

2024年度SNWシンポジウム

国立オリンピック記念青少年総合センター

「原子力政策大転換を掛け声倒れにするな」

2024年10月1日

規制改革による規制の予見性・ 合理性付与を急げ！

岡本孝司

東京大学大学院工学系研究科原子力専攻

okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

IAEA Safety Fundamentals (SF-1)

基本安全目的は、**人及び環境を**
電離放射線の有害な影響から防護することである

人（個人及び集団）及び環境を防護する本基本安全目的は、放射線リスクを生じる施設の運転又は活動の実施を過度に制限することなく達成されなければならない。

合理的に達成できる安全の最高水準が達成されるように施設が運転され活動が実施されることを確実にするため、次の手段が講じられなければならない

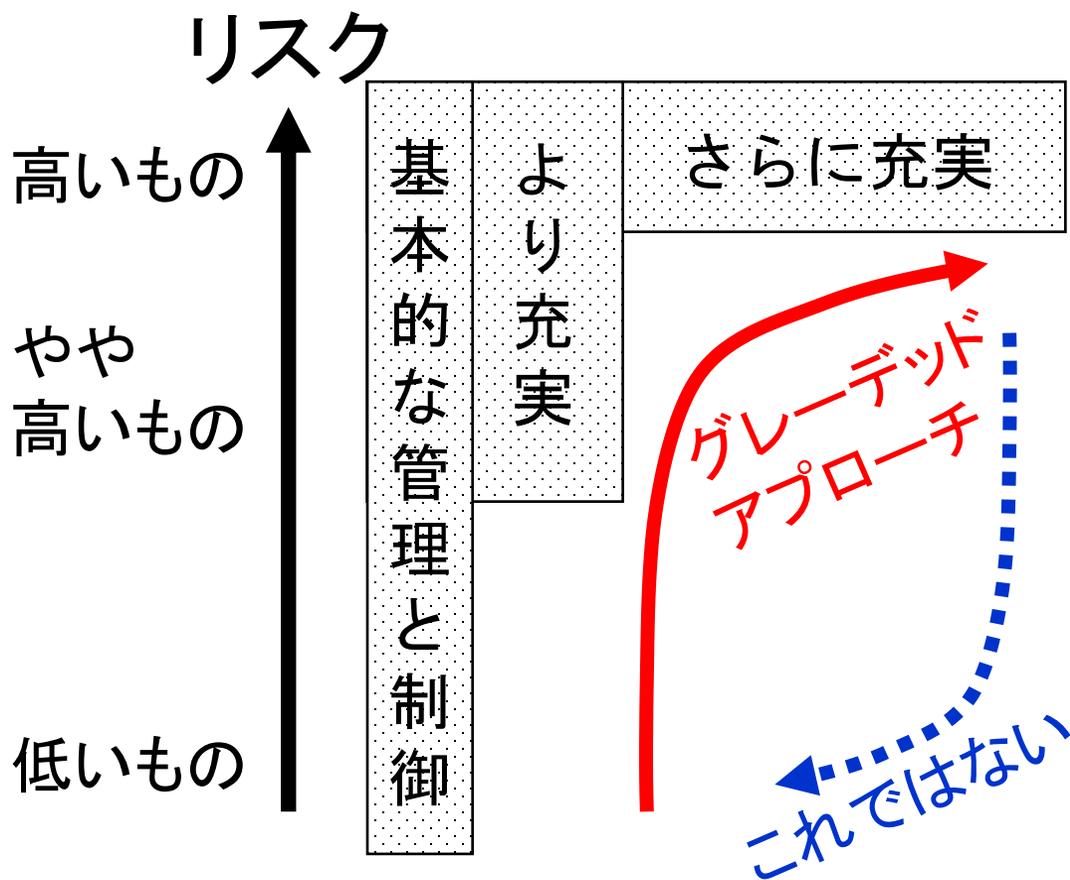
- (a) 人の放射線被ばく及び環境への放射性物質の放出を管理すること。
- (b) 原子炉の炉心、核連鎖反応、放射線源またはその他の全ての放射線源に関する制御の喪失に至ると思われる事象の可能性を制限すること。
- (c) そのような事象が発生した場合、その影響を緩和すること

グレーデッドアプローチ (Graded Approach)

- For a system of control, such as a regulatory system or a safety system, a process or method in which the stringency of the control measures and conditions to be applied is commensurate, to the extent practicable, with the likelihood and possible consequences of, and the level of risk associated with, a loss of control.
- 規制システム、安全システムなどの制御システムにおいて、適用される管理措置や条件の厳格さが、実現可能な範囲で、制御喪失の可能性、それに伴う結果、および関連するリスクのレベルに見合うようにするプロセスまたは方法。

