

米国の原子力発電所におけるリスク情報に基づく意思決定の利点

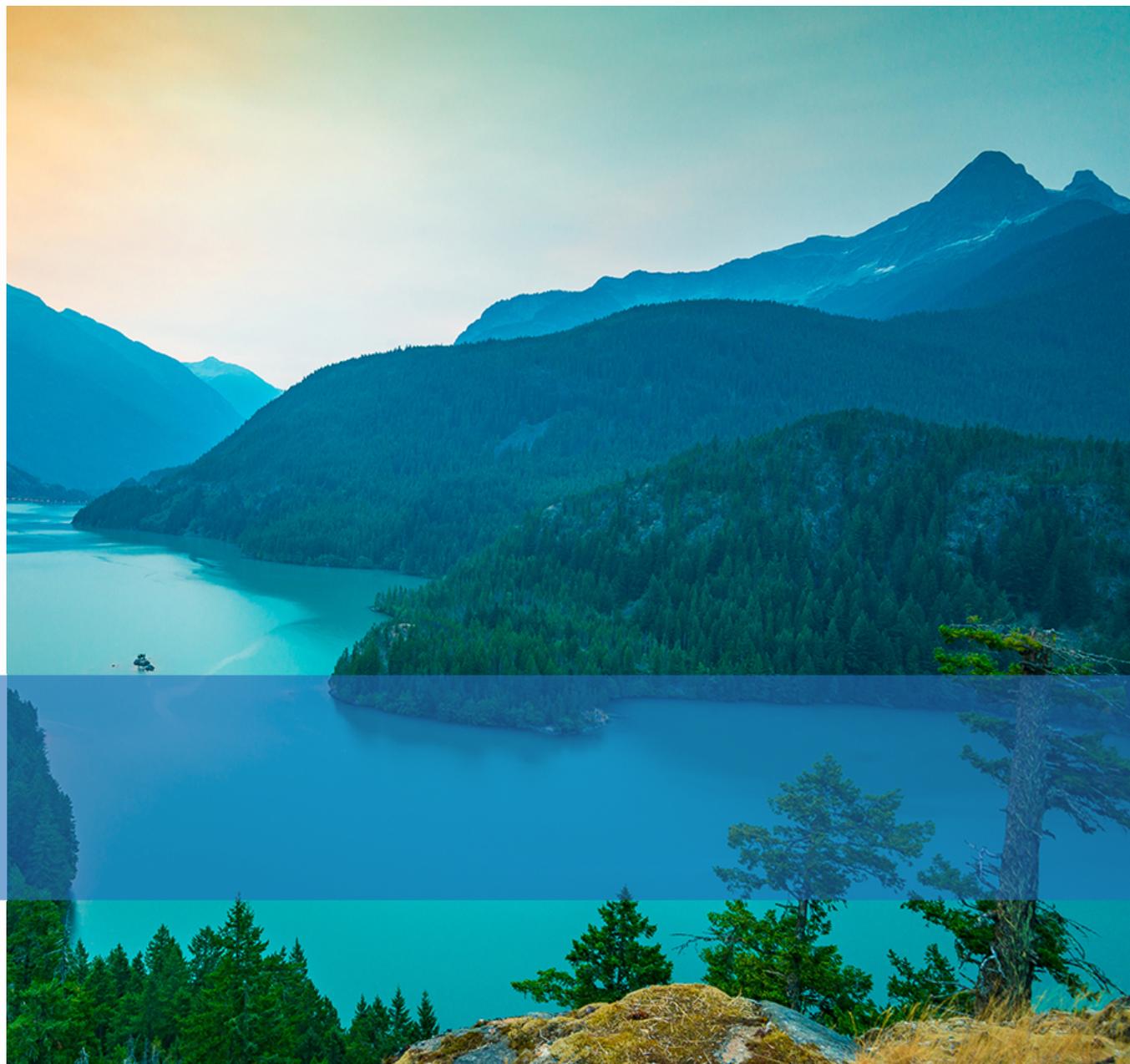
ダグ・トゥルー

原子力リスク研究センター ワークショップ2024
「意思決定におけるリスク情報の活用：利点と障害」



2024年11月12日

©2025 Nuclear Energy Institute



米国の原子力安全

- 米国原子力規制委員会(NRC)は強力な独立した原子力の規制機関である。
- 安全とセキュリティはNRCおよび産業界の**共通目標**である。
- 米国の電気事業者は自分たちの原子力発電所の安全性に対して**一義的責任**を負っている。
 - これはNRCの規制体系の基本である。
 - 米国の原子力発電所における決定は、安全性とセキュリティに対する正しい選択が前提とされている。

安全に対する対照的なアプローチ

決定論的な安全性

目的:

- 必要な設計・運転要件を定義する

目標:

- 実施および検査可能なレベルでの遵守制限の明確な定義
- 不確実さに対する保守的なアプローチ

確率論的な安全性

目的:

- 決定論的な要件の範囲を超えて存在する残留リスクを測定する

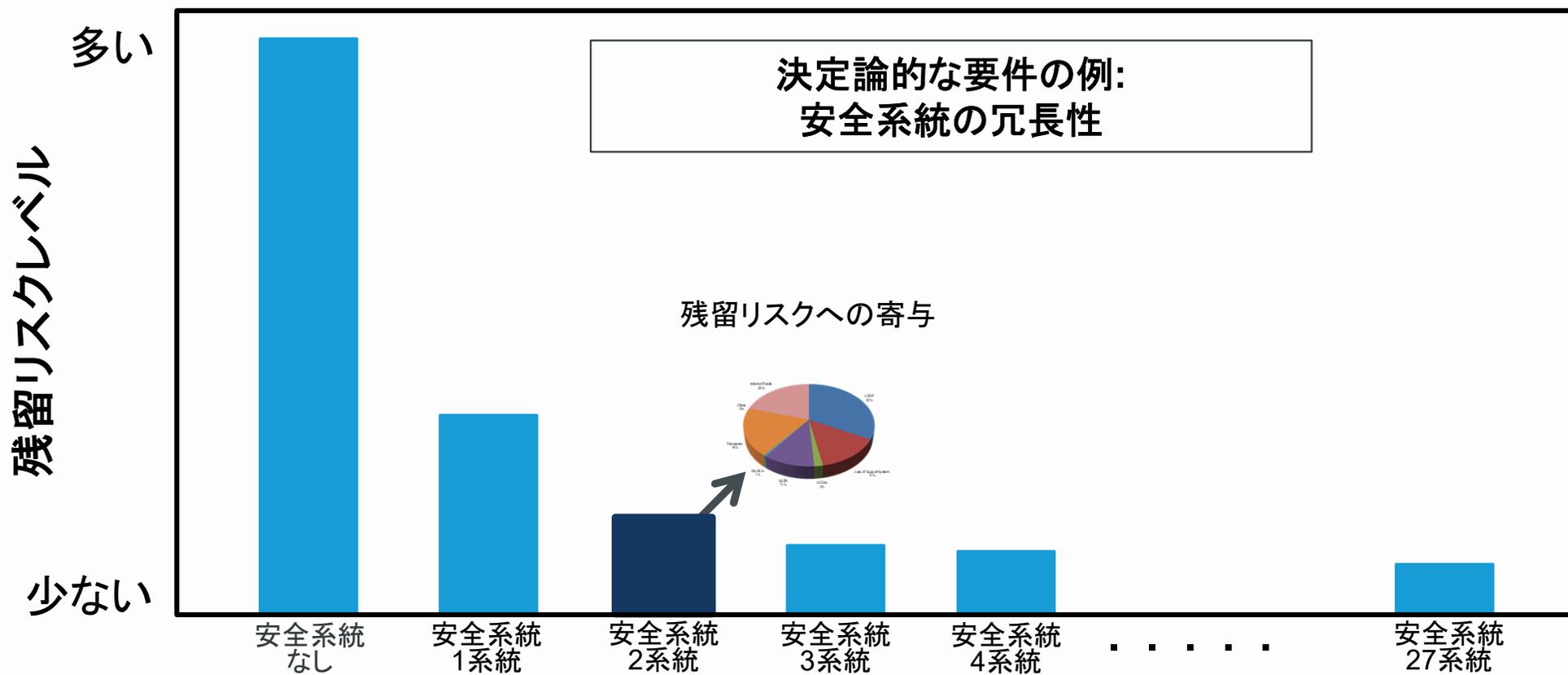
目標:

- プラントの設計と運転についての総合的な視点
- 不確実さを考慮に入れた現実的なアプローチ

安全 対 リスク

- 米国の規制は、**決定論的な要件**に基づいて、原子力発電所の安全性を確保するための**重要な基盤**を与える。
- リスク解析は、**規制に従ってもなお残るリスク**を評価するためのツールとなる。
 - 残留リスクは決してゼロにならない。
- リスク解析からは、決定論的な要件に関連する**残留リスクの推定**(すなわち、安全レベル)が得られる。
- リスク解析は、**規制要件の変更**および/または**不遵守**によって**増えるリスク**も評価することができる。

