

## 規制アプローチに関する国際動向:

### 米国原子力エネルギー革新・近代化法\*を巡って

\***NEIMA: Nuclear Energy Innovation and Modernization Act**  
(January 2019)

原子力規制委員会 原子力規制庁

長官官房 総務課 国際室

**平野 雅司**

継続的な安全性向上に関する検討チーム 第2回会合、令和2年9月10日

# 目次

- NEIMAの概要
- NEI技術報告書18-04 (Aug. 2019)
  - 頻度－影響目標 (Frequency-Consequence Target)
- 英国ONR原子力施設の安全評価原則 (SAPs)
- NEI 18-04の頻度－影響目標とSAPsの目標との比較
- 米国NRC 規制ガイド 1.174
  - 深層防護 (Defense in Depth) とリスク情報活用 (Risk-Informed)
  - 不確実さ (Uncertainties)
  - 深層防護の適切性の評価 (Assessment of DID Adequacy)

# NEIMAの概要

- 米国下院は2018年12月、前日の上院に続き、**原子力エネルギー革新・近代化法 (NEIMA)** 案を可決。トランプ大統領が翌**2019年1月14日**付で同法案に署名。
- **商用新型炉** (液体金属炉、高温ガス炉等の軽水炉以外の炉、小型モジュール炉も含む) の許認可プロセスについて、**NRCに指示**:
  - 2年以内に、段階的許認可 (staged licensing) を採用し、リスク情報を活用したパフォーマンス・ベーストの許認可評価技術とガイドに向けた戦略を開発する。(strategies for the increased use of **risk-informed, performance-based** licensing evaluation techniques and guidance) ➡ NEI\*技術レポート18-04
  - 2027年12月迄に、新型炉のライセンス申請に関し、炉型に依存しない規制枠組みのためのルール作りを完了させる (... rulemaking to establish **technology inclusive** regulatory framework ... )。

# 背景：現行許認可プロセス (10 CFR Part 50, 52) の ”Dis-incentives”

- 10 CFR Part 50 (既設炉) : S.G. Burns, Nuclear Law Bulletin No. 99, OECD, 2017. <sup>(5)</sup>
  - 建設許可と運転ライセンスの2段階プロセス。産業界の不満：
    - 規制の安定性(stability)に課題：建設中に規制要求が変更される、安全上の課題の解決の遅れ、審査の重複、...
    - プラント設計の標準化の欠如
- 10 CFR Part 52 (新型炉)
  - 早期サイト許可 (ESP: Early Site Permit) と設計承認 (DC: Design Certification)、建設・運転一括許認可 (COL: Combined License) から成る。
    - DCは標準化に貢献、その他上記課題の多くを解決
    - 承認された設計の変更は困難
- 一方、新しい概念の炉の許認可プロセスには”Flexibility”が不可欠。
  - 段階的許認可(staged licensing)の採用が望まれる。
    - ➔ NEIMAによる新しいプロセスの創設へ

