

**「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現  
－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－」（レビュー版）**

**セッション 1 安全確保の基本的考え方**

NUMO包括的技術報告書（レビュー版）に関する外部専門家向け説明会

原子力発電環境整備機構（NUMO）

藤山 哲雄

## 第2章の目的

地層処分事業を規定するさまざまな要件を考慮して，地層処分の安全確保に向けた基本的な考え方を示す

### 1. わが国の地層処分において考慮すべき要件の整理

- ① 対象とする放射性廃棄物はどのようなものか
- ② どのような安全機能を有する処分場をつくらうとしているのか
- ③ いつまでの時間スケール，どの程度の空間スケールを対象として安全性を確保するのか
- ④ 事業を進めるうえで法令などにより規定されている事項は何か（最終処分法，原子炉規制法，環境関連の法令など）

### 2. これらの要件を踏まえて安全確保の基本的な考え方（Safety strategy）※を提示

- ① サイト選定の基本的考え方
  - ② 処分場の設計の基本的考え方
  - ③ 安全評価の基本的考え方
  - ④ 事業のマネジメントの基本的考え方（品質管理，知識・情報マネジメント，人材確保・育成，技術開発など）
- ※事業の段階ごとに，事業者がどのような方策をもって安全な地層処分を達成しようとしているのかを示す事業の方針

- 
- 
1. わが国の地層処分において考慮すべき要件
  2. 安全確保の基本的考え方

# 地層処分の対象となる放射性廃棄物

## 高レベル放射性廃棄物

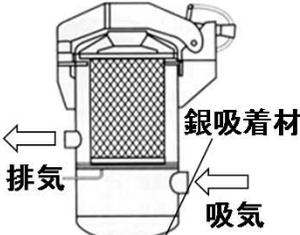
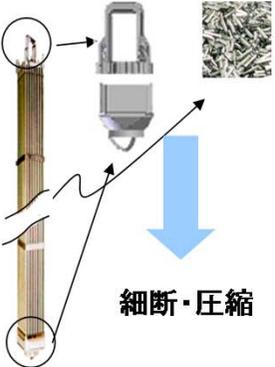
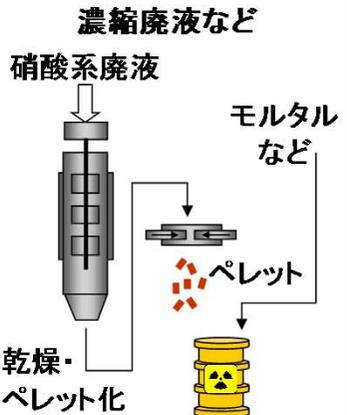
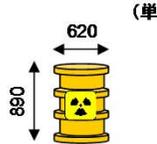
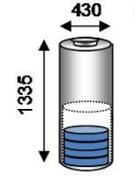
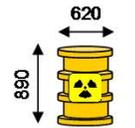
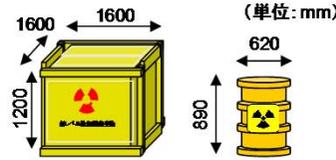
**ガラス固化体**



【日本原燃製造の仕様】  
 発熱量：350 W（製造後50年）  
 重量：約 500 kg  
 高さ：1340mm  
 直径：430 mm  
 ステンレス製容器厚さ：6 mm  
 表面線量：約160 Sv/時間  
 （製造後50年）

※貯蔵総本数2,485本  
 （2018年9月現在）

## TRU等廃棄物（地層処分相当低レベル放射性廃棄物）

廃棄体グループ	1		2		3		4	
	低発熱性L		発熱性H		低発熱性L		発熱性H	
概要	廃銀吸着材  放射性的ヨウ素を除去する吸着材料		エンドピース ハル  細断・圧縮		濃縮廃液など 硝酸系廃液  乾燥・ペレット化		難燃性廃棄物  ゴム手袋（焼却・圧縮） 不燃性廃棄物 工具 金属配管	
主な廃棄体の形態	 （単位：mm） 200Lドラム缶		 （単位：mm） キャニスタ		 （単位：mm） 200Lドラム缶		 （単位：mm） 角型容器 200Lドラム缶 その他（ハル缶、インナーバレル）	
特徴	・放射性ヨウ素（I-129）を含む ・セメント固化体		・発熱量が比較的大 ・放射性炭素（C-14）を含む		・硝酸塩を含む ・モルタル、アスファルトによる固化体など		・焼却灰、不燃物 ・セメント固化体など	
見込み発生量	319 [m <sup>3</sup> ]		5,792 [m <sup>3</sup> ]		5,228 [m <sup>3</sup> ]		5,436 [m <sup>3</sup> ]	
最大発熱量（発生時点）	1 [W/本]未滿		90 [W/本]未滿		1 [W/本]		16 [W/本]	

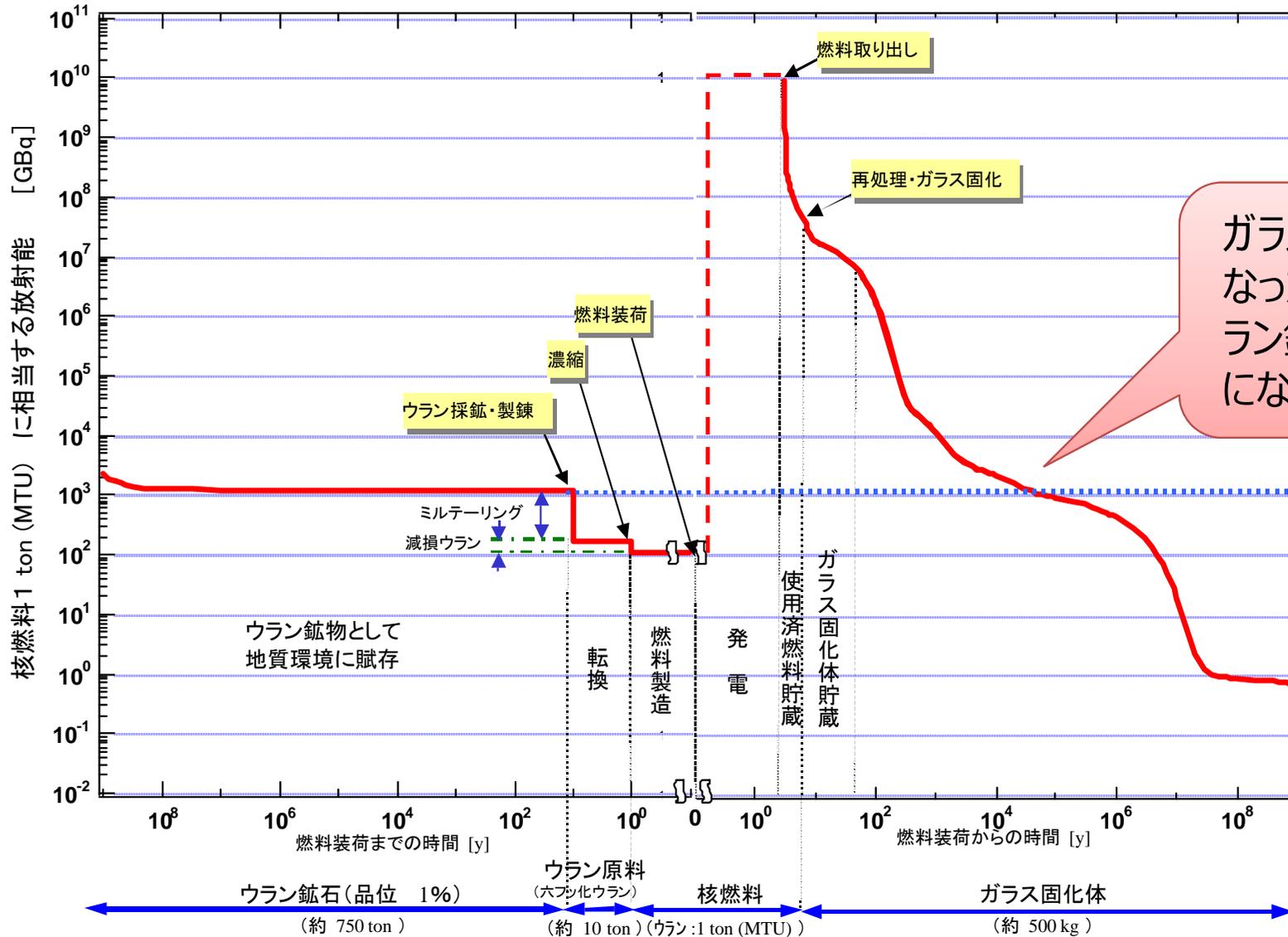
可溶性，非収着性，長寿命核種

緩衝材や母岩の収着性を低下させる

発熱量大

# ガラス固化体が有する放射能の時間的変化

時間の経過に伴い放射能は減衰するが、長期間にわたり残存



ガラス固化体 1 本の元になった燃料製造に必要なウラン鉱石と同等の放射エネルギーになるまで数万年を要する

核燃料サイクル開発機構 (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第 2 次取りまとめ - より引用

