

「設計古さ」、「Obsolescence」を 巡る議論について～紹介 (未定稿)

令和5年10月17日
原子力規制庁
金城 慎司

内 容

- 1 原子炉等規制法改正（高経年化した原子炉の規制改正）
- 2 「設計古さ」について（規制委員会での議論）
- 3 「設計古さ」への対応（炉安審・燃安審での検討）
- 4 「設計」に着目して（私見）

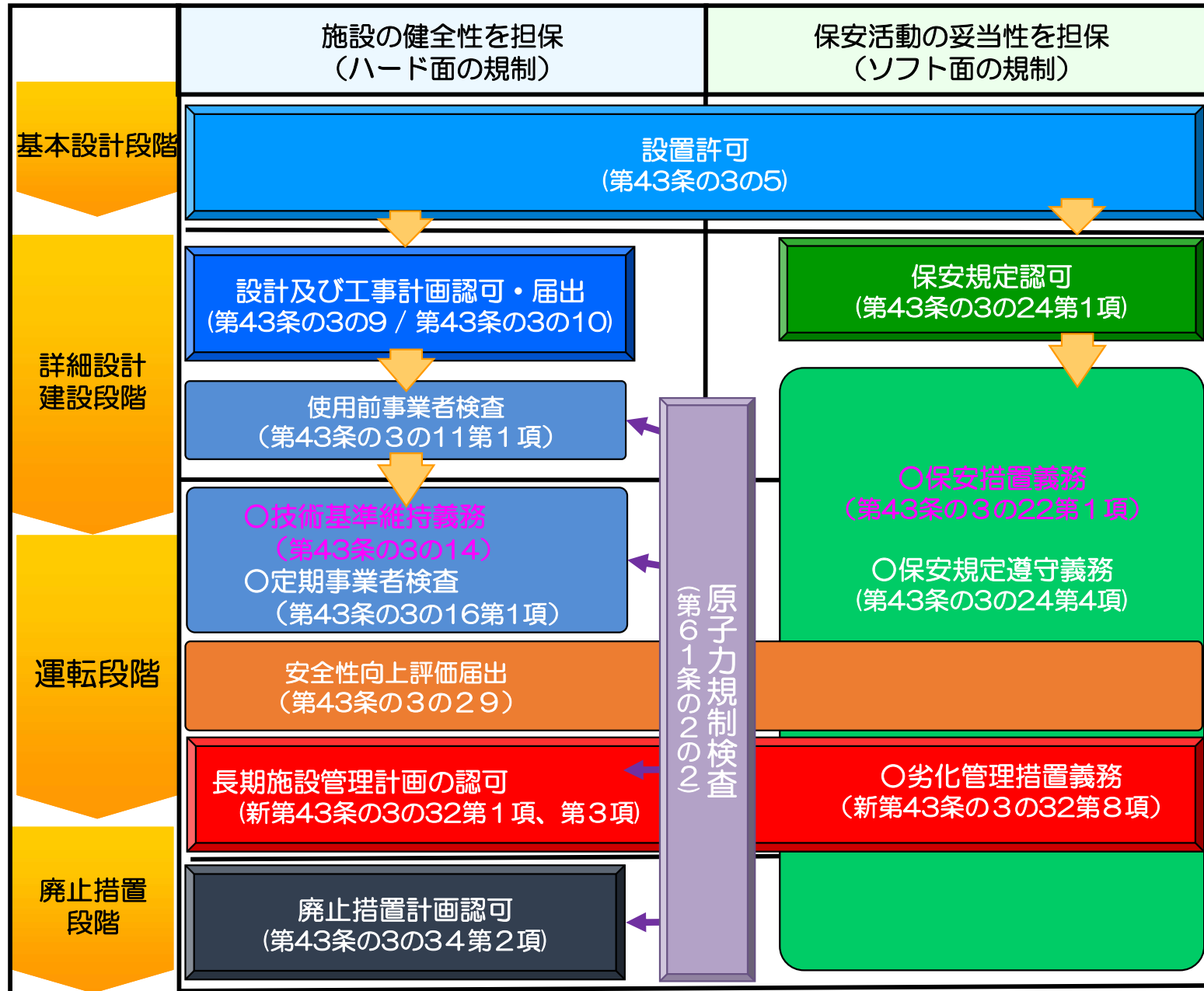
参考

注）特に引用に断りのないものは、原子力規制委員会HPからの資料です。



1 原子炉等規制法改正（高経年化した原子炉の規制改正）（1）

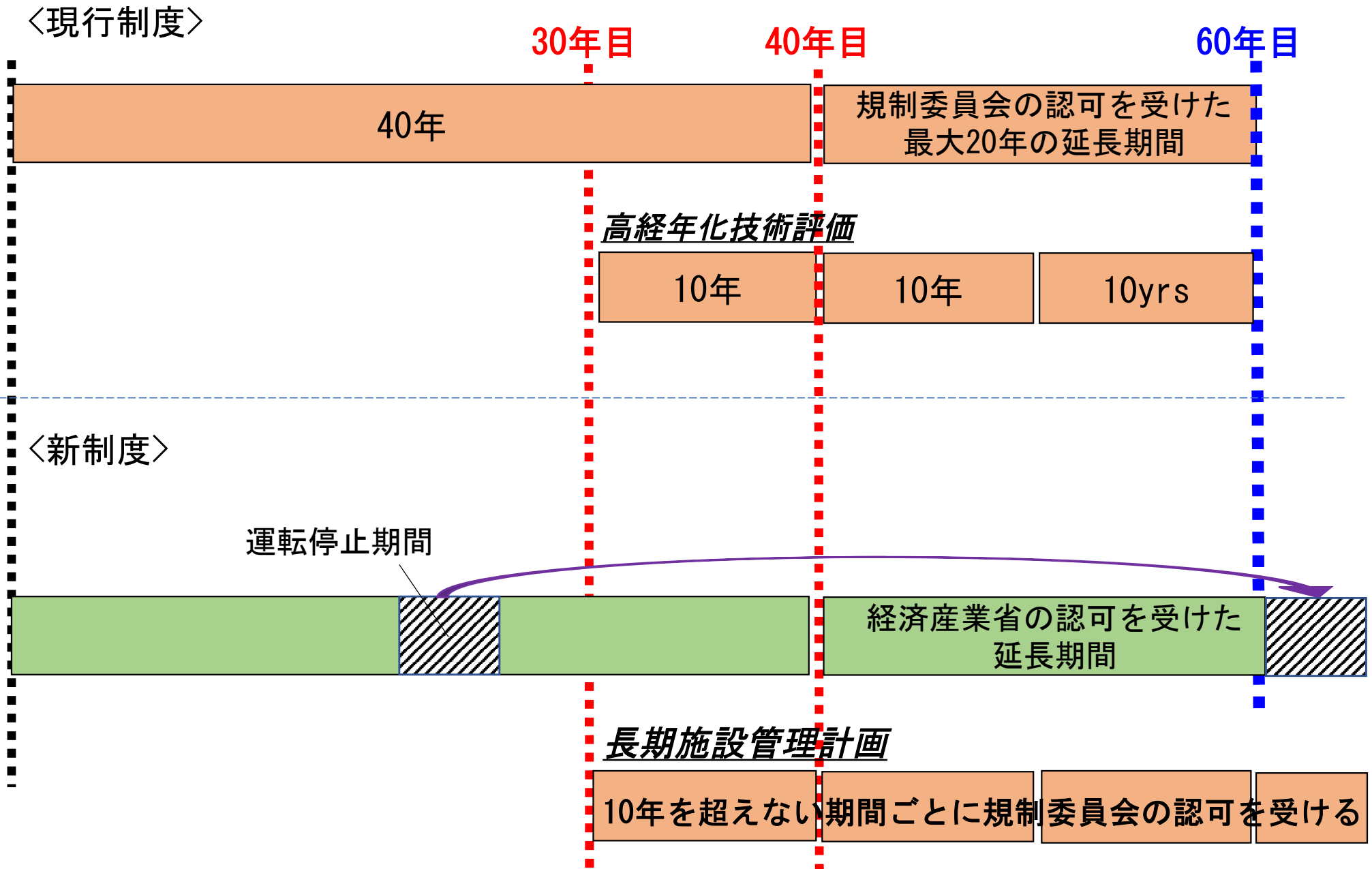
新たな原子炉等規制法の枠組み





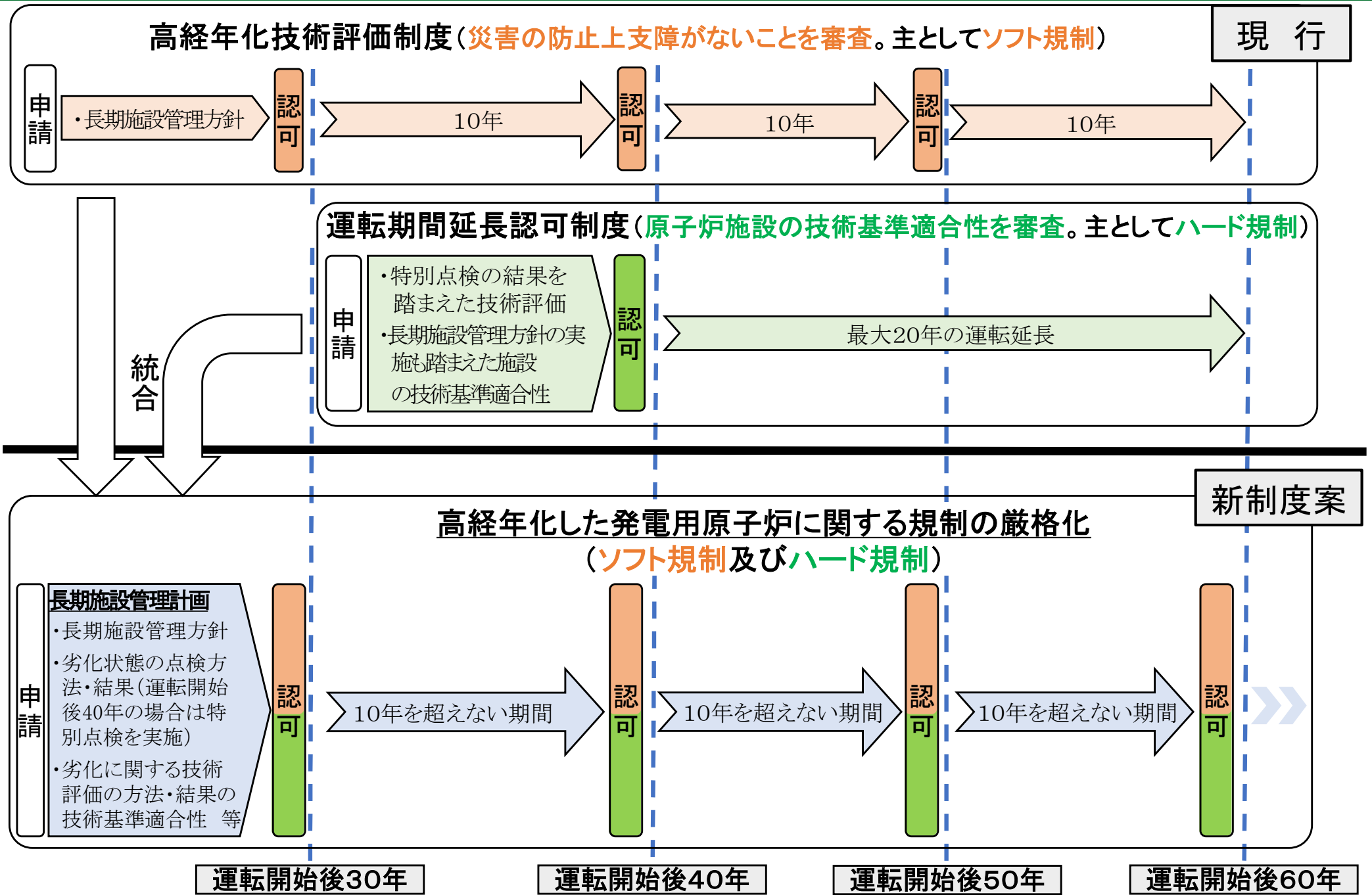
1 原子炉等規制法改正（高経年化した原子炉の規制改正）（2）

現行制度と新制度





1 原子炉等規制法改正（高経年化した原子炉の規制改正）（3） 高経年化した原子炉に係る安全規制制度（現行と新制度案）





1 原子炉等規制法改正(高経年化した原子炉の規制改正)(4)

長期施設管理計画(記載要領)

原子炉等規制法において規定される事項

現行制度の高経年化技術評価書等において記載されている内容を基に整理・検討

長期施設管理計画(本文)

- 長期施設管理計画の期間*
 - ・計画の始期、計画期間
- 劣化管理に関する方針及び目標*
- 劣化評価の方法及びその結果
 - ・劣化状況把握のための点検(通常保全+特別点検(40年目))
 - ・劣化評価の方法
 - ・劣化評価の結果
- 劣化を管理するために必要な措置
 - ・長期保守管理方針(追加保全)
 - ・劣化管理プログラム(サプライチェーン等の管理を含む)
