

沿岸部における地層処分について

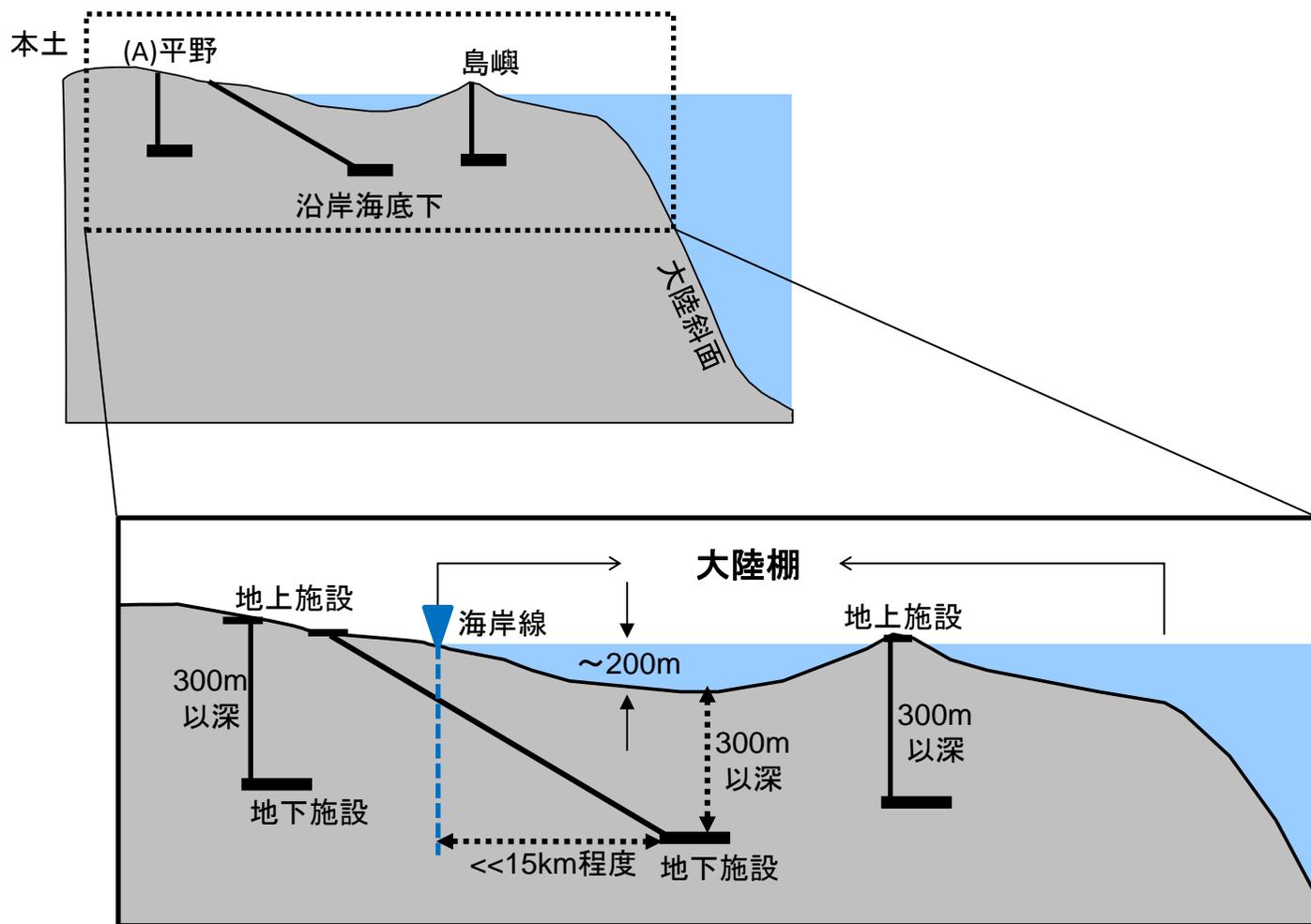
2020年 10月 29日
シンビオ社会研究会

原子力発電環境整備機構
技術部工学技術グループ 北川義人

1. 沿岸部における地層処分施設のイメージ
2. 沿岸部の特徴と対応した技術
 - ① 地質環境調査・評価技術
 - ② 工学的対策技術
 - ③ 安全評価技術
3. 科学的特性マップにおける沿岸部
4. まとめと今後の取り組み

1. 沿岸部における地層処分施設のイメージ

沿岸部における地形的な特徴に応じた地層処分施設設置のイメージ

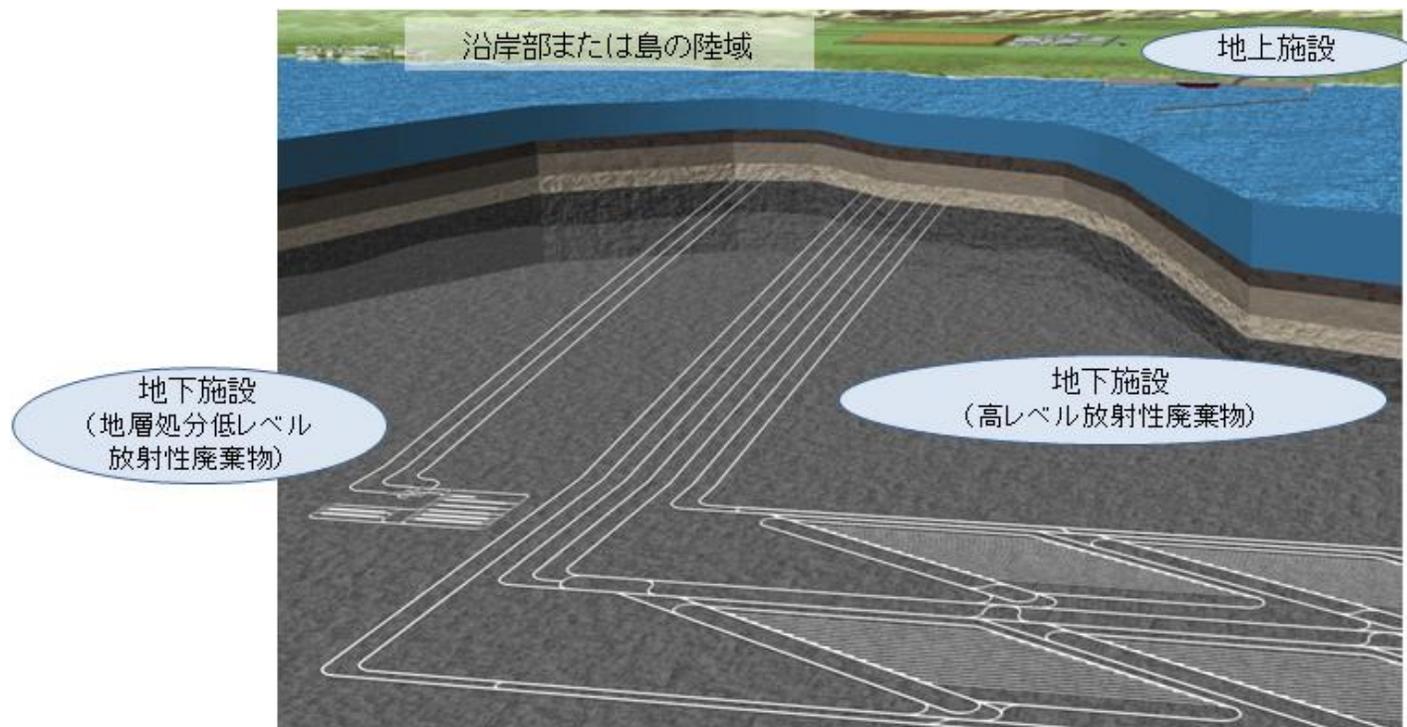


※陸域は輸送の観点から海岸線から20km程度の範囲、海域は追加的な工学的対応の必要性を考えると海岸線から比較的近い(15km程度以内: 下記検討例参照)範囲が検討の一つの目安となる。

- これまでの標準的な検討例では、深度1,000mの地下施設へのアクセス斜坑の延長は、斜度10%で10km、7%で14kmである。この程度までであれば、建設、換気、避難などについて大きな追加的対応は必要ないと考えられる。

1. 沿岸部における地層処分施設のイメージ

- 沿岸部または島の陸域に地上施設を設置し、そこからアクセス坑道（斜坑あるいは立坑）で地下施設と連結する。



沿岸部・島嶼部における沿岸海底下に地下施設を設置する場合の例
公募関係資料：処分場の概要－放射性廃棄物の地層処分事業について 分冊1－, NUMO, 2009



2. 沿岸部の特徴と対応した技術

- 沿岸部の特徴
 - ✓地質環境特性及びその長期安定性の観点
 - ✓地下施設・地上施設の建設・操業、輸送の観点
 - ✓事業の実現可能性の観点
- 沿岸部の特性に対応した技術

地質環境特性及びその長期安定性の観点

(動水勾配)

- 海面下では地下水面勾配がないことから、動水勾配が比較的小さいことが期待できる。
- 沿岸大陸棚下では、海水準が低下し海底が陸化した場合においても、地形勾配が緩やかなため動水勾配が大きく増加しない。

(塩水環境)

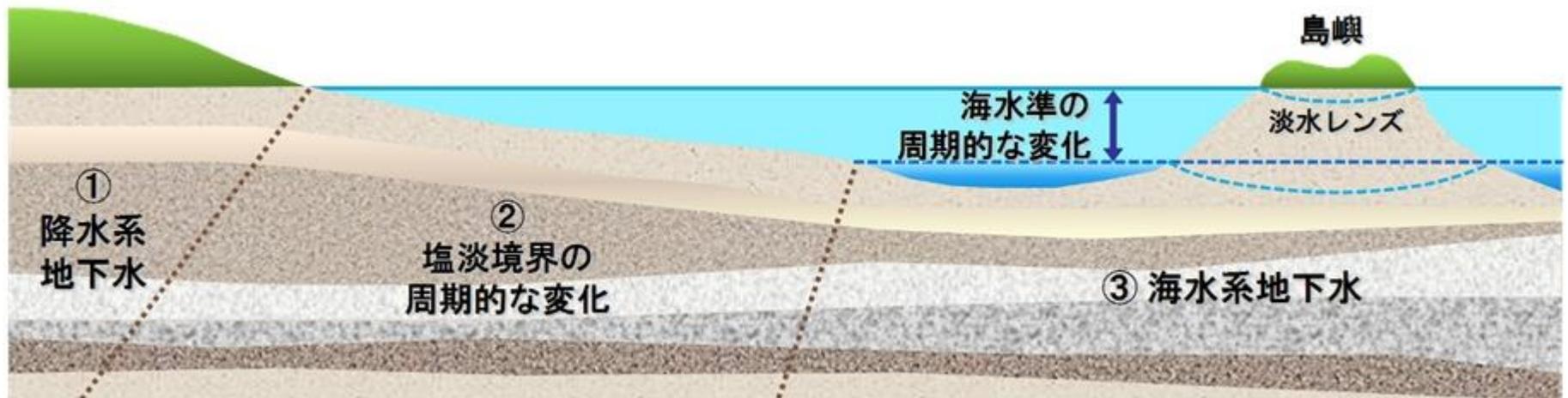
- 地下水の塩分濃度が高いところ(海水系地下水の分布域)がある。
- 十数万年周期の気候変動による海水準変動に伴い、塩淡境界が移動し、①降水系地下水の分布領域、②塩淡境界の周期的な変化領域、③海水系地下水の分布領域、の3つに大別される。

(隆起・侵食)

- 「隆起・侵食」については、沿岸部(島や海底下も含む)のなだらかな地形部分(平野など)では、隆起速度が小さい場所(沈降している場合もある)を見いだすことが期待できる。

(人間侵入)

- 海水があることにより、人間侵入を防ぐ機能が陸域より大きい。



沿岸部における地質環境の特徴
(NUMO(2011)の図6.5.1-3の一部)

地下施設・地上施設の建設・操業、輸送の観点

(地上施設)

- 沿岸部の標高の低い範囲は、地上施設に「津波」が与える影響について考慮する必要がある。その影響については、今後、段階的調査において個別に確認していく必要があるが、基本的には工学的に対応することが可能である。

(輸送)

- 貯蔵場所から最終処分施設付近までの長距離輸送を最も好ましいと考えられる海上輸送とすると、廃棄物を荷揚げする港湾から近い沿岸部は、最終処分施設(地上施設の受け入れ施設)までの陸上輸送距離が短くなり、安全性の観点から好ましい。

(建設・操業の効率性等)

- 地下施設と陸域に設置する地上施設とを連結するアクセス坑道のレイアウトは、操業効率、建設コスト等に影響する。

事業の実現可能性の観点

(地質環境の評価のし易さ)

- 沿岸部のなだらかな地形部分において、地質環境が比較的単純で評価しやすい等、安全評価に必要な調査が容易となる好ましい場所を見いだすことが十分期待できる。
- 既存の調査文献・資料については、陸域と比較すると少ないが、海底の地形図や地質図が全国的に整備されている。

(地質環境の調査への制約)

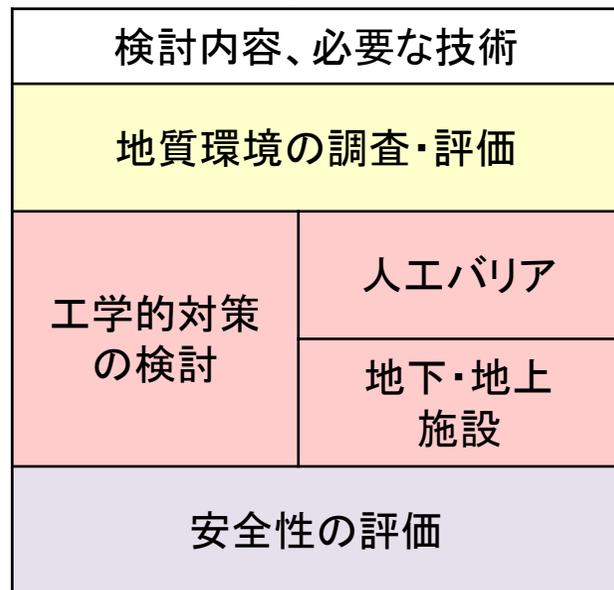
- 沿岸部の陸域は、一般的に土地利用が進んでいる場合が多いため、調査に要する土地利用の確保が容易ではない。
- 海底下は基本的に公有地であるため、土地利用に関する制約が小さい。
- 海底下の調査・開発時の関連法令として、海上交通安全法、港則法、港湾法等があり、管区の海上保安部や港湾管理者(都道府県、市町村等)に対する申請が必要である。

※ただし、一言に沿岸部といっても、沿岸部の陸域地下、沿岸海底下、島嶼部など様々な場所があり、それぞれの特徴に応じて、事業の実現可能性についても、相違があると考えられる。

沿岸部の特性に対応した技術

一般的な検討の流れ

候補の場所



地層処分場

沿岸部の地質環境特性およびその長期安定性

- 放射性物質の閉じ込め機能
 - ①化学場(降水系地下水、塩水系地下水の存在)、②水理場(小さい動水勾配)、③塩淡境界(化学場と水理場の変遷)、④海水準変動(化学場と水理場の変遷の主要因)
- 廃棄物の隔離機能
隆起・侵食

技術的対応可能性に係る検討項目

- 海水域を考慮した調査方法、水深に応じた調査方法
- 塩水系地下水、塩淡境界移動等を扱うモデルと解析技術
- 塩水環境下における性能の確認
- 比較的長いアクセス坑道および換気設備などの設計
- 湧水対策 ・ 津波対策
- 塩水系地下水、塩淡境界移動等を考慮した安全評価技術(シナリオ構築、モデル化・解析、データベース)

建設・操業時の安全性

- 地上施設と地下施設の平面位置の離隔
- 海水下の条件、津波の影響



2. 沿岸部の特徴と対応した技術

① 地質環境調査・評価技術

地質環境調査・評価技術(地質環境特性)

