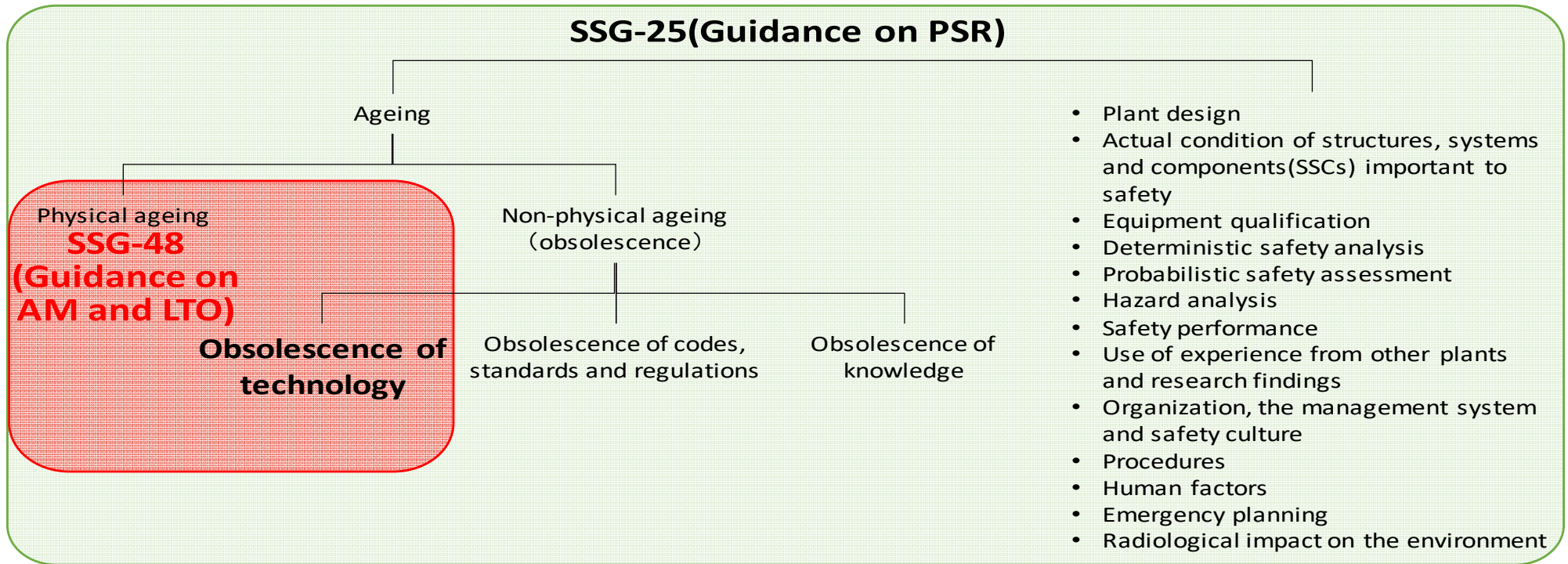


Technological Obsolescence Management (サプライチェーン等の管理) に係る国際的プラクティス

令和5年4月13日

高経年化した発電用原子炉の安全規制に関する検討チーム

(再掲) Technological Obsolescenceの位置づけと定義



(出典) 第3回高経年化した発電用原子炉の安全規制に関する検討チーム資料3-2(一部修正)

TABLE 1. TYPES OF OBSOLESCENCE

Subject of obsolescence	Manifestation	Consequences	Management
Technology	Lack of spare parts and technical support Lack of suppliers Lack of industrial capabilities	Declining plant performance and safety due to increasing failure rates and decreasing reliability	Systematic identification of useful service life and anticipated obsolescence of SSCs Provision of spare parts for planned service life and timely replacement of parts Long term agreements with suppliers Development of equivalent structures or components

定義:

- スペアパーツが入手できなくなること、技術サポートが受けられなくなること
- サプライヤーがいなくなること など

IAEAのLTOと経年劣化管理に係るガイダンス体系



SAFETY REQUIREMENTS

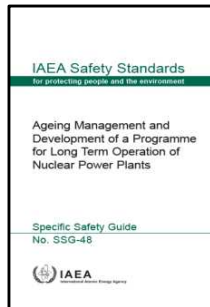


SSR-2/1
Safety of NPPs:
Design

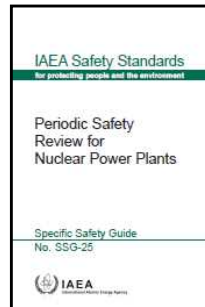


SSR-2/2
Safety of NPPs:
Commissioning
and Operation

SAFETY GUIDES

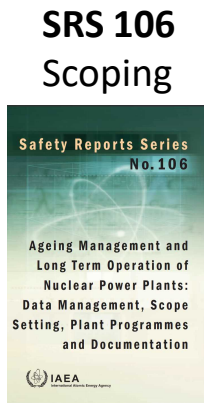


SSG-48
Ageing
Management
and LTO

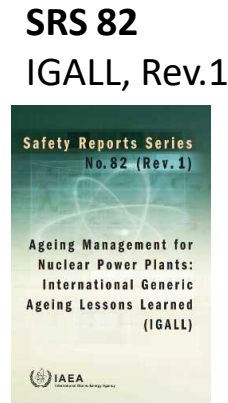


SSG-25
PSR

SAFETY REPORTS



SRS 106
Scoping



SRS 82
IGALL, Rev.1



SRS 109
Regulatory
Oversight

IAEA IGALLの 成果物



IAEA IGALL Database
<https://gnssn.iaea.org/NSN/PoS/IGALL/SitePages/Home.aspx>

- IAEA IGALL※の成果がSRS82と付属するIAEA IGALL Database、SRS109で公表されている。
- 技術旧式化の管理については：
 - (1) IGALL Databaseで、**各国のプラントプラクティス**に基づき作成したTechnological Obsolescence Programme (TOP401)が示されている。
 - (2) SRS109で、各国の**規制プラクティス**を元にしたアプローチが示されている。

⇒(1)、(2)を以降で紹介する。

※IAEA IGALLとは？

名称: IAEA International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL)
概要: 原子力発電炉の安全上重要なシステム・構造物・機器の経年劣化管理の技術基盤を構築するため、SSG48をサポートし、経年劣化管理の良好事例等を示す文書を策定することを目的としたIAEAの特別拠出金プログラム。米国のGALL文書(NUREG 1801)を参考にしている。
期間: 2010年に開始され、現在フェーズ6(2022-2023年)
参加国: 原子力発電所を有するIAEA加盟国の全30か国(日本からもNRAと事業者が参加)



◆TOP401 Technological Obsolescence Programmeの概要

- IGALLフェーズ2(2014～2015年)に初版作成、2021年に改定(主に記載充実化)。
- 参加国(初版作成時): 米国、スウェーデン、チェコ、ベルギー、アルゼンチン、ブラジル、スロバキア、インド、日本(9カ国)
- **各国のプラントプラクティスに基づき作成**(主な情報源は、EPRI、INPO等のガイダンス)
- SSG48の「効果的な経年劣化管理プログラムの基本的要素9項目」に準じて記載。
(Generic Attributes of an Effective Ageing Management Programme)

1. スコープ

- ✓ 安全上重要な系統・構築物・機器と、その維持に必要なスペアパーツ(以下「機器等」という。)
- ✓ 機器等の調達が困難であること、技術サポートが受けられないこと

2. 技術的旧式化へのプロアクティブな対応

A. 組織

- ✓ 組織内における旧式化管理プログラム実施のための役割と責任の明確化、資源の配置

関係部門・・・調達エンジニアリング、設計エンジニアリング、サプライチェーン、メンテナンス、運転、システムエンジニアリング)

(出典)IAEA IGALL Database TOP 401

https://gnssn.iaea.org/NSNI/PoS/IGALL/Shared%20Documents/IGALL%20folder/05_IGALL%20Other%20AM%20activities%20Edition%202021/TOP401_Technological_Obsolescence_Programme_final_2020121.docx



B. 方法

✓ はじめに、機器リスト(旧式化状況調査に必要なメーカ、モデル情報を含む)を整備する。方法例:

- ①既存データベース等の確認とデータ抽出、②ウォークダウンによる機器の確認、③製造者との協力、④産業界のソフトウェアツールの活用

I. 特定 **重要な3ステップ**

✓ 旧式化状況(メーカがまだ製造・サポートを行っているか)を調査する。情報源の例:

- ①プラントの予防保全、是正保全による需要、②プラント担当者、③サプライヤーからの情報、④他のプラントまたは外部ソースからの情報、⑤業界の旧式化データベース、⑥機器故障対応又は調達プロセスを通じた旧式化の問題を事前に特定するためのプラント機器のレビュー、⑦システム、プログラム、及び/又は機器の健全性レポートと評価 など

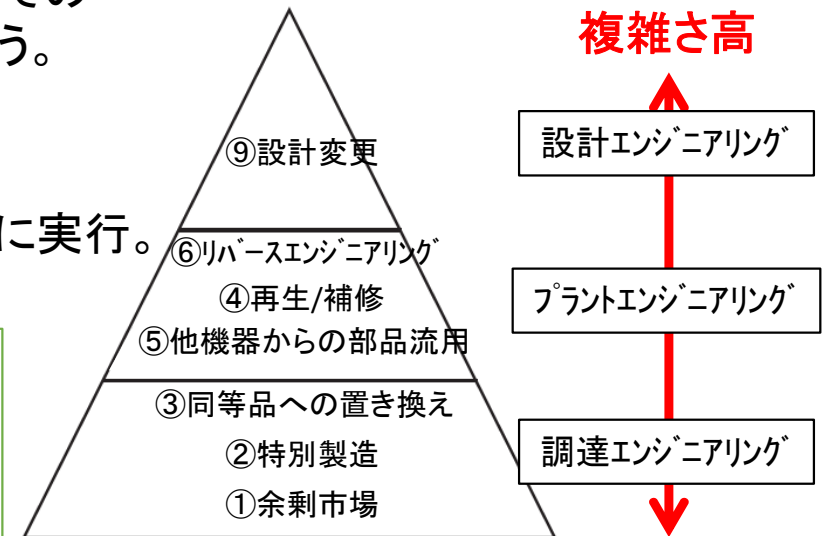
II. 優先順位付け

✓ 「機器の重要度」、「需要(今後の使用見込み)」、「プラントでのスペアパーツ等の在庫状況」を考慮して優先順位付けを行う。

III. 解決策実行

✓ 旧式化した機器等に対する解決策を効果的かつタイムリーに実行。
解決策例:

- ①余剰市場、②特別製造、③同等品への置き換え、④再生/補修、⑤他機器からの部品流用、⑥リバースエンジニアリング、⑦リエンジニアリング(個々の機器等の調査と再設計)、⑧再使用・最終購入、⑨設計変更





3. 検知

✓ 2. B. I. 「特定」の一環として、早期警告指標に着目して、旧式化の兆候を捉える。指標の例：

①サプライヤーの企業構造の変化、②リードタイムの長期化・価格の高騰 など

4. モニタリング

✓ 定期的に旧式化管理プログラムの有効性評価を行う。評価の観点：

①旧式化プログラムの要領や体制の整備状況、②他組織との協力の状況、③旧式化課題の解決状況 など

✓ 関連するパフォーマンス指標を監視する。指標例：

①旧式化機器等の割合、②年間の旧式化に係るインシデント発生数、③旧式化により注中止・延期された保守活動、④解決策の実行に要した日数 など

5. 緩和

(2. B. III. の解決策の例について、適した状況、難易度等とともに詳述している。)



6. 許容基準

- ✓ プラントがすべての重要な設備に対して適時に是正措置をとることができるように、機器等や技術サポート、供給業者、産業能力の適切な供給を確保することにより、技術的旧式化によるプラント運転への悪影響がないこと。

7. 是正措置

- ✓ 許容基準を満たさないすべての事象は、是正処置プロセスにおいて、旧式化管理プログラムの欠陥を発見する目的で根本原因分析が実施される。
- ✓ 改善すべき点は文書化され、是正措置が実施される。

8. 運転経験のフィードバック

- ✓ 同じ事業者内の異なるプラント間で共有する。
- ✓ 複数の事業者間で教訓や経験を共有する。多くの機器は、複数の事業者で使用されているので、協力することでプロアクティブな旧式化管理プログラムを効率的に実施することができる。