グレーデッドアプローチの肝

様々な活動で、基本的な管理をおろそかにしない



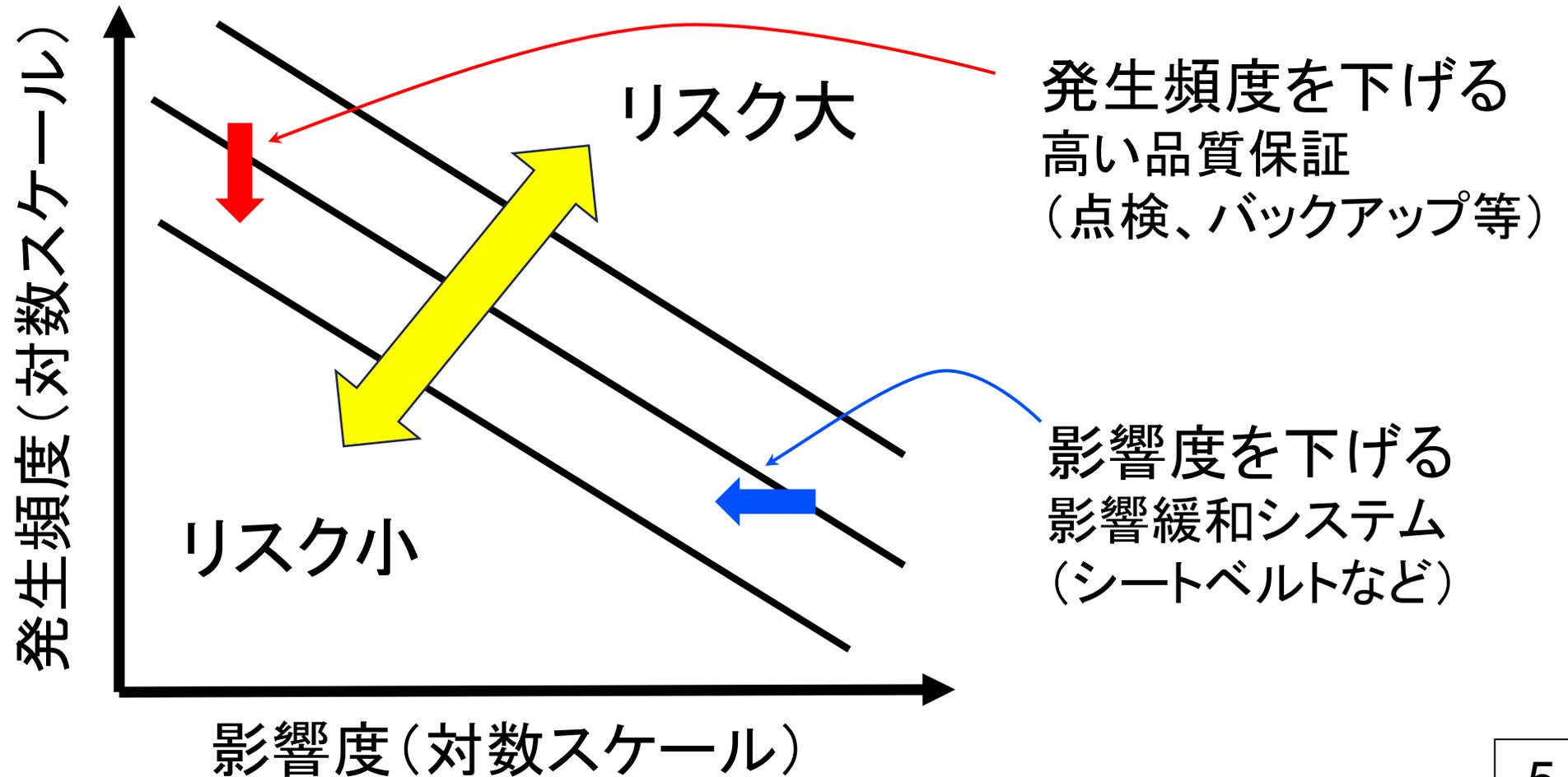
リスクの高いものは、桁違いに高い事が多い

- 適切にリスクを認識し、安全対策を充実すること
- 一方で、リスクの小さいものに過度な対策を行うと、逆にリスクを導入することもあり得ることに注意

Safety Culture

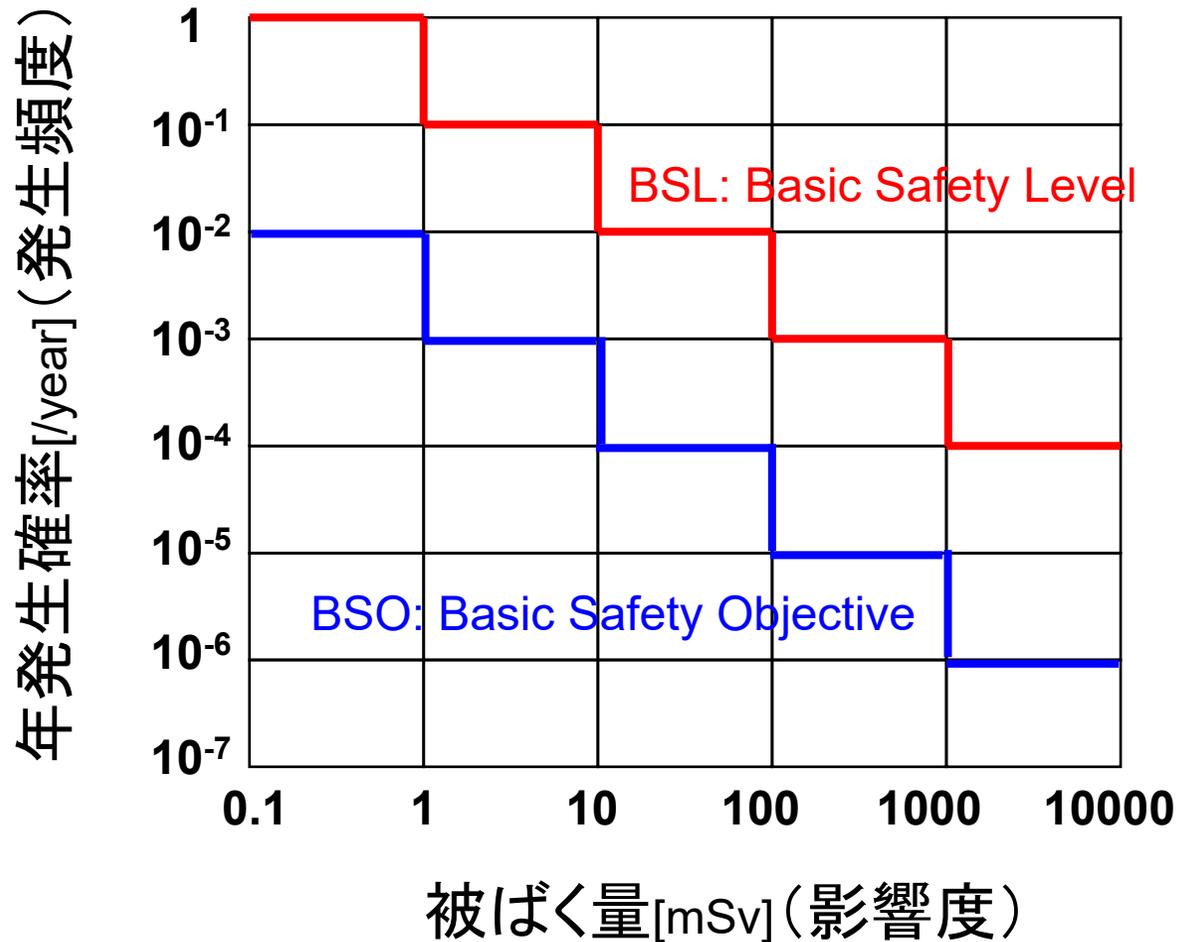
リスクプロファイルと安全対策

$$\text{リスク} = \text{発生頻度} \times \text{影響度}$$



リスクによる規制（イギリスの例）