- 劣化管理に係る品質マネジメントシステム*
 - ・劣化管理に係る品質マネジメントシステム

添付書類

- ・劣化状況の把握のための点検に関する説明書
- ・劣化評価に関する説明書(サプライチェーン等の評価を含む)
- ・劣化管理に係る品質マネジメントシステムに関する説明書
- ・その他必要と認めるもの

* 高経年化技術評価評価書等との比較における新規の記載事項

2 「設計古さ」について(規制委員会での議論)(1)

法改正の過程での「設計の古さ」に関する議論の経緯



2022年 8月24日	第2回GX実行会議 ➤ 総理から運転期間の延長等を含め年末までに具体論を検討するよう指示
10月5日	資源エネルギー庁から「原子力政策に関する今後の検討事項」について説明を受け、委員間で討議を実施。討議の中で、 設計の古さ について委員から問題提起があった。
11月2日	原子力規制委員会において、高経年化した発電用原子炉に関する安全規制の検討を開始 ➤ 11月2、16、30日の原子力規制委員会において 設計の古さ についても議論
2023年 2月22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(検討チーム)において、新制度の詳細について検討を開始 ➤ 3月9、23日、4月13、26日と 設計の古さへの対応の考え方 についても議論
2月28日	高経年化した発電用原子炉に関する安全規制に係る改正原子炉等規制法を含むGX脱炭素電源法案を閣議決定
5月10日	原子力規制委員会において、検討チームでの議論を踏まえ、 『「設計の古さ」への対応の考え方について』 を了承
5月31日	GX脱炭素電源法が国会において成立(6月7日公布)
7月19日	原子力規制委員会において、 『「設計の古さ」への対応に関する安全性向上評価の活用についての議論の進め方』 を了承

