

## 維持規格の技術評価における主な論点

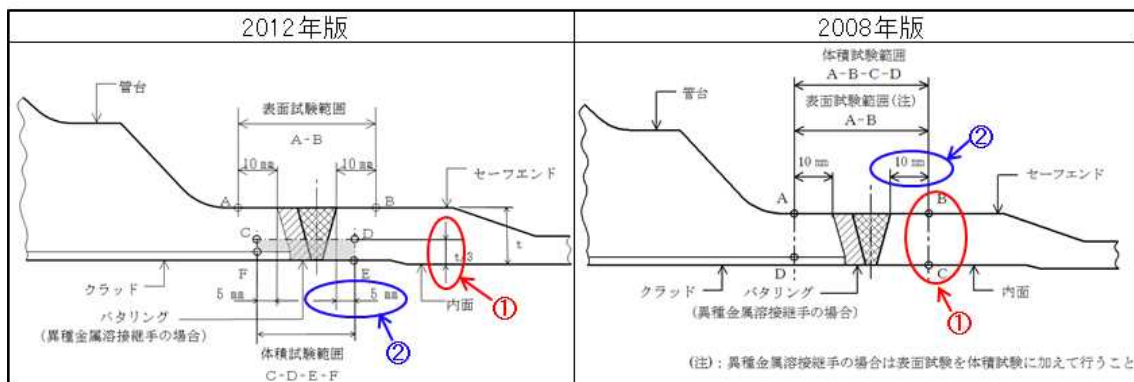
## No.11 クラス 1 機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査

(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 抜粋)

## (1) 変更内容

「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の溶接継手」及び「試験カテゴリ B-J 管台とセーフエンド、管の耐圧部分の同種金属の溶接継手」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。

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。



## (2) 技術評価案

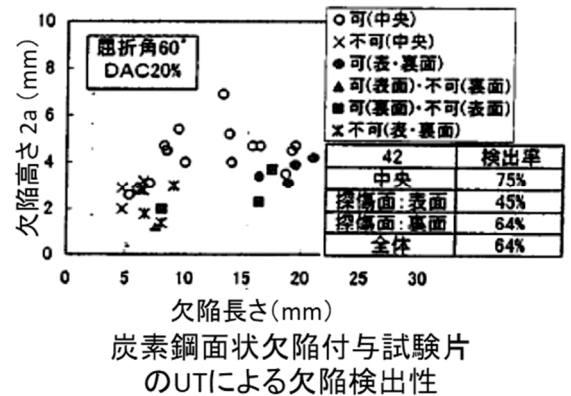
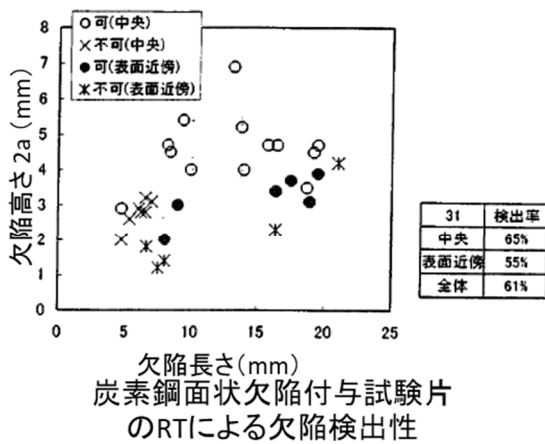
試験範囲を母材厚さの内面側 1/3 へ変更したことに対する評価

A) 設計建設時の RT で検出されなかった欠陥が UT で検出された事例があること。

- 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、設計建設時の 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<sup>1</sup>。
- 研究調査報告書<sup>2</sup>に溶接部内部の欠陥に対する RT と UT 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。(次頁の図参照)

<sup>1</sup> ASTM STP697 又は J. C. Spanner, ACOUSTIC EMISSION:WHO NEEDS IT -- AND WHY?, ASNT/AEWG International Conference on Acoustic Emission, September 11-12, 1979, Anaheim, California

<sup>2</sup> 「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)



- B) 供用前検査を含む維持段階で検出された欠陥の監視の必要性があること。
- 非破壊試験技術の向上又は試験員の技量の向上等による欠陥寸法測定精度が向上した結果、以前の測定で許容された欠陥がより大きく測定される又は検出されていなかった欠陥が検出される場合がある。
    - 米国 Hatch-1 号機で、1997 年の供用期間中検査で検出され、許容された欠陥が 2006 年の供用期間中検査で PDI を適用した寸法測定を行った結果、IWB-3510 で非許容と判定された。PDI 技術により精度が向上したことによるもの<sup>3</sup>。
    - 2012 年にベルギー-Doel3 号及び Tihange2 号の原子炉容器の胴部で多数の欠陥指示が検出、2014 年に超音波探傷装置と手順を改善した再検査を行ったところ、検出された欠陥指示が大幅に増加<sup>4</sup>。
- C) ASME Sec. XI の規定では、IWB-2500 の Category B-F 及び Category B-J はいずれも体積試験の範囲を内面から 1/3 板厚としているが、ASME Sec. は UT による供用前検査を規定しており、板厚に関する試験範囲の明示的な規定がないものの、文献等から板厚全体の確認を行っているとは判断される。
- A) ~ C) より、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(「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)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ことが妥当と判断される。

