

保全プログラムの充実と新検査制度

H21年3月

日本原子力発電(株)

1. 事業者の目指す保全活動の充実

- 保全プログラム充実概要
- 保全重要度の設定
- 保全活動管理指標の設定・監視
- 点検計画の策定
- 保全の有効性評価

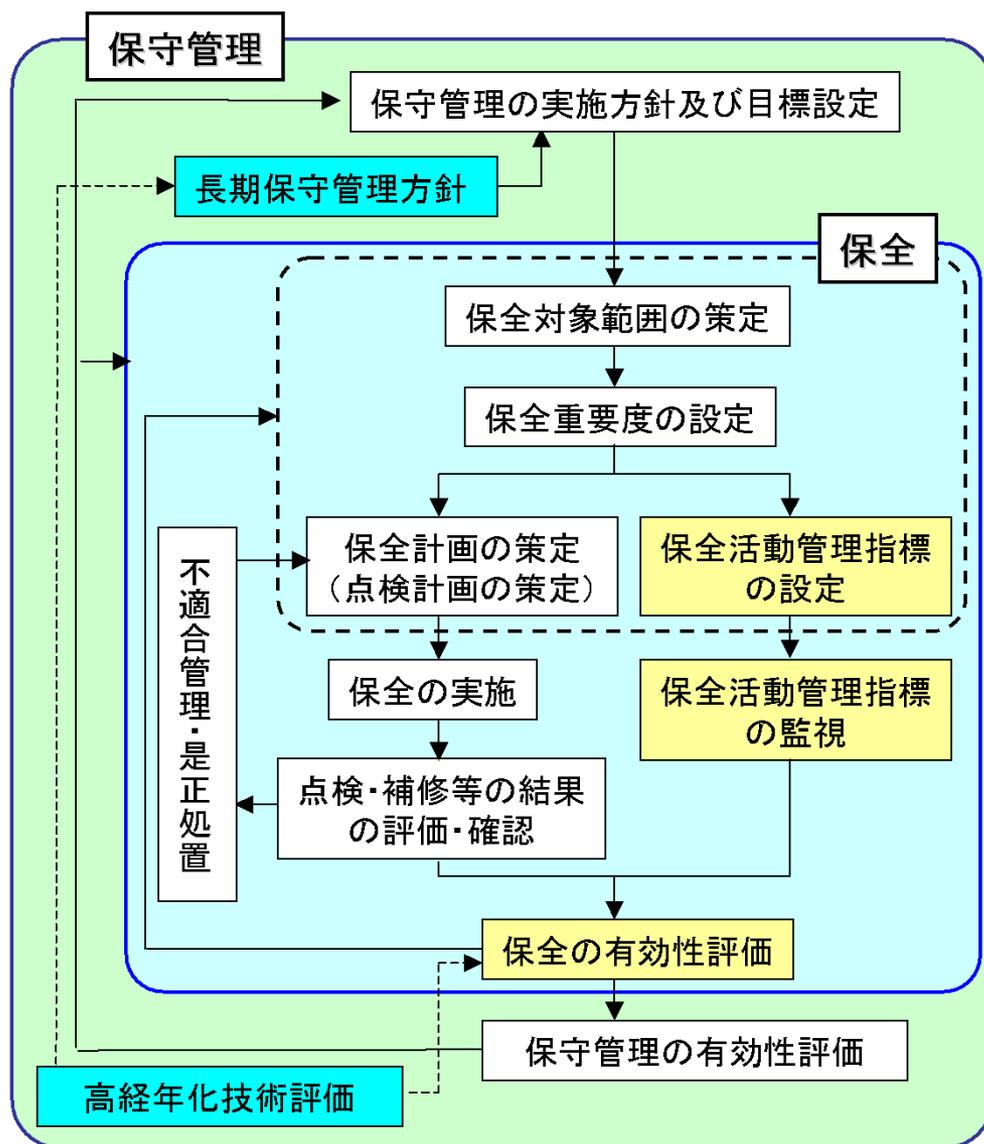
◇保全プログラム充実(1/2)

- 保全の適正化を進める仕組み
適切な機器を適切な時期／方法で保守
- 活動が継続的に改善される仕組み
保全データからPDCAを廻し自ら改善
- 保全活動の「見える化」の促進
指標による目標管理や有効性評価
- 高経年化対策との融合
経年劣化管理充実、長期保守管理方針の
取り込み