2 「設計古さ」について(規制委員会での議論)(2)

技術の旧式化(Technological Obsolescence)

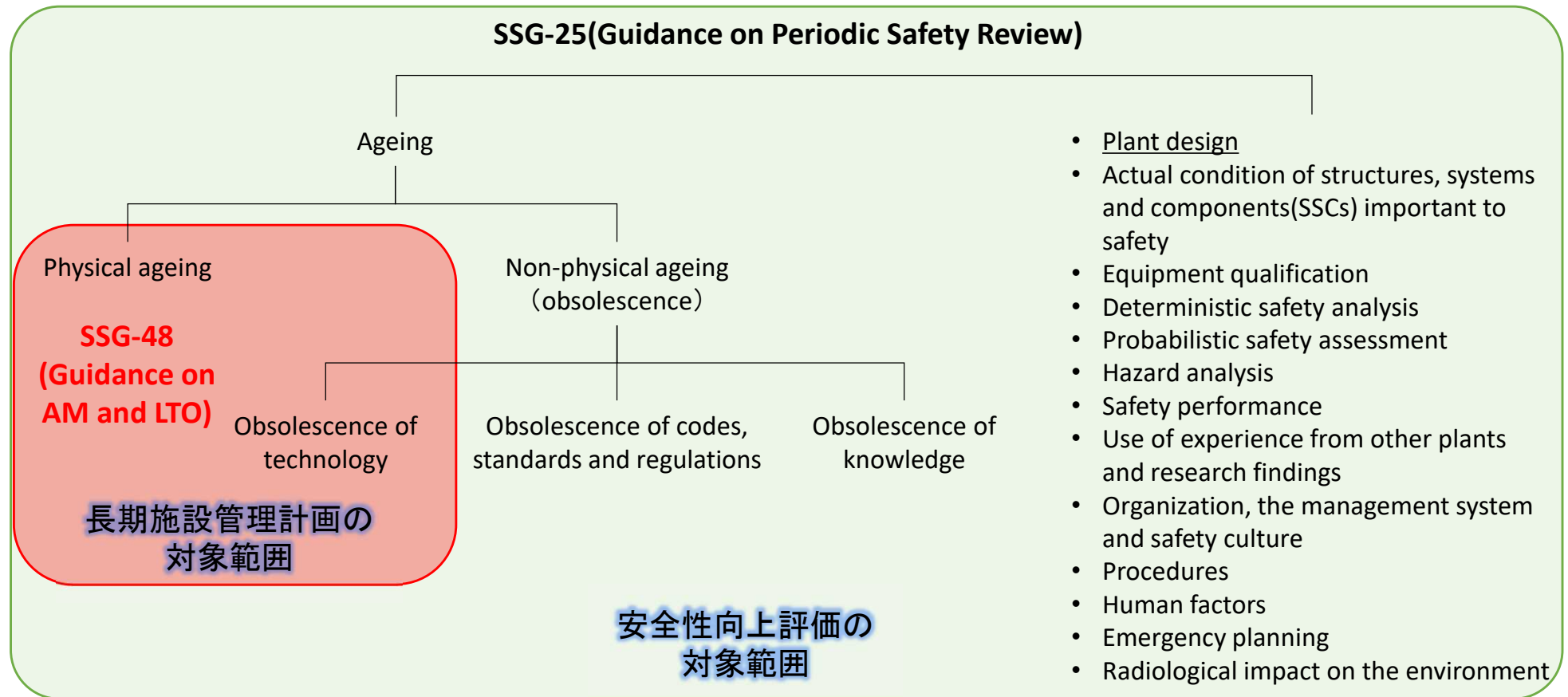


TABLE 1. TYPES OF OBSOLESCENCE

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

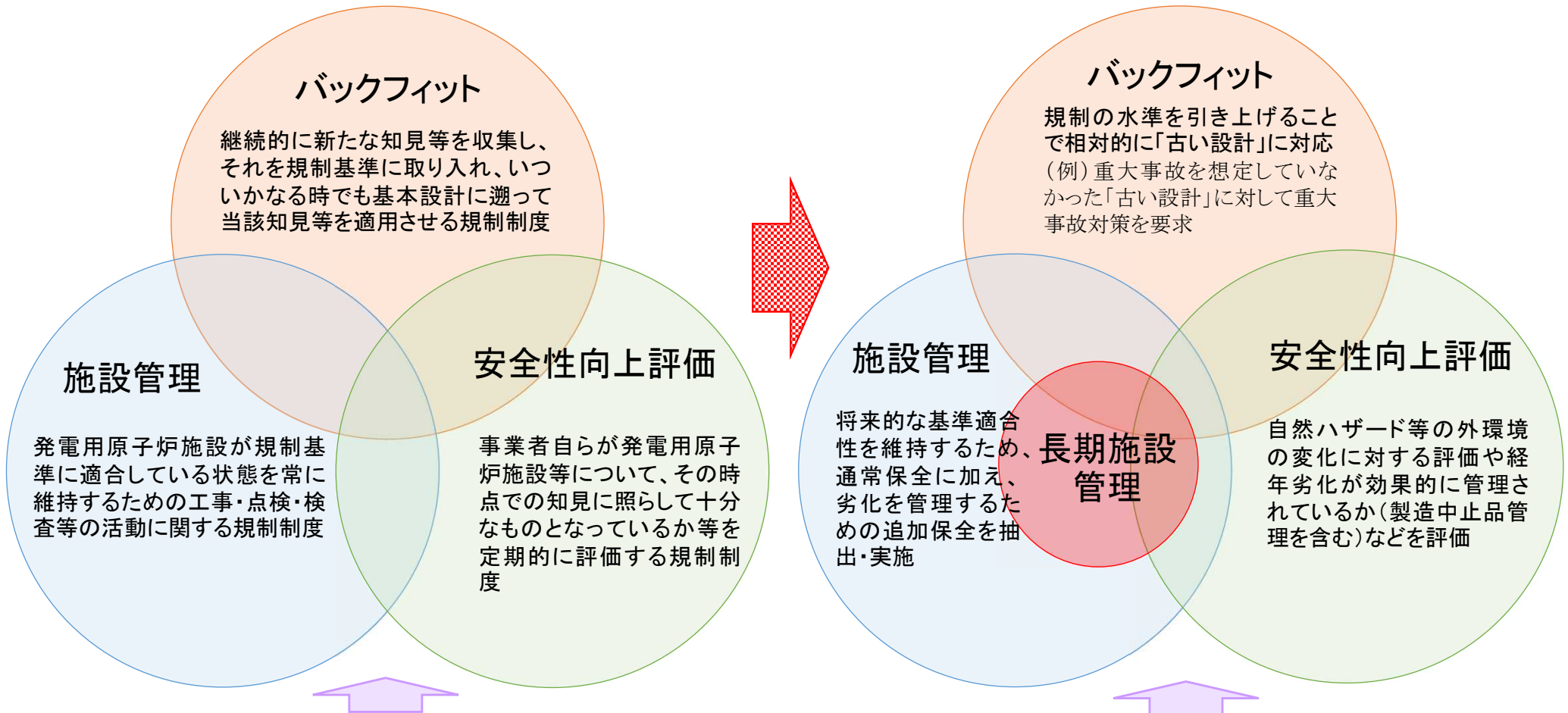
2 「設計古さ」について(規制委員会での議論)(3)

