

# 使用済燃料と高レベル放射性廃棄物 の深地層処分

... セーフティケースと安全規制  
に係る現状と課題及び  
規制機関による安全調査研究



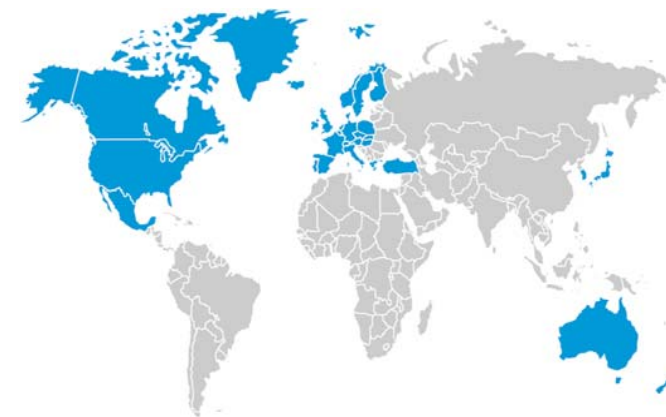
クラウディオ・ペスカトーレ博士

# プレゼンテーションの概要

- **パートI—OECDとNEA**
- **パートII—現状と問題点**
- **パートIII—最終所見**

## OECD/NEA加盟国

- オーストラリア
- オーストリア
- ベルギー
- カナダ
- **チリ**
- チェコ共和国
- デンマーク
- フィンランド
- フランス
- ドイツ
- ギリシャ
- ハンガリー
- アイスランド
- アイルランド
- イタリア
- 日本
- 韓国
- ルクセンブルグ
- メキシコ
- オランダ
- **ニュージーランド**
- ノルウェー
- **ポーランド**
- ポルトガル
- スロバキア共和国
- スペイン
- スウェーデン
- スイス
- トルコ
- 英国
- 米国



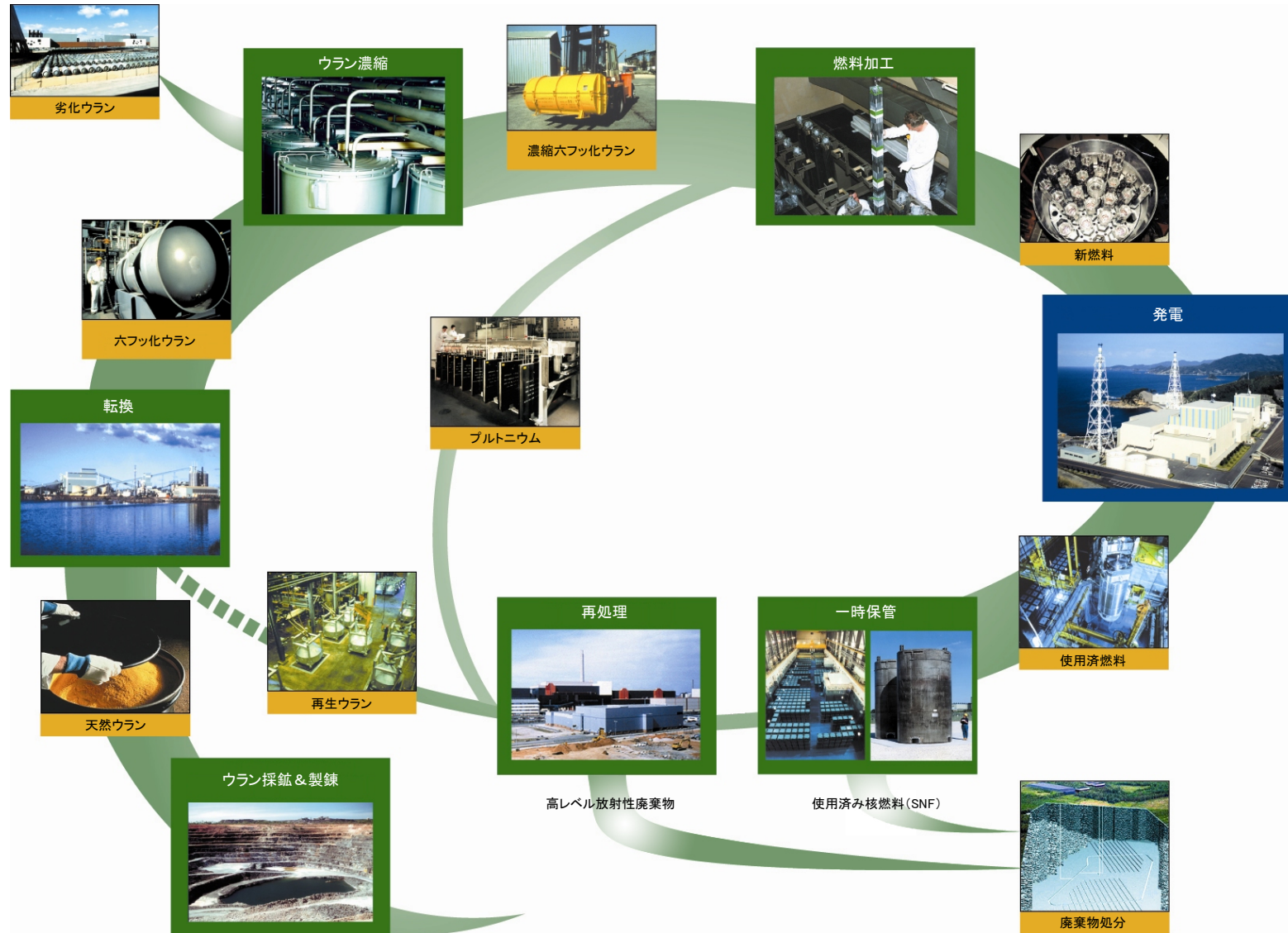
**NEA非加盟国**

## 経済協力開発機構(OECD) - OECDの戦略目標

- ◆ **経済成長、財政的安定および基盤整備の持続的推進**
- ◆ **人的資源および社会的一体性の向上と持続可能な環境の推進**
- ◆ **貿易と投資の拡大によってグローバル化形成に貢献**
- ◆ **公共および民間部門のガバナンス**
- ◆ **強化非加盟国の経済発展に貢献**

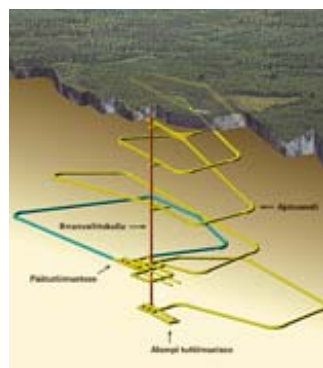
## OECD原子力機関 ( NEA )

- ❖ 加盟国を支援する ... 原子力エネルギーを利用する上で必要な科学的、技術的、法的基盤
- ❖ 原子力エネルギー政策を政府が決定するためのデータとして、および幅広いOECD政策分析のデータとして、主要課題に関する信頼すべき評価を提供し、共通の理解を形成する。

