

原子力の安全規制の最適化に関する研究会発表会

～ 新検査制度の定着と今後の課題 ～

運転中保全の適用検討

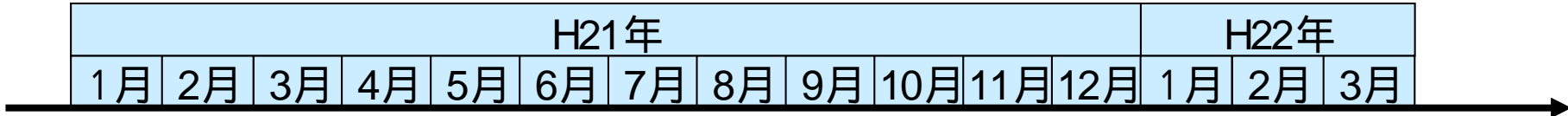
平成22年1月26日

独立行政法人 原子力安全基盤機構
企画部 技術情報統括室 技術企画グループ
小林 正英

目 次

1. 背景
2. 海外の状況
3. 運転中保全の安全性評価
4. 運転中保全の手法と評価
5. 今後の取り組み

運転中保全の検討と研究会



勉強会
(JNES)



運転管理WG(原子炉安全小委員会)

現在、最終報告書のとりまとめ中

研究会

海外訪問調査
 ▼ 英国
 ▼ 米国
 スペイン 2プラント

1. 背景 (1/2)

オンラインメンテナンス: 原子炉**運転中**に実施する**保全**

「**運転中保全**」と称する

新検査制度(H21.1 施行)

保 全	適切な時期に	定検: 13ヶ月間隔	機器の特性に応じた間隔
	適切な方法で	時間計画保全* 偏重 (停止時の作業集中)	状態監視保全** 導入 運転中への作業分散)

* : 定期的に保全を実施する方式で、我が国では原子炉停止時に実施がほとんど
尚、JEAC4209では時間基準保全

** : 振動、温度等機器の状態を監視し、劣化徴候の検出により保全を開始する方式
尚、JEAC4209では状態基準保全

原子力発電推進強化策(経済産業省 H21.6)

(既設炉の高度利用) 運転中保全の拡大	保全作業の平準化	作業品質の向上等が期待
	国は安全性を合理的に確保するための検討を進める	

1. 背景 (2/2)

保全の最適化

現状、安全上重要な設備の運転中保全は、やむを得ない場合のみ実施可

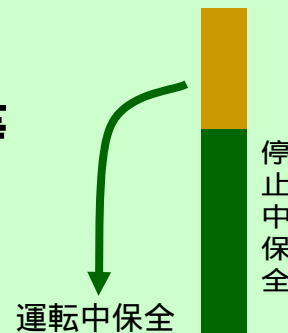
劣化徴候発見時の速やかな対応不可

運転中保全のほうが、安全性向上に寄与する設備への適用が不可

作業品質の向上

停止中作業の集中緩和
作業環境向上、不適合防止等

負荷平準化 良質作業員確保
作業品質の向上



安全上重要な設備の運転中保全の適用が望まれる

以下、安全上重要な設備の運転中保全について議論

安全上重要な設備の運転中保全における問題点

運転中保全 安全上重要な設備に限った議論

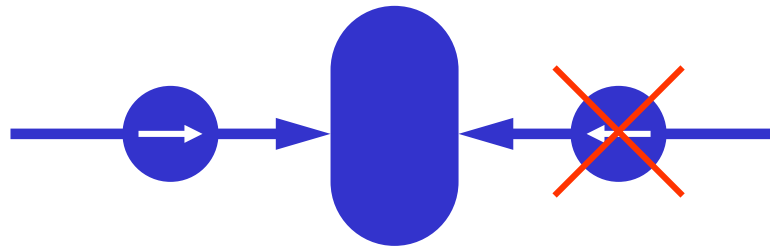
原子炉の安全設計

深層防護

多重障壁

単一故障の仮定

安全上重要な設備 多重化・多様化



2系統で設計したが、
1系統を機能喪失させて
よいか？

保安規定にルール化

単一故障の仮定

< 発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 > (平成2年8月30日改正)

