

新しいプラントシステム設計(PSD)規格の紹介

概要 / 目的:

現在原子力には、コスト削減と安全性の強化という大きな課題があります。これらを両方達成するには、これまでとは異なる設計アプローチが必要です。このため、原子力産業は現在、設計と建設の方法を変えるプラントシステム設計(Plant Systems Design(PSD))の規格化に取り組んでいます。この規格は特定の設計手法によらない設計基準で、設計者に必要要件、設計ガイドを含む設計の枠組みを提供するものです。これまでのアプローチとは違い、PSDは(a)設計初期段階でのハザード解析に基づく全設計プロセスの統合化、(b)既存のシステム設計プロセス、設計事例、設計ツールの有効活用(c)リスク情報に基づく確率論的設計手法と伝統的な決定論的設計手法の統合を目指しています。今回のWebinarでは、設計プロセスと安全評価をPSD規格を用い統合化するアプローチを紹介し、今後も高まり続けるコスト削減と安全性向上への要求を満たすために、原子力プラントの設計をどのように今後していくべきかをお話しします。

講演者紹介:

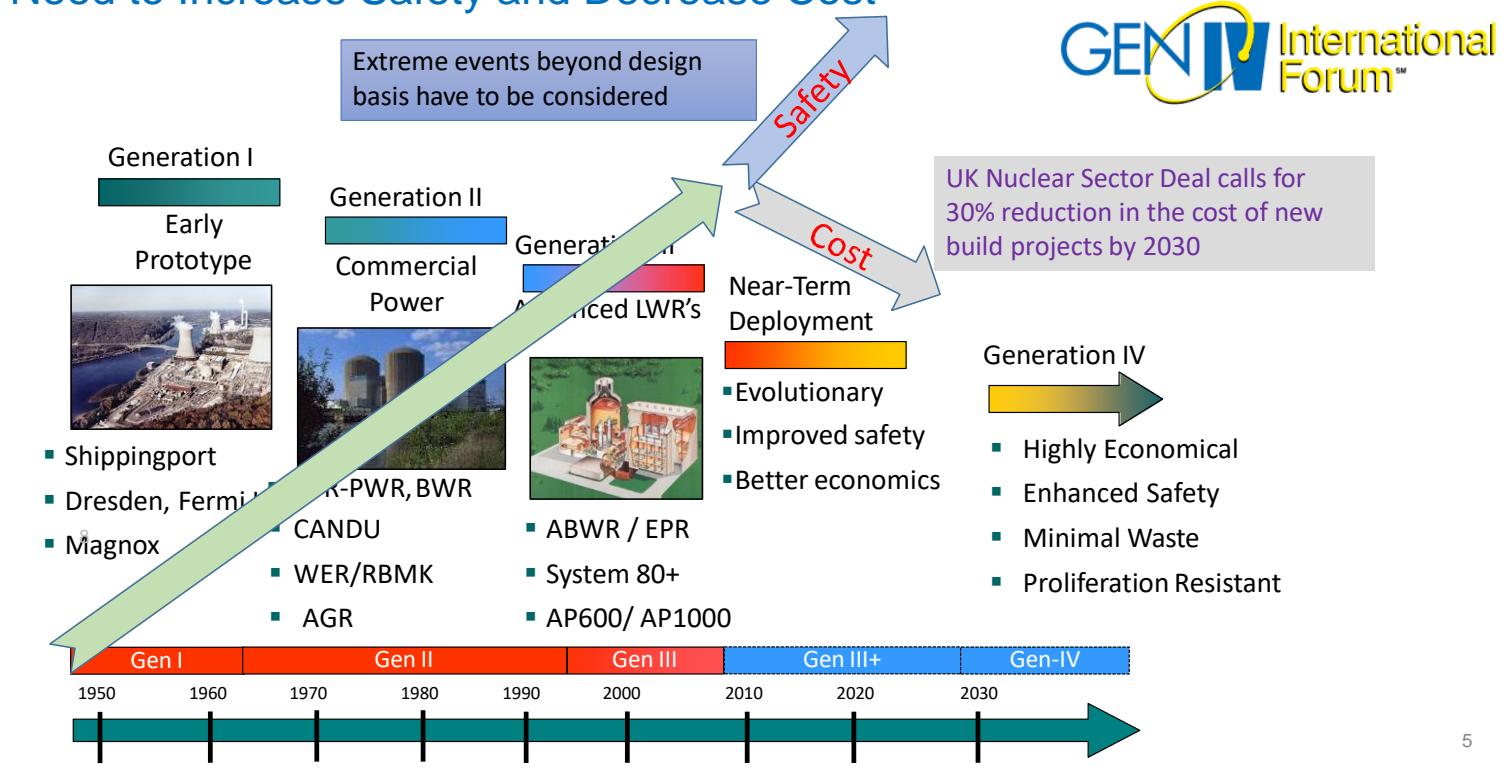
Nawal Prinja教授は、学界及び産業界で40年にわたり原子力関連の活動を行ってきた。彼はJacobs (Clean Energy)社の技術ディレクターであり、英国の4大学で名誉教授の地位にある。現在彼は国際原子力協会(WNA)において、原子力規格の調和に関する活動を行っている。