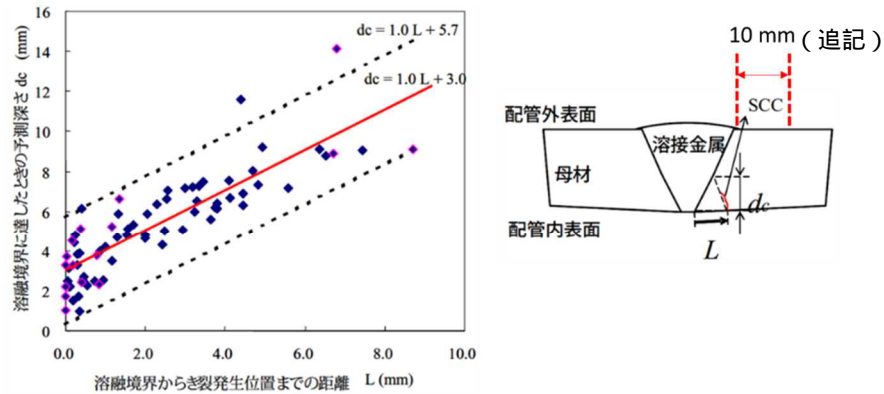
試験範囲を板厚の内面側 1/3 にしたとき、溶接止端部からの範囲を 10mm から 5mm へ変更

- BWR 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(下図参照)より、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。
- 一般的には溶接部外面の止端部から 5mm の範囲で内面側を試験対象にすれば内面側では止端部から 5mm 以上の範囲となり、ASME Sec. XI IWB-2500 においては試験範囲を溶接部厚さの内面側 1/3 としているものについては外面の止端部から 6mm(1/4 インチ)の範囲と

<sup>3</sup> Edwin I. Hatch Nuclear Plant -Unit 1 Evaluation of Main Steam Nozzle Indications, Docket No. 50-321, pbadupws.nrc.gov/docs/ML0606/ML060610658.pdf

<sup>4</sup> Doel 3 and Thiange 2 reactor pressure vessels Provisional evaluation report, 30 January 2013, FANC Web ページ Doel 3/ Thiange 2: new update, 2015.2.13

している。



き裂発生部位と溶接境界に達するときの深さの関係<sup>注</sup>

注:「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

- 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ことを考慮すると、次頁に示すように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 と変更することは、内面から発生する欠陥が試験範囲外となる可能性がある。
- 外面側溶接止端部からの距離が 5mm となる位置の内面側止端部からの距離は板厚(t)と開先のベベル角度( )によって変化する。
- 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とは判断されない。

#### No.17 クラス1 機器の欠陥評価(評価の流れ)(抜粋)

(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 抜粋)

##### (1) 変更内容

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。

有意な欠陥指示について

補修・取替における対応について

運転時の規格である維持規格の判定基準について



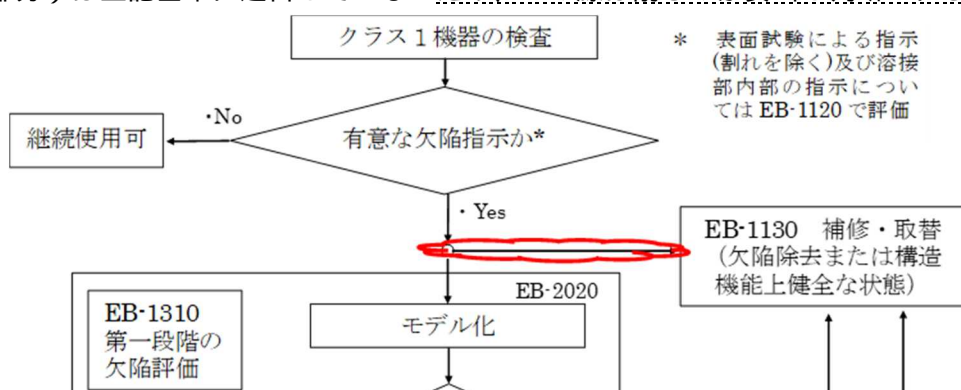
## (2) 技術評価案

### 有意な欠陥指示について

- 維持規格の「有意な欠陥指示」とは、「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。」とされているが、「供用中の発生、進展によって生じた」場合に限定することは妥当とは判断されない。
- また、ISI で検出された欠陥指示は、PSI の結果(比較可能な PSI の結果がない場合は当該部について最初に行われた ISI を含む以前の ISI の結果)と比較することが妥当と判断される。
- ここで、検出された欠陥指示とは、UT の場合は「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規程(JEAC4207-2008)」の「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」に規定する「要記録エコー」とすることが妥当と判断される。

### 補修・取替における対応について

- 原子炉等規制法<sup>5</sup>第 43 条の 3 の 16 (定期安全管理検査) 第 3 項及び実用炉則<sup>6</sup>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。
- 亀裂解釈では、クラス 1 機器、クラス 2 機器、クラス 3 機器、クラス MC 機器(鋼製)、支持構造物及び炉内構造物について、非破壊検査によって抽出された亀裂等については、その形状及び大きさが特定された時、評価を行うと規定している。
- したがって、クラス 1 容器及びクラス 1 配管についての評価の流れを示す図において、「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(下図の赤枠部分)は上記基準に適合していないため、この線は削るのが妥当と判断される。



