

安全な長期運転に向けた標準化活動

(2) PLM分科会の取組

*鈴木 雅秀¹、 中川 信幸²

¹長岡技術科学大学（名誉教授）

²原子力エンジニアリング

はじめに

- 日本原子力学会標準の「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」は、最新の高経年化技術評価実施経験などの反映、原子力規制検査や安全性向上評価などとの関係整理、国際基準・指針など最新知見の反映などを行い、2021年9月に制定された。
- 長期運転に向けた体系の明確化などの課題については、さらに検討を進める必要があるが、一方で、運転期間の延長に関する法改正に伴い、規制要求の検討も進んでいることから、これらの方針を見極めつつ、今後の改定方針の検討を行っている。
- 特に、リスク情報の活用などは重要なテーマであるが、他規格・基準との関係に留意し調整を図りつつ、継続して本基準の改定の検討に取り組んでいる。

国際原子力機関 (IAEA) における 経年劣化管理



経年劣化管理の安全ガイドでは、物理的な機器の劣化に加え、知識、技術等の旧式化による劣化についても定義され、管理が推奨されている。具体的な経年劣化管理方法はIGALLに記載されている。

IAEAにおける経年劣化管理

安全指針(SSG-48)とPLM実施基準のスコープ比較

IAEA 安全指針 SSG-48		関連する安全要件	SSG48 概要	高経年化対策実施基準での 位置付け ^{注)}	国内の 対応する活動
3. 原子力 発電所 の全運 転期間 にわた る経年 劣化管 理	設計	[マネジメント:GSR Part 2] [設計:SSR-2/1 (Rev. 1)]	設計時、経年劣化管理を十分に考慮する。	引用される可能性はあるが、規定する事項ではない。	設計
	製造と建設	<ul style="list-style-type: none"> 要件 1~3：設計上の安全の管理 要件 4~12：主要な技術要件 要件 13~42：一般的なプラント設計 要件 43~82：個別のシステム設計 [試運転・運転:SSR-2/2 (Rev. 1)]	製造・建設時、経年劣化管理を十分に考慮する。		製造と建設
	試運転	[マネジメント:GSR Part 2] [設計:SSR-2/1 (Rev. 1)] [試運転・運転:SSR-2/2 (Rev. 1)]	試運転時、将来の経年劣化発生の要因となることを実施しない。	4章が該当する。	運転 経年劣化管理
	運転	<ul style="list-style-type: none"> 要件 1~4：事業者の管理と組織構造 	運転期間中、経年劣化管理を実施する。	4, 5章が該当する。	運転 保守管理 経年劣化管理
	長期運転	<ul style="list-style-type: none"> 要件 5~16：運転上の安全の管理 要件 17~24：運転上の安全プログラム 	長期運転期間中（準備段階を含む）、経年劣化管理を実施する。詳細は7章	4, 5, 6, 7, 8, 9章が該当する。	
	長期運転停止	<ul style="list-style-type: none"> 要件 25：試運転実施プログラム 	長期運転停止中の経年劣化管理を実施する。		
廃止措置	<ul style="list-style-type: none"> 要件 26~30：運転 要件 31,32：保全, 試験, 監視及び検査 要件 33：廃止措置の準備 	廃止期間中において、対象機器の経年劣化管理を考慮する。	引用される可能性はあるが、規定する事項ではない。	廃止措置	

注) 原子力発電所の高経年化対策実施基準の各章のタイトルは下記のとおり。

4章 運転初期からの経年劣化管理

5章 10年ごとの経年劣化管理

8章 高経年化対策検討

7章 長期保守管理方針に基づく保守管理

8章 高経年化対策検討の再評価

9章 高経年化対策検討の変更

設計～廃止の経年劣化管理

- 附属書A(参考)経年劣化管理の考え方を新たに追加して、本標準の適用範囲を明確化するとともに、設計から廃止までの経年劣化管理について、基本的な考え方を記載

- 経年劣化事象の影響を考慮した設計、製造、建設及び試運転

例)経年劣化対策材料の使用、経年劣化監視のためのアクセス性を考慮した機器設計、経年劣化監視試験片の設置、建設時の機器保管状態の記録、試運転時の機器への不要な負荷抑制

