

日本原子力学会 リスク部会 シンポジウム
安全目標をどのように活用するか

平成30年8月26日

株式会社原子力エンジニアリング(NEL)

浦田 茂

本日お話しする内容

- ◆ 安全目標を活用する**目的**は何か
- ◆ 安全目標をどのように**活用**するか
- ◆ 安全目標活用のための**5つの提言**
 - ・ 活用の方針を明確に示すこと
 - ・ 指針・標準類を整備すること
 - ・ 活用の実績を積み重ねること
 - ・ 評価の不確かさを踏まえること
 - ・ 評価技術を深化・拡張すること

安全目標を活用する**目的**は何か

◆リスク管理者の責務

事業者：事業運営の中でリスクを水準内に管理する**一義的**責務

規制者：**国民の負託**を受けた原子力施設の安全確保の責務

◆安全目標の活用のあり方

リスク**管理抑制水準の設定と水準内維持**

リスク**管理者同士のリスク・コミュニケーション**

リスク管理者と**社会とのリスク・コミュニケーション**

◆リスクを許容されない水準以下に抑制

安全目標の活用の目的

過剰な取組みや別のリスクを発生させるような取組みをも防止することで「滑稽な安全の姿」に陥ることを防ぎ、「**適切な安全の姿**」を維持していくために、安全目標を用いる

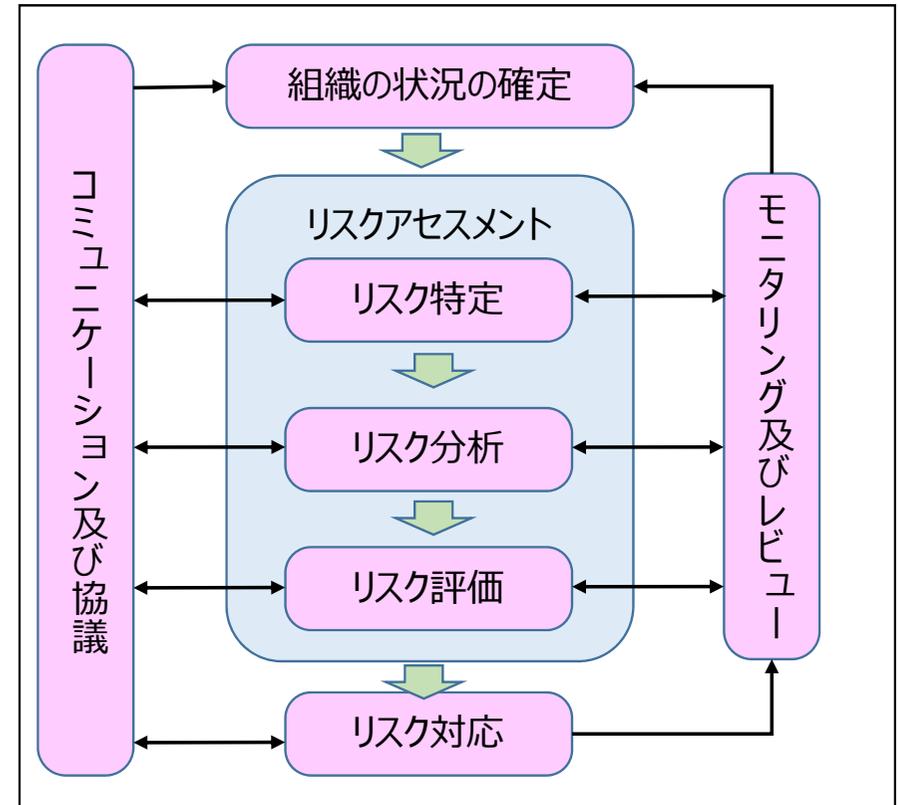
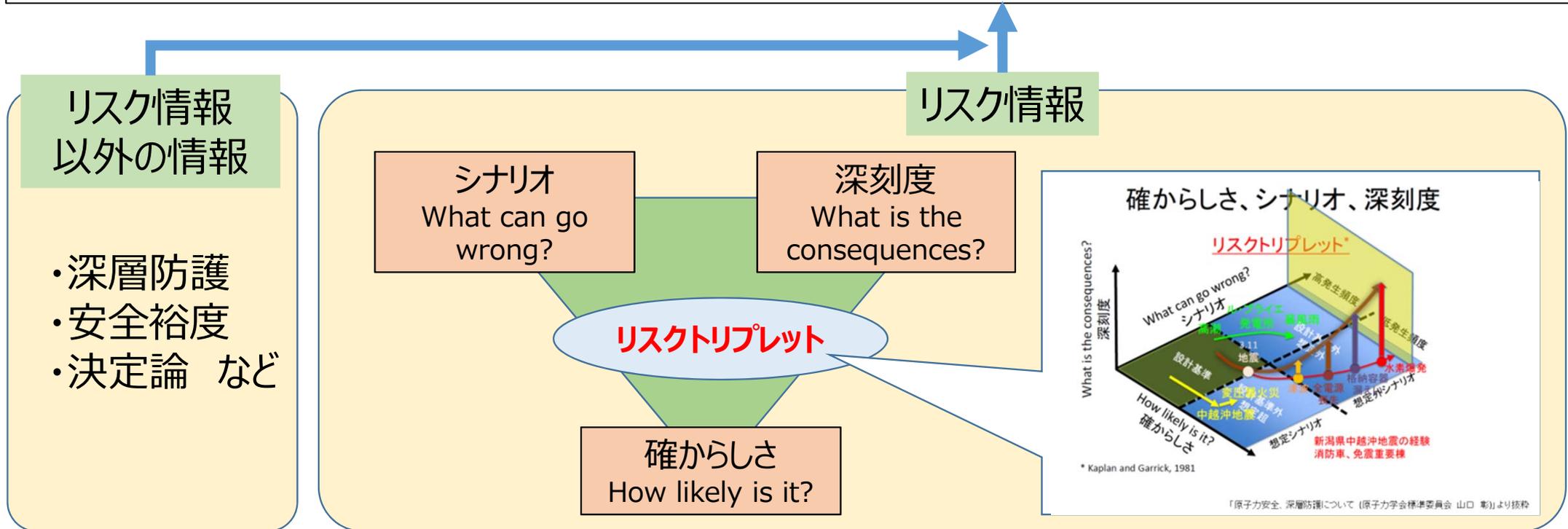


