

2014年春の大会
標準委員会セッション2(システム安全専門部会)
「原子力プラントの長期にわたる安全確保の取り組み」

2014年3月27日(木) 14:40～16:10 A会場 東京都市大学 世田谷キャンパス

座長
東京大学 関村 直人

(1) 高経年化対策に係る規制制度の概要
原子力規制庁 坂内 俊洋

(2) 原子力安全の継続的改善(PSR実施基準の改定の概要)
東京大学 岡本 孝司

(3) 原子力発電所の高経年化対策実施基準本格改定(案)の概要
原子力エンジニアリング 三山 彰一

2014年春の大会

標準委員会セッション2(システム安全専門部会)

「原子力プラントの長期にわたる安全確保の取り組み」

高経年化対策に係る規制制度の概要

平成26年3月27日

原子力規制庁安全規制調整官

坂内 俊洋



目次

- 1. 経年劣化プラントに係る規制**
- 2. 発電用原子炉施設に係る安全性の向上のための評価**
- 3. その他**

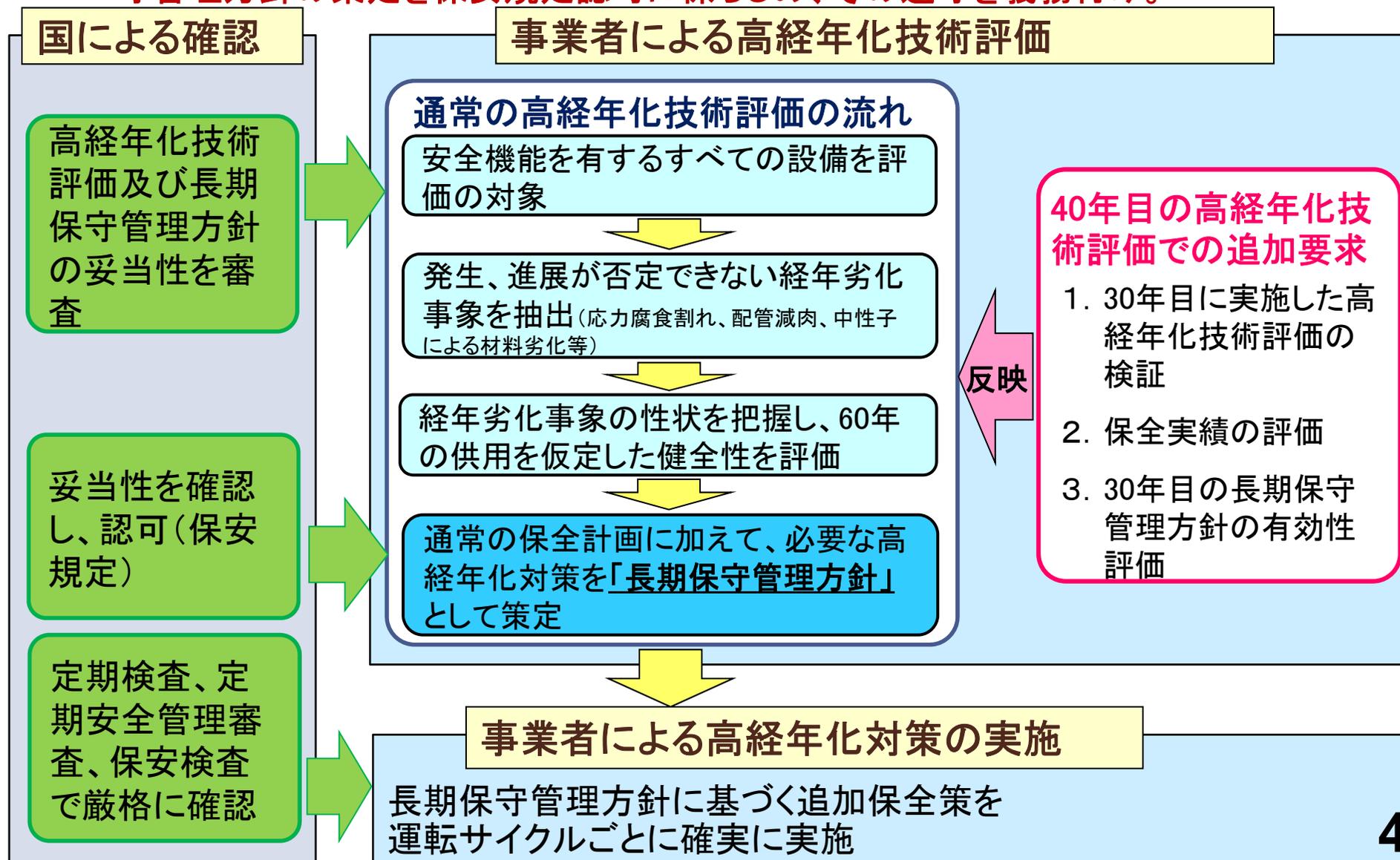


1. 経年劣化プラントに係る規制

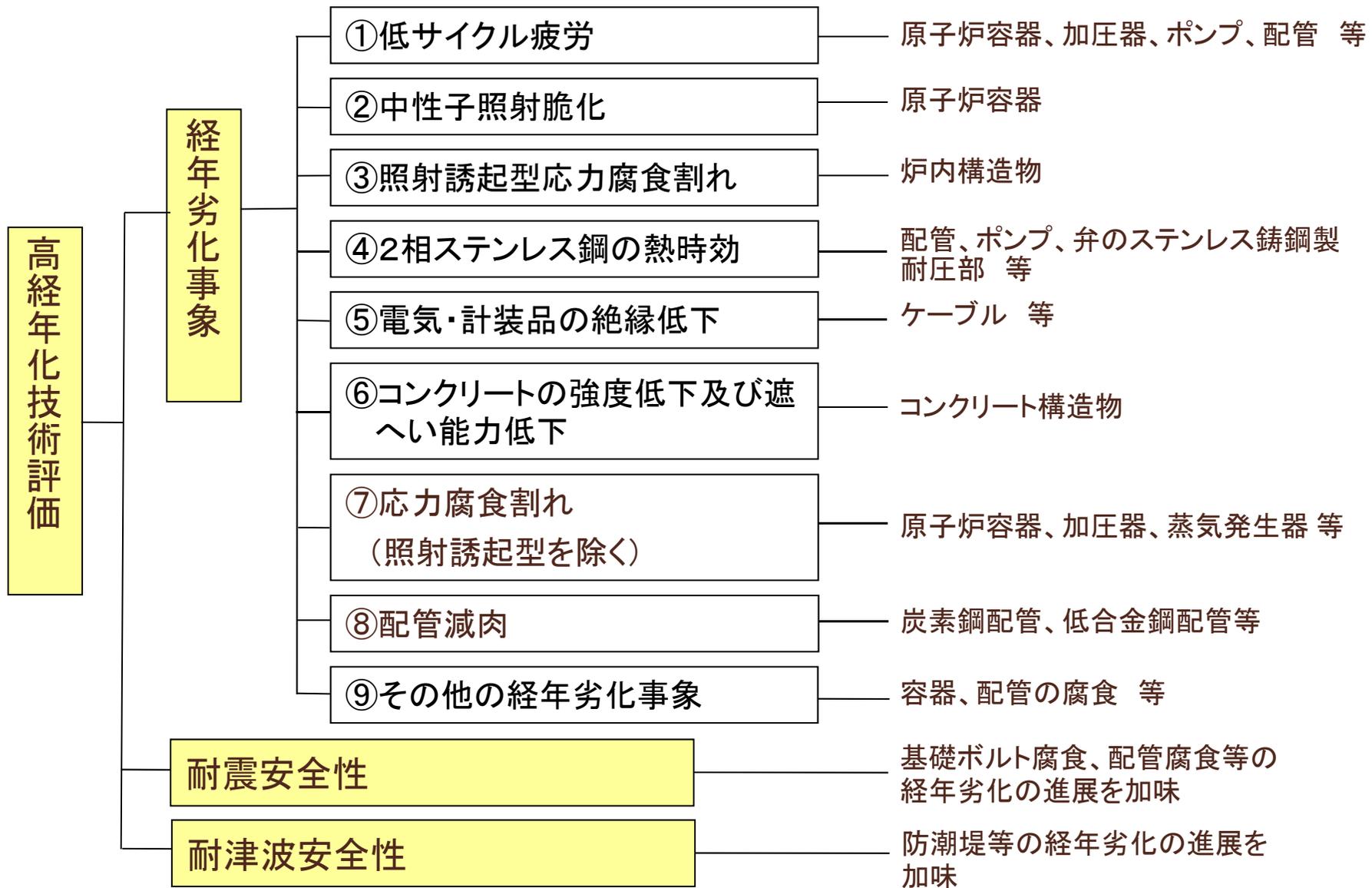
高経年化技術評価・対策の実施の流れ



- ◆ 高経年化対策制度：
30年を経過する原子炉施設の、以降10年ごとの機器等劣化評価及び長期保守管理方針の策定を保安規定認可に係らしめ、その遵守を義務付け。



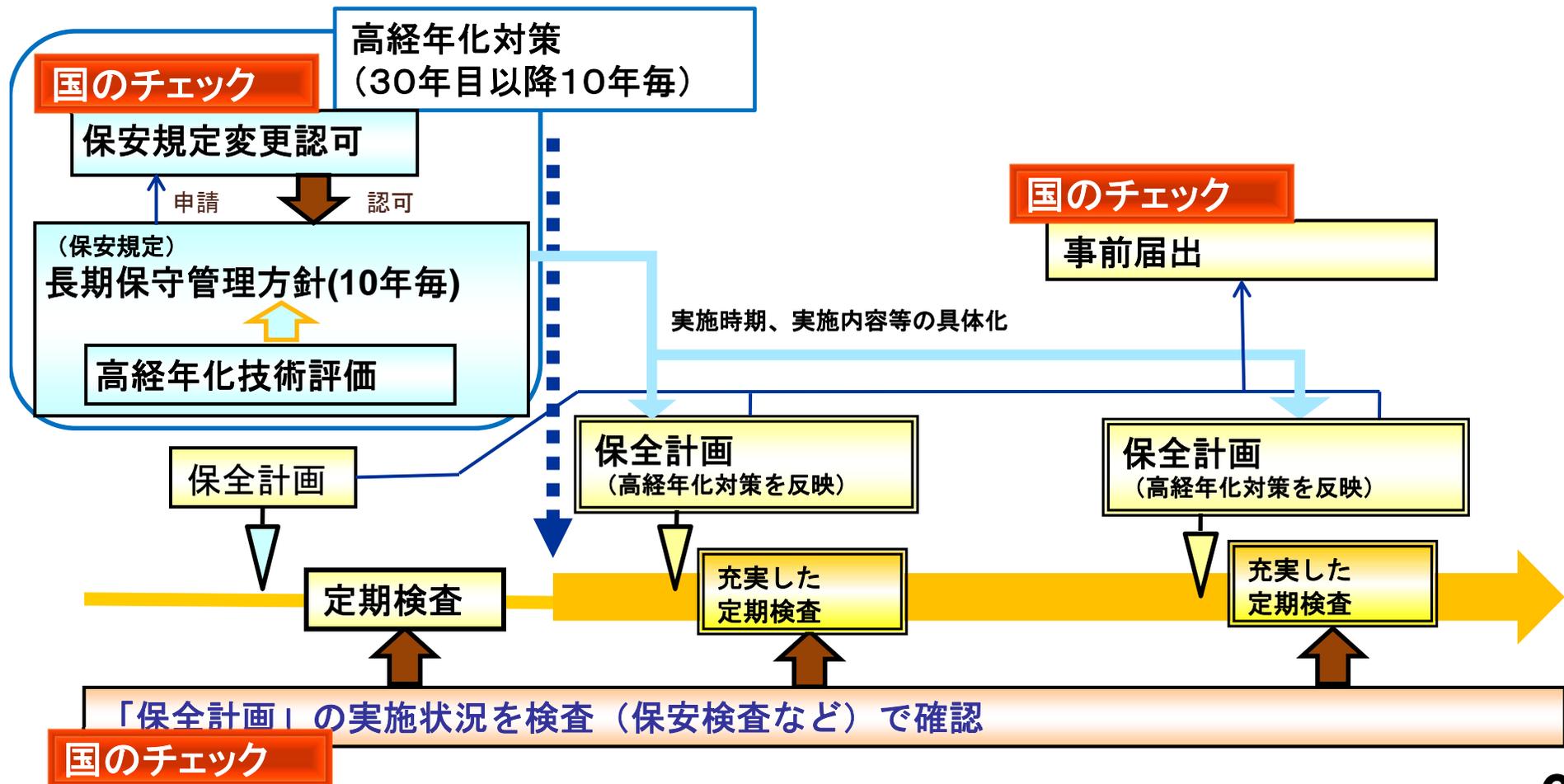
高経年化対策制度における経年劣化事象の評価



高経年化対策の保全計画への反映と国の確認



- ① 事業者は、長期保守管理方針を運転開始後30年以降の保全サイクルから、発電所の保全計画に反映し、適切に実施。
- ② 国は、保全サイクル毎に事前に事業者から届出がなされる保全計画について、その妥当性を確認。
- ③ 保全計画の実施内容については、国が保安検査や定期安全管理審査において確認。



