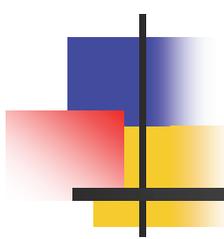


第6回 日本電気協会 原子力規格委員会シンポジウム  
－原子力規格におけるリスク情報活用について－

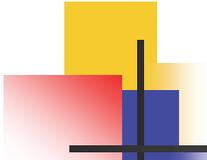


# 原子力規格におけるリスク情報 活用への課題と今後の取組み

---

令和元年6月12日

原子力関連学協会規格類協議会 学協会規格高度化WG  
主査 河井 忠比古(原安進)



# 学協会規格高度化WGの概要

**設置目的** : 原子力学会の標準委員会において検討を進めてきたAESJ-SC-TR14：2017（学協会規格体系化のための検討（取纏め）2018.3）を叩き台として、規制者と事業者の安全性向上の取組みを含めた全体像を念頭に、我が国の学協会規格体系の充実、強化を図る。

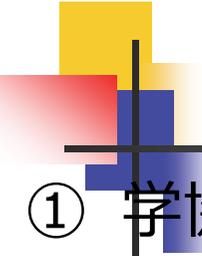
**設置年月** : 平成30年3月

**委員構成** : 3学協会の関連分科会等からの14名で構成

**活動方針** : ①国内外の環境変化を踏まえた新知見を収集・評価してボトムアップの検討（網羅的）を行い、新知見から出てくる重要度、緊急度の高い学協会規格の制改定を提言する。

②AESJ-SC-TR14：2017の安全目的から演繹展開する体系化検討によるトップダウンの検討（俯瞰的）を踏まえて、重要度、緊急度の高い学協会規格の制改定を提言する。

**活動成果** : 報告書を令和元年12月に纏める予定



# 学協会規格のあるべき姿

- ① 学協会規格協議会を構成する各委員会（以下，“各学協会”という。）は，学協会規格策定プロセスの公平，公正，公開の原則の下，参画する委員のコンセンサス及び公衆審査を経て学協会規格を策定することとしており，これを安全性向上に役立てることは我が国の共通の利益と考えています。
- ② 各学協会は，それぞれの分野における専門家の集団であり，我が国の最高レベルの学術的知見と技術を結集し，最新の知見を学協会規格に適時かつ適切に反映しており，最新レベルの学術的知見・技術の活用において中心的な役割を果たしています。
- ③ 学協会規格は安全性向上に資する知恵の体系であり，規制は，学協会規格の迅速な利用により安全規制の高度化を図ることができ，また産業界は，現場の状況等を適切に反映した学協会規格の活用により効果的かつ効率的に自主的安全性を向上させることができます。

学協会規格協議会のステートメント“原子力安全の向上に向けた学協会活動の強化～事業者の自主的安全性向上の取組みを前提とする検査制度見直しを踏まえて～”（平成30年3月8日）から引用

# 福島第一事故以降の原子力発電の環境変化

## 新規規制基準への適合性審査

シビアアクシデント対策が規制の対象でなかった、新たな基準を既設の原発にバックフィットする仕組みがなかった、地震や津波などの外的事象にかかるリスク評価がなかった、などの視点から審査。

## 新検査制度の開始

平成28年1月のIRRS によるレビュー結果に沿って、検査の実効性を向上させるため、平成30年10月からリスク情報を活用した新検査制度の試行を開始、令和2年4月から本格運用の予定。

## 我が国の電気事業を取り巻く変化

令和2年4月から発送電分離などの電力自由化が本格化するので、経済的な電気事業の環境が大きく変化。バックフィット費用等から廃止措置を決定/検討中の原子炉は23基（福島事故前の半分）

