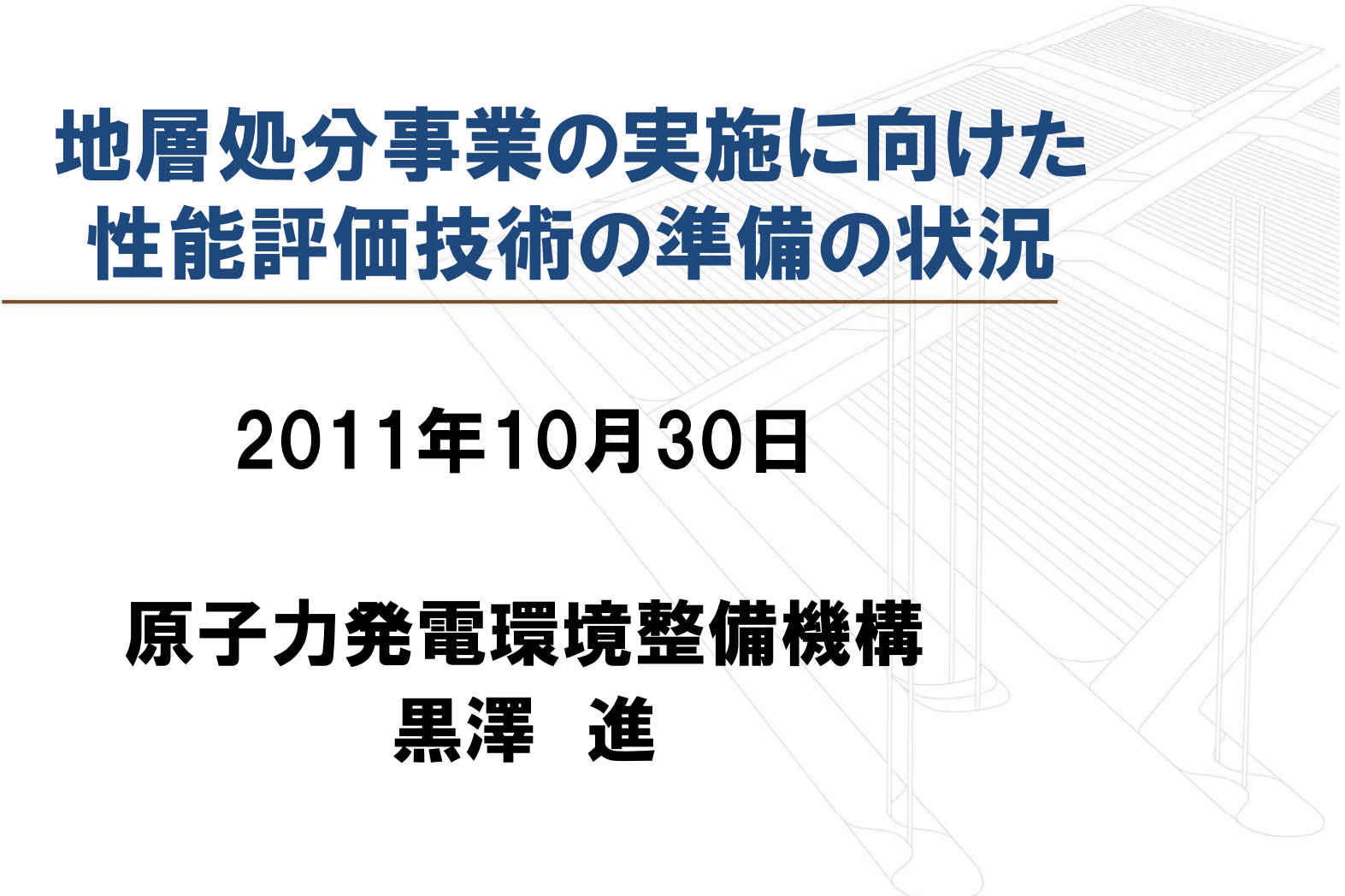




地層処分事業の実施に向けた 性能評価技術の準備の状況

2011年10月30日

原子力発電環境整備機構
黒澤 進

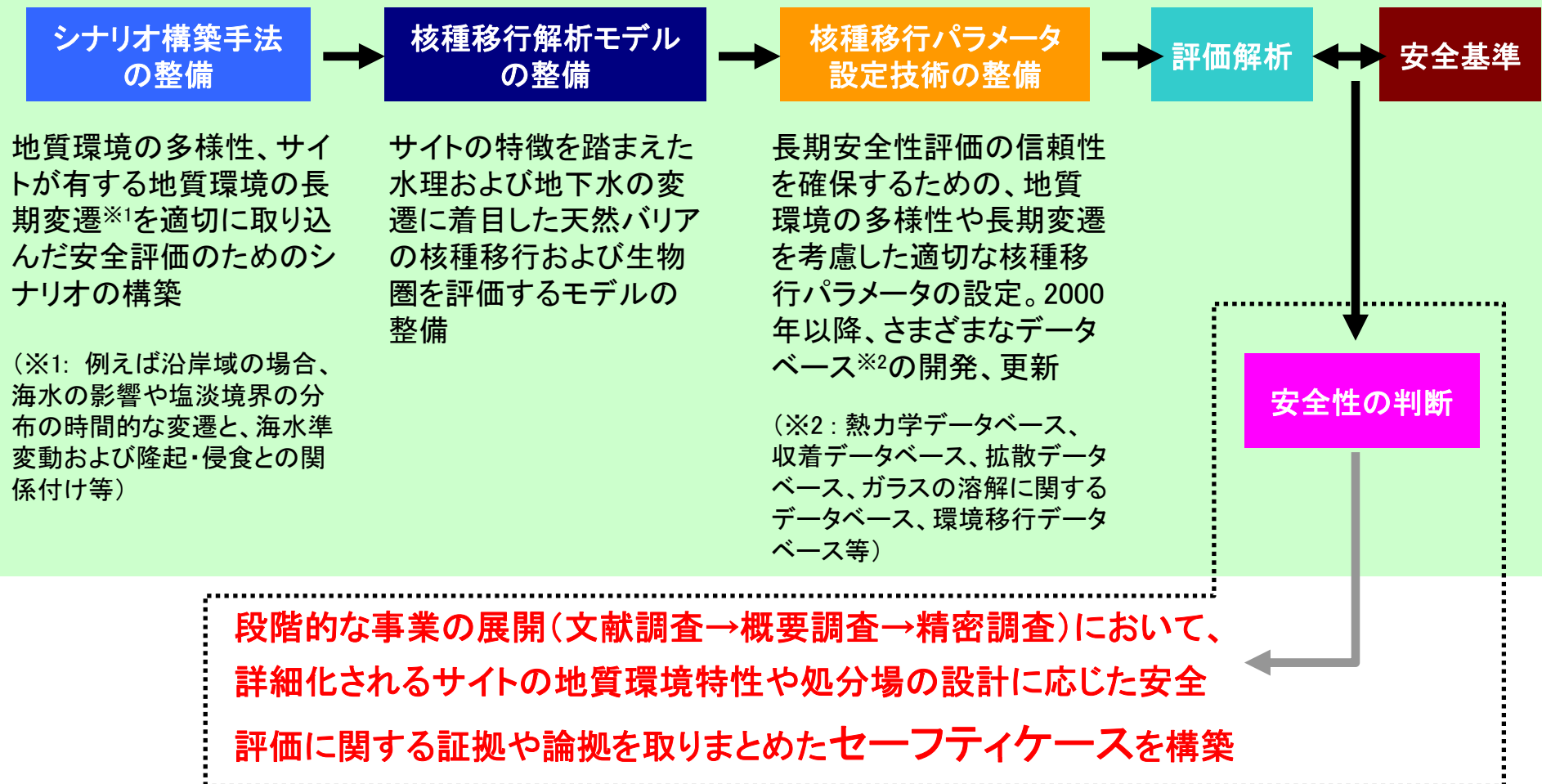




- 1. 地層処分事業の安全確保2010(NUMO 2010R)に基づく
地層処分システムの長期安全性評価の基本的考え方**
- 2. NUMOにおける最近の安全評価に関する検討**
- 3. 概要調査地区、精密調査地区選定上の考慮事項**