# 包括的技術報告書における放射性廃棄物の検討条件

- 国の最終処分計画（2008）に基づき，以下を処分できる処分場を想定
  - 高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）：4万本（年間1,000本）
  - TRU等廃棄物：19,000m<sup>3</sup>
- 両廃棄物を同一サイトで処分する併置処分を想定して検討を実施
- ガラス固化体の仕様は，実際の処分時に最も多くの数量を占める日本原燃の仕様を標準として設定
- 廃棄体製造から処分施設受入れまでの貯蔵期間を以下のように設定し，発熱量と放射能インベントリを算出（製造品質や貯蔵期間の不均一性は考慮しない）
  - 高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）：30年および50年と設定
  - TRU等廃棄物：25年と設定

# 地層処分の基本概念

## ○ 地下深部の一般的な特徴

- 人間の活動や地上でのさまざまな自然現象の影響を受けにくい
- 地下水の流れが極めて遅く、物質の移動速度が小さい
- 酸素が消費されているため腐食や溶解といった物質の変化が起こりにくい など

- ➡
- 地下深部は、本来的に放射性廃棄物を人間の生活環境から物理的に隔離する機能、廃棄物から地下水中への放射性物質の溶解や移行を抑制し、長期間にわたって放射性物質を岩盤中に閉じ込める機能を有する
  - 地震・断層活動や火山活動が活発な場所を除けば、上記の地下深部の一般的な特徴はわが国でも観測される事実

例えば、総合資源エネルギー調査会（2014）：「最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価－地質環境特性および地質環境の長期安定性について－」，地層処分技術WG

## ○ 地層処分の基本原理

- 地下深部の地質環境が有する天然のバリア機能に人工的なバリアを組み合わせた多重バリアを構築し、長期間にわたって放射性物質を処分場周辺に閉じ込める
- これにより、放射性物質が地表に到達するとしても非常に長い時間がかかり、その間に放射能が減衰し、将来の人間が放射線の影響を受けるリスクは十分に低くなる

# 処分場に求められる安全機能（①処分場の閉鎖前）

## ○ 放射線防護に関する安全機能

基本概念	安全機能	説明
作業時 閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	作業期間中において廃棄体からの放射性物質の漏えいを防止すること
	施設外への放射性物質の放出の防止	作業期間中において放射性物質取り扱い施設からの放射性物質の放出を防止すること
放射線 遮へい	放射線の遮へい	廃棄体からの外部放射線による空間線量率を遮蔽により低減すること

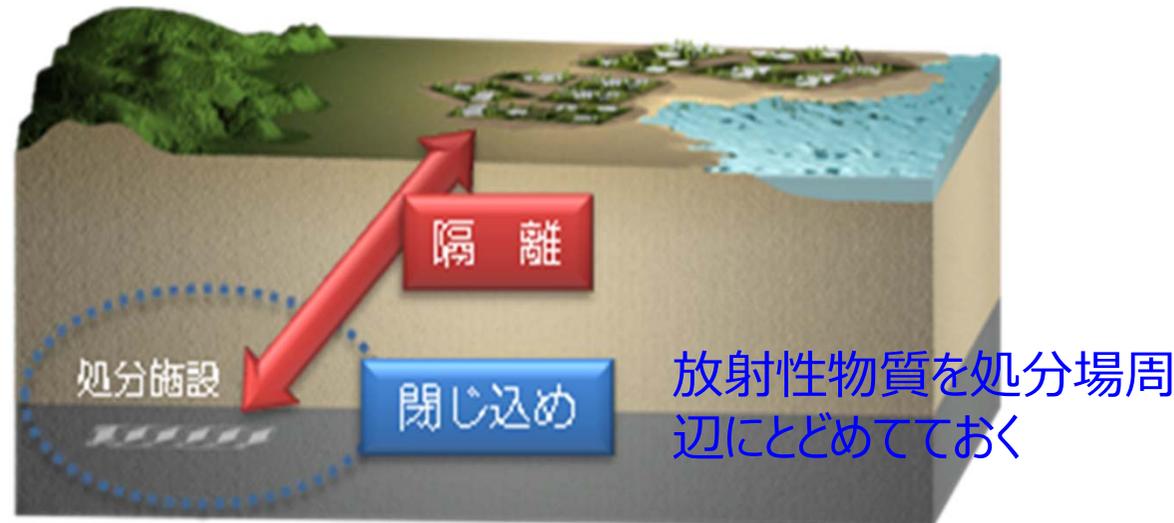
## ○ 一般労働安全に関する安全機能

基本概念	安全機能	説明
労働災害 防止	災害の発生・拡大の防止	労働災害の要因となる事象の発生防止と拡大の対策を有すること
	災害時の避難経路確保	災害時の避難経路が確保されていること
作業環境 維持	作業環境の維持	労働に適する環境を維持すること

## ○ 処分場周辺の環境保全に関する機能（水質汚染防止，騒音振動防止，生態系保全など）

# 処分場に求められる安全機能（②処分場の閉鎖後長期）

基本概念	安全機能	説明
隔離	自然現象の著しい影響からの防護	自然現象の著しい影響により <b>廃棄物が地表に接近あるいは露出しないように防護</b> すること
	人の接近の抑制	人が特殊な技術を用いることなしに、 <b>廃棄物への偶発的な接近を困難</b> にすること
閉じ込め	放射性物質の溶出抑制	廃棄体からの放射性物質の溶出を抑制することで、 <b>地下水への放出率を低下</b> させること
	放射性物質の移行抑制	溶出した放射性物質の移行を抑制することにより、 <b>放射性物質の移行率を低下</b> させること



# 安全機能を考慮する空間スケール

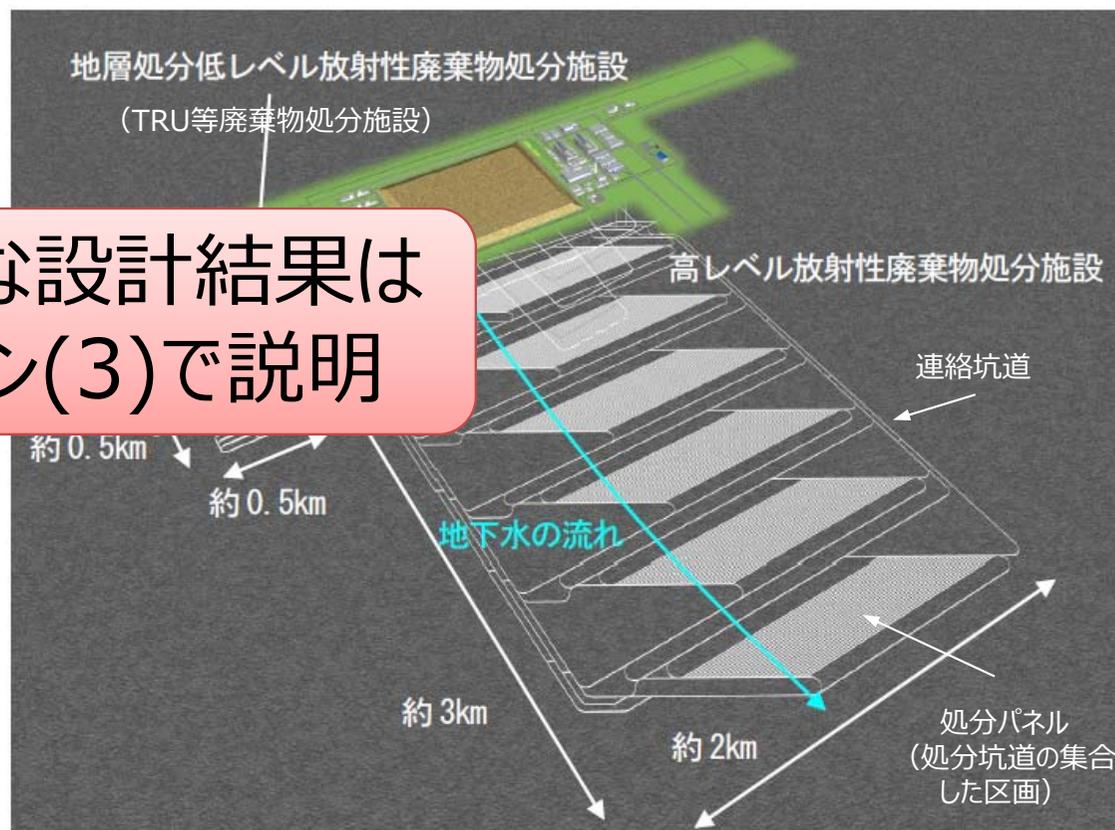
- 既往検討事例を参考に，以下の空間スケールに対する安全機能を考慮した処分場を検討
  - 地上施設：およそ1~2km四方程度
  - 地下施設：深度300m以深における数km×数km程度の広がりを持つ母岩領域

