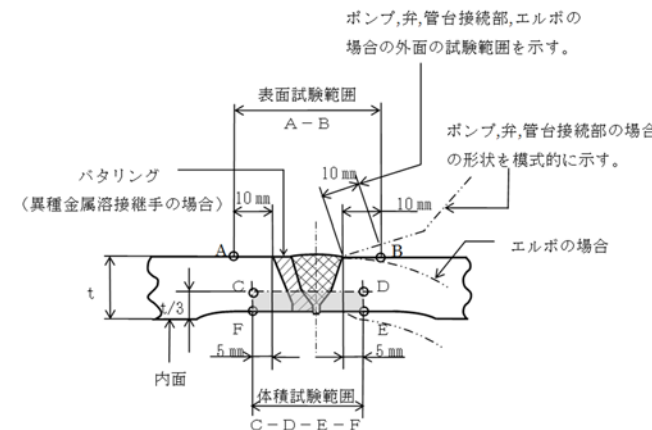
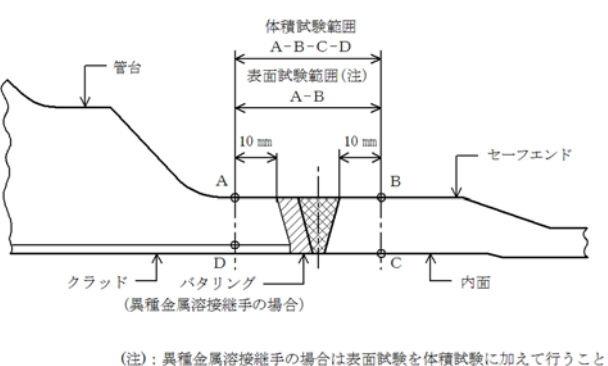
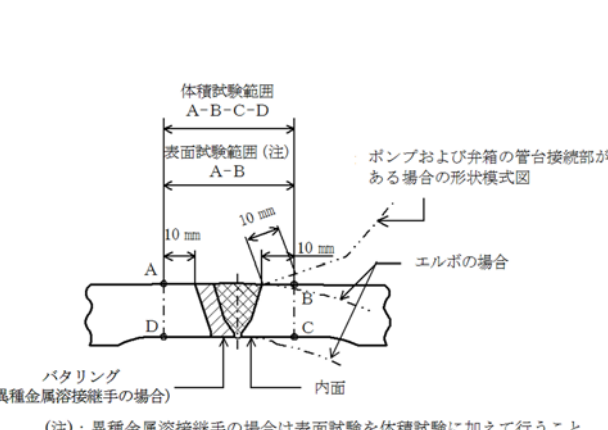
No.	規定番号	変更内容	分類
		次の検査間隔から IA-2320(1) または IA-2320(5) に従って試験しなければならない。 <u>d. 検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第1検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された検査程度の少なくとも33%について、該当する試験カテゴリおよび項目番号で要求された試験を、その検査間隔の第2検査時期に行わなければならない。</u> <u>e. 検査間隔が7年間の場合であって、検査間隔の第2検査時期に機器や溶接継手等が追加された場合、次の検査間隔から IA-2320(5) に従って試験しなければならない。</u>	
13	IA-2320 検査プログラム(7)	・試験箇所が2箇所の場合の試験量の算出除外を追記 →なお、この場合、試験量(%)の算出においては当該試験箇所を除外してもよい。	③
14	IA-2320 検査プログラム(7)	・表現の見直し 個 → 箇所	①
15	IA-2520 目視試験(1)a.	・表現の見直し ルクス→lx ・同等の表面において確認できることを追加 → なお、VT-1 試験、VT-2 試験および VT-3 試験において、試験対象部または同等の表面において・・・	③
16	IA-2520 目視試験(1)b.	・モニタ使用時の確認事項を追加 →モニタを使用する場合には、縦横両方向で判別能力の確認を行わなければならない。	③
17	IA-2520 目視試験(1)b.	・同等の内容を具体的な記載に変更 遠隔目視試験は、 <u>その欠陥の判別能力が直接目視試験と同等以上である場合は、直接目視試験の代替として適用してもよい。</u> →遠隔目視試験は、IA-2520(1)a. の直接目視試験の要求を満足できる場合は、直接目視試験の代替として適用してもよい。	①
18	IA-2520 目視試験	・項目(2)を追加 ((1)を付番) → (2) IB, IC, ID, IE および IF の各章で規定する標準検査においては、目視試験対象の接近可能な表面(溶接継手を含む)全てを対象とする。ただし、IG 章で規定する標準検査の場合については IG-2500 の規定、IJB, IJG 章で規定する個別検査の場合については、IJB-2500, IJG-2500 の規定による。	③
19	IA-2521 VT-1 試験(1)	・評価に関する記載を削除 (1) VT-1 試験は、機器表面について摩耗、き裂、腐食、浸食等の強度に影響を与える恐れのある異常を検出するために行う試験とする。 →(1) VT-1 試験は、機器表面について摩耗、き裂、腐食、浸食等の異常を検出するために行う試験とする。	③
20	IA-2521 VT-1 試験(2)	・誤記訂正 直接目視試験における眼から試験対象部の表面までの距離は 600mm 以下→600mm 以内	①

No.	規定番号	変更内容	分類
21	IA-2521 VT-1 試験(3)	・項目(3)を追加 →(3) 遠隔目視試験におけるカメラ等の光学装置から試験対象部の表面までの距離および試験対象部に対する角度は、IA-2520(1)b.の規定が満足できる範囲以内としなければならない。	③
22	IA-2522 VT-2 試験(3)	・項目(3)を追加 →(3) 遠隔目視試験におけるカメラ等の光学装置から試験対象部の表面までの距離は、IA-2520(1)b.の規定が満足できる範囲以内としなければならない。	③
23	IA-2523 VT-3 試験(2)	・記載部分の構成変更 項目(3)の記載事項→項目(2)の後半部分に記載 遠隔目視試験にて・・・→遠隔目視試験における・・・	①
24	IA-2523 VT-3 試験(3)	・記載部分の構成変更 項目(2)の後半部分の記載事項→項目(3)に記載 「直接目視試験における眼から試験対象部の・・・」	①
25	IA-2523 VT-3 試験(4)	・項目(4)を追加 →(4) 遠隔目視試験におけるカメラ等光学装置から試験対象部までの距離は、IA-2520(1)b.の規定が満足できる範囲以内としなければならない。	③
26	IA-2524 VT-4 試験(1)	・評価に関する記載を削除 ・格納容器の構造健全性あるいは気密性のいずれかに影響を与える恐れのある構造上の劣化・・・ →・・・格納容器の構造上の劣化・・・	③
27	IA-2525 MVT-1 試験(1)	・適用範囲の見直し 炉内構造物→機器	③
28	IA-2525 MVT-1 試験(2)	・視認性確認方法にノッチの識別を追加 (2) MVT-1 試験では、0.025 mm 幅のワイヤの識別ができることを確認しなければならない。 →(2) MVT-1 試験では、0.025 mm 幅のワイヤ <u>あるいはこれと同等の視認性を有するノッチ</u> の識別ができることを確認しなければならない。	③
29	IA-2530 表面試験	・表面試験としての渦流探傷試験を追加	③
30	IA-2533 渦流探傷試験	・渦流探傷試験要領を新規追加 JEAG 4217-2010「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」	③
31	IA-2542 超音波探傷試験	・年版改正反映 JEAG4207-2004→JEAC4207-2008「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」	②
32	IA-2543 渦流探傷試験	・年版改正反映 JEAG4208-2005→JEAG 4208-2012「軽水型原子力発電所用蒸気発生器伝熱管の供用期間中検査における渦流探	②

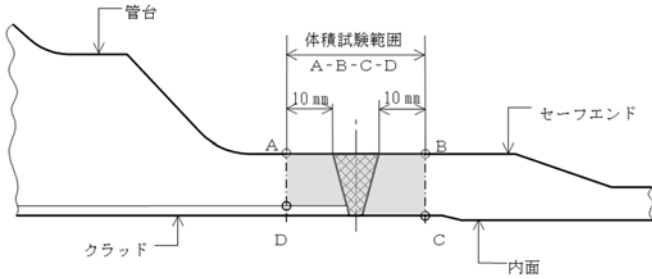
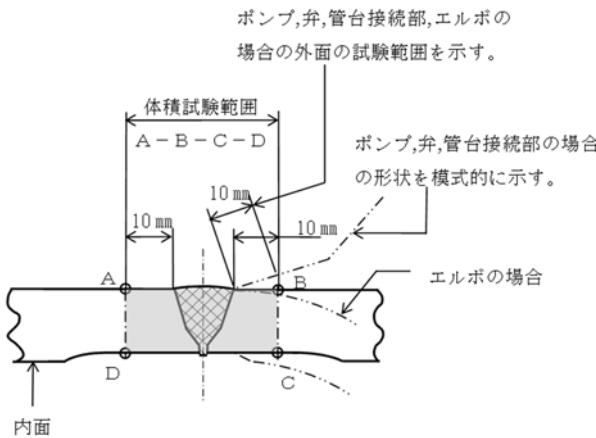
No.	規定番号	変更内容	分類
		傷試験指針	
33	IA-3210 試験圧力および試験温度(3)	<ul style="list-style-type: none"> ・保持方法見直し (3) 系の漏えい試験の試験圧力および試験温度は、IA-3350の規定を適用する場合を除いて、<u>原則として目視試験中、一定に保持しなければならない。</u> →(3) 系の漏えい試験の試験圧力および試験温度は、IA-3350の規定を適用する場合を除いて、<u>原則として目視試験中、規定された試験圧力および試験温度を下回らないように保持しなければならない。</u> 	③
34	IA-3210(6) 試験圧力および試験温度	<ul style="list-style-type: none"> ・項目(6)を削除 (6) 系の漏えい試験温度は、「設計・建設規格」に定められるフェライト鋼の破壊靱性要求に基づき決定しなければならない。 	③
35	IB-3210 試験圧力および試験温度	<ul style="list-style-type: none"> ・題目の変更 「～および試験温度」を追加した。 	①
36	IB-3210(3) 試験圧力および試験温度	<ul style="list-style-type: none"> ・項目(3)を追加 →(3) 原子炉圧力容器の系の漏えい試験における試験温度は、JEAC4206-2007「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」FB-4100に従わなければならない。その際、附属書AにあってはA-3220を用いなければならない。(解説 IB-3210-1) 	③
37	IB-3210(4) 試験圧力および試験温度	<ul style="list-style-type: none"> ・項目(4)を追加 →(4) 原子炉圧力容器以外のクラス1機器の系の漏えい試験における試験温度は、設計時または建設時に定めた機器の最低使用温度以上としなければならない。なお、全てオーステナイト系ステンレス鋼で製作された系または部分を試験する場合は試験温度を制限しない。(解説 IB-3210-1) 	③
38	IB-3210 試験圧力および試験温度(5)	<ul style="list-style-type: none"> ・項目(5)を追加 →(5) 原子炉圧力容器とその他のクラス1機器と一体で系の漏えい試験を行う場合の試験温度は、(3)と(4)でそれぞれ要求される試験対象機器の試験温度のうちで最も高い温度以上としなければならない。 	③
39	IB-3230 (試験温度)	<ul style="list-style-type: none"> ・系の漏えい試験の試験温度の記載はIB-3210 試験圧力および試験温度に移行したため削除 IB-3230 試験温度 (1)試験温度は、・・・ 	①
40	IC-3230 試験温度	<ul style="list-style-type: none"> ・表現の見直し (1) <u>フェライト鋼材料の機器を含む系統の漏えい試験時における試験温度は、設計・建設規格に定められるフェライト鋼材料の破壊靱性要求事項を満足する最低使用温度以上となるように設定しなければならない。</u> →(1) 系の漏えい試験における試験温度は、設計時または建設時に定めた機器の最低使用温度以上としなければならない。なお、全てオーステナイト系ステンレス鋼で製作された系または部分を試験する場合は試 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
		<p>験温度を制限しない。</p> <p>(3) 削除 ((1) 及び解説 IC-3230-1 に記載場所変更)</p> <p>(3) 全てがオーステナイト系ステンレス鋼で作られている機器で構成されている系統については、破壊靱性が充分高いため、試験温度の制限はない。</p>	
41	ID-3230 試験温度	<p>・表現の見直し</p> <p>(1) <u>フェライト鋼材料の機器を含む系統の漏えい試験時における試験温度は、設計建設規格に定められるフェライト鋼材料の破壊靱性要求事項を満足する最低使用温度以上となるように設定しなければならない。</u></p> <p>→(1) 系の漏えい試験における試験温度は、設計時または建設時に定めた機器の最低使用温度以上としなければならない。なお、<u>全てオーステナイト系ステンレス鋼で製作された系または部分を試験する場合は試験温度を制限しない。</u></p> <p>(3) 削除 ((1) 及び解説 ID-3230-1 に記載場所変更)</p> <p>(3) 全てがオーステナイト系ステンレス鋼で作られている機器で構成されている系統については、破壊靱性が充分高いため、試験温度の制限はない。</p>	③
42	IF-1000 適用範囲および試験対象支持構造物	<p>・題目の見直し</p> <p>試験対象機器→試験対象支持構造物</p>	③
43	IF-1200 試験対象支持構造物	<p>・題目の見直し</p> <p>試験対象機器→試験対象支持構造物</p>	③
44	IF-1210 試験対象支持構造物	<p>・記載の適正化</p> <p>IF に定める試験の対象となる支持構造物は、管、ポンプおよび弁の支持構造物とする。</p> <p>→IF に定める試験の対象となる支持構造物は、<u>容器、管、ポンプおよび弁の支持構造物とする。</u></p>	③
45	IF-1210 試験対象支持構造物	<p>・題目の見直し</p> <p>試験対象機器→試験対象支持構造物</p> <p>対象となる機器→対象となる支持構造物</p>	③
46	IF-1220 試験免除支持構造物	<p>・題目の見直し、記載の適正化</p> <p>試験免除機器→試験免除支持構造物</p> <p>支持構造物の機器は→支持構造物は</p>	③
47	IF-1300 支持構造物の範囲	<p>・なお書きを削除</p> <p>支持構造物の範囲は、「設計・建設規格」に定める支持構造物の範囲とする。</p> <p>なお、<u>クラス3機器の支持構造物の範囲は、クラス2機器の支持構造物の範囲に準ずるものとする。</u></p>	③
48	IJG-2510 試験	<p>・項目(2)に未検査範囲の場合を追加</p>	③