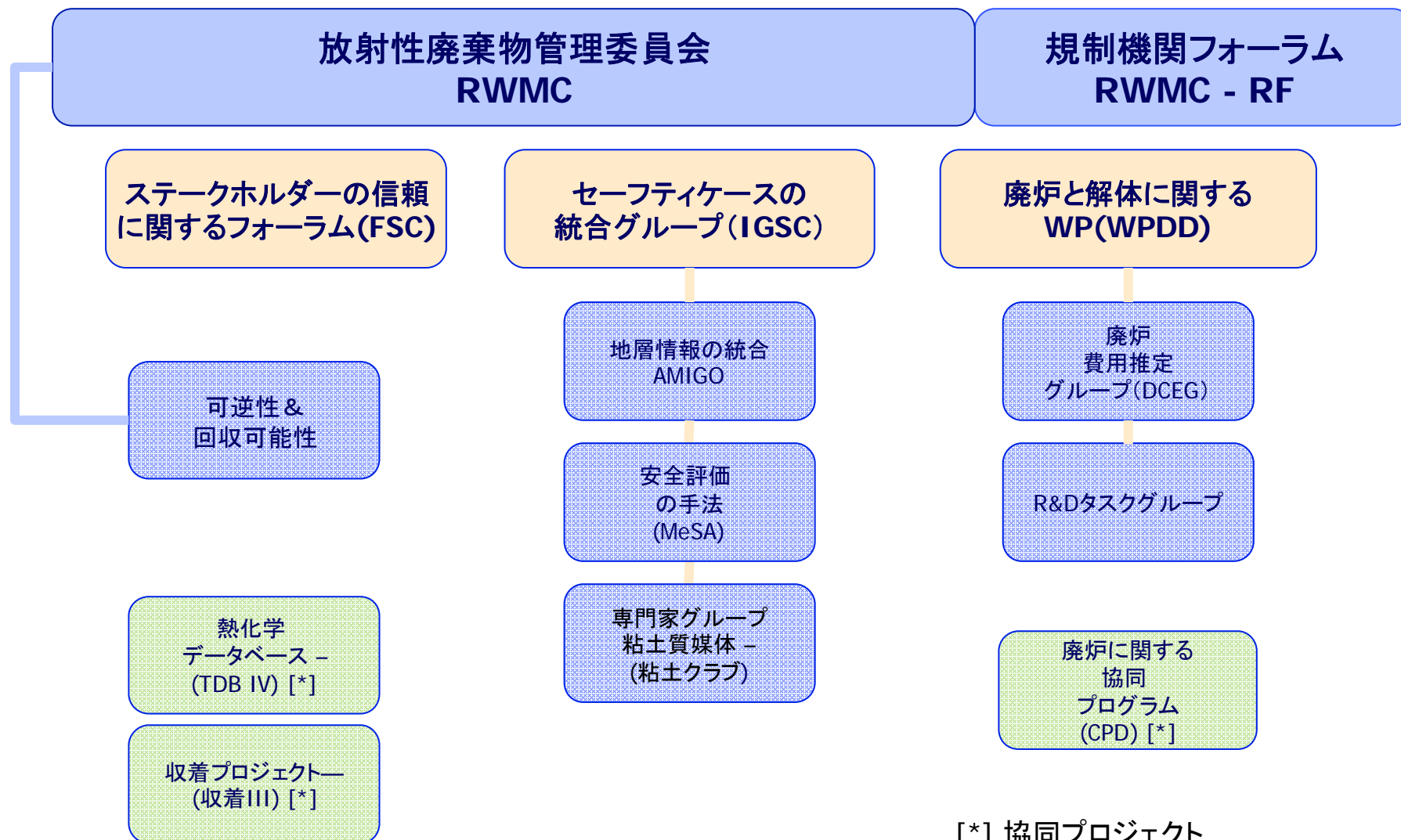


# 放射性廃棄物と放射性物質 の管理 — 目標

- すべての種類の放射性廃棄物、特に**長寿命**の廃棄物および使用済燃料について、安全で持続的かつ幅広い条件を満たすことのできる管理を中心に戦略的に展開し、放射性廃棄物および放射性物質の管理領域で加盟国を支援する。