※参考とした既往検討事例 (NUMO (2011) : 地層処分低レベル放射性廃棄物に関わる処分の技術と安全性, NUMO-TR-10-03)

地上施設の規模：1~2km四方程度



地下施設（併置処分）の規模：数km×数km程度



具体的な設計結果は  
セッション(3)で説明

- |                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| ① 高レベル放射性廃棄物受入・封入・検査施設              | ⑩ 排水処理施設     |
| ② 地層処分低レベル放射性廃棄物受入・検査・廃棄体パッケージン製作施設 | ⑪ 廃棄物処理施設    |
| ③ 地層処分低レベル放射性廃棄物廃棄体パッケージン容器製作施設     | ⑫ 排気筒        |
| ④ 緩衝材製作・検査施設                        | ⑬ コンクリート供給施設 |
| ⑤ プラグ製造施設                           | ⑭ ユーティリティ施設  |
| ⑥ 埋め戻し材製作・検査施設                      | ⑮ メンテナンス施設   |
| ⑦ 掘削土置き場                            | ⑯ 管理棟        |
| ⑧ アクセス坑道出入管理施設                      | ⑰ 保安施設       |
| ⑨ 坑道換気施設                            | ⑱ 輸送車両専用門    |
|                                     | ⑲ 港湾施設       |
|                                     | ⑳ PR 施設      |

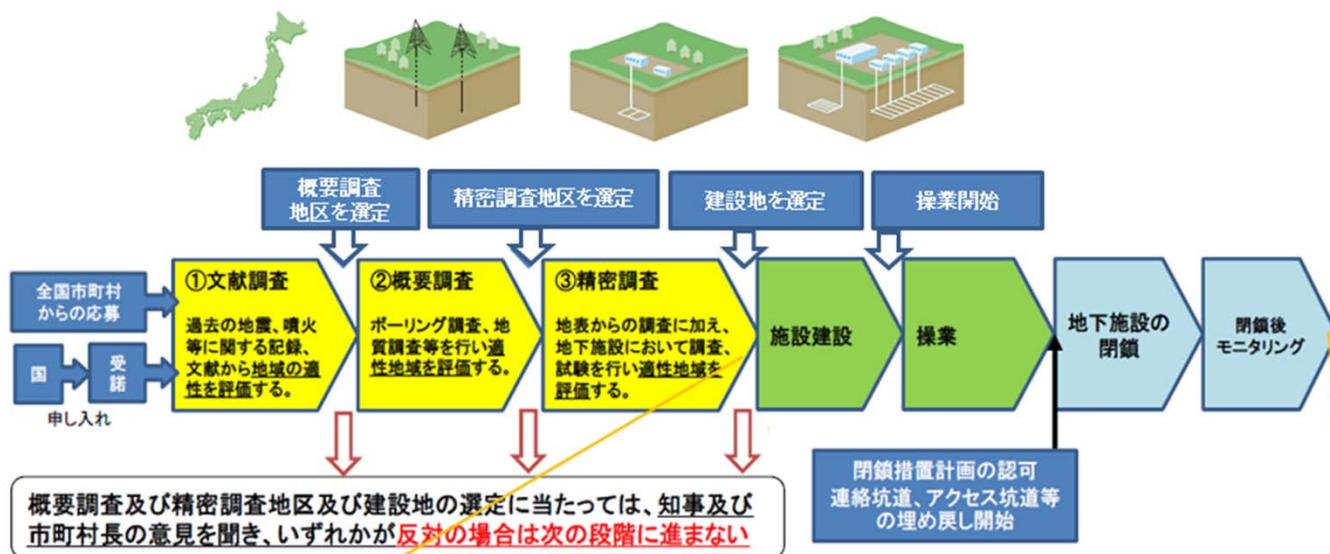
# 安全機能を考慮する時間スケール

基本概念	安全機能	安全機能を担う処分場の主な構成要素	処分場閉鎖前			処分場閉鎖後					
			1年	10年	100年	1年	10年	100年	1000年	1万年	10万年
作業時 閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	廃棄体 輸送・搬送容器	建設・操業・閉鎖			<div style="border: 2px solid blue; padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 時間経過に伴い処分場の状態が変化</li> <li>➤ これに応じた処分場に期待する安全機能を考慮して、サイト選定、処分場の設計、安全評価の基本的考え方を具体化</li> </ul> </div>					
	施設外への放射性物質の放出の防止	地上・地下施設									
放射線 遮へい	放射線の遮へい	輸送・搬送容器 地上・地下施設				再冠水～還元 環境回復	好ましい地質 環境の維持	地質環境の長期変遷の予測に関する不 確実性の増大			
隔離	自然現象の著しい影響からの防護	地質環境				数十万年オーダー					
	人の接近の抑制	地質環境				数十万年オーダー					
閉じ込め	放射性物質の溶出抑制	廃棄体 人工バリア				地下水と廃棄体の接触防止 数百～数千年オーダー (ガラス固化体) ガラスマトリクスによる溶出抑制 数万年オーダー					
	放射性物質の移行抑制	人工バリア 地質環境				数十万年オーダー					

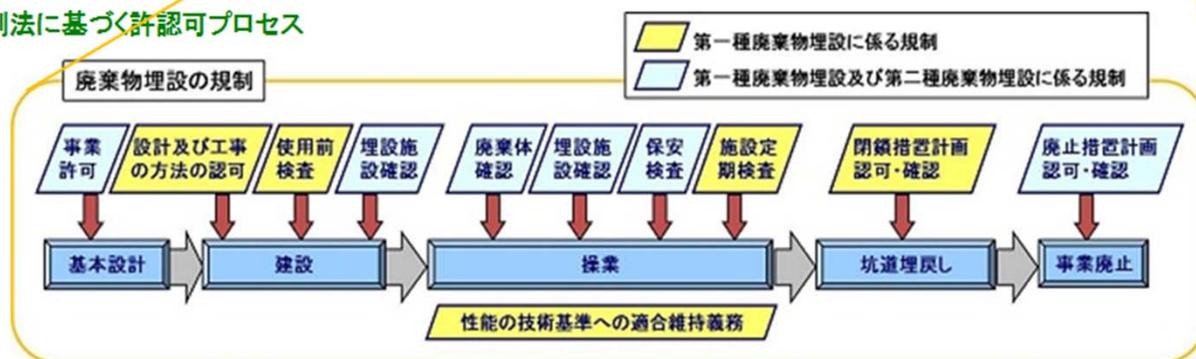
# 法令などに規定された処分事業の進め方

- 最終処分法に定められた三段階の調査（文献調査，概要調査，精密調査）によりサイトを選定
- 最終処分基本方針（2015）に示された可逆性・回収可能性の確保に対応できる技術を準備
- 今後整備される安全規制や環境規制にかかわる法令に的確に対応できるように技術を準備

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(平成12年施行)に基づく立地選定プロセス



原子炉等規制法に基づく許認可プロセス

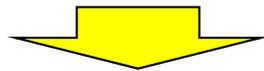


総合資源エネルギー調査会（2014）：「放射性廃棄物WG中間とりまとめ」に基づき作成

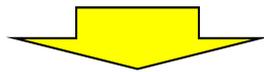
- 
- 
1. わが国の地層処分において考慮すべき要件
  2. 安全確保の基本的考え方

# 地層処分における安全確保の基本的な考え方

- 処分場に重大な影響を与えるおそれのある自然事象（活断層や火山活動など）が及ぶ範囲や鉱物資源の存在範囲を避け、**バリア機能が発揮される好ましい地質環境を有するサイトを慎重に選定**
- そのような地質環境に対して、**将来の変化も考慮して、十分な安全裕度を持たせて処分場（人工バリアや地下施設など）を設計**
  - 人工バリアが将来、変質してバリア性能が低下することを見越し、変質が見込まれる厚さより十分大きな人工バリアの厚さを設定する
  - 将来の地層の隆起・侵食によって処分施設と地表までの距離が短くなることを見越し、地表まで十分な距離が確保できる深度に地下施設を設置する …など



- 将来の予測には不確実性が伴うことを考慮し、**設計した処分場の安全性を損なうような事象がその発生可能性に応じて将来起こることを想定し、処分場からの放射性物質が将来地表に到達するとした場合の人間にもたらす放射線影響を解析によって評価**