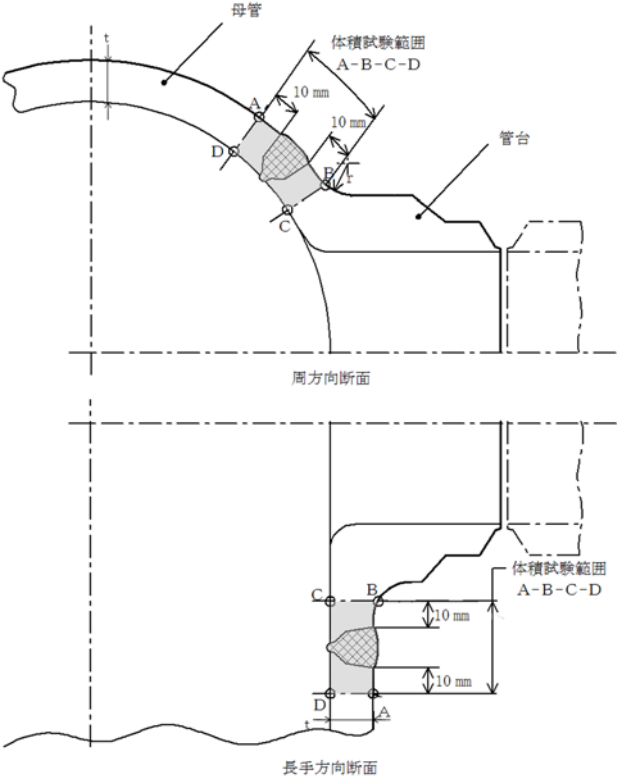
No.	規定番号	変更内容	分類
	実施時期	(2)前項(1)で実施した試験において欠陥指示または特異な状態が確認された場合、次回以降の試験の実施時期は、・・・。 →(2)前項(1)で実施した試験において欠陥指示または特異な状態が確認された場合、 <u>および試験程度のうち有効範囲として扱われない範囲がある場合には、</u> 次回以降の試験の実施時期は、・・・。	
49	図 IB-2500-17 セーフエンドまたは管の同種および異種金属溶接継手	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図 IB-2500-17-1, 図 IB-2500-17-2 及び図 IB-2500-17-3 に分割 ・ 図 IB-2500-17-1 で、体積試験範囲 ABCD→体積試験範囲 CDEF ・ 図 IB-2500-17-2 で、体積試験範囲 ABCD→体積試験範囲 CDEF ・ 図 IB-2500-17-3 で、表面試験範囲（注）A-B 及び（注）書きを削除、（体積試験のみ行う場合）を追加 	③

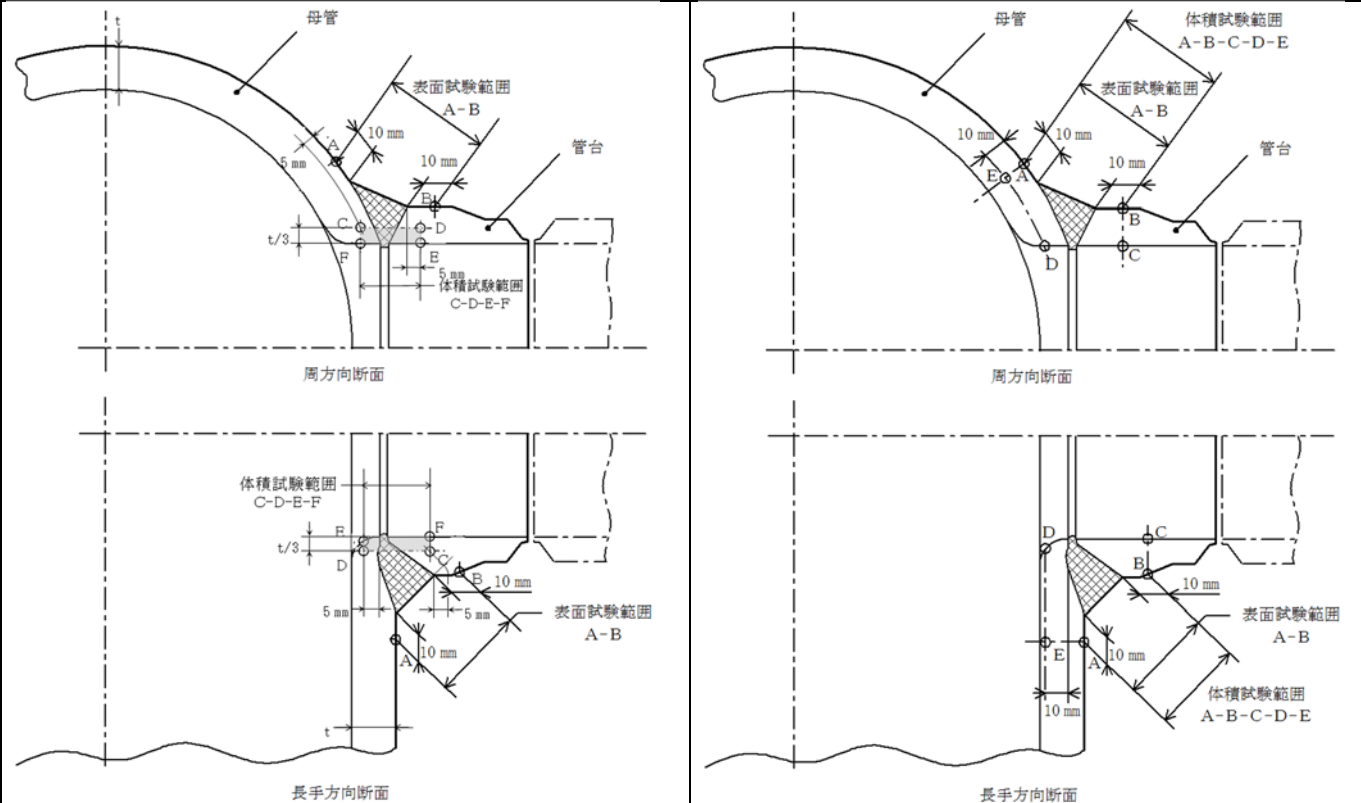
No.	規定番号	変更内容	分類
		 <p>(1) セーフエンドの溶接継手</p> <p>ポンプ,弁,管台接続部,エルボの場合の外面の試験範囲を示す。</p>  <p>(2) 管の溶接継手</p> <p>図 IB-2500-17-1</p>	 <p>(1) セーフエンドの溶接継手</p> <p>(注)：異種金属溶接継手の場合は表面試験を体積試験に加えて行うこと</p>  <p>(2) 管の溶接継手</p> <p>図 IB-2500-17</p>

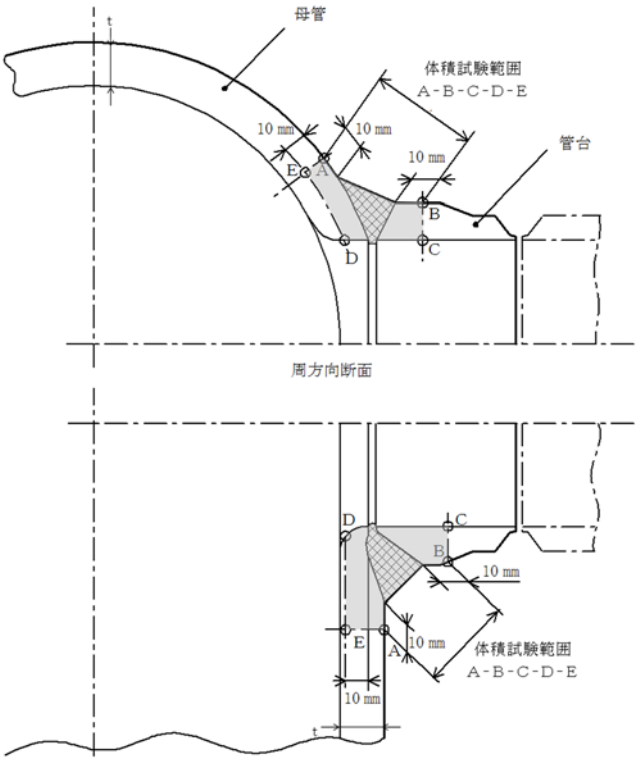
No.	規定番号	変更内容	分類
		<div data-bbox="562 268 1223 630" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="712 635 1088 667">(1) セーフエンドの溶接継手</p> <p data-bbox="853 711 1126 767">ポンプ,弁,管台接続部,エルボの場合の外面の試験範囲を示す。</p> <div data-bbox="562 772 1223 1230" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="781 1235 1021 1267">(2) 管の溶接継手</p> <p data-bbox="792 1310 1010 1342">図 IB-2500-17-2</p>	

No.	規定番号	変更内容	分類
		 <p>(1) セーフエンドの溶接継手</p>  <p>(2) 管の溶接継手 図 IB-2500-17-3</p>	

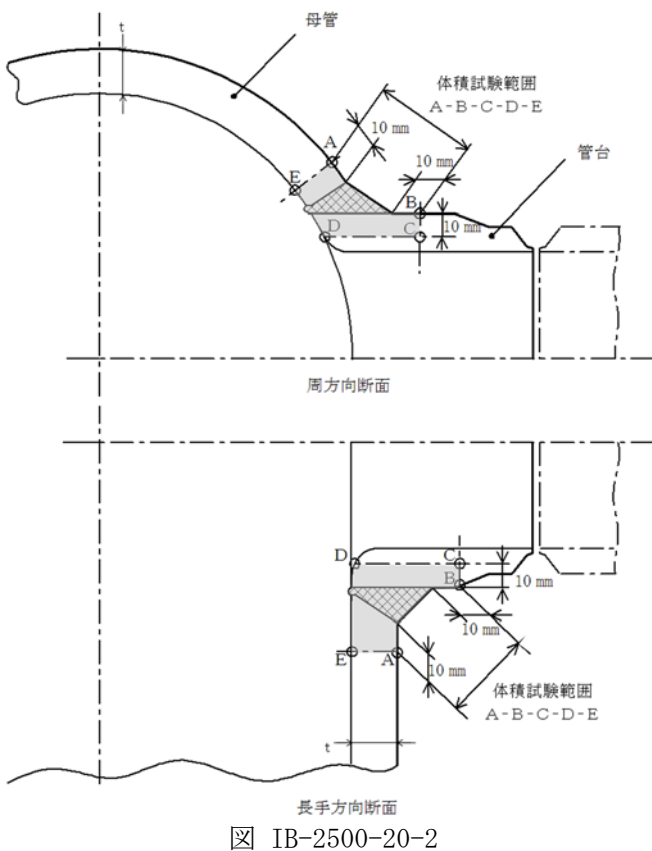
No.	規定番号	変更内容	分類
50	図 IB-2500-18 母管と管台との 溶接継手	<ul style="list-style-type: none"> 図 IB-2500-18-1 及び図 IB-2500-18-2 に分割 図 IB-2500-18-1 で、体積試験範囲 ABCD→体積試験範囲 CDEF 及び表面試験範囲 A-E→表面試験範囲 A-B に変更、並びに（体積および表面試験を行う場合）を追加 図 IB-2500-18-2 で、表面試験範囲 A-E を削除及び（体積試験のみ行う場合）を追加 <p data-bbox="683 1236 1187 1257">注：試験体積 C-D-E-F は、図 IB-2500-17-1 および 17-2 に準じる。</p> <p data-bbox="801 1265 1012 1289">図 IB-2500-18-1</p> <p data-bbox="1489 1270 1675 1294">図 IB-2500-18</p>	③

No.	規定番号	変更内容	分類
		 <p>The drawing illustrates a pipe-to-plate joint. The top part is a circumferential cross-section labeled '周方向断面' (Circumferential cross-section). It shows a pipe with thickness 't' and a plate with thickness 't'. A shaded area represents the '体積試験範囲 A-B-C-D' (Volume test area A-B-C-D). Points A, B, C, and D are marked on the joint. Dimensions of 10 mm are indicated between points A and B, and between points C and D. The bottom part is a longitudinal cross-section labeled '長手方向断面' (Longitudinal cross-section). It shows the same joint from a different perspective. The shaded test area is again labeled '体積試験範囲 A-B-C-D'. Points A, B, C, and D are marked. Dimensions of 10 mm are indicated between points B and C, and between points D and A. The label '管台' (Pipe support) is also present.</p> <p>☒ IB-2500-18-2</p>	

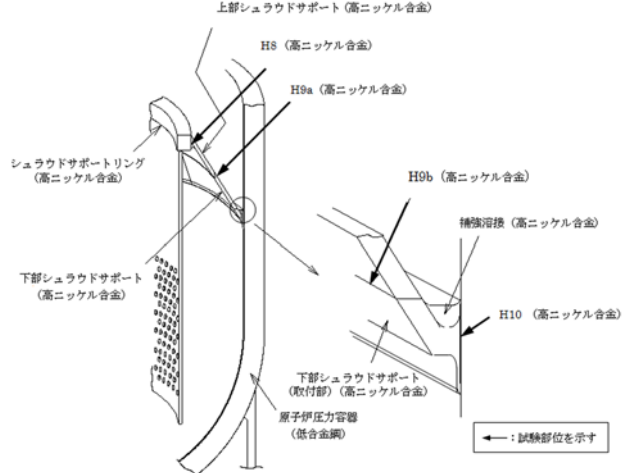
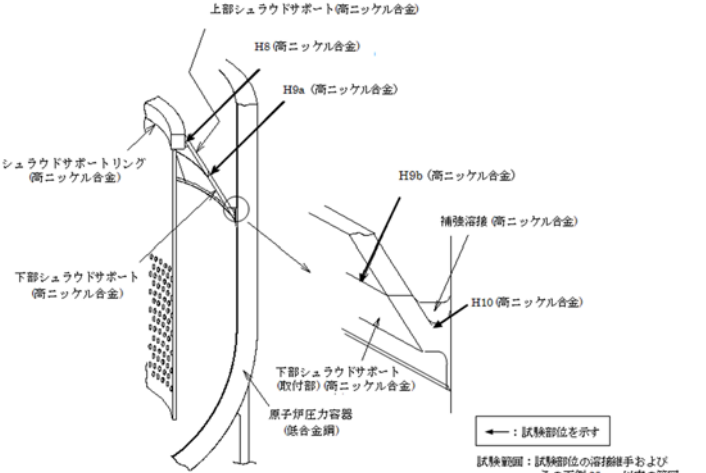
No.	規定番号	変更内容	分類
51	図 IB-2500-19 母管と管台との 溶接継手	<ul style="list-style-type: none"> 図 IB-2500-19-1 及び図 IB-2500-19-2 に分割 図 IB-2500-19-1 で、体積試験範囲 ABCDE→体積試験範囲 CDEF に変更、及び（体積および表面試験を行う場合）を追加 図 IB-2500-19-2 で、表面試験範囲 A-B を削除、及び（体積試験のみ行う場合）を追加  <p>注：試験体積 C-D-E-F は、図 IB-2500-17-1 および 17-2 に準じる。</p> <p>図 IB-2500-19-1</p> <p>図 IB-2500-19</p>	③

