

天然現象影響評価に関する研究について

—地質環境の長期安定性研究の性能評価への反映—

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門

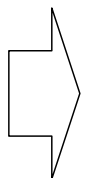
地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

1

天然現象影響評価の位置付け

サイト選定によっても影響の可能性を除外できないような現象(例えば、隆起・侵食やサイトから一定距離離隔した火成活動の影響など)について、現象の過去の履歴とその地質環境への影響の理解を踏まえ、現実性に留意して現象とそれに起因する地質環境条件の変化の取り扱いを検討し、安全評価を行う。



このような評価を行うための方法論の信頼性を向上させることが求められている。

→天然現象および場の特徴を適切に取り込みつつ、なるべく現実に即した現象とそれに起因する地質環境条件の変化の取り扱いを検討し、安全評価を行えるようにすること

○具体的な場所が決まっていない段階の検討として、一般的な観点からの情報の整理と現象のモデル化を実施。

○今後は事例研究成果を反映し可能な限り現実に則したモデル化を実施。また、安全評価の対象となる現象の重要性や保守性の程度の論拠を提示できるようにする。

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

安全評価とは何か？

地層処分の安全性に係わる項目

○地層処分システムが備えるべき固有の性能の確保

- ・サイト選定：地層処分にとって適切な地質環境を選定すること
- ・工学的対策：選定されたサイトに関して，人工バリアや処分施設を合理的に設計，施工すること

○長期的な安全性の確認

- ・安全評価：構築された地層処分システムの長期にわたる安全性を評価すること

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会(1997)

何をもって安全評価するか？

- ・安全評価の指標として**放射線量を基本**とし，諸外国の安全基準を参照して地層処分システムの安全性を評価する。
- ・線量の算出においては，**現在と同様の生活様式を仮定して現在の人々が受けている線量と対比する。**