- 運転初期からの経年劣化事象の実施

a) 予防 b) 検知 c) 監視及び傾向監視 d) 緩和 e) 是正

例)a)水化学管理、潤滑管理

b)パラメータ管理、寸法計測、機器性能管理

c)亀裂進展解析、寸法計測結果分析、性能低下傾向分析

d)配管減肉の進展緩和のための溶存酸素濃度管理

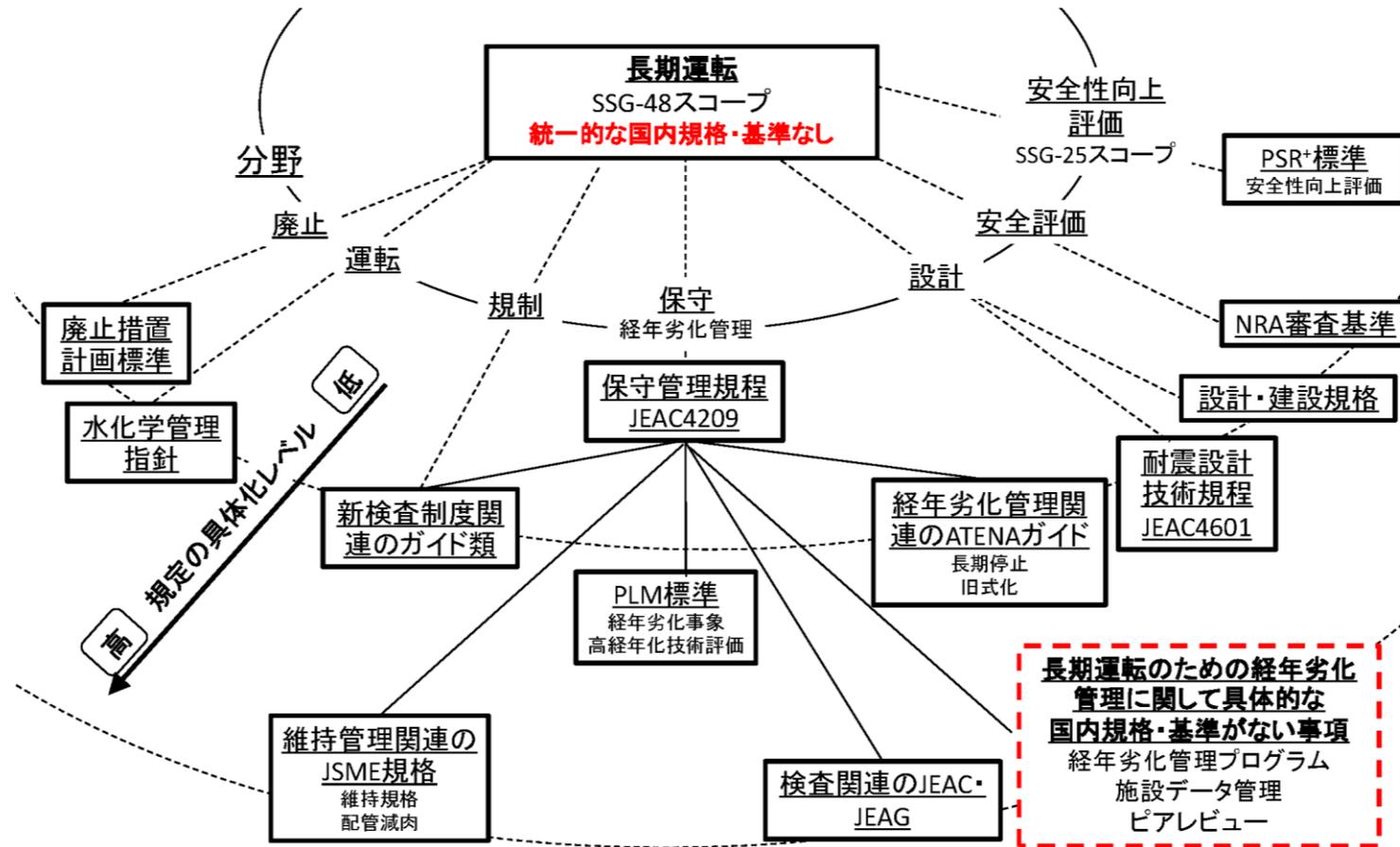
e)補修、取替え、詳細な再解析による安全性確認

- 10年ごとの経年劣化管理及び高経年化対策検討

- 建設遅延時、長期停止時及び廃止時の経年劣化管理

例)建設遅延時又は長期停止時の機器保管状態を考慮した経年劣化管理、廃止時の安全機能を考慮して対象を限定した経年劣化管理

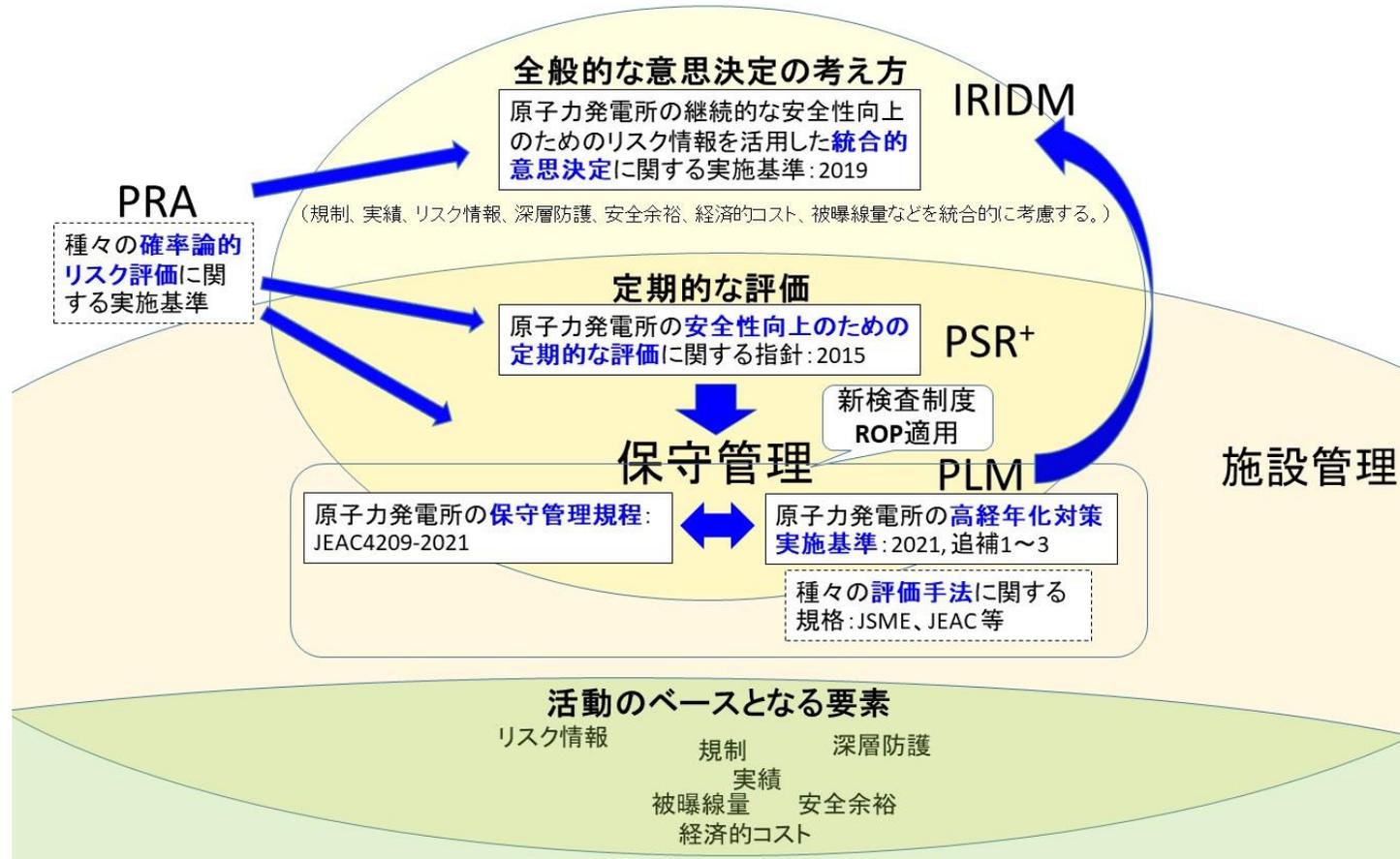
国内の経年劣化管理の体系



国内の長期運転及び経年劣化管理周りの規格・基準体系のイメージ

- ・長期運転を統一的に規定するものや、経年劣化管理プログラム、データ管理、ピアレビューなどについて具体的に規定するものがない
- ・システム安全専門部会の下に設置されたタスクフォースなどで長期運転体系の検討が進めば、この標準の守備範囲が明確になると考えられる

リスク情報を活用した統合的意思決定 (IRIDM) との関係



- ・保守管理は、活動のベースとなる要素を統合的に考慮した意思決定に基づき実施される意思決定の判断根拠として、PLMやPRAの実施結果なども用いられる
- ・安全性向上の観点からの定期的な確認が実施される (PSR+指針)
- ・新検査制度で、事業者の自主的安全性向上の取り組みを採り入れた保守管理が監督される