No.	規定番号	変更内容	分類
		 <p data-bbox="846 630 943 647">周方向断面</p> <p data-bbox="846 1045 943 1062">長手方向断面</p> <p data-bbox="788 1070 999 1098">☒ IB-2500-19-2</p>	

No.	規定番号	変更内容	分類
52	図 IB-2500-20 母管と管台との 溶接継手	<ul style="list-style-type: none"> 図 IB-2500-20-1 及び図 IB-2500-20-2 に分割 図 IB-2500-20-1 で、体積試験範囲 ABCDE→体積試験範囲 CDEF に変更、及び（体積および表面試験を行う場合）を追加 図 IB-2500-20-2 で、表面試験範囲 A-B を削除、及び（体積試験のみ行う場合）を追加 <p>注：試験体積 C-D-E-F は、図 IB-2500-17-1 および 17-2 に準じる。</p> <p>図 IB-2500-20-1</p> <p>図 IB-2500-20</p>	①

No.	規定番号	変更内容	分類
		 <p>母管</p> <p>体積試験範囲 A-B-C-D-E</p> <p>管台</p> <p>周方向断面</p> <p>長手方向断面</p> <p>図 IB-2500-20-2</p>	

No.	規定番号	変更内容	分類
53	図 IB-2500-27 ポンプケーシングおよび弁本体の溶接継手	・表 IB-2500-11 の変更に伴いポンプケーシングの図を削除	③
54	図 IJB-2500-B-1 中性子計測ハウジング	・ハウジング取付溶接継手の試験範囲の記載を表 IJB-2500-B-1 の注(5)に移動し、接近可能な範囲とすることを追加した。 ・フランジ溶接継手の試験範囲の記載を表 IJB-2500-B-1 の注(6)に移動した。 試験範囲：試験部位の内表面の溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲	③
55	図 IJB-2500-B-2 制御棒駆動ハウジング	・ハウジング取付溶接継手及びスタブチューブ取付け溶接継手の試験範囲の記載を表 IJB-2500-B-2 の注(4)に移動し、接近可能な範囲とすることを追加した。 ・フランジ溶接継手の試験範囲の記載を表 IJB-2500-B-2 の注(5)に移動し、接近可能な範囲とすることを追加した。 試験範囲：試験部位に繋がる RPV 貫通孔周囲及びハウジング外表面のうち接近可能な範囲	③
56	図 IJG-2500-B-1-1 レグ型	・シュラウドサポート溶接継手の試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-1 の注(3)(a)に移動した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲	①
57	図 IJG-2500-B-1-2 ブラケット型	・シュラウドサポート溶接継手の試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-1 の注(3)(a)に移動した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲	①
58	図 IJG-2500-B-1-3 コーン型	・シュラウドサポート溶接継手の試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-1 の注(3)(a)に移動した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲	①
59	図 IJG-2500-B-1-3 コーン型	・下部シュラウドサポート取付部の補強溶接線を示す線を追記	①

No.	規定番号	変更内容	分類
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 IIG-2500-B-1-3 コーン型</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 IIG-2500-B-1-3 コーン型</p> </div> </div>	
60	図 IIG-2500-B-2-1 従来型①	<ul style="list-style-type: none"> ・シュラウド溶接継手の試験範囲の記載を表 IIG-2500-B-2 の注(3)(a)に移動し、機械加工面全面を追加した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲と隣接するリング部の機械加工面全面 	③
61	図 IIG-2500-B-2-2 従来型②	<ul style="list-style-type: none"> ・シュラウド溶接継手の試験範囲の記載を表 IIG-2500-B-2 の注(3)(a)に移動し、機械加工面全面を追加した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲と隣接するリング部の機械加工面全面 	③
62	図 IIG-2500-B-2-3 取替型①	<ul style="list-style-type: none"> ・シュラウド溶接継手の試験範囲の記載を表 IIG-2500-B-2 の注(3)(a)に移動し、機械加工面全面を追加した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲と隣接するリング部の機械加工面全面 	③
63	図 IIG-2500-B-2-4 取替型②	<ul style="list-style-type: none"> ・シュラウド溶接継手の試験範囲の記載を表 IIG-2500-B-2 の注(3)(a)に移動し、機械加工面全面を追加した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲と隣接するリング部の機械加工面全面 	③
64	図 IIG-2500-B-2-5 取替型③	<ul style="list-style-type: none"> ・シュラウド溶接継手の試験範囲の記載を表 IIG-2500-B-2 の注(3)(a)に移動し、機械加工面全面を追加した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲と隣接するリング部の機械加工面全面 	③
65	図 IIG-2500-B-2-6 ABWR 型	<ul style="list-style-type: none"> ・シュラウド溶接継手の試験範囲の記載を表 IIG-2500-B-2 の注(3)(a)に移動し、機械加工面全面を追加した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲と隣接するリング部の機械加工面全面 	③
66	図 IIG-2500-B-4-1 周方向溶接継手	<ul style="list-style-type: none"> ・ジェットポンプ溶接継手の試験範囲の記載を表 IIG-2500-B-4 の注(4)に移動した。 試験範囲：レストレイント構造のレストレイント、ホールドダウンブラケット溶接部のうち近接可能な範囲 	④
67	図 IIG-2500-B-4-1 周方向溶接	<ul style="list-style-type: none"> ・テーパ管の長手継手の線を追記 	④

No.	規定番号	変更内容	分類
	継手		
68	図 IJG-2500-B-4-2 ライザブレースの溶接継手	・ライザブレース溶接継手の試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-4(1/2)の注(4)に移動した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲	④
69	図 IJG-2500-B-4-3 ブラケットとライザ管の溶接継手	・ブラケットとライザ管溶接継手の試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-4(1/2)の注(4)に移動した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲	④
70	図 IJG-2500-B-4-4 ジェットポンプビーム	・ジェットポンプビーム溶接継手の試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-4(2/2)の注(4)に移動した。 試験範囲：ビームは全表面、ウェッジ（ロッドの廻り止め溶接部を含む）、位置決めボルトのブラケット取付部	④
71	図 IJG-2500-B-4-5 ウェッジとライザ管の溶接継手	・ウェッジ、位置決めボルトの試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-4(2/2)の注(8)に移動した。 試験範囲：ビームは全表面、ウェッジ（ロッドの廻り止め溶接部を含む）、位置決めボルトのブラケット取付部	④
72	図 IJG-2500-B-5 試験手順（炉心スプレイ配管／スパージャ）	・炉心スプレイ配管／スパージャ溶接継手の試験範囲の記載を表 IJG-2500-B-5 の注(3)(a)に移動した。 試験範囲：溶接継手及びその両端 25mm 以内の範囲	④
73	表 IB-2500-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<原子炉圧力容器および原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手> ・表の脚注(3)にただし書きを追記 →ただし、代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として、材質、応力条件（溶接残留応力を含む）および環境条件（温度、炉水環境）が工学的に同等であることを確認し、記録しておかなければならない。	③
74	表 IB-2500-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<容器の耐圧部分の溶接継手> ・表の脚注(2)にただし書きを追記 →ただし、代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として、材質、応力条件（溶接残留応力を含む）および環境条件（温度、炉水環境）が工学的に同等であることを確認し、記録しておかなければならない。	③
75	表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験方法	<耐圧部分の異種金属の溶接継手> ・図番の変更	①

No.	規定番号	変更内容	分類
	験部位および試験方法	図 IB-2500-15～17 →図 IB-2500-17-1, 図 IB-2500-16 又は図 IB-2500-15	
76	表 IB-2500-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><耐圧部分の異種金属の溶接継手></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注(2)の表現の見直し (2) フェライト鋼とオーステナイト系ステンレス鋼およびニッケル合金鋼との異種金属溶接継手の周継手とする。 →(2) 表 IB-2500-5 の試験カテゴリ B-F に規定する異種金属溶接継手とは, <ul style="list-style-type: none"> A) フェライト鋼とオーステナイト系ステンレス鋼 B) フェライト鋼と高ニッケル合金 C) オーステナイト系ステンレス鋼と高ニッケル合金の周継手をいう。 	③
77	表 IB-2500-8 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><容器の支持部材取付け溶接継手></p> <ul style="list-style-type: none"> ・表の脚注(3)にただし書きを追記 →ただし, 代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として, 材質, 応力条件(溶接残留応力を含む)および環境条件(温度, 炉水環境)が工学的に同等であることを確認し, 記録しておかなければならない。 	③
78	表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手></p> <ul style="list-style-type: none"> ・図番の変更 ・図 IB-2500-17→図 IB-2500-17-2, -3 ・項目番号 B9.31 で, 図 IB-2500-18～20→図 IB-2500-18-1, -2, 図 IB-2500-19-1, -2 又は図 IB-2500-20-1, -2 ・項目番号 B9.32 で, 図 IB-2500-18～20→図 IB-2500-18-1, 図 IB-2500-19-1 又は図 IB-2500-20-1 ・項目番号 B9.110 で, 図 IB-2500-17→図 IB-2500-17-2, -3 	①
79	表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手></p> <ul style="list-style-type: none"> ・試験方法の変更 体積→体積及び表面 	③
80	表 IB-2500-9 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><管台とセーフエンド, 配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注(6)を追加 →(6) それぞれの試験部位について, 図 IB-2500-17-3, 図 IB-2500-18-2, 図 IB-2500-19-2, 図 IB-2500-20-2 の範囲の体積試験を実施した場合は, 体積試験のみとすることができる。 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
81	表 IB-2500-9 試験カテゴリと 試験部位および 試験方法	<管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手> ・表現の見直し (4) 長手継手の試験の範囲は、試験対象とした周継手との交点から・・・ →長手継手の試験の範囲は、周継手との交点（溶接金属の端部）から・・・	①
82	表 IB-2500-11 試験カテゴリと 試験部位および 試験方法	<ポンプケーシングの耐圧部分の溶接継手、弁本体の耐圧部分の溶接継手> ・項目番号 12.10 及び 12.40 の削除 →項目番号 B12.10 の「ケーシングの溶接継手（B-L-1）」に関する記載内容を削除 →項目番号 B12.40 の「呼び径 100A 以上の弁箱の溶接継手（B-M-1）」に関する記載を削除、ただし、呼び径 100A の表面検査のみ項目番号 12.30 で実施 ・上記に伴う変更 →項目番号 B12.30 の「呼び径 100A 未満」を「呼び径 100A 以下」に変更 →注(1)の記載内容の削除、また、注(1)の削除に伴い注(2)以降を繰上げ →注(2)の「この試験は、」以降の記載内容の削除	③
83	表 IC-2500-1 試験カテゴリと 試験部位および 試験方法	<容器の耐圧部分の溶接継手> ・表の脚注(3)にただし書きを追記 →ただし、代替とした理由および代替として実施する試験程度の妥当性として、材質、応力条件（溶接残留応力を含む）および環境条件（温度、炉水環境）が工学的に同等であることを確認し、記録しておかなければならない。	③
84	表 IC-2500-5 試験カテゴリと 試験部位および 試験方法	<管の耐圧部分の溶接継手> ・表の試験範囲および程度の欄の記載を脚注(6)に移動 周継手の交点から公称厚さの 2.5 倍の範囲 →(6) 長手継手の試験の範囲は、周継手との交点（溶接金属の端部）から測って少なくとも、公称厚さの 2.5 倍の長さとする。	①
85	表 IG-2500-1 試験カテゴリと 試験部位および 試験方法	<沸騰水型原子炉圧力容器内部の構造物・取付け物、加圧水型原子炉容器内部の構造物・取付け物> ・G1.10 の延期を「不可」→「可」へ変更 →G1.10 の検査間隔内での延期を可能とする。 ・注(3)削除と番号の繰上げ →G1.10 の変更に伴う削除 →注(3)削除に伴い注(4)以降の番号を繰上げ	③
86	表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリ	<シュラウドサポート> ・注(3)(a)に「試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲」とする規定を図中から表中に移動し	①

No.	規定番号	変更内容	分類
	と試験部位および試験方法	(b)以降番号繰り下げ	
87	表 IJG-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><シュラウドサポート></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注(3)(d)の欠陥想定部分を削除 → なお、試験を実施しない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。 	③
88	表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><シュラウド></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注(3)(a)に「試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲」とする規定を図中から表中に移動し、さらにリング部の機械加工面全面も範囲とすることを追記し(b)以降番号繰り下げ 	③
89	表 IJG-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><シュラウド></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注(3)(c)の欠陥想定部分を削除 → なお、試験を実施しない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。 	③
90	表 IJG-2500-B-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><ジェットポンプ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注(4)の欠陥想定部分を削除し、試験範囲の規定を図中から表中に移動 (4) <u>各試験実施時期の試験程度は、対象となる全ての試験部位のうちの接近可能な範囲とする。なお、試験程度のうち有効な範囲として扱われない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。</u> →(4) <u>各試験実施時期における試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内とする。試験程度は、対象となる全ての試験部位のうちの接近可能な範囲とする。(解説 表 IJG-2500-B-1-2)</u> 	④
91	表 IJG-2500-B-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><ジェットポンプ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注(8)に試験範囲を追記 (9) <u>各試験実施時期の試験程度は、全ての試験部位のうちの接近可能な範囲とする。</u> →(8) <u>ビームについては全表面、ウェッジ(ロッドの廻り止め溶接部を含む)、位置決めボルトのブラケット取付部を各試験実施時期におけるそれぞれの試験範囲とし、試験程度は、全ての試験部位のうちの接近可能な範囲とする。</u> 	④
92	表 IJG-2500-B-4 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><ジェットポンプ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・(5)を削除し(表中の(5)は(4)に変更)以降の番号を繰り上げ →(5) 各試験実施時期の試験程度は、対象となる全ての試験部位のうちの接近可能な範囲とする。 	④
93	表 IJG-2500-B-	<炉心スプレイ配管/スパージャ>	④