### 運転時の規格である維持規格の判定基準について

- 設計建設時と維持段階における欠陥の判断基準はそもそもの両者の考え方が異なってお

<sup>5</sup> 「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年法律第166号)

<sup>6</sup> 「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)

り、維持段階においては、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評価を基にした判断基準を用いるべきである。

- 溶接部内部の欠陥については以下の懸念がある。
  - ✓ RT で検出される欠陥（ブローホール等）の亀裂進展性は十分に低いが、RT で検出できなかった欠陥（面状欠陥）の亀裂進展性は評価が必要である。
  - ✓ 供用期間中検査において検出された欠陥指示であって、設計建設時の RT と対応がつかない欠陥指示に、設計建設時の判断基準を適用することの妥当性が説明されていない。
- したがって、設計建設時の判断基準を準用する場合は、その妥当性を説明する必要がある。
  - ✓ 溶接部については「溶接規格 N-1100 非破壊試験」を、ボルト以外の場合で母材については「設計・建設規格 PVB-2421(1)又は同(4)」を適用すると規定し、これらの規定に適合すれば「その機器を継続して使用することができる。」としているが、維持段階の体積試験の判定基準としては次の問題があり妥当とは判断されない。
    - 供用期間中検査に適用する UT は、IA-2542 において、「JEAC 4207-2008 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」に従うことを規定しているが、JEAC 4207-2008 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 DAC100%未満でも割れの事例があるからである<sup>7</sup>。
    - また、改良 UT の適用についての報告書<sup>8</sup>によると、平成 15 年 12 月に制定されたき裂解釈において、「供用期間中検査の UT で得られた DAC20%を超えるエコーについて、き裂等によるものか否かを判定し、き裂等によるものである場合、その寸法測定を行うこととした」とある。
  - ✓ したがって、供用期間中検査で実施する UT に対して設計・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(1)及び(2)の体積試験に係る規定は適用除外とし、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)」を適用することが妥当と判断される。
  - ✓ 同様に、クラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁の評価についても、EB-1100 (3)の「クラス 1 容器、クラス 1 配管以外（クラス 1 ポンプ及びクラス 1 弁）」は、「EB-1300 欠陥評価」又は「EA-3020 評価方法および時期 (2)」により評価することが妥当と判断される。
  - ✓ また、変更点である、欠陥評価の流れにおいて、「ただし、表面試験による指示であって割れ以外のもの、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」とした規定の追加についても、溶接部内部の指示（体積試験）については妥当とは判断されない。

<sup>7</sup> 「原子力発電設備の健全性評価について - 中間とりまとめ - 添付資料 1」(平成 15 年 3 月 10 日原子力安全・保安院)

<sup>8</sup> 「原子炉再循環系配管等の検査への改良超音波探傷試験の適用について P.2~3」(平成 16 年 8 月 10 日原子力安全・保安院)

No.11 クラス1機器の耐圧部分の溶接継手の標準検査

体積試験の範囲を溶接部の厚さの全厚から内面側 1/3 へ変更

参考資料 8 - 2 ( 第 4 回維持規格の技術評価に関する検討チーム会合 資料 4 - 1 ) p.8-11 に対する御意見

外部専門家	JSME	技術評価書案 ( 抜粋 )
<p>&lt; 古川先生 &gt;</p> <p>製造時の RT で検出できなかった欠陥が UT で検出された事例を挙げているが、これらの事例において RT で検出できなかった欠陥は、維持段階で問題となる欠陥すなわち破壊を引き起こす亀裂等に該当するのか、などの分析も踏まえて技術評価すべきと考える。</p> <p>研究調査報告書の研究目的は製造時の RT を UT で代替可能かを確認することであり、人工的に模擬した溶接欠陥を付与し、それらに対して RT と UT の検出性の差を確認した調査研究の結果である。調査研究では疲労試験や引張試験も行い機械的強度との関係も確認している。単に検出性の違いを議論するのではなく、破壊を引</p>	<p>規制庁殿としては、製造時の RT 検査では見つからなかった内部欠陥も UT による供用中検査では見つかる可能性があるため、体積試験の範囲を厚さの内面側 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、少なくとも厚さのうち外面側 2/3 の範囲に要記録エコー ( JEAC4207 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ことが妥当とのご意見ですが、規格委員会としては以下の理由から、この条件は不要と考えます。</p> <p>1) 維持規格の規定は、国内プラントの多数の運転経験、損傷事例の調査、海外の文献調査、内在欠陥の進展性の評価などを</p>	<p>1) 溶接部内部の欠陥について</p> <p>製造時の放射線透過試験で検出されなかった欠陥が超音波探傷試験で検出された以下の事例があることから、設計工事段階の非破壊試験に合格しても、放射線透過試験で検出されない面状欠陥が存在する可能性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1972 年に米国 Edwin I. Hatch-1 号機の原子炉压力容器胴と管台との溶接部の供用前検査における超音波探傷試験で、製造時の放射線透過試験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<sup>9</sup>がある。</li> <li>● 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 ( 製造に起因すると評価された ) 面状欠陥を検出した事例<sup>10</sup>がある。</li> <li>● 研究調査報告書<sup>11</sup>において溶接部内部の欠陥に対する放射線透過試験と超音波探傷試験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</li> </ul>

