

資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課 原子力基盤室 殿

**令和２年度 原子力の利用状況等に関する調査
(諸外国における原子力発電所の利用に関する事項の調査)**

調査報告書

2021年2月26日

エム・アール・アイリサーチアソシエイツ株式会社

目次

略語一覧	7
【参考情報】我が国における長期運転に係る規制制度概要	11
調査対象国における長期運転制度概要（比較表）	17
各国における長期運転承認のフロー・確認点概要	19
各国調査	
1. 米国	
1.1 基本情報	
①原子力基本情報	35
②長期運転概要	36
（コラム）米国の規制アプローチの特徴	37
1.2 長期運転に関する調査	
①長期運転の位置づけ	39
②長期運転に関する政府方針	40
③規制法令の体系	42
④長期運転に係る審査対象	47
⑤審査事項及び審査基準	53
⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果	61
⑦事業者及び事業者大組織自らの取組	62
⑧保全に関する規制当局への報告事項	68

目次

1.3 長期停止に関する調査	
①長期停止の位置づけ	73
②長期停止中に特別な保全を必要とする機器・構造物・システムのスクリーニング方法	74
③規制法上の要求事項	75
④事業者及び事業者大組織自らの取組	76
⑤規制当局の評価体系及び審査事項	77
1.4 80年運転延長認可事例に関する調査	
①米国における建設許可から運転認可までの流れ	80
②80年運転延長認可事例	83
2. スイス	
2.1 基本情報	
①原子力基本情報	92
②長期運転概要	93
(コラム)スイスの規制アプローチの特徴	95
2.2 長期運転に関する調査	
①長期運転の位置づけ	97
②長期運転に関する政府方針	98
③規制法令の体系	99

目次

④長期運転に係る審査対象	103
⑤審査事項及び審査基準	108
⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果	112
⑦事業者及び事業者大組織自らの取組	115
⑧保全に関する規制当局への報告事項	118
2.3 長期停止に関する調査	
①長期停止の位置づけ	125
②長期停止中に特別な保全を必要とする機器・構造物・システムのスクリーニング方法	126
③規制法上の要求事項	127
④事業者及び事業者大組織自らの取組	128
⑤規制当局の審査体系及び審査事項	130
3. フランス	
3.1 基本情報	
①原子力基本情報	133
②長期運転概要	134
(コラム)フランスの規制アプローチの特徴	136
3.2 長期運転に関する調査	
①長期運転の位置づけ	138
②長期運転に関する政府方針	139

目次

③規制法令の体系	140
④長期運転に係る審査対象	144
⑤審査事項及び審査基準	149
⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果	152
⑦事業者及び事業者大組織自らの取組	159
⑧保全に関する規制当局への報告事項	162
4. カナダ	
4.1 基本情報	
①原子力基本情報	166
②長期運転概要	167
(コラム)カナダの規制アプローチの特徴	169
4.2 長期運転に関する調査	
①長期運転の位置づけ	171
②長期運転に関する政府方針	172
③規制法令の体系	173
④長期運転に係る審査対象	178
⑤審査事項及び審査基準	181
⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果	184
⑦事業者及び事業者大組織自らの取組	187

目次

⑧保全に関する規制当局への報告事項	189
4.3 長期停止に関する調査	
①長期停止の位置づけ	192
②長期停止中に特別な保全を必要とする機器・構造物・システムのスクリーニング方法	193
③規制法上の要求事項	194
④事業者及び事業者大組織自らの取組	196
⑤規制当局の審査体系及び審査事項	198
5. 注目テーマに関する各国比較	
5.1 技術的旧式化への規制対応状況	200

【別添資料】米国2度目の認可更新に関する主要文書の翻訳・抄訳

- 原子炉安全諮問委員会（ACRS）書簡レポート「ターキーポイント原子力発電プラント3・4号機の2度目の認可更新申請書の安全面に係るレポート」
- 原子炉安全諮問委員会（ACRS）書簡レポート「ピーチボトム原子力発電プラント2・3号機の2度目の認可更新申請書の安全面に係るレポート」
- ターキーポイント2度目の認可更新に係る安全評価報告書（SER）※安全審査部分の翻訳
- NEI17-01 2度目の認可更新に係る10 CFR Part 54要件の履行に関する産業界指針
- NEI2度目の認可更新のロードマップ

略語一覧

本報告書での表記	正式名称・意味など
ACRS	原子炉安全諮問委員会
AERM	管理が必要となる経年化影響
AMP	経年化管理プログラム
AMR	経年化管理レビュー
ASME	米国機械学会
ASN	仏原子力安全機関
BWRVIP	BWR容器・炉内構造物プログラム
CFR	連邦規則
CLB	現行許認可ベース
CNSC	カナダ原子力安全委員会
COL	建設・運転一括許認可
CPG	公益性証明
DAPE	運転継続適合性を証明する文書
DC	ディアブロキャニオン
DC	設計認証
DG	ドラフト版規制指針
DOE	米国エネルギー省
DRR	1次冷却系及び2次冷却系の健全性を証明するレファレンス文書
EDF	フランス電力
EFPH	全負荷相当運転時間

略語一覧

本報告書での表記	正式名称・意味など
ENSREG	欧州原子力安全規制者グループ
EPR	欧州加圧水型原子炉
EPRI	米国電力研究所
ESP	早期サイト許可
FAV	高経年化評価ファイル
FRN	連邦官報告示
FSAR	最終安全解析書
FSER	最終安全評価報告書
GALL	経年変化共通教訓
GAR	総合評価報告書
GSKL	スイス原子力発電所長グループ
IAEA	国際原子力機関
IIP	統合実施計画
IMC	検査マニュアル
INPO	原子力発電運転協会
IP	インディアンポイント
IP	検査手順書
IPA	総合プラント評価
IRSN	放射線防護・原子力安全研究所

略語一覧

本報告書での表記	正式名称・意味など
ISR	統合安全レビュー
ITAAC	検査・試験・解析・合格基準
LCH	認可付帯条件手引書
LCMP	ライフサイクル管理計画
LR	認可更新
LRA	許認可更新申請書
LRDP	認可更新実証プログラム
LTO	長期運転
LWRS	軽水炉維持（プログラム）
MDM	材料劣化マトリクス
MEEI	施設適性状態維持
MRP	材料信頼性プログラム
NEI	原子力エネルギー協会
NPAR	原子力プラント経年化研究（プログラム）
NRC	米国原子力規制委員会
OECD/NEA	経済協力開発機構原子力機関
PBMP	予防的保守基本プログラム
PI	パフォーマンス指標
PIC	補完的調査プログラム
PSA	確率論的安全評価

略語一覧

本報告書での表記	正式名称・意味など
PSAR	予備的安全解析書
PWR	加圧水型炉
REGDOC	規制文書
RG	規制指針
RPV	原子炉圧力容器
SAR	安全解析書
SC	構造物及び機器
SCA	安全管理領域
SEIS	補足環境影響評価書
SLR	2度目の認可更新
SR	安全関連
SRP	標準審査プラン
SSC	構造物、系統及び機器
TLAA	期間限定経年化解析
TMI	スリーマイルアイランド
TPP	トピカルピアレビュー
TSO	技術支援機関
TVA	テネシー渓谷開発公社
UFSAR	更新FSAR
VD	10年期総合検査
VY	バーモントヤンキー

【参考情報】我が国における長期運転に係る規制制度概要

【参考情報】 安全性向上評価届出制度

IAEA SSG-25におけるPSRと安全性向上評価の制度目的・枠組み比較

- 我が国では2013年炉規法改正で安全性向上評価届出制度を開始、従来実施していた定期安全レビュー（PSR）は同制度に取り込む形で廃止
- 安全性向上評価は事業者の自主取組を評価する枠組みとしつつ、PSRと比べ時期やスコープ、方法論等、規制サイドの指示命令に拠るところが大きい
- 評価実施の際の発電用原子炉設置者への義務付けと規制機関の対応

IAEA 安全基準（SSG-25）〔PSR〕	安全性向上評価
・ 定期安全レビュー準備段階で、原子炉設置者は、規制機関とレビューの範囲、時期、基準等について合意形成を図る必要がある ・ 規制機関は、原子炉設置者が作成した定期安全レビュー報告書及び安全性向上の提案をレビュー（頻度：10年毎の実施が妥当）	・ 評価の範囲、時期等については、規則、ガイドラインにより、予め規制機関が提示 ・ 評価の結果を原子力規制委員会に届け出る義務（頻度：施設定期検査終了ごと（確率論的リスク評価又は安全裕度評価は5年ごと）） ・ 原子力安全規制委員会は、評価に係る調査及び分析並びに評定の方法が規則で定める方法に適合していないと認めるとき、調査若しくは分析又は評定の方法を変更することを命ずることができる

出所）原子力規制庁 実用発電用原子炉施設の安全性向上評価の実施を踏まえた定期安全レビューの取扱いについて（案）、「安全性の向上のための評価」をもとに作成

【参考情報】 安全性向上評価届出制度

IAEA SSG-25におけるPSRの安全因子と安全性向上評価の比較

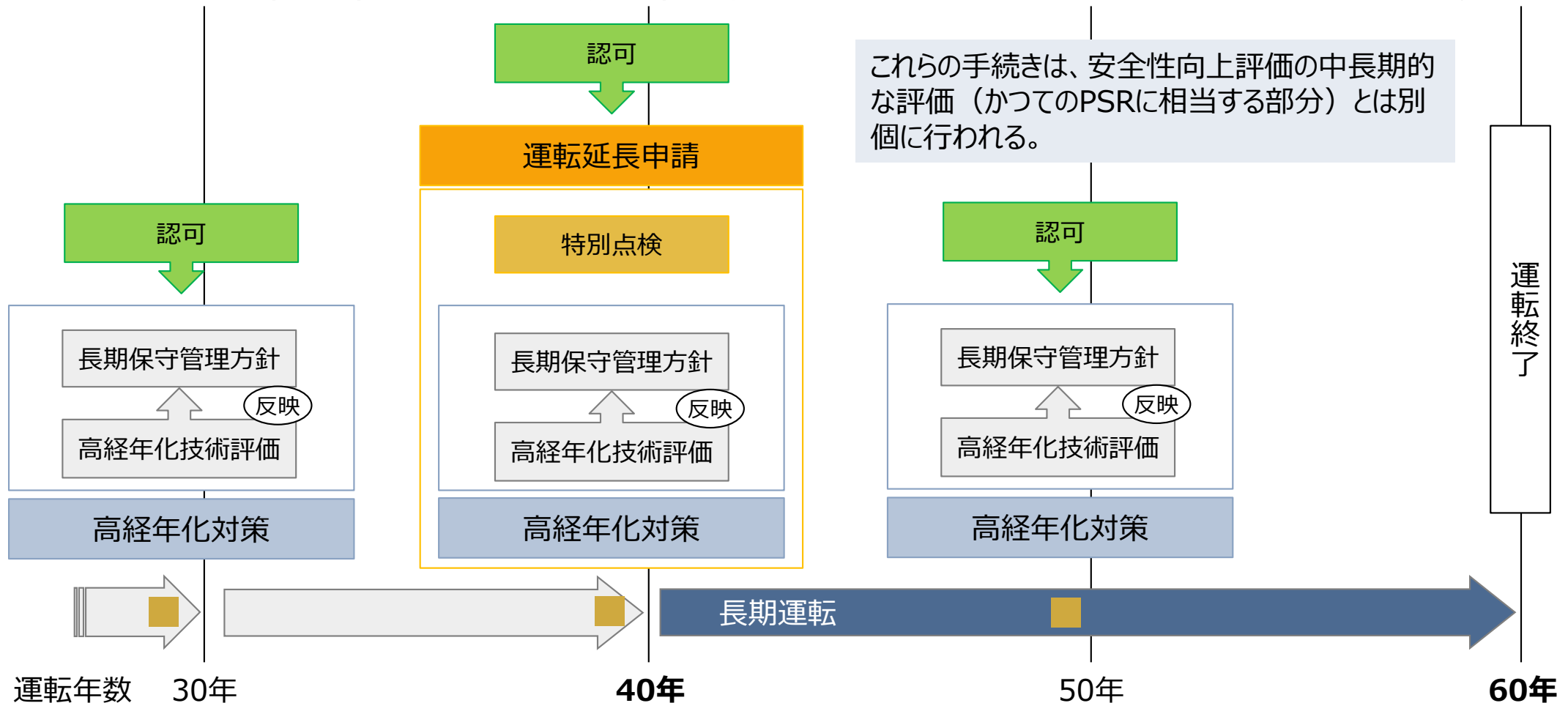
- IAEA 安全基準「原子力発電所の定期安全レビュー（PSR）」（SSG-25）に示された安全因子14項目は安全性向上評価+他制度措置でカバー
- PSR同等の評価が安全性向上評価で可能と判断

IAEA SSG-25(PSR)の安全因子		安全性向上評価	他の制度での対応
プラント関連	(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	運開からの劣化 傾向監視、推移評価	長期運転想定 of 技術評価・管理プログラムについては 「高経年化技術評価」「保守管理方針策定」で措置
安全解析	(5) 決定論的安全評価	○	
	(6) 確率論的安全評価	○	
	(7) ハザード評価	○	
性能・経験 フィードバック	(8) 安全性能	○	
	(9) 他プラント経験・研究成果利用	○	
マネジメント	(10) 組織、管理システム、安全文化	○	
	(11) 手順書	○	
	(12) 人的要因	○	
	(13) 緊急時計画	緊急時対応体制評価	緊急時計画の事業者・国・地元調整と定期演習実施 については「原子力災害対策特別措置法」で措置
環境	(14) 放射性物質の環境影響	○	

出所）原子力規制庁 実用発電用原子炉施設の安全性向上評価の実施を踏まえた定期安全レビューの取扱いについて（案）をもとに作成

【参考情報】 日本における運転延長認可制度概要

- 2012年の炉規法改正によって、「運転期間延長認可制度」が導入
- 運転期間40年とし、1回限り最大20年の延長（60年運転）が可能
- 認可延長には、新規規制基準への適合、特別点検実施、それらの結果などを踏まえた高経年化技術評価等により長期運転に問題ないことを確認し、国の認可を受ける必要



出所) 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」、関西電力「原子力発電所の運転期間と制度」もとに作成

【参考情報】 対象部位 高経年化と認可延長時特別点検

■ 経年劣化管理における評価対象機器と対象事象、および運転延長申請時の特別点検における対象部位はそれぞれ以下の通り

経年管理における評価対象機器

● 施設管理

【運転初期からの経年劣化管理】

- ・ 安全機能を有する全てのSSC
(評価対象事象)

経年劣化によるSSCの安全機能喪失・リスク増加防止のため経年劣化の考慮が必要な部位・事象

● 安全性向上評価における中長期的評価

【10年毎の経年劣化管理】

- ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器
- ・ 炉心支持構造物
(評価対象事象)

低サイクル疲労/中性子照射脆化/照射誘起型応力腐食割れ/高サイクル熱疲労

● 高経年化技術評価

【30年以降10年毎】

- ・ 安全機能を有する全てのSSC
(評価対象事象)

上記に加えステンレス鋼・鋼熱時効/フレット疲労/電気計装品の絶縁低下など/コンクリ強度、遮へい能力低下

運転延長申請の特別点検における対象部位

- ・ 原子炉圧力容器
⇒非破壊検査（超音波、電流）によりひび・割れ等の欠陥がないことを確認

- ・ 原子炉格納容器
⇒表面塗装状況を目視確認、塗装剥がれや腐食など異状がないことを確認。コンクリートサンプルを取出、性質変化状況や強度を確認

- ・ 安全機能を有するコンクリート構造物並びに安全機能を有する系統及び機器を支持するコンクリート構造物
- ・ 常設重大事故等対処設備に属するコンクリート構造物及び常設重大事故等対処設備に属する機器を支持するコンクリート構造物
⇒コンクリートのコアサンプルにより強度や遮へい性能等に異状が無いことを評価・確認

出所) 日本原子力学会、原子力発電所の高経年化対策実施基準:2015、

原子力規制委員会「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」、関西電力「当社の40年以降運転に向けた取組み」をもとに作成

【参考情報】 日本における安全性向上評価・運転延長認可制度 まとめ

- 我が国では長期運転を想定した高経年化プログラムの審査が「高経年化技術評価」としてPSR（実施当時）とは別枠で実施
- PSRが安全性向上評価届出制度に発展解消、40年での認可延長制度が導入されたことで、高経年化・長期運転に係わる評価・承認の枠組みが「安全性向上評価（定検毎）」「高経年化技術評価（30年以降10年毎）」「運転延長認可（40年時点で1回のみ）」の3本立てに
- なお、本調査対象国であるフランス、スイス（無期限認可）では、10年間隔のPSR枠組みに高経年化技術評価や特別点検に相当する評価を組み込み、高経年化や長期運転の妥当性を審査

調査対象国における長期運転制度概要（比較表）

長期運転枠組み各国比較

- 長期運転の承認スキームは認可更新（LR）タイプとPSRタイプに大別
- カナダのみ、主要機器が「交換可能」な前提。その他では「交換しない（あるいは困難）機器」がプラント供用継続の是非を決める鍵に

国名	初期運転認可期間	延長・更新単位	長期運転	長期運転審査枠組み	長期運転に関する特徴的な要求事項
米国	40年	20年：回数制限なし	40年～	認可更新（LR）：40年経過時	- LR審査の対象は、所定SSCの経年化管理、期間限定経年化解析、及び環境影響など - 経年化管理対象は、①部品交換や仕様変更なしに意図した機能を発揮し、②認定寿命のないもの - SLR認可（最長80年運転）においても、規則レベルでの更新要件はLRと同じ
カナダ	個別決定	原則10年：回数制限なし	約30年～	LR（PSR統合）：10年間隔	- LRの枠組みで行うPSRにて、法令規制図書や許認可条件、最新知見への適合性評価、長期運転阻害要因を特定、今後10年の改善措置を「統合実施計画（IIP）」として提示 - IIPに寿命延長改修計画を盛り込み。LR承認により寿命延長改修が可能に - 交換改修しない場合、燃料チャネル等の劣化評価に基づき供用上限拡大の是非等を審査
フランス	期限なし	期限なし	40年～	PSR：10年間隔	- 第3回PSR時点で高経年化の影響を受けやすい安全上重要なSSCのリスト更新、劣化メカニズムのパラメータや、補修・交換可能条件等の明確化を実施 - 運転期間が35年間を超える原子炉の高経年化対策も含む運転継続に向けた事業者の変更措置について、規制機関による承認と、PSR結果報告書の提出から5年後の中間報告が義務付け
スイス	期限なし	期限なし	40年～	定期安全レビュー（PSR）：10年間隔	40年超運転を行う炉について、PSRの枠組みで特に取替困難機器の詳細安全解析、設計限界に到達しないこと等を証明する「長期運転安全証明」作成・更新を要求

各国における長期運転承認のフロー・確認点概要

米国

米国における運転認可更新制度概要

- 初回運転認可は40年、その後最長20年を単位に更新。更新回数の制限無し。
- 事業者は、認可更新にあたって、取替困難機器を含む構造物や機器の経年化の進展を評価し、経年化対応プログラムを策定。規制当局（NRC）は、事業者による評価や経年化対応プログラムについて審査を行い、延長期間（20年）中の安全性が確保できるか否かを判断。経年化対応プログラムの実施状況について、原子炉監督プロセス（ROP）を通じて監視。

事業者

- ① 取替困難機器（例：原子炉容器）がこれまでの運転期間に果たしてきた機能を今後20年間も果たせることを実証
- ② 取替困難機器の経年化がもたらす可能性のある影響を評価した上で、今後20年間も安全性を確保するために必要な取組（経年化対応プログラムの策定と実施等）を特定

認可更新手続

NRC

- 事業者の①と②により、
- ・ 今後20年間も、現在と同等の安全な運転の継続が可能である
 - ・ 今後20年間の安全性を確保するために事業者が行う変更が法令から逸脱していないと判断した場合

申請

20年間の認可更新

80年運転のための認可更新審査

- ・ 審査対象については60年運転のための認可更新審査時とほぼ同様
- ・ ただし産業界における新たな知見なども踏まえ、中性子脆化や放射化により促進される応力腐食割れへの対応のために事業者が策定すべき経年化対応プログラム等において一部変更あり

以後最大20年毎に認可更新

ROP、保全活動

NRCは取替困難機器等の保全状況を検査

認可更新時に策定した経年化対応プログラムが適切に実施されているか、フォローアップ

運転年数

40年

長期運転

60年

80年

60年運転の認可更新と80年運転の認可更新の違い

- NRCの規則レベル（10CFR Part54）での要件、審査プロセスについては60年運転も80年運転も同じ。
- ただし産業界における新たな知見なども踏まえ、中性子脆化や放射化により促進される応力腐食割れへの対応のために事業者が策定すべき経年化対応プログラム等において変更が行われている。

80年運転の認可更新規制に関するNRCスタッフと委員の検討経緯

① NRCスタッフから委員への提案（2014年1月）

- 10CFR Part54に、亀裂への耐性に関する要件、申請者に現行認可の失効前に経年化管理活動を実施させるようにするための認可更新時期に関する要件、60年運転のための更新申請から得られた教訓に対応するための要件を追加することを検討（80年運転認可更新申請のタイミングや経年化管理活動の有効性、運転経験等に関する要件の追加を検討）

② NRC委員の結論（2014年8月）

- 委員は、10CFR Part54を改定すべきとのNRCスタッフからの提案を全員一致で却下【ガイダンス等の変更で対応可能、60年運転認可の規制に問題が見当たらないこと、等】
- スタッフには、亀裂への耐性や認可更新時期に関する問題については検討継続を指示
- 以下の4点の技術的問題についてはスタッフに検討し、その進捗を委員に報告するよう指示
 - ✓ 高フルエンスにおける原子炉圧力容器の中性子脆化
 - ✓ 炉内構造物と一次系機器の放射化により促進される応力腐食割れ
 - ✓ コンクリートと格納容器の劣化
 - ✓ 電気ケーブルの認証と状態の評価

③ その後のNRCスタッフの取組

- 委員が指摘した4点について、エネルギー省や電力研究所と協力して検討し、結果を適宜委員に報告
- また、この検討結果を80年運転のための審査用ガイダンス文書に反映

日々の運転におけるROP・保全活動と認可更新

- NRC検査官は事業者による日々の安全確保の状況を、ROPの枠組みで監督
- ROP・保全はROPによるパフォーマンス指標のみからは確認が難しい構造物や機器の状態の確認等のために検査を実施する一方、運転認可更新では構造物や機器がこれまでの運転期間に果たしてきた機能を今後20年間も果たせることを実証

	目的	方法（一部抜粋し記載）
ROP・保全における検査	- ROPによるパフォーマンス指標※のみからは確認が難しい構造物や機器（例：原子炉容器）の状態の確認 - 事業者の保全活動の有効性の確認	- NRC検査官は、過酷な環境に曝される静的・長寿命SSC（例：原子炉容器）を特定 - 検査官は経年化対応プログラム**を事業者が着実に実施しているか、問題が確認された場合適切な是正措置を講じているかを評価 - 静的・長寿命SSCで検査や試験の結果が基準を満足しないものがあった場合、検査官は当該SSCに関する情報を要求 - 静的・長寿命SSCで検査や試験の結果が基準を満足しないものがあった場合、事業者は経年化対応プログラムに即した検査や試験の実施によりその前兆となった劣化を同定し、劣化対応のための是正行動プログラムを策定しなければならない
運転認可更新のための審査	審査対象となる構造物や機器（例：原子炉容器）が、これまでの運転期間に果たしてきた機能を今後20年間も果たせることを実証	- 事業者は、対象とすべき構造物や機器（取替困難機器）を特定 - 対象とした構造物や機器の経年化を評価 - 経年化対応プログラムを策定 - NRCは上記の特定、評価及びプログラムの妥当性を審査

※ パフォーマンス指標とは、例えば予期せぬスクラムが何回発生したか、等であり、それにより当該発電所の安全性が評価される。しかし、安全性はパフォーマンス指標のみでは評価できないので、NRCスタッフはパフォーマンス指標による評価を補うために、全プラント一律の内容の検査を実施している。

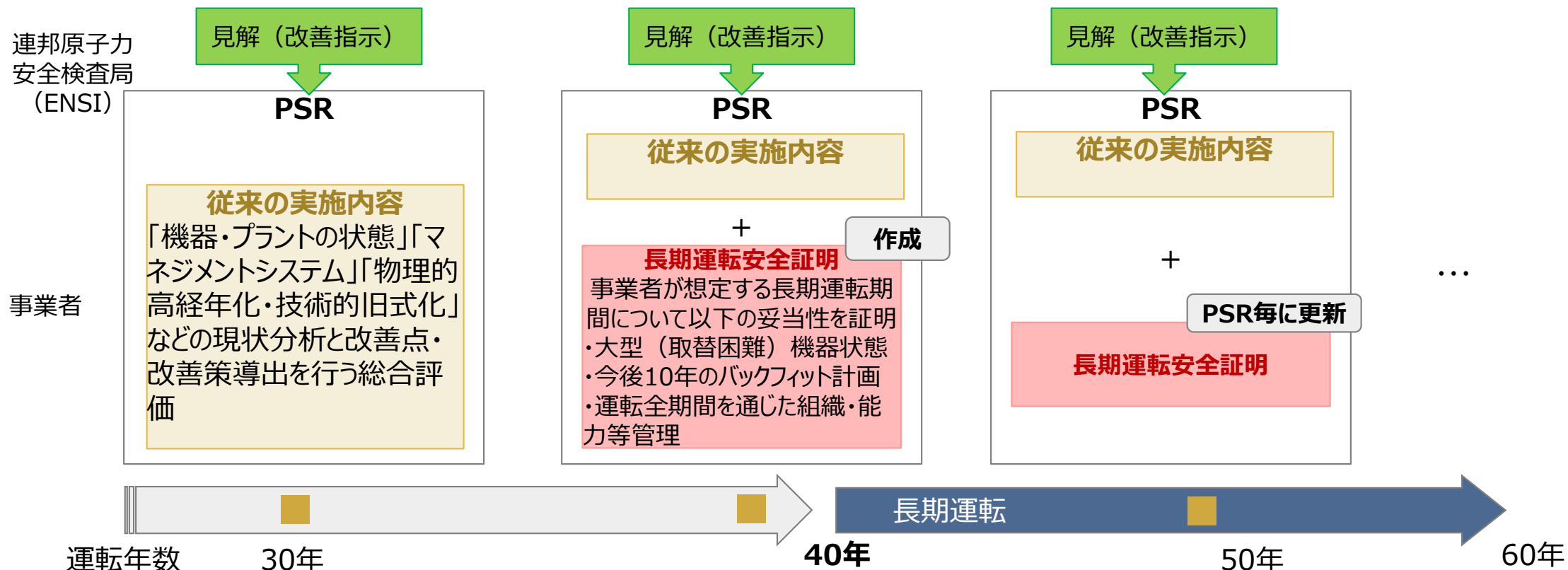
※※ 上の表の赤字で記載した3カ所の「経年化対応プログラム」はいずれも同じものを指している。

出所） 10 CFR Part 50、Part 54、NRC検査手順書（IP 71111.12）から作成

スイス

スイスにおける長期運転に係る評価

- 認可は無期限。安全性維持向上の観点から10年間隔で事業者がPSRを実施
- 規制当局（ENSI）は、事業者のPSRの妥当性の判断を示すとともに、必要に応じて改善、追加対応、再評価等を指示（「見解書」）し、今後10年の運転継続に問題がないことを確認
- 40年超運転を行う炉については、長期運転安全証明の作成、更新が義務（※現状、全炉が該当）。これにより、事業者は、自ら提示する長期運転期間を通じて、取替困難な大型機器の状態やバックフィット、必要な人員組織体制が維持できることを証明



PSRにおける長期運転安全証明

- 事業者はPSRの高経年化対策レビューとして、物理的な高経年化、技術的旧式化への対応状況を総合的に評価
- 加えて、事業者は長期運転安全証明において、物理的高経年化の中でも特に取替困難な大型主要機器に注目し、事業者が想定する運転期間を通じて、プラントが十分な安全裕度を確保できることを示す
- ENSIはPSRに対する「見解書」において、これらの項目に対する妥当性判断、改善指示等を示す

【毎回実施】PSRでの高経年化対策レビュー

ENSIのPSR指針に基づき、事業者は高経年化対策レビューとして以下を提示。これに対し、ENSIはその妥当性判断や改善指示等を示す。

- 物理的な高経年化対策
 - ✓ 高経年化対策プログラムの完全性、最新性、正確性
 - ✓ 高経年化管理プログラムの現状説明と評価
 - ✓ 経年劣化に係わる損傷進展の記録方法
 - ✓ 次の10年あるいは長期運転期間中に寿命を迎える構造物、機器に関する交換、補修戦略
- 技術的旧式化への対応
 - ✓ 安全上重要な機器の設計旧式化について評価し文書化
 - ✓ 工学・電気機器の交換部品在庫の完全性と品質を評価

【追加】40年超炉PSRでの長期運転安全証明

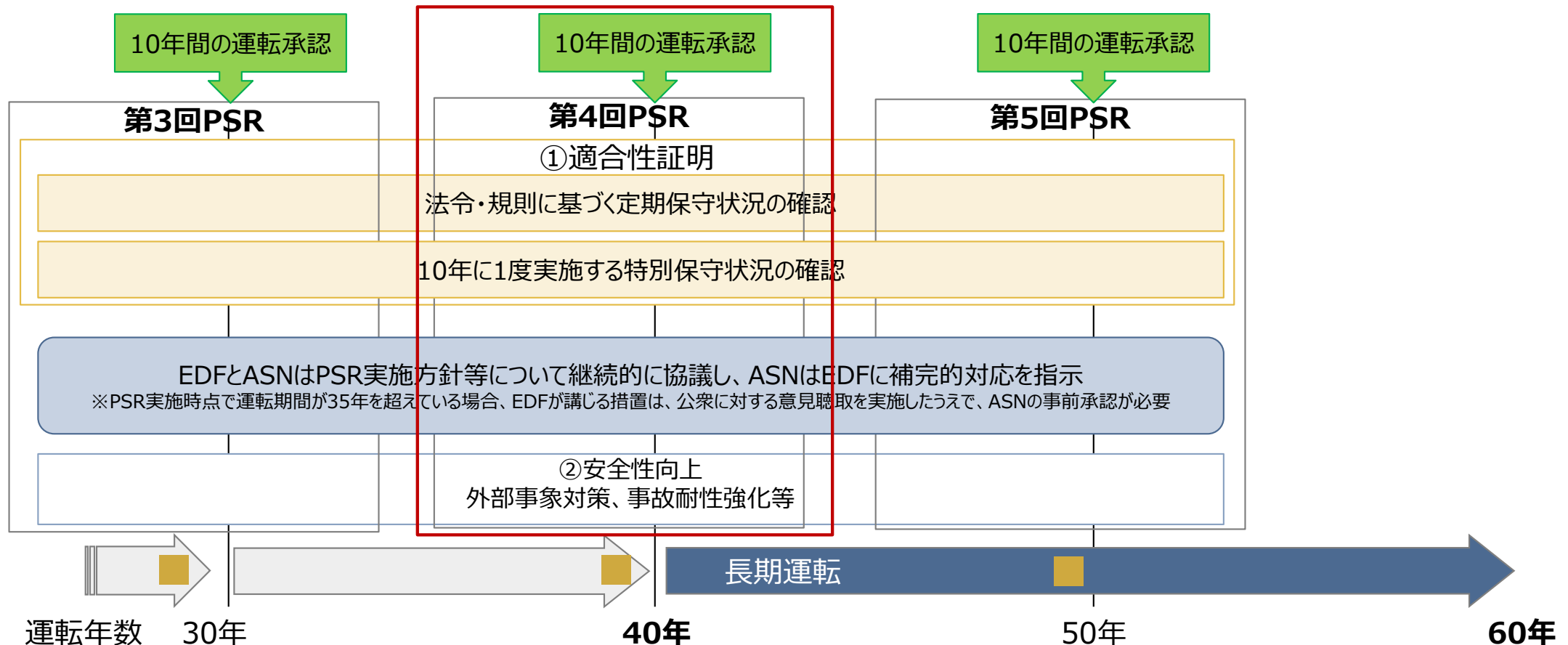
ENSIのPSR指針に基づき、事業者は長期運転安全証明として、長期運転期間を提示するとともに、提示した期間について、以下を証明

- 主要機器（圧力容器、炉心構造物、蒸気発生器系統、鋼製/コンクリ製格納容器）の状態
 - ✓ 劣化メカニズム・摩耗プロセスに関する詳細安全解析
 - ✓ 大型コンポーネントが設計限界に達しないことの証明
 - ✓ 原子力発電所停止基準令が定める停止基準に抵触しないことの証明
- バックフィット計画（今後10年で予定しているバックフィット計画及び技術・組織上の改善策）
- 運転継続を想定する全期間を通じて実施するスタッフと専門知識、技術確保など、能力管理を含めた組織的対策

フランス

フランスにおける運転延長認可制度概要

- 運転年数の制限はなし。事業者（EDF）が10年ごとに実施する定期安全レビュー結果を規制当局（ASN）が審査し、さらに10年間の運転継続に問題がないことを確認
- 運転継続可否は、①現行の法令規則への適合証明（高経年化含む）や②最新知見に照らした安全性向上策の実施結果に基づき判断



40年超運転に向けた高経年化対策の強化

- EDFは、第3回PSRに際し、高経年化の影響を受けやすく、その機能低下が安全性に影響を及ぼす機器等を選定し、それぞれの劣化メカニズムに応じて劣化評価を実施する高経年化対策の仕組みを導入。第4回PSR以降では、高経年化対策対象機器を拡大
- また、運転中の対策、定期保守、補修・交換の難易度が高い機器等については、補完的な対応を実施

第3回PSRで導入・実施された高経年化対策

EDFは以下の4ステップから成る高経年化管理を第3回PSRで導入

- ① EDFは高経年化の影響を受けやすく、その機能低下が安全性に影響を及ぼすSSCを選定
- ② EDFはこれらのSSCと高経年化メカニズムとの組合せをリスト化し、組合せごとに「高経年化評価ファイル」を作成し、運転中の対策、定期保守、補修・交換によって高経年化管理が可能であることを検証
- ③ EDFは運転中の対策や定期保守、補修・交換によって高経年化管理が検証できないものは、「運転継続適合性証明文書」を作成し、実施中/計画中的高経年化対策の評価や補完的な行動や研究を説明
- ④ EDFは「高経年化評価ファイル」と個別のSSCの「運転継続適合性証明文書」を統合した原子炉の「運転継続適合性証明文書」を作成するとともに、PSR結果報告書を取りまとめてASNに提出

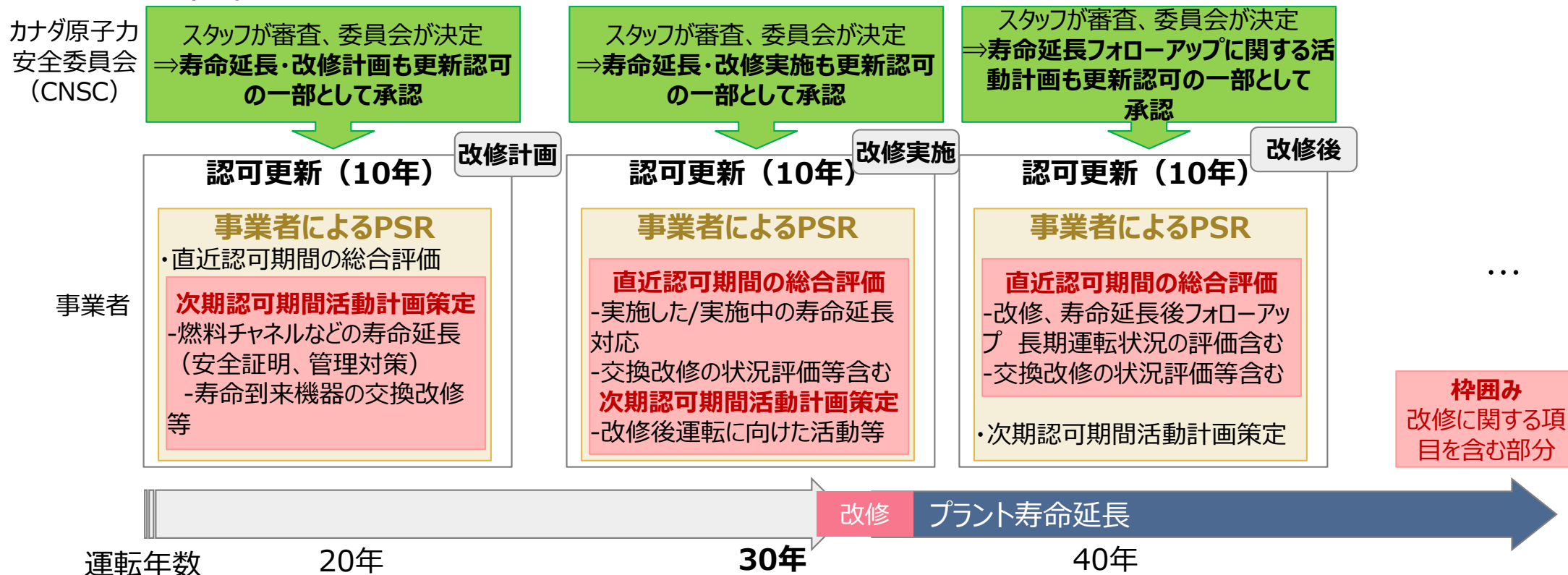
第4回PSRの高経年化対策

- EDFは「高経年化評価ファイル」を作成対象となるSSCを、機能低下が安全性に影響を及ぼし、放射線事故を発生させるようなSSC以外にも拡大
- EDFは「高経年化評価ファイル」を国内外の経験のフィードバックを踏まえて毎年アップデート、「運転継続適合性証明文書」も5年ごとに見直し（2017年末時点で90万kW級原子炉の「高経年化評価ファイル」は約600件、「運転継続適合性証明文書」は12件）
2017年末時点の「運転継続適合性証明文書」の例；
 - * **原子炉容器**：炉心の中性子照射脆化、出口ノズルの熱疲労
 - * **原子炉格納容器**：コンクリートのプレストレス喪失、骨材・アルカリ反応や硫酸塩劣化によるコンクリート膨張破壊

カナダ

カナダにおける寿命延長に係る制度

- 認可は原則10年で更新。認可更新申請時に事業者がPSRを実施
- 長期運転は燃料チャネル等の主要機器の寿命延長または交換改修により可能
- 事業者はPSRにおいて主要機器の寿命延長・交換計画を提示
- カナダ原子力安全委員会（CNSC）スタッフは認可更新手続の一環として、PSR（寿命延長、改修計画含む）を含めた申請内容を審査。CNSCスタッフ審査に基づきCNSC委員会が認可延長を決定すれば、これに付帯して、機器の寿命延長や改修計画も承認される仕組み



出所） REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」、REGDOC-2.2.3「定期安全レビュー」、REGDOC-2.6.3「高経年化対策」、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書ほか

認可更新における長期運転に係わる審査対象

- CANDU炉では燃料チャネル等主要機器の交換改修により寿命延長を実施
- 交換改修までのつなぎ、あるいは交換を実施しないプラントでは高経年化対策を通じ、こうした機器の使用期間を数年間延長し、延長運転を行うことも
- 事業者は、上記の寿命延長改修、機器の使用期間延長による延長運転計画を認可更新時のPSR枠組みで提示

初期認可における供用期間上限の設定

- 認可期間はフレキシブル。事業者の申請に基づきCNSCスタッフが審査、CSNSC委員会が決定（ただしPSRが国際的に10年間隔での実施を想定していることを踏まえ、現在は10年が標準）
- CANDU炉のプラント寿命は、燃料チャネル等の主要機器の設計寿命によって決まる。初回認可時に事業者がこうした機器の評価を提示し、これをもとにCNSCスタッフが審査、CNSC委員会がプラントを使用できる供用期間の上限を決定（なお、燃料チャネル等の初期設計寿命は30年相当）

※CANDU炉における燃料チャネル等は「交換可能機器」であり、交換改修工事を経て元の炉を廃炉とすることなく、運転期間を延長することが可能

供用期間上限が近づいた認可更新時の審査対象

- 認可更新手続きの際の評価ツールであるPSRの枠組みで、事業者は次の認可期間で実施する活動計画を「統合実施計画」として提示
- 供用上限が近づいた燃料チャネル等の主要機器を交換する寿命延長改修計画に関する活動やスケジュールも、「統合実施計画」の一部として提示
- 上記計画をCNSCスタッフが審査、CNSC委員会が最終的に認可更新を決定することで、改修計画も承認されたことになる
- 現有機器を交換せずに、供用期間を数年延長することも可能。事業者は現有機器の劣化評価を実施し、高経年化対策の実施状況及び今後の計画を提示して供用期間の延長を申請。CNSCスタッフが審査し、最終的な延長期間をCNSC委員会が決定し認可更新に盛り込み

各国調査

1 米国

1.1 基本情報

1.2 長期運転に関する調査

1.3 長期停止に関する調査

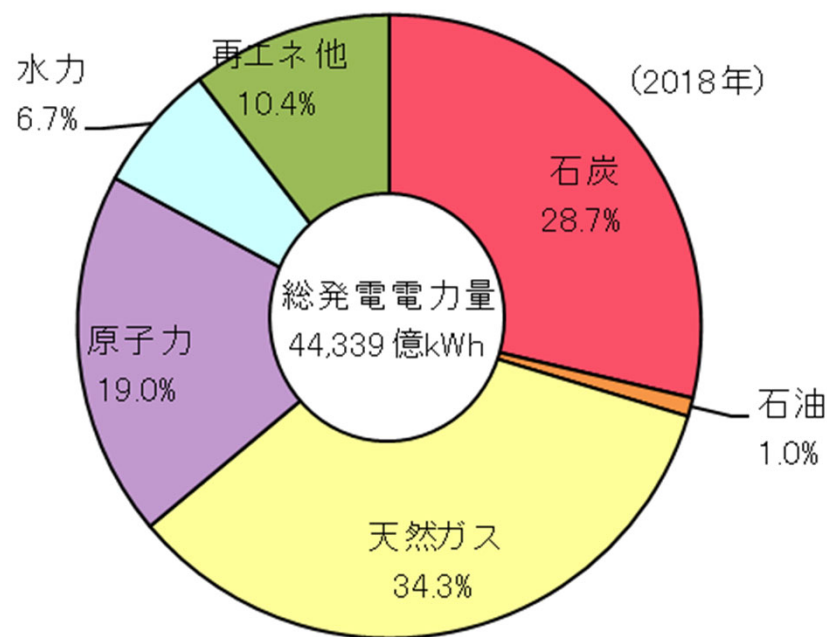
1.4 80年運転延長認可事例に関する調査

1.1 米国 基本情報

①原子力基本情報

- 世界最大の原子力発電国だが、電源の主力は化石燃料
- エネルギーセキュリティ等の観点から原子力利用の継続を図る方向であり、多くの炉が40年超の長期運転を実施

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2020 Edition

●原子力基本データ

発電電力量 (2019年)		8,094億kWh
設備容量 (net)		9,655.3万kW
運転中基数 (2020年)		94基 (PWR63基, BWR31基)
うち	0～29年	3基
	30～39年	45基
	40～49年	42基
	50年～	4基