No.	規定番号	変更内容	分類
	5 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<ul style="list-style-type: none"> 注(3)(a)を追記し以降の番号を繰り下げ →(a) 試験範囲は、溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲とする。(解説 表 IJG-2500-B-1-2) 	
94	表 IJG-2500-B-5 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><炉心スプレイ配管/スパージャ></p> <ul style="list-style-type: none"> 注(3)(c)を削除 →(c) 試験を実施しない範囲は、貫通欠陥として扱わなければならない。 	④
95	表 IJB-2500-B-1 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><中性子計測ハウジング></p> <ul style="list-style-type: none"> 注(5), (6)を図中から表中に移動し、(5)に接近可能な範囲とすることを追加 →(5) 試験範囲は、試験部位に繋がる RPV 貫通穴周囲およびハウジング外表面のうち接近可能な範囲とする。 (6) 試験範囲は、試験部位の内表面の溶接継手およびその両側 25 mm 以内の範囲とする。 	③
96	表 IJB-2500-B-2 試験カテゴリと試験部位および試験方法	<p><制御棒駆動ハウジング></p> <ul style="list-style-type: none"> 注(4), (5)を図中から表中に移動し、接近可能な範囲とすることを追加。 	③
97	添付 I-2 検査プログラム適用にあたっての移行措置	<ul style="list-style-type: none"> 「他規程」を削除、本規格の旧年版を追加 旧年版および検査プログラムについて表現見直し <p><u>日本電気協会規程(JEAC4205)に基づいた供用期間中検査から、本規格による検査に移行する場合には、従来の試験範囲、程度および方法等が変更された部分に対しては、本規格の適用開始時点における当該検査間隔中に限り、従来の試験範囲、程度および方法を適用してもよい。</u></p> <p>→本規格の適用開始時点が維持規格(旧年版)の検査プログラムの検査間隔の期間中であり、かつ既に検査実績がある場合には、維持規格(旧年版)での検査プログラムにおける試験範囲、程度および方法を適用してもよい。</p>	③
E 評価			
98	EA-2000 評価の定義	<ul style="list-style-type: none"> 表現の見直し 「検査結果」→「試験結果」に修正 	①
99	EB-1110 評価の流れ(1)	<ul style="list-style-type: none"> 割れ以外のもの及び内部指示についての規定を追加 →ただし、表面試験による指示であって割れ以外のもの、及び体積試験による溶接部内部の指示については、EB-1120の規定に従い評価することができる。 	③
100	EB-1110 評価の	<ul style="list-style-type: none"> 文末の表現修正 	①

No.	規定番号	変更内容	分類
	流れ(1)	<ul style="list-style-type: none"> ・規定に<u>従わなければならない。</u> →<u>・規定に従い評価する。</u> 	
101	EB-1110 評価の流れ(2)	<ul style="list-style-type: none"> ・文末の表現修正 ・規定に<u>従わなければならない。</u> →<u>・規定に従い評価する。</u> 	①
102	EB-1110 評価の流れ(3)	<ul style="list-style-type: none"> ・文末の表現修正 ・規定に<u>従わなければならない。</u> →<u>・規定に従い評価する。</u> 	①
103	EB-1120 試験に対する評価(1)	<ul style="list-style-type: none"> ・ただし書きを削除 →ただし、EB-1200の規定に適合している場合であっても以前の試験結果と比較して有意な差が認められる場合は、その試験結果を記録しなければならない。 	③
104	EB-3030 記号の定義	<ul style="list-style-type: none"> ・誤記訂正 (a_c') 「KがK_{Ia}と等しく～」→「KがK_{Ic}と等しく～」 	①
105	EB-3430 破壊評価法	<ul style="list-style-type: none"> ・誤記訂正 ((1)a. ③⑤) 「K_{Ia}」→「K_{Ic}」 	①
106	EB-3500 評価基準	<ul style="list-style-type: none"> ・誤記訂正 ((2)a. (3)b.) 「K_{Ia}」→「K_{Ic}」 	①
107	EC クラス2機器の欠陥評価	<ul style="list-style-type: none"> ・全面改定。クラス2機器の欠陥評価法を整備 	③
108	ED クラス3機器の欠陥評価	<ul style="list-style-type: none"> ・全面改定。クラス3機器の欠陥評価法を整備 	③
109	EE-1230 漏えい試験	<ul style="list-style-type: none"> ・年版改正反映 JEAG4203-2004→JEAC4208-2008「原子炉格納容器の漏えい率試験規程」 	④
110	図 EB-1000-1 クラス1機器の欠陥評価の流れ	<ul style="list-style-type: none"> ・図の一部変更 有意な欠陥指示でない場合のフローを追記 	③
111	表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準	<ul style="list-style-type: none"> ・注：(2) 「Y」の表記を明確化 <u>Yは、Sとaとの比とし、</u>・・・ →<u>Y = S / aとし、</u>・・・ 	①

No.	規定番号	変更内容	分類
112	表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥の評価不要欠陥寸法基準を変更 アスペクト比 0.35 $7 \leq t < 100$ 内部欠陥 4.6Y 等 →アスペクト比 0.35 $7 \leq t < 100$ 内部欠陥 4.6Y^{0.8} 等 	③
113	表 EB-2000-1 フェライト鋼容器の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準	<ul style="list-style-type: none"> 数値の丸め方に関する記載の削除 →注(5)・・・数値の丸め方は日本工業規格 JIS Z 8401 (1961) に従う。 	③
114	表 EB-2000-3 オーステナイト系ステンレス鋼管およびフェライト鋼管の平面欠陥についての評価不要欠陥寸法基準	<ul style="list-style-type: none"> 注：(2) 「Y」の表記を明確化 <u>Yは、Sとaとの比とし、・・・</u> →<u>Y = S / a</u>とし、・・・ 	①
115	表 EB-2000-3 同上	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥の評価不要欠陥寸法基準を変更 アスペクト比 0.45 $12.5 \leq t < 80$ 内部欠陥 11.9Y 等 →アスペクト比 0.45 $12.5 \leq t < 80$ 内部欠陥 11.9Y^{0.9} 等 	③
116	表 EB-2000-3 同上	<ul style="list-style-type: none"> 数値の丸め方に関する記載の削除 →注(5)・・・数値の丸め方は日本工業規格 JIS Z 8401 (1961) に従う。 	③
117	添付 E-1 4.4 (3) 複数欠陥の扱い	<ul style="list-style-type: none"> (3)a. を追記し、以降番号繰り下げ →a. き裂進展評価において同一平面に投影された複数の平面欠陥が合体しない場合は、実際の欠陥の位置に戻し、以下の b. 及び c. に基づいて合体の判定を行わなければならない。 	③
118	添付 E-1 表 添付 E 1-1 平面欠陥の方向、位置および寸法決定の手順 ステ	<ul style="list-style-type: none"> き裂進展評価におけるき裂投影面の変更 (2) 間隔寸法 $S_i \leq 12.5$ mm の平行平面上に存在する複数欠陥 (ステップ No. 8 (3) 以外の場合) は、<u>面積の最大となる欠陥の面上に他の欠陥を投影し、同一平面上の欠陥として上記(1)に従い取り扱う。</u> →(2) 間隔寸法 $S_i \leq 12.5$ mm の平行平面上に存在する複数欠陥 (ステップ No. 8 (3) 以外の場合) は、<u>き裂進展評価においては評価期間中の予測欠陥寸法が最大、破壊評価においては許容応力が最小となる同</u> 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
	upp 8	一平面上の欠陥として上記(1)に従い取り扱う。	
119	添付 E-4 2. 合体条件評価法 (1)	<ul style="list-style-type: none"> ・き裂進展評価におけるき裂投影面の変更 <ul style="list-style-type: none"> a. 平行平面上であって、かつ、機器の表面と平行でない平面上に位置する複数欠陥は、複数欠陥のうち最も大きな欠陥を含む平面上に投影した場合の欠陥の内側先端間の距離 S および平行平面間の垂直距離 H が以下の(1)式または(2)式を満足する場合、同一平面上の複数欠陥として取扱い、b. 項の規定に従う。(1)式または(2)式を満足しない場合は、それぞれ単独の欠陥として取扱う (図添付 E-4-1 に S および H の定義を示す)。 →a. 平行平面上であって、かつ、機器の表面と平行でない平面上に位置する複数欠陥は、<u>欠陥を評価期間中の予測欠陥寸法が最大となる同一平面上に投影した場合の欠陥の内側先端間の距離 S および平行平面間の垂直距離 H が以下の(1)式または(2)式を満足する場合、同一平面上の複数欠陥として取扱い、b. 項の規定に従う。(1)式または(2)式を満足しない場合は、それぞれ単独の欠陥として取扱う (図添付 E-4-1 に S および H の定義を示す)。</u> 	③
120	添付 E-5 1. 適用	<ul style="list-style-type: none"> ・表現の見直し 「計算」→「算出」 	①
121	添付 E-5 2. 記号の定義	<ul style="list-style-type: none"> ・変更により使用しなくなった記号の削除、および新たに使用する記号の定義の追加 	①
122	添付 E-5 3. 応力拡大係数算出の基本的流れ	<ul style="list-style-type: none"> ・表現の見直し 「○項を～」→「○項の規定を～」 	①
123	添付 E-5 4.2 応力の分類(1)	<ul style="list-style-type: none"> ・欠陥に垂直な方向の応力成分のみを考慮することを明記 →応力としては対象とする欠陥に垂直な方向の成分のみを考える。 	③
124	添付 E-5 4.2 応力の分類(2)	<ul style="list-style-type: none"> ・対象が平板及び円筒であることを追記 →平板の板厚方向または円筒の管厚方向の応力分布を線形応力分布に・・・ 	③
125	添付 E-5 4.2 応力の分類(2)	<ul style="list-style-type: none"> ・対象が平板及び円筒であることを追記 →平板の板厚方向または円筒の管厚方向の応力分布を非線形応力分布に・・・ 	③
126	添付 E-5 4.2 応力の分類(3)	<ul style="list-style-type: none"> ・周方向欠陥付き円筒に対し断面曲げ応力の決定が必要であることを(3)として追記 →円筒中の周方向半だ円欠陥および周方向全周表面欠陥に対しては、上記(2)に加え、欠陥断面に作用する断面曲げ応力分布 σ_{bg} を決定しなければならない。σ_{bg} はき裂側が正になるよう符号を定める。 	③
127	添付 E-5 5.1 算出式又は算出方法の選択	<ul style="list-style-type: none"> ・適用可能な算出式の一覧表を追加、管および容器は円筒として取扱いを統一 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
128	添付 E-5 5.1 同上	・欠陥形状係数の計算式(式(1))を5.2項以降の規定から移行	③
129	添付 E-5 5.1 同上	・応力分布の多項式近似の方法を明記	③
130	添付 E-5 5.1 同上	・SCCき裂進展評価において塑性域補正を行わないことを明記 <u>SCCによるき裂進展評価に用いる応力拡大係数に対しては塑性域補正を行っても、行わなくともいずれでもよい。</u> → <u>疲労およびSCCによるき裂進展評価に用いる応力拡大係数に対しては塑性域補正を行わない。</u>	③
131	添付E-5 5.2 内部欠陥に対する 算出法	・内部欠陥に対する算出式としてASMEの解に代えてShiratoriの解を採用し、非線形応力分布に対する算出式を追加	③
132	添付 E-5 5.3 表面欠陥に対する 算出法(1) a., b.	・分類を再整理、5.3(1), (2)から移行 ・平板中の半だ円表面欠陥に対する算出式としてASMEの解に加えCEAの解を採用してこれを追加	③
133	添付 E-5 5.3 同上(2)	・分類を再整理、5.3(6)aから移行 ・円筒中の周方向半だ円表面欠陥の応力拡大係数の算出式としてAPIの解に代えてCEAの解を採用	③
134	添付 E-5 5.3 同上(2)	・表面欠陥に対する算出法から管の扇形内表面欠陥の応力拡大係数の算出式を削除	③
135	添付 E-5 5.3 同上(3) a	・容器胴部の内表面欠陥の非線形応力分布に対する応力拡大係数の算出式Buchalet&Bamfordの解は削除	③
136	添付 E-5 5.3 同上(3) a., b.	・分類を再整理、5.3(4), (5)から移行 ・円筒中の軸方向半だ円内表面欠陥の応力拡大係数の算出式としてCEAの解を採用	③
137	添付 E-5 5.3 同上(3) b	・容器胴部の内表面軸方向欠陥の線形応力分布に対する応力拡大係数の算出式Raju&Newmanの解は削除	③
138	添付 E-5 5.3 同上(4)	・分類を再整理、5.3(6)bから移行 ・円筒中の周方向全周表面欠陥の応力拡大係数の算出式としてAPIの解に代えてCEAの解を採用	③
139	添付 E-5 5.3 同上(5)	・分類を再整理、5.3(5)を追加 ・円筒中の軸方向に長い表面欠陥の応力拡大係数の算出式としてCEAの解を追加	③
140	添付 E-5 5.4 塑性域補正法	・塑性域の表示を任意応力分布に対応した一般形に変更した。 ・塑性補正の評価式の導出方法を解説E-24に移動	③

No.	規定番号	変更内容	分類
141	添付 E-5 図 添付 E-5-1 応力分布の線形化	・図(a)に応力拡大係数の算出に必要な表面から内部欠陥の中心位置までの距離 d を追記した。	③
142	添付 E-5 図 添付 E-5-2 平板中の内部欠陥および表面欠陥	・図(a)に応力拡大係数の算出に必要な表面から内部欠陥の中心位置までの距離 d を追記し、これまで使用していた板厚中心から欠陥中心までの距離 e を削除した。	③
143	添付 E-5 図 添付 E-5-3 円筒中の表面欠陥	・周方向欠陥の図4種（内表面欠陥、外表面欠陥、全周内表面欠陥、全周外表面欠陥）に軸方向欠陥4種（内表面欠陥、外表面欠陥、長い内表面欠陥、長い外表面欠陥）を追加した。	③
144	添付 E-5 (図 添付 E-5-3～E-5-6 旧版)	・削除（図添付 E-5-3 内部欠陥における膜応力補正係数、E-5-4 内部欠陥における曲げ応力補正係数、E-5-5 軸方向欠陥の K 値の補正係数 $F_0 \sim F_3$ 、E-5-6 軸方向欠陥の K 値の補正係数 $\phi_0 \sim \phi_3$ ）	③
145	添付 E-6 4. 破壊靱性(2)	・誤記訂正 「MPa」→「MPa \sqrt{m} 」、 T_{rs} → vT_{rs}	①
146	添付 E-6 4. 同上(3)	・4.(3)を追加 →(3) RT_{NDT} あるいは(2)c. の vT_{rs} が得られていない初期のプラントに対しては、JEAC4206-2007「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認方法」附属書 E を適用して K_{Ia} あるいは K_{Ic} を定めてもよい。	③
147	添付 E-6 5. 経年変化の考慮	・5.2 項を削除、5.1 項の表題も削除 →5.2 原子炉圧力容器の中性子照射ぜい化 (1)原子炉圧力容器炉心領域の中性子照射ぜい化に・・・	③
148	添付 E-6 5. 経年変化の考慮 (2)	・5.2 項削除に対応して 5.1(2)を 5.(2)に修正 (2) 原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射によるぜい化への影響を考慮する場合は、5.2 項によってもよい。 →(2) 原子炉圧力容器の炉心領域にあって、破壊靱性に及ぼす照射による脆化への影響を考慮する場合は、 <u>JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」附属書 B によってもよい。</u>	②③
149	添付 E-7 4.2 許容状態 C および D に対する評価(2)	・地震による荷重の組合わせの明確化 以下に示すそれぞれの荷重の組み合わせについて評価しなければならない。 →以下に示すそれぞれの荷重の組合わせについて評価しなければならない。 <u>ここで、地震による荷重の組合わせは、JEAG4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針 許容応力編」の規定によるものとする。</u>	②③