<sup>9</sup> J. C. Spanner , ACOUSTIC EMISSION:WHO NEEDS I T -- AND WHY? , ASNT/AEWG International Conference on Acoustic Emission , September 11-12, 1979, Anaheim, California

<sup>10</sup> COLUMBIA GENERATING STATION, DOCKET NO. 50-397 “ RESPONSE TO REQUEST FOR ADDITIONAL INFORMATION LICENSE RENEWALAPPLICATION ”, September 27, 2010, G02-10-142 Energy Northwest

<sup>11</sup> 「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)

<p>き起こす亀裂等になりうるのかも踏まえて技術評価すべきと考える。例えば、RTで検出されず UT で検出した欠陥( 図中の長さ約 16mm×高さ約 2mm、長さ約 21mm×高さ約 4mm )は表面近傍の欠陥であり、内面側であれば板厚の 1/3 の範囲にはいるのかどうか、仮に外面側であれば万が一進展した場合にも表面試験で検知できるのか、といった分析をしたうえで破壊を引き起こす亀裂等になりうるのか等踏まえて技術評価すべきではないか。</p> <p>なお、B-F カテゴリの異種金属の溶接継手は、溶接金属組織に起因するエコーが生じる場合があり、超音波探傷試験データの解釈が難しい箇所である。また、この箇所ではニッケル基溶接金属の接液した面から応力腐食割れ発生の経験もあり、<u>体積試験範囲を 1/3 にすることで、内表面側の欠陥検出性に優れた試験方法が適用されることが期待できると考える。</u></p> <p><u>Doel3 号及び Tihange2 号の事象に対してこの表現は適切か？ Doel3 号及び Tihange2 号の事例は、高感度な試験方法</u></p>	<p>踏まえて、溶接規格に基づいて製作され、所定の検査を行い製品として供用開始されたものに対する UT 検査の要否を総合的に判断した結果であり、健全性に与える影響に拘わらず、「製造時の RT では検出できない欠陥が UT 検査によって検出されるかもしれない」との理由のみでこれを否定することは適切ではないと判断します。</p> <p>2) 判定基準を満足する内部欠陥の存在を想定した場合、想定される供用期間中の欠陥進展メカニズムは低サイクル疲労のみであり、低サイクル疲労は繰り返し回数が少ないのに加えて、応力拡大係数も表面欠陥と比較し小さいことから、評価上進展量はわずかであり、破損に至る可能性は無視できると考えられます。</p> <p>3) 設計建設時の RT で検出されなかった欠陥が UT で検出された例として挙げられている米国 Hatch 1 号の事例は、維持規格の改訂で今回変更を提案している配管等の突合せ溶接部 (B-F、B-J カテゴリ)での事例ではなく、容器とノズルの溶接部 (B-D カテゴリ)に相当し、米国でも</p>	<p>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、屈折角 60°で記録レベルを DAC20%とした場合には、欠陥長さ 15mm 以上の範囲で RT で検出されなかった欠陥が UT で検出されている。</p> <p>また、設計工事段階の判定基準 (溶接規格) 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、運転段階の判定基準は、欠陥の長さ と深さ (高さ) 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、設計工事段階に許容される欠陥と維持規格の評価不要欠陥寸法は直接的に比較することができないため、前者が後者より小さいことは確実ではない。</p> <p>このため、運転段階で検出された欠陥指示が溶接部内部にあって、設計工事段階の非破壊試験で合格しているものであっても、その都度、欠陥指示に進展性を示唆する兆候がないかを確認し、欠陥指示に変化があった場合には評価することが必要である。<b>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。(「2.5.2.2 非破壊試験で検出された欠陥指示」参照。)</b></p> <p>2) ASME Section XI の規定について</p> <p>ASME Section XI において、IWB-2500 の Category B-F 及び Category B-J はいずれも体積試験の範囲を内面から 1/3 厚さとして</p>
---	---	--



<p>の適用により以前の測定では確認されなかった多数の指示が検出された事例であると認識している。</p> <p>&lt;辻先生&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・きずを検出するための範囲を 1/3 としているだけで、見つかった欠陥については、その周りも含めて、1/3 の外側に伸びているものも含めて欠陥評価をするのならば、(ASME と変わらないので)この理由は含めない方がいいのではないか。</li> <li>・最初に見つけて、1 回はサイジングするけど、あとはエコーだけで、変化がなければオーケーとする。それがこの部分にも適用されるというのは、何か明記というか、そういう解釈になるようにするのか。一律はだめですよということではなくて、何かしら条件つきで、そういう運用で、できるだけ検査にかかる、その検査員とか、その時間とか、そういう資源を有効に使い</li> </ul>	<p>本事象を根拠に、B-F、B-J カテゴリの試験範囲 (1976 年から 1/3t) を見直す動きはありません(B-D カテゴリは、全継手の全板厚の検査を要求しており、同様の事象が発生したとしても維持規格の規定に従えば検知できます)。</p> <p>4) 資料 4-1, p.10 には「ASME Sec. XI の規定では、IWB-2500 の Category B-F 及び Category B-J はいずれも体積試験の範囲を内面から 1/3 板厚としているが、ASME Sec. は UT による供用前検査を規定しており、板厚に関する試験範囲の明示的な規定がないものの、文献等から板厚全体の確認を行っている」と判断される。」という記載がありますが、供用期間前検査の試験要求については、ASME Sec. III NB-5283 Examination Requirements (a)にて、Sec. XI の Table IWB-2500-1 に従うとあり、供用期間中検査と同様に 1/3 板厚の検査を要求してい</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ASME Section III は超音波探傷試験による供用前試験の許容基準 (NB-5332)として、供用期間中検査の許容基準 (IWB-3000) を用いている。</li> <li>● ASME Companion Guide に以下のような趣旨の記載がある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・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<sup>12</sup>。</li> <li>・放射線透過試験で検出されなかった製造時の亀裂状の欠陥が、供用前試験の超音波探傷試験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) を策定した<sup>13</sup>。</li> </ul> </li> <li>● EPRI の非破壊試験の許容基準に係る特別報告書<sup>14</sup>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。</li> <li>● 仏国の RSE-M-2010Edition 規格<sup>15</sup>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 1 次冷却管との溶接部については、その厚さの全体を超音</li> </ul>
--	--	--

