

CIGS 原子力安全 ワークショップ  
「原子力のリスクと対策の考え方 - 社会との対話のために -」  
キヤノングローバル戦略研究所、2016年3月4日(金)

# 「原子力の役割と安全」

**CIGS** 原子力安全研究会

氏田 博士

キヤノングローバル戦略研究所

# 背景と目的(1/2)

- CIGS 原子力安全研究会は、原子力の現状における安全課題を明確化し、対策の考え方を体系的に整理して、社会に発信し議論していくことを目的に2014年10月に発足した。
- 我々の問題意識の原点には、「部分最適は全体最悪を生む」にあり、システムのバランスを見て総合的に安全性を向上させる「システム安全」の考え方にある。要は、システムを過不足なくバランス良く設計し運用して安全を作り上げることが肝要である。
- すでに高いレベルで安全設計がなされているシステムで想定外の重大事象が起きることは稀である。想定外の事象を網羅的に捉えようとするとは多くを検討しなければならない。全てに対策を講じようとするれば多大な経済的負担を生じてシステムの存在意義そのものが失われかねない。ここにリスクに基づく安全評価を行う必要性和価値が生じる。
- すなわち、PRAでは、結果の重大さ、不安全事象が起こりえる頻度、そして対策に要する資源を考慮して、多数の可能性の中から手を打つべき重要な想定外事象(事故シナリオ)を合理的に割り出す。

# 背景と目的(2/2)

- 福島第一発電所事故を受け、各機関において安全思想の基本概念である「深層防護」について様々な議論がなされているが、深層防護の両輪である「安全設計」と「安全運用」の役割分担は未だに結論が見いだされていない状況にある。
- 原子力発電所では、安全設計や安全運用に加え、「安全規制」も加わりそれらが分担・協力して原子力の安全性を高めている。しかし、この安全の議論のもととなる定量的なリスクが不在のために、多数個別の安全対策に追われ、結果的に国民に負担を掛けることになっている。
- 原子力は社会性が高いため、システムを合理的にとらえるリスクマネジメントの視点で安全を評価し社会と対話を図ることが必要とされる。

# 「システム安全」の考え方

## □ システム思考「部分最適は全体最悪を生む」の認識

過不足のないバランスの取れたシステムの設計と運用

## □ 安全目標「どこまで安全なら安全と言えるか？」

“How safe is safe enough?”

- 確率論的リスク評価、PRA

## □ 技術システムの選択「有用感と安心」

- リスクベネフィット解析
- リスクコミュニケーション

# システム思考

## 1) 目的指向：トップダウン

システム工学の最終目標は、目的を満足するシステムを実現すること  
そのため的手段や形式は問わない

システムの思考法は必然的にTop Down的な形式をもつ

## 2) 多数の代替案を考慮：最適化

ある目標を達成する手段は一つではなく、多数の代替案の中から、予め定められた評価基準に従って最適な案を選択

## 3) システムの階層構造を考慮—上のレベルで同形性を探る：バースアイ

直面している問題を常に一段上のレベルから見る

## 4) 部分と全体との関係を重視—システム内の階層性で同形性を探る：分析力

サブ問題やサブシステムを扱う時、常にシステム全体との相互関係を重視  
システム全体のバランスと同時に部分の果たす役割を積極的に考慮

## 5) システムのライフサイクル全体に対する考慮

システムが大規模であればあるほど、計画段階から交替を考慮

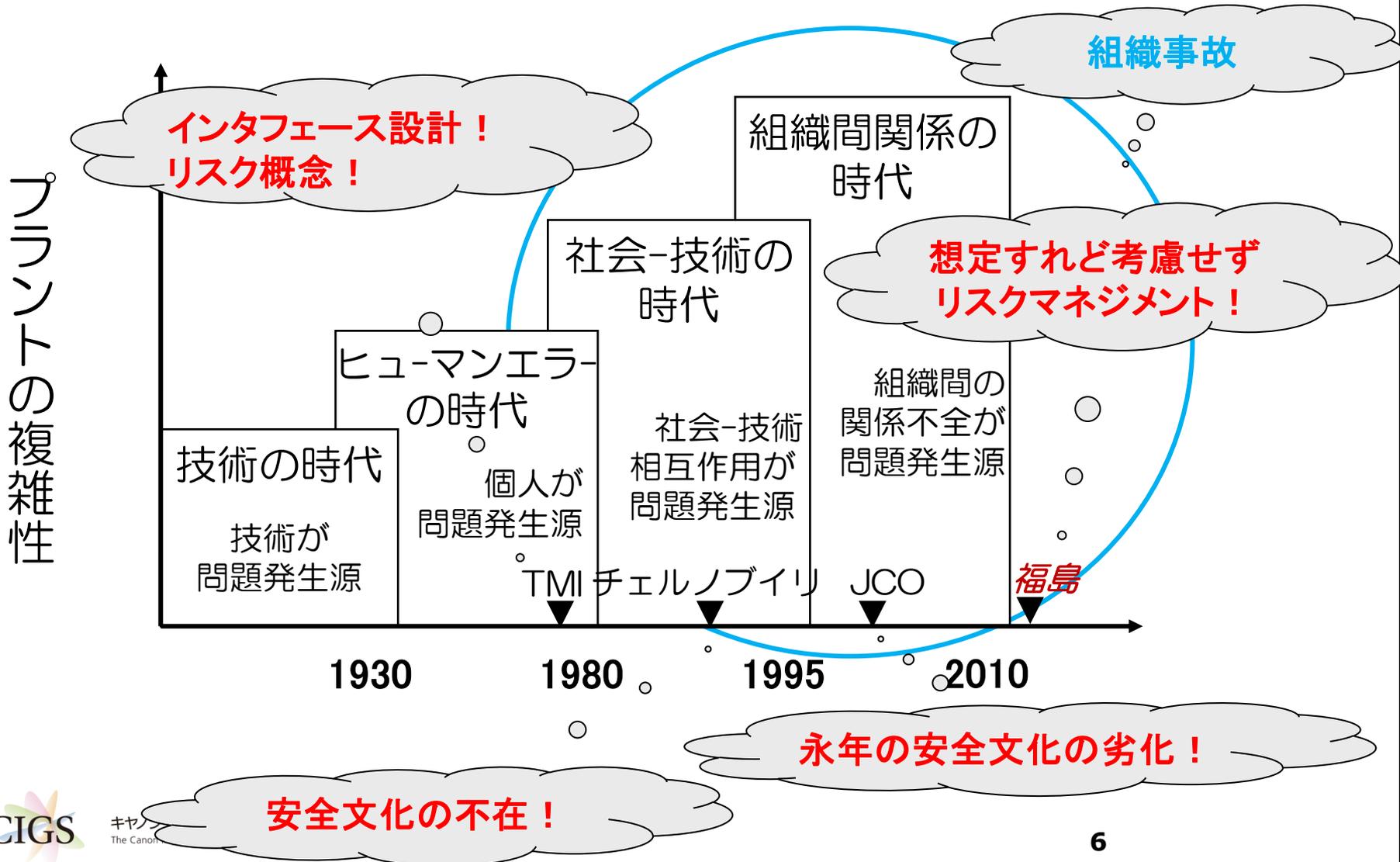
計画→設計→製作→運用→廃棄のライフサイクル全体への考慮を重視

## 6) 学習と進化の考慮

環境や状況の変化に適應できるように学習と進化を考慮

# 安全とリスク

## 安全問題のスコープの広がり (REASON, 1993)



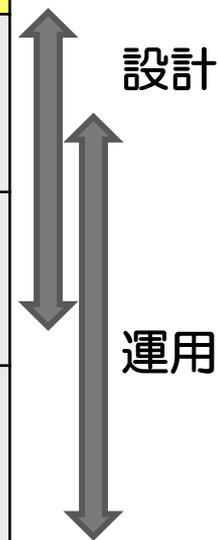
# エラーって何？

- 安全と品質保証と性能と経済性
- 刑法 : ケア、性悪説、規範的人間像
- 人間工学: アテンション、性善説、もろい人間像？ HRA1  
To err is human, to forgive divine
- 認知科学: 文脈の中での限定合理性に基づく判断と  
神の目から見た判断 HRA2
- 組織事故: ハードから人間から組織へ、安全文化の課題
- 標準(スタンダード: 慣例・道徳)と基準(ルール: 法・規制)
- 社会の変化に応じて、規範も変化する
- 根本原因分析: 未然防止-「安全とは、人間とは」の視点で！
- セキュリティ問題(悪意)の扱い？