新検査制度の前提

- 新たに設けたプログラム
- 高経年化対策取り込み



☆上記はJEAC4209-2007と省令で規定されている。

1. 事業者の目指す保全活動の充実

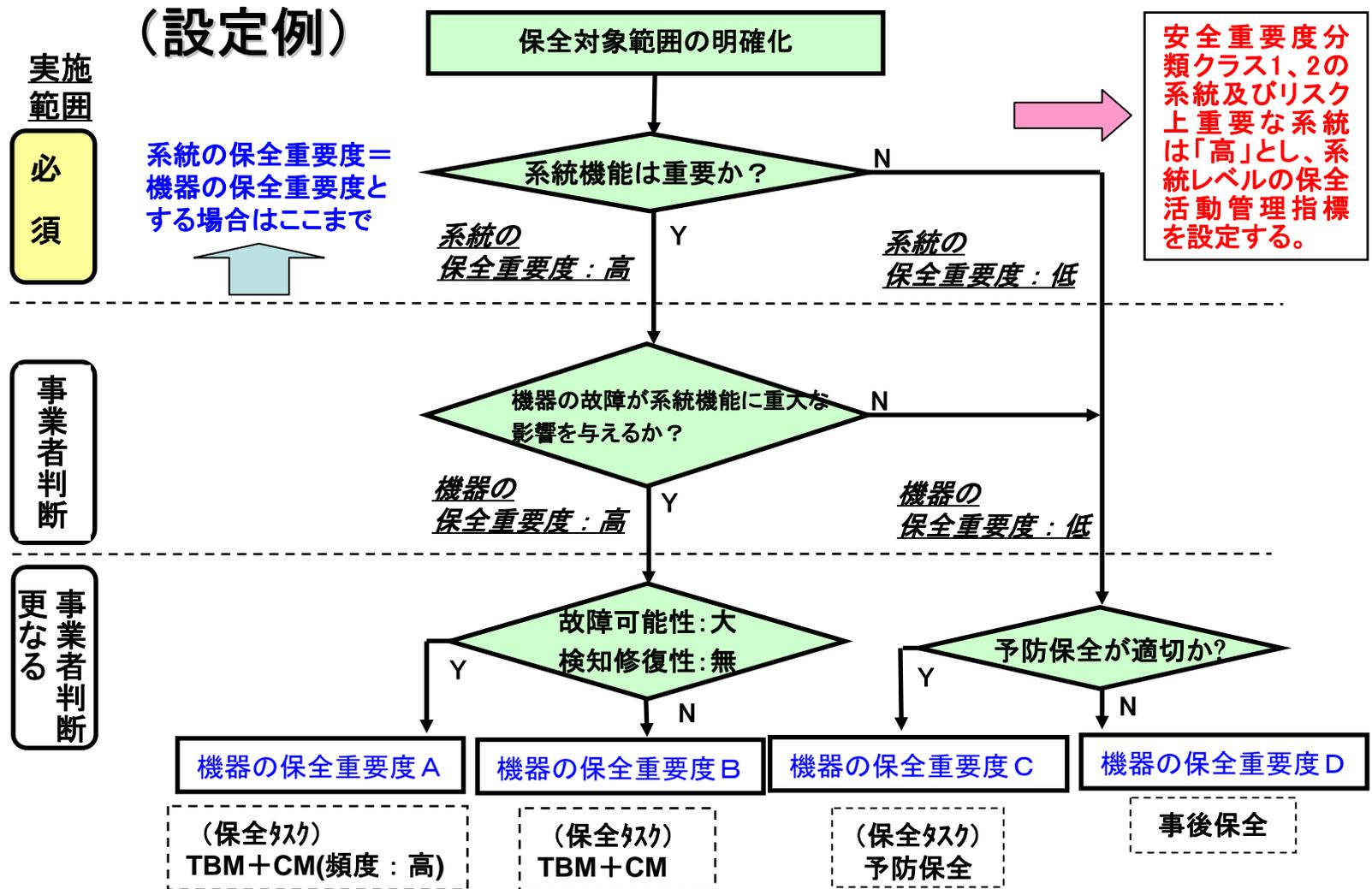
◇保全プログラム充実(2/2)

(JEAC4209-2007)

プロセスの名称		内容
①保全対象範囲の策定		原子力発電施設の中から安全機能を有する機器等の保全対象範囲を選定する。
②保全重要度の設定		安全機能、リスク情報、供給信頼性及び運転経験等を考慮して系統、機器、構築物の保全重要度を設定する。
③保全活動管理指標の設定及び監視計画の策定		保全活動管理指標を設定し、監視項目、監視方法及び算出周期等を決める。
④保全計画の策定	点検計画	経年劣化の知見や保全重要度等から点検の方法並びにそれらの実施頻度及び時期を計画する。
	補修、取替え、及び改造計画	保全のため補修、取替え及び改造の方法並びにそれらの実施時期を計画する。
	特別な保全計画	地震や事故により、長期停止を伴った点検等を実施する場合の方法及び実施時期を計画する。
⑤点検・補修等の結果の確認・評価		点検・補修等の結果の確認・評価及びプロセスの確認・評価を行う。
⑥不適合管理及び是正処置		不適合管理・是正処置を行う。
⑦保全の有効性評価		保全の実施結果、保全活動管理指標の監視結果等から保全の有効性を評価し、必要な改善を行う。

◇保全重要度の設定 (1 / 2)

保全重要度とは、保全活動を実施する際に、安全機能、リスク情報に加え信頼性及び運転経験等を勘案して事業者が定める系統及び機器の重要さ度合い



◇保全重要度設定(2/2)

リスク情報活用

- ・PSAから得られるリスク情報のうちリスク重要度を用いる
- ・システムの保全重要度の設定にあたり、リスク重要度を考慮する

リスク重要度(例)

○ファッセルベズレイ重要度(FV重要度)

- 対象としている安全設備等が故障しないとした場合に、炉心損傷頻度、格納容器喪失頻度等がどの程度変化するかを表す指標。
- 当該システムまたは機器の故障率等の低減による信頼性向上効果の把握に有効。

$$FV = \frac{F(CD) - F(CD/A=0)}{F(CD)}$$

$F(CD/A=0)$: 事象Aの発生確率が0の場合の炉心損傷頻度
 $F(CD)$: 炉心損傷頻度

○リスク増加価値(RAW)

- 対象としている安全設備等が故障した場合に、炉心損傷頻度、格納容器喪失頻度等がどの程度増加するかを表す指標。
- 当該システムまたは機器を待機除外した場合のリスク影響把握に有効

$$RAW = \frac{F(CD/A=1)}{F(CD)}$$

$F(CD/A=1)$: 事象Aの発生確率が1の場合の炉心損傷頻度
 $F(CD)$: 炉心損傷頻度

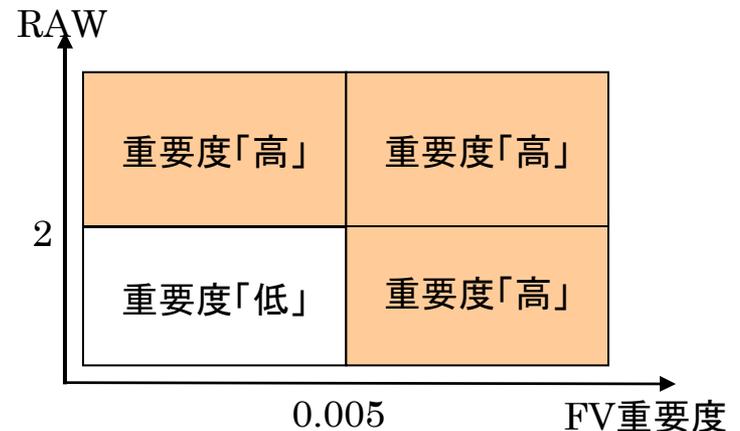
リスク重要度の評価

○「炉心損傷頻度」を少なくとも考慮

(格納容器機能喪失や停止時PSAの評価を実施していれば、これらに係る設備も重要と判断)