<sup>12</sup> 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.

<sup>13</sup> 同上 Chapter 27, 27.2.2.5 Development of Acceptance Standards for Crack-like Flaws

<sup>14</sup> 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

<sup>15</sup> RSE-M-2010Edition, Figure 4.4.1.2-3-1(7)

<p>ればよい。</p> <p>&lt;高木先生&gt;</p> <p>(上記について)私も辻先生と同じように考える。ぜひ考慮していただければ。何かやっぱり 1 回見ておけばよいのかなというのは、発電技検のデータを見ると、ちょっとそういう心配はあるのかなという気はする。</p>	<p>ると解釈すべきものと考えます。ASME Sec. III での UT の許容基準 NB-5332 は、判定基準であるため、試験範囲の記載がないのは当然であることから、これをもって、全板厚の検査を要求していると解釈するのは不適切と考えます。また、ASME Companion Guide や EPRI の文献は検出された欠陥に対する評価に関するものであり、検査範囲について議論したものではありませんので、何れも米国では「板厚全体の確認を行っている」と判断される」という根拠としては不十分と判断します。</p>	<p><b>波探傷試験の対象としている。</b></p> <p>以上から、設計工事段階に非破壊試験に合格したものであっても、運転段階では、設計工事段階に適用した非破壊試験では検出されない又は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り、供用期間中検査において検出された欠陥についてはその成因にかかわらず、供用期間中に破壊を引き起こすおそれがないことを確認する必要があるため、溶接部の厚さ全体について検査を行い、その進展性を監視することが必要である。</p> <p>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こと必要である。</p>
---	--	---

溶接止端部からの範囲の変更

参考資料 8 - 2 ( 第 4 回維持規格の技術評価に関する検討チーム会合 資料 4 - 1 ) p.12-13 に対する御意見

外部専門家	JSME	技術評価書案
<p>&lt; 古川先生 &gt;</p> <p>・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内面から発生する欠陥が試験範囲外になる可能性があることは考えられる。一方で、狭開先継手の場合に、溶融境界から離れた位置に SCC が発生した経験があるのかという疑問がある。p.8 の図(き裂発生部位と溶接境界に達するときの深さの関係(注1))において、できる範囲で結構なので開先角度を調査して外面の止端部からの距離で整理していただきたい。</p> <p>・外面の止端部から 5mm の範囲を超えたものがあれば技術評価書の妥当性を技術的に証明することになると言える。また、1/4 inch (6mm) の範囲を超えたものがあるのであれば、米国と情報共有すべきことと考える。</p>	<p>5) 体積試験を実施すべき母材の範囲に関しても、維持規格の提案は ASME の規定(1/4 インチ)とほぼ同じ 5mm の範囲(配管外面)としていますが、BWR 再循環系配管の内表面において止端部から 9mm 程度の範囲で SCC き裂が発生した事例があり、ベベル角が小さな狭開先では、このような位置のき裂がカバーされない可能性があることを根拠に、規制庁殿からはベベル角が小さい場合には従来どおり 10mm とすることが提案されていますが、規格委員会としては、狭開先においては熱影響部が狭いため、同様な位置に SCC き裂が発生する可能性を考慮すべきかどうかはさらに検討するのが望ましいと考えます。</p>	<p>日本機械学会によれば、内面から 1/3 肉厚の範囲を検査する場合、開先形状を考慮すれば、外側の溶接部止端部から 5mm 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部位を含むことができるとしている。しかしながら、BWR 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。</p> <p>一般的には、溶接部外面の止端部から 5mm の範囲で内面側を試験対象にすれば、内面側では止端部から 5mm 以上の範囲となると考えられる。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ことを考慮すると、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 と変更することは、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。外面側溶接止端部からの距離が 5mm となる位置の内面側止端部からの距離は、肉厚 (<math>t</math>) と開先のベベル角度 ( ) によって変化し、肉厚 50mm ではベベル角度が約 6° 以下で、肉厚 80mm では約 3.5° 以下で、内面側止端部からの距離が 10mm 以下となる。ただし、外面側に化粧盛があり、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 10mm 以上の範囲が検査される。</p> <p>以上から、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とは判断されない。</p>