PLM標準の構成

1章：適用範囲

2章：用語及び定義

3章：最新知見及び運転経験の反映  知見・経験の更新

4章：運転初期からの経年劣化管理  保守管理（施設管理）

5章：10年ごとの経年劣化管理

6章：高経年化対策検討

7章：長期保守管理方針に基づく保守管理  保守管理（施設管理）

8章：高経年化対策検討の再評価  知見・経験の更新

9章：高経年化対策検討の変更

 保守管理（施設管理）

附属書A（参考）経年劣化管理の考え方

附属書B（規定）経年劣化事象の特性に応じた経年劣化管理方法の選定  知見・経験の更新

附属書C（規定）経年劣化メカニズムまとめ表に基づく経年劣化管理

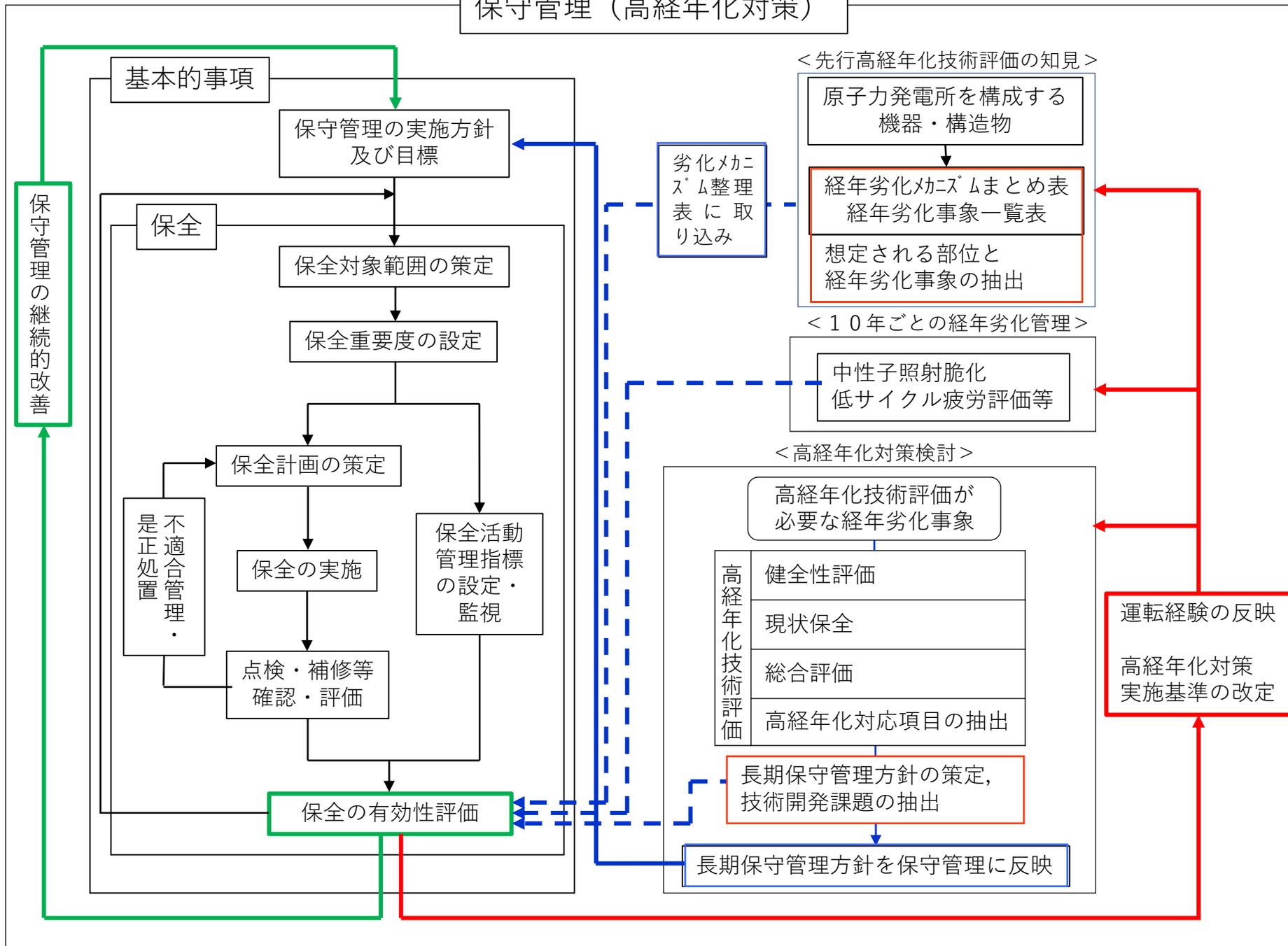
附属書D（規定）経年劣化事象一覧表に基づく経年劣化事象の特定