No.	規定番号	変更内容	分類
150	添付 E-8 2. 記号の定義	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 →a：平面欠陥の深さ（内部欠陥の場合は$2a$） a_f：評価期間末期における平面欠陥の予測深さ（内部欠陥の場合は$2a_f$） a_n：許容状態 A および B における許容欠陥深さ（内部欠陥の場合は$2a_n$） a_o：許容状態 C および D における許容欠陥深さ（内部欠陥の場合は$2a_o$） 	③
151	添付 E-8 2. 同上	<ul style="list-style-type: none"> 設計降伏点および設計引張強さの定義を追加 →S_y：設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計降伏点 S_u：設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計引張強さ 	①
152	添付 E-8 4.2 許容欠陥深さの式による算出(1)	<ul style="list-style-type: none"> 流動応力 $2.7S_m$ の適用対象の追記 クラス 2, 3 配管の流動応力の規定の追加 降伏点および引張強さは実測した値を用いること。これらの値が得られない場合は以下のようにしなければならない。 $\sigma_f = 2.7 S_m$ →降伏点および引張強さは実測した値を用いなければならない。これらの値が得られない場合は以下のようにしなければならない。 <u>クラス 1 配管および炉内構造物の場合,</u> $\sigma_f = 2.7 S_m$ <u>クラス 2 およびクラス 3 配管の場合,</u> $\sigma_f = (S_y + S_u) / 2$ 	③
153	添付 E-8 4.2 同上(1)	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する極限荷重評価式の表記の適正化 内部欠陥の式の追記 	③
154	添付 E-8 4.2 同上(1)	<ul style="list-style-type: none"> 降伏点と引張強さの記号を追記 	①
155	添付 E-8 4.2 同上(2)	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n = a$ 内部欠陥 $a_n = 2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o = a$ 内部欠陥 $a_o = 2a$ →許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n = a$ 内部欠陥 $2a_n = 2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o = a$ 内部欠陥 $2a_o = 2a$ 	③
156	添付 E-8 4.2 同上(3)a.	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの読み替えの追記 →内部欠陥については a を $2a$ に読み替える。 	③
157	添付 E-8 4.3	<ul style="list-style-type: none"> 評価法の選定における限定的な表記への変更 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
	許容曲げ応力の算出	周方向欠陥については、4.1 項および 4.2 項のかわりに、以下に示す式から許容曲げ応力 S_c を求めてもよい。・・・また θ は l_f から求め、SF は(3)式中の値として求める。 →周方向欠陥については、以下の式により許容曲げ応力 S_c を求める。・・・また θ は l_f から求め、SF は 4.2(2) 項に従わなければならない。	
158	添付 E-8 5.2 許容欠陥深さの式による算出(1)	・内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n=a$ 内部欠陥 $a_n=2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o=a$ 内部欠陥 $a_o=2a$ →許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n=a$ 内部欠陥 $2a_n=2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o=a$ 内部欠陥 $2a_o=2a$	③
159	添付 E-8 5.2 同上(1)	・内部欠陥に対する極限荷重評価式の表記の適正化 内部欠陥の式の追記	③
160	添付 E-8 5.2 同上(2)a.	・内部欠陥に対する欠陥深さの読み替えの追記 →内部欠陥については a を $2a$ に読み替える。	③
161	添付 E-8 5.3 許容周方向応力の算出	・評価法の選定における限定的な表記への変更 軸方向欠陥について、5.1 項および 5.2 項のかわりに、周方向許容応力 S_a を求め、 σ_n と比較してもよい。 →軸方向欠陥については、以下の式により周方向許容応力 S_a を求める。	③
162	添付 E-8 5.3 同上	・内部欠陥に対する極限荷重評価式の表記の適正化 内部欠陥の式の追記	③
163	添付 E-8 5.3 同上	・欠陥深さの表記の適正化 表面欠陥では $a=a_f$ (評価期間末期の平面欠陥の予測深さ) とし、内部欠陥では $2a=a_f$ とする。 → $a=a_f$ (評価期間末期の平面欠陥の予測深さ) とする。	③
164	添付 E-8 図 添付 E-8-1 周方向欠陥の模式図と記号	・内部欠陥の図を含む軸方向欠陥の図を追加	③
165	添付 E-8 図 添付 E-8-1 同上	・周方向欠陥形状を扇形から半楕円に変更	③
166	添付 E-8 図 添付 E-8-1 同上	・周方向欠陥の図に内部欠陥の図を追加	③

No.	規定番号	変更内容	分類
167	添付 E-8 表 添付 E-8-1 管 の許容状態 A お よび B における 周方向許容欠陥 深さと管の厚さ の比	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_n$ を用いること。</u> →注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $2a_n$ を用いること。</u> 	③
168	添付 E-8 表 添付 E-8-2 管 の許容状態 C お よび D における 周方向許容欠陥 深さと管の厚さ の比	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_o$ を用いること。</u> →注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $2a_o$ を用いること。</u> 	③
169	添付 E-8 表 添付 E-8-3 管の 許容状態 A およ び B における軸 方向許容欠陥深 さと管の厚さの 比	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_n$ を用いること。</u> →注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $2a_n$ を用いること。</u> 	③
170	添付 E-8 表 添付 E-8-4 管の 許容状態 C およ び D における軸 方向許容欠陥深 さと管の厚さの 比	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_o$ を用いること。</u> →注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。<u>内部欠陥では欠陥寸法として $2a_o$ を用いること。</u> 	③
171	添付 E-9 2. 記号および略号 の定義	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 →a：平面欠陥の深さ <u>(内部欠陥の場合は $2a$)</u> a_f：評価期間末期における平面欠陥の予測深さ <u>(内部欠陥の場合は $2a_f$)</u> a_n：許容状態 A および B における許容欠陥深さ <u>(内部欠陥の場合は $2a_n$)</u> 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
		a_o : 許容状態 C および D における許容欠陥深さ (内部欠陥の場合は $2a_o$)	
172	添付 E-9 2. 同上	<ul style="list-style-type: none"> 設計降伏点および設計引張強さの定義を追加 → S_y : 設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計降伏点 S_u : 設計・建設規格または材料規格に記載の使用温度における設計引張強さ 	①
173	添付 E-9 4.1 許容欠陥深さの表による算出 (3)a.	<ul style="list-style-type: none"> クラス 2, 3 配管に対する Z 係数の規定を追記 →ただし, クラス 2, 3 配管においては, R/t の適用範囲を 5.56~15.5 とする。 	③
174	添付 E-9 4.1 同上 (3)b.	<ul style="list-style-type: none"> クラス 2, 3 配管に対する Z 係数の規定を追記 →ただし, クラス 2, 3 配管においては, R/t の適用範囲を 5~30 とする。 	③
175	添付 E-9 4.2 許容欠陥深さの式による算出 (1)	<ul style="list-style-type: none"> 流動応力 $2.7S_m$ の適用対象の追記 クラス 2, 3 配管の流動応力の規定の追加 降伏点および引張強さは実測した値を用いなければならない。これらの値が得られない場合は以下のよう にしなければならない。 $\sigma_f = 2.7 S_m$ →降伏点および引張強さは実測した値を用いなければならない。これらの値が得られない場合は以下のよう にしなければならない。 <u>クラス 1 配管および炉内構造物の場合,</u> $\sigma_f = 2.7 S_m$ <u>クラス 2 およびクラス 3 配管の場合,</u> $\sigma_f = (S_y + S_u) / 2$ 	③
176	添付 E-9 4.2 同上 (1)	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する極限荷重評価式の表記の適正化 内部欠陥の式の追記 	③
177	添付 E-9 4.2 同上 (1)	<ul style="list-style-type: none"> 降伏点と引張強さの記号を追記 	①
178	添付 E-9 4.2 同上 (2)	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n = a$ 内部欠陥 $a_n = 2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o = a$ 内部欠陥 $a_o = 2a$ →許容状態 A および B 表面欠陥 $a_n = a$ 内部欠陥 $2a_n = 2a$ 許容状態 C および D 表面欠陥 $a_o = a$ 内部欠陥 $2a_o = 2a$ 	③
179	添付 E-9 4.2	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの読み替えの追記 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
	同上(3)a.	→内部欠陥については a を 2a に読み替える。	
180	添付 E-9 4.3 許容曲げ応力の 算出	<ul style="list-style-type: none"> 評価法の選定における限定的な表記への変更 周方向欠陥については、4.1 項および 4.2 項のかわりに、以下に示す式から許容曲げ応力 S_c を求めてもよい。 →周方向欠陥については、以下の式により許容曲げ応力 S_c を求める。	③
181	添付 E-9 図 添付 E-9-1 周 方向欠陥の模式 図と記号	<ul style="list-style-type: none"> 周方向欠陥形状を扇形から半楕円に変更 	③
182	添付 E-9 図 添付 E-9-1 同 上	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥の図を追加 	③
183	添付 E-9 表 添付 E-9-1 管 の許容状態 A お よび B における 周方向許容欠陥 深さと管の厚さ の比	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。 <u>内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_n$ を用いること。</u> →注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_n を用いること。 <u>内部欠陥では欠陥寸法として $2a_n$ を用いること。</u>	③
184	添付 E-9 表 添付 E-9-2 管 の許容状態 C お よび D における 周方向許容欠陥 深さと管の厚さ の比	<ul style="list-style-type: none"> 内部欠陥に対する欠陥深さの表記の適正化 注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。 <u>内部欠陥では欠陥寸法として $(1/2)a_o$ を用いること。</u> →注(1)欠陥深さと管の厚さの比において、表面欠陥では欠陥寸法として a_o を用いること。 <u>内部欠陥では欠陥寸法として $2a_o$ を用いること。</u>	③
185	添付 E-10 3. 管の評価の流れ (4)	<ul style="list-style-type: none"> 破壊評価点の軌跡に関する不要な表現の削除 求めた座標が FAC の上側および限界荷重のカットオフを超える場合、 S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。 →求めた座標が FAC の上側にある場合、 S_r' および K_r' は、延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。	③

No.	規定番号	変更内容	分類
186	添付 E-10 4. 管の破壊評価曲線の設定(2)b.	<ul style="list-style-type: none"> 軸方向欠陥の規定から周方向欠陥に対するものと同じ限定条件を削除 なお, (4)式および(5)式を用いる場合には, き裂深さ a と管の厚さ t との比およびき裂角度 θ/π は以下の範囲でなければならない。 $0.1 \leq a/t \leq 0.8$ $0.05 < \theta/\pi \leq 0.7$ また(4)式, (5)式の適用において, 厚さ t に対し, $R/t = 10$ となるように, R を補正するとともに, 応力が等しくなるよう荷重を補正しなければならない。 →削除 	③
187	添付 E-10 5. 炉内構造物の評価の流れ(4)	<ul style="list-style-type: none"> 破壊評価点の軌跡に関する不要な表現の削除 求めた座標が FAC の上側および限界荷重のカットオフを超える場合, S_r' および K_r' は, 延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。 →求めた座標が FAC の上側にある場合, S_r' および K_r' は, 延性き裂進展量 Δa を逐次増加させるごとに計算する。 	③
188	添付 E-10 図添付 E-10-1 欠陥形状	<ul style="list-style-type: none"> 周方向欠陥形状を扇形から半楕円に変更 	③
189	添付 E-10 図添付 E-10-1 同上	<ul style="list-style-type: none"> 図のタイトルを変更 欠陥形状 → 欠陥形状の模式図と記号 	①
190	添付 E-11 4.1 材料定数の決定(2)	<ul style="list-style-type: none"> 材料規格の引用規格への追加 対象材料の運転温度における設計降伏点 S_y および設計応力強さ S_m は, <u>設計・建設規格(JSME S NC1-2001)</u> に従い決定しなければならない。 →対象材料の運転温度における設計降伏点 S_y および設計応力強さ S_m は, <u>設計・建設規格または材料規格</u> に従い決定しなければならない。 	②
191	添付 E-11 図添付 E-11-1 周方向欠陥の模式図と記号	<ul style="list-style-type: none"> 周方向欠陥形状を扇形から半楕円に変更 	③
192	添付 E-12 2. 記号の定義	<ul style="list-style-type: none"> 記号の定義に縦弾性係数を追加 →E: 使用温度における縦弾性係数 	①
193	添付 E-12 3.1 周方向欠陥に対	<ul style="list-style-type: none"> クラスによる CVN-J_{Ic} 換算式の使い分けを規定 →a. <u>クラス 1 配管の場合</u>・・ 	③

No.	規定番号	変更内容	分類
	する弾塑性破壊 靱性(3)	b. <u>クラス2およびクラス3配管の場合</u> ・・・	
194	添付 E-12 3.1 同上(4)	・規定が対象とするクラスを明記 (1), (2)または(3)によらない場合には, 表添付 E-12-1 から求めなければならない。 → <u>クラス1配管</u> においては, (1), (2)または(3)によらない場合には, 表添付 E-12-1 から求めなければならない。	③
195	添付 E-12 3.1 同上(4)	・材料規格の引用規格への追加 ここに, 適用可能な材料としては, <u>設計・建設規格(JSME S NC1-2001)の付録材料図表 Part 1に規定されるクラス1配管</u> に使用する JIS 規格のフェライト鋼とする。 →ここに, 適用可能な材料としては, <u>設計・建設規格または材料規格に規定されるクラス1配管</u> に使用する JIS 規格のフェライト鋼とする。	③
196	添付 E-12 3.2 軸方向欠陥の弾 塑性破壊靱性 (3)	・クラスによる CVN-J _{Ic} 換算式の使い分けを規定 →a. <u>クラス1配管の場合</u> ・・・ b. <u>クラス2およびクラス3配管の場合</u> ・・・	③
197	添付 E-12 3.2 同(4)	・規定が対象とする配管のクラスを明記 (1), (2)および(3)によらない場合には, 表添付 E-12-2 から求めなければならない。 → <u>クラス1配管</u> においては, (1), (2)または(3)によらない場合には, 表添付 E-12-から求めなければならない。	③
198	添付 E-12 3.2 同上(4)	・材料規格の引用規格への追加 ここに適用可能な材料は, <u>設計・建設規格(JSME S NC1-2001)の付録材料図表 Part 1に規定されるクラス1配管</u> に使用する JIS 規格のフェライト鋼とする。 →ここに, 適用可能な材料としては, <u>設計・建設規格または材料規格に規定されるクラス1配管</u> に使用する JIS 規格のフェライト鋼とする。	②