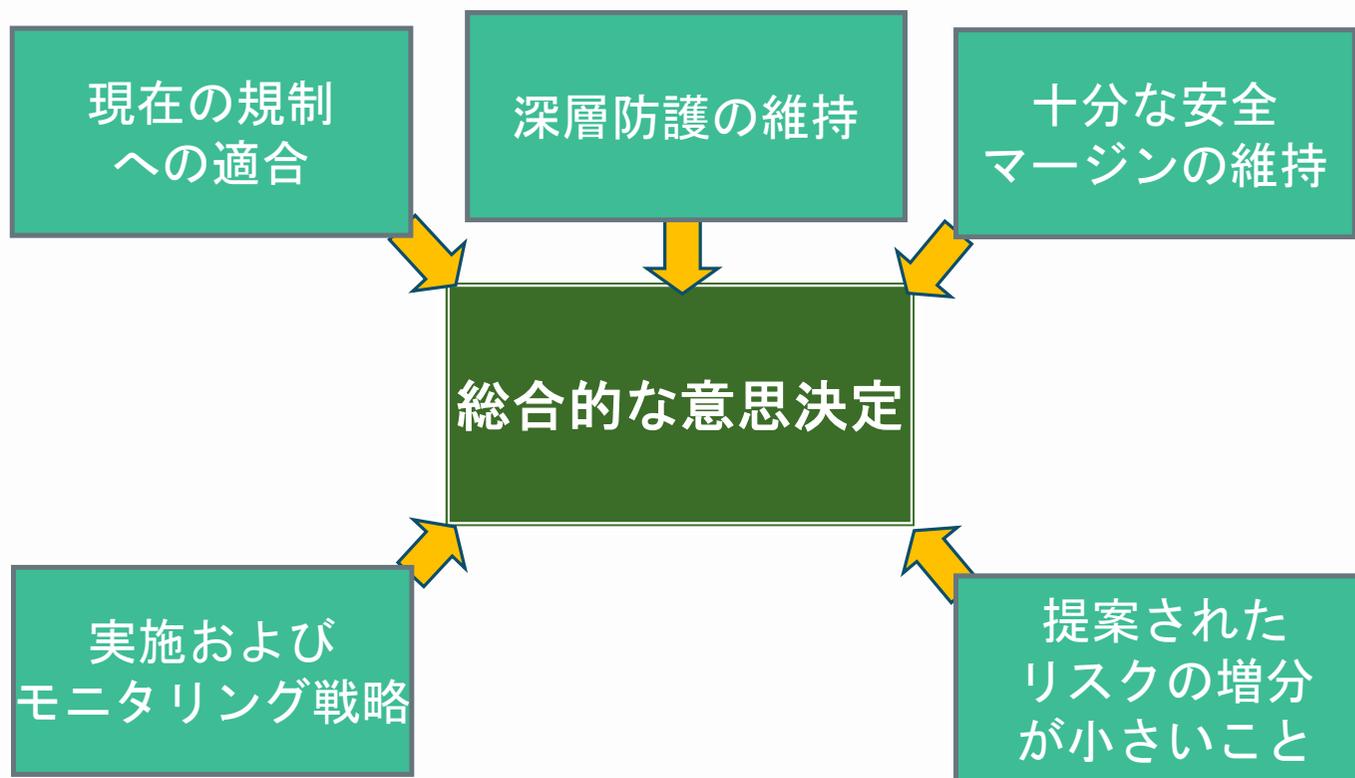
安全とリスクの概念的な関係



安全に対する決定論的なアプローチ

- 決定論的な規制には、何が適切かについての本質的に主観的な判断、例えば最も厳しい単一故障の仮定が含まれる。
 - もし決定論的な要件がより制限的であれば、残留リスクはこれより低くなると思われる(例:最も厳しい2つの故障の仮定が含まれる場合)
 - もし決定論的な要件が制限的でなければ、残留リスクはこれより高くなると思われ、これがリスク解析に現れる。
- 時として、こうした主観的な判断では、
 - 低い残留リスクが支持され、
 - 重要なリスクが見逃され(例えば、全交流電源喪失のためのバックフィット)、
 - 軽微なレベルまたは無視できるレベルの残留リスク(例:両端ギロチン破断 LOCA)のために設計や運転が過度に抑制されることがある。

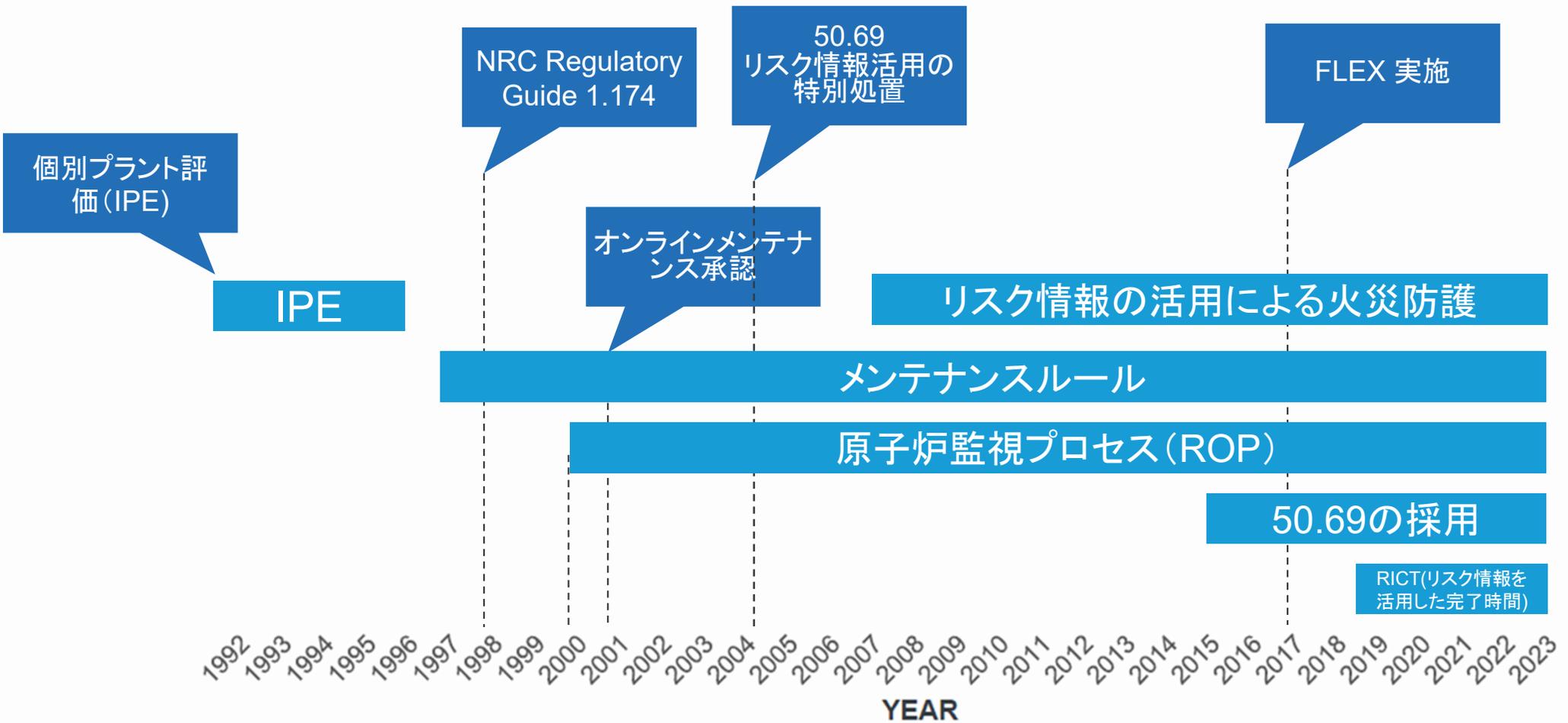
意思決定におけるリスク情報の活用 (RG 1.174)