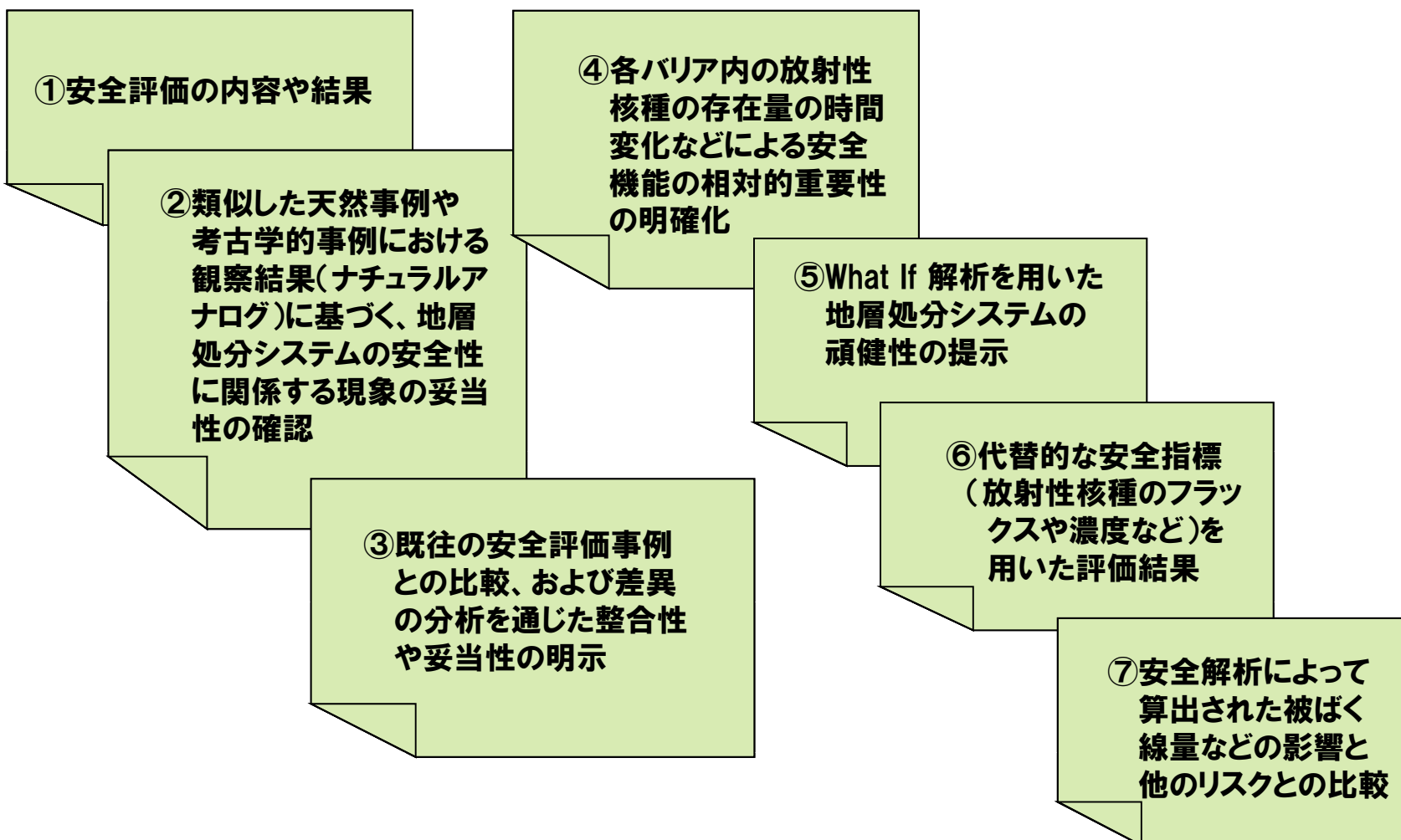
■ 地層処分システムの長期安全性評価の基本的考え方 ■

地層処分システムの長期安全性を評価するための考え方

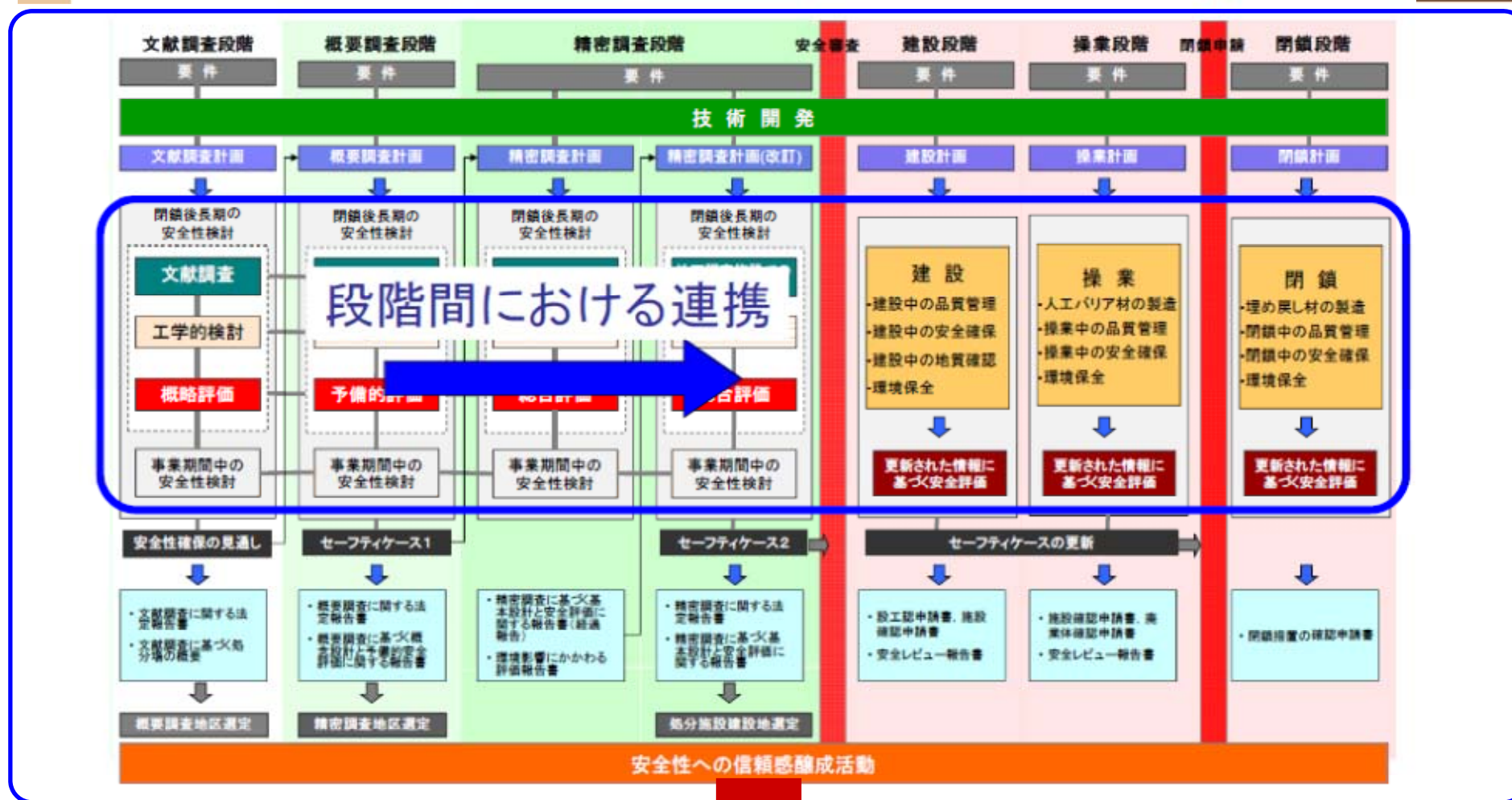


①セーフティケースの要素

地層処分の安全性がどのように確保されているか、
科学的知識の限界のもたらす不確実性にどのように対処しているか、
などを、多様なステークホルダーに理解しやすい形で説明するため、
①～⑦の要素を含む