日本機械学会 維持規格 2012 年版、2013 年追補及び 2014 年追補における
 関連規格の維持規格 2008 年版からの変更に関する確認結果

No.	関連規格の名称	規定番号	変更内容	確認結果
1	設計・建設規格	添付 E-11 4.1 (2)	設計・建設規格(JSME S NC1-2001) → 設計・建設規格	2012 年版を技術基準規則解釈別記-2に引用
		添付 E-12 3.1 (4)		
		添付 E-12 3.2 (4)		
2	JEAC4207-2008「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」	IA-2542	JEAG4207-2004 → JEAC4207-2008	技術評価対象
3	JEAG 4208-2012「軽水型原子力発電所用蒸気発生器伝熱管の供用期間中検査における渦流探傷試験指針」	IA-2543	JEAG4208-2005 → JEAG 4208-2012	技術評価対象
4	JEAC4203-2008「原子炉格納容器の漏えい率試験規程」	EE-1230	JEAG4203-2004 → JEAC4203-2008	技術基準規則解釈別記-8に引用
5	日本機械学会 発電用原子力設備規格材料規格(JSME S NJ1)	A-2300	追加	2012 年版を技術基準規則解釈別記-2に引用
		添付 E-11 4.1 (2)		
		添付 E-12 3.1 (4)		
6	JEAG 4217-2010「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」	IA-2533	追加	技術評価対象
7	JEAC4206-2007「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」	IB-3210(3)	追加	技術基準規則解釈別記-1に引用
		添付 E-6 4.(3)		
8	JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」附属書 B	添付 E-6 5.(2)	追加	技術基準規則解釈別記-6に引用
9	JEAG4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針 許容応力編」	添付 E-7 4.2(2)	追加	技術評価対象(国内外の知見の反映を含む。)

EB-1212 蒸気発生器伝熱管局部減肉判定基準に対する構造強度上の評価

JSME 設計・建設規格「PVB-3210 外面に圧力を受ける円筒形または円すい形の胴、円すい形の鏡板または管」(1)において、 $t \leq 0.1D_o$ の場合、許容外圧 P_a は次式で求めることができる。

$$P_a = \frac{4Bt}{3D_o}$$

ここで、 P_a : 許容外圧 (MPa)

B : 材料規格 Part 3 第 3 章 図 1 から図 20 までにより求めた値

t : 胴、鏡板又は管の厚さ (mm) = 1.15 (最小厚さ)

D_o : 胴、鏡板又は管の外径 (mm) = 22.23

また、式中の分母にある値 3 は設計係数である。

設計・建設規格の式による場合は、材料規格 Part 3 の第 3 章図 1 「外圧チャート (形状に関するもの)」より、 $\lambda/D_o > 50$ なので $\lambda/D_o = 50$ として、

$$A = 1.1 \left(\frac{D_o}{t} \right)^{-2} \quad (\text{注: この式は同図 1 の備考 3.にある。})$$

に代入すると、 $A=0.00294$ となり、同第 3 章図 7 (次頁に添付) より、 $B \approx 70$ と読み取れる。

(図 7 には温度による複数の曲線が示されており、 A の値を横軸にとり、JSME 維持規格の【事例規格】蒸気発生器伝熱管の体積試験 (渦流探傷試験) の判定基準 (NA-CC-003) (2006 年 3 月 16 日付け、以下「事例規格」と呼ぶ。) の表-2 に記載する供用状態 D(321.1°C)における B 値を温度補間して求める。)

B 値を、 P_a の式に代入すると、 $P_a=4.828(\text{MPa})$ と求まる。

供用状態 D (運転状態 IV) においては $1.5P_a$ まで許容しているので、作用する外圧は $1.5P_a=1.5 \times 4.828=7.24(\text{MPa})$

以下である必要がある。減肉状態では許容される外圧の値はさらに小さくなる。

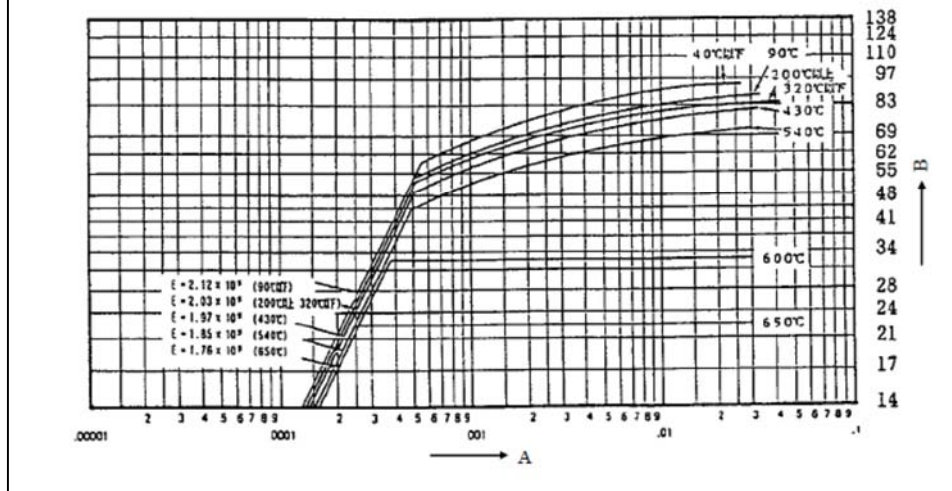
下表に示す外圧算出値に対する許容値の余裕は 7.4%である。

外圧算出値 (例)

状態	外圧 (MPa)
運転状態 IV	6.7 ^(注)
試験状態	9.4

(注) 外圧が作用する事象として、運転状態 IV における 1 次冷却材喪失事故について評価を行った結果の値。

Part 3 第3章 図7 高ニッケル合金 (NCF600、NCF600TP、NCF600TB、
GNCNF600B、GNCNF600P、GNCNF690HL、GNCNF690HM 及び GNCNF690CM)



材料規格の外圧チャートより引用

一方、事例規格において、外面に局部減肉を有する伝熱管の外圧強度は次式としている。

$$Pc = 0.9Sy \frac{t}{R} \left\{ 1.0 - \left(\frac{a}{t} \right) \cdot (-0.539 + 0.236\sqrt{2c} - 0.0103 \times 2c) \right\}$$

ここで、 Pc : 圧壊圧力 (MPa)

Sy : 降伏応力 (MPa)

R : 平均半径 = $(Do-t)/2$ (mm) = 10.54

a : 減肉深さ (mm)

$2c$: 減肉長さ (mm)

局部減肉がない場合は、上式の減肉深さに係る項を無視したものになり、次式で表される。

$$Pc = 0.9Sy \frac{t}{R}$$

上式には設計係数が考慮されていないことから、加味する必要がある。

事例規格の表-2に記載する供用状態 D(321.1°C)における降伏応力 $Sy=191.4$ (MPa) (注: 材料規格 2012年版では GNCNF690CM の 321.1°Cにおける Sy 値は 190(MPa)である。)を代入すると、

$$Pc=18.79(\text{MPa})$$

が得られる。

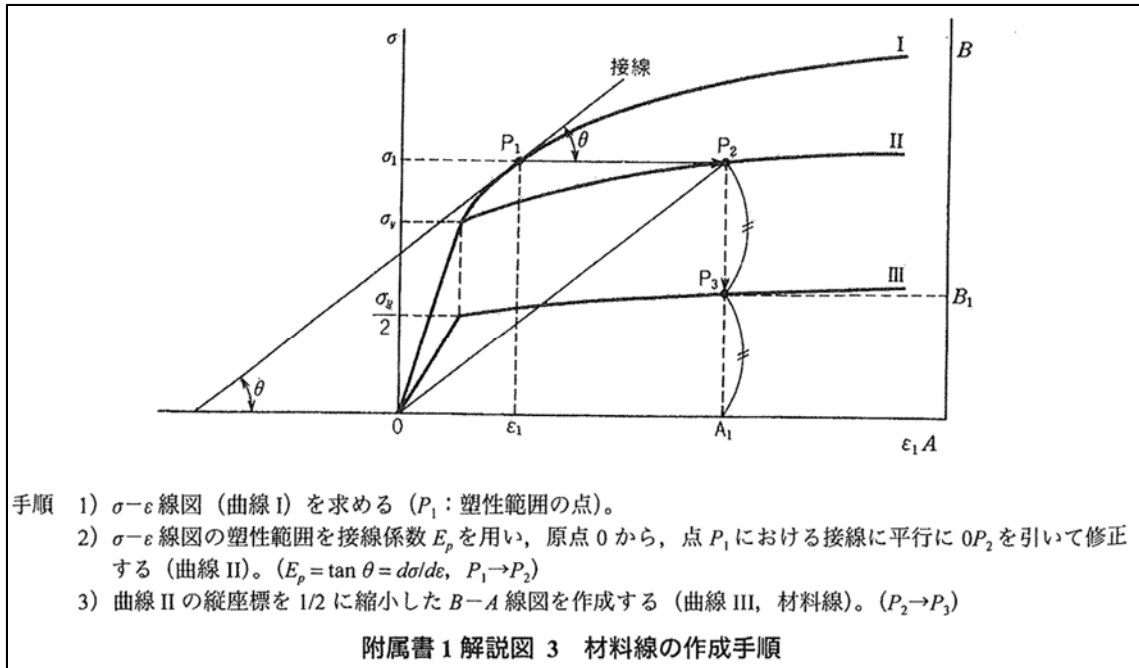
設計条件では、設計係数 3 で除して $18.79/3=6.26$ (MPa)

供用状態 D では、1.5 倍して 9.39(MPa)が許容外圧と求まる。ただし、減肉状態では許容される外圧の値はさらに小さくなる。

設計・建設規格と事例規格の式における許容外圧の値の差について以下に検討する。

JIS B 8266 の「附属書 1 解説図 3 材料線の作成手順」には、曲線 I、II、IIIが示されてお

り、応力-歪線図の塑性範囲においては実際の曲線 I を基に S_y (σ_y) ベースの曲線 II に修正しており、その 1/2 を曲線 III としている。材料規格の図 7 の曲線は曲線 III に相当するものである。

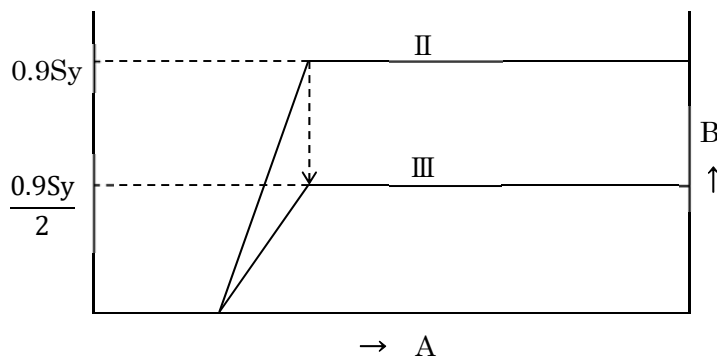


JIS B 8266 の外圧を受ける胴及び鏡板の解説より引用

材料規格の図 7 の対象材料について 325°C における設計降伏点 S_y 値を比較すると、最も小さい値は NCF600TP の $S_y=139(\text{MPa})$ (外径 > 127mm で熱間仕上後の熱処理条件が 900°C 以上で急冷の焼きなまし材) であり、当該材料の応力-歪線図 (曲線 I) から S_y 基準の曲線 II を作成し、その 1/2 を曲線 III としたとすると上記 $B=70$ という値は妥当なものといえる。

伝熱管の使用材料 GNCF690CM にあっては $S_y=190(\text{MPa})$ であるので、設計降伏点の違いが上記差に表れていると考えることが妥当である。

JIS B 8266 の「附属書 1 解説図 3 材料線の作成手順」に基づき、事例規格の式中の $0.9S_y$ を外圧チャートの B 値で表現すると、下図のように $0.9S_y$ を超える範囲を完全塑性とみなす線図と解釈でき、保守的な評価になっているといえる。



事例規格の外圧強度計算式 (局部減肉なし) と外圧チャートの関係

伝熱管が一様に 20%減肉した場合について、新たに B 値として $0.9S_y/2$ を採用すると、設計・建設規格 PVB-3210(1)の式による許容外圧は

$$Pa = \frac{4 \times 0.9 \times \frac{190}{2} \times (1 - 0.2) \times 1.15}{3 \times 22.23}$$
$$= 4.718(\text{MPa})$$

と求まる。

運転状態IVでは 1.5 倍まで許容しているので

$$1.5Pa = 1.5 \times 4.718 = 7.08(\text{MPa})$$

この圧力は作用する外圧 6.7(MPa)より高いことから、20%の局部減肉は許容するとの維持規格の規定は妥当と判断する。

この規定は最高使用温度における設計降伏点 S_y が 190 (MPa)以上の材料に限定しての規定である。外圧による管の座屈は塑性座屈であり、座屈を起こすと円筒形状は維持されないことから、これを適用する場合は、当該材料の使用温度における降伏点の値が材料規格に規定する設計降伏点の値を下回らないことが必要である。ただし、想定している減肉は局部であり減肉していない周囲の余肉は強め材としての効果も期待できる。また、上記の計算過程において A 値から B 値を求める際に $0.9S_y$ を超える範囲を完全塑性とみなした線図を採用しており、過度に保守的に評価している可能性もある。

当該規格材料に限定した応力-ひずみ曲線に基づく外圧チャートが存在すれば、材料規格 Part 3 の第 3 章図 7 に示す外圧チャートのように、上部が平坦ではなくなだらかに上昇する曲線 (B 値が高くなる。) となることが想定される。当該材料の使用温度における降伏点の値が材料規格に規定する設計降伏点の値を万一下回ることがあっても、その差は僅かであり上記「なだらかに上昇」との差分で補填可能と考えられる。以上より、材料規格に GNCF690 材の外圧チャートを規定することを要望する。