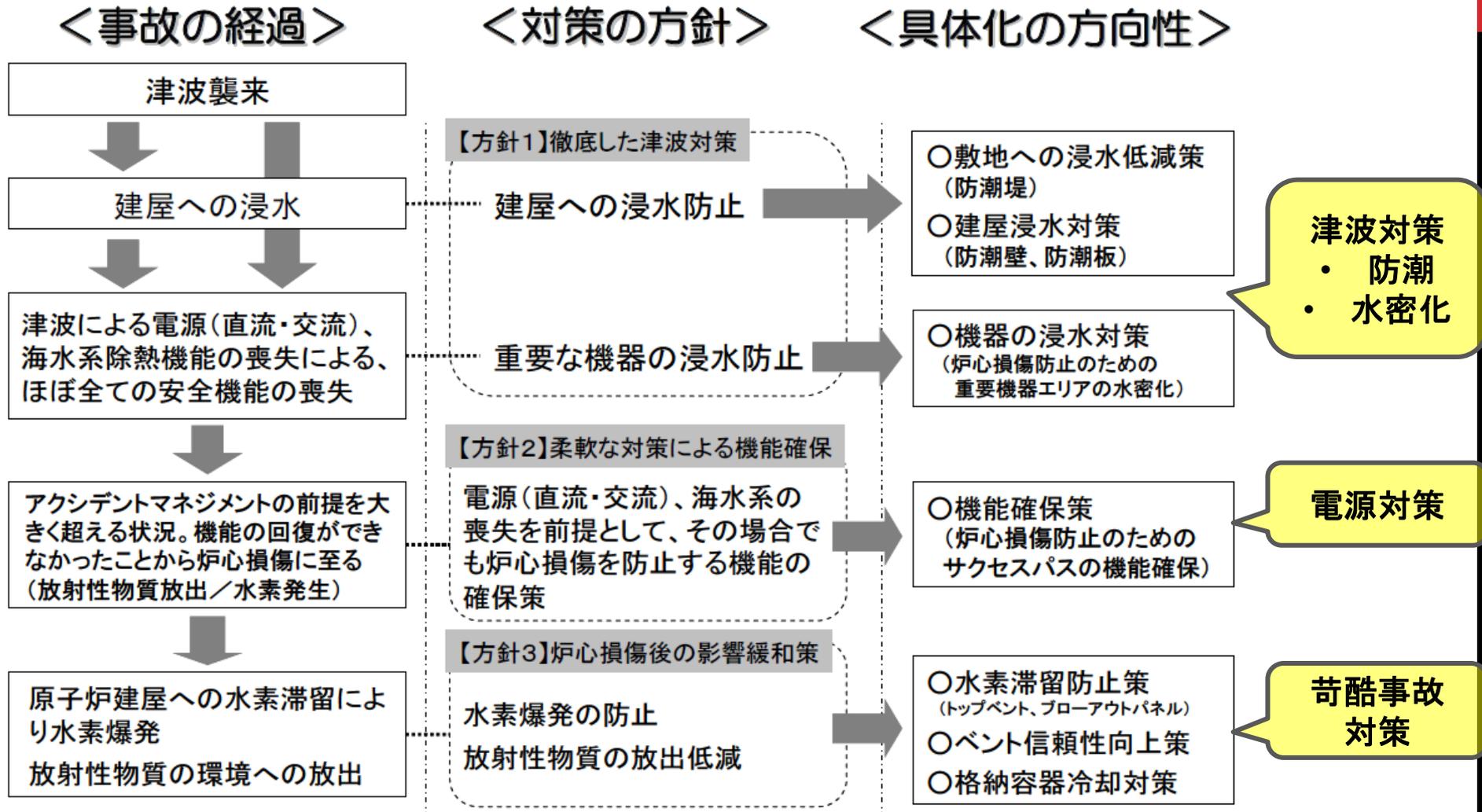
# 事故・エラーのモデルと分析方法・対策の関係

(氏田、2014.4) ← (Hollnagelの分類)

事故のモデル	エラーのモデル	探索原理、分析方法	解析の目標、対策
ドミノ (故障の連鎖)	機器故障と ヒューマンエラー	原因 - 結果 因果関係	原因と連鎖の排除
スイスチーズ (多様性の喪失)	システムエラー (共通原因故障)	リスク分析 リスク評価	防護とバリアの維持
組織事故 (深層防護の誤謬)	安全文化の劣化	行動科学 安全文化チェックリスト	組織文化のモニタと 制御 (組織学習)



# 東電:事故の経過と対応方針の関連





# 安全思想(深層防護)の再構築 スイスチーズモデル

リスクマネジメント: 1.安全想定

危険

深層防護:  
2.安全設計(ハードバリア)の再構築

津波対策

建物の  
配置と設計

電源供給の多様性  
長期冷却システム  
(動的・静的機器)

シビアアクシデント対策  
(PCVベント)

リスクマネジメント:  
4.安全社会システム

可動式冷却装置、  
ベントシステム、  
水源の多様性

苛酷事故  
対策

電源対策

最終的な  
ソフトバリア:  
危機管理

事故

深層防護の誤謬-安全文化の劣化-組織事故  
の連鎖を断つ:  
3.安全運用(ソフトバリア)の確立

# 「想定外対応を統合した安全思想の再構築」

- 1) 想定外事象とは何を指しているのか、初期事象なのか結果として発現した事象なのか、レアイベントをどこまで考慮すべきか **(安全想定の問題)**
  - 十分想定し準備しておくことこそ、安全学の目標そのもの
  - 現実的な安全課題の解決には、「想定外」をどのように安全想定・設計・運用・体制に取り込むかを十分に考察することが重要
- 2) 想定外事象に対しハード的にどこまで対応できるのか **(安全設計の問題)**
  - 決定論的な安全評価における設計基準事故のいわゆるLOCA（冷却材喪失事故）を前提とした原則では、閉じ込める機能が重要
  - 今回のようなLOPA（電源喪失事故）では、逆に冷やす機能の有効性が疑われる事態では早めに放出する方が事象の拡大を防ぎえる場合もある
  - 確率論的安全評価では、従来から課題を摘出していた
  - 今回の事故を契機に、事象に応じた安全原則に見直すべき
- 3) 想定外事象における人間や組織の対応をどこまで期待できるのか **(安全運用の問題)**
  - ソフトバリアの確立
  - レジリエンスの活用
- 4) レアイベントに対して国家としてどこまで対応するか **(安全社会システムの問題)**
  - いわゆる国策民営の在り方
  - リスク論に基づく安全規制への方向転換
  - セイフティネットとしての保険
  - 原子力だけの問題としてではなく、日本の**官僚システムと規制体系**の抜本的な見直し

# 4つの課題

1. シビアアクシデント対策を含む深層防護の考え方を論理的に再構築する。
2. 電気事業者が新規制基準に従い実施している安全対策とその費用に関する情報を収集し、安全対策の現状(対策の項目やコスト)を明らかにする。
3. 確率論的リスク評価は、現在の安全の水準を総合的に評価し定量化する特徴を持つので、安全評価と対策立案の過程に有効活用する方法を検討する。
4. 原子力の社会的受容を考えるに際し、リスク評価だけではなく、ベネフィット(例えば、気候変動対策、環境対策、エネルギーセキュリティなどに対する有効性)も考慮してエネルギーシステムとして比較評価する方法を検討する。

# 工学的安全設備

## Engineered Safety

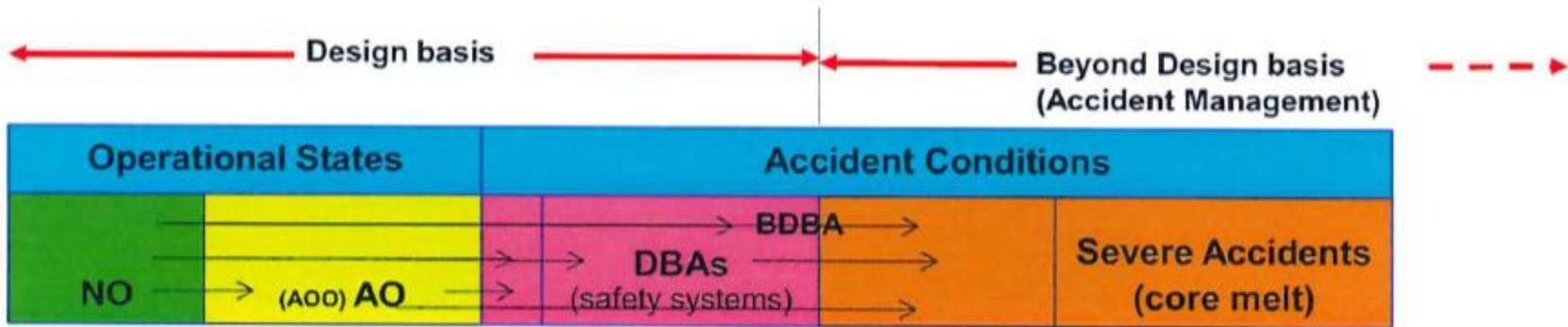
<u>Levels</u>	<u>Objectives</u>	<u>Example Means of ABWR</u>
Level 1	Prevention of abnormal operation and failures	Anti-Earthquake Measures
Level 2	Control of abnormal operation and detection of failures	RPS (Reactor Protection System)
Level 3	Control of accidents within the design basis	ECCS Primary Containment Vessel Secondary Containment SGTS, FCS
Level 4	Control of severe plant conditions	Inert PCV Severe accident measures
Level 5	Mitigation of radiological consequences	Exclusion distance Off-site emergency response

Ref.: IAEA, "DEFENCE IN DEPTH IN NUCLEAR SAFETY, INSAG-10, A report by the International Nuclear Safety Advisory Group", 1996.

