

3. 高レベル放射性廃棄物に関する研究開発 ～各研究開発分野の成果と今後の計画～

(1) 地質環境調査評価技術

(1) 地質環境調査評価技術

1) これまでの成果の概要と今後の計画

平成19年3月5日

地層処分基盤研究開発調整会議

地質環境ワーキンググループ

コーディネータ 清水 和彦

発表内容

【地質環境調査評価技術の全体計画】

- ・ 研究開発目標と課題の設定
- ・ 研究開発要素の分類と分類目標
- ・ フェーズ2の分類と細目
- ・ 研究開発の重点課題と進め方

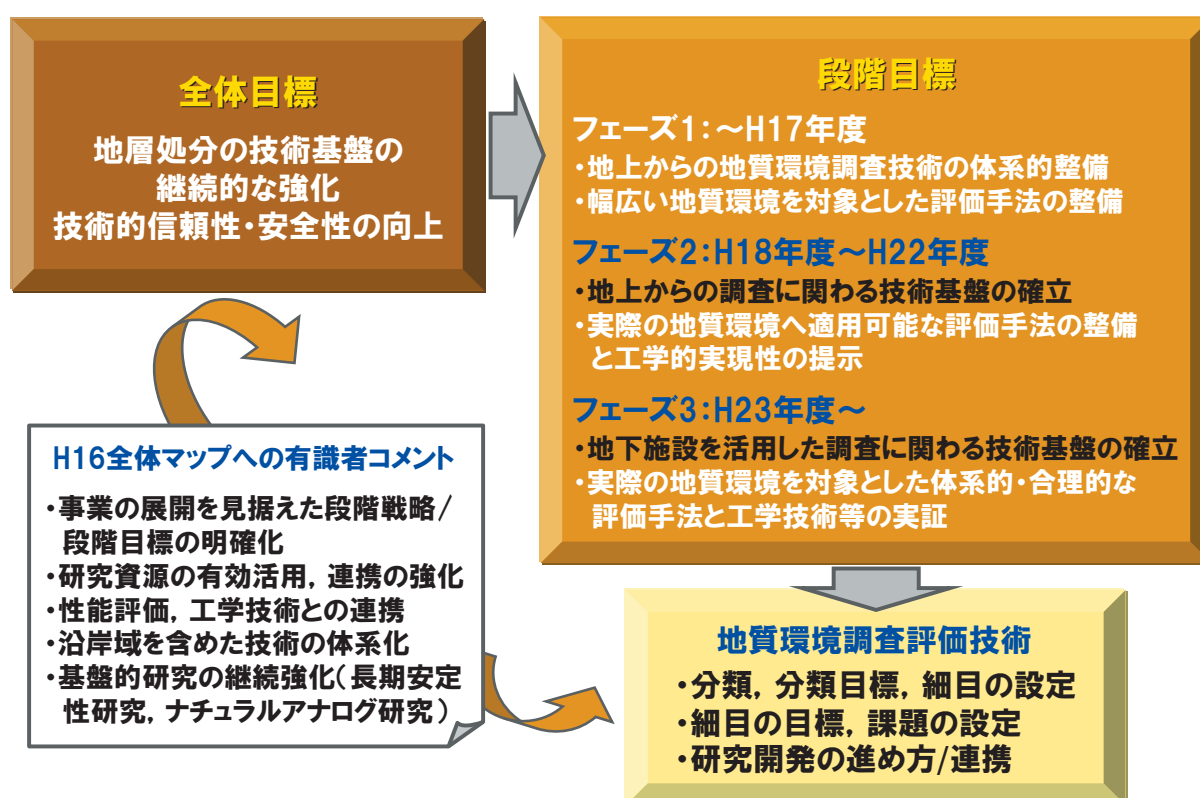
【フェーズ1の成果とフェーズ2の計画】

1. 総合的な調査評価技術
2. 地質環境特性調査評価技術
3. 地質環境の長期安定性調査評価技術
4. 深地層における工学技術

【今後の展開】

- ・ 主な連携テーマと今後の課題

研究開発目標と課題の設定(1)



研究開発目標と課題の設定(2)

■ 地質環境調査評価技術

- ・ 処分地の選定や処分場の設計・性能評価の検討に必要な地質環境情報を取得するための調査機器や調査手法
- ・ 得られたデータを用いて地質環境特性の空間的な分布や長期的な変化を推定し, モデル化するための解析・評価手法

■ 成果の反映先

平成20年代前半の精密調査地区の選定に照準

- ・ フェーズ2→地上からの精密調査, 安全審査基本指針等
- ・ フェーズ3→地下施設を利用した精密調査, 安全審査指針・基準等

■ 目標・課題設定の視点

- ・ 地質環境情報を取得するために, どのような調査評価技術が必要か?
- ・ 個々の技術は, 目的に応じた適切なレベルで整備されているか?
- ・ それらの技術を組み合わせて, 目標とする調査が実現できるか?

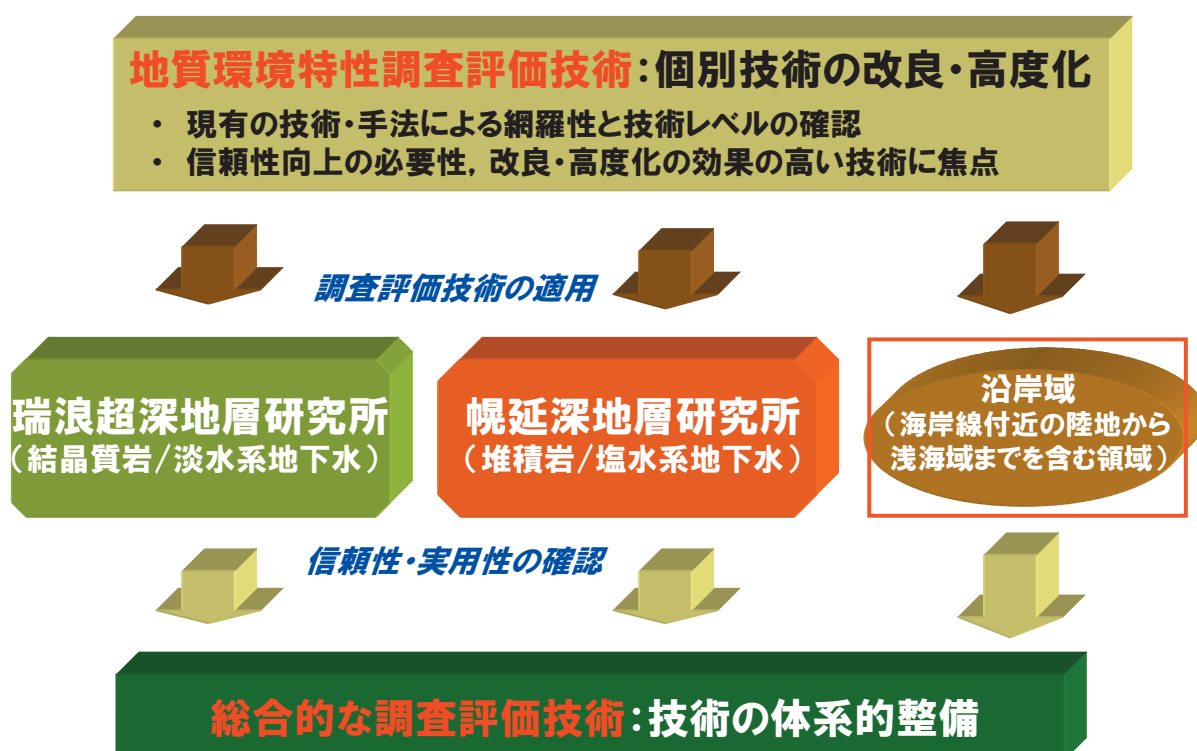
研究開発要素の分類と分類目標

分類 (フェーズ1)	分類 (フェーズ2)	分類目標 (フェーズ2)	分類目標 (フェーズ3)
1. 地質環境特性	1. 総合的な調査 評価技術	地上からの調査技術の体系化・信頼性の確認 坑道掘削時の調査技術の体系的整備	坑道掘削時の調査技術/ 地下施設における調査技術の体系化・信頼性確認
	2. 地質環境特性 調査評価技術	地上からの調査/坑道掘削時の調査に関わる個別技術の改良・高度化	地下施設での調査に関わる個別技術の改良・高度化
2. 地質環境の長期安定性	3. 地質環境の長期安定性 調査評価技術	天然現象に関する調査技術の体系化と長期予測・影響評価手法の整備	天然現象に関する長期予測・影響評価手法の高度化
3. 深地層の工学的技術の基礎	4. 深地層における工学技術	地下施設的设计・施工・維持管理技術の整備	地下施設的设计・施工・維持管理技術の高度化