運転期間延長認可に係る制度との関係

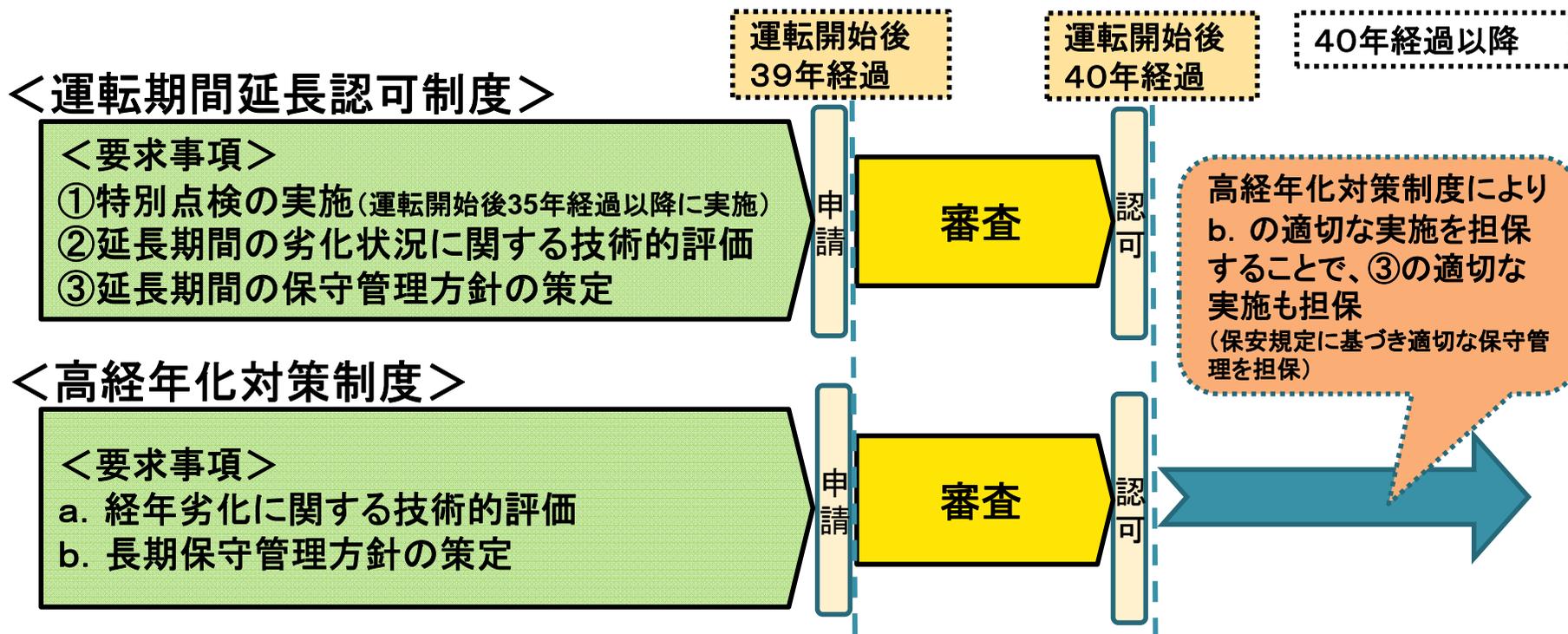


◆ 運転期間延長認可制度:

発電用原子炉を運転することができる期間を運転開始から40年とし、その満了までに認可を受けた場合には、1回に限り延長することを認める制度。
延長期間の上限は20年とし、具体的な延長期間は審査において個別に判断。

【運転期間を延長する際の手続きのイメージ】

(高経年化対策制度については、40年目のみならず、30、50年目も同様の手続きが必要)



※②とa.、③とb. は同内容

※保安規定変更の手続き

運転期間延長認可の基準等



◆ 認可基準（実用炉規則第114条）

延長しようとする期間において、原子炉その他の設備が延長しようとする期間の運転に伴う劣化を考慮した上で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定める基準に適合するものとする。

- 審査に当たっては、延長期間における劣化状況に関する技術的評価の結果及び保守管理方針の妥当性を確認するとともに、運転期間延長認可の時点で適用されている技術基準規則へ適合させるための工事に係る工事計画認可を得ていることを求める。

< 特別点検 >

- 延長の可否の判断に当たっては、プラントの現状を詳細に把握することが必要であることから、劣化状況の把握のための点検（特別点検）として、通常保全で対応すべきものを除き、これまで劣化事象について点検していないもの、点検範囲が一部であったもの等を抽出し詳細な点検を求める。

対象設備	現在の点検方法	特別点検の項目例(BWRの例)
原子炉 圧力容器	溶接部のみ超音波探傷試験(UT)による点検の実施	母材及び溶接部(ジェットポンプ等を取り外した状態で点検可能な炉心領域全て)のUTによる欠陥の有無の確認
原子炉 格納容器	漏えい率試験等の実施	鋼板: 目視試験による塗膜状態の確認 サプレッションチャンバーベント管及びベント管ベローズ: 目視試験による内外面の腐食の確認(Mark I、Mark I改)
コンクリート 構造物	目視及び非破壊検査の実施	原子炉建屋、タービン建屋等について、採取したコアサンプルによる強度、遮蔽能力、中性化、塩分浸透等の確認

< 中性子照射脆化に係る確認 >

- 以下の時期に監視試験片を取り出し、劣化評価を求める。
 - 運転開始後30年を経過する日から10年以内のできるだけ遅い時期
 - 運転開始後40年を経過する日から10年以内の適切な評価が実施できる時期

高経年化技術評価等の妥当性確認状況について

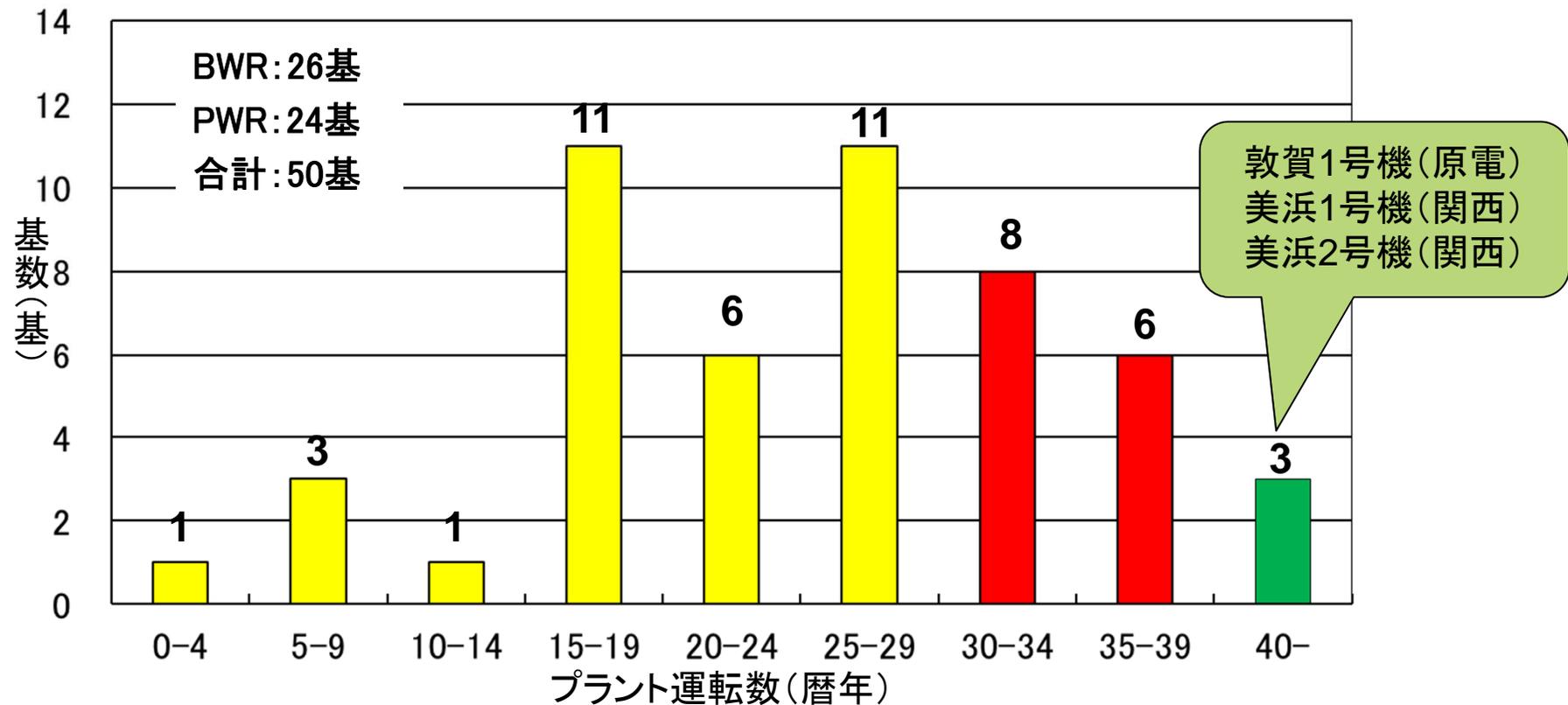


◆ 原子力発電プラントの運転年数と基数分布

■ : 40年目高経年化技術評価を実施したプラント(3基)

■ : 30年目高経年化技術評価を実施したプラント(17基、40年目評価プラントを含む、1F-1~4号機と浜岡1,2号機を除く)

■ : 高経年化技術評価が未実施のプラント



(平成25年1月31日時点の集計)



2. 発電用原子炉施設に係る 安全性の向上のための評価

安全性向上のための評価手続きフロー



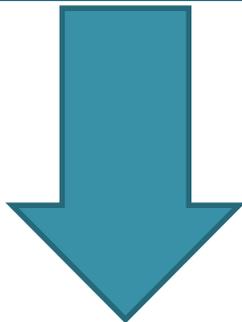
◆ 原子炉等規制法第43条の3の29

評価者： 発電用原子炉設置者（ただし、第43条の3の33第2項の認可を受けた発電用原子炉については、原子力規制委員会規則で定める場合を除き、この限りでない）

評価の内容： 第43条の3の29第2項に掲げる以下の事項について、

- ・調査
- ・分析
- ・これらの結果を考慮して発電用原子炉施設の全体に係る安全性を総合的に評定

- 一 発電用原子炉施設において予想される事故の発生及び拡大の防止のため次に掲げる措置を講じた場合における当該措置及びその措置による事故の発生の防止等の効果に関する事項
 - イ 43条の3の14の技術上の基準において設置すべきものとされているもの以外のものであって事故の発生の防止等に資する設備又は機器を設置すること。
 - ロ 保安の確保のための人員の増強、保安教育の充実等による事故の発生の防止等を着実に実施するための体制を整備すること。
- 二 前号イ及びロに掲げる措置を講じたにもかかわらず、重大事故の発生に至る可能性がある場合には、その可能性に関する事項



