

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)

# パネルディスカッション 「原子力のリスクと対策の考え方 ～社会との対話のために～」

**CIGS** 原子力安全研究会  
キヤノングローバル戦略研究所

# 進め方

## □ パネリストからのコメント

- 東大 関村先生
- 東工大 尾本先生

## □ 原子力安全の再構築

- 人間のレジリエンス能力の活用
- 深層防護の実装化の検討
- 確率論点リスク評価(PRA)の活用
- 総合的リスク評価を用いた原子力の再評価

## □ 原子力関係者に対する提言

- 規制機関への提言
- 電気事業者に対する提言
- メーカーに対する提言
- 技術者への提言

## □ コメント

# 原子力安全の再構築

## -人間のレジリエンス能力の活用

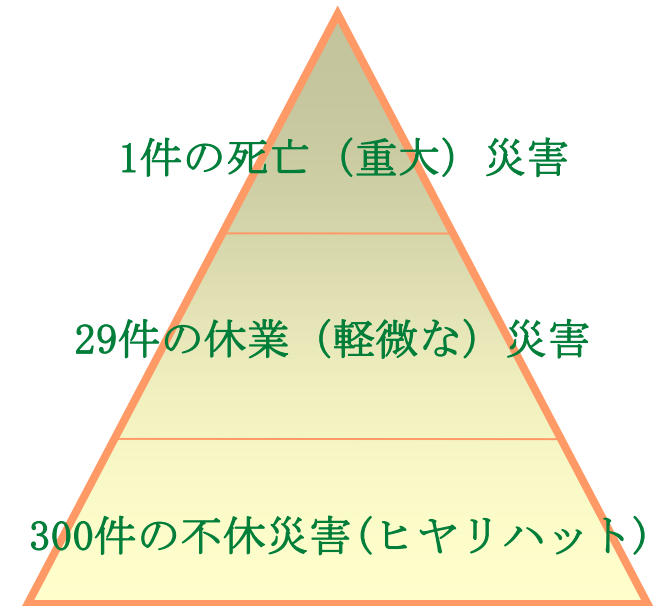
- 人間は緊急事態や想定外事象の発生にも的確に対応できるレジリエンス能力を持っており、事象によって対応に時間余裕がある場合にはこれを安全対策として積極的に活用すべきである。
- 1F事故後の我国のSA対策は、欧州のSA設備対策を重視する考え方に近い。しかしSAが発生した場合、そのシナリオやプラント状態の総てを予見することは困難で、人的要因(ヒューマンファクタ)による回復操作に期待することにも力を入れるべきと考える。1F事故の教訓として「福島50」の働きを正しく評価すべきである。
- 人間の持つ緊急時の対応能力であるレジリエンス能力に期待することが緊急時における安全性向上につながるはず。
- 安全対策として人間行動の効果をどこまで認めるか、すなわちヒューマンクレジットをどこまで取れるかの判断により、ハード対策の範囲も安全評価の前提も大きく異なる。
- 人間に期待するためには、レジリエンス能力やヒューマンクレジットを明確化して、人間と機械の協調関係を設定するとともに、緊急時の対応能力を高めるための教育・訓練が必要である。

# 組織分析の新しい考え方

## レジリアンスエンジニアリング

- 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！
- 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！

「Heinrichの法則」：労働災害の分野



まとめると、  
柔軟な組織作り

- レジリアンスエンジニアリング：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：組織のリスク事例に学ぶ；事例分析