指針 9. 信頼性に関する設計上の考慮
指針 25. 非常用炉心冷却系
指針 34. 安全保護系の多重性
指針 48. 電気系統



非常用炉心冷却系、安全保護系および電気系など安全上重要な系の設計に当っては機器の単一故障の仮定を加えてもそれらの系の安全機能が損なわれないように設計すること

単一故障とは、

単一の原因によって一つの機器が所定の安全機能を失うこと

許容待機除外時間(AOT)

LCO逸脱時の措置の記載例

条件	要求される措置	完了時間
LPCIが1系動作不能の場合	・LPCIを動作可能とする	10日間
	・残りのLPCIが動作可能であることを確認	速やかに
C.自動減圧系の弁1個が動作不能の場合		10日間
D.高圧炉心スプレイ系が動作不能の場合		10日間
E.非常用炉心冷却系(自動減圧系を除く)2系列以上が動作不能の場合		24時間
		36時間

各ECCSを動作可能な状態に復旧するまでの制限時間が記載



この時間が許容待機除外時間(AOT: Allowed Outage Time)



当委員会は、運転制限逸脱時の措置及び措置完了時間を設定したことについては、運転制限を逸脱した状態において、「運転時の異常な過渡変化」または「事故」が同時に起こることが考えられないような期間を設定すれば、監視を強化し運転を継続しつつ運転制限を逸脱した場合の回復措置を許容することは理解できるものである。

原子力安全委員会が高浜発電所の保安規定の変更認可に関する規制調査を実施した際の報告書(平成13年11月19日付)

2. 海外の状況(1 / 2)

国	冗長性 (主流)	AOT 内 OLM 実施	検査の実施 (事業者活 動の確認)
ベルギー	N+2	×	○
カナダ	N+2	○	○
チェコ	N+2	○	○
フィンランド	N+1/N+2	△	○
フランス	N+1	○	○
ドイツ	N+2	○	○
ハンガリー	N+2	○	○
日本	N+1	×	○
メキシコ	N+1	○	—
オランダ	N+2	○	○
スペイン	N+1	○	○
スウェーデン	N+2	○	○
スイス	N+1/N+2	○	○
イギリス	N+2	○	○
米国	N+1	○	○

2001.8.16 OECD / NEA Committee on Regulatory Activities (CNRA) Working Group on Inspection Practices (WGIP)

「INSPECTION OF MAINTENANCE ON SAFETY SYSTEMS DURING NPP OPERATION」 より

2. 海外の状況(2 / 2)

国名	安全系の設計	規制と実態
<p>米国</p>	<p>N + 1 N: 安全が確保できる機器数 +1: 冗長機器数</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転中保全をメンテナンスルールに従い実施 ・ 保守活動によるリスク増分の事前評価 & 管理 安全系 / 非安全系の機器の両者に適用し実施
<p>ドイツ</p>	<p>N + 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転中の予防保全原則を示した勧告('92)に従い実施 ・ Isar (Siemence-KWU製PWR) 運転中の安全系保守実施(14日間に限定)

米国が運転中保全を採用した経緯

~1980年代

- ・運転中保全を規定した法令、規制要件なし。ただし、運転管理に関連する要件が Tech.Spec. にあり。事業者はAOTを用いた運転中保全を実施。
- ・NRCはLCOは**複数の系統を同時に待機除外**することを意図するものではないと言及。
- ・AOTの反復使用について、NRCが懸念。

運転管理要件と保守管理要件が明確に分離

1990年代

10CFR50.65「原子力発電所の保守の有効性監視に関する要件(保守規則)」の公示(1991年)

保守管理

- ・**単一系統の運転中保全**に関してはTech.Spec. の範囲で実施(NUMARC93-01)
- ・NRCは保守規則に関する事業者実施状況の確認のための検査を実施。保守規則が適切に遵守されていない点を確認。

運転管理

- ・Reg.Guide1.177「プラント個別のリスクインフォームド意志決定のアプローチ」を公表(1998年)
- ・Reg.Guide1.177を受け、事業者は**AOTの延長申請**を開始