リスク重要度の分類例

○リスク重要度の分類は、米国での既存評価等を参考にして、以下の領域に分類される構築物、システム及び機器はリスク重要度を「高」とする。



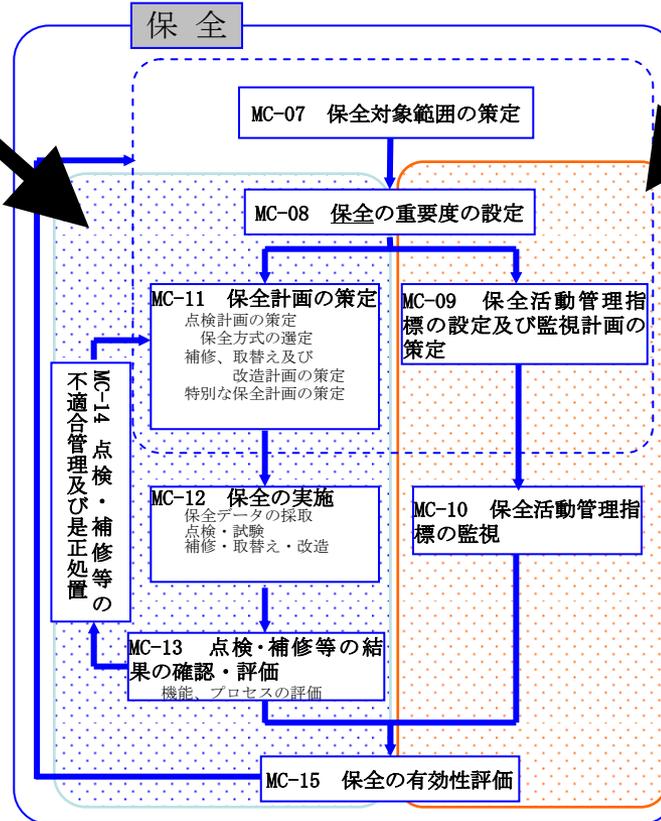
◇保全活動管理指標の設定及び監視(1/3)

指標導入の位置づけ

従来からの保全

- ・劣化メカニズムの整理等に基づいた保全の体系化
- ・設備診断技術の活用等

予防保全の観点からの充実



保全活動管理指標

左記の充実を前提として、その流れとは独立に管理指標を設定することで、

- ・保全の有効性を「見える化」する
- ・保全を全体として把握することを旨とする

結果監視・弱点捕捉の視点から新たに導入

◇保全活動管理指標の設定及び監視計画の策定(2/3)

原子炉施設の安全性に係る機能に着目して設定

[プラントレベル](例)

- ・計画外自動スクラム回数
- ・計画外出力変動回数
- ・工学的安全施設計画外作動回数

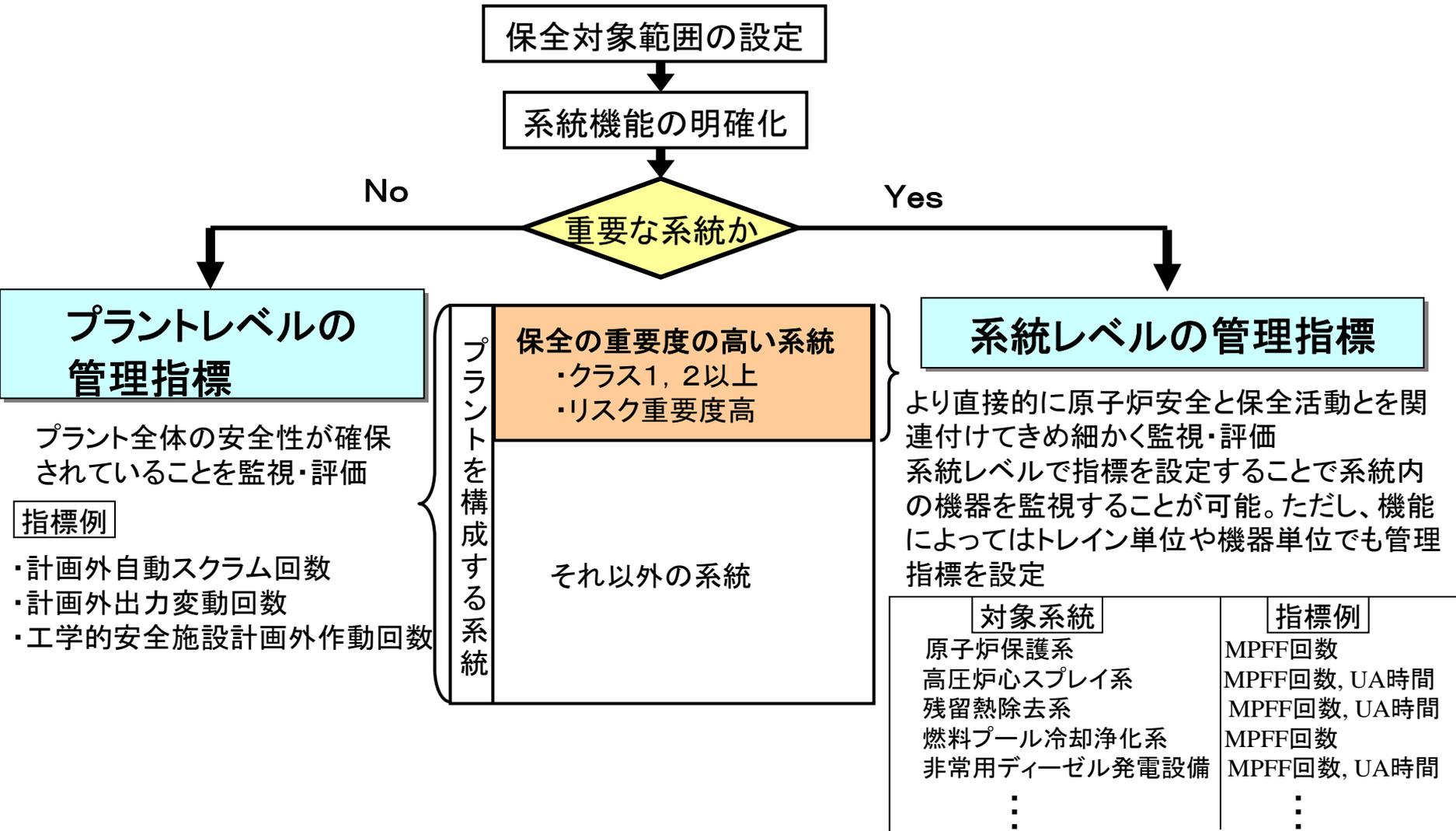
[系統レベル](例)

- ・保全により予防可能な故障(MPFF: 予防可能故障)回数
- ・機能を期待できない時間(UA時間: 非待機時間)