「第2次取りまとめ」より抜粋

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

3

安全評価の方法論

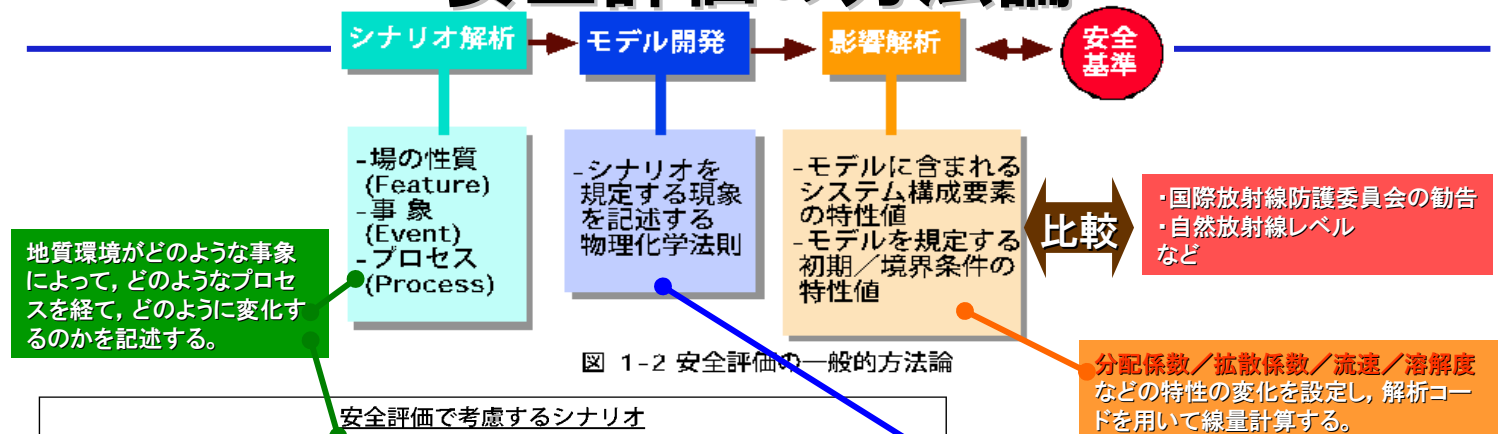


図 1-2 安全評価の一般的方法論

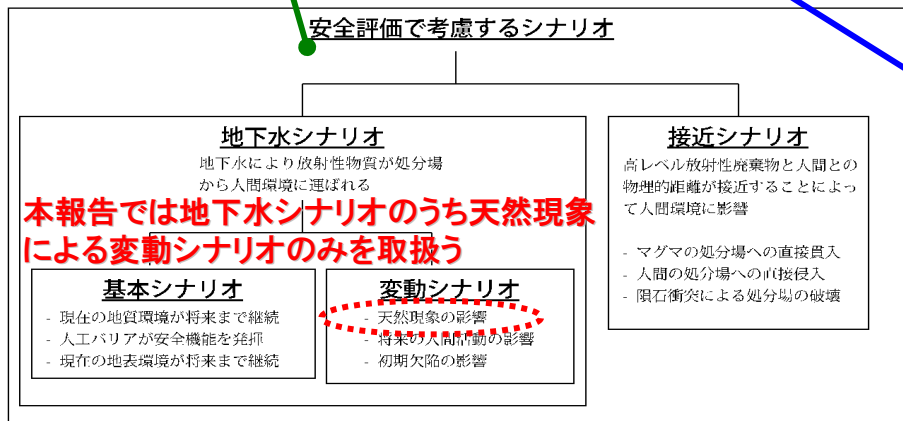


図 4.1-1 シナリオの分類

温度-水理-力学-化学-幾何形状 (THMCG) の特性の変化を定量的に記述(推定、計算)する。

地質環境の変化をTHMCGの変動幅および時間的変遷で表現できれば、解析パラメータを設定できる(具体的には次ページ参照)。

「第2次取りまとめ」より抜粋

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

4

地質環境条件(THMCG)と核種移行パラメータとの関係

核種移行パラメータ

人工バリア(EBS)

施設・掘削影響領域(EDZ)

母岩

拡散 緩衝材の 拡散係数 $De(m^2/s)$	吸着 緩衝材の 分配係数 $Kd(m^3/kg)$	溶解・沈殿 溶解度 mol/m^3	ガラス溶解 ガラス溶解 速度 $g/m^2/day$	移流・分散 EDZ通過流量 $m^3/year$	移流・分散 流速 m/s	拡散 岩盤中の拡 散係数 $De(m^2/s)$	吸着 看板中の分 配係数 $Kd(m^3/kg)$
-----------------------------------	------------------------------------	---------------------------	-------------------------------------	--------------------------------	----------------------	-----------------------------------	------------------------------------

地質環境条件(THMCG)から直接、核種移行パラメータを設定するわけではない。
地質環境条件と核種移行パラメータの間には、以下の検討が必要となる。

- ・母岩→施設・掘削影響領域→人工バリア間におけるTHMCGの関係の整理
- ・THMCGと核種移行パラメータとの関係の整理

それぞれの「シナリオ」から想定される地質環境条件の変化に応じた核種移行パラメータ設定をする。

温度(T) 岩盤温度、 温度勾配 など	水理(H) 流速、透水係数、 透水量係数、 空隙率 など	力学(M) 岩盤強度 など	化学(C) pH, Eh, 溶存成分 <u>岩石組成データ</u> 鉱物組成など	幾何形状(G) 地表形状 処分場形状 など
------------------------------	--	---------------------	---	--------------------------------

地質環境条件(THMCG) 工学技術への反映

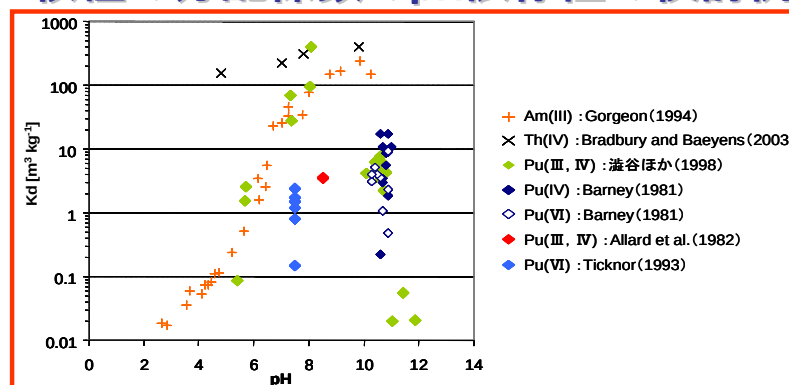
地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

5

核種移行パラメータの設定例

核種の分配係数のpH依存性の検討例



核種の分配係数(Kd)のpH依存性の検討例*

パラメータ設定する際に必要とされる実験データが揃っていない場合もある
(例えば、比較的高温の「火山活動」のような比較的高温の地質環境条件に
対する分配係数の温度依存特性など)。