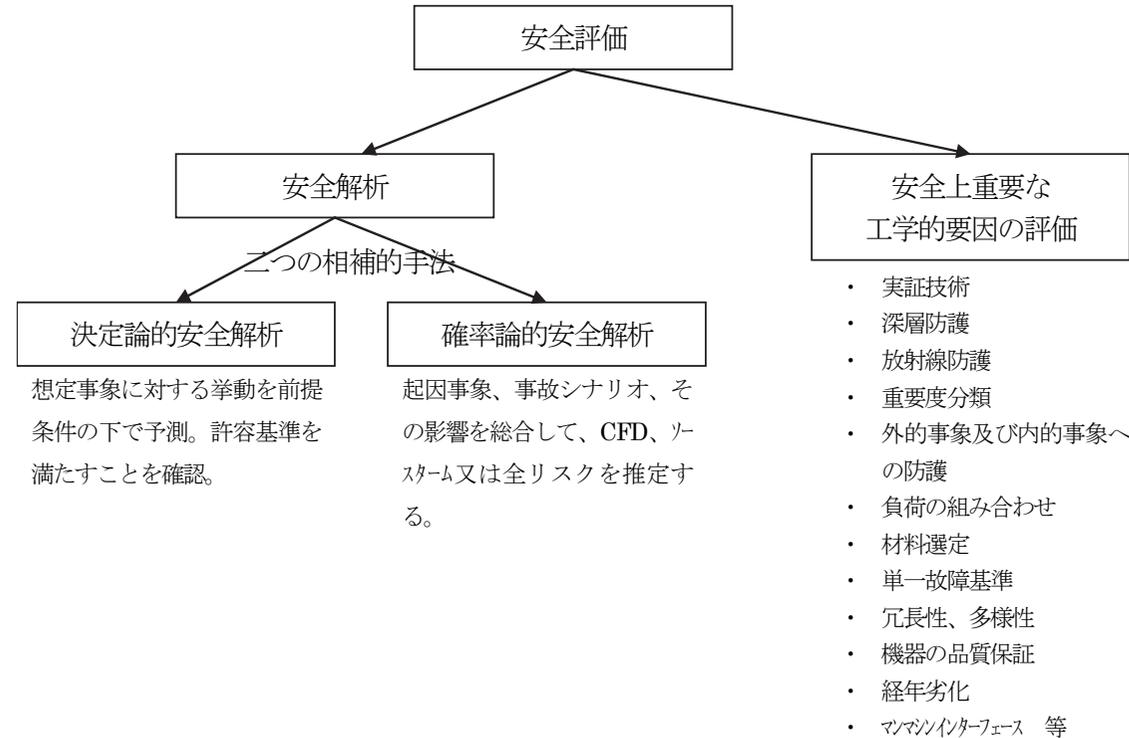
➡①リスク情報活用のアプローチ、②原子力安全の所掌範囲拡大（外部事象）、③廃止措置及び廃棄物処分が喫緊の課題。

# リスク情報活用と安全評価

## 安全評価と安全解析の関係

- ・設計基準事故より厳しい事故または複数の故障により生じる事故のいずれかに対して、許容できない放射線影響を生じさせることないように発電所が耐える能力を増強
- ・原子力発電所の安全性を一層向上させるために、工学的判断、決定論的評価及び確率論的評価に基づいて一群の設計拡張状態が導出

(SSR-2/1の要求 2.0 から抜粋)

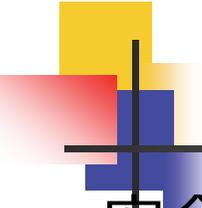


(IAEA Safety Standards For Safety Assessment May 2010 から抜粋)