リスク情報の活用で安全性が向上する理由

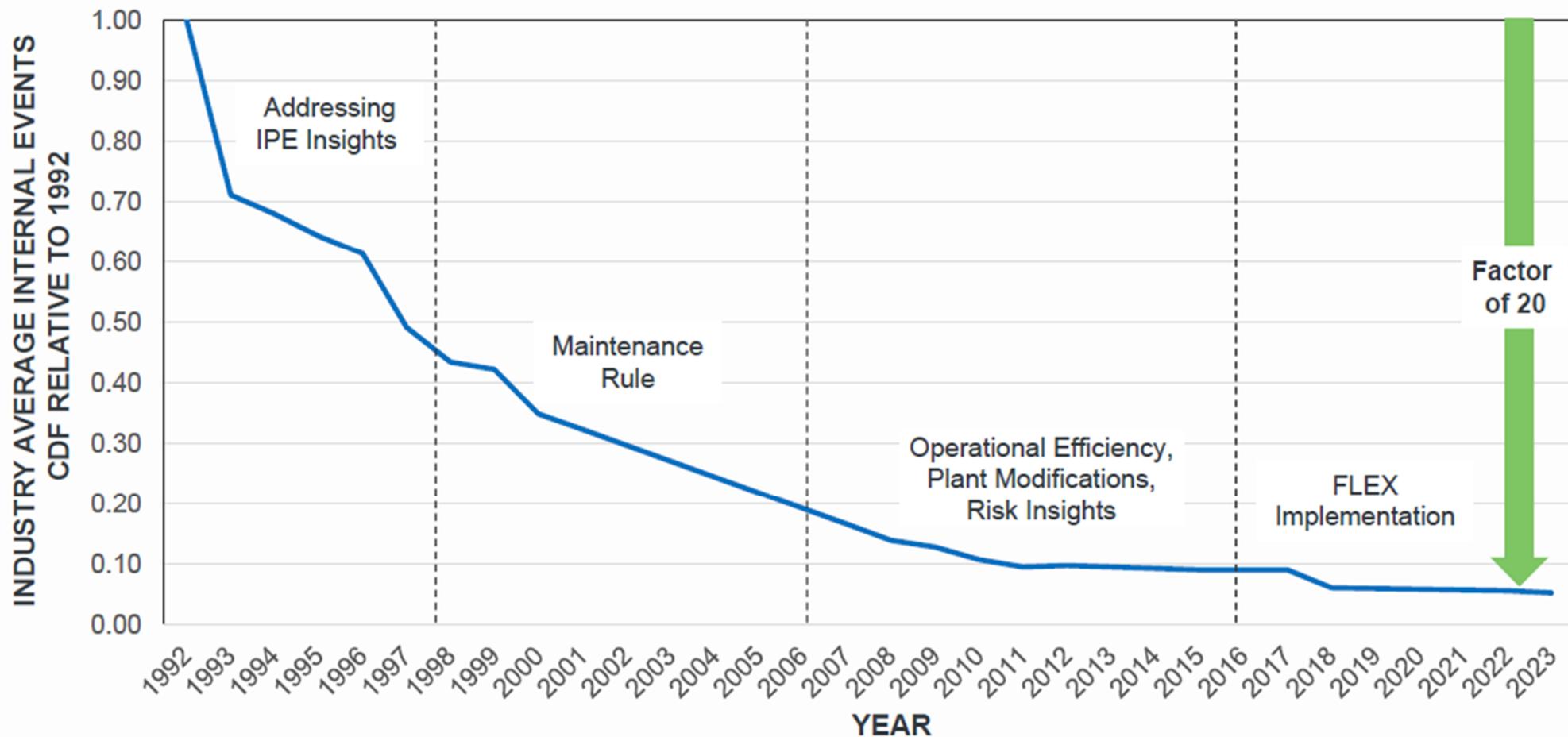
- 安全上重要な問題にフォーカスすることで、
 - 最も効果的に安全性が向上する方法でリソースを割り当てることができる
 - 原子炉設置者が安全上重要な問題に重点的に取り組みやすくなる
 - 重要性の低い問題にリソースが使われることが減る
 - 安全性の最終的な向上が促される
- リスク解析モデル(例:PRA)の限界の理由について説明しなければならない
 - PRAは適切な使用が求められるツールである
 - PRAは全知全能の存在ではない