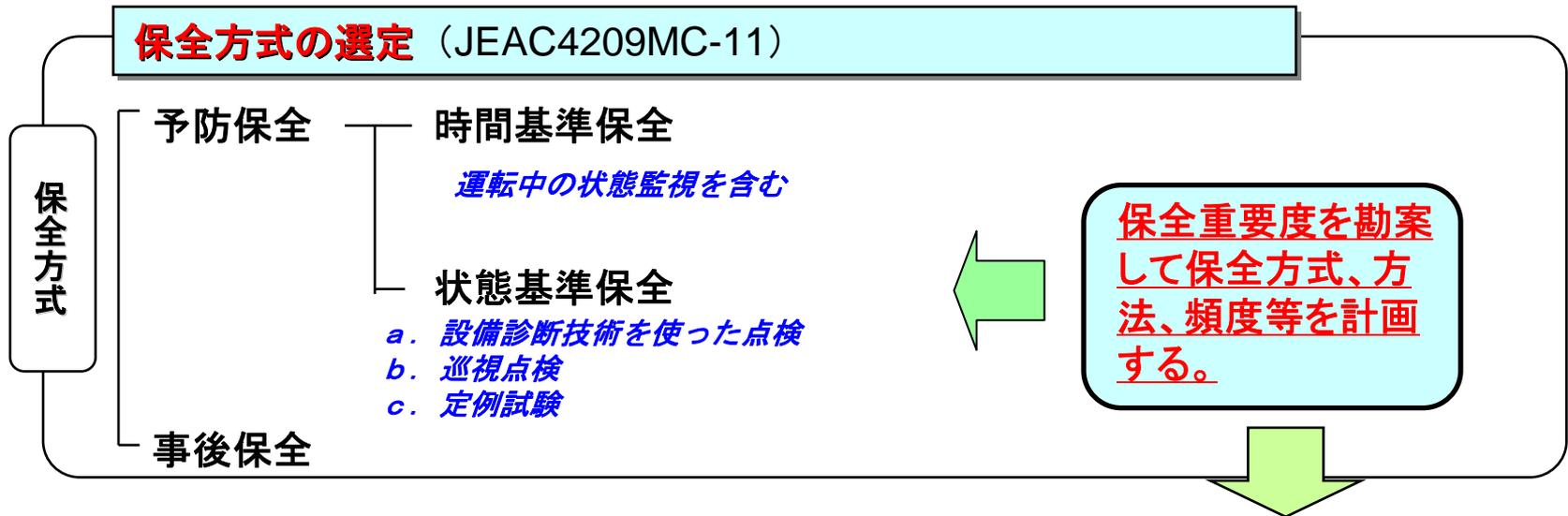
意義

- ・保全の「見える化」による保全活動の有効性の客観的監視
- ・これら指標のパフォーマンスを監視することにより、更に詳細な部分を見なくても保全の有効性の把握が可能

◇保全活動管理指標の設定及び監視(3/3)



◇点検計画の策定(1/3)



保全方式選定の考え方

○経年劣化事象及び偶発事象を勘案し、保全重要度を踏まえた上で保全実績、劣化、故障モード等を考慮し、効果的かつ効率的な保全方式を選定する。

【時間基準保全】

- ・ 関係法令等で時間基準保全が要求されている場合
- ・ 消耗品の取替えを定期的実施する必要がある場合
- ・ 運転経験や劣化の進展予測から、定期的な保全が妥当と判断する場合 等

【状態基準保全】

- ・ 主要な劣化、故障モードに対応した状態監視データを適切に採取及び評価することにより、故障の兆候が捉えられ、また適切な時期に点検・補修等の処置ができる場合

【事後保全】

- ・ 機器の故障があった場合に原子炉施設の安全性、供給信頼性に与える影響が小さいと判断した場合は、事後保全とすることが可能

◇点検計画の策定 (2 / 3)

1. 事業者が目指す保全活動充実

点検計画の策定の際には、高経年化技術評価等での経年劣化知見を点検計画へ確実に反映

高経年化技術評価の結果を取り纏め(原子力学会標準)

○経年劣化メカニズムまとめ表(例)

(例)○○熱交換器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料	経年劣化事象					
				減肉		割れ		材質変化	
				摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼	▲		▲	●		
	伝熱管の支持	管支持板	ステンレス鋼						
バウンダリの維持	耐圧	水室・ダイヤフラム	炭素鋼		●	△			
		管板	炭素鋼			△			
		胴	炭素鋼		●	△			
		フランジボルト	炭素鋼		△				
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼		○				
		支持脚・架橋	炭素鋼		△				

- : 高経年化対策上重要と判断される経年劣化事象(U字管式熱交換器共通)
- : 高経年化対策上重要と判断される経年劣化事象(熱交換器固有)
- △: 高経年化対策上有意でないとは判断される経年劣化事象(U字管式熱交換器共通)
- ▲: 高経年化対策上有意でないとは判断される経年劣化事象(熱交換器固有)

点検計画に反映

個別プラントの経年劣化管理(事業者)

○個別プラントへの展開

(例)○○熱交換器の点検要領

○○熱交換器	開放点検	熱交換器の水室を開放し、各部の傷、割れ、変形、腐食等の有無、耐圧部の漏えい形跡の有無を自視等で確認するとともにガスケット等の取替を行う。
	非破壊試験	水室、胴の代表部位の肉厚測定を実施する。
	非破壊試験	開放点検時、溶接部等について、浸透探傷試験を実施する。
	漏えい試験	運転圧力等にて、各部からの漏えいの有無を確認する。

経年劣化メカニズムまとめ表を反映

経年劣化事象の他、偶発事象等を含めて保全タスクを整理(電事連)

○劣化メカニズム整理表(例)