対処方針: 例えば、感度解析結果などを参考にすることにより、

- ・結果に効くものは引き続き実験データを蓄積する。
- ・そうでないものは、既存の実験データを基に仮定を置いて設定する。

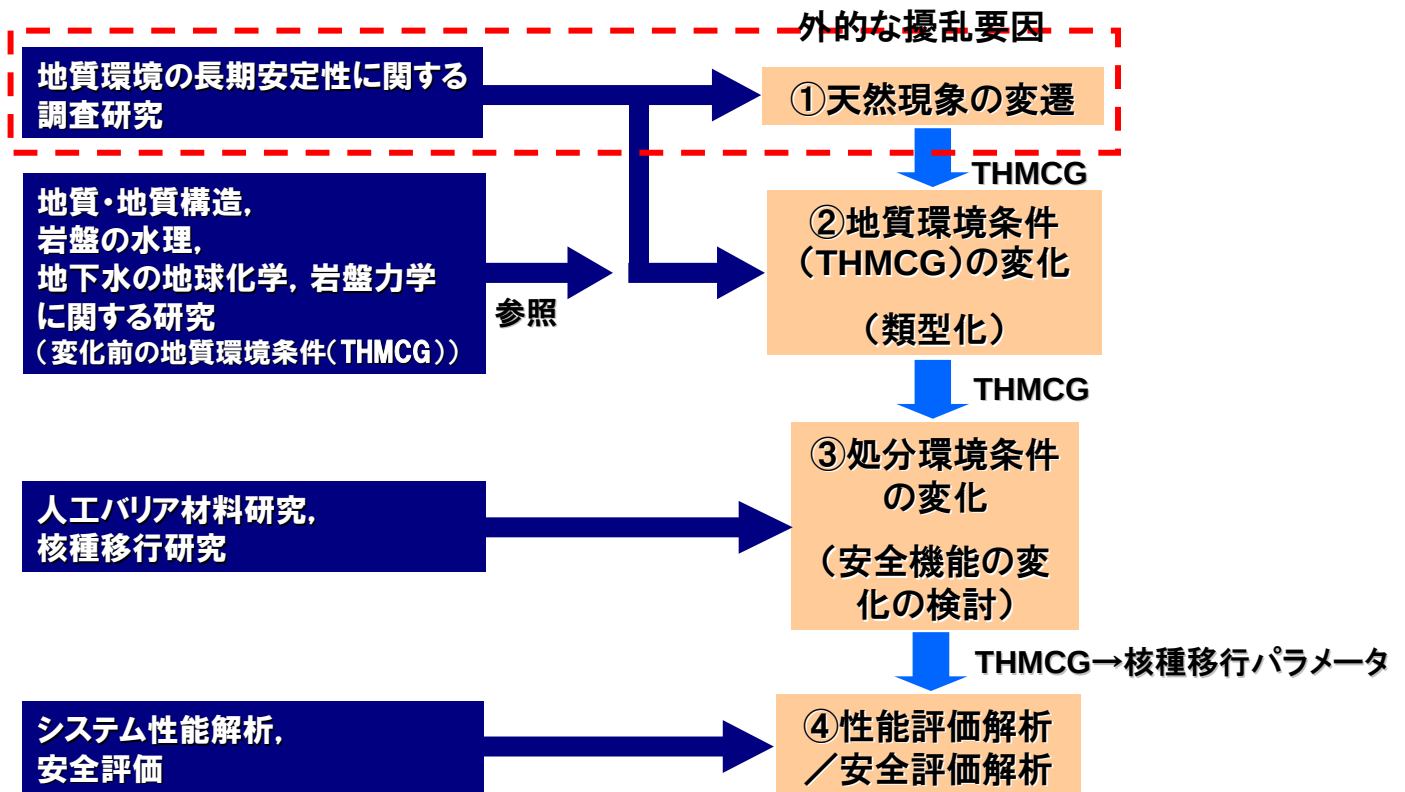
*「核燃料サイクル開発機構: “高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築
—平成17年取りまとめ— 分冊3 安全評価手法の開発”, JNC TN1400 2005-016」より引用。

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

6

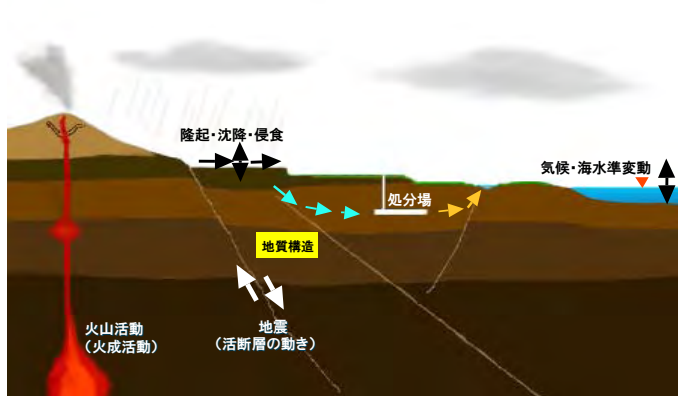
天然現象影響の取り扱い方と評価のために必要な研究項目



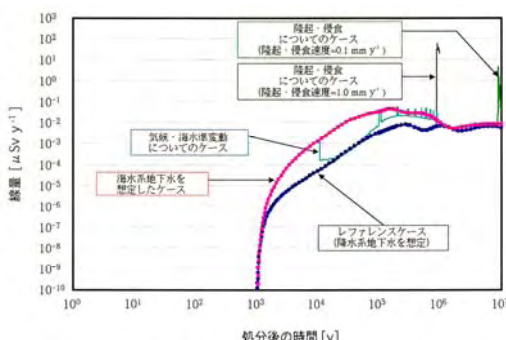
地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