図4.1 リスクマネジメントプロセス (JIS Q 31000:2010 リスクマネジメント 原則および指針より抜粋、一部編集)

安全目標をどのように活用するか

RIDM (Risk-Informed Decision Making) : リスク情報を活用した意思決定)



- 確からしさについては、**リスク管理上重要な、定量的で客観的なパラメータ**
- 確率論的リスク評価 (PRA : Probabilistic Risk Assessment) が与える定量的指標 (Surrogate) の代表例
 - ・ 炉心損傷頻度 (CDF : Core Damage Frequency)
 - ・ 格納容器機能喪失頻度 (CFF: Containment Failure Frequency)

安全目標をどのように**活用**するか(続き)

【米国バックフィットルールの問題点と規則改定ポイント】

- ・適否判断基準が曖昧、NRCスタッフ個人の主観の影響大
- **便益とコストを定量比較**、便益が大きければ実施

【米国NRCとUCSの訴訟の判決 (1987年8月)】

- ・**安全確保は本質的に「適切な防護」と「付加的な安全改善」の2重構造**
- ・**適切な防護にあたって経済コストは考慮してはならない**
- ・適切な防護は絶対的なものでない (**ゼロリスクではない**)
- ・NRCは以下の自由裁量を有する
 - － 適切な防護に加えて**付加的な安全改善要求**を課すこと
 - － それにあたっては**経済コストを考慮できる**こと

【日本の状況】

- ・安全対策に関して**コストの観点**は？
- ・無意識に**ゼロリスク**を求めてしまう**姿勢**が残ってる？
- ・**安全側の対応**は必ず**安全性**を高めるという考え？

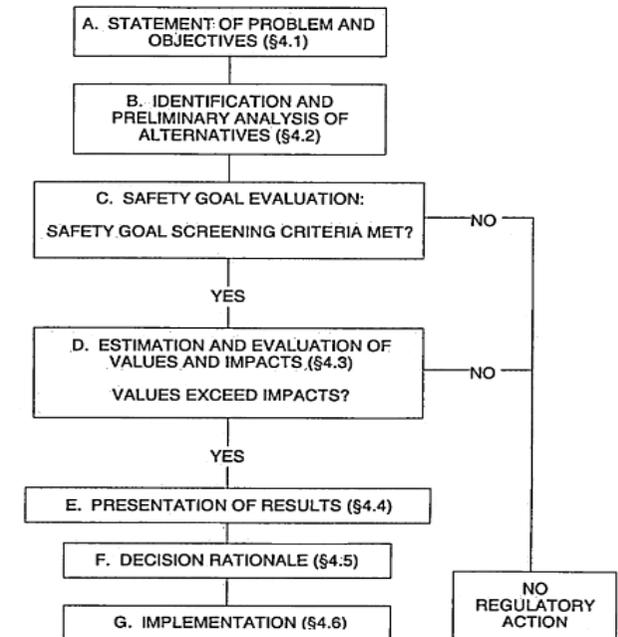


Figure 3.1 Regulatory Analysis for Nuclear Power Plant Cost-Justified Substantial Safety Enhancements

図4.3 NUREG/BR-0058 Rev.4
(Regulatory Analysis Guidelines
of U.S. NRC)

安全目標活用のための提言

方針を明確に示すこと

【米国NRCの場合】

- ◆ 1986年 「原子力発電所の運転に関する安全目標政策声明書」発表→めざす安全レベルの明確化と明文化
(Safety Goals for the Operation of Nuclear Power Plant; Policy Statement 1986)
発行に当たって米国内の **4箇所において公聴会**を実施し、安全目標に関して広く意見を求めている。
- ◆ 1995年 「PRA活用政策声明書」発表→**PRAを活用**する分野の明確化と明文化
(Use of Probabilistic Risk Assessment Methods in Nuclear Regulatory Activities; Final Policy Statement)
 - (a) PRA の知見の活用により改善された安全に関する決定
 - (b) 資源の更なる効率的な活用
 - (c) 許認可申請者の不必要な負担の軽減

【日本の場合】

- ◆ 2003年 旧原安委による安全目標（定性的目標と定量的目標）についての**中間とりまとめ**
- ◆ 2006年 同 性能目標として定量的指標値(CDF: 10^{-4} /炉年程度、CFF: 10^{-5} /炉年程度)の提示
→社会との対話や経験の積重ねの重要性が指摘されたものの、必ずしも**継続的な取り組みはなされなかった**
- ◆ 2013年 原子力規制委員会が旧原安委の安全目標に管理目標下限（非管理目標上限）を付加する案で合意
→管理放出により特定核種（Cs-137）の放出頻度を 10^{-6} /炉年以下に抑制
→原子力規制委員会は引き続き検討を継続