原子力規制委員会に届出
(原子力規制委員会規則に定める方法に適合していないと認めるときは方法の変更命令)

届出した内容の公表

届出の記載の枠組みの考え方



届出の内容

安全規制によって確認された範囲の明示

①安全規制によって基準適合性等が確認された範囲を示す書類

- ・設計情報として安全設計に関し、設置許可申請書本文5号及び添付書類8並びに工事の計画の認可、同本文10号及び添付書類10の記載内容に基づく説明
- ・保安規定に基づく運転管理（運転制限等）に関する説明

自主的な取組みを踏まえた発電用原子炉設置者による自らの評価

調査、分析

「予想される事故」の発生及び拡大防止の措置
(ハード面) 設備・機器の設置 / (ソフト面) 体制の整備

当該措置及びその措置による事故発生・拡大の防止等の効果に関する事項

②設置者により自主的に安全性を向上させたことを示す書類

- ・自主的な取組みによる安全性の向上・効果（メリット・デメリット）に関する説明
- ・①に対する影響の説明（許認可を受けた条件について、安全性を低下させることがないことを分析した内容とし、「①安全規制によって基準適合性等が確認された範囲を示す書類」のアップデートを含む。）

確率により評価される事象(例:PSA評価)

「重大事故」(※)に至る可能性に関する事項
→安全裕度の評価

(※) 発電用原子炉の炉心の著しい損傷その他の原子力規制委員会規則で定める重大な事故

③次の事項について調査、分析したことを示す書類

- ・PSA評価 / 安全裕度の評価

調査及び分析の結果を考慮して発電用原子炉施設の全体に係る安全性についての総合的な評定

- ・ > 今後の安全性向上に向けた取組

④発電用原子炉施設の全体に係る安全性について総合的な評定をしたことを示す書類

- ・評定結果及び今後一層の安全性の向上に向けた取り組み方策

实用発電用原子炉規則における主な規定



- ◆ 発電用原子炉ごとに評価
【第九十九条の二】
- ◆ 評価は、施設定期検査が終了した日以降六月を超えない時期（設置後に施設定期検査を未受検のものは、運転開始日以降六月を超えない時期）に実施
【第九十九条の三】
- ◆ 評価後遅滞なく、当該評価の結果、当該評価に係る調査及び分析並びに評定の方法等を届け出
【第九十九条の四】
- ◆ 評価に係る調査及び分析並びに評定の方法
 - 一 発電用原子炉施設において予想される事故の発生の防止等のための措置及びその効果に関する次に掲げる事項を確認
 - イ 当該施設について、技術基準において設置すべきと定められているものが設置されていること
 - ロ 当該施設について、認可又は変更の認可を受けた保安規定に定める措置が講じられていること
 - ハ 当該施設において、安全に関する最新の知見を踏まえつつ、上記イ、ロに加え自ら安全性の向上を図るため講じた措置の内容及びその措置による事故の発生の防止等の効果
 - 二 前号に掲げる措置を講じたにもかかわらず、重大事故の発生に至る可能性がある場合には、その可能性に関する事項について、発生する可能性のある事象の調査、分析及び評価を行い、その事象の発生頻度及び当該事象が発生した場合の被害の程度を評価する手法その他の重大事故の発生に至る可能性に関する評価手法により確認
 - 三 前二号により確認した内容を考慮して、当該発電用原子炉施設の全体に係る安全性について総合的に評定
【第九十九条の六】
- ◆ 届出後遅滞なく、評価の結果等をインターネットその他の適切な方法により公表
【第九十九条の七】



1. 安全規制によって法令への適合性が確認された範囲
 - 1-1 発電用原子炉施設概要
 - 1-2 敷地特性
 - 1-3 構築物、系統及び機器(設計基準への適合の状況、重大事故対策など)
 - 1-4 保安のための管理体制及び管理事項(運転に係る保安の考え方、品質保証活動、運転管理、燃料管理、放射性廃棄物管理、放射線管理、保守管理、非常時の措置、安全文化の醸成活動など)
 - 1-5 法令への適合性の確認のための安全性評価結果(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の評価、重大事故対策の有効性評価など)
2. 安全性の向上のため自主的に講じた措置
 - 2-1 安全性の向上に向けた継続的取組の方針
 - 2-2 調査等(保安活動の実施状況、国内外の最新の科学的知見及び技術的知見など)
 - 2-3 安全性向上計画
 - 2-4 追加措置の内容(構築物、系統及び機器における追加措置、体制における追加措置など)
 - 2-5 外部評価の結果
3. 安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析
 - 3-1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価
 - 3-2 内部事象に係る確率論的リスク評価(レベル1、2)
 - 3-3 外部事象に係る確率論的リスク評価(レベル1、2)
 - 3-4 安全裕度評価
4. 総合的な評定

※「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」より

事業者の自主的対応、継続的充実の促進



◆実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則(抄) (評価に係る調査及び分析並びに評価の方法)

第九十九条の六

- ハ 当該発電用原子炉施設において、発電用原子炉施設における安全に関する最新の知見を踏まえつつ、自ら安全性の向上を図るためイ及びロの規定により確認することとされている措置に加えて講じた措置の内容及びその措置による事故の発生の防止等の効果

◆実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド(抄)

第1章 総則

3. 目標等の設定

組織として目標及び目的を設定し、安全性向上評価を実施する。また、安全性向上評価の実施体制及び実施手順等を明確にし、発電用原子炉設置者として自主的に講ずる措置について目標及び計画等を定める。

4. 安全性向上評価の継続的な充実

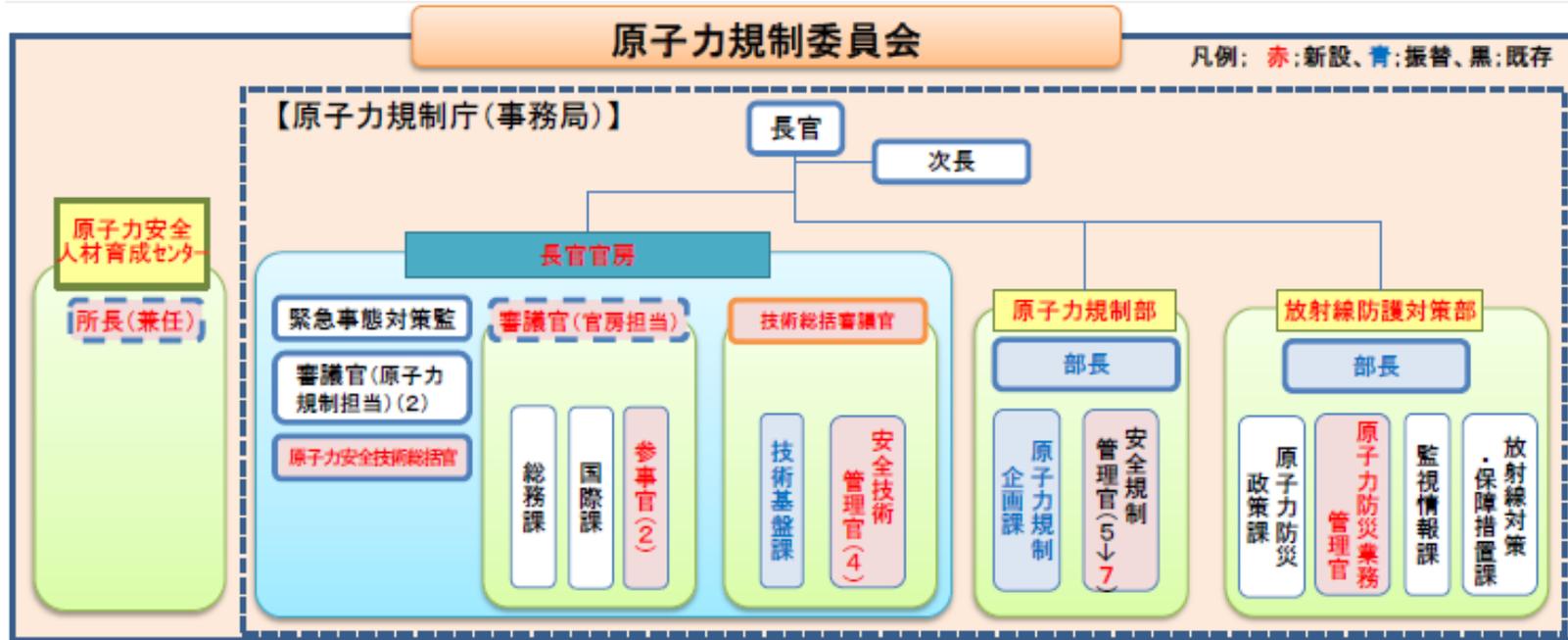
第2章3.(自主的に講じた措置の調査及び分析)及び4.(総合的な評価)について、直近の安全性向上評価の結果等からの大きな変更がないなど、改めて調査、分析又は評価をする必要がない場合には改訂しなくても良いこととし、必要がないと判断した理由について明らかにする。ただし、原則として5年ごとに改訂することに加え、大規模な工事を行うなど、確率論的リスク評価又は安全裕度評価の結果が変わることが見込まれる場合においても改訂する。

上記の「5年ごとに改訂」は、前回の評価又は改訂から5年経過後の最初の施設定期検査の終了後6ヶ月以内に行う安全性向上評価の際に実施する。

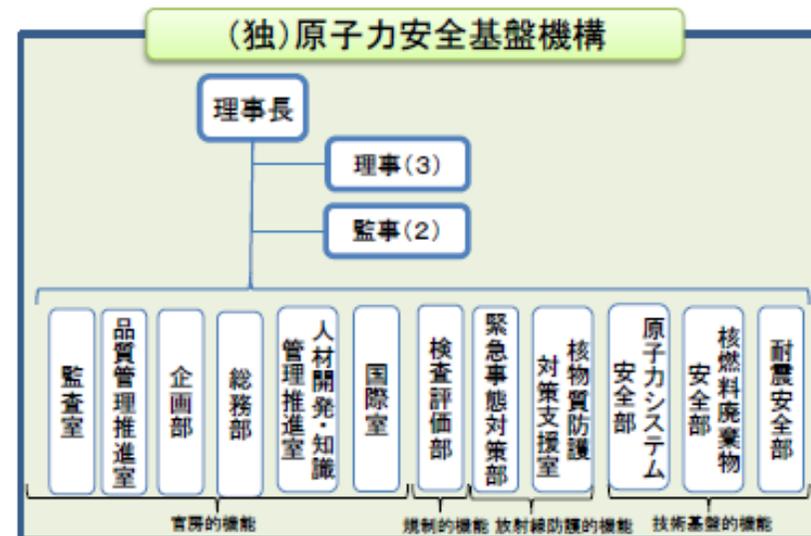
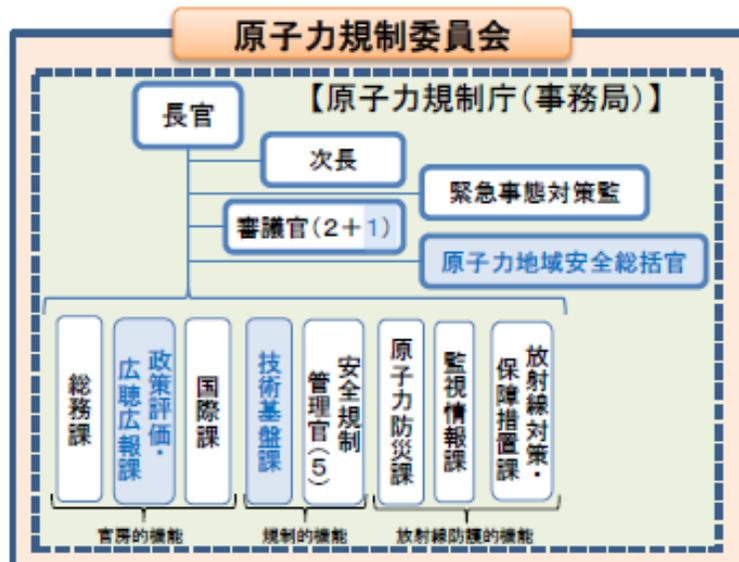


3. その他

新たな規制体制



2014年3月1日





Principle 1: Responsibility for safety

The prime responsibility for safety must rest with the person or organization responsible for facilities and activities that give rise to radiation risks.