# リスクマネジメント (Risk Management)



深層防護

Defense-

in-Depth

CIGS

キヤノングローバル戦略研究所  
The Canon Institute for Global Studies

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

# リスクリテラシー (RISK LITERACY) (福知山線事故の例)

林 志行著「事例で学ぶリスクリテラシー入門」

## 1. 解析力

- 収集力: 事故例収集
- 理解力: 信楽鉄道衝突、日比谷線脱線
- 予測力: 当日の宴会、ゴルフコンペの問題性

## 2. 伝達力

- ネットワーク力: 情報発信力: 事故の重要性の組織伝達
- コミュニケーション力: 影響力: メディア広報

## 3. 実践力

- 対応力: 今ある危機対応: 被害の拡大防止
- 応用力: 抜本対策: 組織の是正

# 原子力安全の再構築

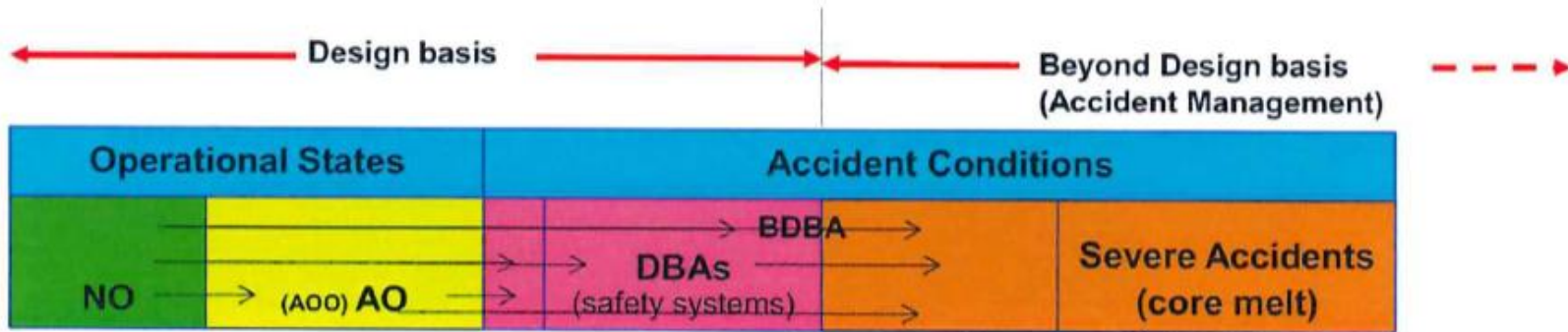
## -深層防護の実装化の検討

- 深層防護は時代とともに進化しており、現在のIAEAの深層防護も確立したのではなく、レベル3と4の区分が参加機関により異なり現在も審議中である。
- 我が国では1F事故後に、IAEAの深層防護を取り入れた新規制基準が施行された。深層防護は最重要の安全思想であるが、そのままでは設計指針として利用することができない。設計基準事故に対しては安全設計審査指針があるが、SA事象を取り入れた新規制基準ではレベル4対策として人的要因をどのように取り入れるか、またレベル3(DBA対策設備)とレベル4(SA対策設備)の独立性についての議論が継続されている。
- 人的要因の取り込みレベル3と4の設備の独立性の適正化により、合理的なSA対策を具現できるので、今後は産官学で協力して協議し深層防護の実装を図ることを期待する。