No.17 クラス1 機器の欠陥評価（評価の流れ）

有意な欠陥指示について

参考資料 8 - 2（第4回維持規格の技術評価に関する検討チーム会合 資料4 - 1）p.33-34 に対する御意見

外部専門家	JSME	技術評価書案
<p>&lt;古川先生&gt; 数字の大小についての議論ではなく、寸法決定方法が異なることで、どの程度寸法が異なり、それによってどの程度安全ゆう度が変化するのが示していただかないと、DAC20%で判定することが妥当なのかどうかを議論できない。すなわち、こういった損傷に対して、どのようなデータ/知見があるので DAC20%で判定することが妥当としたかの根拠を示してほしい。</p> <p>&lt;辻先生&gt; 最終的には読み替えて、この部分は他に変化が認められる場合のという欠陥指示ということにしますという話だが、この供用中に発生、進展した欠陥という文言は多分この維持規格の何か思想みたいなもので、要は供用中に発生、進展した欠陥を見つけて、評価するために、例えば最初からあった欠陥はどう扱うとか、いろいろ細々と検討していると思うので、この思想的な部分は削らない</p>	<p>(1) 読み替え前は「有意な欠陥指示」かどうかは、「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」かどうかを総合的判断して決められるものであったのに対して、単に「変化が認められる」に変更することが提案されていますが、「有意な欠陥指示」は、維持規格のみならず、JEAC4207 の寸法測定などでも使用されているように、供用中検査全体に関わる重要な概念であり、単にこの記載を変えればよいというものではないと考えます。特に、要記録エコーが各検査で変化するとは限らず、変化したとしても欠陥が進展したためではなく、測定方法や条件などの違いによる場合も少なくないと考えられるため、要記録エコーであることをもって、「有意な欠陥指示」と解釈するのは不適切と考えます。従って規格委員会としてはこの読み替えには賛成できませんので、現行規定の定義を維持することを要望します。</p>	<p>有意な欠陥指示 供用前検査又は以前の供用期間中検査において、当該欠陥が同定<sup>16</sup>されており、欠陥指示に変化が認められなければ、必ずしもサイジング及び破壊力学的評価を行う必要はないと考える。 （「2.5.2.2 非破壊試験で検出された欠陥指示の評価」参照。超音波探傷試験規程の関連規定に対する評価については3.2.3.2(4)の4）参照） 一方、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」を「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、</p>

<sup>16</sup> ここでの「同定」とは、以下のいずれかの欠陥と同一であることが明らかであることを示す。

- 1) 供用前検査又は以前の供用期間中検査で検出された欠陥。
- 2) 設計工事段階の非破壊試験で検出され、許容された欠陥。

ほうがいいと思う。		設計工事段階で許容された欠陥及び不検出の欠陥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。）ことから、定義の明確化を要望する。
-----------	--	---

補修・取替における対応について

参考資料 8 - 2 (第 4 回維持規格の技術評価に関する検討チーム会合 資料 4 - 1) p.35 に対する御意見

外部専門家	JSME	技術評価書案
<p>&lt; 高木先生 &gt;</p> <p>EB-1130 に行くラインは、法律と違うので削除したほうがよいという御説明だったと思うが、これは多分、そもそもの法律の趣旨は、このまま使う場合にはちゃんと評価をして、補修をするためにしっかり評価をなさいということだったかと思うが、実際、余分な被ばくをしないと、早く直したいという場合は、当然この右側に行くラインに行くことを普通は考えると思うが、その場合は、要は評価等が先にされていないので、これはだめであるというふうにするのか、あるいは、精神を生かして、例えば知見を蓄積するということを生かすのであれば、たとえ切って補修した後でも、その切ったものからいろんな評価ができると思う。そういうことを含めて報告すれば、こういうような道を残しておいてやってもよいというふうにするのが合理的ではないかと思う。</p> <p>&lt; 古川先生 &gt;</p>	<p>(過去コメント)</p> <p>JSME としては以下の理由から本件に関しては、維持規格への反映事項として要件をつけるのではなく、別途規制事項として整理して頂きたいと考えます。</p> <p>1) 今回の技術評価は、技術基準規則第 18 条に対する適合性を判断するものと考えています。維持規格での欠陥評価(破壊力学的評価、亀裂進展評価)はこの技術基準規則第 18 条に関連し、欠陥を残したまま運転する場合の評価であり、原子炉等規則法第 43 条の 3 の 16 (定期安全管理検査) 第 3 項及び実用炉則第 58 条の「技術基準規則第 18 条に適合しなくなるおそれがある」ときの評価、結果の記録とは目的が異なると考えますし、維持規格の記載は実用炉則の法令要求を否定するものではないと判断します。</p> <p>2) また評価は、場合によっては補修取替と並行あるいは、補修取替後でも良い場合もあると考えられますが、維持規格の評価の流れに要件をつける</p>	<p>補修・取替における対応</p> <p>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 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(下図の赤枠部分)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。</p> <p>なお、原子炉等規制法<sup>17</sup>第 43 条の 3 の 16 第 3 項及び実用炉則<sup>18</sup>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(炉心シールド及びシールドサポートに限る。)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。</p> <p>これらを踏まえ、欠陥評価の流れを示した図 EB-1000-1 の見直しを要望する。</p>

<sup>17</sup> 「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 年法律第 166 号)

<sup>18</sup> 「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)