出所) IEA, World Energy Balances 2020、IAEA-PRIS

1.1 米国 基本情報

②長期運転概要

許認可における期間設定			
運転期間の法的制限	初期運転認可期間	延長・更新単位	補足：初期設計寿命など
なし	最長40年	20年：更新回数制限なし	－

長期運転枠組みの概要	
長期運転と見なす対象	審査枠組み
40年～	認可更新（LR）、2度目の認可更新（SLR）
審査の要件（長期運転において要求される特徴的な条件、検査等）	
- 認可更新審査の対象は、所定SSCの経年化管理、期間限定経年化解析、及び環境影響など - 経年化管理の対象になるのは、①部品交換や仕様変更なしに意図した機能を発揮し、②認定寿命のないもの	
高経年化対策の考え方（30年超など年数基準、特別な枠組み等）	
- SLRの認可（最長80年運転）を受けるプラントが出てきているが、規則レベルでの認可更新要件はLRもSLRも同じ - 経年化管理は、ジェネリックなプログラムと一致していると判断されれば審査は終了	
補足	
- NRCは、経年関連の劣化及び延長運転期間における安全関連の2～3の問題を除けば、現行の規制プロセスで運転中のプラントの受容できる水準の安全性を提供・維持することが可能と判断（1995年） - 上記「2～3の問題」に対応するため、所定SSCの経年化管理や期間限定経年化解析を実施させる - 産業界は先行プラントから得られた知見などに基づきジェネリックな対応方法を取りまとめ、それがNRCによるエンドースを受けることで後続プラントへの適用が可能になり、審査プロセスが効率的に	

(コラム) 米国の規制アプローチの特徴

産業界との連携による合理化・効率化

- NRCは優れた規制の原則として、独立性、公開性、効率性、明確性、信頼性の5点を掲げる
- その中で、独立は孤立を意味せず被規制者等から事実や意見を求めなければならないこと、被規制者を含むステークホルダーとのコミュニケーションチャンネルを開かねばならないこと等を主張
- そのため、産業界とも規制をめぐって活発に意見交換などを行うとともに、産業界とのやり取りに関する情報はできる限り公表
- 例えば運転認可更新に関する規制をめぐっては、産業界のプログラムをNRCとしてエンドースし、規制の合理化を実現
- その一方、NRCは「規制される側の産業界に囚われた者となっている」と批判する者も

法令・規制図書における規定の特徴

- NRCは規則策定に当たり、処方的なもののみならず、パフォーマンスベースの代替策も検討することとしている
- パフォーマンスベースのアプローチは、結果に焦点
- それにより規制の客観性・透明性が向上し、柔軟性が高まることで事業者の負担も軽減
- パフォーマンスベースの規制は、①問題及びそのコンテキストの定義、②安全機能の同定、③安全裕度の決定、④パフォーマンスパラメータ及び基準の選定、⑤パフォーマンスベースの代替策の定式化、の5段階で策定

規制活動における当局と事業者

- 米国では、NRCによる運転認可更新に係るCFRの策定に当たって産業界側も技術的報告書をまとめるなどして効率的規制を要求し実現させるなど、事業者が自らの研究成果を規制活動に反映させるべく取組を実施
- NRCは産業界団体（NEI）が策定した指針をエンドースしており、事業者側の認可申請書作成やNRCによるその審査の合理化が図られている

1 米国

1.1 基本情報

1.2 長期運転に関する調査

1.3 長期停止に関する調査

1.4 80年運転延長認可事例に関する調査

1.2 米国 長期運転に関する調査

①長期運転の位置づけ

- 規制上で長期運転の位置付けはなく、認可更新（LR）により長期運転実現
- 40年の運転認可期間は安全性判断によるものではなく、総運転年数の制限も無し

項目	
認可期限	- 運転認可の期間は40年を上回らない（原子力法） - LRの期間は、原子力規制委員会（NRC）規則により20年以下と規定
長期運転とみなす対象	IAEA定義も参照して運転認可期間の40年を超える運転を長期運転と称している
法令における長期運転の定義有無	- 法律では長期運転の概念はなく、許認可期限が40年を超えないとの規定のみ - LRはNRC規則により20年以下と規定
長期運転承認にかかる規制枠組	運転認可には期限（当初40年以下、更新は20年以下）があり、より長期の運転にはLRが必要
原子炉の運転年数と恒久停止との関係	- 原子炉の運転年数は原子力発電所の恒久停止の判断基準とはされていない - 原子炉停止基準（原子炉が安全に運転できないと判断される基準）はNRC規則で規定されており、停止命令はもっぱら同令に基づき発出される - 原子炉停止基準に運転年数に関する規定はない - 法令上でLRの回数に制約はなく、運転年数自体を制限する規定はない

1.2 米国 長期運転に関する調査

②長期運転に関する政府方針 (1)概要

- 原子炉の長期運転は事業者判断に任せられ、連邦政府は個別案件に政府介入せず
- 具体的なエネルギー利用政策／電力政策は州ごとに異なるが、連邦政府は既存原子力プラントの維持を重要課題と位置付けて長期運転への取組みを支援

項目	
原子力利用政策の策定主体	- 連邦制の米国では、州政府が具体的なエネルギー利用／環境政策の主体 - 連邦政府は、国家安全保障の観点も含めてエネルギー政策を策定 ➔ 原子力は重要エネルギー技術として位置付け、研究開発を中心として支援の取組み
長期運転を含む原子力利用政策方針とその背景	- 連邦政府の原子力に対する姿勢は政権（民主／共和）により若干異なるが、低炭素なベースロード電源である既存原子力の重要性については一致 - 原子炉新設が困難となる中で既存炉の運転継続はますます重要との認識 - エネルギー省（DOE）及び傘下国立研究所では、軽水炉寿命延長を含め、様々な研究開発プログラムを実施 - 連邦議会でも原子力利用には超党派的支持があり、関連予算の承認、必要な法改正の検討などの取組み - 原子力は、2019年時点で全米発電電力量の約2割を占める主要電源の一つ - 現政権の予算要求においても、産業界が効率性・経済性強化を達成し、長期運転が可能となるよう軽水炉維持（LWRS）プログラムの継続予算を要求
事業者の長期運転意向	既にほとんどのプラントが20年のLRを果たし60年運転が可能であり、さらなる延長で80年運転を目指して産業大での取組みを展開

出所) DOE, "Congressional Budget Request" (FY2017~FY2021), "Energy and Water Appropriations Act" (FY2017~FY2020), NRCウェブサイト ("Reactor License Renewal"), DOE, "The Quadrennial Energy Review", April 2015等

1.2 米国 長期運転に関する調査

②長期運転に関する政府方針 (2)州政府の動き

- 州政府は直接的にはLRの決定権限はないが、一部州はLRに反対
- 緊急時対応、環境規制など州が持つ権限を駆使し、LR阻止を図る動きもある（下表）

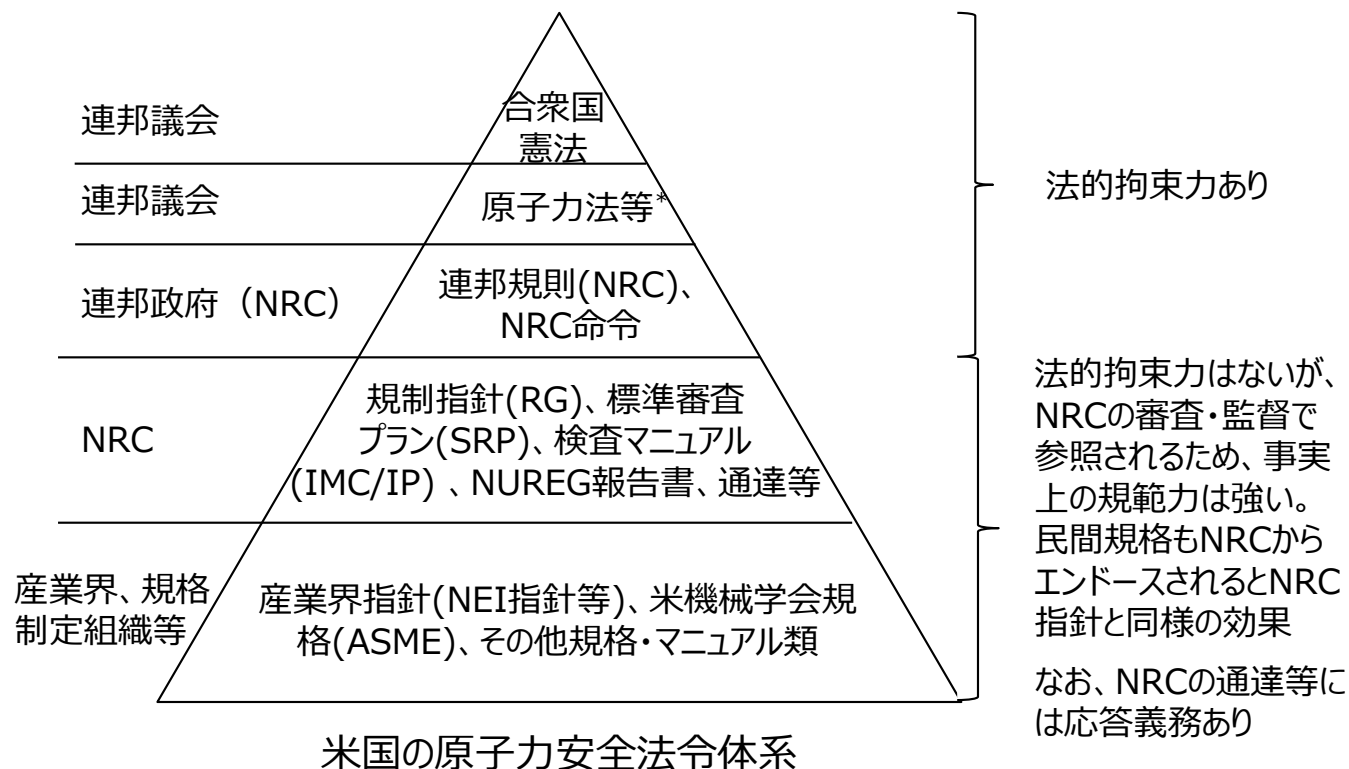
プラント名 [州]	
インディアンポイント(IP) [ニューヨーク州]	• 近年のニューヨーク（NY）州政府は、NY市に近い本プラントの運転に反対しており、NRCのLR審査手続への参加、州の環境規制権限に基づく措置など、LRの阻止を図り、最終的にはプラントの早期閉鎖が合意されるに至った • NRC審査手続は、州や環境団体による様々な争点の提出で公聴会が長期化 • NRCでのLRに際して、州が権限を持つ沿岸管理計画等の遵守証明の要否が問題となったが、エンタジー社は敗訴し、州政府との取引に合意 • 州政府は、州内の他原子力発電プラントはグリーン電源として支援し、LR更新も容認
ディアブロキャニオン(DC) [カリフォルニア州]	• LR審査手続の過程で耐震性懸念が州内で高まり、事業者は福島第一原子力発電所事故後に、耐震評価完了までLR手続の停止をNRCに申し入れ • 運転継続に反対する州による沿岸管理等の環境問題や、一部土地のリース更新問題もあり、事業者はLRを断念し、2016年に申請を取下げ
バーモントヤンキー(VY) [バーモント州]	• VYの運転継続には州が強く反対しており、NRCによるLR発給後も訴訟が続く中で、経済性悪化もあり、州と事業者が早期閉鎖に合意 • VYはエンタジー社による買収時に、LR時には州による公益性証明（CPG）発給が条件とされており、CPG発給拒否などで反対する州と訴訟を多く抱えることとなった

出所）Entergy, “Entergy, NY Officials Agree on Indian Point Closure in 2020-2021”, 2017/1/9, Pacific Gas & Electric, “Retirement of Diablo Canyon Power Plant, Implementation of the Joint Proposal...”, 2016/8/11, Entergy, “Entergy to Close, Decommission Vermont Yankee”, 2013/8/27, NRC ADAMS Docket所収文書（Docket No.50-247, No.50-275, No.50-271）

1.2 米国 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (1) 原子力安全に係る規制法令体系の全体像

- 連邦制の米国では、合衆国憲法規定の国家防衛にも関わる問題として原子力法が制定され、原子力安全は連邦法により規制
- 原子力法に基づきNRCは規則を発給し、その運用方向を示す多くの指針類が整備
- 原子力安全分野は連邦が専占するが、周辺領域の環境規制は州に権限



- 連邦法である原子力法の制定により、原子力安全規制は連邦政府の専権事項
- ただし、環境規制を含め、州に監督権が委託されている領域、州の権限に属する領域については、州法の規制に服する

*他に1969年国家環境政策法もNRC許認可審査等における大きな柱となる

出所) NRCウェブサイト情報 (“Governing Legislation”, “How We Regulate”等)、連邦議会調査局 (CRS) 報告書 (R41984、2011/9) 等

1.2 米国 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (2) 長期運転に係る規制法令体系

- 原子力法において、40年以下の期間での運転認可の発給、更新の可能性を規定
- NRC規則でLRの期間は20年以下とすることを規定、要件等はNRC規則において規定
- LRに係る審査基準等を示すNRCガイダンス文書を策定し、民間指針もエンドース

連邦法

1954年原子力法
1969年国家環境政策法

原子力利用等に係るライセンスは40年を超えない範囲でNRCが定める期間について発給すること、ライセンスは更新可能であることを規定
認可更新を含む許認可発給には環境影響評価を義務付け

連邦規則 (CFR)

NRC規則
(10 CFR Part 50/52/54
等)

NRC規則では、運転認可は40年を超えない期間で発給すること、運転認可の更新は、20年を超えない期間で発給することを規定
認可更新規則としてPart 54を制定。2度目*の認可更新 (SLR) も同一規則

規制指針類

規制指針 (RG)
(RG-1.188等)

NRCスタッフが許容可能な申請書の標準的な様式・内容を示す
許認可保有者／申請者に対し、NRC規則等の実施に係る指針を提供
民間指針 (NEI 95-10、NEI 17-01等) もRGでエンドース

標準審査プラン (SRP)
(SRP-LR/SLR等)

NRCスタッフによる審査の品質と統一性を担保し、審査に際しての詳細に定義された基盤を示す
NRCスタッフ向けで規範力はないが、申請者等にも有益な情報

その他指針、技術文書等
(GALL-LR/SLR、NUREG-1833報告書等)

RGやSRPで参照されるなど、NRC規則の実施に係る技術的基盤等を示す規制図書類 (多くはNUREGシリーズとして発行)
長期運転については、中核的な文書となる「経年変化共通教訓 (GALL)」報告書 (LR/SLR版) を策定。SRP/GALLの技術的根拠を示すNUREG-1833等の技術的文書も多数

環境関連の規則・指針は省略

検査マニュアル (IMC)
検査手順書 (IP)

NRCスタッフが検査を行う際の指針、手順等を規定

*正確には「後続の(subsequent)」であり、「2度目以降」

出所) NRCウェブサイト情報 (“Governing Legislation”, “Reactor License Renewal Regulations”等)、及び上記記載の法令

1.2 米国 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則

- 1954年原子力法では、運転認可は40年を超えない範囲でNRCが定める期間について発給すること、運転認可は更新が可能であることを規定
- NRC規則ではLRの期間は20年を超えないことを規定
- LRに関連する様々な指針類も発行

文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
1954年原子力法 (1954年制定、2015年改定)	連邦法	- 商用原子力利用に係るNRCのライセンス発給権限を規定する中で、ライセンス期間は40年を超えないことを規定（第103条） 2005年エネルギー政策法（P.L.109-58）による改定で、40年の期間は運転認可発給から始まることを明確化 - ライセンスの期間満了後は更新が可能と規定（回数制限規定なし）
1969年国家環境政策法 (1970年制定、2014年改定)	連邦法	許認可発給など連邦政府の主要行為の決定に際して環境影響の評価を義務付け、公衆参加等の手続きを規定
NRC規則 10 CFR Part 50（1956年制定、2020年改定）、 10 CFR Part 52（1989年制定、2020年改定）	連邦規則 (CFR)	§50.51において、40年を超えない期間でライセンスを発給することを規定 - 建設・運転一括許認可（COL）について規定するPart 52規則では、建設完了時の運転承認決定を40年の始期とすることを規定（§52.83）
10 CFR Part 54（1991年制定、2012年改正）	連邦規則	- LRについて規定するPart 54規則では、現行認可期限から20年を超えない範囲で更新ライセンスを発給することを規定（§54.31） - 審査対象SSC、申請書の内容など、LRの要件等について規定

注）環境関連は法律のみ記載

出所）NRCウェブサイト情報（“Governing Legislation”, “Reactor License Renewal Regulations”等）、及び上記記載の法令

1.2 米国 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則-2

■ NRC指針類では許容可能な標準的な様式・内容が示され、民間指針もエンドース

文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
RG-1.188「原子力発電プラント認可更新の申請書の標準様式と内容」(2001年発行、2020年rev.2発行)	規制指針	- LR申請書の標準様式と内容についてのガイダンス - 産業界指針のNE 95-10、NE 17-01をエンドース - Rev.2はSLRにも対応する形で拡張 1990～2000年の3度の指針案提案を経て最終化
SRP-LR「原子力発電プラントの認可更新申請書の標準審査プラン」(NUREG-1800)(2001年発行、2010年rev.2発行)	ガイダンス文書	- 初めてのLR(40年超運転)に係るSRPで、延長運転期間における申請者のプログラム・活動に対する高品質・統一的な審査を確保 - 経年化影響についてはGALL-LRを参照
SRP-SLR「原子力発電プラントのSLR申請書の標準審査プラン」(NUREG-2192)(2017年発行)	ガイダンス文書	- SLR(60年超運転)に係るSRP - 経年化影響についてはGALL-SLRを参照
GALL-LR「経年変化共通教訓報告書」(NUREG-1801)(2001年発行、2010年rev.2発行)	ガイダンス文書	それぞれSRP-LR/SRP-SLRに付随する形で策定された文書で、経年化影響に係る知見をまとめ、経年化管理プログラム(AMP)に係るNRCスタッフの一般的な評価を示す
GALL-SLR「SLRのための経年変化共通教訓報告書」(NUREG-2191)(2017年発行)	ガイダンス文書	- LR/SLRに向けてAMPの強化が必要な場合には、勧告を提示 - GALL報告書は承認済トピカルレポートとして扱われ、申請者は参照可能

出所) NRCウェブサイト情報(“Reactor License Renewal Guidance”, “Power Reactors: Regulatory Guides 1.181-1.200”)、及び上記記載の各文書

1.2 米国 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則-3

文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
NEI 95-10「10 CFR Part 54-認可更新規則の要件実施のための産業界指針」 (1996年発行、2005年rev.6発行)	民間指針 (NRCが エンドース)	• NRCのLR規則10 CFR Part 54の要件実施の受容可能なアプローチを提供する産業界指針 • LRに係る産業界の経験をベースとした指針で、NRCは1996年8月にDG-1047でエンドース • NRC規則改定、GALLやSRP発行に併せて改定
NEI 17-01「SLRのための10 CFR Part 54の要件実施の産業界指針」(2017年発行)	民間指針 (NRCが エンドース)	• NEI 95-10をSLRに向けて更新した産業界指針 • NRCは、2018年1月に暫定エンドースの後、2020年4月発行のRG-1.188 rev.2で正式にエンドース • NEI 95-10のAppendix (Eを除く) は、SLRでも有効
IMC2516「認可更新検査プログラムの方針及びガイダンス」(1998年発行、2013年改定)	NRC検査 マニュアル	• AMPの正確性や申請された活動を検証する「認可更新検査プログラム」に係る方針・ガイダンスを示す • 詳細な実施手続は検査手順書 (IP 71002) が発行されている
「SLRガイダンス文書NUREG-2191とNUREG-2192における変更の技術的基盤」(NUREG-2221) (2017年12月発行)	ガイダンス 文書	• GALL-SLR (NUREG-2191) 及びSRP-SLR (NUREG-2192) について、各々のLR版からの変更箇所の技術的根拠についてNRCスタッフの見解を掲載

出所) NRCウェブサイト情報 (“Reactor License Renewal Guidance”, “Change Notices”)、及び記載の各文書等

1.2 米国 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：NRC規則での規定（認可更新審査の対象）

- 認可更新審査の対象は、所定SSCの経年化管理、期間限定経年化解析、及び環境影響など
- 現行許認可ベース（CLB）における問題は、更新審査の対象外

認可更新審査の範囲（10 CFR Part 54.4）

- 設計基準事象及びその後において、冷却材圧力バウンダリの健全性、安全停止状態維持能力、及びサイト外被ばくの防止・緩和のために、機能の維持が必要とされる安全関連のSSC ((a)(1))
- 上記の安全関連SSCの機能に影響する非安全関連のSSC ((a)(2))
- 火災防護、環境性能、加圧熱衝撃、スクラム失敗事象、全交流電源喪失に係る規則遵守の実証において、その機能が安全解析やプラント評価で信頼されているSSC ((a)(3))

CLBをベースとして対象SSCを同定（スコーピング）後、経年化管理レビュー（AMR）対象となるSCをスクリーニング

商業原子炉の認可更新の 基本原則

（1995年、認可更新規則の検討に係る
声明（SOC））

1. 経年関連の劣化及び延長運転期間における安全関連の2～3の問題を除き、現行の規制プロセスは、現在運転中の全プラントの許認可ベースは受容できる水準の安全性を提供・維持し、運転が公衆の健康・安全や国家防衛・セキュリティに危害を与えないことを保証する適切なものである。
2. プラント固有の許認可ベースは、延長運転期間においても元の認可期間と同様・同程度に維持されなければならない。

1.2 米国 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：NRC規則での規定（LR申請書に必要な内容）

含めるべき技術的情報（10 CFR Part 54.21）

①総合プラント評価（IPA）

- ・ 経年化管理レビュー（AMR）対象のSCを同定、列挙
- ・ SC同定の手法、及びその正当性
- ・ 各SCの意図された機能のCLB適合維持を実証

②更新申請書の審査中におけるCLB変更

- ・ CLB変更時は、FSAR補足とともに申請書を修正

③期間限定経年化解析（TLAA）

- ・ 延長期間を通して解析が有効、意図された機能への経年変化影響が適切に管理される、などの実証が必要

④最終安全解析書（FSAR）補足

- ・ 経年化管理プログラム/活動の記述、TLAA評価織込み

＜AMRの対象SC＞

- ①部品交換や仕様変更なしに意図した機能を発揮し、
- ②認定寿命のないもの（以下例示、ただし限定されず）

原子炉容器、原子炉冷却系圧力バウンダリ、蒸気発生器、加圧器、配管、ポンプケーシング、弁箱、コアシュラウド、機器支持、耐圧バウンダリ、熱交換器、換気ダクト、格納容器、格納容器ライナー、電気／機械ペネトレーション、機器搬入口、カテゴリーI耐震構造物、電気ケーブル及び接続部、ケーブルトレイ、及び電気キャビネット

意図された機能をベースとして対象SSCの範囲を決定

含めるべき一般情報（10 CFR Part 54.19）

- ・ 申請者に係る基本的情報、申請ライセンスの種類・期間等の情報、プラント変更工事の完工期、州の規制当局等の情報（新設時と同様だが、財務保証や緊急時計画関連の情報は不要）
- ・ 原子力損害賠償保険の期間変更

含めるべきテックスペックの変更（10 CFR Part 54.22）

- ・ 延長運転期間における経年変化の影響を管理するために必要なテックスペックの変更や追加
- ・ テックスペックの変更・追加の正当性

含めるべき環境情報（10 CFR Part 54.23）

- ・ 10 CFRパート51サブパートA（環境影響評価規則）の要件に適合する環境報告書の補足を提出

1.2 米国 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：対象SSCの考え方と経年化管理レビュー（AMR）

- 対象SSCは、NRC規則で規定の必須SCのほか、総合プラント評価（IPA）で同定
- SRPでは、AMR対象となるSCのスクリーニングの考え方も提示

認可更新審査の対象SSCの同定（スコーピング）

スコーピングの出発点はCLB

- ・ 安全関連（SR）SSCはCLBの情報はどう織込まれているか等、スコーピング手法を審査
- ・ 非安全関連（NSR）SSCは、その故障がCLBで考慮され、SR機能に影響し得るものすべてを列挙

＜スコーピングに係る具体的なガイダンス例＞

- ✓ AMRでは審査範囲の峻別が重要であり、複合体ではその構成SCを個別に判定することが必要
- ✓ §54.4(a)(2)の非安全関連SSCの仮説上の故障は、CLB又は自他の運転経験から同定された範囲で可
- ✓ §54.4(a)(3)の事象対応では仮説上の故障や2次・3次の支援系の考慮は不要

※IPAによる審査対象同定はSCLレベルで実施が必要だが、NRC規則では、対象範囲の検討をシステムレベルで行う柔軟性も与えられている

経年化管理審査対象SCの同定（スクリーニング）

スクリーニングの基準は「静的」と「長寿命」

静的：「部品の移動や仕様・構成の変更なしに機能」（状態変化が示されない構造物・コンポーネント）

- ➔ 容易に観察可能な性能・状態特性を持たないため、焦点
- ・ SRPでは、約120の代表的SCの一覧表で、70強が静的基準に該当するとの判断を提供
- ➔ 該当SCを対象から外す際は根拠の提示要
- ・ 静的構造物・コンポーネントの意図された機能の典型例
遮蔽、障壁、防護、圧力緩和、中性子吸収、ヒートシンク、フィルター、流れの変化、など

長寿命：「認定寿命や特定期間で交換されない」

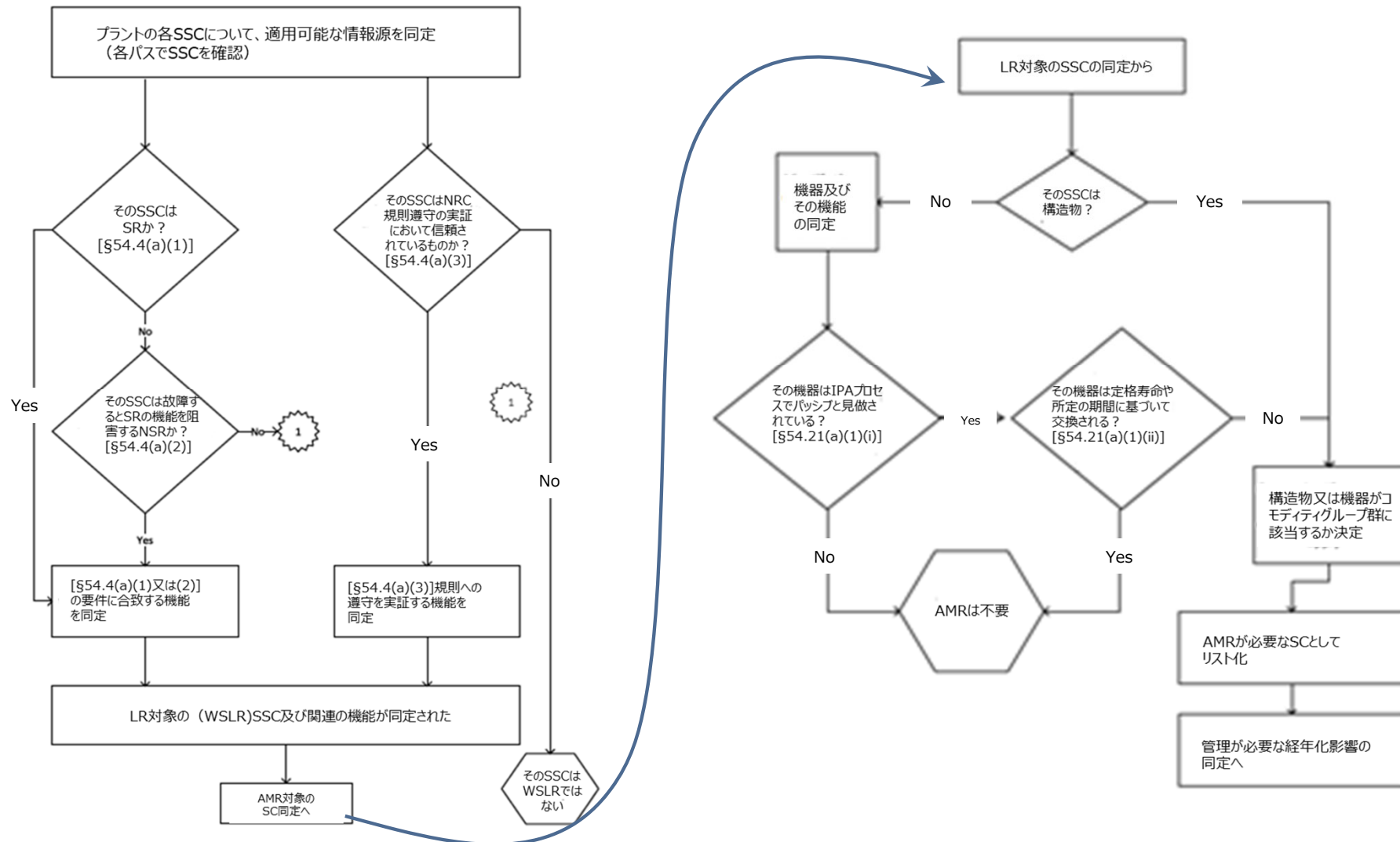
- ➔ 静的で長寿命のSCはAMRの対象
- ・ 寿命や交換期間に厳密な定義はないが、性能や状態に基づいて交換されるものはAMR対象

＜スクリーニングに係る具体的なガイダンス例＞

- ✓ 消費財のパッキンやシーラント等は機器等と一体との扱いで原則として対象だが、潤滑油・消火器等は対象外
- ✓ 複数機能を持つSCは、各機能について考慮が必要

1.2 米国 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：対象SSCの考え方と経年化管理レビュー（AMR）



審査対象SSC（意図された機能）の同定とAMR対象スクリーニングの流れ

出所) NEI 17-01、「2度目の認可更新のための10 CFR Part 54要件実施のための産業界ガイドライン」

1.2 米国 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：60年運転（LR）と80年運転（SLR）

- Part 54規則レベルでの認可更新要件はLRもSLRも同じ（審査プロセスもほぼ同じ）
- SRPでもSLRの審査枠組みに大きな差異はないが、GALL-SLRでは多くのAMR、AMPが追加・変更・削除などされ、SSCレベルでの審査対象は変更
- GALL-SLRとSRP-SLRにおける変更点の技術的根拠は、NUREG-2221として公表

SRP-SLRにおけるLR版からの主な変更点

- SRP-SLR序文において、SLRに適用される特別な規定は採用しなかったことを明記
- SRP-SLRでは、埋設配管・タンクに係る勧告や各種蒸気発生器部品の経年化管理ガイダンスなど、2011～2016年にかけてNRCスタッフが暫定指針として発行したGALL-SLRへの変更を織込み
- 「加圧熱衝撃事象の防護のための破壊靱性要件の代替」規則（§50.61a）への参照を追加（§54.4(a)(3)では§50.61とのみ規定）
- テックスベック変更に係る指針を章として追加
- その他、説明の追加、項目や章の移動、新規・修正・削除等のLR→SLRの比較情報を追加など

GALL-SLRにおけるLR版からの主な変更点

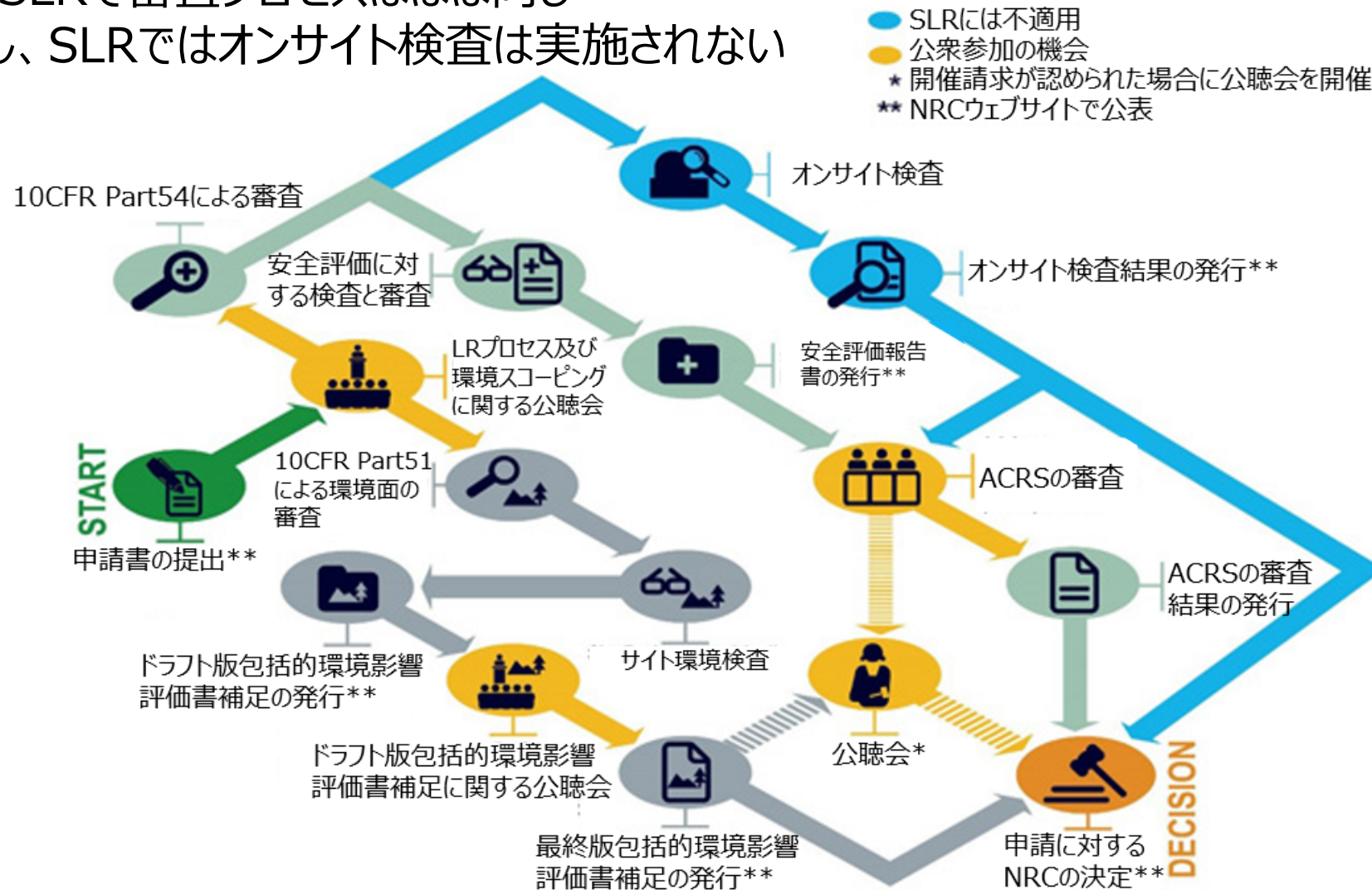
- 各AMRにおける物質／環境／経年影響／プログラムの組合せ、及び追加的評価の必要性の勧告が再評価され、多くの項目で追加、変更、削除
- GALL-SLRでは、各AMRについて以下の区分でLRからの変更状況を明示
 - ① 物質／環境／経年影響／プログラムの組合せ、追加的評価の勧告に変更無し
 - ② GALL-SLRで新しく追加されたAMR（GALL-LRの同様の項目と明確な関係なし）
 - ③ 物質／環境／経年影響／プログラムの組合せ、追加的評価の勧告に変更あり（GALL-LRの同様の項目と明確な関係あり）
 - ④ AMRに変更があるが、表現上／マイナーな変更のみ
 - ⑤ GALL-SLRで削除されたAMR

出所) 10 CFR Part 54, NRC, "Technical Bases for Changes in the Subsequent License Renewal Guidance Documents NUREG-2191 and NUREG-2192", NUREG-2221, December 2017]

1.2 米国 長期運転に関する調査

④ 審査事項及び審査基準：LR、SLRの審査プロセス

- LR、SLRで審査プロセスはほぼ同じ
- ただし、SLRではオンサイト検査は実施されない



LR、SLRの審査プロセス

出所) NRC, "Backgrounder on Reactor License Renewal"から引用

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：NRC規則における更新ライセンス発給基準

- 経年化による影響への対応と環境影響等の確認により、認可更新を承認（§54.29）（更新ライセンスを発給）

経年化の影響

①対象構造物・コンポーネントの経年化影響の管理、②期間限定経年化解析（TLAA）で同定された事項に関して、活動が同定・実施され、以下について合理的な保証がある

- ・ 認可更新での承認事項が今後もCLBに沿って継続的行われ、
- ・ CLBへのいかなる変更も原子力法・NRC規則に適合する

審査事項		審査基準
I P A	対象SSCの同定	§54.4（意図された機能の維持が信頼されているSSC等）
	AMR対象のSCの同定	§54.21（「静的・長寿命」のSC等）
	経年化影響の管理	SCの意図された機能が延長期間を通じてCLB適合を維持
TLAAの同定と再評価		対象TLAAリストが提供され、延長期間を通じての有効性が実証される

更新ライセンス発給

申請期間又は20年を限度として、NRCが適切と認める期間について発給

環境への影響、など

NRC環境防護規則（10 CFR Part 51）の要件を満足
その他、管理的情報、最終安全解析報告書（FSAR）補足

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：IPAと経年化管理レビュー（AMR）

- 対象SCについて、「意図された機能が延長期間を通じてCLB適合を維持するよう、経年化の影響が適切に管理されること」をレビュー（§54.21(a)(3)）
 - ➔ SCに関連する全プログラム／活動について、経年化影響の管理を含むかレビュー
- 経年化管理プログラム（AMP）では、10のプログラム要素について評価が必要

LR申請の中核となるIPAで経年化影響を管理

AMRは2段階で実施

- ① 「管理が必要となる経年化影響」（AERM）の同定・評価
- ② 経年化影響の管理のためのAMPの同定

経年化影響が適切に管理されることを実証

AMPを10のプログラム要素について評価

- GALL-LR/SLRの参照
 - GALLで承認のAMPと一致
 - GALL承認のAMPを強化／例外正当化
- プラント固有の評価
- 以前にNRC承認済のAMPの審査結果を参照

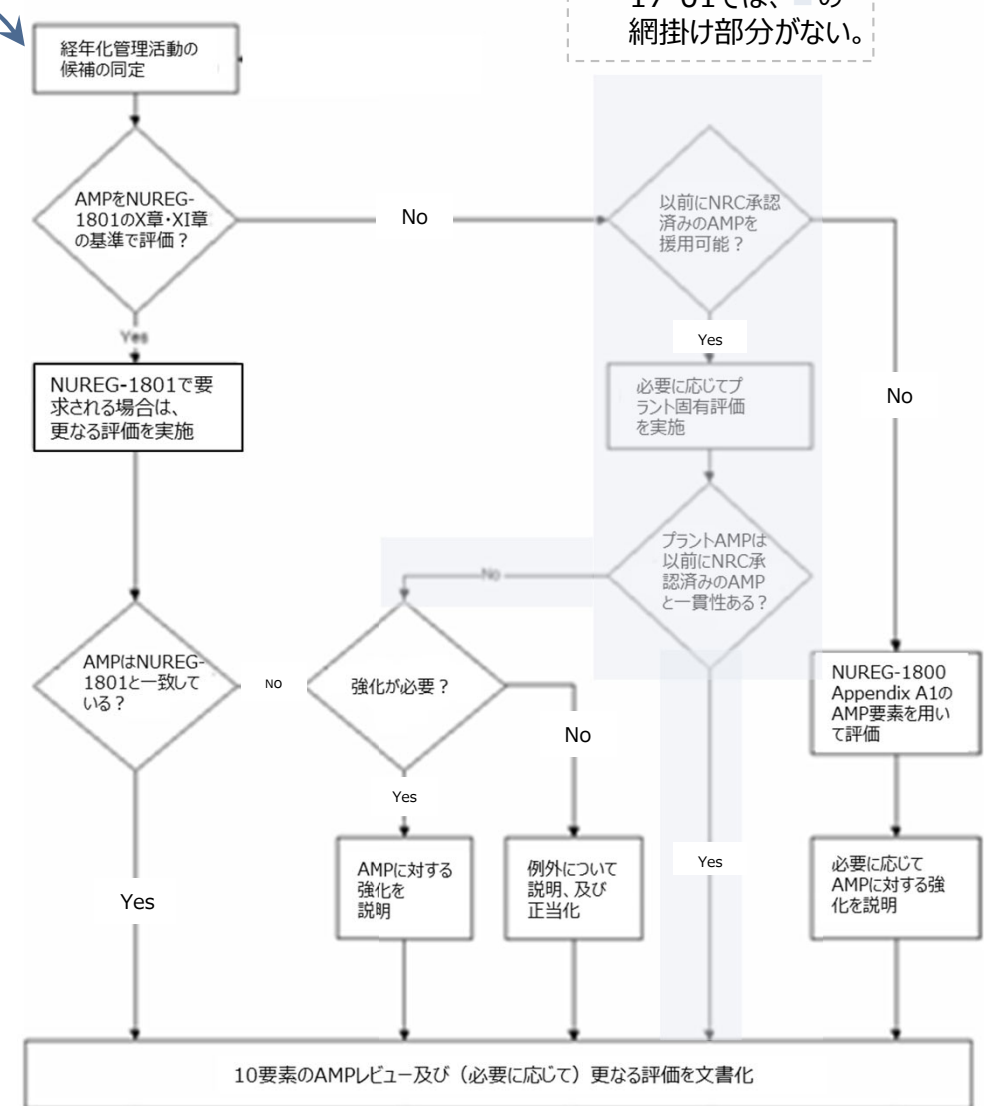
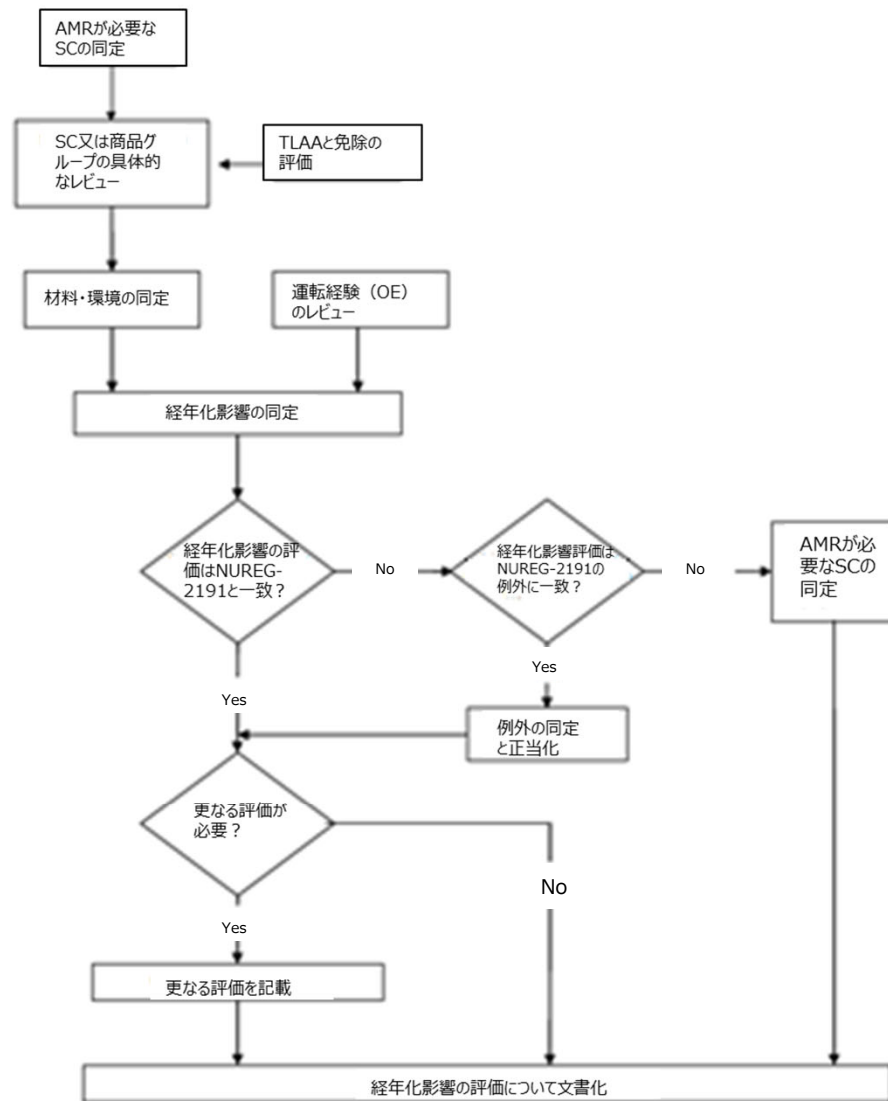
AMPのプログラム要素