【参考】安全目標に関する炉安審・燃安審の調査審議

- 平成29年2月1日：規制委員会が炉安審・燃安審に「規制委員会が目指す安全の目標と新規制基準適合で達成される安全の水準との比較評価」についての調査審議を指示
- 平成29年2月2日～平成30年3月30日：炉安審・燃安審で合同審議
- 平成30年5月9日：炉安審・燃安審より規制委員会に以下を回答
 - 安全の目標は神話に陥ることなく不断に安全性向上を図るとの姿勢に基づく
 - 安全の目標は規制委員会が規制基準の策定などに当たり参照すべき
 - 安全の目標と規制基準への適合によって達成される安全の水準を確率という尺度で直接に比較評価することはできないし行うべきではない
 - 国民に説明するべき

安全目標活用のための提言（続き）

指針・標準類を整備すること

規制当局と原子力事業者が共通の目標に対して**共通の判断目安や評価手法**を持つことが重要

【米国の例】

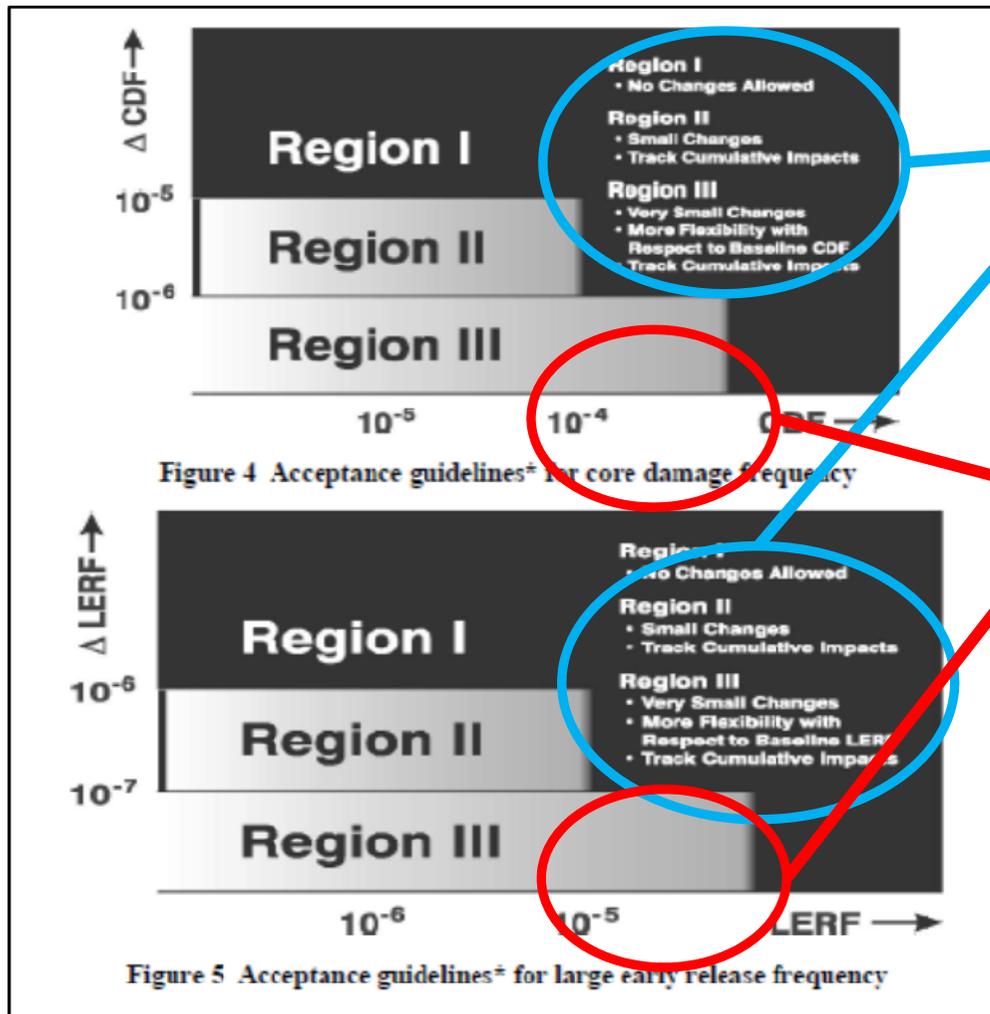
- ◆規制側のみならず、ANS、ASME、NEIなど民間機関が民間規格化を実施
→**NRCは数多くの民間規格を規制活動にも活用**（いわゆる「民間規格のエンドース」）
- ◆1998年NRCが**Reg.Guide-1.174を公刊**（リスク情報活用に関する指針の整備例）
→個別プラントにおける許認可ベースの設備変更の意思決定に関してリスク情報の活用を意図
→ある設備(運用)変更に際して受容しうるリスク増分を、CDF/LERFのそれぞれについて提示

【日本の例】

- ◆原子力学会、日本機械学会、電気協会などが米国と同様の民間規格類の策定に取り組んでいる
→ **規制への活用**について特に安全分野は改善の余地があり、**今後積極的に取り組むべき（注）**
- ◆2005年5月：旧NISA（原子力安全・保安院）が「原子力安全規制への「リスク情報」活用の基本的考え方」発行
- ◆2006年5月：旧NISAが「原子力発電所の安全規制における「リスク情報」活用の基本ガイドライン（試行版）」を、旧JNESが「原子力発電所における確率論的安全評価（PSA）の品質ガイドライン（試行版）」を発行
→ **両ガイドラインは「試行版」に留まった状態**
- ◆2010年日本原子力学会が「安全確保活動の変更へのリスク情報活用に関する実施基準」(Reg.Guide-1.174相当)を刊行 → **現状規制側からのエンドースはされていない（注）**