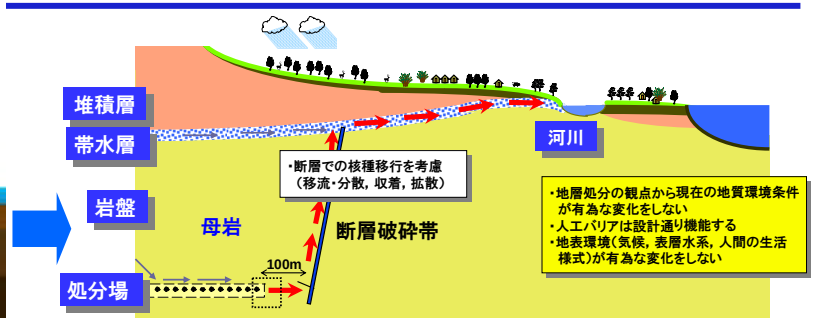
天然現象影響の取り扱い方のイメージ



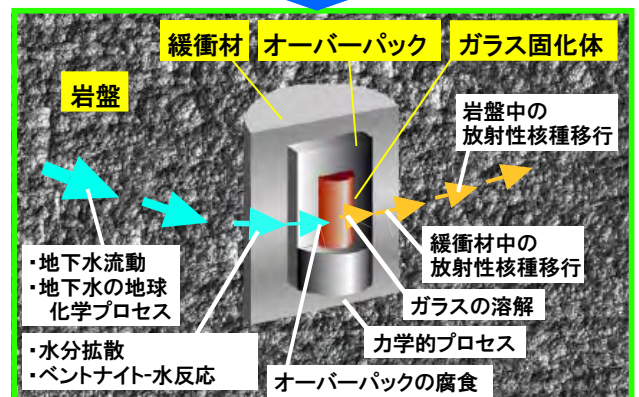
①天然現象の変遷



④性能評価解析／安全評価解析



②地質環境条件(THMCG)の変化



③処分環境条件の変化

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

情報の流れのイメージ

地質環境条件(THMCG)
の変化(関係の定量化)

地質環境条件
(THMCG)の設定
と類型化

処分環境条件の変化
(重要パラメータとの関
係の定量化)

THMCGによる整理

	現象からの距離	現象の規模	現象の様式	現象の発生/継続 時間
T:温度				
H:水理				
M:力学				
C:化学				
G:形状				

T
H
M
C
G

	Sol	EBS Kd	EBS De	EBS ε	~
T					~
H					~
M					~
C					~
G					~

抽出・設定された
THMCGの数値など

性能評価解析/
安全評価解析

地球科学の知見・データなど
(東濃・幌延の研究成果など)

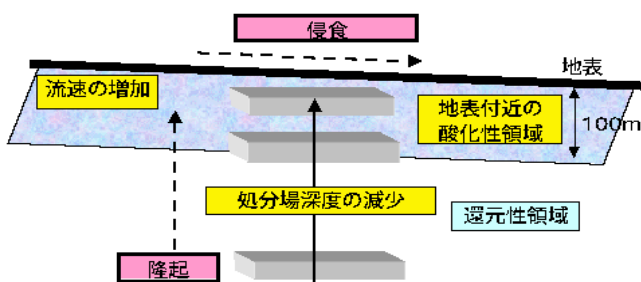
核種移行に関する実
験データなど

解析結果など

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

【過去の検討】第2次取りまとめにおける「天然現象影響評価」で取り扱った比較的広汎かつ緩慢な天然現象の種類とそれらの概念モデル



隆起・沈降・侵食

【岩種・処分深度】

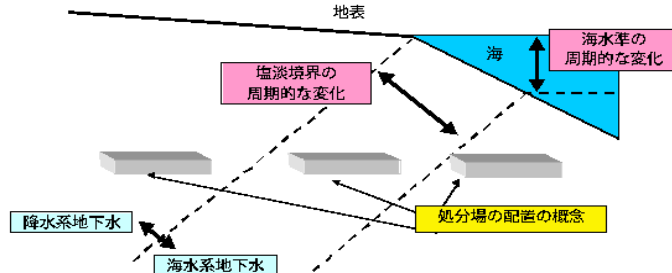
- ・硬岩系岩盤(花崗岩):1000m
- ・軟岩系岩盤(新第三紀堆積岩):500m

【隆起・侵食速度】

- ・0.1mm/y・1.0mm/yを設定
- ・処分場の地表露出時まで一定の速度で継続
- ・隆起に伴う処分場の傾斜を考慮せず

【化学的变化】処分環境が還元性から酸化性に変化する深度

- ・100mに設定
- ・設定深度において瞬時に還元性から酸化性に変化する
- 【水理的变化】処分環境変化時における地下水流れの増加率
- ・処分環境が変化する深度で浅では透水量係数の深度依存性を考慮せず一定
- ・処分環境変化時における地下水流れの増加率は10倍に変化するものと仮定し、瞬時に変化する