リスク = 発生頻度 (Frequency) x 影響度 (Consequence)



イギリス原子力規制局(ONR)
安全評価原則(SAPs)

リスクに応じた規制

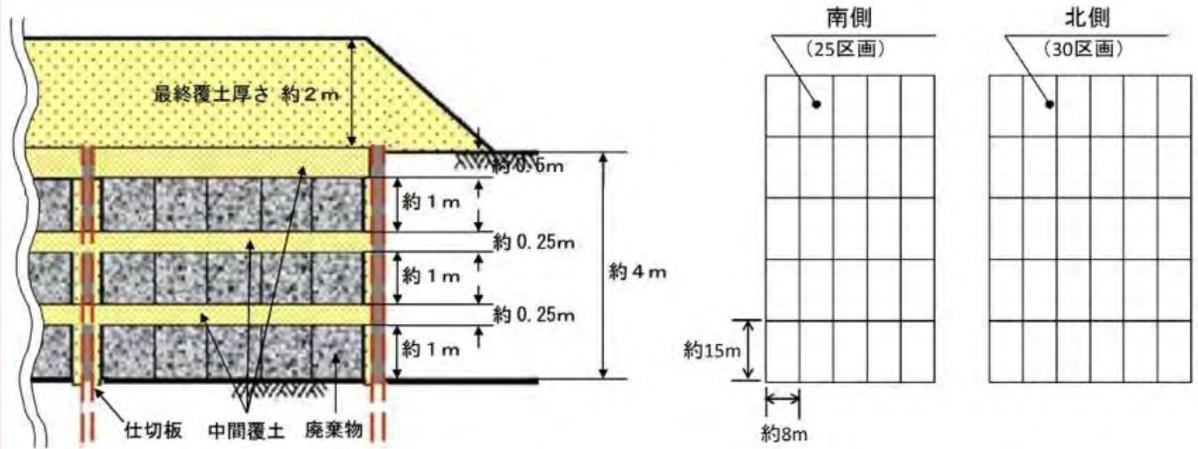
原子力発電所
原子力施設廃止措置
放射性廃棄物処分場
など

2015年7月16日申請



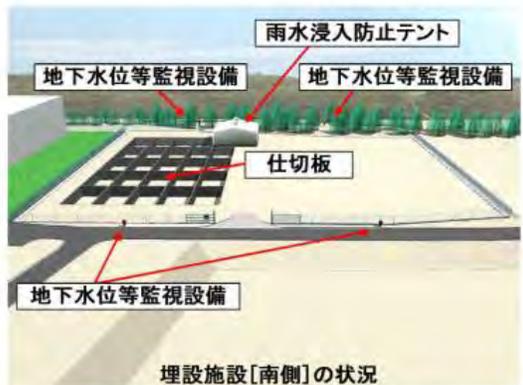
2024年7月24日一部補正申請

埋設施設は、地表から約4m掘削し、約15m×約8mごとに仕切板で区画し、南側25区画、北側30区画の合計55区画を設けます。施設全体の大きさは約80m×約100m、最大埋設能力は約26,400m³になります。