1. 活動の範囲（スコープ）
2. 防止活動
3. モニタリング又は検査されるパラメータ
4. 経年化影響の検知
5. モニタリング及びトレンドイング
6. 許容基準
7. 是正活動
8. 確認プロセス
9. 運営管理
10. 運転経験

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準：IPAと経年化管理レビュー（AMR）

※SLRを扱うNEI
17-01では、■の
網掛け部分がない。



経年化管理レビュー（AMR）の流れ

出所） NEI 95-10 から引用（NEI 17-01情報を基に一部補足）

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準：GALL-LR/SLRを基準としたAMPレビュー

- AMPがGALL-LR/SLRと一致することを示すことにより、経年化管理を実証
- GALL-LR/SLRでは、AMP約50件について適切に経年化管理が可能との評価を提示
- GALL-LR/SLRは、LR/SLRに向けて強化／新規追加が必要なAMPも提示

審査事項	審査基準
10プログラム要素が、GALL-LR/SLR掲載のプログラムと一致し、適用可能か	• 10プログラム要素の各々についてGALL報告書の参照が承認されれば、当該AMPの審査は終了（承認） ➢ プラントにおける条件及び運転経験が、GALL掲載AMPの範囲内にあることの実証が必要 ➢ 「一致」の判断には工学判断も可能だが、異論があり得る場合は差異の同定・記載が必要 ➢ GALL報告書で更なる評価が勧告されている場合は、評価結果の検証が必要 • GALL掲載AMPと差異がある場合、GALLの例外として正当性の実証が必要（他プログラム要素も考慮すれば経年化影響が適切に管理される、など） • GALL評価における境界条件を満足できない場合は、AMP強化が必要 • GALL掲載AMPの勧告を満たすためにはプログラムの強化が必要な場合、AMPの範囲を拡張することも可能 ➢ 特定の経年化影響にステップ追加、必要作業の頻度変更、特別検査の実施、設備更新など • GALL報告書掲載のAMPは、経年化影響管理の一手法を示したものであり、申請者は他の手法によることも可能

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準：GALL-LR/SLRを基準としたAMPレビュー（例）

■ 「原子炉容器・炉内構造物・原子炉冷却系の経年化管理」のSRP記載概要

	審査事項	審査基準
A M R	<GALL準拠> ・ AMRのGALLとの一致	・ 申請書のAMRがGALLの記述と一貫性があるか
	<GALLで更なる評価が必要> ・ GALL準拠部分のGALLとの一致 ・ 要評価部分について、§54.21要件の満足	・ GALLの記述準拠のAMRについて、GALLの記述と一貫性があるか ・ 更なる評価については、累積疲労、中性子照射脆化による破壊靱性喪失、応力腐食割れなど15（SLRでは18）の経年化影響毎に、TLAA評価、又はSRP添付Aの一般的スタッフ見解・指針に基づいて審査
	<GALLと不一致> ・ §54.21要件の満足	・ SRP添付Aの一般的スタッフ見解・指針に基づいて審査
A M P	<GALL準拠> ・ AMPのGALLとの一致	・ 申請するAMPがGALLの記述と一貫性があるか
	<GALLから逸脱> ・ §54.21(a)(3)要件の満足	・ プログラム要素のGALL逸脱があっても§54.21(a)(3)適合の根拠が示されているか
	<プログラム強化でGALL準拠]> ・ AMPのGALL準拠	・ 既存AMPを強化することでGALLへの準拠が確認されるか ・ 延長運転期間前のAMP強化実施がFSAR補足で確約されているか
	<プラント固有のAMP> ・ §54.21要件の満足	・ SRP添付Aの一般的スタッフ見解・指針に基づいて審査

注）SRPでは他に工学的安全特性、補助系、蒸気・熱転換系、格納容器・構造物・機器支援、電気・計装について審査指針を示しているが、審査基準において関連する経年化影響／メカニズムとは別に具体的な記載があるのは「GALLで更なる評価が必要」のみで、他の項目は上記とほとんど同じ内容が示されている。

出所）SRP-LR、SRP-SLR

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準：プラント固有のAMPレビュー

- GALL-LR/SLRと異なるプラント固有のAMPも、経年化影響管理が適切であれば承認
- プラント固有のAMPは、10プログラム要素について審査

審査事項	審査基準（プログラム要素別）*	
・ 対象SCの機能に対するAMPが同定・実施され、意図された機能が延長運転期間を通じて、CLBと一貫して維持されるよう、経年化の影響が適切に管理されること ・ 10プログラム要素について審査	1.活動の範囲（スコープ）	認可更新に必要な具体的なプログラムを同定し、プログラム範囲には経年化管理する具体的なSCを含む
	2.防止活動	示したプログラムの活動が、経年劣化を緩和／防止できる
	3. モニタリング又は検査されるパラメータ	管理対象の経年化影響を同定し、当該パラメータの監視がどのように経年化管理の確実化に繋がるかを示す
	4. 経年化影響の検知	SCの意図した機能の喪失前に、どのように劣化等を検知できるか／劣化等を防止・緩和できるか
	5. モニタリング及びトレンドニング	遅滞なく是正／緩和活動が行えるよう、収集されたデータをどのように評価し、劣化進行を予想するか
	6. 受容基準	是正活動の必要性を評価する定量・定性的受容基準は、意図された機能のCLB適合維持を確実に図れるか
	7. 是正活動	活動が詳細に示され、根本原因判定を含めタイムリーか
	8. 確認プロセス	防止活動、是正活動の適切性を担保するプロセスか
	9. 運営管理	全AMPに、公式のレビュー・承認プロセスを持つ管理体制
	10. 運転経験	AMP有効性の確認に繋がる運転経験レビュー（固有・業界大）への将来的コミットに客観的証拠があるか

*SRPでは、審査基準としてより詳細な指針が示されているが、ここでは代表的なポイントのみ抽出

出所) SRP-LR

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：期間限定経年化解析（TLAA）

- CLB内のTLAAを同定、再評価し、延長運転期間における有効性を審査
- 現在有効な免除についても、TLAA再評価が必要

審査事項	審査基準
CLBに含まれる／参照されているTLAAが同定され、経年化への影響が適切に管理されるか	以下が実証されることが必要 ・ 当該TLAAは、延長運転期間を通じて解析が有効か ・ 解析は、延長運転期間の終わりまで想定が行われているか ・ 意図された機能への経年化の影響は、延長運転期間を通じて適切に管理されるか

TLAAに基づく「免除」についても再評価、延長運転期間における継続の正当化が必要

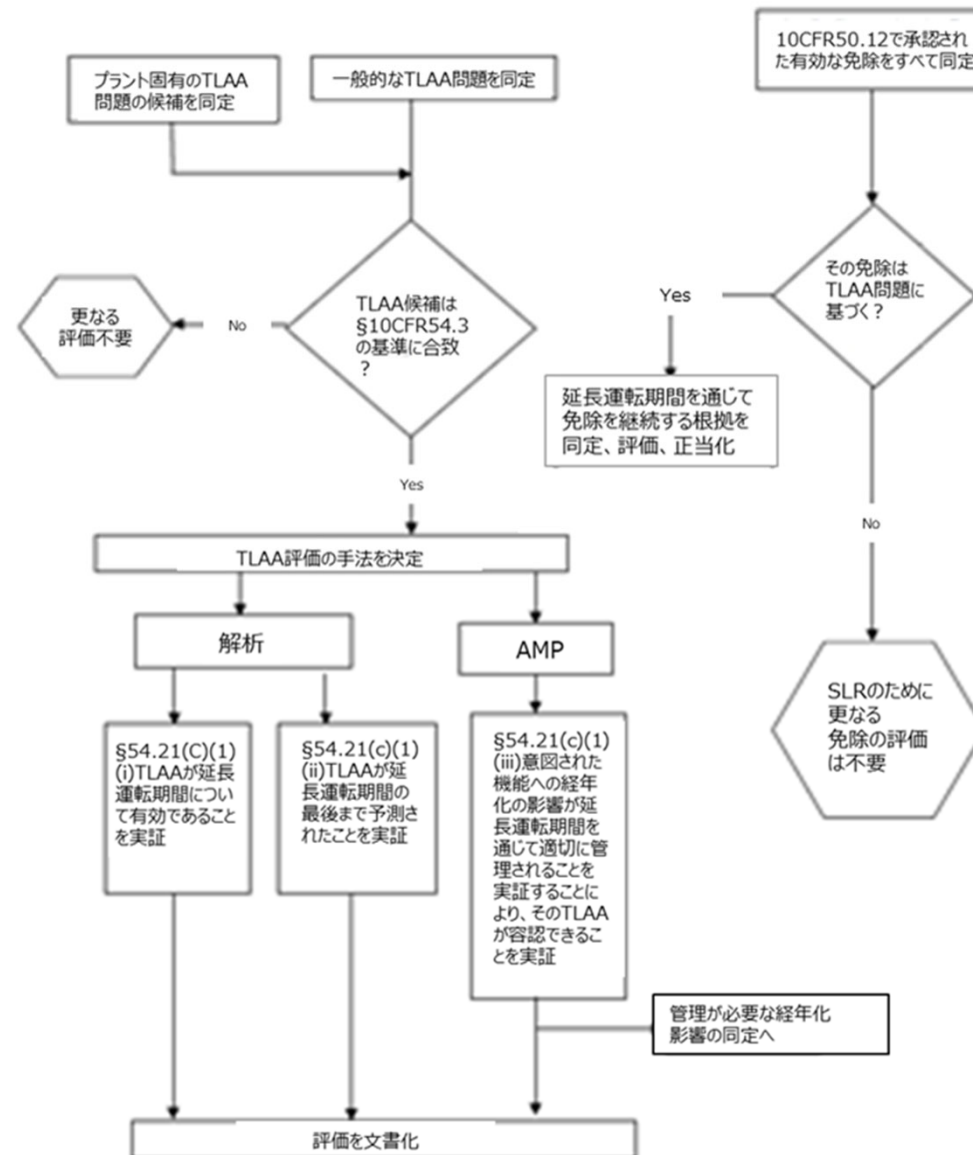
- ・ 10 CFR §50.12で承認され、現在も有効な免除で、TLAAに基づくものについて、リスト提出が必要
- ・ TLAAに基づく免除は、上記3点を実証し、延長運転期間を通じての免除継続を正当化する評価が必要

TLAA：以下に該当する許認可保有者による計算・解析

- ① §54.4(a)で定義される認可更新の範囲に該当する系統、構造物及び機器を含む
- ② 経年化の影響を検討する
- ③ 例えば40年など、現行の運転期間で定義される時間を限定した仮定を含む
- ④ 許認可保有者が安全性の決定を行うために関連すると判断した
- ⑤ SSCが§54.4(b)に示された意図された機能を果たすための能力に関する結論を含む、又は結論の基盤を提供する
- ⑥ CLBに含まれている、あるいは参照により組み込まれている

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準：期間限定経年化解析（TLAA）



※当初の認可更新ガイダンスであるNEI 95-10では、免除がTLAAに基づくと判断された場合は左側のTLAA再評価の流れに繋がる形となっていた。

期間限定経年化解析（TLAA）及び免除の再評価

出所） NEI 17-01 から引用（一部NEI 95-10から補足）

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：米国の認可更新の概況

- 米国ではほとんどのプラントが、認可更新を取得済
- 一部プラントは州等の介入で審査が長期化・難航したが、NRCでの更新否認はなし

<最初の認可更新>

区分	基数
認可更新を申請	97
認可更新が承認	94
申請取下げ	3
延長運転期間入り	53
申請予定*	3

<SLR>

区分	基数
認可更新を申請	6
認可更新が承認	4
申請予定*	5**

* NRCに申請意思を書簡で表明した基数

**1カ所のプラントは匿名で詳細情報開示がなく基数も不明だが、ここでは2基としてカウントしている。

- 米国では、1990年代終わりに最初の数基のLR審査が進められる中で、既存プログラムのほとんどがLR後も有効と評価されることを確認
- 産業界の要求も寄せられる中、既存プログラムの一般的評価とその技術的根拠をまとめたGALLをガイダンス文書として発行
 - 既存プログラムの多くは、認可更新後も変更なく、経年化影響を適切に管理できることが示唆
 - 一部の領域にはプログラムの強化が必要と勧告
- 既存プログラムの有効性は、40年超運転に入ったプラントでのAMP有効性監査でも確認
(ギネー (PWR)、ナインマイルポイント (BWR))
- 州政府がLRに反対したプラントでは、LR断念や早期閉鎖となった例もあるが、NRCはLRを承認

NRCのLR審査では、LR承認後（通常は延長運転期間に入る前）にNRCスタッフによる現地検査が実施され、結果はウェブサイトで公表

出所) NRCウェブサイト情報 (“Status of Initial License Renewal Applications and Industry Initiatives”, “Status of Subsequent License Renewal Applications”)、NRC “Backgrounder on Reactor License Renewal” (2018/1)、NRC, SECY-99-148(1999/6/3)、NRC “Summary of Aging Management Program Effectiveness Audits”, May 2013

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組：事業者大の取組とLR規制効率化の流れ

- 米国の事業者は、DOEやEPRIの参画も得て、先行プラント及び産業大での知見をベースに産業界指針を策定するなどの取組を進める
- 1990年代初頭のNRC認可更新規則検討時から、産業界側も一連の技術的報告書をまとめるなどして、効率的規制を要求し、実現させる

1991年：認可更新規則発行

- 1980年代から、20年間の運転延長に向けて官民で経年劣化研究活動
- NRCも1985年には原子力プラント経年化研究（NPAR）プログラムプランを策定し取組
- 産業界は原子力プラント寿命延長委員会（NUPLEX）を設置し、DOE資金を得て2プラントでパイロット研究
- 産業界要求も受け、NRCは1991年12月に認可更新規則（10CFR Part 54）を発行

1995年：認可更新規則全面改定（審査対象SCの大幅減など実現）

- Part 54規則の発行後、NRCがガイダンス文書を策定する中で、産業界は技術的報告書をまとめるなどして効率的規制を要求
- 1995年には規則が全面改定され、静的・長寿命SCへの焦点化など審査範囲が大幅縮小、効率化
- 先行プラントでの準備で得られた知見をベースに産業界指針（NEI 95-10）が策定され、NRCも承認
- NRCは、NEIの認可更新実証プログラム（LRDP）に参加してNEI 95-10の有効性を評価

2001年：GALL等の指針整備（蓄積知見を踏まえ効率化）

- 先行プラントの審査が開始され、既存プログラムの有効性が明確化し、産業界は審査対象の更なる縮小等を要求
- NRCは、産業界の技術報告書も含めた知見を集約し、GALLを核に据えたガイダンス文書を策定
- SLRにおいても産業界は、ロードマップの提示、先行プラントでの知見蓄積、NEI 17-01のNRC承認を得て、主導的な取組

EPRIは、DOEとの共同研究も含め、材料劣化マトリクス整備など経年化の研究活動で産業界を支援

出所） NRC “Backgrounder on Reactor License Renewal”（2018/1）、NRC, SECY-99-148(1999/6/3)、NEI, SLRのロードマップ（2015年5月）

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組：LR効率化のための産業界指針策定 1

- LR規則の効率化が実現し、先行プラントのLR申請が迫る中で、産業界指針（NEI 95-10）を策定
- 同指針の有効性実証のためのLR実証プログラム（LRDP）等を通じて、NRCによるNEI 95-10エンドース、審査の効率化を実現

取組の名称	産業界指針（NEI 95-10）の策定、及びLR実証プログラム（LRDP）の実施
実施者	原子力協会（NEI）
実施時期	1995年～2000年（その後も必要に応じて指針の改定を実施）
背景	1995年に、産業界の要求も受けて大幅な効率化に繋がるLR規則改定が実現し、規則実施のガイダンス文書の検討がNRC、産業界で開始された。1991年制定の保守規則（§50.65）が1996年に施行されることもあり、経年化管理の知見が蓄積されるとともに、保守規則との重複懸念、事業者既存プログラムのLRにおける有効性の認識も高まっていた。産業界は保守規則の実施指針（NUMARC 93-01）も策定し、NRCのエンドースを得ていた。
取組の概要	改定LR規則の発行後、NRCのガイダンス文書策定と並行して、NEIは産業界指針の策定に着手し、1995年8月にドラフト初版をNRCに提出後、ほぼ毎週NRCとの協議が公開会議で行われ、1996年3月にNRC合意版となるNEI 95-10 Rev.0が策定、提出された。 NEIは、NEI 95-10のエンドースをNRCから得るため、指針の有効性を実証する取組としてLRDPを実施した。LRDPには全原子炉型式を網羅する形で6サイトが自発的に参加し、NEI 95-10に従ってLR申請書を含むLRプログラムが策定された。LRDPにおける知見獲得の重要性はNRCも共有しており、NRCスタッフによるサイト訪問、評価が行われた。 既存プログラムの有効性を主張する産業界の取組は、最終的にGALL策定へと繋がった。

出所）NRC NUREG-1568, NRC SECY-96-059, SECY-97-118, SECY-99-148, SRM-SECY-99-148,

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組：LR効率化のための産業界指針策定 2

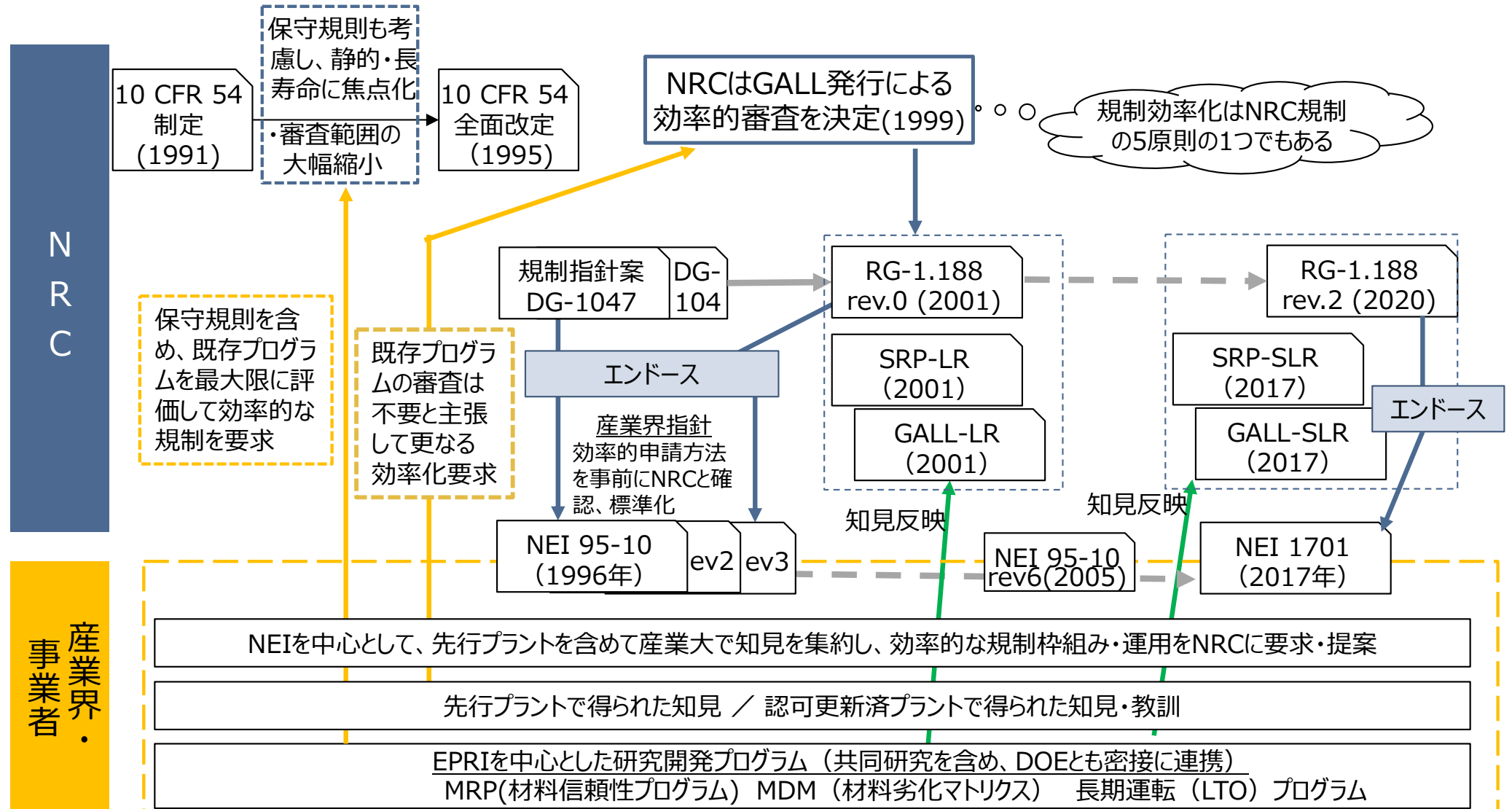
取組の主な成果	NEI 95-10は、LR対象のSSC・機能の同定、AMR対象SCの同定、経年化影響の管理の保証、TLAAの同定・解決、申請書の様式・内容、記録など、LR申請に係るガイダンスを網羅した上で、典型的SSCや動的／静的の判断等を示す添付資料も含む指針として発行された。一方、同指針を実証するプログラムのLRDPについては、NRCスタッフの5サイト訪問を含めた検証が1996年3月から8月にかけて実施された。NRCは対象SSC・機能の同定などは概ね良好としたものの、一部AMPの問題、AMP有効性の実証の問題など、改善すべき懸念点が指摘された。 LRDPでの検証を経て、NEI 95-10のエンドースを提案するドラフト規制指針（DG-1047）の最終化に向けたコメント募集が行われたが、産業界・事業者はNRCのアプローチに異議を唱えてNRCと見解の一致に至らず、ドラフト状態の指針をベースに実機のLR審査を進め、更に実機での経験を蓄積した上で指針の最終化が図られることとなった。 既存プログラムの再審査は不要との産業界の主張、先行プラントLR審査で得られた知見などにより、1999年8月、GALLを策定して既存プログラムの有効性を最大限に認識する方針が、NRCで決定された。このNRC方針を受け、産業界はNEI 95-10を改定し、2000年1月にRev.1版を策定し、翌2001年に正式にNRCにエンドースされた。
成果の活用状況	事業者の既存プログラムの有効性を最大限に認識するLR規制枠組みがNRCで確立され、2001年7月のRG-1.188発行、GALL及びGALLを前提としたSRPの策定に繋がった。 LR申請プラントの増加、研究開発活動による知見更新を反映してGALL及びNEI 95-10は更新されているが、LR審査に係る基本枠組みは変わっておらず、NEI 95-10は100基近くのプラントのLR申請を支える指針として活用されている。

出所) NRC, "License Renewal Demonstration Program: NRC Observations and Lessons Learned" (NUREG-1568), NRC SECY-96-059から作成,

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組：事業者・産業界の取組と規制効率化

- NEIを中心とした産業界の継続的な取組もあり、LR規制の枠組みは段階的に効率化



*NEI 17-01を暫定承認したNRC暫定指針(ISG)等は省略している

出所) NRC SECY-99-148 (1999/6/3), RG-1.188 rev2, NEI, SLRのロードマップ(2015/5)等の情報を基にMRA作成

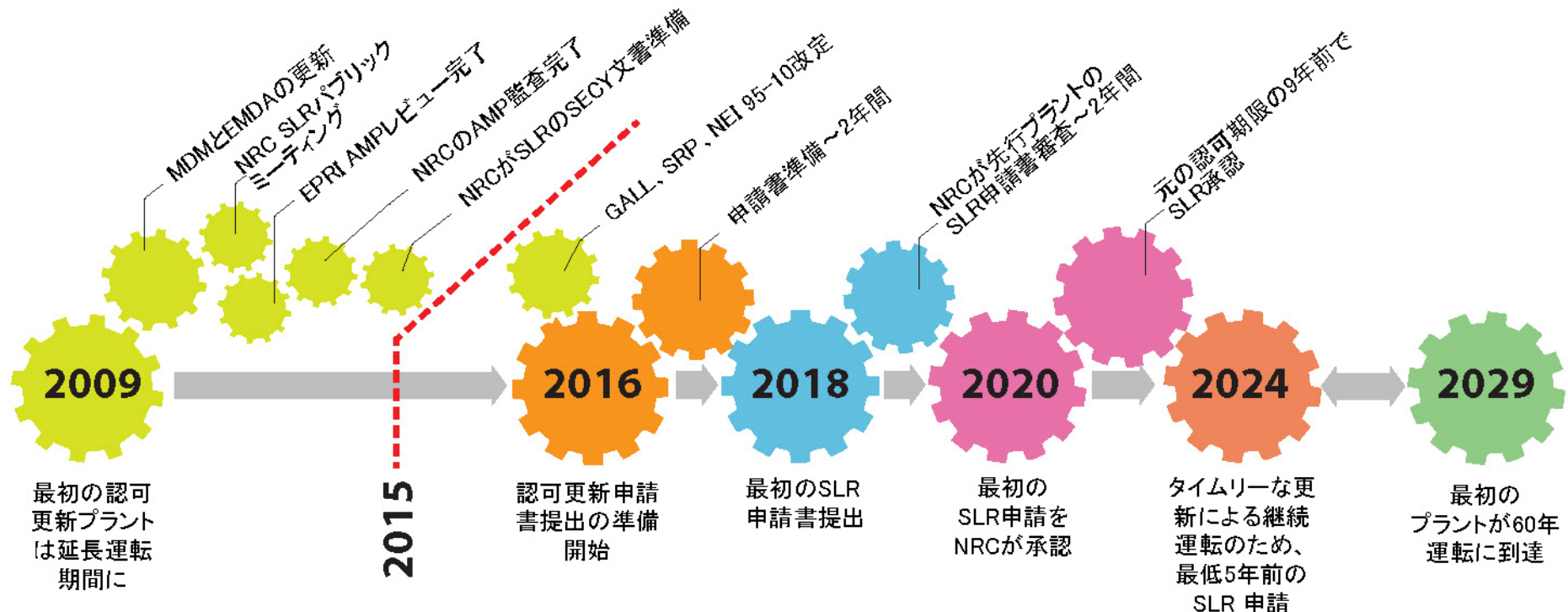
1.2 米国 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組：SLRに向けた取組み

- 産業界を代表するNEIは2015年5月、60年超運転に向けて、NRCやDOEの活動等も含めてロードマップを策定し、先行プラントのSLR実現を支援
- 産業界のEPRIや原子力発電運転協会（INPO）も、長期運転を支える技術研究、知見を提供している

SLRに向けた計画

SLRに必要な規制変更／AMPを支援する材料知識の状態／材料の経年化影響を同定・管理・緩和するプログラム・プロセス を評価、
SLRを支援する産業界組織・構造の構築、先行SLR申請書の策定・承認への支援提供



出所) NEI, SLRのロードマップ (2015年5月) から引用,

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組 : SLRに向けた取組み-2

NEIロードマップで示されたSLRへのロードマップ項目 (2015年5月)

No.	ロードマップ項目	責任者	状態
1	60～80年の材料劣化マトリクスの改定	EPRI	完了
2	長期運転での材料安全確保を支援する研究開発プロジェクトの評価を完了	EPRI	完了
3	SLRへの意見聴取のためのパブリックミーティング開催	NRC	完了
4	SLRへの知見を得るためAMPの有効性監査を実施	NRC	完了
5	SLRの責任者ワーキンググループをNEIに設置	NEI	完了
6	長期運転のための最新の材料知識を反映すべく拡張材料劣化評価を改定	NRC	完了
7	国際的な定期安全審査の許認可研究の成果公表	NRC	完了
8	SLRのための重大な研究ギャップを同定するため長期運転の問題追跡テーブル更新	EPRI/産業界	完了
9	INPOの運転経験プロセスを更新して経年化管理データを支援し、NEI指針として文書化	NEI/INPO/産業界	進行中
10	標準化されたAMPの有効性自己評価のNEI指針を策定	NEI/産業界	完了
11	NRCのSRP及びGALLレポートの改定プロセスに産業界の知見を提供	NEI/産業界	進行中
12	SLRのためSRP及びGALLレポートを改定	NRC	進行中
13	継続貯蔵の規則策定を完了	NRC	完了
14	PWR長期運転時の原子炉容器監視カプセルプログラムの開発	EPRI-MRP*	進行中
15	総合サーベイランスプログラムを60年から80年へと拡張	EPRI-BWRVIP**	進行中
16	NEI 95-10を改定	NEI/産業界	未着手
17	SLRのためEPRIの経年化管理ツールの更新必要性を評価	EPRI/産業界	未着手
18	SLRの先行プラント（1又は複数）を確認	NEI/産業界	進行中
19	先行プラントのSLR申請書の準備を支援	先行プラント	未着手
20	先行プラントのSLR申請書パッケージをNRCがレビューし、受理	NRC	未着手
21	先行プラントのSLRの承認	NRC	未着手

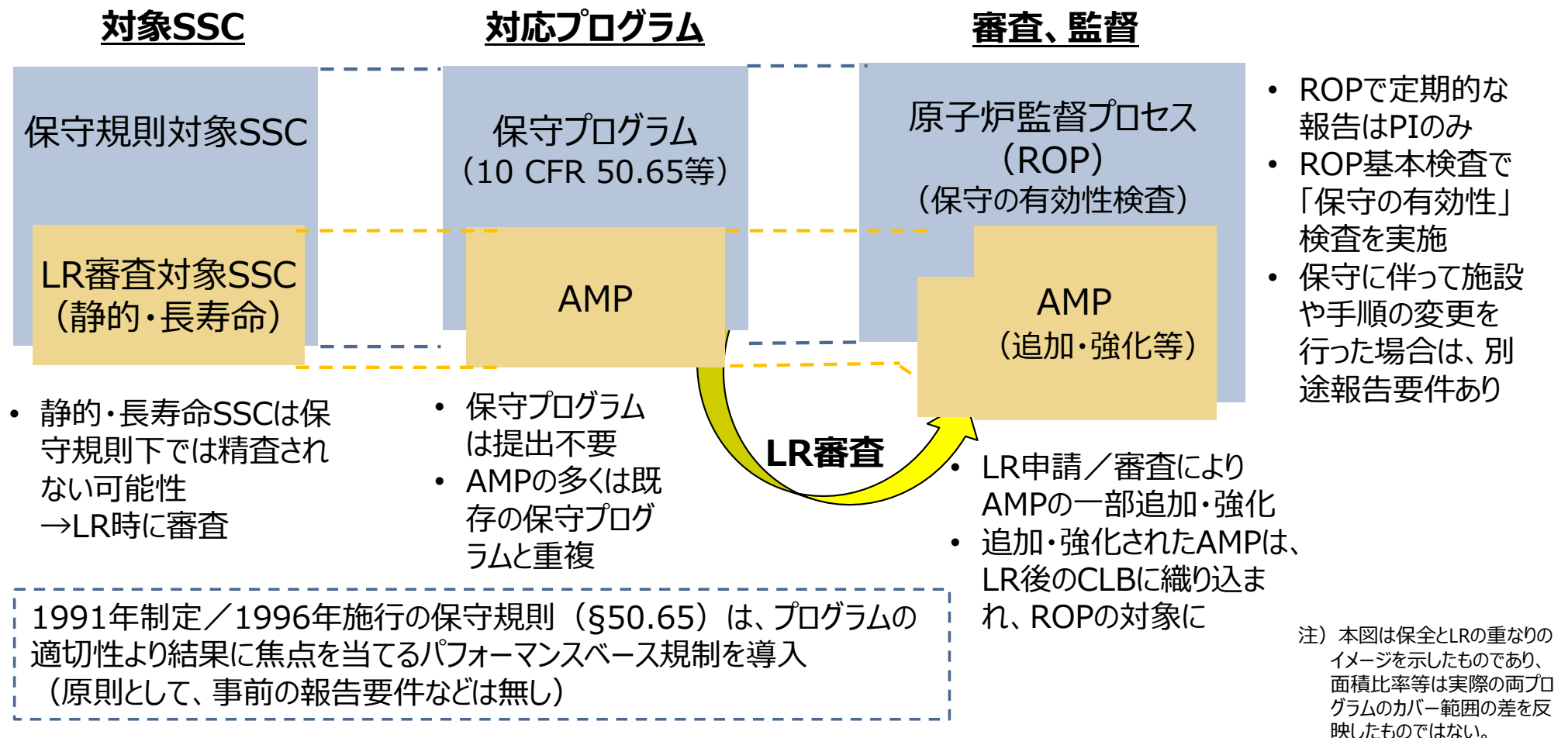
*MRP : EPRIの材料信頼性プログラム **BWRVIP : EPRIのBWR容器・炉内構造物プログラム

出所) NEI, SLRのロードマップ (2015年5月) より作成

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：保全に係る報告と長期運転の全体像

- 保全の要件を規定する保守規則（§50.65）では、特に長期運転に関する規定は無し
- 保全プログラムの多くは、対象となるSSCを含め、LR審査の対象となるAMPと重複
- LRによるAMP追加・変更も保全プログラムに反映

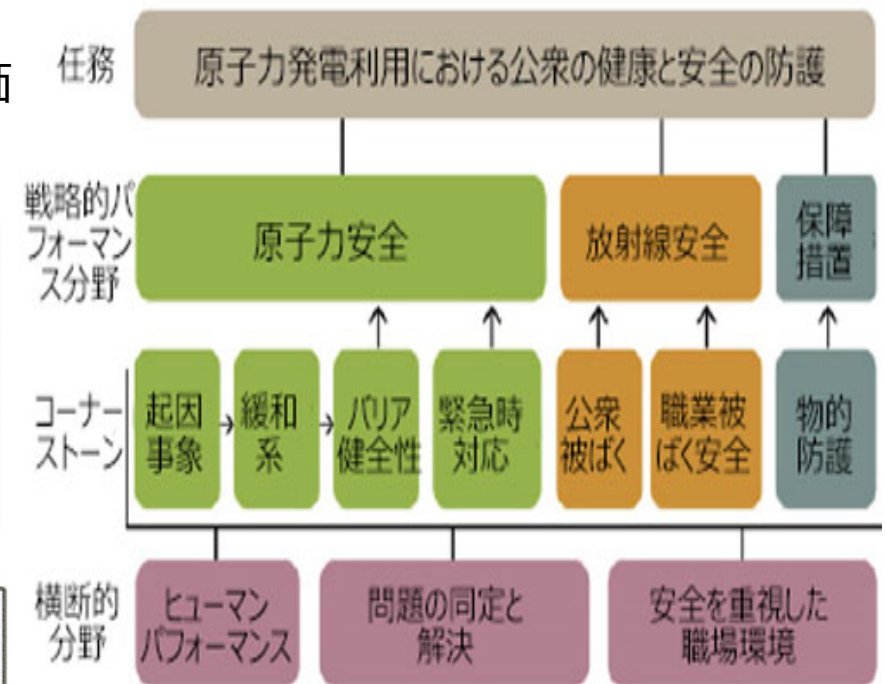
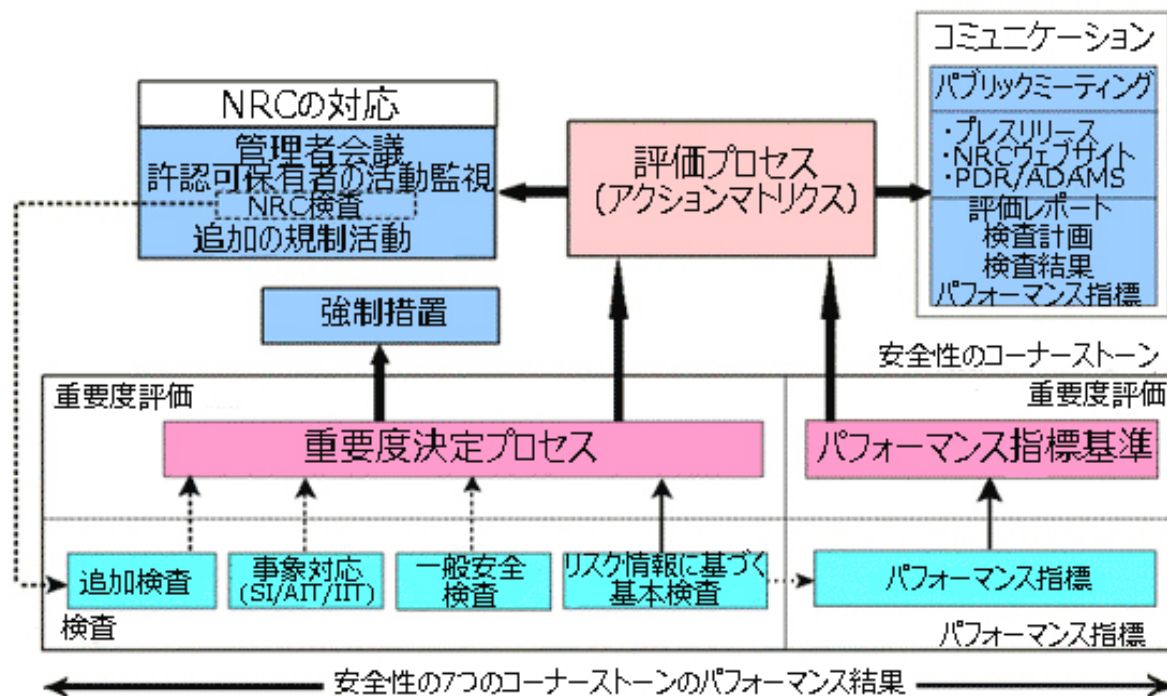


出所）10 CFR Part 50、10 CFR Part 54、連邦官報（60 FR 22461, 1995/5/8）、NRC検査手順書（IP 71111.12）、NRCウェブサイト情報（“ROP Framework”）を基に作成、

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：原子炉監視プロセス（ROP）と認可更新

- 米国ではパフォーマンスベースの保守規則（10 CFR §50.65）が制定
- 保守規則への適合、保全活動は、ROPの枠組みで監視
 - ・ 事業者は四半期毎にパフォーマンス指標（PI）を報告
 - ・ NRCは、基本検査等を実施して、PI非カバー領域や事業者が報告したPIの検証等を実施し、PIと併せてプラント評価
 - ・ 保守規則（§50.65）の実施状況等も基本検査で確認



出所) NRCウェブサイト情報 ("ROP Framework") より引用

ROP：安全目標達成のために重要な7つのコーナーストーン毎に、PIと検査プログラムによって監視

出所) NRC, RG-1.160, rev.4, NRCウェブサイト情報 ("ROP Framework") より作成

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：ROP枠組みでの報告と検査

- 保全活動の監督はROPの枠組みでパフォーマンスベースで行われており、四半期毎にPIを報告
- 保全活動を対象に含むROPのコーナーストーン／PIは下表の通りで、具体的な保全の状況の監視は別途基本検査でカバー

項目 (コーナーストーン)	報告PI
起因事象	・ 計画外スクラム ・ 計画外出力変動 ・ 複雑な計画外スクラム
事象緩和系	・ 安全系の機能不全 ・ 緊急時AC電源系 ・ 高圧注入系 ・ 熱除去系 ・ 余熱除去系 ・ 冷却水系
バリア健全性	・ 原子炉冷却系比放射能 ・ 原子炉冷却系漏洩

