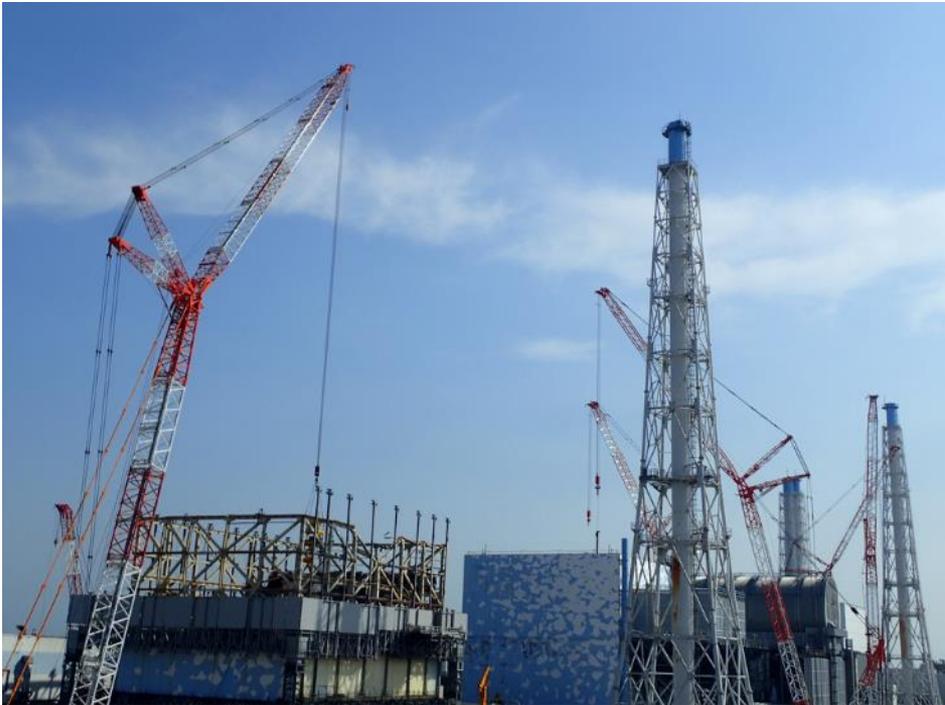


# 福島第一原子力発電所 廃炉のリスクと安全を考える

---

# 福島第一廃炉のリスク

- 何種類ぐらい思いつくでしょうか？



<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/>



# 対象とするリスクの範囲

- 廃炉作業時には、様々な「リスク」が想定される。これらの情報を総合的に加味して意思決定する必要がある(リスク情報を考慮した統合的な意思決定, RIDM)
  - ①原子力安全に関するリスク
  - ②放射性物質や放射線に起因しない一般の労働安全に関するリスク
  - ③廃炉作業に要する費用増加に関するリスク
  - ④廃炉作業に要する期間増大に関するリスク
  - ⑤廃炉作業で発生する放射性廃棄物増加に関するリスク
  - ⑥廃炉作業に関わる人材確保に関するリスク
  - ⑦風評被害などの社会的要因に関するリスク
  - ⑧その他のリスク
- どのリスクがもっとも重要でしょうか？



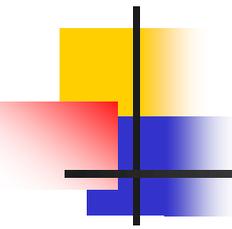
# 発電炉と1F廃炉の違い

項目	発電事業(標準的)	1F廃炉事業(ユニーク、一品物)
目的	長期にわたる安全・安定な発電	事故で顕在化した <b>リスクの早期低減</b>
事業の特徴	大きな変化のないインフラ	<b>常に変化</b> するインフラ
施設の特徴	設計に基づく確実さ(設計が主)	<b>大きな不確かさ</b> (現場・現物が全て)
	高エネルギー: 早い事故進展	低エネルギー: <b>緩慢な</b> 事故進展
	健全な建物・構築物・構造物	<b>損傷した</b> 建物・構築物・構造物
	堅固な閉じ込め(静的バウンダリ)	<b>不完全な</b> 閉じ込め(動的バウンダリ)
リスク・プロファイル	低頻度・高影響(事故)主体	<b>高頻度・低影響</b> (通常作業、想定事象)主体
安全管理の特徴	設計・システムからの計画された安全	設計・運用トータルでの <b>安全確保</b>
規制・基準・ルール	炉規制法: 包括的なルール・基準	特定原子力施設: <b>ルールが変化</b>
仕事の特徴	全てを把握した上で事前に検討	試行錯誤、 <b>フレキシブル</b>

廃炉作業を進める上で



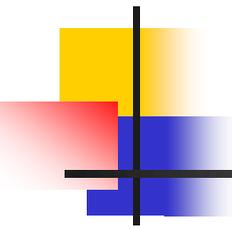
は何でしょうか?