2000年代

- ・10CFR50.65の改定(2000年)
メンテナンス実施前の評価の義務付け
実質的に**複数系統同時の運転中保全**が可能

米国での運転中保全実施経緯を踏まえ、我が国では、第一段階として「**単一系統の運転中保全**」から検討を開始

3. 運転中保全の安全性評価

安全性評価(受動的待機除外と能動的待機除外の差異)

【設備上の差異】

受動的待機除外と能動的待機除外において、設備上(系統構成上)の差異はない。

リスク上の差異はない

【作業管理上の差異】

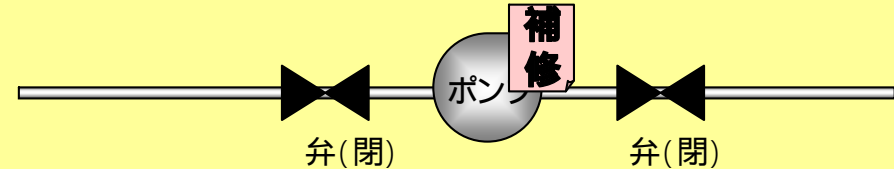
受動的待機除外: 突発的な対応であることが多く、作業計画を至急作成し、作業員を手配

能動的待機除外: 作業計画を立てる時間が十分にあり、確立した体制の下に実施

能動的待機除外では高い作業品質が期待できる。

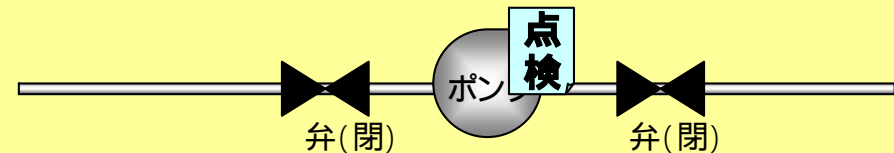
受動的待機除外

(ポンプの機能喪失時の補修等)



能動的待機除外

(予防保全のためのポンプ点検・補修等)



【参考】

・系統の機能喪失が発生し、ポンプ内部の不具合が疑われる場合には、モータの電源をOFF、ポンプ前後弁を隔離し、隔離範囲内の水を抜いて補修を行うのが一般的。

・予防保全時も同様に点検・補修等を実施。

能動的待機除外の場合、計画的に点検・補修等が実施できるため、高い作業品質を期待

安全性評価(運転中保全が安全向上に寄与する例)

BWRの例: 非常用ガス処理系(SGTS系)

【SGTS系の基本機能】

プラント運転中

原子炉冷却材喪失事故が発生した場合に放出されるよう素、粒子状放射性物質をフィルタを通して除去

プラント停止中

燃料集合体落下事故が発生した場合に放出されるよう素、粒子状放射性物質をフィルタを通して除去

【保安規定上の要求】

出力運転中のみならず、プラント停止中においても照射燃料に係る作業を行う場合に運転上の制限(待機要求)あり

【設置許可申請時事故解析】

プラント運転中事故発生時

公衆への被ばく線量: 5.7×10^{-4} mSv

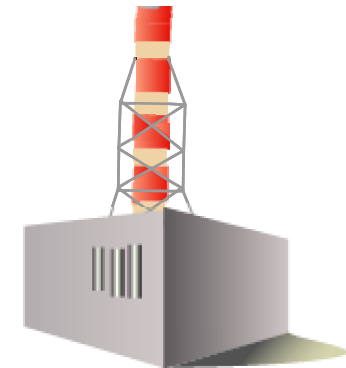
プラント停止中事故発生時

公衆への被ばく線量: 4.7×10^{-2} mSv

プラント運転中と比較し、プラント停止中の方が事故が発生した際の被ばく線量の観点からの影響が大きい

プラント運転サイクルで考えた場合、運転中メンテナンスを行うことが合理的

この他にも、停止中に機能を要求される主な系統としては、残留熱除去系及びこれらの関連系統・機器(補機冷却系、電源系、計装機器)などが挙げられる(PWR / BWR 共通)