保全活動に係るROP基本検査 (IP 71111.12「保守の有効性」)
・ 事業者がSSCのパフォーマンスや状態に係る問題を適切に取り扱っているか確認 ・ 保守規則対象の構造物などPIでカバーされないSSCや、性能低下傾向のSSC、過酷環境に曝される静的・長寿命SSCなどに焦点を当て、8～10サンプル／年を詳細審査 ・ 問題の詳細審査後に、作業慣行や共通原因問題について評価 ・ 事業者によるSSC等の取扱いの評価とともに、信頼性と利用可能性の観点からSSCパフォーマンスを独立的に評価 ・ 静的・長寿命SSCの審査は、更新FSAR（UFSAR）におけるAMP要件に関する対応を評価 ・ 事業者の品質管理についても、1～2サンプル／年を審査 ・ LR後の延長運転期間にあるプラントでは、受容基準に適合していない静的・長寿命SSC等の経年化管理について審査

出所) NRCウェブサイト情報 (“ROP Framework”, “Performance Indicator Guidance”), NRC検査手順書 (IP 71111.12) から作成)

1.2 米国 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：保全に伴う設備変更等の報告

- 施設や手順の変更を伴う保全活動も一定の範囲でNRCの事前承認なしに実施可能
- 事前承認無しの施設変更等には、その評価に係る記録保持義務等を規定 (§50.59)

保守活動に伴う施設の変更等

- ・ 保守活動の実施に際しては、それによる増加リスクの評価と管理を事前に行うことが必要 (§50.65(a)(4))
- ・ ただし、保守活動による一時的変化が運転中プラントで90日以上継続する場合、又は元の状態に復帰しない場合は、保守規則ではなく§50.59に基づく変更としての取扱いが必要

§50.59「変更、試験、及び実験」に基づく施設の変更等

- ・ 許認可保有者は、テックスベック変更がなく、§50.59(c)(2)規定の所定リスク(下掲)の増加が最小限に留まる場合は、許認可の変更なしにUFSAR記載の施設や手順の変更を行うことが可能

許認可変更の
必要性の判断基準

事故発生／安全上重要なSSC故障の確率、それらの影響、従来と異なる種類の事故／安全上重要なSSC故障の発生可能性、核分裂生成物遮蔽に係る設計基準限度の超過・変更、従来のUFSARの評価手法からの逸脱

記録・報告事項	当局報告	説明
§50.59に基づく変更等（事前承認無し）	・ 都度の報告は不要だが、24カ月を超えない期間に記録の提出が必要	・ 当該変更等が、§50.59(c)(2)規定の8要件に該当しないとの判断の根拠を示す書面での評価が必要 ・ 変更の記録は、許認可が終了するまで保持が必要
§50.59で許認可変更が必要と判断された変更等（テックスベック変更を伴うものを含む）	・ 事前に許認可変更申請書の提出、承認が必要	・ §50.90に基づく許認可変更では、変更内容及びその技術・規制評価、テックスベック／運転認可の変更箇所明示、必要に応じて規制上のコミットメント等を含む申請書提出が必要

出所) 10 CFR Part 50、NEI 96-07 rev.1 (Guidelines for 10 CFR 50.59 Implementation)、NRC White Paper- 10 CFR 50.59(2015/2/25) から作成)

1 米国

1.1 基本情報

1.2 長期運転に関する調査

1.3 長期停止に関する調査

1.4 80年運転延長認可事例に関する調査

1.3 米国 長期停止に関する調査

①長期停止の位置づけ

- 運転認可の期間は発給から40年（暦年）を超えないことが法律で規定されているが、運転年数を制限するものではなく、長期停止期間の有無は認可期限に影響しない
- 長期停止は運転プラントの状態の一つで原則は同一の監督体制だが、検査面では長期停止に対応したマニュアルあり

項目	説明
規制図書における定義有無	• NRC規則では、長期停止プラントも運転認可の下で規制対応が取られており、法令では長期停止の定義は無し • ただし、運転プラントの監督に係る原子炉監督プロセス（ROP）では、6カ月以上の停止を「長期停止」（extended shutdown）とNRC検査マニュアルで定義
長期停止にかかる規制枠組	• NRC規則では長期停止に特化した枠組みはなく、運転プラントの枠内で規制 • 運転プラントのROPでは、性能上の問題以外での長期停止プラントについて、2011年に検査マニュアル（IMC-0375*）を策定
長期停止と運転年数カウントとの関係	• 1954年原子力法（§103）でライセンスの期間は「運転開始の承認から40年を超えない」と規定されているが、運転年数を規定したものではない • この認可期間には運転年数の概念はなく、長期停止は認可期限に影響しない • 40年間の始期は、当初は「ライセンス」発給（建設許可発給）からとされており、運転認可発給後の期間が30年未満のプラントもあった（2005年に改正）

* 2011年の発行当初の番号はIMC-0351

出所）NRC, "Power Reactors in Extended Shutdowns", PRM-50-114, 85 FR 12442, NRC検査マニュアル（IMC-0375, IMC-0351）、1954年原子力法

1.3 米国 長期停止に関する調査

②長期停止中に特別な保全を必要とする機器・構造物・システムのスクリーニング方法

- 長期停止中も基本的には運転認可の条件下で監督を受けており、プラントの状態に応じて検査減少など特別の検査計画を策定
- 基本的にはプラント状態に応じた対応であり、特別な保全を要するSSCの具体的規定はないが、運転準備態勢や機器の更新・メンテナンスなどの追加検査の可能性を指摘

項目	説明
根拠となる図書	・ 「性能に関係しない理由で長期停止状態にある原子炉施設の原子炉監督プロセスの実施」(IMC 0375、長期停止の検査マニュアル) ※ただし、SSCスクリーニングの特別な具体的な規定はない ・ 保全に係るNRC規則 (10 CFR §50.65「原子力発電所におけるメンテナンスの有効性のモニタリング要件」) は停止も含む全ての状態に適用される要件で、特に長期停止認可に係る特別な規制枠組みはない
スクリーニング方法	・ 検査についてはROP枠内での監督継続が原則だが、長期停止プラントの検査マニュアルも策定 (IMC 0375。性能上の問題で停止中の場合はIMC 0350)
長期停止中に要求される対応	・ プラント状況に応じて省略される検査もあり得るが、ROPのアクションマトリクスで該当する欄に対応する検査は実施が必要 ・ 検査を要する可能性がある領域としては、運営者の運転準備態勢の他、機器の更新・メンテナンス、手続更新、施設メンテナンス、是正措置の状態を指摘

出所) 10 CFR Part 50、IMC0375、及びNRC, "Power Reactors in Extended Shutdowns", PRM-50-114, 85 FR 12442から作成

1.3 米国 長期停止に関する調査

③規制法上の要求事項

- 法律及びNRC規則では長期停止の定義もなく、特別な要求事項の規定はなし
- 従って長期停止中も運転プラントと同じ規制枠組みでROPなど監督を受けるが、検査については長期停止プラントに係る検査マニュアルを発行

項目	説明
規制図書における定義有無 (再掲)	• NRC規則では、長期停止プラントも運転認可の下で規制対応が取られており、法令では長期停止の定義は無し • ただし、ROPでは、6カ月以上の停止を「長期停止」(extended shutdown) とNRC検査マニュアルで定義
要求事項 (監督体制)	• 規則レベルでは、停止状態にある運転プラントと要求事項は変わらず • 検査マニュアルでは長期停止についてマニュアルが発行され、プラント状態に応じた対応を基本としつつ、考慮事項などを指摘 • ROP枠組みでの監督が基本だが、複雑・重要な場合など検査の調整計画を策定 ➢ 調整計画では、再稼働前に解決を要する重大リスク問題、再稼働適否を判断可能な特別検査・監督活動、各活動の責任者について規定 ➢ 調整計画により、適切な検査計画や再稼働判断を支援する記録を担保、検査結果の参照と再稼働問題の状況追跡、新問題への対応、コミュニケーション計画等を策定 • 検査計画は、必要に応じて既存計画の修正、又は特別検査計画を策定 ➢ ROPでの監督は継続し、該当する範囲で性能指標 (PI) 報告等も必要 ➢ 検査計画は、必要に応じて、少なくとも四半期毎にレビュー・修正が必要 • NRCは、透明性確保などのためコミュニケーション計画策定を検討

出所) IMC0375、及びNRC, "Power Reactors in Extended Shutdowns", PRM-50-114, 85 FR 12442から作成

1.3 米国 長期停止に関する調査

④事業者及び事業者大組織自らの取組：ブラウンスフェリー1号機長期停止対応

- 1985年に停止したブラウンスフェリー1～3号機は、再稼働に向け事業者が提案した規制枠組みや再稼働計画等が承認され、最大22年の長期停止後に再稼働
- 1号機は安全性懸念解消後も事業者が再稼働を延期し、LR申請と同時進行での再稼働を提案し、大規模な機器交換・更新等を伴う再稼働計画を実施

事例名称	ブラウンスフェリー（BF）原子力発電所1号機（停止期間最長の1号機について報告）
運転者	テネシー渓谷開発公社（TVA）
停止期間	1985年3月～2007年5月（22年間） ※2・3号機も同時に停止し、それぞれ6年間/10年間停止後に再稼働
背景	1985年3月に安全性懸念から停止。NRCが1・3号機の再稼働を承認した後も、TVAは1号機の再稼働時期を延期し、特に長期にわたる停止に
取組の概要 （停止期間中の事業者 実施事項）	• TVAは2002年5月に5年間の再稼働計画を開始し、同12月には「1号機再稼働の規制枠組み」を提案 • TVAは2004年1月に3基のLR申請書を提出（2006年3月にNRC承認） • TVAは、30の特別プログラム、コミットメントや一般連絡文書等への対応・遵守、自己評価のほかINPOによる評価を含む運転準備態勢レビュー、連絡規程やテクニカル仕様の変更等を提案した上で、NRCの事前承認なしに再稼働は行わないことを確約 • 1号機は1985年停止のため、スリーマイルアイランド（TMI）事故で追加された要件を含め、未対応の要件が多く、多くの設計変更、系統の変更も実施 • LR申請も並行し、機器等の大幅な交換・更新・補修を伴う再稼働計画が提案された（21件の許認可変更、12件の軽減措置、3件の要件免除も申請）

出所）NRC, "Briefing on Browns Ferry Unit 1 Restart", 2007/1/10, TVA, "Browns Ferry Nuclear Plant – Unit 1 – Regulatory Framework for the Restart of Unit 1", 2002/12/13, IMC 2509, その他NRC Docket(50-259)資料から作成

1.3 米国 長期停止に関する調査

⑤規制当局の審査体系及び審査事項：ブラウンスフェリー事例を基にIMC策定

- 規則レベルで長期停止の規定はなく、基本は運転プラントの停止状態との位置付け
- 2011年に長期停止プラントの検査マニュアル（IMC 0375）が策定され、ROPによる監督継続が基本としつつ、プラント状態に応じた対応により、必要に応じて特別検査計画の策定などの考え方を設定

項目	説明
審査体系	- 長期停止も運転プラントの状態の一つであり、NRC規則（10 CFR Part 50）の運転中プラントに係る諸規定及び保守規則（§50.65）等が適用される - プラントの監督もROPが基本に位置付けられるが、長期停止プラントの検査マニュアル（IMC 0375）が策定され、プラント状態による検査項目の減少、必要に応じて特別検査計画の策定などの対応が取られる - IMC 0375は、ブラウンスフェリーの事例で得られた知見・教訓を基に策定
審査事項	- ROPのアクションマトリクス各欄に該当すれば対応する検査が実施され、性能指標（PI）の報告も必要 - 再稼働に向けた課題の解決が重要事項として掲げられ、検査を要する可能性がある領域としては、運営者の運転準備態勢の他、機器の更新・メンテナンス、手続更新、施設メンテナンス、是正措置の状態を指摘 - 既存の検査手順書（IP）にない独特の検査が必要な場合は、十分詳細な検査計画を作成するとともに、新規IP等の策定の必要性も検討

出所） IMC0375、及びNRC, “Power Reactors in Extended Shutdowns”, PRM-50-114, 85 FR 12442から作成

1.3 米国 長期停止に関する調査

⑤規制当局の審査体系及び審査事項：長期停止事例での対応：ブラウンスフェリー1号機の事例

- ブラウンスフェリー1号機の再稼働時には確立された規制上の枠組みはなく、NRCは専用の検査マニュアル（IMC 2509）を策定し、再稼働後6カ月までの監督を実施

項目	
プラント	ブラウンスフェリー1号機
長期停止事由	安全性、規制、管理上の問題から自発的に停止
停止期間	1985年3月～2007年5月（22年間） ※2・3号機も同時に停止し、それぞれ6年間/10年間停止後に再稼働した
停止期間中の対応	- 管理上の問題への是正対応等を求めたNRC書簡に応じて1986年に「パフォーマンスプラン」を提出し、その後の協議・対応を経て、1991年にNRCが2号機について是正対応を承認し、2号機は運転再開 1・3号機再稼働に向けた規制枠組みも1991年に提案され、NRC承認を経て3号機が1995年に再稼働し、NRCは翌年には1号機も問題プラントリストから除外したが、TVAは1号機再稼働を遅らせることを決定 - TVAは2002年、1号機再開に向けて規制枠組み改定版をNRCに提出し、再稼働プロジェクトがスタート - NRCは、TVA提案の規制枠組みを承認後、2003年に特別の検査マニュアル（IMC 2509）を発行し、再稼働～ROP移行に向けた検査・審査体制を確立

出所）出所）NRC, "Briefing on Browns Ferry Unit 1 Restart", 2007/1/10, TVA, "Browns Ferry Nuclear Plant – Unit 1 – Regulatory Framework for the Restart of Unit 1", 2002/12/13

1 米国

1.1 基本情報

1.2 長期運転に関する調査

1.3 長期停止に関する調査

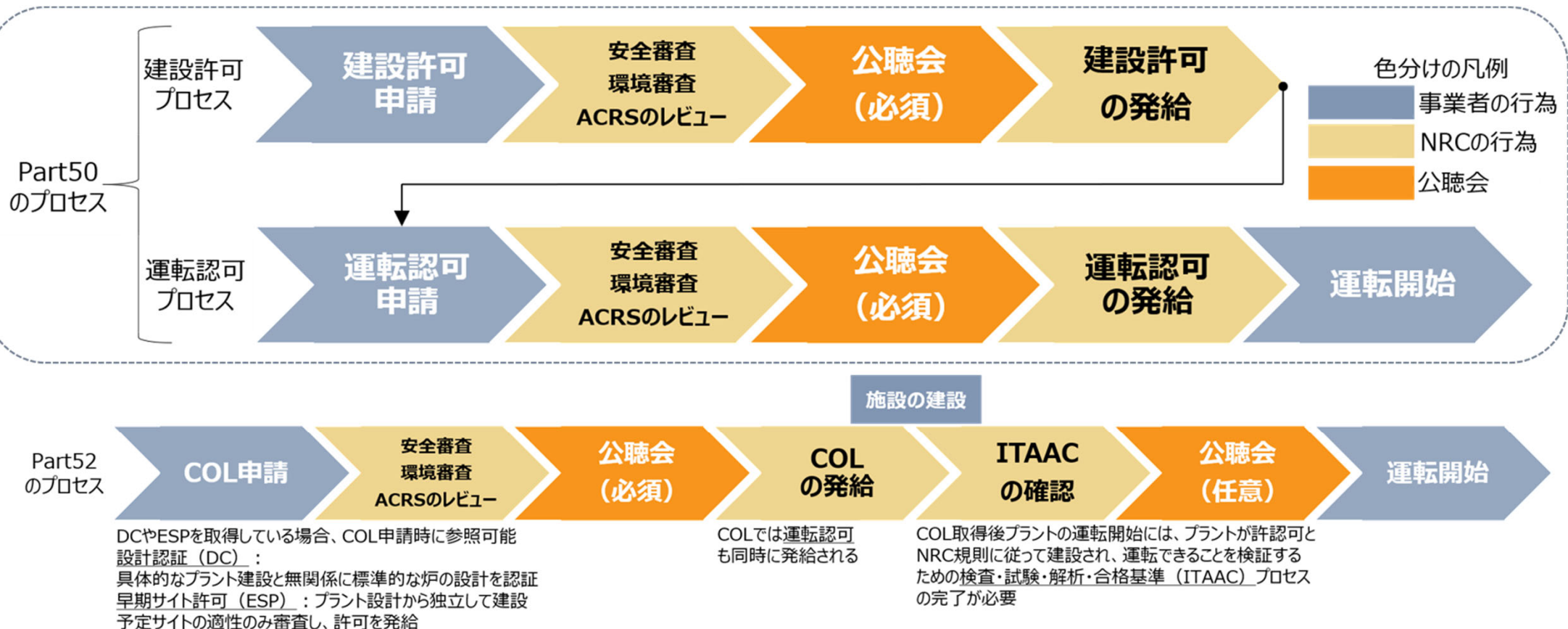
1.4 80年運転延長認可事例に関する調査

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

①米国における建設許可から運転認可までの流れ

i) 手続きのフロー

- 当初は、10 CFR Part 50規則により、建設許可と運転認可の二段階許認可
- 1989年に10 CFR Part 52で建設・運転一括許認可（COL）が導入
- COL導入の背景に、建設後に運転認可発給が難航する事例等の存在



10 CFR Part 50及び52による許認可プロセスフロー

出所) 10 CFR Part 50、52の規定を基にMRA作成

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

①米国における建設許可から運転認可までの流れ

ii) 安全解析書（SAR）の概要

- 二段階許認可の建設許可申請で予備的SAR（PSAR）、運転認可やCOLの申請では最終SAR（FSAR）の提出が必要
- LR、SLRの申請ではFSAR補足の提出が必要
- NRCはSRPを策定して、SARを審査

SARの概要

[SARの目的]

NRCの規制ガイド（RG1.70）では、SARの目的として以下を規定

- NRCに対してプラントの概要、用途、建設・運転が安全に行えるかの評価を伝える
- SARは申請者による安全評価の結論の根拠の理解に必要な情報を提示するための主要文書
- 許認可の発給やその根拠を示すためにNRCが参照する主要文書
- NRCの検査官が、建設や運転が許認可条件に従って実施されているかを決定する際に活用される基礎文書

[SARの記載事項]

- SARに記載すべき内容は、建設認可、運転許可申請については次スライドに整理
- LR、SLRでは、FSAR補足として、経年化管理プログラム/活動の記述、TLAAの評価の織込みが必要
（④長期運転に係る審査対象：NRC規則での規定（LR申請書に必要な内容）も参照）

[NRCによるSARの審査方法]

- NRCはSAR審査のためにSRPを策定
- 二段階許認可、COL、DC、ESP等のために「原子炉のSARの審査のためのSRP 軽水炉版」（NUREG-0800）を策定
- LR、SLR、それぞれのためにSRP（NUREG-1800、NUREG-2192）を策定
- なおFSARは、定期的な更新も必要（§50.71）

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

①米国における建設許可から運転認可までの流れ

iii) 許可や認可の申請書に必要な内容

2段階許認可において申請に含めるべき技術的情報（10 CFR Part 50.34、主要なもののみ記載）

[建設許可申請時]

①予備的安全解析書（PSAR）

- ・ サイトや施設の安全評価
- ・ 施設の予備的な設計
- ・ SSCの設計・性能の予備的な解析と評価
- ・ 予備的安全解析に用いられる変数や条件等の選定の同定と正当化
- ・ 申請者の組織、訓練、運転の実施のための予備的プラン
- ・ SSCの設計、製造、建設及び試験に適用される品質保証プログラム

②追加的なTMI事故関連要件

[運転認可申請時]

①最終安全解析書（FSAR）

- ・ 性能要件に重点を置いたSSCの説明と解析
- ・ PSAR提出以降の情報を含めた、SSCの設計と性能の最終的な解析と評価

②物質的セキュリティプラン

③セーフガード緊急時プラン

④標準審査プラン(SRP)への適合

⑤設計基準事象を超える外部事象の緩和策

COLの申請、発給から運転開始までの流れの概要

[COL申請時]

- ・ 要求される一般的情報（general information）は2段階許認可と同様（§ 52.77）
- ・ FSARの提出が必要。申請がDCやESPを参照している場合、それらに関連する情報の記載を免除（§ 52.79）

[COL取得後、建設期間中]（§ 52.99）

- ・ 事業者はITAAC確認の実施をNRCに通知し、実施し、完了したことをNRCに通知
- ・ NRCは事業者によるITAACの実施を確認、確認結果は連邦官報で公示

[完工後、運転開始まで]（§ 52.103）

- ・ 事業者はNRCに、遅くとも燃料装荷の270日前までに装荷予定日を通知
- ・ NRCは事業者の運転の意向を連邦官報で公示。影響を受ける者に公聴会開催請求が認められ、NRCが開催の有無等を判断
- ・ COLの条件に対する不服申し立てが認められた場合でも、原則事業者による燃料装荷と運転は妨げられない

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-1：ターキーポイント3・4号機

i) 80年運転延長：認可更新審査手続のマイルストーン

- フロリダパワーアンドライト（FPL）社は、2017年5月にSLR申請の意向をNRCに通知し、翌1月、初めてのSLR申請書を提出。NGO等による公聴会開催要求は却下され、ほぼ予定通りに審査が完了

手続きにおけるNRCのマイルストーン	論点等（主要なものを抜粋）	完了
パブリックミーティングー認可更新の概要と環境評価スコーピングのミーティング	- プラントの冷却水システムが環境に与える影響 - プラントからの冷却水が隣接する国立公園に与える影響	2018/05/31
パブリックミーティングードラフトSEISミーティング	帯水層からの冷却水の汲み上げの環境影響	2019/05/01
原子炉安全諮問委員会(ACRS)小委員会ミーティング	- 構造物のモニタリング - 炉内構造物 - 放射化されたコンクリートと原子炉容器の支持 - 埋設配管	2019/06/21
最終安全評価報告書（FSER）の発行	—	2019/07/22
ACRS本委員会ミーティング	- 埋設配管及び地下配管、タンク - 経年化管理プログラム（AMP） - 格納容器内の放射化されたコンクリート・鋼製構造物	2019/09/04
最終SEISの発行	—	2019/10/25
原子炉規制室室長がSLR発給を承認	—	2019/12/04

出所）NRCウェブサイト情報(“Turkey Point Nuclear Plant, Units 3 & 4 – Subsequent License Renewal Application”)、各ミーティングの議事録等から作成

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-1：ターキーポイント3・4号機

ii) 80年運転延長：認可更新申請書

- FPL社の申請書は約1,900ページ（機微情報を除く公開版）
- 申請書では、49件のAMP（うち既存AMPが37）、19件のTLAAを記載

ターキーポイント3・4号機

- ・1972/73年に運転認可
- ・マイアミの南約40km
- ・Westinghouse PWR
- ・熱出力2,644MWt
- ・閉式冷却システム（運河）
- ・2002年に認可更新

ターキーポイント3・4号機のSLR申請書の構成

章	内容
1. 管理的情報	一般的情報、プラントの記述、申請書の構造、審査中における現行許認可ベース（CLB）の変更、連絡先等
2. AMRの対象となる構造物・機器同定に係るスコーピング/スクリーニング方法と実施結果	スコーピング/スクリーニング方法、プラントレベルのスコーピング結果、機械系統/構造物/電気・計装制御のスコーピング/スクリーニング結果
3. AMRの結果	原子炉冷却系/工学的安全施設/補助系/蒸気・電力転換系/格納容器・構造物・機器支持/電気計装制御の経年化管理
4. TLAA	TLAAの同定、原子炉容器中性子脆化解析、金属疲労、電気設備の環境耐性、コンクリート格納容器テンドンプレストレス、格納容器ライナープレート・金属格納容器・貫通部疲労、その他プラント固有TLAA
Appendix A：更新版FSAR補足	AMP/TLAAのリスト・概要、品質保証/運転経験プログラム、コミットメント等
Appendix B：AMP	申請書（3章）で掲げたAMPの詳細記述
Appendix A：MRP-227-Aギャップ解析	炉内構造物AMPの基盤となるEPRIのMRP-227-Aを80年に延長するための解析
Appendix A：テックスベックの変更	テックスベックの変更はない旨を明示

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-1：ターキーポイント3・4号機

iii) 80年運転延長：NRCの審査内容

- NRCのSERでは、当初は埋設地下配管・タンクのAMPの検査等の問題が未決事項として残っていたが、追加検査の実施を含む対応が示され解決
- ACRSはFPL社の申請書及びNRCスタッフの評価を監査し、同社の申請書の承認に問題がないことを確認

NRC安全評価報告書（SER）の概要

- ・ 認可更新申請書が、10 CFR Part 54に適合しているかを審査し、その所見を記す報告書
- ・ 前掲のFPL社申請書の項目毎に、申請書記載の技術情報、NRCスタッフの評価、及び結論について記載
- ・ スタッフ評価では、GALL-SLRの項目毎に示された申請者の主張等が受容可能かなど、SRP-SLRに沿ったスタッフの見解を提示
- ・ 2019年5月発行のSERでは、埋設地下配管・タンクの経年化管理プログラムの検査等の問題が未決事項として残っていたが、追加検査の実施を含む対応が示され、未決事項は解決
- ・ スタッフ審査を経てAMPは一部見直しが行われ、最終的なAMPは50（うち既存が36）
- ・ 検査結果も含め、パート54規則に適合と評価

原子炉安全諮問委員会（ACRS）の見解

【結論及び勧告】

- ・ 経年劣化管理に係るFPL社プログラムとコミットメントは、不当な安全性のリスクなく運転延長が可能との合理的保証を提供しており、申請書は承認されるべき

【議論】（一部省略）

- ・ 60年超運転に係る最も重大な問題には、原子炉圧力容器の脆化、炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れ、コンクリート構造物・格納容器の劣化、電気ケーブルの耐環境性、状態監視及び評価があるが、いずれもFPL社の対応、スタッフの評価が行われており、SERに同意する
- ・ 申請書のレビュー後にRG-1.99の照射脆化の問題で新情報が確認されており、直ちに懸念とはならないが、AMPの調整が必要
- ・ 運転延長の準備としてFPL社は、原子炉容器上蓋を始めとする多くの系統・機器の改良・更新・交換・補修をし、非常用ディーゼルの追加等も実施している
- ・ SLRのため示されたAMPは、GALL-SLRと一致／強化された形で一致／許容できる例外を除き一致するもの、プラント固有のものがあるが、GALL-SLRからの例外や強化を伴うAMPも許容できると評価
- ・ FPL社は、同社プログラムの有効性を実証した
- ・ NRCは認可更新監査を実施し、監査・検査は包括的で、監査報告書は完全

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-1：ターキーポイント3・4号機

iv) 取替困難な機器に関する議論：ターキーポイントの原子炉容器材料監視の例

- FPL社はSLR申請で、原子炉容器材料監視のAMPはGALL-SLRと一致していると主張
- 一方NRCは、GALL-SLRと一致しない点があるため「正当化」が必要として追加情報を要求
- NRCもACRSもFPL社の申請は認めたが、照射脆化について最新の知見も踏まえ、AMP調整の必要性を指摘

FPL社	主張や対応	NRC
SLR申請書提出	- 部品交換なしで機能し、認定寿命のない原子炉容器を対象にAMPを策定 - 原子炉容器材料監視のAMPはGALL-SLRと一致していると記載	—
—	原子炉容器の脆化を測る試験片の取り出し時点の中性子フルエンスが、GALLで規定された延長運転期間終了時点に予想されるフルエンスの1～2倍にならないため、GALL-SLRと一致せず正当化が必要であるとしてRAIをFPL社に提出し追加情報要求	RAI提出
RAI提出	NRCの指摘に対して、試験片の取り出し期間を後倒しし、フルエンスを高めることで対応	—
—	NRCは、FPL社の対応は10 CFR Part 50 Appendix Hの要件は満たしており、受け入れられると評価	SER
—	「規制指針1.99の照射脆化の相関性は、原子炉容器がSPEOの終期に近づくにつれて予想される高フルエンス水準では、不正確な可能性がある」と示唆する新しい情報が同定された。」 「ターキーポイントの各ユニットにとって直ちに懸念となるものではないが、NRCスタッフとFPL社は、この進展をフォローして、RPV照射脆化のAMPを調整しなければならない。」	ACRSの審査

出所) 10 CFR Part 54, ACRS, Report on the Safety Aspects of the Subsequent License Renewal (Turkey Point Units3&4), 2019/10/7
FPL, Safety Review Requests for Additional Information (RAI) Set 5 Responses, 2018/10/17

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-2：ピーチボトム2・3号機

i) 80年運転延長：認可更新審査手続のマイルストーン

- エクセロン社は、2016年6月にSLR申請の意向をNRCに通知し、2年後の2018年7月、米国で2番目となるSLR申請書を提出
- ターキーポイント同様に、公聴会開催要求は却下され、予定通りに審査が完了

手続きにおけるNRCのマイルストーン	論点等（主要なものを抜粋）	完了
パブリックミーティングー認可更新の概要と環境評価スコーピングのミーティング	乾式キャスク貯蔵、洪水、放射線ハザード等	2018/09/25
パブリックミーティングードラフトSEISミーティング	- プラント周辺の放射線モニタリングの強化 - NRCによるシビアアクシデントのリスク評価の方法 - 緊急事態時の避難	2019/09/12
最終SERの発行	—	2019/11/19
原子炉安全諮問委員会(ACRS)小委員会ミーティング	- 原子炉圧力容器の脆化 - 炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れ - コンクリート構造物・格納容器の劣化 - 電気ケーブルの耐環境性、状態監視及び評価	2019/11/05
ACRS本委員会ミーティング	- 原子炉圧力容器の脆化 - 炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れ - コンクリート構造物・格納容器の劣化 - 電気ケーブルの耐環境性、状態監視及び評価	2019/12/04
最終SEISの発行	—	2020/01/27
原子炉規制室室長がSLR発給を承認	—	2020/03/05

出所) NRCウェブサイト情報("Peach Bottom Nuclear Plant, Units 2 & 3 – Subsequent License Renewal Application")、各ミーティングの議事録等から作成

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-2：ピーチボトム2・3号機

ii) 80年運転延長：認可更新申請書

- FPL社の申請書は約2,000ページ（機微情報を除く公開版）
- 申請書では、47件のAMP（うち既存AMPが36）、36件のTLAAを記載

ピーチボトム2・3号機

- ・1973/74年に運転認可
- ・ペンシルベニア州南東部
- ・GE BWR (Mark I)
- ・熱出力4,016MWt
- ・ExelonとPSEGの共同所有
- ・2003年に認可更新

ピーチボトム2・3号機のSLR申請書の構成

章	内容
1. 管理的情報	一般的情報（10 CFR 54.19、認可関連）、目的、プラントの記述、申請書の構造等
2. AMRの対象となる構造物・機器同定に係るスコーピング/スクリーニング方法と実施結果	スコーピング/スクリーニング方法、プラントレベルのスコーピング結果、機械系統/構造物/電気関連のスコーピング/スクリーニング結果
3. AMRの結果	原子炉冷却系/工学的安全施設/補助系/蒸気・電力転換系/格納容器・構造物・機器支持/電気計装制御の経年化管理
4. TLAA	TLAAの同定・評価、原子炉容器中性子脆化解析、金属疲労、電気設備の環境耐性、コンクリート格納容器テンドンプレストレス、格納容器疲労解析、その他プラント固有TLAA
Appendix A：FSAR補遺	AMP/TLAAのリスト・概要、品質保証/管理統制、コミットメント等
Appendix B：AMP	申請書（3章）で掲げたAMPの詳細記述
Appendix C：BWRVIP認可更申請者実施事項への対応	AMPが依拠するBWRVIP*報告書についてNRCが示した実施事項
Appendix D：テックスベックの変更（未使用）	テックスベックの変更はない旨を明示

*BWRVIP: BWR Vessel and Internals Project

出所）Exelon, ピーチボトム2・3号機SLR申請書（公開版）

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-2：ピーチボトム2・3号機

ii) 80年運転延長：認可更新申請書

- FPL社の申請書は約2,000ページ（機微情報を除く公開版）
- 申請書では、47件のAMP（うち既存AMPが36）、36件のTLAAを記載

ピーチボトム2・3号機

- ・1973/74年に運転認可
- ・ペンシルベニア州南東部
- ・GE BWR (Mark I)
- ・熱出力4,016MWt
- ・ExelonとPSEGの共同所有
- ・2003年に認可更新

ピーチボトム2・3号機のSLR申請書の構成（赤字：ターキーポイントとの相違）

章	内容
1.管理的情報	一般的情報（10 CFR 54.19、認可関連）、目的、プラントの記述、申請書の構造等
2.AMRの対象となる構造物・機器同定に係るスコーピング/スクリーニング方法と実施結果	スコーピング/スクリーニング方法、プラントレベルのスコーピング結果、機械系統/構造物/電気関連のスコーピング/スクリーニング結果
3.AMRの結果	原子炉冷却系/工学的安全施設/補助系/蒸気・電力転換系/格納容器・構造物・機器支持/電気計装制御の経年化管理
4.TLAA	TLAAの同定・評価、原子炉容器中性子脆化解析、金属疲労、電気設備の環境耐性、コンクリート格納容器テンドンプレストレス、格納容器疲労解析、その他プラント固有TLAA
Appendix A：FSAR補遺	AMP/TLAAのリスト・概要、品質保証/管理統制、コミットメント等
Appendix B：AMP	申請書（3章）で掲げたAMPの詳細記述
Appendix C：BWRVIP認可更申請者実施事項への対応	AMPが依拠するBWRVIP報告書についてNRCが示した実施事項
Appendix D：テックスベックの変更（未使用）	テックスベックの変更はない旨を明示

*BWRVIP: BWR Vessel and Internals Project

出所）Exelon, ピーチボトム2・3号機SLR申請書（公開版）

1.4 米国 80年運転延長認可事例に関する調査

②80年運転延長認可事例-2：ピーチボトム2・3号機

iii) 80年運転延長：NRCの審査内容

- 2019年11月、NRCはエクセロン社への認可更新承認を勧告するFSERを発行
- 肯定的なACRSのレビュー、最終EISを経て、2020年3月に80年運転延長を承認する更新ライセンスを発給

SERの概要

(ターキーポイントと共通のSER一般の記述(最初の3項目)は省略)

- 2019年10月7日発行のSERでは、応力腐食割れ緩和のための炉内構造物の対応が確認事項とされたが、エクセロン社による申請書改定により最終SERでは解消
- NRCスタッフはエクセロン社AMPについて、46 AMPが一部強化／例外を含めGALL-SLRと一致、1件のサイト固有AMPもSRP適合と評価
- 検査結果も含め、パート54規則に適合と評価

原子炉安全諮問委員会（ACRS）の見解

【結論及び勧告】

- 経年劣化管理に係るエクセロン社プログラムとコミットメントは、不当な安全性のリスクなく運転延長が可能との合理的保証を提供しており、申請書は承認されるべき

【議論】（一部省略）

- 60年超運転に係る最も重大な問題（ターキーポイントスライド参照）のいずれもエクセロン社の対応、スタッフの評価が行われており、SERに同意する
- SLR申請に先立ちエクセロン社は、出力増強及び1回目の認可更新のために実施された施設改修・更新に加えて、主要システムのデジタル制御への転換、燃料プール冷却の熱交換器の交換を行ってきた
- BWR炉内構造物検査計画に係る確認事項が1点あったが、補足文書提出及び追加的措置の確約により解決済み
- SLRのため示されたAMPは、GALL-SLRと一致／強化された形で一致／許容できる例外を除き一致するもの、プラント固有のものがあるが、GALL-SLRからの例外や強化を伴うAMPも許容できると評価
- FPL社は、同社プログラムの有効性を実証した
- NRCは認可更新監査を実施し、監査・検査は包括的で、監査報告書は完全

ターキーポイントとの相違点等

(TP：ターキーポイント、PB：ピーチボトム)

- SER、ACRSレポート共に、評価・報告の基本構造はTPと同様
- 照射脆化に係るRG-1.99の問題は、高フルエンスとはならないとして問題とならず（他BWRも同様）
- TPのSERでは当初は未解決事項があったが、PBではなし
 - PBでは当初1件の確認事項あり（TPではなし）
- AMP数は約50で、TPと同水準
- NRCの追加情報要求（RAI）は、TPの195件に対し、PBは48件（フォローアップ含む）
- TP/PBともに、SLRの審査は1回目のLR審査より効率化

2 スイス

2.1 基本情報

2.2 長期運転に関する調査

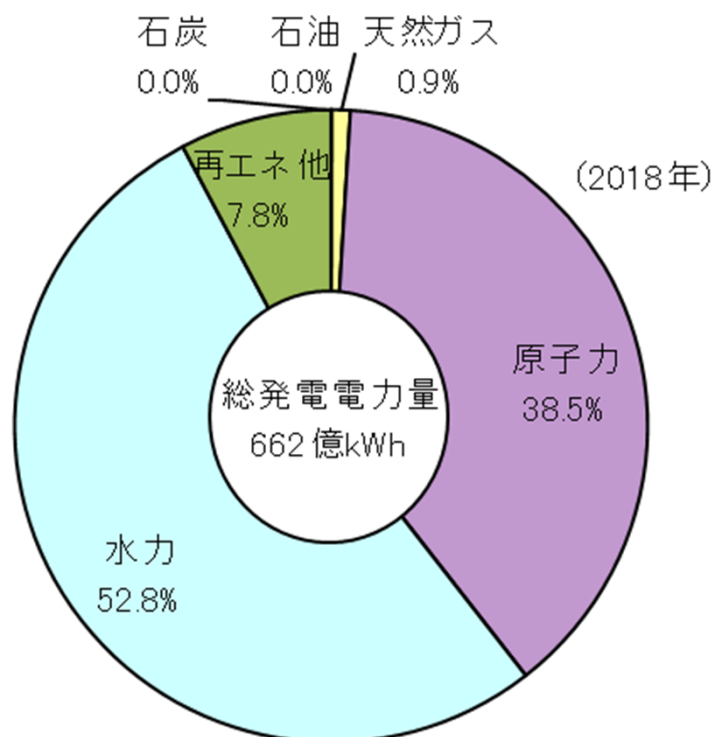
2.3 長期停止に関する調査

2.1 スイス 基本情報

① 国情・原子力基本情報

- 主力の水力を原子力が補完し、低炭素な電源ポートフォリオを構成
- 運転中4基のうち3基がすでに長期運転入り。1基は稼働中商用炉で世界最古
- 原子炉新規建設は禁止されているが、既存炉を安全性と経済性が確保できる限り利用継続する方針

● 電源ポートフォリオ



● 原子力基本データ

発電電力量 (2019年)	254億kWh
設備容量 (net)	296万kW
運転中基数 (2020年)	4基 (PWR3基、BWR1基)
うち 0～29年	0基
30～39年	1基
40～49年	2基
50年～	1基

【出所】IEA, World Energy Balances 2020 Edition

出所) IEA, World Energy Balances 2020、IAEA-PRIS

2.1 スイス 基本情報

②長期運転概要

許認可における期間設定			
運転期間の法的制限	初期運転認可期間	延長・更新単位	補足：初期設計寿命など
なし	期限なし	期限なし	－
長期運転枠組みの概要			
長期運転と見なす対象		審査枠組み	
40年～（PSRで長期運転安全証明要求）		PSR（10年間隔）	
審査の要件（長期運転において要求される特徴的な条件、検査等）			
・ 40年超運転を行う炉について、PSRの枠組みで「長期運転安全証明」作成更新を要求 ✓ 特に取替困難な主要機器（圧力容器及び炉心構造物、原子力蒸気発生系統、鋼製格納容器、コンクリート製格納容器）の詳細安全解析、予定長期運転期間中に大型コンポーネントが設計限界に達しないこと等の証明 ✓ 予定しているバックフィット計画及び技術上、組織上の改善策 ✓ 予定される運転継続期間中に予定している十分なスタッフと必要な専門知識確保に向けた対策			
高経年化対策の考え方（30年超など年数基準、特別な枠組み等）			
・ 設計段階から廃止措置まで通じたプラントライフサイクル管理概念として位置づけ。開始年数基準はない ・ 高経年化対策の枠組みでは原則、機器部品などの「ハード」が対象。知識陳腐化などソフトに関しては、人材組織マネジメントの枠で管理 ・ 日常の高経年化対策では物理的劣化を管理、PSR時には設計古さや製造中止品等の管理等について「技術的旧式化」として物理的劣化管理と合わせレビュー			

2.1 スイス 基本情報スイス：長期運転概要

②長期運転概要

長期運転枠組みの概要（続き）

補足

- 既存炉の運転期間に年数制限はないが、スイスでは脱原子力に伴い、原子力法で圧力容器など取替困難機器の交換（従来より別途政府承認が必要）を禁止。リプレイス同等の改修による寿命延長はできない
- PSRに関する当局の最終見解は長期運転開始後に示されることもある。この間も原子炉は運転の権利を保持しており、その時点での安全性に問題がないかぎり運転は継続可能

(コラム) スイスの規制アプローチの特徴

Integrated Oversight ～統合的監督～

- スイス憲法では、政府の措置に起因する私人の負担は、達成すべき目的に合理的に比例していなければならないとする「比例原則」を行政一般の基本原則として規定
- 原子力規制の最大の目的は原子力法に定める「放射線の有害影響からの人・環境保護」という安全目標の達成
- 上記に必要な要素として原子力規制全体を包含する全体戦略「統合的監督」を標榜
⇒原子力安全とセキュリティを一体的に扱い、「人」「技術」「組織」を統合的・体系的に監督する規制戦略
- 原子力規制の基本方針は「透明性」「均衡性」「有効性」
- 「均衡性」は憲法に定める比例原則を反映。IAEA等で示すグレーデッドアプローチもこの概念の実践と捉える
⇒原子力分野では、安全上の重要度の高さに応じて、正当化され必要とされる対策がより広範囲に及ぶとして、より負担の大きな措置の要求や大きなリソースの配分を行う

法令・規制図書における規定の特徴

- 法律では手続上の要求事項と基本的・非定量的な安全基準を規定。政令レベルでは技術的な要求事項に加え一部定量的基準も含むが、必要最低限とする
- 規制指針では最新の科学技術水準を反映し法的要件の具体化、実施の標準化を支援するが、原子力安全の責任が許認可保持者（事業者）にあることを踏まえて最低限の規定。同等の安全保安確保を証明できれば、指針規定と異なる許認可保持者提案によるアプローチも認める