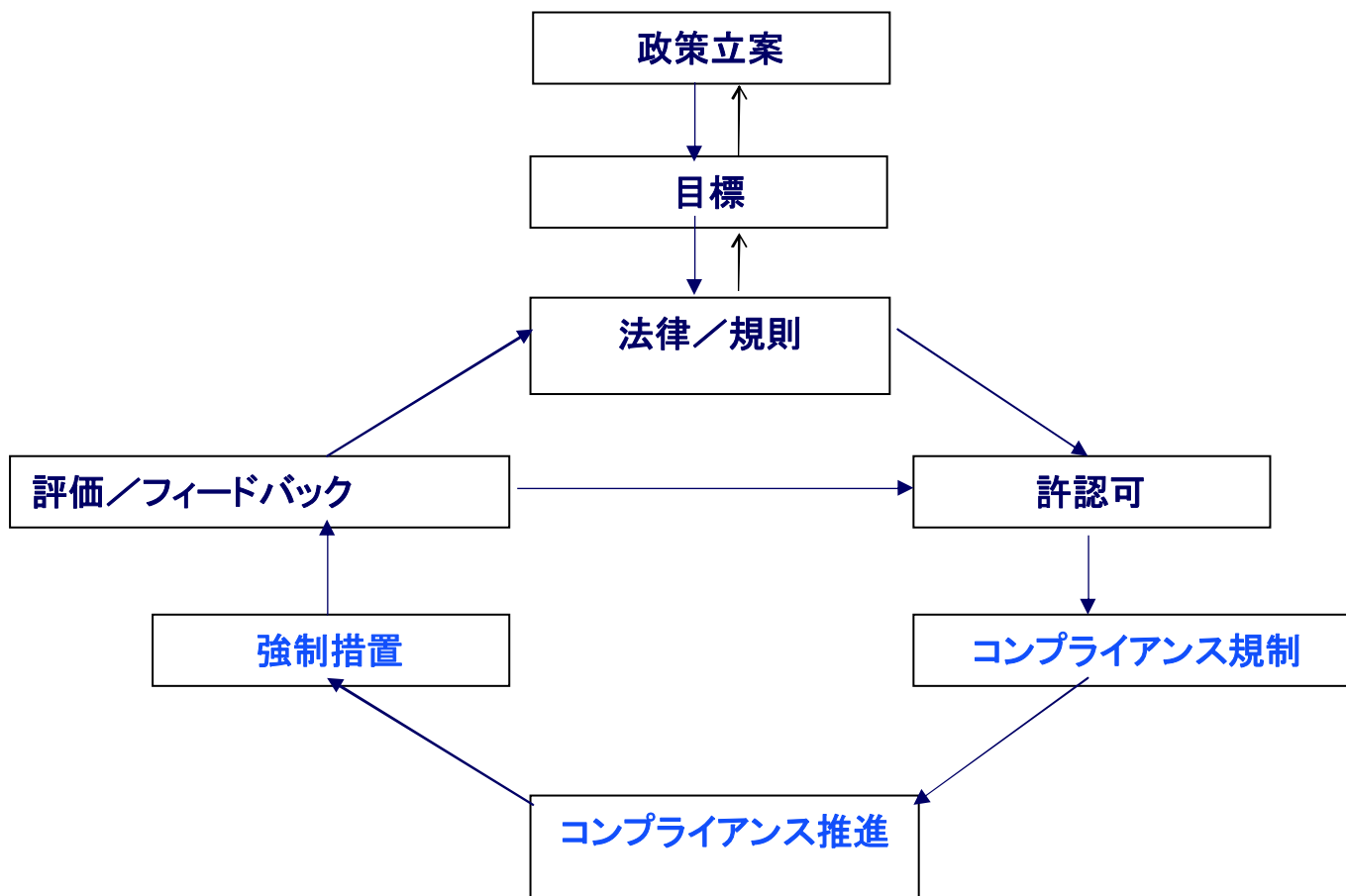
# NEAにおける放射性廃棄物および廃炉



[\*] 協同プロジェクト



# 規制システムとサイクル



## 規制システムには多くの組織が係わる

- AEC:原子力委員会
- CRIEPI:電力中央研究所
- JAEA:日本原子力研究開発機構
- METI: 経済産業省 (JNES、NISA、ARE、ANRE)
- MEXT: 文部科学省
- MLIT:国土交通省
- NSC:原子力安全委員会
- NUMO:原子力発電環境整備機構
- 議会(国会)
- RWMC:原子力環境整備促進・資金管理センター

## 支援にはすべての規制組織に かなりの研究調査が必要...

- 政策および法律の策定または改正
- 規則の策定または改正
- 許認可申請および追跡決定の見直し
  - 主要安全機能に関する理解の促進
- 進化する科学的知識と社会的要件(主要組織の役割など)の把握

## 規制機関が行う研究調査には技術的制約がある

- プロセスの理解と複雑なモデルについて知らされるが開発しない
- 開発者が行う具体的な特許請求の範囲をチェックすることは Ok であるが、技術領域で先行することは no である
- 安全関連面に重点を置く
- プロセスの一定(遅延)部分に限定される

大半が技術支援。

決定の多くは他者が行い、必ずしも技術的領域というのではない。規制機関が認めることができるのは、所定のソリューションが「十分に安全」であるということに過ぎず、必ずしも「最善」と認めるものではない。

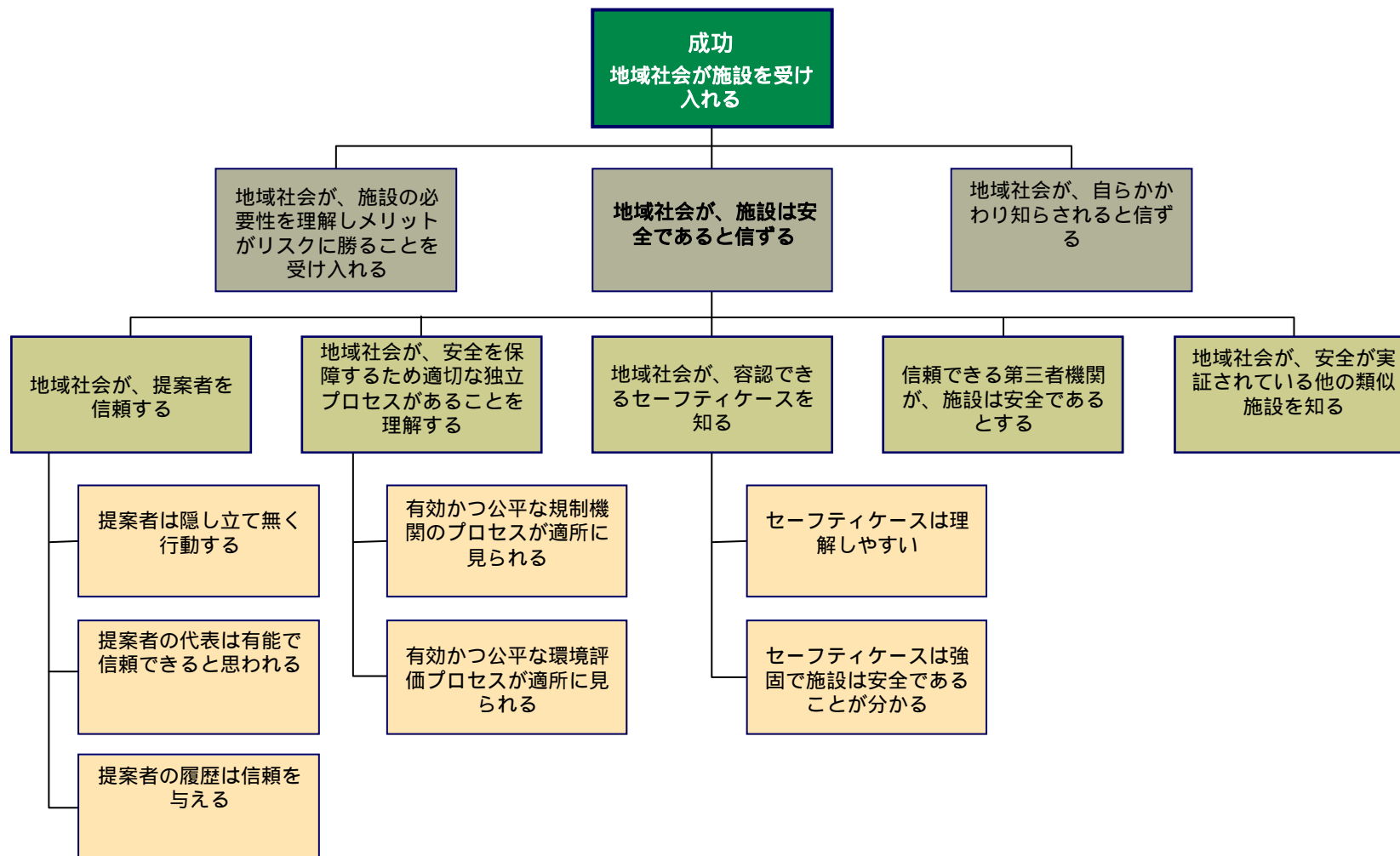
## 規制機関に可能な事例

- 業界にある研究テーマに取り組ませるために、あるいは国内外にアイデアをはぐくむ環境を作り幅広い専門知識を備えた人材を育成するために、研究を開始する。
  
- 新たな技術支援ができるようにする
  - 新たな責任を引き受けるとき
  - 将来の責務／より優れた役割を果たす準備のため

## 人材が最も重要である

- 規制機関には、研究調査の強みと限界を知る経験豊かな者の雇用が必要
- そのような人材の確保と研修
- 教訓と決定が正しく伝承される
- [このすべてが、それだけでかなりの研究調査が必要]