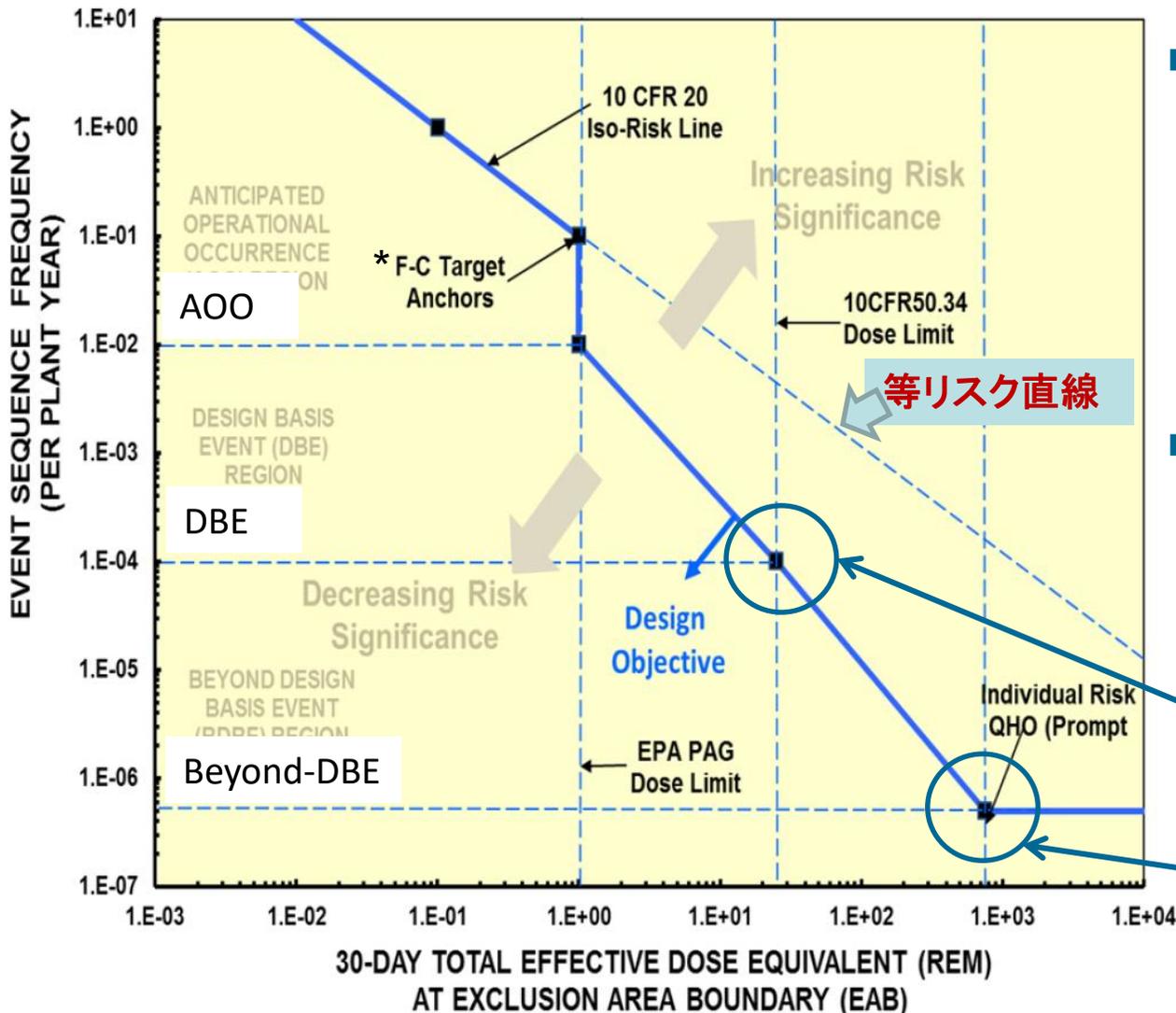
# 原子力エネルギー協会NEI 18-04 (Aug. 2019):

## 軽水炉以外の炉の許認可ベースを開発するためのリスク情報を活用した パフォーマンス・ベースで炉型に依存しないガイダンス

**Risk-Informed Performance-Based Technology Inclusive (TI-RIPB)** Guidance for Non-Light Water Reactor Licensing Basis Development (Revision 1, **Aug. 2019**)

- 産業界は、「許認可近代化プロジェクト(LMP\*)」の一環として、**NEI 18-04**を開発
  - \* LMP: Licensing Modernization Project, a cost shared initiative led by the Southern Company, coordinated by NEI and supported by DOE.
- 主要な許認可プロセス:
  - **許認可ベース事象の選定**等 (LBEs: Licensing Base Events, AOOs, DBEs, BDBEs等)
  - 構造物、システム及び機器(SSCs)の**安全重要度分類**等
  - **深層防護の適切性**評価 (assessment of DID adequacy)
- リスク評価から得られる知見(risk insight)を活用し、規範的(prescriptive)アプローチは採らない。→ **RIPB**
  - 頻度－影響目標 (**Frequency-Consequence Target**) を使う。