- 地層処分を行う上で好ましい地質環境特性に係る沿岸部における主な調査技術

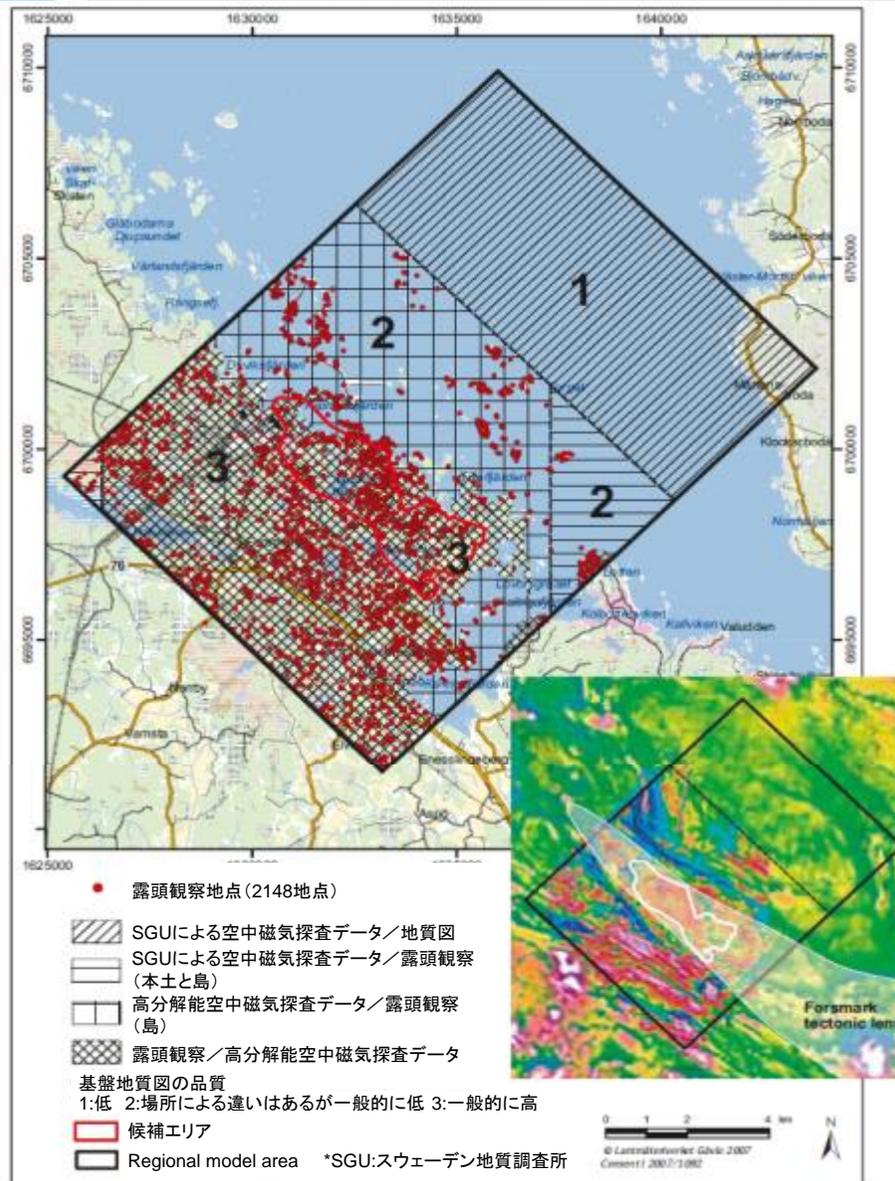
	地形調査	物理探査	海底堆積物調査	海底湧水調査	ボーリング調査	長期地下水モニタリング
地形	○					
地質・地質構造		○	○		○	
熱環境					○	
水理場				○	○	○
力学場					○	
化学場				○	○	○

○: 関連性あり

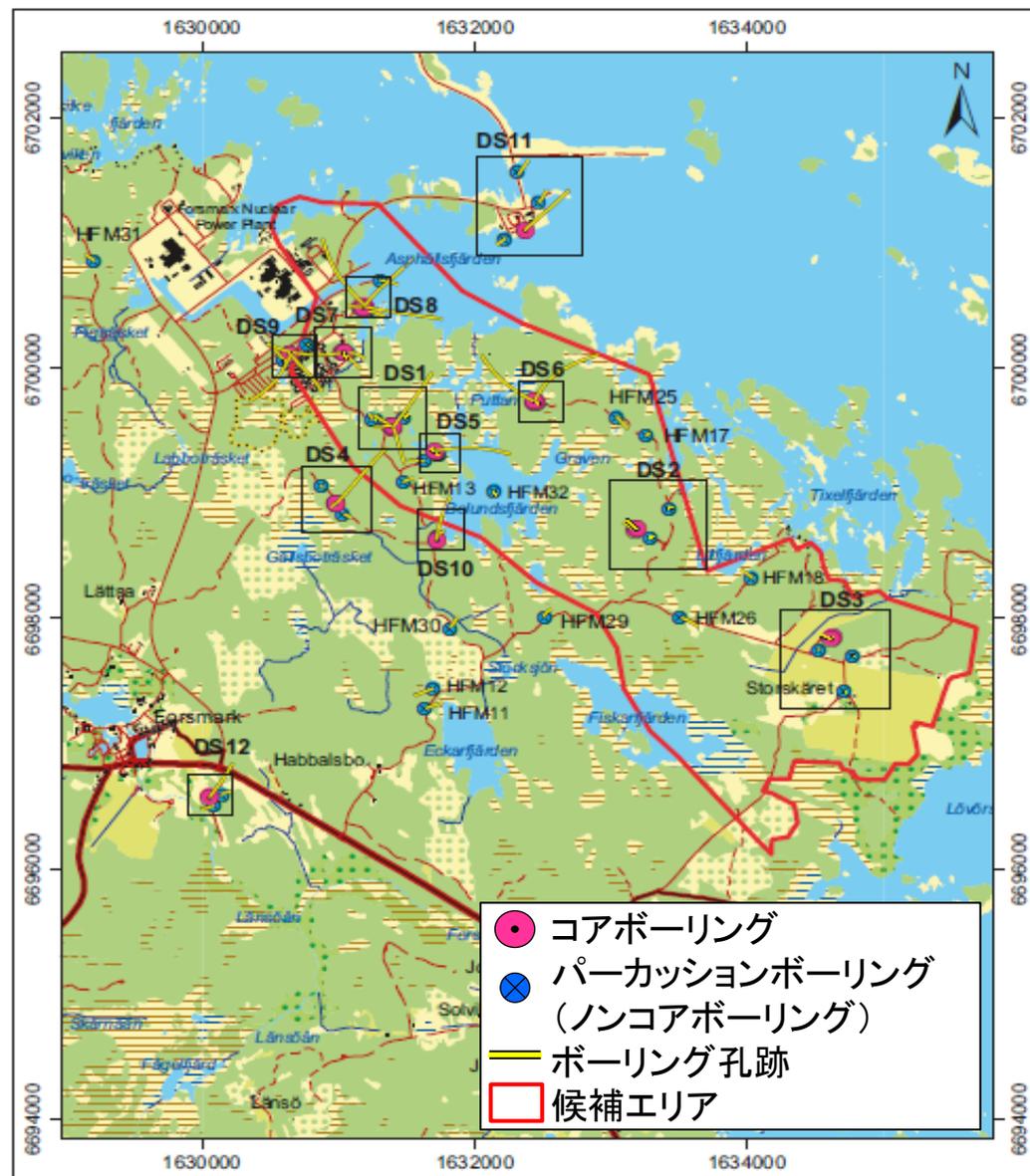
赤字: 沿岸部で着目する特性+調査により直接的にデータを取得する項目

沿岸部における地質環境調査事例

(スウェーデン フォルスマルクの使用済燃料処分場建設予定地)



露頭観察地点および空中物理探査範囲



ボーリング調査位置

① 文献調査

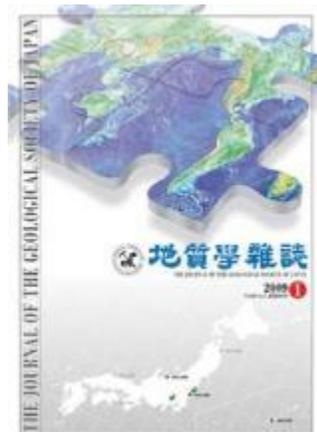
【地質図】



(CC) BY-ND

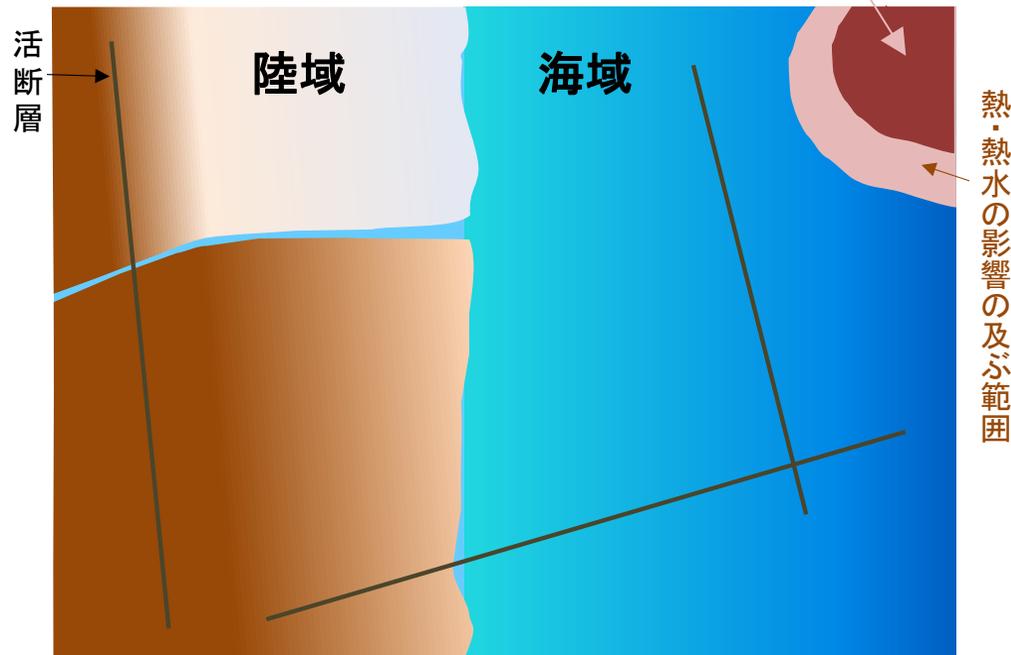
富士火山地質図
(産業技術総合研究所地質調査総合センター, 1968)
https://www.gsj.jp/Map/jpeg/misc/misc_12.jpg

【学術論文】



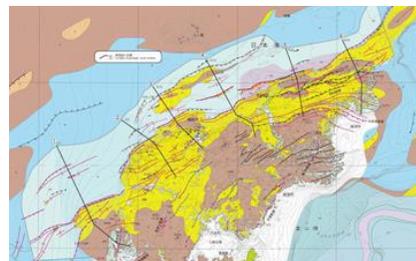
<http://www.geosociety.jp/publication/content0002.html>

第四紀火山から15kmの範囲

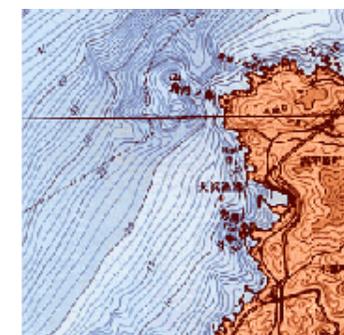


沿岸部の文献資料の例

- 概要調査地区としての適格性評価
- 地質環境特性およびその長期安定性の予察的評価(文献情報に空白域がある場合は、陸域と海域の情報から分布を推定)



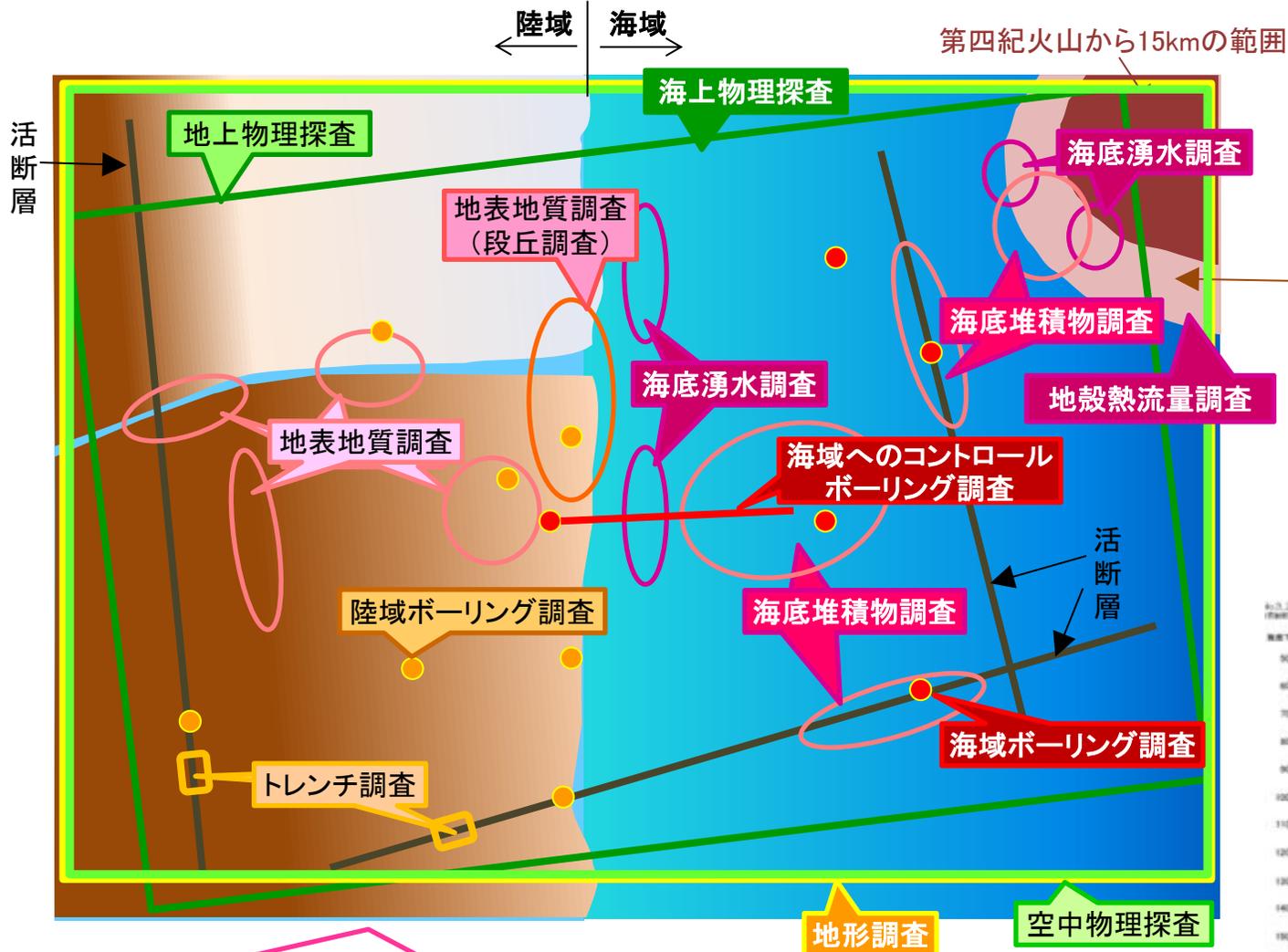
能登半島北部域20万分の1
海陸シームレス地質図
(<https://www.gsj.jp/researches/project/coastal-geology/results.html#results-01>)



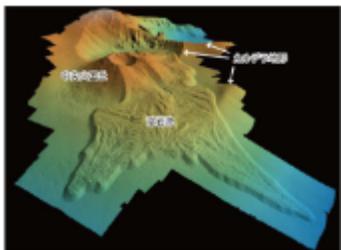
1m間隔の等深線の例

地質環境調査・評価技術(段階的な地質環境調査のイメージ 2/2)

② 概要調査～精密調査の地上からの調査

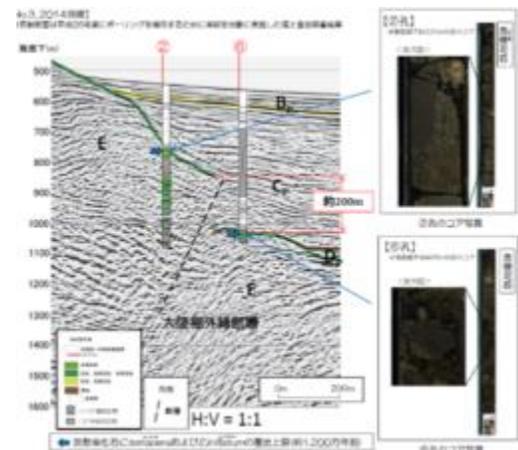


熱水活動に伴う泡の撮影 (巻ほか, 2008)



海底火山活動の溶岩流地形 (海上保安庁, 2016)

熱・熱水の影響の及ぶ範囲



音波探査およびボーリング調査結果に基づく断層の活動性調査 (東京電力/東北電力/日本原燃HPより)

- 文献調査における概要調査地区としての適格性評価結果の確認
- 広域的, 概略的な地質環境特性およびその長期安定性の把握(文献調査における予察的評価結果の確認)

地質環境調査・評価技術

基本的に資源探査・採掘、学術調査、地下構造物構築および国の基盤研究開発の分野で整備された既存技術を適用することによって、地質環境調査を実施することが可能であると考えられる。

- 沿岸部海域では、波浪・水深の影響により調査技術の適用性が異なる。
- 海域では、地表踏査のかわりに地形調査や底質サンプリングを含む海底堆積物調査を行う。
- 日本列島沿岸海域の既往調査実績を参照できる。調査実績がない場所も既存技術を用いて調査が可能である。

沿岸海域における主要な調査技術の適用性の比較

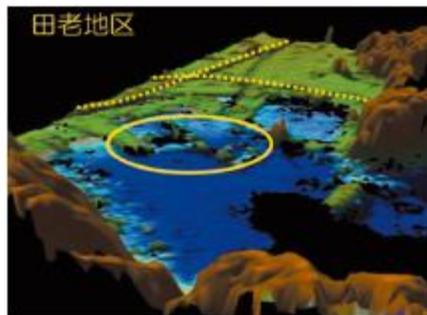
水深	地形調査	物理探査	海底堆積物調査	海底湧水調査	ボーリング調査	長期地下水モニタリング
内陸	◎	◎	◎	◎	◎	◎
0-5 m	◎	◎	◎	◎	◎*	○
5-30 m	◎	◎	◎	◎	◎*	○
30-100 m	◎	◎	◎	◎	◎*	○
100m-	◎	◎	◎	◎	◎*	○