## 成功は安全の伝達に在り(「地域社会」を「規制機関」に置き換える。成功は規制機関が「信頼を伝えられる状態である」とき)



## 安全を伝えることの難しさ (規制機関にとっても課題)

- 一般人は原子力と馴染みが薄く心地良くはない
- 一般人は時間がなく、問題を理解しようとはしない
- 一般人はもともと提案者\*を信頼したがない
- 放射性廃棄物に有害性が残りうる長期間にわたって処分場が安全であるとする概念を伝えること\*\*
- マスコミは多くの場合に対立を報じようとし、あえて話を面白くしようとするので、一般人は誰を信じてよいか分からず危惧の念を抱く

\* しかし、規制機関の方を信頼するかもしれない; \*\* 「内部」の課題



## 「内部」の課題部分

- 「安全、保護、最適化、健康阻害、環境」とは何か、  
が明確であるか？
  - これらの概念は規則で、特に処分規則で(十分に)定義されていないことが多い。
- 短期の実務(と概念)をすべての時間軸で実際に適用することができるか、状況に合わせてたり変化させたりしなければならないか？
- 透明で実効可能な規制基準を定める明確な目標があるか？

## 内部の課題:「線量」の例

- 線量:規制で用いる「実効線量」で、健康阻害を測る短期に有効な管理ツールであるが、直接的・正しい尺度ではない。(ICRP)
- 計算実行線量は明らかに数世代後の健康阻害を評価する基準ではない (ICRP, HPS)
- 線量基準は他にもある中の一つの安全指標に過ぎない。比較方法の一つとして用いるもので、解決の質を確信させる(安心が得られる)絶対的なものではない

## ... 安全指標 (IAEA 2007年用語集より)

「このような数量は、保存場所の長期評価など線量またはリスクの予測が信頼できそうにない\*状況において最も一般的に用いられる。通常、次のいずれかの場合である。

(a) 線量またはリスクの大きさを説明するための予測、評価基準と比較するための考えられる線量またはリスクの大きさを表すために用いる。または、

(b) その他の数量で、例えば放射性核種濃度または束など、これらは影響についてより信頼の高い指標を得られると考えられ、他の関連データ\*\*と比較することができる。」

\* 信頼できるとしても実際に健康障害の尺度とはならない；\*\* 主に自然バックグラウンド

## 内部の課題:「安全」の例

- 技術的意味でいう安全 は線源の規制と規制機関の存在に関係する。安全(すなわち品質保証、管理)のために行うことは時によって増やしたり減らしたりするあいまいなものではない。
- ある期間の安全(セーフティ)は安全でもなければならないが、常に、安心でなければならない。
- 安心にはシステムの強固さについて他のすべての種類の指標が必要である[システムは物理的なものだけでなく、意志決定システムとその構成要素をいう。]

## 内部の課題：研究調査の優先順位

- 基本概念は短期と長期で変わりないか？ 時間尺度でどのように変わるか？ 特に次の場合
  - 実効線量；潜在的線量
  - 安全
  - 健康障害
  - 最適化
  - ...
- 過去15年間に生じた放射線防護における考え方の重要な進展

## セーフティケース (IAEA用語集2007年)

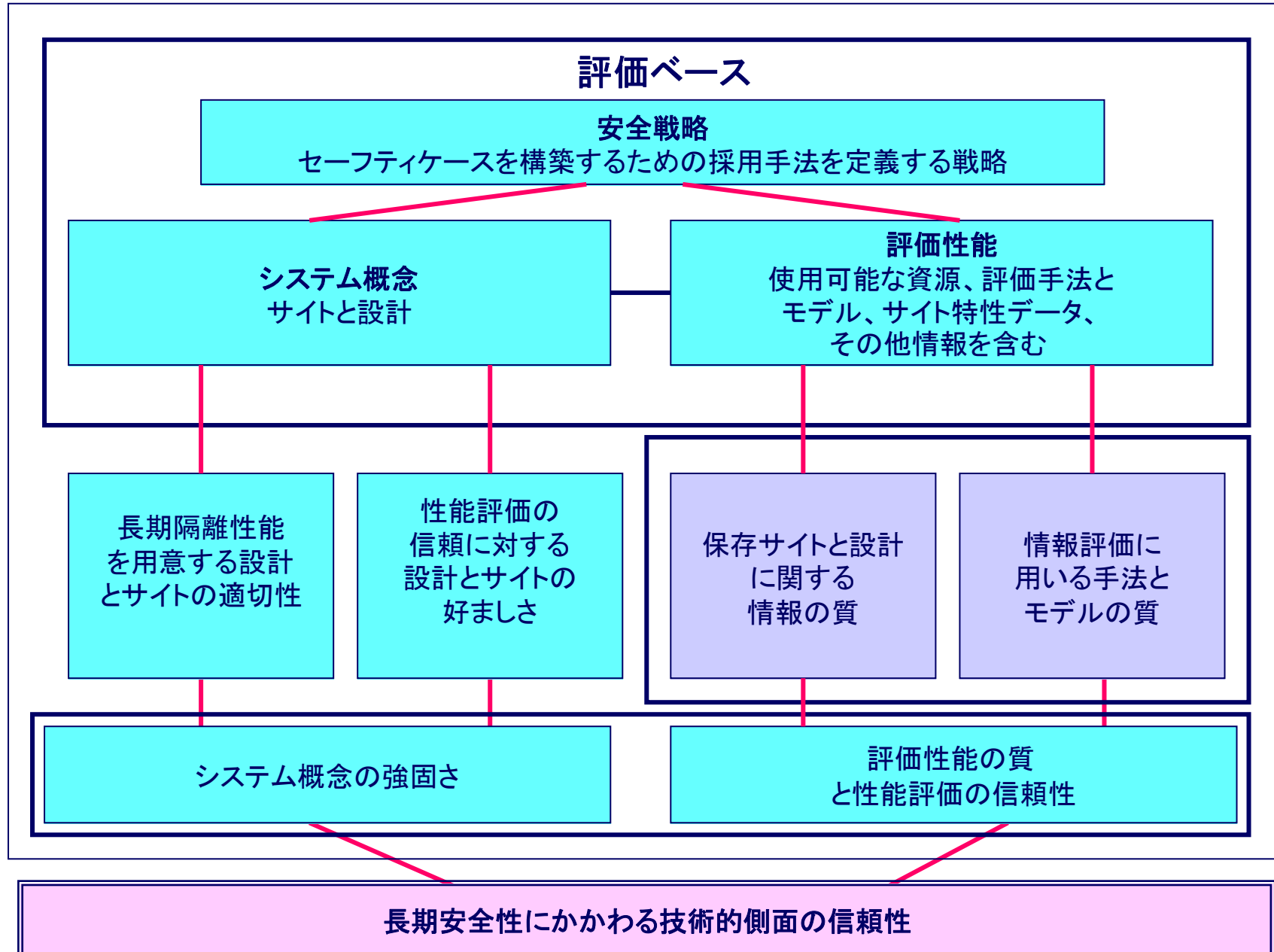
- 「施設または放射能の安全を裏付ける議論と証拠の収集。これは、一般に、これらの調査結果の安全評価と信頼に関する説明書の結果を含む。
- 保存場所については、セーフティケースは建設の一定の段階にかかわる場合がある。そのような場合、セーフティケースにおいて未解決の課題が存在することを認識し、将来の建設段階でこれらの課題を解決すべき仕事\*のためにガイダンスを用意しなければならない。」