（注）原子力規制委員会は平成30年6月に「原子力規制委員会における民間規格の活用について」を発出

【参考】NRC Reg.Guide-1.174 (“AN APPROACH FOR USING PROBABILISTIC RISK ASSESSMENT IN RISK-INFORMED DECISIONS ON PLANT SPECIFIC CHANGES TO THE LICENSING BASIS”) について



◆ Region I からⅢを定義
 →各Regionの境界線までの裕度が小さくなるに連れて規制の関与の度合いは強まる

◆ 10^{-4} 、 10^{-5} を超えるところまで領域Ⅲを定義
 →CDFやCFFが 10^{-4} 、 10^{-5} を超えること自体は禁止されていないが総合的に厳しい管理が要求

「安全目標」再考
 -なぜ安全目標を必要とするのか？-
 P22 図4. 4 U.S.NRC Reg.Guide-1.174

安全目標活用のための提言（続き）

活用の実績を積み重ねること

◆原子力規制委員会 安全目標の活用の方向性の議論

- ・規制当局による規制要求→事業者が安全性評価
→規制要求の見直しというプロセスの明確化
- ・**安全目標は規制を進めていく上で目指す目標**
- ・事業者による取組を進めるための重要なツール

一般的安全問題であると判断される場合は、
安全規制に適切にフィードバック（決定論的な規制基準の見直し）



- 事業者および規制当局が互いにスパイラルアップしていくため実績を積み重ねていくことが必要不可欠
- 自主的に活用できる範囲やリスク情報活用のために必要な基盤整備を着実に行うことでリスク情報活用を推進
- 実績を積み重ねながら**規制当局と事業者がコミュニケーション**を行い**リスクリテラシーを高める**ことが肝要

資料6-2 安全目標を参照した原子力安全の持続的な向上の取組について



安全目標は、規制が実現しようとする目標であるとともに、事業者による取組を進めるための重要なツールでもある

安全目標活用のための提言（続き）

不確かさを踏まえること

- 確率論的リスク評価：どのような頻度でどのようなシナリオがどのような結果をもたらすかを現実的に評価
- 決定論的評価：保守的に（安全側に）評価することによって安全裕度を確保

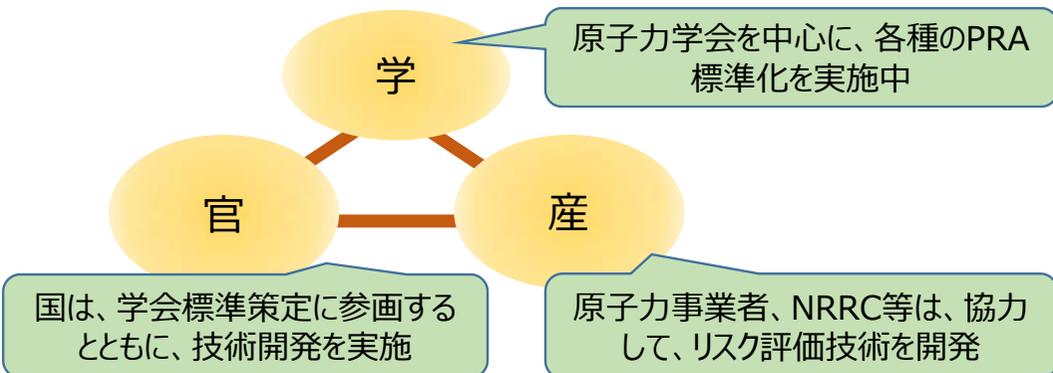
- **全ての事象を安全側に考慮した評価**→リスク管理のための対策の優先度決定で**誤った判断**へと導くおそれ
- 過度に安全側に設定した評価、結果の**不確かさに安全側の数値を用いればよい**というものではない。
- **ただし、本来バラツキがあるものや十分な知見が得られていないもの**（人間信頼性の不確実さや溶融炉心の挙動や水素爆発等の物理現象）については**包絡的に評価**
- また、地震・津波など**自然災害リスク発生規模と頻度**など現状の技術水準では**不明確**な部分も課題
- CDFやCFFなどによる**意思決定では最確値（平均値）**を用いつつ、**得られる不確実さも勘案しながら活用**するという考え方が重要