# 不確かさが大きい状況でのプロジェクトの進め方

---

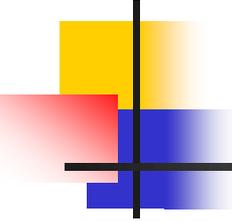
- PDCAサイクル
  - PDCA: Plan, Do, Check, Action
  - 「計画」できないと進まない?
- DLTGサイクル
  - DLTG: Do, Look, Think, Grow
- Lead & Learn
  - Lead: to go with or **in front of a person** or an animal to **show the way** or to make them go in the **right direction** (Oxford Learner's Dictionary)



# 不確かさが大きい状況での 安全確保の考え方：深層防護

---

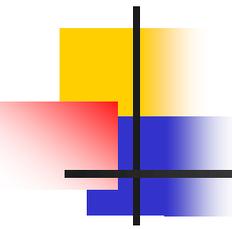
- 深層防護とは、不確かさへの備えとして、多種の防護策を組み合わせることで、全体として防護の信頼性をできるだけ向上させる概念である。
  - 発生防止、検知、影響緩和を組み合わせる
  - 異なった切り口での防護策を用意する



# 深層防護：自動車の例

---

- 異常発生防止
  - Ex.シフトレバーを“P”にしないとエンジンがかからない
- 異常の緩和、事故への進展防止
  - Ex.ブレーキアシスト(急ブレーキを踏んだとき、自動的にブレーキ力を高める)
  - アンチスキッドブレーキ
- 人的被害の防止
  - シートベルト
  - エアバッグ
- 人的被害の緩和
  - 救急医療搬送



# 深層防護がなぜ必要?

- 不確かさがない世界では、深層防護は不要
  - 例えば、事故シーケンスが全て判明していたら深層防護は不要。
- 深層防護は不確かさへの備えであるべき
  - そのためには、どのような特性が必要とされるか?
- 単一の防護策では、「銀の弾丸<sup>\*</sup>」にならない
  - 万能の(完璧な)単一の防護策(防止策または緩和策)はなく、必ず弱点があると考え
  - 従って、多種の防護策を組み合わせることで、全体としての信頼性をできるだけ向上させる

<sup>\*</sup>銀の弾丸:銀の弾丸(ぎんのだんがん、英語: silver bullet)とは銀で作られた弾丸で、西洋の信仰において狼男や悪魔などを撃退できるとされ、装飾を施された護身用拳銃と共に製作される。現代においては文字どおりの弾丸を意味するものではなく、狼男や悪魔を1発で撃退できるという意味から転じた比喩表現として用いられる場合が多い。例えば、ある事象に対する対処の決め手や特効薬、あるいはスポーツで相手チームのエース選手を封じ込める選手などを表現する場合に用いられる。(Wikipedia)

# 発電炉における深層防護

	防護レベル	目的	目的達成に不可欠な手段	関連するプラント状態
当初設計 プラントの	レベル 1	異常運転や故障の防止	保守的設計及び建設・運転における高い品質	通常運転
	レベル 2	異常運転の制御及び故障の検知	制御, 制限及び防護系, 並びにその他のサーベランス特性	通常時の異常な過渡変化(AOO)
	レベル 3	設計基準内への事故の制御	工学的安全施設及び事故時手順	設計基準事故(想定単一起因事象)
設計基準外	レベル 4	事故の進展防止及びシビアアクシデントの影響緩和を含む, 苛酷なプラント状態の制御	補完的手段及び格納容器の防護を含めたアクシデントマネジメント	多重故障 シビアアクシデント(過酷事故) [設計拡張状態]
緊急時 計画	レベル 5	放射性物質の大規模な放出による放射線影響の緩和	サイト外の緊急時対応	