# プラント状態と設計基準と深層防護の関係

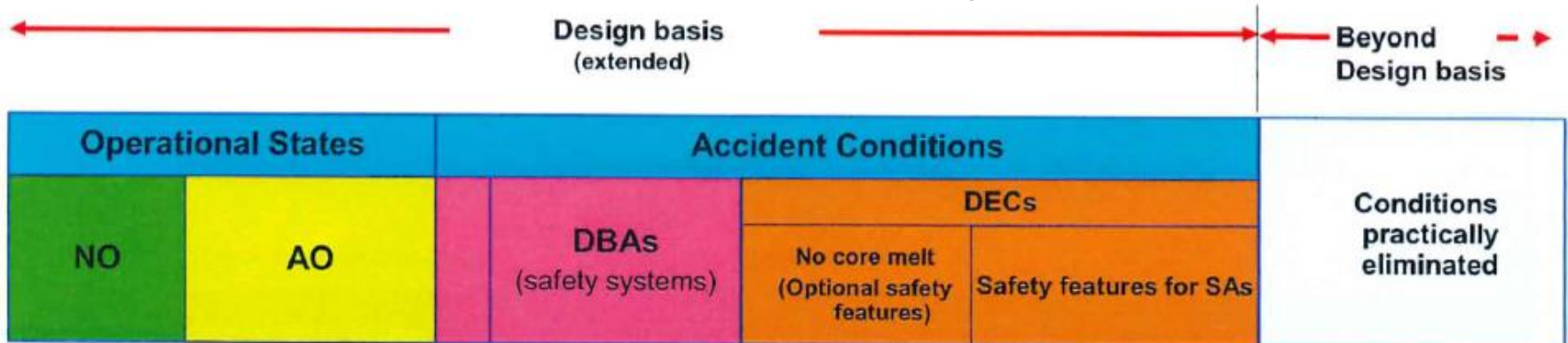
## IAEA設計安全要件

### Earlier Concept



### 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 DB of

Safety Features Containment Systems



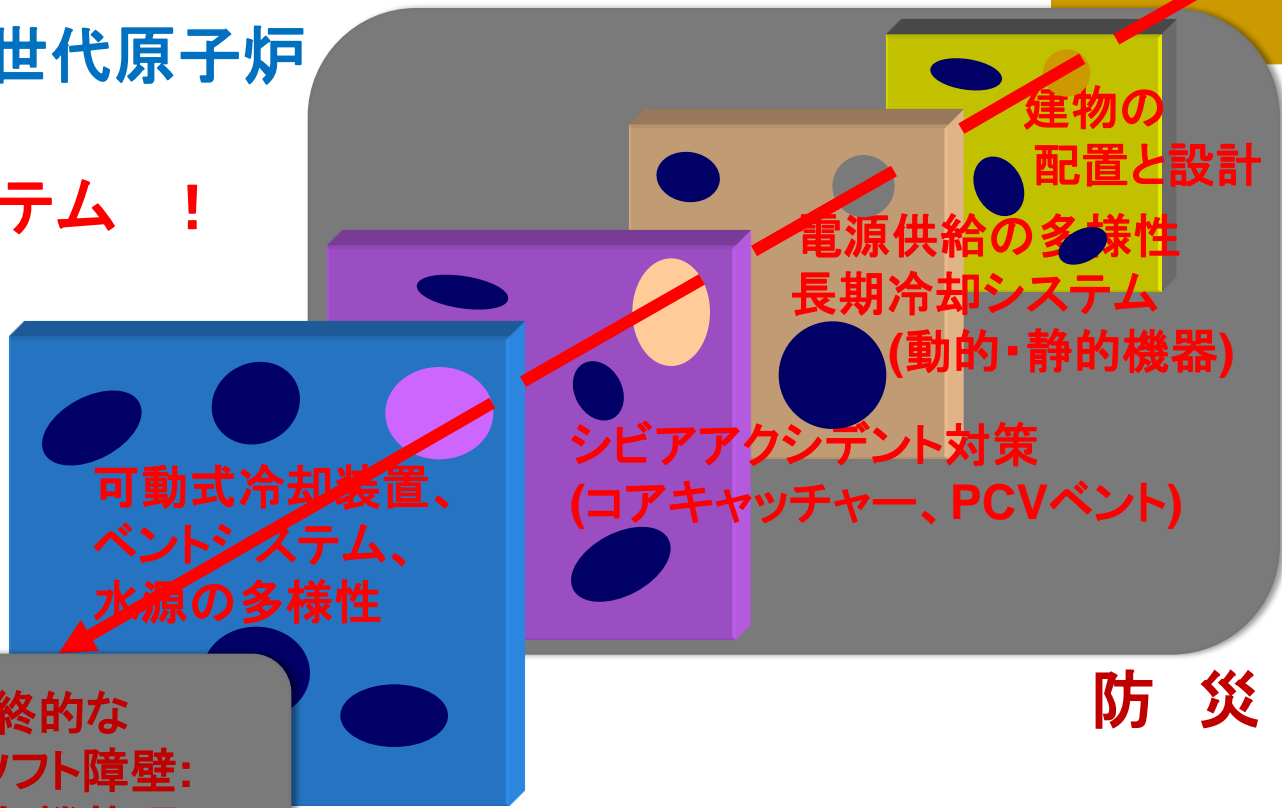
# 深層防護:ハードバリアの再構築

レアイベント:東日本大震災・大津波など稀に発生する事象

危険

## 第3世代原子炉

レジリエントシステム !



最終的な  
ソフト障壁:  
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

- 1.設計思想(ハードバリア)の再構築
- 2.運用思想(ソフトバリア)の確立

# 原子力安全の再構築

## -確率論点リスク評価(PRA)の活用

- PRAは、プラントシステムの安全性のバランスを把握する有効なツールである。そのためにはまず、起因事象と有効な対策の洗い出しにより、シナリオの網羅性が大切である。
- 安全性の問題の特徴は「部分最適は全体最悪を生む」可能性がある。こうならないためには、システムの安全対策の過不足を定量的に把握することが必要である。1F事故後に採用したSA対策の有効性も含めたトータルシステムに対する統一的なPRAを実施して定量化することにより、対策の十分性や過剰対策か否かなどの判断が可能となり、本当の意味で安全評価が達成できる。
- 米国では、NRCのリスク情報を活用した実績に基づく規制(RIPBR)宣言あるいは産業界の緊急時における、ハード、人間、外部支援まで含めて柔軟に対応する方策であるFLEXで、実現されている。
- 日本の保全学会では、統一的な評価を試みた例があり、また電気事業者は今後の自主的安全性向上活動の中で実現して行くことが期待できる。
- 規制側から明確な要求基準を出すべきである。そのためにはまず安全目標を導入し、リスク情報を積極的に活用することを宣言する。また学協会においては、それに必要なPRA実施基準のさらなる整備を進めることが望まれる。これにより規制の最適化とバランスのとれた合理的な安全設計と管理を実現することが期待できる。