- その影響が許容できる程度（通常は規制機関が安全基準として提示）に収まる場合は安全と判断し、収まらない場合は処分場の設計の見直しやサイトの変更などを実施

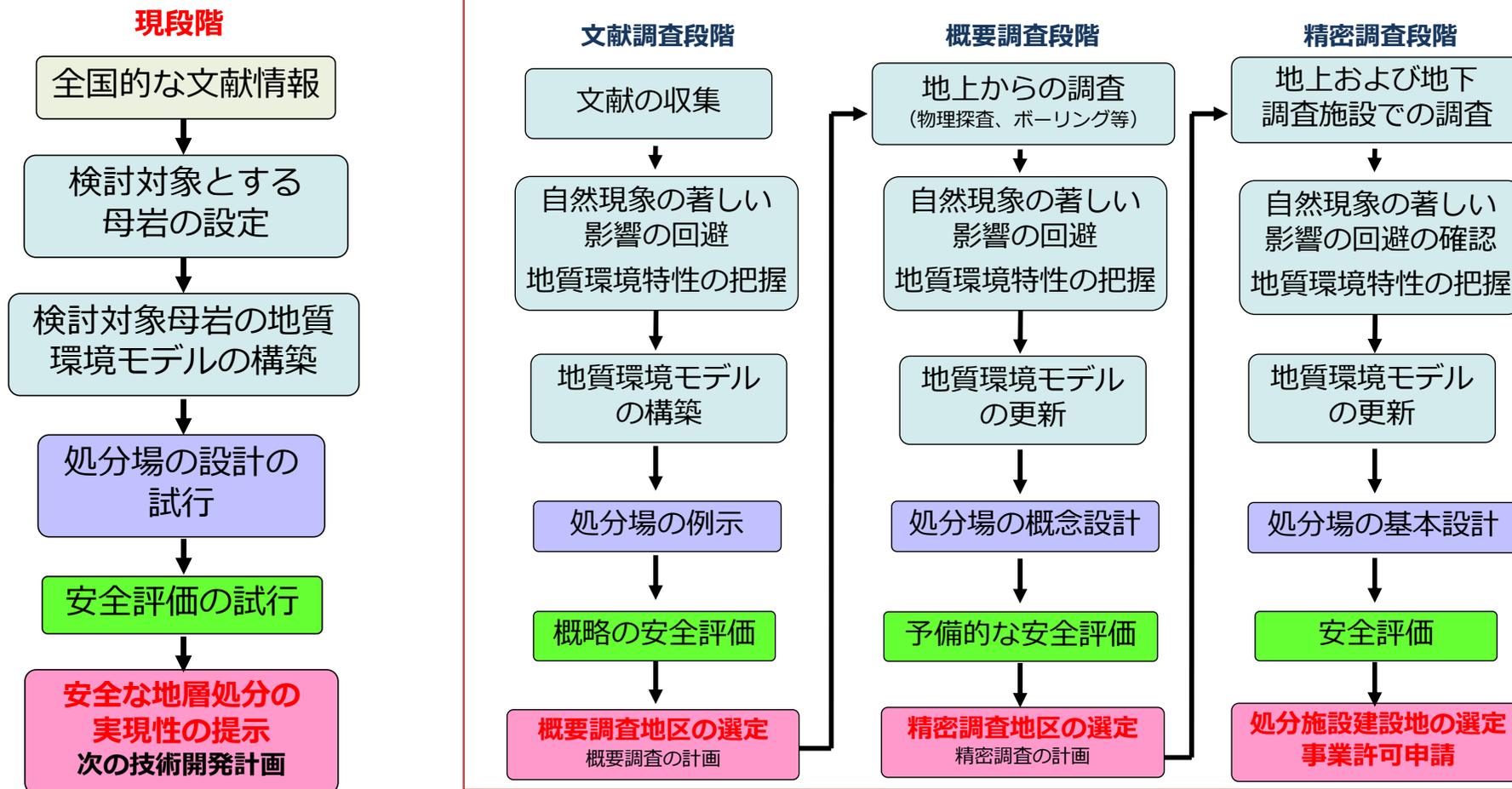
# 科学的特性マップにおける「好ましくない範囲の要件・基準」

	(好ましくない範囲の) 要件	(マップの色分けに考慮された) 基準
火山・火成活動	マグマの処分場への貫入と地表への噴出により、物理的隔離機能が喪失されないこと	第四紀火山の中心から15km以内 第四紀の火山活動範囲が15kmを超えるカルデラの範囲
断層活動	断層活動による処分場の破壊、断層のずれに伴う透水性の増加等により閉じ込め機能が喪失されないこと	活断層に、破碎帯として断層長さ（活動セグメント長さ）の1/100程度（断層の両側） 活断層の両側合計 全国規模と海沿いのうち、隆起
隆起・侵食	著しい隆起・侵食に伴う処分場の地表への著しい接近により、物理的隔離機能が喪失されないこと	未来10万年間で隆起が考えられる地域 （沿岸部の）
地熱活動	処分システムに著しい熱的影響を及ぼす地熱活動により、閉じ込め機能が喪失されないこと	処分深度において緩衝材の温度が100℃未満を確保できない地温勾配の範囲 ※「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ」における検討を参照すると、約15℃/100mより大きな地温勾配の範囲
火山性熱水・深部流体	処分システムに著しい化学的影響を及ぼす火山性熱水や深部流体の流入により、閉じ込め機能が喪失されないこと	地下水の特性として、pH4.8未満あるいは炭酸化学種濃度0.5mol/dm <sup>3</sup> （mol/L）以上を示す範囲
未固結堆積物	処分場の地層が未固結堆積物でないこと	深度300m以深まで更新世中期以降（約78万年前以降）の地層が分布する範囲
火砕流等	操業時に火砕物密度流等による影響が発生することにより施設の安全性が損なわれないこと	完新世（約1万年前以降）の火砕流堆積物・火山岩・火山岩屑の分布範囲
鉱物資源	現在認められている経済的価値の高い鉱物資源が存在することにより、意図的でない人間侵入等により地層処分システムが有する物理的隔離機能や閉じ込め機能が喪失されないこと	鉱業法で定められる鉱物のうち、全国規模で整備された文献データにおいて、技術的に採掘が可能な鉱量の大きな鉱物資源の存在が示されている範囲（ただし、当該地域内においては、鉱物の存在が確認されていない範囲もあり、調査をすればそうした範囲が確認できうることに留意する必要がある。）

**サイトから避けるべき範囲：  
科学的特性マップにおける「好ましくない範囲の要件」を満たすことを三段階の調査で確認**

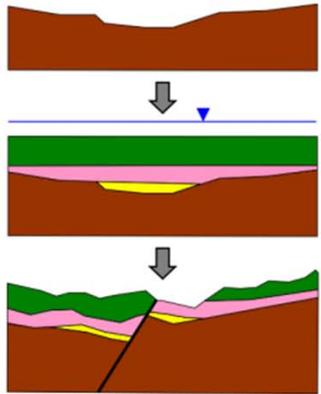
# 三段階の調査と段階的なセーフティケースの更新

- 三段階の調査によって、地質環境情報の詳細化や、これに応じた処分場の設計や工学技術の具体化などを通じて不確実性の低減を図りつつ、**サイトの地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全性の評価を繰り返し実施することで、信頼性を高めながら処分場の安全性を確保**
- これらの結果をその都度、セーフティケースとして統合し安全性を説明
- **包括的技術報告書は、段階的に更新していくセーフティケースの基本形となることを意図**

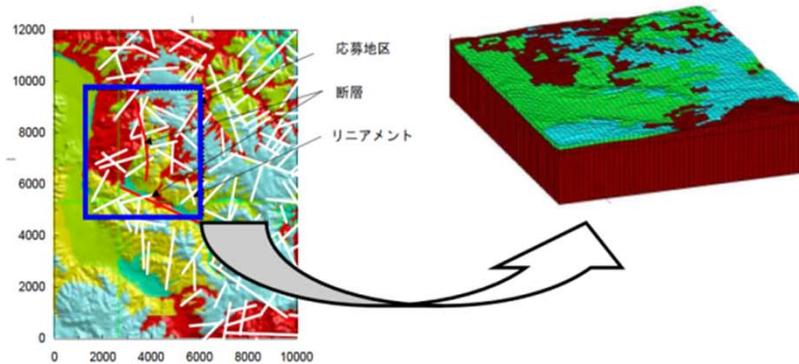


# 地質環境モデル (Site Descriptive Model) とは

## 地質構造の概念モデル (地質構造発達史)



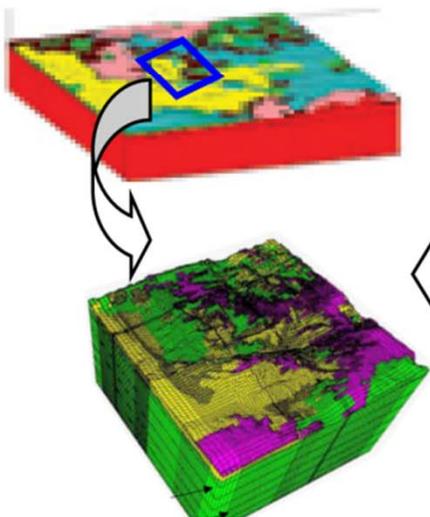
## 地質構造モデル



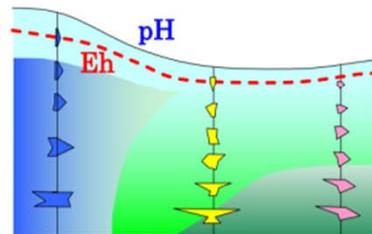
「地質環境モデル」:

調査で得られた地質環境の情報・データに基づいて、サイトの地質構造や熱・力学・水理・化学的な特性の空間的な分布や時間的な変化を表現したもの

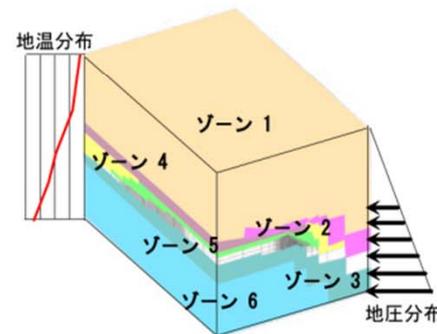
## 水理地質構造モデル



## 地下水化学モデル



## 岩盤特性モデル



処分場の設計および安全評価  
を行うための「場」となる

## (1) 閉鎖前の安全確保に対するサイト選定の考え方

- 地下施設の建設・維持管理などに支障をきたす可能性がある第四紀未固結堆積物が深度300m以上の深さに分布する地域を除外
- 山はね、異常出水、有毒ガス突出などの事象、津波や火砕物密度流といった**重大な自然災害が発生する可能性と影響の程度・範囲を把握し、必要に応じた工学的対策を検討。**そのうえで、**考慮事項※**などに照らして適切な処分場の設置場所を選定

※ 考慮事項：法定要件や規制要件などを踏まえ、概要調査地区や精密調査地区、最終処分施設建設地を選定するうえで、考慮する事項とその評価の考え方などを事業者としてまとめたもの

## (2) 閉鎖後長期の安全確保に対するサイト選定の考え方

### 【隔離機能の確保】

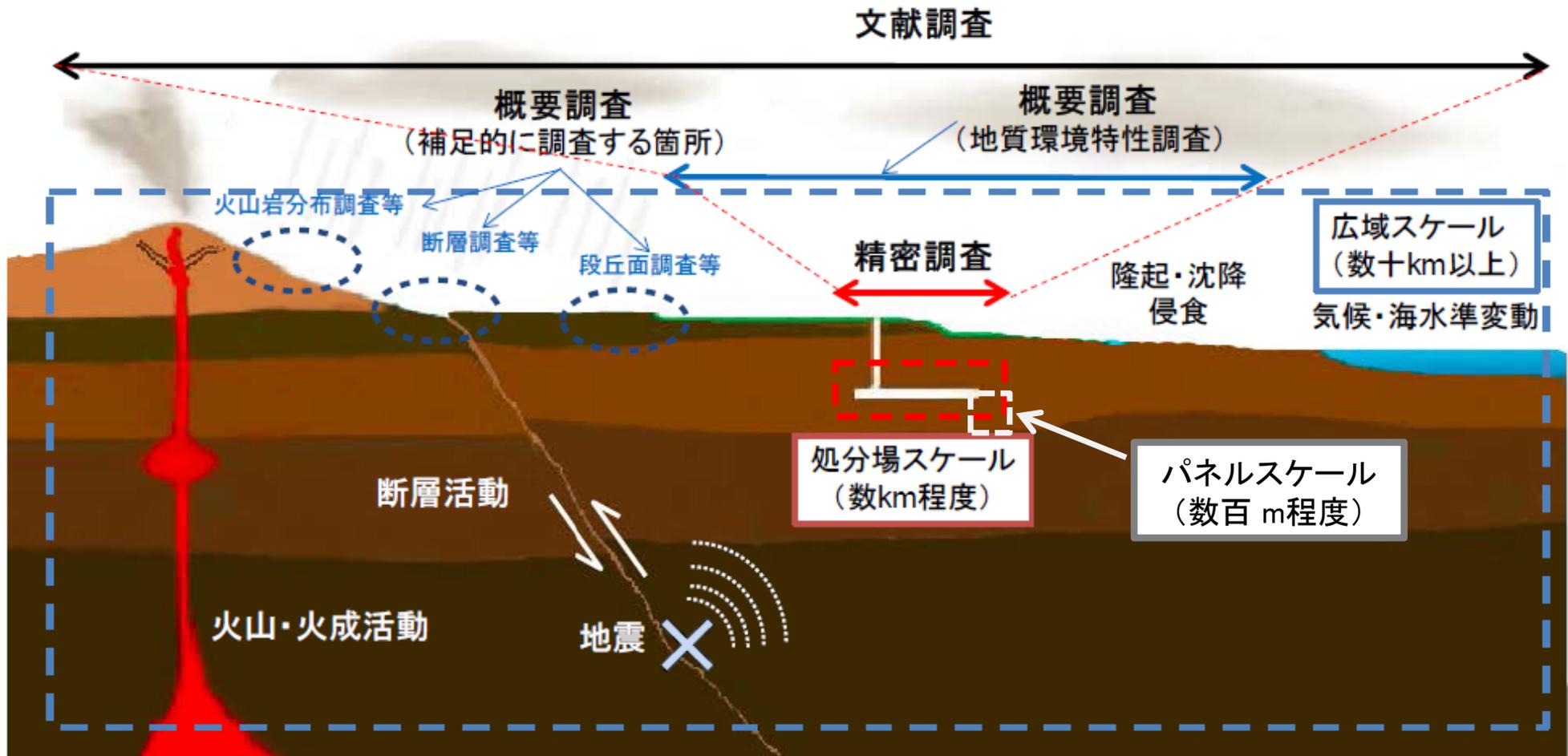
- 調査区域の中から、長期の期間、処分場とその近傍の岩盤を含む数km×数km程度の領域が火山活動、著しい隆起・侵食といった著しい自然現象の影響から回避されるよう、また鉱物資源が腑存する地域を含めないよう、考慮事項などに照らして処分場の設置場所を選定
- さまざまな処分場概念オプションを考慮しても著しい影響を回避した処分施設建設地を確保できないと見込まれる場合は、当該サイトを選定候補から除外

### 【閉じ込め機能の確保】

- 熱環境、水理、力学、化学的な観点から好ましい地質環境特性について、外的な擾乱による長期的な変化の可能性も含めて調査により把握
- 調査・評価した地質環境特性を、処分場の設計・安全評価の基盤となる地質環境モデルとして統合
- 地質環境モデルに対して、多重バリアシステムとして十分な安全機能を有するように処分場の設計を行い、安全評価によって安全性を確認。必要に応じて、安全評価結果を設計にフィードバックして、処分場の安全機能を確保
- これらの結果、処分場の閉鎖前、閉鎖後長期とも安全性を確保できる見通しがあり、考慮事項などの適格性が示されれば、当該サイトを選定

# サイト選定の基本的考え方 – 地質環境モデルの構築 –

- 各調査段階で得られる空間の大きさによる地質環境情報の詳細度と、処分場の設計および安全評価の目的に応じた適切なスケールのバランスを考慮して、階層的な空間スケールの地質環境モデルを設定



総合資源エネルギー調査会 (2017) : 「地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果 (地層処分技術WGとりまとめ)」を編集