原子炉圧力容器溶接継手の供用期間中検査への
確率論的破壊力学評価の適用事例及び感度解析

日本原子力研究開発機構

勝山 仁哉

1. はじめに

日本機械学会発電用原子力設備規格維持規格（以下「維持規格」という。）2012年版¹⁾の技術評価において、原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）の溶接継手の非破壊試験の試験程度は、炉心外周域耐圧部分及び容器の耐圧部分（以下「一般部」という。）については、10年間で7.5%とされているのに対し、米国、フランス等の諸外国においては、一般部の試験程度を10年間で100%としており、両者に相違があることが課題として挙げられている。また、例えば米国では規格どおり検査できない場合等は、個別プラントごとに代替法として確率論的破壊力学（以下「PFM」という。）評価が認められている。本資料では、PFM評価法について概説し、米国におけるRPV溶接継手に対する供用期間中検査へのPFMの主な適用事例を取りまとめた。また、日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）におけるPFM解析コードPASCAL4²⁾の研究開発状況を示すとともに、PASCAL4を用いた国内RPVにおける一般部の溶接継手に対する供用期間中検査に関する感度解析の結果をまとめた。

2. PFM評価法の概要

RPV等のクラス1機器に対する健全性評価について、維持規格における評価の主な流れとPFM評価における取扱いを図1に示す。維持規格¹⁾では、検査により有意な欠陥指示が確認された場合に、決定論的手法により破壊評価を含む欠陥評価が行われる。これに対し、PFM評価では、製造時から潜在的に存在する可能性のある亀裂を想定した上で、非破壊試験に関する亀裂検出性と亀裂寸法の関係（亀裂検出確率曲線）を基に、見逃した亀裂に対する評価が可能である。また、破壊評価では、PFM評価の場合、亀裂の寸法等の不確かさに伴う応力拡大係数の不確かさ、中性子照射脆化に伴う経年劣化の不確かさ、破壊靱性のばらつき等の確率分布を考慮する。PFM評価においてRPVの破損確率（以下「CPF」という。）や破損頻度を求めるため、確率論的計算手法としてモンテカルロ法等が利用される。モンテカルロ法では、前述の不確かさやばらつきを考慮して多数のRPVが生成され、個々のRPVに対し、決定論的手法³⁾と同様の手法で、事故を含む過渡事象の発生を想定した健全性評価が行われる。その場合、RPVのCPFは次式で表される。

$$CPF = \frac{\text{破損したRPV数}}{\text{生成されたRPV数}}$$

RPVの破損頻度（単位：/炉年）は、CPFに想定した過渡事象の発生頻度を乗じ、想定した事象の分だけその和をとることにより算出され、次式で表される。

$$\text{破損頻度} = \sum (\text{CPF} \times \text{過渡事象の発生頻度})$$

PFM 評価の特徴として以下の点が挙げられる。

- ・ 非破壊試験による亀裂の検出確率（見逃し確率）を考慮可能
- ・ 荷重や材料強度、経年劣化に係る個々の因子の不確かさを考慮することにより、破損確率及び破損頻度を定量的に算出可能
- ・ 発生頻度が低い（破損事例がない等）事象に対する評価が可能

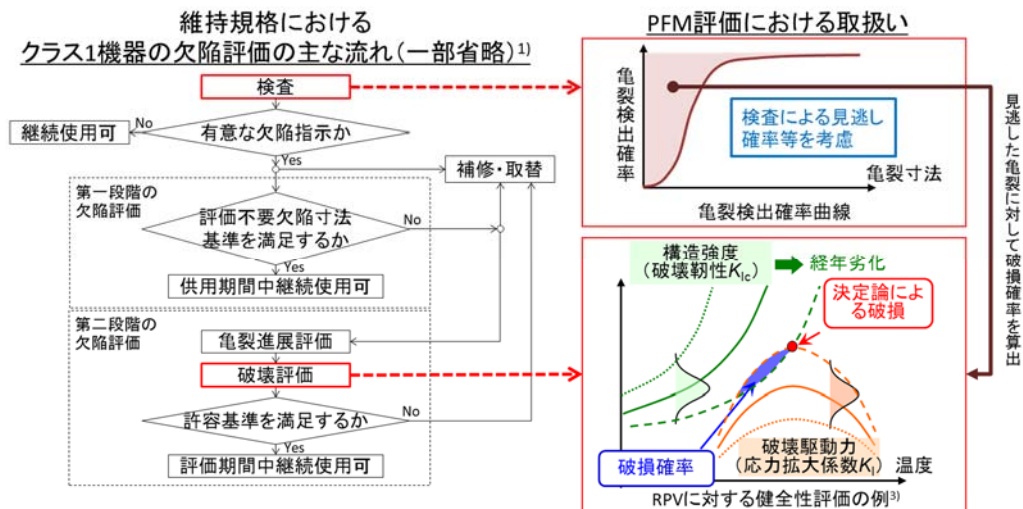


図1 クラス1機器の欠陥評価の主な流れ¹⁾と PFM 評価における取扱い

3. 米国における RPV 溶接継手に対する供用期間中検査への PFM の適用事例

米国では、1992 年に RPV の溶接継手に対して実質 100%の試験を実施するよう規定された⁴⁾。事業者等は、RPV の溶接継手に対する供用期間中検査の検討に PFM 評価を実施し、試験程度の低減及び検査間隔の延長を提案した。また、米国の原子力規制委員会（以下「NRC」という。）は、その提案の妥当性を確認するために PFM 評価を適用した。ここでは、米国におけるこれらの適用事例について説明する。

3.1 試験程度の低減に関する PFM の適用事例

本事例の PFM による検討の概要を表 1 に示す。検討対象は、BWR の RPV における耐圧部分の溶接継手である。BWR Vessel and Internals Project（以下「BWRVIP」という。）が PFM 評価結果を基に試験程度の低減に関する提案を行い、それを受けて NRC は独自に PFM 評価を行い、その妥当性を検討した。表 2 は周方向溶接継手に対する検討経緯と評価結果を示す。NRC は、低温過圧事象を考慮した RPV の破損頻度が許容基準よりも低いことから、周方向溶接継手に対する試験程度の変更に係る BWRVIP の提案は許容できると結論付けた。一方、軸方向溶接継手に対しては、BWRVIP は、PFM 評価の結果を踏まえて試験程度 50%への軽減を提案したが⁵⁾、NRC は、深層防護等の観点から基本的に全ての範囲の非破壊試験が必要であると

判断した⁶⁾。そのため、軸方向溶接継手については、規制要求どおり試験程度 100%で非破壊試験が実施されている⁷⁾。

表 1 試験程度に関する PFM による検討の概要⁵⁾

検討内容	10CFR50.55a で要求されていた 100%の試験程度に対する緩和
対象部位	BWR の RPV における耐圧部分の溶接継手
PFM 評価の対象部位	BWR の RPV におけるベルトライン領域 ¹²⁸⁾ の溶接継手
対象とした経年劣化	中性子照射脆化
考慮された事象	設計基準事象、低温過圧事象
想定亀裂	・ Marshall 分布 (BWRVIP、NRC) ・ Exponential 分布 (NRC)
想定された運転期間	32EFPY ¹²⁹⁾
使用された PFM 解析コード	・ VIPER (BWRVIP) ・ FAVOR (NRC)
評価に用いられた許容基準	・ 加圧水型軽水炉における RPV の加圧熱衝撃事象による破損頻度に関する許容基準 (当時) を準用: $<5 \times 10^{-6}$ /炉年 [NRC RG1.154] ⁸⁾ ・ 炉心損傷頻度 (以下「CDF」): $<10^{-4}$ /炉年 [NRC RG1.174] ⁹⁾ ・ 早期大規模放出頻度 (以下「LERF」): $<10^{-5}$ /炉年 [NRC RG1.174] ⁹⁾

表 2 周方向溶接継手に対する試験程度に関する PFM による検討経緯及び評価結果

1995 年	BWRVIP	設計基準事象を考慮した場合の破損頻度を 2.2×10^{-41} /炉年と算出し、試験程度を 0%に軽減することを提案 ⁵⁾ 。
1997 年	NRC	海外の米国製の BWR で低温過圧事象が発生したことを踏まえ、PFM 評価では低温過圧事象を考慮すべきと BWRVIP に要求 ¹⁰⁾ 。
1997 年	BWRVIP	低温過圧事象を考慮し、CPF = 1×10^{-6} 、破損頻度 = 9×10^{-10} /炉年と算出された結果を踏まえ、試験程度を 0%に軽減することを提案 ⁵⁾ 。
1998 年	NRC	CPF = 8.2×10^{-5} 、破損頻度 = 8.2×10^{-8} /炉年と算出 ⁵⁾ 。破損頻度は RG1.154 の基準値 ⁸⁾ より低く、CDF 及び LERF に対する RG1.174 ⁹⁾ の許容基準に比べて低いことを確認。

3.2 検査間隔の延長に関する PFM の適用事例

本事例の PFM による検討の概要を表 3 に示す。検討対象部位は、PWR の RPV の耐圧部分の溶接継手及び容器に完全溶込み溶接されたノズルの溶接継手 (カテゴリ B-A 及び B-D) であ

¹²⁸⁾ RPV における炉心及びその近傍で高い中性子照射を受ける領域

¹²⁹⁾ 定格負荷相当年数

り、経年劣化の影響の大きいベルトライン領域のみを PFM 評価の対象としている。表 4 は検査間隔に関する検討経緯と評価結果を示す。PWR Owners Group (以下「PWROG」という。) は、PFM 評価により検査間隔を 10 年から 20 年に変更しても RPV の破損頻度の変化量は許容基準に比べて低いこと等を示し、検査間隔の延長に関する技術的根拠¹¹⁾を NRC に提出した。NRC は、PWROG による評価に、NRC が整備した FAVOR の最新版が用いられていることを踏まえ、その評価が妥当であることを確認し、PWROG の提案を許容できると結論した。NRC は、その後現在に至るまで、PWROG による 20 基以上の PWR に対する検査間隔の延長申請を認可している¹²⁾。

表 3 検査間隔に関する PFM による検討の概要¹¹⁾

検討内容	RPV の溶接継手に対する検査間隔の延長
対象部位	PWR の RPV の耐圧部分の溶接継手及び容器に完全溶込み溶接されたノズルの溶接継手 (ASME BPV Code Section XI ¹³⁾ のカテゴリ B-A 及び B-D)
PFM 評価の対象部位	PWR の RPV におけるベルトライン領域の溶接継手
対象プラント	Beaver Valley Unit 1、Palisades、Oconee Unit 1
試験範囲	溶接継手 100%
対象とした経年劣化	中性子照射脆化、疲労亀裂進展
考慮された事象	加圧熱衝撃事象
想定亀裂	製造時の亀裂分布は、亀裂分布作成コード VFLAW ¹³⁰⁾ により作成。 ・ 内部亀裂：疲労亀裂進展は考慮しない。 ・ 表面亀裂：疲労亀裂進展を考慮。
想定された運転期間	60EFPY
使用された PFM 解析コード	FAVOR ¹⁴⁾
評価に用いられた許容基準	・ CDF の変化量 (・CDF) : $<10^{-6}$ /炉年 [NRC RG1.174] ¹⁵⁾ ・ LERF の変化量 (・LERF) : $<10^{-7}$ /炉年 [NRC RG1.174] ¹⁵⁾

表 4 検査間隔に関する PFM による検討経緯及び評価結果

2006 年	PWROG	FAVOR 05.1 を用いて PFM 解析を実施した結果に基づき、ASME BPV Code Section XI ¹³⁾ で規定されていた RPV の溶接継手に対する検査間隔の延長を検討。
2007 年	NRC	PWROG に対し、FAVOR 06.1 (当時の最新版) ¹⁴⁾ を用いた評価の実施や、評価における入力データ等の情報提出を要求。
2007 年	PWROG	FAVOR 06.1 ¹⁴⁾ を用いて「10 年目で検査し、その後検査しない」場合と「10

¹³⁰⁾ 供用がキャンセルされた RPV (PVRUF、Shoreham 等) に対する破壊・非破壊試験による測定・分析等を踏まえて整備された亀裂の寸法や密度を算出するコード。

		年の検査間隔」の場合の破損頻度の変化量を算出（下表）※ ¹ 。						
		<table border="1"> <tr> <td>Beaver Valley Unit 1</td> <td>Palisades</td> <td>Oconee Unit 1</td> </tr> <tr> <td>9.37×10^{-10}/炉年</td> <td>1.81×10^{-8}/炉年</td> <td>1.26×10^{-8}/炉年</td> </tr> </table>	Beaver Valley Unit 1	Palisades	Oconee Unit 1	9.37×10^{-10} /炉年	1.81×10^{-8} /炉年	1.26×10^{-8} /炉年
Beaver Valley Unit 1	Palisades	Oconee Unit 1						
9.37×10^{-10} /炉年	1.81×10^{-8} /炉年	1.26×10^{-8} /炉年						
		この結果を踏まえ、検査間隔を変更しても RG1.174 ¹⁵⁾ の許容基準に比べて低いと評価。また、これまで RPV に対する検査で有意な亀裂は見つかっていないこと、疲労亀裂進展量は小さいこと、加圧熱衝撃事象による PWR の RPV の破損頻度は 10^{-7} /炉年よりも十分に低いことが明らかとなったこと等から、検査間隔を 10 年から 20 年に延長しても、RG1.174 ¹⁵⁾ の基準のほか、深層防護を含む考え方を満足すると結論。検査間隔の延長に関する技術的根拠 (WCAP-16168-NP Rev. 2) ¹¹⁾ を NRC に提出。						
2008 年	NRC	PWROG による PFM 評価に、NRC が整備した FAVOR が用いられていることを踏まえ、その評価が妥当であることを確認したうえで、PWROG の提案を許容可能と結論 ¹⁶⁾ 。また、PWROG が検査間隔の延長を申請する場合の条件として、検査間隔は最大でも 20 年であることを明確にするとともに、検査の実施計画等を示すよう PWROG に要求。						

※1 試験時期を「10 年目で検査し、その後検査しない」、「10 年の検査間隔」、「20 年の検査間隔」と変えて PFM に基づく疲労亀裂進展評価を行い、想定された運転期間末期の亀裂分布を求めた結果、「20 年の検査間隔」の場合の亀裂密度は、「10 年目で検査し、その後検査しない」及び「10 年の検査間隔」の場合の中間にあることが示された。その結果を踏まえ、検査間隔を変更した場合の破損頻度の変化は、「10 年目で検査し、その後検査しない」場合と「10 年の検査間隔」の場合の破損頻度から算出された¹¹⁾。