9. 品質管理

- ✓ 管理統制、品質保証手順、レビューおよび承認プロセスは、各国の規制要件に従って実施する。

(参考)米国の事業者Aにおける旧式化管理の取組み



- IGALL TOP401作成過程で、米国事業者Aから得たプラクティスの概要(2014年時点の情報)を示す。

整合

米国の事業者Aにおける旧式化管理の取組み	TOP401の対応項目
<ul style="list-style-type: none"> ✓ A社では、米国、カナダにおいて原子力発電所のエンジニアリング業務を展開しているB社の旧式化管理システムを導入。同システムは、北米、南米、欧州及びアジアの130の原子力発電ユニットがメンバーとなっているウェブデータベースシステムである。 ✓ サプライヤーから収集した機器情報、在庫、保全情報等を元に、発電所の機器・取替部品の製造メーカー及び機器のモデルナンバーに係るデータベースが整備され、旧式化した機器を特定可能。 ✓ また、炉型毎の旧式化機器トップ10リスト(Top 10 Obsolescence Lists)を参照することができる。 	<p>B. 方法</p> <p>④産業界のソフトウェアツールの活用</p> <p>I. 特定</p> <p>③サプライヤーからの情報、⑤業界の旧式化データベース</p> <p>8. 運転経験のフィードバック</p> <p>✓ 複数の事業者間で教訓や経験を共有する。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ A社の各サイトでは、機器毎に3つの区分(①機器の重要度、②保全スケジュール、③取替部品の在庫量)の複数のパラメータ及びその重み(Weight)が設定され、これらから旧式化の度合いの指標が算出される。この指標に基づき、サイト毎に旧式化機器トップ10リストが作成される。 	<p>B. 方法</p> <p>II. 優先順位付け</p> <p>「機器の重要度」、「需要(今後の使用見込み)」、「プラントでのスペアパーツ等の在庫状況」を考慮して優先順位付けを行う。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 解決策としては、市場における余剰在庫の活用、特別製造、同等性評価を行った商用グレード品の採用、修理補修、他の機器の部品の流用、設計変更がある。 	<p>B. 方法</p> <p>III. 解決策実行</p> <p>①余剰市場、②特別製造、③同等品への置き換え、④再生/補修、⑨設計変更</p>



◆SRS109 9.6節 Review of Technological Obsolescence Programmeの概要

- 経年劣化管理プログラム(AMPs)、時間限定劣化解析(TLAAs)、経年劣化管理レビュー(AMR)、旧式化管理プログラム(TOP)の規制レビュー方法のガイダンス。
- IGALLフェーズ4(2018～2019年)に**参加国の規制プラクティスに基づき作成**。
- 参加国: 米国、仏国、スペイン、スウェーデン、フィンランド、日本等(25の国と機関)
(9.6節を含む9章の主要執筆者: チェコ、仏国、インド、ルーマニア、スロバキア)

9.6. REVIEW OF TECHNOLOGICAL OBSOLESCENCE PROGRAMME

- 規制機関は、事業者に対し、プラントの運転期間中に安全上重要なSSCsを維持するために必要なスペアパーツを管理するため、TOPを整備して実行することを要求する。
- **規制レビューでは、TOPがSSG-48に規定される事項を含み整合することを確認する。**また、許容基準、安全性との関係、不具合履歴、機器等の信頼性、旧式化管理を担当する担当者の教育、について考慮する。
- 規制レビューでは、運転組織が十分にプロアクティブであるかや、運転期間中において、旧式化管理するための適切な優先順位を設定していることを確認する。



9.6. REVIEW OF TECHNOLOGICAL OBSOLESCENCE PROGRAMME(つづき)

- 以下の事項に着目する。
 - (a) 長期運転を考慮したTOPの適切さ。これには、旧式化管理プログラムのパフォーマンスに関する役割と責任、旧式化課題の報告要件が定義されていることの確認が含まれる。
 - (b) 電気・計装設備の旧式化に関連するリスクの一部を軽減するための全体的な戦略計画が存在し、ライフサイクル管理計画の一部と考えられているか。
 - (c) プログラムの範囲が全ての安全上重要なSSCsとそれらのSSCsを維持するために必要なスペアパーツを対象としており、プラント信頼性と稼働性に重要な全てのSSCsに適用され得るか。
 - (d) 効果的な経年劣化管理プログラムの基本的要素9項目との整合性の観点で、プラントがTOPの有効性を評価しているか。
 - (e) プラントの設備及び関連機器等のリストが存在し、プラント内のデータベースや情報システムで管理されているか。
 - (f) 組織内外の運転経験のフィードバックがTOPの策定・修正に活用されているか、教訓と経験が同じ運転組織の異なるプラント間及びプロアクティブな旧式化管理プログラムを実施している他のプラント間で共有されているか。
 - (g) TOPの方法が、特定、優先順位付け、解決策実行を含んでいるか。
 - (h) 長期運転期間におけるTOPの適切性、有効性の定期的な評価。

