

企画セッション
標準委員会1（リスク専門部会, システム安全部会）
『リスクをどのように活用し安全性向上につなげるか』

リスク活用に必要なPRAの品質確保

2016年9月7日

東京大学 越塚 誠一

説明内容

- 日本原子力学会標準「原子力発電所の確率論的理数評価の品質確保に関する実施基準:2013」(AESJ-SC-RK006:2013)の紹介
- 検討課題
 - ◆ 米国機械学会 (ASME) 標準*1
 - ◆ V&Vの観点

*1

- [1] ASME/ANS, ASME/ANS RA-Sb-2013, “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008, Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”, 2013
- [2] ASME/ANS, ASME/ANS RA-S-1.2-2014, “Severe Accident Progression and Radiological Release (Level 2) PRA Standard for Nuclear Power Plant Applications for Light Water Reactors (LWRs)”, 2014

PRA品質確保標準制定の 趣旨及び経緯

■ PRA標準への導入の経緯

「PRAの妥当性(「品質」としている標準もある)を確保するための方策」として本文および附属書(規定)に以下の3項目を規定

- ◆ 専門家判断の活用
- ◆ ピアレビューの実施
- ◆ 品質保証活動

リスク情報活用を念頭に置き、「原子力発電所における確率論安全評価(PSA)の品質ガイドライン(試行版)」(保安院・JNES)の要件に沿って規定



使用実績を踏まえて、将来見直していくこととしていた

■ 導入後の状況

- ◆ ピアレビューガイドラインが原技協(現原安進)にて作成され産業界にて「ピアレビュー」を試行
- ◆ 最近のPRA標準の審議過程で、不確実さの扱いの視点から「専門家判断」についての問題提起
→ 共通的な課題として解決検討を行う必要性
- ◆ 「品質保証活動」の規定は「文書化」の規定と深い関連があり整理が望ましい

=> 見直すべき点が出てきている

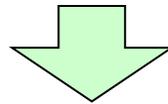
PRA品質確保標準制定の 趣旨及び経緯

■ 外部環境の変化

2011年の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故の反映で、『不確かさに関する知見を踏まえつつ、PSAをさらに積極的かつ迅速に活用し、それに基づく効果的なアクシデントマネジメント対策を含む安全向上対策を構築すること』が提言され、**PRAの品質確保の重要性が一層高まっている。**