# 頻度－影響目標 (F-C Target)



- 合格/不合格を決める(pass-fail basis)ためのものではない:
  - 米国NRC規制ガイド1.174の統合意思決定と同様に、リスク評価から得られる知見を他の因子と共に用いる。
- 容認/非容認の線引(demarcation of acceptable and unacceptable results)に用いるものでもない。

10 CFR 50.34 Dose Limit: 250 mSv at  $10^{-4}$ /RY for BDBEs

定量的健康目標QHO: Quantitative Health Objective (early health effects: 7.5 Sv at  $5 \times 10^{-7}$ /RY)

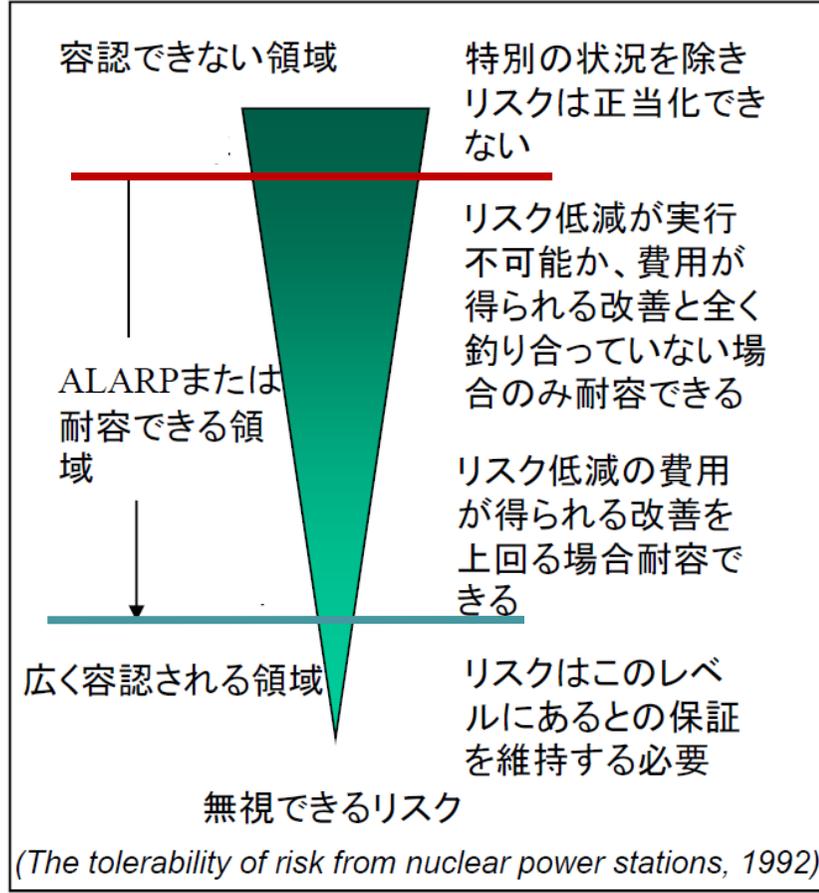
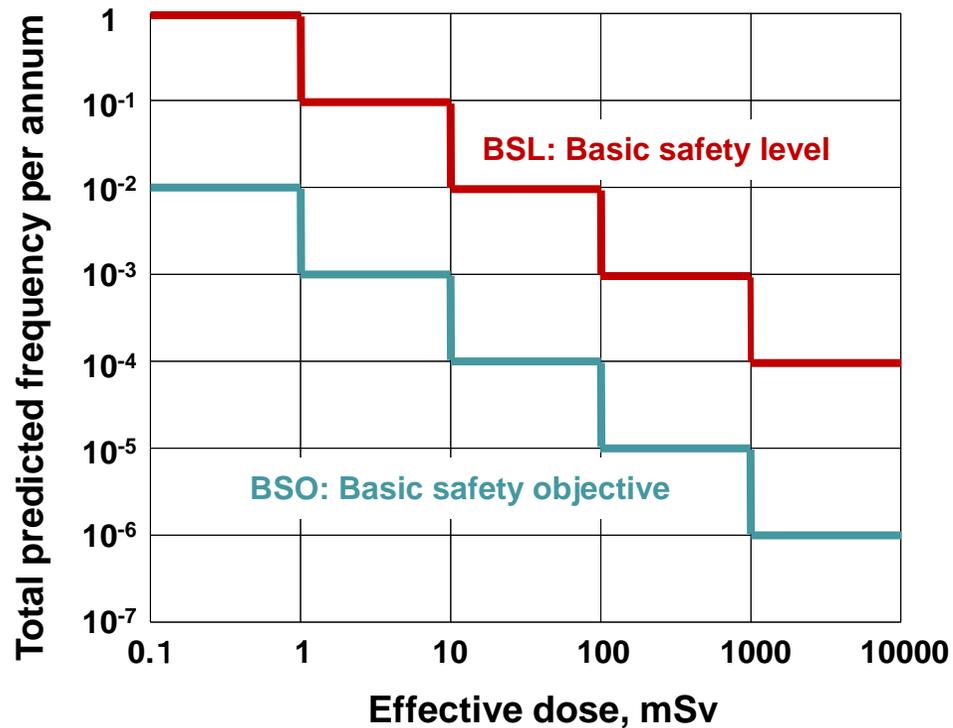
Figure 3-1. Frequency-Consequence Target: 出典: 参考文献(3)、一部加筆