→ 深層防護に基づく対策は必要条件。有効性評価をして初めて必要十分な科学的、合理的対策

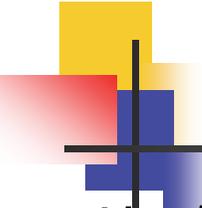
# 決定論，定性論，確率論の比較

項目	決定論	定性論（半定量）	確率論
事象	知識の不足及び不確かさに対処するため，最も厳しいと考えられる少数の代表事象（設計基準事象）	定性的評価に基づく限定的なシナリオ	複数故障も考えた全ての起因事象及び事故シナリオ
頻度	頻度の評価は無し。過渡変化，事故の大まかな分類のみ。	定性的に数段階で評価（例：大，中，小）	頻度等は確率分布で与え，指標の平均値，不確かさ等を算出
判断基準	解析目的に応じて指標を決め，Yes or Noの二者択一	頻度と影響のリスクマトリックスを数段階に分類し適切に対策を実施	定量的な安全目標及びそれから導かれる補助目標と比較
解析手法	保守的なモデル及び入力力で計算	定性的に数段階で評価	起因事象及び事故シナリオに沿って各種指標を現実的に計算
不確かさ	保守的な評価なので議論しない	定性的に数段階皆で評価（例：大，中，小）	現実的評価で，不確かさを伝播させ定量化。



# リスク情報活用のあり方

- 安全評価では決定論的取組み及び確率論的取組みを共に行うことが必要である。決定論的取組み及び確率論的取組みは互いに補完するものであり、統合的意思決定の入力情報として使用することができる。
- 決定論的取組みの目的は、施設の設計と運営又は保安活動の計画と実施のために、決定論的な規則と要件を明確化し、実践することである。
- 確率論的解析の目的は、全ての重要なリスク要因を特定しどの程度に、設計全体が十分にバランスが取れているか、確率論的判断基準を満たしているか、を評価することである。
- 決定論的な安全基準への適合性がどの程度に満たされているか（信頼区間、安全余裕の明確化など）を、確率論的取組みを取り入れて、より具体的に示すことが益々求められている。



# リスク情報活用と安全性向上活動

リスク情報活用と従来からの安全性向上活動を結びつけるには下記の学協会規格の整備が必要

- a. 基本的な考え方に関する学協会規格
- b. リスク指標の選択とその判断基準に関する学協会規格
- c. 継続的な安全性向上のための意思決定プロセスに関する学協会規格

➡ そのために解決すべき課題

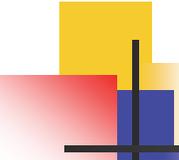
- ① PRA手法の信頼性の向上
- ② 意思決定プロセスの学協会規格化
- ③ リスク情報活用の事例蓄積
- ④ リスク情報の提示者と受信者の適時の意見交換

# 学協会規格におけるリスク情報活用の充実，強化

原子力学会・標準委員会・リスク専門部会では，単にPRA手法の標準化だけに注力するのではなく，わが国のステークホルダーが品質の高いリスク情報を適切に活用することで原子力安全の向上を目指していけるように，下記の取組みを充実，強化している。

- ・PRAの活用に軸足を置き，PRA標準の規定文の階層化，PRA標準体系の再構築など，標準のあり方，構成の見直し
- ・国内外の会議や学会誌などへ積極的にリスク評価標準策定活動を紹介し，広く国内外の関係者の意見を傾聴（リスク評価標準の英訳，国際会議での発表，ASME/ANSのJCNRMとの意見交換，など）
- ・PRAを実施する実務者の理解促進・負担低減のため，標準に関する講習会の定期的な開催，PRAに関する初心者向けの教科書の発行，など

JCNRMはJoint Committee on Nuclear Risk Management



## 外的事象に関する学協会規格の充実，強化

原子力学会・標準委員会・リスク専門部会では，外的事象の標準として，地震PRA，津波PRA，内部溢水PRA及び火災PRAの各標準を制定してきたが，下記の取組みを充実，強化している。

- ・東日本大震災を踏まえ，地震PRAに使用済燃料ピット内の燃料損傷評価も追加した。さらに地震随伴事象のリスクを評価できる内容に拡張する検討を引き続き行っている。
- ・津波PRAでは地震重畳津波や地震以外の要因による津波も対象とした津波PRAに拡張して，改定版を2019年5月に発行した。
- ・本震の影響による副断層のすべり等による断層変位による敷地内への影響に対して，地震PRAから独立した標準として，断層変位PRAの検討を開始した。
- ・今後検討課題として，外的事象PRAの適用範囲拡大，停止時PRA及びレベル2PRAの外的事象への適用拡大，複数ユニット・サイトのリスク評価などがある。