4. 原子力機構における PFM 解析コードの研究開発状況

原子力機構では、軽水炉の安全上重要な機器に対する高経年化評価技術の高度化研究として、PFM 解析コードの整備や検証、確率論的評価のための評価モデルやデータの整備等を進めている。RPV に対しては、評価対象や経年劣化等に応じて、以下の PFM 解析コードを整備している。

- ・ 炉心領域部¹³¹⁾における中性子照射脆化等：PASCAL4²⁾
- ・ 原子炉配管や RPV 管台部における応力腐食割れ、疲労等：PASCAL-SP¹⁷⁾
- ・ RPV 上蓋や下鏡の貫通部等の複雑形状部における応力腐食割れ：PASCAL-NP¹⁸⁾

これらの PFM 解析コードのうち、本資料で対象とする RPV の一般部に対しては、PASCAL4 を適用できる。PASCAL4 は、国内の評価手法やデータ等に基づき RPV の破損頻度を計算できる唯一の解析コードである。また、効率的な計算手法を導入することにより、従来の PASCAL の 1 万分の 1 以下の計算時間を実現している。主な特徴は以下のとおりである。

- ・ 国内の評価手法やデータ等に基づく新知見を反映した評価が可能
- ✓ 脆化予測法

¹³¹⁾ 炉心に装荷された燃料集合体の有効長の領域（維持規格（2012 年版）試験カテゴリ B-A 「原子炉圧力容器および原子炉容器の炉心外周域耐圧部分の溶接継手」の範囲と同等）

- ✓ RPV 鋼材の破壊靱性データ
- ✓ 応力拡大係数解等
- ・ 解析精度・効率の向上
 - ✓ 複雑な溶接残留応力分布に対応した応力拡大係数計算手法
 - ✓ 数値積分法やラテン超方格法の導入等

PFM 評価結果の信頼性に関しては、国内の複数機関でソースレベルの機能検証を実施するとともに¹⁹⁾、国内や国際的なベンチマーク解析を実施した。なお、FAVOR との比較では、同じ評価条件では同等の結果が得られること等を確認している²⁰⁾。

5. PASCAL4 による国内 RPV に対する感度解析

国内 RPV における一般部に対する供用期間中検査に関する感度解析を行った。本解析では、中性子照射脆化の影響の大きい PWR の RPV における炉心領域の溶接継手を対象に、加圧熱衝撃事象が発生した場合を想定し、供用期間中検査の試験程度、検査精度及び中性子照射脆化が破損頻度に及ぼす影響を調べた。

5.1 解析条件

本感度解析は、材料中の銅等の不純物元素の含有量が高く、中性子照射脆化感受性の高い RPV を対象とし、国内 PWR の 3 ループプラントに対する入力データ^{21), 22)}を用いて実施した。主な解析条件及び感度解析の解析ケースをそれぞれ表 5 及び表 6 に示す。非破壊試験の試験程度については、検査なし (0%)、7.5%及び 100%の 3 ケースとした。非破壊試験の検査精度については、図 3 に示す米国で提案された検査精度評価モデル (PNNL モデル²³⁾) を参考に高、中及び低の 3 種類とした。参考まで、図 3 には国内の UTS プロジェクトで取得された非破壊試験のデータも示している²⁴⁾。本解析では、運転年数が 30 年の場合、10 年間隔で供用期間中検査が実施されるものとし、その検査精度は試験時期ごとに変らないものとした。

表 5 主な解析条件

項目	条件	備考
解析対象	PWR の RPV における炉心領域の溶接継手	中性子照射量が高い炉型
経年劣化	中性子照射脆化	RPV の炉心領域に対する評価で考慮すべき経年劣化事象 PFM 解析による先行検討で設計基準事象による疲労亀裂進展の影響は小さいと結論付けられており ¹¹⁾ 、疲労亀裂進展は考慮しない。
過渡事象	加圧熱衝撃事象	PWR の場合、中性子照射脆化を考慮した RPV の評価で考慮すべき事象

		破損頻度に寄与する事象を考慮（大口徑破断冷却材喪失事故、小口径破断冷却材喪失事故、主蒸気系破断 等）
運転年数	10年、30年	稼働率を80%と想定
試験時期	各検査間隔の最終年	中性子照射量が最も高い時期を選択

表6 感度解析の解析ケース

	試験程度	検査精度	試験範囲
ケース0	試験なし	—	—
ケース1	7.5% ^{※1}	高	維持規格の図 IB-2500-1 に基づき設定 ¹⁾
		中	
ケース2	100%	高	
		中	
		低	

※1 各溶接継手の7.5%に対する非破壊試験を実施。なお、中性子照射量が 10^{23}n/m^2 ($E>1\text{MeV}$) を超えた溶接継手については全ての範囲で試験を実施¹⁾。試験時期における試験範囲と中性子照射量分布の関係を図2に示す。

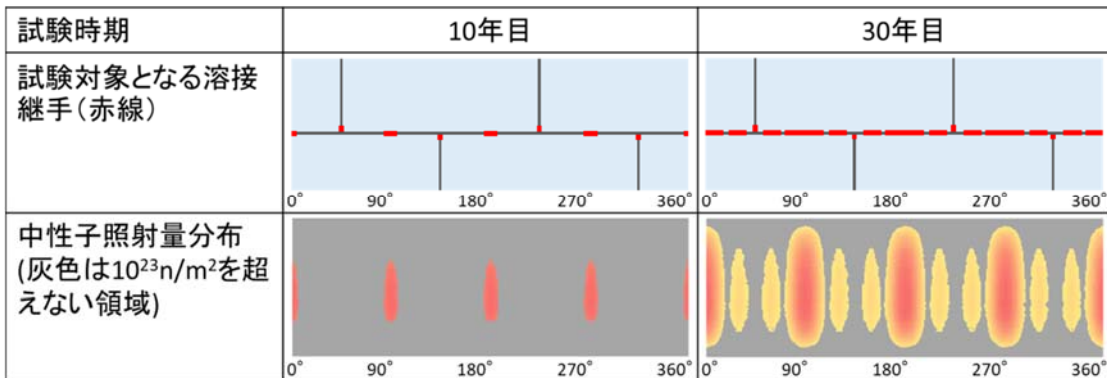


図2 試験時期における中性子照射量と試験範囲の関係

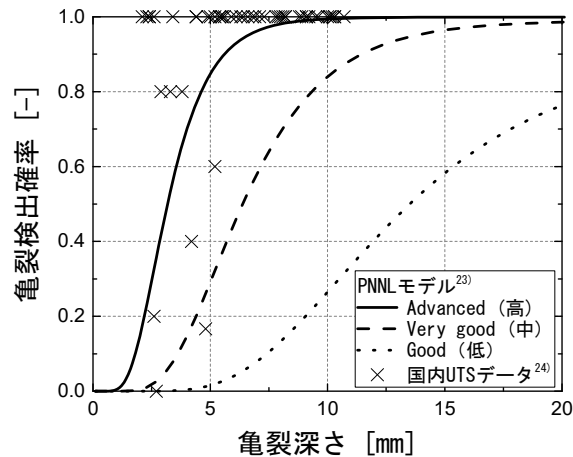


図3 感度解析に用いた検査精度評価モデル^{23), 24)}

5.2 解析結果

RPV の溶接継手における破損頻度と検査精度及び試験程度の関係を図 4 に示す。

- ・ 運転年数 10 年について、検査精度・低～中／試験程度 100%の破損頻度は 7.5%の場合と概ね等しい。検査精度・高／試験程度 100%の破損頻度は大きく低下する。
- ・ 運転年数 30 年について、検査精度・低／試験程度 100%の破損頻度は 7.5%の場合と概ね等しい。検査精度・中～高／試験程度 100%の破損頻度の低下は、運転年数 10 年よりも大きくなる。
- ・ 試験程度 7.5%については、運転年数に関係なく、破損頻度に及ぼす検査精度の影響は小さく、運転年数の増加に伴う中性子照射脆化の影響がより大きい。試験程度 100%では、破損頻度に及ぼす検査精度と中性子照射脆化の影響がともに大きくなる。

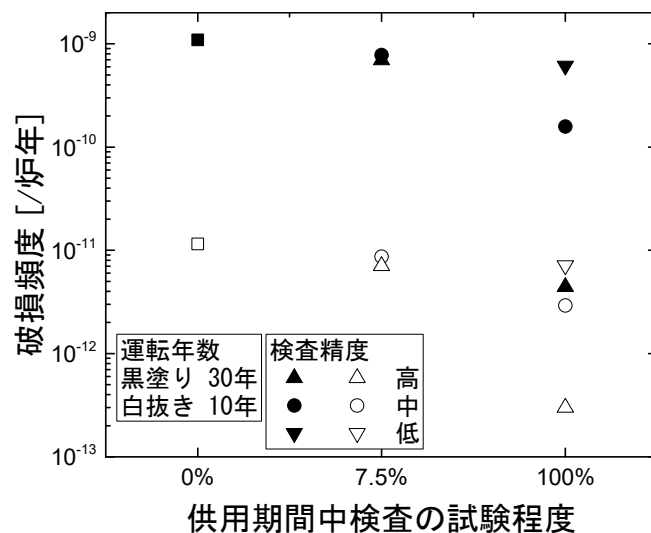


図 4 感度解析の結果

6. おわりに

米国における RPV の溶接継手に対する供用期間中検査へ PFM を適用し、BWR については RPV の耐圧部分における周方向溶接継手に対する試験程度の軽減、PWR については検査間隔の延長を NRC が認可した事例を示した。また、PASCAL4 を用いて、国内 RPV における一般部の溶接継手に対する非破壊試験に関する感度解析を行い、破損頻度に及ぼす非破壊試験の試験程度、検査精度及び中性子照射脆化の影響を調べた。

参考文献

- 1) 日本機械学会, “発電用原子炉設備規格維持規格(2012年版),” JSME S NA1-2012, 2012.
- 2) 勝山 他, “原子炉压力容器用確率論的破壊力学解析コードPASCAL4の使用手引き及び解析手法,” JAEA-Data/Code 2017-015, 2017.
- 3) 日本電気協会, “電気技術規定原子力編 原子炉压力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法,” JEAC4206-2016, 2016
- 4) Nuclear Regulatory Commission, “Federal Register,” Vol.57, No.152, August 6, 1992.
- 5) Nuclear Regulatory Commission, “Completion of Staff’s Review and Issuance of the Final Safety Evaluation Report on Reduction in Augmented Examination Requirements for Boiling Water Reactor Pressure Vessels Pursuant to 10 CFR 50.55a(g) (6) (ii) (A),” SECY-98-219, 1998.
- 6) Nuclear Regulatory Commission, “Status of safety evaluation report on proposed reduction in augmented examination requirements for boiling water reactor pressure vessels pursuant to 10 CFR 50.55a(g) (6) (ii) (A) (SRM M970512B),” SECY-97-152, 1997.
- 7) Nuclear Regulatory Commission, “Boiling Water Reactor Licensees Use of the BWRVIP-05 Report to Request Relief from Augmented Examination Requirements on Reactor Pressure Vessel Circumferential Shell Welds,” Generic Letter No.98-05, 1998.
- 8) Nuclear Regulatory Commission, “Format and Content of Plant Specific Pressurized Thermal Shock Safety Analysis Reports for Pressurized Water Reactors” , RG 1.154, 1987.
- 9) Nuclear Regulatory Commission, “An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-informed Decisions on Plant-specific Changes to the Licensing Basis,” RG 1.174, 1998.
- 10) Nuclear Regulatory Commission, “Information Notice No. 97-63: Status of NRC Staff’s review of BWRVIP-05,” IN 97-63, August 7, 1997
- 11) Pressurized Water Reactors Owners Group, “Risk-informed extension of the reactor vessel in-service inspection interval,” WCAP-16168-NP Rev.2, 2008.
- 12) 例えば、Nuclear Regulatory Commission, “Beaver Valley Power Station, Unit No. 1-Safety evaluation of proposed alternatives 1-TYP-4-BA-01 and 1-TYP-4-BN-01 regarding the fourth 10-year interval of the inservice inspection program (EPIDS L-2017-LLR-0130 and L-2017-LLR-0137),” March 28, 2018.
- 13) ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section XI, 1989 Edition with the 1989 Addenda up to and including the 2004 Edition with the 2005 Addenda, American Society of Mechanical Engineers, New York.
- 14) Oak Ridge National Laboratory, “Fracture Analysis of Vessels-Oak Ridge FAVOR,

- v06.1, Computer Code: Theory and implementation of algorithms, methods, and correlations,” Draft NUREG/CR(ORNL/TM-2007/0030), 2007.
- 15) Nuclear Regulatory Commission, “An approach for using probabilistic risk assessment in risk-informed decisions on plant-specific changes to the licensing basis,” NRC Regulatory Guide 1.174 Rev.1, 2002.
 - 16) Nuclear Regulatory Commission, “Final safety evaluation by the office of nuclear reactor regulation topical report WCAP-16168-NP, Revision 2, ‘Risk-Informed extension of the reactor vessel in-service inspection interval’ Pressurized Water Reactor Owners Group Project No.694,” May 8, 2008.
 - 17) 伊藤 他, “原子炉配管溶接部に対する確率論的破壊力学解析コード PASCAL-SP の使用手引き,” JAEA-Data/Code 2009-025, 2009.
 - 18) 宇田川 他, “Ni 基合金異材溶接部に対する確率論的破壊力学解析コード PASCAL-NP の使用手引き,” JAEA-Data/Code 2013-013, 2013.
 - 19) Y. Li et al., “Verification of Probabilistic Fracture Mechanics Analysis Code PASCAL,” Proceedings of the 2017 25th International Conference on Nuclear Engineering, Paper No. ICONE25-66468, 2017.
 - 20) Y. Li et al., “Verification of Probabilistic Fracture Mechanics Analysis Code through Benchmark Analyses,” Proceedings of the ASME 2018 Pressure Vessels & Piping Division Conference, Paper No. PVP2018-84963, 2018.
 - 21) 勝山 他, “原子炉圧力容器を対象とした確率論的破壊力学に基づく健全性評価に関する標準的解析要領,” JAEA-Research 2016-022, 2016.
 - 22) J. Katsuyama et al., “Guideline on Probabilistic Fracture Mechanics Analysis for Japanese Reactor Pressure Vessels,” Proceedings of the ASME 2017 Pressure Vessels & Piping Division Conference, Paper No. PVP2017-65921, 2017.
 - 23) F.A.Khaleel et al., “A model for predicting vessel failure probabilities including the effects of service inspection and flaw sizing errors,” Nuclear Engineering and Design Vol.200, pp. 353-369, 2000.
 - 24) 独立行政法人 原子力安全基盤機構, “原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書 (超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの) [総括版],” 05 基材報-0001, 2005.