(例)○○熱交換器

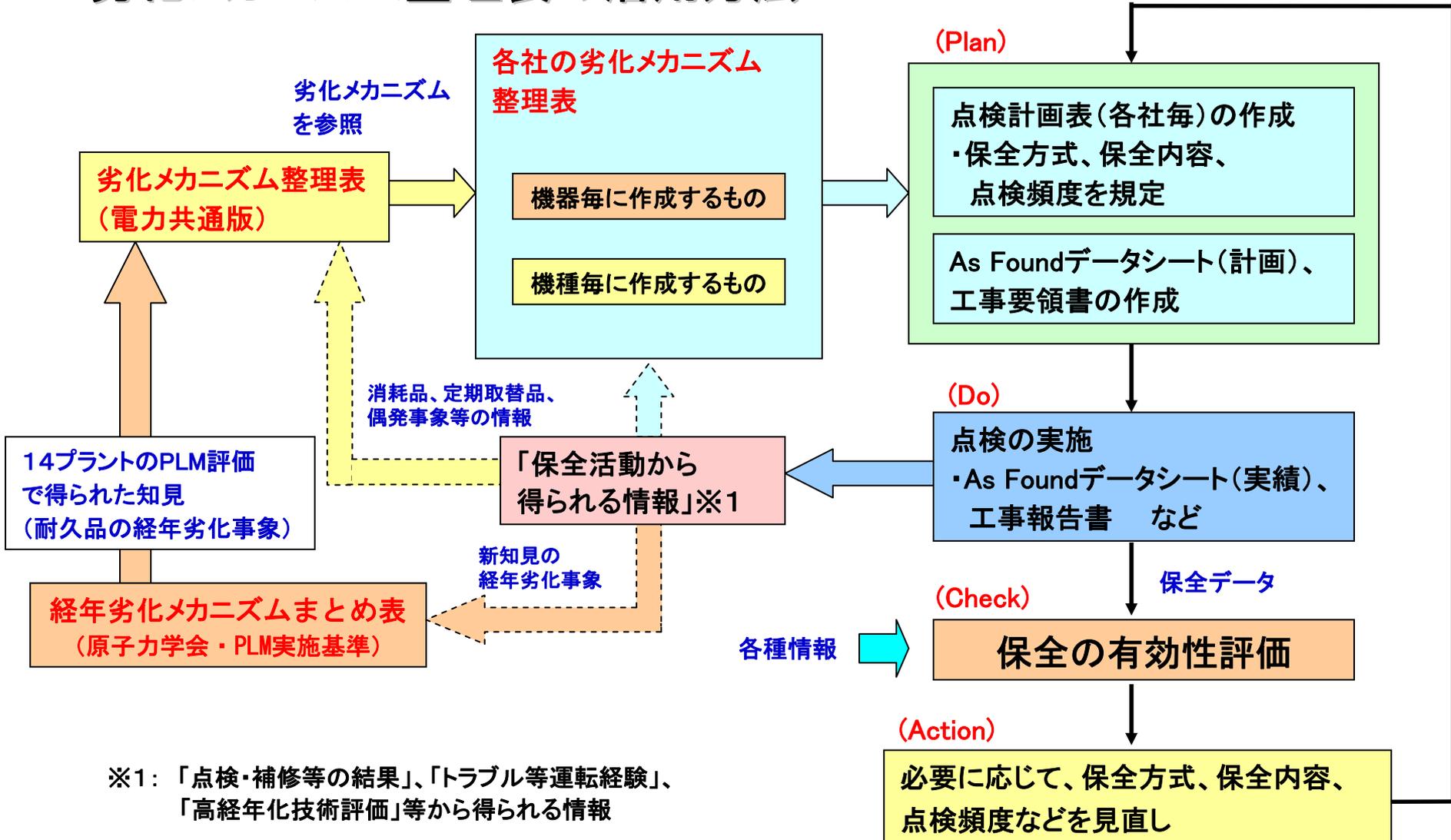
部位	機器機能	劣化メカニズム		参照 PLM	保全項目
		事象	因子		
伝熱管	熱交換	割れ, 損傷	疲労	▲	渦流探傷検査, 漏えい検査
		割れ, 損傷	応力腐食	●	渦流探傷検査, 漏えい検査
		割れ, 損傷	製造欠陥		渦流探傷検査, 漏えい検査
		割れ, 損傷	デブリ		渦流探傷検査, 漏えい検査
	
水室	バウンダリ	減肉	腐食	●	肉厚測定, 目視点検, 漏えい確認
		割れ	疲労	△	肉厚測定, 目視点検, 漏えい確認
胴	バウンダリ
		減肉	腐食	●	肉厚測定, 目視点検, 漏えい確認
		割れ	疲労	△	肉厚測定, 目視点検, 漏えい確認
	

保全重要度を勘案して点検計画を策定、着目すべき劣化事象に対する必要な保全項目が抜けてないことを確認する。(長期保守管理方針に基づく保全計画を含む)