フェーズ2の分類と細目

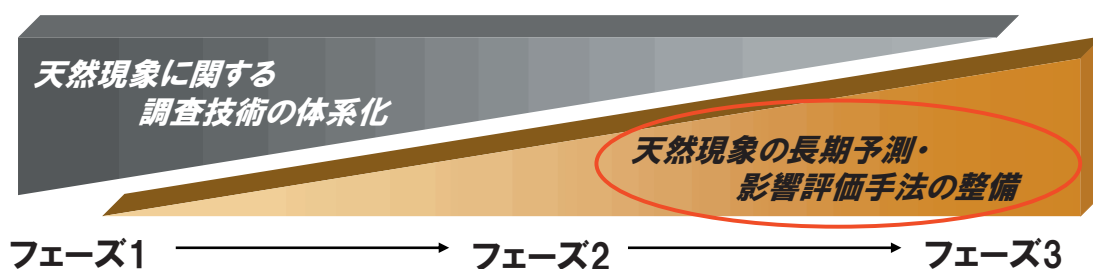
分類	細目
1. 総合的な調査評価技術	① 多様な地質環境を対象とした調査評価技術 ② 特定の地質環境を対象とした調査評価技術 (結晶質岩, 堆積岩, 沿岸域)
2. 地質環境特性 調査評価技術	① 地質・地質構造 ② 地下水流動特性 ③ 地球化学特性 ④ 物質移動特性 ⑤ 岩盤の熱・力学特性
3. 地質環境の長期安定性 調査評価技術	① 地震・断層活動 ② 火山・熱水活動 ③ 隆起・侵食 / 気候・海水準変動
4. 深地層における工学技術	① 結晶質岩(硬岩) ② 堆積岩(軟岩)

研究開発の重点課題と進め方(1)

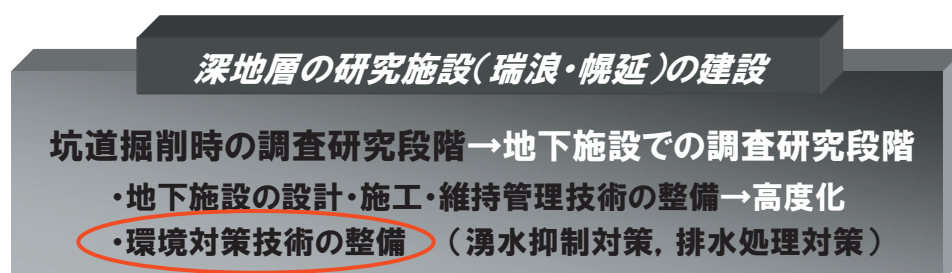


研究開発の重点課題と進め方(2)

地質環境の長期安定性調査評価技術



深地層における工学技術



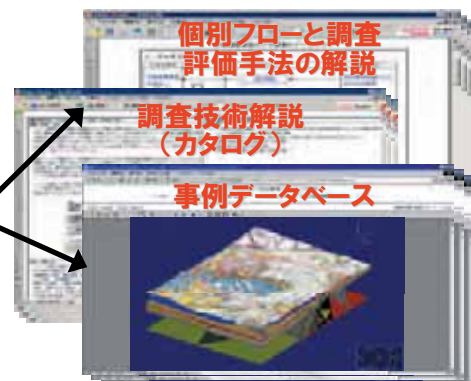
1. 総合的な調査評価技術

- ① 多様な地質環境を対象とした調査評価技術
- ② 特定の地質環境を対象とした調査評価技術
結晶質岩／堆積岩／沿岸域

フェーズ1の主な成果(1)

■ 地質環境評価技術高度化調査〔エネ庁/原環センター〕

- ・ 一般的な調査システムフローの構築
(関連情報を相互に参照できるITベースの可視化システム)



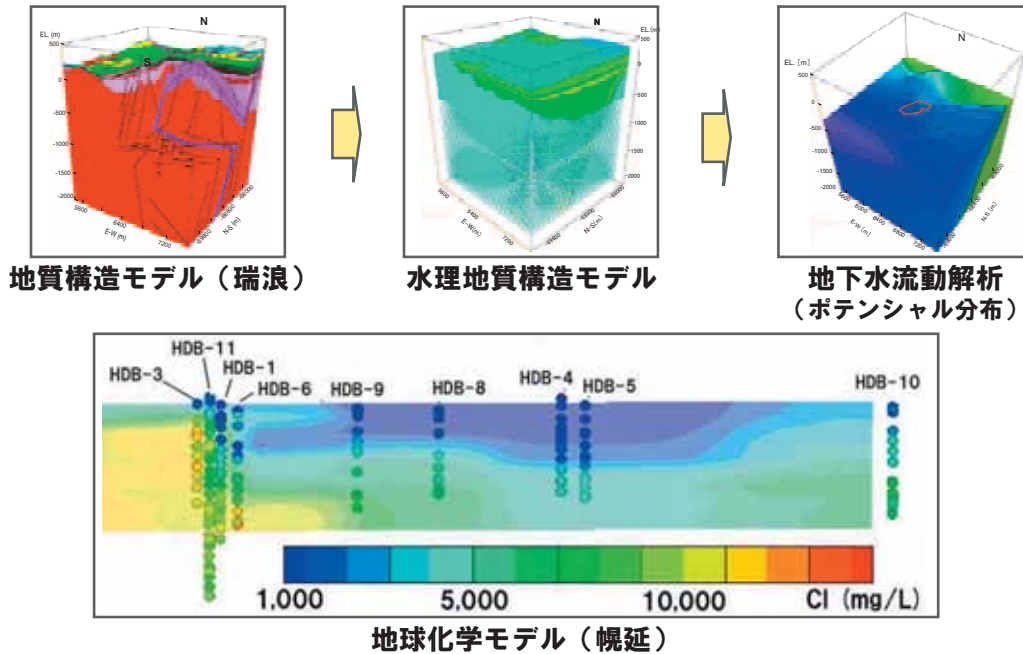
■ ボーリング技術高度化調査〔エネ庁/電中研〕



フェーズ1の主な成果(2)

■ 深地層の研究施設計画 [JAEA]

- ・ 地上からの調査による地質環境モデルの構築（結晶質岩：瑞浪，堆積岩：幌延）



フェーズ2の計画(1)

■ 達成目標

- ・ 地上からの調査技術の体系化・信頼性の確認
(結晶質岩／堆積岩／沿岸域)
- ・ 坑道掘削時の調査技術の体系的整備

■ JAEAの研究開発

2つの深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究

- ・ 結晶質岩：瑞浪超深地層研究所
- ・ 堆積岩：幌延深地層研究所
- 地上からの調査・解析・評価の確認，体系的 метод論の提示
- 坑道掘削時に行うべき一連の調査技術の整備，体系化

フェーズ2の計画(2)

■ エネ庁調査等事業

【地質環境総合評価技術の高度化】

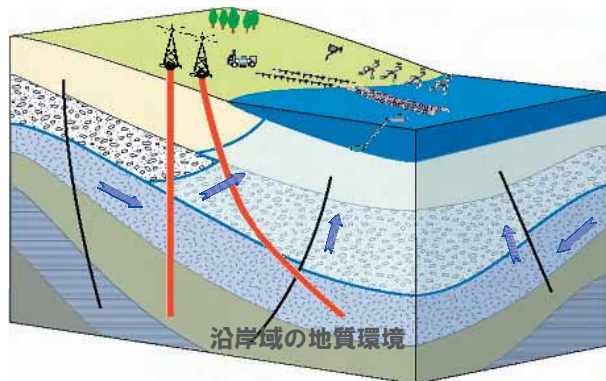
- ・地上からの調査に関する実践的知識を含めた技術の体系化

【ボーリング技術の高度化】

- ・コントロールボーリング技術の開発・実証（断層，沿岸域）

【沿岸域を対象とした評価技術の高度化】

- ・沿岸域の特徴に着目した調査評価技術の整備
- ・現象の理解を踏まえた技術の体系化



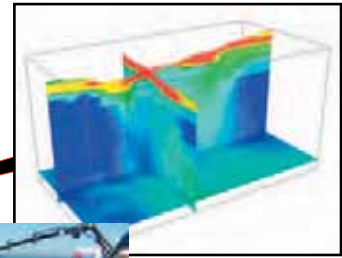
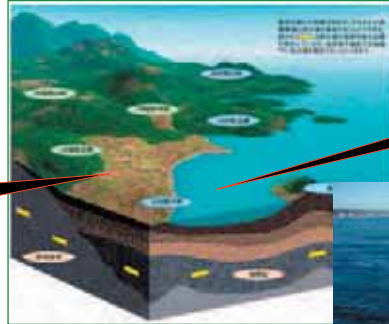
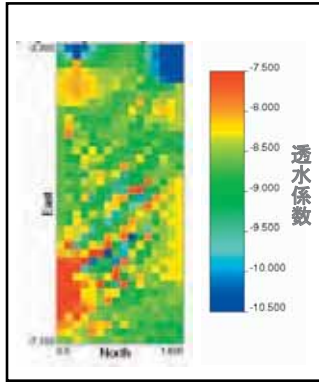
2. 地質環境特性調査評価技術