◎: 適用事例が豊富, ○: 適用事例が少数

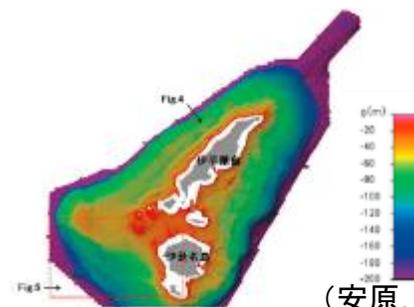
* ボーリング調査のうち孔内地下水サンプリングについては適用事例が少数

地質環境調査・評価技術(地形調査)

- 海底地形を調査する技術が整備されている。



(小野・柴田, 2012)



(安原, 2013)

航空レーザー測量による沿岸海底地形調査例

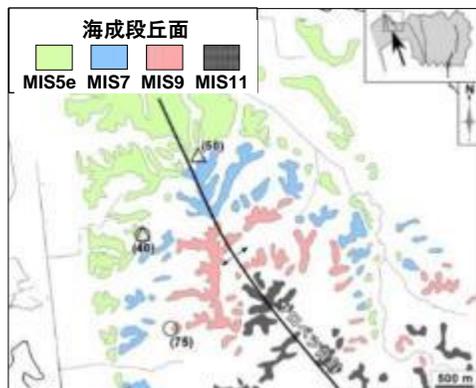
マルチビームによる海底地形調査例(水深20~200m)

- 海成段丘を用いた隆起速度・侵食速度の推定手法が開発されている。
⇒海成段丘は形成高度や初期形状が正確に推定できることから、離水年代が明らかにできれば、隆起・侵食速度を推定可能

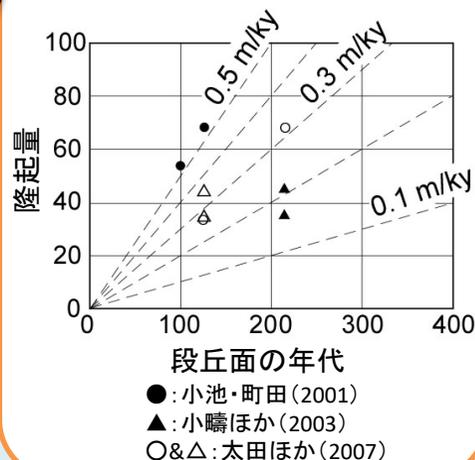
①隆起速度の推定

海成段丘を覆う風成堆積物の火山灰分析結果による離水年代の算定

空中写真判読による海成段丘の分布



隆起速度の推定



②侵食速度の推定

空中写真判読

1/2.5万地形図に段丘面と開析谷を図示

段丘原面の復元

段丘面上の水準点などを標高コントロールポイントとして等高線を作成

侵食量(開析谷の堆積)

段丘原面と現在の地表面(50m-DEM)との差

段丘面侵食速度

侵食量/段丘原面の面積/段丘面離水年代

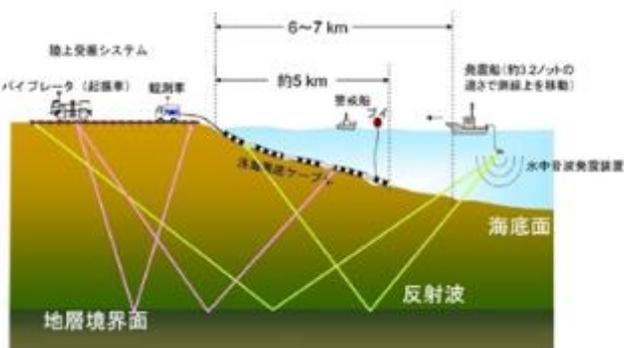
海成段丘面を用いた侵食速度の推定フロー
(藤原ほか, 2005を参考に作成)

段丘面の離水年代と海成段丘分布に基づく隆起速度の推定結果(太田ほか,2007)

*DEM: Digital Elevation Model(数値標高モデル)

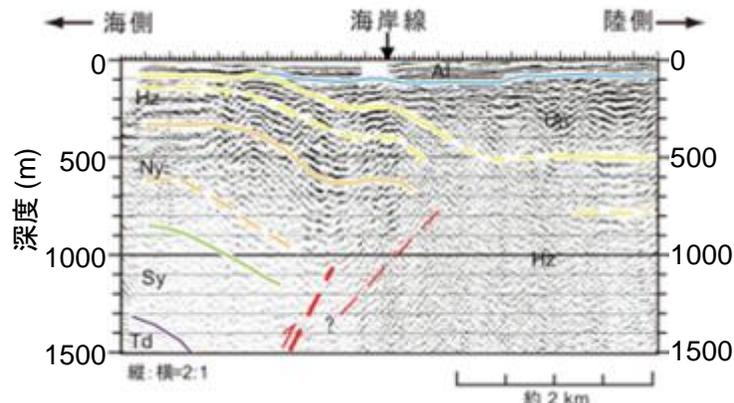
地質環境調査・評価技術（物理探査／海底堆積物調査）

- 海底下の地質・地質構造を調査する物理探査技術が整備されている。



海陸接合部の物理探査

（産業技術総合研究所 平成23年度海域地質環境調査技術高度化開発成果報告書）



海陸接合部の物理探査事例（水深0～30m）

（産業技術総合研究所：海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」, 2011）

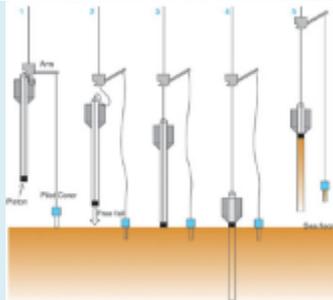
- 海底の堆積物を採取する調査技術が整備されている。



ドレッジ採泥器



ピストンコアラーによる海底堆積物の採取のイメージ



ピストンコアラー

（東京大学大気海洋研究所HPより）



グラブ採泥器

柱状採泥器

（離合社HPより）

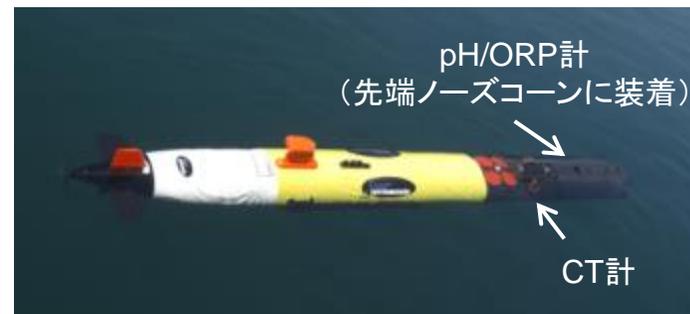
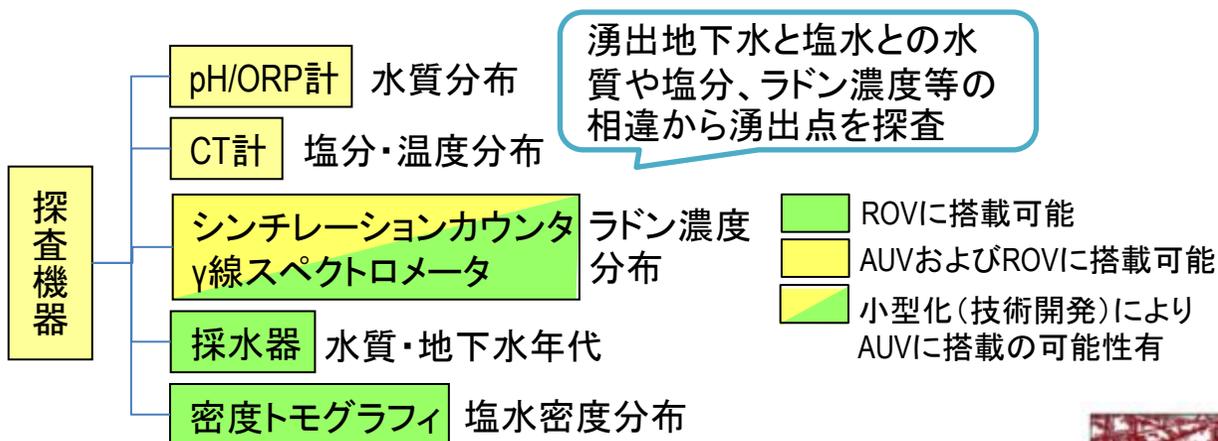


ドレッジによる海底堆積物の採取のイメージ

（JAMSTEC HPより）

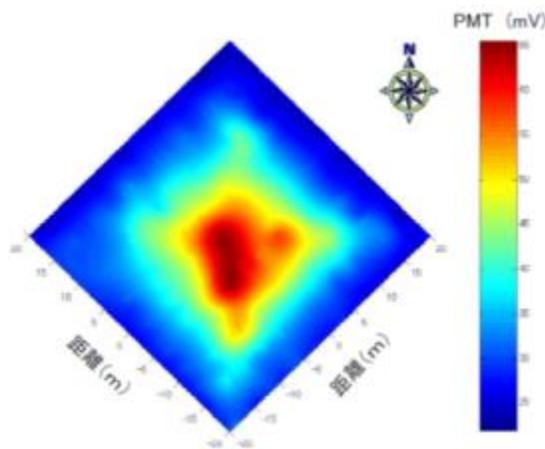
地質環境調査・評価技術(海底湧水調査)

■ 海底の地下水湧出箇所の探査に必要な海底湧水調査技術が整備されている。

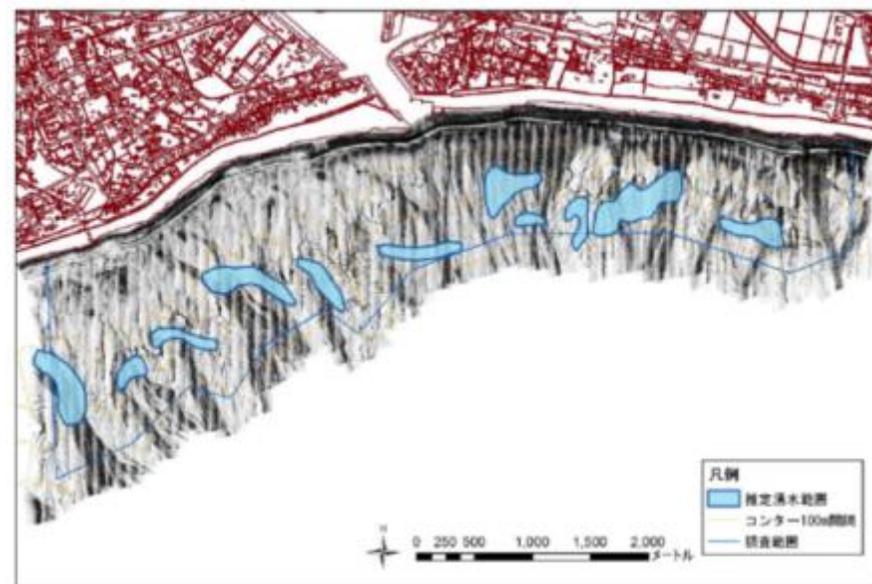


AUVへの水質センサの搭載事例 (宮川, 2008)

湧出地下水の探査方法と搭載プラットフォーム (金沢ほか, 2008)



海底温泉水湧出地帯でのマッピング計測結果 (下島, 2009)



海底湧水調査結果

(産業技術総合研究所 平成26年度海域地質環境調査確証技術開発成果報告書)

AUV: Autonomous Underwater Vehicle (自律型無人潜水機)、ROV: Remotely Operated Vehicle (遠隔操作無人探査機)

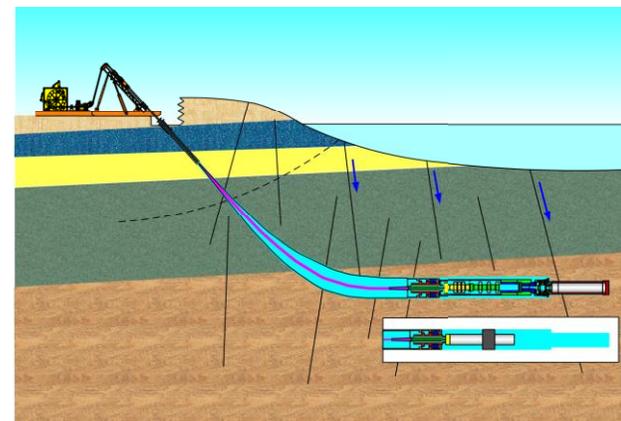
地質環境調査・評価技術(ボーリング掘削 1/2)

- ボーリング掘削技術は陸上で使用する掘削機器が適用できる。
- 掘削機器を搭載する足場・台船は、水深に応じて異なる。
- 陸から海底に向けて掘削することができるコントロールボーリングも開発中である。

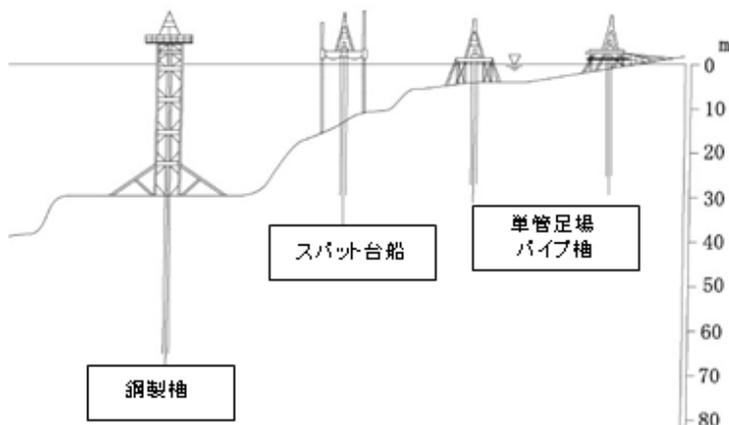
沿岸部における主要な調査技術の適用性の比較

水深	単管足場・パイプ檣	スパット台船	鋼製檣	ジャッキアップ	セミサブマーシブル	ドリルシップ
0 - 5 m	◎	◎	◎	—	—	—
5 - 30 m	○	◎	◎	◎	—	—
30 - 100 m	—	○	◎	◎	◎	○
100m -	—	—	○	○	◎	◎

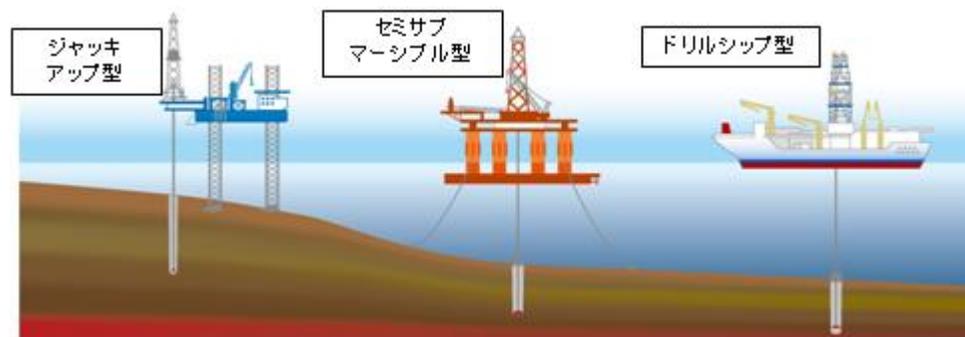
◎: 適用事例が豊富, ○: 適用事例が少数



コントロールボーリングによる掘削概念 (木方ほか, 2009)



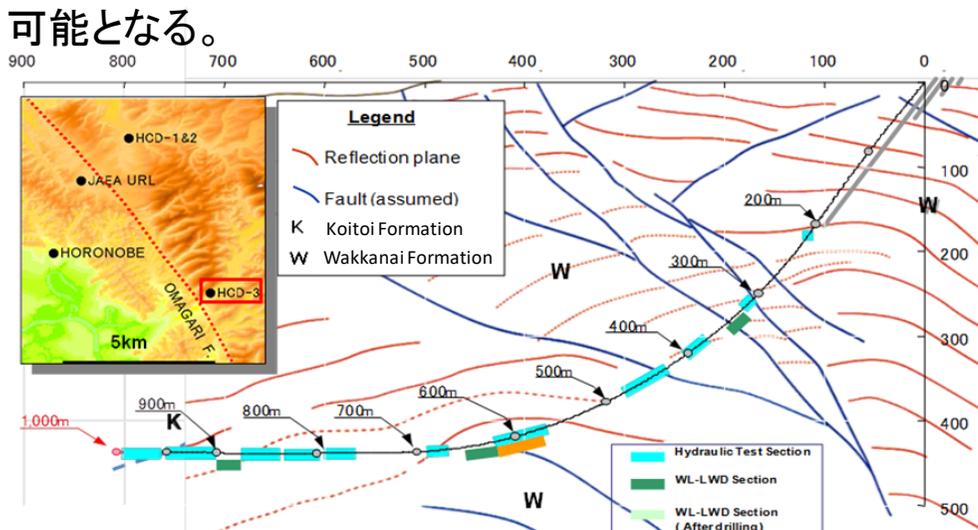
ボーリング調査に使用する足場・台船類 (全国地質調査業協会 全国標準積算資料に加筆)



ボーリング調査に使用する足場・台船類 (日本海洋掘削株式会社HPより)