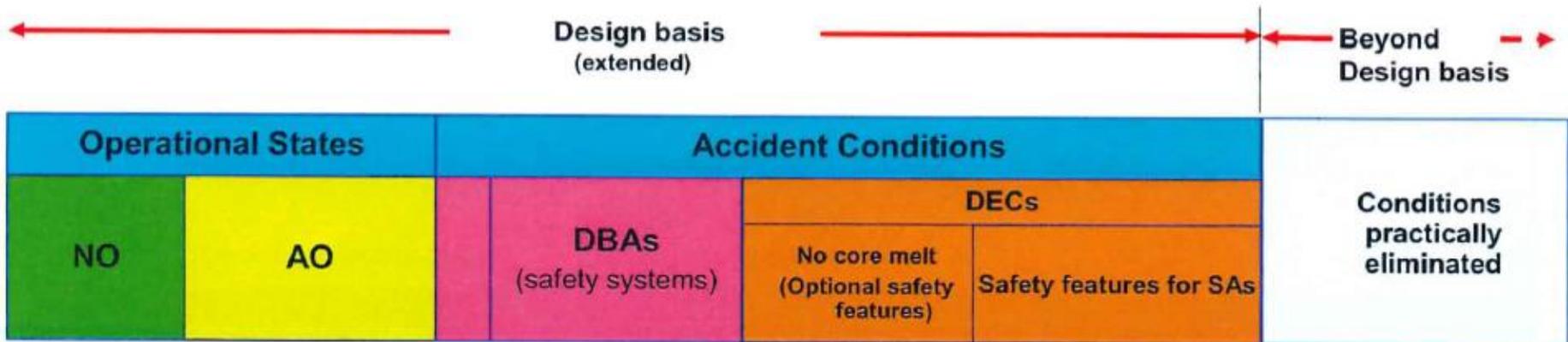
# プラント状態と設計基準と深層防護の関係

## IAEA設計安全要件

Earlier Concept 2000



SSR-2/1, 2012 DB/=DBA, BDB/=BDBA (No BDBA), DEC: Design Extension Condition



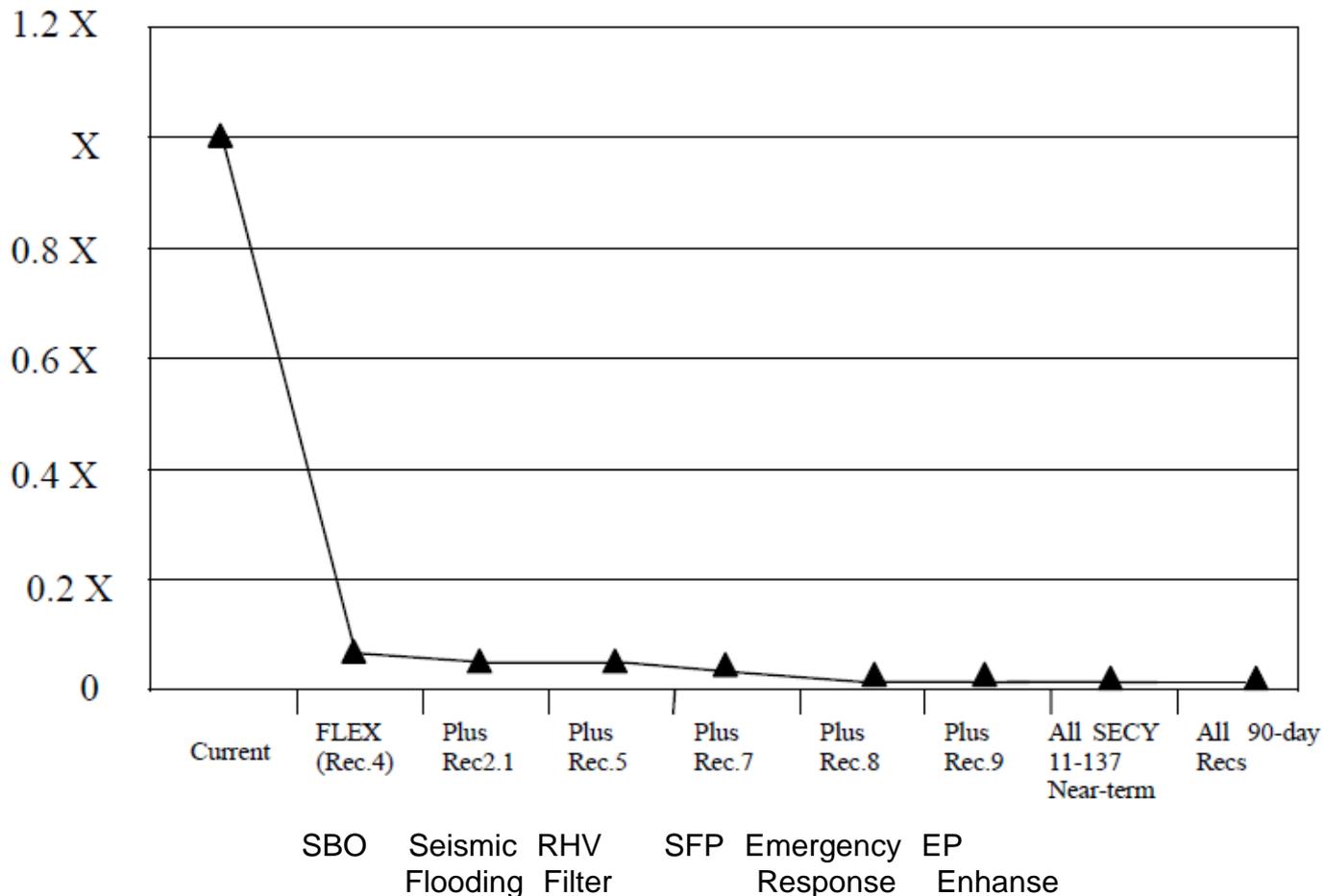
Design Basis(DB) of equipment for Operational states

DB of Safety Systems

DB of Safety Features for DEC  
DB for Preventive Safety Features

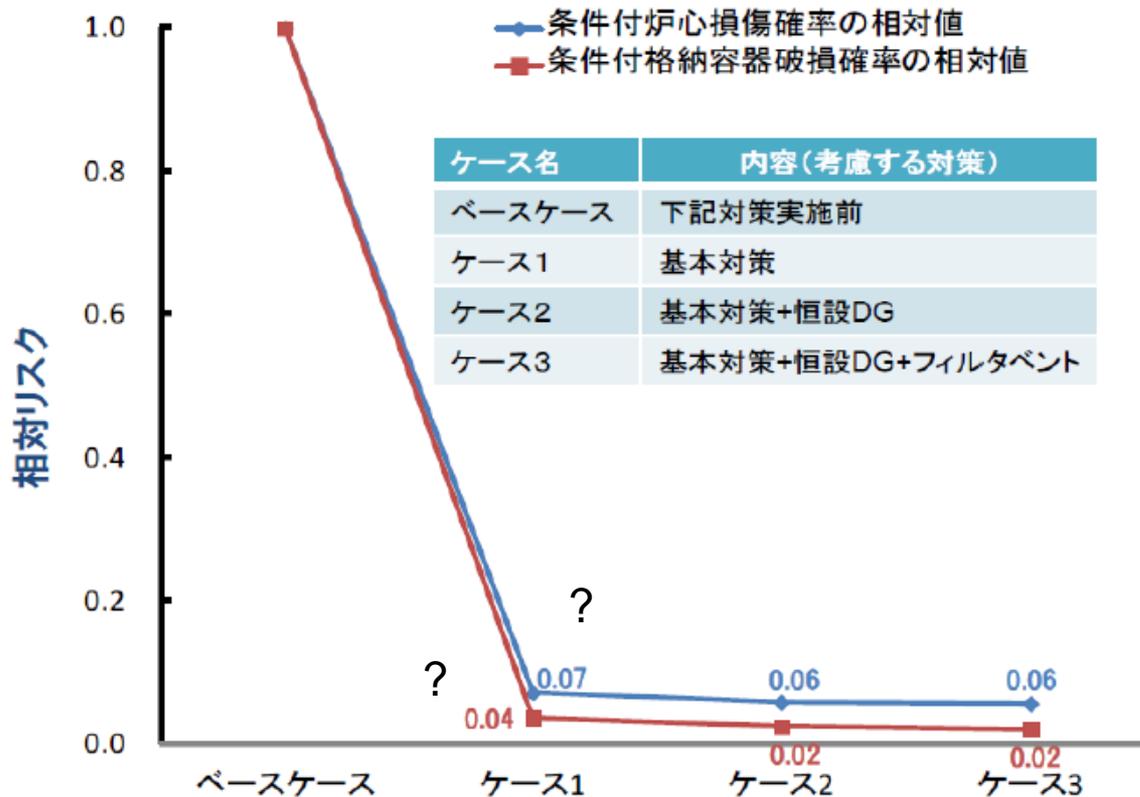
DB of Containment Systems

# FLEX によるリスク低減効果 (NEI提言)



福島第一事故の教訓を早期に実現するための統合的な安全確保の取り組み  
 ( 米国原子力エネルギー協会NEI (Nuclear Energy Institute) による多重防護強化策の提案 )  
 平成24年2月1日 原子力安全委員会事務局

# 対策によるリスク低減効果（保全学会提言）



ケース1: 基本対策  
(電源車, 給水車,  
可搬バッテリーによる減圧強化,  
格納容器ベント  
+ 格納容器注水)