- ① 地質・地質構造
- ② 地下水流動特性
- ③ 地球化学特性
- ④ 物質移動特性
- ⑤ 岩盤の熱・力学特性

フェーズ1の主な成果(1)

■ 高精度物理探査技術高度化調査 [エネ庁/原環センター]

・トモグラフィ技術の高度化

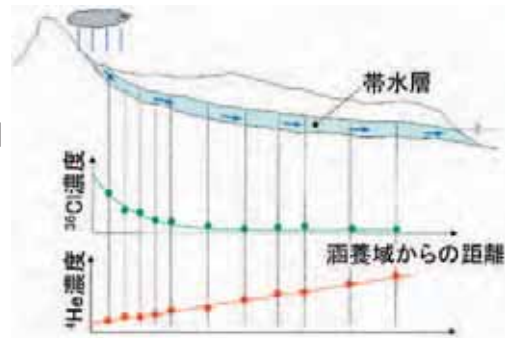


・海底電磁探査手法の高度化

■ 地下水年代測定技術調査 [エネ庁/電中研]

・百万年オーダーの地下水年代測定手法の開発

^{36}Cl : 放射壊変により流動に伴って濃度減少
 ^4He : 地盤からの供給により流動に伴って濃度増加

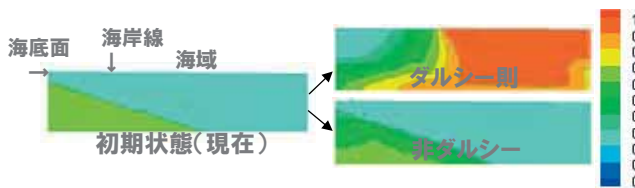


フェーズ1の主な成果(2)

■ 塩水環境下処分技術調査

[エネ庁/産創研]

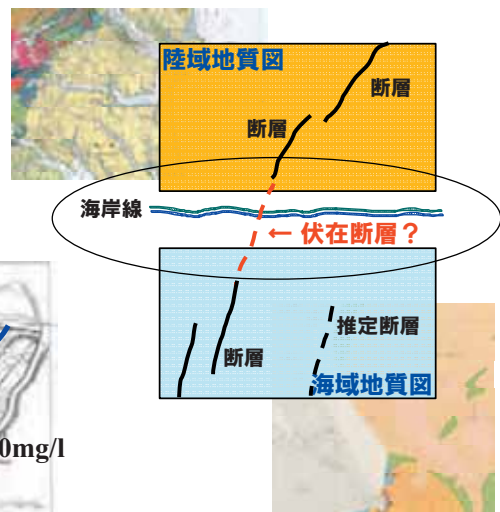
・非ダルシー性を考慮した地下水流動解析 →沿岸域における地下水の状態を再現



■ 沿岸域断層評価手法開発調査

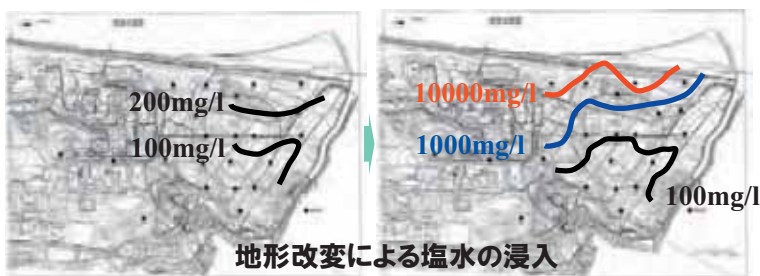
[エネ庁/産総研]

・沿海域の断層/大規模破碎帯の調査に有効な基盤技術の整備



■ 塩淡境界面形状把握調査

[エネ庁/産総研]



フェーズ2の計画(1)

■ 達成目標

- ・ 地上からの調査/坑道掘削時の調査に関わる
個別技術の改良・高度化

■ JAEAの研究開発

2つの深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究

- ・ 結晶質岩:瑞浪超深地層研究所
 - ・ 堆積岩:幌延深地層研究所
- 地上からの調査技術・モデル化手法の検証,有効性確認
→坑道掘削時に適用できる調査技術の整備

フェーズ2の計画(2)

■ エネ庁調査等事業

【沿岸域における地質構造調査手法の高度化】

- ・ 沿岸域に伏在する断層などの不連続構造を推定する手法の開発

【塩淡境界に関する調査技術の高度化】

- ・ 塩淡境界面の分布や形成機構の解明,長期変化を予測する手法の開発

【海底地下水湧出に関する調査技術の高度化】

- ・ 海底からの地下水湧出を探索・分析する技術の開発・整備

【地下水の年代測定技術の高度化】

- ・ 地下水の流動・混合を考慮した地下水年代測定技術の開発

【物質移行に関する原位置試験技術の高度化】

- ・ トレーサー試験技術の開発(割れ目を介した物質移行特性の評価)

3. 地質環境の長期安定性調査評価技術

- ① 地震・断層活動
- ② 火山・熱水活動
- ③ 隆起・侵食/気候・海水準変動

フェーズ1の主な成果(1)

■ 活断層の調査技術 [JAEA]

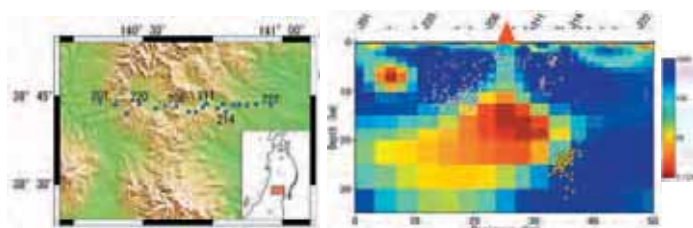
・地表での特徴が不明確な活断層を探索する総合的手法の開発

跡津川断層周辺の地殻変動速度解析



■ マグマ・高温流体等の探査技術 [JAEA]

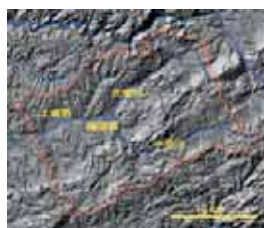
・地球物理学的手法と地球化学的手法を組合せた調査技術の体系化



鳴子火山下の比抵抗構造と地震分布

■ 三次元地形変化シミュレーション [JAEA]

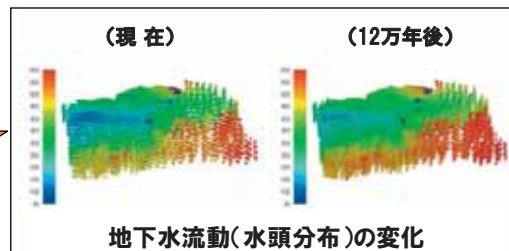
・将来の地形変化予測と地下水流動の評価



(現在の地形)



(12万年後の地形)



地下水流動(水頭分布)の変化

フェーズ2の計画

■ 達成目標

- ・ 天然現象に関する調査技術の体系化と
長期予測・影響評価手法の整備

■ JAEAの研究開発

【地震・断層活動】

- ・ 断層活動による周辺岩盤への影響を調査評価する手法の開発
- ・ 活動性の低い断層の特定，活動性評価手法の開発

【火山・熱水活動】

- ・ 地下深部のマグマ・高温岩体を検出する総合的な調査技術の確立
- ・ 新たな火山活動の発生可能性を評価する手法の開発
- ・ 火山・熱水活動の履歴調査技術とモデル化技術の開発