\* 研究調査が決して放置されることがないという事実は信頼要因である。

## 規制機関による信頼

- 規制機関は社会で特別な役割を担う: 権限とツールを持ち、決定を行う前に社会が必要とするものを義務付ける—すなわち、一定の解決策においてどの程度確信できるかを決定する。
- 規制機関はみずからの信頼性を確認し、それを伝えなければならない。
- 規制機関は評価プロセスに透明性をもたらさねばならない。
  - これが、システムの他の部分、特にセーフティケースを評価するための信頼基準となる。
  - これらの判断基準を各ケースで満たす方法

1999年のNEA秘密文書から





## NEAピアレビューガイダンス 文書(2006年) [ペスカトール2005年]

- 規制機関がセーフティケースの質を試験しその信頼性を評価するために問うことのできる40項目の質問を設定した。
- スイスNAGRA「Entsorgungsnachweis」のピアレビュー報告書に用いられた質問項目を参照のこと。

## ⊗ 安全達成の戦略、すなわち、強固なシステム概念とは？

— 確立や帰結の低さ、大部分の現象、および安全にとって有害となりうる不確実性の回避あるいは強制、ならびにサイト（ナチュラルアナログ、…）と設計の選択による判断基準

## ⊗ 安全を立証するための戦略とは

- 障壁およびシステム機能の役割を公表する
- 評価ケースを識別し説明する
- ツール、データ、解析の質を検証する
- PAはシステム性能を試験するためであることを説明する
- 設計ベースと規制機関のコンプライアンス水準以上でシステムを分析する
- 安全と性能に関する他の指標を用いるなど

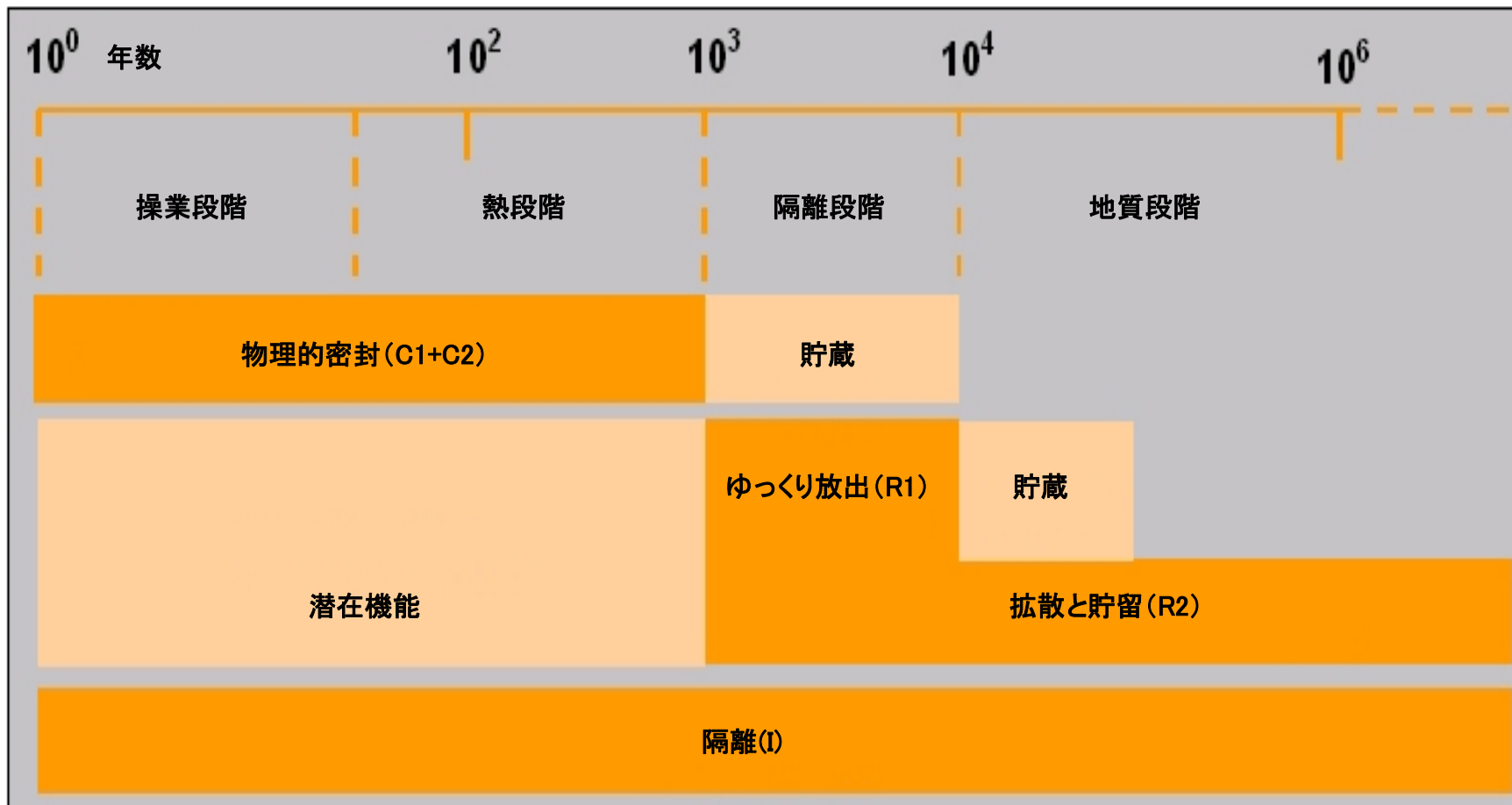
## 信頼判断基準...