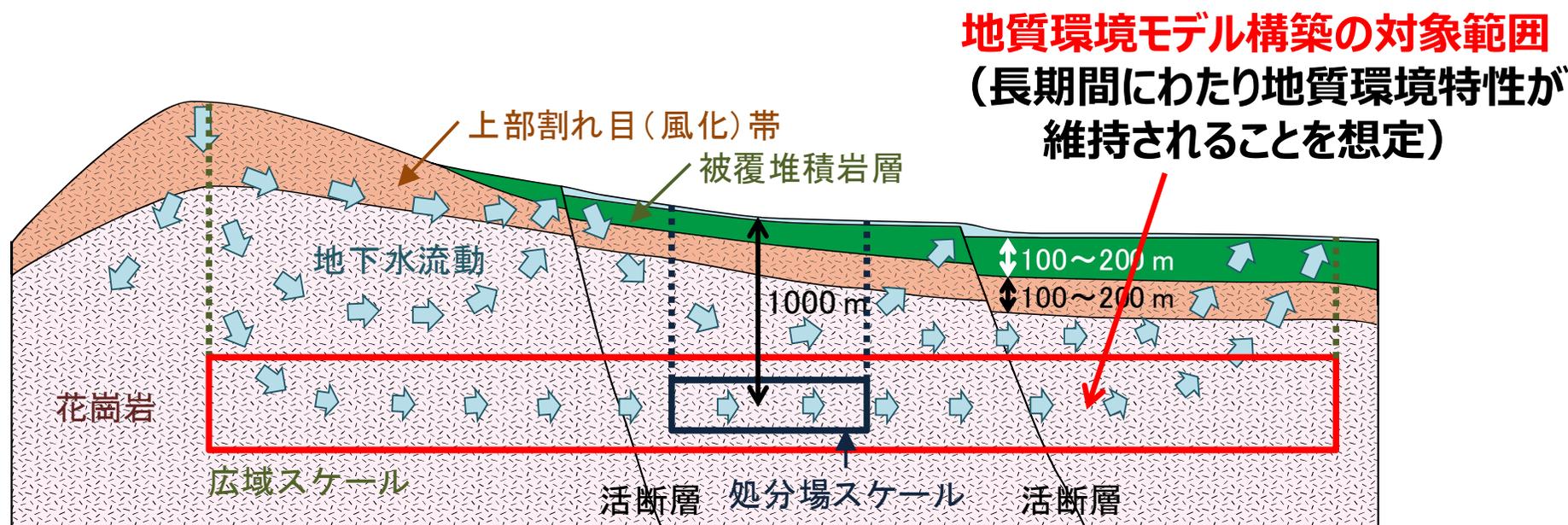
# 包括的技術報告書におけるアプローチ（地質環境の選定およびモデル化）

- 最新の科学的知見や技術開発成果に基づき、サイト選定における判断の基本的な考え方や調査・評価技術を体系的に整備していることを提示
- 段階的に取得する地質環境情報を処分場の設計および安全評価の基盤となる母岩の地質環境モデルとして解釈・統合する技術を保有し、これを展開することが可能であることを提示
- 科学的特性の提示に係る要件・基準に関する議論を踏まえつつ、全国規模で収集した最新の地質環境情報などをもとに、わが国の多様な地質環境を処分場の設計および安全評価の観点から重要となる特徴に着目して類型化し、検討対象とする母岩を設定
- それぞれの検討対象母岩について、全国規模で収集した地質環境データを用いて、断層の存在などの現実的な地質環境条件を考慮しながら、処分場の設計および安全評価の検討の基盤となる地質環境モデルを提示

# 包括的技術報告書におけるアプローチ（地質環境モデル）

- 隆起・侵食を含む地形や地質構造の長期的な変化，気候・海水準変動はサイトの条件に強く依存するため現段階では設定することが困難
- 安全評価対象とすべき時間スケールが現段階では規制機関から示されていない

- ➡
- 地下深部の検討対象母岩に焦点を当てた地質環境モデルを構築
  - 処分場は著しい隆起・侵食を避けた地域において十分深い深度に設置することを前提として，地質環境特性が長期間にわたって維持されることを想定した地質環境モデルを構築し，処分場の設計および安全評価の検討に活用



地質環境の概念モデル（深成岩類の例）

# 処分場の設計の基本的考え方（1/2）

## （1）段階的な処分場の設計と最適化

- 三段階の調査で取得される地質環境情報や、その時点の最新の技術開発成果などに基つき、**処分施設の仕様を段階的に詳細化と最適化**
- 段階的なサイト選定において、**処分場に求められるさまざまな要件を統合的に考慮**するための指標として設計因子（処分場閉鎖前安全性、閉鎖後長期安全性、工学的成立性、環境影響、社会経済的側面など）を導入し、これを基軸として処分場の要求事項を明確にし、処分施設の各構成要素に対する設計要件として具体化
- 多様な地質環境や、将来の科学技術の進歩などに**柔軟に対応して処分場の設計を進められるよう設計のオプションを整備**

## （2）工学技術の実現性の確認

- 設計した処分場を実現するための建設・操業・閉鎖にかかわる技術について、**段階的に最適化と実証を進める**

## 処分場の設計の基本的考え方（2/2）

### （3）事業期間中の回収可能性の確保，環境保全，モニタリングの考慮

- 回収可能性にかかわる具体的な実施方法や計画を提示するとともに，**廃棄物を回収する技術的な手段を準備**
- 精密調査段階の後半から処分場閉鎖までの期間を対象に，処分施設の周辺環境の維持，生物多様性の確保，環境への負荷低減などについて適切な対策を検討
- 操業中の放射線安全，作業環境，施設周辺環境，閉鎖までの人工バリアや周辺母岩の状態の観測などにかかわるモニタリングを実施するための計画を立案

## ① 処分場の設計

- 最新の科学的知見や技術開発成果に基づき、多様なサイト条件や社会的な環境変化などに対して柔軟に対応し、安全な処分場を成立させるための設計技術（設計因子を基軸とした体系的な設計の方法論や、設計オプションの考慮など）を準備していることを提示
- 検討対象母岩の地質環境モデルに基づいて、閉鎖前と閉鎖後長期の安全性、および建設・操業・閉鎖の工学的実現性を充足する処分場の仕様を具体的に提示
- この際、断層の存在など、サイト調査において現実的に遭遇する可能性がある地質環境への設計上の対応や処分概念の違いによる得失などを考慮できる、実用性のある設計の方法論を適用

## ② 処分場の建設・操業・閉鎖

- 処分場の設計で提示する仕様が現時点あるいは近い将来に到達可能な技術を用いて工学的に実現可能であることを提示。回収可能性が確保できることを提示

## ③ 環境保全とモニタリング（第2章において提示）

- 基本的な考え方を提示（サイトの表層環境や社会的な条件に関する情報が具体化する文献調査の開始以降に処分場の設計の詳細化とあわせて検討）

# 包括的技術報告書におけるアプローチ（処分場概念）

- わが国でこれまで技術開発と知見の蓄積が進められてきた「第2次取りまとめ」, 「第2次TRUレポート」で提示された処分場概念を出発点として設計を検討

## 高レベル放射性廃棄物処分場の人工バリアと期待する安全機能

### ガラス固化体

(ステンレス製キャニスタに充填されたもの)

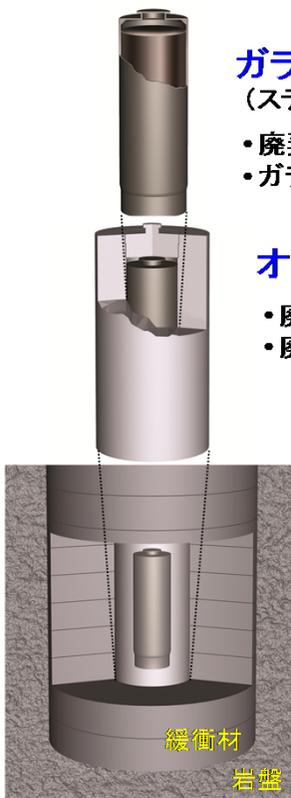
- ・廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止
- ・ガラスマトリクスによる溶出の抑制

### オーバーパック (金属製の容器)

- ・廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止
- ・廃棄体と地下水の接触の防止

### 緩衝材 (ベントナイトを主成分)

- ・放射性物質の移流による移行の抑制
- ・コロイド移行の抑制
- ・放射性物質の収着



## TRU等廃棄物処分場の人工バリアと期待する安全機能

ドラム缶 ステンレス製キャニスタ 角型容器

### 廃棄体 (TRU等廃棄物)

(ドラム缶, ステンレス製キャニスタまたは角型容器に密封または固化された廃棄物)

- ・廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止

### 廃棄体パッケージ

(金属製の廃棄体パッケージ容器に廃棄体を入れ隙間をモルタルで充填)