まずは、可能な範囲から安全目標またはリスク情報の活用を進め実績を積み重ねが必要。
不確実さを含んだリスクと適切に扱うプロセスこそが真の安全性向上につながる

安全目標活用のための提言（続き）

技術を深化・拡張すること



産学官での
継続的な連携と
取組み

あるべきPRAの姿

- 全てのハザード
- 全ての運転モード
- 複数基サイト など

あらゆるリスクが全て完全に
評価できる状態

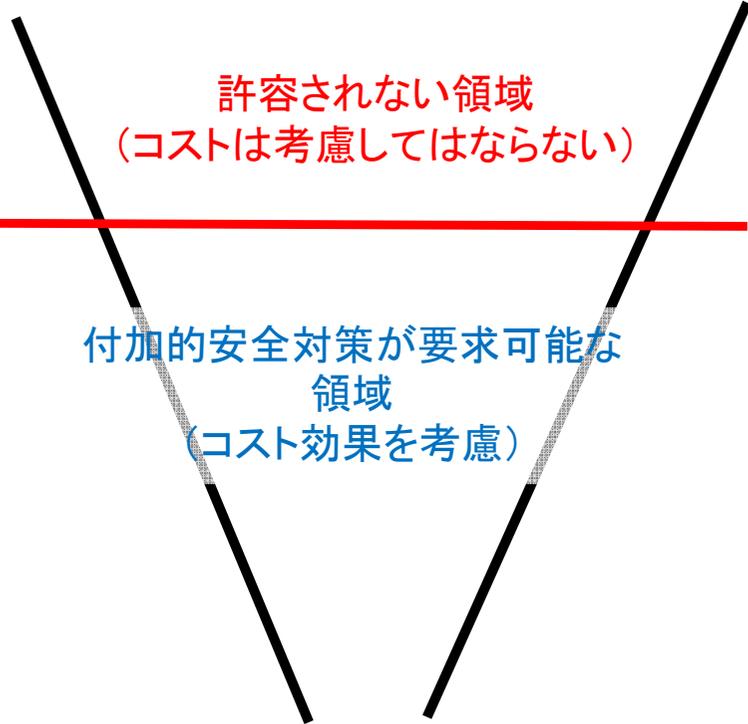
- 現状において、PRAにより、あらゆるリスクが全て完全に評価できる状態にはない（継続的な取組みの継続が必要）
ただし、**不完全であることをもって、PRAが活用できないということではない**
- 大切なことは、
 - 可能な範囲でのPRA結果をリスク情報活用の一助とし、
 - 決定論的あるいは定性的な評価でもって大きなリスク要因にならないことを評価し、
 - 更なる深化を継続していく こと
- また、
 - 得られた知見で安全性向上のために何ができるのか、何をすべきなのか、
 - 活用するためより深いリスク認識に至るために必要な評価の考え方や手法は何なのか
 - **自ら継続的に検討・開発していくという姿勢と実践**が必要不可欠

安全目標は線(閾値)から面(領域)へ

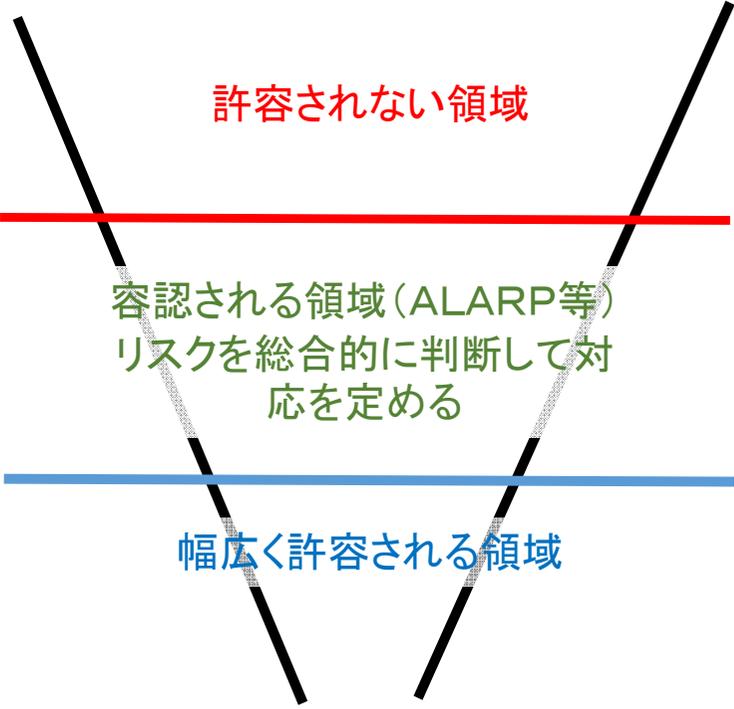
1 閾値、2 領域モデル
米国バックフィット裁判所判断

2 閾値、3 領域モデル
英国HSE 2006、日本学術会議、向殿政男 明治大学 他

横幅は規範性(Prescriptive)の
度合いを示す

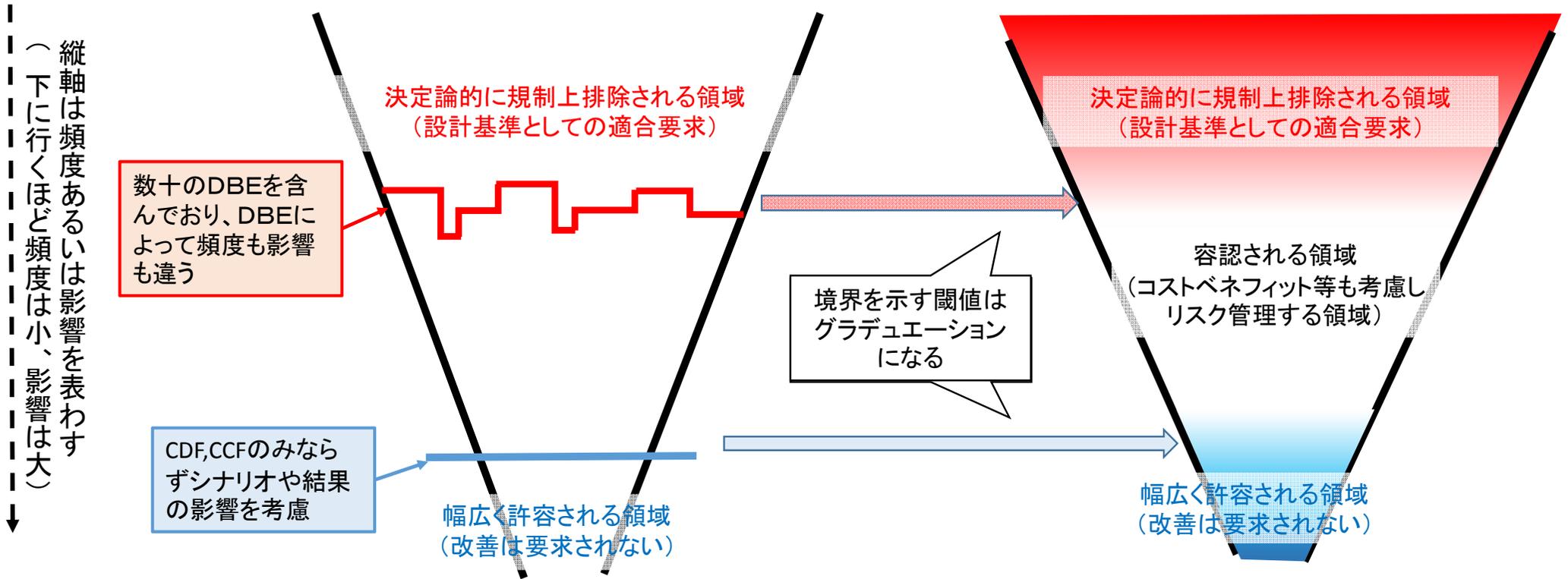


縦軸は頻度あるいは影響を表わす
(下に行くほど頻度は小、影響は大)