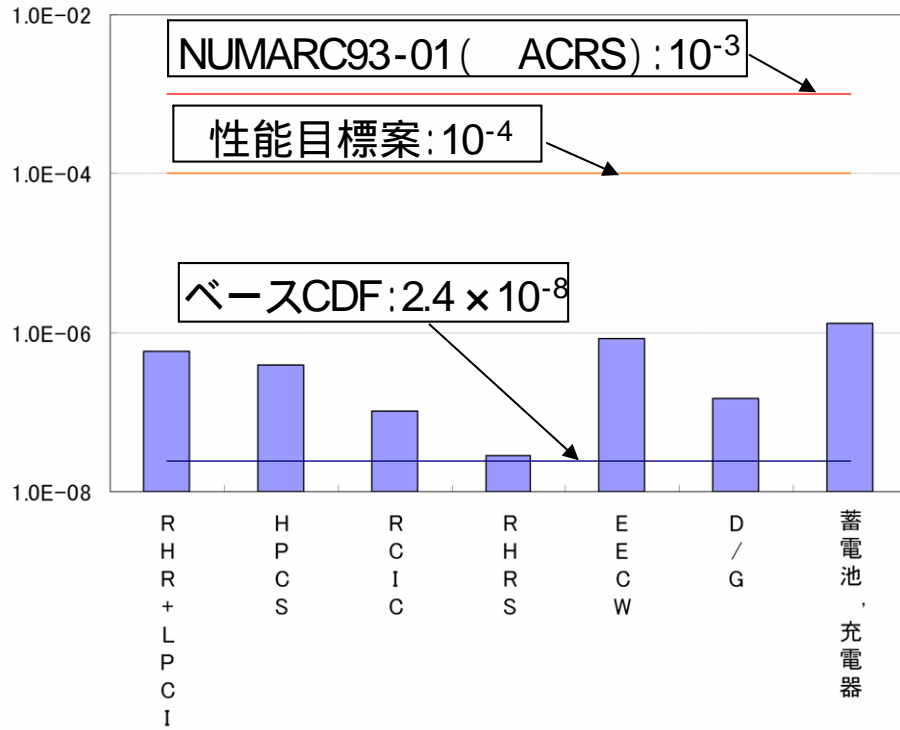


非常用ガス処理系は、事故時に原子炉建屋に放出された放射性物質を高性能フィルタにて除去し公衆への被ばくを基準値以下に抑える



運転中保全を実施することで、原子炉安全の向上に寄与

単一系統運転中保全実施時のリスク

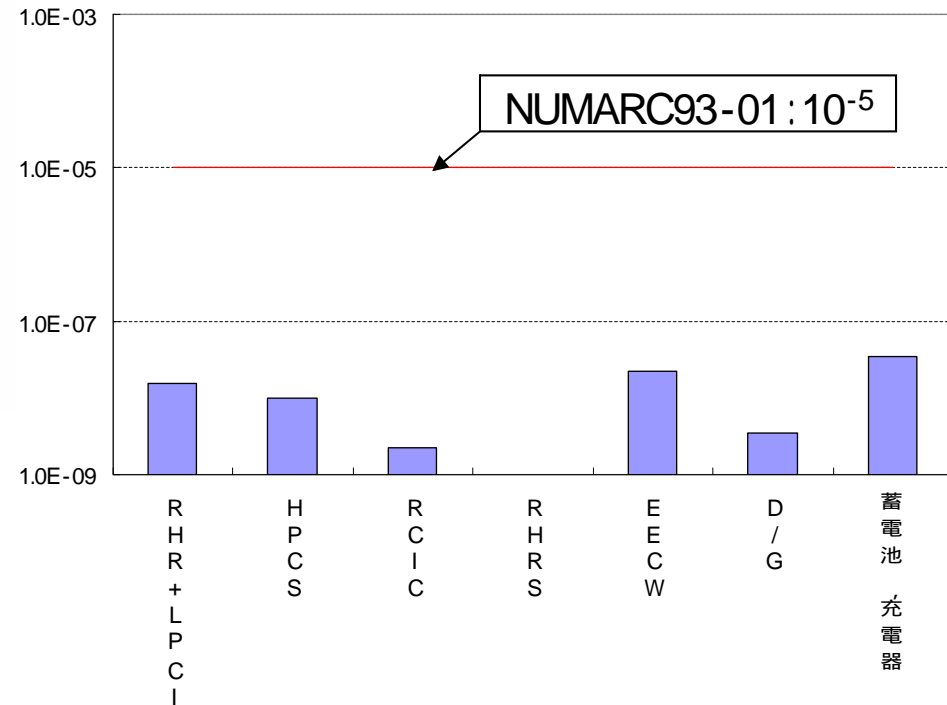


運転中保全実施中の一時的なCDF値

単位：[/ 炉年]