いわゆる「設計の古さ」に関する規制体系イメージ



運転開始後

高経年化した発電用原子炉
(運転開始後30年目以降)



国内外の事故・トラブル情報、規制動向、安全研究等から得られた知見を技術情報検討会等で議論

※安全性向上評価届出の導入趣旨

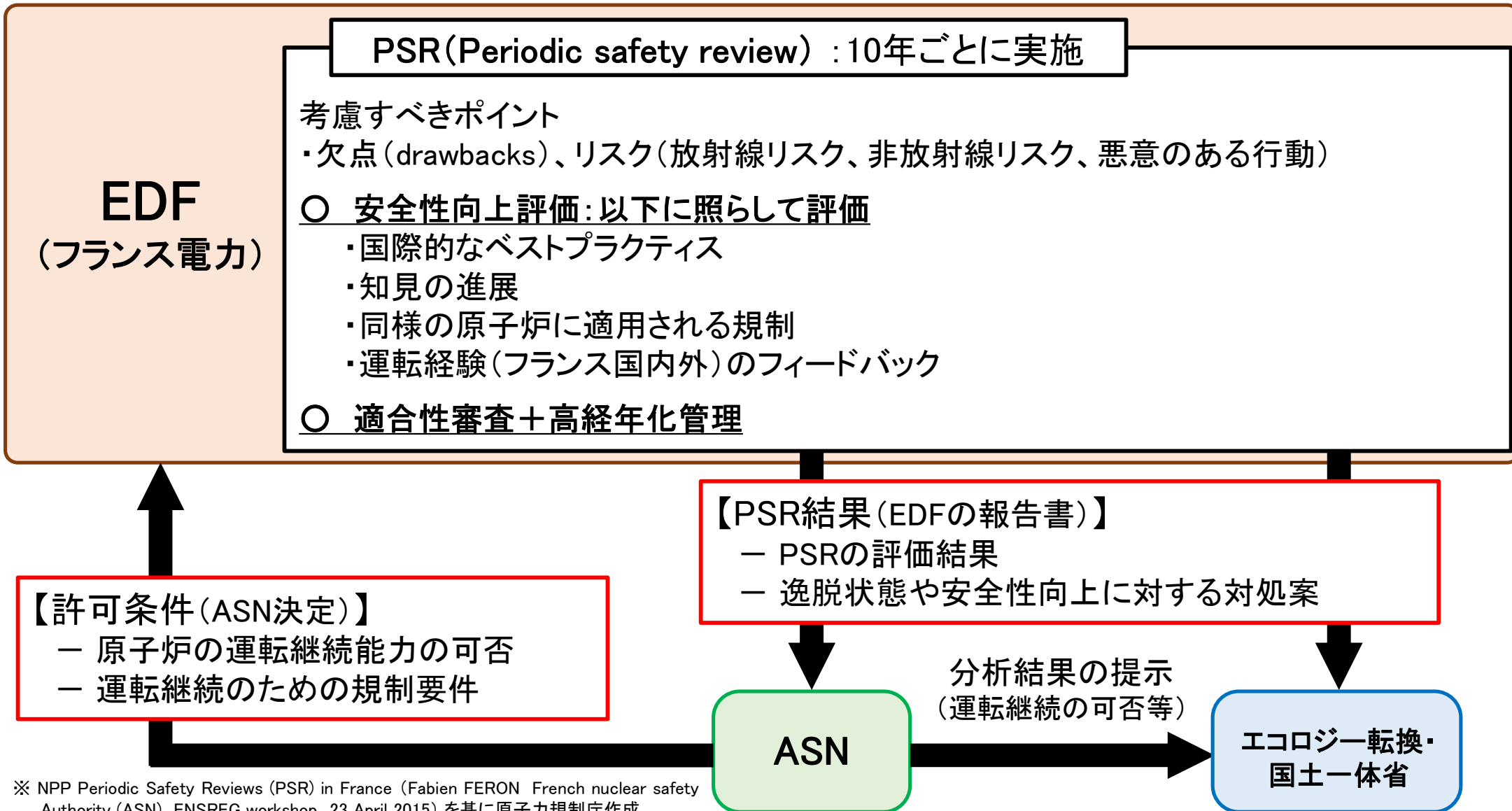
事業者がより高度な安全性を追求するために自主的に当該要求内容を上回る措置を講ずることは否定されるものではなく、むしろ発電用原子炉施設の安全性向上の観点から望ましいことであることから、このような事業者の自主的な取組を推奨するため、事業者自らが規制によるもの以外に事故の発生及び拡大の防止対策を講じた際の発電用原子炉施設の安全性の評価を義務付け(第43条の3の29第1項)、それを届出・公表させる制度。評価結果について公表させることで安全性を向上させるインセンティブが生じ、更なる安全性向上に資する措置を講じること(ソーシャルプレッシャー)が期待できる。なお、原子力規制委員会は、評価に係る調査等の方法の変更を命じる(第43条の3の29第4項)ことができ、虚偽届出・命令違反等に過料(第82条第4号の2から第4号の4まで)が課される。



2 「設計古さ」について(規制委員会での議論)(4)

ヨーロッパにおけるPSR (例:フランス)

- ASNが原子力安全に関する規制(EDFに対する施設の運転認可等)の役割を担っている。
- PSRが規制の中に位置付けられており、10年ごとに実施することとされている。



2 「設計古さ」について(規制委員会での議論)(5)

「設計の古さ」に関する原子力規制委員会における議論①



○令和5年5月10日の原子力規制委員会において、それまでの「設計の古さ」に関する議論を整理し、それを踏まえた「設計の古さ」への対応の考え方が以下のとおり了承された。

- ✓ 「設計の古さ(非物理的なもの)」への対応については、バックフィット制度のようなトップダウン的なアプローチだけではなく、個々のプラントごとに確認するボトムアップ的なアプローチも必要
- ✓ ボトムアップ的なアプローチの手法として、対象となる最新の炉型を指定し、それに対するベンチマークを既設の発電用原子炉ごとに行い、“差分”の抽出を事業者に求め、規制当局が確認・議論する必要がある
- ✓ “差分”を抽出する方法として、安全性向上評価の中長期的な評価※を活用する方針とする

※「安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価」を指し、その評価項目には、IAEA SSG-25で記載されているPSRの一部の安全因子が含まれている。