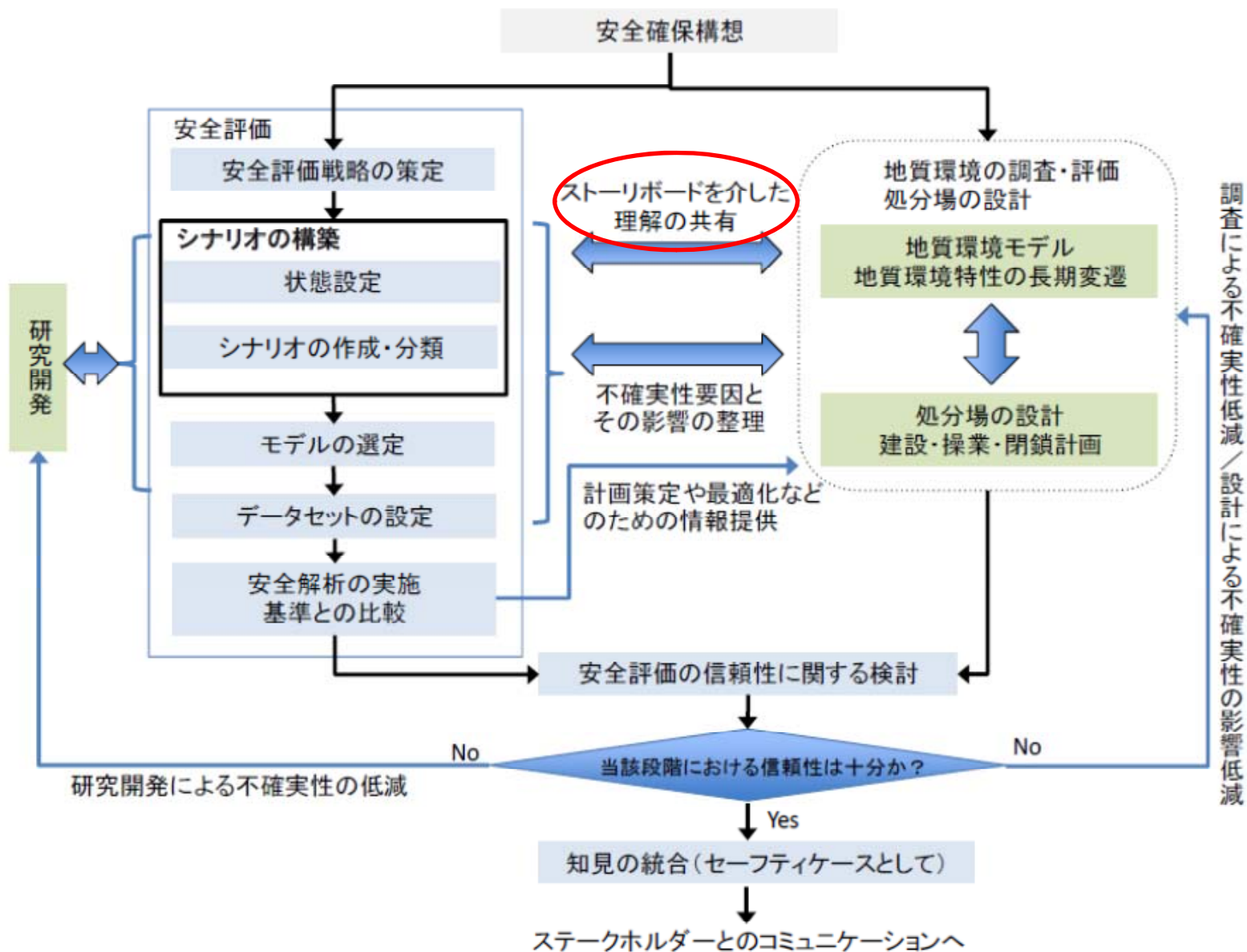


②各段階の事業の展開で提示するセーフティケースに関わる文書イメージ



国の地層処分にかかわる安全規制制度の在り方(廃棄物安全小委員会, 2006)の中でも、安全に関する論拠などを収集した総合安全説明書(セーフティケースに相当)を事業の各段階で策定することを事業者に期待。← NUMOとしても、各段階ごと、法令で定められた報告書と、それに付随する処分場設計や安全評価に関する文書が、セーフティケースを構成する中核的文書となる