{ ACRS, Reactor Safety Goal Policy
Statement (Letter Report), 2000. }

運転中保全実施による炉心損傷確率増分
単位：[-]



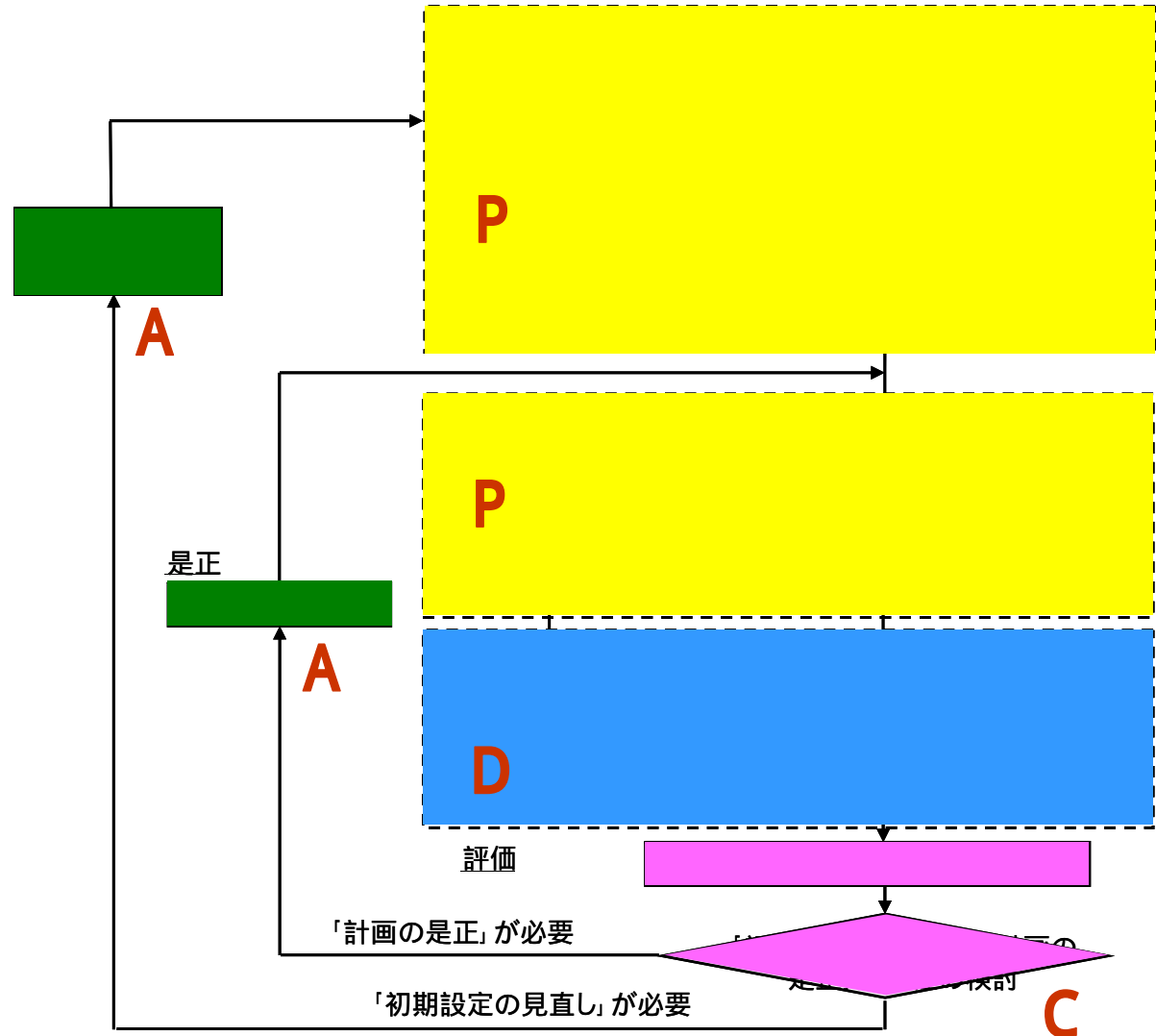
運転中保全実施中の一時的なCDF値は、日米目標値と比較し、十分低い
 運転中保全による炉心損傷確率の増分は、NUMARC93-01の管理基準と比較し、十分低い