→ 上記の議論を踏まえ、「設計の古さ」への対応の考え方を以下のとおりとした。

- “差分”の対応として、事業者ごとに、安全性向上評価(中長期的な評価)の中で、他プラントや新技術との比較・ベンチマークを実施させ、その結果を基に公開の場で、原子力規制委員会と評価を行った事業者との二者間で議論を行う
- 一方で、原子力安全に絶対安全はなく、常に完全とはならず欠けているところがあるとの認識の下、こうした“欠け(unknown-unknowns)”が無いかを事業者と規制当局の双方で意識し、得られた情報を相互に議論し確認していく

2 「設計古さ」について(規制委員会での議論)(6)



「設計の古さ」に関する原子力規制委員会における議論②

○令和5年7月19日の原子力規制委員会において、『「設計の古さ」への対応に関する安全性向上評価の活用についての議論の進め方』が以下のとおり了承された。

- 炉安審・燃安審において、令和5年度第9回原子力規制委員会では了承された「設計の古さ」への対応の考え方を説明した上で、そのうち“差分”への対応について、既に炉安審・燃安審の調査審議事項となっている安全性向上評価の制度のあり方や運用の見直しの中で検討する。
- 炉安審・燃安審の助言を踏まえ(概ね1年程度で議論をとりまとめ)、原子力規制委員会において、安全性向上評価制度に係る規則及びガイドの改正案を定めることとする。
- なお、その過程において必要に応じ、炉安審・燃安審の会長と原子力規制委員会との意見交換の場を設けることとする。



原子炉安全専門審査会及び核燃料安全専門審査会の調査審議事項

(令和4年度第53回原子力規制委員会(令和4年11月22日))

4. 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29の規定に基づき発電用原子炉設置者が行う発電用原子炉施設の安全性の向上のための評価について、制度のあり方や運用の見直しについて助言を行うこと。まず、現行制度の枠組みを前提とした運用の改善について報告すること。

議論の進め方

- 現行制度の枠組みを前提とした運用の改善 (→各種規則やガイドの改正)
 - 比較的短期(1年程度)で結論を導く
- 制度のあり方やその他中長期的な検討が必要なもの
 - 中長期的な課題として議論



(追加の検討事項：「設計の古さ」への対応)

高経年化した原子炉の安全規制の強化を行った法改正(本年6月に成立)の検討過程において、非物理的な劣化(仮に「設計の古さ」と呼称)への対応の必要性についての議論がなされた。

その結果、令和5年度第9回原子力規制委員会(令和5年5月10日)において、以下のとおり「設計の古さ」への対応の考え方が了承された。

- 他プラントや新技術との設計比較により得られる“差分”については、原子炉安全専門審査会及び核燃料安全専門審査会における安全性向上評価の見直しの議論と整合的に進めていくこと
- 原子力安全に絶対安全はなく、常に完全とはならず欠けているところがあるとの認識の下、こうした“欠け(unknown-unknowns)”が無いかを事業者と規制当局の双方で意識し、得られた情報を相互に議論し確認していくこと

その後、令和5年度第22回原子力規制委員会(同年7月19日)において、「設計の古さ」のうち“差分”への対応について、既に原子炉安全専門審査会及び核燃料安全専門審査会の調査審議事項になっている安全性向上評価の制度のあり方や運用の見直しの中で検討する旨の方針※が了承された。

※「設計の古さ」への対応に関する安全性向上評価の活用についての議論の進め方



【論点1 安全性向上評価の担うべき役割】

- ①規制制度の変遷に伴う機能の重複
- ②規制制度の全体像の中での安全性向上評価の位置づけ

【論点2 個別の見直し事項】

- ①規制基準適合状況の説明資料の見直し
- ②届出単位、届出時期の見直し
- ③PSR(定期安全レビュー)のあり方

③PSRのあり方については、
論点3で合わせて議論

【論点3 「設計の古さ」への対応】
(略)



3 「設計古さ」への対応(炉安審・燃安審での検討)(4) 安全性向上評価の個別の見直し事項(一覧)

【現行の安全性向上評価運用ガイドの構成】

安全性向上評価

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
- 1-4 保安のための管理体制及び管理事項
- 1-5 法令への適合性の確認のための安全性評価結果

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
- 2-3 安全性向上計画
- 2-4 追加措置の内容
- 2-5 外部評価(外部の評価を受けた場合)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 (PSR)

- 3-1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価
 - (1) 内部事象及び外部事象に係る評価
 - (2) 決定論的安全評価
 - (3) 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA)
 - (4) 安全裕度評価(ストレステスト)
- 3-2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価
 - (1) プラント設計
 - (2) 構築物、系統及び機器の状態
 - (3) 機器の性能認定
 - (4) 経年劣化
 - (5) 安全実績
 - (6) 他プラント及び研究成果から得られた知見の活用
 - (7) 組織、マネジメントシステム及び安全文化
 - (8) 手順
 - (9) 人的要因
 - (10) 緊急時計画
 - (11) 環境への放射線影響

4. 総合的な評価

- 4-1 評価結果
- 4-2 安全性向上計画

今後、見直しの検討を行いたい項目

規制基準適合状況の説明資料の見直し

安全規制によって法令への適合性が確認された範囲を記載しているところ、**炉安審・燃安審基本部会の各委員や事業者から意見を踏まえ、見直しを検討**

届出単位、届出時期の見直し

安全性向上評価の届出単位及び届出時期について、**炉安審・燃安審基本部会の各委員や事業者から意見を踏まえ、見直しを検討**

PSRのあり方

IAEAのSSG-25に記載されているPSRの14の安全因子に準拠した形で整理した上で、その**内容や総合的な評価について見直しを検討**

- (1) プラント設計
- (2) 構築物、系統及び機器の状態
- (3) 機器の性能認定
- (4) 経年劣化
- (5) 決定論的安全評価(安全裕度評価を含む)
- (6) 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA)
- (7) 内部事象及び外部事象に係る評価
- (8) 安全実績
- (9) 他プラント及び研究成果から得られた知見の活用
- (10) 組織、マネジメントシステム及び安全文化
- (11) 手順
- (12) 人的要因
- (13) 緊急時計画
- (14) 環境への放射線影響

「設計の古さ」への対応

自主的に講じた措置(左記の2)についても、**見直しを検討**



3 「設計古さ」への対応(炉安審・燃安審での検討)(5)

安全性向上評価におけるPSR(定期安全レビュー)のあり方 (個別の見直し事項)

<論点>

- 現行ガイドの「安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価」について、SSG-25に記載されているPSRの14の安全因子を踏まえ、その内容を見直してはどうか。
 - 現行ガイドでは、評価項目(14の安全因子)が複数のセクションに分かれて記載されている。
 - SSG-25の14の安全因子に含まれない「安全裕度評価(ストレステスト)」についても位置づけを検討。
- その他、継続的な安全性向上に資するためにはどうあるべきか。
(その内容、総合的な評価、自主的に講じる措置への反映のあり方等)