# リスク情報の活用

利用分野	利用方法	PRAの役割
規制行為の価値／影響解析	NRCにおいて、規制行為を追加(削除)することの正当性を、リスク低減の価値と負担増加の影響をドル換算で評価して、検討している。	設計や手順、規制等の永続的な変化の安全への影響を評価する
AM等によるリスク低減策の検討	安全上重要な事故シーケンス、機器、運転操作、従属性等を同定し、リスク低減策検討の参考とする	
サーベランス試験評価	試験頻度を変えて、炉心損傷への影響を評価し、最適化を図る	
許容待機除外期間評価	待機状態の機器の故障が発見されたとき、プラントの運転継続の許される時間がテックスペックに定められている。許容待機時間の一時的変更の炉心損傷頻度への影響を評価し、安全上許容できるかの判断に用いる	短期間の変化の安全への影響を評価する
コンフィギュレーション管理	サーベランス試験、故障機器の検査、補修等のための安全設備の構成状態(コンフィギュレーション)が変化する。変化を考慮して炉心損傷頻度を評価し、安全上許容できるかの判断に用いる	
メンテナンスルール	NRCのメンテナンスルールでは、安全に関連する機器の性能を監視することが要求されている。安全上重要な機器の選定にPRAによる重要度指標を用いる	機器や設備の信頼性の安全への影響を評価する
等級別品質保証	品質保証のレベルを安全上の重要度に応じて定める	
検査計画	供用期間中検査の計画を安全上の重要度に応じて定める	

# 提言

## ■活用のための技術基盤の整備

### ■原子力学会標準委員会の活動

- 標準の整備, リスク評価の解説の作成

### ■蓄積された技術基盤の復活と活用

- PRA技術(リスクモニター)
- シビアアクシデント関連研究開発(SA,HRA等)
- リスク情報活用・安全目標等の検討結果(原安協etc)

## ■活用のための人材の確保

- 大学を使う:安全研究に参入しやすい環境を提供してはどうか
- 原子力学会を使う:年会での学会発表の場の活用

# 原子力安全の再構築

## -総合的リスク評価を用いた原子力の再評価

- システムを合理的に評価できるリスクとベネフィットの解析方法を検討し、原子力エネルギーが他のエネルギー産業との比較で、合理的な安全対策のレベルであることを確認するとともに、エネルギー構成としてどのシステムをどの程度受け入れるかをリスクコミュニケーションに基づき決めるべきである。
- 例えば、地球温暖化や環境問題、あるいはエネルギーセキュリティなどの視点も反映して、その相対的な優劣が分れば、判断可能と考える。基本的には、安全目標を十分に達成していれば、ベネフィットの議論を積極的に導入する。

# リスクとベネフィット比較

## 長期的価値評価

評価指標		化石エネルギー	原子力	再生可能エネルギー
リスクと ベネフィット	廃棄物発生量	×× 脱硫排煙、灰	◎ 放射能	◎ 酸
	健康リスク	×× SOx、NOx、粒子	◎ ガン	-
	事故リスク	× (××@LPG)	◎	-
	CO2排出量	×× 燃料 (○CCS付) 設備・運用	◎ 設備・運用	◎ 設備・運用
	エネルギー密度	◎ 需要の2ケタ上	◎ 需要の2ケタ上	×× 需要以下
	EPR (エネルギープ ロフィット比)	○	○	×
	エネルギー自給率	× 輸入	○ 準国産	△ 国産だが寄与少
長期的価値	資源	× 資源枯渇	◎ Uには資源枯渇があるが、Pu利用で1万年に延長	△ 永久に存在するが量的制約
	CO2、廃棄物	×× 地球温暖化 環境問題	△ 消滅処理により百年オーダーで処分可能	◎