米国におけるリスク情報活用プログラム実施



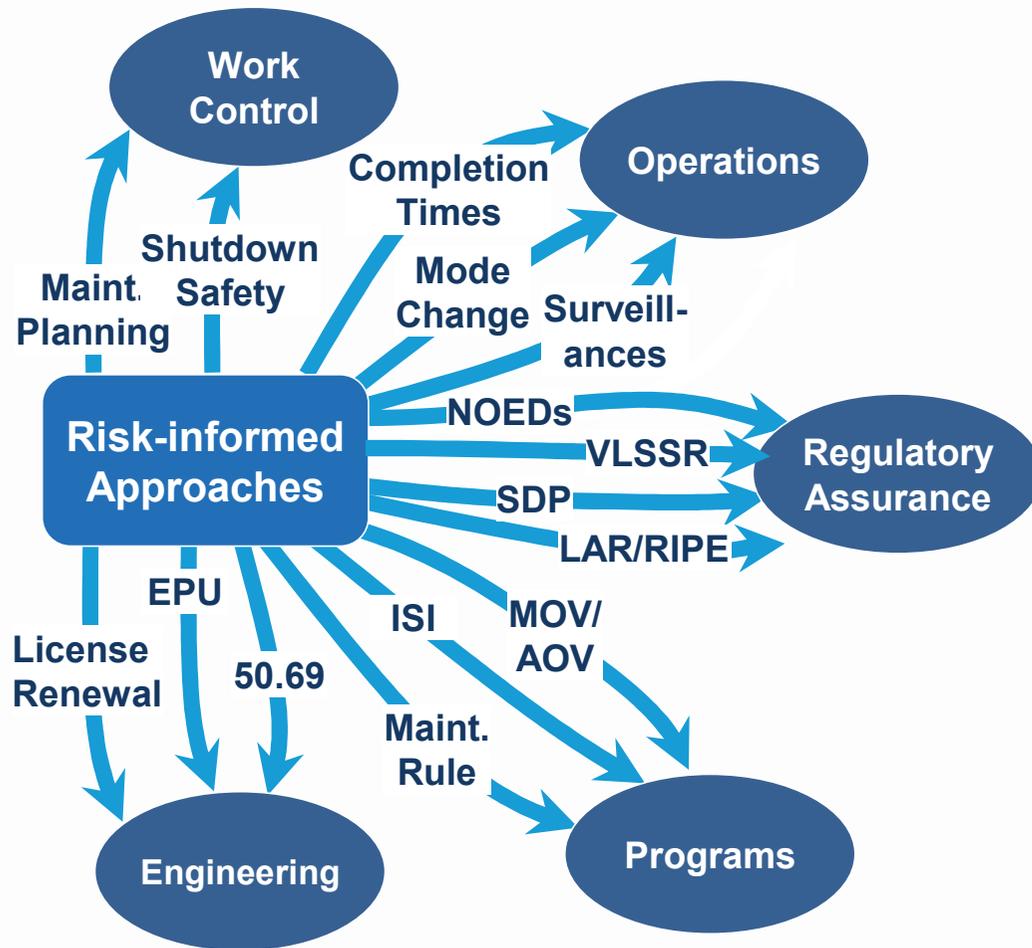
出典: EPRI - IPEの提出および緩和系パフォーマンス指標に対するROPデータを含む複数資料に基づく

米国の業界の内的事象CDF(炉心損傷頻度)の傾向



出典: EPRI - IPEの提出および緩和系パフォーマンス指標に対するROPデータを含む複数資料に基づく

現在、PRAはプラントの安全性基盤の一部になっている



米国のプラントでは
リスク情報を日々使
用している

NEI 20-04「米国原子力産業における安全と運転パフォーマンスのつながり」

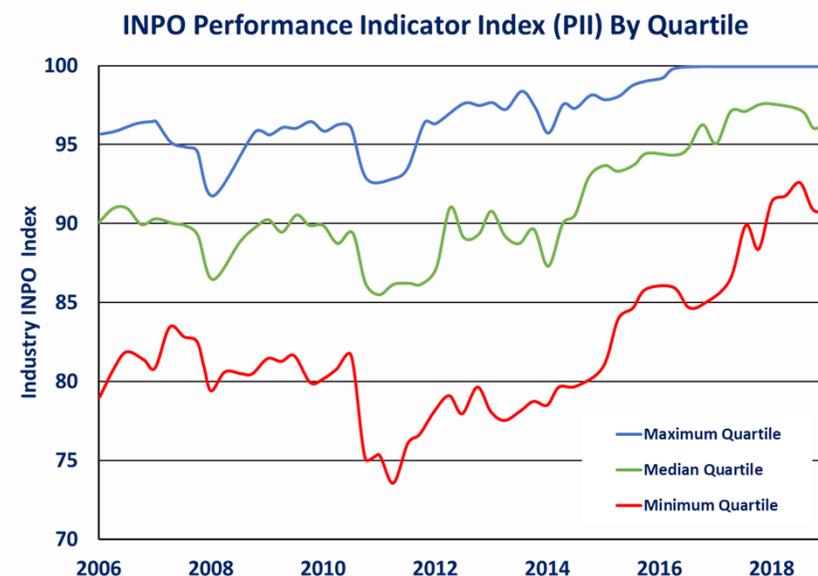
- 複数の情報源(例: WANO/INPO、ROP、EIA、BLS)からの客観的データを集約した基礎文書
- 3つの主要メッセージ:
 1. 米国での過去最高の業界パフォーマンス
 2. 業界のパフォーマンスレベルによって安全性が向上
 3. リスク情報の活用にフォーカスしたことで安全性が向上