原子力分野の主要課題－安全とコスト：

通常、技術はその成熟に伴ってコストの抑制が進むが、原子力発電においては安全性向上の要求が強まることでコストは増大傾向にあった。**安全性とコストの両立**は、全世界の原子力における主要な課題である。

Need to Increase Safety and Decrease Cost

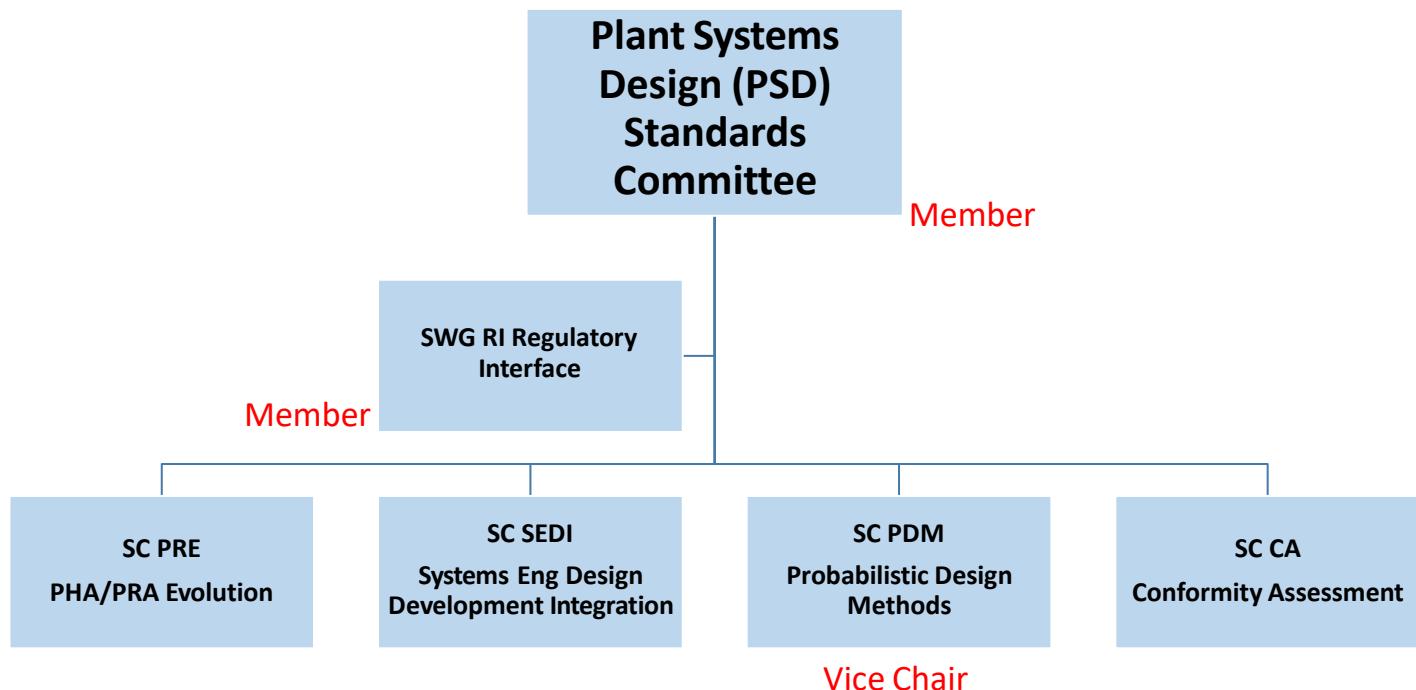


プラントシステム設計(PSD)規格の目的:

1. 定量的な安全レベルに基づく、安全かつより効率的なシステム設計
2. より効率的な要求管理
3. 問題解決と設計成熟化のための、より費用対効果の高いタイムリーな戦略
4. 信頼性/稼働率目標を用いることによる、リスク情報を活用した確率論的設計手法と従来の決定論的設計手法の融合
5. プラントの全ライフサイクル（設計、建設、運転、除染、廃炉）における設備システムの設計をカバーする
6. コンポーネントベースではないシステムベースの手法で、複数の分野をカバーする

米国機械学会 PSD委員会:

米国機械学会(ASME)は、発電、石油化学、廃棄物処理施設等に共通して適用可能な新たなプラントシステム設計規格の開発を行う委員会を設立した。



リスク情報活用性能ベース(RIPB) アプローチ:

RIPBアプローチは、安全上もっとも重要な評価項目を特定し、性能クライテリアを満足するための方法である。信頼性/稼働率目標を達成するため、望ましくないイベントの発生頻度を低下させる、あるいは、発生時の影響を抑制する、もしくはこれらを組み合わせた方法が用いられる。

Occurrence frequency (event/year)	Performance		Reliability		Consequences
	>10 ⁻²				
	>10 ⁻⁴				
	>10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁷				
PLANT STATES	Design basis AOO	Design basis DBA	Design basis DBA / DEC	Beyond design basis	
DiD LEVEL	DiD Level 2 No off-site radiological impact	DiD Level 3.a No or only minor off-site radiological impact	DiD Level 3.b No or only minor off-site radiological impact DiD Level 4 Limited protective measures in area and time	No cliff-edge effect & practically eliminated	
SEVERITY LEVEL IAEA SSG 30	Low & Medium	Medium	High		