3.5. The licensee retains the prime responsibility for safety throughout the lifetime of facilities and activities, and this responsibility cannot be delegated. . . .

Principle 3: Leadership and management for safety

Effective leadership and management for safety must be established and sustained in organizations concerned with, and facilities and activities that give rise to, radiation risks.

3.16. The process of safety assessment for facilities and activities is repeated in whole or in part as necessary later in the conduct of operations in order to take into account changed circumstances (such as the application of new standards or scientific and technological developments), the feedback of operating experience, modifications and the effects of ageing. For operations that continue over long periods of time, assessments are reviewed and repeated as necessary. Continuation of such operations is subject to these reassessments demonstrating to the satisfaction of the regulatory body that the safety measures remain adequate.



5. REVIEW AND ASSESSMENT

5.1 PERIODIC SAFETY REVIEW

Conclusion

All important safety elements receive regularly due attention by both the licensee and NISA. The overall judgment of the plant safety status could be further enhanced by combining these observations periodically together and making an integrated assessment.

S9 Suggestion

The PSR should be made a more focused and periodic effort to give a comprehensive picture of the plant safety status at certain intervals. All its conclusions should be reported to NISA in one summary report.

5.2 AGEING MANAGEMENT

Conclusion

Ageing phenomena in general are carefully studied in Japan, and information on observed ageing is actively collected also from foreign plants. Systematic ageing review covering the entire hardware of the plant is conducted at the oldest plants. At younger plants the acceptable physical condition of separate equipment important for safety is confirmed as part of regular maintenance.

G9 Good Practice

The support organization of the regulatory body, JNES, collects and maintains a database on observed ageing phenomena. New information from that database is regularly incorporated into a technical review manual that provides guidance on issues to be looked at as part of the ageing management review. The database and the technical review manual are at the disposal of both operating organizations and NISA, and the information is being used for improving maintenance programmes.

S10 Suggestion

Consideration should be given to extending the systematic ageing management review to all plants in operation, and not just plants approaching the age of 30 years.



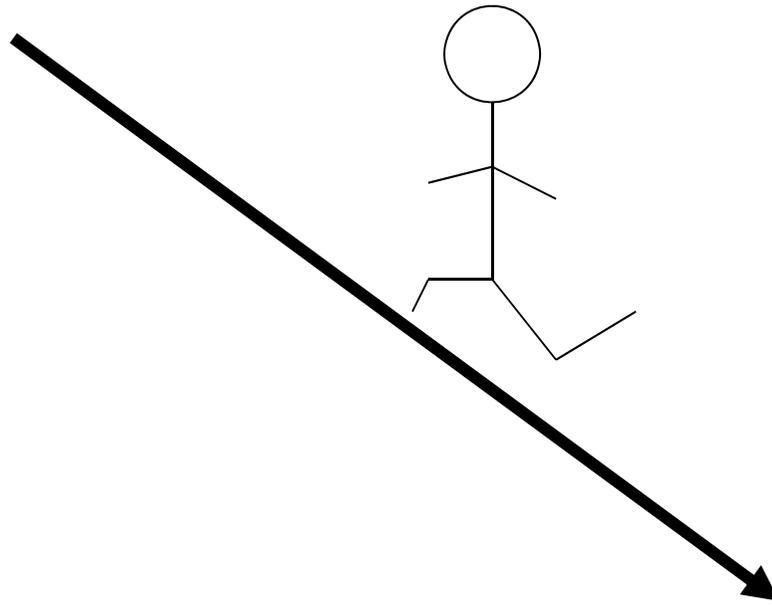
Thank you for your attention!



2014年春の大会
標準委員会セッション2(システム安全専門部会)
「原子力プラントの長期にわたる安全確保の取り組み」

原子力安全の継続的改善

平成26年3月27日
東京大学 岡本孝司
okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp



原子力安全は、下りのエスカレータを上るようなもの
止まると下がっていく。

班目先生のマンガより

原子力安全の鍵

- 目的を明確化「**人と環境**を守る」
- **深層防護の徹底 (Defense-in-Depth)**
 - 4層の拡充、環境を守るための深層防護
- **重要度による意思決定 (Graded Approach)**
 - 対策の重要度分類を、リスクを考慮して決定する
 - 重要度分類に応じた、管理、保守を進める
- **継続的改善の仕組み (Continuous Improvement)**
 - 国の規制システムの維持と改善
 - 事業者マネジメントシステムの維持と改善

Safety Culture and **SAHARA**

(Safety as high as reasonably achievable) 3

継続的改善

- 原子力発電所の**総合的なリスク**を低減
(PRAではない！)
- **リスクベースの是正措置**を継続して進める
(不適合管理ではない！)
- **将来のリスク**をとらえて改善を進める
(現状追認ではない！)

リスクがカギ

様々なツールを駆使して 継続的改善を進めること

- 事業者も規制も、改善の物差しは**リスク**
 - 継続的改善の方向性を決めるのは、PRAやストレステストなどのリスク
 - 改善はリスク低減につながるだけではなく、セーフティーカルチャーにつながる。
- 改善を促す**インセンティブ**を与える規制
 - 改善は自ら行わないと意味がない
 - 改善のハードルを高くする規制は間違い

局所的な安全性向上ではなく、総合的リスク低減

なぜ総合的リスク低減か

- 一部のシナリオ等にこだわって、局所的に安全性を高めたとしても、総合的に見てリスク低減につながるかどうかがかギ
- 全ての対策（対策しないことも含む）は、大なり小なりリスクを高める事を強く認識する事
 - 例えば、911後に自動車事故による死亡者数増加
- プラスとマイナスを総合的に判断して意思決定を行う事。
既設プラントは、総合的リスク低減の考え方が特に重要（現状変更は多数の領域に影響）

総合的リスク低減のツール

- 発電所の現状のリスクをまとめる
Safety Analysis Report
- 発電所の管理状況を知る
CAP / PI&R / PI-SDP / ROP
- 将来のリスクの種を摘む
Periodic Safety Review
- 発電所のリスクを考え続ける
Online Maintenance / Living PRA

定期的安全レビュー(PSR)

- 継続的改善のためのツール
- 将来のリスクの種を摘む
- 10年(一世代)の情報から将来を予測
 - 今後10年間安全に運転ができる事
 - さらなる安全につながる改善計画を立てる
- 発電所の総合的リスクを俯瞰
 - ハードウェアだけではなく、ソフトウェア(管理、人材、組織など)も含めた全活動を対象

日本原子力学会PSR標準の経緯

1992年 品質保証活動として「定期安全レビュー(PSR)」の実施要求
事業者の自主保安の位置づけ

- ①運転経験の包括的評価、②最新知見の反映の評価、
- ③確率論的安全評価(PSA)、④高経年化対策検討。

1994年 福島第一1号機、美浜1号機、敦賀1号機のPSR報告書提出。

2003年 炉規則で実施義務付け。(③のPSAを除き義務付け)

2006年 原子力学会PSR実施基準発行

2009年 原子力学会PSR実施基準改定

2011年 福島第一原子力発電所事故

2012年 PSRの実効性を高めるため実施基準改定議論再開

過去のPSRの課題。福島事故の反省

IAEA SSG-25(PSR for NPP, 2013) (N-SG-2.10を改定)

2012年 炉規法で安全性向上評価を規程

2013年 炉規則でPSR実施義務削除、安全性向上評価に統一

AESJ-SC- :201*

原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針:201*

1. 適用範囲

この標準は、発電用軽水型原子炉施設(以下、“プラント”という)において、事業者が実施する安全性向上のための定期的な評価における、目的、実施原則、実施計画の策定、安全因子の適切性・有効性のレビュー、総合評価の方法を規定する。

4. 目的

事業者自らが、将来を見越した特別な安全レビューを定期的実施することで、プラントの安全性を継続的に向上する。

具体的には、個々の安全因子に対し、日常の品質保証活動とは一線を画した先見的なレビューを戦略的に行い、安全因子の詳細なレビュー結果に基づく総合評価を実施して、妥当且つ実行可能な安全性向上措置の抽出と実行計画を定める。

目的の注記

安全性のレベル。

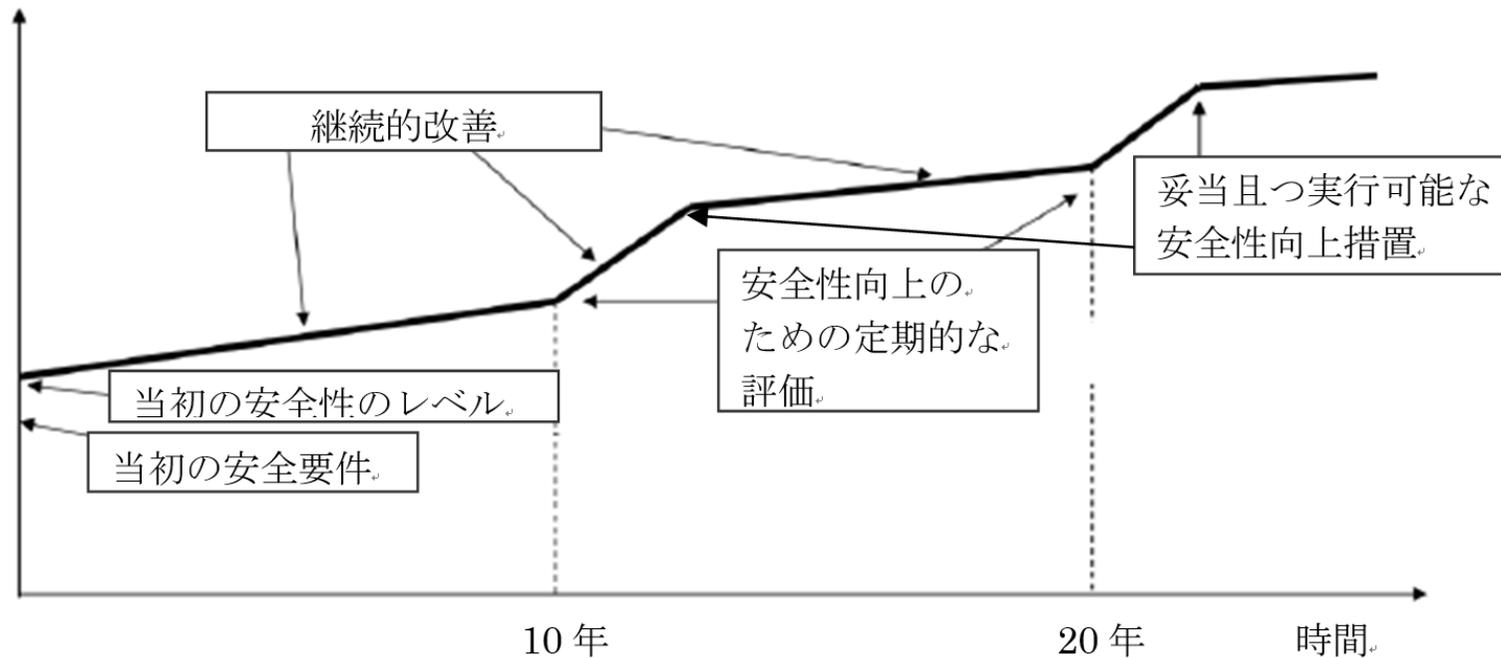


図 4.1—安全性の継続的な向上の概念図¹⁾

出典) WENRA RHWG (Western European Nuclear Regulators Association Reactor Harmonisation Working Group), “Position paper on Periodic Safety Reviews (PSRs) taking into account the lessons learnt from the TEPCO Fukushima Dai-ichi NPP accident”, March 2013.