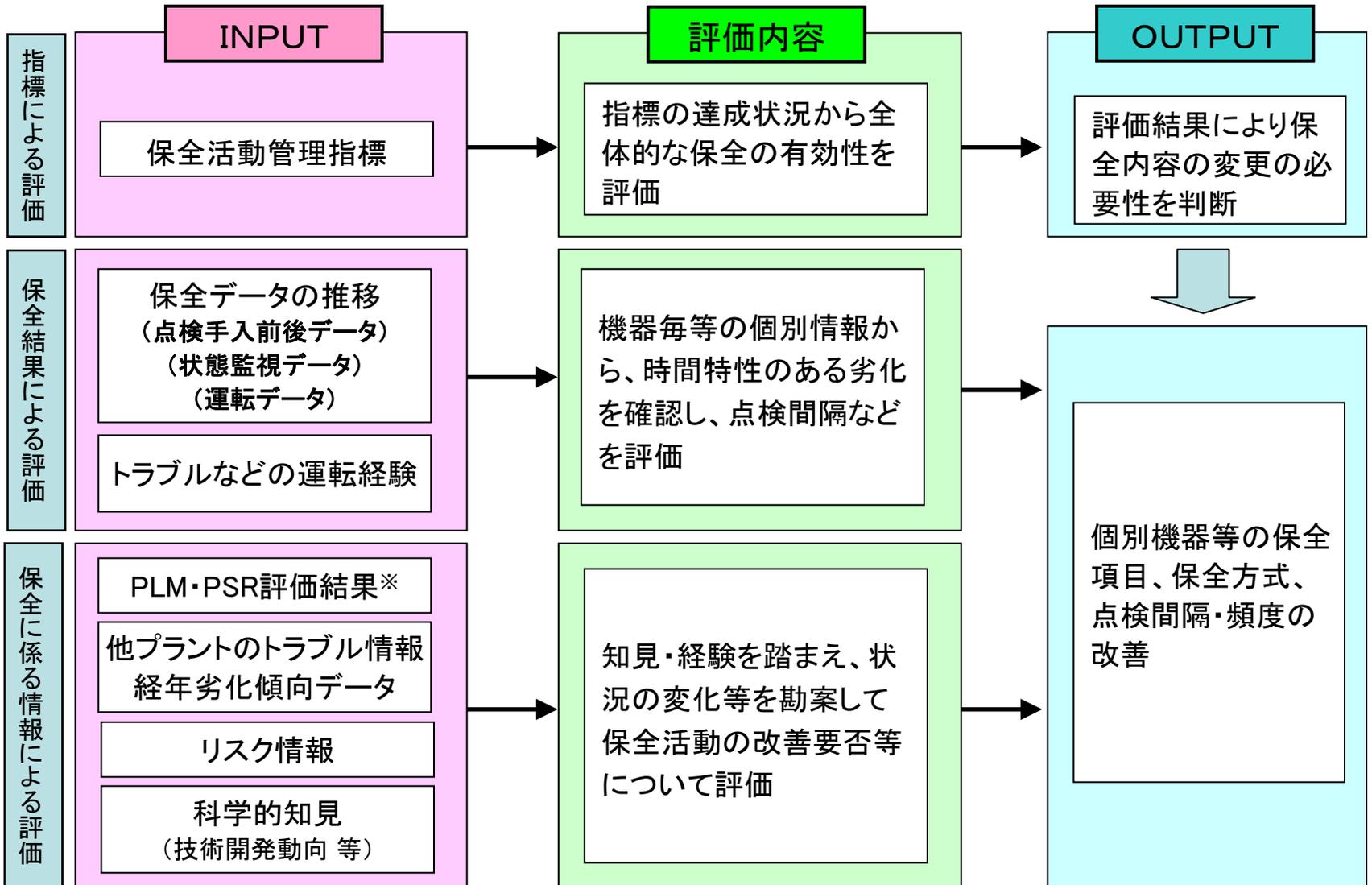
劣化メカニズム整理表等は電力共通基盤として整備、維持管理される予定

◇点検計画の策定(3/3)

劣化メカニズム整理表の活用方法



◇保全の有効性評価



2. 新検査制度の概要

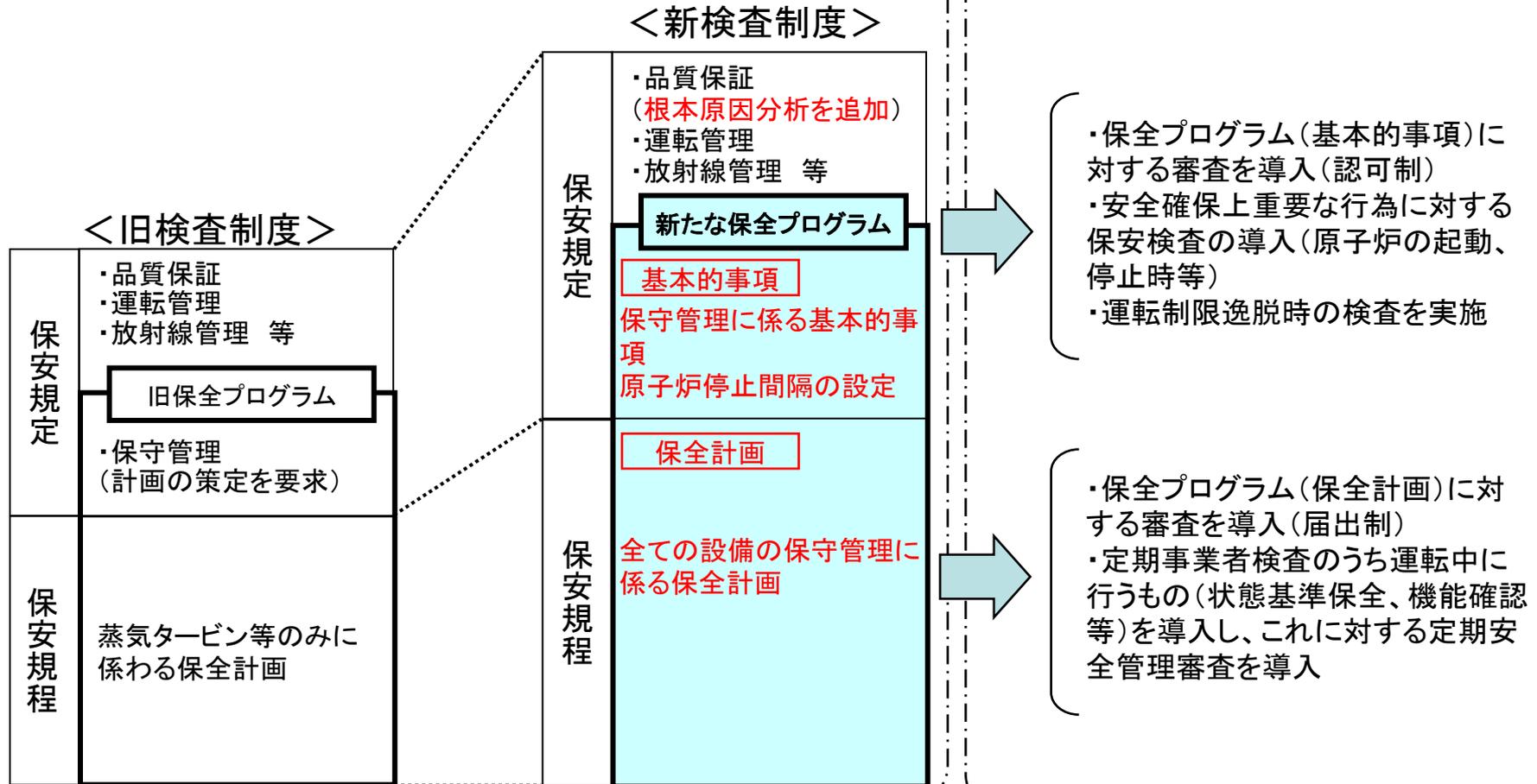
(保全プログラムを基礎とする検査の導入)

- 新たな検査制度の枠組み
- 保守管理の基本事項の保安規定記載
- 保全計画書の記載要求事項
- 原子炉の運転期間(原子炉停止間隔)設定
- 高経年化対策

◇新たな検査制度の枠組み

新たな保全プログラムの導入

より一層の安全確保のための検査の導入



(H18.12.15 第21回検査の在り方に関する検討会資料より)

◇保守管理の基本的事項の保安規定記載

(第8章 保守管理)