【隆起・侵食/気候・海水準変動】

- ・ 将来の地形変化を予測するシミュレーション技術の確立
 - ・ 水理学的影響などを調査評価できる手法の開発
-

4. 深地層における工学技術

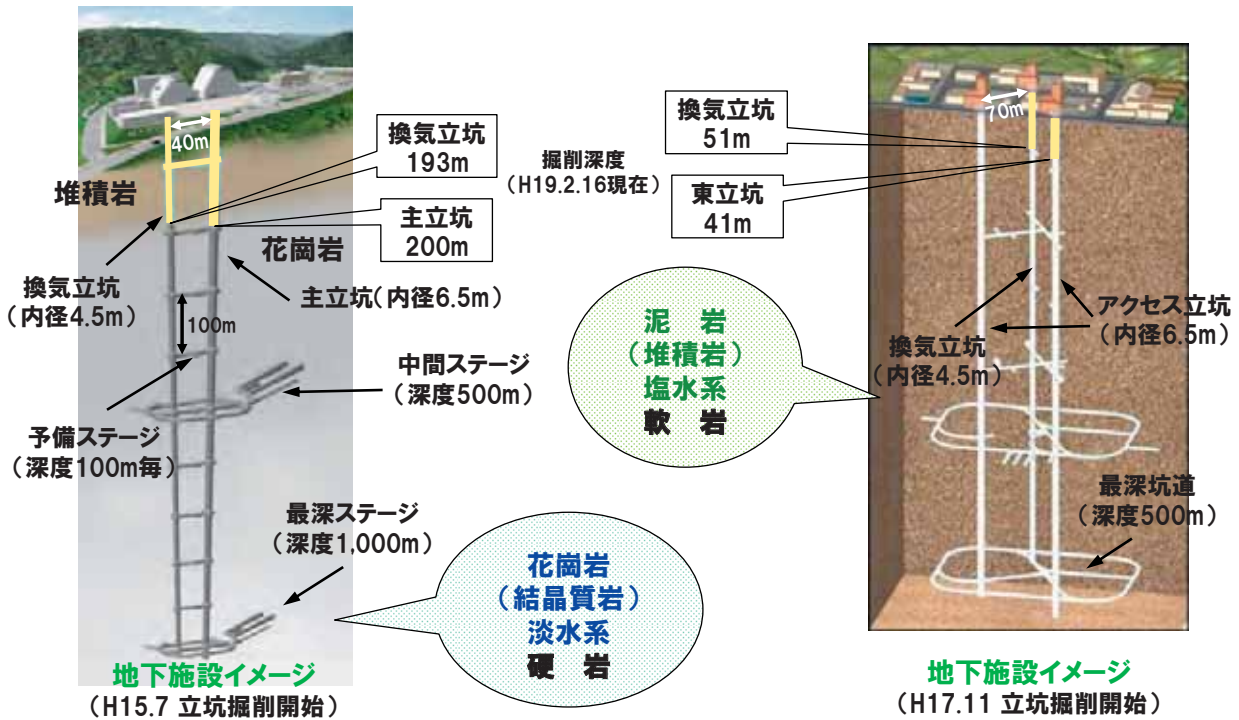
① 結晶質岩

② 堆積岩

フェーズ1の主な成果 (1)

■ 瑞浪超深地層研究所 [JAEA]

■ 幌延深地層研究所 [JAEA]

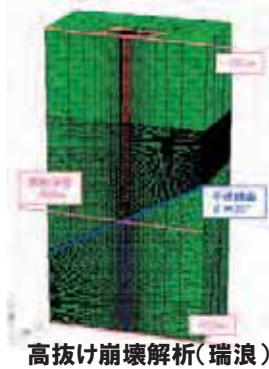


フェーズ1の主な成果 (2)

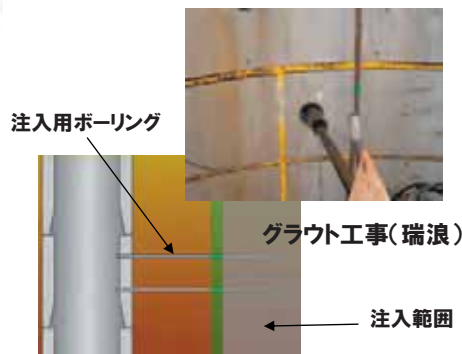
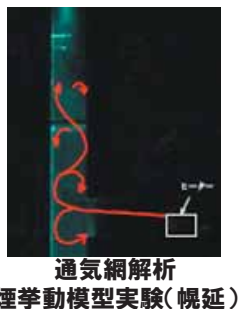
■ 瑞浪超深地層研究所, 幌延深地層研究所 [JAEA]

・坑道の設計/安定性評価

・掘削時のデータによる設計の妥当性確認



・環境対策技術(湧水抑制対策・排水処理)の適用



フェーズ2の計画

■ 達成目標

- ・ 地下施設の設計・施工・維持管理技術の整備

■ JAEAの研究開発

2つの深地層の研究施設の建設(坑道掘削)を通じて;

- ・ 結晶質岩:瑞浪超深地層研究所
 - ・ 堆積岩:幌延深地層研究所
- 地上からの調査に基づく設計の妥当性確認
(情報化施工:施工時に取得するデータを後続の設計・施工にフィードバック)
- 地下施設の施工・維持・管理技術の適用性確認
- 周辺環境への影響評価, 環境対策技術の整備
(排水:フッ素, ホウ素, 塩分, アンモニアの処理/掘削土:有害物質の管理)

主な連携テーマと今後の課題

1. 総合的な調査評価技術

- ・ 沿岸域を対象とした現象の理解と体系的な調査評価技術の整備
- ・ 地質環境調査評価技術の体系化, 知識化
- ・ 処分場の設計・性能評価技術との連携, 一連の技術としての体系化

2. 地質環境特性調査評価技術

- ・ 深地層の研究施設計画への適用を通じた技術の適用性確認
- ・ 個別成果(ボーリング, 年代測定, 物理探査)の沿岸域への適用

3. 地質環境の長期安定性調査評価技術

- ・ 天然現象の長期予測・影響評価, 性能評価との連結
- ・ 継続的な取り組み(研究資源の維持, 効率的な役割分担)