# 英国ONR原子力施設の安全評価原則 (SAPs\*)

Frequency dose targets for accidents on an individual facility – any person off the site		Target 8	
The targets for the total predicted frequencies of accidents on an individual facility, which could give doses to a person off the site are:			
Effective dose, mSv	Total predicted frequency per annum		
	BSL	BSO	
0.1–1	1	$1 \times 10^{-2}$	
1–10	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-3}$	
10–100	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-4}$	
100–1000	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-5}$	
>1000	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-6}$	

\* **Safety Assessment Principles** for Nuclear Facilities 2014 Ed. Rev.1 (Jan. 2020), ONR

**The tolerability of risk from nuclear power stations**, HSE: The Health and Safety Executive, 1988 Revised 1992.

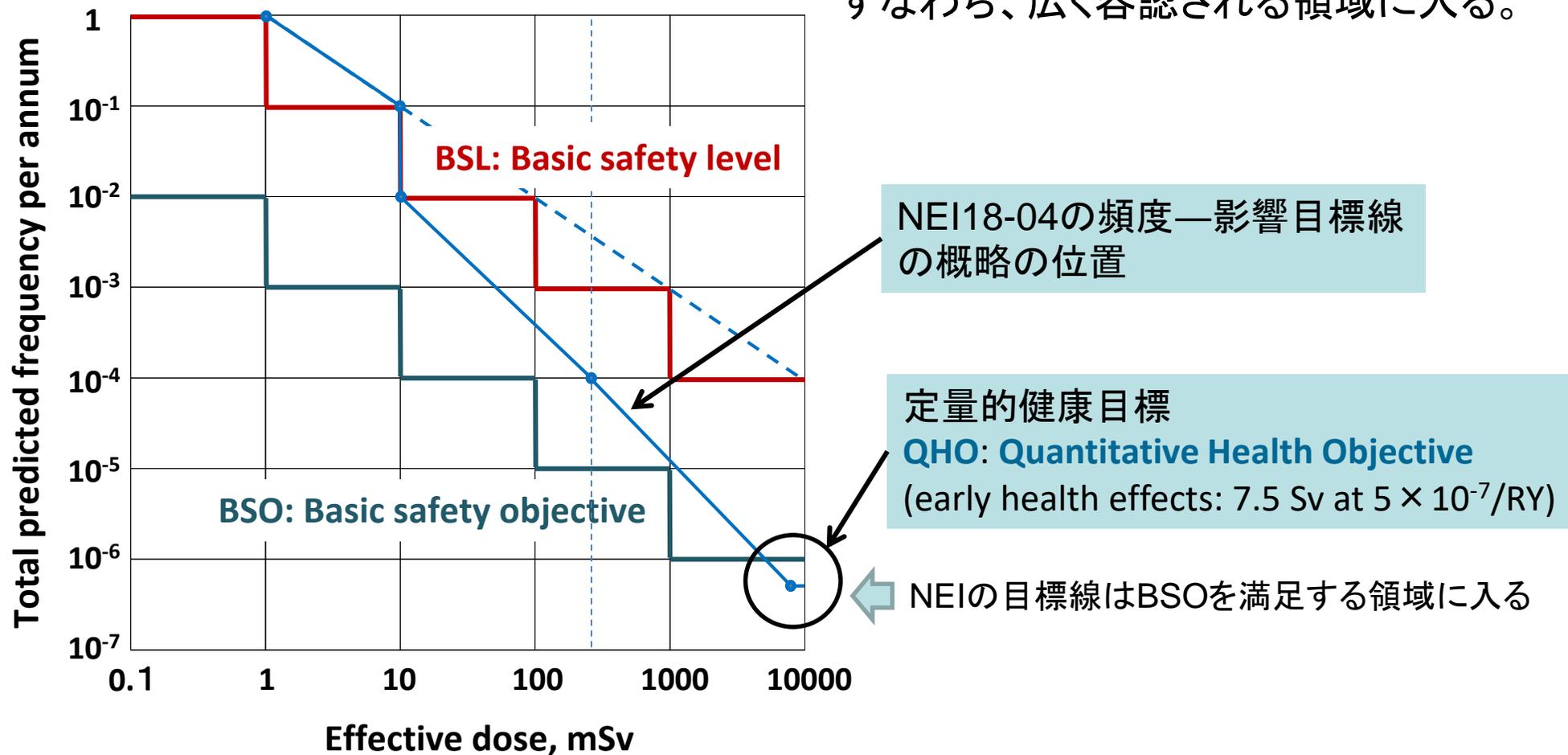


(The tolerability of risk from nuclear power stations, 1992)

出典：参考文献(8)より転載、一部加筆

# NEI 18-04の頻度—影響目標とSAPsの目標との比較

- NEI 18-04の頻度—影響目標線は、概ね、SAPsのBSLとBSOの間に位置する。
- NEIの目標線は、米国NRCの定量的健康目標(QHO)を満足するように設定されており、発生頻度の小さい事故(影響の大きな事故)は、SBO以下の領域、すなわち、広く容認される領域に入る。



# 米国NRC 規制ガイド1.174

## 深層防護 (Defense in Depth)とリスク情報活用 (Risk-informed)

### 深層防護

- 深層防護は、機器や人間の振る舞いにおける**不確実さを考慮するための有効な手段**であったし、今後もそうあり続けるであろう。
- 特に、「**未知の(unknown)**」又は「**想定外の(unforeseen)**」損傷メカニズムや現象が起き得る(potential)ことを考慮するためには有効である。
- 何故なら、それらは「未知の」或いは「想定されていない」ものなので、**PRAその他の工学的分析・解析では表現できない**からである。

Regulatory Guide 1.174: An Approach for Using PRA in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis (Rev. 3, Jan. 2018)