実用炉則第11条、第7条の3第1項、第16条

旧	新(下線部は新設または充実)	(参考)JEAC4209-2007
<p>①保守管理の実施方針及び目標</p> <p>②保全の対象範囲の策定</p> <p>③保全プログラムの策定</p> <p>④保全の実施</p> <p>⑤保全計画</p> <p>⑥点検・補修等の結果の確認・評価</p> <p>⑦是正処置</p> <p>⑧保守管理の定期的な評価</p> <p>⑨情報共有</p>	<p>①保守管理の実施方針及び保守管理目標 (①‘保全プログラムの策定)</p> <p>②保全の対象範囲の策定</p> <p>③保全重要度の設定</p> <p>④保全活動管理指標の設定、監視計画の策定及び監視</p> <p>⑤保全計画の策定</p> <p>⑥保全の実施</p> <p>⑦点検・補修等の結果の確認・評価</p> <p>⑧点検・補修等の結果の不適合管理、是正処置及び予防処置</p> <p>⑨保全の有効性評価</p> <p>⑩保守管理の有効性評価</p> <p>⑪情報共有</p>	<p>MC-5 保守管理の実施方針及び保守管理目標</p> <p>MC-6 保全プログラムの策定</p> <p>MC-7 保全対象範囲の策定</p> <p>MC-8 保全重要度の設定</p> <p>MC-9 保全活動管理指標の設定及び監視計画の策定</p> <p>MC-10 保全活動管理指標の監視</p> <p>MC-11 保全計画の策定</p> <p>MC-12 保全の実施</p> <p>MC-13 点検・補修等の結果の確認・評価</p> <p>MC-14 点検・補修等の結果の不適合管理及び是正処置</p> <p>MC-15 保全の有効性評価</p> <p>MC-16 保守管理の有効性評価</p>
<p>注) 原子炉停止間隔については、「原子炉の運転期間」として保守管理とは別章(第4章 運転管理)に記載</p>		

◇保全計画書の記載要求事項

(電事則第50条第3項)

- 運転サイクルごとに改善される、具体的な保守管理の計画(保全計画)は、原子炉ごと、運転サイクルごとに保安規程に定めて届出が必要となる。

(保全計画書イメージ)

〇〇発電所
第〇号機
保全計画
(第N保全サイクル)

目 次

- I 第N保全サイクル保全計画の適用期間
- II 保全活動管理指標
- III 保全計画
 - 1. 点検計画
 - 2. 定期事業者検査の判定方法
 - 3. 補修、取替え及び改造計画
 - 4. 特別な保全計画
 - 5. 定期検査時の安全管理

保全計画の始期*及び期間
*: 次回の定期検査の開始日(定期検査をまだ受けていない新增設プラントについては使用前検査の開始日)

原子炉及び保守管理の重要度が高いシステムの定量的な保守管理の目標

点検等の方法、実施頻度及び時期

定期事業者検査における技術基準適合性についての判定方法(定期事業者検査で設定する一定の期間を含む。)

点検等を実施する際に行う保安の確保のための措置

◇原子炉の運転期間(原子炉停止間隔)の設定

(実用炉則第16条、電事則第91条)

- 保守管理の上限を「13ヶ月以内」、「18ヶ月以内」、「24ヶ月以内」の3つに区分
- 事業者は、この期間内で燃料交換等も踏まえた上で、原子炉の運転期間を設定
- 具体的には、保安規定に原子炉の運転期間(原子炉停止間隔)を記載し、国がその内容を審査した上で認可

※但し、「24ヶ月以内」の運転期間は5年後から認められる。

(保安規定への記載イメージ)

第4章 運転管理

(原子炉の運転期間)

第12条の2 所長は、表12の2に定める原子炉の運転期間^{※1}の範囲内で運転を行う。なお、電気事業法施行規則第92条第1項に基づき、経済産業大臣が定期検査を受けるべき時期を定めて承認している場合は、その承認を受けた時期までの運転期間とする。

表12の2

	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉
原子炉の運転期間	16ヶ月	13ヵ月 ^{※2}	13ヵ月 ^{※2}	13ヵ月 ^{※2}

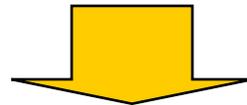
※1: 原子炉の運転期間とは、定期検査が終了した日から、次回定期検査を開始する日までの期間をいう。

※2: 従来実績に基づく原子炉の運転期間

◇運転中の定期事業者検査

(電事則第94条の2、第94条の3)

- 定期事業者検査(定期に技術基準適合性を確認する行為)の対象期間を定検期間中+運転期間中とする(運転サイクル)。
- 運転中における定期事業者検査として、運転中6ヶ月ごとに、異常発生の兆候を確認。
 - ・ 状態基準保全実施後の設備の技術基準適合性確認は「定期」とは呼べず、省令上の定期事業者検査として位置づけることはできない。
 - ・ また、原子炉運転中に定期的を実施する安全系設備のサーベイランスについては保安検査の対象であり、検査の重複整理が必要なため、そのまま定期事業者検査として位置づけることは困難。