- ・廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止
- ・放射性物質の溶出の抑制

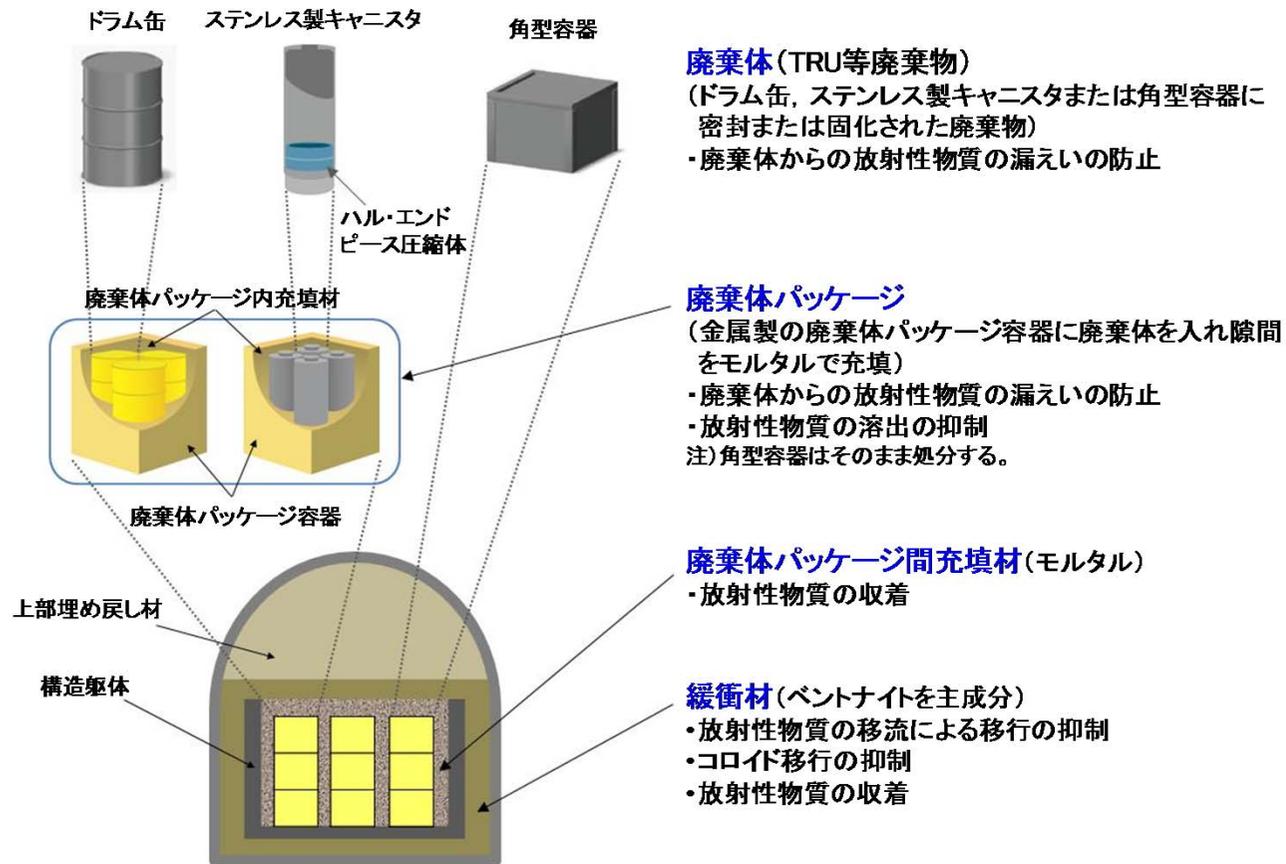
注) 角型容器はそのまま処分する。

### 廃棄体パッケージ間充填材 (モルタル)

- ・放射性物質の収着

### 緩衝材 (ベントナイトを主成分)

- ・放射性物質の移流による移行の抑制
- ・コロイド移行の抑制
- ・放射性物質の収着



## (1) 閉鎖前の安全性の評価

- 処分場の操業・閉鎖において、操業工程における周辺公衆および作業従事者に対する放射線影響を評価し、規制基準に照らして安全性が確保できることを確認
- 一般労働安全について、処分場の建設・操業・閉鎖段階で想定される災害リスクの発生や影響度を評価し、処分場の安全対策などに反映

## (2) 閉鎖後長期の安全性の評価

- 選定されたサイトの地質環境と設計した処分場に対して、将来の処分場のシステムとしての振る舞いを想定し、その不確実性を踏まえてシナリオとして記述
- 規制機関から提示される安全規制の枠組み（考慮すべきシナリオ、安全性を評価する期間、放射線防護基準など）に沿って、設定したシナリオに基づき、廃棄体に含まれる放射性物質が将来の人間に与える放射線学的影響を解析的に評価
- これらの評価解析の結果を安全規制の基準と比較して、長期にわたる安全性を確保できるよう処分場が設計されていることを確認

# 包括的技術報告書におけるアプローチ（①閉鎖前安全評価）

- ガラス固化体を取り扱う施設としての類似性を考慮して、事業許可基準規則など既存の原子力関連施設の安全規制などを参考に、操業工程における周辺公衆および作業従事者に対する放射線安全について、安全性を評価する考え方と方法を提示
- 現段階で設計される処分施設の仕様に対して、閉鎖前の安全性を評価

# 包括的技術報告書におけるアプローチ（②閉鎖後長期の安全評価）

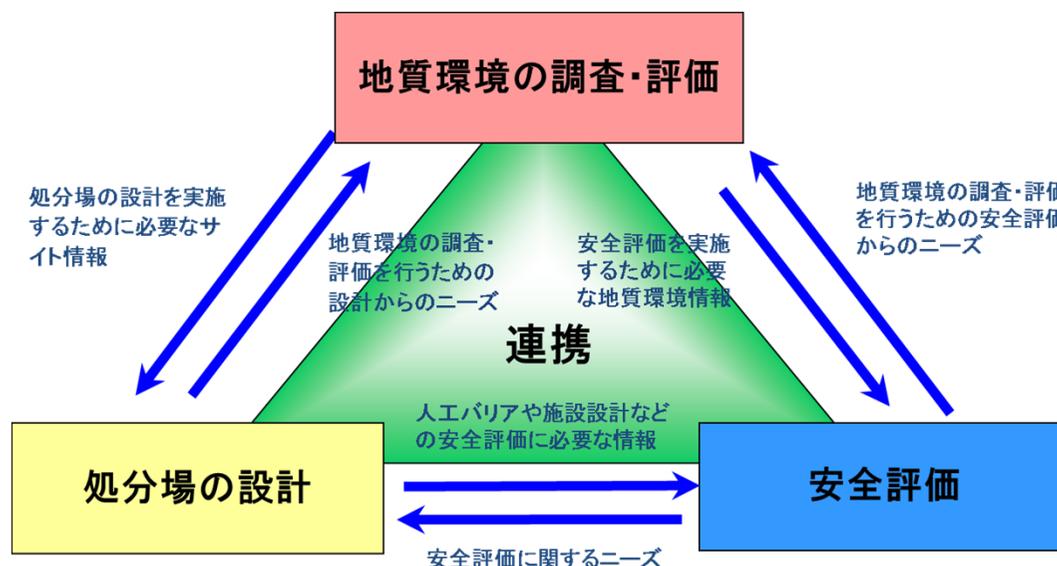
- 国際的な指針などを参考に、さまざまな不確実性を適切に取り扱うためリスク論的な考え方を導入し、安全性を判断するめやすとなる基準を仮設定したうえで、定量的な安全評価を行うために必要な考え方や手法を提示
- 地質環境条件の違いや処分場の仕様の違いを反映し、異なる処分場が有するそれぞれの長期的な性能を合理的に比較・評価できる核種移行解析の手法を整備していることを提示
- これらに基づき、検討対象母岩の地質環境モデルおよび処分場の設計結果を対象として、発生可能性に応じた安全評価シナリオを設定し、閉鎖後長期の処分場の性能を解析。解析結果と仮設定した基準との比較を通じて、安全性を議論
  - 安全評価期間を設定せず、地下水シナリオについて廃棄体由来の一般公衆に対する最大影響を把握するため、線量の最大値が現れるまでの期間を対象として解析計算を実施
  - 現時点で利用可能な知識の限界や技術的な根拠の十分性などに留意し、モデルやパラメータの設定において保守性の確保に配慮した評価を実施

# マネジメントの基本的考え方 (1/2)

- 段階的なアプローチを通じた地質環境の調査・評価，処分場の設計，安全評価の繰り返しによる不確実性の低減と安全確保に対する信頼性の向上
- 科学技術の進歩や社会的な環境条件の変化に対応できる柔軟性の確保

➡ これらに向けて，以下の取り組みが重要

- 各分野における技術者間のコミュニケーションを通じたサイトの**地質環境の調査・評価，処分場の設計，安全評価の密接な連携**
- 地層処分システムの理解や最新技術を適用していることを保証するための定期的なレビュー
- 事業の各段階における重要な意思決定を含む**定期的なセーフティケースの評価および更新**



# マネジメントの基本的考え方 (2/2)

## ▶ 不確実性への対処

- 段階的なサイト選定における地質環境情報の詳細化や処分場設計の具体化による低減
- それでも残る不確実性を安全評価のシナリオ構築で考慮
- 保守的なモデルやデータの設定 など

## ▶ 品質マネジメント

- QMSの構築・運用, 各分野の品質管理手引書整備
- 人工バリア製作・施工プロセス管理, 解析コード・データ・モデルの品質保証
- 専門家レビュー, 品質が保証された知見の導入 など