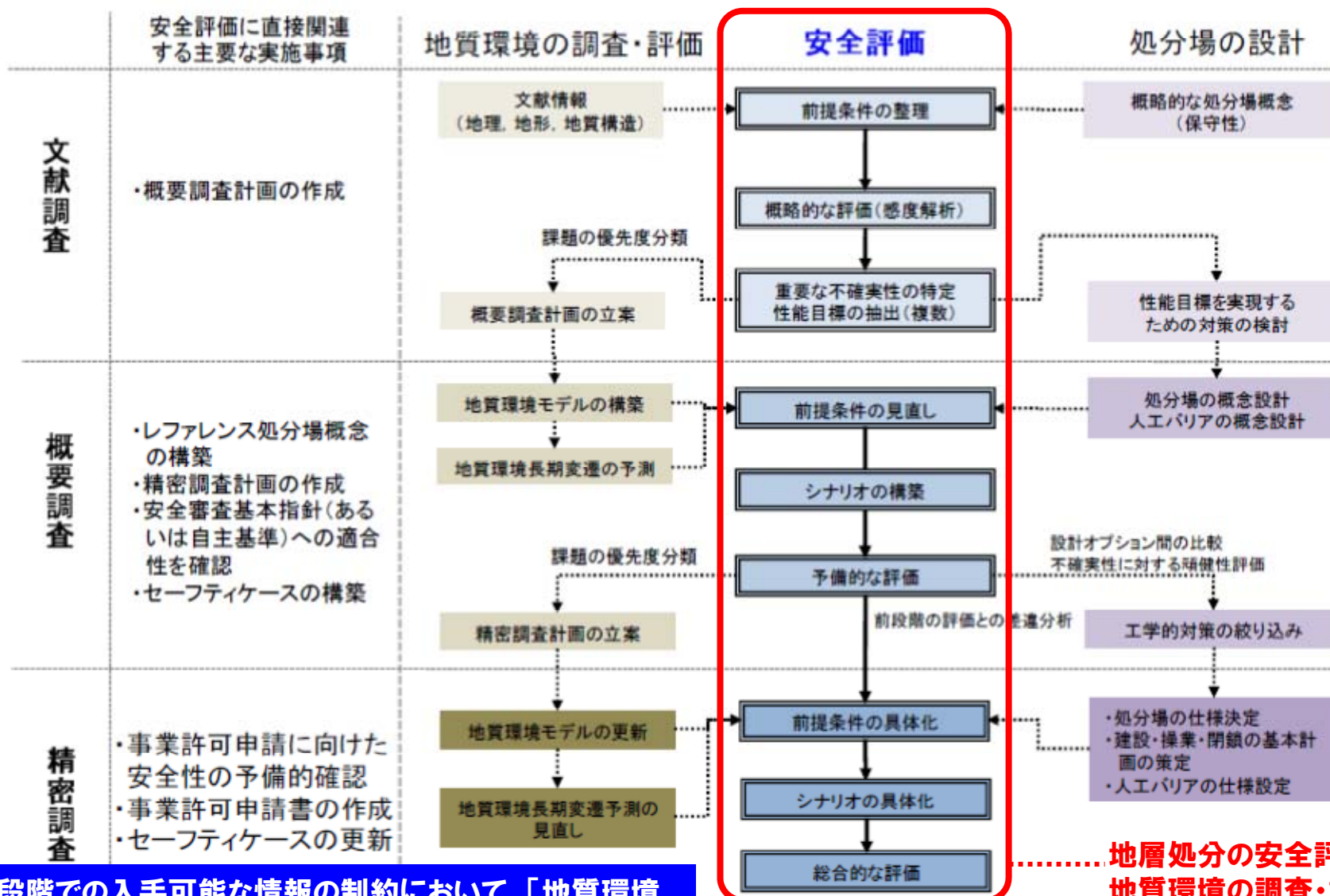
③安全評価の手順



ストーリーボード

		期間 I : 処分場閉鎖～1000 年後	期間 II : 1000 年後～1 万年後	期間 III : 1 万年後～10 万年後
システムの 状態				
安全確保上 の意義		廃棄体発熱および処分場建設・操業時に導入された空気の影響(不飽和領域形成および酸性条件への推移)が回復し核種の閉じ込めに適した地下深部本来の条件が成立する。 ベントナイトの膨潤により一様な圧縮応力場が形成され、緩衝材中および隣接したバリアとの間のギャップが閉塞することで、物質移動が拡散によって支配される場が確保される。	炭素鋼と緩衝材、緩衝材とコンクリート支保という熱力学的には両立しない材料間の溶質移動と化学反応に伴い、環境に対してより整合的な二次鉱物の境界層が形成され、間隙が閉塞することで、定常的な地球化学的構造が成立する。オーバーバックの水密性で、上記の定常的な地球化学的構造が出現するまで廃棄体中に核種が閉じ込められる。	オーバーバック開口後ガラス固化体が接液し溶解と核種の浸出が開始する。アクチニドなどの濃度は溶解度で制限され超過分は沈殿する。オーバーバックの外側では期間 II までに達成された定常的な場において拡散による核種移行が生ずる。この際、核種は鉄腐食生成物や緩衝材(二次鉱物を含む)に収着され遅延される。
環境 条件	T	廃棄体の発熱により温度が上昇するが緩衝材中の最高温度は100℃以下である。放射能の減衰により数百年後には地温程度にまで低下。	期間 I の定常状態が継続する	
	H	坑道閉鎖後岩盤中の地下水の圧力水頭が回復し、緩衝材への浸透が生ずる。岩盤透水係数が小さい場合には緩衝材冠水に数百年を要する。		
	M	緩衝材の膨潤によりギャップが閉塞し一様な圧縮場となる。岩盤中の応力条件が変化し、坑道のクリープ変形が生ずる。	オーバーバックの腐食による強度低下および腐食膨張による緩衝材圧密によってオーバーバックが変形し開口に至る。ガラスの破砕が進む。	炭素鋼の腐食膨張が継続し緩衝材の圧密およびガラス固化体の破砕が継続する。
	C	閉鎖時に残留した酸素はオーバーバック、緩衝材中の鉄鉱物や微生物によって速やかに消費される。	Fe イオンによる変質(内側)および高 pH 条件での変質(外側)により緩衝材の境界部に変質層が形成され間隙が閉塞に向かう。	ガラス溶解により核種が浸出する。ガラス近傍での水の放射線分解によって生ずる酸化剤は鉄腐食生成物によって消費されるために還元環境が維持される。

④各段階の事業の展開で実施する安全評価の項目



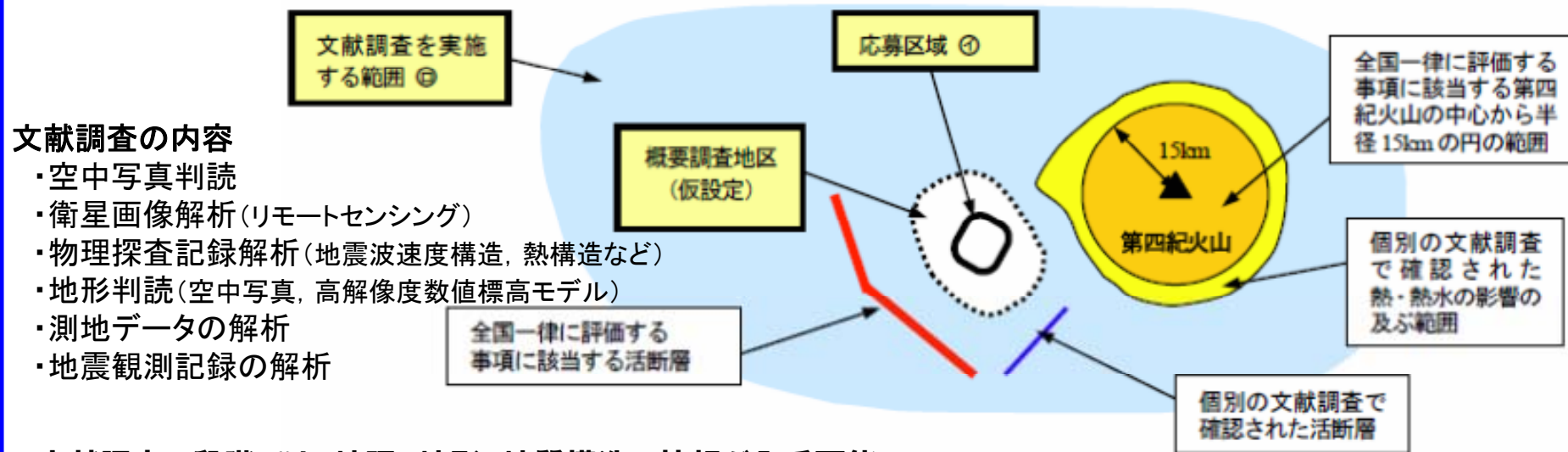
各段階での入手可能な情報の制約において、「地質環境の調査・評価」、「処分場設計」、「安全評価」で力点を置くポイントや連携の在り方(情報の授受)は変化

地層処分の安全評価は、地質環境の調査・評価、処分場の設計と密接な連携が重要

事業許可申請へ

⑤文献調査の段階(概要調査地区選定段階)における安全評価の役割

文献調査を行う範囲と文献調査により確認する地質のイメージ



文献調査の段階では、地理、地形、地質構造の情報が入手可能、

一方、地質環境の情報に関しては限定的かつ不確実性を有する

処分場設計に関しては、地質環境の不確実性を考慮したジェネリックで保守性を重視した処分場の検討が必要

文献調査段階での安全評価：既存のシステム性能評価モデルを活用した感度解析が有力

入力パラメータ：保守的に幅広く設定

(入手可能な情報の制約、文献データのばらつき、処分場設計に関する複数の選択肢などを考慮)

文献調査段階での安全評価の役割：

●次段階以降の地質環境の調査・評価や、処分場設計において不確実性を効果的に低減するための課題、不確実性が評価結果に与える影響が大きいパラメータの抽出

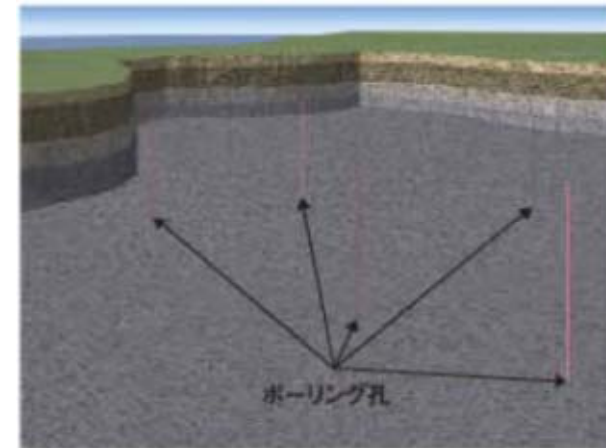
●各安全機能にどの程度の性能を期待するか(性能割り当て)の具体化のため、定量的な十分条件の抽出

⑥概要調査の段階(精密調査地区選定段階)における安全評価の役割

概要調査のイメージ

概要調査の内容

- ・地質踏査
- ・物理探査
- ・ボーリング調査等



概要調査:

- ①ボーリング調査等により、地質環境特性に関する情報として、透水性や亀裂頻度などの知見の拡充
 - ②対象とする岩盤の長期安定性に関する知見の充実
-
- ・地質環境モデルの構築、地質環境の長期変遷に関する予測
 - ・地質環境特性に応じた複数の処分場の設計の実施

シナリオ策定、予備的評価に基づくシステム性能の定量的な把握

- ①レファレンス処分場概念の構築、②精密調査計画の作成
- ③安全審査基本指針への適合性確認、④セーフティケースの構築

概要調査段階での安全評価の役割:

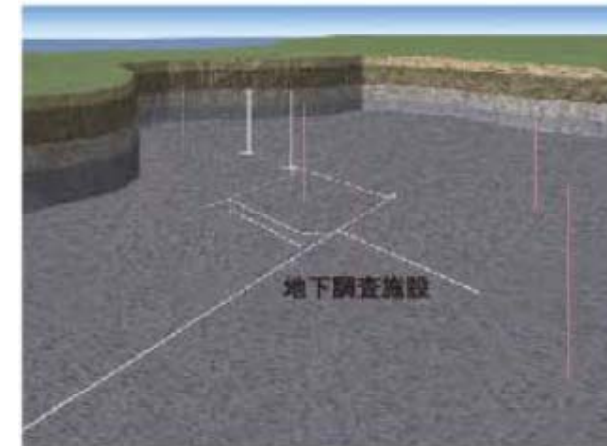
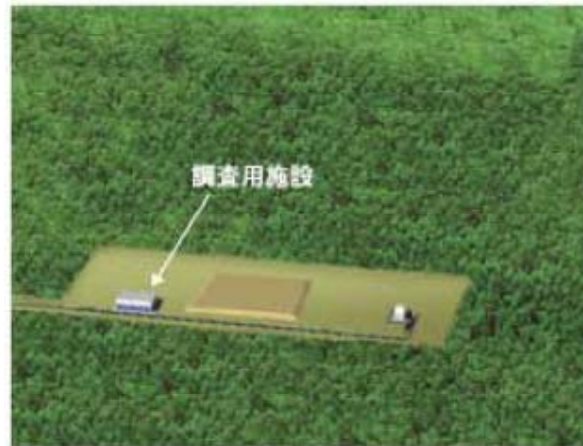
- 可能性のあるすべての処分場概念に対する予備的安全評価に基づく安全審査基本指針への適合性と閉鎖後の長期安全性の確認
- 処分場設計の絞り込みのための地下施設のレイアウトや人工バリア設計等の比較
- 精密調査の段階での地質環境モデル更新に反映させるための閉鎖後長期の安全性を確保するための重要な地質環境の特徴や条件の抽出
- 閉鎖後長期の安全性の観点から重要な安全評価モデル・パラメータの特定

⑦精密調査の段階における安全評価の役割

精密調査のイメージ

精密調査の内容

- ・地上からの調査の継続
- ・地下調査のための施設建設および試験
- ・処分施設建設地としての適正評価等



精密調査:

①地下調査施設を用いた調査による坑道スケールでの知見の拡充



地質環境モデルの構築、地質環境の長期変遷に関する予測の更新

処分場設計: (絞り込まれた)処分場の設計に基づく地下施設や人工バリアの仕様の決定
建設・操業・閉鎖の基本計画の具体化

拡充された知見を条件とした安全評価の再検討

- ①事業許可申請に向けた安全性の予備的確認
- ②事業許可申請書の作成精密調査計画の作成
- ③セーフティケースの更新

精密調査段階での安全評価の役割:

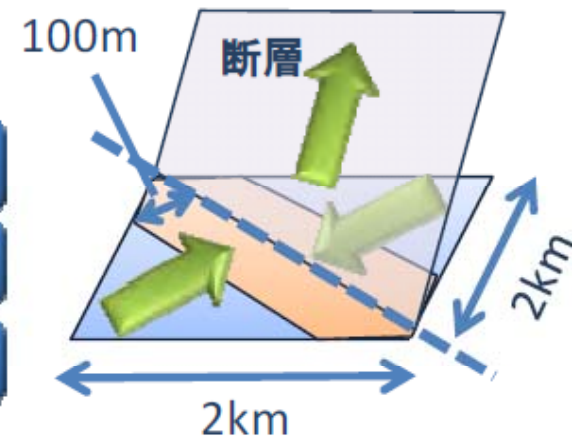
- 地下調査施設を用いた取得データを加えた、安全審査に向けた処分場の安全性にかかわるすべての論拠の統合と、総合的な評価とその信頼性評価の実施

NUMOにおける最近の安全評価に関する検討

断層活動の影響に関する安全解析の例

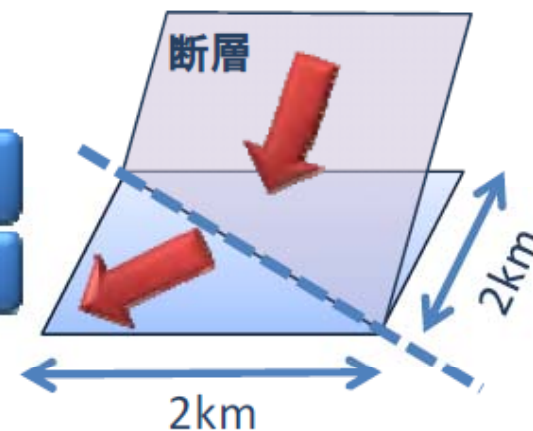
シナリオ1 還元性深部地下水の上昇

10万年後人工バリア内に
残存する核種



シナリオ2 酸化性地表水の引き込み

10万年後人工バリア内に
残存する核種



※ EDZは掘削影響領域を表す



断層活動の影響に関する安全解析の例 ①解析条件 (1/2)

安全解析の条件

	溶解度および分散係数		母岩中核種移行距離		
	断層新生前	断層新生後	断層新生前	断層新生後	
シナリオ1	第2次取りまとめの レファレンスケース		すべての 廃棄体：100m	断層割れ目帯と交差 する廃棄体(300 体)	0m
				断層近傍の廃棄体	各廃棄体から 断層までの 距離
				そのほかの廃棄体	100m
シナリオ2	第2次取りまとめのレファレンス ケース	酸化性条件 の値	すべての廃棄体：100m		

	断層からの距離	廃棄体数
断層と交差する廃棄体	0m	300
核種移行距離を 短縮する廃棄体	0m－10m	264
	10m－20m	560
	20m－30m	556
	30m－40m	551
	40m－50m	548
	50m－60m	544
	60m－70m	539
	70m－80m	536
	80m－90m	532
	90m－100m	527
それ以外の廃棄体	100m 以上	34543

←シナリオ1における廃棄体区分の設定

シナリオ2における廃棄体区分の設定

	断層からの距離	廃棄体数
断層と交差する廃棄体	100m	300
それ以外の廃棄体	100m	39700

断層活動の影響に関する安全解析の例 ①解析条件 (1/2)

断層の各構造における透水係数に関する情報のまとめ

区 分	断層の構造	透水係数 (m/sec) の範囲
断層・破砕帯	ガウジ部	$10^{-14} \sim 10^{-7}$
	破砕部	$10^{-10} \sim 10^{-5}$
広範な変形領域	マイロナイト 割れ目発達部	$10^{-13} \sim 10^{-6}$
母 岩	—	$10^{-13} \sim 10^{-8}$

* 区分および断層の構造は、(吉田ほか, 2009) に基づき設定

水理パラメータの設定値

解析ケース 番号		断層・破砕帯の 透水係数	広範な変形領域の 亀裂透水係数 (幾何平均)	広域的な 動水勾配
シナリオ 1	1-1	$6.4 \times 10^{-8} \text{m/s}$ ※1	$10^{-9.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※3	0.01
	1-2		$10^{-8.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※4	
	1-3	$1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ※2	$10^{-9.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※3	
	1-4		$10^{-8.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※4	
シナリオ 2	2-1	$6.4 \times 10^{-8} \text{m/s}$ ※1	$10^{-9.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※3	
	2-2		$10^{-8.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※4	
	2-3	$1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ※2	$10^{-9.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※3	
	2-4		$10^{-8.99} \text{m}^2/\text{s}$ ※4	