気候・海水準変動

【初期の地下水組成】

- ・塩水系
- ・間氷期のピークをわずかに過ぎた時期、今後海水準が低下(塩水→淡水に変化)
- ・塩淡水境界が処分場を横切るためには、初期は海水系
- 【塩淡水境界が処分場を横切る時期】
- ・前提:塩淡水境界が処分場の近傍にある
- ・塩水系1万年経過後瞬時に淡水系に変化し9万年継続(10万年サイクル)

- レファレンスケースのモデルの外乱要因として、現象を単純化と保守性の観点から取り扱いを検討
- 隆起・侵食速度などの設定値の根拠などが分かりにくい

「第2次取りまとめ」より抜粋

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

10

安全評価に必要とされる知見

第2次取りまとめでは、保守的かつ簡略的にシナリオを想定。今後は、より現実的なシナリオに基づく地質環境条件(THMCG)の設定を目指す。



【隆起・侵食に関係するもの】

- ① 隆起・侵食速度, 持続性, その範囲など
- ② 地質環境条件(THMCG)の変化幅および時間的変遷(特に、地下水の水質(Eh, pH)および透水性が変化する深度)

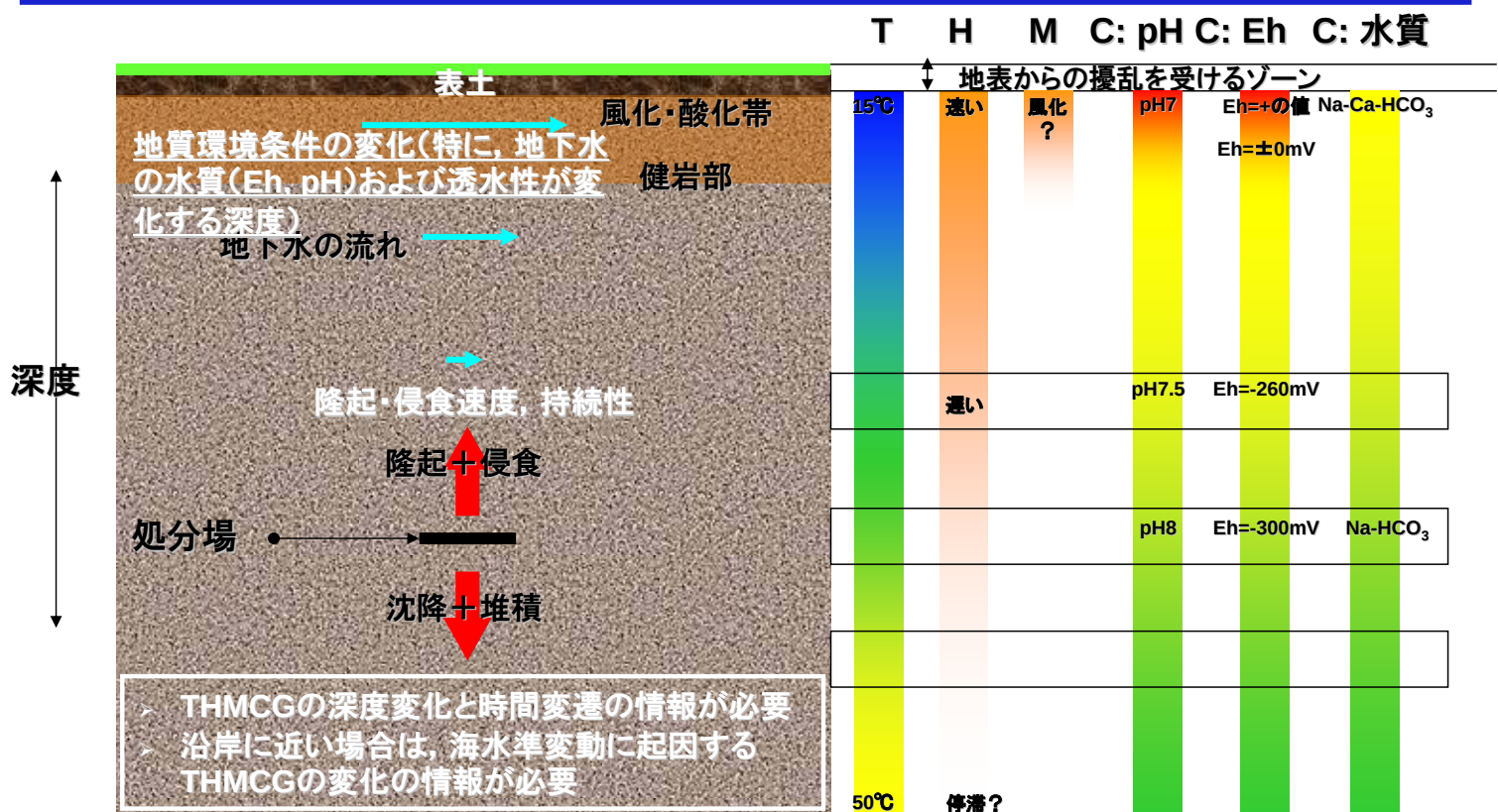
【気候・海水準変動に関係するもの】

- ① 氷期・間氷期のサイクルと現在の位置
- ② 塩淡境界の移動による地質環境条件(THMCG)の変化幅および時間的変遷
- ③ 表層環境(表層水理・水質, その他)の変化
- ④ 海水準の変動と塩淡境界の変動はどの程度のずれが生じるか
- ⑤ 永久凍土, 氷結割れ目は地下水流動に影響を与えるか