地質環境調査・評価技術(ボーリング掘削 2/2)

- コントロールボーリング調査技術では、コアを採取しながら方向性を制御することにより、従来の鉛直掘削に比べて効率的で広範な適用ができ、陸域から海域への掘削、精密調査の調査坑道の先進掘削などが可能となる。

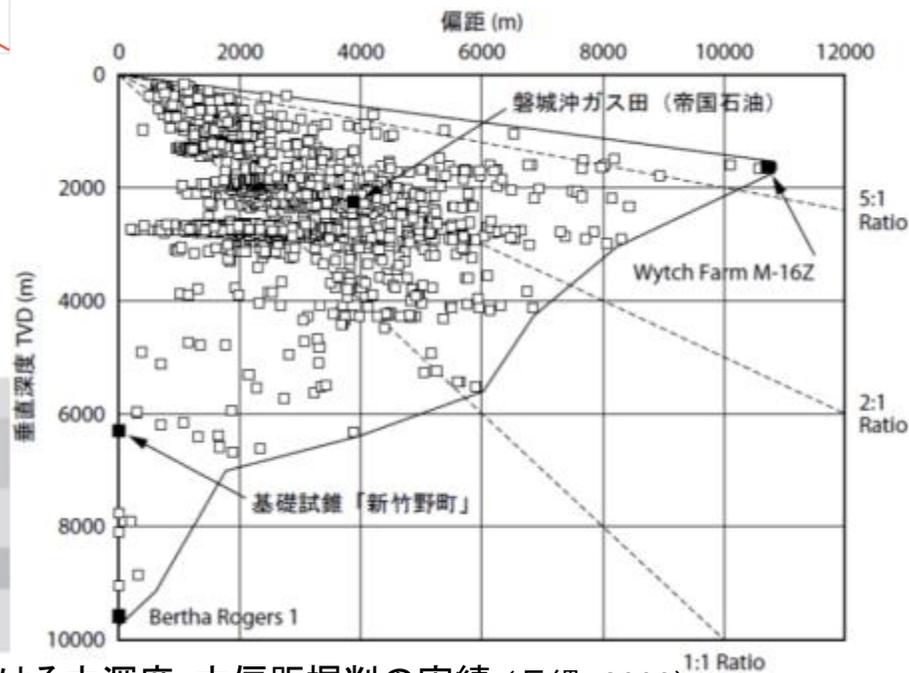
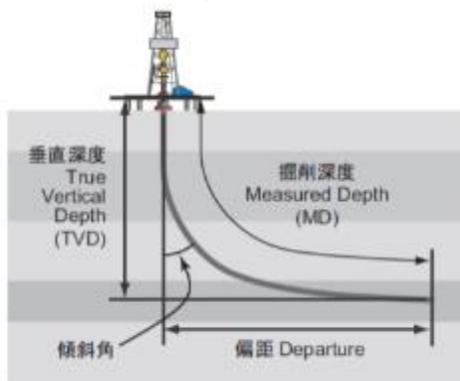


上幌延地区でのコントロール掘削の実績
(Kihō et al., 2015)

■ 適用範囲と実績

- 開発した装置の能力は①孔長2000m、②深さ500m (耐水圧)、③最大曲率3°/30mである。
- 幌延町の上幌延サイトにおいて①孔長1000m、②深さ400m、③孔口傾斜35°、④曲率3°/30m、⑤孔長740mから傾斜0°(水平)で大曲断層を掘削した実績を有する。

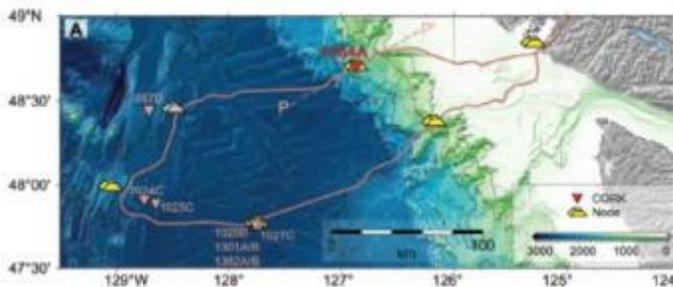
- 石油分野においては数1,000mの水平方向の長さ(偏距)を有するコントロールボーリング掘削の実績がある。(長縄, 2006)



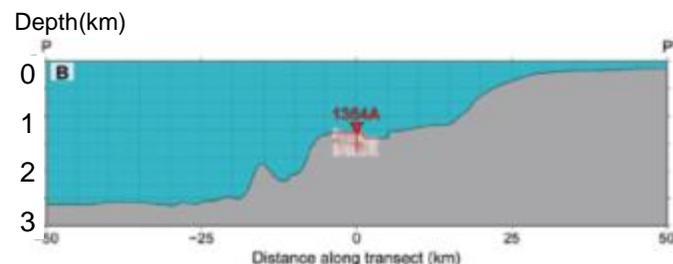
石油の開発探鉱における大深度・大偏距掘削の実績 (長縄, 2006)

地質環境調査・評価技術(長期地下水モニタリング)

■ 調査事例は少ないものの、海底ボーリング孔を利用した長期モニタリング技術が開発されている。



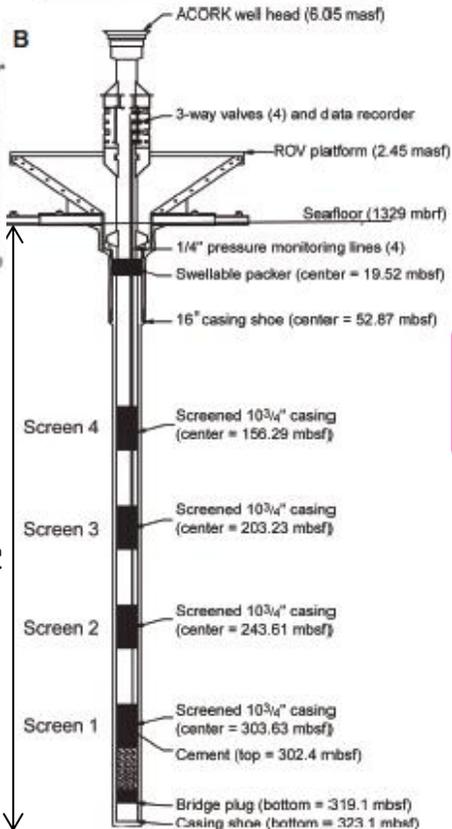
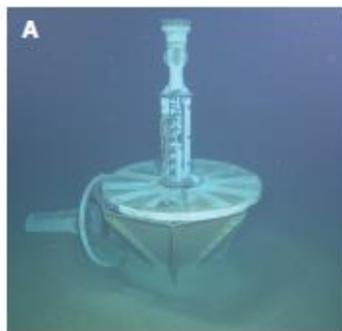
モニタリング装置設置位置(平面図)



モニタリング装置設置位置(鉛直断面)

水深約1300mにおけるモニタリング装置の設置例
(Davis et al., 2011)

海洋資源分野(ガスハイドレート)で開発された圧力モニタリング技術



地震計、傾斜計、歪計、温度計などの各種センサーにより構成



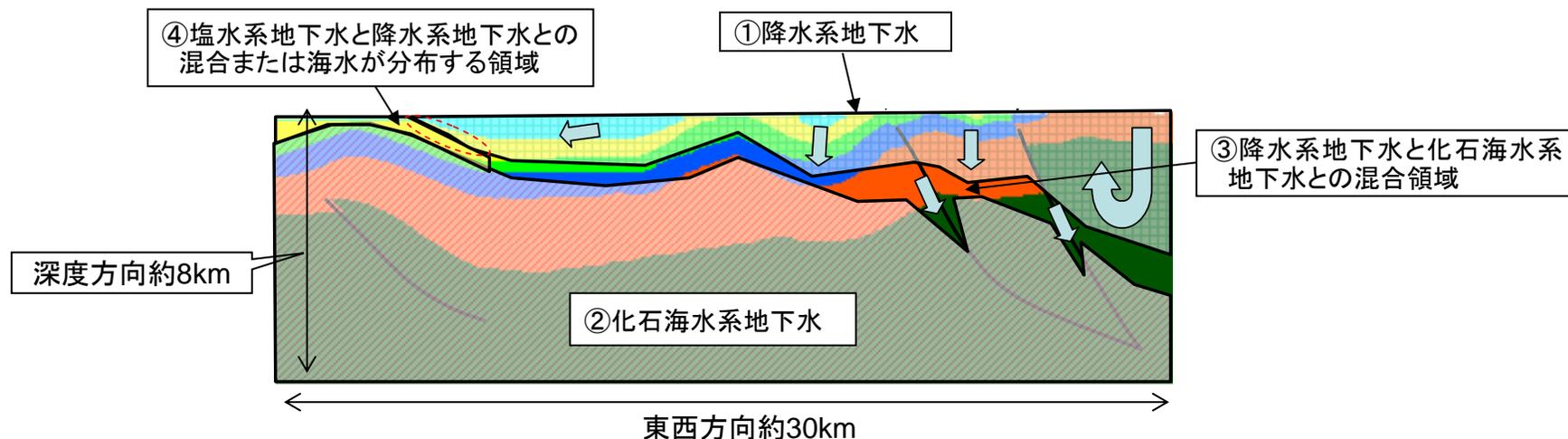
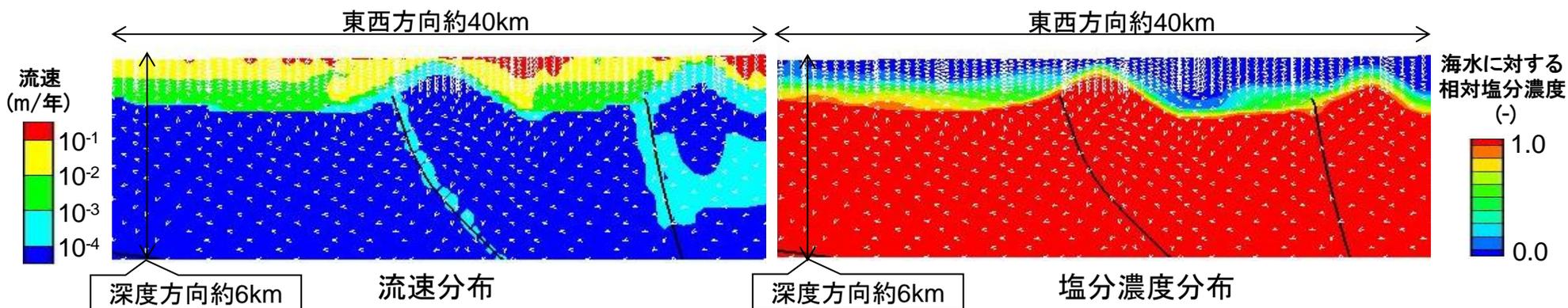
海底・海底下リアルタイムモニタリング例 (JAMSTEC提供)



地震動・地殻変動の複合計測システム

地質環境調査・評価技術(地質環境モデル)

- 降水系地下水と海水系地下水が混在する沿岸部の地質環境の特徴を扱えるモデル化手法・解析技術が整備されている。



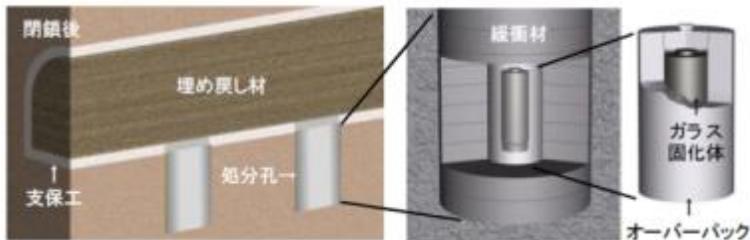
実測値に基づき構築した地球化学特性に関する概念モデル



2. 沿岸部の特徴と対応した技術

② 工学的対策技術

工学的対策技術(人工バリア)



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)

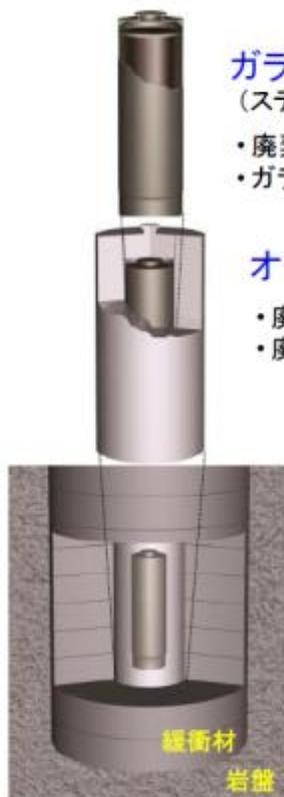
- ・廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止
- ・ガラスマトリクスによる溶出の抑制

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



高レベル放射性廃棄物処分場の人工バリアの構成と安全機能

高レベル放射性廃棄物に対するオーバーパックの設計要件

設計要件	内容	設計項目
耐食性	埋設後の所定の期間、腐食によって廃棄体と地下水の接触を防止する安全機能が損なわれないこと	材料、厚さ、蓋接合部
構造健全性	操業中および埋設後の所定の期間に作用する荷重によって廃棄体と地下水の接触を防止する安全機能が損なわれないこと	材料、厚さ、形状、蓋接合部、把持部
耐食性に対する放射線影響の抑制	水の放射線分解によって生成される酸化性化学種により腐食が著しく促進されないこと	材料、厚さ
製作性	既存の技術もしくは近い将来実現可能と考えられる技術により製作可能な構造および材料であること	材料、形状
遠隔封入性	既存の技術もしくは近い将来実現可能と考えられる技術により、ガラス固化体を遠隔封入可能な構造および材料であること	材料、内空寸法、蓋接合部の形状
遠隔定置性	既存の技術もしくは近い将来実現可能と考えられる技術により、オーバーパックを遠隔定置可能な構造であること	形状、把持部

高レベル放射性廃棄物に対する緩衝材の設計要件

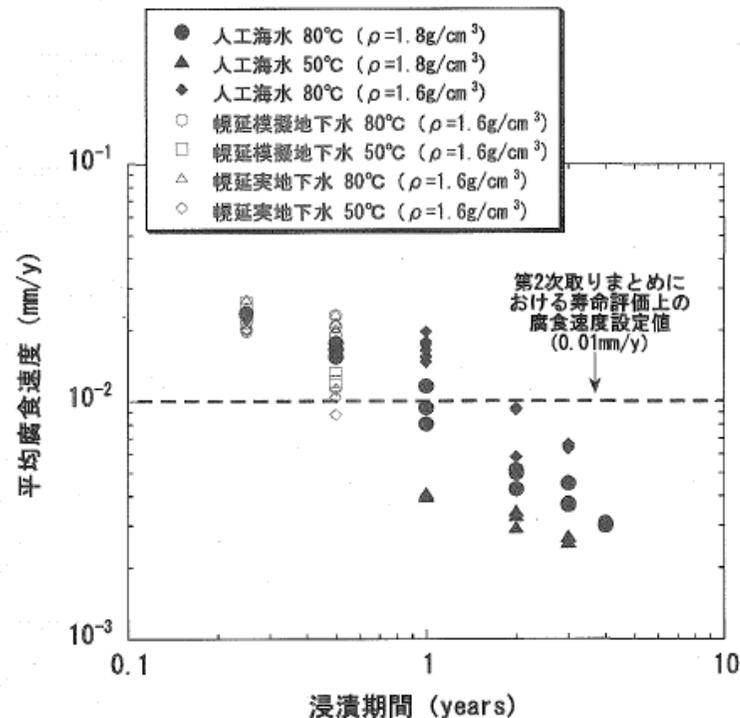
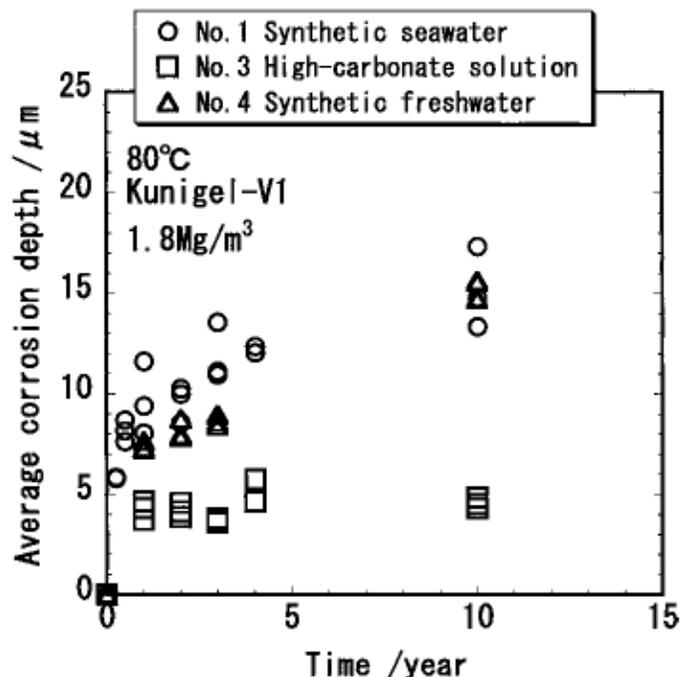
設計要件	内容	設計項目
低透水性	緩衝材中の地下水の流れを抑制し、放射性物質の移行を遅延すること	材料、有効粘土密度
コロイドろ過能	放射性物質がコロイドとして移行することを防止すること	材料、有効粘土密度
自己シール性	オーバーパックや岩盤との隙間など、施工時にできる隙間を充填可能な膨潤性を有すること	材料、有効粘土密度、厚さ
自己修復性	ガス発生による亀裂が生じたとしても閉塞できること	材料、有効粘土密度
製作施工性	既存の技術もしくは近い将来実現可能と考えられる技術に基づき製作施工が可能であること	材料、有効粘土密度
微生物影響の防止	オーバーパックの腐食に影響を与える緩衝材中の微生物活動を抑制すること	材料、有効粘土密度
物理的緩衝性	オーバーパックの腐食膨張による力学的な影響を緩和して、オーバーパックを保護するように物理的な緩衝性を有すること	材料、有効粘土密度、厚さ