=> PRAの品質確保は、以下が相俟って実現

- ◆ PRA実施基準で規定されている「技術的要件」に従う作業
- ◆ 実施体制、レビュー内容などの「共通的要件」による作業

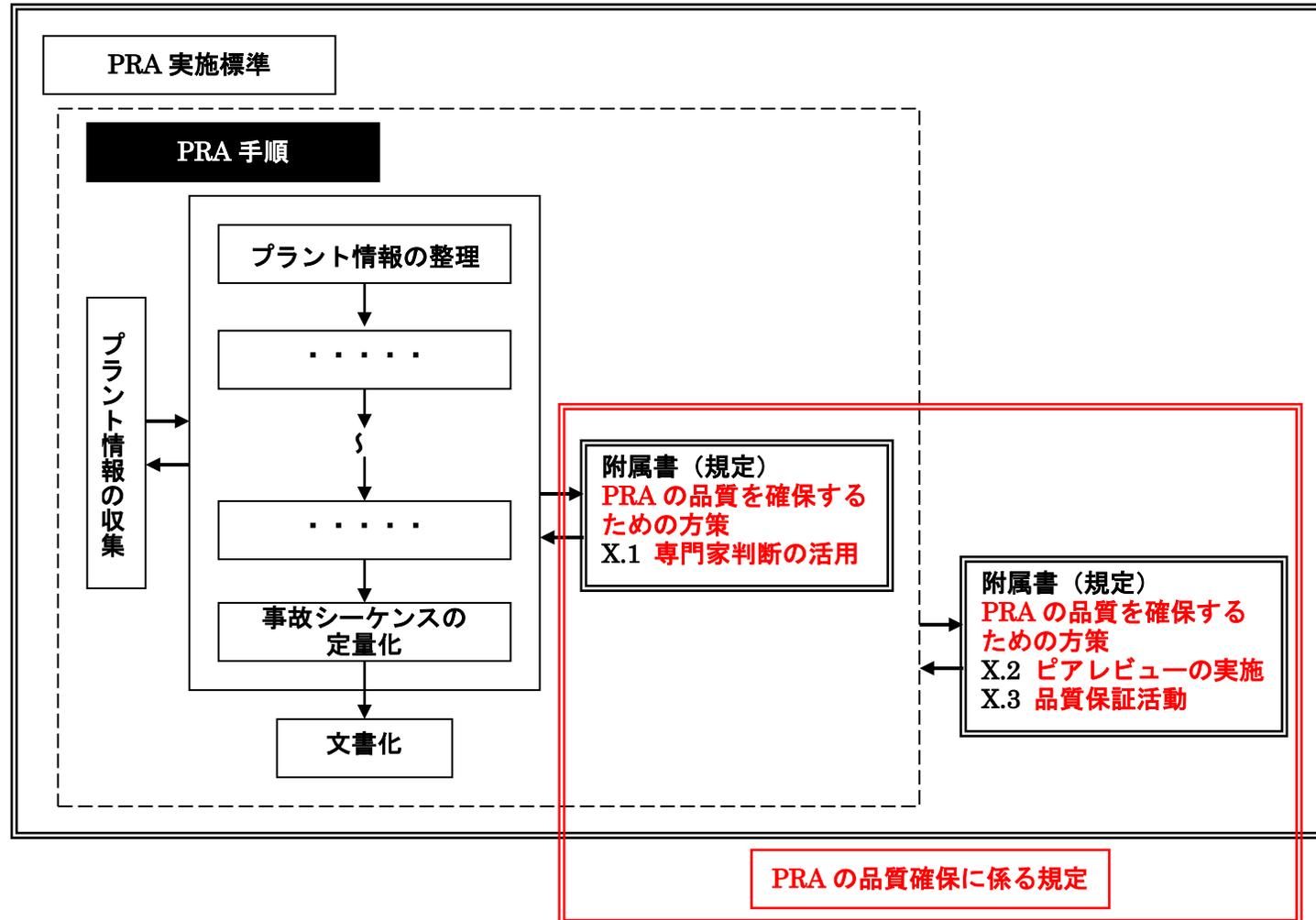


「共通的要件」であるPRA品質にかかる規定を、以下を目的として**独立した標準として本標準を策定**することとした

- ◆ 既存の内容から更新・統一を図る
- ◆ 随時見直していくことを可能とする

PRAの品質を確保するための方策

～各PRA標準での評価手順におけるイメージ～



標準の構成

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語及び定義
- 4. 品質保証活動**
- 5. 専門家判断の活用**
- 6. ピアレビューの実施**



(1) 品質保証活動

～規定の概要～

- PRAの品質を継続的に確保するためにJEAC-4111に従い, 品質保証活動を実施

- 特に実施すべき品質保証活動
 - ◆ PRA実施者の責任及び作業の分担の明確化
 - ◆ 文書・記録などに関する管理体制及び管理方法の明確化
 - ◆ データ・モデル・計算コードなどの更新管理の方法の明確化
 - ◆ PRAの実施に十分必要な技術的能力を有する者によるPRAの実施
 - ◆ 先行PRAから得られる知見・PRAに関連する最新の技術的知見を反映する仕組みの構築
 - ◆ 必要に応じピアレビューの実施を決定
 - ◆ 文書化の要件
 - PRAの結果をトレース(追跡)可能であること
 - 活用した専門家の判断・ピアレビューの結果の反映を含めること
 - 透明性の確保(公開の必要がある場合等における(核物質防護, 商業機密等を除いた)公開用文書の作成

(1) 品質保証活動 ～主なポイント～

① JEAC-4111との関係の明確化

品質保証活動についてはJEAC-4111に従い実施すべきであり、本標準での要求はJEAC-4111の補足であることを明確化

※本標準での要求事項が、JEAC-4111を補足するもの(JEAC-4111の規定の具体化や要求の追加)なのか、JEAC-4111を上書きするものなのか、どのように考えるべきかを明記

② ピアレビューへの言及

品質保証活動は、PRA実施者への要求に限定

※PRA実施者に対するピアレビューの要求は「ピアレビューの実施を決定すること」であり、ピアレビューの実施にあたってのピアレビューチームへの要求事項はピアレビューの項に記載