- ...信頼説明書など
- **セーフティケースの規制機関レビューの準備 と、実行者、一般人、政治家に向けた説明書を準備するために有効な研究調査領域である。**
- **これらの判断基準の準備は、上記の各支持層との対話にも有効な土台となる**

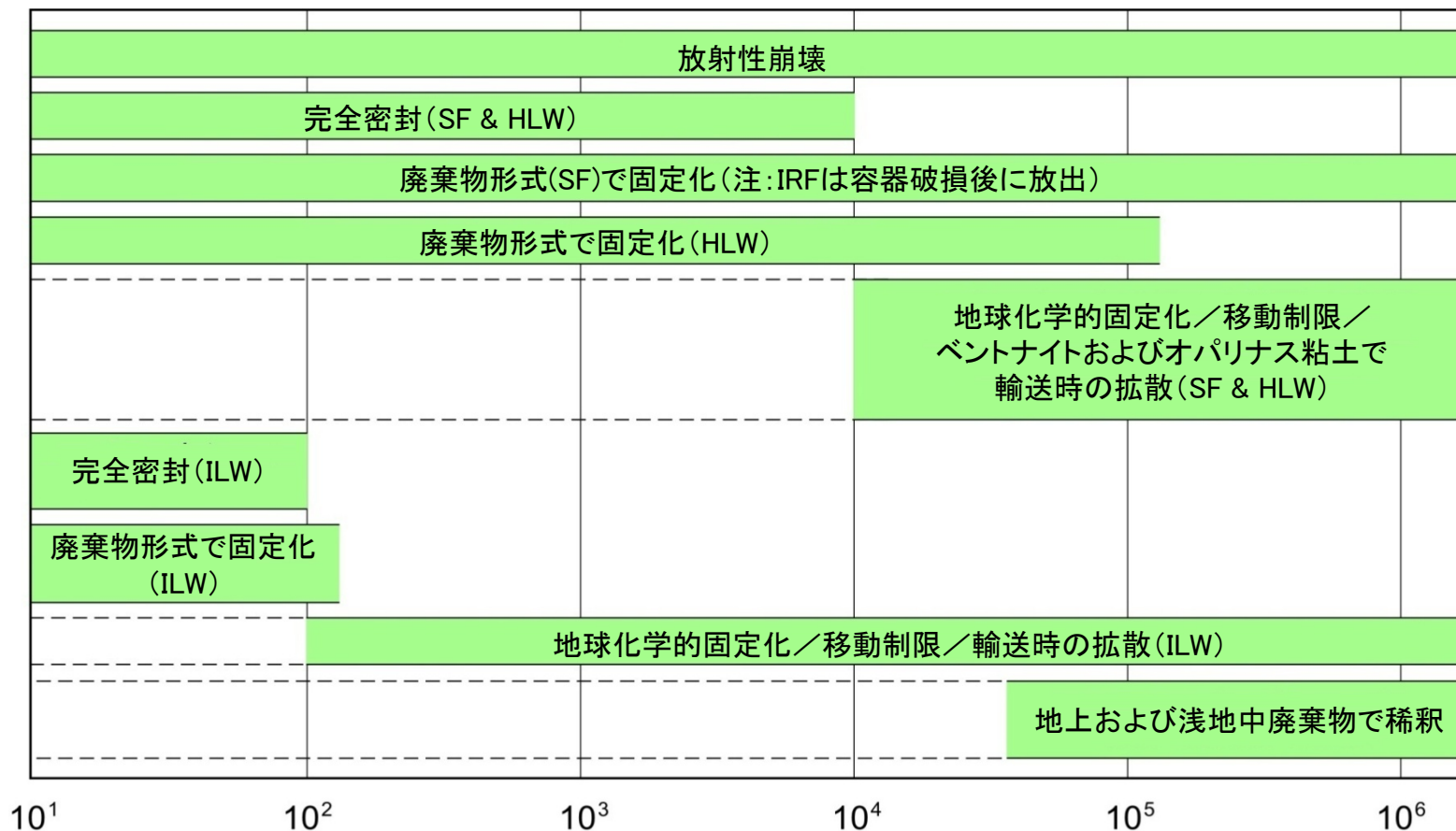
# セーフティケース...

- セーフティケースを理解またはその不足を文書化すべき？
- 理解することは検討される期間によって異なる。
- 特定の安全機能またはプロセスに依存する(そのような特定を要する)さまざまな期間を識別することが望ましい。
  - 実行者はこれをすでに実施しているので、規制機関はこの実践を促せる。

## 期間による安全機能...



## 期間による安全プロセス...



## 「初期...そしてずっと後」

- 閉鎖後の解析は1,000年さらに1,000,000年の間隔で着目する傾向がある。
  
- しかし、1,000,000年以上と1,000年未満も規制機関および一般人にとって理由は異なるが重要である。
  - 規制機関はここに関心を示す必要がある。



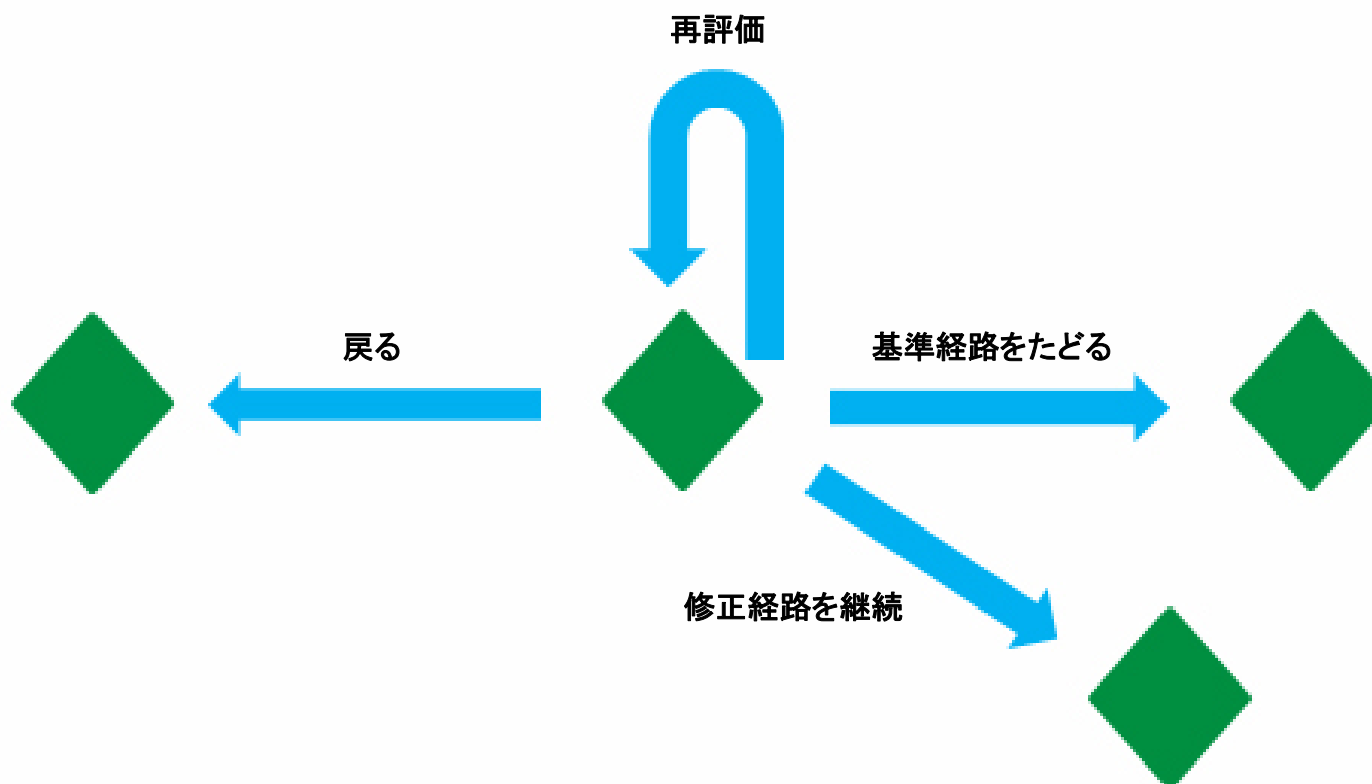
## 当初の数百年間 ...