(NUMO(2018) 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—レビュー版より)

工学的対策技術(人工バリア/オーバーパック 1/2)

海水環境下のオーバーパックの腐食速度は、第2次取りまとめの設定値より十分に低い。

- 第2次取りまとめで寿命評価上設定された腐食速度は十分保守的である。
(標準的な組成の海水および特定の海水系地下水(幌延)での腐食試験データより)



圧縮ベントナイト中での炭素鋼の腐食に及ぼす溶液条件の影響
No.1:人工海水, No.3: 高炭酸塩溶液, No.4:人工淡水
(谷口ほか, 2010)

人工海水と幌延海水系地下水条件(海水の1/2程度の塩分濃度)における炭素鋼の平均腐食速度の比較
(谷口ほか, 2006)

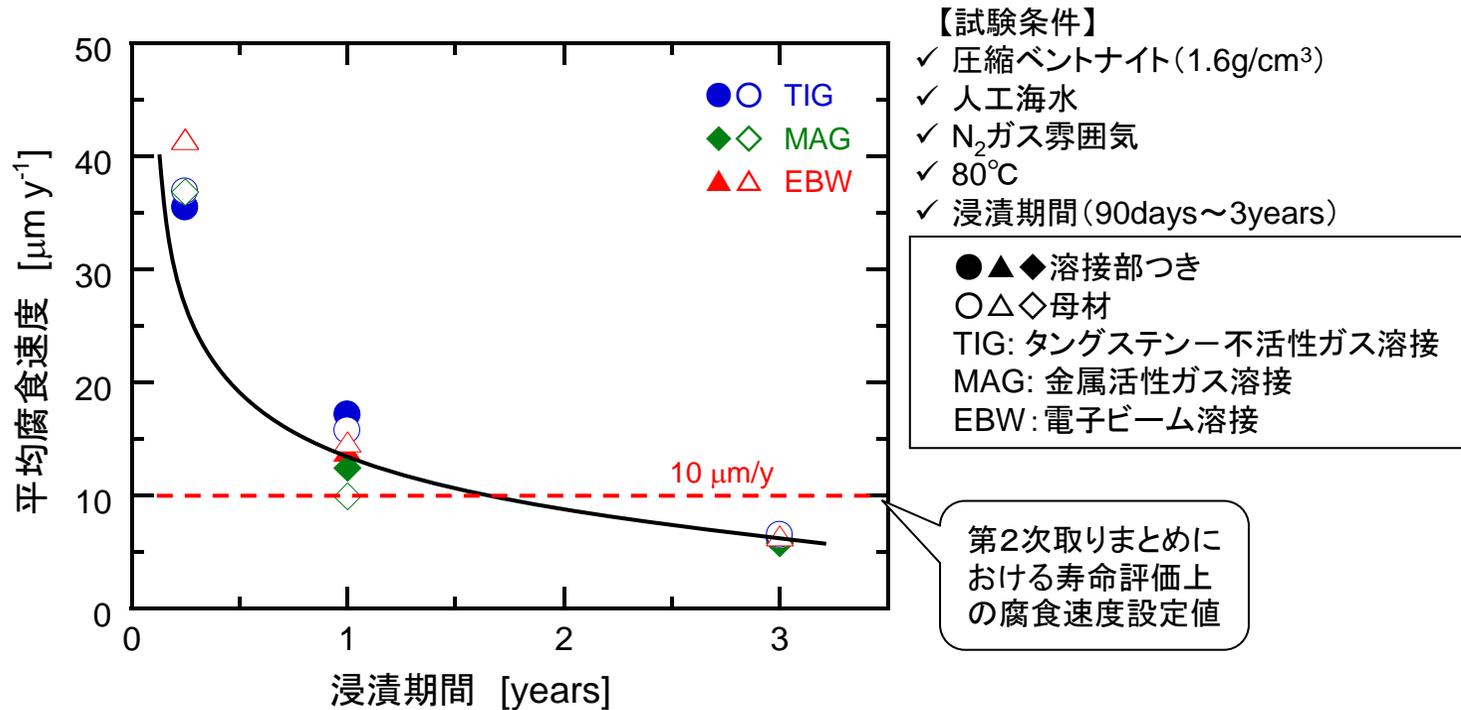
人工淡水(2.5mM-NaCl + 2.5mM-NaHCO₃)と人工海水(ASTM規格準拠)で腐食挙動に大きな違いはない。
10年間の腐食量: 13~17μm(平均腐食速度: 1.3-1.7μm/y)

- 人工海水と幌延地下水環境とでは、腐食挙動に大きな違いは認められない(約0.5年まで)。
- 長期的には第2次取りまとめでの設定を十分下回る見通し。
- 皮膜形成により長期的には腐食速度が低減すると考えられる。

工学的対策技術(人工バリア/オーバーパック 2/2)

海水環境下におけるオーバーパック溶接部の腐食速度(還元環境下)は母材と同等である。

- 溶接部の腐食速度は母材と同等であり、第2次取りまとめで寿命評価上設定された腐食速度の値より下回っている。(標準的な組成の海水での腐食試験データより)



還元性雰囲気における炭素鋼母材、溶接部の平均腐食速度の経時変化

(原子力環境整備促進・資金管理センター 平成20年度処分システム工学要素技術高度化開発報告書 (第1分冊)―遠隔操作技術高度化開発―より)

工学的対策技術(人工バリア/緩衝材 1/2)

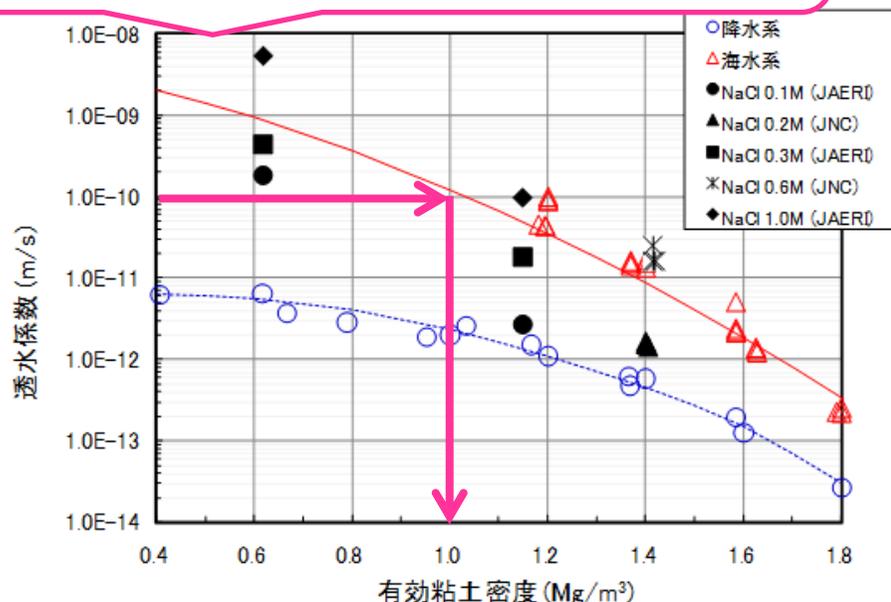
海水環境による透水性や膨潤力の低下を考慮しても、緩衝材の有効粘土密度(※1)を高めることで性能を確保した設計が可能である。

- ベントナイトの有効粘土密度を調整することにより、低透水性を確保することが可能である(※2)。
- ベントナイトの有効粘土密度を調整することにより、緩衝材と岩盤および緩衝材とオーバーパックスの隙間を閉塞することが可能である。

※2 透水係数が変化しても、沿岸部の低い動水勾配との組合せにより所定の機能を確保することも考えられる。

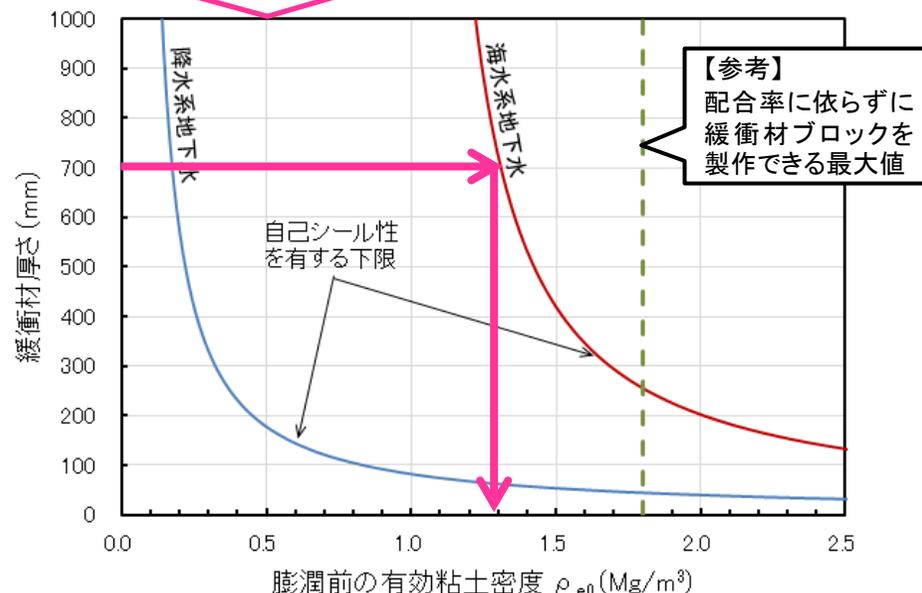
海水系地下水の場合、透水係数を $1 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ (※3)以下にするための有効粘土密度の下限値は約 1.0 Mg/m^3

※3 動水勾配を0.05、実効拡散係数を $1.0 \times 10^{-10} (\text{m}^2/\text{s})$ とした場合に拡散場(ペクレ数 < 0.1)になるための透水係数



ベントナイトの有効粘土密度と透水係数の関係
におよぼす塩分濃度の影響(菊池ほか, 2003)

海水系地下水および緩衝材厚さが700mmの場合、有効粘土密度の下限値は約 1.3 Mg/m^3



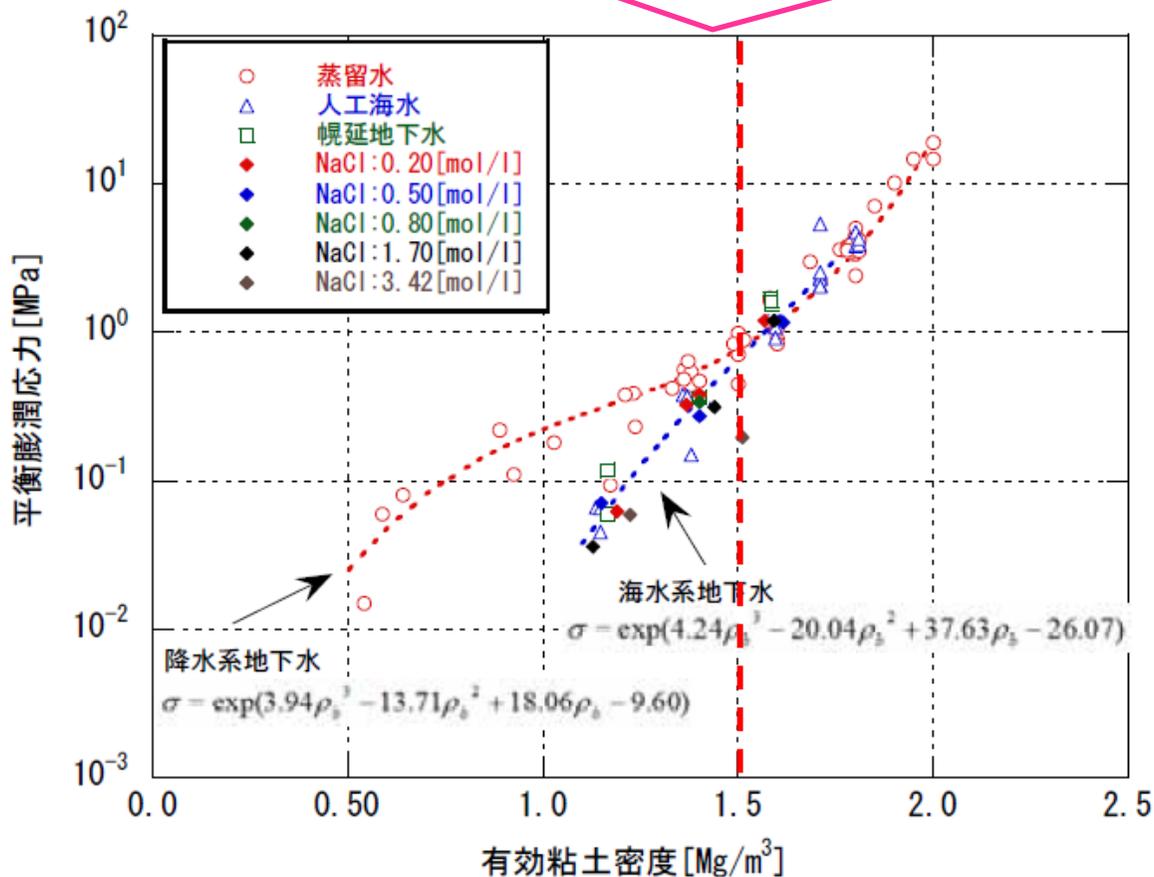
自己シール性を確保するために必要な有効粘土密度と緩衝材厚さの関係(緩衝材と岩盤の隙間を40mm、オーバーパックスとの隙間を20mmとした場合)

※1 有効粘土密度は、砂の体積を除いてベントナイトの乾燥密度を計算した値であり、乾燥密度やベントナイトの配合率にかかわらず、単位体積あたりのベントナイト量を統一的に評価できる指標

工学的対策技術(人工バリア/緩衝材 2/2)

- ベントナイトの有効粘土密度が 1.5Mg/m^3 以上になると、降水系地下水と海水系地下水の膨潤特性に違いがなくなる。

有効粘土密度が 1.5Mg/m^3 以上の場合は、降水系地下水と海水系地下水での平衡膨潤応力は同程度である



有効粘土密度と平衡膨潤応力の関係

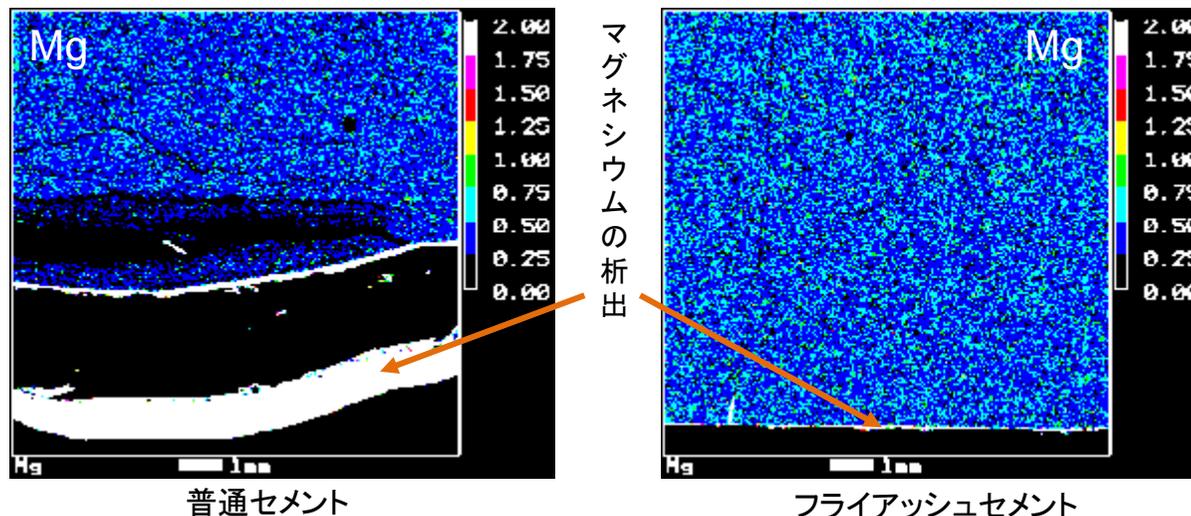
(菊池・棚井, 2005)

工学的対策技術(人工バリア/セメント系材料* 1/2)

* 地層処分低レベル放射性廃棄物処分場で使用

セメント系材料の海水環境下での変質による強度の低下の程度が明らかになっているとともに、その対策方法が整備されている。

- 海水成分によるセメント系材料の機能への影響
 - マグネシウム塩、硫酸塩等の析出等に起因する膨張・剥離等による強度および核種移行遅延機能の低下が考えられる。
 - 密実なセメント系材料(フライアッシュセメント等の混合セメントなど)の使用により、膨張・剥離等を抑制できる見通しがある。