条件付炉心損傷確率の相対値及び条件付格納容器破損確率の相対値は、ともにベースケースに対して、ケース1の段階ですでに十分に低くなり、ケース2, ケース3の対策を取り入れても、ほとんど寄与しない

# ロバストかレジリエントか

JCO事故調査報告書（吉川弘之委員長）より

- 二律背反のジレンマ

**安全性**を向上させると**効率**が低下する

**規則**を強化すると**創意工夫**がなくなる

**監視**を強化すると**士気**が低下する

**マニュアル**化すると**自主性**を失う

**フルプルーフ**は**技能**低下を招く

**責任**をキーパーソンに**集中**すると**集団**はばらばらとなる

**責任**を**厳密**にすると事故隠し（**情報公開**しない）が起きる

**情報公開**すると過度に**保守的**（**革新的**でない）となる

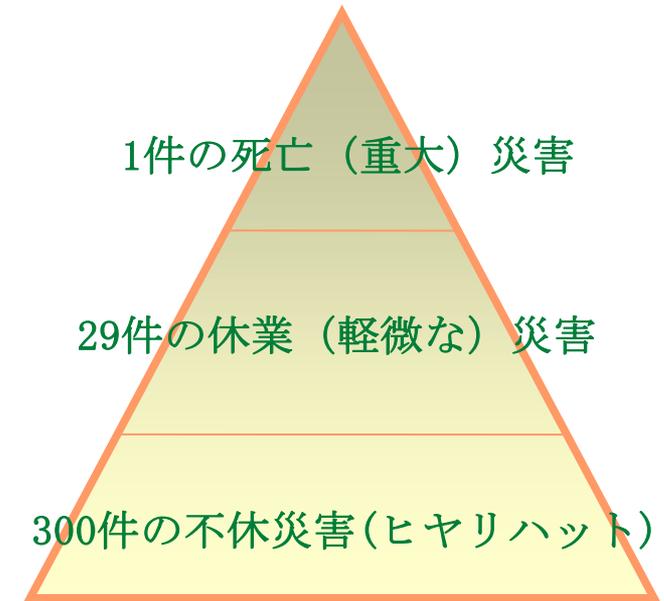
ここまで分析することが根本原因分析：RCAでは?!

# 組織分析の新しい考え方

「Heinrichの法則」：労働災害の分野

## ロ レジリエンス工学

- 事故の予防に役立つ良好事例や事故の悪化を防止した行為などの組織の良い点を更に強化  
=ヒヤリハットの精神そのもの！
- 緊急時の柔軟な組織対応  
=リスクマネジメントそのもの！  
=高信頼性組織HROも同様の発想！  
=リスクリテラシーも同様の発想！



まとめると、

## 柔軟な組織作り

- レジリエンス工学：良好事例に学ぶ；事例分析
- 高信頼性組織：良好組織の実態に学ぶ；エスノメソドロジー
- リスクリテラシー：組織のリスク対応事例に学ぶ；事例分析

## □ 安全設計と安全評価

安全設計のための深層防護(DEFENSE-IN-DEPTH)  
-セキュリティ対策も同様

最前線の故障の防止、拡大緩和、事故への波及防止に重点  
環境への影響が大きいシステムほど後備系への配慮が増加

- 1.故障の防止
- 2.故障の拡大緩和：自己制御性、固有の安全性(本質安全)
- 3.事故への波及防止：フェイルセーフ、フルプルーフ、冗長設計、多様性
- 4.事故の拡大緩和
- 5.環境への影響の緩和：避難

# システムの安全評価1

## 深層防護のバリアごとに安全評価する確定論的手法

- 単一故障基準：考えられる初期事象を現象で分類しそのうちもっとも厳しい事象を代表として想定し（設計基準事故 Design Basis Accident）
- それに加え安全に関わる機器のうちもっとも重要な機器の一つが故障すると想定し（単一故障基準 Single Failure Criterion）
- それでも安全性が十分に確保できることをもって安全を担保できるものと評価
- 単一故障基準 Single Failure Criterion の破綻
- LOCA は、現実的には起こらないだろう (NRC)
- 設計と運用の乖離

# システムの安全評価2

## リスク概念に基づくシステム全体のバランスを評価する確率論的手法

- 確率を考えるとという過程に事象の網羅性が担保されやすい
- 評価にリスクという基準が存在するため合理的な判断可能
  - 安全目標：どこまで安全対策をやれば十分かを定量的に議論
- ライフサイクルを通して、時間的推移も考慮した安全性の判断可能
- システム構築初期のハード的に実現した安全対策に加え、
- 商用に入ってからからの日常の実運用での安全確保も評価可能
  - 点検頻度、許容待機時間などの決定は、本来リスクベース
  - 化学プラント：定検期間延長；1年→2年→
- 将来的な建設延長や計画変更に伴う経済的なリスクも大幅に低減
- 事象発生時の社会的、経済的なリスクも低減
- 不確定性の大きく予測の困難な事象も、専門家判断で定量化可能
  - 地震リスク評価、人間信頼性評価

# 安全のための方法論と手法

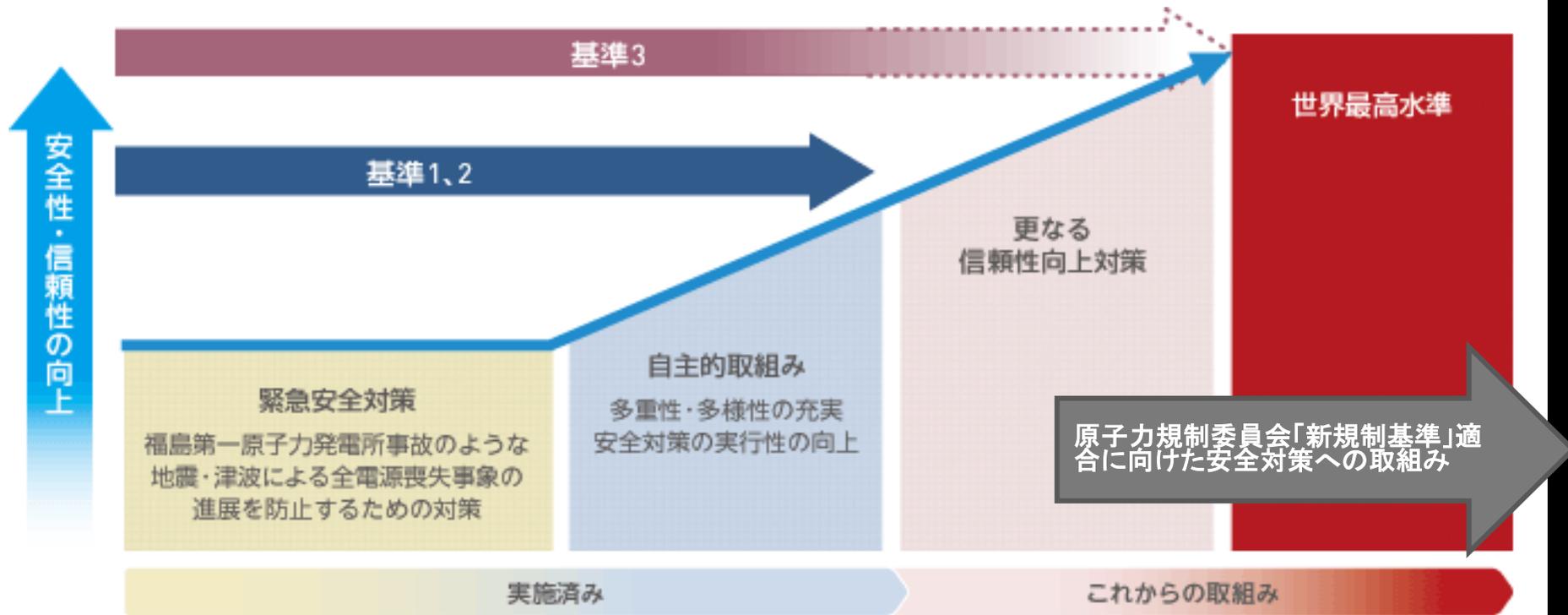
	<u>確定論</u>	<u>両論併用</u>	<u>確率論</u>
設計手法	△	○	×
運用手法	×	○	△
評価手法	△	◎	○

◎：有用、 ○：可能、 △：支援、 ×：不可

# 4つの課題

1. シビアアクシデント対策を含む深層防護の考え方を論理的に再構築する。
2. 電気事業者が新規制基準に従い実施している安全対策とその費用に関する情報を収集し、安全対策の現状(対策の項目やコスト)を明らかにする。
3. 確率論的リスク評価は、現在の安全の水準を総合的に評価し定量化する特徴を持つので、安全評価と対策立案の過程に有効活用する方法を検討する。
4. 原子力の社会的受容を考えるに際し、リスク評価だけではなく、ベネフィット(例えば、気候変動対策、環境対策、エネルギーセキュリティなどに対する有効性)も考慮してエネルギーシステムとして比較評価する方法を検討する。

## 2.福島第一原子力発電所事故後の 原子力発電所における安全確保に向けた取り組み



"福島第一原子力発電所を襲ったような地震・津波が来襲しても炉心損傷に当たらないための基準"の対策

旧原子力安全・保安院がストレステスト審査にて一層の取組みを求めた事項12項目。東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する30の安全対策