<p>高木先生の指摘と同意見である。</p> <p>(法令要求は当然遵守させるべきであるが、補修・取り換え前に評価が必要な場合と、すでに経験済みの事象で補修・取り換え後に評価してもよい場合があると考え。法令上問題がなければ、個別に柔軟に対応してほしい。)</p> <p>なお、機械学会に対して、法令要求があることを何らかの方法で(例えば注記するなど)示すことを要望する。</p>	<p>ことにより、かえって補修・取替後の設備の健全性の観点からは必要がない補修・取替前の状態での欠陥評価がホールドポイントになり、現場での迅速な対応を妨げる恐れがあるのではないかと心配すると共に、そのような問題が生じた場合に規格ユーザの維持規格に対する信頼や熱意が失われる恐れがあることを危惧します。</p> <p>3) 上記2)のような対応は維持規格本来の目的・適用範囲から見れば範疇外であるため、そもそも技術評価とは別の議論ではないかと考えます。</p>	
---	---	--

運転時の規格である維持規格の判定基準について

参考資料 8 - 2 ( 第 4 回維持規格の技術評価に関する検討チーム会合 資料 4 - 1 ) p.38-43 に対する御意見

外部専門家	JSME	技術評価書案
<p>&lt; 古川先生 &gt;                      b)体積試験の場合                      p.35 注 1 および注 2 で示された報告書は、ともにオーステナイト系ステンレス配管溶接部の亀裂（応力腐食割れ）であり、探傷面の裏側の表面（すなわち裏面）の亀裂からの反射波の振幅に対する知見である。内部の割れに対する知見ではない。逆に、内部の割れに対する検出性を議論するのであれば、内部の割れの大きさと DAC%との関係と破壊を引き起こす亀裂等になりうるのかなどを分析・評価した上でしきい値を決めるべきではないか。                      p.36 「EB-1300 欠陥評価」はクラス 1 配管、クラス 1 容器についての破壊力学的評価方法を規定したものであり、この部位に適用することが妥当なのか？ また「EA-3020 評価方法および時期( 2 )」を適用することが妥当とは、具体的な評価方法が示されていないものを妥当と言えるのか？ 対象機器と実際の試験の状況等を機械学会に確認した上</p>	<p>(2) (1)とも関連しますが、基本的に進展性が小さいと考えられる溶接部の内部欠陥の取扱いに関して、維持規格では、従前から、EB-1120（製造時の判定基準）を満足するか、「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」ことを確認できればサイジングやき裂進展評価は不要としていますが、技術評価案では、前者の条件を削除するとともに、「供用前検査の記録及び以前の供用期間中検査の記録（供用前検査の記録がない場合にあっては当該部について以前の供用期間中検査の記録全て）と比較して有意な差が認められない」ことを要求されています。規格委員会としては、以下の理由から前者の条件の削除に反対します。                      1) EB-1120 は製造時の判定基準であるが、これをもって運転を許容するものであり、維持段階でその後の運転に対して適用しても問題ないと考えられること。                      2) 記録レベル(DAC20%)付近の欠陥検出</p>	<p>運転時の規格である維持規格の判定基準                      1) 技術評価における考え方                      設計工事段階と運転段階における欠陥の判断基準について、運転段階においては、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評価を基にした判断基準が必要である（表 2.5.2.4-1 参照）。                      溶接部内部の欠陥の評価については、以下の点について考慮が必要である。  <ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計工事段階の放射線透過試験で検出された欠陥（ブローホール等）は亀裂進展性が低いとされているが、運転段階で新たに検出された欠陥は欠陥評価が必要である。</li> <li>● 供用期間中検査において検出された欠陥指示であって、設計工事段階の放射線透過試験と対応がつかない欠陥指示に、設計工事段階の判断基準を適用することの妥当性が説明されていない。</li> </ul>                     2) 技術評価の結果                      設計・建設規格及び溶接規格の欠陥判定基準の準用について、表面試験、体積試験及びボルト等の場合のそれぞれにまとめて以下に示す。                      a) 表面試験の場合</p>



<p>で再考すべきと考える。次の箇条も同様。          &lt;古川先生&gt;          c) EB-1211・・・以外の機器に対する判定基準(3) ボルト等          数字の大小についての議論ではなく、寸法決定方法が異なることで、どの程度寸法が異なり、それによってどの程度安全ゆう度が変化するかなどを示していただかないと、DAC20%で判定することが妥当なのかどうかを議論できない。すなわち、こういった損傷に対して、どのようなデータ/知見があるので DAC20%で判定することが妥当としたかの根拠を示してほしい。</p>	<p>性のばらつきなどによってEB-1120の範囲内の信号の変化が生じることも考えられ、「以前の記録全てと比較して有意な差がないこと」のみを判定条件とすると、実際には進展していない欠陥やサイジングが困難な欠陥に対してもサイジング及び破壊力学的評価が必要といった非合理的な要求となる恐れがあること。</p> <p>(3) これまではそのような要求がなかったクラス1ポンプ及びクラス1弁についても、「製造時と維持段階では、非破壊試験の目的、判断基準の考え方は異なることから、その妥当性については検討が必要」として、クラス1容器、配管と同様、UTによるサイジング及び破壊力学的評価を要求されています。規制庁殿のご意見は、まず、現行の維持規格の体積検査要求の削除を否定された上で、検査結果の評価に関しても変更を提案されているものと理解致しましたが、規格委員会としては以下の理由からこれらのご意見には同意しかねます。</p>	<p>設計工事段階の非破壊試験における判定基準は、維持規格における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される。</p> <p>b) 体積試験の場合          溶接部については「溶接規格 N-1100 非破壊試験」を、母材(ボルト等を除く)については「設計・建設規格 PVB-2421(1)または同(4)」を適用すると規定し、これらの規定に適合すれば「その機器を継続して使用することができる。」としているが、運転段階の体積試験の判定基準としては、<b>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評価を基にした判断基準が必要である。また、次の点についても考慮が必要である。</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 供用期間中検査に適用する超音波探傷試験は、IA-2542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、<b>DAC50%でも割れの検出率が低いという研究結果<sup>19</sup>を踏まえて設定されたものである。</b></li> <li>● 改良超音波探傷試験の適用についての報告書<sup>20</sup>によると、平成 15 年 12 月に制定されたき裂解釈において「供用期</li> </ul>
--	---	---