人工海水に10ヶ月浸漬したセメントブロックの劣化状態
普通セメントでは剥離等が見られるものの、混合セメントでは劣化が進行していない

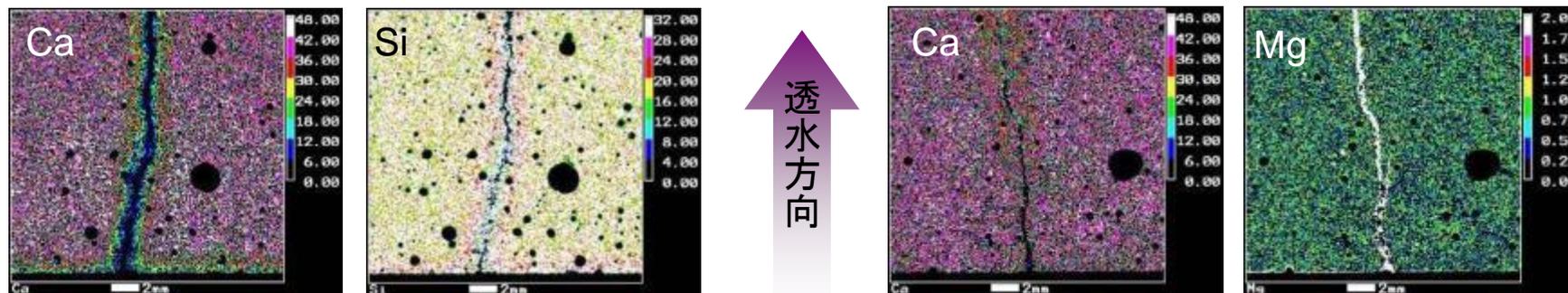
(原子力環境整備促進・資金管理センター 平成18年度地層処分技術調査等事業 TRU廃棄物関連処分技術調査
—人工バリア長期性能確認試験— 報告書より)

工学的対策技術(人工バリア/セメント系材料 2/2)

セメント系材料のひび割れの発生およびその影響に関する知見と沿岸部での考慮事項が整理されている。

- 建設・作業時に生じるひび割れは、沿岸部特有の事象ではない。また、セメント系材料の種類・配合および、施設の設計、施工方法によってその発生を抑制することができる。
- 閉鎖後長期的には、鉄筋の腐食や塩類の析出等によるひび割れの発生が考えられるが、これらは密実なセメント系材料を用いることで抑制できる(前ページ参照)。
- 密実なセメント系材料においてひび割れが生じた場合においても、塩類の析出によるひび割れの閉塞が起こるため核種移行特性への影響は顕著とならないものと考えられる。(※)。

(※) 移行特性が変化しても、沿岸部の低い動水勾配との組合せにより所定の機能を確保することも考えられる。



淡水: Caの溶脱とともに、Siを含む鉱物の沈殿によりひび割れはゆっくりと閉塞

海水: Mgを含む鉱物の沈殿によりひび割れは速やかに閉塞

ひび割れを有するセメント試験体の浸漬試験後の観察結果

(原子力環境整備促進・資金管理センター 平成18年度地層処分技術調査等事業 TRU廃棄物関連処分技術調査
—人工バリア長期性能確認試験— 報告書より)

工学的対策技術(地下施設の設計・建設)

アクセス延長が長くなるほど設計上の対応が増えるが、青函トンネルなどの実績から対応可能であると考えられる。

- アクセス坑道が長くなると、
 - 坑道掘削に時間を要し、建設工程が増大
 - 換気・排水設備の能力増強が必要

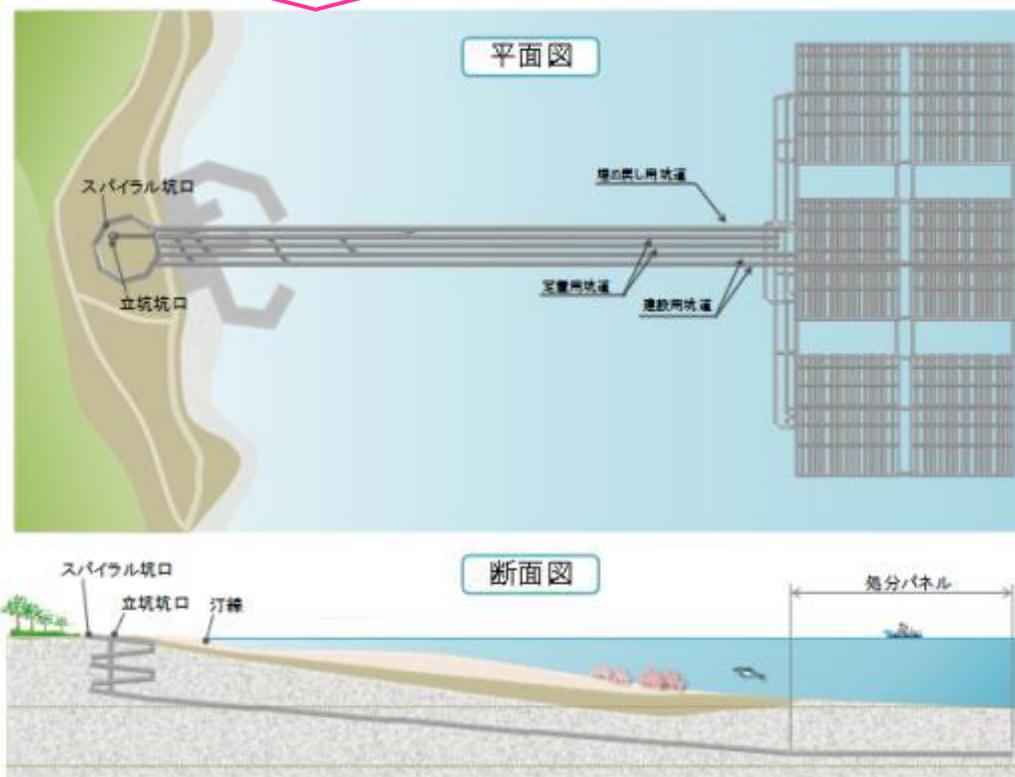


換気ファン

(株)流機エンジニアリング:総合カタログ V14.13.10 p.10).

- 海底下に長大トンネルを建設した実績
 - ✓ 青函トンネル:海底下100m、坑道延長23.3km(海底部)
 - ✓ 海底炭鉱:釧路、松島、高島、三池、宇部など海底下数百m以上の深度に数百kmの坑道掘削の実績。現在稼働中の釧路の炭鉱(釧路コールマイン株式会社)は海底下約250m、坑道延長約180km

これまでの標準的な検討例では、深度1,000mの地下施設へのアクセス坑道の延長は、斜度10%で10km、7%で14kmである。この程度までであれば、追加的な工学的対応は特段必要ないと考えられる。



離岸距離が大きい場合のアクセス坑道を含む処分場レイアウト例
(NUMO (2011)の図6.5.1-6の一部)

沿岸海底下の場合も地質環境特性を踏まえて、多重化した湧水対策が可能である。

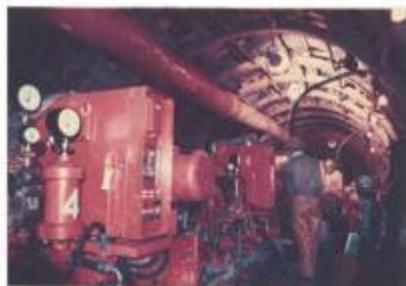
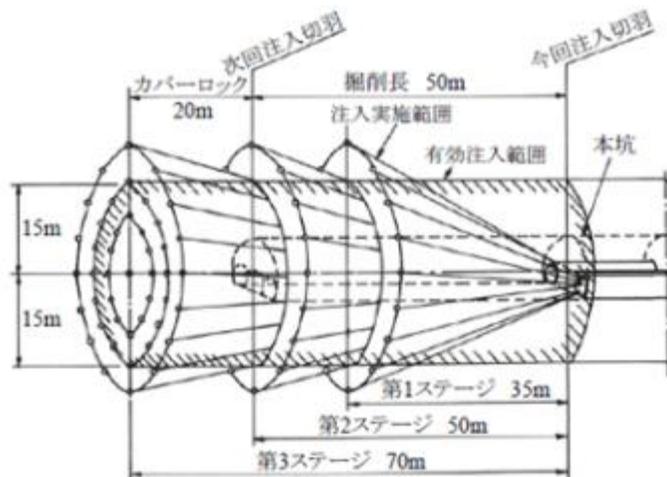
■ 湧水への対策技術は整備されている。

● 想定湧水量への対策

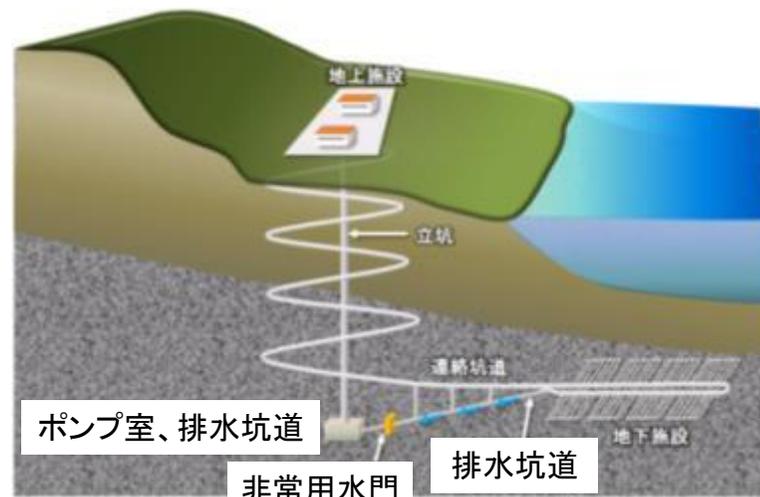
- ① 顕著な湧水が想定される岩体は候補母岩の選定により回避するか、グラウトなどで止水対策を講じる。
- ② 次に、通常湧水量を想定し、自然流下によりアクセス坑底の排水槽に集水する。排水槽に集水した湧水は高揚程ポンプなどで地上に排水する。
- ③ 排水槽は避難に必要な時間を確保するのに十分な湧水量の貯水を可能なものとする。
- ④ ポンプは点検、修理ならびに異常湧水時を考えて、裕度を持った予備台数を設置しておくとともに、万一の電源喪失に備えて非常用電源系統を確保する。

● 大規模な突発的な湧水を想定した対策

- ✓ 非常用水門を閉じて排水坑道全体を貯水槽として利用する。



青函トンネルにおけるグラウト施工(左:改良範囲、右:施工の様子)
(秋田, 2011)



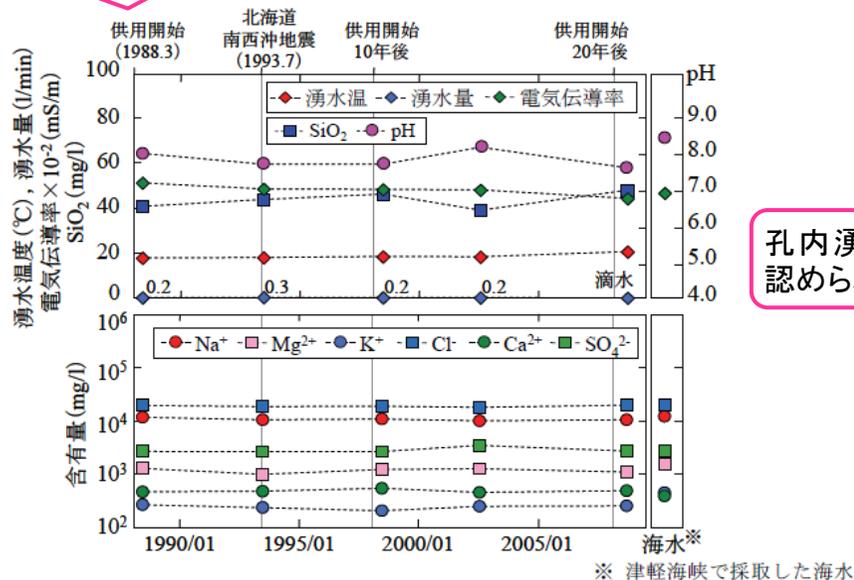
排水坑道、排水槽、ポンプ室の模式図
(NUMO(2011)の図6.4.4-3)

グラウトによる湧水抑制対策技術が整備されている。

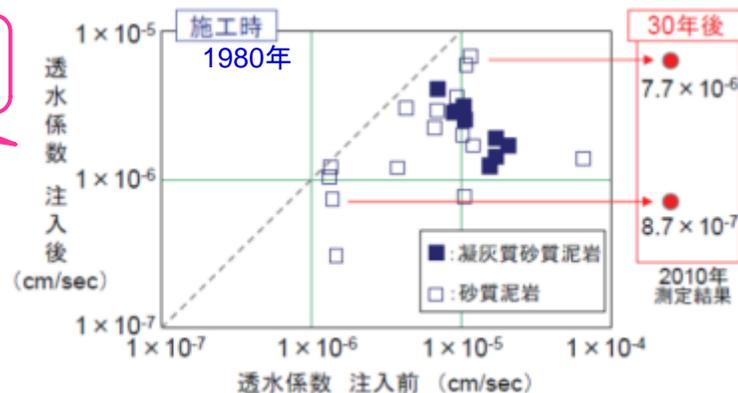
- 低アルカリ性セメントを含むセメント系の材料を用いたグラウトによる湧水抑制対策(アクセス坑道・連絡坑道を対象と想定)は内陸部・沿岸部を問わずに適用が可能である。
- 海水条件下におけるセメント系材料(セメント水ガラス注入材)の耐久性能が実証されている(秋田, 2011)。
- 瑞浪や幌延の深地層の研究施設においても湧水抑制技術として適用され効果を発揮している。

グラウト注入域の透水性の顕著な変化は認められない。

坑内湧水は海水であり、グラウト注入材成分の顕著な溶脱は認められていない。

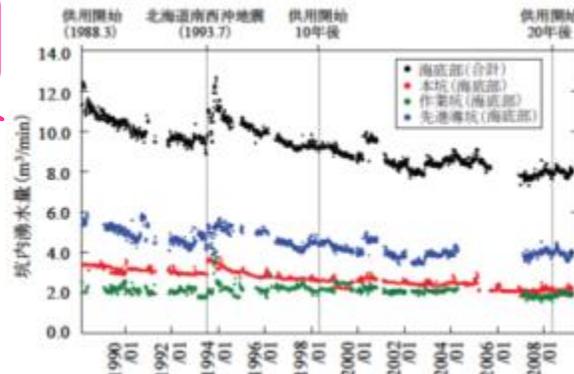


青函トンネルにおける坑内湧水化学分析結果



青函トンネルにおけるグラウト注入域の透水性の変化

坑内湧水量の増加は認められていない。



青函トンネル海底部における坑内湧水量の経年変化

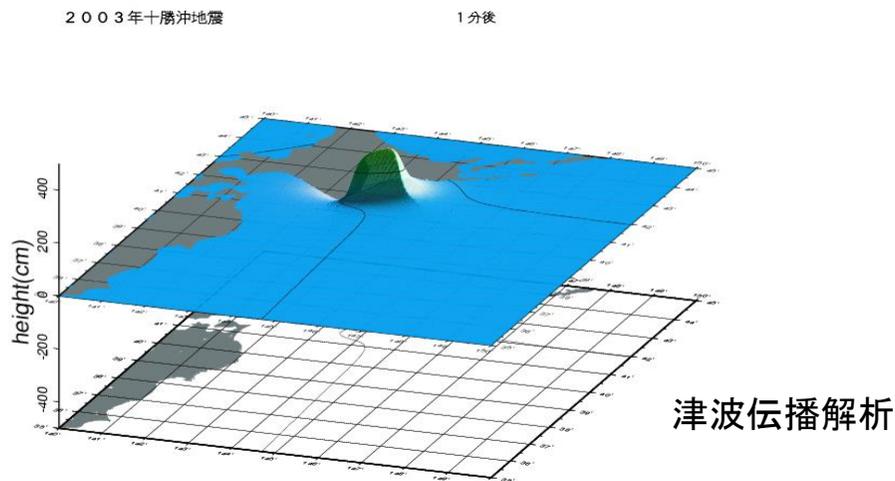
工学的対策技術(津波対策)

サイト毎に調査、解析・評価を実施する必要があるが、基本的には工学的に対応することが可能である。

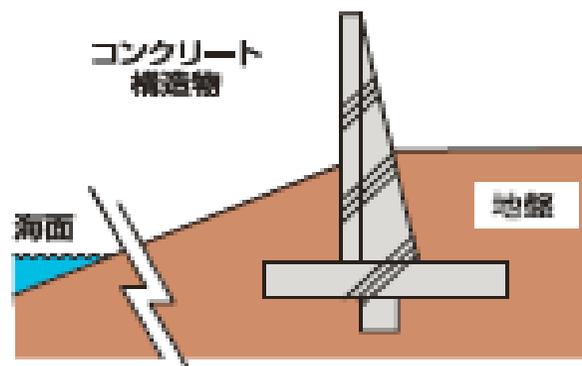
- 津波の影響の考え方として、敷地周辺の地震の特徴や敷地近傍の地形などを考慮する必要があることから、基本的に段階的調査においてサイト毎に検討する。