規制活動における当局と事業者

- 許認可保持者は、施設において原子力安全・保安における深層防護概念の実現状況を詳細に示す
- ENSIは施設の安全性の全体像を事業者とは独立して把握し、事業者が実施した措置が最新の科学技術状況、バックフィット技術に適合するかを検証する
- ENSIは法的要件への適合判断に加え、「合理的な範囲で」改善措置を命じる

2 スイス

2.1 基本情報

2.2 長期運転に関する調査

2.3 長期停止に関する調査

2.2 スイス 長期運転に関する調査

①長期運転の位置づけ

- 40年超運転を長期運転とし、定期安全レビュー（PSR）枠組みで長期運転安全証明を要求
- 原子炉停止基準は政令で明示。特定の運転年数を停止基準とする規定はない

項目	
認可期限	法律上期限付き認可・無期限認可いずれの発給も可能だが現在は全炉が無期限認可取得
長期運転とみなす対象	40年超の運転炉
法令における長期運転の定義有無	長期運転の明示的な用語定義規定はないが、原子力令において、PSRの項目として40年超運転炉に対し「長期運転安全証明」を要求
長期運転承認にかかる規制枠組	- 長期運転に特化した許認可はない - PSRの枠組みで40年超運転炉に対し長期運転安全証明を要求。PSRごとにこれを更新
原子炉の運転年数と恒久停止との関係	- 運転年数は原子力発電所の恒久停止の判断基準とはされていない - 原子炉停止基準（原子炉が安全に運転できないと判断される基準）は政令により規定されており、当局の停止命令はもっぱら同令に基づき発出される - 上記政令には高経年化による劣化の進行も含まれるが、特定の運転年数を基準とする規定はない - スイスは原子炉新設・リプレース禁止による脱原子力方針だが、既存炉について運転年数の制限は設けていない

出所）原子力法、OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019

2.2 スイス 長期運転に関する調査

②長期運転に関する政府方針

- 福島第一原子力発電所事故後、原子炉新設・リプレースが禁止されたが既存炉の長期運転は容認（国民投票で45年の運転期間上限設定を否決）
- 建設された5基の商用炉のうち4基がすでに40年超運転を経験
- 事業者の経済理由で1基が2019年に閉鎖された他は長期運転実施・継続意向

項目	
原子力利用政策の策定主体	原子力含むエネルギー政策は連邦が策定
長期運転を含む原子力利用政策方針とその背景	- 原子力（5基で発電量の4割をカバー）は主力の水力（6割）を補完するベースロード電源として利用され、福島第一原子力発電所事故前の段階でベツナウ1号機がすでに長期運転入り。さらに2基が2011年内に長期運転入り - 運開当時の政治情勢によりベツナウ2、ミュレベルク（経済理由により2019年閉鎖）のみ当初期限付き運転認可が発給されたが、その後無期限に切替（原子力法上は「運転認可には期限を付す事も可能」） - 福島第一原子力発電所事故後、原子炉新設・リプレースは禁止されたが、低炭素・安定電源の急激な脱落を避けるため、既存炉は安全が確保される限り運転を続ける方針（45年上限案は国民投票で否決）
事業者の長期運転意向	- スイスで建設された5基の商用炉のうち1984年運開のライブシュタット以外の4基は、すでに40年超運転を経験 - ミュレベルクは当初長期運転継続意向であったが、福島第一原子力発電所事故後、バックフィット負担等による経済性が低下を理由に、BKW社が2019年に閉鎖 - その他プラントは長期運転実施・継続意向

出所）原子力法、原子力安全条約第8回スイス国別報告書、AXPO社、BKW社プレスリリース

2.2 スイス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (1) 原子力安全に係る規制法令体系の全体像

- スイスの原子力安全規制法令体系は、連邦憲法を頂点に4階層に分類
- 連邦原子力安全検査局（ENSI）指針は、指針規定と同水準以上の安全確保が証明できれば代替措置（指針からの逸脱）も認められ、法的拘束力としては「半強制」の位置づけ

第1階層	連邦憲法	連邦憲法	法的強制力あり
第2階層	連邦法	原子力法、放射線防護法、 連邦原子力安全検査局（ENSI）法	
第3階層	政令	原子力令、放射線防護令、ENSI令、 原子力発電所停止基準令 etc....	
第4階層	規制指針	ENSI指針 (シリーズA：施設評価指針、シリーズB：運転検査指針、 シリーズG：全般指針)	半強制 同水準以上の安全確保が証明できれば 逸脱も認める

スイスの原子力安全法令体系

出所) 原子力安全条約第8回スイス国別報告書、連邦原子力安全検査局（ENSI）ウェブサイトより作成

2.2 スイス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (2) 長期運転に係る規制法令体系

- 原子力令において、定期安全レビュー（PSR）の枠組みで長期運転安全証明の提出を要求
- PSRと長期運転安全証明の要件は、規制指針に規定

連邦法	原子力法	PSR、運転期間通じた安全確保、リスク軽減に寄与し適切な範囲でのバックフィット等の実施を許認可保持者の義務として規定	
政令	原子力令	PSR基本要件、40年超運転のPSRにおける 長期運転安全証明提出義務、長期運転安全証明の基本要件等 規定	
	長期運転安全証明の法的根拠 原子力発電所停止基準令	原子力発電所を停止しバックフィットを課す基準を規定。バックフィットにより対応できない場合は恒久停止することになる	
規制指針	PSR指針	高経年管理指針	
	ENSI-A03	ENSI-B01	
	PSR要件（長期運転安全証明の要件含む）		機器構造物の高経年化対策要件
	その他関係する主な指針		
	- ENSI-G01「既存原子力発電所機器の安全分類」 - ENSI-G06「安全分類された機械機器の保全」 - ENSI-B02「原子力施設の定期報告」 - ENSI-B03「原子力施設の通知」 - ENSI-B09「プラント文書」 - など		

長期運転に係る主要規制図書

出所) OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019、連邦原子力安全検査局（ENSI）ウェブサイトより作成

2.2 スイス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則1

- 原子力令において、定期安全レビュー（PSR）の実施、及びPSR枠組みでの長期運転安全証明の提出、高経年化対策等、許認可保持者の義務を規定
- それぞれの具体的要件は、規制指針に規定

文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
原子力法 (2003年制定、 2020年最終改正)	連邦法	- 原子力安全の基本法 - 原子力安全の原則を定め、許認可手続きや許認可保持者の義務、連邦原子力安全検査局（ENSI）による規制監督等について定める
原子力令 (2004年制定、 2019年最終改正)	政令	- 原子力法の施行令。原子力安全・セキュリティ全般に係る実施規定を含む - 第34条で、40年超運転のPSRにおける長期運転安全証明を要求 - 第34a条で、長期安全証明に含むべき内容を規定 - 従来、スイスではもっぱらENSI-A03に基づき長期運転安全証明が実施されてきたが、2017年改正で初めて同令に盛り込まれ、法的拘束力を持つ要求事項に
原子力発電所停止基準令（2008年制定、2019年最終改正）	政令	- 原子力令44条に基づき原子炉を停止してのバックフィットを求められる場合の基準、境界条件を定める政令 - バックフィットによる基準抵触解除を行わない場合、運転再開できない（恒久停止）

出所) OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors,2019、連邦原子力安全検査局（ENSI）ウェブサイトより作成

2.2 スイス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則2

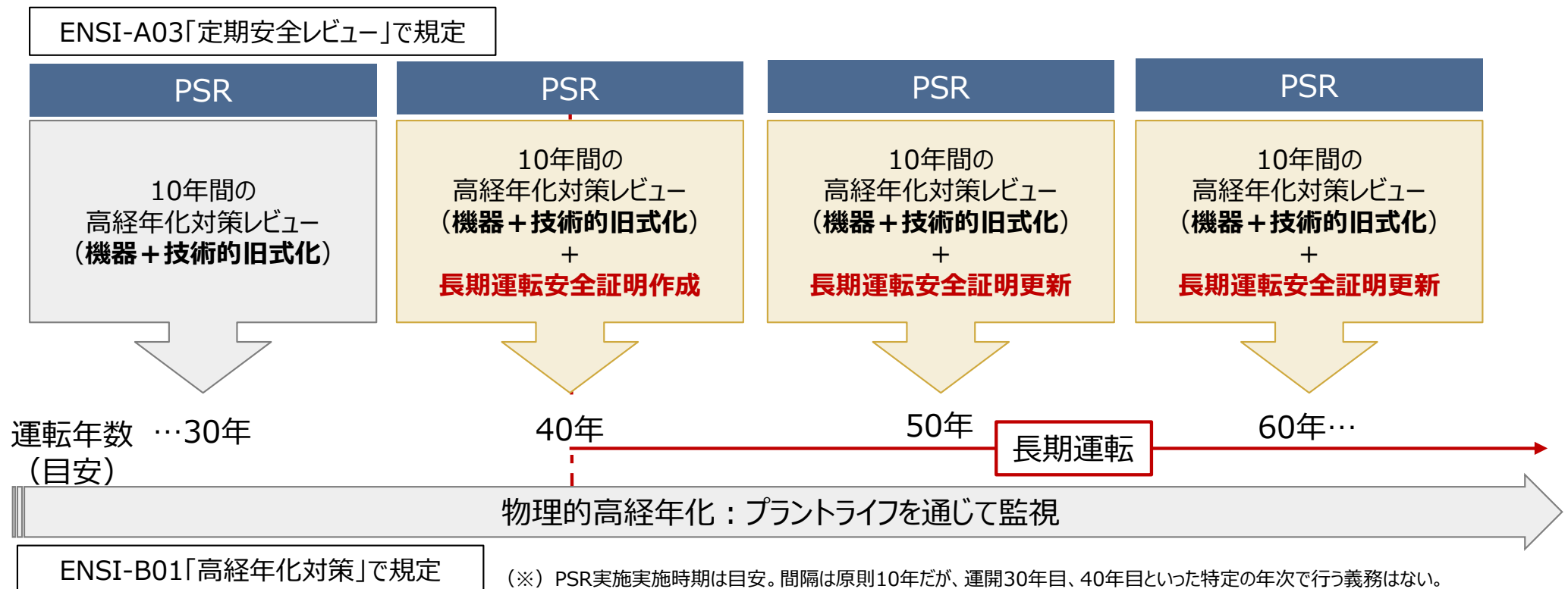
文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
ENSI-A03「原子力発電所の定期安全レビュー」(2014年策定、2018年改定)	規制指針	- 原子力令34条、34a条に基づきPSRの要件を規定 5.8節において、長期運転安全証明の具体的要件を規定 - ENSI-B01に基づく物理的高経年化対策の状況に加え、同指針スコープ外の技術的旧式化管理状況の評価を含む高経年化対策評価をPSR項目として含む
ENSI-B01「高経年化対策」(2011年策定)	規制指針	- 原子力令35条に基づき高経年化対策の要件を規定 - 機器の物理的高経年化対策が対象。技術的旧式化はスコープ外 - IAEA指針NS-G-2.12に依拠。後継のSSG-48への適合のため改訂が検討されている

出所) OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019、連邦原子力安全検査局 (ENSI) ウェブサイトより作成

2.2 スイス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：全体概要

- 高経年化対策（機器の物理的高経年化）を、運開からの年数を問わず許認可保持者が運転期間を通じて行う活動として位置づけ
- 事業者が実施するPSRでは過去10年の高経年化対策活動を評価。機器の経年劣化対策状況に加え、設計古さや製造中止品対策等、技術的旧式化の側面も評価
- 40年を迎える長期運転炉については、長期運転安全証明作成がPSR実施項目に追加（その後もPSRに合わせて10年毎に更新）



2.2 スイス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：高経年化対策における対象

- 高経年化対策プログラムは、プラントライフを通じた取組（経過年数による開始時期指定無し）
- 劣化メカニズムの一覧等各種文書を全発電所共同で策定、定期更新し当局が承認

高経年化対策の法的要件（原子力令35条）

- ・ プラント文書（プラントライフを通じて管理される文書群）の一角をなす高経年化対策プログラムにより、機能と健全性が安全・セキュリティ上重要とされるすべての構造物、機器の体系的な高経年化対策を実施
- ・ 対策の結果を評価し、追加対策を導出、実施
- ・ プラントの劣化影響検査を文書化するとともに、プラント状態に応じてプログラムを定期的に更新

高経年化対策の要件（ENSI-B01「高経年化対策」）

<対象機器>

- ・ 安全分類される全ての構造物と電気機器
- ・ 安全分類クラス1～3の機械機器（ポンプ、弁、支持構造物など）

<許認可保持者に対する基本要件>

- ・ 各コンポーネントの劣化メカニズム特定
- ・ 既存保全プログラムが劣化の早期発見に適したものであるかの検証
- ・ 検証過程で明らかになった弱点の克服

左記要求への対応として、事業者は次の文書作成、10年毎の更新（最新知見反映）を指示。ENSI審査対象。

- ・ 劣化メカニズムカタログ（★）
- ・ 評価対象機器・構造物と安全分類を示す「インターフェース文書」（★）
- ・ プラント個別あるいはGSKLのガイドライン（★）
- ・ 高経年化対策ファクトシート（※）

⇒（★）の文書はスイス発電所長グループ（GSKL）が作成、全プラント共有。機器別ファクトシート作成ガイドもGSKLで作成。（⑦参照）

（※2）仕様、安全分類、劣化メカニズム、高経年化関連保全手法、高経年化対応履歴、関係する重要国際知見、総評などを含む構造物、機器ごとの情報シート

2.2 スイス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：PSRにおける高経年化対策評価

- 高経年化の規制指針ENSI-B01はもっぱら機器の高経年化管理を対象
- PSRにおいて事業者は上記に準じた高経年化対策に加え、設計旧式化や製造中止品など技術的旧式化への対策も評価

- ・ 高経年化対策は、原子力発電所の長期運転の観点から、事業者にとって中心的タスク
- ・ PSRでは過去10年における機器の高経年化対策活動をふり振り返り検証
- ・ 物理的高経年化対策の評価に加え、特に計装制御系では短いスパンで認証対象機器のメーカー側部品在庫や技術的ノウハウが途絶することがあることなどから、PSRの枠組みで、技術的旧式化の評価、及び旧式化が見られる構造物、機器の代替戦略策定を実施

出所) ENS-A03「定期安全レビュー」解説書ほか

安全分類された構造物、機械・電子機器の高経年化対策

- ・ ENSI-B01に基づく高経年化対策プログラムの完全性、最新性、正確性
- ・ 高経年化管理プログラムの現状説明と評価
- ・ 経年劣化に係わる損傷進展の記録方法
- ・ 次の10年あるいは長期運転期間中に設計限界に達する構造物、機器に関する交換、補修戦略



技術的旧式化対策

- ・ 安全分類された工学・電気機器の設計旧式化について評価し文書化
- ・ 工学・電気機器の交換部品在庫の完全性と品質を評価

出所) ENSI-A03「定期安全レビュー」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：PSRにおける長期運転安全証明

- 原子力令において、事業者に対し定期安全レビュー（PSR）の枠組みで40年超運転炉に対し長期運転の安全性を証明する安全証明の作成・更新を要求
- 長期運転安全証明では特に、プラント寿命を左右する取替困難な大型機器について証明を要求

長期運転安全証明の必須内容（原子力令34a条）

- ・ 安全証明の対象期間（何年の運転を想定するか）
- ・ 安全系コンポーネントが、予定される運転継続期間中に設計限界に達しないことの証明
- ・ 今後10年の運転期間中に予定しているバックフィット計画及び技術上、組織上の改善策
- ・ 予定される運転継続期間中に予定している十分なスタッフと必要な専門知識確保に向けた対策

長期運転安全証明の対象（ENSI-A03「定期安全レビュー」）

- ・ 主要機器の状態
⇒対象：圧力容器及び炉心構造物、原子力蒸気発生系統、鋼製格納容器、コンクリート製格納容器
- ・ 今後10年のバックフィット計画
- ・ サービスライフサイクル管理

これら機器について以下の事項を証明・文書化
想定される長期運転期間を対象とした、

- ・ 劣化メカニズム・摩耗プロセスに関する詳細安全解析
- ・ 大型コンポーネントが設計限界に達しないことの証明
- ・ 原子力発電所停止基準令が定める停止基準に抵触しないことの証明

出所）原子力令、ENSI-A03「定期安全レビュー」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：PSRにおける高経年化対策評価事項 1

- PSRにおける高経年化対策レビューの枠組みで、長期運転を考慮した評価や非物理的高経年化を対象とした評価を実施

評価事項	考慮事項
安全分類された構造物、機械・電子機器の高経年化対策	
ENSI-B01「高経年化対策」に基づく高経年化対策プログラムの完全性、最新性、正確性の検証	- プラント及び他プラントの経験に照らして、高経年化対策プログラムに含まれる構造物、機械機器、電子機器に遺漏がないか - 最新の科学技術水準と世界の原子力発電所の経験に照らして、既知の劣化メカニズムを評価、遺漏の確認 - 点検技術、点検量、サンプル抽出の実効性 - 高経年化対策プログラムの有効性（IAEA NS-G-2.12「原子力発電所の高経年化対策」の表2に示す指標・属性に基づき評価）
高経年化管理プログラムの現状説明と評価	- 各構造物、機器の劣化評価結果 - 実施済み試験の所見及びこれに基づく措置 - 保全活動時に確認された経年劣化関連の所見 - 各構造物、機器の高経年化対策関連記録文書の完全性、最新性、正確性の検証、評価
経年劣化に係わる損傷進展の記録方法	経年に関わる損傷進展の記録方法を、使用されている試験技術、検出可能なエラーの検知に関わる改善計画及びこれまでに採られた措置を含めて提示

出所）原子力令、ENSI-A03「定期安全レビュー」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：PSRにおける高経年化対策評価事項 2

評価事項	考慮事項
安全分類された構造物、機械・電子機器の高経年化対策（つづき）	
次の10年あるいは長期運転期間中に設計限界に達する構造物、機器に関する交換、補修戦略	次のPSR対象期間（10年）中あるいは長期運転期間中（長期運転については同指針5.8長期運転安全証明参照）に耐用年数に達する構造物、系統及び機器（SSC）については交換、補修戦略を示すこと
技術的旧式化対策	
安全技術上重要な機器に分類される工学・電気機器の技術的旧式化の評価文書作成	- 供用中の機器系統と最新科学技術水準を比較し、逸脱については安全技術面からの評価を実施 - メーカー純正交換部品が必要な品質で調達できることの確認 - メーカーからの技術支援 - 交換部品の供給もメーカーによる技術支援も受けられない機器・系統（いわゆる製造中止品）の確認 - 製造中止品の代替戦略と交換までの運用の安全性評価 - 製造中止品で故障が発生した場合の対応
工学・電気機器の交換部品在庫の完全性と品質評価	- 安全技術上必要な交換部品が完全に揃っていることの確認 - 交換部品の設計と最新の科学技術水準との比較 - 他原子力発電所の経験を考慮した経年による保管品損傷予防策及び予防策の管理状況

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：長期安全安全証明における評価事項 1

- PSRの枠組みで40年超の運転炉に対して長期運転安全証明を要求
- 交換が難しい大型機器の評価に加え、バックフィット計画や組織体制の評価も実施

評価事項		考慮事項
大型機器の状態		
機器共通の評価事項		
- 劣化メカニズム・摩耗プロセスに関する詳細安全解析 - 大型コンポーネントが設計限界に達しないことの証明 - 原子力発電所停止基準令が定める停止基準に抵触しないことの証明		
対象機器	圧力容器（RPV）及び炉心構造物	- 各構造物、機器の劣化評価結果 - 実施済み試験の所見及びこれに基づく措置 - 保全活動時に確認された経年劣化関連の所見 - 各構造物、機器の高経年化対策関連記録文書の完全性、最新性、正確性の検証、評価
	原子力蒸気発生系統	- 同系統を構成する直径25mm以上の全配管について安全解析を行い、安全マージンの評価を実施。特に以下の情報を考慮すること ➤ 漏えい・減肉状況 ➤ 定例非破壊試験の結果 ➤ 疲労解析 - 破断防止証明あるいは漏洩先行型破損証明のある配管についてこれら証明を最新の科学技術水準に照らして見直しあるいは更新し、安全マージンを評価

出所) 原子力令、ENSI-A03「定期安全レビュー」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：長期安全安全証明における評価事項 2

評価事項		考慮事項
大型機器の状態(続き)		
対象機器	鋼製格納容器	- 鋼製格納容器の現状を提示・評価。特に以下の点に注目すること - 局所的（貫通部）・漏えい試験の結果 - 具体的な点検・調査結果 - 保全対策 - 鋼製格納容器の健全性証明を提示。特に以下の点を考慮すること - 使用した計算モデル及び境界条件の提示と評価 - 最大許容設計圧力の評価 - 設計事故時における最大圧力 - 経年劣化及び摩耗による損傷の考慮 - 格納容器の耐荷重の決定（ENSI-A05〔確率論的安全評価指針〕に依拠） - 圧力開放システム含む格納容器の健全性が保証されている場合、あるいはもはや保証されなくなった場合それぞれの過酷事故シーケンス
	コンクリート製格納容器	- コンクリート製格納容器の現状を提示・評価。特に以下の点に注目すること - 具体的な点検・調査結果 - 保全対策 - コンクリート製格納容器の耐荷重及び外部影響に対する安定性の評価

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：長期安全安全証明における評価事項 3

評価事項	考慮事項
バックフィット計画	
原子力令7、8、10条) への適合状況の提示	- 安全機能の冗長度と多様度 - 安全系の機能分離、空間分離 - 安全系の自動化率 - 外部事象からの防護 - シビアアクシデント対策
今後10年で前項で特定された逸脱が、最新のバックフィッティング技術に基づいてどのように対処されるか、また、危険性をさらに低減するためにあらゆる適切な予防措置を採ることを体系的に提示	
前項の対処、措置のスケジュール提示	
現在有効なハザード想定に基づく決定論的安全評価及び確率論的安全評価（PSA）により、予定しているバックフィットで期待される安全性の向上効果を提示。また特定された安全性向上効果の評価	
設計基準を超える事故について、ハザード想定及び事故に対する防護評価について定める政令の要件への適合を証明	
サービスライフサイクル管理	
- 土木、電気、制御技術、機械技術、放射線防護、炉心監視分野で安全な操業を確保するための諸手段について、長期運転に係る技術評価を実施 - 燃料、放射性廃棄物管理計画の提示と評価。放射性廃棄物の蓄積状況に合わせてその処分（処理プロセス、貯蔵容量、適切な容器の利用可能性を考慮）を考慮すること。使用済燃料は放射性廃棄物としてとらえること。また貯蔵プールの管理方針も提示・評価 - 長期運転及び恒久停止におけるニーズを踏まえて、組織状態について、ENSI-G07「原子力施設の組織」への適合を確認	

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：ベツナウ原子力発電所の長期運転審査経緯

- ベツナウ1号機（1969年運開）は2020年現在、稼働中の商用炉で世界最古
- 2012年予定だったPSRに先立ち、2009年に1号機が40年経過するため個別に長期運転評価を実施
- スイスで最初の長期運転承認であり、その後の長期運転評価制度のベースに
- 2020年現在、50年超運転のための2度目の安全証明が審査中
- 事業者提出の安全証明は非公開。ENSI見解書のみ公開
- ENSIは今後の長期運転安全証明について、PSRサイクルに合わせることが望ましいとの見解（現在はPSRの一部に組み込み）

ユニット	炉型	運開	経緯
ベツナウ1	PWR (365MWe) 第1世代2loop	1969	• 2004年：当局が両基への無期限認可発給の条件として、長期運転安全証明要求 • 2008年：事業者が安全証明提出 • 2010年：当局が40年超運転可能とする見解書「ベツナウ原子力発電所1号機、2号機の長期運転に関する安全技術上の見解」発出 • 2018年：事業者が50年超運転に向けた安全証明提出 • 2021年現在、ENSIによる検討中（見解書未公表）
ベツナウ2		1971	

出所) IAEA-PRIS、ENSI、Ageing Management and LTO of NPP's in Switzerland Status 2019, NRC Internat. Workshop on Age-Related Degradation of RPV and Internals Rockville, MD, 23 - 24 May 2019 ,ENSI「ベツナウ原子力発電所1号機、2号機の長期運転に関する安全技術上の見解」、2010

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：ベツナウ原子力発電所長期運転に関するENSI見解書（2010年）1

- AXPO社は「ベツナウ原子力発電所の安全系統、機器が40年超運転において設計限界に達しないことの証明」を提出（事業者提出文書は非公開）
- ENSIはベツナウの2基について、40年を超える運転に関して、安全技術上の障壁となる問題は見いだされないと結論

ENSI「ベツナウ原子力発電所1号機、2号機の長期運転に関する安全技術上の見解」の構成

- | | |
|-------------|-----------------------|
| 1：はじめに | 4：期間限定証明の更新 |
| 1.1：背景 | 4.1：圧力容器（RPV）材料状態 |
| 1.2：提出された文書 | 4.2：RPV脆性破壊安全証明 |
| 2：判断根拠 | 4.3：疲労解析 |
| 2.1：国際基準 | 4.4：一次冷却材主配管破断安全証明 |
| 2.2：国内法的根拠 | 4.5：鋼製格納容器の健全性証明 |
| 2.3：見解書の構成 | 4.6：コンクリート製格納容器の健全性証明 |
| 3：高経年化対策 | 5：決定論的観点における安全概念 |
| 3.1：機械機器 | 6：確率論的観点における安全概念 |
| 3.2：電気・制御機器 | 7：総括 |
| 3.3：構造物 | |

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：ベツナウ原子力発電所長期運転に関するENSI見解書（2010年）2

- ENSIによる評価と規制要求事項は以下のとおり
- 当時ENSIが指摘事項としたアクセス困難な構造物の特記、高経年化年次報告書を提出は、その後ENSIの高経年化指針、PSR指針等に規制要求項目として取り込み

ENSIの評価概要

- ・ ベツナウの2基について、40年を超える運転に関して、安全技術上の障壁となる問題は見いだされない
- ・ 見解発出時点における知見に照らして、両基はともに、今後10年の運転継続に関して、原子炉運転停止を定める政令の基準に抵触しないことを確認
- ・ ただし以下の規制要求に対応すること

ENSIの規制要求

- ・ アクセス・取替困難な構造物について高経年化対策プログラムに特記、劣化メカニズムを特定すること（1／2号機）
- ・ 疲労に係る全箇所について疲労解析の年次報告を作成しENSIに毎年提出すること（1／2号機）
- ・ RPV材料の照射挙動を調査するため更なる標本試験片の試験・分析計画を2011年4月1日までにENSIに提出すること。1号機については鍛造リングCの脆化度が比較的高いため、拡張試験を実施すること（1号機）
- ・ 熱衝撃解析の結果として、1号機RPV高負荷部の最大許容基準温度を93℃としている一方で、方位角0度のケースで60年経過後の鍛造リングCに関して、RPV表面温度96℃までの基準温度が外挿されていることから、2011年末までに、方位角0度において熱衝撃条件が発生しないことの証明をENSIに提出すること（1号機）

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組：高経年化対策の共通基盤文書作成 1

- スイスでは1990年代の高経年化対策導入時に、全プラント運転者による共通基盤文書策定の取組を実施
- 作成された文書類は、のちに規制指針で、当局による審査対象となる基本文書に指定。10年内の更新、再審査により事業者大の継続取組を規制プロセスに組み込み

取組の名称	スイス原子力発電所共通の高経年化対策プログラム基盤文書開発
実施者	スイス原子力発電所長グループ（GSKL）
実施時期	1991年～
背景	1991年に当時の規制当局が原子力発電所における高経年化対策の導入に着手。同年、事業者に対し、SSCの高経年化対策プログラム策定を指示。これをうけ、国内原子力発電所で構成するGSKLが、既存の保全プログラムをベースに、高経年化対策プログラムに向けた共通基盤文書を策定するプロジェクトを立ち上げ。
取組の概要	・ GSKLは「スイス原子力発電所高経年化監視」調整チームを設置 ・ 国内原子力発電所における高経年化対策要件の共通化、品質の担保を目的として、高経年化対策プログラムに向けた共通基盤文書を策定 ・ スイス原子力発電所への高経年化対策導入の進展に応じ、段階的に各種の文書を整備

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組：高経年化対策の共通基盤文書作成2

取組の主な成果	段階的に、以下の文書を作成 - 高経年化対策のチェックと最適化プログラム（GSKLガイドライン。一般的に原子力発電所で発生する物理的劣化現象を説明、これらの現象の早期発見・管理手順を示す文書。スイスにおける従来の保守概念をベースに、スイスの原子力安全法令に基づき、高経年化管理状況をチェックするための文書）（★） - インターフェース文書（個々の発電所設備機器を構造物、電気機器、機械機器に分類する文書）（★） - 構造物の高経年化ファクトシート作成ガイド - 電気機器の高経年化ファクトシート作成ガイド - 機械機器の高経年化ファクトシート作成ガイド - 機械機器の劣化メカニズムカタログ（★）
成果の活用状況	（★）の文書は規制指針ENSI-B01「高経年化対策」において、許認可保持者が作成する基本文書に指定 - 基本文書は最長10年ごとの更新、ENSIの承認が必要 - ENSIとGSKLコーディネーショングループは年次で会合を持っており、基本文書の変更審査に関する通知等やりとりも通常、同会合を通じて実施 - ENSI-B01が定める基本文書には機器別ファクトシートが含まれ、GSKLはその作成ガイドも提供（事業者のレファレンスとしての活用） - ENSIの規制監督のもと、高経年化対策の共通基盤構築と最新化を国内原子力発電事業者大で継続的に行う建て付け

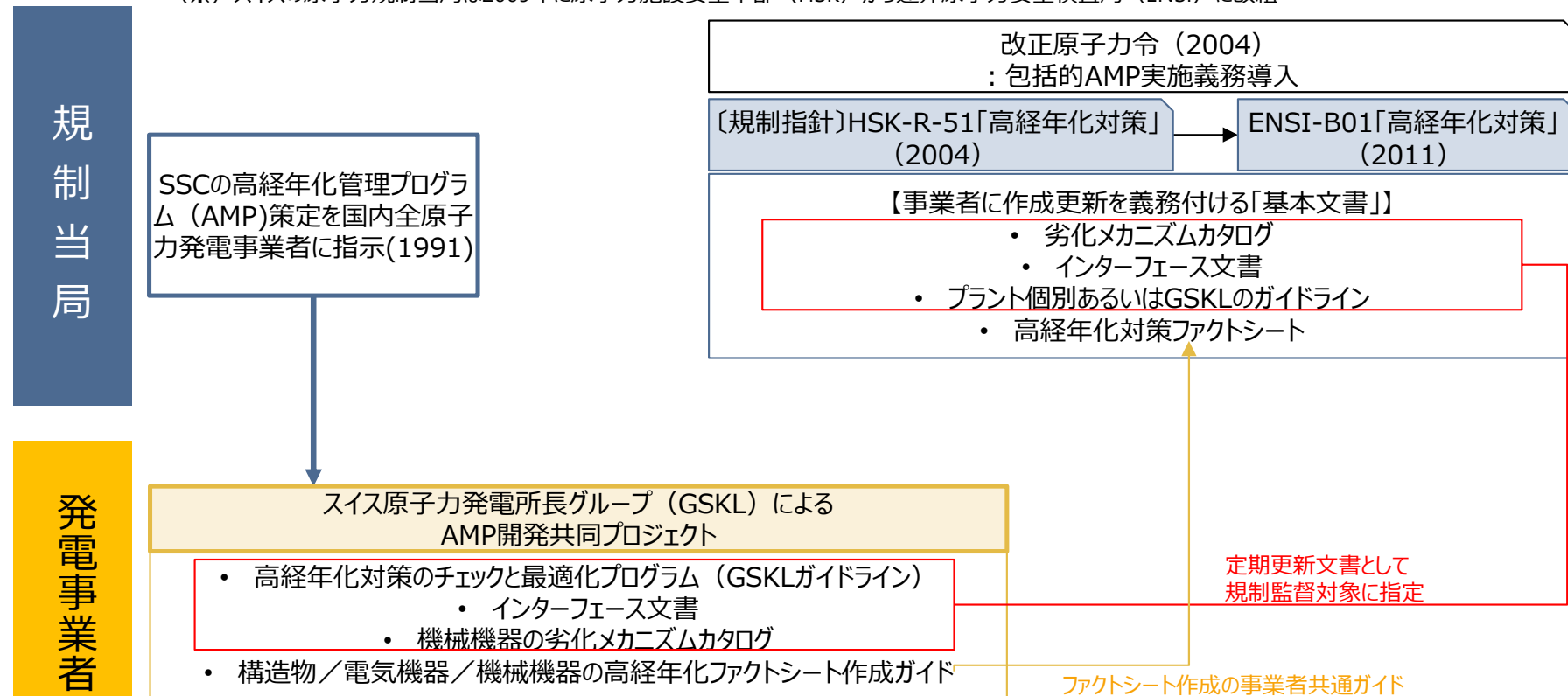
出所）ENSREG第1回トピカルピアレビュー「高経年化対策」スイス国別報告書、2017年、

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組 : 高経年化対策の共通基盤文書作成3

- スイスでは1990年代の高経年化対策導入時に、全プラント運転者による共通基盤文書策定の取組を実施
- 作成された文書類は、のちに規制指針で、当局による審査対象となる基本文書に指定。事業者大の継続取組とし定期更新を通じ、規制当局が継続的に監督

(※) スイスの原子力規制当局は2009年に原子力施設安全本部 (HSK) から連邦原子力安全検査局 (ENSI) に改組



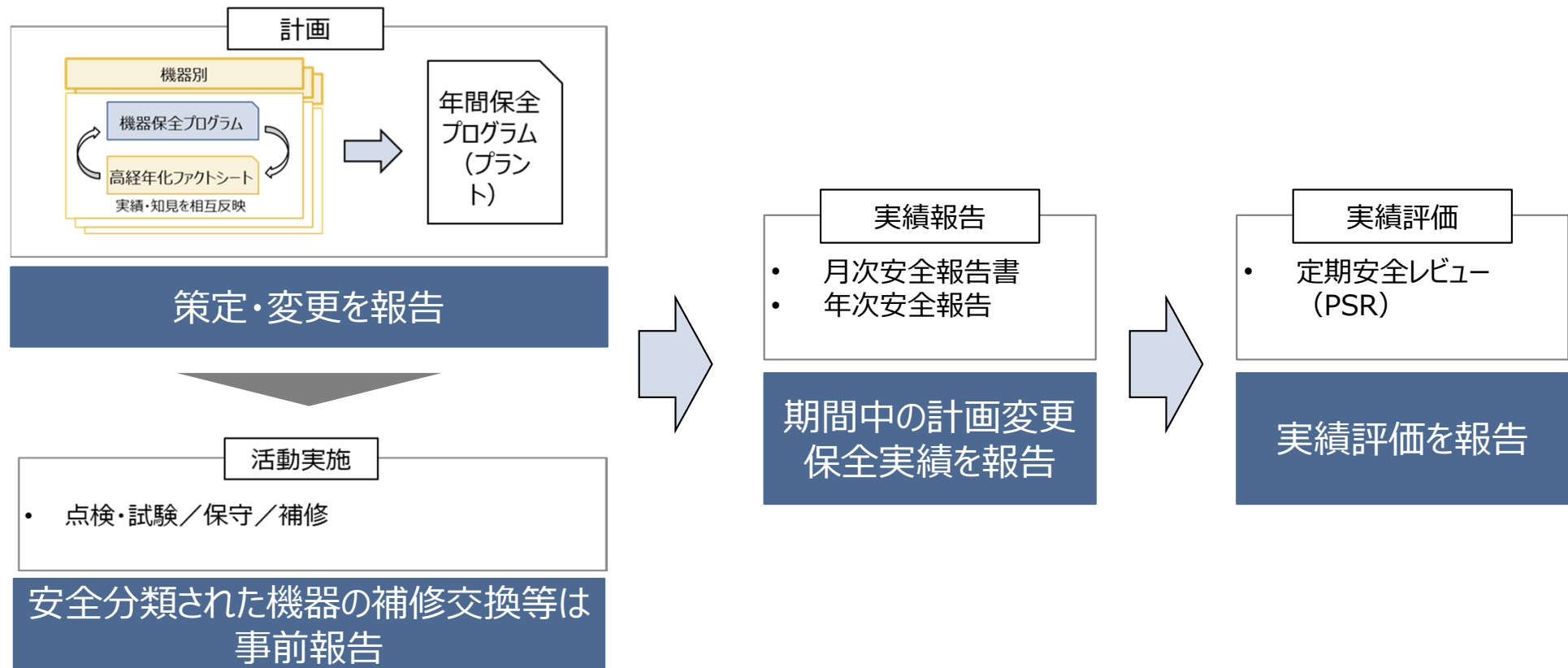
事業者取組の成果と規制との関係

出所) ENSREG第1回トピカルレビュー「高経年化対策」スイス国別報告書、2017年、

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑧ 保全に関する規制当局への報告事項：保全・高経年化報告の全体像

- 機器別プログラムをもとに年間のプラント保全プログラムを策定、策定・変更を報告
- 保全実施においては安全分類された機器の補修交換等はENSIの事前承認が必要
- 月次/年次の定期報告を通じ、当該期間の文書変更履歴、活動実績を報告
- PSRの枠組で過去10年の実績評価を報告



出所) 原子力法、原子力令、ENSI-B06「安全分類された配管・容器：メンテナンス」、ENSI-B01「高経年化対策」、ENSI-B02「原子力施設の定期報告」、ENSI-B03「原子力施設の通知」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

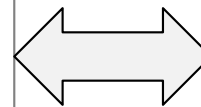
⑧保全に関する規制当局への報告事項：機器保全プログラムと高経年化ファクトシートの関係

- 機器保全プログラムは機器ごとの保全情報を示すもの
- 高経年化対策の対象となる機器については、「機器保全プログラム」「高経年化ファクトシート」で管理。これらは相互参照関係

機器別情報

機器保全プログラム

- 機器系統の説明
- 保全作業の内容と制約条件
- 現行の保全仕様及び評価基準
- 保全作業の間隔（保守・試験間隔）



実績・知見を
相互反映

高経年化ファクトシート（機械機器の例）

- 機器系統情報
- 劣化に関係する要素（材料など）
- 制約条件
- これまでの経年劣化関連所見、補修等履歴
- 劣化メカニズム
- 劣化メカニズムに係る機器固有の保守対策
- 安全分類
- 当該系統機器に係る他施設の知見、科学技術知見
- 総評
- 更新履歴
- 参照文書

出所）原子力法、原子力令、ENSI-B06「安全分類された配管・容器：メンテナンス」、
ENSI-B01「高経年化対策」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：機器保全に関する報告

- 機器個別の「機器保全プログラム」
- 定例試験計画、安全分類された機器の修理交換等については事前の通知・承認が必要

報告事項	当局報告	説明
機器保全プログラムに関する報告（個々の機器の保全計画）		
プログラム策定	機器の使用前 （事前申請）	設備機器の使用前検査添付書類として提出
プログラム更新	月次・年次報告 （事後報告）	- 定期的に見直し随時更新 - 施設変更、高経年化視点反映、規制指示発出の場合、次回使用前あるいは1年以内に必須更新 - 月次・年次のENSIへのプラント報告書において、期間内の変更を報告
定例試験・巡回に関する変更	初回適用の4カ月前まで （事前申請）	- 定例試験（巡回含む）計画、仕様は事前に技術支援機関（TSO）に提出し確認を受ける - クラス1、クラス2機器はENSIにも同時通知 - TSOが評価しENSIに報告
年間保全プログラムに関する報告（プラント全体の保全計画）		
プログラム策定	年次定検の4カ月前まで （事前申請）	- 機器保全プログラムをもとに、年間の保全計画策定 - 定例試験（巡回含む）の年間計画も併せて提出
プログラム変更	変更適用の2カ月前まで	

出所）原子力法、原子力令、ENSI-B06「安全分類された配管・容器：メンテナンス」、ENSI-B14「安全分類された電気・計装制御機器のメンテナンス」、ENSI-B02「原子力施設の定期報告」、ENSI-B03「原子力施設の通知」、ENSI-A04「原子力施設の承認を要する変更に関する申請書類」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：機器保全に関する報告

報告事項	当局報告	説明
活動に関する報告		
修理・交換	- 計画作業：計画策定開始前 - 計画外作業：作業実施の必要性が確認され次第	- クラス1～3機械機器、安全分類された構造物の修理交換、電気機器系統の広範に及ぶ修理交換など、許認可内容の変更には至らない施設変更に関してENSIに通知し承認を受ける - 手順書、事前検査についてはTSOによる確認を受ける
活動記録	・月次・年次報告	- 月次安全報告書の運転報告の一部として、安全分類されたSSCの保守作業、定例非破壊検査、定例機能試験、補修作業の実施状況を報告 - 年次安全報告書の運転報告の一部として、安全分類されたSSCの保守作業、定例非破壊検査、定例機能試験、補修作業の年間実施状況の概要と評価を報告 - 年次安全報告書の運転報告の一部として、安全分類外だが安全技術上の影響が考え得る電気機器系統、構造物の保守作業実施状況の概要と評価を報告
PSRにおける報告		
過去10年における保守状況の評価	・ PSR実施時（10年毎）	- SSC仕様評価の枠組みで、当該PSR期間における個々のSSCの点検・試験プロセスの適切性・完全性、仕様変更の適切性を評価し報告 - 運転経験の評価の枠組みで保全実績、機器保全プログラム変更とその結果等について評価し報告

出所) 原子力法、原子力令、ENSI-B06「安全分類された配管・容器：メンテナンス」、ENSI-B14「安全分類された電気・計装制御機器のメンテナンス」、ENSI-B02「原子力施設の定期報告」、ENSI-B03「原子力施設の通知」、ENSI-A04「原子力施設の承認を要する変更に関する申請書類」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：高経年化対策に関する報告

- 個々の機器の高経年化対策についてはファクトシートベースで管理
- 年次安全報告書において年間の高経年化対策活動（実施状況や獲得知見の整理と評価）を報告

報告事項	当局報告	説明
高経年化基本文書に関する報告		
- 劣化メカニズムカタログ - インターフェース文書 - プラント個別あるいはGSKLのガイドライン	- 策定時 - 更新時（10年内ごと）	- GSKLが国内原子力発電所共通文書として策定しENSIに提出し審査を受ける - 以後10年内ごとに更新、ENSIの審査を受ける
高経年化ファクトシート（※）	- 策定時 - 更新時	- 保守知見等反映、規制指示による変更・更新時にENSIへの提出に加え、 ➤ 構造物のファクトシート：構造物の総点検・中間点検に合わせて最低5年毎に更新（一部10年毎のものもあり）。上記点検完了後半年以内に更新版をENSIに提出 ➤ 電気機器のファクトシート及び機械機器のファクトシート：最低でも10年に1度は見直し更新、ENSIに提出