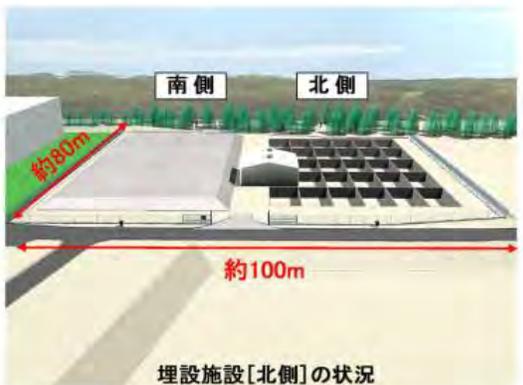


埋設施設イメージ図 (部分断面図)

埋設施設イメージ図 (平面図)



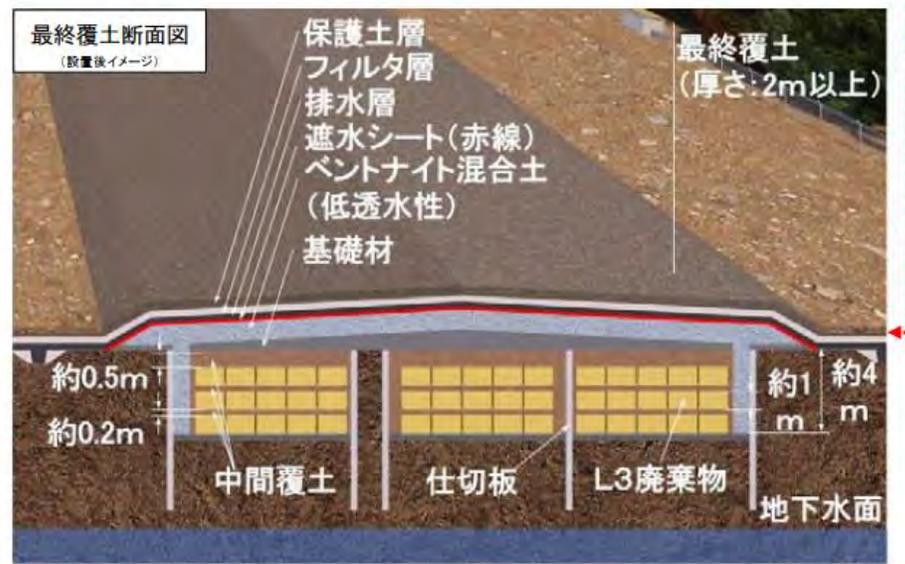
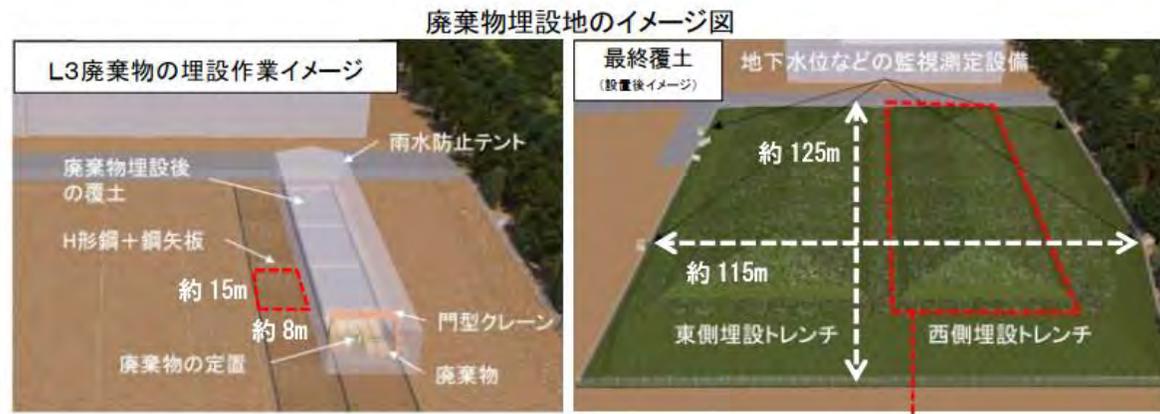
埋設施設[南側]の状況



埋設施設[北側]の状況

<https://www.japc.co.jp/news/press/2015/pdf/270716.pdf>

L3廃棄物埋設施設は、廃棄物埋設地及び附属施設から構成されており、廃棄物埋設地は、地表から約4m土壌を掘削し、約15m×約8mごとにH形鋼と鋼矢板で区画し、東側24区画、西側18区画の合計42区画を設け、全体の大きさは約115m×約125mとなります。廃棄物の埋設終了後は、地表から約2m以上の高さの最終覆土を施工します。また附属施設は、監視測定設備、放射線管理施設や通信連絡設備を設けます。