※類似施設(日本原燃(株)廃棄物管理施設)における規制(原子力規制委員会:廃棄物管理施設の位置、構造および設備の基準に関する規則)においても、個別サイト毎に判断することとされている。

- 具体的には、①敷地内に大きな影響を及ぼすおそれがある津波を周辺の地形等を考慮して設定し、②その津波に対して安全性が損なわれないために、施設の標高を高くしたり、防潮堤を設置するといった対策を講ずる。



防潮堤の設置



気象庁ウェブサイト 知識・解説>津波発生と伝播の仕組み
(<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/generation.html>)

原子力・エネルギー図面集2014 10-3-2
(電気事業連合会, 2014)



2. 沿岸部の特徴と対応した技術

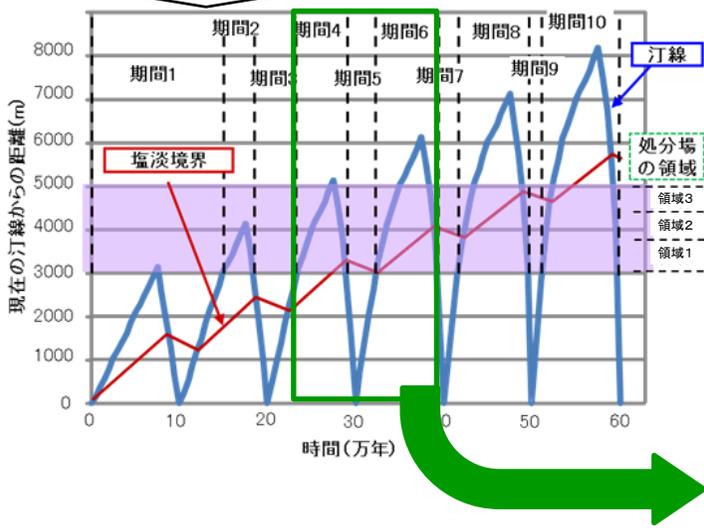
② 安全評価技術

安全評価技術(シナリオ)

沿岸部に適用できる安全評価シナリオ構築手法が開発されている。

- 気候・海水準変動および隆起・侵食に伴う地質環境特性の変化や地表環境の変遷を考慮した安全評価シナリオを構築する手法を整備している。

隆起速度(0.5mm/y)=侵食速度
母岩の透水性が低く、汀線の移動に塩淡境界が追従できないケース



		期間4	期間5	期間6
1 評価	熱的条件	深度減少により 10 万年間で 1.5°C 程度低下		
	水理条件	汀線よりも陸側、塩淡境界よりも海側にあり、海側に向かった遅い流れ	海底下で海退時には沖合に、海退時には陸側に微小な流動	汀線および塩淡境界よりも陸側にあり地形勾配による比較的速い流れ
	力学条件	10 万年間で地圧が数 MPa 程度低下		
2 評価	化学条件	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)	降水起源の地下水
	熱的条件	深度減少により 10 万年間で 1.5°C 程度低下		
	水理条件	汀線よりも陸側、塩淡境界よりも海側にあり、海側に向かった遅い流れ	海底下で海退時には沖合に、海退時には陸側に微小な流動	汀線よりも陸側、塩淡境界よりも海側にあり、海側に向かった遅い流れ
3 評価	力学条件	10 万年間で地圧が数 MPa 程度低下		
	化学条件	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)
	熱的条件	海底下にあるため侵食による深度減少は生じず温度は変化しない		
4 評価	水理条件	汀線よりも陸側、塩淡境界よりも海側にあり、海側に向かった遅い流れ	海底下で海退時には沖合に、海退時には陸側に微小な流動	汀線よりも陸側、塩淡境界よりも海側にあり、海側に向かった遅い流れ
	力学条件	海底下にあるため侵食による深度減少は生じず地圧は変化しない		
	化学条件	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)	海水起源の地下水水質 (高塩分濃度)

(矢印は、地下水の流向と大きさを表す)

気候・海水準変動および隆起・侵食に伴う地質環境特性の変化を考慮したシナリオ構築の例 (NUMO(2011)の図7.3.2-3, 表7.3.2-4)

安全評価技術(モデル化・解析 1/2)

沿岸部に適用できる核種移行解析手法を整備している。

■ 核種移行モデル化技術を高度化

① 前提条件の設定

② 処分場を通過した地下水の流出位置の変遷の推定

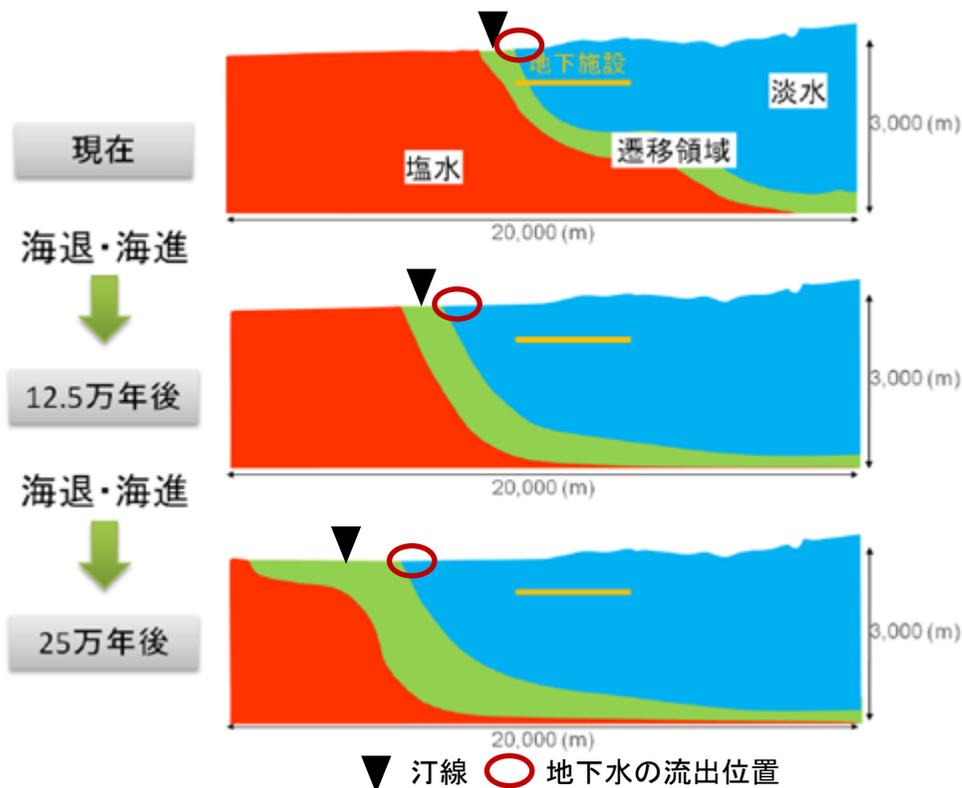
③ 不均質性及び地質環境の変遷を考慮した核種移行解析

④ 被ばく線量の算出

沿岸域の環境変遷に対応した核種移行解析の
手順の例

(NUMO(2011)の図7.3.3-1改訂)

- 密度流解析を考慮した広域地下水流動の把握
- 地下施設の深度及びパネルの配置
- 気候・海水準変動及び隆起・侵食による環境変遷の把握
- 地表環境の変遷



密度流解析による塩分濃度分布の時間変化の概念
(NUMO(2011)の参考図2-1に加筆)

安全評価技術(モデル化・解析 2/2)

① 前提条件の設定

② 処分場を通過した地下水の流出位置の変遷の推定

③ 不均質性及び地質環境の変遷を考慮した核種移行解析

④ 被ばく線量の算出

沿岸域の環境変遷に対応した核種移行解析
の手順の例
(NUMO(2011)の図7.3.3-1改訂)

- 三次元不均質場での地下水流動解析
- 三次元物質移動解析
- 核種移行解析

- 海水系条件や長期環境変遷を考慮した核種移行データセット
- 長期環境変遷も考慮した核種移行への影響評価技術

時間区分

	期間 1	期間 2	期間 3	期間 4	期間 5	期間 6	期間 7	期間 8	期間 9	期間 10
領域1	a	a	a	b	a	d	c	d	c	d
領域2	a	a	a	b	a	b	a	d	c	d
領域3	a	a	a	b	a	b	a	b	c	d

処分場の領域区分

- a. 海進および海退に従う海底下の塩水の流動
- b. 塩淡水境界の移動に伴う陸側の塩水の流動
- c. 海底下の淡水の対流による上方への流動
- d. 地形勾配による陸側の淡水の流動

処分場内の領域毎に、類型化した環境条件の変遷を考慮した核種移行解析を実施することにより、環境変遷に対応して核種移行率を算出

期間毎、領域内に含まれる廃棄体数に対して核種移行解析を実施し、これを加算することにより総被ばく線量を算出

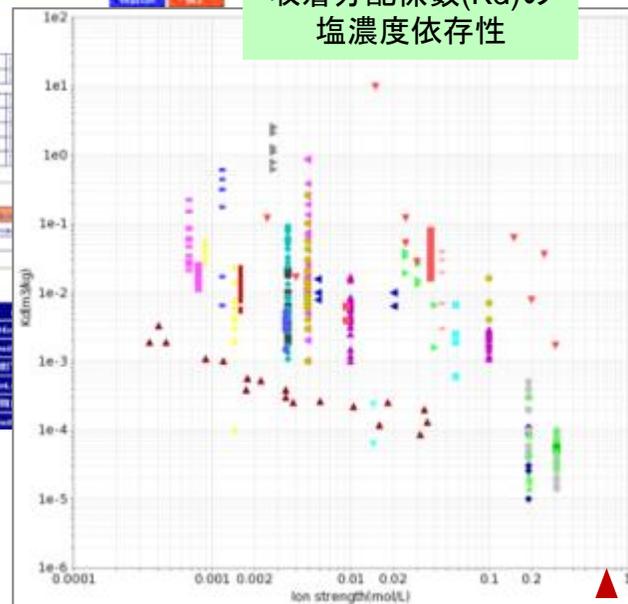
安全評価技術(データベース 1/2)

核種移行評価モデルに用いる様々なデータベース(DB;熱力学、収着、拡散、ガラスの溶解などに関する各DB)について海水条件における値も含めて開発・更新が進められている。

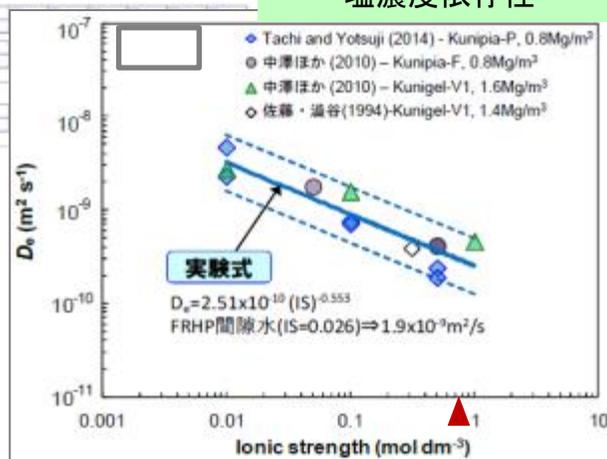
- 海水系を含む多様な環境条件の核種移行データ(核種溶解度やガラス溶解速度、人工・天然バリア中の収着、拡散)を取得
 - 国内外の関連データを収集・評価
- ↓
- 核種移行DBとして整備・公開するとともに、DBに基づく、現象論的モデルや安全評価パラメータ設定手法の構築も推進



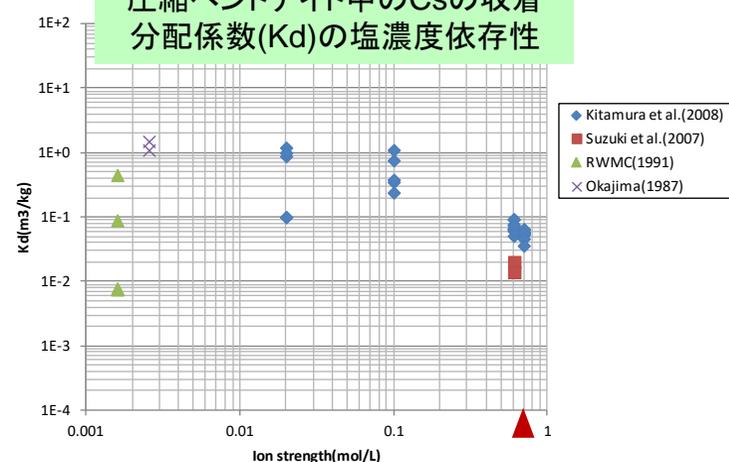
花崗岩に対するSrの収着分配係数(Kd)の塩濃度依存性



圧縮ベントナイト中のCsの実効拡散係数(D_e)の塩濃度依存性



圧縮ベントナイト中のCsの収着分配係数(Kd)の塩濃度依存性



DBの種類	データ数(※)
熱力学DB(平衡定数)	1,772件
収着分配係数DB	約 46,000件
拡散係数DB	約 2,000件
ガラス溶解DB(数値データ)	23,288件

(公開データベースの整備状況: 2015年3月時点)
※塩水系地下水に限定したデータ数ではない

▲ 海水系地下水のイオン強度

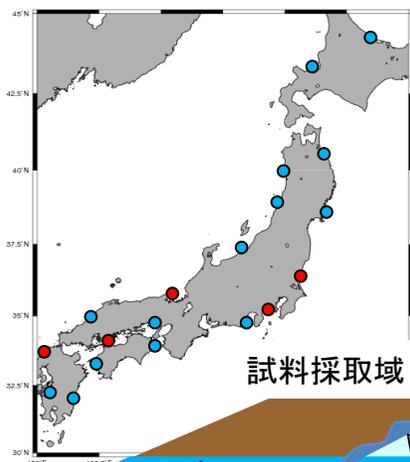
安全評価技術(データベース 2/2)

生活圏の核種移行評価モデルに用いるデータの整備(※)が進められている。

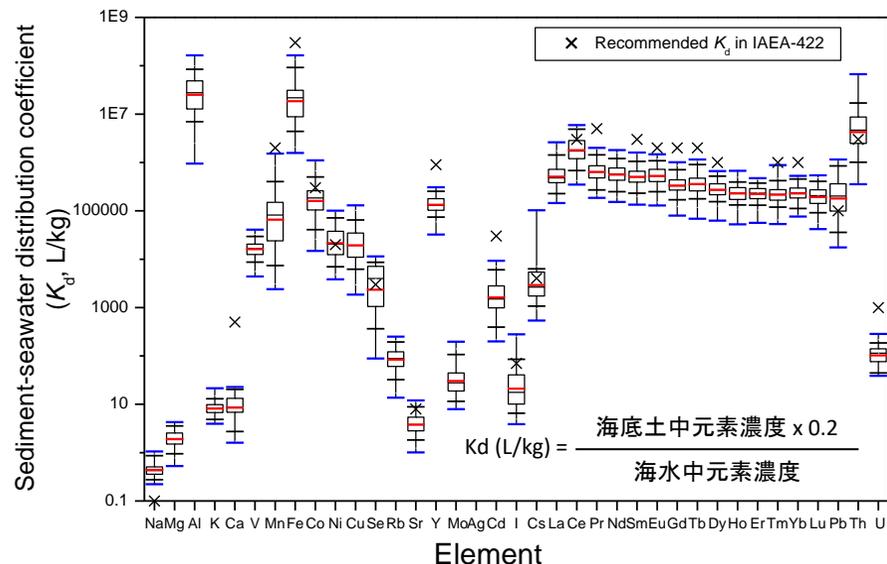
※沿岸堆積物-海水間分配係数データベース(沿岸Kd)

海水-沿岸生物濃縮係数データベース(沿岸CR)(魚類は含まず)

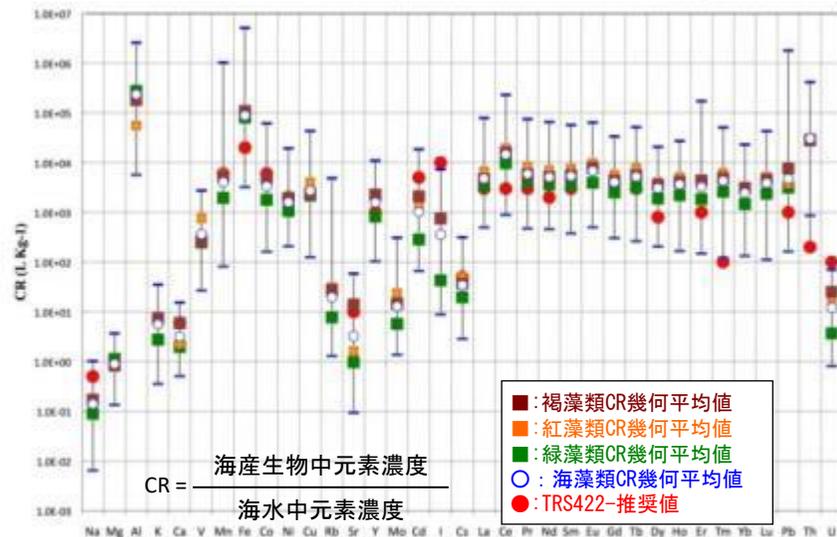
- 全国の一級河川のうち19河口域において、海水、海底土および海産生物(海藻、貝類、甲殻類)を採取
- 各試料の元素濃度を測定し、37元素について、海底土-海水分配係数(Kd, データ数:89)、および海産生物濃縮係数(CR, データ数:海藻63、貝類43、甲殻類24)を導出し、データベース化
- 塩分20-35‰において適応可