(参考)IAEAのガイド、報告書等の内容の対応関係(1/3)



- SSG48(6章)、IGALL TOP 401、SRS109(9.6節)の記載事項を下表で比較する。

SSG48(6章) “Should” ステートメント	(1) TOP401 (Ver. 2021) プラントプラクティス	(2) SRS109 9.6節 規制プラクティス (規制レビューの観点)
6.1. SSCsの技術旧式化は先見性と予見性を有する専用のプラントプログラムにより管理されるべきであり、信頼性と可用性の低下が起こる前に解決されなければならない。	-	<ul style="list-style-type: none"> 規制機関は、事業者に対し、プラントの運転期間中に安全上重要なSSCsを維持するために必要なスペアパーツを管理するため、TOPを整備して実行することを要求する。
6.4. 技術旧式化プログラムは各国の規制要件で定義される詳細度でのレビューと評価のために、規制機関に提供されるべきである。	-	<ul style="list-style-type: none"> 規制レビューでは、TOPがSSG-48に規定される事項を含み整合することを確認する。また、許容基準、安全性との関係、不具合履歴、機器等の信頼性、旧式化管理を担当する担当者の教育、について考慮する。
6.5. 技術旧式化プログラムは、適用可能である場合、表2に示す9項目と整合しているべきである。	-	(d) 効果的な経年劣化管理プログラムの基本的要素9項目との整合性の観点で、プラントがTOPの有効性を評価しているか。
6.12. 技術旧式化プログラムの詳細情報は参考文献 [5](※SRS82。具体的内容はIGALL Database TOP401)に示されている。	-	(なし)
6.2. 技術旧式化管理プログラムは、 <u>全ての安全上重要なSSCsと当該SSCsを維持するために必要なスペアパーツに対処するために策定され、実行されるべきである。</u>	1. スコープ <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>安全上重要な系統・構築物・機器と、その維持に必要なスペアパーツ(以下「機器等」という。)</u> ✓ 機器等の調達が困難であること、技術サポートが受けられないこと 	(c) プログラムの範囲が <u>全ての安全上重要なSSCsとそれらのSSCsを維持するために必要なスペアパーツを対象としており、プラント信頼性と稼働性に重要な全てのSSCsに適用され得るか。</u>
6.3. 技術旧式化プログラムはエンジニアリング、メンテナンス、オペレーション、作業計画ユニット、プラント上級管理職、およびサプライチェーン組織の参加を必要とする。	2. 技術的旧式化へのプロアクティブな対応 A. 組織 <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>組織内における旧式化管理プログラム実施のための役割と責任の明確化、資源の配置</u> 関係部門・・・調達エンジニアリング、設計エンジニアリング、サプライチェーン、メンテナンス、運転、システムエンジニアリング) 	(a) <u>長期運転を考慮したTOPの適切さ。これには、旧式化管理プログラムのパフォーマンスに関する役割と責任、旧式化課題の報告要件が定義されていることの確認が含まれる。</u> <ul style="list-style-type: none"> 規制レビューでは、TOPがSSG-48に規定される事項を含み整合することを確認する。また、許容基準、安全性との関係、不具合履歴、機器等の信頼性、旧式化管理を担当する担当者の教育、について考慮する。
6.9. <u>関係者が旧式化管理を理解するため、旧式化に関する教育が行われるべきである。</u>	-	-

これを基準に
3つの文書を比較する。

規制レビューではSSG48を参照

SSG48は詳細はTOP401を参照

(参考)IAEAのガイド、報告書等の内容の対応関係(2/3)