- 規制機関のフルサイクルに適用することができ、すべきであるので適用する。
- 3つの課題は重要にみえるが十分に理解されていない。
  - 閉鎖までの回収可能性に関する規制機関の見解
  - 決定の可逆性に関する規制機関の見解
  - 閉鎖の意味に関する規制機関の見解

## 廃棄物パッケージの回収可能性...

- 規制機関は自らの見解を明確にすべきである。
  - 作業時の安全施設は回収可能性であるか否か？
  - 回収可能性は既存・要求どおり言及すべきか、すなわち、作業期間中「必ず一つは容器を回収することができる」と「理解した」ままにすべきか？
  - 作業時の回収可能性の規定は、保存場所が長期的に安全であるとする見込みを有効に実現させることができるか？

# 決定の可逆性...



## 決定の可逆性 ...

- 段階的意志決定に対する規制機関のコミットメント
  - 前進するための決定は、他の可能性も予想できる場合に限って十分な意味を持つ。
  - 前進するための決定には2つの要素が含まれる。第1に戻らないこと、第2に具体的で明確な経路を進むことである。これは規制機関の政策に反映されているか？
  - 可逆性は回収可能性を必要とするか？

## 閉鎖の意味...

- 保存場所の閉鎖は問題を解決することと同じであるか？
- あるいは新たな段階の始まりか？できるだけ長く保障措置、監視、モニタリング、アクティブメモリーの保持など。<sup>\*</sup>
  - どんな規制制度を適用することになるか？ 操業中の施設のものか、「クリアな」廃棄物のものか、あるいは規制を外れたものか？
- 閉鎖で最終的「撤退」政策を取れるか？
  - 国内法で実際に原子力施設を「廃棄」することが許されるか？

<sup>\*</sup> 監視を継続することがICRPの提案する政策であり線量拘束値の判断基準となる。

## 閉鎖後1,000年までの期間

- 廃棄物環境の相互作用が非常に複雑化する期間であるがまったく放出は予想されない。
- 規制サイクルが適用され、原子力の能力が引き続き存在する確率のある期間
- 地元住民にとって最も関心の高い期間
- あの日付でモニタリング、保障措置の適用などを停止することを今決定すべきか？
  - モニタリング計画やその他監視のための技術的規定を研究調査する時間があることを、そして将来の規制機関が適用性を評価できることをなぜ検討しないのか？
  - メモリ保持とモニタリング活動に地元の地域社会を参加させないのか？要求するのが普通だ。

## 数十万年後の期間...

- 廃棄物は絶対に害がないかどうか、規制機関によって明確になっている。
  
- 追加調査が必要とされる。例えば、
  - 弱まっていない場合、HLWはいつ廃棄物区分を変更するのだろうか？
  - HLWの化学的毒性は、いつ放射線学的毒性と等しくなるのだろうか、あるいは大きくなるのだろうか？
  - 潜在的有害性が例えば何百万年も持続する場合、被ばくの可能性を抑えるためにできることは無いのか？
  - 有害性が消えない場合、どんな倫理基準を今適用しなければならぬか？—たとえ予測の不確実性が高い場合でも。