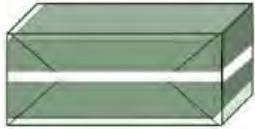
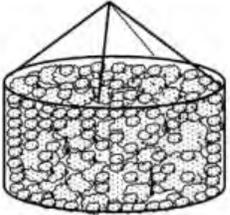


<https://www.japc.co.jp/news/press/2024/pdf/240724.pdf>

主な変更点

主な変更点	変更概要	変更理由
① 覆土設計	<ul style="list-style-type: none"> 雨水等の浸入を抑制し、廃棄物からの放射性物質の移動を抑制するバリア機能（ベントナイト混合土による低透水性）を追加。 更なる浸透水低減のために遮水シートを追加設置。 侵食抑制のため表層に植生を施し、豪雨時の浸透水の覆土外への排水性を強化。 	規則改正の反映及び覆土設計の再検討結果の反映
② 施設レイアウト	<ul style="list-style-type: none"> トレンチ区画数を見直し、配置を変更（南北に分けていた埋設トレンチを東西に分けて設置） 施設周辺の斜面を長期的により安定な勾配に変更し、埋設地のエリアを東側に拡張。 	覆土設計の変更に伴うトレンチ配置の見直しの反映
③ 津波評価	<ul style="list-style-type: none"> 津波条件を、L1津波（比較的頻度の高い津波）からL2津波（最大クラス津波）に変更。 埋設予定地周辺の地形を反映した津波シミュレーション評価の見直し。 	施設周辺の最新の状況の反映
④ 廃棄物収納容器	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物（金属・コンクリートガラ）を収納する容器を、鉄箱等から専用の処分容器に変更。 	トレンチ区画数見直しに伴う廃棄物の収納効率向上及び陥没防止対策
⑤ 放射エネルギーの設定	<ul style="list-style-type: none"> 塩素36の放射エネルギーの設定を適正化。 被ばく経路見直しにより、ニッケル63を評価対象核種から削除。 人為事象シナリオの被ばく線量評価に用いる区画別放射エネルギーを設定。 	塩素36の分析データの最新化及び規則改正の反映
⑥ 被ばく評価のシナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 自然事象シナリオと人為事象シナリオに分類。 	規則改正の反映
⑦ 被ばく評価の期間	<ul style="list-style-type: none"> 廃止措置開始後、1000年が経過するまでの期間で、状態設定及び被ばく評価を実施。 	規則改正の反映
⑧ 被ばく経路	<ul style="list-style-type: none"> 被ばく経路を評価対象個人ごとに再整理して評価。 線量評価パラメータを被ばく経路の見直しに合わせて再設定。 	評価手法の最新化
⑨ 被ばく線量評価	<ul style="list-style-type: none"> ①～⑧の変更を踏まえ、被ばく線量評価を実施。 	規則改正の反映
⑩ 外部からの衝撃による損傷の防止	<ul style="list-style-type: none"> 国内外の基準及び文献調査により安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある自然現象及び人為事象を網羅的に抽出・選定。 	規則改正の反映

2015年

廃棄物の種類	金属	コンクリートブロック	コンクリートガラ
重量	約6,100トン	約9,400トン	約500トン
埋設形態	鉄箱収納	プラスチックシート梱包	フレキシブルコンテナ収納
概要			
収納状態			

<https://www.japc.co.jp/news/press/2015/pdf/270716.pdf>

2024年

廃棄物の種類	金属	コンクリートガラ	コンクリートブロック
埋設形態	鉄箱収納	鉄箱収納	プラスチックシートこん包
寸法	1.4m × 1.4m × 0.9m	1.4m × 1.4m × 0.9m	0.9m × 0.9m × 0.7m
収納容器（イメージ）			
収納状態（イメージ）			
埋設する総重量	約6,100トン	約500トン	約9,400トン

まとめ

◆ 原子力規制のあるべき姿

- リスク情報を積極的に活用した規制
 - ✓ リスクの高いものにより注力する
 - ✓ 細かな書類上のミスではなく、原子力リスクを知る審査官教育を
 - ✓ 国語審査(わかりやすい書類)ではなく、リスクの本質を
 - ✓ 審査書を書くことが目的ではなく、安全を確保すること
- 事業者と規制との技術的な対話

◆ 事業者のあるべき姿

- より積極的な対話の推進を
 - ✓ 再稼働が目的ではなく、国民の信頼確保が目的
- 審査遅れによる損害に対する訴訟を

◆ 国のあるべき姿

- 原子力規制の在り方に関する法令改正
 - ✓ 原子力規制委員会の監査機関設置
 - ✓ リスク情報を取り入れた規制を法令で明記
- 原子力投資への債務保証(建設1兆(15年)・国民利益10兆(60年))