## 廃止措置及び廃棄物処分関係の充実，強化

- 福島第一事故以前に稼働中であった54基のうち平成31年1月現在で既に16基が廃炉又は廃止措置が決定。今後の見込みを含めると福島第一事故以前の半数程度に減少するとの見込みがある。
- 我が国として急速に大量の廃炉時代が到来するので，廃炉技術及び廃棄物処分技術の研究開発と並行して，国の規制基準及び学協会規格の整備，充実を図っていく必要がある。
- 国では，廃炉決定した原子炉の廃止措置計画の審査が進んでいる。また，廃炉から出る廃棄物のクリアランスの判断基準の見直し，中深度の廃棄物処分の規制基準の制定を急速に進めている。
- 原子力学会・標準委員会では，リスク情報を活用して原子力安全の向上を図るとの全体像を念頭に，廃止措置は，先ずは基本的考え方を策定し，それに基づき科学的合理性，論理性，整合性を持つ学協会規格体系を整備する。また，廃棄物処分は，国の動向を注視しつつ，規制基準に対応する学協会規格の制改定を進める。



## 学協会規格の体系化検討の経緯

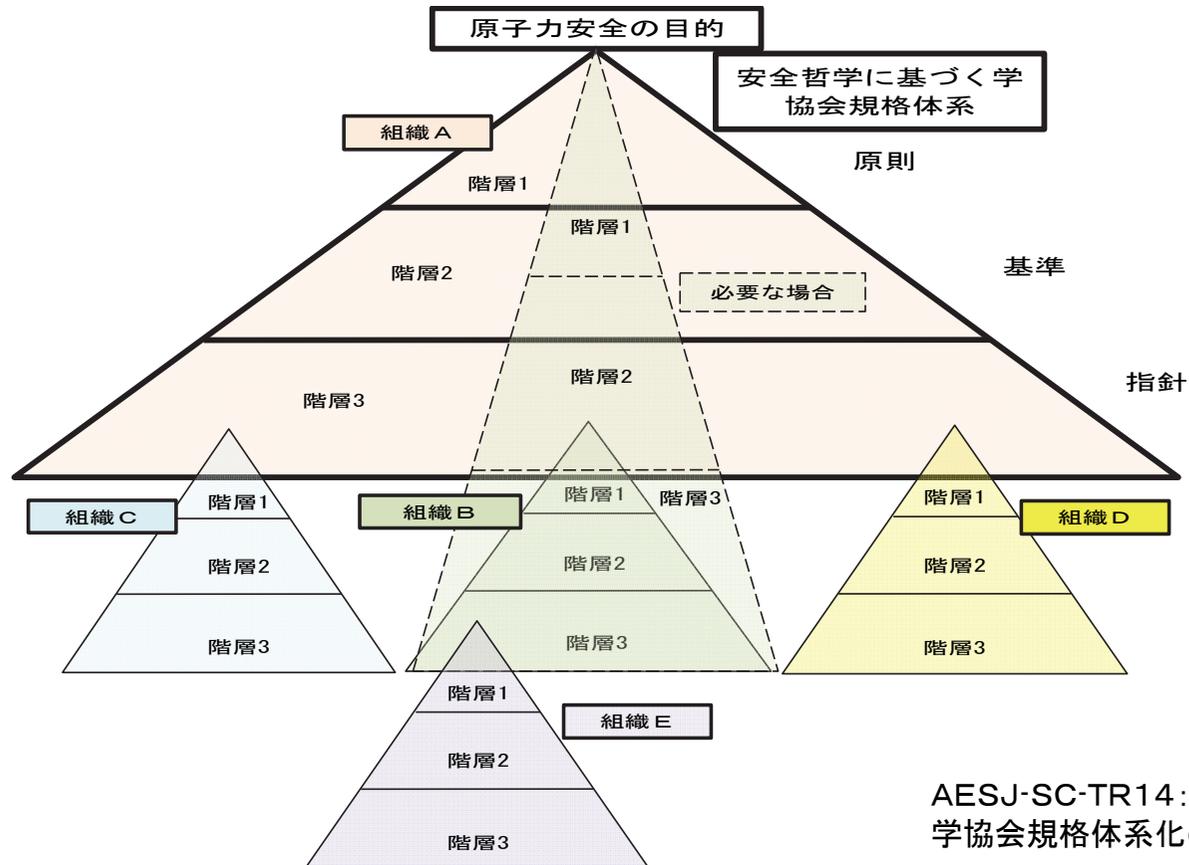
AESJ-SC-TR14では、原子力安全の目的を頂点とする統一された安全哲学に基づく標準体系の構造について、原子炉施設を例にオブジェクティブツリーを使って検討し、海外規格とも比較し、国の規則、ガイドに相当する上部構造を纏めるとともに、下記を提言している。