※1 ; 母岩平均透水係数より2桁高い値

※2 ; 第2次取りまとめの断層に相当する値

※3 ; 断層新生前 (第2次取りまとめレファレンスケースの母岩) と同じ透水量係数分布で亀裂頻度のみ10倍

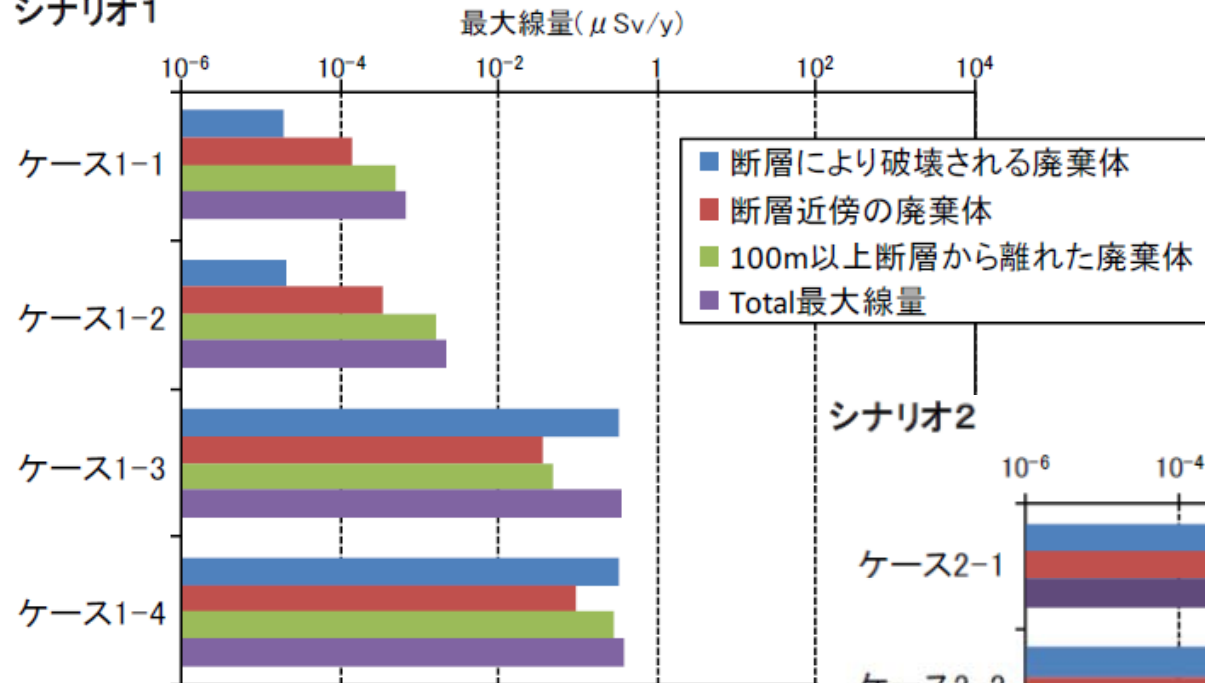
※4 ; 断層新生前 (第2次取りまとめレファレンスケースの母岩) と同じ透水量係数分布の10倍 (亀裂頻度は同一)



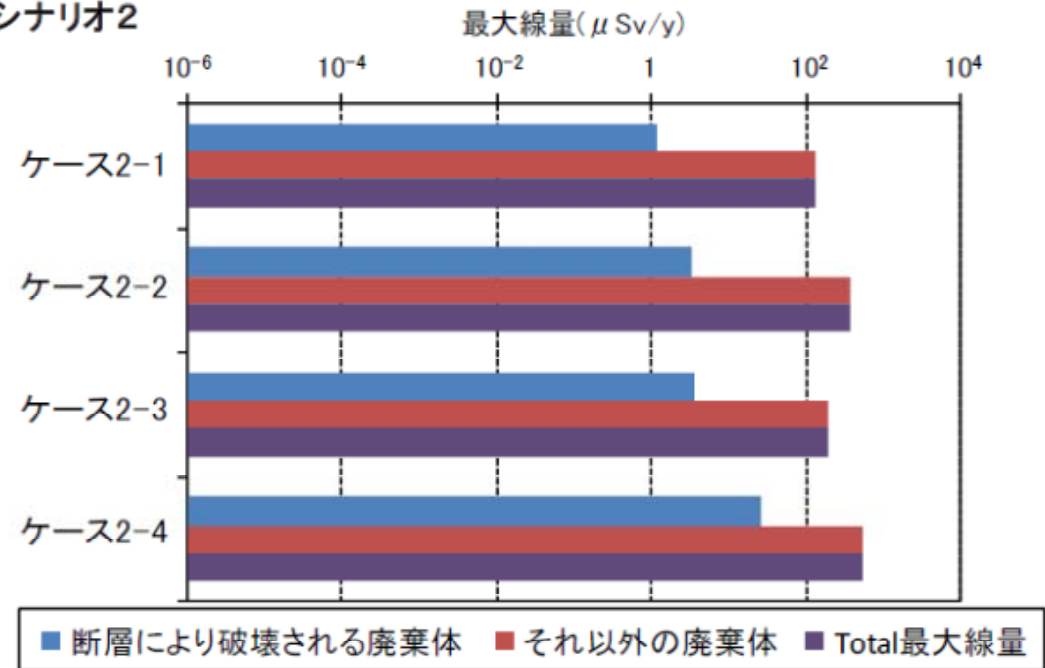
断層活動の影響に関する安全解析の例 ②解析結果

新生した断層活動の影響

シナリオ1

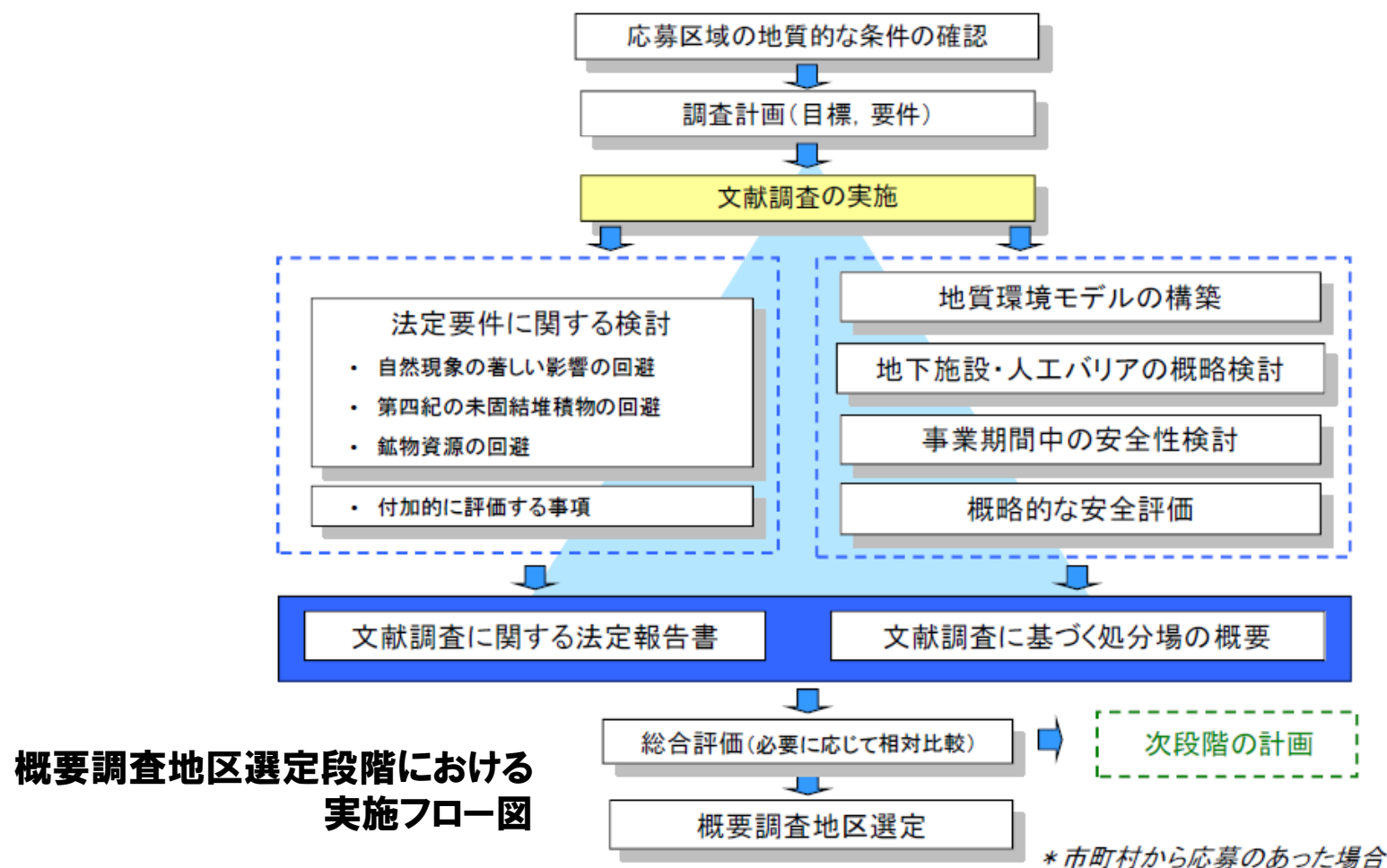


シナリオ2



■ 概要調査地区、精密調査地区選定上の考慮事項 ■

考慮事項： 概要調査地区、精密調査地区を選定する上で考慮する事項と評価の考え方等を示したもので、最終処分法及び同施行規則に示された地区選定要件や、原子力安全委員会指針を踏まえ設定。