（※）仕様、安全分類、劣化メカニズム、高経年化関連保全手法、高経年化対応履歴、関係する重要国際知見、総評などを含む構造物、機器ごとの情報シート

出所）原子力令、ENSI-B01「高経年化対策」、ENSI-B02「原子力発電所の定期報告」、ENSI-B03「原子力施設の通知」、ENSI-G09「運転文書」

2.2 スイス 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：高経年化対策に関する報告

報告事項	当局報告	説明
活動に関する報告		
活動記録	年次報告	- 年次安全報告書の一部として、高経年化対策活動の年間総括を報告 ➤ 作成・更新・変更されたファクトシート、構造物の保守プログラム、高経年化関連の追加対策の総括 ➤ 疲労監視の結果 ➤ 高経年化対策の観点から調査した内外の運転経験に関する総括と評価 ➤ 高経年化対策の観点から検討した最新の科学技術動向テーマの評価から得られた知見 ➤ 特に故障統計から得られた傾向や保守で得られた知見に基づく、高経年化監視プログラム及び実施した措置の有効性評価

出所) 原子力令、ENSI-B01「高経年化対策」、ENSI-B02「原子力発電所の定期報告」、ENSI-B03「原子力施設の通知」、ENSI-G09「運転文書」

2 スイス

2.1 基本情報

2.2 長期運転に関する調査

2.3 長期停止に関する調査

2.3 スイス 長期停止に関する調査

①長期停止の位置づけ

- 全炉が無期限認可を受けており、長期停止期間の有無による恒久停止年限への影響はない
- 長期停止にはプラント状態に応じた保全計画等の随時更新の枠組みで対応

項目	説明
規制図書における定義有無	- 法令における長期停止の定義規定はない - 長期停止を特別に想定した検査指針・事業者マニュアル等も確認されていない
長期停止にかかる規制枠組	- 長期停止に特化した枠組みはない - 機器保全計画・プログラム及び高経年化対策プログラムはプラント状態に合わせて随時更新、変更申請を行うとされており、長期停止に伴い特別な対応が必要となる場合もこの枠組みで取り扱われると考えられる
長期停止と運転年数カウントとの関係	- 運転年数は原子力発電所の恒久停止の判断基準とはされておらず、長期停止期間の有無による恒久停止年限への影響はない - 原子炉停止基準（原子炉が安全に運転できないと判断される基準）は政令で明示。対応不能な劣化進行は停止基準に含まれるが、年数規定はない

出所）原子力法、原子力令、ENSI-B06「安全分類された配管・容器：メンテナンス」、ENSI-B14「安全分類された電気・計装制御機器のメンテナンス」、ENSI-B02「原子力施設の定期報告」

2.3 スイス 長期停止に関する調査

②長期停止中に特別な保全を必要とする機器・構造物・システムのスクリーニング方法

- 長期停止の保全に特化した規定はなく、SSCスクリーニング方法についても長期停止に特化した所定の基準等は確認されていない
- 過去に長期停止・停止期間延長プラントで複数の機器・システムで特別な保全・保管を実施した実績が確認されるが、対象機器・システムのスクリーニング方法については不明

項目	説明
根拠となる図書	・ 確認できず
スクリーニング方法	・ 長期停止に特化した枠組みはない ・ 高経年化管理義務の一貫としてスイスの原子力発電所は共同で「劣化メカニズムカタログ」（非公開）を作成しているが、同文書における長期停止に関する特別な想定の有無は不明（2.2④参照）

出所）ENSI規制活動年報2015年～2018年、ENSREG第1回トピカルレビュー「高経年化」スイス国別報告書、ENSI-B01「高経年化対策」

2.3 スイス 長期停止に関する調査

③規制法上の要求事項

- 長期停止に関して規制法上の特別な規定はなされていない
- 過去の長期停止事例においては、プラント状態の変化に応じた保全・高経年化計画の変更を監督するかたちで対応

項目	説明
規制図書における定義有無（再掲）	・ 法令における長期運転の定義規定はない ・ 長期停止を特別に想定した検査指針・事業者マニュアル等も確認されていない
長期停止期間中の監督体制	・ 長期停止に特化した規制法上の要求事項はない ・ 機器保全、高経年化対策等の継続監視の一環として、長期運転停止というプラント状態を監視 ・ これまでの実績としては、定検延長のかたちで実施された長期停止に際して、プラント状況を反映した随時の保全・高経年化対策プログラムの拡張・変更で対応 ・ 保全プログラムについてはプラントの状態や高経年化管理、運転経験からのフィードバック、規制当局の指示を反映して随時更新することが義務づけられている ・ 高経年化対策プログラムについてもプラントの状態を反映して更新、ENSIに通知することが義務づけられている

出所) 原子力法、原子力令、ENSI-B01「高経年化対策」、ENSI-B06「安全分類された配管・容器：メンテナンス」、ENSI-B14「安全分類された電気・計装制御機器のメンテナンス」、ENSI-B02「原子力施設の定期報告」

2.3 スイス 長期停止に関する調査

④事業者及び事業者大組織自らの取組：ベツナウ1号機長期停止対応

- 定検による停止が長期化することを受け、保全計画の変更、系統の保管措置などを実施

事例名称	ベツナウ原子力発電所1号機長期停止
運転者	AXPO社
停止期間	2015年～2018年（約3年間）
背景	長期運転に向けた圧力容器（RPV）上蓋交換等のため通常より長い（4カ月）定検停止が予定され、予定作業は正常に終了。しかし2013年にベルギーで確認されたRPVの水素脆性剥離問題を受けて定検停止中に実施した超音波検査で所見が確認され、再稼働条件としてRPVの安全証明を求められ、停止期間が長期化
取組の概要 （停止期間中の事業者 実施事項）	- RPV上蓋の交換（46年経過した上蓋を長期運転に向け予防交換）等予定作業実施。据付溶接作業等はTSOの立ち会いで実施 - 圧力容器材料の超音波検査、安全証明作成（2016年に所見に関する分析をENSIに提出するも、ENSIが追加証明を要求。超音波検査の手法拡張など追加調査を行い、2017年末に安全証明提出。停止期間長期化の要因に） - 耐震強化、電子機器の交換、原子炉補機冷却系ポンプの電源強化（無停電給電）など複数年次で予定されている保全対応実施 - 定検停止長期化を受けて二次系の大部分を空にし湿度管理、一部容器を冠水管理など、広範な腐食防止、保管時損傷防止措置（詳細不明）実施。この状態は2018年再稼働時まで継続 - ベツナウ1の長期停止時にはAXPOが保全計画を拡張したとの報告 2018年3月にENSIが再稼働承認、ENSIとTSOの検査後原子炉再稼働

出所）ENSIウェブサイト、ENSI2015年～2018年規制年報、ENSREG第1回TPR「高経年化対策」スイス国家行動計画、

2.3 スイス 長期停止に関する調査

④事業者及び事業者大組織自らの取組：スイス原子力発電所共通の高経年化対策プログラム基盤文書の更新（見込み）

- 長期停止に特に重点を置いた取組実績は確認されていない
- 4.2⑦に示したGSKLによる高経年化対策共通文書類について、ENSIの要請によりIAEAのSSG-48を反映した最新化が行われる見込み

取組の名称	スイス原子力発電所共通の高経年化対策プログラム基盤文書の更新（見込み）
実施者	スイス原子力発電所長グループ（GSKL）
実施時期	2021年末まで（見込み）
背景	スイスが任意参加した欧州原子力安全規制者グループ（ENSREG）の第1回トピカルピアレビュー（TPP）「高経年化対策」を受け、ENSIが高経年化対策指針ENSI-B01にIAEA-SSG48を反映し改訂する意向を表示
取組の概要	2020年9月現在、ENSIにおいてもENSI-B01改訂の具体的な動きが確認されていない - 同指針が改定される場合、GSKL文書の改訂が行われ、「高経年化発見及び対策手法の最適化プログラム」「各種ファクトシート作成ガイド」「劣化メカニズムカタログ」等で長期停止のケース想定が盛り込まれる可能性が考えられる - ただしENSIはTPP国別行動計画において、スイスでは現行枠組みにて長期停止状態に対応できているとしており、今後もあくまで長期停止を都度対応すべきプラントの一様態としてとらえ、GSKLガイドラインにおいても特記されない可能性もある。
取組の主な成果	※取組実施前
成果の活用状況	※取組実施前

2.3 スイス 長期停止に関する調査

⑤規制当局の審査体系及び審査事項：審査体系及び審査事項

- 長期停止に特化した評価体系はなく、プラントの状態に応じた規制監督が行われる
- 長期停止を含むプラント停止後の再稼働承認は、ENSIの承認が必要

項目	
審査体系	・ 長期停止に特化した審査体系はない ・ 保全、高経年化管理に係る評価体系期間中の活動については通常時同様 ENSIの監督を受け、保守・修理計画の変更管理状況やこれら計画に基づく活動について定期的な検査を受ける。長期停止に伴う機器保全プログラム変更は定期的にENSIに報告。長期停止により定例試験、巡回の計画、仕様変更が生じる場合は事前に技術支援機関（TSO）に提出し確認を受ける（2.2⑧参照） ・ 再稼働時には定検停止時同様、ENSIの承認が必要 ・ ENSIは年間の規制活動を総括し、各プラントの年次総合評価を実施。長期停止プラントの場合、停止期間中の状態・活動も審査対象に
審査事項	・ 長期停止期間中の保全活動：機器保全プログラム、高経年化管理等、関係する法令、規制図書の要求事項への適合を審査 ・ 再稼働時承認：停止期間中の検査結果、ENSIの要求事項への対応状況を審査

出所）ENSI-B02「原子力施設の定期報告」、ENSI-B03「原子力施設の通知」、ENSI-A04「原子力施設の承認を要する変更に関する申請書類」

2.3 スイス 長期停止に関する調査

⑤規制当局の審査体系及び審査事項：ベツナウ1号機での対応

- 長期停止に特化した規制枠組みはなく、通常のプラント監視、定検停止時の規制監督の枠組みで停止期間長期化に伴う変更に対応
- 再稼働については圧力容器安全証明を条件としており、外部専門家に諮問し評価を実施

項目	説明
プラント	ベツナウ1号機
長期停止事由	2013年にベルギーで確認された圧力容器（RPV）の水素脆性剥離問題を受けて定検停止期間中に実施した超音波検査で所見が確認、再稼働の条件とされたRPVの安全証明完了に時間を要し停止が長期化
停止期間	2015年～2018年（約3年間）
停止期間中の対応	（停止状態における監督）原子力発電所の策定した作業計画・点検計画、施設変更計画に基づき定検中の作業を監督。ENSIは内部に「停止プラント会議」を設置して対応。停止長期化により上記計画変更の場合は、変更の承認及び変更後計画に基づく監督が続けられたと考えられる （再稼働の承認）再稼働条件とされたRPV安全証明の承認後、事業者による定検報告書、停止期間中におけるENSIの検査結果やENSI委託の外部専門家による技術評価書をもとに再稼働承認を判断

出所）ENSIウェブサイト、ENSI規制戦略文書「統合的規制」ENSI2015年～2018年規制年報、ENSREG第1回TPR「高経年化対策」スイス国家行動計画、

3 フランス

3.1 基本情報

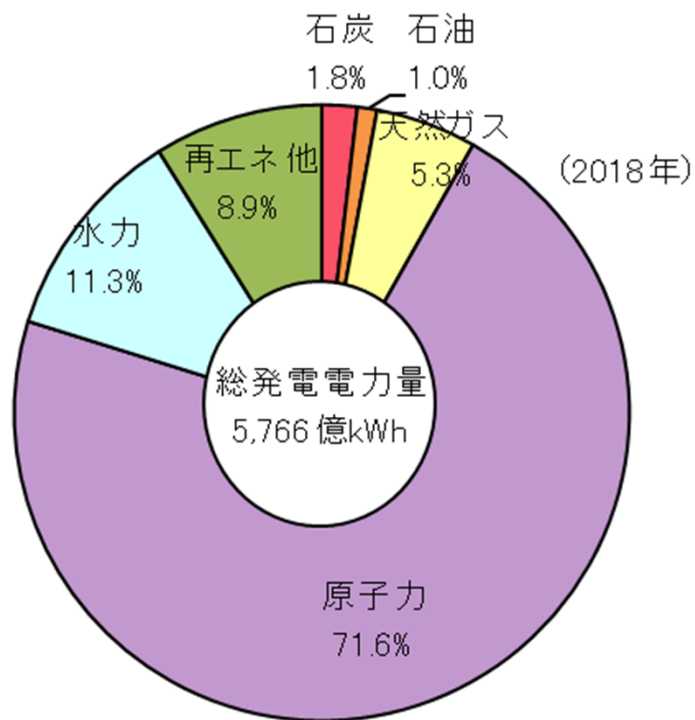
3.2 長期運転に関する調査

3.1 フランス 基本情報

①原子力基本情報

- 世界第2位の原子力国。2035年までに総発電電力量に占める原子力比率を5割に低減する方針
- 運転中であった58基のうち14基（2基閉鎖済み）を閉鎖するが、その他は60年程度の長期運転を想定

●電源ポートフォリオ



●原子力基本データ

発電電力量 (2019年)	3,824億kWh
設備容量 (net)	6,137万kW
運転中基数 (2020年)	56基 (PWR56基)
うち 0～29年	9基
30～39年	38基
40～49年	9基
50年～	0基

【出所】IEA, World Energy Balances 2020 Edition

出所) IEA, World Energy Balances 2020、IAEA-PRIS

3.1 フランス 基本情報

②長期運転概要

許認可における期間設定			
運転期間の法的制限	初期運転認可期間	延長・更新単位	補足：初期設計寿命など
なし	なし	10年：更新回数制限なし	初期設計寿命は40年
長期運転枠組みの概要			
長期運転と見なす対象		審査枠組み	
40年～（初期設計寿命）		定期安全レビュー（PSR）	
審査の要件（長期運転において要求される特徴的な条件、検査等）			
- 現行規則への適合性（適合性検査）と、最新知見に照らしたリスクや問題点に関する評価の最新化（安全性再評価）の2つで評価し、適合性検査の枠組みで、高経年化評価・対策を実施。過去10年の高経年化対策に基づき、さらに10年間の運転継続に必要な対策を実施 - PSRの結果、さらに10年間の安全な運転継続が可能であることを示したPSR報告書を事業者が規制機関に提出し、規制機関が運転継続の可否に関する事業者の評価内容を確認			
高経年化対策の考え方（30年超など年数基準、特別な枠組み等）			
- 初期設計寿命は40年とされており、事業者は第3回PSR時点で高経年化の影響を受けやすい安全上重要な構造物・系統・機器（SSC）のリストの更新、劣化メカニズムのパラメータや、補修・交換可能条件等の明確化を実施 40年超運転が想定される中、運転期間が35年を超える原子炉の高経年化対策も含む運転継続に向けた事業者の変更措置については規制機関による承認と、PSR結果報告書の提出から5年後の中間報告が義務付け			

3.1 フランス 基本情報

②長期運転概要

長期運転枠組みの概要（続き）

補足

- フランスは出力階層ごとに設計が統一されているため、PSRは各出力階層に共通のジェネリックな評価、その後個別の原子炉の評価の2段階で実施
- PSRに関する当局の最終評価は長期運転期間後に示されることもある。この間も原子炉は運転の権利を保持しており、その時点での安全性に問題がないかぎり運転は継続可能

(コラム) フランスの規制アプローチの特徴

規範的アプローチ

- フランスの安全規制アプローチは、処方的（prescriptive）ではなく、規範的（règlementaire）であることが特徴
- 法令や規則において、事業者が遵守すべき技術的要件等を詳細且つ具体的に示すのではなく、達成すべき安全目標を提示する
⇒もっとも重要な第一の安全目標は、環境法典に規定される「公衆安全、公衆保健、公衆衛生又は自然保護及び環境保護」である。
- 目標達成のための手段は事業者任せ、事業者が提案した手段によって安全目標が達成するかを検証するというアプローチ
⇒例えば、原子炉容器に関しては、安全目標として破断防止が法令等に規定され、事業者は破断が発生しないことを証明しなければならない。

法令・規制図書における規定の特徴

- 上記の規制思想に基づき、法令等では事業者が達成すべき目標、超えてはならない限度、目標の達成状況を確認するための検査等について規定されるが、目標達成のための具体的な技術的手段については法令等では示さない。
- 具体的な手段は事業者が特定して規制機関に提示する。

規制活動における当局と事業者

- 規制機関は、技術支援機関に対し、事業者が提示した手段が安全目標達成のために十分な内容であるか評価・分析を依頼し、その結果も踏まえて、事業者の提案内容を確認する。
- 規制機関は事業者の提案内容がおおむね妥当であることを確認しても、より安全性を高めるための改善措置や補完的措置を指示する場合がある。

（出所）議会科学技術選択評価局（OPECST）議事録、2011年5月31日、<http://www.assemblee-nationale.fr/13/cr-oecst/10-11/c1011017.asp>

3 フランス

3.1 基本情報

3.2 長期運転に関する調査

3.2 フランス 長期運転に関する調査

①長期運転の位置づけ

- 長期運転について法令における明確な定義はなく、法令による運転期限の定めもない
- 40年超運転を長期運転ととらえているが、第4回PSRの実施と、公衆の健康や安全、自然や環境の保護の観点から、運転継続が問題ないとする規制機関の確認が必要

項目	内容
認可期限	なし
長期運転とみなす対象	既存炉の設計寿命の40年超の運転を長期運転ととらえている
法令における長期運転の定義有無	長期運転について法令における定義はない
長期運転承認にかかる規制枠組	- 長期運転に特化した許認可はない - 環境法典に基づきフランス電力（EDF）が10年ごとにPSRを実施して次のPSRまで10年間当該原子炉を安全運転できることを説明した報告書を提出し、これを原子力安全機関（ASN）が審査、運転を継続しても問題がないかを確認 90万kW級原子炉の40年超運転の適否を評価する第4回PSRに関し、EDFによる高経年化対策として、ASNは以下を実施するよう求めている 40年超運転を想定した経年劣化メカニズムの特定 40年超運転を想定した原子炉容器の機械的強度の証明 - 運開から35年を超える原子炉のPSRにおいては、EDFは高経年化対策や安全性向上のために提案する措置についてASNの承認を得ること、PSR結果報告書提出から5年後に中間報告書を提出することが環境法典で義務付け
原子炉の運転年数と恒久停止との関係	運転年数によって原子力発電所の恒久停止が決定されることはない

出所) OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019、ASN2019年報

3.2 フランス 長期運転に関する調査

②長期運転に関する政府方針

- フランスでは共和国政府がエネルギー・原子力政策を決定
- 安全性に問題がない限り、商用原子炉の運転期間に制限はない
- 長期運転についてはフランス電力（EDF）の経営判断による

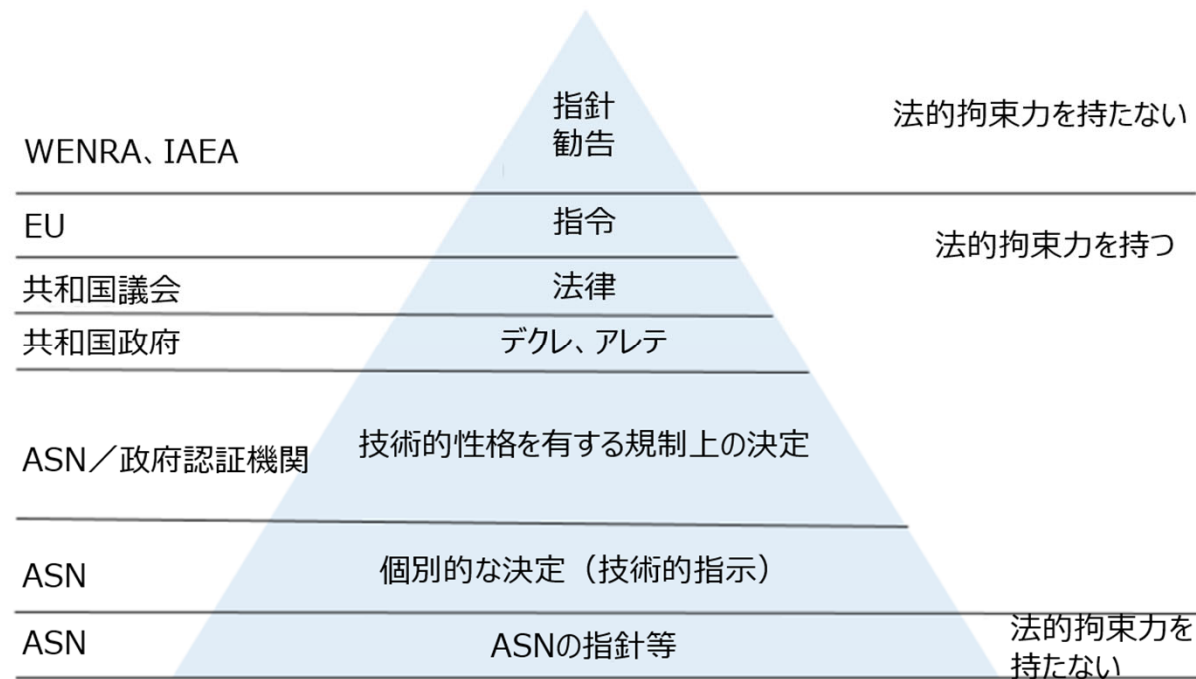
項目	
原子力利用政策の策定主体	共和国政府がエネルギー・原子力利用政策を策定
長期運転を含む原子力利用政策方針とその背景	1973年のオイルショックを契機に原子力をベースロード電源と位置づけ、積極的に推進 - 福島第一原子力発電所事故を受け、社会党政権下で電源構成に占める原子力の比率を縮減する方針に転換。その後の保守政権も減原子力政策を継承し、現在に至る 2015年のエネルギー転換法の規定： - 原子力の比率を2025年までに75%から50%に縮減する（ただし政府は2035年に先送りする意向） - 原子力発電設備容量の上限を6,320万kWとする - 上記の枠内で、原子力安全機関（ASN）が安全性に問題がないと確認する限り運転期間に制限なし - 現在運転中の商用原子炉はすべてPWRで、90万kW級、130万kW級、145万kW級の出力階層に分かれて標準化 - 運転中の56基のうち、どの炉を40年超運転するかは未定
事業者の長期運転意向	- EDFが国内すべての商用原子炉を運転 2009年、EDFは商用原子炉を基本的に40年以上運転する方針を表明

出所）仏政府ウェブサイト、仏法令DB、OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors,2019

3.2 フランス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (1) 原子力安全に係る規制法令体系の全体像

- フランスの原子力安全や放射線防護に関する規制法令体系は、国際的な指針や勧告に準拠し、下図のように階層化
- 法的拘束力を有する法律、デクレ（政令）、アレテ（省令）、原子力安全機関（ASN）の決定では、達成すべき原子力安全や放射線防護上の目標を提示
- 法的拘束力がないASNの指針等では詳細な安全目標と実現手段を提示



フランスの原子力安全法令体系

出所）原子力安全条約第8回フランス国別報告書

3.2 フランス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (2) 長期運転に係る規制法令体系

- 定期安全レビュー（PSR）の実施及び安全報告義務の根拠は環境法典
- ライフサイクルを通じて実施する高経年化管理等についてはアレテによって義務付け

法律	環境法典	長期運転に係る判断基準となる10年ごとのPSRについて規定 35年超運転の原子炉について事業者が講じる高経年化措置等のASNの事前承認、第4回PSRから5年後の中間報告書提出を規定	法的拘束力あり
定期安全レビュー（PSR）の法的根拠			
行政命令	手続きデクレ	PSRの実施時期等を規定	
	2012年2月7日のアレテ（INBアレテ）	原子力基本施設（INB）の一般規則を規定	
	1999年11月10日のアレテ	10年ごとの1次冷却系の完全な検査（水圧試験等）、1次冷却系と2次冷却系の健全性を証明するレファレンス文書（DRR）の作成・更新について規定	
	2015年12月30日のアレテ	原子力耐圧機器の設計から高経年化管理までを規定	
ASNの決定	例）2015年1月27日の決定 n° 2015-DC-0495	第3回PSR結果を踏まえたトリカスタン原子力発電所1号機の運転継続に関する技術的指示を規定	
指針	2017年7月18日の指針（guide n° 22）	軽水炉の設計に関する指針。設計段階における防護上重要な要素にの高経年化管理を含む	

長期運転に係る主要規制図書

出所) OECD/NEA, "Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors", 2019、原子力安全条約第8 回フランス国別報告書、ASN2019年年報等より作成

3.2 フランス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則

- 長期運転に関する法令等の規定はなく、環境法典が定める定期安全レビュー（PSR）の枠組みで40年超の運転を行っても公衆の健康や安全、自然や環境の保護の観点から問題ないかを事業者が評価、規制機関が結果を確認
- 具体的要件等は、行政命令、規制決定や規制指針に規定

文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
環境法典	法典	• L.593-18条で、定期安全レビュー（PSR）の実施を事業者に要求 • L.593-19条で、PSRの結果に関する報告書の提出義務を規定するとともに、運開から35年以上が経過した商用炉については、高経年化措置等に関するASNの事前承認、PSR結果報告書提出から5年後の中間報告書の提出を要求
2007年11月2日の手続きデクレ	行政命令	• 第24条で、PSRの実施時期を規定 • 2019年に環境法典に再編（R.593-62条及びR.593-63条）
2012年2月7日のアレテ	行政命令	• 原子力基本施設に適用される一般規則を規定 • PSR結果報告書に提示する内容（格納容器の健全性の確認結果等）を規定
1999年11月10日のアレテ	行政命令	• 商用炉の1次冷却系及び2次冷却系の運転の監視要件を規定 • 1次冷却系及び2次冷却系の健全性を証明するレファレンス文書（DRR）の作成と定期的なアップデートを規定（第4～7条） • 機器に影響を及ぼす化学的条件の継続的な調査や、材料特性の経年劣化現象の監視措置を規定（11条、12条） • 1次冷却系の完全な検査（水圧試験等）を10年に1度の頻度で実施することを規定（14、15条）

出所) OECD/NEA, "Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors", 2019、原子力安全条約第8 回フランス国別報告書より作成

3.2 フランス 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則

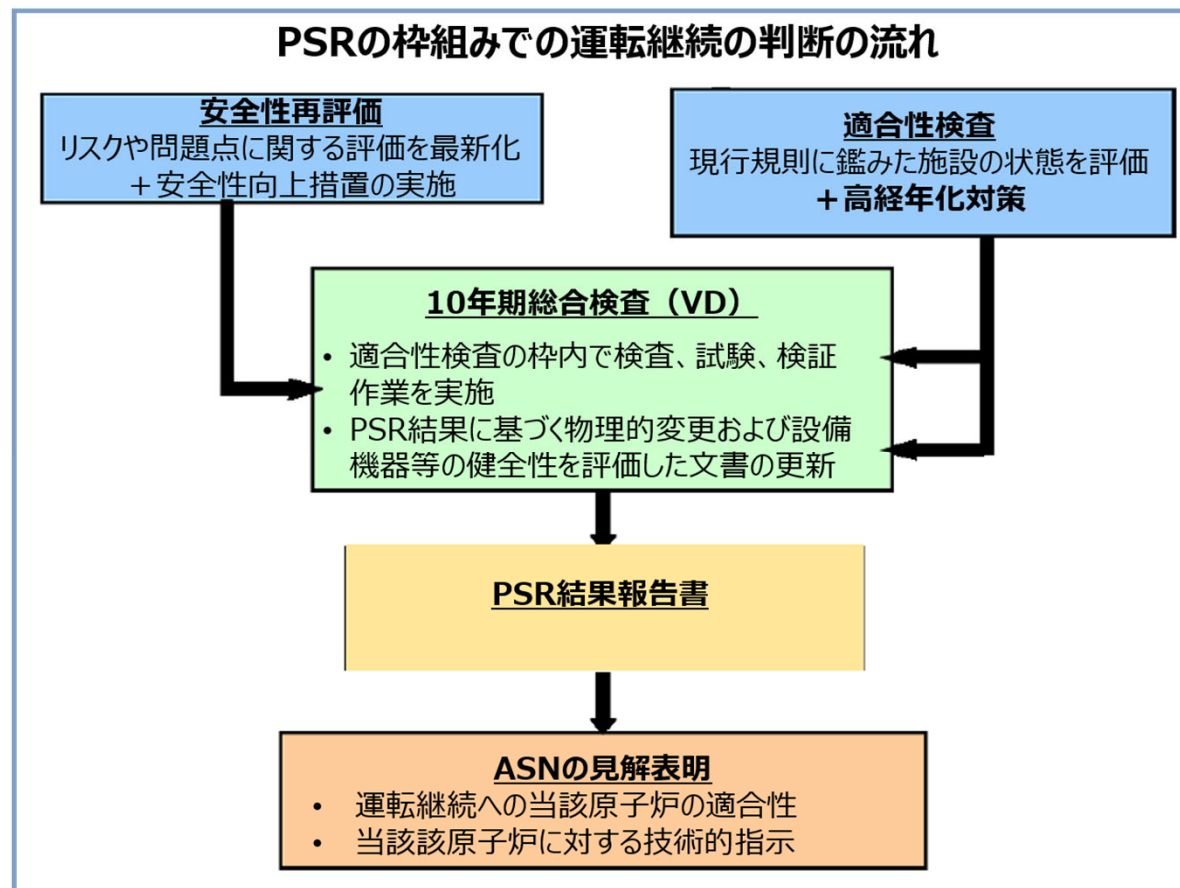
文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
2015年12月30日のアレテ	行政命令	- 原子力耐圧機器の設計・製造に係る安全上重要な要件を規定 - 付属文書で熱脆化・照射脆化の考慮を要求
2015年1月27日のASNの決定 n° 2015-DC-0495	規制決定	- トリカスタン原子力発電所1号機の第3回PSRの結果を踏まえた技術的指示を規定するASNの決定 - PSR実施後にEDFがASNに提出する報告書を評価し、次のPSRまでの10年間の運転継続が可能であるとASNが確認し、継続にあたって対応すべき措置をEDFに義務付ける技術的指示を規定 - トリカスタン1号機と同様に、その他の原子炉についても1基ずつにASNの決定が発出される
2017年7月18日の指針 (guide n° 22)	規制指針	- ASNと放射線防護・原子力安全研究所 (IRSN) によるPWRの設計に関する共同指針 - 安全上重要な要素の高経年化管理に関する指針を提示

出所) OECD/NEA, "Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors", 2019、原子力安全条約第8 回フランス国別報告書より作成

3.2 フランス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象 フランスにおけるPSRの枠組み

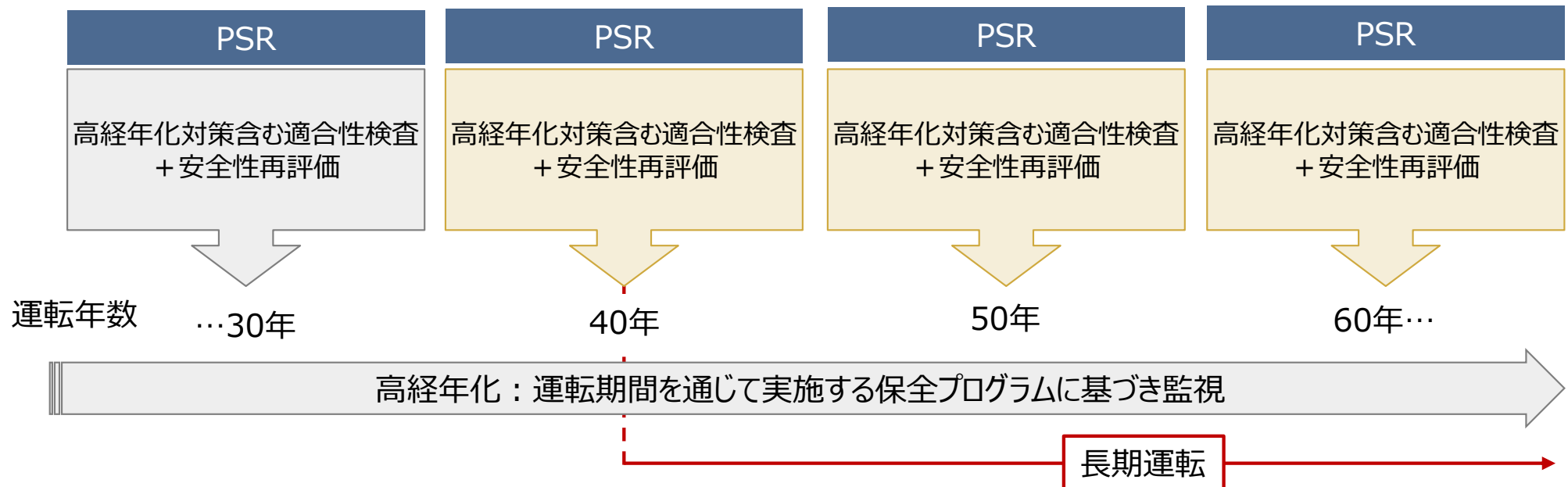
- フランスのPSRは、現行規則への適合性（**適合性検査**）と、最新知見に照らしたリスクや問題点に関する評価の最新化（**安全性再評価**）の2つで構成
- 適合性検査の枠組みで、高経年化評価・対策を実施



3.2 フランス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：全体概要

- 長期運転はPSRの枠組みで評価されるが、EDFは運転期間を通じて60年間の運転継続を見据えた高経年化対策を実施
- PSRの高経年化対策では、過去10年の高経年化対策に基づき、さらに10年間の運転継続に必要な対策を実施
- 機器の旧式化（主に部品製造中止等に伴う機器の可用性喪失）についても、運転期間を通じた評価に基づき、PSRにおいても評価



長期運転に係るPSRによる評価と運転期間を通じた高経年化対策の実施の流れ

(※) PSR実施実施時期は目安。間隔は原則10年だが、運開30年目、40年目といった特定の年次で行う義務はない。

出所) ASN2016年4月20日のEDF宛て書簡CODEP-DCN-2016-007286、OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019

3.2 フランス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：高経年化対策における対象

■ ライフサイクルを通じた高経年化対策（保守・検査・品質認定）

高経年化対策の法的根拠

- 原子力耐圧機器に関して、設備の適合性の確保、ライフサイクルを通じた保守・検査の実施、規制当局への報告（環境法典R557-14-2条）
- 1次系及び2次系を構成する原子力耐圧機器のモニタリング（加圧水型原子炉の1次系及び2次系の運転中のモニタリングに関する1999年11月10日のアレテ）
- 1次系及び2次系を除く原子力耐圧機器について、設計段階から供用期間を通じての経年劣化の考慮（原子力耐圧機器に関する2015年12月30日のアレテ）

高経年化対策の要件（2件のアレテに規定）

<対象設備：1次系、2次系>

運転者に対する基本要求

- 1次冷却系及び2次冷却系の健全性を証明するレファレンス文書（DRR）の作成と定期的なアップデート
- 定期的なモニタリングプログラムの策定、実施（欠点の有無の確認、欠点が存在する場合は悪化していないことの確認）
- 材料劣化のフォローアップ調査プログラムの策定、実施
- PSRに合わせた完全検査（水圧試験を含む）

<対象設備：原子力耐圧機器>

製造者に対する基本要求

- 設計段階で経年劣化、特に照射脆化の考慮
- 運転及び経年劣化の条件を取扱説明書に明記

運転者に対する基本要求

- 高経年化対策として設備ごとに保守・モニタリングプログラムを策定、更新
- 高リスクの設備に対し40カ月ごとに定検を実施
- 設備の補修及び変更

3.2 フランス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：PSRにおける高経年化対策評価

- 環境法典L.593-18条に基づきEDFが10年ごとにPSRを実施
- EDFは第3回PSRにおいてASNの見解も踏まえた高経年化対策を実施
- 第4回PSRでは40年超の運転継続を想定し、ASNの見解も踏まえた高経年化対策を実施予定

- 10年ごとの1次主冷却系の完全な検査等を実施するための10年期総合検査（VD）のタイミングでPSRを実施
- PSRでは、過去10年間の国際的な最良事例、施設の状態、運転経験のフィードバック、新たな知識、適用される規則等の改定状況や、新型炉、特に欧州加圧水型原子炉（EPR）に課される安全要件を考慮
- 上記を考慮し、現行の規制要件への適合性（適合性検査）と、最新知見に照らしたリスクや問題点に関する評価の最新化（安全性再評価）を実施
- 高経年化対策は適合性検査の枠組みで実施し、物理的高経年化だけでなく、非物理的高経年化（主に部品製造中止等に伴う機器の可用性喪失）も対象

90万kW級原子炉の第3回PSR向けの高経年化対策 （ASNの2001年の書簡DSIN-GRE/SD2/34-2001）

- 高経年化の影響を受けやすい安全上重要な構造物・系統・機器（SSC）のリストの更新、劣化メカニズムのパラメータの明確化、補修・交換可能条件を文書化
- 保守・モニタリング経験のフィードバックの詳細分析
- 実際の供用環境を考慮した劣化現象の研究



40年超運転を想定した高経年化対策 （ASNの2013年の書簡 CODEP-DCN-2013-013464）

- 劣化メカニズムの定義の補完
- 原子炉容器の機械的耐性のロバスト性の証明
- 交換用機器製造の産業プロセスの脆弱性の特定と改善措置の提示
- 適合性の検証と逸脱の是正に関するEDFの能力強化

3.2 フランス 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：PSRにおける長期運転に関する要件

- 環境法典L.593-19条に基づき、EDFが提出したPSR結果報告書をASNが審査し、技術的指示を発出
- PSR実施時点で運転期間が35年を超えた炉は、EDFが実施する変更措置に関して公衆意見聴取の実施とASNの承認が必要

PSR結果報告書（非公開）

- PSR結果報告書の内容については2012年2月7日のアレテにおいて、格納容器の健全性の確認結果や原子力発電所から環境への排水等について記載することが規定されているが、報告書全体の構成等については法令による規定がなく、細目はASNが示すが、以下の条件を満たす必要がある
 - 法令への適合性に関する証明
 - 逸脱の是正および安全性の改善のために実施された変更の妥当性証明
- PSR結果報告書の審査後、ASNはEDFに対し安全上重要な機器の健全性を定常的にフォローアップする措置を含む技術的指示をASNの決定の形で発出

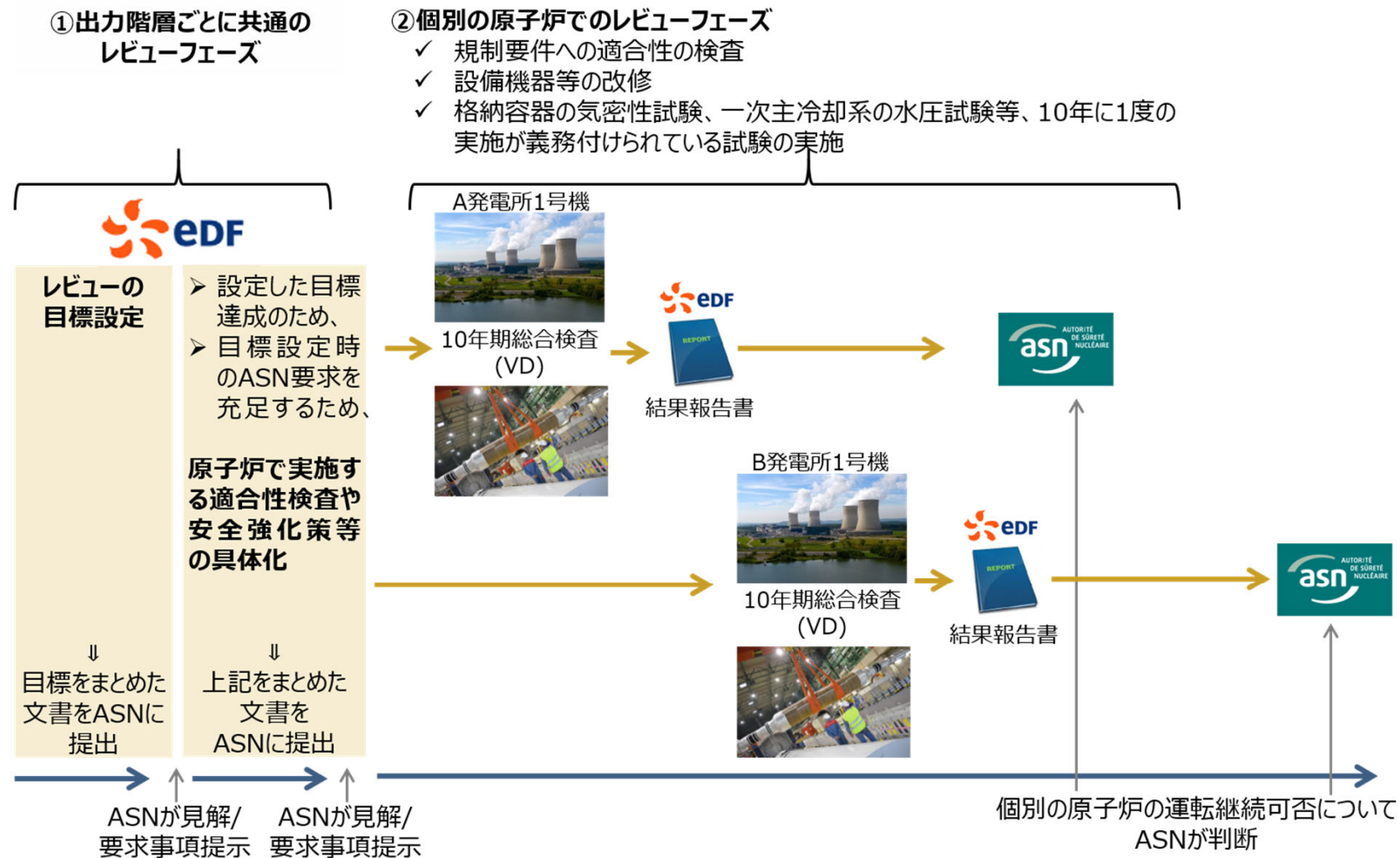
PSR時点で運転期間が35年を超えた原子炉のPSR実施に関する規定

- PSRにおいて運転継続のためにEDFが提案した変更措置は、公衆意見聴取を行ったうえでASNの承認を要す
- PSR結果報告書の提出から5年後、EDFが安全上重要な設備の状態に関する中間報告書を提出
- ASNは必要に応じて、既出の技術的指示に対する追加的な指示をEDFに義務付け

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準：PSR審査の基本的な流れ

- フランスのPSRは、出力階層（90万kW級、130万kW、145万kW）ごとに、
 - ① 共通化されたレビューを実施した上で、
 - ② 各炉のレビューを行う2段階アプローチ



出所) 4e réexamen périodique des centrales 900 MWe Synthèse de la note de réponse aux objectifs, août 2018, EDFに基づき作成

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準

- PSRの共通化されたフェーズにおけるEDFの目標設定や、原子炉で実際に講じる対策の具体化に際して、ASNが審査し、見解を提示
(90万kW級原子炉の第4回PSRの目標設定に関するASNの審査結果を示した見解については3.2⑥を参照)
- そのうえで、各原子炉におけるレビュー結果をまとめたEDFのPSR結果報告書をASNが審査し、見解を提示

- フランスでは法令等において安全目標を規定し、その具体的な実現手段は事業者が検討してASNに提案
- ASNによる事業者の提案内容の審査も、法令に規定された安全目標に照らして実施
- PSRに関しても、法令等において具体的な審査事項や審査基準は示されていない

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑤ 審査事項及び審査基準

- 審査事項や基準は法令等で示されていないが、EDFが作成するPSR結果報告書には以下のような事項を含んでおり、ASNの審査はこれらの事項を対象に実施され则认为られる

- 規制要件への適合性検査の結果
- 保守計画の前提となっている経年劣化等の実態調査である補完的調査プログラム（PIC）の結果
90万kW級原子炉のPSRにおいては以下について実態調査を実施し、想定外の経年劣化等が確認された場合にはその補修を実施
 - ✓ 1次主冷却系および2次冷却系の機械設備
 - ✓ その他の機械設備（配管、シート、交換器、ポンプ、重要な弁）
 - ✓ 土木構造物および格納容器
- 規制要件への逸脱に関する事象とその対応の総括
- 公害防止策の改善状況
 - ✓ 利用可能な最良の技術の観点から、環境影響の防止・低減手段の有効性の評価
 - ✓ サイト内（土壌）および周辺環境の化学的・放射線学的状態
 - ✓ 放射性物質の放出抑制
 - ✓ 廃棄物の再コンディショニングについて、すでに実施された研究の成果、実施予定の研究の見通し
 - ✓ 放射性排液の測定装置の倍増に関する指示の改定を可能にする情報
 - ✓ サイトの騒音レベルの計測

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：40年超運転を想定した90万kW級及び130万kW級原子炉の第4回PSRにおける目標設定の方向性に関するASNの見解（2013年） 1

- フランス電力（EDF）は2009年に原子炉の運転期間を40年以上に延長する意思を表明（60年の運転期間も想定）
- EDFは40年を超えて原子炉を運転するため、第4回PSRにおける目標設定、適合性検査や安全性向上の実施方法、取り組むべき課題についてまとめた包括プログラムをASNに提案
- ASNは2013年6月28日付でEDFの提案内容について見解書を提示

ASNの見解書における全体的評価

EDFの検討内容はおおむね妥当であるが、実施を誓約している措置の他にも、追求すべき安全目標および取り組むべき課題について修正と補足が必要

出所）Programme générique proposé par EDF pour la poursuite du fonctionnement des réacteurs en exploitation au-delà de leur quatrième réexamen de sûreté CODEP-DCN-2013-013464, 28 juin 2013, ASN.