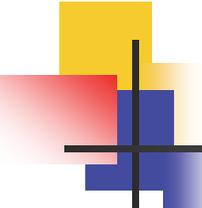
- ① 原子炉施設については、関係する規格策定組織において、情報DBを活用した策定優先順位の検討例も参考に、さらに下層構造への展開を図り、それらの整備を進めていく。
- ② その際に、各組織の分担及び責任の統廃合あるいは明確化も併せて議論する。
- ③ 原子燃料サイクル施設、廃棄物処理施設、廃止措置、輸送においては、国内外に多数ある規格基準を参考に、また、網羅性、包絡性の確認のために部分的にオブジェクティブ・ツリーを活用しつつ、当該技術領域の体系を俯瞰しつつ必要な規格基準の整備を進める。

➡ 学協会協議会傘下に学協会規格高度化WGを設置

# 安全哲学に基づく国内規格基準体系（案）

- 国内規格基準体系(案)は、国の規制及び事業者の自主的安全性向上の取組みを前提に、各組織の活動目的に応じて、各組織の規格基準体系がお互いに入れ子構造になって、全体を満たすようにする。相互がリスク重要度で連携する。
- 各組織の規格基準体系は、各組織の活動目的に応じて3層程度の体系が適切である。





## 海外規格とのギャップ分析の実施

- 高度化WGでは、AESJ-SC-TR14：2017体系化報告書の国内規格基準体系（案）の構造の充実を図るため、国内の国の規則、内規、民間の学協会規格現状調査を行い、次に国内規格基準体系（案）とのギャップ分析を行った。
- その結果、安全性に関する国の規則及び民間の規格基準の枠組みにおいて大きな問題は無い。但し、統一された安全哲学に基づき、リスク重要度に応じ、深層防護の考え方に沿って、論理的で（logical）、一貫性が有り（coherent）、体系的で（systematic）、分かり易い（better understood）、国際整合性のある学協会規格体系の実現にはさらなる明確化が望まれる技術領域がある。
- ギャップ分析に基づく対応策の優先度の決定は、福島第一事故以降の原子力発電の環境変化から導かれる視点等から検討を行った。

# 海外規格とのギャップ分析の書式

個別安全用件 (SSR)		個別安全指針 (SSG)		国内の現状				
IAEA No. (国内 No.)	タイトル ／概要	No.	タイトル ／概要	国の法 令, 規 則, 内 規, ガ イドラ イン	学協会規格			規格基 準体系 の評価 と対応
					レベル 1	レベル 2	レベル 3	
国内規格基準体系 (案) のタイトル及び 目次等を記載				国の規則, 内規, ガイドラ イン, 学協会規格を記載。 国内規格基準体系 (案) と比較し対応を検討				