- これらのデータベースでは、堆積物や海水の物理化学的要素についても付随情報として提供可。
- 本データベースは沿岸部のみならず、内陸部も含めて広く用いることができる(例:内陸部における海産生物消費による内部被ばく線量評価)。
- 成果は論文および国際的なデータベース(IAEA TRS479、EU Erica tool)へ登録。



沿岸部におけるKd値およびIAEAのKd推奨値



沿岸部における海藻類CR値およびIAEAのCR推奨値



3. 科学的特性マップにおける沿岸部

科学的特性マップ



2. 要件・基準

● 好ましくない範囲の要件・基準

	要件	基準	参照先
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 ※火山中心の精査が必要なものについては処分地選定調査時に好ましくない範囲を明らかにする必要あり	別添①
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、破砕帯として断層長さ(活動セグメント長さ)の1/100程度(断層の両側合計)の幅を持たせた範囲 活断層に、破砕帯として断層長さ(起震断層長さ)の1/100程度(断層の両側合計)の幅を持たせた範囲	別添②
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	全国規模で体系的に整備された文献・データにおいて、将来10万年間で隆起と海水準低下による侵食量が300mを超える可能性が高いと考えられる地域(具体的には、海水準低下による最大150mの侵食量が考えられる沿岸部のうち、隆起速度最大区分(90m以上/10万年)のエリア)	別添③
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技術的信頼性一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	別添④
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 ³ (mol/L)以上を示す範囲 ※エリアで表現することが困難であり、処分地選定調査時に好ましくない範囲を明らかにする必要あり	別添⑤
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	別添⑥
火砕流等	稼働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	別添⑦
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、技術的に探査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が必要がある。) ※炭田については、鉱量が示されているか否かに留意が必要 ※金銀銅については、エリアで表現することが困難であり、処分地選定調査時に好ましくない範囲を明らかにする必要あり	別添⑧ 別添⑨ 別添⑩

● 好ましい範囲の要件・基準

	要件	基準	参照先
輸送	海岸からの距離が短いこと	沿岸から20km程度を目安とした範囲 ※標高1,500m以上の場所は除く	別添⑪

1. 要件(地層処分への影響)・基準

◆要件

海岸から距離が短いこと

◆基準

沿岸から20km程度を目安とした範囲(標高1,500m以上の場所は除く)

2. 背景

(前略)

- 数10年以上にわたる期間において、毎年相当量の放射性廃棄物の輸送が発生し、その期間を通じて放射性廃棄物の輸送の安全性に関わる規制基準を順守し、安全性を継続して確保する必要がある。

(後略)

3. 基準の設定理由

(前略)

- 海外返還ガラス固化体輸送実績を参考に想定した場合、検査、荷役、諸手続等の工程で約10時間程度かかることが想定される。実施主体が想定する輸送計画では、保守的に考えて実際の輸送時間は実質2時間以内に完了させるよう計画することが望ましいとしており、港湾(海岸)からの輸送は20km(10km/h×2時間)程度より短い範囲に抑えることが好ましいと考えられる。
- 港湾(海岸)からの距離が短い範囲としては、島嶼部を含む沿岸部が考えられる。
- このうち、港湾(海岸)からの距離が20km以内の地域であっても、輸送実績から約7.5%の勾配で20km進んでも到達できない標高1,500m以上の場所は除外する。

(後略)

(経済産業省資源エネルギー庁(2017)
「科学的特性マップ」の説明資料より抜粋)



4. まとめと今後の取り組み

沿岸部における地層処分に係るこれまでの調査研究実績

沿岸海底下を含む沿岸部は従来から研究の対象とされており、国内外においても関連する調査研究の実績がある。

- JNC(現JAEA)による第2次取りまとめ(～1999年)
 - ✓ 沿岸や海底下を含むわが国の地質環境を対象に地層処分の技術的信頼性を例示
- NUMOによる技術開発(2006年～2007年)
 - ✓ 第2次取りまとめ以降の知見も踏まえ、塩水環境や海底下といった沿岸域特有の地質環境が人工バリア、施設設計や建設・操業等に及ぼす影響を考慮した性能評価手法の整備及び設計・建設・操業技術の検討
- 関係研究機関による研究開発(2007年～2012年):「沿岸域プロジェクト」(笹本, 2014)など
 - ✓ 海域から陸域までを包含した地質環境を対象に、沿岸域特有の地質環境特性に関する知見を蓄積し、調査・評価技術の信頼性向上を図るとともに、それらの体系化を実施
- NUMO「地層処分事業の安全確保(2010年度版)」
 - ✓ これまでの国内の研究開発成果を整理
 - ✓ 沿岸海底下の処分場についても基本的に、調査、設計、安全評価に必要な技術が整備されていると整理
- 国の委託事業(2015～2018年)「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る技術開発事業沿岸部処分システム高度化開発」
 - ✓ 調査・評価技術、工学技術、安全評価技術の各分野における技術の高度化を実施
- NUMO「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」(2018年)
 - ✓ 第2次取りまとめ以降の技術開発成果を踏まえた技術基盤を統合し、日本の多様な地質環境において安全な地層処分を実現するための方法を提示
 - ✓ 沿岸部においても、これまで整備された地質環境調査技術、工学的対策技術、安全評価技術を適用することで処分場を構築できる見通しを提示

まとめ

- 沿岸部の地下環境における特性を把握するための調査・評価技術、化学場の人工バリア構成材料に対する影響、化学場・水理場の影響を考慮した安全評価手法について、必要な基本的な技術は概ね整備されていると考えられる。
 - 地質環境調査・評価技術
 - ✓ 陸域－海域間で文献情報の空白域がある場合においても、現地調査により空白域の地質図等を作成している事例がある。
 - ⇒ 陸域－海域間の空白域について、個別地域が決まった段階には文献情報に基づく推定や、概要調査以降の現場調査による確認・把握が可能と考えられる。
 - ✓ 海域においても、海底地形・地質情報・活断層等の調査、資源探査・採掘、トンネル建設等に係る調査等の調査に関する多くの事例がある。
 - ⇒ 海域での調査実績や内陸部の調査技術などを組み合わせれば、沿岸部における段階的な地質環境調査を実施することが可能と考えられる。
 - 工学的対策技術
 - ✓ 塩水の影響を考慮する必要があるが、人工バリア構成材料の性能は工学的対策を実施することで確保できると考えられる。
 - ✓ 地下施設の設計・建設については、アクセスのための坑道の延長が長くなるほど設計上の考慮すべき項目が増えるが、現有の技術で地下施設の設計・建設が可能であると考えられる。
 - 安全評価技術
 - ✓ 沿岸部に適用できる安全評価手法が開発されている。
- 信頼性向上のために取り組むべき課題も引き続き存在している。

今後の取り組み

■ 地質環境調査・評価技術

		課題	対応方法
天然 事象	火山・ 火成活動	●マグマ・深部流体等の有無を確認するための調査・評価技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸部を対象とした現地調査等により、物理探査手法の適用性を評価する(適用限界等の評価を含む)とともに、マグマ・深部流体の調査事例を提示する。
	地熱活動		
	火山性熱水・ 深部流体		
	隆起・侵食	●隆起・侵食に係る調査・評価技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 調査・評価技術の適用性を確認し(適用限界等の評価を含む)、調査・評価事例を蓄積する。 (局所的な堆積物や侵食地形を指標とした隆起・沈降調査・評価技術など)
		●メタンハイドレートの溶解に伴う海底地すべりを推定するための調査・評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> メタンハイドレートは、堆積岩(主に砂質層)中に埋蔵しており、主に大陸棚の外側の大陸斜面内水深約500m以深に分布している。したがって、地すべり発生域は沿岸海底下の地下施設設置範囲外であると考えられるため特段の対応は実施せず、当該分野での研究開発の動向を注視する。 地すべりの規模やその影響については他の発生要因のものも含めて別途検討する。
断層活動	●海陸境界付近の活断層分布を確認するための調査・評価技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 海陸境界における断層の分布や連続性に係る調査事例の収集・分析により、海底地形計測、音波探査、ボーリング調査、年代測定などのそれぞれの調査技術の適用性を評価する。 	

今後の取り組み

■ 地質環境調査・評価技術(つづき)

		課題	対応方法
地質環境特性	ボーリング調査	●沿岸部海域におけるボーリング調査技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸部海域におけるボーリング調査(孔口が海底にあるボーリング孔の掘削、海岸線陸側から沿岸海底下に向けて掘削する傾斜ボーリングまたはコントロールボーリング、およびそれらを用いた調査)や長期地下水モニタリング事例の収集・分析により、調査技術の適用性を評価する(適用限界等の評価を含む)。
	長期地下水モニタリング	●沿岸部海域における長期地下水モニタリング技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて現場調査を実施し、調査技術やモニタリング技術の適用性を評価する(適用限界等の評価を含む)とともに、事例を拡充する。
	調査・評価技術の体系化	●一連の調査・評価技術の体系化	<ul style="list-style-type: none"> 一連の調査・評価技術について、既存調査結果などを活用しつつ机上検討を行い、これまでに実施された地質環境調査・評価の体系的な整理結果に基づき、工学的対策や安全評価を組み合わせた包括的な調査・評価技術の体系的な整備を実施する。

今後の取り組み

■ 工学的対策技術

	課題	対応
オーバーパック	●種々の地下水(塩分濃度や溶存成分等が異なる地下水)条件下等における溶接部を含めた腐食速度に係るデータの拡充	●種々の地下水条件下で腐食試験を行うことにより、溶接部を含む腐食速度等のデータを拡充する。
緩衝材	●種々の地下水(塩分濃度や溶存成分等が異なる地下水)条件下等における緩衝材の各種特性に係るデータの拡充	●種々の地下水条件下での浸入・浸食および流出現象、浸潤挙動、膨潤圧、透水・せん断・圧密特性を把握するための室内試験を行うことにより、データを拡充する。 ●オーバーパック、緩衝材、セメント系材料の各個別要素に対する海水環境下での長期挙動評価モデル開発・データ取得等の成果を反映しつつ、鉄-ベントナイト-セメント系材料の相互作用や複合現象を考慮した評価手法を構築する。
セメント系材料	●種々の地下水(塩分濃度や溶存成分等が異なる地下水)条件下等におけるセメントの変質やひび割れの閉塞挙動に係るデータの拡充	●種々の地下水条件下でのバッチ式浸漬実験や通水実験を行うことにより、データを拡充する。 ●拡充したデータを活用してこれまで開発してきた長期的変質挙動評価モデルの適用性を確認するとともに、必要に応じたモデルの改良を行う。

今後の取り組み

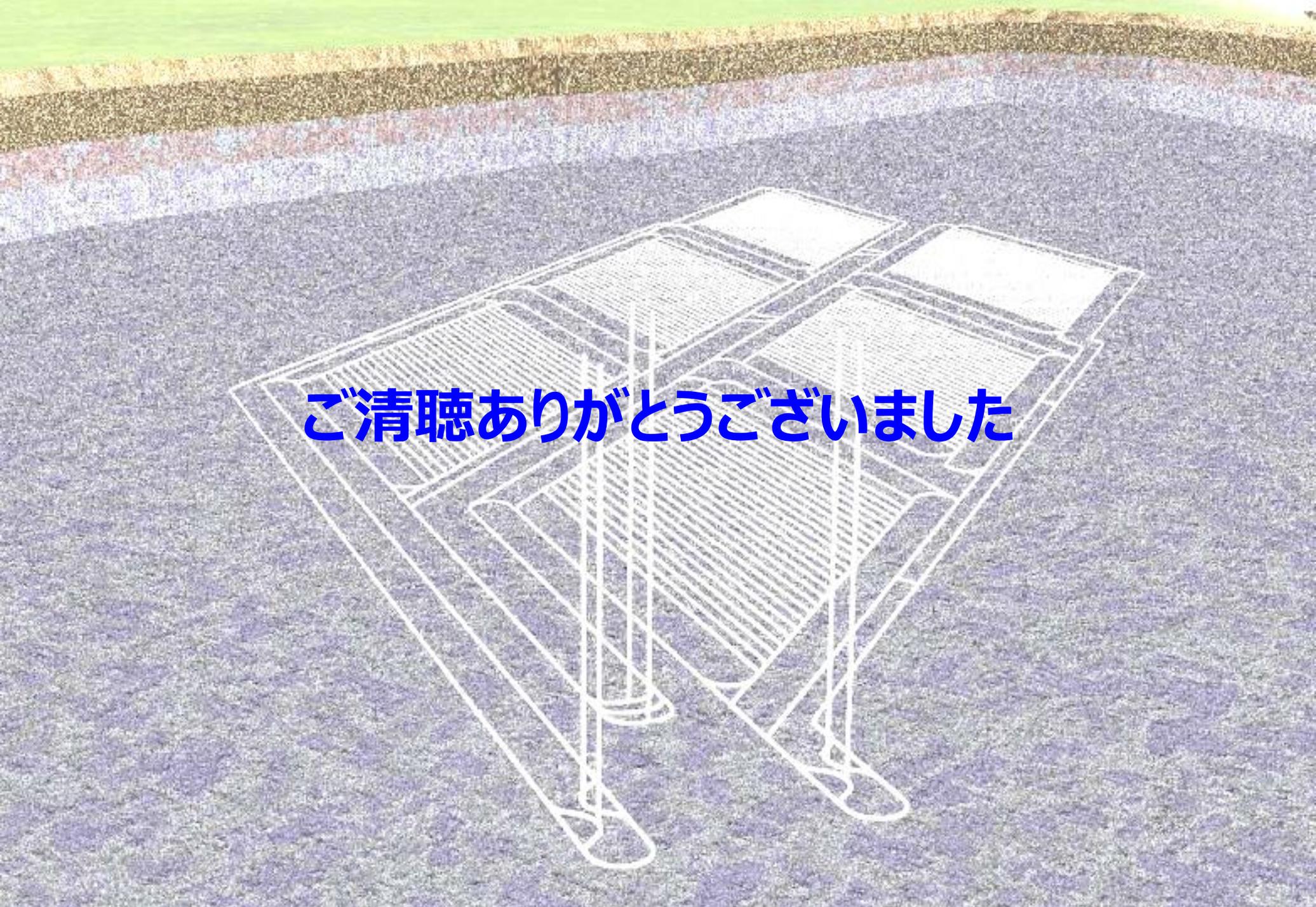
■ 工学的対策技術(つづき)

	課題	対応
ニアフィールド領域 構成材料	●種々の地質環境条件下における各種データの拡充に伴う現象モデルの高度化	<ul style="list-style-type: none"> 種々の地下水条件下での緩衝材の力学挙動に係るデータを取得、取得したデータを活用してTHMC連成解析モデルの力学的現象に関するモデルの高度化を行う。 各構成要素に対する海水環境下での長期挙動評価モデル開発・データ取得等の成果を反映しつつ、鉄-ベントナイト-セメント系材料の相互作用や複合現象を考慮した評価手法を構築する。
	●沿岸海底下の特性を考慮した処分概念およびそれに必要な総合的評価手法の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 地下施設の配置、人工バリアの仕様と構成の組み合わせによる処分概念を検討し、その成立条件を確認する。 ニアフィールド領域構成材料の相互関係を考慮した試験条件下における室内試験により、人工バリア構成材料の各種特性や挙動に係るデータを拡充する。 拡充したデータに基づき、以下を考慮可能なニアフィールドシステムの総合的評価手法を構築する。
地上・地下施設の 設計・建設	●島嶼部や沿岸海底下に設置する場合など、様々なケースを想定した地上・地下施設の総合的な設計や安全確保策の検討	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸部の特徴を類型化した上で、制約条件を整理し、それを考慮した地下施設の総合的な設計を行う。 島嶼部における地上施設の概略設計を行い、陸域の場合と比べた際の共通点や相違点の明確化、およびコストインパクトの整理を行う。
	●塩水条件化での溶液型グラウトの適用性評価	<ul style="list-style-type: none"> 海水系地下水条件に対する溶液型グラウトの設計・施工・長期影響に関するデータを室内試験により取得し、適用性を評価する。

今後の取り組み

■ 安全評価技術

	課題	対応
シナリオ開発	●沿岸海底下を対象としたシナリオ作成に係る検討による既存技術の適用性確認および事例の拡充	・沿岸海底下における塩水環境下や塩淡境界の変移域における水理場および化学場(地下水組成、有機物・微生物等)と、その変遷を考慮したシナリオを検討する。
モデル開発	●既存モデル化技術および拡充するデータを用いた沿岸海底下を対象とした人工バリア／天然バリア／生活圏の核種移行評価モデルの適用性確認および事例の拡充	・既存モデル化技術および拡充するデータを用いた沿岸海底下を対象とした人工バリア／天然バリア／生活圏の核種移行評価モデル整備に係る検討を行う。
データ整備	●種々の地下水(塩分濃度や溶存成分等が異なる地下水)条件下等における各種データの拡充	・沿岸海底下等で想定される種々の地下水条件下や有機物・微生物特性等が異なる地下水条件化での室内試験等によりデータを拡充する。
	●種々の地表環境条件下における各種データの拡充	・種々の地表環境条件下での室内試験等によりデータを拡充する。



ご清聴ありがとうございました