業界のパフォーマンス

3つの主要メッセージ:

1. **米国での過去最高の業界パフォーマンス**
 - 複数の情報源からのパフォーマンスデータ集
2. **業界のパフォーマンスレベルによって安全性が向上**
 - 運転パフォーマンスと安全性の向上につながりがあることが示されている
3. **リスク情報の活用にフォーカスしたことで安全性が向上**
 - 安全性の向上と運転のフォーカスに対するリスク情報の活用のアプローチの価値が示されている

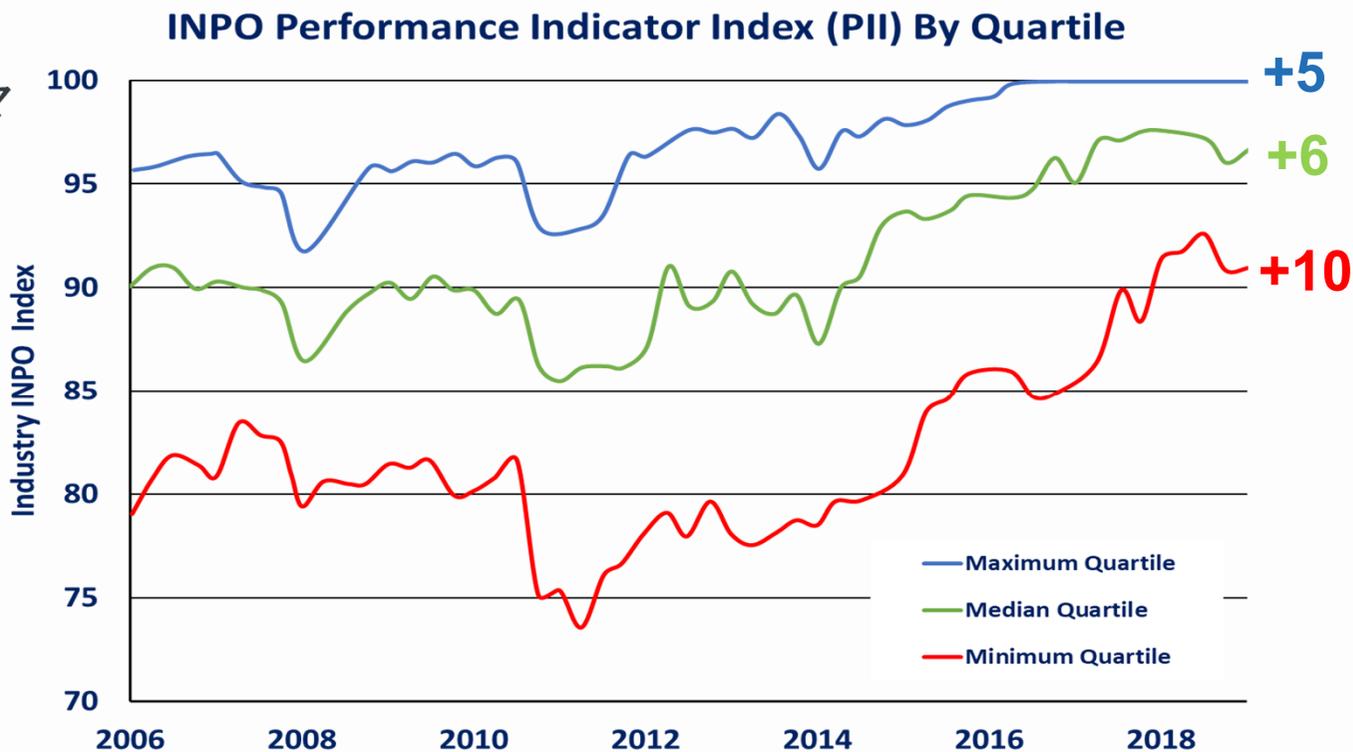


例：INPOのパフォーマンス指標インデックス (PII)

INPOのPII

幅広いパフォーマンスを網羅

- 原子炉
- 安全系
- 労働安全
- 化学
- 放射線被ばく



35を超すパフォーマンス傾向の一つ

- 複数の情報源から
- すべて米国原子力産業の強力なパフォーマンスを示している

パフォーマンスと安全のつながり

3つの主要メッセージ:

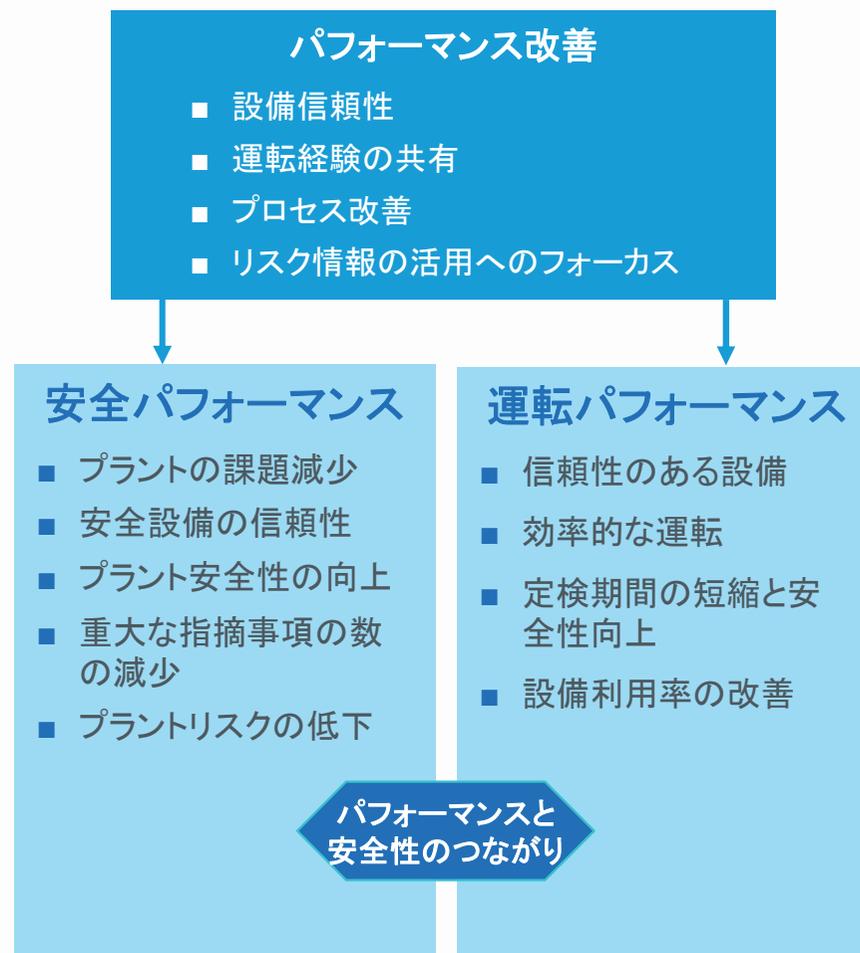
1. 米国での過去最高の業界パフォーマンス
 - 複数の情報源からのパフォーマンスデータ集
2. 業界のパフォーマンスレベルによって安全性が向上
 - 運転パフォーマンスと安全性の向上につながりがあることが示されている
3. リスク情報の活用にフォーカスしたことで安全性が向上
 - 安全性の向上と運転のフォーカスに対するリスク情報の活用のアプローチの価値が示されている