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：40年超運転を想定した90万kW級及び130万kW級原子炉の第4回PSRにおける目標設定の方向性に関するASNの見解（2013年）2

■ ASNの見解書の構成は以下のとおり

ASNの見解書の構成

EDF会長宛て書簡

付属文書1 EDFが提示した包括プログラムの方向性に関する
ASNの詳細な見解
高経年化と適合性の管理手順
安全性の評価

付属文書2 ASNの要求

- A. 課題1：安全に係る一般的な取り組み
 - A.1. 各次のPSRにおいて安全性を継続的に向上させるための取り組みの実施
 - A.2. ペレット-被覆管相互作用に関する研究がカバーする領域
 - A.3. 既存の原子炉の設計では考慮されなかったがEPRの設計では想定されている運転条件下における運転中の原子炉の挙動
 - A.4. 運転員がいかなる行動もとる必要がない猶予時間の増大
 - A.5. 重大事故状況下での設備機器の挙動
 - A.6. 燃料プールにおける貯蔵

付属文書2 ASNの要求（つづき）

- B. 課題2：設備の高経年化と陳腐化の管理
 - B.1. 1次冷却系および2次冷却系の健全性を証明するレファレンス文書（DRR）
 - B.2. 高経年化現象の特定
 - B.3. 運転状況の管理と高経年化への影響
 - B.4. 管理手法の実行可能性と有効性
 - B.5. 事故状況下における電気ケーブルの耐久性

付属文書3 ASNの所見

- A. 確率論的安全評価の対象領域の拡張
- B. 運転条件の改善
- C. 原子炉格納容器
- D. 埋設配管のモニタリング
- E. 事故状況下における部材の品質証明
- F. 出力増大

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：40年超運転を想定した90万kW級及び130万kW級原子炉の第4回PSRにおける目標設定の方向性に関するASNの見解（2013年）3

ASNによる指摘事項の概要

- 設計で想定された期間を越えて運転を継続する場合、安全上重要な設備機器が規制要件に適合していることを第4回PSR以後も保証できることが前提
- 新たな安全要件、最新の原子力技術、EDFが想定している運転期間を考慮して、既存の原子炉の安全性を改善すべき
- 高経年化対策については、国内外の経験のフィードバックと適切な研究・開発プログラムの成果に基づいて、安全上重要な構成要素に係る経年劣化現象を特定し、公衆の健康や安全、自然や環境の保護するための対応を補完するべき
- 第4回VD以降の原子炉容器の機械的挙動に関して妥当性を証明すべき
- 原子炉の運転中に不測の事態が発生するケースも含めて機器の交換プロセスにおける脆弱箇所を特定し、プロセスのロバスト性を向上させるための措置を提案すべき
- 適合性の検証と、必要に応じて適合性を回復するための確実な提案を行うべき
- 安全性を向上させるための措置については、設計基準事故に伴う放射線の影響を合理的に達成可能な限り低減するための提案を補強すべき
- 使用済燃料貯蔵の安全性の改善に関する提案を示すべき
- EDFのプログラムは、第4回PSR以後の運転継続が見込まれるすべての90万kW級原子炉および130万kW級原子炉について、遅くとも第4回VDの期間中に必要な対応や改修を実施することを目標に構築されるべき

40年超運転に向けた各原子炉の適合性については、第4回PSRの共通化レビューフェーズにおいてEDFが提案する具体的な対策に関する評価結果と、各炉における個別レビュー後の結果がEDFから提示された後に見解を示す

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：90万kW級原子炉の第4回PSRの目標設定に関するASNの見解（2016年）1

- 2013年のASN見解を踏まえて、EDFは2014年1月に、90万kW級原子炉の第4回PSRの共通化された目標設定に関する文書（非公開）を提出
- ASNは2016年4月20日付で、EDFの文書に対する見解書を提示
- ASNは第4回PSRの目標・方向性の設定に関して、以下の点を注視
 - 当初設計では特定の設備・機器の供用期間を40年と想定。40年超運転には、運転経験のフィードバックを考慮した設計研究の最新化が必要
 - 福島第一原子力発電所事故を踏まえて実施されたストレステストに基づく変更を完了
 - 第3世代炉である欧州加圧水型原子炉（EPR）と同等の安全目標を設定

ASNの見解書における全体的評価

EDFの検討内容はおおむね妥当であるが、適合性の検査範囲や安全性向上の目標については補足が必要

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：90万kW級原子炉の第4回PSRの目標設定に関するASNの見解（2016年）2

■ ASNの見解書の構成は以下のとおり

ASNの見解書の構成

EDF会長宛て書簡

ASNの見解

1. 施設の適合性管理の手順
2. 安全性の評価（安全レベルを向上させるための措置）

付属文書1 90万kW級原子炉の第4回VD（VD4-900）に伴うPSRに係る施設の高経年化および適合性の管理の手順

A. 適合性検証

A.1. 適合性検証の全体プロセス

A.2. 適合性検証

A.3. VD4-900の機会に特化した試験

A.4. 補完的調査プログラム

B. 高経年化と旧式化の管理

B.1. 高経年化対策プロセス

B.2. 運転継続の適性の基準

B.3. 供用中検査および保守の基準

B.4. 設備および交換部品の旧式化の処理プロセス

B.5. 品質の維持

B.6. 1次冷却系および2次冷却系の健全性を証明するレファレンス文書（DRR）

附属書2 安全性の評価

C. 事故（重大事故を除く）の放射線影響を抑制するための措置

C.1. 施設の設計領域の状況

C.2. 安全証明の補完的領域

C.3. 安全防護上重要な要素および土木構造物の設計

C.4. 確率論的安全評価——レベル1PRA

C.5. 事故の潜在的な放射線影響

D. 重大事故の防止および抑制に大きな影響を及ぼす措置

D.1. 重大事故の影響の抑制

D.2. 確率論的安全評価——レベル2のPRA

E. プール内での燃料の貯蔵

F. 廃棄物コンディショニング付属建屋における事故リスク管理の証明

G. 放射線リスク以外のリスクの考慮

（次のスライドにつづく）

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：90万kW級原子炉の第4回PSRの目標設定に関するASNの見解（2016年）2

■ ASNの見解書の構成は以下のとおり

ASNの見解書の構成

附属書2 安全性の評価（つづき）

H. 内部・外部ハザード

- H.1. 安全証明における内部・外部ハザードの考慮の一般的手順
- H.2. 化学的ハザードに関する知識の増進の考慮
- H.3. 外部由来の洪水に伴うリスク
- H.4. 地震に伴うリスク
- H.5. 雷および外部電磁干渉に伴うリスク
- H.6. 内部電磁干渉に伴うリスク
- H.7. 飛行機のリスク
- H.8. 産業環境およびコミュニケーション手段に伴うリスク
- H.9. 配管の損傷および内部浸水に伴うリスク
- H.10. タンク、ポンプおよび弁の損傷に伴うリスク
- H.11. 火災リスク
- H.12. 爆発リスク
- H.13. 危険物質の内部移送に係るリスク
- H.14. 大暑に伴うリスク
- H.15. 大寒に伴うリスク
- H.16. 竜巻（トルネード）に伴うリスク
- H.17. 大風に伴うリスク

- H.18. 原子力発電所のすべての原子炉に影響を及ぼす外部ハザードにより冷却源および外部電源が長時間喪失した状況の管理

- H.19. 重量物の衝突および落下に伴うリスク

- H.20. ハザードに関する確率論的安全研究

附属書3 PSRにおいて扱うべきその他のテーマ

- I. 短所の考慮

- J. 悪意のある行為に伴うリスクの考慮

附属書4 変更の設計における組織的・人的要素の考慮

- K. “VD4-900”プロジェクトにより実施される横断的な“組織的・人的ファクタ”アプローチ

- L. 社会-組織的・人的取り組み“プロジェクト”の推進

- M. “横串推進部門”の人員の“現場の”経験

- N. 研究を推進する“組織的・人的ファクタ”の有効性

附属書5 参考文献

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：90万kW級原子炉の第4回VDに伴うPSRの一般的な方針に関するASNの見解（2016年）

ASNの主な見解

1. 適合性管理手順

- 規制要件からの逸脱の重要性に鑑み、適合性の検証に係る検査の範囲を拡張すべき
- 遅くとも各炉の第4回VDの際に、安全に係る逸脱を是正できるように組織を強化すべき
- 設計時の要件への適合性を維持し、前回のPSR以後に見直された安全要件への適合を確保するために、第4回VDにおいて補完的な試験を実施すべき
- 1次冷却系および2次冷却系の原子力耐圧機器の高経年化対策、特に原子炉容器の機械的耐久性、機械的疲労に関する環境影響の考慮、材料特性の変化に係る作業プログラムについて補完すべき

2. 安全性評価

- 原則としては安全上の重要性に照らしたグレーデッドアプローチが望ましいとしても、安全性評価に係る研究の規模や安全性改善措置が過度に縮減されることがあってはならない
- 設計基準事故、設計基準外事故およびハザードに起因する事故の放射線影響を合理的に達成可能な限り抑制できることを証明すべき
- 第4回VDが開始される前に、炉心溶融事故において必要となる新たな設備の認証の妥当性証明が必要
- 使用済燃料の貯蔵は、放射能インベントリを合理的に達成可能な限り低減すべき。特に、燃料のハンドリングおよび移送に伴うリスクや燃料サイクル施設における貯蔵能力を考慮すべき
- 130万kW級原子炉の第3回PSRについてASNが提示したハザードのリスクの評価に係るすべての要求、特に土木構造物の地震時の挙動および設備の耐震性の評価に係る要求が、第4回VDにおいて考慮すべき
- 火災に伴う重大なリスクに鑑み、深層防護アプローチに基づく確固たる安全証明が必要

出所) Orientations génériques du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe d'EDF (VD4-900), 20 avril 2016, ASN.

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑦事業者自らの取組：EDFの高経年化対策への取組経緯

- EDFは1990年代以降、原子炉の運転期間等に関する検討を継続
- 2001年に提示されたASNの見解に基づき90万kW級原子炉の第3回PSRで高経年化対策を実施

年	高経年化対策の取組
2001	ASNの2001年の書簡において、第3回PSRにおいて実施すべき高経年化対策に関する見解が提示
2002	90万kW級原子炉のSSCの高経年化対策プロジェクトを開始し、以下の取組に着手 ・ 高経年化メカニズムの知識基盤文書作成 ・ 90万kW級原子炉を対象に高経年化の影響を受けやすいSSCの網羅的なリストの作成 ・ SSCの運転継続適合性を証明する文書（DAPE）の作成
2003	・ 高経年化影響を受けやすいSSCのリスト作成や、リストアップされたSSCに対する高経年化対策実施等に必要なEDFの内の組織体制を明確化 ・ SSCと高経年化メカニズムの組合せごとに高経年化評価ファイル（FAV）の作成と、それぞれのFAVに関して、高経年化対策のための改修や交換の難易度に応じた追加的な保守作業等の実施要否を判断する指標を設定
2005	高経年化対策プロジェクトの永続化
2006	作成済みのSSCのDAPEの検証の結果、以下の取組を決定 ・ 事故状況への対応設備で設置から20年以上が経過したものについてサンプリングの要請 ・ 電気・電子機器の故障発生率に関する調査 ・ FAVを毎年、SSCのDAPEを5年ごとに改訂

出所）ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES EN FRANCE - MAÎTRISE DU VIEILISSEMENT - DÉCEMBRE 2017.

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑦事業者自らの取組：高経年化対策の共通的・システマチックなプロセスの活用

- EDFは2001年のASNの見解に基づく90万kW級原子炉の第3回PSRでの高経年化対策の一環で、4段階から成るSSCの高経年化対策プロセスを導入
- 90万kW級原子炉以外の第3回PSRにも同プロセスを適用するとともに、90万kW級原子炉の第4回PSR以降も同プロセスに基づき高経年化対策を実施

ステップ		内容
出力階層ごとに共通	ステップ1	高経年化の影響を受けやすく、その機能低下が安全性に影響を及ぼすSSCを選定
	ステップ2	- SSCと高経年化メカニズムの組合せをリスト化し、それぞれの組合せごとに、高経年化評価ファイル（FAV）を作成 - FAVは、現行の運転・保守体制に鑑みた高経年化対策の妥当性を検証し、補修・交換可能な条件を評価する目的で策定（補修・交換の難易度に応じて0～2までの指標を設定） - FAVは各出力階層の第3回目の10年期総合検査（VD3）PSRに先立って作成され、その後毎年改訂
	ステップ3	- 高経年化対策の妥当性を予め証明できないSSC（FAVの評価指標が2に該当するもの）を対象に運転継続の適合性を証明する文書（DAPE）を作成 - SSCのDAPEには、高経年化対策のために実施中または計画中の行動の評価、補完的な行動や研究を提示 - SSCのVD3に先立って作成され、5年ごと（＋－1年の猶予あり）に改訂
個別の炉	ステップ4	- FAVとSSCのDAPEに基づき、原子炉のDAPEを作成。 - 原子炉のDAPEには、VD後の10年間にわたり実施する高経年化対策プログラムを提示 - 原子炉のDAPEはVD開始の12カ月前に作成し、VD後の再臨界の6カ月後に改訂

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑦事業者自らの取組：高経年化対策の共通的・システマチックなプロセスの活用

- ASNは3.2⑥で示した2016年の見解を踏まえ、EDFが講じているSSCの高経年化対策について妥当であることを確認しているが、EDFは90万kW級原子炉の第4回PSRに向けて4段階から成る高経年化対策プロセスの対象となるSSCの範囲を拡大する等、高経年化対策を強化
- 定期保守は継続的に改善し、PSRに合わせて実施する特別保守の範囲も拡大へ

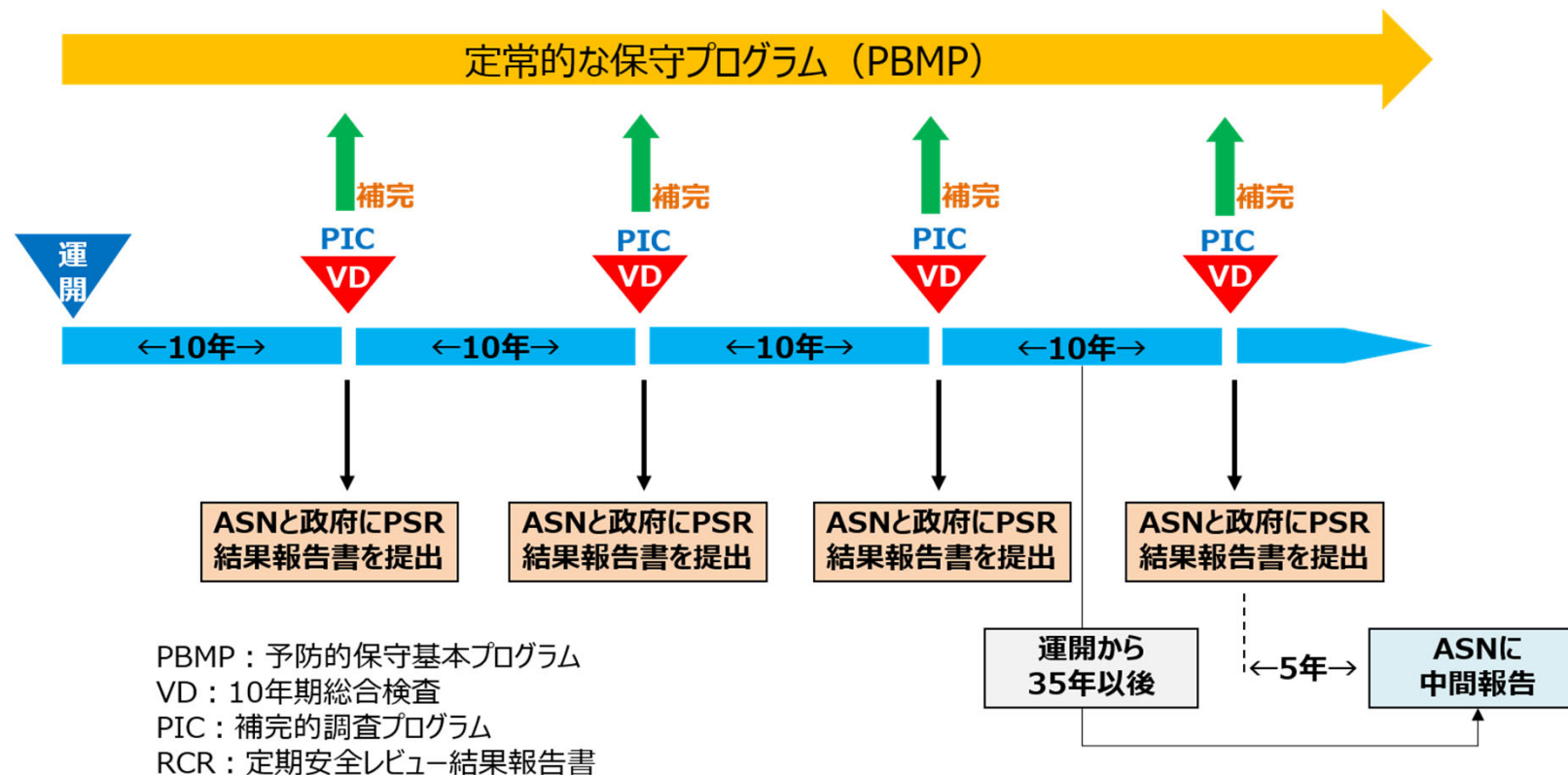
第4回PSRに向けたEDFの高経年化対策強化

- ・ 高経年化が影響を及ぼしうる安全上重要なSSCについて、機能低下が放射線事故につながるものを対象としてFAVやDAPEを作成していたが、放射線リスクを伴わない通常の事故につながるSSCも対象とする
- ・ SSCのDAPEに、運転継続適合性の評価基準を明示することで、安全な運転継続に経年劣化が与える影響の限度が明確化
- ・ 保守戦略については、定期保守と特別保守を組合せて実施
 - 定期保守
 - ✓ 設備の検査または解体、国内外で発生した事象の評価に基づく経験のフィードバックを継続的に反映
 - ✓ 1995年以降、“信頼性による保守最適化”アプローチを段階的に整備し、確率論的安全研究、システムの機能解析、故障モードとその影響の解析、運転経験のフィードバックを蓄積
 - ✓ 2009年以降、米国原子力発電運転協会（INPO）の機器信頼性プログラムAP913の手法を段階的に導入
 - 特別保守
 - ✓ 原子炉の供用期間を通じて1～数回、10年期総合検査（VD）に際して実施され、技術的に困難な大規模な改修や交換を実施
 - ✓ 第4回PSRにおいては、EDFはDAPEの作成対象となっていないSSCについても特別保守の実施について、FAVに提示する方針

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項： 保全・高経年化報告の全体像

- 運転期間を通じて定常的な保守（予防的保守基本プログラム（PBMP））を10年期総合検査の枠内で補完
- PSR実施時点で運転から35年以上が経過した原子炉は、PSR結果報告書の提出から5年後に、安全上重要な設備機器の状態に関する中間報告書をASNに提出



3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項： 保全活動

EDFの保全活動	
予防的保守基本プログラム (PBMP)	- 目視検査、非破壊検査等の立ち入り検査の内容や頻度を規定 - 検査結果や国内外の保守関連の知見のフィードバックも踏まえて、内容は重点化あるいは軽減 - 立入検査については、特に原子力耐圧機器を対象に、リスクが特定された場合および当該部位が深層防護の観点から特段の注意を要する機器等を対象に実施。 - 立入検査において採用する非破壊検査プロセスは事前に特定
補完的調査プログラム (PIC)	- PBMP等、定常的な保守プログラムを補完するため、10年期総合検査 (VD) において実施 - 劣化等は存在しないとの前提のもと、PBMPや個別的な保守プログラム等、定常的な保守の対象となっていない機器等について検査を実施し、定常的な保守プログラムの前提に問題がないかを検証 - ASNの要求により、90万kW級原子炉の第2回PSRにおけるVD以降実施
供用中のモニタリング	- 中央制御室及び現場で継続的に実施し、機器からの漏洩がないか、発熱や雑音等の異常がないか確認。 - 近年では施設適性状態維持 (MEEI) プロジェクトを実施し、非原子力部分 (壁面の塗料や電気、通路) が適切な状態で維持されているかを定期的に確認
定例試験	一般運転規則に基づき、安全上重要な要素に関する技術的な検査を実施し、設計時に比べて機器の経年劣化がないか等を確認

3.2 フランス 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項： 法令で定められた報告義務

加圧水型原子炉の1次系及び2次系の運転中のモニタリングに関する1999年11月10日のアレテの規定

- 初臨界から2年以内に、1次系及び2次系の状態、モニタリング条件、定検方法、調査計画等を含む文書をASNに提出（第4条）
- 1次系及び2次系の改修から6カ月以内に、変更後の設計図と関連文書をASNに提出（第5条）
- フランス認定委員会の認定を受けた組織が非破壊検査方法を事前に認定。各検査の実施前に、フランス電力（EDF）がASNに対して認定結果を通知。検査方法に著しい変更があった場合も同様（第8条）
- 部品交換、補修、改造等の作業を実施する前に、当該作業により1次系及び2次系の健全性が損なわれないことを示す文書をASNに提出。作業後、ASNに結果を報告（第10条）
- 材料特性の劣化に関する供用中検査を実施し、ASNに結果を報告、さらに10年間の使用に耐えることを証明（第12条）
- 1次系及び2次系の故障については可及的速やかに、遅くとも設備の使用を再開する前にASNに報告（第13条）
- 1次系及び2次系の完全な再認証は10年周期（10年期総合検査：VDにおいて実施）。再認証のための水圧試験はASNに事前申請。一部の検査については、ASNの合意のもと、水圧試験後・設備の使用再開前に実施可能。部分的な再認証は、そのプログラムをASNに事前通知（第15条）

出所）1999年11月10日のアレテ

4 カナダ

4.1 基本情報

4.2 長期運転に関する調査

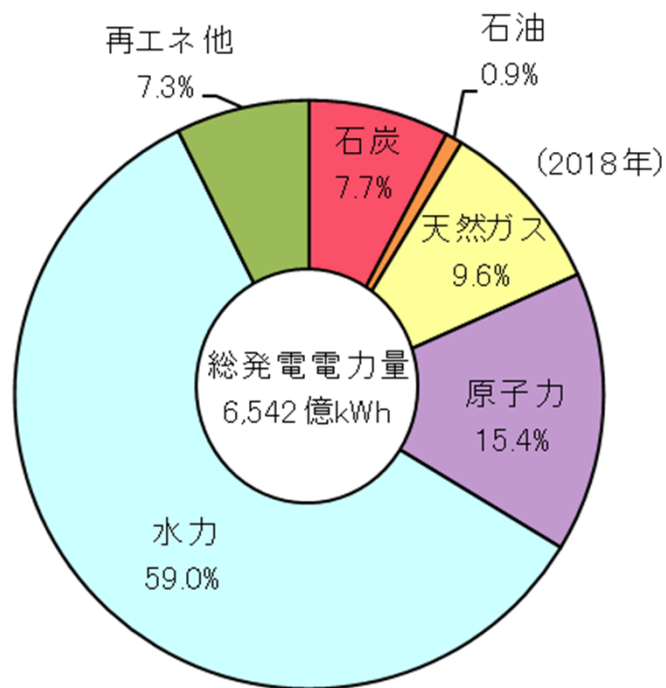
4.3 長期停止に関する調査

4.1 カナダ 基本情報

①原子力基本情報

- 国全体では水力が主力だが、オンタリオ州では原子力が電力の6割を占める主力電源。同州は石炭火力を全廃し低炭素な電源ポートフォリオを実現
- 設計寿命約30年の機器を交換する大規模改修により、既存炉の長期運転を実施

●電源ポートフォリオ



【出所】IEA, World Energy Balances 2020 Edition

●原子力基本データ

発電電力量 (2019年)	949億kWh
設備容量 (net)	1,355万kW
運転中基数 (2020年)	19基(PHWR19基)
うち 20～29年	3基
30～39年	10基
40～49年	6基
50年～	0基

出所) IEA, World Energy Balances 2019、IAEA-PRIS

4.1 カナダ 基本情報

②長期運転概要

許認可における期間設定			
運転期間の法的制限	初期運転認可期間	延長・更新単位	補足：初期設計寿命など
なし	個別に決定	原則10年：回数制限なし	30年
長期運転枠組みの概要			
長期運転と見なす対象		審査枠組み	
30年～（燃料チャネル等の寿命延長/交換改修）		認可更新手続にPSRを組込（10年間隔のPSRサイクルに合わせて認可更新）	
審査の要件（長期運転において要求される特徴的な条件、検査等）			
- 認可更新ではプラント性能評価、及び次期の改善措置・主要活動計画を審査 - PSRをツールとして用いて法令規制図書や許認可条件（＝許認可ベース）への適合、最新知見への適合性評価、長期運転阻害要因を特定、今後10年の改善措置を「統合実施計画（IIP）」として提示 - IIPに寿命延長改修計画を盛り込み。LR承認により寿命延長改修が可能に - 交換改修しない場合、燃料チャネル等の劣化評価に基づき供用上限拡大の是非等を審査			
高経年化対策の考え方（30年超など年数基準、特別な枠組み等）			
- 設計段階から廃止措置まで通じたプラントライフサイクル管理概念として位置づけ。開始年数基準はない - SSCの物理的劣化と技術的旧式化双方を管理する「統合的高経年化対策」を義務付 - CANDU炉の寿命を決める燃料チャネル等の重要機器については、詳細なライフサイクル管理計画（LCMP）を策定			

4.1 カナダ 基本情報

②長期運転概要

長期運転枠組みの概要（続き）

補足

- カナダ型重水炉（CANDU炉）では、燃料チャネル等寿命を左右する機器の交換によるプラント長期運転が可能
- コンポーネントを寿命延長しプラント供用期間を数年間延ばす「延長運転」も実施。複数基で長期間にわたる大規模改修中の発電容量確保手段などとして活用
- 認可期限を越えると運転の権利が失効、長期運転入りに先立ち当局によるLR発給が必要

(コラム) カナダの規制アプローチの特徴

エビデンスベース・パフォーマンスベース規制

- 政府機関全体での規制の基本原則は「規制に関する内閣指令」に規定
⇒「公共利益増進」「規制プロセスの現代化・透明性向上」「エビデンスベース規制（リスク分析、コスト便益分析に基づく規制の正当性証明を求める）」「公平で経済競争力に寄与する規制（経済成長、イノベーション促進を規制の目的とする）」を原則として示す
- 原子力規制においても上記原則が適用される
- カナダ原子力安全委員会（CNSC）のヴェルシ委員長は自国の規制について、命令的規制ではなくパフォーマンスベースの規制である、と説明

法令・規制図書における規定の特徴

- 法律では基本原則を、規則（CNSCが制定）では手続上の要求事項と法律の要件を満たすための基本的な基準を規定
- 規則では要件を満たすための義務事項を指定する「処方的アプローチ」と要件を満たすための指標を示す「パフォーマンスベースアプローチ」併用
- 規制文書（REGDOC）は法律、規則の要件を満たす方法を示す文書と位置づけ

規制活動における当局と事業者

- 上記リスクとコスト便益分析に基づきグレーデッドアプローチを適用したリソース配分、合理化を実施
- CNSC委員長は当局と事業者の関係について、当局はなすべきことを指示命令するのではなく事業者に対して目標を示し、事業者は自主的にアイデアを出し実現方法を示す（パフォーマンスベースの規制）と説明
- 新炉設計に関して非公式プロセスとして設計の予備評価を行う（VDR）など、規制の立場からの産業支援の側面を持つサービスも提供

4 カナダ

4.1 基本情報

4.2 長期運転に関する調査

4.3 長期停止に関する調査

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

①長期運転の位置づけ

- 認可更新手続（LR）にPSRを組み込み。寿命延長改修計画もLR枠組みで申請・承認
- 改修による寿命延長後も、運転認可は原則10年毎にPSR経て更新

項目	
認可期限	- 認可期間は運転・安全実績に応じ、原子力安全委員会（CNSC）が決定 - 運転認可更新（LR）手続きへのPSR内包に伴い、CNSCは原則10年周期で認可発給
長期運転とみなす対象	- CANDU炉の主要機器交換を伴う寿命延長改修後の延長運転（Extended operation）が長期運転に相当（主要機器の寿命約30年超を長期運転ととらえる） - カナダの認可更新はおよそ10年毎であり、認可更新＝長期運転ではない
法令における長期運転の定義有無	- 高経年管理に関する規制文書で「原子炉施設の想定設計寿命を超える運転であり、SSCの寿命を制限するプロセスや特性を考慮した安全性評価に基づき正当化されたもの」と定義 - 旧規制文書では、寿命延長改修後の運転を延長運転と呼称
長期運転承認にかかる規制枠組	- 従来、寿命延長改修に際して統合安全レビュー（ISR）を実施し計画承認 2015年以降、改修時のみだったISRを廃止し、LR手続にPSRを組み込んで原則10年周期で実施 - 寿命延長改修計画はLRの枠組みで次期認可期間中の主要活動として申請・承認 - 改修による寿命延長後も、運転認可は原則10年毎にPSR経て更新 - 改修開始等を考慮し10年以外の運転認可要望も可能（認められるとは限らない）
原子炉の運転年数と恒久停止との関係	- 主要機器交換による寿命延長を想定しており、運転年数は原子力発電所の恒久停止の判断基準とはされていない - 認可更新回数に上限はない

出所）原子力安全管理法、RD-360「原子力発電所の寿命延長」、REGDOC2.3.3「定期安全レビュー」、OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

②長期運転に関する政府方針

- オンタリオ州では2014年に石炭火力全廃、電力の約6割を占める原子力が主力電源
- 同州長期エネルギー計画では、寿命延長による既存炉長期運用を低炭素・安定電源確保における最も費用対効果が高い選択肢と位置づけ
- 州内の既存炉10基を順次改修して寿命延長する方針

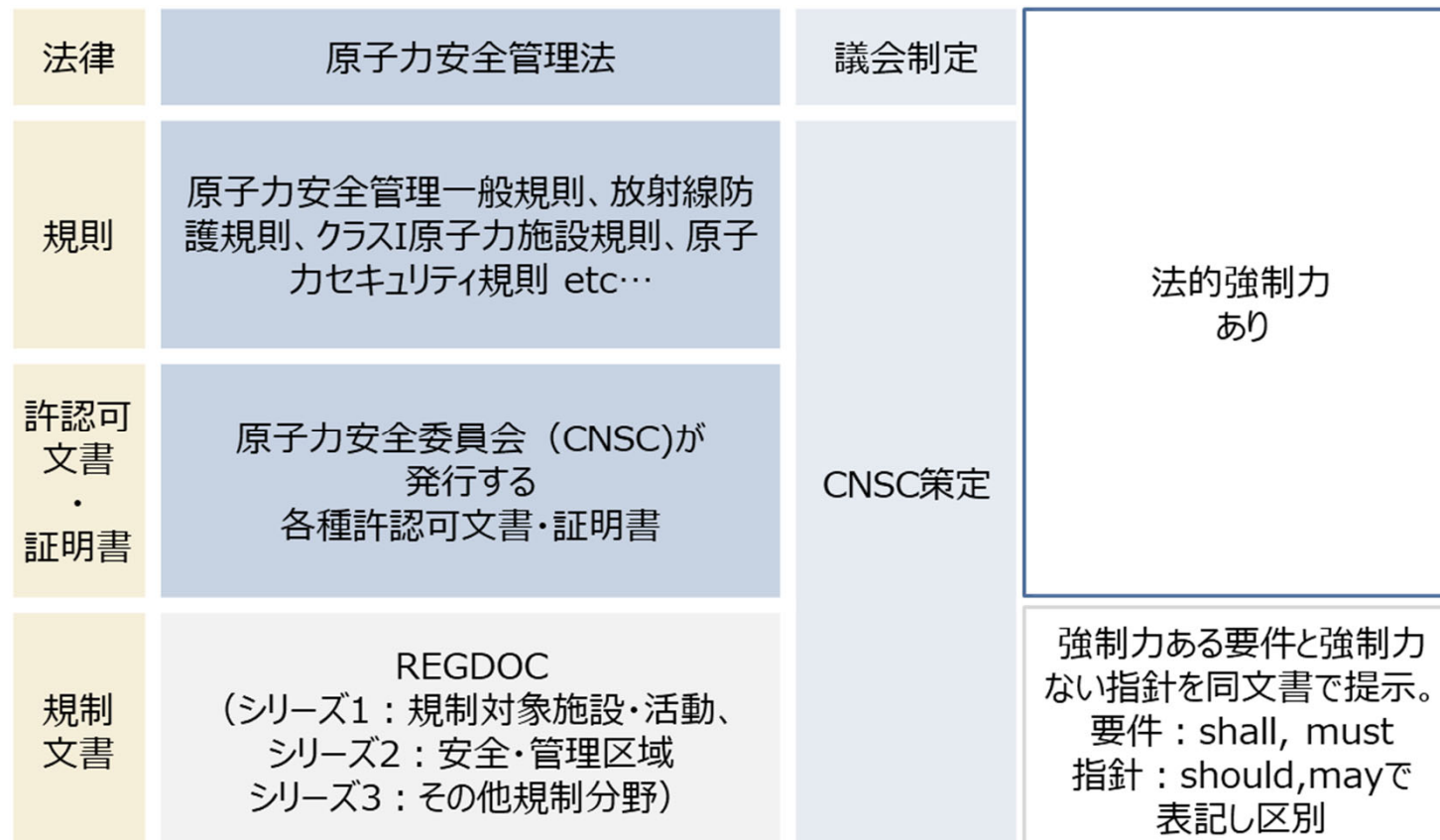
項目	
原子力利用政策の策定主体	- 電源投資方針は州政府が策定 - 運転中の原子力発電所4カ所19基は1基除き、すべてオンタリオ州に立地しており同州がカナダの原子力発電利用の中心地
長期運転を含む原子力利用政策方針とその背景	- オンタリオ州では2014年に石炭火力全廃、原子力が電力の約6割を占める主要電源 - 同州では2013年長期エネルギー計画以降、州内原子力発電所の改修による寿命延長を、低炭素で安定したベースロード電源確保する最も費用対効果が高い選択肢と位置づけて優先実施する方針を表明、新設計画については当面凍結 2016年から2033年にかけて、ダーリントンの4基とブルースの6基（全10基）を改修する方針（※うちダーリントン2号機は2020年に改修完了し再稼働済み）
事業者の長期運転意向	- 州の計画を受け、ダーリントンを運転するOPG社（州営）、ブルースを運転するブルースパワー社（民営。所有はOPG社）は10基を段階的に改修し、供給力を維持しながら寿命延長を進める計画 - これまでにオンタリオ州で5基（2020年8月再稼働したダーリントン2号機含む）、ニューブランズウィック州で1基（全6基）が寿命延長改修を完了し再稼働済み - 各基の改修工事には3～4年間を要する見込み

出所）オンタリオ州 2013年LTEP、2017年LTEP、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書、OPG社プレスリリース

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (1) 原子力安全に係る規制法令体系の全体像

- カナダの原子力安全規制法・規則は規制権限や許認可義務等の大枠のみを規定
- 許認可保持者に課される具体的な義務や要件は、個々の許認可文書の付帯条件や規制文書に規定
- 規制文書は近年、要件と指針を1文書にまとめ分野毎に分類したREGDOCシリーズに改編



カナダの原子力安全法令体系

出所) 原子力安全委員会 (CNSC) ウェブサイトより作成

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (2) 長期運転に係る規制法令体系

- 認可更新（LR）とPSRはそれぞれ、事業者の法的義務として規則に規定
- LR手続きへのPSR組み入れ及びその中での改修（寿命延長）計画の取り扱い等についてはREGDOCLレベルで規定

法律

原子力安全管理法

CNSCによる原子力安全規制全般を規定。CNSCによる許認可発給・更新権限、関連規則の制定権限等を規定

規則

原子力安全管理一般規則

認可申請や更新、許認可保持者の一般的義務を規定

クラスI原子力施設規則

原子力発電所運転認可保持者のPSR実施義務を規定

規制文書

認可申請・更新

REGDOC-1.1.3

認可更新（LR）における要求事項を規定。寿命延長改修についても、次期認可期間における改善・主要活動計画のひとつとしてPSRを通じて評価・審査

PSR

REGDOC-2.3.3

LRの枠組みでの実施を想定。PSRの結果として今後行う安全向上措置を統合実施計画（IIP）としてとりまとめ。改修計画もPSRの枠組みで評価・審査

高経年管理

REGDOC-2.6.3

技術的旧式化を含めた高経年化管理の要件と指針を規定。長期運転・長期停止状態も想定

その他関係する主な指針

- REGDOC-2.6.2「原子力発電所の保全計画」
- REGDOC-3.1.1「原子力発電所の報告要件」

長期運転に係る主要規制図書

出所) OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019、原子力安全委員会（CNSC）ウェブサイトをもとに作成

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則

- 認可更新（LR）とPSRはそれぞれ、事業者の法的義務として規則に規定
- LR手続きへのPSR組み入れ及びその中での改修（寿命延長）計画の取り扱い等についてはREGDOCLレベルで規定

文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
原子力安全管理法 (2000年制定、2017年 最終改正)	法律	- 原子力安全の基本法 - 原子力安全委員会（CNSC）の規制権限等について定める
原子力安全管理一般規則 (2000年制定、2015年 最終改正)	規則	全種類の許認可及び更新、許認可保持者の義務に関する全般的な規定を定める
クラスI原子力施設規則 (2008年制定、2017年 最終改正)	規則	- 原子力発電所等クラスI施設の許認可・認可更新申請等を規定 - ユニットではなく「施設単位」の許認可可能 - 許認可保持者に対しPSR実施を義務付け
REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」（2017年発行）	規制文書	- 原子力安全管理法、同規則、クラスI原子力施設規則に基づき原子力発電所の認可申請、更新申請の要件と指針を規定 - 認可更新（LR）におけるPSRの実施を前提 - LRにおいて次期認可申請期間の改善計画提示を義務付け（改修等、停止期間中活動も含む） - 上記計画については、PSR結果として策定される「統合実施計画（IIP）」として提示

出所) OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors、,2019、原子力安全委員会（CNSC）ウェブサイト、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書をもとに作成