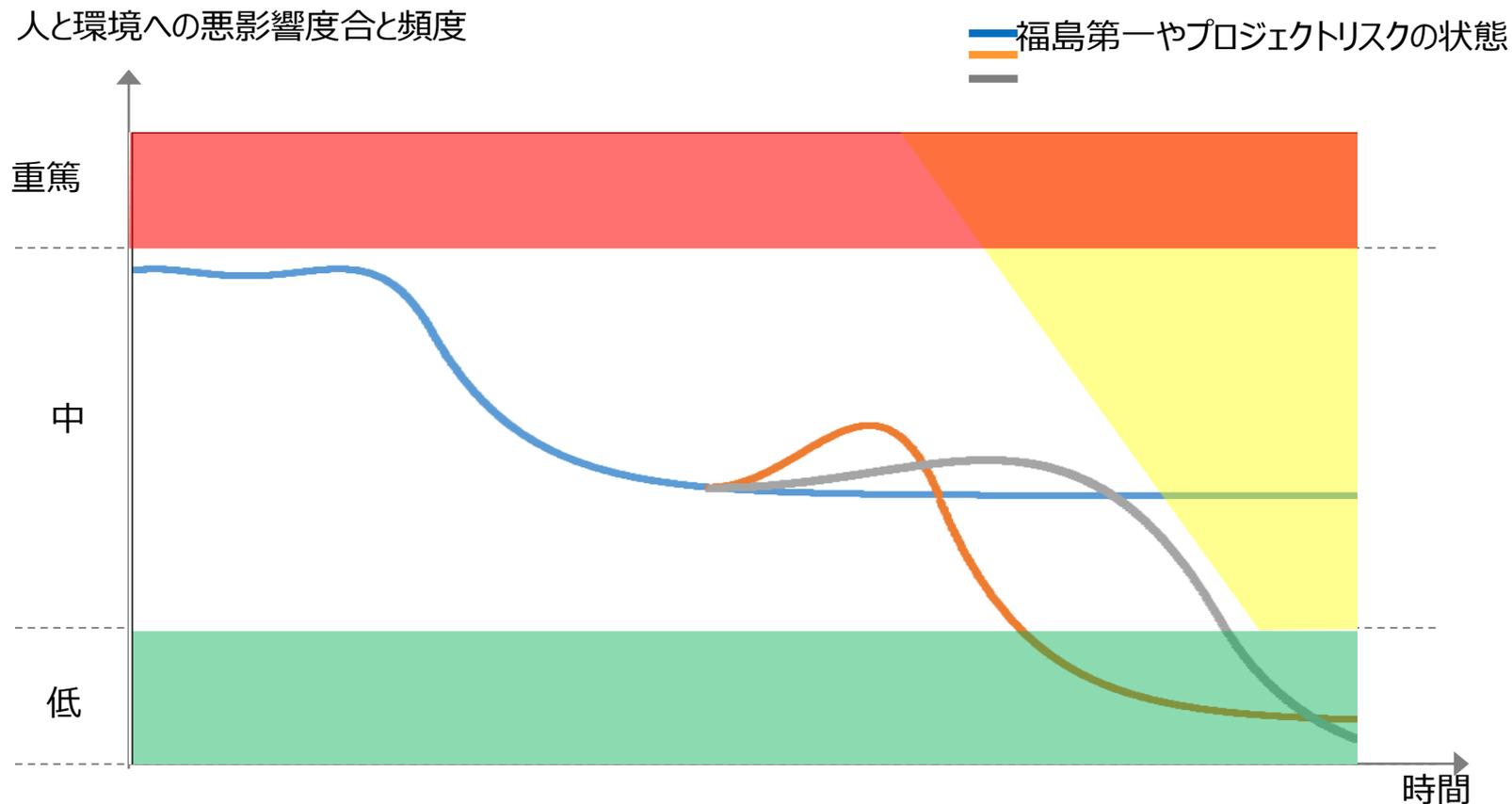
原子力安全の基本的考え方について 第I編 別冊 深層防護の考え方  
標準委員会 技術レポート AESJ-SC-TR005 (ANX):2013

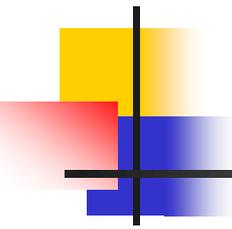
福島第一廃炉における深層防護はどのように実装すれば良いか？

# 廃炉作業のリスク管理の考え方

- 原子力安全リスク、作業者の被ばくリスク、労働災害リスク、環境影響リスクなどの変化

人と環境への悪影響度合と頻度





# 廃炉作業のリスク管理の考え方

- リスク変動を短期と長期に分類
  - 短期的なリスクはその時々単位時間当たりのリスクであり、長期的なリスクは、リスクの長期的な時間積分値に対応
  - 福島第一の廃炉作業については、作業の制約条件から、廃炉作業の過程で作業時の被ばくなどを含む短期的なリスク上昇が生じる可能性
  - どの程度の短期的なリスク上昇が許容されるかについては、長期的なリスク低下量を考え合わせ、受容できるリスクの範囲内において、放射線防護で用いている最適化の概念を適用して検討できる可能性