パフォーマンスと安全性はリンクしている

運転パフォーマンスと安全性の向上には明確なつながりがある

業界パフォーマンスの改善によって、原子力の安全性とプラントの信頼性が向上し、リスクが低減した

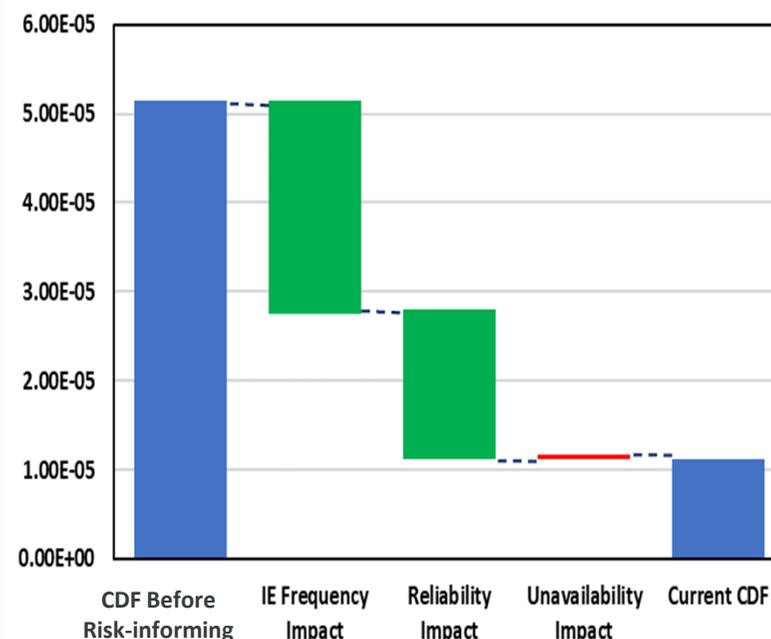


運転パフォーマンスの向上を促す同じアクション、プログラム、プロセスによって安全性も向上する

リスク情報の活用によって安全性が向上

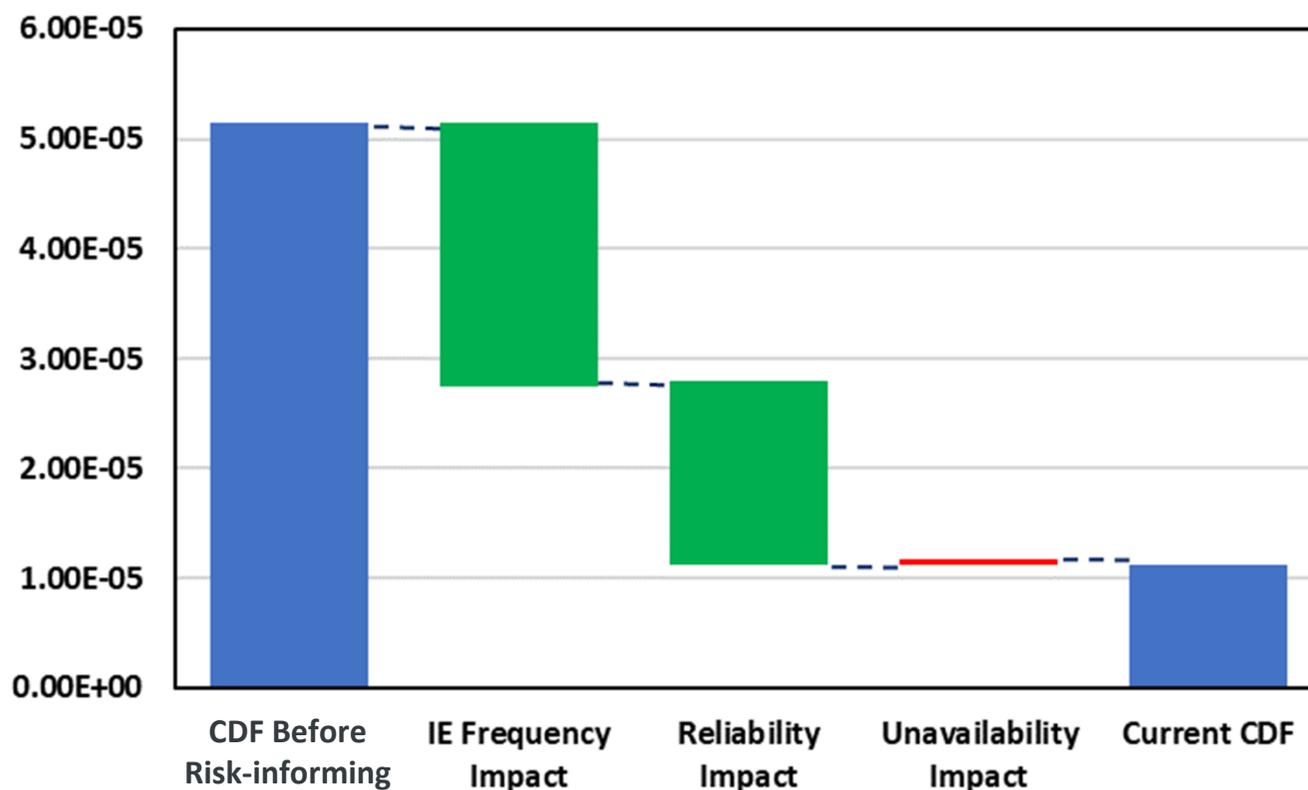
3つの主要メッセージ:

1. 米国での過去最高の業界パフォーマンス
 - 複数の情報源からのパフォーマンスデータ集
2. 業界のパフォーマンスレベルによって安全性が向上
 - 運転パフォーマンスと安全性の向上につながりがあることが示されている
3. **リスク情報の活用によりフォーカスしたことで安全性が向上**
 - 安全性の向上と運転のフォーカスに対するリスク情報の活用のアプローチの価値が示されている



パフォーマンスはCDFと結びついている

リスク情報の活用
前のCDF
 5つの現在のNRC
 SPARモデルの平均と機器のNRC
 データ、RIイニシ
 アティブ前の起因
 事象(IE)頻度



現在のCDF

5つの現在の
 SPARモデルの
 平均と機器の現
 在のデータ、起
 因事象(IE)頻度

リスク情報の活用が機能する理由

- 安全上重要な問題に重点を置くことで、
 - 安全性を向上させるリソースの割り当てが可能になる
 - 原子炉設置者が安全上重要な問題に重点的に取り組みやすくなる
 - 重要性の低い問題にリソースが使われることが減る
 - 正味の安全性の向上が促される
- リスク解析モデル(例:PRA)の限界について説明しなければならない
- リスクの高い領域に完全にフォーカスすべきではない
- すべての機能領域に適用できるわけではない(例:セキュリティ)

課題

- 安全目標と整合した明確なリスク指標
- 技術的に適切なPRAモデル(スコープ、詳細レベル)
- 主要な寄与要因(例:人間信頼性、火災のモデル化等)を現実的に扱うためのコンセンサス方法
- 現実性を維持しつつ主な不確実さの影響を理解するためのプロセス

まとめ

- 米国ではもう何十年もリスク情報の活用に取り組んでいる
- パフォーマンスと安全性のつながりは明確である
- リスク情報活用プログラムによって多くの目に見える安全上のメリットが存在する(安全性の向上- 20分の1)
- 課題はあるが、克服が可能である

リスク情報の活用アプローチによって安全性は
向上する



信頼性のあるクリーンな
エネルギーで世界を動かす

Acronyms



AOV – Air Operated Valve
BLS – U.S. Bureau of Labor Statistics
CDF – Core Damage Frequency
CPRR – Containment Protection and Release Reduction
DBT – Design Basis Threat
DEGB – Double Ended Guillotine Break
EIA – U.S. Energy Information Administration
EPU – Extended Power Uprate
IPE – Individual Plant Examination
INPO – Institute of Nuclear Power Operations
ISI – In-service Inspection
LAR – License Amendment Request

LERF – Large Early Release Frequency
MOV – Motor Operated Valve
NOED – Notice of Enforcement Discretion
QHO – Quantitative Health Objectives
RII – Risk-Informed Initiative
ROP – Reactor Oversight Process
SBO – Station Blackout
SDP – Significance Determination Process
SOARCA – State-of-the-Art Consequence Analysis
SPAR – Standardized Plant Analysis Risk
WANO – World Association of Nuclear Operators