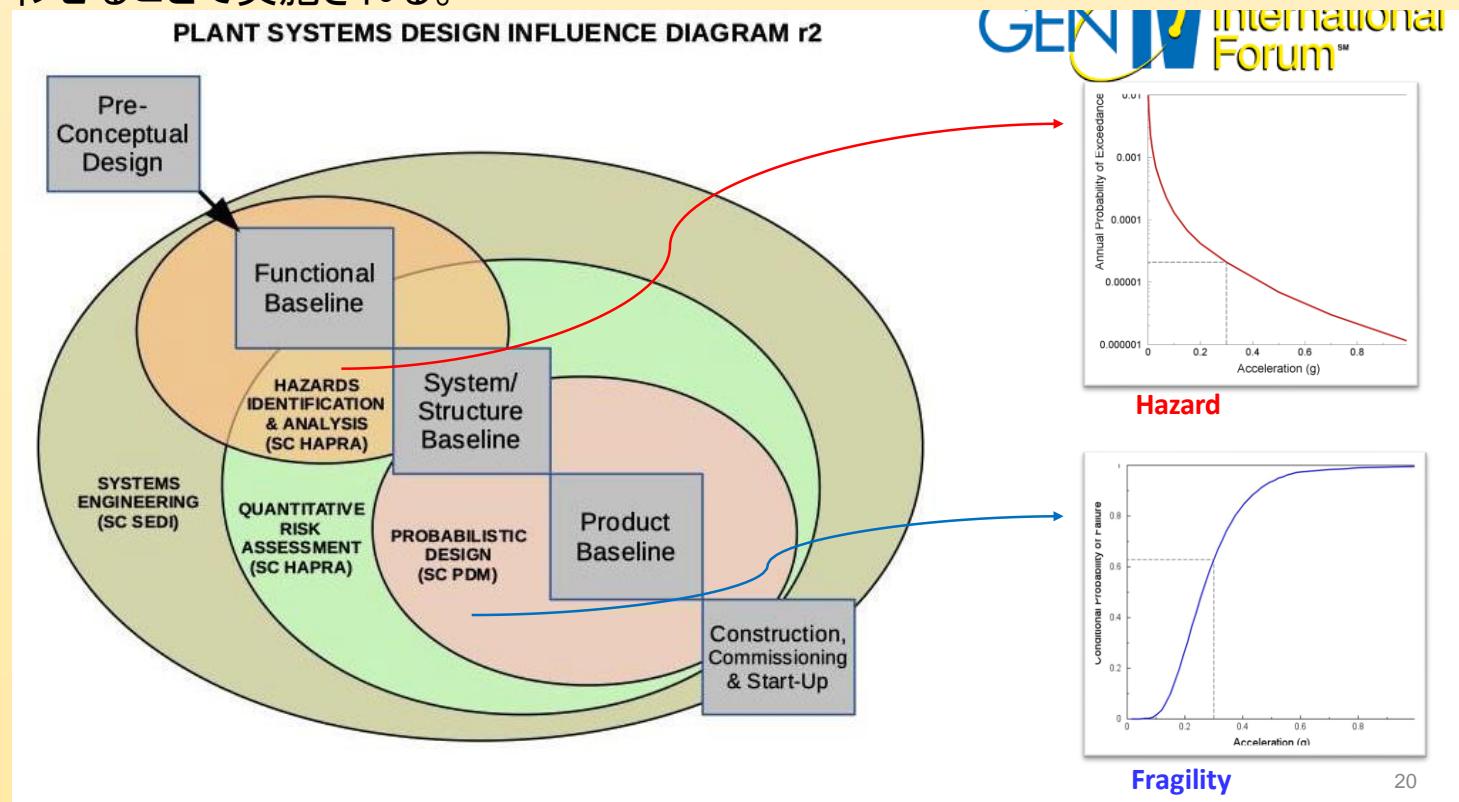
Options to bring an undesirable event that puts a plant into an uncontrolled state back into a controlled or safe state (shaded zone).

A safety related SSC (more generally, a 'layer of provisions') can be introduced, against an (initiating) event with unacceptable consequence, to :

either reduce the severity of consequence or reduce the frequency of occurrence or both.

プラントシステム設計へのRIPB適用:

設計の初期段階から、ハザードの特定が行われハザード曲線(望ましくないイベントの発生頻度)が作成される。それより後の工程で、フラジリティ曲線(条件付き破損確率)が作成される。リスク評価は、これら二種類の曲線を数学的に組み合わせることで実施される。



らせん型アプローチ:

プラントシステム設計にはらせん型アプローチが用いられる。米国電力研究所(EPRI)が発刊したレポートでは、らせん型アプローチに基づき設計、ハザードの特定、影響解析、発生頻度の解析という四種類の手順を繰り返し実施する工程が図示されている。

Program on Technology Innovation: Early Integration of Safety Assessment into Advanced Reactor Design—Project Capstone Report 3002015752 Final Report, October 2019, EPRI

Key:

- PC: Pre-conceptual design
- C: Conceptual design
- P: Preliminary design
- W-I: What-If
- HAZOP: Hazards and Operability study
- Qual: Qualitative Evaluation
- ST/BR: Source Term Estimate and Bounding Release
- ETA/FTA: Quantitative Event Tree Analysis and Fault Tree Analysis