# 原子力関係者に対する提言

- 我が国の原子力発電が健全に発展するには、「規制機関・電気事業者・メーカーの関係適正化」と「国民の支持を得る」が重要である
- そのために必要なことは、国や産業界を含めた原子力産業として、1F事故を「制度設計」の問題ととらえ全体設計することである。
- すなわち、電気事業者とメーカーの役割と責任分担の明確化が必要であろう。
  - 責任は運転する電気事業者に集中するのは当然である
  - 設計の問題であれば製造責任があるメーカーが責任を持って対応する
  - 規制要件の問題であれば規制側が責任を持って対応する
- そのためには、それを支える技術者の能力と姿勢が重要となる。

# 原子力関係者に対する提言

## -規制機関への提言

- 規制機関は、原子力発電所全体を俯瞰して真に原子力の安全につながることを指導することが重要である。多大な資料作成の要求や審査資料の間違い探しなどの局所的な規制は、「部分最適は全体最悪を生む」こととなり真の安全に結びつかない。膨大で完璧な資料を要求するよりも、事業者が安全管理に必要な現場パトロールの時間を十分に取ることにより安全性の向上につながるよう見直しが必要である。
- メーカーと電気事業者が最善の安全性向上を図ることができるよう法体系の整備を進めるとともに、規制機関として全体バランスの取れた規制を実施することが重要である。
- 原子力発電は国策民営事業として開発・利用を進めてきた歴史がある。しかるに、現在は推進機関が蔭を潜め、規制機関のみが表舞台に登場するようになった。原子力発電事業に限らず産業の発展のためには、適切な推進(アクセル)と規制(ブレーキ)が必要である。日本国として原子力発電が国策民営事業であることを再度明言し、推進と規制の役割分担を適正に実施することが大切である。



# 原子力関係者に対する提言

## -電気事業者に対する提言

- 電気事業者は、1F事故の反省に基づき種々の対策を講じている。海外に対して遅れていた我が国のSA対策は、事故後に策定された新規制基準に対応すべく安全強化が図られ、今では欧米プラントとほぼ同等レベルに到達したと言える。今後は、設備設計だけに頼るのではなく、人的要因や可搬式設備等を活用することにより、更なる安全性向上を図ることを期待する。
- 弛まぬエクセレンスの追求を怠ることなく安全文化の醸成に注力することに期待する。換言すれば原子力発電所の安全対策についても規制要求を満足すれば良しとするのではなく、PRA評価結果や他プラントの良好事例に基づき自主的に安全性向上を図ることが望まれる。

# 原子力関係者に対する提言

## -メーカーに対する提言

- 我が国の原子力産業界は、封建的な古き悪しき習慣に引きずられた。第1の習慣は「士農工商の文化：メーカーは電力事業者に対し電力事業者は官に対して言挙げしない」、第2の習慣は「実績重視：新しい技術にチャレンジしない」ということである。これらの習慣は、SA対策の遅れにつながり1F事故の根本原因の一つでもあった。
- 規制機関・電気事業者・メーカーが封建的な上下関係ではなく水平的な関係にすべきであるとの理解のもと、安全審査の場などにおいてメーカーは規制機関に対して堂々とあるべき技術論を主張することが望まれる。
- 欧州の原子力メーカー(当時のKWU社やAsea Atom社)は、米国から軽水炉を導入するも早い段階でABWR型プラント概念を開発した。我国のメーカーは欧州メーカーに負けぬ技術力を有しているので、何よりも自社技術に対する自信と技術者魂(開拓者精神)を取り戻すことを期待する。

# 原子力関係者に対する提言

## -技術者への提言

- 技術立国により平和で豊かな社会を形成してきた我が国にとって、原子力エネルギーを放棄することは、国力低下と国民の貧困を招くこととなる。そうならない為にも、一人一人の技術者は、原子力のリスクを正しく国民に伝えるとともに、原子力エネルギーの必要性和有用性を技術的に分かり易く説明することが責務である。
- 1F事故後、原子力関係者に対して社会の厳しい批判があるが、技術者は改善すべきは改善した上で批判を恐れず事実を発信することが重要である。事実を丁寧に分かり易く説明すれば、国民は必ず理解し正しい判断をするものと信じる。
- 一般国民には、「零リスクの社会は存在せず、我々は許容リスクの中で社会活動を営んでいる」ことを理解し、原子力エネルギーの要否を総合的に判断することを期待したい。
- このため、学会が中心となって一般国民(特に青少年)を対象としたエネルギー教育やリスク教育を推進し、さらには深層防護の考え方の整備、安全目標の活用基準とPRA実施基準の明確化を図るとともに、社会と技術者の交流の場を提供することが望まれる。