設備診断技術(振動測定)を用いた状態監視をサーベイランスと組み合わせて運転中の定期事業者検査として位置づけ

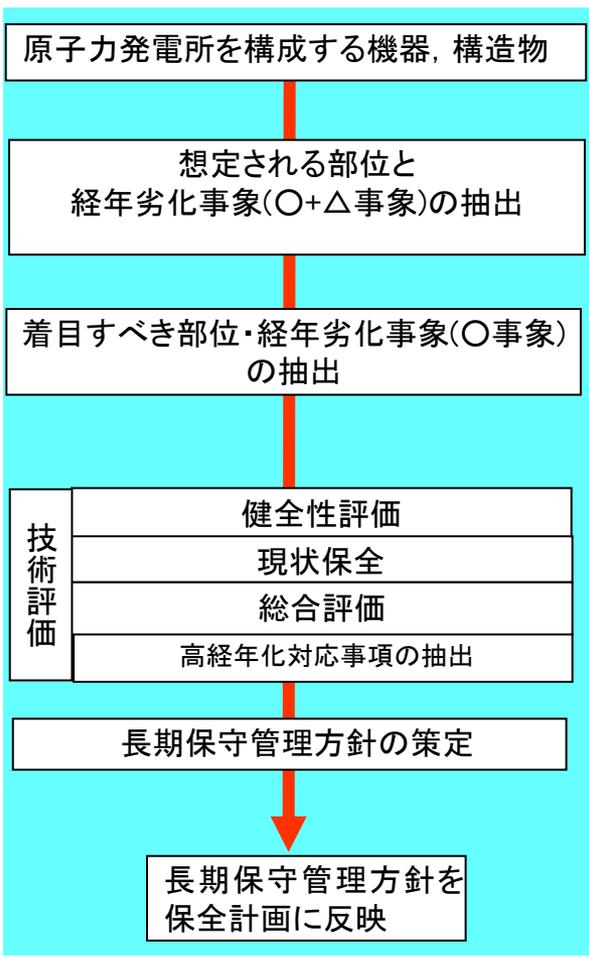
◇高経年対策に関する新旧制度の比較

2. 新検査制度の概要

	旧制度	新検査制度
法令	炉規制法 実用炉則 第十五条の二 (原子炉施設の定期的な評価) ・定期安全レビュー(PSR) ・高経年化技術評価(PLM)	第七条の五 (原子炉施設の定期的な評価) ...定期安全レビュー(PSR) 第十一条の二 ⇒保守管理の条文に移動 原子炉施設の経年劣化に関する技術評価 (高経年化技術評価(PLM))
規制要求	・高経年化技術評価の実施 ・長期保全計画の策定 ・高経年化技術評価書の提出 (長期保全計画を含む)	・高経年化技術評価の実施(見直しを含む) ・長期保守管理方針の策定(変更を含む) ・保安規定変更認可(長期保守管理方針) ・高経年化技術評価書は、申請の添付資料
フォローアップ	・毎定検後、長期保全計画に基づく 保全の実施状況を事後報告 (事業者)	・定検前に 保全計画書(保安規程) を届出 (事業者)→電事法 施行規則 ・保全計画書は長期保守管理方針に基づく 保全を含む ・ 定期安全管理審査等 で、長期保守管理方針 に基づく保全の実施状況を確認(NISA)

◇経年劣化管理の整理(ガイドライン)

<高経年化技術評価>

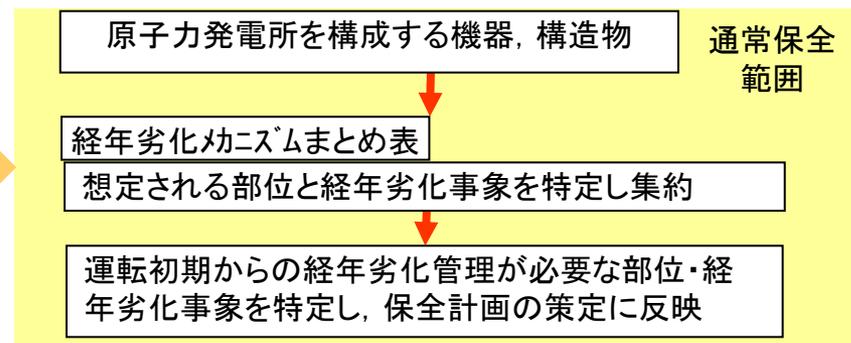


高経年化技術評価の知見(実施済14プラントにおける想定される部位・経年劣化事象)を集約

10年ごとの評価対象を明確化

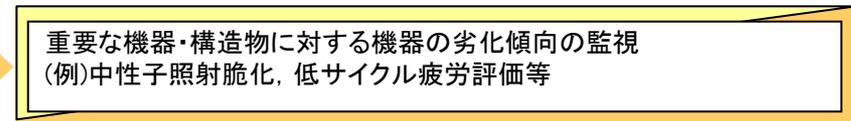
30年時点で高経年化技術評価を実施する対象を明確化
評価手法を規定化

<運転初期からの経年劣化管理>

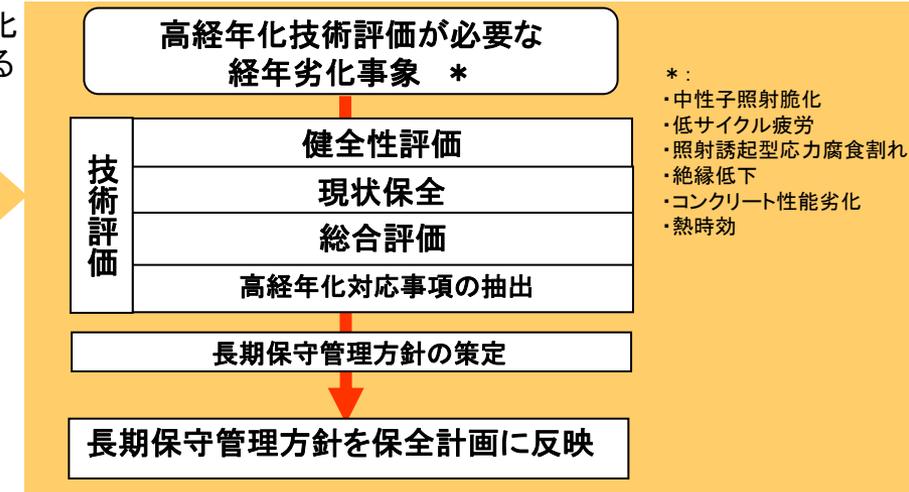


通常保全範囲

<10年ごとの経年劣化管理>



<高経年化技術評価> (30年, 40年...)



- *:
- ・中性子照射脆化
 - ・低サイクル疲労
 - ・照射誘起型応力腐食割れ
 - ・絶縁低下
 - ・コンクリート性能劣化
 - ・熱時効

(注)○事象: 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△事象: 想定される経年劣化事象のうち, ○事象に該当しないもの

*** ガイドラインでは6事象に限定**

3. 最後に

保全プログラムの充実を実現するには「点検手入れ前データ」や「状態監視データ」等の保全データの充実が不可欠である。

- 「点検手入れ前データ」や「状態監視データ」などを保全の有効性評価の重要なインプットとして収集、継続的な改善に活用するプログラムを構築
- 保全方式、点検周期及び保全内容の見直しは保全の重要度を考慮するとともに「手入れ前の点検」や「状態監視の拡充」を評価したうえで実施
- 機器の点検周期変更には状態監視データ等の保全データの取得・蓄積を行うとともに、保全の改善に有用なデータは知識化して事業者間で共有化
- 設備診断技術を用いた運転中の状態監視については、民間技術指針が制定されている振動診断、潤滑油診断、赤外線サーモグラフィ診断などの対象範囲拡大