(注) 学協会規格の種類			
名 称	レベル1	レベル2	レベル3
機械学会	規格, 事例規格	- -	ガイドライン
原子力学会	基準	指針	技術レポート
電気協会	JEAC	JEAG	技術資料



# 海外規格とのギャップ分析の結果

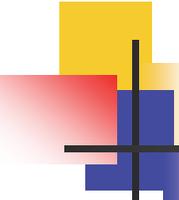
## ギャップ分析結果：

- ① 安全評価の目的，原則などを纏めた上位概念の規定が必要
  - ② 保守管理に活用されるリスク情報の強化が必要
  - ③ 運転，保守及び改造（PLM含む）を纏める上位概念が必要
  - ④ 耐震関係規格に確率論的な規定が必要
  - ⑤ 他の外部事象についても上記と同様
  - ⑥ 設計について国の規則と民間規格とを繋ぐ規格が必要
  - ⑦ BDBAでのヒューマンエラー民間規格の充実が必要
  - ⑧ 国のガイドを代替する学協会規格の提案が必要，など
- ➡ 福島第一事故以降の環境変化から導かれる視点等から緊急性，重要性のある課題として，①地震安全に関するリスク情報活用の充実，強化，②施設管理におけるリスク情報活用の充実，強化，③廃止措置及び廃棄物処分の規格の充実，強化

# 地震安全の評価の手順とリスク情報活用

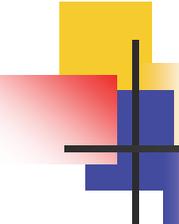
- ① 地震特性の把握
- ② 事故シナリオと地震のスクリーニング
- ③ 地震ハザード解析 (SSHACが必要)
- ④ DBA解析 (DBAとして選定した地震に対する強度評価)
- ⑤ クリフエッジ効果の検討
- ⑥ 更に過酷な状態の検討
- ⑦ PRA解析 (地震PRAは最大想定地震として選定されるDBA ( $10^{-4}/y$ ) が十分に保守的であることを示すのに使う)
- ⑧ SAA解析 (稀な頻度 ( $10^{-5}/y$ –  $10^{-7}/y$ ) にも合理的に実施可能なSA防止及び緩和の対策が取られていることを示すこと)
- ⑨ 地震に関する留意事項 (外部事象の重畳, 複数基立地, 単一故障基準, データベース, 不確かさ, など)
- ⑩ 防災事態及び外部事象収束後の留意事項