PSRのあり方

IAEAのSSG-25に記載されているPSRの14の安全因子に準拠した形で整理した上で、その内容や総合的な評価について見直しを検討

- | | | |
|---------------------------------|-------------|----------------------------|
| (1) プラント設計 | 「設計の古さ」への対応 | (8) 安全実績 |
| (2) 構築物、系統及び機器の状態 | | (9) 他プラント及び研究成果から得られた知見の活用 |
| (3) 機器の性能認定 | | (10) 組織、マネジメントシステム及び安全文化 |
| (4) 経年劣化 | | (11) 手順 |
| (5) 決定論的安全評価(安全裕度評価を含む) | | (12) 人的要因 |
| (6) 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA) | | (13) 緊急時計画 |
| (7) 内部事象及び外部事象に係る評価 | | (14) 環境への放射線影響 |



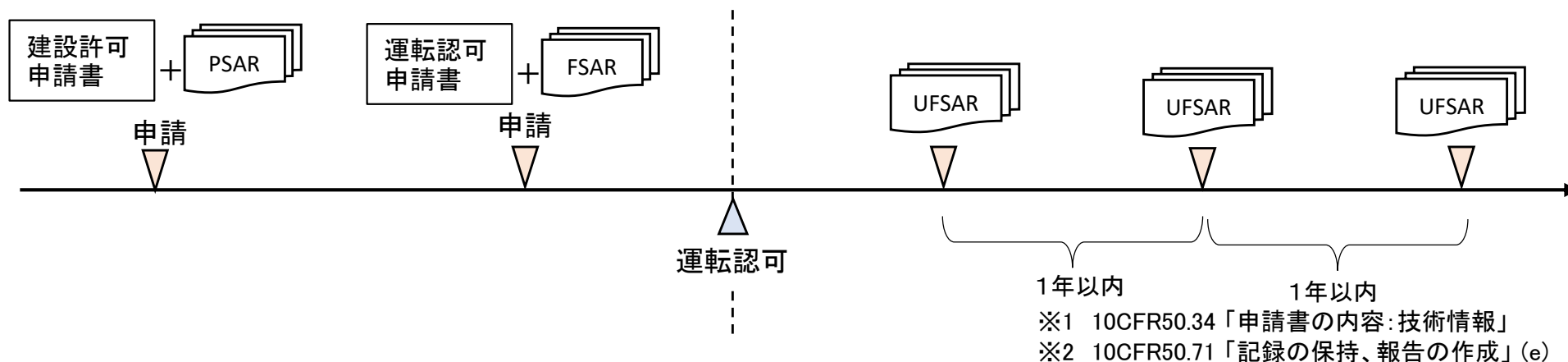
- 米国では、事業者が原子炉ごとNRCから運転ライセンスの発行を受け、原子炉の運転を行っている。この運転ライセンスの発行に当たっては、安全解析書(SAR)を含む建設認可申請、運転認可申請をNRCに提出し審査を受ける必要があるが、認可に当たっては、プラント固有の要件も含まれるため、各原子炉が同じ規制を求められているわけではない。

米国の安全解析書(SAR)制度の概要

米国の連邦規則※1は、建設許可申請書に予備安全解析書(PSAR)を、運転認可申請書には最終安全解析書(FSAR)を添付するよう規定している。PSARとFSARを総称してSARと呼ばれる。

最終安全解析書(FSAR)は、運転ライセンス発行後も定期的に更新するよう要求されており※2、事業者は最終安全解析書の更新版(UFSAR)として提出する。

- 更新頻度は、毎年1回又は燃料交換停止後半年以内の短い方
- 更新提出時には少なくとも6か月前までの変更点を反映





原子炉安全基本部会・核燃料安全基本部会において、ご議論いただきたい事項は以下のとおり。

- ① 対応を要する「設計の古さ」とは、どのようなものか(何と呼称すべきかも含む)
- ② 「設計の古さ」のうち、安全性向上評価の枠組みで対応すべきものは何か
- ③ 「設計の古さ」を安全性向上評価の中で対応する場合、どのように行うべきか

3 「設計古さ」への対応(炉安審・燃安審での検討)(8) 検討スケジュール(案)



第1回(令和5年4月26日)

- ・想定される論点や今後の議論の方向性

第2回(令和5年8月25日)

- ・第1回の議論の整理、深掘り
- ・「設計の古さ」への対応

※第2回又は第3回の実施後に両部会長と原子力規制委員会との意見交換を実施

第3回(11～12月上旬?)

- ・ここまでの議論を踏まえた事務局案の提示

第4回(令和6年2～3月?)

- ・第3回目までの意見を踏まえた議論を継続
- ※第3回又は第4回で事業者から意見を聴取

第5回(令和6年6～7月?)

- ・運用改善に関する助言案の議論

4 「設計」に着目して(私見)(1)

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:2015(日本原子力学会標準) いわゆるPSR+



付属書E (参考)

安全因子レビューにおける好ましくない所見の例

E.1 プラント設計に関する例

- a) PSR+における最新の技術的知見の反映プロセスの確認において、設計へ新技術知見を反映することがなされていなかった。また、その仕組みも構築されていなかった。(略)

解説2 新規制定に当たって

- b) 今までのPSRの実効性に係る分析と反省

(略)実効性の観点から、分析すると、

- ・(略)最新プラント・最新の技術的知見との比較においては、相対的に劣化している可能性があるが、比較の基準があいまいなため、事業者は適切に対応出来ていると判断する可能性がある。最新知見の反映検討は常に行うべき日常管理にかかる仕組みの抜け、不作為をPSRで指摘は出来ていなかった。



○「設計」とは？

「(定義)設計(デザイン)は機能空間(抽象)の点を属性(実体をもつ性質)空間の点へ移す写像である。注)」を用いてみます。

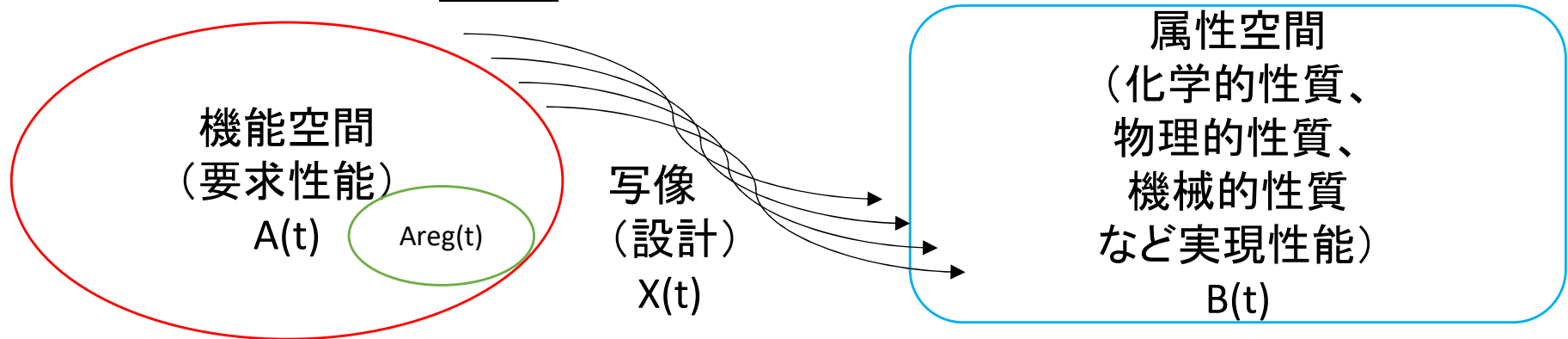
○「設計の古さ」とは？ 定義は？ 「古い設計」の集合体？ 「古い設計」なら定義可能？