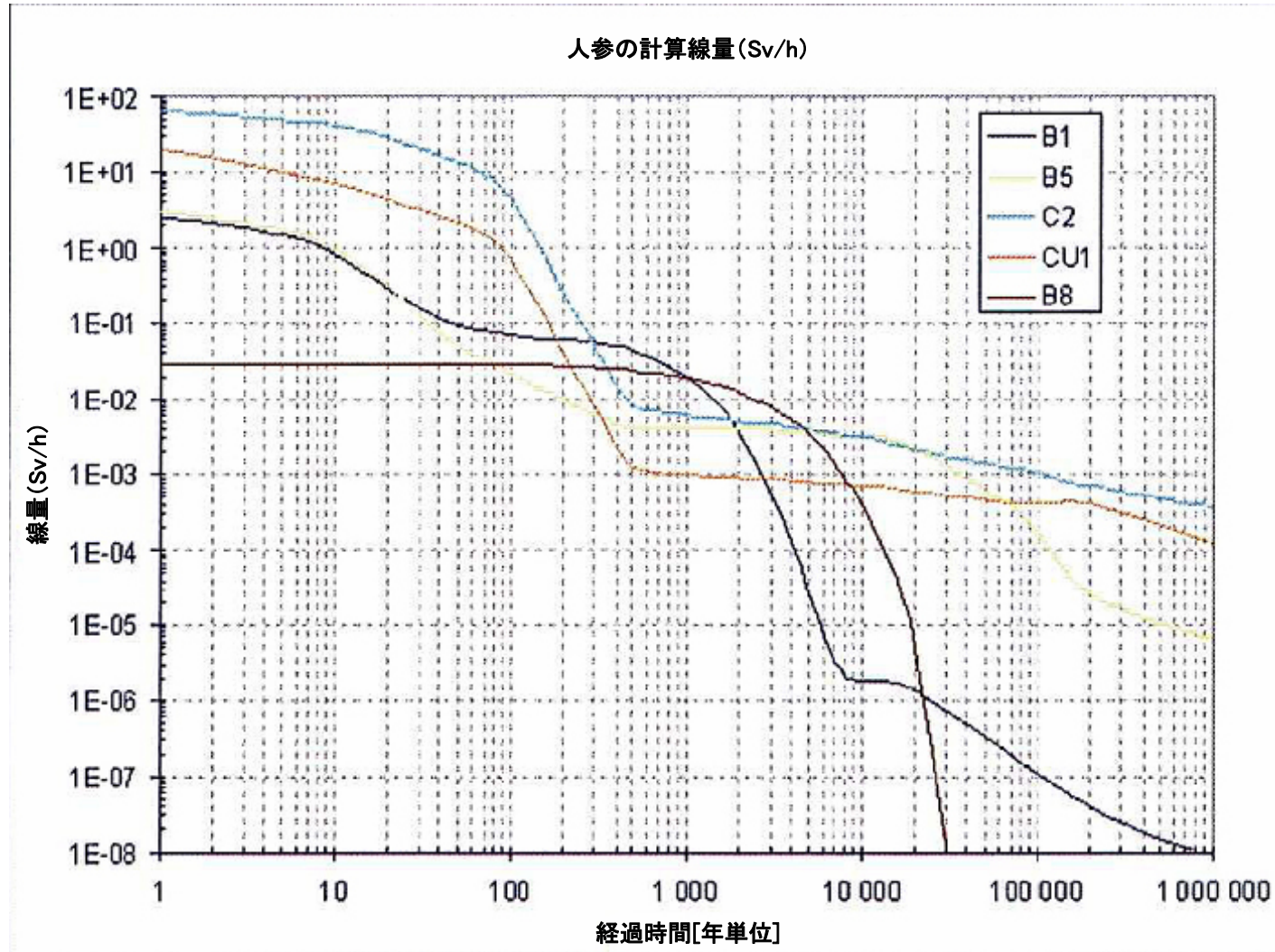
## 遮へいされていないHLWのガラスシリンダーの 最近の(ドイツの)データ

**線源から 10-m 離れた場所の時間による線量率**

時間 [年]	1.0E+3	1.0E+4	1.0E+5	1.0E+6	1.0E+7	1.0E+8	1.0E+9
中性子線量 [μSv/h]	1,60E+00	9,54E-02	2,25E-02	3,80E-02	2,00E-03	5,78E-05	4,02E-05
ガンマ線線量 [μSv/h]	7,07E+01	3,65E+01	1,45E+01	3,04E+00	1,79E-01	2,29E-02	1,89E-02
合計線量 [mSv/h]	7.2E-2	3.7E-2	1.4E-2	3.1E-3	1.8E-4	2.3E-5	1.9E-5

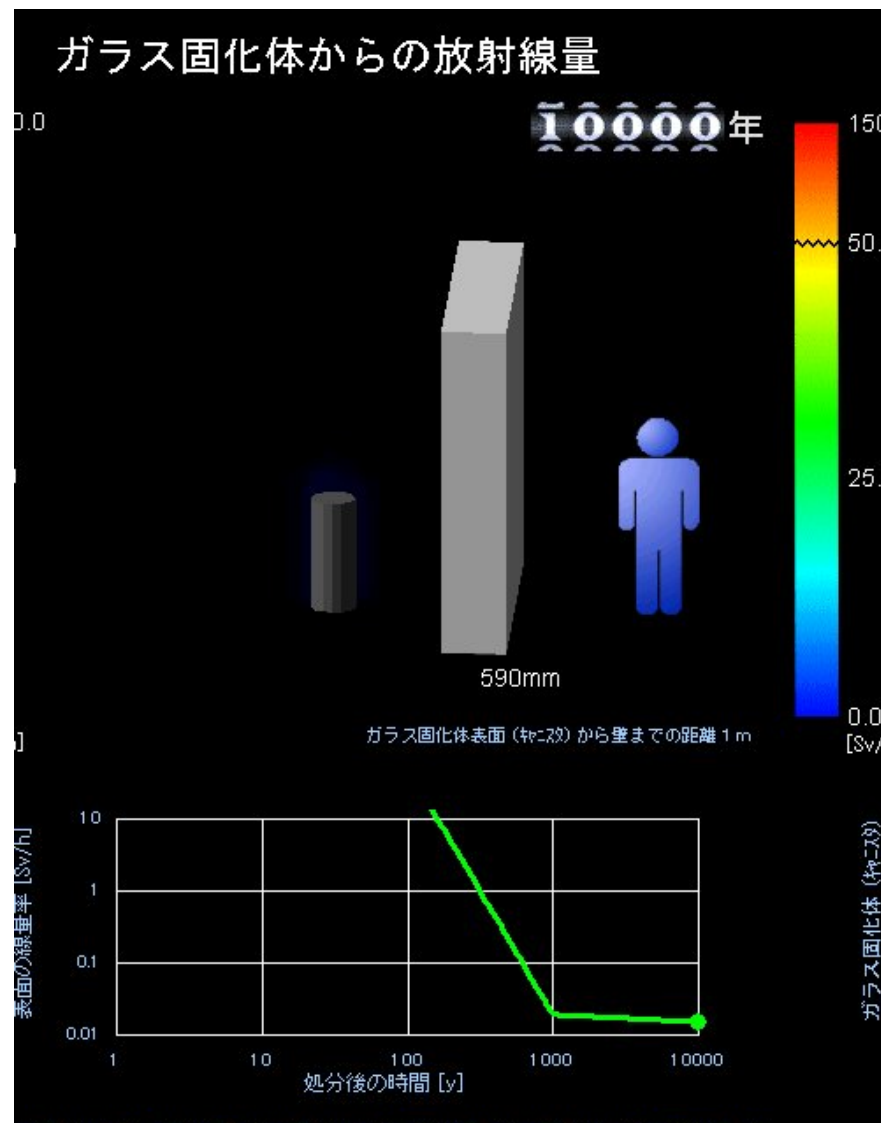


## 侵入者に対する時間関数としての線量率 (線源から40 cm; C2=HLW サンプル 40-cm 高さ、10-cm 半径) ...



はじめの $1.0E+7$ 年  
の原因

Pa-233; Th-229;  
Bi-213; Tl-209]



## ステークホルダーのために共に 安心を求めて革新する—1

- 一般大衆は、規制機関と同じように信頼を必要とする。
  - 規制機関と同様に、一般人もプロジェクトの受け手であって判断を行い、時間をかけて自らの判断が十分な根拠に基づいていることを確認し続けることが必要である。
- 放射性廃棄物の大きさは著しく象徴的で、一般人の目に非常に付きやすいことに留意。
  - [www.intoeternitythemovie.com](http://www.intoeternitythemovie.com)
- 一般の人々は、有能で技術的に自立した規制機関が存在すること、この規制機関は一般の人々のために働くものであることを知る必要がある。
- 規制機関は一般人のニーズに耳を傾けねばならない。

## ステークホルダーのために共に 安心を求めて革新する—2

- 規制機関は地域社会に認められ、人々の質問に答える必要がある。
  - 2010年1月13日、西カンブリアパートナーシップはHSE (Health and Safety Executive) と環境局 のプレゼンテーションにおいて、これらの組織は、地層処分場が西カンブリアに在る場合、その処分場を規制することになる役割について傾聴した。また、原子力廃止措置機構も回収可能性の課題についてプレゼンテーションを行った。
  - SKIはその役割を説明するだけでなく理解を深めてもらうために模擬ヒアリングを伴う訓練を実施した(ダイアログプロジェクト)。
  - 北欧諸国の大規模な社会調査活動は、規制機関の役割の理解をさらに高めるだけでなく認識度を高めてさらに説明できるようにするためであった。最近、英国とドイツでも行われた。

## 結論

- 放射性廃棄物の処分は他の原子力規制機関の活動に対する「ニューゲーム」である。精通した概念はもはやそのままでは使わず、放射性廃棄物はマスコミで酷評され、時間スケールは比較するものがない。
- 規制および規制機関は安心を生み出す基礎である。安心を生み出すための研究調査には多くの道があり、技術分野と意志決定システムの両方に係わる。
- 最終的に、規制機関の安全であると判断しそれを伝えることへの期待は、一般人の期待とそれほど異なるものではない。
- 規制機関：管理機能としてではなく、一般の人々のために働く手強い知的冒険として役割を考える。