4. 深地層における工学技術

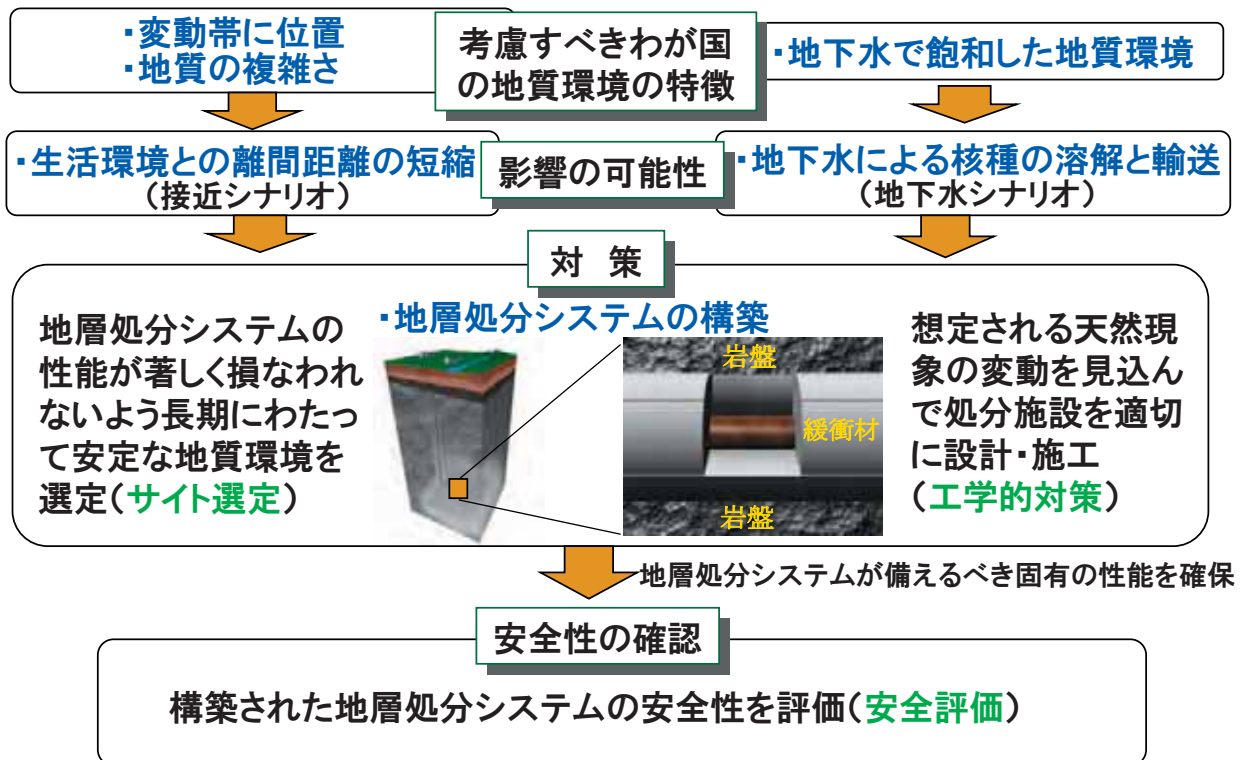
- ・ 深地層の研究施設計画への適用を通じた個別技術の実用性確認, 体系化

天然現象の調査技術と予測モデルに係わる 研究開発の現状 — マグマ検出技術と地形変化シミュレーション —

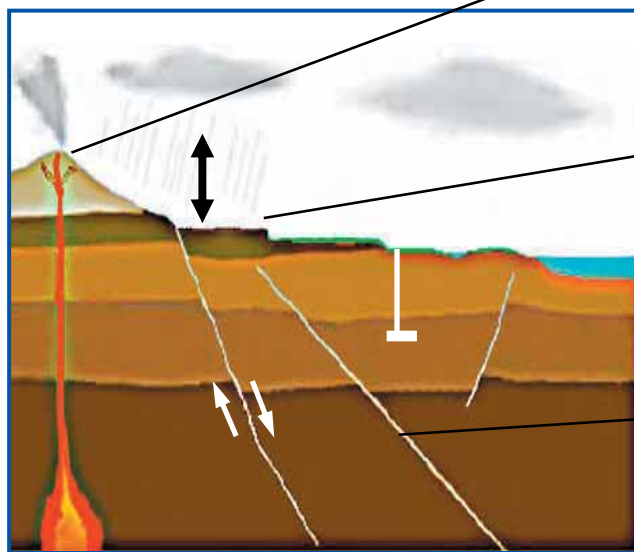
平成19年3月5日

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 東濃地科学ユニット
自然事象研究グループ
梅田 浩司

わが国の地層処分における安全確保の考え方



地層処分において考慮すべき天然現象



【火山・熱水活動】

- ・マグマの貫入・噴出による廃棄体の破壊
- ・地温上昇・熱水対流の発生, 熱水・火山ガスの混入による地下水の水質変化 等

【隆起・侵食／気候・海水準変動】

- ・処分施設及び廃棄体の地表への接近
- ・地下水の流動特性や水質の変化による放射性物質の移行 等

【地震・断層活動】

- ・岩盤の破断・破碎による処分施設及び廃棄体の破損
- ・岩盤の破断・破碎による地下水移行経路の形成, 岩盤歪に起因する地下水圧の変化 等

「地質環境の長期安定性」に関する研究開発の目標



＜研究開発の目標＞

① 調査技術の開発・体系化:天然現象に関する過去の記録や現在の状況を調査するための体系的な技術の整備

→サイトの選定や安全性の検討に必要なデータの取得

② 長期予測・影響評価モデルの開発:将来の天然現象に伴う地質環境条件(熱, 水理, 力学, 地球化学等)の変化を予測・評価するための手法の整備

→天然現象による影響を考慮した安全評価への反映

サイトの選定や安全規制に必要な調査技術や評価手法の整備
[実施側および規制側への研究成果の反映]

<調査技術の開発・体系化>

- ① 活断層に関する調査技術
- ② 火山・熱水活動履歴の調査技術
- ③ 地下深部のマグマ・高温流体等の調査技術
- ④ 古地形・古環境の復元技術

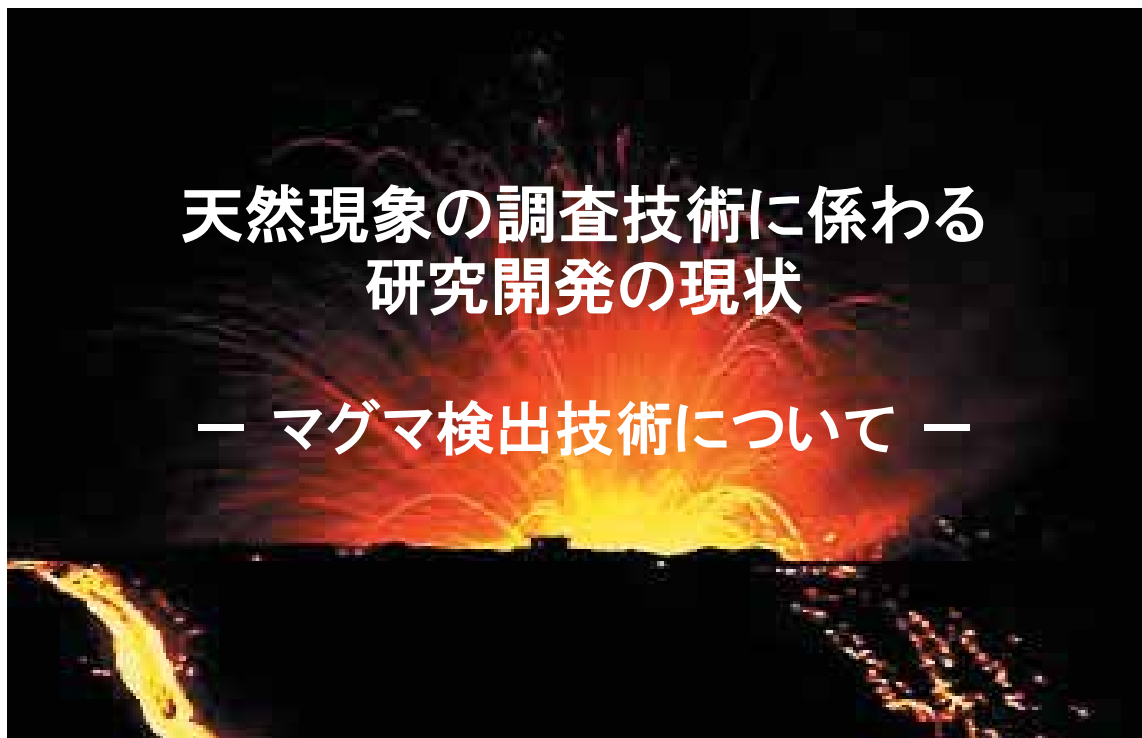
<長期予測・影響評価モデルの開発>

- ① 断層活動の影響評価モデルの開発
- ② 火山活動等の長期予測(確率)モデルの開発
- ③ 熱水活動等の影響評価モデルの開発
- ④ 三次元地形変化モデルの開発
- ⑤ ナチュラル・アナログ研究(予測モデルの信頼性の向上)

研究成果のトピックス

天然現象の調査技術に係わる 研究開発の現状

— マグマ検出技術について —



本研究の必要性・内容



➤火山フロントより日本海側や単成火山の周辺地域での**新たな火山の発生の可能性**について、検討する必要がある。

概要調査地区選定段階以降の段階で考慮すべき環境要件(原子力安全委員会, 2002)

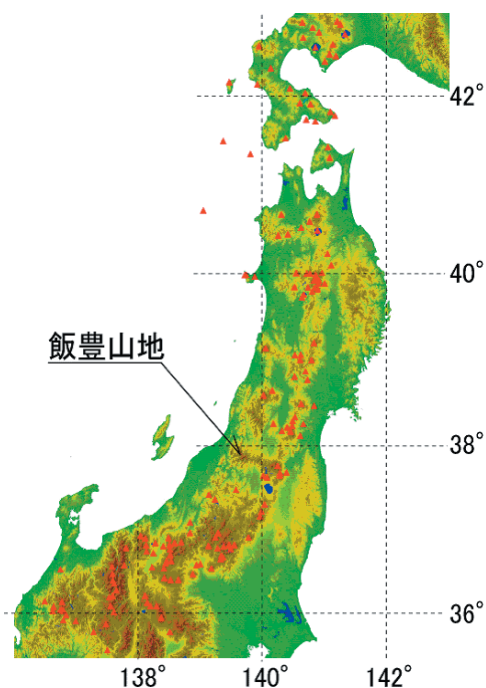
➤「**構造運動から生じる熱水活動**」については、場所、影響の範囲がほとんど不明であるので、研究を特に促進する必要がある。

廃棄物安全小委員会報告(総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会, 2003)

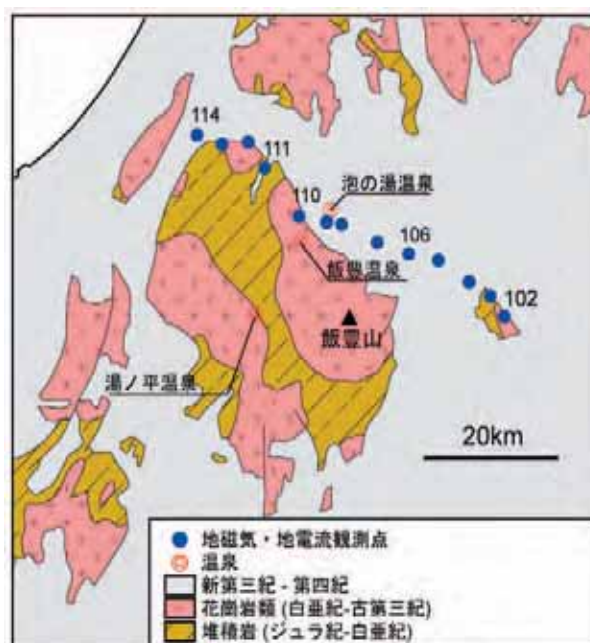
◆地下深部のマグマ・高温流体等の存在を予め確認するため、地球物理学的データ(地震波速度, 電気伝導度, 重力等)および地球化学的データ(希ガス同位体)等を用いた総合的な調査・解析手法を構築する。