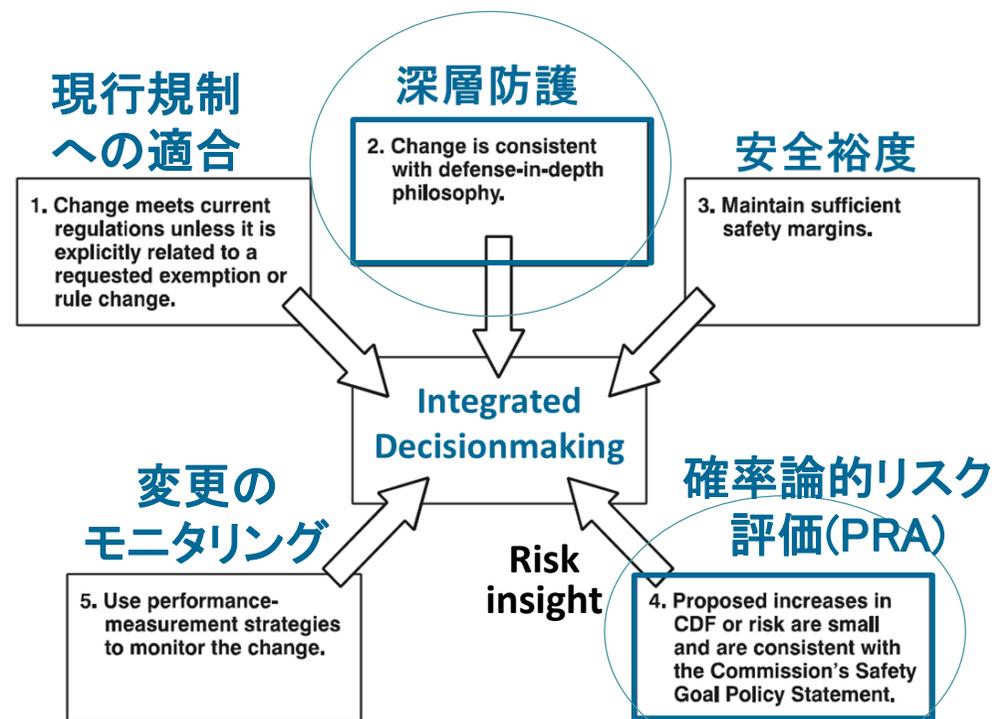


Figure 1. Principles of Risk-Informed Integrated Decisionmaking  
リスク情報を活用した**統合意思決定**における5原則

## 確率論的安全評価(PRA)の不確実さ (Uncertainties)

### 2.5.1 不確実さのタイプ

- 三つのタイプの不確実さがPRAの結果に影響を及ぼす：①パラメーター不確実さ、②モデル不確実さ、③完全さに関わる不確実さ

#### 完全さに関わる不確実さ (Completeness uncertainty)

- 「不完全さ」は「不確実さ」ではなく、考慮しているハザードの範囲（地震、津波、……）が**全体のハザードをカバーしていない (scope limitation)**ということにすぎない。
- 結果的に、「**真のリスクがどこに存在するか**」に関する不確実さとなる (**uncertainty about where the true risk lies**)
  - ハザードの発生頻度の評価モデルがない、あるいは、大きな不確実さを伴うような場合等

➡ 「深層防護」に重点を置くべき。

# 規制ガイド1.174

## 深層防護の適切性の評価 (Assessment of DID Adequacy)

- 許認可ベースの変更が深層防護に与える影響を評価するために考慮すべき事項:

1. **層間の合理的なバランス**: Reasonable **balance among the layers**
2. 代替措置に過度に依存しない(設計対応を取る): Adequate capability of design features without an **overreliance on programmatic activities as compensatory measures**.
3. **多重性、独立性、多様性の保存**: System redundancy, independence, and diversity
4. **共通要因故障 (CCFs) に対する防護**: Adequate defense against **potential CCFs**
5. 多重バリアの維持: Maintain multiple fission product barriers
6. **人的過誤に対する防護**: Sufficient defense against **human errors**
7. プラントの設計基準の意図への適合: Meet the intent of the plant's design criteria.

# TI-RIPBはインセンティブとして働くか？

## ■ リスク情報活用 (Risk-Informed):

- PRA及びその感度解析、**不確実さ**解析等を..... 現状の規制要求、規制ガイド等に係わる**不必要な安全裕度の削減**に利用すべき。

米国NRC 確率論的リスク評価(PRA)ポリシー声明<sup>(7)</sup>

## ■ パフォーマンス・ベースト (Performance-Based):

- 計測可能 (measurable)な成果が目標を達成することを重視し、**達成のための方法に自由度を与える**。規範的(prescriptive)でない。

✓ 代表例: 10 CFR 50.56 **Maintenance Rule**, July 1996)