英国ONRのNS-TAST-GD-013 Revision  
7 External Hazardsを参考に作成



## 学協会規格の制改定の論点（地震）（1/2）

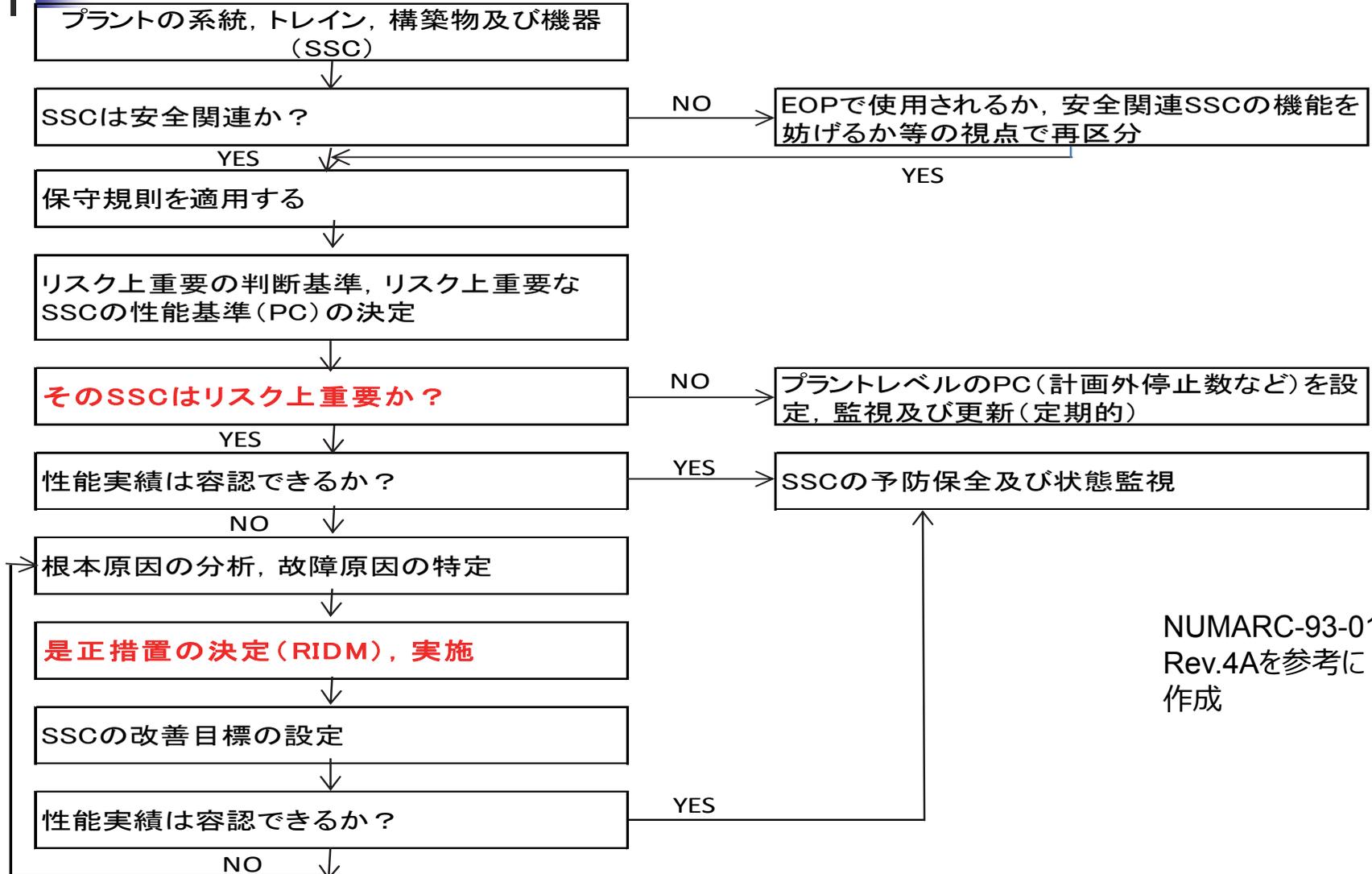
- ① 地震安全において確率論的検討が果たす位置付け，役割は如何にあるべきか。
- ② 確率論も入れて地震ハザードを精度良く推定するために何を規定すべきか。
- ③ SSHAC（Senior Seismic Hazard Analysis Committee）を適時，的確に行うために何を規定すべきか。
- ④ 確率論も入れてDBE(Design Basis Earthquake), BDBE（Beyond Design Basis Earthquake, Cliff Edge用の地震）を決定するために何を規定すべきか。
- ⑤ BDBEに対する機器の健全性解析を的確に行うために何を規定すべきか。



## 学協会規格の制改定の論点（地震）(2/2)

- ⑥ 確率論も入れてフラジリティを精度良く評価するために何を規定すべきか。
- ⑦ 確率論も入れてSSCの重要度分類を的確に行うために何を規定すべきか。
- ⑧ 地震に関する新知見が得られた時に既設炉の地震安全性のチェックを的確に行うために何を規定すべきか。
- ⑨ その他，必要な事項