# 廃炉作業のリスク管理の考え方

	長期・増大	長期・変化なし	長期・減少
短期・増大	許容されない	許容されない	短期のリスク増加量を慎重に評価し、長期のリスク低減量を勘案したうえで、長期のリスク低減量が多い場合には正当性を持つ。なお、短期のリスク増加量をできるだけ小さくする対策を行うことが必要。
短期・変化なし	許容されない	効果がなく、費用対効果の面から推奨されない。	推奨される
短期・減少	差し迫った当面のリスクを回避する場合に生じえる。廃炉作業において、このケースが生じる可能性は低いと思われるが、緊急の危険回避に限ってこのケースが正当性を持ちうる。後にリスク低減のための対策が求められる。	推奨される	推奨される

# 10年の取り組みを振り返る

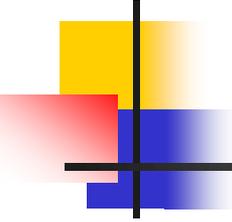
	年月日	イベント
<b>緊急時対応の時代（2011年～2013年）</b>		
	2011.3.11	1F事故発生（原子力災害対策本部設置）
	2011.12.16	事故収束に向けたステップ2「冷温停止状態」を達成/中長期ロードマップ（初版）発行(12.21)
	2012.11.7	1F特定原子力施設に指定（9.19原子力規制委員会設置）
	2013	多くのトラブルへの対応に奔走（ネズミ停電、地下貯水槽漏えい、汚染水タンク漏えい等）
	2013.11.18	4号機使用済燃料プールからの燃料取り出し開始（中長期RMフェーズⅠ終了）
<b>リスク評価と中長期計画立案の時代（2014年～</b>		
	2014.4.1	東京電力福島第一廃炉推進カンパニー設立/NDF廃炉部門設置（2014.8.18）
	2015.5.27	高濃度汚染水処理完了/海側遮水壁閉合作業完了(10.26)/凍土式陸側遮水壁完成(2018.3.7)
	2017.9.26	燃料デブリ取り出し方針の決定（中長期RM第4版）/燃料デブリ取り出し初号機と方法(2019.12.27)
<b>品質マネジメント構築の時代（2019年～</b>		
	2019.4.15	3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し開始（品質問題がクローズアップ）
<b>本格的プロジェクトマネジメントの時代（2020年～</b>		
	2020.4.1	東京電力福島第一廃炉推進カンパニー組織改編（プロジェクト管理組織・廃炉安全・品質室他）

# チェンジマネジメント

- 仮設→信頼性向上→恒設
- 最適化されず→局所最適→部分最適→全体最適
- 廃炉のための「安全文化」とはどのようなものか？
  - IAEA GSR Part 2:「健全な安全文化の育成と維持についても、安全のためのリーダーシップ及びマネジメントが不可欠」
  - IAEA INSAG-4:安全文化は「原子力発電所の安全と防護の問題には、その重要性にふさわしい注意が最優先で払われなければならない。安全文化とは、そうした組織や個人の特性と姿勢の総体である。」

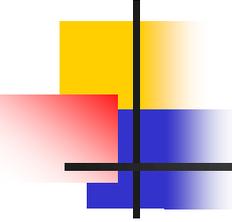
廃炉作業を安全かつ合理的に進めていくためのリーダーシップは誰が発揮すべきものでしょうか？





# チェンジマネジメント

- ジェイン・ジョイコブス『市場の倫理統治の倫理』日本経済新聞社、1998)からの学び(原子力規制委員会 第8回 継続的安全性向上検討チーム会合 資料6)
- 統治の倫理(たとえば忠実、集団における秩序の維持を目的とする
  - 取引を避けよ／勇敢であれ／規律遵守／伝統堅持／位階尊重／忠実たれ／復讐せよ／目的のためには欺け／余暇を豊かに使え／見栄を張れ／気前よく施せ／排他的であれ／剛毅たれ／運命甘受／名誉を尊べ
- 市場の倫理(たとえば誠実、他者との協力関係の構築を目的とする
  - 暴力を締め出せ／自発的に合意せよ／正直たれ／他人や外国人とも気安く協力せよ／競争せよ／契約尊重／創意工夫の発揮／新奇・発明を取り入れよ／効率を高めよ／快適さと便利さの向上／目的のために異説を唱えよ／生産的・目的に投資せよ／勤勉なれ／節儉たれ／樂觀せよ
- 二つの道徳体系を区別し、自覚的に選択することが必須
- けっして混同してはならない、混ぜるなキケン！！
- 廃炉作業においては、統治の倫理、市場の倫理、いずれも必要



# 1F廃炉のこれから

---

- デブリ取出など、難易度が高い作業はこれから
- オフサイトはもちろん重要であるが、オンサイトの安全確保がさらに重要に
- 全体最適の重要性
- チェンジマネジメント：統治の倫理と市場の倫理の両立