SECY-98-144, White Paper on RIPB Regulation, March 1, 1999

Nils J. Diaz, "Realistic Conservatism," April 16, 2003

## ■ 炉型に依存しない (Technology-Inclusive):

- 必然的に、安全上重要な「炉型共通の評価の視点」に重点化。
  - ✓ 「リスク曲線」、「多重防護の適切性」等

---

➡ インセンティブとして働くか否かは、リスク評価の不確実さ依存？

1. **U.S.NRC, Report to Congress** on Increasing the Use of Risk-Informed and Performance-Based Evaluation Techniques and Regulatory Guidance in Licensing Commercial Advanced Nuclear Reactors, Enclosure 2, July 19, 2019.
2. **U.S.NRC, Draft Regulatory Guide DG-1353**, "Guidance for a Technology-Inclusive, Risk-Informed, and Performance-Based Methodology to Inform the Licensing Basis and Content of Applications for Licenses, Certifications, and Approvals for Non-Light-Water Reactors", April 2019.
3. **NEI Technical Report 18-04**, "Risk-Informed Performance-Based Technology Inclusive (TI-RIPB) Guidance for Non-Light Water Reactor Licensing Basis Development," Report Rev. 1, Aug. 2019.
4. **NUREG-1860**, "Feasibility Study for a Risk-Informed and Performance- Based Regulatory Structure for Future Plant Licensing, Vol. 1, **December 2007**.
5. **Stephen G. Burns**, "**Reformed and reforming**: Adapting the licensing process to meet new challenges," Nuclear Law Bulletin No. 99, OECD, 2017.
6. **U.S.NRC, Regulatory Guide 1.174**, "An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in **Risk-Informed Decisions** on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis," **Revision 3**, January 2018.
7. **Final Policy Statement** on Use of Probabilistic Risk Assessment Methods in Nuclear Regulatory Activities, **Federal Register**, Vol. 60, No. 158, August 16, 1995.
8. **本間俊充**、ICRP勧告及び英国SAPにおけるリスク低減の基本的考え方、原子力安全委員会、意交原第2-3号、平成23年2月26日。  
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/2617010/www.nsc.go.jp/annai/kihon22/gensoku/20110302/siryu2-3.pdf>

(参考) 英略語等の意味

略語(初出頁)	元の英語	意味
NEI (1頁)	Nuclear Energy Institute	(米国の)原子力エネルギー協会。原子力発電会社、設計・エンジニアリング会社、大学・研究所、労働団体等で構成され、原子力技術産業に関する政策立案等の活動を行っている
ONR (1頁)	Office for Nuclear Regulation	(英国の)原子力規制室。民間原子力産業の安全規制を担当する政府から独立した公企業
SAPs (1頁)	Safety Assessment Principles	(英国の)原子力安全評価原則
NRC (1頁)	Nuclear Regulatory Commission	(米国の)原子力規制委員会
DID (1頁)	Defense in Depth	深層防護。目的達成に有効な多層の対策を用意し、かつ、それぞれの層の対策を考えると、他の層での対策に期待しないという考え方
CFR (3頁)	Code of Federal Regulations	(米国の)連邦規則集。法律に基づき策定された連邦規制を分野毎にまとめ成文化したもの。放射性物質にかかる規制は、原子力法に基づく連邦規制として、10 CFRと呼ばれる
AOOs (4頁)	Anticipated Operational Occurrences	運転時の異常な過渡変化。機器の故障や運転員の誤操作などによってプラントが異常な状態となるような、技術的に十分起こりうる事象
DBE (4頁)	Design Basis Event	設計基準事象。原子力施設の安全設計とその評価に当たって考慮される事象
BDBE (4頁)	Beyond Design Basis Event	設計基準事象を超える事象
SSCs (4頁)	Structures, Systems and Components	構造物、システム及び機器
—	Effective Dose Equivalent(5頁)	実効線量当量
EAB (5頁)	Exclusion Area Boundary	非居住区域境界
PRA (8頁)	Probabilistic Risk Assessment	確率論的リスク評価
CCF (10頁)	Common Cause Failure	共通要因故障。複数の系統がある共通の原因によって共に損なわれてしまうような故障