SSG48(6章) “Should” ステートメント	(1) TOP401 (Ver. 2021) プラントプラクティス	(2) SRS109 9.6節 規制プラクティス (規制レビューの観点)
<p>6.10. 運転組織は技術旧式化の一般的な発生を特定し解決するために情報交換を行い、原子力産業界内の協力に参加し、産業界のツールを活用すべきである。</p> <p>6.6. 技術旧式化プログラムは3つの基本的なステップを含むべきである(図6参照):</p> <p>(1) 運転組織は、技術的に旧式化した又は今後数年で旧式化する安全上重要な設置されたSSCsを特定すべきである。</p> <p>(2) 特定された設備は、安全性及び重要性(すなわち、プラント安全への影響)に基づき優先順位付けが行われるべきである。</p> <p>(3) 運転組織は効果的な取替えによる解決を適時に計画し実施するべきである。技術旧式化管理のための解決策は図7に示されており、IGALL技術旧式化プログラム[5]に記載されている。</p> <p>6.7. 旧式化設備及びパーツの特定のため、以下の活動が実施されるべきである:</p> <p>(a) 構造物や部品に関するデータの収集、通常はプラントの資産管理システム(メーカーや部品に関する情報を持つ機器データベース)から収集する</p> <p>(b) メーカーが現在も交換用機器やスペアパーツを提供しているかどうかを判断する。</p> <p>6.8. 優先順位付け(6.6 項ステップ 2 参照)には、以下のような適切な基準を用いるべきである: 安全との関連性、プラントにおける需要、在庫量、部品の安全分類、故障履歴、構造物又は部品の信頼性、作業指示情報、在庫履歴、不確実性(データが不十分なスペアパーツ)。</p>	<p>2. 技術的旧式化へのプロアクティブな対応</p> <p>B. 方法</p> <p>✓ はじめに、機器リスト(旧式化状況調査に必要なメーカー、モデル情報を含む)を整備する。方法例:</p> <p>①既存データベース等の確認とデータ抽出、②ウォークダウンによる機器の確認、③製造者との協力、④産業界のソフトウェアツールの活用</p> <p>I. 特定</p> <p>✓ 旧式化状況(メーカーがまだ製造・サポートを行っているか)を調査する。情報源の例:</p> <p>①プラントの予防保全、是正保全による需要、②プラント担当者、③サプライヤーからの情報、④他のプラントまたは外部ソースからの情報、⑤業界の旧式化データベース、⑥機器故障対応又は調達プロセスを通じた旧式化の問題を事前に特定するためのプラント機器のレビュー、⑦システム、プログラム、及び/又は機器の健全性レポートと評価 など</p> <p>II. 優先順位付け</p> <p>✓ 「機器の重要度」、「需要(今後の使用見込み)」、「プラントでのスペアパーツ等の在庫状況」を考慮して優先順位付けを行う。</p> <p>III. 解決策実行</p> <p>✓ 旧式化した機器等に対する解決策を効果的かつタイムリーに実行。解決策例(複雑さ低～高の順番で記載):</p> <p>①余剰市場、②特別製造、③同等品への置き換え、④再生/補修、⑤他機器からの部品流用、⑥リバースエンジニアリング、⑦リエンジニアリング(個々の機器等の調査と再設計)、⑧再使用・最終購入、⑨設計変更、⑩何もしない(想定運転期間に必要なスペアパーツが確保されている場合)</p>	<p>(e) プラントの設備及び関連機器等のリストが存在し、プラント内のデータベースや情報システムで管理されているか。</p> <p>(g) TOPの方法が、特定、優先順位付け、解決策実行を含んでいるか。</p> <p>• 規制レビューでは、運転組織が十分にプロアクティブであるかや、運転期間中において、旧式化を管理するための適切な優先順位を設定していることを確認する。</p>

(参考)IAEAのガイド、報告書等の内容の対応関係(3/3)