# 米国の保守規則対応手順とリスク情報活用



NUMARC-93-01  
Rev.4Aを参考に  
作成

# 学協会規格の制改定の論点（施設管理）（1/2）

- ① 従来の工事管理，保守管理から脱却して機器の設計情報を考慮しながら行う「施設管理」が必要。施設管理が果たす位置付け，役割は如何にあるべきか。
- ② その際に，施設管理と，PLM, PSR, CM（Configuration Management）, CAP, RM（Risk Mnagement）, 化学管理, 火災防護, 品質保証などとの関係はどうあるべきか。
- ③ 保守管理規程と維持規格に重複部分があるが，如何に整理統合して規定するか。電気協会及び機械学会の各種検査規定と保守管理規程とを如何に整理統合して規定するか。
- ④ 施設管理では運転状態に応じて維持すべき機能と機器の明確化と，それに応じた迅速な対応が必要。確率論も入れてSSCの重要度分類を的確に行うために何を規定すべきか。

## 学協会規格の制改定の論点（施設管理）（2/2）

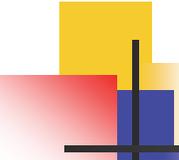
- ⑤ PRAの結果には、動的機器の信頼性reliability, 利用率unavailabilityが良く効いてくるので、これらの動的機器の保守、サーベランス、監視を如何に規定するか。
- ⑥ 確率論を入れてSSCのパフォーマンス基準を的確に選定し、監視するには何を規定すべきか。
- ⑦ パフォーマンスが基準値を下回った場合において、その不具合のリスク重要度及びSUG（Severity, Urgency, Growth）を迅速かつ的確に判定するには何を規定すべきか。
- ⑧ パフォーマンス基準値を下回った場合の改善対策（補修、部品取替、大型改造など）の選定の際、確率論を入れて迅速かつ的確な意思決定を行うには何を規定すべきか。
- ⑨ その他必要な事項

# 学協会規格の制改定の論点(廃止措置, 廃棄物処分)

**廃止措置の安全上での特徴**：運転中と異なり静的な状態となっており，核燃料物質等の搬出後は放射エネルギーは大幅に減少する。

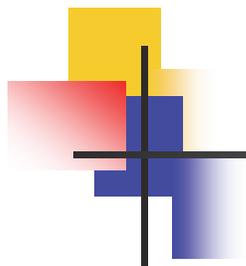
## **廃止措置の安全の論点**

- ① 放射線防護はALARAの下に管理されるが，廃止措置の特徴を考慮しグレーデッドアプローチが適用されているか。
- ② 適正な資源投入を実現し安全で合理的な廃止措置を実現するためにグレーデッドアプローチが適用されているか。
- ③ 廃止措置は数十年という長期にわたるので，その間に意志を明確に表明し続け，リーダーシップを維持できるようになっているか。
- ④ 廃止措置を安全に，かつ効果的，効率的に推進するためにプロジェクトマネジメントが適用されているか。
- ⑤ 明確なリーダーシップの下に廃止措置の方策Strategyを策定し，その方策に基づく計画立案が行われているか。
- ⑥ IAEAのクリアランスの考え方と合致しているか。



## ま と め

- ① 学協会規格高度化WGでは、“学協会規格は安全性向上に資する知恵の体系”との理念の下、規制者と事業者の安全性向上の取組みの全体像を念頭に、AESJ-SC-TR14を基に学協会規格体系の充実、強化の検討を進めた。
- ② 学協会規格体系は、原子力安全の目的を頂点に、リスク重要度を媒介として組織の枠を越えて繋がっている必要がある。
- ③ 当WGは、新規制基準への適合性審査、新検査制度の開始、電気事業を取り巻く変化から、学協会規格として、リスク情報活用、外的事象、廃止措置を喫緊の課題と捕えている。
- ④ リスク情報活用は決定論的な意思決定を補完し、より科学的、合理的な意思決定を可能にする。安全上より重要な活動に重点的に取組み、より一層の安全性向上が期待できる。
- ⑤ 当WGでは、本日の意見交換も踏まえて、今年12月を目途に最終報告を纏める予定である。



ご静聴ありがとうございました