原子力安全規制の課題

2013年10月5日

岡本孝司(東京大学)
okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

規制委員会の在り方

- 科学的根拠に基づき、独立した判断を行う
 - リスクを考慮した科学的判断
- ステークホルダーとの真摯なコミュニケーション
 - ゴールは原子力安全である
 - 同じ立場で、上下関係は無い
- 権限をもつと同時に、説明責任がある
- 国際標準と整合性をもつ
- 国民から信頼される技術力を持つ

米国NRCの規制

- リスク上重要なものに注力
 - FSAR(最終安全解析レポート)により常に現在のプラント状況を把握
 - CAP(是正措置データベース)によりリスク上重要な課題の共有と改善
 - 現地検査官は事業者の活動をリスクを物差しとして評価。フリーアクセス。
- パフォーマンスベースの規制
 - 本質的に安全なプラントは稼働率向上
- 専門家集団
 - 原則プロパー、人材育成を重視

What is Risk Significant?

We trust licensees,
but verify them

現在やっているダメなこと

- 思い付きで、一部の目に見えるリスクだけに着目
 - 例えば30項目の技術的知見についても、気の付いたところだけを集中的に規制。結果として、重要なところが規制から落ちており結局事業者自主となっている。
- 福島の事故がトラウマになっていること
 - 福島と同じ事故は防げるかもしれないが、別の事象では対応できず、また想定外と言う事になる
- 原子力安全ではなく、規制委員会安全(組織維持)が目的
 - スケジュールありきで安全よりもスケジュールを優先していること
 - 安全文化が劣化しすぎている
- マネジメント能力の根本的な欠如
 - 総合的戦略がなく、その場しのぎ

現在やっているダメなこと

- 科学的ではない議論をしている
 - 技術的信頼性が全くなくなる事を危惧
 - 世界から見放される
 - 日本の技術力に対する信頼性が揺らぐ
 - 原子力安全につながらない。逆にリスクを大幅に高める
 - 例えば活断層は比較的リスクが高いのだけど、非科学的な議論をしているので、誰も信用していない
- 独裁になっている
 - 権力を持つ者こそ、真摯に首を垂れる必要がある
 - コミュニケーションをとれないのは実力が無い事の証明
- 説明責任を果たしていない
 - 権限を持つということは、説明責任を果たす義務がある

国が三流、民間が一流は今に始まったことではない

- 民間(事業者、メーカー、協力企業等)が**自主的に**原子力安全を確保する事を目指すことが重要
- 護送船団は無理。民間が本気になって安全確保にお金と人かける事
 - 防潮堤などのハードを増強する事ではない
 - 原子力安全を本気で考え、常に向上する姿勢を貫くことができるかどうか。アメリカNEIクラスの人材を揃える事が重要
 - 事業者、メーカー、協力企業がメインプレーヤであり、何が本当に重要かを議論しまとめる必要がある
 - 残念ながら一部の事業者は、全く反省していない。他の事業者の足を引っ張っている
- 規制委員会は、自己矛盾
 - 民間が率先して安全を高める事でのみ、原子力安全は確保できる
民間が国に言われたことをやっているだけでは、事故が起こる。