世界最高水準の安全性を目指す  
当社の組織体制

# ・更なる信頼性向上対策

## ②東電福島第一原発事故の技術的知見に関する安全対策の実施

平成24年3月28日、旧原子力安全・保安院が東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する国の審議会での論議を踏まえて取りまとめた 30の安全対策

### 東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する30の安全対策

①外部電源対策	1：外部電源システムの信頼性向上
	2：変電所設備の耐震性向上
	3：開閉所※7設備の耐震性向上
	4：外部電源設備の迅速な復旧
②所内電気設備対策	5：所内電源設備の位置的な分散
	6：浸水対策の強化
	7：非常用交流電源の多重性と多様性の強化
	8：非常用直流電源の強化
	9：個別専用電源の設置
	10：外部からの給電の容易化
③冷却・注水設備対策	11：電源設備関係予備品の備蓄
	12：事故時の判断能力の向上
	13：冷却設備の耐浸水性・位置的分散
	14：事故後の最終ヒートシンク※8の強化
	15：隔離弁※9・SRV※10の動作確実性の向上
	16：代替注水機能の強化
	17：使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上

④格納容器破損・水素爆発対策	18：格納容器の除熱機能の多様化
	19：格納容器トップヘッドフランジ※11の過温破損防止対策
	20：低圧代替注水への確実な移行
	21：ベント※12の確実性・操作性の向上
⑤管理・計装設備対策	22：ベントによる外部環境への影響の低減
	23：ベント配管の独立性確保
	24：水素爆発の防止（濃度管理及び適切な放出）
	25：事故時の指揮所の確保・整備
	26：事故時の通信機能確保
	27：事故時における計装設備の信頼性確保
	28：プラント状態の監視機能の強化
	29：事故時モニタリング※13機能の強化
	30：非常事態への対応体制の構築・訓練の実施

#### ※7 開閉所とは

発電した電力を電力系統へ送り出すために設置する中継基地。開閉器で電力回路の開閉を行う施設。

#### ※8 最終ヒートシンクとは

原子炉等で発生した熱を最終的に移送する熱の逃がし場

#### ※9 隔離弁とは

系統などの異常を検地した場合に、安全を確保するために取り付けられた、配管の流路をシャ断する弁。ここでいう隔離弁は、緊急時に冷却水を供給する弁を指しているが、PWR(加圧水型軽水炉)では、電源喪失時においても安全を維持する状態で保持することを確認している

PWRとは、原子炉で発生した熱を取り出す1次系冷却水に高い圧力をかけ、沸騰を抑える形式の原子炉。当社の11基の原子力発電所は全てPWR

#### ※10 SRVとは

PWRにおいては主蒸気逃がし弁。放射性物質を含まない2次系の蒸気を大気へ放出し、原子炉を冷却するための設備。

#### ※11 トップヘッドフランジとは

BWR(沸騰水型軽水炉)の格納容器本体とその上蓋の合わせ面。PWRには格納容器トップヘッドがないため対策不要  
BWRとは、減速材及び冷却材として普通の水(軽水)を用い、原子炉で水を沸騰させてできた蒸気を直接タービンに送って発電する原子炉

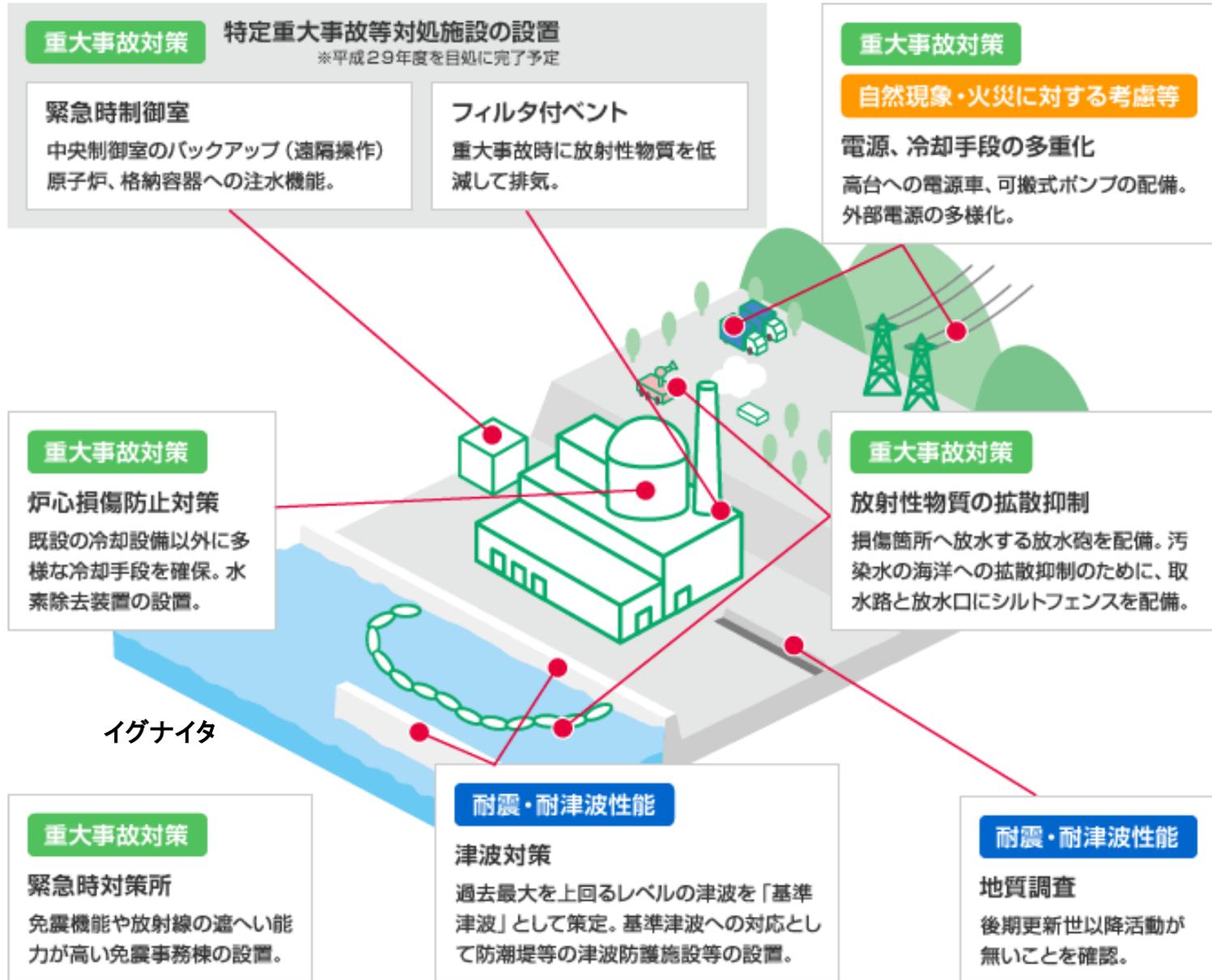
#### ※12 ベントとは

万一炉心が損傷し、格納容器の内圧が大きく上昇した場合に、圧力を低減して損傷を防止するために格納容器から気体を外部へ放出すること

#### ※13 モニタリングとは

原子力施設に起因する放射線や放射性物質の影響を確認するため、原子力施設周辺の環境における空間線量率や土壌、食物、水などに含まれる放射性物質濃度を測定・評価すること