(2) 専門家判断の活用 ～規定の概要～

- PRAを実施する上での特定の技術問題を解決するために、専門家判断を活用できる
- **外部専門家を活用**する場合
 - ◆ 該当の専門家がPRA実施者内で利用できない場合
 - ◆ より広い見地を得る必要がある場合
- 専門家判断を必要とする技術問題の性質に応じて、集約方法を決定
 - ◆ 個別に専門家の判断を聴取して活用
 - ◆ 複数の専門家を組織して統合的に判断
- 専門家判断の活用に係る関係者の責任範囲の明確化
- 専門家判断の結果がどのように処理され、評価に取り入れられ、文書化されるかなどについて専門家へ説明
- 専門家判断の活用に関する文書化(専門家判断の活用で求める情報、専門家判断を採用した理由、選定した専門家、専門家判断の集約に用いた方法及び／又は手順、専門家判断の経過及び結果)

(2) 専門家判断の活用 ～主なポイント～

① 専門家・専門家判断の定義

「専門家判断」の定義を変更するとともに、「専門家」を新たに定義

専門家判断の定義

<リスク関連標準共通用語集>

『理論及び経験を基に、複数の技術専門家によって行われる**判断**』

<NISAの品質ガイドライン・ASME/ANS標準>

『専門家の判断に基づき提供される**情報**』

どちらの考え方とすべきか？



『特定の技術問題において、理論、モデル、又は、経験の評価を含む論証に基づき解説又は意見を基にした専門家による判断に基づき提供される**情報**。』 と定義

専門家

『特定の技術問題において、**自分自身の判断を提供できる者**、もしくは、**複数の専門家判断の根拠を評価し、ひとつの判断に統合できる者**』 と定義

(2) 専門家判断の活用 ～主なポイント～

② 専門家判断の活用のパターンを例示

- ◆ 専門家判断の定義の変更
- ◆ 専門家を定義(2種類の専門家)
- ◆ PRA実施者自らが専門家となることを許容



専門家判断の活用のパターンを例示



各PRA標準にて用いられている「工学的判断」との関連は？

→ 「専門家判断」の活用のパターンに含まれない場合には各標準にて別途定義

(2) 専門家判断の活用 ～主なポイント～

■ 専門家判断の活用のパターンの例

	専門家判断の 入手方法	情報を提供する 専門家	専門家 判断	統合する 専門家	専門家 判断	PRA 実施者
単数	・単数の文献調査 又は ・単数の専門家(人) から直接聴取					
複数	専門家からの聴取	直接聴取 (文献調査含む)				
		専門家 パネル				

: 文献にまとまった専門家判断

: 聴取によって収集された専門家判断

(3) ピアレビューの実施 ～規定の概要～

- ピアレビュー はPRAの目的・PRAの意思決定への活用の程度に応じ、以下を目的として実施
 - ◆ PRAの活用にあたりPRA実施基準等の要件を満足していることを客観的に確認すること等により、当該PRAの品質が確保されていることを確認
 - ◆ 当該PRAの優良な点・脆弱な点について、把握し、改善に役立てることも重要
- 過去のピアレビュー結果を活用したピアレビューについて言及
- ピアレビューチームの構成・メンバーの要件(専門性・包絡性・独立性など)
- レビュー項目
- ピアレビューの文書化
- PRA実施者のピアレビュー結果への対応

(3) ピアレビューの実施 ～主なポイント～

- ① 専門家判断の活用のピアレビュー
専門家判断の活用について、ピアレビューの対象項目に追加
- ② 過去のピアレビュー結果を活用したピアレビュー(限定的なピアレビュー)
JANTI (現JANSI)のピアレビューガイドを参考に、類似プラントや当該プラントでのピアレビュー実績を踏まえ、過去のピアレビュー結果を活用したピアレビューも可能との規定を追記
※: JANTIピアレビューガイドで限定的なピアレビューを規定したのは、我が国におけるプラント設計、運転・保守管理等の標準化された状況や、限られたリソースで効率的で円滑なレビューを行うための方策として、既存レビューの内容の当該PRAへの有効性を確認した上で範囲を限定したレビューを認めている
- ③ ピアレビューメンバー構成の適格性
ピアレビュー報告書に記載すべき「メンバー構成の適格性」について、適格性を示す具体的な要件を規定