- ・機能空間(要求性能: $A(t)$)を特定した上で、写像(設計: $X(t)$)や属性空間(実現性能: $B(t)$)の比較？
- ・要求性能 $A(t)$ が一定でも設計 $X(t)$ の集合は拡大する(例:イノベーション)。
- ・要求性能 $A(t)$ は時が進む(経年化する)につれ拡大する。
- ・ $A(t)$ が拡大し、 $X(t)$ が拡大するのだから実現性能 $B(t)$ も時が進むほど拡大する。
- ・設計 $X(2023)$ の集合と比較して、設計 $X(2011)$ の集合が古い設計？足りなかっただけ？
- ・選択する要求性能が変わるから、設計の選択も変わるのでは？



4 「設計」に着目して(私見)(3)

◎例えば、概念を整理した上で、特定の要求性能(機能空間)と設計(写像)と実現性能をタイムスタンプ入りで並べて比較して、議論を重ねることから始めることが必要ではないか？



○規制要求Aregは要求性能Aの部分集合。そのアップデートはバックフィットによって、継続的に行われるようになってきた。
 $A_{reg}(2023) - A_{reg}(2011) = [Back Fit]$

◎Aregを除く要求性能Aのアップデートは？

◎存在しているが、未知の要求性能Aはないか？

◎設計Xのアップデートは？

◎存在しているが、未知の設計Xはないか？

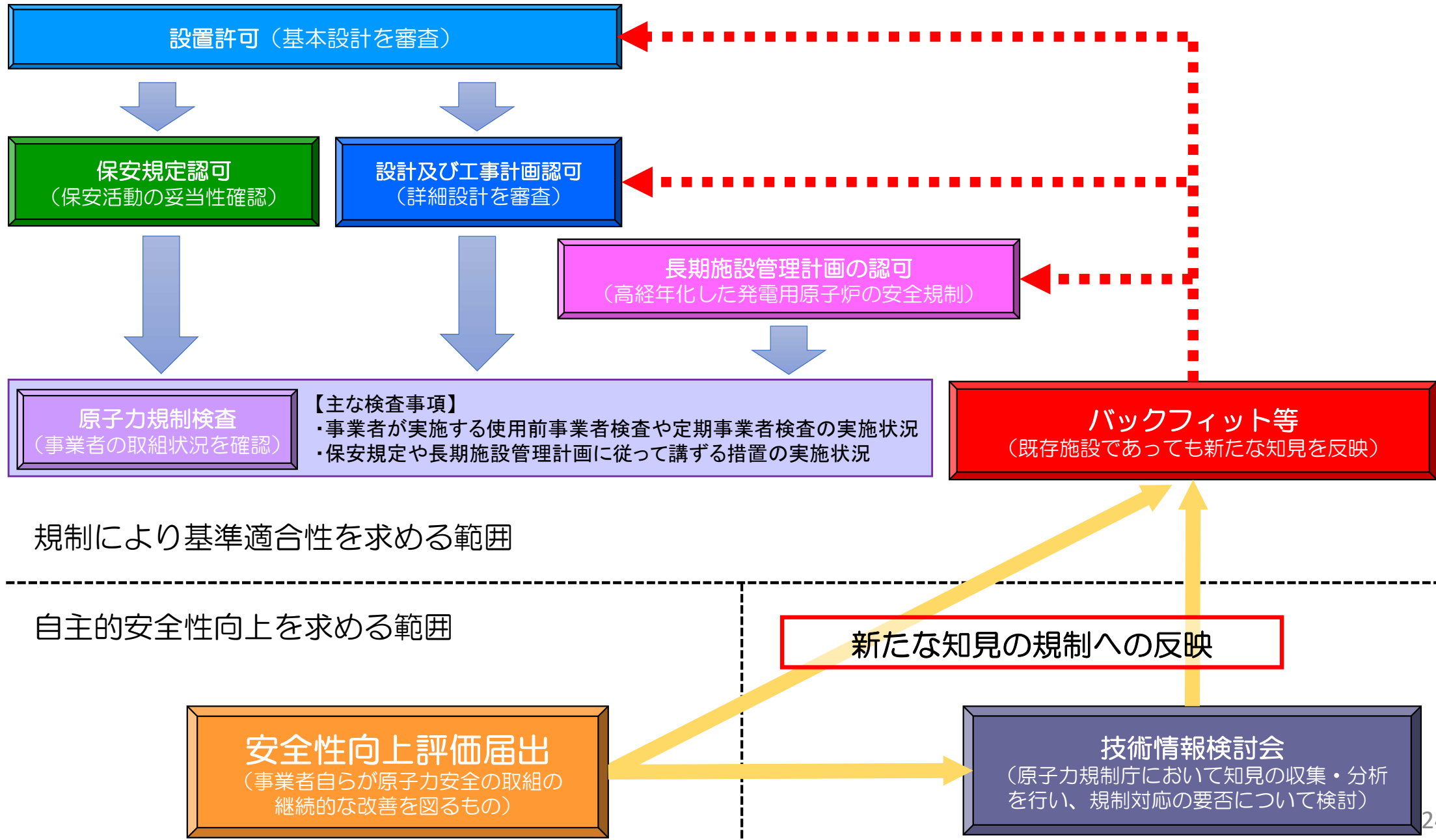
このような比較が可能なのではないか (just idea)。

要求性能	設計	実現性能
高圧に耐える容器	格納容器A (製造：〇〇年) ・材料設計 (シール材等) ・溶接方法	限界使用圧力 (Pd) : 〇〇 k Pa <アウトプット>
	格納容器B (製造：△△年) ・材料設計 (シール材等) ・溶接方法	限界使用圧力 (Pd) : △△ k Pa
重大事故等対策	原子炉A (運転開始：〇〇年) における 有効性評価<設計の統合>	環境に放出されるCs137 : 〇〇TB q <アウトカム>
	原子炉B (運転開始：△△年) における 有効性評価	環境に放出されるCs137 : △△TB q

参考資料



規制制度の全体像の中での安全性向上評価の位置づけ





平成25年7月

・安全性向上評価制度の運用開始(新規制基準と同時)

(目的)

- 発電用原子炉設置者は、原子炉等規制法の規定※により、最新の知見を踏まえつつ、施設の安全性向上に資する設備の設置等の必要な措置を講ずる責務がある。それらの責務を果たすための取組の実施状況及び有効性について、発電用原子炉設置者が調査・評価したものが安全性向上評価。
- 本評価の実施及び評価結果を踏まえ、原子力安全の取組の継続的な改善を図ることを目的とする。

※:原子炉等規制法第57条の8

令和2年2月

・新検査制度の運用開始(原子力規制検査)

- ・事業者の全ての安全活動が検査対象
- ・検査官は、検査したい施設や情報に自由にアクセスが可能

令和5年6月から
2年を超えない日

・長期施設管理計画の認可制度の運用開始

- ・事業者は施設の経年変化を管理するための計画を策定。計画は規制委員会の認可が必要

規制制度の見直しに伴い、安全性向上評価が担う機能との重複が生じてきていると認識



- 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓と反省を踏まえ、原子炉等規制法を改正（H25.7）。
- 重大事故等を防止するための基準を強化するとともに、万一重大事故等やテロが発生した場合に対処するための基準を新設。