4. 運転中保全の手法と評価

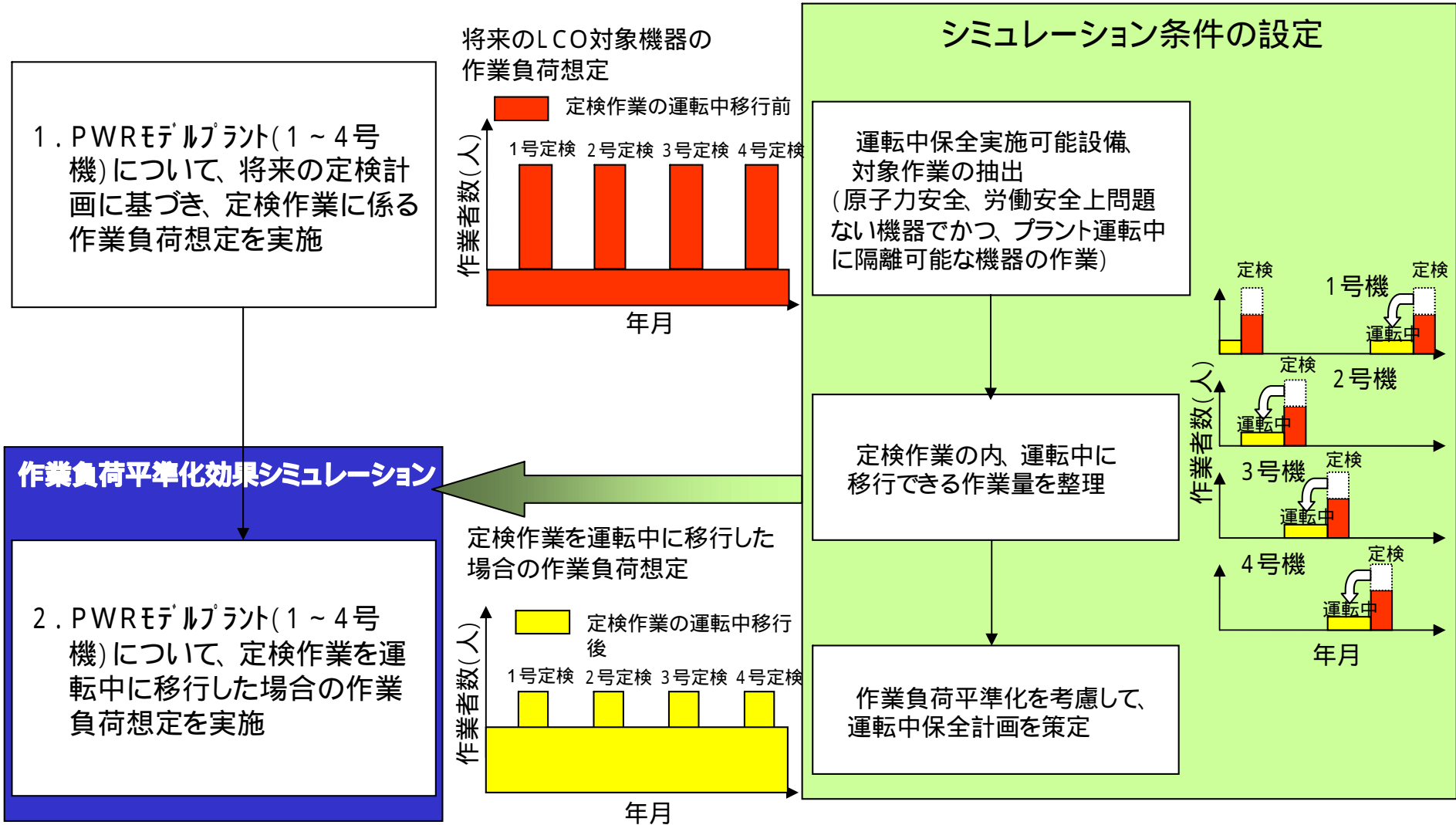
運転中保全の実施概略フロー

・運転中保全の計画策定手法は、その目的に応じて多種多様であるが、例えば、**米国においては約12週間前から準備を進めて、1週間毎に系統構成を変更して計画、実施、評価するプロセスが主流となっている。**