リスクを活用した意思決定にPRAを用いるに際し、PRAの品質確保に関してさらに必要と考えられる事項

1. PRAがその活用に要する性能と合っているか？

- ✓ 我が国で本格的にPRA結果を実務の意思決定に活用する場合には、活用形態による必要な性能にPRAが合っていることを確認する必要がある。
- ✓ 米国ASMEのPRAスタンダードでは、従来よりカテゴリ分けをしており、各カテゴリに応じたサポート要求が規定されている。原子力学会標準において活用に応じた要求品質の分類を検討する必要がある。

2. PRAの範囲の確認

- ✓ PRA範囲とリスク指標は、その活用(プラントあるいは運用変更の評価)に必要なものとなっていることを確認する。不足がある場合に更新する。
- ✓ 米国ASMEのPRAスタンダードにおいては、更新が出来ない場合にはバウンディング解析やスクリーニング解析などの決定論的方法が含まれる補足解析を行うことを求めている。原子力学会PRA標準においても、PRAの不完全を補う方法を検討する必要がある。

3. SSC(Structure, System, Component)とその挙動のモデル化
 - ✓ 変更の対象になっている設計や運用はモデル化されるべきである。そうでないならPRAを更新する。
4. PRAピアレビュー
 - ✓ これは既にPRA品質確保標準に規定済み
5. PRAコンフィギュレーションコントロール
 - ✓ このためのプログラムを用意すること。米国ASMEのPRAスタンダードでは次の項目が含まれていることが求められている。
 - A) PRAデータの監視と新知見の収集のプロセス
 - B) プラントの状況(設計、運転)に合致するようにPRAを維持・更新するプロセス
 - C) PRA活用における未対応の変化の累積影響を考慮するプロセス
 - D) PRAに用いる計算機コードのコンフィギュレーションコントロールの維持管理プロセス
 - E) プログラムの文書化

A) PRAデータの監視と新知見の収集

- ✓ PRAコンフィギュレーションコントロールプログラムには、PRAに影響する設計、運用、保守、産業界全体の運用実績における変化をみることも含まれるべきである。これらの変化には、運転手順、設計構成、起因事象頻度、系統・サブ系統のアンアベイラビリティ、機器故障率といった入力を含むからである。
- ✓ このプログラムにはPRAモデルの変更に影響するPRA技術の変更や産業界の経験をモニターすることも含まれるべきである。

B) PRAを維持・更新

- ✓ PRA入力の変更や新知見は、PRA維持あるいは更新を保証するものかどうかを見極めないといけない。
- ✓ RIDMに影響を及ぼす変化は実施出来るだけ早く取り入れるべき。
- ✓ PRA維持・更新による変化は、標準の要求に合ったものであるべき。
- ✓ PRAの更新時はピアレビューを受けるべきだが、更新箇所限定したものであること。

C) 未対応の変化

- ✓ PRAコンフィギュレーションコントロールプロセスには、未対応のプラント変化または活用に際してのモデル改良の累積的影響を考慮すべきである。
- ✓ これらの変化や改良による、PRA結果や意思決定への影響を評価すること。