<新規制基準>

重大事故等・テロの対策

意図的な航空機衝突への対応
放射性物質の拡散抑制対策
格納容器破損防止対策
炉心損傷防止対策

内部溢水に対する考慮
自然現象に対する考慮
(火山・竜巻・森林火災を追加)

火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能

耐震・耐津波性能

<従来の規制基準> 重大事故等を防止するための基準

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

(火災対策耐震等の強化)

新規制基準は、
従来の設計基準
を強化すること
に加え、
重大事故・テロ
等に対処するた
めの基準を追加

設計基準



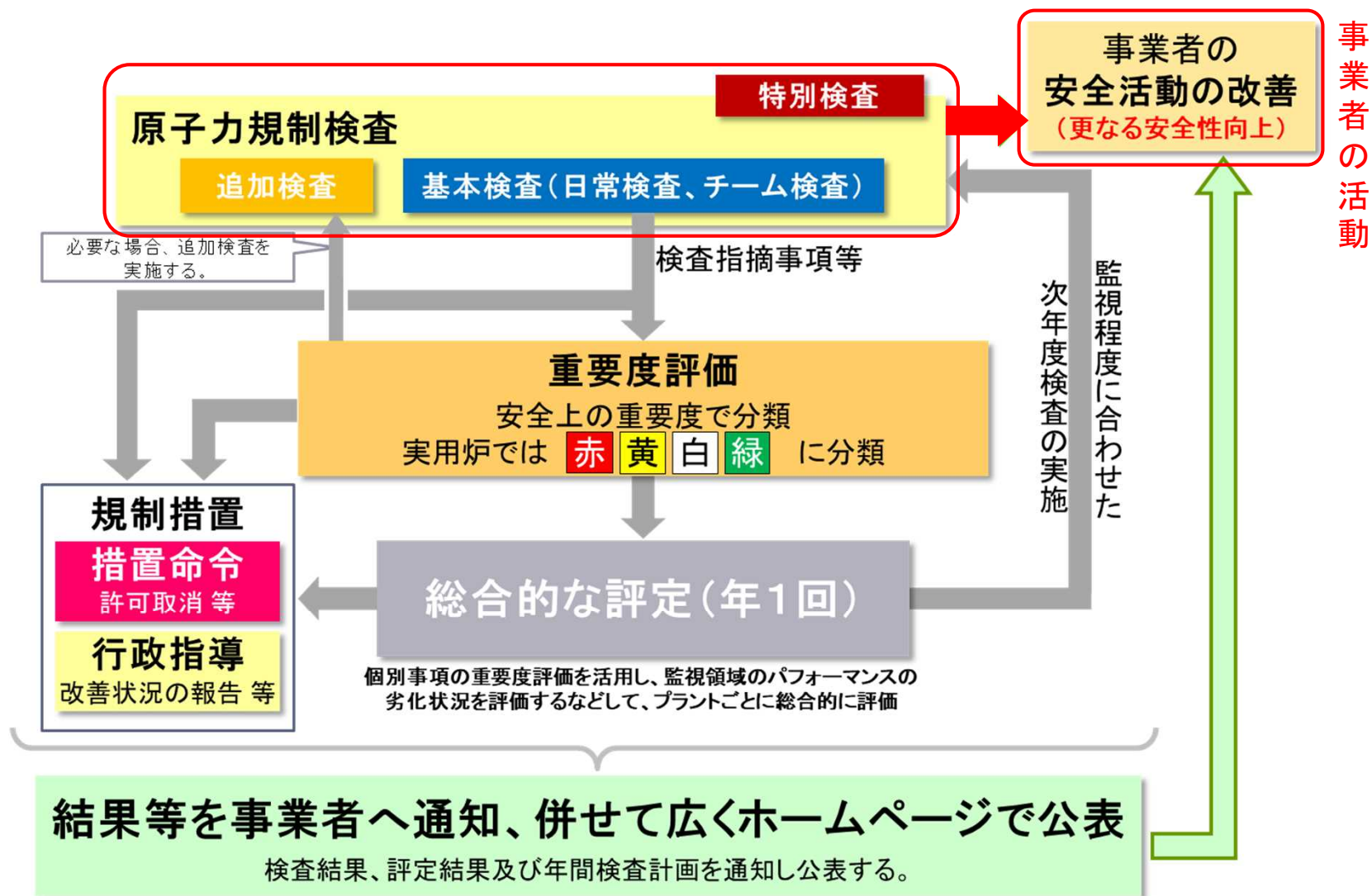
バックフィット制度の目的と適用事例

- バックフィットは、新たな知見に対応する手段の一つであり、法令及び規制基準の改正等により新たな知見を規制に反映し、その新たな規制を既存の施設にも適用するもの。
- その目的は、新たな知見を迅速かつ柔軟に規制に反映し、災害の防止のために施設が最低限達成すべき安全上の水準を向上することで、規制の継続的な改善を行い、もって継続的な安全性向上を実現することにある。
- 原子力規制委員会は、常に新たな知見を収集してその規制への反映の必要性を検討し、必要と判断した場合には躊躇なく規制に反映することで、規制の継続的な改善に取り組む。

番号	案件名	施行日等
1	電源系統の一相開放対策	2014.7.9 (実用炉等) 2014.10.29 (再処理)
2	有毒ガス防護対策	2017.5.1
3	高エネルギーアーク損傷(HEAF)対策	2017.8.8
4	地震時の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込め機能に係る措置	2017.9.11
5	地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器の明確化	2017.11.15
6	降下火砕物(火山灰)対策	2017.12.14
7	柏崎刈羽原子力発電所6/7号炉の新規制基準適合性審査を通じて得られた技術的知見の反映	2017.12.14
8	溢水による放射性物質を含んだ液体の管理区域外漏えい防止対策	2018.2.20
9	火災感知器の設置要件の明確化に係る対応	2019.2.13
10	大山生竹テフラの噴出規模の見直し	2019.6.19
11	警報が発表されない可能性のある津波への対策	2019.7.31
12	震源を特定せず策定する地震動に係る標準応答スペクトルの取入れ	2021.4.21



- 原子力規制庁は、事業者が自ら改善活動を積極的かつ的確に運用することを求めた上で、「原子力規制検査」を行い、事業者の弱点や懸念点などに注視して監督を行う。
- 事業者自らの気付きと原子力規制検査による気付きの双方が、改善活動の契機となり、原子力施設が「安全上の影響が大きい事象」に至る前に、改善に結びつくことを目的としている。





～どのように見るのか～

1. フリーアクセス

事業者の全ての安全活動に対して、いつでも・どこでも・何にでも自由にアクセスできる。

2. パフォーマンスベース

形式的にルール、手順に従っているかを重視するのではなく、実際の事業者の活動や施設、設備の状況が本来意図した目的に適っているか、に着眼する。

3. リスクインフォームド

安全上のリスク※の大小から、安全上重要なもの・事柄に、より重きを置いて(対象の選定、頻度、着眼点など)検査を行う。

※リスク:ある事柄の重大さと起こりやすさから考えた影響の度合い