◆火山から離れた高温異常域(非火山性温泉)の原因を解明する。

東北日本の第四紀火山と飯豊山地の地質



飯豊山地と第四紀火山の分布



飯豊山地周辺の地質図

地球物理学的手法によるマグマの検出



■地震発生層の深度分布

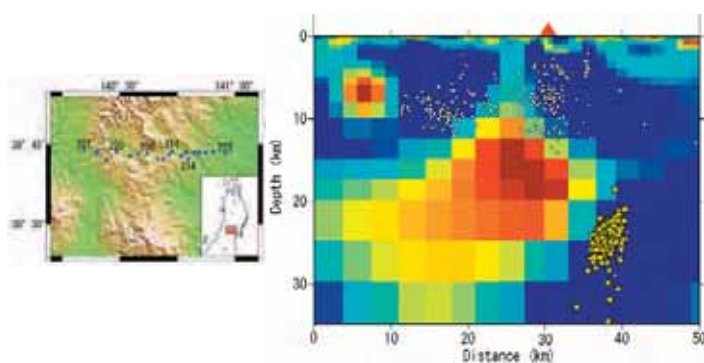
地殻内地震の発生する下面深度(cut-off depth)の温度は約400°Cに相当する。

■地震波速度構造

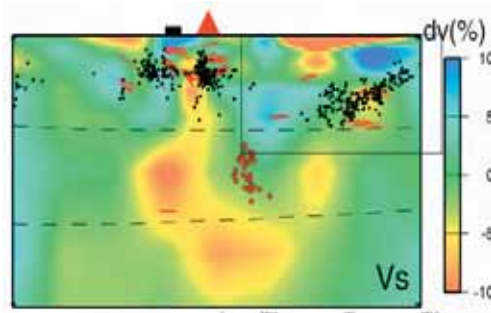
地震波速度は岩石の種類や温度・圧力等によって変化する。火山体の地下に存在する低速度域は、マグマやそれに関連する流体によって生じると考えられている。

■比抵抗構造

熱水やマグマは、地殻を構成する岩石に比べて、電気伝導度が高いことから、地下の比抵抗構造を調べることによって、マグマ等の存在を推定することができる。

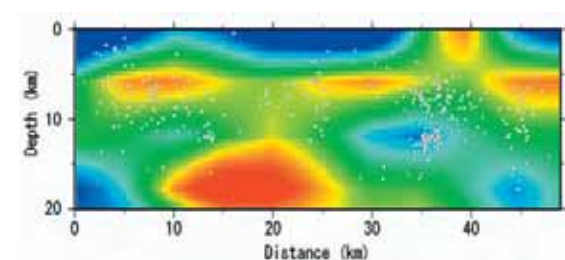


鳴子火山下における比抵抗構造(浅森・梅田, 2005)

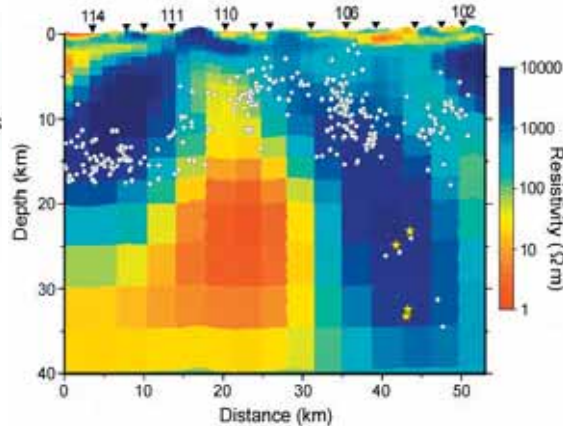


鳴子火山下におけるS波速度構造 (Nakajima and Hasegawa, 2003)

飯豊山地下の地震波速度・比抵抗構造



地震波(Vs)速度構造 [A-A'断面]



比抵抗構造

- 北股岳の地下15km以深には地震波低速度域と低比抵抗体が存在
- これらの異常体の上面は地殻内地震のcut-off depthと調和的

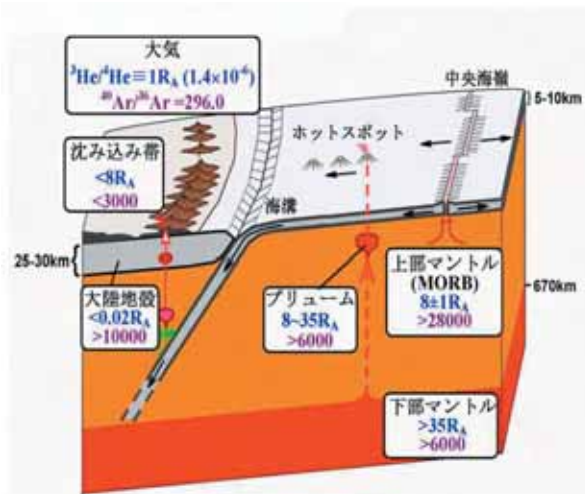
飯豊山地の地下には400°C以上の高温の物質が存在することが示唆される

① 第四紀の(伏在)マグマ, ② 中新世の火成活動に由来する高温岩体に伴う熱水

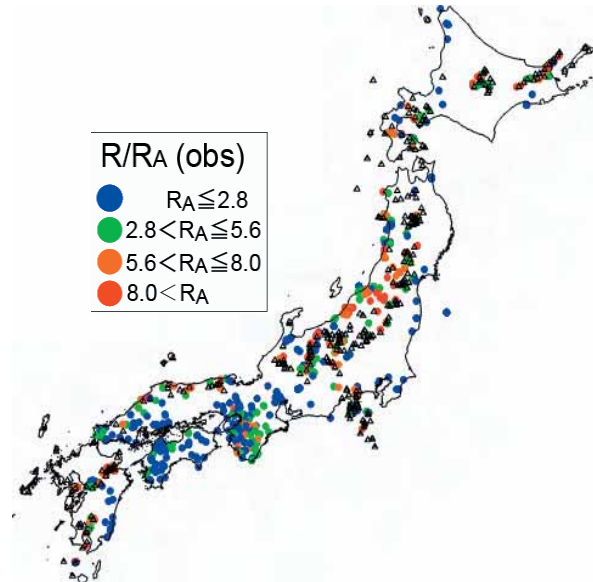
地球化学的手法(希ガス同位体)によるマグマの検出

■ヘリウム同位体

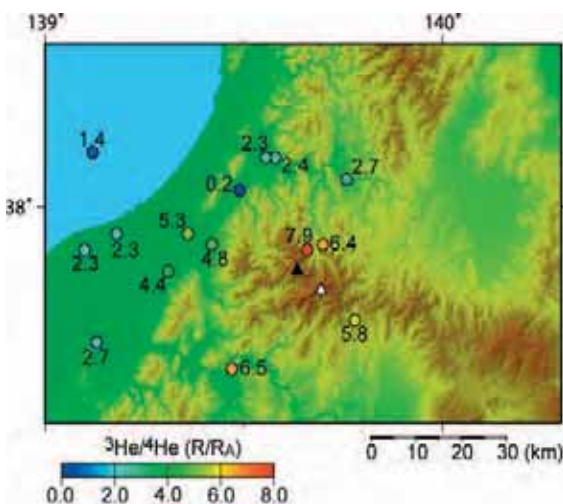
ヘリウム同位体比($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比)は、マントル起源物質の寄与を示す地球化学的指標として用いられる。一般に、非火山地帯の温泉ガスは、大気値(1.4×10^{-6})より低い値を示すが、火山周辺の温泉では、大気の数倍の値を示すことが知られている。



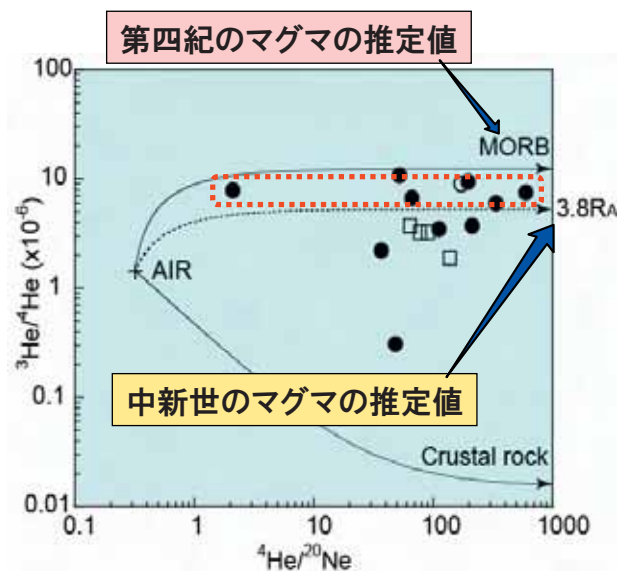
(東京大学地殻化学実験施設HPより)



飯豊山地周辺の温泉ガスのヘリウム同位体比



$^3\text{He}/^4\text{He}$ 比(R_A)の地理的分布



$^3\text{He}/^4\text{He}$ 比と $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ 比の関係

1. 飯豊山地周辺の高温異常域の熱源は、最近になって上昇してきたメルト(マグマ)に起因するものと考えられる。また、飯豊山地付近は、古い堆積岩や花崗岩の山地からなる第四紀火山の空白域であったが、今回のマグマの発見により、従来から指摘されていた東北地方の第四紀火山の配列の規則性を説明することができる。
2. 対象地域において、地下深部のマグマ・高温流体等の存在の有無を確認するためには、地質学・地球物理・地球化学的な手法を用いた総合的なアプローチが有効であるといった見通しを得た。