D) 計算機コードの利用

- ✓ PRAに用いる計算機コードと関連するモデルは一貫した再現可能な結果が保証されるように管理すべきである。

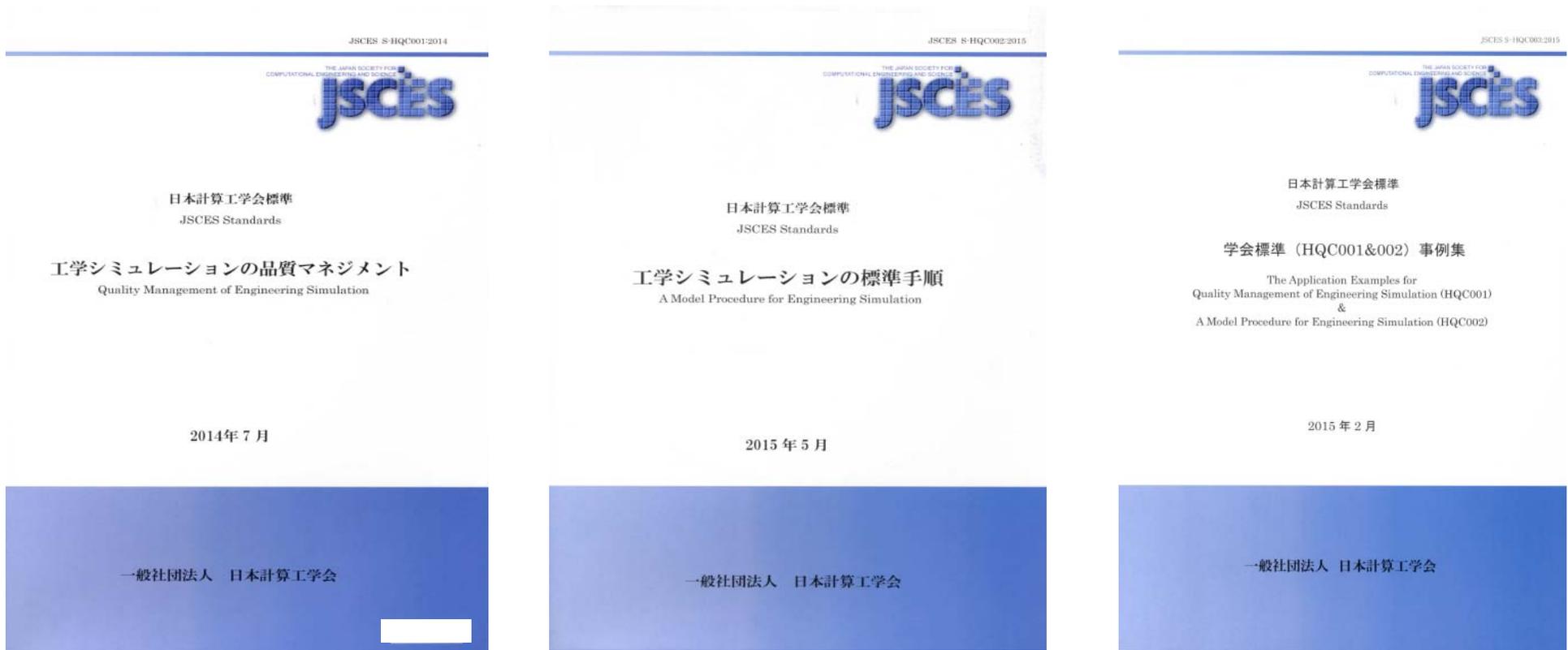
E) 文書化

- ✓ 次のものを含むこと
 - PRA入力監視と新知見収集のプロセスの記述
 - そのプロセスが有効であることの証拠
 - 提案された変更の記述
 - PRA更新あるいはPRA維持によるPRA変更の記述
 - 適切なPRAレビューの状況と結果の記録
 - 未対応変化の累積影響の処理に用いられたプロセスと結果の記録
 - ソフトウェアのコンフィギュレーションコントロールを維持するためのプロセスの記述

V&V(Verification and Validation)の観点からの検討

- PRAもコードを用いたコンピュータシミュレーションの一種
 - 他の決定論的なシミュレーションと同様に、シミュレーションに特有の信頼性確保の方法論を導入することが考えられる。
 - 得られる結果が確率である場合(例えば天気予報)のV&Vの考え方については今後の課題とされている。
- 品質マネジメントに関するV&V(品質V&V)
- モデリング&シミュレーションに関するV&V(モデルV&V)

品質V&V規格：日本計算工学会



- ISO9001準拠の工学シミュレーション特有事項の追加規定
 - 用いるソフトウェアの管理は「7.6監視機器及び測定機器の管理」の項目で読む。
 - 附属書に重要性区分の記述あり。
- 英国NAFEMSの規格(QSS 001)を参考

モデルV&V規格：日本原子力学会

AESJ-SC-A008:2015



- 1 適用範囲
- 2 用語及び定義
- 3 シミュレーションの信頼性確保のための基本的な考え方
 - 3.1 エlement1: 概念モデルの開発
 - 3.2 エlement2: 数学的モデル化
 - 3.3 エlement3: 物理的モデル化
 - 3.4 エlement4: シミュレーションモデルの予測性能の判断
 - 3.5 不確かさを考慮した予測評価の実施
 - 3.6 評価プロセスの文書化
 - 3.7 品質管理