【その他】

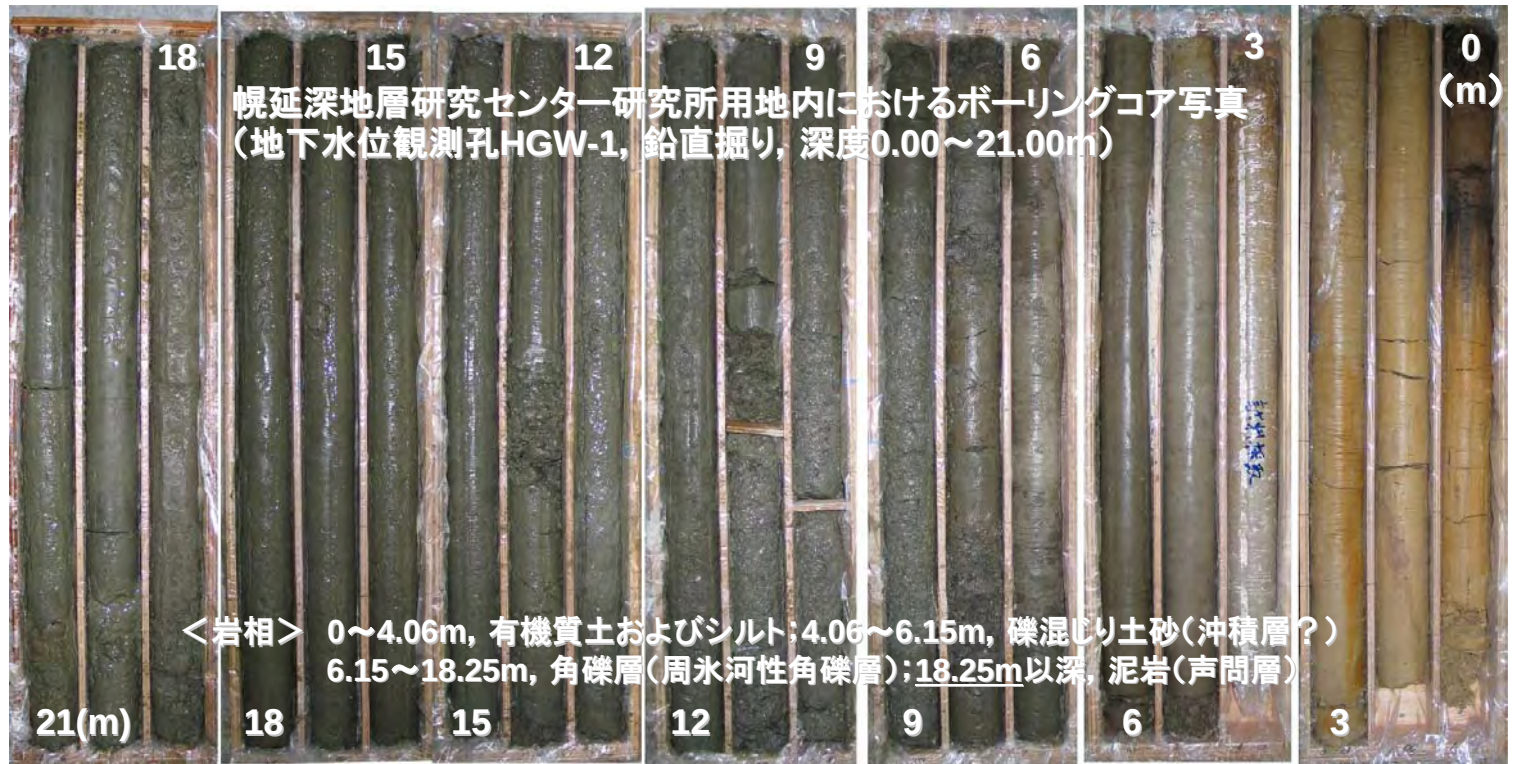
- ① 岩種による差があるか(結晶質岩・堆積岩)
- ② 地域による差があるか(寒冷地・温暖地, 内陸部・沿岸部など)
- ③ 地質環境条件(THMCG)の変化動向(瞬時に変化? グラジユアルに変化?)