5.実施原則

5.1 基本的考え方

- a. 過去の活動に問題がなかったかどうか再評価することに重点をおいた評価ではなく、将来の安全性を確保する又は向上するための計画をたて、実行していく契機とする能動的な評価とする。評価にあたっては、全ての安全因子及びそのレビューにおいて網羅性を追及するのではなく、より実効的な安全性向上措置の抽出に重点を置くことに留意する。
- b. 国内の現行規制基準を満足するだけでなく、新規原子炉を含む最新の国際水準を目標として、自プラントに有効な安全性向上措置を抽出する。具体的には、国内の現行規制基準とは異なる要件(例えば、海外の規制基準・グッドプラクティスや国内外他発電所の最新知見)との比較において、自プラントの安全性を向上させる余地を認識し、有効な安全性向上措置を抽出する。

5.実施原則

5.1 基本的考え方

- c. 発電所の安全性に寄与する設備設計・保守、組織・体制、評価・手順、安全文化といったハードウェア及びソフトウェア、並びにそれらを統合するマネジメントを含む包括的且つ多面的な評価とする。単一の設備，系統に注目するだけでなく，プラントシステム全体への影響を考慮する。

注記

ハードウェアとは，原子力発電所における建物・構築物，機器・配管系，又はそれらによって構成されるもの。

ソフトウェアとは，組織の要員・体制，評価・手順，安全文化といった組織の活動を構成する要素。

マネジメントとは，定めた目的を達成するために，ハードウェアやソフトウェアという要素を統合した効果的な方針や仕組みを作り，組織を動かすこと。

5.実施原則

5.1 基本的考え方

- d. 評価はプラントの運転が開始されてから定期的に実施し、運転が終了するまで実施する。時間経過に伴い顕在化するプラント及び環境の諸変化について、プラントの安全性へ及ぼす累積的影響の評価を可能とするため、評価の間隔が極端に短期とならないよう留意する。なお、安全上の重要な問題の発見の遅れや、評価の連続性が喪失する可能性を考慮すると10年を超えない期間で評価することが望ましい。
- e. 将来における発電所の安全水準の維持、安全運転の確保のために、将来における安全性向上への効果が見込まれる安全性向上措置を実施時期・期間に関係なく抽出する。安全性向上措置の抽出にあたっては、安全性向上措置から得られる効果と実施に費やす経済資源との関係を考慮し、合理的に実行可能なものとすることに留意する。

5.実施原則

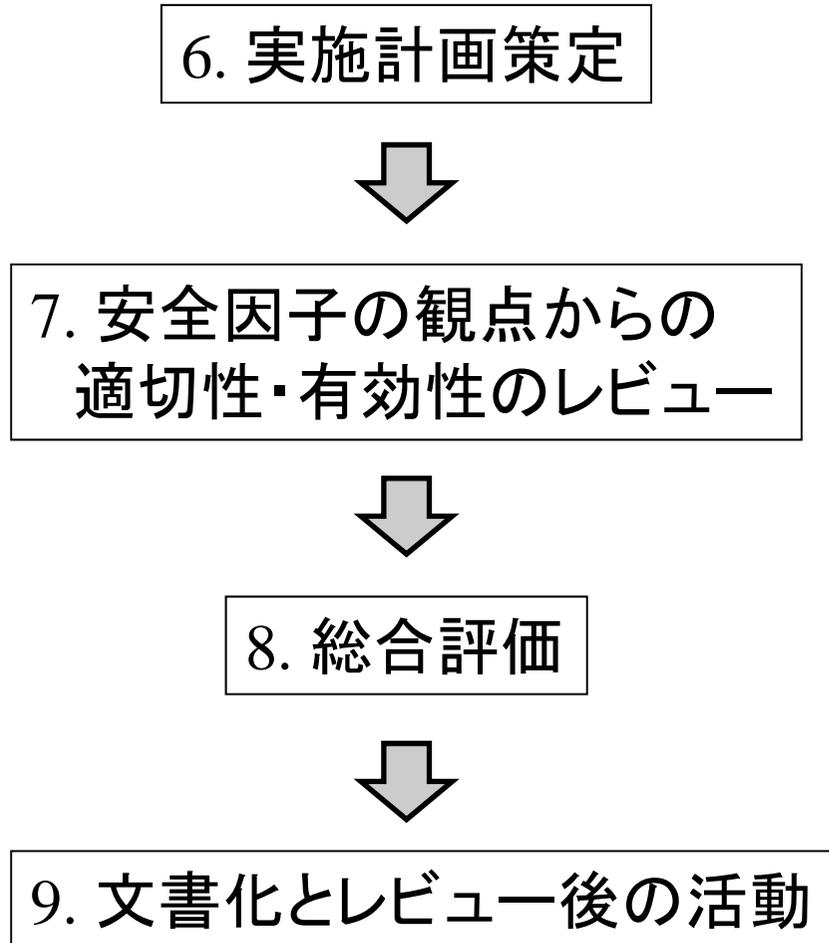
5.2 評価プロセス

5.1を踏まえて、図に示すプロセスに従い、次の項目を実施する。

- a. 実施計画 レビューの範囲と時期、レビューのための体制・組織やレビューのプロセス、並びに適用する規格基準、最新知見の範囲などを明確にする。この段階で、実施計画を策定する。
- b. 安全因子に関するレビュー及び総合評価 事業者は、a.で策定した実施計画にもとづきレビューを実施する。安全因子のレビューにおいて、各因子の評価結果を“良い結果”あるいは“良くない結果”に分類し、結果に対しては安全性向上措置候補を考案する。安全因子のレビュー結果に基づく総合評価を実施して、因子毎の安全性向上措置候補からの安全性向上措置の抽出、並びにその実行計画の策定を行う。

5.実施原則

5.2 評価プロセス



レビューの範囲と時期、レビューのための体制・組織やレビューのプロセス、並びに適用する規格基準、最新知見の範囲などを明確にする。

各安全因子の評価結果を“良い結果”あるいは“良くない結果”に分類し、結果に対しては安全性向上措置候補を考案する。

安全因子のレビュー結果に基づく総合評価を実施して、因子毎の安全性向上措置候補からの安全性向上措置の抽出、並びにその実行計画の策定を行う

実行計画の遂行とフォローアップ

6.実施計画

6.1 一般事項

6.2 調査対象期間

前回評価の調査対象期間後から評価を開始する至近の時点

6.3 評価の実施体制

6.3.1 要員の資質

6.3.2 役割と責任

6.3.3 外部組織の活用及び第三者によるピアレビューの実施

7.安全因子の観点からの適切性・有効性のレビュー

構築物・系統・機器 (SSC) の レビュー

- (1) プラント設計
- (2) 安全上重要なSSCの現状
- (3) 機器の能力評価
- (4) 経年劣化

工学的評価のレビュー

- (5) 決定論的安全解析
- (6) 確率論的安全評価
- (7) ハザード解析

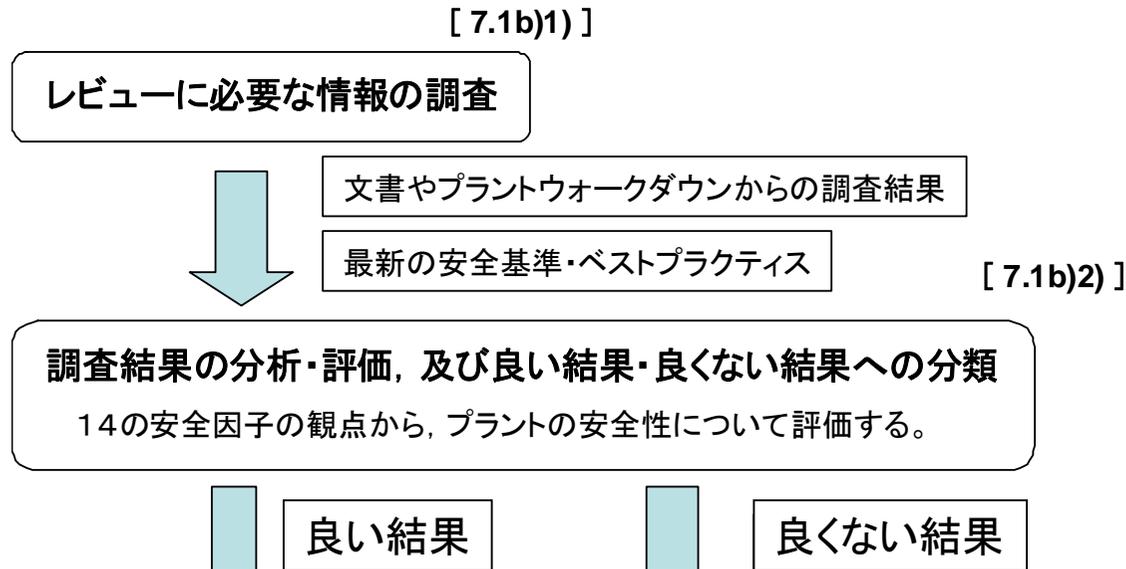
最新の技術的知見の反映と 安全性能のレビュー

- (8) 安全実績
- (9) 他のプラントでの経験
ならびに研究結果の利用

安全基盤のレビュー

- (10) 組織、管理システム、
および安全文化
- (11) 手順
- (12) 人的資源
- (13) 緊急時計画
- (14) 放射性物質が環境に
与える影響