研究成果のトピックス

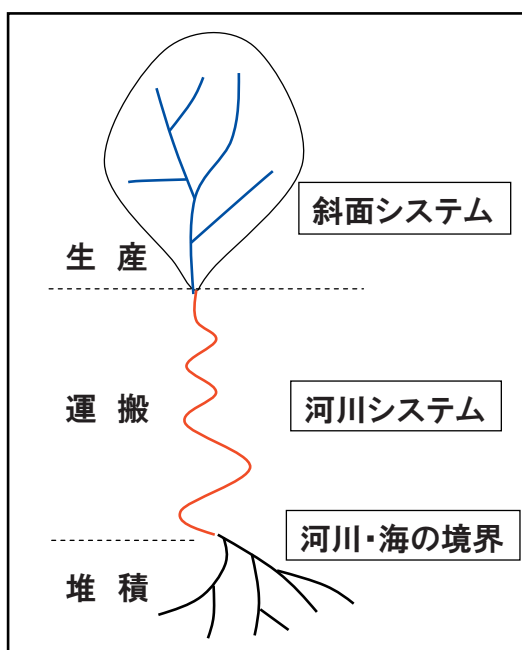


本研究の必要性・内容

> 隆起・沈降・侵食により地下水の流動特性や水質が変化し，廃棄体中に含まれる放射性廃棄物が漏出し，周辺の地質環境中を移行し易くなること等の影響については，設計・施工での対応や処分システム全体の安全性能との関連も踏まえ，その取り扱いを審議。
 概要調査地区選定段階以降の段階で考慮すべき環境要件(原子力安全委員会, 2002)

◆ 地殻変動に伴う将来の地質環境条件の変化を把握するため，水理地質構造モデルの基盤となる将来の地形を予測するためのシミュレーション技術の開発を行なう。

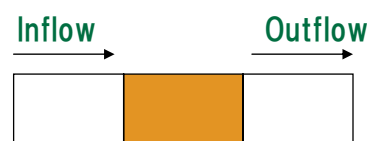
シミュレーションに用いる従順化モデル



$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)$$

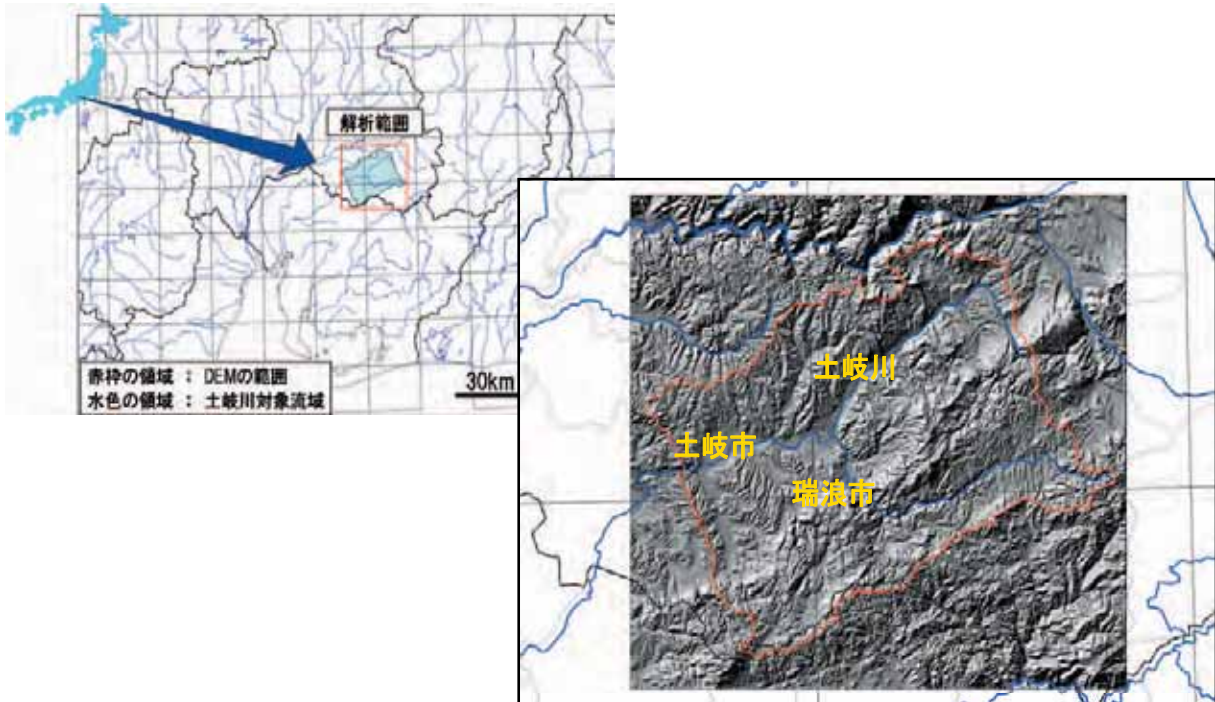
<時間 t における位置 x の高度を u>
 平野(1966), 野上(2000)等の従順化モデル

- 地形勾配に応じた拡散現象によるフラックスを計算。
- 高度の変化速度が曲率に比例するモデル。
- k (従順化係数)は，解析対象地域における地質，気候条件等に依存。
- 実際の計算にはデジタル標高モデル(水平方向10m, 鉛直方向0.1m)を使用。

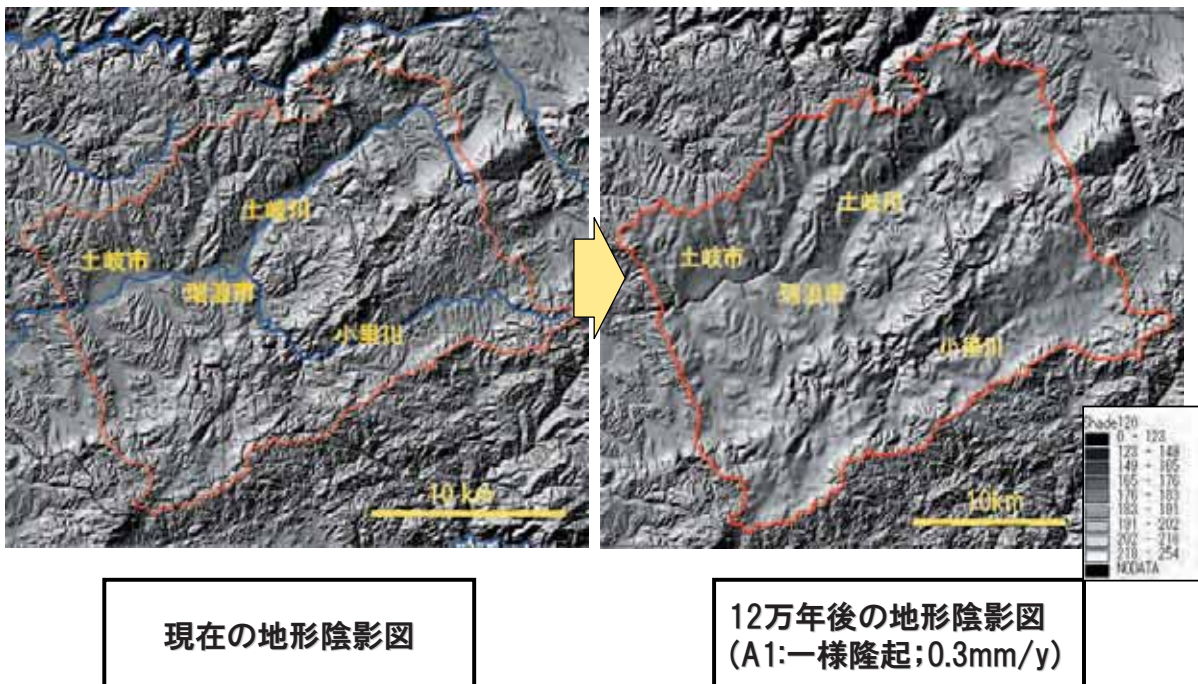


※ 流入量と流出量の差がセルの高度変化に対応

解析対象領域と10mメッシュのDEM陰影図



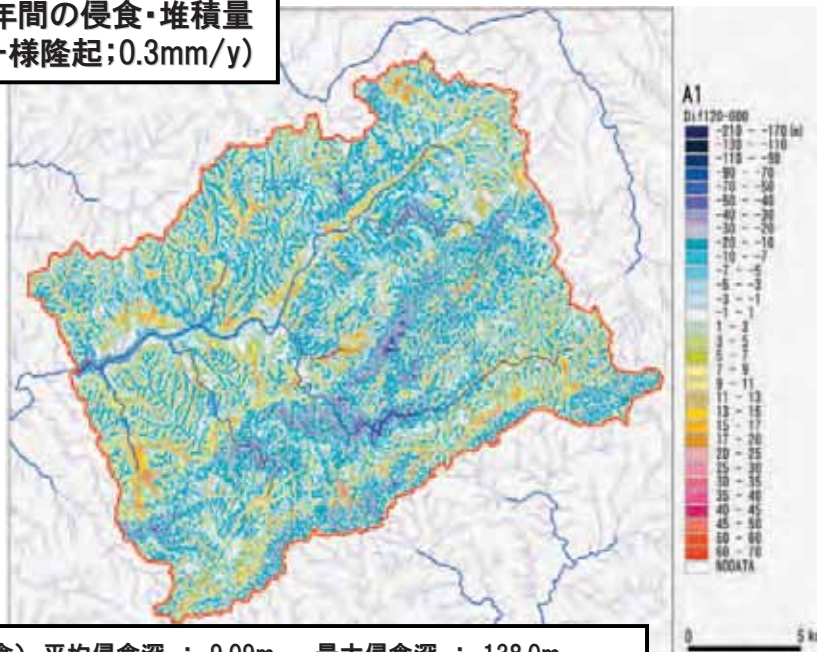
12万年後の瑞浪周辺の地形(陰影図)