①概要調査地区選定上の考慮事項

法定要件に関する事項

- 地震、噴火、隆起・侵食、第四紀の未固結堆積物、鉱物資源に関する事項
 - 使用する文献： 応募区域及びその周辺の地域を対象とする、全国規模及び地域規模の文献その他の資料

付加的に評価する事項

- 法定要件に対する適格性が確認された地区を対象に、概要調査地区としての特性を総合的に評価し、必要に応じて相対比較を行う事項
 - 使用する文献： 応募区域及びその周辺の地域を対象とする、全国規模及び地域規模の文献その他の資料

②法定要件に関する事項 (1) 地震

全国一律に評価する事項

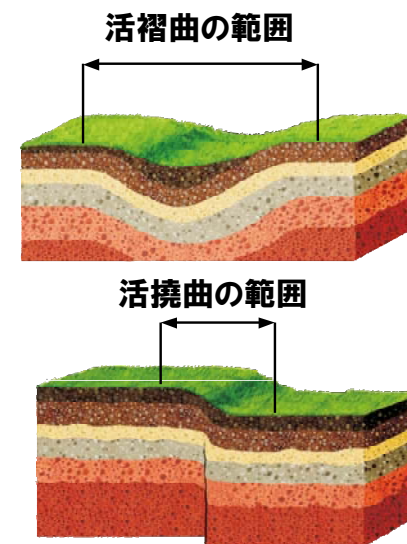
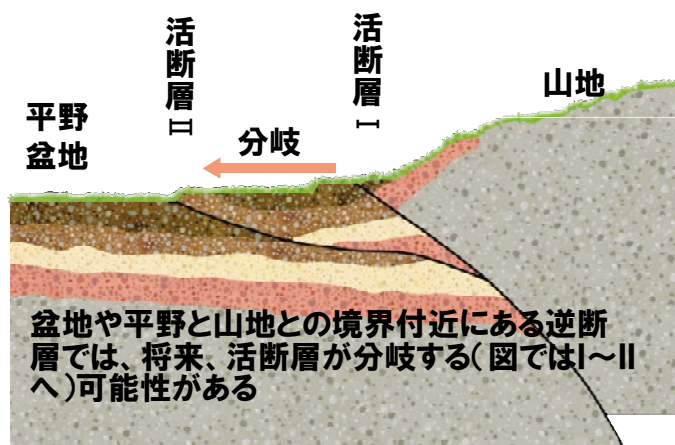
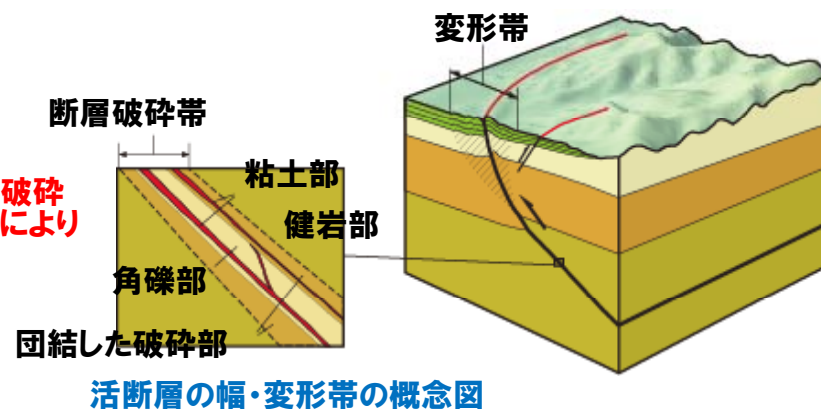
陸域では空中写真判定等、海域では海上音波探査等に基づいて全国的に調査された文献に示されている活断層がある場所に含めないように、概要調査地区を選定

個別地区ごとに評価する事項

くり返し活動し、変位の規模が大きい活断層等について、次の事項に該当すると明確に判断される場所、範囲は含めないように、概要調査地区を選定

- ①全国一律に評価する事項で用いた以外の文献によって認められる活断層がある場所
- ②活断層の幅及びその外側の変形帯に含まれる範囲
- ③活断層の分岐等の発生の可能性が高い範囲
- ④顕著な活動を継続している活褶曲や活撓曲の分布範囲