# ・新規制基準の適合に向けた取組み



# 4つの課題

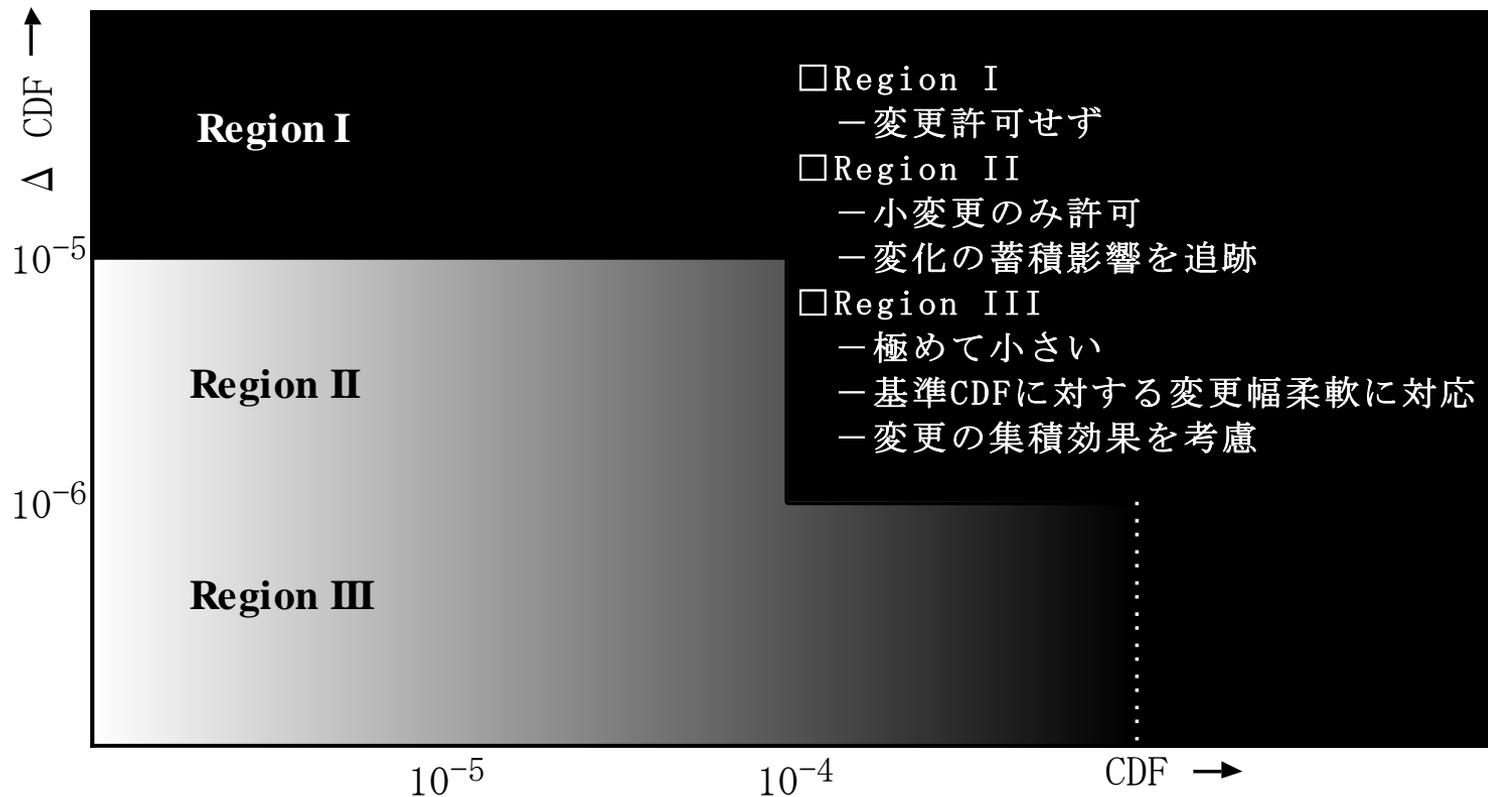
1. シビアアクシデント対策を含む深層防護の考え方を論理的に再構築する。
2. 電気事業者が新規制基準に従い実施している安全対策とその費用に関する情報を収集し、安全対策の現状(対策の項目やコスト)を明らかにする。
3. 確率論的リスク評価は、現在の安全の水準を総合的に評価し定量化する特徴を持つので、安全評価と対策立案の過程に有効活用する方法を検討する。
4. 原子力の社会的受容を考えるに際し、リスク評価だけではなく、ベネフィット(例えば、気候変動対策、環境対策、エネルギーセキュリティなどに対する有効性)も考慮してエネルギーシステムとして比較評価する方法を検討する。

# PRAの実施方策の日米比較

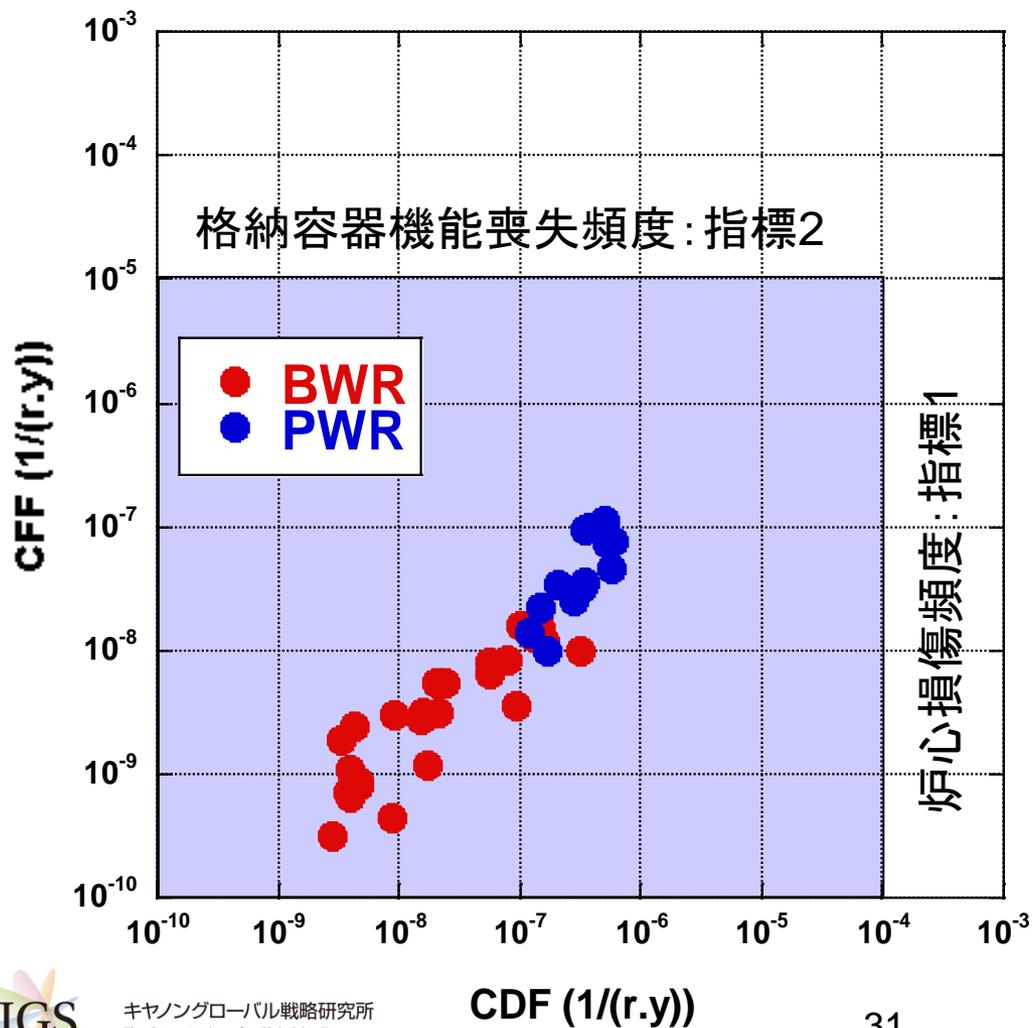
米国	日本（福島事故以前）
<ul style="list-style-type: none"> <li>● NRC は 1990 年代 に Risk-Informed Performance-Based Regulation 導入               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ PRAは、決定論的評価の補完位置付けだが実効的に活用</li> <li>➢ 規制の合理性(経済合理性)向上</li> </ul> </li> <li>● IPE(内的事象)とIPEEE(外的事象) (個別プラントのPRA) 安全向上に活用(リスク認識)</li> <li>● ASME/ANS によるPRA手順の規格整備が進展</li> <li>● 運転段階でのリスク情報活用が進展</li> <li>● 安全目標/性能目標を既設炉でのリスク情報活用時の判断基準設定や型式認証で活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 安全評価は確定論を堅持               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ リスク情報活用の方針は示されたが、実際の適用は足踏み。</li> </ul> </li> <li>● 個別プラントのPRA(IPE相当)をAM策検討に活用、ただし内的事象のみ</li> <li>● 外的事象への適用が遅れた</li> <li>● 福島第一では研究として津波ハザード評価実施(評価のみ、反映なし)</li> <li>● 原子力学会によるPRA実施基準整備は進展</li> <li>● 運転段階でのリスク情報活用は検討に留まり進展せず</li> <li>● 安全目標は(案)のまま活用されず</li> </ul>

- 日本人の安全に対する意識(金太郎飴的発想、言霊意識)の問題
  - リスクで考える習慣が不足しているため、安全問題を本質的に考えない
- RIPBRへ転換するためのチャレンジの機会
- 推進-規制-電力-メーカーの制度設計の問題(メーカーの製造責任の不在)
  - 型式認定(メーカー) & サイト評価(電力)