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

③規制法令の体系 (3) 長期運転に係る主要法令規則

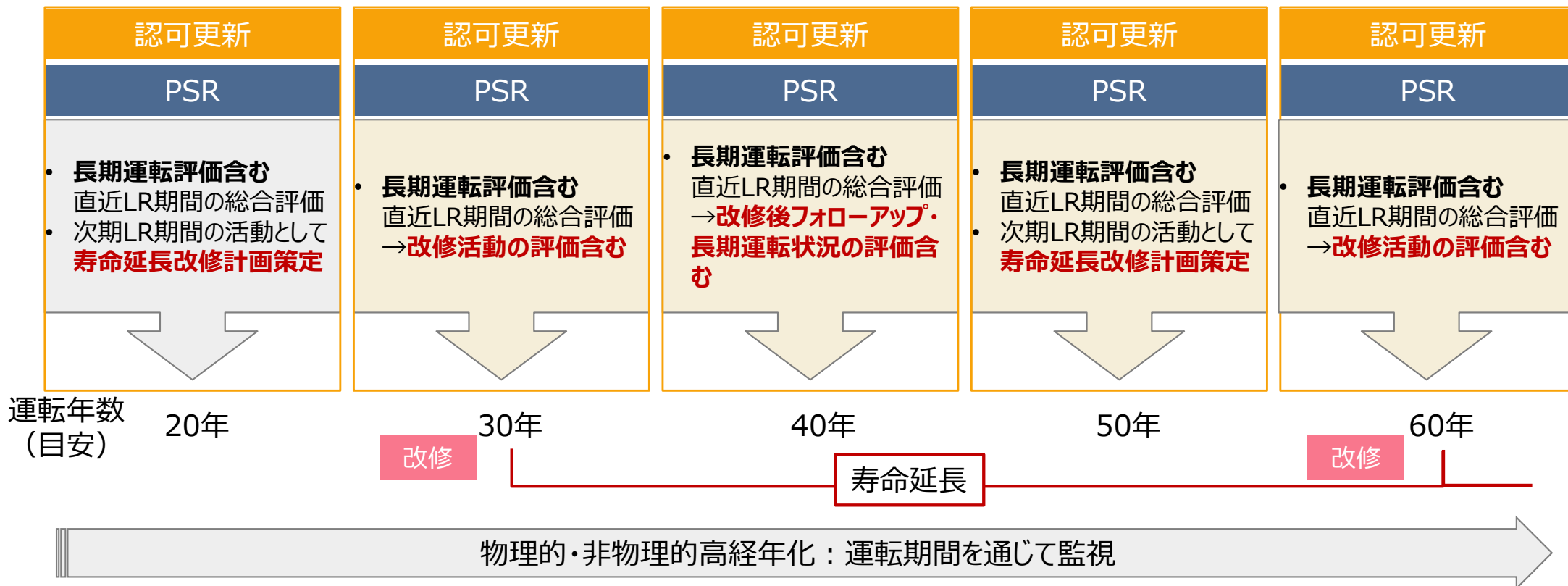
文書名	法的位置づけ	長期運転との関係
REGDOC-2.3.3 「定期安全レビュー」 (2015年発行)	規制文書	- IAEAのPSR指針SSG-25に即して原子力発電所におけるPSRの要件と指針を規定 - 前文においてPSRを、従来寿命延長改修時に実施していた統合安全レビュー（ISR）の後継と説明 - LRプロセスへのPSR採り入れにより、実績総合評価と安全向上措置の抽出・適用を定期的・継続的に実施と説明 - PSR結果として抽出された安全向上措置を統合実施計画（IIP）にとりまとめ。これにはプラントの物理的変更（改修）を含む
REGDOC-2.6.3 「高経年化対策」（2014年発行）	規則文書	- 高経年化対策の要件を規定 - プラントの全ライフサイクル通じたSSCの物理的高経年化と技術的旧式化への対処を要求 - プラント運転中に関しては長期運転、長期停止状態を含めた高経年化対策の立案と実施を要求 - IAEA指針NS-G-2.12及び安全レポート「原子力発電所の安全な長期運転」に依拠

出所）OECD/NEA, Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors, 2019、原子力安全委員会（CNSC）ウェブサイト、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書をもとに作成

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：全体概要

- 原則10年サイクルの認可更新（LR）制度枠組みの中で、PSRを実施
- 事業者PSRによるプラント総合評価に対する審査をLR・長期運転の意思決定、改修計画の遂行・長期運転状況評価等に幅広く用いる「PSRベースの規制」
- 高経年化については物理的・非物理的劣化ともにライフサイクルを通じて監視



（※）年数は目安。認可期間やPSR実施間隔は原則10年だが、これは運開からの暦年を表すものではない。

出所）REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」、REGDOC-2.2.3「定期安全レビュー」、REGDOC-2.6.3「高経年化対策」、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書ほか

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：高経年化対策における対象

- IAEAの高経年化指針NS-G-2.12（SSG-48の前身）に依拠
- ライフサイクルを通じて管理する「統合的高経年化対策」においてSSCの物理的劣化と技術的旧式化への対応を要求
 - ・ 設計から廃止措置までライフサイクルを通じたSSCの物理的経年劣化・技術的旧式化の管理プロセス、プログラム、手順の確立、統合的な管理を義務付け、CNSCが継続的に監督
 - ・ 運転フェーズでは長期運転、寿命延長後運転、長期停止も考慮。長期運転に関しては構成要素「SSC状態評価」「高経年化対策評価」に含め、PSR枠組みで高経年化状況の確認と対策評価を実施

統合的高経年化対策の構成要素

- ・ 高経年化管理体制
- ・ 高経年化対策のデータ収集・記録システム
- ・ **SSCのスクリーニングと選定**
- ・ 高経年化対策評価
- ・ SSC状態評価
- ・ **SSC別高経年化管理計画**
- ・ 技術的旧式化管理
- ・ その他プログラムとのインターフェース
- ・ 高経年化対策プログラムの実行
- ・ 評価と改善

機器のスクリーニング・選定

- ・ 直接・間接的に施設運転の安全に影響を及ぼす可能性のある経年劣化や経年影響を受けやすいSSCを選択←通常の保全プログラムに含まれない静的・長寿命SSC（燃料チャネル等）も含む
- ・ 安全系ではないが故障により安全系に影響を及ぼすSSCも含む

SSC別高経年化管理計画

- ・ プラント管理計画の一環として策定。スコープは機器の重要度、プラント運転への影響に対応して設定
- ・ CANDU炉の寿命を決める燃料チャネル等の枢要機器については、詳細なライフサイクル管理計画（LCMP）を策定

出所）REGDOC-2.6.3「高経年化対策」、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書ほか

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：認可更新における長期運転に関わる審査対象

- 原則10年更新であり認可更新（LR）＝長期運転ではない
- ただしLRの枠組で実施するPSRを通じて、供用寿命を迎える燃料チャネル等の交換改修計画を審査、LR発給時の付帯条件に計画実施を盛り込むことで寿命延長が可能に

カナダにおける運転認可：認可期間とプラント供用上限

- 初回認可時には最終安全解析書（FSAR）を提出すると共に、CNSCによる規制審査対象の技術トピック分類「安全管理領域」（SCA）14領域【後述】の網羅的な説明を要求（例：SCA3「運転性能」にて燃料チャネル等の安全運転限界、SCA6「施設健全性」で保全、高経年化対策等項目含む）
- 認可期間はフレキシブル。事業者の申請に基づきCNSCが決定（ただしPSR考慮し10年が標準）
- CANDU炉では燃料チャネル等の設計寿命が現状のプラント寿命を左右。認可申請時の評価・審査に基づき、改修による機器交換前のプラント供用上限を、**全負荷相当運転時間（EFPH）**ベースで決定
- 許認可申請や許認可文書に盛り込まれた安全・管理対策は根拠法令・規制図書に定める要件とともに当該プラントの「許認可ベース」を構成

初期設計寿命は21万時間（80%出力で30年相当）
→暦年ではない。停止期間あれば交換時期は後ろ倒し

認可更新時の審査対象

- プラント性能評価、及び次期の改善措置・主要活動計画を審査。その他CNSC判断による要求事項も加わる
- PSRはLRの一部をなし、評価の根拠として活用。PSRでは許認可ベースへの適合、最新知見への適合性評価、長期運転阻害要因を特定し、今後10年の改善措置を「統合実施計画（IIP）」として提示。供用上限が近づくプラントでは、寿命延長改修計画がIIPの一部に→LR承認により付帯条件に今後の改善活動としてIIPの実施が盛り込まれ、寿命延長改修が可能に
- 上記枠組での改修前の燃料チャネル等の劣化評価に基づき、プラント供用上限も見直し→上限拡大により、現有の燃料チャネル等を交換までの間、当初設計寿命を超えて継続使用することが可能に

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

④長期運転に係る審査対象：PSRにおける高経年化評価と寿命延長計画評価

- IAEA-SSG25に依拠。プラント状態の安全因子別評価、総合評価を行い、これに基づき次期の改善・主要活動計画を策定、実行
- 寿命延長改修による長期運転についてもPSRの枠組みで計画と遂行状況を評価

IAEA-SSG25が提示するPSRの用途

- ・ 定期的な体系的な安全評価ツール
- ・ 認可更新（LR）時の意思決定材料
- ・ 長期運転における意思決定材料

カナダにおけるPSR（2015年以降）

- ・ 約10年周期のLRにおいてPSRを実施、プラント状況の体系的評価とともに、長期運転（寿命延長）の計画・遂行状況も審査
→左記用途すべてに活用

→ CNSCは「PSRベースの規制」と説明

スコープと提示文書（IAEA-SSG25にほぼ準拠）

<PSRのスコープ>

IAEA-SSG25の14の安全因子に「放射線防護」を加えた15項目

<PSRにおける提示文書>

- ・ PSR基本文書：PSRのスコープ、手法、現状の許認可条件等
- ・ 安全因子評価：因子別評価
- ・ 総合評価報告書（GAR）：GAP分析と改善点抽出
- ・ 統合実施計画（IIP）：上記評価に基づく活動計画

PSRと長期運転

<長期運転に向けた改修計画等の提示>

- ・ 安全因子2「安全上重要なSSCの状況」で現状把握、安全因子4「経年劣化」でSSCの長期運転評価を実施
- ・ GARで長期運転に必要なアクションとして設計寿命に近い主要機器の交換、改修などを盛り込み
- ・ IIPにおいて、GARで抽出された交換・改修等アクションを具体的な実施計画として提示

<後続PSRでの評価>

- ・ 次回LRに向けたPSRにおいて、改修計画の活動状況や改修後のパフォーマンスを継続的に評価

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：【参考】CNSCの規制監督における技術トピック分類

- CNSCは規制対象となる全トピックを14の「安全管理領域」（SCA）に分類、規制全般における共通監督・審査体系として活用
- 運転認可の発給・更新ではプラントの総合評価をチェックするため、全SCAの全トピックについて審査を行うことになる

機能領域	安全管理領域（SCA）
マネジメントシステム	① マネジメントシステム ② ヒューマンパフォーマンス管理 ③ 運転性能
施設と設備	④ 安全分析 ⑤ 物理設計 ⑥ 供用適合性
主要管理プロセス	⑦ 放射線防護 ⑧ 健康・安全管理 ⑨ 環境保護 ⑩ 緊急時管理と防火 ⑪ 廃棄物管理 ⑫ セキュリティ ⑬ 保障措置・核不拡散 ⑭ 梱包・輸送

SCA3「運転実績」

認可対象活動の実施、手続き、報告状況の監視監督に加え、停止管理性能、燃料チャネルの供用時間上限等各種の運転条件パラメーター式（安全運転エンベロープ）の監視などを含む

SCA 6「供用適合性」

機器の状況、保全、構造物健全性、高経年化対策、化学管理、定期点検・試験等を含む

出所）CNSCウェブサイト「安全管理領域（SCA）」、REGDOC-3.6「用語集」

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：認可更新時の審査

- CNSCは事業者が示すプラント性能評価について、「安全管理領域」(SCA)体系に沿って、各項目で定める要件の遵守状況を審査
- 次期認可期間の改善計画（改修計画含む）についてはPSRを通じて審査

審査事項	審査基準
プラントの性能評価	
- 産業安全に係る履歴 - 現認可期間中のパフォーマンス評価 - 認可対象活動に影響する／影響した顕著な所見 - 運転経験から得られた顕著な教訓 - 運転状態の顕著な変化 - 主要な自主評価結果 - 現認可期間中に実施した／実施中／今後実施予定の環境影響評価フォローアップ対応	- REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」では、14のSCAに含まれる各項目について、遵守すべき法令図書、申請に含むべき内容、要件を規定 - CNSCは左記の審査事項を、上記のSCA体系に則って審査（決定書にはSCA別の審査所見が示される）
次期の改善措置・主要活動計画	
- 特別な停止中（改修停止など）に実施する活動 - プログラム変更 - 主要なハードウェア変更、交換、修理計画など ※PSRで作成するIIPとして提示可能	- 規制ベースとなる各種規制図書への適合 - 新しい基準や慣行への適合を目的とする変更を行う場合は、準拠すべき基準を特定し、遵守目標日含む実施計画を提示

PSR枠組での長期運転評価・改修計画提示については
④PSRにおける高経年化評価と寿命延長計画評価参照

出所）REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑤審査事項及び審査基準：PSRにおける評価項目

- カナダのPSRの評価項目は、IAEAのPSR指針（SSG-25）の14因子に「放射線防護」を加えた15項目
- 安全因子2「安全上重要なSSCの状況」でSSCの現状を把握、安全因子4「経年劣化」でSSCの長期運転評価を実施し、導出された改善策や補修計画を統合実施計画（IIP）に反映

安全因子	
①プラント設計	⑧安全性能
②安全上重要なSSCの状態	⑨他プラント運転経験及び研究成果反映
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手順書
⑤決定論的安全評価	⑫ヒューマンファクター
⑥確率論的安全評価	⑬緊急時計画
⑦内部事象及び外部事象に対する安全評価	⑭放射線環境影響評価
	⑮放射線防護

※ ①～⑭のスコアや方法論はIAEA SSG-25を参照

出所) REGDOC-2.2.3「定期安全レビュー」、IAEA SSG-25「原子力発電所の定期安全レビュー」、
原子力安全条約第8回カナダ国別報告書ほか

②「SSCの状態」
• 安全上重要なSSCの実際の状態を把握し、最低限次回PSRまで設計基準を適切に満たせるかを検討 • 安全上重要なSSCの状態が適切に文書化されているか • 現行の保全、点検、稼働中検査の評価も実施

④「経年劣化」
• 安全上重要なSSCに影響を及ぼす経年劣化が効果的に管理されているか • プラント設計寿命まで、あるいは長期運転を行う場合は長期運転期間を通じて、必要となる全ての安全機能を網羅する効果的な高経年化対策プログラムが実行されているか

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：ブルース原子力発電所の認可更新概要

- LRの枠組で3～8号機改修計画の承認を得る目的から、認可期限(2020年) 前倒しでLR手続を実施、2018年10月に8基一括のLR発給（同月起点の10年間）
- 燃料チャネル等評価の結果、プラント供用期間上限を拡大←交換前に元の上限に達する2基でも改修まで現行機器による継続運転が可能に
- 改修計画及びLRの審査材料として、LR申請提出に先立ちPSRを実施
- 1、2号機は寿命延長改修済み

ユニット	炉型	運開	経緯
ブルース1～4 (ブルースA)	CANDU 各750MW	1977～1979	2015～2017年：PSR実施 2017年：ブルースパワー社がLR及び申請一式をCNSCに提出（2020年開始予定の3～8号機改修計画についてLR及び枠組みで承認取得するため、前倒しで手続開始） 2018年：CNSCが認可期間10年、3～8号機の供用期間上限30万EFPHで更新承認（更新前：24.7万EFPH）
ブルース5～8 (ブルースB)	CANDU 各822MW	1984～1987	

出所）CNSCウェブサイト「ブルース原子力発電所」、CNSC「ブルースA・B原子力発電所認可更新申請に関する決定記録」

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：ブルース原子力発電所の認可更新

- PSR結果を参照しつつ14のSCA体系に沿ってCNSスタッフがプラント状態や今後の活動計画を総合的に審査
- CNSCスタッフの審査結果に基づき、CNSC委員会がPSRサイクルや改修計画を踏まえた更新認可を発給
- 改修計画については認可対象活動として継続監視していくことを認可に織り込み

認可更新におけるCNSC決定

- 有効期間2018年10月1日から2028年9月30日の更新認可（PROL 18.00/2028）発給（※2020年まで有効の現行認可を置き換え）
- 供用期間上限を30万EFPHとする（更新前：24.7万EFPH）
- CNSCスタッフ提案の認可付帯条件・同手引書（LCH）を本認可の一部とする
- 事業者に対し、ブルースの6基改修で発生する廃棄物総量予測を早期に提示することを要求
- 事業者に対し、5年あるいは2023年までに改修計画含む認可対象活動の中間報告を要求
- CNSCスタッフは同プラントの実績を年次規制報告書で公表すること

など

CNSCによる判断根拠(一部)

<認可期間の判断根拠>

- 過去10年の運転実績評価、及びPSRとサイクルを合わせる関係から、10年の認可期間が適当と判断

<30万EFPHへの拡張承認の判断根拠>

- ブルースパワー社が提示した燃料チャネル30万EFPH運用に向けた各ユニットの劣化メカニズム、圧力管の供用適合性確保に向けたアプローチをCNSCが審査。正当と判断。

<改修計画について>

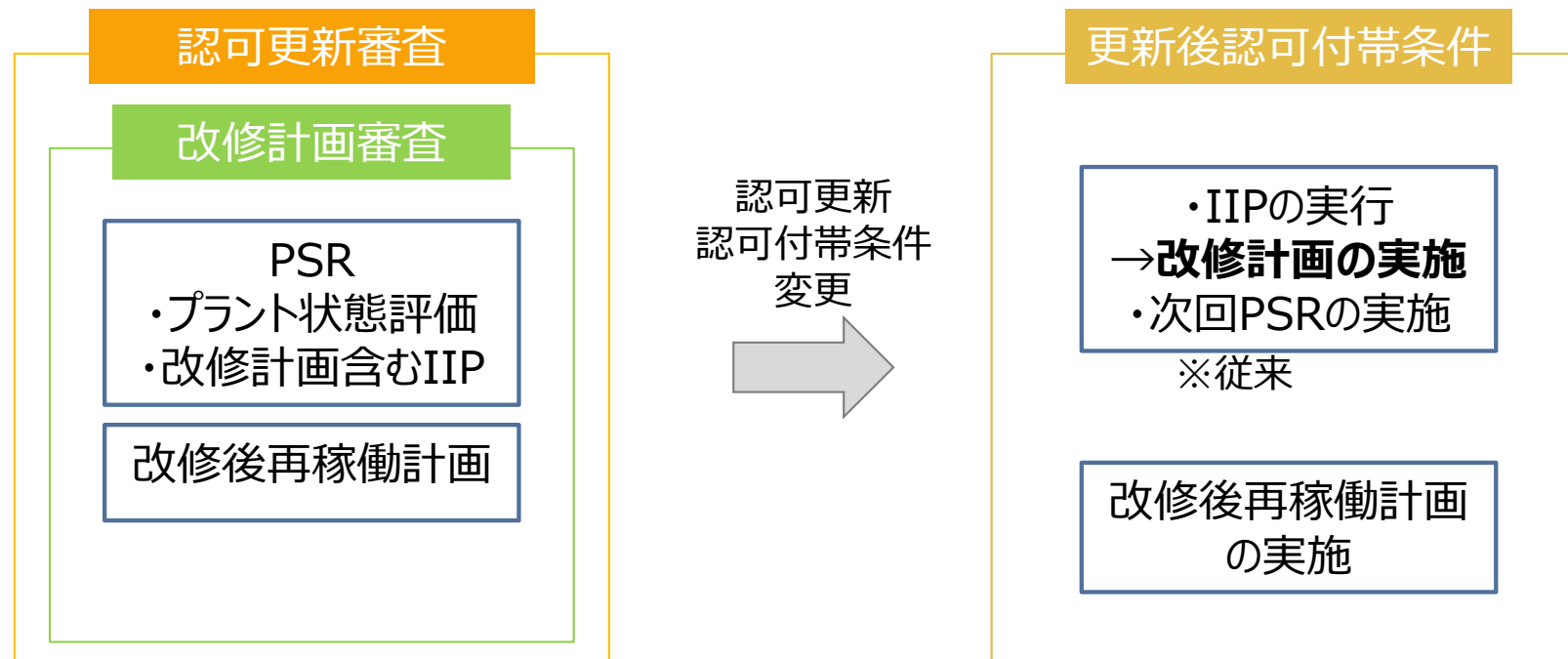
- 改修計画申請書類（PSR、再稼働計画、進捗情報）を提出し認可付帯条件（LR前の条件）に適合

※ 認可付帯条件では認可期間に遵守すべき要件、LCHではこれら要件に関する具体的な基準は要求事項を記載

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑥規制当局の審査結果・事業者の評価結果：ブルース原子力発電所LRと3～8号機改修計画の関係

- LRの中で、大規模改修に向けたPSR結果と改修後の再稼働計画を審査
- 更新後の認可付帯条件では、PSR成果として策定する統合実施計画（IIP）の実施を義務付け→改修計画の遂行を承認するとともに認可期間の義務として位置づけ



※ ブルースのLRは、改修計画承認のために実施していたプラントの総合診断（ISR）がLR全体の審査手段として、改修有無に関わらず10年毎に実施するPSRに置き換わる過渡期に相当。LRに先立ちブルースでは当時の認可付帯条件に基づき、2015年にISRプロセスに着手。その後PSRへの制度変更を受け、ISRを「初回PSR」に読み替え、LRのためのプラント評価（今後10年の運転継続適格性の評価）にも活用する形をとった。

出所）CNSC「ブルースA・B原子力発電所認可更新申請に関する決定書」

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組①：CANDUオーナーズグループによる燃料チャンネル寿命管理プログラム

- CANDU炉を保有する事業者やベンダーで構成するグループによる共同プログラム
- カナダ国内CANDU炉の供用期間を左右する燃料チャンネルの寿命延長に向けた取組

取組の名称	燃料チャンネル寿命管理プログラム
実施者	CANDUオーナーズグループ（同グループは世界のCANDU炉オーナーやメーカーで構成。本プログラムはカナダOPG社、ブルースパワー社〔電気事業者〕、メーカーであるSNC-Lavalin社、及びカナダ原子力研究所（CNL）などカナダ国内のプレイヤー中心に実施）
実施時期	2009年～（継続中）
背景	カナダにおいて燃料チャンネルの当初設計寿命21万EFPH（8割出力で30年運転相当）が近づいてきたことを受け、30年超供用に向けた許認可取得に向けた共同検討を開始
取組の概要	複数フェーズに分けて燃料チャンネル及び関連部品の劣化メカニズムを調査。水和及び破壊靱性、亀裂発生、スパーサー材料及びモデル化、確率論的炉心評価といった技術分野別作業部会を設置。
取組の主な成果	燃料チャンネル及び関連部品の劣化メカニズムに関する詳細な技術的知見を蓄積
成果の活用状況	上記成果をもとに、カナダの原子力発電所運転認可更新において、供用期間上限を21万EFPHから拡大することに成功。 例：ピッカリング、ブルース24.7万EFPH（その後のLRでそれぞれ29.5万、30万EFPHまで拡大）など

出所）CANDUオーナーズグループウェブサイト「共同プロジェクト」、JOHN H. MOORE, “PHWR FUEL CHANNEL LIFE MANAGEMENT ACTIVITIES BY THE CANDU OWNERS GROUP” CANDU Owners Group Inc., 4th International Conference on Nuclear Power Plant Life Management, 2017,

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑦事業者及び事業者大組織自らの取組②：改修計画改善協力

- オンタリオでは州の方針に基づき10基のCANDU炉で寿命延長のための改修を実施
- 改修を実施する2社の協力による計画の効率化を狙う

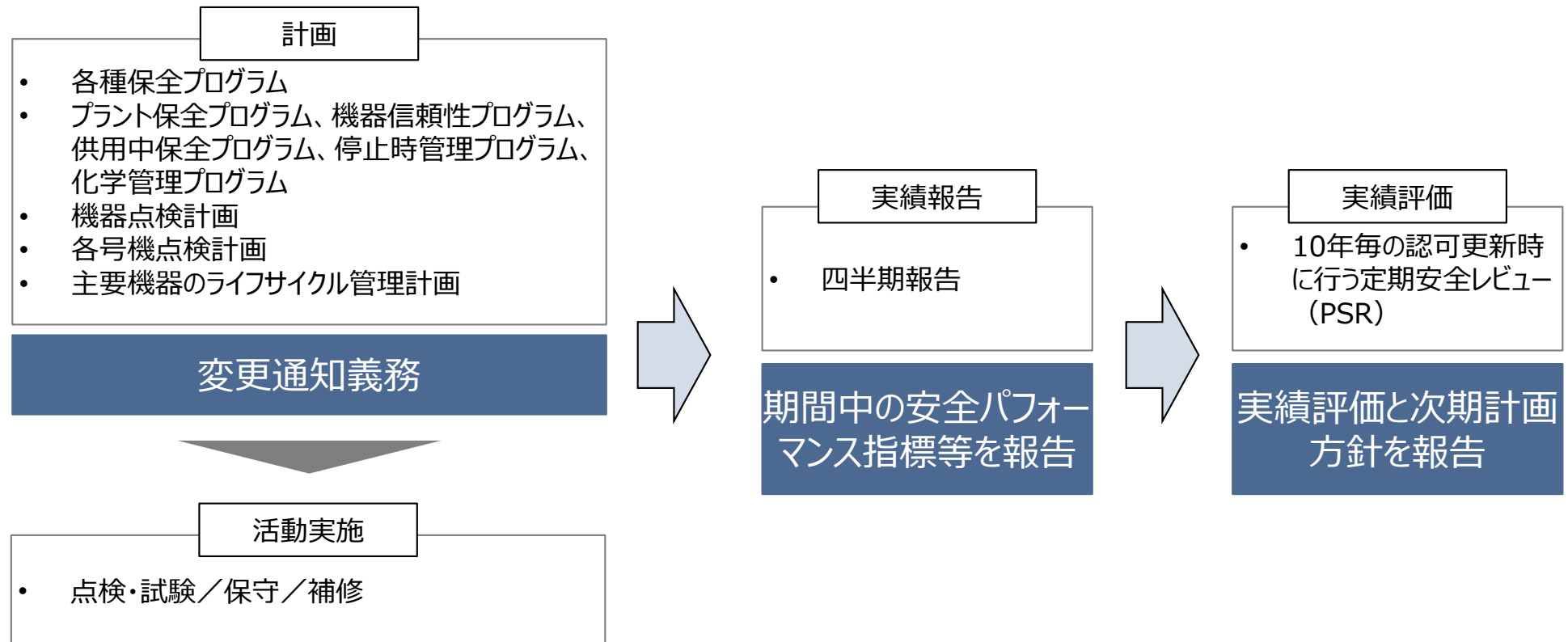
取組の名称	大規模改修計画改善に向けた協力
実施者	OPG社（ダーリントン、ピッカリングの運転者）とブルースパワー社（ブルースの運転者）
実施時期	2015年～2024年予定
背景	2013年のオンタリオ州長期エネルギー計画で州内原子力発電所の改修による寿命延長方針が提示。また同LTEPでは運転2社の協力による納税者負担抑制を期待。これを受け、2015年に両社が協力覚書締結
取組の概要	・ 改修計画の効率向上を目的とし、「アセットマネジメント及び検査プログラム」「調達共通化」「使用ツールの共通化」「主要機器交換知見の共有」「廃棄物管理」「専門人材ニーズ調整」で協力 ・ 規制関連文書や技術文書含む改修関連文書の相互開示等も実施。
取組の主な成果	取組は進行中。同時並行で進むCANDU炉寿命延長改修計画において、2社が協力することで規模の経済を活かすとともに、手順工程の効率化、リスクや被ばく線量低減など各種の改善効果を見込む。
成果の活用状況	相互の知見を改修計画に反映、カランドリア管設置の効率化により1基あたり16日の工期短縮等の効率化を実現するなどの実績あり。

出所）OPG社・ブルースパワー社「オンタリオ州原子力発電所寿命延長に向けた協力 中間報告」、2016年、

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：保全・高経年化報告の全体像

- 認可付帯条件に基づき、各プラントで変更時の通知が必要な対象と報告要件を指定
- 高経年化対策プログラムはプラント保全プログラムに内包
- 四半期毎の安全パフォーマンス指標報告等で保全実績を報告
- 認可更新時のPSRで実績評価と次期認可期間の実施計画を報告



出所) REGDOC2-6-2「保全プログラム」。REGDOC3-1-1「原子力発電所の報告要件」、CNSC「ブルースA・B原子力発電所認可更新 CNSCスタッフ報告」

4.2 カナダ 長期運転に関する調査

⑧保全に関する規制当局への報告事項：機器保全・高経年化対策に関する報告

- 各種の定期点検プログラムについて、変更時に適用前のCNSCへの書面通知を義務付け
- 保全活動実績については安全パフォーマンス指標として、四半期ベースで報告
- 10年毎の許認可更新の枠組みでPSRを行い実績評価と次期計画を報告

報告対象	当局報告
ブルース原子力発電所で変更通知が求められる「運転適合性」関連文書（保全・高経年対策含む）	
各種プログラム：プラント保全プログラム、機器信頼性プログラム、供用中保全プログラム、停止時管理プログラム、化学管理プログラム	適用時
各種定期点検計画：コンクリート製格納容器、真空建屋、燃料チャネル等の定期点検計画	適用前
格納容器バウンダリ目視点検計画	
1～8各号基点検計画	
安全関連土木構造物、蒸気発生器、フィーダー管のライフサイクル管理計画	
活動に関する報告（保全に係わるもののみ）	
安全パフォーマンス指標報告（保全、予防保全のバックログ含む）	四半期毎
原子力発電所圧力バウンダリ報告	四半期毎
燃料監視・点検報告	年次
活動評価・次期計画方針	
PSRにおけるSSCの保守・高経年化対策状況評価、統合実施計画（IIP）（6.2⑤参照）	認可更新申請時

出所）REGDOC2-6-2「保全プログラム」、REGDOC3-1-1「原子力発電所の報告要件」、CNSC「ブルースA・B原子力発電所認可更新 CNSCスタッフ報告」

4 カナダ

4.1 基本情報

4.2 長期運転に関する調査

4.3 長期停止に関する調査

4.3 カナダ 長期停止に関する調査

①長期停止の位置づけ

- 複数年に及ぶ改修による長期停止を想定した規制枠組み
- 主要機器交換前のプラント供用上限は全負荷相当運転時間（EFPH）で設定されており、運転停止により交換時期は後ろ倒しされる

項目	説明
規制図書における定義有無	- 規制図書REGDOC-2.6.3「高経年化対策」において長期停止（Extended Shutdown）を「1年以上持続する原子炉停止（通常の定検期間は含まない）」と定義 - CNSCの安全管理領域SCA3「運転性能」の項目「停止管理パフォーマンス」は改修含む長期停止も計画停止の枠に含め、各種規制活動における審査対象に
長期停止にかかる規制枠組	- 認可更新時には改修含む複数年停止も、「停止管理パフォーマンス」の一環として審査対象となり、認可付帯条件において改修等長期停止を伴う活動や完了後の再稼働承認に係る条件等を規定 - 保全・高経年化管理でも改修等長期停止を伴う状態の考慮を要求
長期停止と運転年数カウントとの関係	- CANDU炉では燃料チャネル等の設計寿命（約30年）が現状のプラント寿命を左右。ただしこれら機器交換による寿命延長が可能 - 認可付帯条件に機器交換前のプラント供用上限が盛り込まれ、これを10年毎の認可更新時に評価して適宜見なおし（設計時寿命より長い上限も認められる） 上限は暦年ではなく全負荷相当運転時間（EFPH）で設定。プラント停止により上限到達の遅延、機器交換時期の後ろ倒しといった影響が考えられる

出所） REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」、REGDOC-2.6.3「高経年化対策」、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書

4.3 カナダ 長期停止に関する調査

②長期停止中に特別な保全を必要とする機器・構造物・システムのスクリーニング方法

- 保全においては停止期間保全計画の枠組みで考慮すべき対象機器について規定（停止期間の長短は問わない）
- 高経年化管理においては長期停止期間中に休止・保管状態に置かれる機器の考慮を要求

項目	説明
根拠となる図書	• REGDOC-2.6.2「原子力発電所の保全プログラム」 • REGDOC-2.6.3「高経年化対策」
スクリーニング方法 （考慮を要する機器に関する規定）	<保全> • 保全に関しては長期停止に特化せず、「停止期間保全計画」において複数年に及ぶ改修停止期間も含めた計画提示を要求 • 上記枠組みにおいて、停止期間中に供用停止する機器とその安全影響の特定を要求 <高経年化管理> • 長期停止に関する規定項目あり、長期停止中に長期休止・保管状態に置かれる機器について長期停止の劣化影響に応じた高経年化管理計画見直しを要求
長期停止中に要求される対応	• 保全、高経年化管理ともに停止期間の著しい延長などプラント状態が変化した場合など機器のリスクプロファイルに応じた計画の変更申請が必要

出所） REGDOC-2.6.2「原子力発電所の保全プログラム」、REGDOC-2.6.3「高経年化対策」

4.3 カナダ 長期停止に関する調査

③規制法上の要求事項

- CNSCの運転監視の1項目である「停止管理性能」では、複数年にわたる改修も計画停止の一つとして取り扱い。停止期間中保全計画に基づく事業者活動を監視
- 高経年化対策の枠組みでは、規制図書レベルで長期停止に伴い特別な対応が必要なSSCに関する要求事項を規定

項目	説明
規制図書における定義有無（再掲）	・ 規制図書REGDOC-2.6.3「高経年化対策」において長期停止（Extended Shutdown）を「1年以上持続する原子炉停止（通常の定検期間は含まない）」と定義 ・ CNSCの安全管理領域SCA3「運転性能」の項目「停止管理性能」は改修含む長期停止も計画停止の枠に含め、各種規制活動における審査対象に
長期停止期間中の監督体制	・ 改修含む長期停止も計画停止の枠に含めた「停止管理性能」はCNSCの安全管理領域SCA3「運転性能」の項目に含まれており、四半期・年次等定期報告の対象となるとともに、運転監視の一環として継続的な監督を受ける ・ 停止期間中の保全等については事業者が作成する停止期間保全計画を上記の枠組みで監督 ・ 改修等による長期停止からの再稼働の手順・要件については運転認可付帯条件に規定。再稼働に際しては通常「燃料装荷」「原子炉再起動」「全出力の1%超過」「全出力の35%超過」の4段階でCNSCの承認を要する（状況変更時には認可変更申請・承認手続きを経る）

出所） REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」、REGDOC-2.6.2「原子力発電所の保全プログラム」、REGDOC-2.6.3「高経年化対策」、REGDOC-3.1.1「原子力発電所の報告要件」
原子力安全条約第8回カナダ国別報告書

4.3 カナダ 長期停止に関する調査

③規制法上の要求事項

項目	説明
長期停止に係る特別な規定	- 規制図書REGDOC-2.6.3「高経年化対策」では、長期停止（Extended Shutdown）に関して以下を要求 - 長期停止に伴い経年劣化防止上の補足的な措置・管理が必要となり一時的に長期休止状態または保管状態に置かれるSSCについて、経年劣化要因を考慮してSSC別高経年化管理計画を見直し、必要に応じ修正すること - システムの長期休止仕様書あるいは保管計画において、高経年化対策に係る必要事項（長期停止後再稼働前に実施する状態評価要件含む）を規定すること（停止期間が顕著に延長される場合等は見直し） - 上記考慮を含む高経年化対策プログラムは、原子力発電所の保全プログラムの一部をなす

出所） REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」、REGDOC-2.6.2「原子力発電所の保全プログラム」、REGDOC-2.6.3「高経年化対策」、原子力安全条約第8回カナダ国別報告書

4.3 カナダ 長期停止に関する調査

④事業者及び事業者大組織自らの取組：ブルース原子力発電所における長期休止に向けたエンジニアリング評価

- 設備余剰と安全面懸念によるブルース原子力発電所2号機の長期休止に先立ち、特別な対応が必要な系統機器を特定、仕様書や作業手順を整備
- ブルースではその後1～4号機を長期停止しており成果が活用されたと考えられる

取組の名称	ブルース2号機長期休止に向けたエンジニアリング評価
実施者	オンタリオ・ハイドロ（当時のブルース原子力発電所運転者）
実施時期	1994年
背景	ブルースの当時の運転者オンタリオ・ハイドロ社は1994年、設備余剰を背景に、安全面の懸念が指摘されていた2号機の長期休止を検討。2号機を2000年まで保全する想定で長期休止対応が必要な機器を同定するプロジェクトを実施。
取組の概要	・ 2000年まで5年間の長期休止を想定し、各系統の長期休止下における状態（乾燥保管、使用継続など）を特定 ・ 長期休止向け仕様が必要な系統について仕様書を作成 ・ 長期休止実施のための手順書等を作成
取組の主な成果	・ 長期休止用仕様書の策定対象として1995年までに67系統、9機器を特定 ・ 1995年時点で90%の仕様書が完成、手順書は策定中とされている
成果の活用状況	・ 具体的な活用状況は不明だが、ブルース2号機は1995年に長期休止に移行 ・ その後1、3、4号機も長期休止されており、本プロジェクトの成果が長期休止の実施に活用されたと推測される

出所）D.Ikey“Brueve Unit2 Lay-up Engineering Assesment”, CANDU Maintenance Conference 1995,

4.3 カナダ 長期停止に関する調査

④事業者及び事業者大組織自らの取組：ブルース原子力発電所の長期停止

- プラント管理体制見直しと補修に際し、新しい炉に優先的に経済的・人的リソースを配分するため古い炉を長期休止し、段階的に再稼働
- 最終的には1、2号機も寿命延長改修し再稼働

事例名称	ブルース原子力発電所
運転者	オンタリオ・ハイドロ→（分割）OPG社→（OPG社からリース）ブルースパワー社
停止期間	1号機：1997年10月～2012年9月 2号機：1995年10月～2012年10月
背景	設備余剰と安全面の問題を背景に、1995年に2号機が長期休止に移行。1997年に独立委員会による自社原子力発電所の管理評価の結果、エンジニアリングプロセスや管理組織手順書見直し、保守作業改善、補修等の実施に加え、より新しいユニットにリソースを割くため1～4号機（及びピッカリング1～4号機）を長期休止状態とすることを決定。その後電力供給の逼迫を受けて3、4号機が運転再開、最も古い1、2号機も2005年に寿命延長改修を決定、2012年に再稼働。
取組の概要 （停止期間中の事業者実施事項）	・ 2号機停止に先立ち長期休止に向けたエンジニアリング評価を実施 ・ 1997年の独立委員会による自社原子力発電所管理評価の結果を受け、1998年に1～4号機（及びピッカリング1～4号機）を長期休止状態に移行 ・ 上記を受け長期休止計画、上記見直し対応計画を認可変更（低出力運転認可）の申請文書として提出 ・ 2003～2004年に3、4号機再稼働後、州方針受け2005年に1、2号機の寿命延長改修・再稼働決定（新設凍結し既存プラント長期運用へ） ・ 1、2号機の燃料チャネル、蒸気発生器等の交換を伴う大規模改修を実施、2012年に再稼働

出所）原子力安全条約第1回カナダ国別報告書、D.Ikey“Brube Unit2 Lay-up Engineering Assesment”, CANDU Maintenance Conference 1995,

4.3 カナダ 長期停止に関する調査

⑤規制当局の審査体系及び審査事項：審査体系と審査事項

- 長期停止状態への対応は認可更新の枠組みで審査し、事業者に課す条件や実施すべき活動として認可付帯条件に盛り込み、これをもとに提起期間中の活動を監視
- 認可期間途中に長期停止が発生する場合は、認可変更の枠組で審査

項目	
審査体系	- 長期停止を伴う改修計画がある場合、認可更新（LR）時のPSR等を通じて改修計画や停止期間のプラント活動計画を含めて審査 - 次期認可期間における各種条件や実施事項を更新発給時の認可付帯条件に盛り込み、その後の監督活動において状態・活動状況を継続監視・審査。認可期間に長期停止が予定される場合は、停止期間中の状態・活動状況も対象となる - 現行認可発給時に予定していなかった長期停止が発生する場合、認可変更の枠組で審査し、認可及び付帯条件を更新する
審査事項	- 事業者の申請内容等について、SCA体系に基づき審査。各SCAに対応する規制ベース（法令や規制指針等規制図書、許認可条件）への適合を審査 - 特にSCA3「運転性能」（停止管理性能など）、SCA6「供用適合性」（保全、高経年化対策など）が長期停止中保全に関連 - 上記のうち高経年化対策に関しては、REGDOC2-6-3「高経年化対策」に長期停止状態の考慮を求める規定があり、十分な考慮がなされているか審査される

出所） REGDOC-1.1.3「許認可申請指針：原子力発電所運転認可」、REGDOC-2.6.2「原子力発電所の保全プログラム」、REGDOC-2.6.3「高経年化対策」、CNSCブルース原子力発電所認可更新決定書

5 注目テーマに関する各国比較

5.1 技術的旧式化への規制対応状況

法令・規制図書における要求事項の有無及び内容：各国比較

- 技術的旧式化の対応は、従来プラントで行われてきた資材管理、知識管理、文書管理等の各種マネジメントシステムの延長であり、特化した規制要求を設けていない国も多い

国	規制要求 有無	要求内容
米国	なし	技術的旧式化については運転期間中に常時管理することとなっており、特段の規制要求は設定されていない。
スイス	あり	PSRに関する規制指針で高経年化対策評価の一環として技術的旧式化に関して「工学・電気機器の技術的旧式化に関する評価」及び「工学・電気機器の交換部品在庫の完全性及び品質評価」を要求。
フランス	なし	PSRの枠組みで事業者が機器の旧式化（主に部品製造中止等に伴う機器の可用性喪失）についても評価・対応を行っているが、法令や規制図書における具体的な要求事項はない。
カナダ	あり	高経年化対策に関する規制文書（IAEAのNS-G-2.12に依拠）で、物理的高経年化と技術的旧式化を合わせた「統合的高経年化対策」を要求。事業者のマネジメント体制の一環として、技術的旧式化管プログラムの文書化を要求。プログラムには「供用期間を通じたスペアパーツの供給」「製造者・供給者や技術支援に関する長期契約」「SSCの保守交換に必要な文書の可用性」「SSC代替品の開発に必要な文書と技術の可用性」「最新化、技術更新への対応」を示すことが求められる。
日本	なし	技術的旧式化について特段の規制要求は設定されておらず、事業者の自主的取組の枠組みで対応。

出所) ENSI-A03「定期安全レビュー」、ENSI-B01「高経年化対策」、REGDOC2-6-3「高経年化対策」NRCNUREG-1650, Rev. 5 Supplement 1「第6回原子力安全条約国別報告書に対する質問と回答」

Email : kuma@mri-ra.co.jp