<sup>19</sup> 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

<sup>20</sup> 「原子炉再循環系配管等の検査への改良超音波探傷試験の適用について」(平成 16 年 8 月 10 日原子力安全・保安院) P.2~3

	<p>1)クラス1ポンプ及びクラス1弁については、従来から、クラス1配管・容器の溶接内部欠陥などと同様、EB-1200(製造時の判定基準)を満足するか、「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」ことが確認できれば継続使用が可能としています。規制庁殿の新たな提案ではクラス1配管・容器と全く同じように、割れではないと評価された表面欠陥を除き、EB-1300の適用を要求しています。EB-1300はクラス1配管・容器についての破壊力学的評価を定めたものであり、現時点でこれらをより形状が複雑なクラス1ポンプや弁、或いはボルト等に拡大適用してよいとする技術的根拠がないと考えます。また、EA-3020(2)の規定では、個々に妥当性を示すことができれば、EB-1300に規定されている以外の方法を用いて評価を行ってもよいとはしていませんが、現行規定で規定された溶接規格及び設計・建設規格の判定基準の適用を否定した場合は、評価方法や判断基準に大きな不確定性が入り込み、混乱を生じる恐れがあると考えます。</p>	<p>間中検査の UT で得られた DAC20%を超えるエコーについて、き裂等によるものか否かを判定し、き裂等によるものである場合、その寸法測定を行うこととした」とある。</p> <p>これに対して、溶接規格の超音波探傷試験については、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・建設規格の「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験」は、垂直法による底面エコー高さを基準とする超音波探傷試験の規定であるが、供用期間中検査は垂直法の他に斜角法も対象となる。</p> <p>したがって、供用期間中検査で実施する超音波探傷試験について、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)溶接部の欠陥指示及び(2)母材(ボルト等を除く)の欠陥指示の体積試験に係る規定は適用除外とし、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。</p> <p>また、クラス1ポンプ及びクラス1弁の評価は、「EB-1110 評価の流れ(3)」において、「<b>EB-1120 試験に対する評価</b>」に従うとし、「<b>EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準</b>」によることとなるが、これについても同様に、「EB-1300 欠陥評価」又は「EA-3020 評価方法および時期(2)」により評</p>
--	--	--

	<p>2) 2013 年追補では溶接部の UT 要求を削除していますが、これはクラス 1 ポンプ及び弁の溶接線の体積試験( UT)は材質( 鋳造品である ) や形状の観点から技術的に非常に困難であることや、使用材料( 2 相ステンレス鋼 ) の SCC による損傷リスクは極めて小さいことを踏まえて、さらには ASME Sec. XI でも 2008 年版より体積検査要求が削除されたことも考慮して行われたもので、合理的かつ妥当と判断されます。なお、これまで損傷事例はないものの潜在的な損傷モードとして減肉を想定し、内表面の目視試験を規定しています。</p>	<p>価する必要がある。</p> <p>さらに、変更点である欠陥評価の流れにおいて「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、体積試験による溶接部内部の指示については、妥当とは判断されない。</p> <p>c) ボルト等</p> <p>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が、運転段階の体積試験の判定基準としては、以下の点に考慮が必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 設計・建設規格の「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試験(2)b」は棒及びボルト等に対する超音波探傷試験の垂直法による軸方向探傷であり、「PVB-2422 斜角法による超音波探傷試験(1)」は管及び鍛造品に対する斜角法による探傷である。いずれも DAC100%を基準としているが、供用期間中検査における超音波探傷試験については超音波探傷試験規程 2008 年版で原則として DAC20%指示長さを欠陥長さ寸法とするとしており、寸法決定方法が異なる。</li> <li>● 設計・建設規格の「PVB-2421 垂直法による超音波探傷試</li> </ul>
--	---	---

		<p>験(4)」は、鍛造品に関する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」を判定基準としている。一方、超音波探傷試験規程2008年版では、「2711 記録・採取(3)g.」において「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。また、欠陥長さ寸法は原則DAC20%指示長さとするとしており、寸法決定方法が異なる。</p> <p>したがって、「EB-1211 蒸気発生器伝熱管以外の機器に対する判定基準(3)」の体積試験に係る規定は、超音波探傷試験規程による「要記録エコー」がないこととし、「要記録エコー」がある場合には「EA-3000 評価の一般規定」による必要がある。また、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。</p>
--	--	---