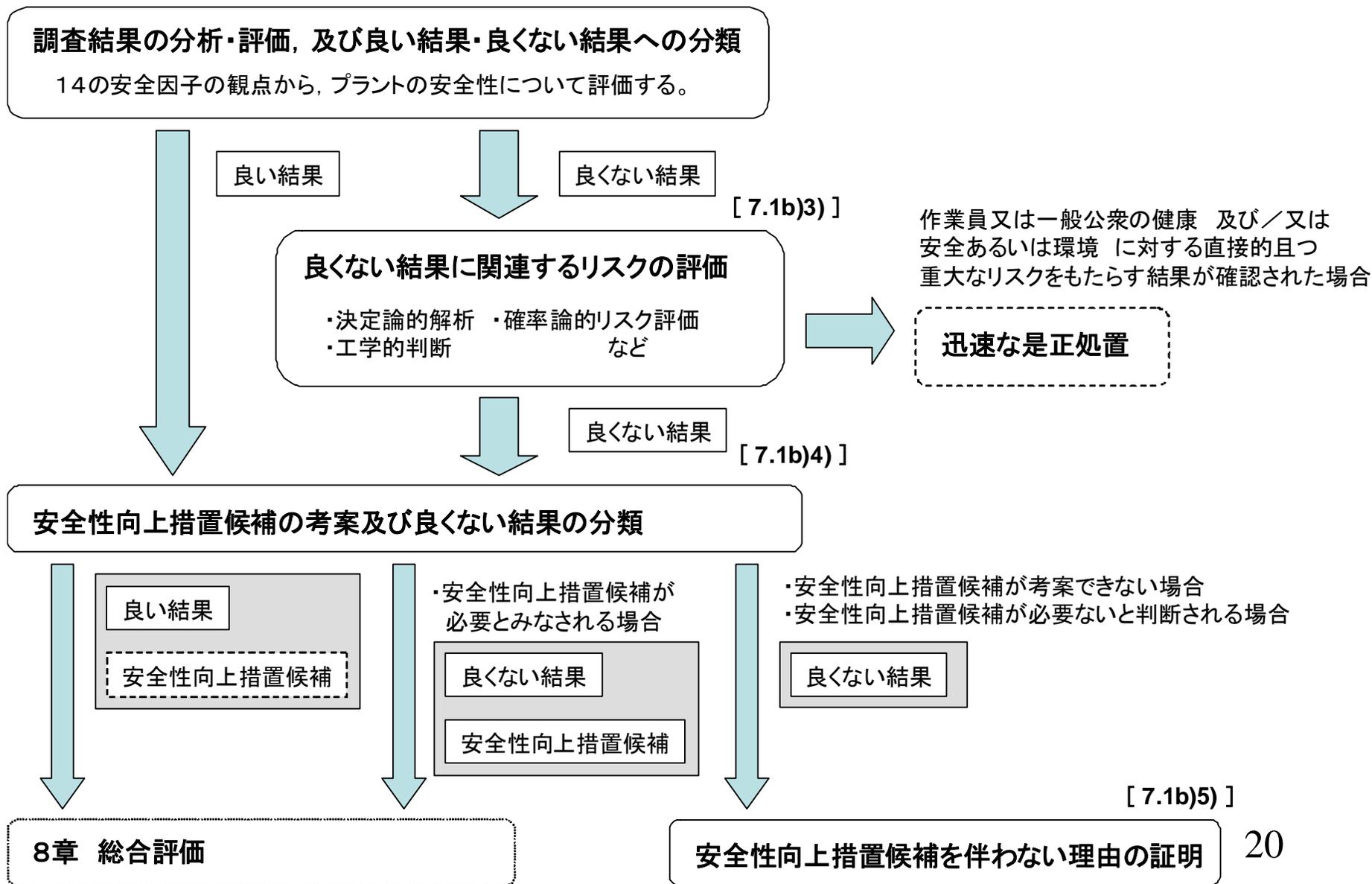
7. 安全因子の観点からの適切性・有効性のレビュー



良い結果: 現状のプラクティスが、最新の規格基準において
確立されているグッドプラクティスと同等以上のもの。

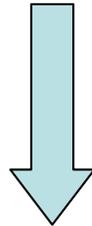
良くない結果: 現状のプラクティスが、最新の規格基準において
確立されているグッドプラクティスと同等ではないもの。

7. 安全因子の観点からの適切性・有効性のレビュー



8. 総合評価

7. 安全因子の適切性・有効性のレビュー



良い結果

安全性向上措置候補

良くない結果

安全性向上措置候補

8.2.1 妥当且つ実行可能な安全性向上措置の抽出

8.2.1 a) 因子毎の安全性向上措置候補の安全上の重要度の分析

8.2.1 b) 因子毎の安全性向上措置候補の
評価、分類、優先順位付け

8.2.1 c) 因子毎の安全性向上措置候補の実施に
必要な時間及び費用の調査

8.2.1 d) 妥当且つ実行可能な安全性向上措置の抽出

8. 総合評価

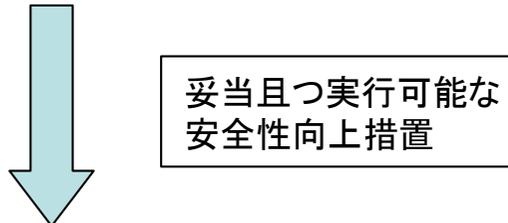
8.2.1 妥当且つ実行可能な安全向上措置の抽出



8.2.2 将来のプラント運用の安全性の評価

8.2.2 a) プラント全体の安全性の評価

8.2.2 b) 深層防護の評価



8.3 安全性向上措置の実行計画の策定

まとめ

- 継続的改善が原子力発電所の安全を担保する
- リスクを物差しとして、総合的リスクを低減する活動を行い続ける事
- PSRは、将来のリスクの芽を摘むことを目的とする、総合的リスク低減のためのツールの一つである
- 14の安全因子を総合的に評価し、将来のリスク低減活動を洗い出す事
- 現在、最終報告を取りまとめている。今年中の発行を目指す

2014年春の大会
標準委員会セッション2(システム安全専門部会)
「原子力プラントの長期にわたる安全確保の取り組み」

原子力発電所の高経年化対策実 施基準本格改定(案)の概要

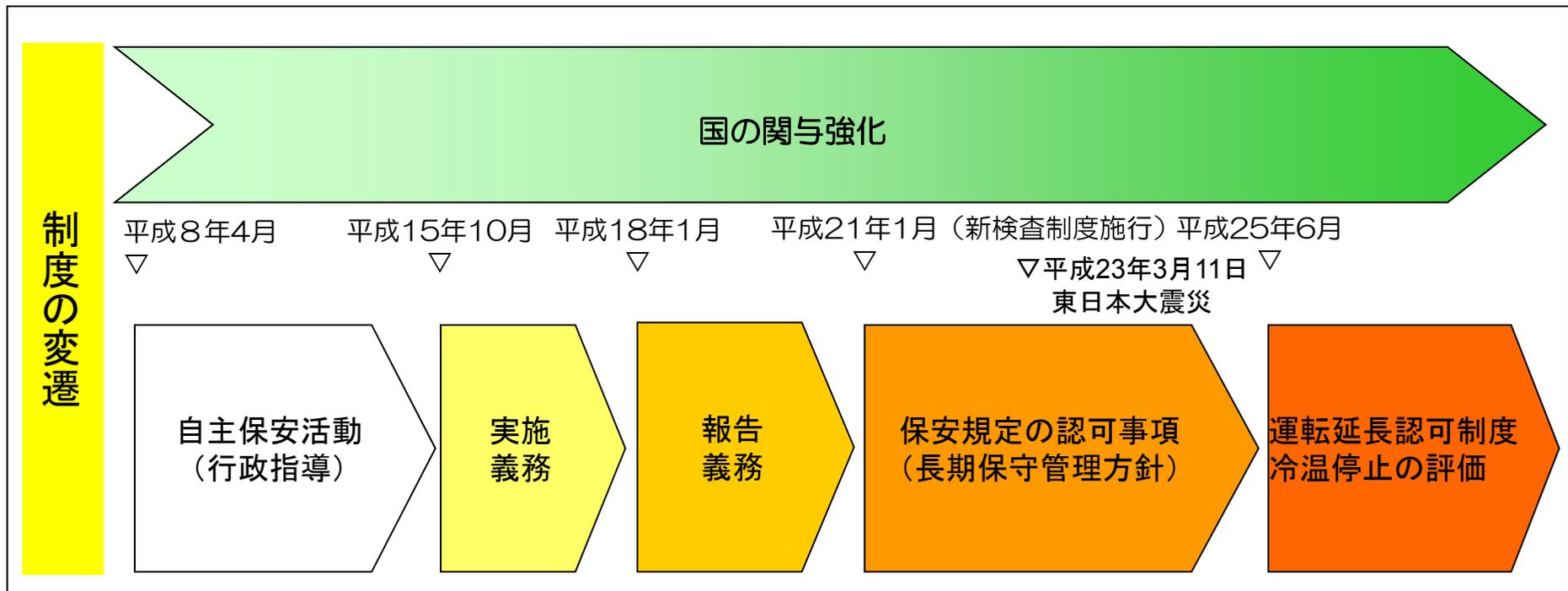
平成26年3月27日(木)

原子力エンジニアリング 三山 彰一

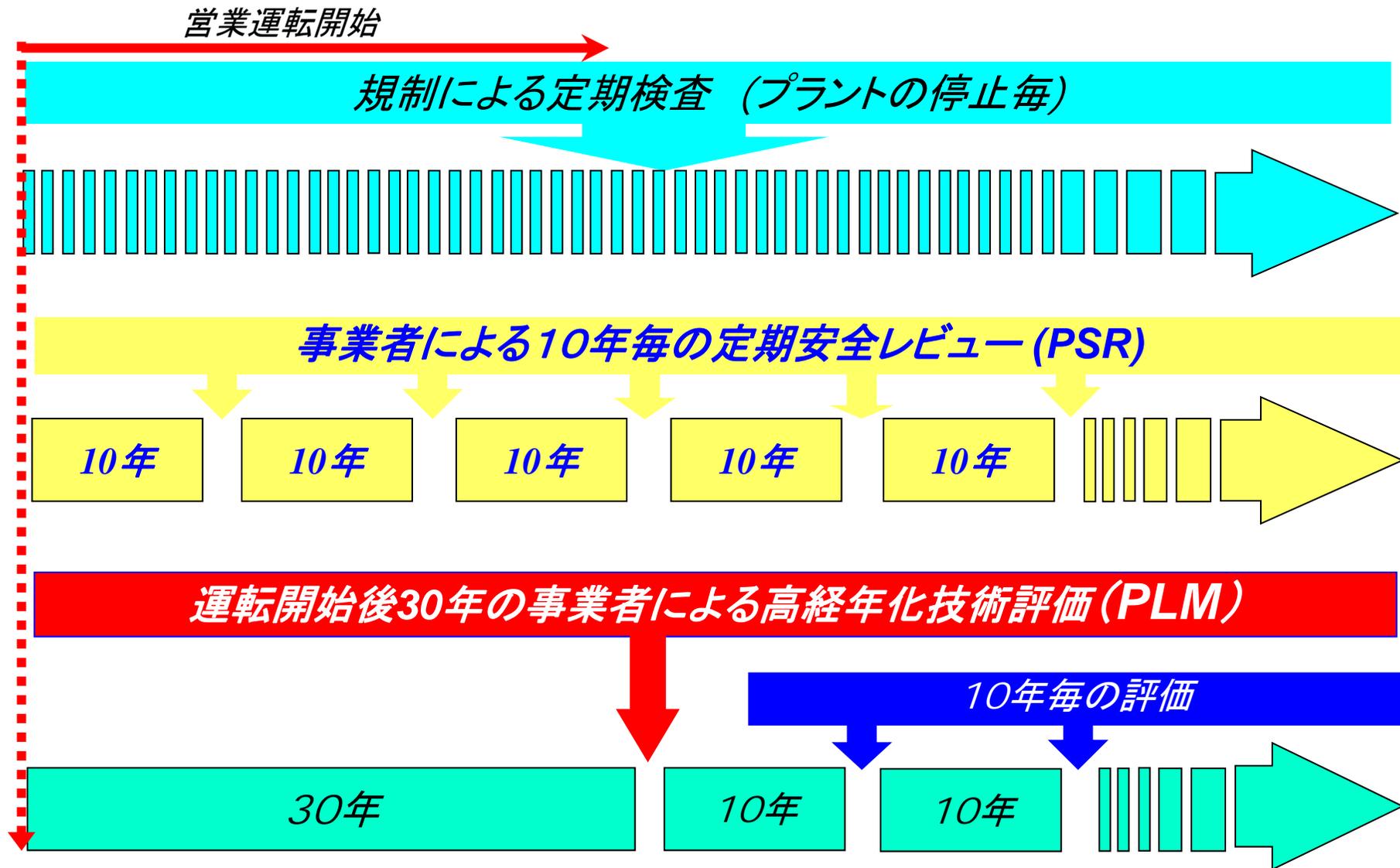
(PLM分科会 幹事)