附属書E（規定）10年ごとの経年劣化管理の実施方法

附属書F（規定）経年劣化事象の評価の実施方法

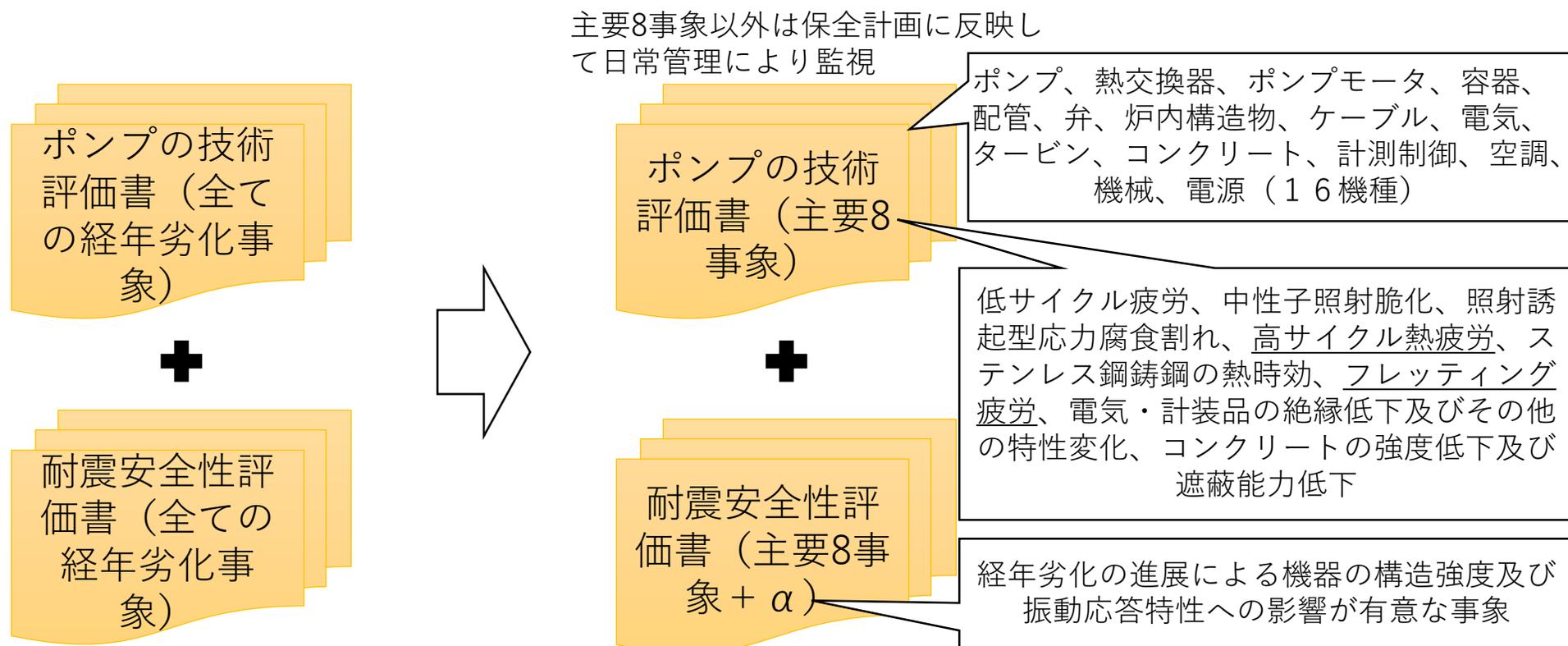
附属書G（規定）耐震安全性評価の実施方法

保守管理（高経年化対策）



経年劣化メカニズムまとめ表改定の経緯

2015年版：耐震安全性評価情報の追加



現行の高経年化技術評価書のイメージ

8事象を中心とした高経年化技術評価書のイメージ

耐震安全性評価

(1) 耐震安全性評価対象機器・構造物の抽出

「経年劣化事象の評価対象機器」と同じ。

(2) 経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象が顕在化した場合、機器の振動応答特性、または構造・強度上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「有意」なものを耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出。

注記：高経年化対策実施基準では耐震安全上の機能を達成するために必要な部位のみを評価対象部位として選定してから、経年劣化事象を抽出することを規定している。

(3) 耐震安全性評価

抽出した経年劣化事象毎に、「原子力発電所耐震設計技術指針」等に準じて、耐震安全性評価を実施。以下は評価の基本項目。

- ・機器の耐震クラス
- ・機器に作用する地震力の算定
- ・60年※の供用を仮定した経年劣化事象のモデル化
- ・振動特性解析(地震応答解析)
- ・地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
- ・許容限界との比較