断層破碎帯の構成要素は、破碎帯の規模や形成された深度により異なる



②法定要件に関する事項 (2) 噴火

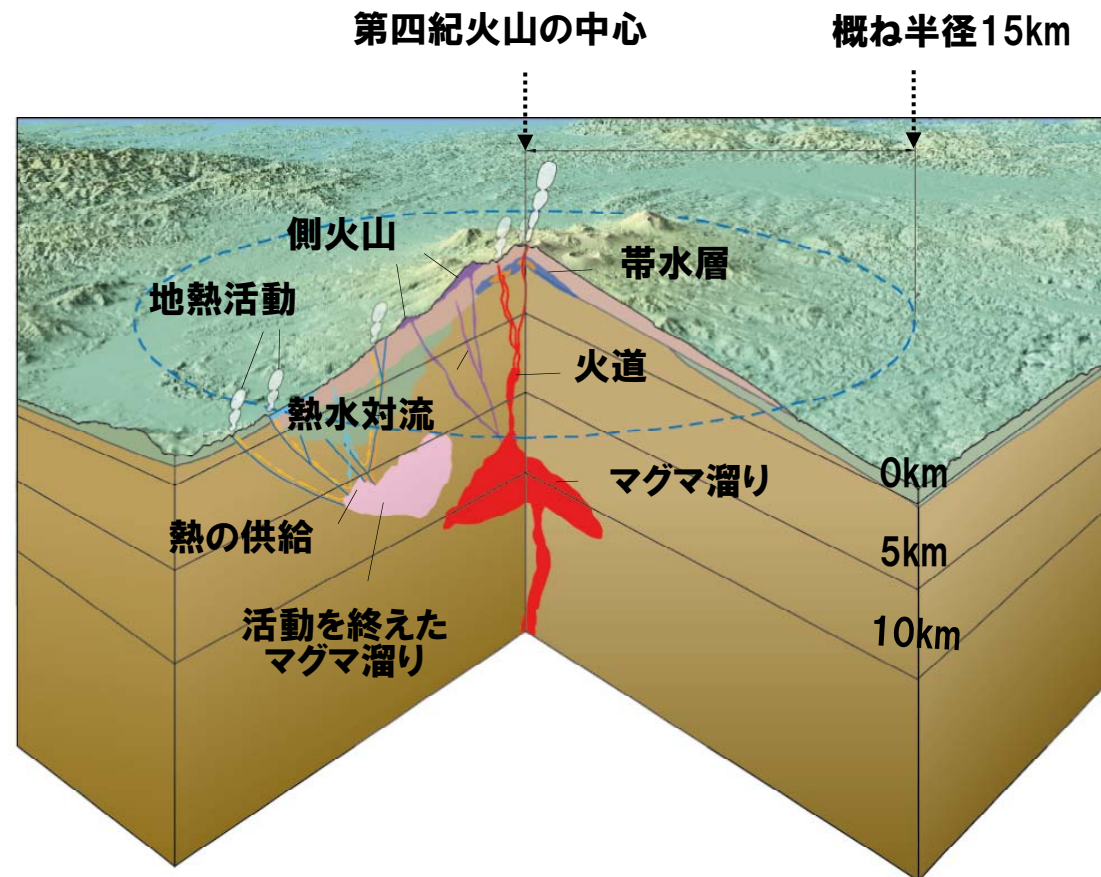
全国一律に評価する事項

将来数万年にわたるマグマの活動範囲の拡がりの可能性を考慮し、第四紀火山の中心から半径15kmの範囲にある地域は含めないように、概要調査地区を選定

個別地区ごとに評価する事項

●第四紀火山の中心から半径15kmの円の外側の地域でも、将来数万年にわたりマグマの地殻への貫入や地表への噴出が明確に判断される地域は含めないよう選定

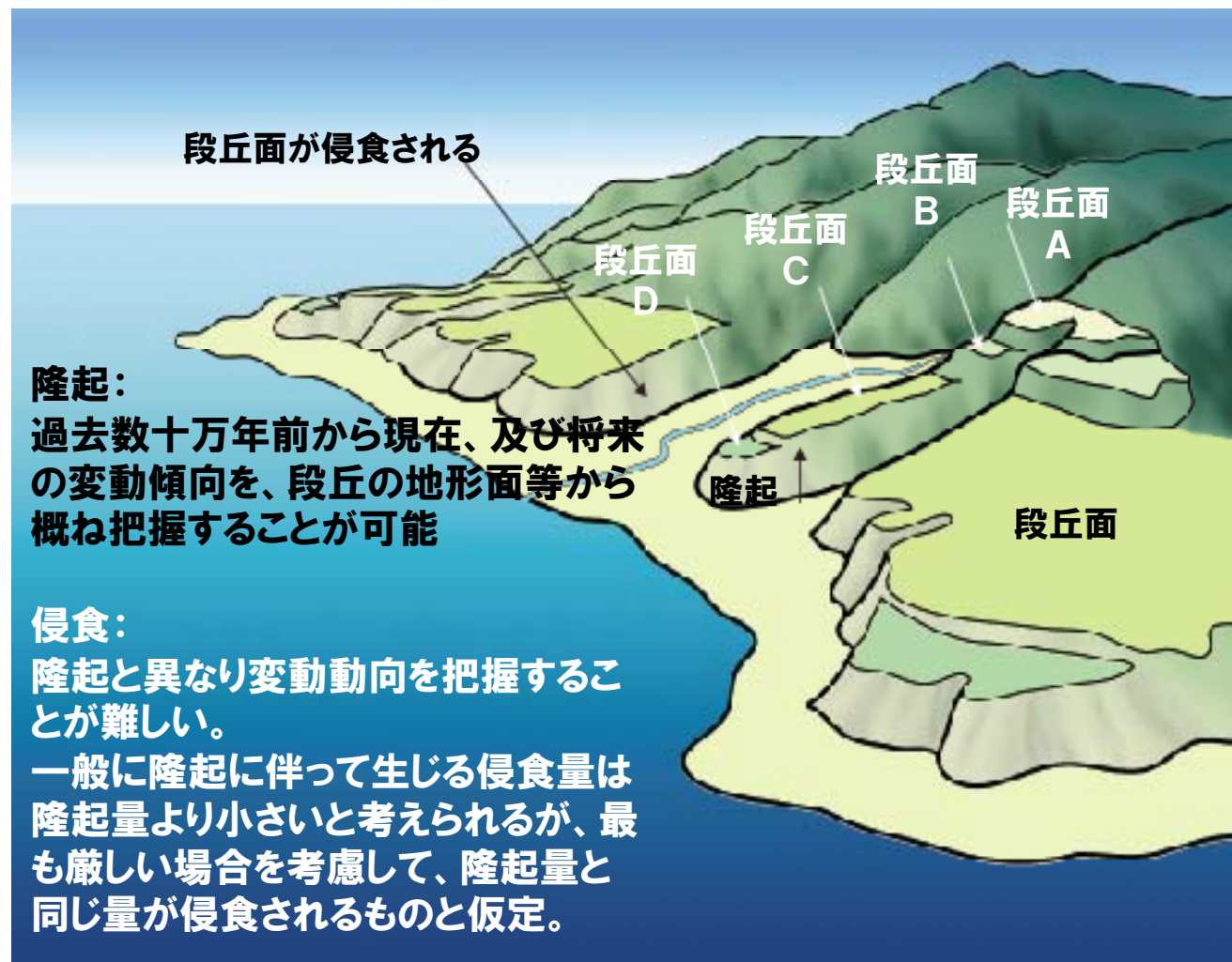
●将来を含め、マグマによる著しい熱の影響、強酸性の熱水、あるいは著しい熱水対流が存在すると明確に判断される場所を含めないように選定



②法定要件に関する事項 (3) 隆起・侵食

個別地区ごとに評価する事項

過去10万年間の隆起の総量が300mを超えていることが明らかな地域を含めないように、概要調査地区を選定



②法定要件に関する事項

(4) 第四紀の未固結堆積物

**第四紀の未固結堆積物：
個別地区ごとに評価する事項**

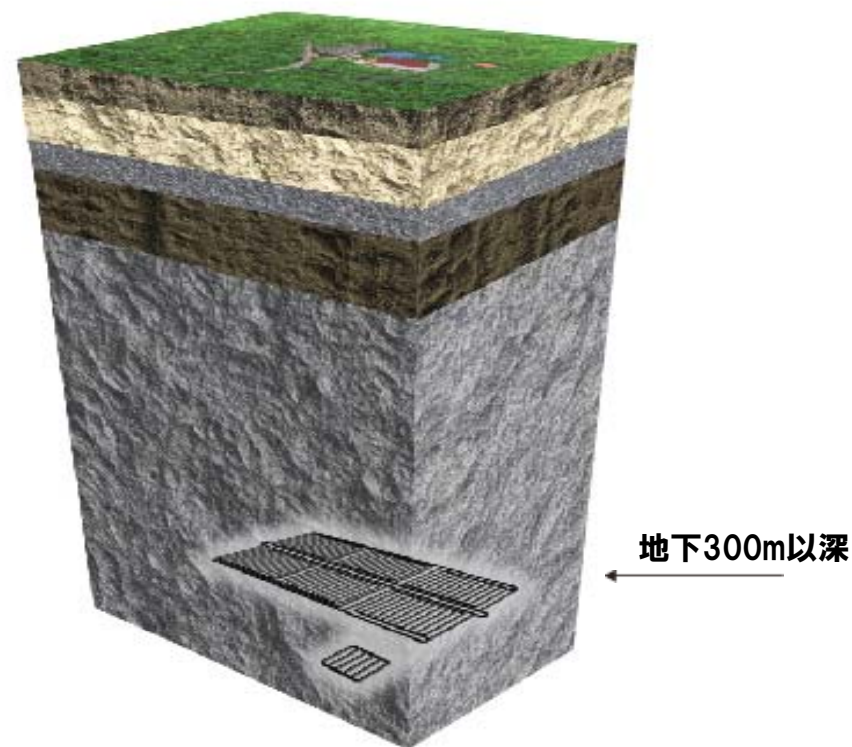
地層処分を行おうとする地層が、第四紀の未固結堆積物である地域は含めないように、概要調査地区を選定

(5) 鉱物資源

**鉱物資源：
個別地区ごとに評価する事項**

地層処分を行おうとする地層において、その採掘が経済的に価値が高い鉱物資源が存在する地域を含めないように、概要調査地区を選定

※対象鉱物資源は、鉱業法第3条第1項に準ずる



地層処分を行おうとする地層の概念図

③精密調査地区選定上の考慮事項

『精密調査地区選定上の考慮事項』の設定の目的：

- 概要調査地区の中から、地層処分にとってより好ましい地質環境及び社会・自然環境を持つと判断される区域を「精密調査地区」として選定するために設定するもの。