## ▶ 要件マネジメント

- 要件を明確にした意思決定と業務展開, 要件管理システム (RMS) の構築・運用 など

## ▶ 知識マネジメント

- 透明性・追跡性・取出し容易性を確保した, 知識・情報・データの管理システム整備など

## ▶ 技術開発のマネジメント

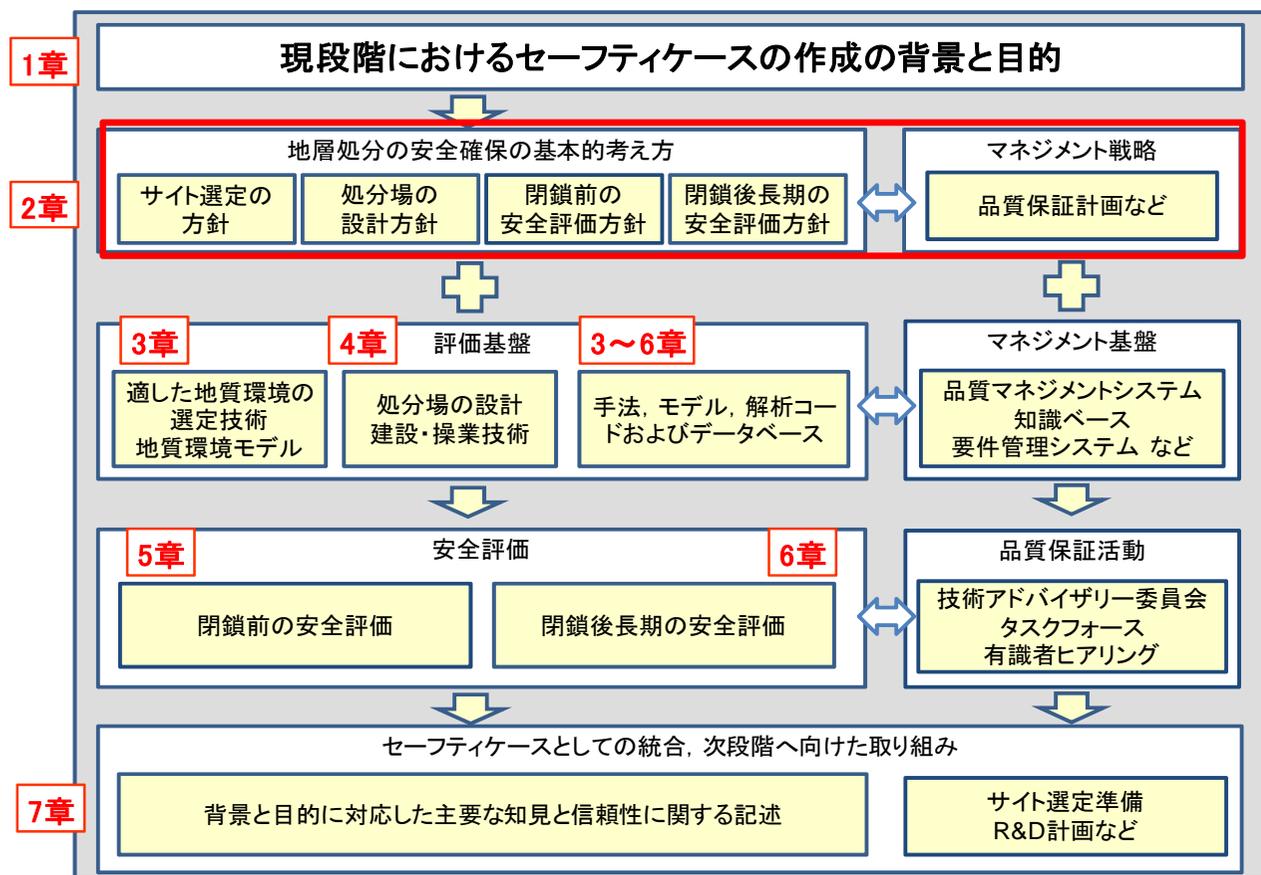
- 定期的なセーフティケースの取りまとめによる課題抽出と技術開発計画への反映 など

## ▶ 人的資源に関するマネジメント

- 海外実施主体や基盤研究開発機関との共同研究
- セーフティケースの定期的な取りまとめによる人材育成, 技術・知見の継承 など

# まとめ

- わが国の地層処分事業の現状を踏まえ、安全を確保するための事業の実施方針としての基本的考え方をサイト選定、処分場の設計、安全評価およびマネジメントの観点から整理
- それぞれの観点について現段階の留意事項を踏まえた包括的技術報告書におけるアプローチを提示



第3章～第6章にて、  
具体的な取り組みを記述  
**セッション2～5で説明**

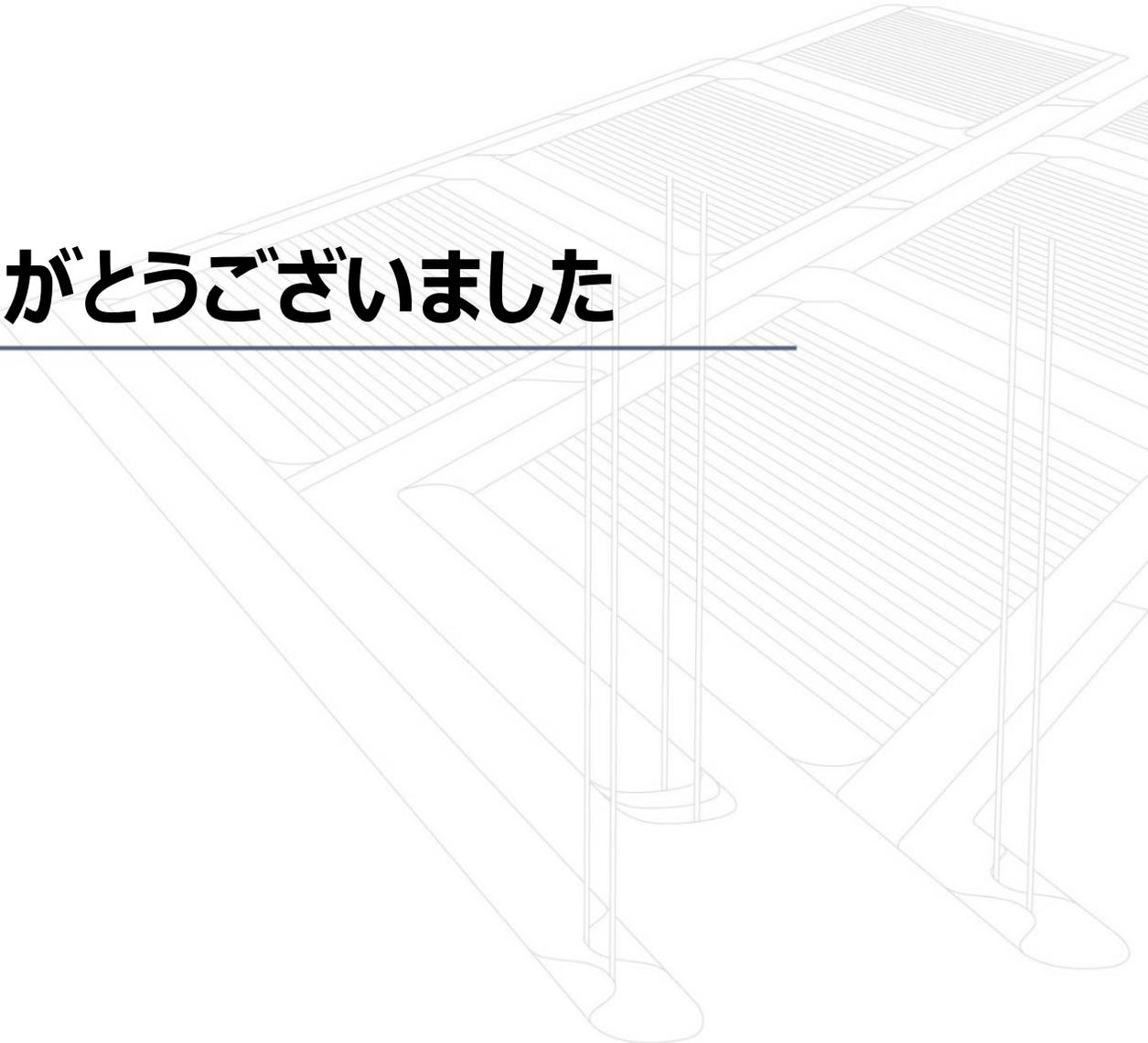
第7章にて技術的な  
信頼性について記述  
**セッション6で説明**

セーフティケースの構造と各章の関係



**ご清聴ありがとうございました**

---



# 参考文献

- 電事連（電気事業連合会）・JNC（核燃料サイクル開発機構）（2005）：TRU 廃棄物処分技術検討書－第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ－，JNC TY1400 2005-013，FEPC TRU-TR2-2005-02.
- JNC（核燃料サイクル開発機構）（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ－総論レポート，JNC TN1400 99-020.
- 経済産業省（2017）：「科学的特性マップ」の説明資料，  
[http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/maps/setsumei.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/maps/setsumei.pdf)（2017年8月1日閲覧）.
- NUMO（原子力発電環境整備機構）（2011）：地層処分低レベル放射性廃棄物に関わる処分の技術と安全性「処分場の概要」の説明資料，NUMO-TR-10-03.
- 総合資源エネルギー調査会（2014）：最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価－地質環境特性および地質環境の長期安定性について－，総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 地層処分技術WG.
- 総合資源エネルギー調査会（2014）：放射性廃棄物WG中間とりまとめ，総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 放射性廃棄物WG.
- 総合資源エネルギー調査会（2017）：地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術WGとりまとめ），総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 地層処分技術WG.