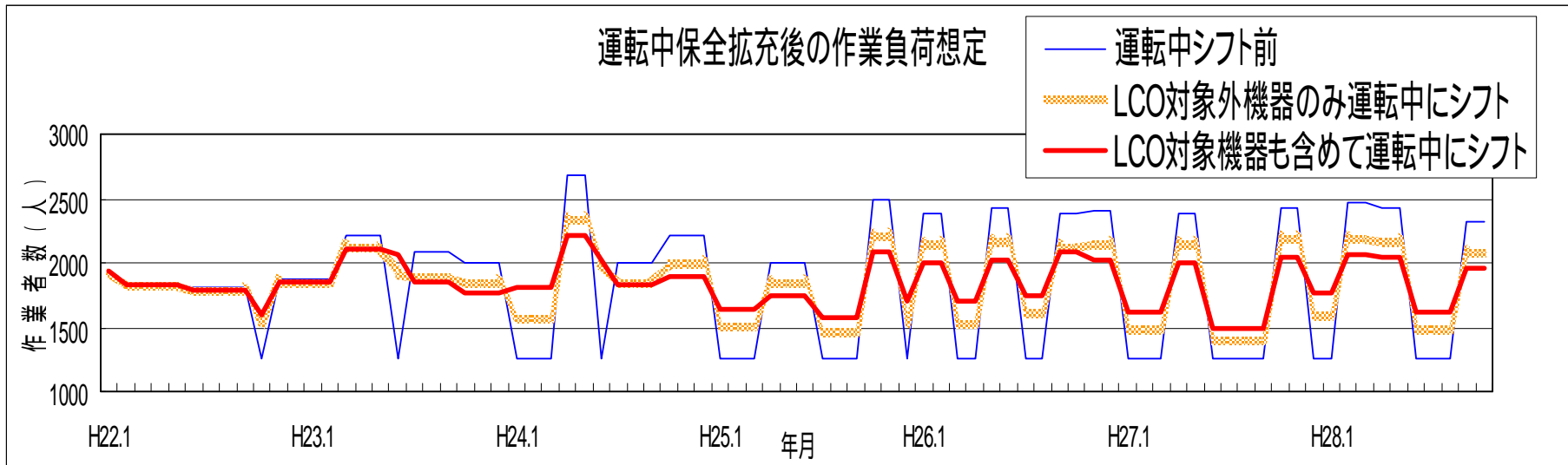
・**米国の事例を参考にしつつも我が国の実態に合わせた計画策定手法の1つとして、手法を検討した。**



作業負荷平準化シミュレーション(1 / 2)



作業負荷平準化シミュレーション(2 / 2)