隆起・侵食の取り扱い方の基本的な考え方



地質環境条件の変化に係わる情報例

－幌延におけるボーリング調査の事例－

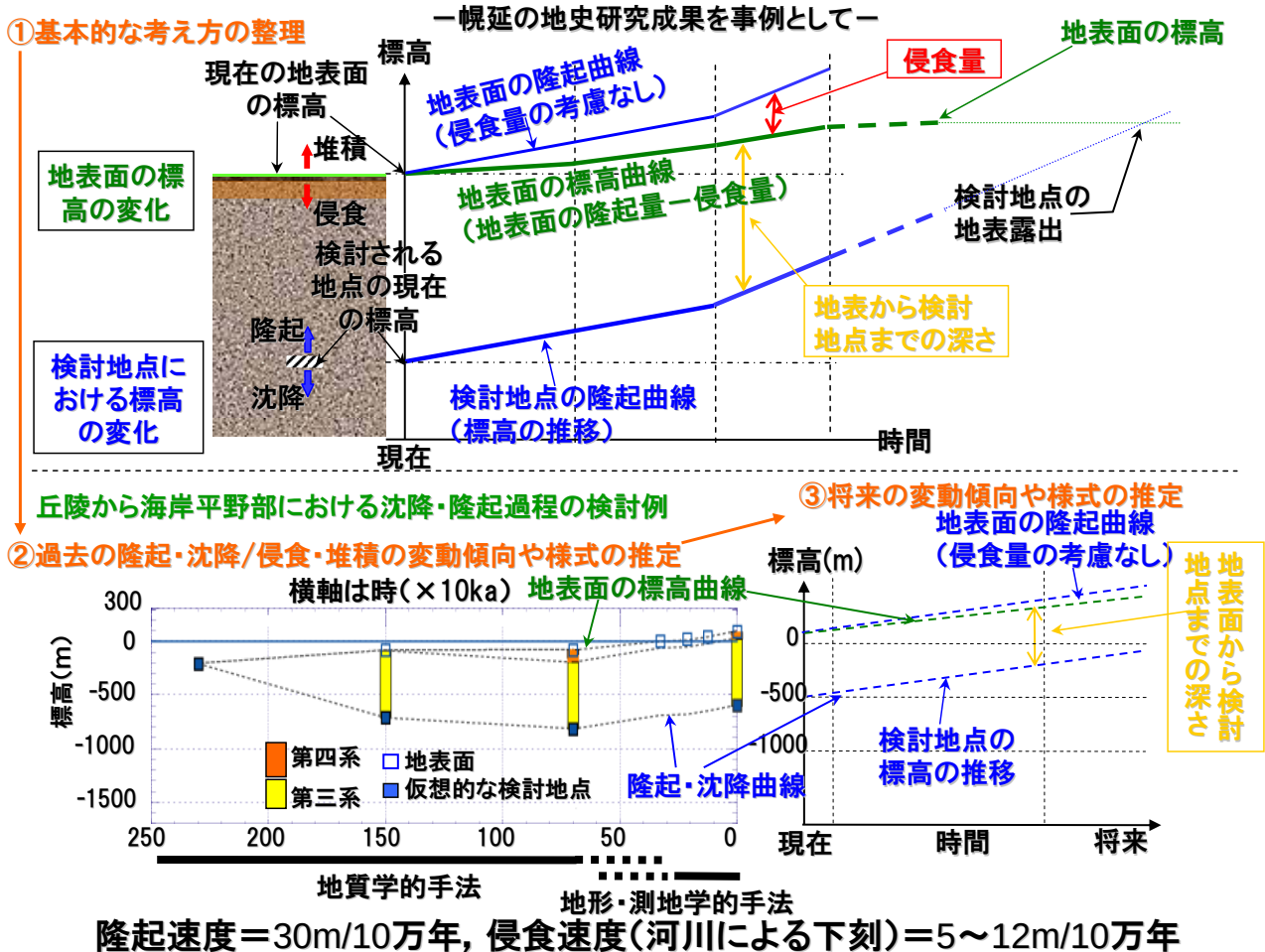


地質環境の長期安定性研究検討委員会

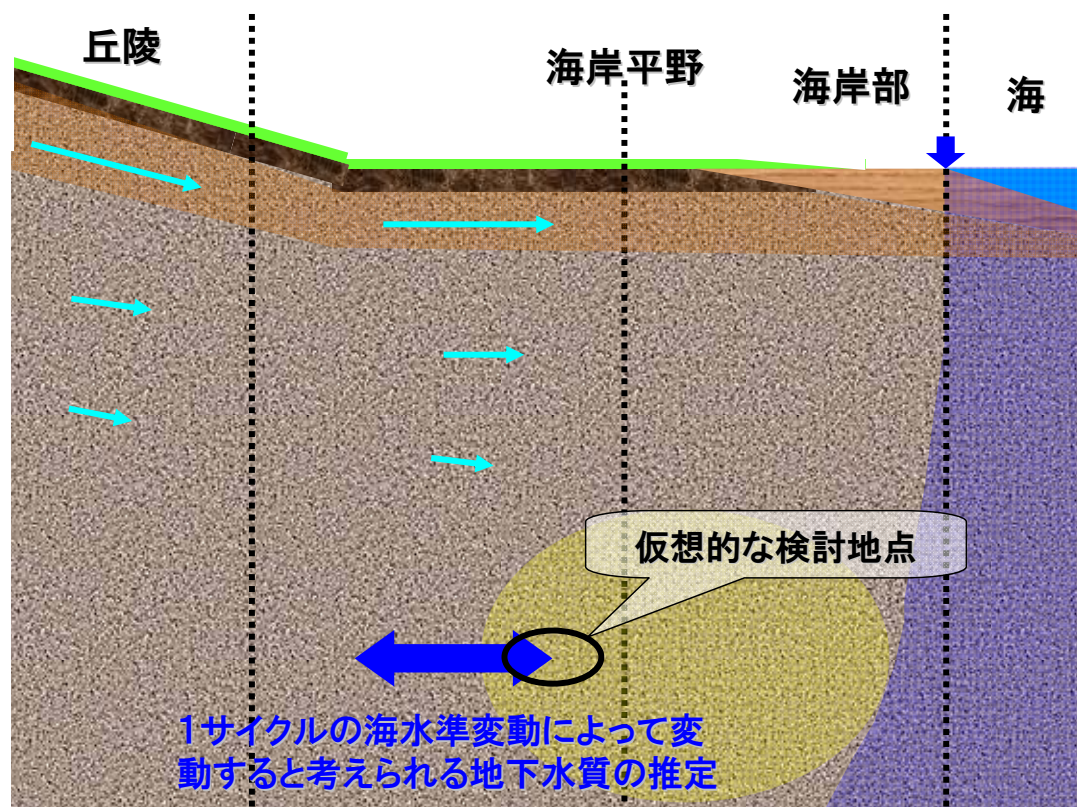
第5回(2008年8月29日)

13

過去の隆起・侵食速度に基づく将来の変動傾向の推定例



将来の地質環境条件(THMCG)の変化の検討例



地史の検討結果に基づく「仮想的な検討地点」における将来の状態の推定例

将来10万年程度においては、隆起・侵食による場の標高や地表面からの距離の変化は数m程度と推定される。
→隆起・侵食よりも海水準変動の影響による変化が推定される。

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

沿岸域における将来の変動傾向・様式と地質環境条件(THMCG)の変化の検討例

隆起・侵食速度: 隆起速度 = 30m/10万年, 侵食速度(河川による下刻) = 5~12m/10万年



T(温度): 隆起に伴う岩体の上昇が30m/10万年であることから、温度の変化は一定とみなす(平均的な地温勾配から見積もった温度の変化は1℃未満)。

H(水理): 海水準変動による地下水の流動方向が変化する可能性がある。

→但し、滞留時間の検討では深部は滞留時間が長いので、ここでは変化しないものとする。

M(力学): 隆起・侵食/気候・海水準変動に係わるシナリオでは考慮しない。

C(化学): pHとEhは一定とする。溶存成分は塩水系地下水(Na-Clタイプ)→降水系地下水(Na-HCO₃タイプ)に変化するとともに、溶存濃度も変化する(ボーリングデータ、全水頭・塩分濃度解析から推定)。