安全目標 線(閾値)から面(領域)へ

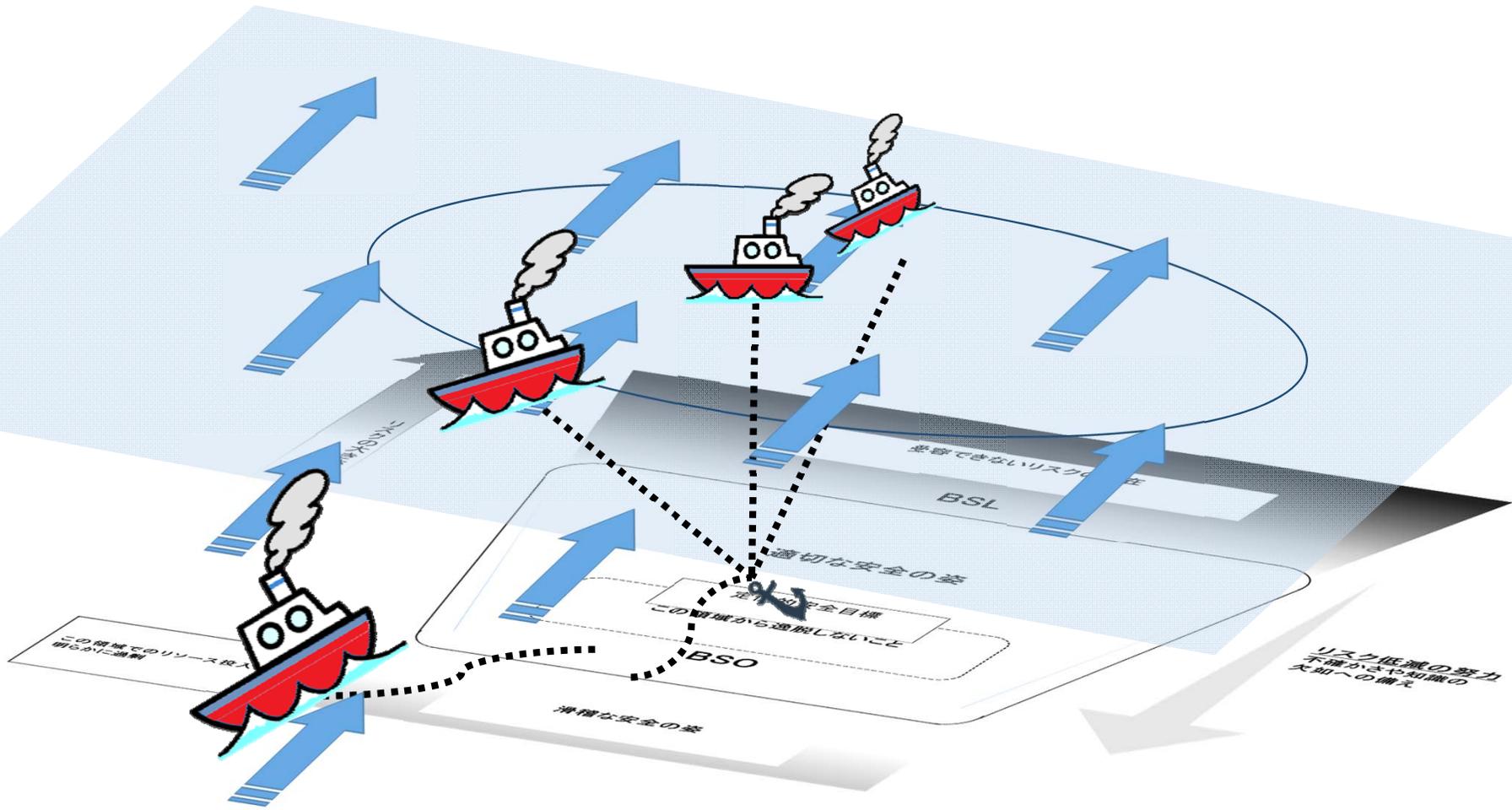
横幅は規範性(Prescriptive)の度合いを示す



安全目標 線(閾値)から面(領域)へ

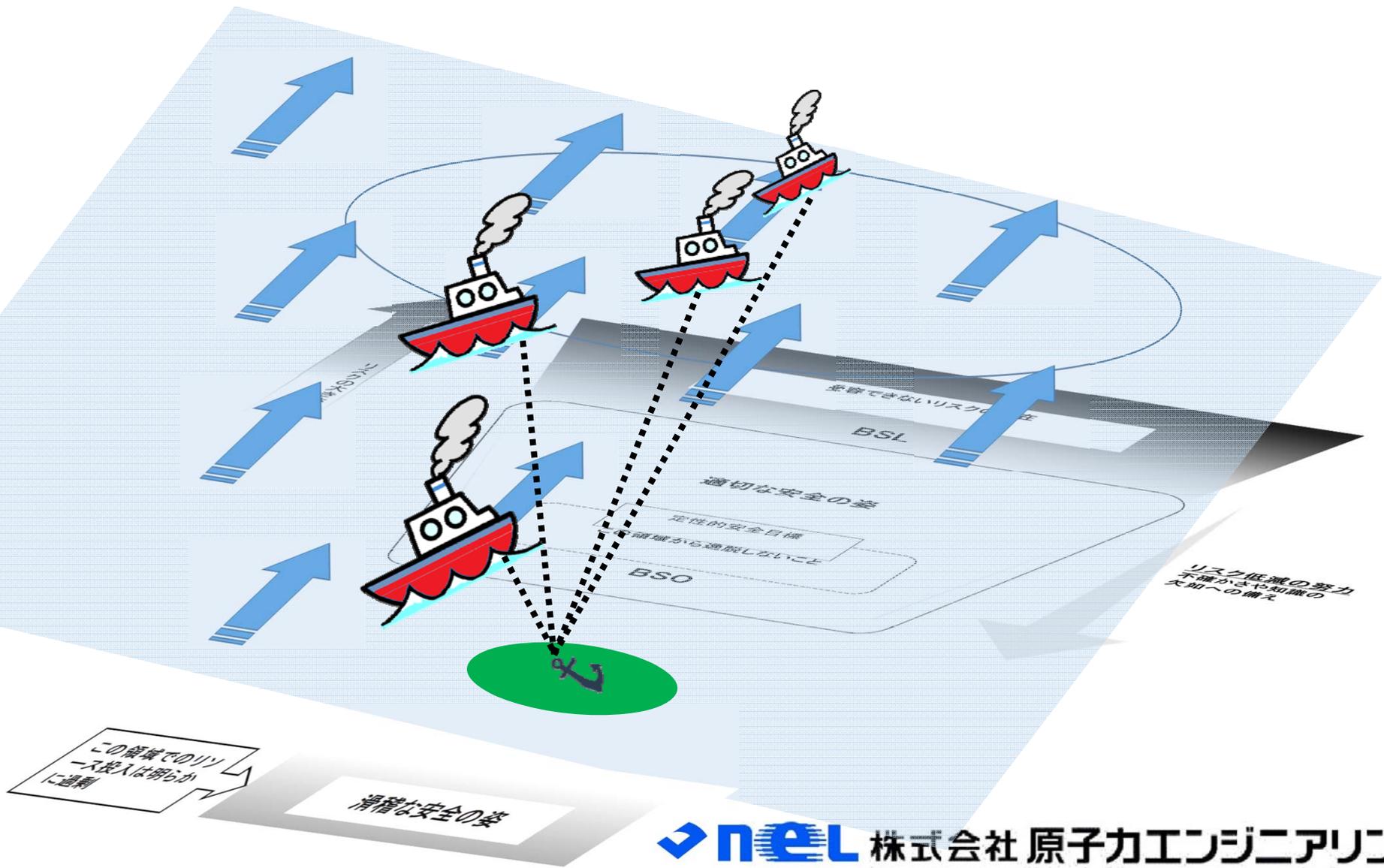


「安全目標」再考
—なぜ安全目標を必要とするのか?—
p9 図2.3 定性的安全目標概念図





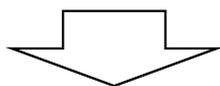
適切なトライとは？



決定論と確率論

決定論

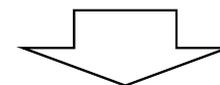
- 所定の起因と確定的に決めたシナリオ(単一故障)
- 保守的な解析条件
- 余裕のある基準



- 起因にコミットする