高経年化対策検討の経緯

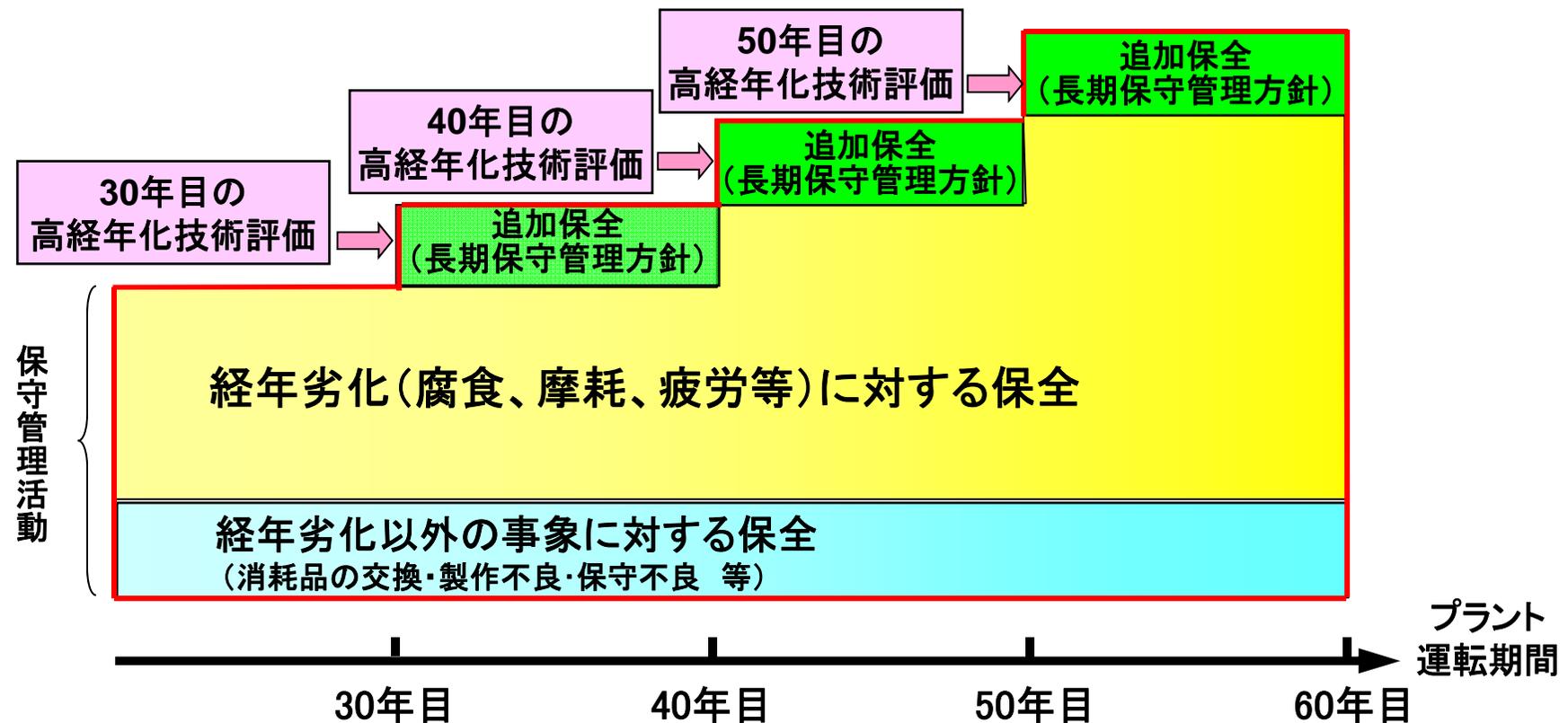
- 平成8年4月に資源エネルギー庁が「高経年化に関する基本的な考え方」を公表、原子力発電所の高経年化対策の実施について指示。



原子力発電所の保全活動



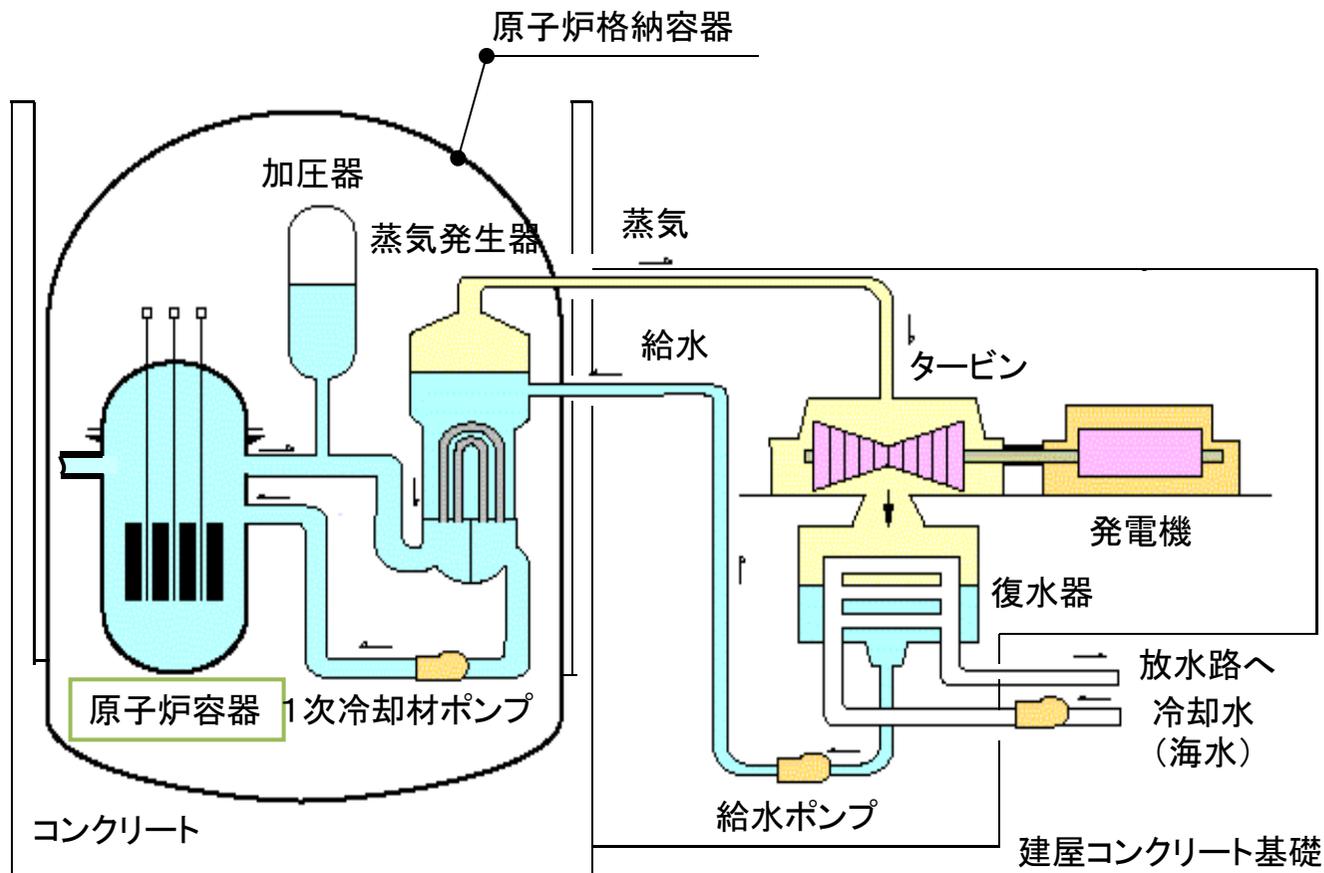
高経年化対策検討を踏まえた 原子力発電所の保全活動



運転開始後30年目に、60年間の運転を仮定した高経年化技術評価を行い、この評価に基づき、追加すべき保守管理の方針(長期保守管理方針)を定め、保安規定の保全プログラムに追加する。以降、10年毎に評価。

高経年化技術評価の例

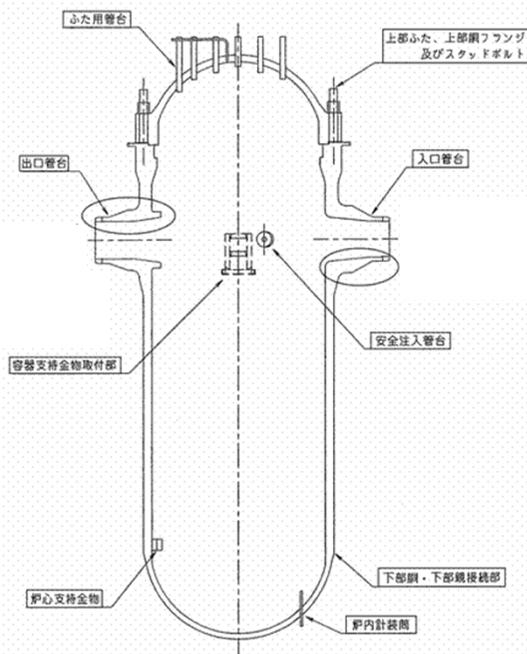
- 原子力発電所の安全上重要な構築物，系統及び機器



高経年化技術評価の例

－疲労割れの例－

- プラント実過渡回数から、60年時点の過渡回数を推定し、60時点での疲れ累積係数を評価(環境を考慮した評価, 耐震安全性評価も実施)し、許容値を満足していることを確認。



- 定期的な超音波探傷検査等の非破壊検査や、漏えい試験で健全性を確認している
 - 高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施している
- ↓
- 疲労割れが問題となる可能性はないが、今後も実過渡回数を把握し、評価する必要がある

現状保全に追加すべき保全項目があれば抽出する

高経年化対策

(PLM: Plant Life Management)とは？

保守管理のうち原子力発電所の構築物，系統及び機器に想定される経年劣化事象に対して，長期間の供用を考慮した活動を行うこと。

✓ 対象設備

原子力発電所の安全上重要な構築物，系統及び機器

✓ 評価期間

60年

✓ 想定される経年劣化事象

疲労割れ，中性子照射脆化，減肉 等

評価期間に対する高経年化技術評価を行い，現状保全に追加すべき保全項目（長期保守管理方針）を抽出

高経年化対策実施(PLM)基準

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

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

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

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

附属書A(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B(規定)10年ごとの経年劣化管理の実施方法

附属書C(規定)経年劣化事象に対する技術評価の実施方法

附属書D(規定)耐震安全性評価の実施方法

附属書E(参考)経年劣化事象一覧表

附属書F(参考)経年劣化事象の特性に応じた経年劣化管理の考え方

高経年化対策実施基準の検討経緯

初版

- 平成11年から電気事業者が行っていた高経年化対策の内容を取り纏め、原子力発電所の高経年化対策実施基準（PLM基準）：2007として平成19年3月に発行

2008年版

- 国の規制要求（保安規定との関係強化等）に伴う改定を行い、PLM基準：2008として平成21年2月に発行



本格改定を実施中

PLM基準2008版の主な改訂内容

①プラント運転年数に応じた高経年化対策の検討

高経年化対策は、供用期間によらず、長期間の供用に伴う経年劣化の特徴を把握して、これに的確に対応した保守管理を行うこと。

原子力発電所の保守管理を適切に行うには、運転年数に従って、連続性を持った経年劣化管理が有効。

①短期的な観点からの保守管理活動:

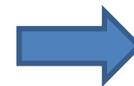
「運転初期からの経年劣化管理」



附属書A

②中期的な観点からの保守管理活動:

「10年ごとの経年劣化管理」



附属書B

③長期的な観点からの保守管理活動:「高経年化対策検討」

②高経年化対策知見の整理（PLM基準2008版附属書A）

これまでの高経年化技術評価結果

- 対象設備 重要度分類 クラス1～3
- 最新知見(最新の研究成果、評価手法etc)
- 運転経験(国内外トラブル)
- 技術評価
 着目すべき部位・経年劣化事象の抽出
 健全性評価+現状保全+総合評価

↓
 長期保守管理方針(研究開発課題を含む)

知見の集約

経年劣化メカニズムまとめ表

これまでの高経年化技術評価結果の知見を基に、高経年化対策上考慮すべき経年劣化事象を集約・整理。

P01-01 ポンプ（ターボポンプたて置斜流/海水/ステンレス鋼）

No.	機能達成に必要な項目	部位	材料	経年劣化事象	備考
1	ポンプの容量-揚程 確保	主軸	ステンレス鋼	摩耗	
2		主軸	ステンレス鋼	腐食（孔食他）	
.	
13	ハウンドリの維持	吐出曲管	铸铁	腐食（孔食他）	
14		吐出管	铸铁	腐食（孔食他）	
.	
23	機器の支持	台板	ステンレス鋼	(想定されず)	
24		基礎ボルト	ステンレス鋼	(想定されず)	
.	