# 米国NRCのリスクインフォームド規制での 運転許可要件変更の許容ガイドライン



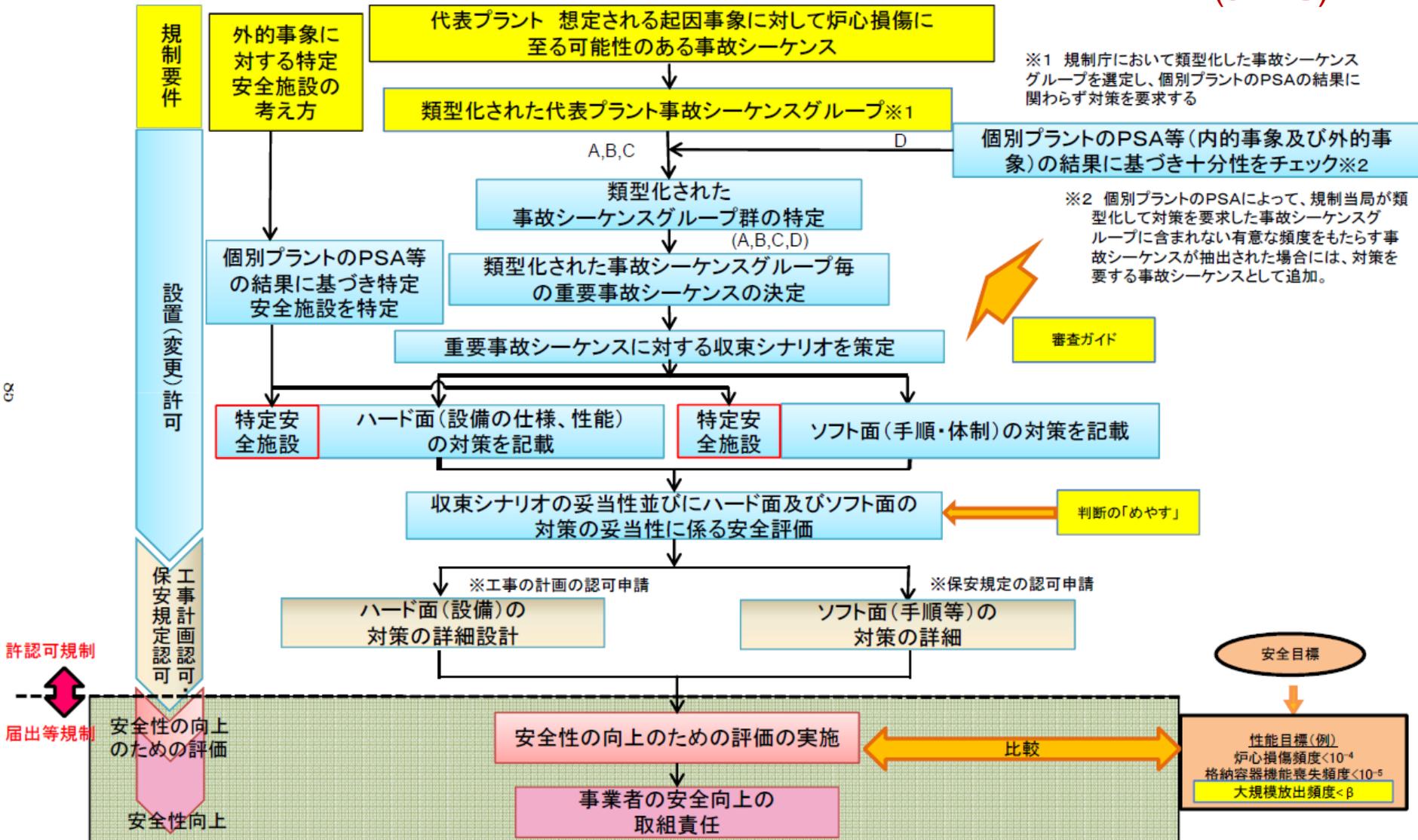
# 日本の既設52基の炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度



- 既設52基の「出力運転時の内的事象」のPSAの結果(2004年)は、性能目標の値を十分に下回っている
- 条件付死亡確率を仮に1にしても、安全目標を満たすことが分る

原子力安全・保安院, 「軽水型原子力発電所における「アクシデントマネジメント整備後確率論的安全評価」に関する評価報告書」(平成16年10月)

# シビアアクシデント対策の主な審査等のイメージ (JNES)



# 関西電力(株)原子力発電所の確率論的リスク評価の概要

## H27.12.09 <SA対策考慮なし>

対象プラント・実施目的		炉心損傷頻度(／炉年)				炉心損傷頻度 (／炉年) 停止時PRA
		内部事象 出力時PRA	地震PRA	津波PRA	合計	
美浜1号	PSR	$3.0 \times 10^{-7}$	—	—	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.9 \times 10^{-7}$
美浜2号	PSR	$1.9 \times 10^{-7}$	—	—	$1.9 \times 10^{-7}$	$4.9 \times 10^{-8}$
美浜3号	①PSR	$3.7 \times 10^{-7}$	—	—	$3.7 \times 10^{-7}$	$2.8 \times 10^{-7}$
	②安全審査	$6.1 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$	$3.2 \times 10^{-7}$	$8.4 \times 10^{-5}$	$4.9 \times 10^{-4}$
高浜1,2号	①PSR	$4.6 \times 10^{-7}$	—	—	$4.6 \times 10^{-7}$	$4.3 \times 10^{-8}$
	②安全審査	$6.6 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5}$	$1.6 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-4}$	$4.2 \times 10^{-4}$
高浜3,4号	①PSR	$1.4 \times 10^{-7}$	—	—	$1.4 \times 10^{-7}$	$1.4 \times 10^{-8}$
	②安全審査	$6.1 \times 10^{-5}$	$3.3 \times 10^{-6}$	$1.9 \times 10^{-5}$	$8.4 \times 10^{-5}$	$6.1 \times 10^{-4}$
大飯1,2号	PSR	$2.8 \times 10^{-7}$	—	—	$2.8 \times 10^{-7}$	$5.8 \times 10^{-7}$
大飯3,4号	①PSR	$1.3 \times 10^{-7}$	—	—	$1.3 \times 10^{-7}$	$1.4 \times 10^{-7}$
	②安全審査	$6.4 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-6}$	$3.0 \times 10^{-7}$	$6.7 \times 10^{-5}$	$4.2 \times 10^{-4}$

# 4つの課題

1. シビアアクシデント対策を含む深層防護の考え方を論理的に再構築する。
2. 電気事業者が新規制基準に従い実施している安全対策とその費用に関する情報を収集し、安全対策の現状(対策の項目やコスト)を明らかにする。
3. 確率論的リスク評価は、現在の安全の水準を総合的に評価し定量化する特徴を持つので、安全評価と対策立案の過程に有効活用する方法を検討する。
4. 原子力の社会的受容を考えるに際し、リスク評価だけではなく、ベネフィット(例えば、気候変動対策、環境対策、エネルギーセキュリティなどに対する有効性)も考慮してエネルギーシステムとして比較評価する方法を検討する。

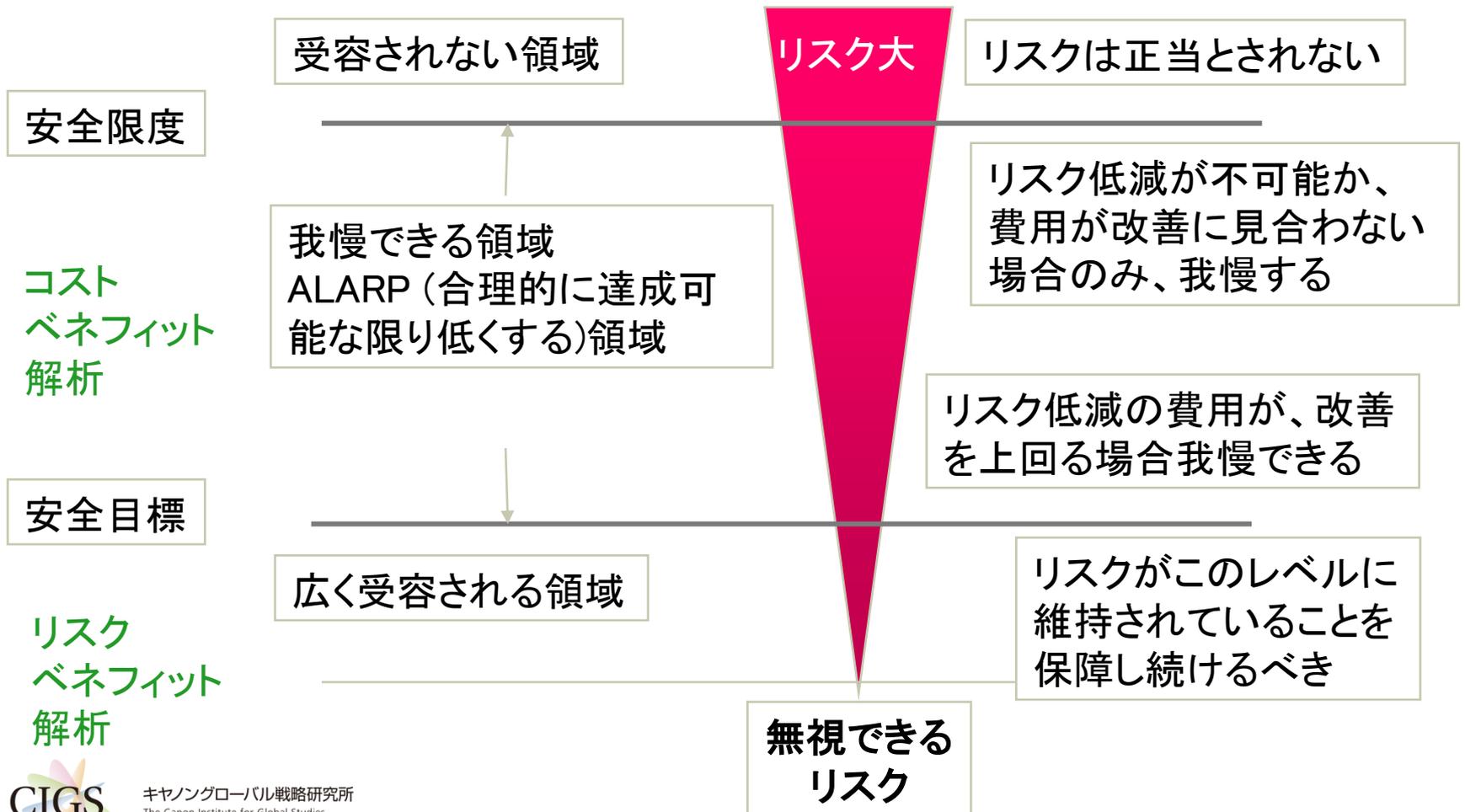
# レアイベントに対して国家としてどこまで対応すべきか (安全社会システムの問題)