※冷温停止維持を前提とするプラントは評価から10年としても良い

規制基準との関係

制度	要求事項	審査・認可・検査
高経年化対策 (従来の制度)	経年劣化の技術的評価 長期保守管理方針の策定 「 实用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 (实用炉規則) 」第82条	妥当性審査 (要求事項) ↓ 認可 (保安規定) ↓ 検査 (長期保守管理方針の実施)
運転期間延長 (従来の制度)	+ 特別点検 * 1 「 实用炉規則 」第113条 + 新規制基準適合 * 2 「 原子炉等規制法 」第43条の3の14 「 实用炉規則 」第114条	
長期施設管理計画 の認可制度	経年劣化の技術的評価 長期保守管理方針の策定 「 实用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 (实用炉規則) 」第113条 + 特別点検 * 1 「 实用炉規則 」第113条 + 新規制基準適合 * 2 「 原子炉等規制法 」第43条の3の14 「 原子炉等規制法 」第43条の3の32 「 实用炉規則 」第114条	妥当性審査 (要求事項) ↓ 認可 (劣化評価の方法と結果を含む 長期施設管理計画) ↓ 検査 (長期施設管理計画の実施)

- * 1 : 40年目に未点検又は点検範囲が一部であった経年劣化事象を詳細に点検 (60年目以降は追加点検)
- * 2 : 技術基準に適合するように維持すること (「**原子炉等規制法**」第43条の3の14)、
長期施設管理計画の認可を受けること (「**原子炉等規制法**」第43条の3の32)、
延長期間の劣化を考慮した上で技術基準に適合すること (「**实用炉規則**」第114条)

継続的な安全性向上

- 新検査制度、安全性向上評価などの下、リスク情報を活用した**継続的な安全性向上に対応する仕組み**(新たな経年劣化管理が必要となった場合、適切に対処できるか)を再確認

3 最新知見及び運転経験の反映

評価時に実施する調査及び反映を規定

9 高経年化対策検討の変更

10年ごとの再評価とは別に必要に応じて実施する再評価を規定

附属書B 経年劣化事象の特性に応じた経年劣化管理方法の選定

新たな安全性向上の方策を採用するため、必要な経年劣化管理方法の選定を規定

今後に向けての課題など（パネル議論用）

- ✓ 今回60年超の運転が可能になったといっても、実質的には停止期間での加算が認められただけで、実質的には大きな変更はない。制度としては、運転延長を1回に限るのではなく、何度でもできるようにするべきと思うが、学会として法改正が進めば、それに対応するという姿勢で良いかどうか。高経年化の考え方はできているという専門家の思いと、国民の見方にはギャップがある。
- ✓ 特に重要なことは、高経年化というのは確かに進んでいくし、未知の領域に入っていくということも、正しい認識ではある。ただし、今後浮上するであろう経年劣化事象がマネージできるように、学会の基準というのは考えられている。経年劣化メカニズムまとめ表のような、これまでのデータベースも重要であるが、それだけではでなく、直接には日本で経験していない事象にも対応できるように、構成されている。一方で、そこまで読み取るのは難しいかもしれない。専門家パネルなどの支援が不可欠と思われる。
- ✓ 関連して経年劣化の捉え方も、正確に認識されていないということもよく感ずる。例えば、照射脆化というものに対する認識。PTS等に代表される照射脆化は、リスク上の喫緊の脅威になっているわけではない。照射脆化など、極めてマネージやコントロールが可能な劣化事象だが、圧力容器というのはIoFという特別に安全が求められる機器であり、そのような配慮で多くの研究が実施されている。それを慎重派は勘違いしている。一方で、的確に今後の課題を把握するということが重要。特に、研究や技術基盤を喪失することが一番のリスクと考えられる。何か現象が起きたときに、事象を正確に把握できずに、迷走するということは起きうる。
- ✓ 革新的な劣化管理や運転の管理には、挑戦していかないといけないが、リスクの把握ということが根底に無いといけない。これについては、論点が少しずつれていく可能性があるので、ここで議論の対象にするかどうかはわからない。