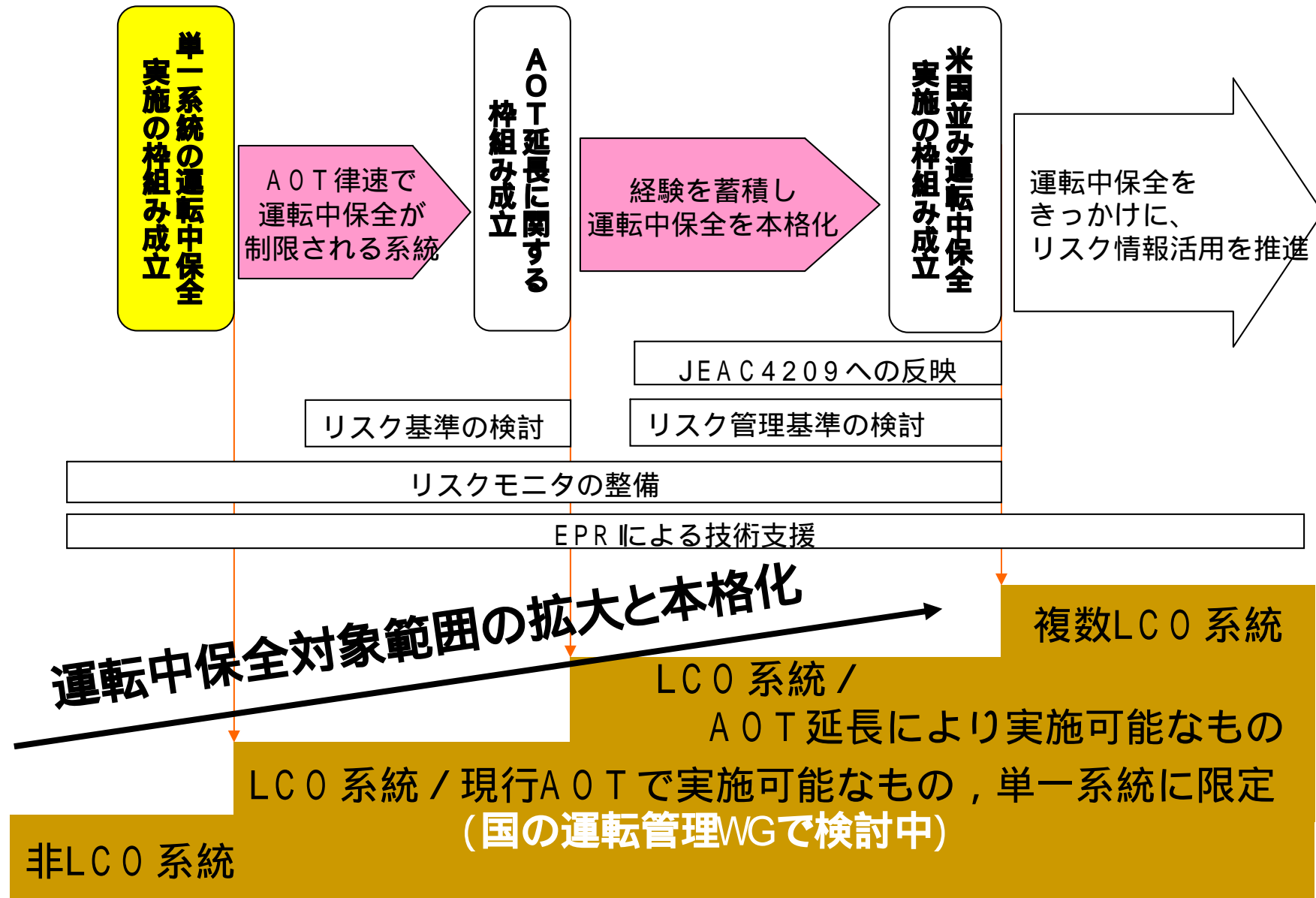


$$\text{作業負荷平準化指標} = (TV_{\max} - TV_{\min}) / TV_{\max}$$

運転中シフト前	0.533
LCO対象外機器のみ運転中にシフト	0.402
LCO対象機器も含めて運転中にシフト	0.323

運転中保全の範囲拡大により、作業負荷平準化の効果を高めることができ、作業品質の向上が期待される。

5. 今後の取り組み



ご静聴ありがとうございました