SSG48(6章) “Should” ステートメント	(1) TOP401 (Ver. 2021) プラントプラクティス	(2) SRS109 9.6節 規制プラクティス (規制レビューの観点)
(なし)	3. 検知 ✓ 2. B. I. 「特定」の一環として、早期警告指標に着目して、旧式化の兆候を捉える。指標の例： ①サプライヤーの企業構造の変化、②リードタイムの長期化・価格の高騰 など	「特定」の一環の詳細の内容なので、TOP401のみにある。
6.11. 運転組織は定期的に技術旧式化プログラムの有効性を評価すべきであり、継続的にパフォーマンスと効率の改善を追求すべきである。旧式化プログラムとその実行と効果に関して自己評価が実施されるべきであり、得られた教訓はすべて行動に移すべきである。	4. モニタリング 定期的に旧式化管理プログラムの有効性評価を行う。評価の観点： ①旧式化プログラムの要領や体制の整備状況、②他組織との協力の状況、③旧式化課題の解決状況 等関連するパフォーマンス指標を監視する。指標例： ①旧式化機器等の割合、②年間の旧式化に係るインシデント発生数、③旧式化により注中止・延期された保守活動、④解決策の実行に要した日数 など	(h) 長期運転期間におけるTOPの適切性、有効性の定期的な評価。 「解決策」の項目を解説する内容なので、TOP401のみにある。
(なし)	5. 緩和 (2. B. III. の解決策の例について、適した状況、難易度等とともに詳述している。)	(なし)
(なし)	6. 許容基準 プラントがすべての重要な設備に対して適時に是正措置をとることができるように、機器等や技術サポート、供給業者、産業能力の適切な供給を確保することにより、技術的旧式化によるプラント運転への悪影響がないこと。	・規制レビューでは、TOPがSSG-48に規定される事項を含み整合することを確認する。また、許容基準、安全性との関係、不具合履歴、機器等の信頼性、旧式化管理を担当する担当者の教育、について考慮する。
(なし)	7. 是正措置 許容基準を満たさないすべての事象は、是正処置プロセスにおいて、旧式化管理プログラムの欠陥を発見する目的で根本原因分析が実施される。改善すべき点は文書化され、是正措置が実施される。	(なし) 許容基準を満たさない(=「プラント運転への悪影響がある」(6. に記載))場合は、通常の是正処置プロセスで処理されるため、SSG48やSRS109には記載がないものと思われる。

(参考)IAEAのガイド、報告書等の内容の対応関係(3/3)



SSG48(6章) “Should” ステートメント	(1) TOP401 (Ver. 2021) プラントプラクティス	(2) SRS109 9.6節 規制プラクティス (規制レビューの観点)
6.10. 運転組織は技術旧式化の一般的な発生を特定し解決するために情報交換を行い、原子力産業界内の協力に参加し、産業界のツールを活用すべきである。	8. 運転経験のフィードバック ✓ 同じ事業者内の異なるプラント間で共有する。 ✓ 複数の事業者間で教訓や経験を共有する。多くの機器は、複数の事業者で使用されているので、協力することでプロアクティブな旧式化管理プログラムを効率的に実施することができる。	(f) 組織内外の運転経験のフィードバックがTOPの策定・修正に活用されているか、教訓と経験が同じ運転組織の異なるプラント間及びプロアクティブな旧式化管理プログラムを実施している他のプラント間で共有されているか。
(なし)	9. 品質管理 管理統制、品質保証手順、レビューおよび承認プロセスは、各国の規制要件に従って実施する。	(なし) <div data-bbox="1523 478 1948 702" style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 一般的な品質管理に係る内容であるため、SSG48やSRS109には記載がないものと思われる。 </div>
(なし)	(なし)	(b) 電気・計装設備の旧式化に関連するリスクの一部を軽減するための全体的な戦略計画が存在し、ライフサイクル管理計画の一部と考えられているか。

電気・計装設備のライフサイクル管理に係る内容であり、関連はするものの、旧式化管理プログラムの範囲外の内容であるので、SSG48とTOP401には記載がない。



- ✓ SSG48、IGALL TOP 401、SRS109には、基本的に同等の内容が含まれている。
- ✓ 上記関係を踏まえると、今後の国内におけるサプライチェーン等の管理に係る妥当性の確認方法としては、以下が考えられる。
 - SSG48との記載事項に整合していることを確認する。
 - 具体的には、IGALL TOP401に記載の事例と整合する又は同等の効果を有する活動が適切に実施されていることを確認する。



AMP	Aging Management Program	経年劣化管理プログラム
AMR	Aging Management Review	経年劣化管理レビュー
EPRI	The Electric Power Research Institute	(米国)電力研究所
GALL	Generic Aging Lessons Learned	共通的経年劣化教訓
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IGALL	International Generic Ageing Lessons Learned	(IAEAの)国際的経年劣化管理教訓集
INPO	Institute of Nuclear Power Operations	(米国)原子力発電運転協会
LTO	Long Term Operation	長期運転
PSR	Periodic Safety Review	定期安全レビュー
SRS	Safety Report Series	(IAEAの)安全報告書シリーズ
SSCs	Systems, Structures and Components	系統、構造物及び機器
SSG	Specific Safety Guide	(IAEAの)個別安全指針
SSR	Specific Safety Requirements	(IAEAの)個別安全要件
TAA	Time Limited Aging Analysis	時間限定劣化解析
TOP	Technological Obsolescence Programme	技術旧式化管理プログラム