- 基準には必ず適合しなければならない

確率論

- シナリオは多重故障を含み、多岐に展開(網羅的に把握)
- 解析条件は原則BE値
- BE値の結果とともにシナリオの重要性、数値の不確定性を評価



- 結果にコミットする
- 目標はめやすであり、結果を改善していくことが重要

決定論と確率論の結合

決定論 起因にコミット

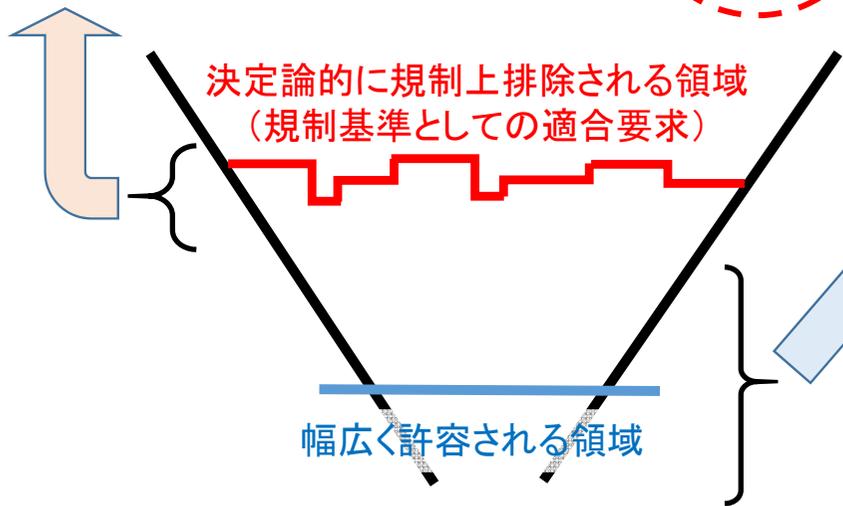
規制要求			
平常運転	過渡	設計基準事故	重大事故等
起因発生頻度 1	起因事象発生頻度 ~10 ⁻²	起因事象発生頻度 ~10 ⁻³	設計基準事故よりさらに 低い頻度?
平常被ばく基準 他	DNB基準、 MCPR基準 他	PCT基準 CV設計耐圧基準 他	PCT基準 CV限界圧力・温度 Cs-137の放出量が 100TBqを下回っている こと 他