- いわゆる国策民営化の在り方、リスク論に基づく安全規制への方向転換、セーフティネットとしての保険や国家補償の課題などが明らかとなった
  - これを契機に、一原子力分野の問題としてではなく、日本の規制の体系とシステムの抜本的な見直しが必要である。そうしなければ本当の安全は実現できない
- 
- 緊急時国家体制整備
  - 国策民営化の在り方
  - セーフティネットとしての国家補償
  - 推進-規制-電力-メーカーの制度設計
  - PRA評価の規制への反映(RIPBR)
  - 安全目標の宣言

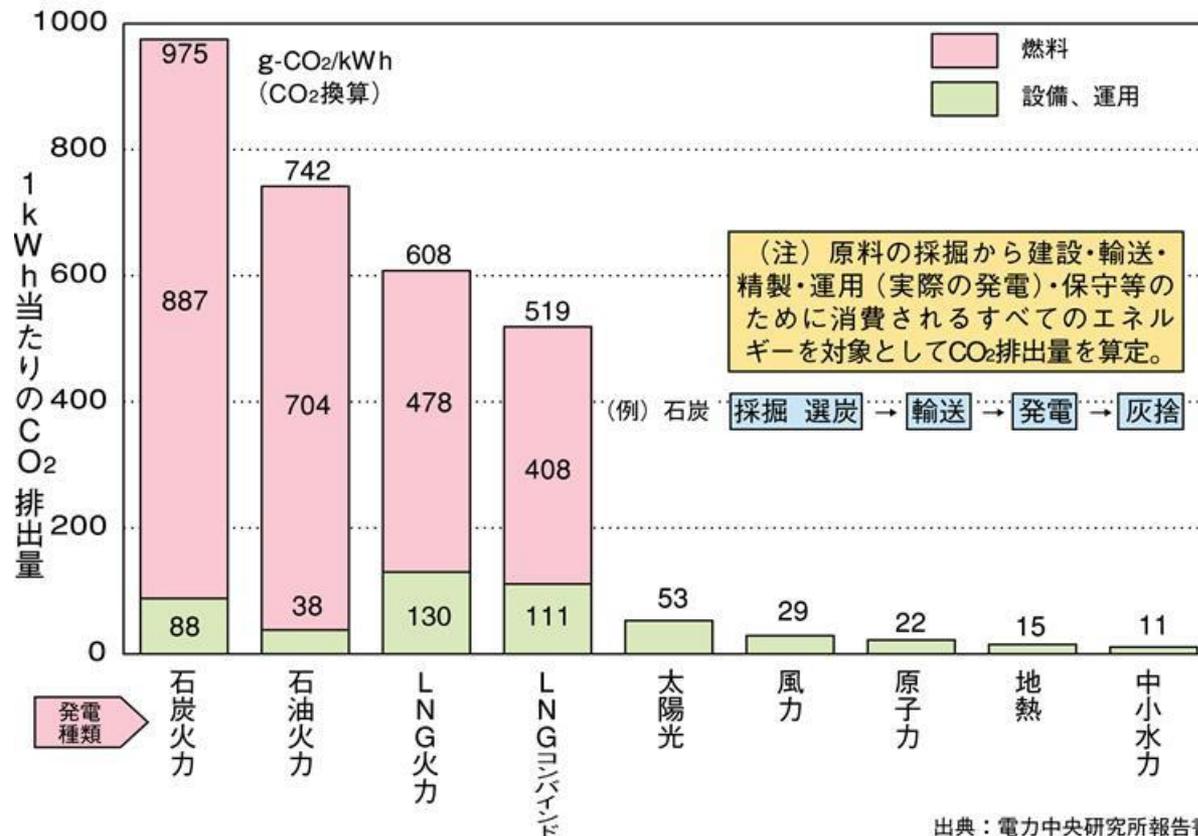
# HOW SAFE IS SAFE ENOUGH?

## 英国の安全目標の基本的考え方

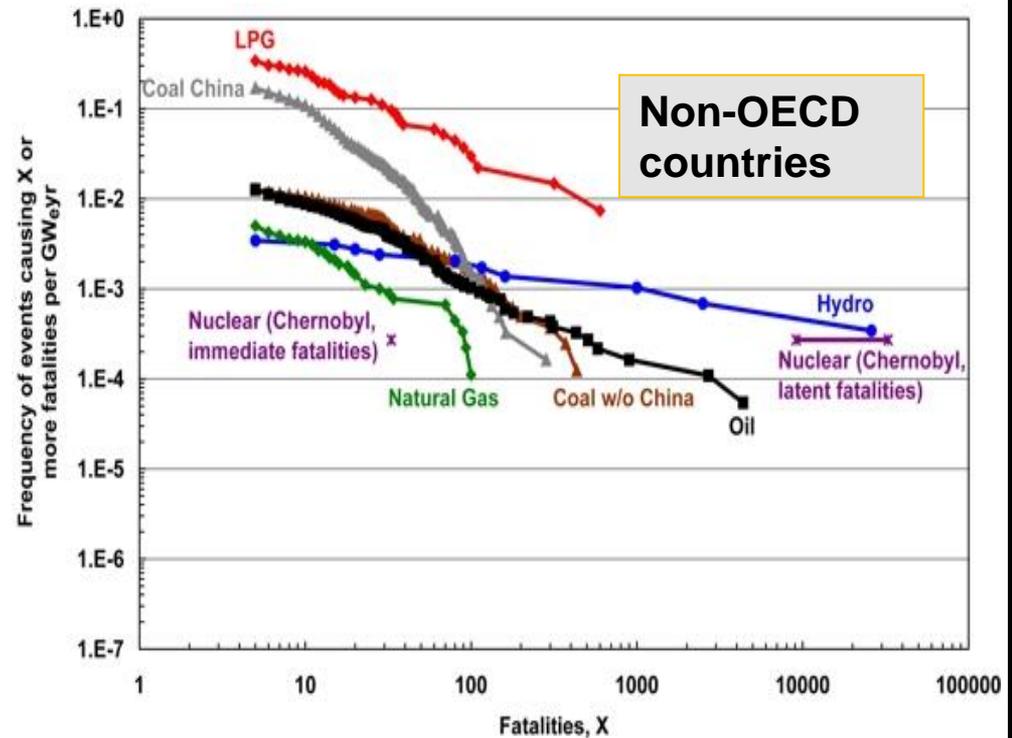
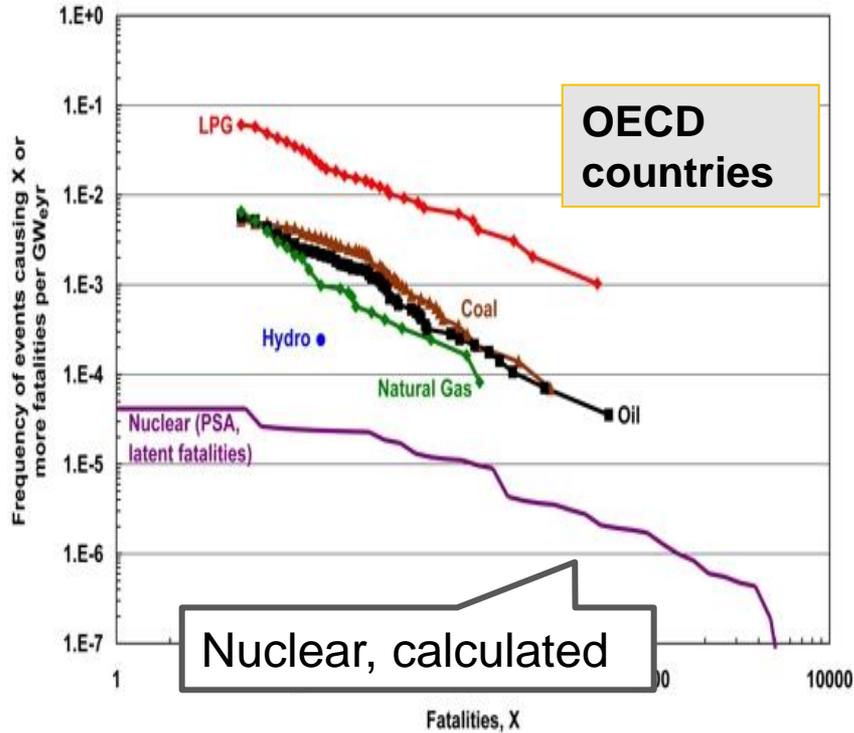
UKHSE, 1992



# CO2排出量



# エネルギー産業のリスク比較



- Fukushima?
- TMI?

1969年から2000年の間に様々なエネルギー生産手段により世界で発生した死亡者数の大きい事故(5人以上)の発生頻度の比較(急性死亡のみ考慮)

OECD/NEA6862, 2010 by Swiss Paul Scherrer Institute