高経年化技術評価の知見を包括的、網羅的にとりまとめ附属書A経年劣化メカニズムまとめ表として整理した。

201X本格改定の主な項目

○最新知見の反映

- ・高経年化対策実施ガイド
- ・海外情報(IGALL), 民間規格, 基盤整備事業国プロ成果等の反映
- ・東日本大震災(福島事故)に係る反映
(福島事故に係る意見聴取会, 事故報告書等)

○経年劣化メカニズムまとめ表(附属書A)への耐震評価情報の追加等(本文、附属書A、附属書D)

①評価対象期間の考え方の整理

評価対象期間60年と設定。長期停止するプラント等を考慮し、次に実施する高経年化対策検討までの期間やプラント運転継続期間を基に、技術評価の保守性を考慮して運転開始後30年から10年以上を評価対象期間として設定可能として規定した。(6.3.3.2 健全性評価)

②長期停止中のプラントの技術評価

地震、事故等によって長期停止を伴ったプラントに対する技術評価では、長期停止に至った理由や長期停止中の運転状態等を考慮して部位・経年劣化事象の抽出を行い、長期停止による影響を考慮した技術評価を行うことを規定。(6.3.3 経年劣化事象に対する技術評価 他)

③耐津波安全性評価の追加

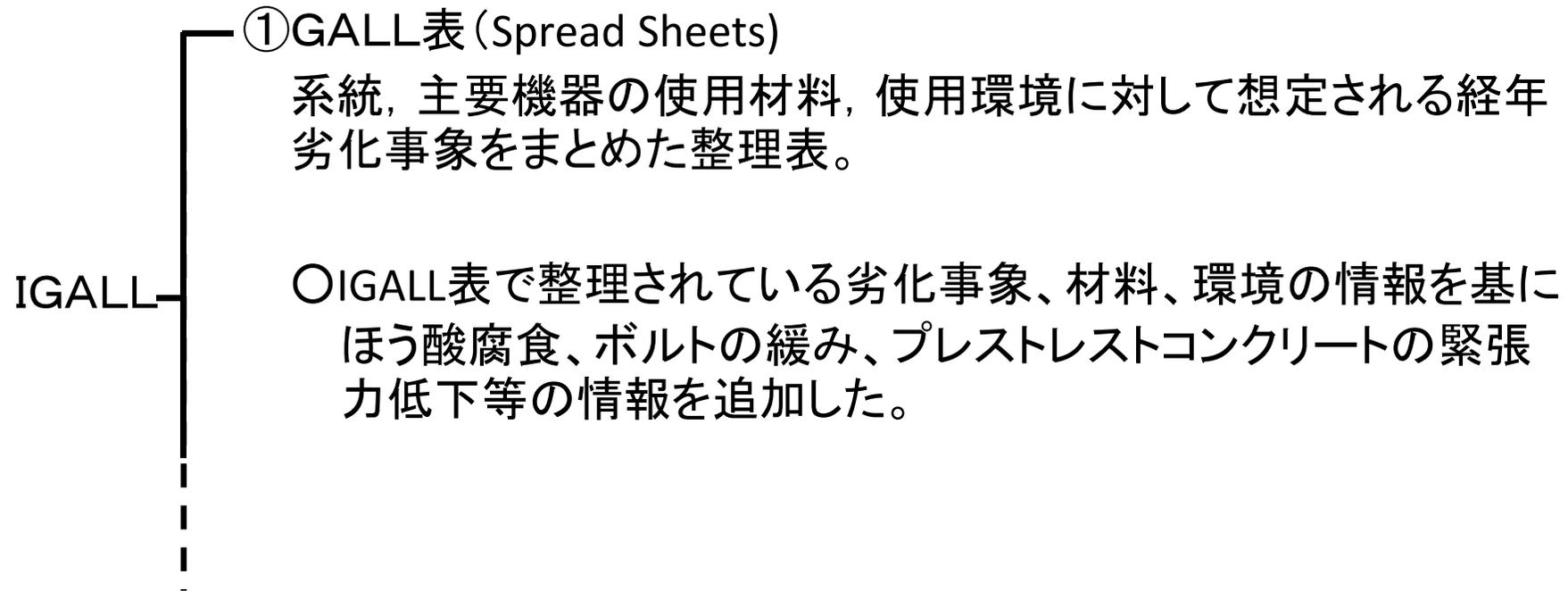
高経年化対策実施ガイドで新たに要求されている経年劣化を考慮した耐津波安全性評価について規定を行った。

④民間規格等の最新知見を反映

- ・日本機械学会 環境疲労評価手法(JSME S NF1-2009)
- ・日本電気協会 原子力発電所の安全系電気・計装品の耐環境性能の検証に関する指針(JEAG4623-2008)
- ・国プロジェクト“原子力プラントのケーブル経年劣化評価技術調査研究”の成果に基づく“ケーブル経年劣化評価試験ガイド” など

⑤IAEA IGALL知見の反映

IAEA IGALL (International Generic Ageing Lesson Learned:研究成果と運転経験の蓄積を基に、劣化メカニズムと影響についてまとめたガイド)について、PLM標準への反映を行った。



⑤IAEA IGALL知見の反映(続き)

②AMP(経年劣化管理プログラム)

経年劣化事象や機器の劣化等に対する予防措置, 検知方法, モニタリングや傾向監視, 緩和策, 許容基準等を整理したもの。

③TLAA(時間限定解析)

設計解析においてプラント運転期間に関する条件が想定されているもの(疲労など)を整理したもの

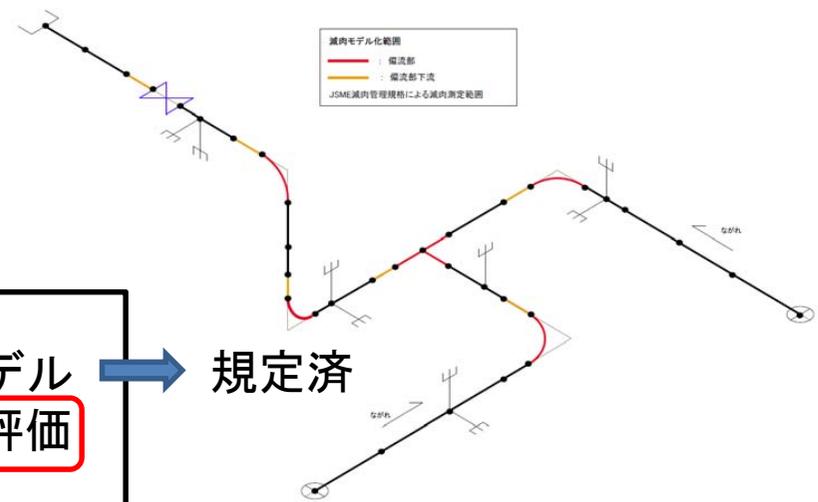
○PLM基準では, 経年劣化事象の発生や進展の特性等検討を行い, 評価対象期間に基づく解析評価により傾向監視を実施する事象として, 低サイクル疲労, 中性子照射脆化等の8事象を抽出し, 評価について附属書Cで規定している。

○これら8事象及び新たに附属書Eに追加した経年劣化事象に対してAMP, TLAAから反映すべき事項の検討を行った。

⑥減肉配管の耐震安全性評価の方法

配管の局所的な減肉による耐震性への影響評価

- ①配管の減肉形状を模擬した減肉配管モデル
- ②健全配管モデルの評価結果を補正して評価



原子力安全・保安院の高経年化対策強化基盤整備事業の成果「平成22年度高経年化対策強化基盤整備事業-技術情報基盤の整備等-成果報告書」の検証結果及び日本機械学会 論文の知見を反映し，健全配管モデルの評価結果を用いて断面係数比，応力係数比，応答加速度比による評価方法について規定を行った。

⑦附属書Aへの耐震評価情報の追加

- 高経年化技術評価の知見を活用した附属書Aへの耐震評価情報を追加



8事象以外は、日常管理による監視を前提として8事象を中心とした技術評価報告書作成に対応可能。

- 附属書Aに新たにプラントの高経年化技術評価の知見を取り込み

⑦附属書Aへの耐震評価情報の追加(続き)

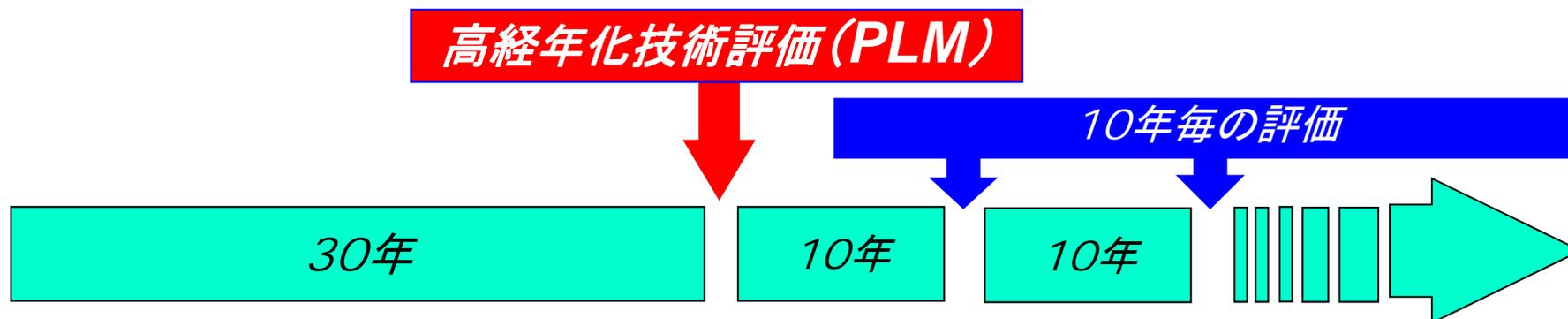
・ポンプ、熱交換器の例

No.	機能達成に必要な項目	部位	材料	経年劣化事象	耐震安全上の		耐震上の影響		
					静的機能	動的機能			
1	ポンプの容量・揚程確保	主軸	ステンレス鋼	摩耗	/	/	▼		
2				疲労割れ(高サイクル疲労割れ)	/	☆	/		
3				羽根車	ステンレス鋼鋳鋼, 銅合金鋳物	腐食(キャビテーション)	/	/	/
4				羽根車リング	-	(消耗品・定期取替品)	/	/	/
5	伝熱性能の確保	伝熱管	インコネル690合金	疲労割れ(フレットング疲労割れ)	/	/	▼		
6				管板クレビス部応力腐食割れ	★	/	/		
7				デントィング	/	/	▼		
8				スケール付着	/	/	▼		
9		振止め金具	ステンレス鋼	摩耗	★	/	▼		
10	バウンダリの維持	冷却材出入口管台セーフエンド(ステンレス鋼)	ステンレス鋼(インコネル肉盛)	応力腐食割れ	★	/	◎		
12		1次側マンホール	低合金鋼(インサートプレートはステンレス鋼)	(想定されず)	★	/	/		
13		管板		低合金鋼(インコネル肉盛)	疲労割れ	/	/	◎	
14					肉盛部応力腐食割れ	★	/	▼	
15					肉盛下層部のき裂	/	/	/	
16		ガスケット	-	(消耗品・定期取替品)	★	/	/		
17		仕切板		インコネル600合金	応力腐食割れ	★	/	▼	
18	インコネル690合金			応力腐食割れ	/	/	/		

耐震安全上の(原子力発電所耐震設計技術指針(JEAC4601)により整理)

- ・静的機能— ★:評価対象、/:評価対象外
- ・動的機能— ★:評価対象、☆:剛でない場合は評価対象、*:一般の耐震設計で対応、/:評価対象外
- ・影響— ◎:あり、■:軽微、▼:経年劣化管理状況を確認して◎か■か判定する、/:評価対象外

⑧高経年化対策検討の再評価



- 40年目(2回目)の高経年化技術評価の再評価では、30年目で実施した高経年化対策検討の有効性確認。

①経年劣化傾向の評価

高経年化技術評価で予測した経年劣化の発生・進展の傾向と、実機データから得られた傾向に乖離がないか評価。

②保全実績の評価

現状保全継続により健全性を維持可能とした経年劣化事象について、保全実績に基づいて、保全の有効性を確認。

③長期保守管理方針の有効性評価

高経年化対策検討で策定した長期保守管理方針の有効性を評価。