新規規制基準としての要求

確率論 結果にコミット

シビアアクシデントマネジメント			
炉心損傷回避	格納容器破損回避	サイト外影響緩和	防災対策
考えられうる起因事象を確率頻度とともに想定し、事象展開を網羅的、確率的に把握する			頻度によらない
全CDF: 10 ⁻⁴	全CCF: 10 ⁻⁵	QHO: 10 ⁻⁶ 大規模放出時の緩和措置の実施	サイト毎の防災対策計画の策定 他

結果としてのすべてのシナリオの合計値



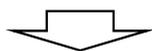
IAEAの階層型安全目標をベースとした統合型安全目標の提案

第1層 原則 (principle)	人と環境を電離放射線の有害な影響から守る									
第2層 一般 (general)	全ハザード、全ての運転状態、に対しそれらの状態に応じて適切な防護措置を講じることで他産業と比較しても低いリスクに抑制する									
第3層 共通 (common)	規制要求				シビアアクシデントマネージメント				核防護	
	平常運転	過渡	設計基準事故	重大事故等	炉心損傷回避	格納容器破損回避	サイト外影響緩和	防災対策		
	起因発生頻度 1	起因事象発生頻度 ~10-2	起因事象発生頻度 ~10-3	設計基準事故よりさらに低い頻度?	考えられる起因事象を確率頻度とともに想定し、事象展開を網羅的、確率的に把握する			頻度によらない		
	常に深層防護の健全に保つため、各層を形成する機器等を保全し、検査すること 通常運転時の放射性物質の放出量を合理的に実行可能な限り抑制すること 周辺の住民と環境に確定的な影響を与えないこと	運転期間中に1度程度の起因事象に対し単一故障かつ保守的条件での解析で被覆管の健全性を保てることを確認すること	過渡よりさらに低頻度の起因事象に対し単一故障かつ保守的条件での解析で所定の設備等で注水・冷却し炉心の冷却可能形状を保てることを確認すること	多重故障等により安全機能が喪失し著しい炉心損傷に至る可能性があると想定される事故シーケンスグループ等を考慮しても著しい炉心損傷、異常な水準の放射性物質の放出を回避する防護措置を講ずること	DBEを超える多重故障により大規模な炉心損傷に至る可能性のある事象に対しても、そのリスクを一定以下に抑制するよう防護措置を講ずること	DBEを大きく超える多重故障等により炉心溶融を想定しても格納容器破損及び周辺住民のリスクを脅かす事象に対してもそのリスクを一定以下に抑制するよう防護措置を講ずること	最終障壁の閉じ込め機能喪失時可能な限りサイト外への放射性物質の環境放出を抑制し周辺住民のリスクと環境汚染を回避する措置を講ずること 原子カリスクを既存の社会リスクの0.1%以下に抑制すること	周辺住民のリスクを最小限に抑制するために大規模放出時の可能性がある場合には周辺の住民が避難する計画を策定しておくこと 避難計画は訓練しその実効性を確認しておくこと	テロ等のリスクを最低限に抑制するために侵入検知、迅速通報、枢要施設等への接近を遅延させる措置を講ずること	
第4層 固有 (specific)	平常被ばく基準 他	DNB基準、 MCPR基準 他	PCT基準 CV設計耐圧基準 他	PCT基準 CV限界圧力・温度 Cs-137の放出量が 100TBqを下回っていること 他	全CDF<10-4	全CCF<10-5	QHO<10-6 大規模放出時の緩和措置の実施	サイト毎の防災対策計画の策定 他	核防護計画の策定 他	
具体的な防護措置例	運転上制限(LCO) 保守遵守事項 放出管理目標 他	原子炉停止系 非常用電源系 他	原子炉停止系 非常用電源系 非常用炉心冷却系 工学的安全施設 他	重大事故等対処設備	可搬式ポンプ SA用恒設ポンプ 他	SA用CV冷却機器 水素再結合装置 他	フィルターベント 放水泡 プラント状態の通報 他	屋内退避	住民退避を含む緊急事態の訓練	テロリストの侵入検知、関係機関への通報、枢要区域への接近遅延のための施設と措置

定量的評価を有意義に使う

定量的評価に頼り過ぎる

- ・閾値をクリアすることだけを考え、過度にBEなモデル化、条件を入れてしまう
- ・一旦クリアしたら思考停止してそれ以上改善しなくなってしまう



クリアできると安心し結果的に安全神話に陥ってしまう
クリアできないとPRAそのものの活用が止まってしまう



バランス
が重要！

定量的評価を避け過ぎる

- ・定量評価はいけないことだと思ってしまう
- ・シナリオや影響の知見の細かなことばかりにこだわり過ぎてしまう
- ・過度に大きな保守性を持たせた評価を志向する



結果的に決定論によるゼロリスクを指向してしまう
定量評価の利点を活用できず非現実的対応になる

まとめ(統合型安全目標の特徴と課題)

【特徴】

- 違う概念である確定論と確率論を統合
- 安全目標の3領域構造の考え方にも整合
- 安全目標として平常時からSA、防災やセキュリティも包含
→後段規制の新検査制度ROPやRI保全とも整合
(ROPのcorner stoneやperformance basedの考え方)

【課題】

- 確定的なbeyond DBEへの規制体系にはRIDMによるalternativesの取扱を考慮できる枠組みが望ましい
- リスク活用をよく理解し、定量評価をバランスよく使う