附属書A (参考) このガイドラインで取り扱う概念の説明

附属書B (参考) エlement1 概念モデルの開発

附属書C (参考) エlement2 数学的モデル化

附属書D (参考) エlement3 物理的モデル化

附属書E (参考) エlement4 シミュレーションモデルの予測性能判断

日本原子力学会標準

シミュレーションの信頼性確保に関する
ガイドライン：2015

2015年12月

一般社団法人 日本原子力学会

ASMEの規格(V&V-10, V&V-20)を参考

シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン AESJ-SC-A008:2015

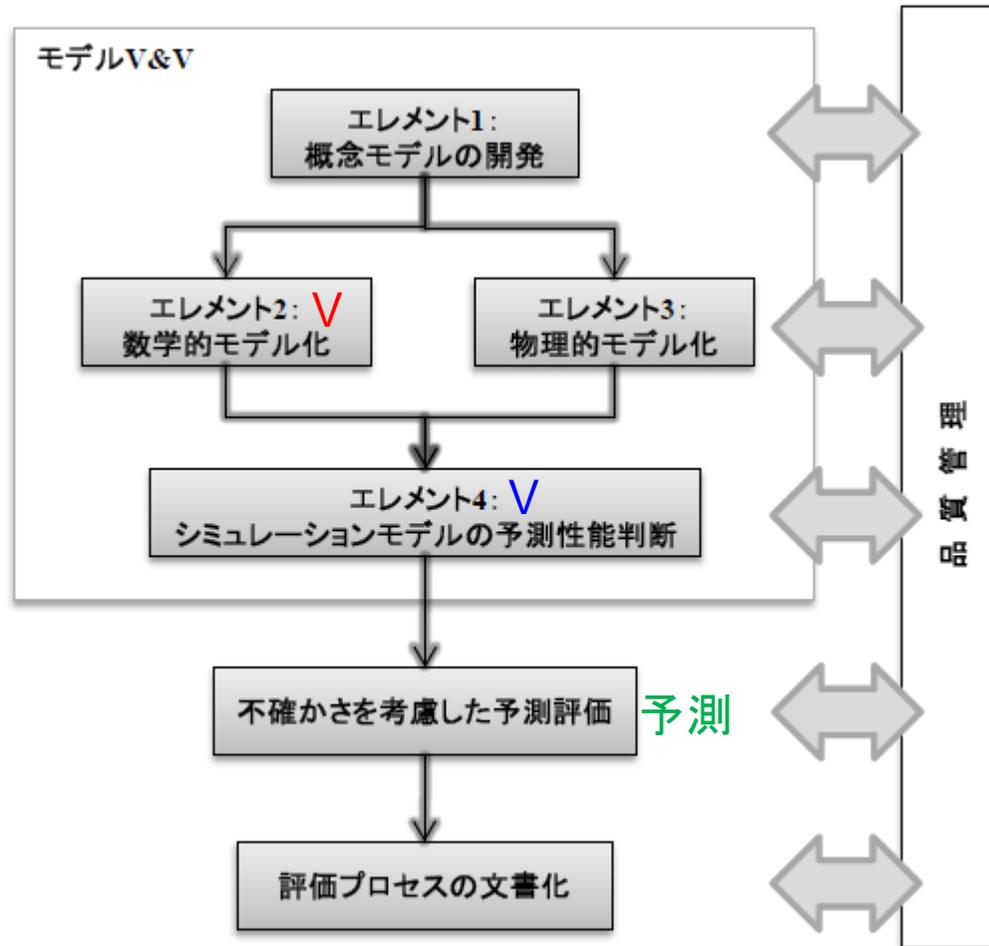


図 1 モデリング&シミュレーションの流れ及び品質管理との関係

- VerificationとValidationは、ASME V&V-10, 20と同じ (モデルV&V)
- V&V後の予測についても記述

3.4.2 予測による不確かさの拡大の定量化

3.7 品質管理

↑
モデルV&Vはここで品質V&Vを引用する。

2015年12月11日の日本原子力学会標準委員会において、制定された。

まとめ

- PRAの品質確保に関しては、既に日本原子力学会標準委員会において実施基準(2013年)を策定している。
- PRAを意思決定に活用するためには、PRAの品質のさらなる向上が必要であり、実施基準の改訂が考えられる。
 - 海外(米国機械学会)のPRA品質規格を参考に、追加すべき項目の候補を紹介した。
 - シミュレーションの品質V&Vの規格がわが国でも整備されつつあり、これらとの整合を図る必要がある。
 - モデルV&Vも取り入れる必要があるのではないか。(個々のPRA実施基準の方かもしれない)