G(幾何形状): 処分場と地表の接近は5~12m/10万年程度であるので、地層処分システムに係わる幾何形状は変化しないものとする。

沿岸域における変動シナリオに関する検討事例
上記に係わる重要な地質環境条件(THMCG)の変化:
C: 地下水質の変化(塩水系→降水系)

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第5回(2008年8月29日)

16

評価モデル／ケースの検討イメージ

ケース	接近速度	水理(H)	化学(C)	備考
1	5~12m/10万年	レファレンスケースと同様とする	塩水系から淡水系への変化	- 評価期間を気候変動の1サイクル分とする - その他については第2次取りまとめのレファレンスケースと同様とする
...	...	...	...	...



地史に基づく隆起・沈降・侵食に関わる変動傾向や変動様式に関する研究成果を参考に設定

地下水流動解析、古水理地質学の研究成果を参考に設定

深地層研究のボーリングデータや全水頭・塩分濃度解析の研究成果を参考に設定

性能評価解析／安全評価解析



上記のケース(THMCG)の設定に基づき、実験データ等を踏まえ核種移行パラメータを決定

モデル化に際して、現実の現象に関して何を反映させたか、何を簡素化(省略)したか、何を仮定したかを認識する。同時に、現実性を高めるためには何をどう変えるか、そのために必要な情報は何かを認識する。→フィードバック情報のひとつ

今後の課題

- 事例研究に基づく情報収集
- 情報の網羅性の確保(現段階ではジェネリックな検討であるため)
- 類型化手法の整備
- 重要性, 保守性の論拠の提示手法の整備
- 解析事例の蓄積
- 解析情報の幌延・東濃へのフィードバック
→解析に重要となるデータを精度良く取得するための調査技術