活断層のリスク

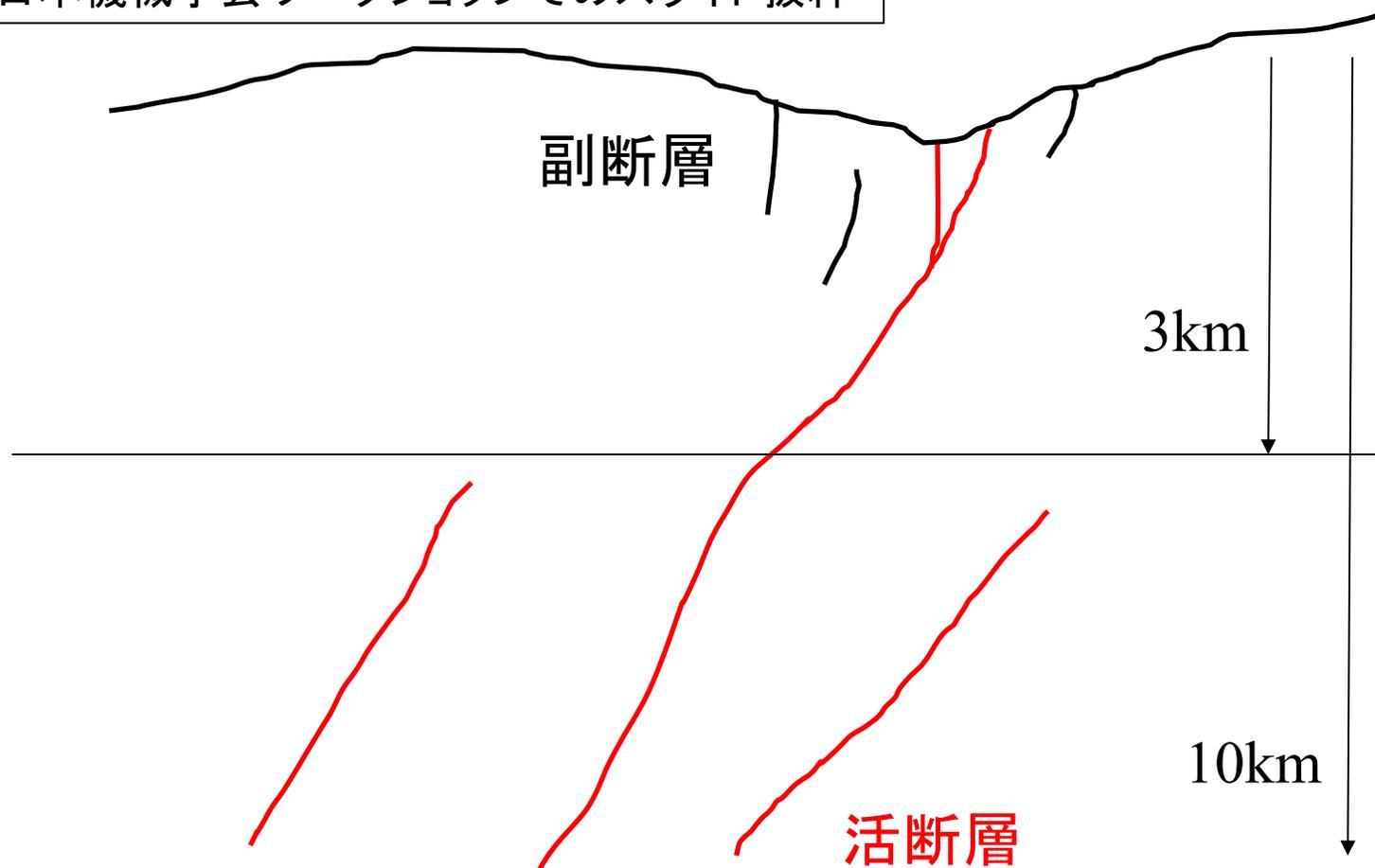
重要な事は原子力安全を脅かすかどうかである

- 規制委員会
 - 活断層かどうかに関し問題が置き換えられ、非科学的な議論で意思決定がなされている
- 原子力安全推進協会(JANSI)
 - 原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価手法に関する調査・検討報告書
<http://www.genanshin.jp/archive/sitefault/>

地震を起こす活断層

- 地中3～10kmにある断層がずれる事により、膨大なエネルギーを放出し地震となる
- M6.5～6.8より小さな地震は、地中のみのずれのため地面には表れない事が多い(先日の淡路島地震)
- M6.5～6.8より大きな地震は、地中のずれの影響が地上に現れ、ずれを生ずる(野島断層による神戸淡路地震)これを**活断層**と呼ぶ
- 地上には古くから**断層(割れ)**が存在しており、地震によって動く可能性がある。なお、地震により、何も無いところに新たに**断層(割れ)**が生ずる可能性もある。

重要なことは、動く**活断層**と、地震に伴い動く可能性のある**断層**



活断層：過去に地震に伴い繰り返し動いたことがあり、
将来も動くと考えられる断層

副断層：活断層に伴い動く可能性がある

規制委員会の活断層議論の問題

- リスクを考えていない。
- 断層(割れ)が、見える範囲で動いたかどうかだけの議論
- 見えないリスクを無視している(3.11の反省が全くない)
- 非科学的な主観による判断
 - 無理矢理、認定しようとしている
 - 最新の知見を無視している
 - 都合の悪い議論を避ける
 - リスクの議論ができる専門家がない

科学者は委員会の議論の間違いが良くわかる

→ 活断層のリスクは小さいと誤って判断する

国際的な考え方

- IAEAは既設プラントに対して、疑いが否定できない場合には、リスクを考慮した評価（例えば確率的リスク評価）を推奨している
- NRCはYoungsの方法を使い、独自に活断層による変位が生じる超過確率を計算し、 10^{-7} 以下である事を確認している。
ディアブロキャニオンNPPの長期的耐震評価における
Shoreline断層評価の一環

活断層ハザード(動く確率)

- 活断層の場合
 - 調査によって活動性を評価する事がある程度可能
 - 例えば浦底断層は5000年に1回 (2×10^{-4})
浦底断層の上はリスクが高い
- 断層(割れ)の場合
 - 活断層変位により誘起されて動く可能性はどこにでもある。モデル上は動く確率は活断層からの距離に依存すると考える事が合理的であろう(Youngs)
 - 活断層に連動して動くかどうかは、調査によって活動性を評価する事である程度推定できる
 - 例えばD-1の場合、最低12万年動いていないとすると、連動する確率は少なくとも1/24以下 ($< 4 \times 10^{-2}$)

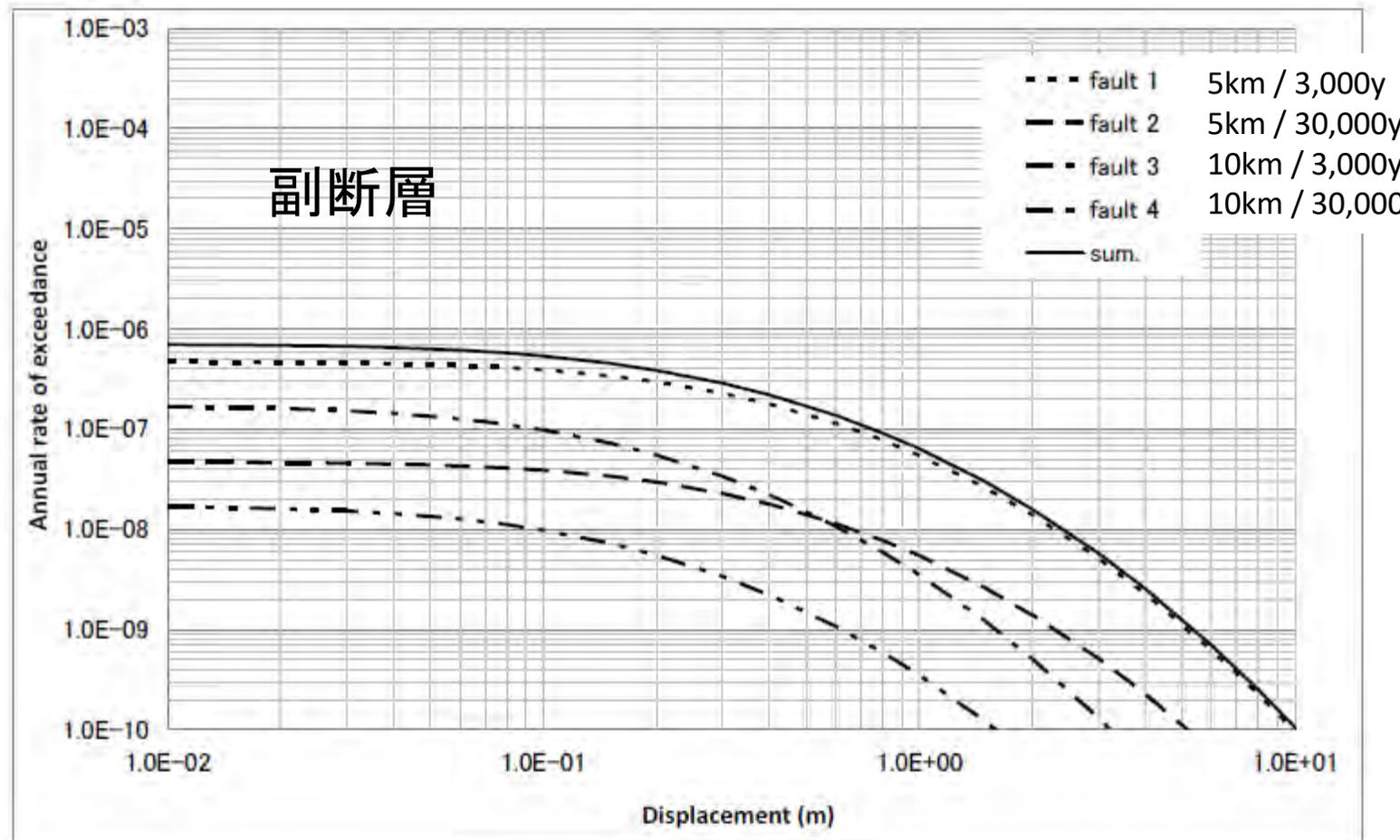
断層変位リスクの考え方

- 強制変位が生じる確率 (Youngsや高尾)
 - 活断層が動く確率
 - 活断層の活動により発電所の地盤が割れて動く確率 (活断層からの距離の関数)
 - 強制変位の大きさの確率分布
- 強制変位により炉心が損傷する確率
 - 原子炉建屋が損傷する確率
 - 炉心の冷却が困難となる確率

数10cm程度でクリフエッジが来ると推定
逆にいうと、数cm程度であればリスクは小さい

Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis (PFDHA)

活断層からの距離 / 活断層の活動性



case (b) (Mw 6.8)

Takao, M. *et al.*, "Application of Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis in Japan," *Journal of Japan Association for Earthquake Engineering*, Vol.12, No.1, (2013) 17-36

活断層に対する議論に関する印象

- 敦賀
 - D-1は活断層ではない。副断層として動くリスクはDECとして考慮すべき。FLEXを充実させることが重要
- 大飯、東通
 - DECとして断層変位を考慮したAMを構築しておくことが必要(冷却系だけでなく、原子炉建屋に対しても)
- その他
 - 個別評価は重要であるが立地時評価を利用する事
 - 全ての発電所でDECの断層変位(0~30cm)を考慮したAMをFLEXベースに充実させることが重要

実は思いのほか大きい活断層リスク

- 場所によるが、 10^{-6} ~ 10^{-10} 程度の超過確率がある
- IAEAやNRCにならって、リスク評価を行うことが重要
 - リスク評価手法の開発
 - 超過確率評価手法の高度化と不確かさ低減
 - 強制変位による原子炉建屋や機器の応答評価
- 強制変位に対するクリフエッジを評価するとともに、FLEXを応用したアクシデントマネジメント手法を検討しておくことが必要。