12万年後の瑞浪周辺の地形(侵食・堆積量図)



12万年間の侵食・堆積量
(A1:一様隆起;0.3mm/y)



(侵食) 平均侵食深 : 9.09m 最大侵食深 : 138.0m
(堆積) 平均堆積深 : 5.50m 最大堆積深 : 31.6m

まとめ



1. 地形変化シミュレーション技術は、将来の地形変化、さらには、地下水流動の変化を予測するために有効な手法であるという見通しを得た。
2. シミュレーション結果の妥当性を検証するための方法論を今後、構築していくことが重要となる。現時点では、地形・地質調査により過去の地形の復元を行い、上記のシミュレーションによって現在の地形を再現できるかが課題。

地質環境調査技術の高度化 -コントロールボーリングと地下水年代測定-

平成19年3月5日

財団法人 電力中央研究所

地球工学研究所 バックエンド研究センター

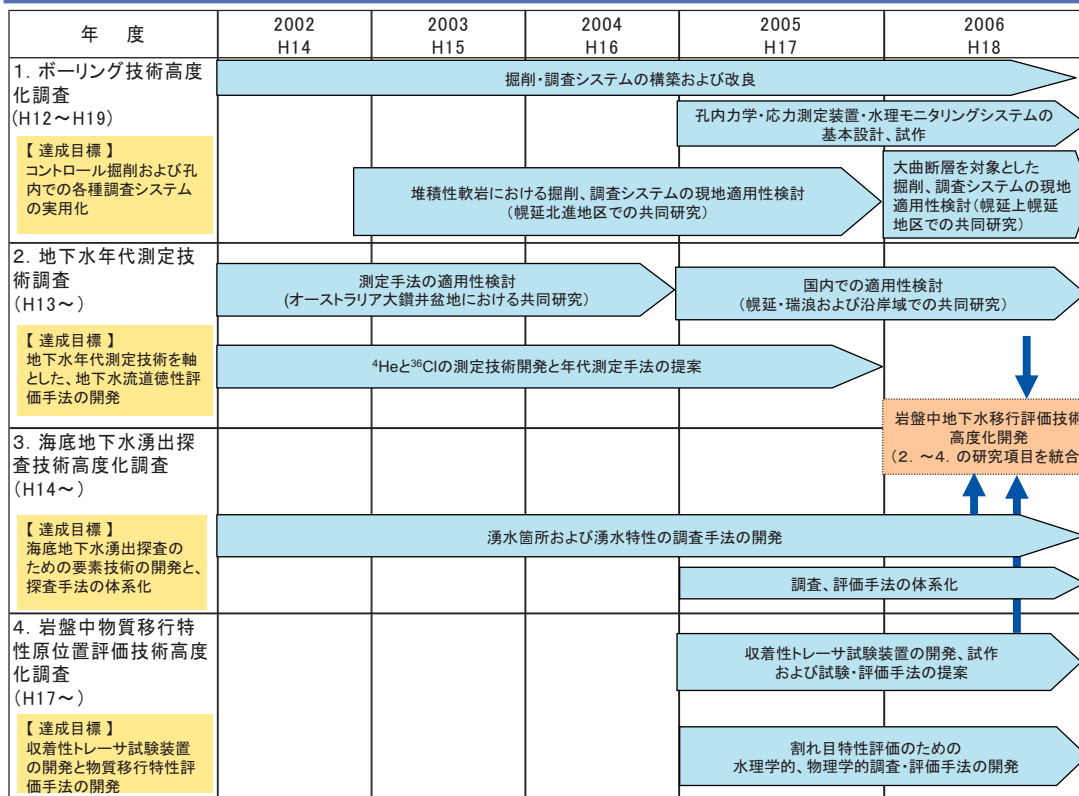
木方 建造

発表内容



- 研究開発の枠組み
- 研究開発の成果
 - コントロールボーリング掘削・調査技術
 - 地下水年代測定技術
- まとめ

研究開発の枠組み



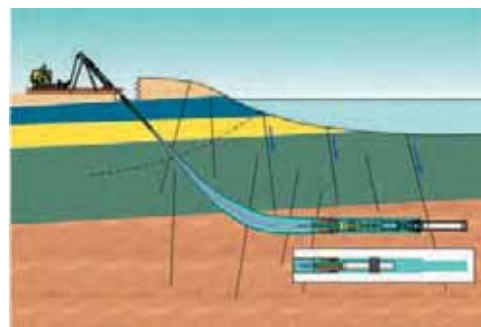
ボーリング技術高度化調査



(背景)

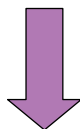
概要調査は地表調査、物理探査と数少ない**ボーリング**により実施

処分場として、**堆積軟岩、沿岸域**が注目されている

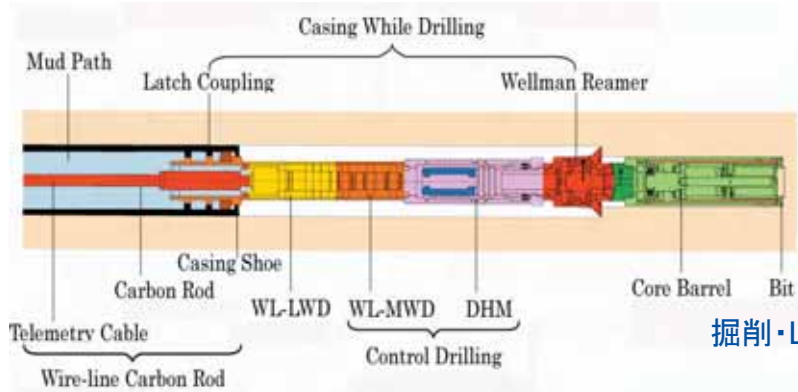


(目的)

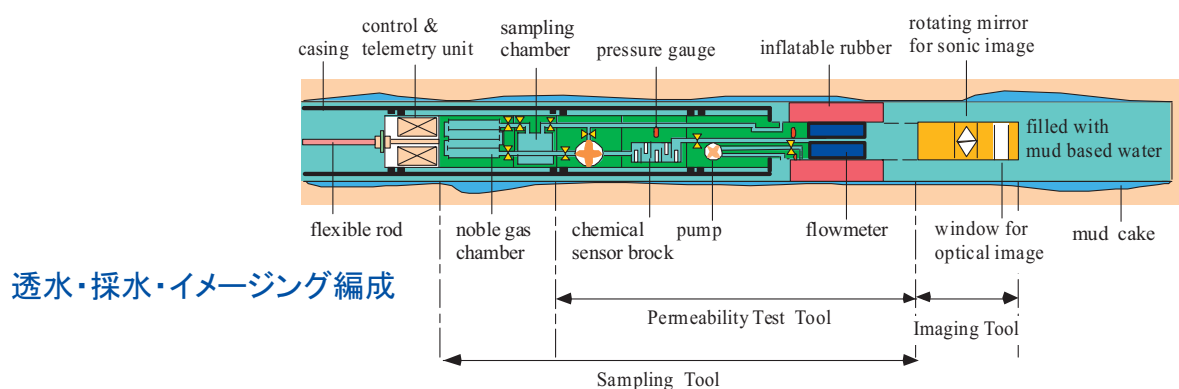
堆積軟岩にも適用できる、効率的な(方向性をコントロールできる)ボーリング掘削技術および調査技術の早期開発



主要な掘削、調査ツールス



掘削・LWD/MWD編成



透水・採水・イメージング編成

MWD (Measurement While Drilling)



ケーブルヘッドアダプタ



ダウンホールビット荷重及びトルクセンササブ



圧力・温度センササブ

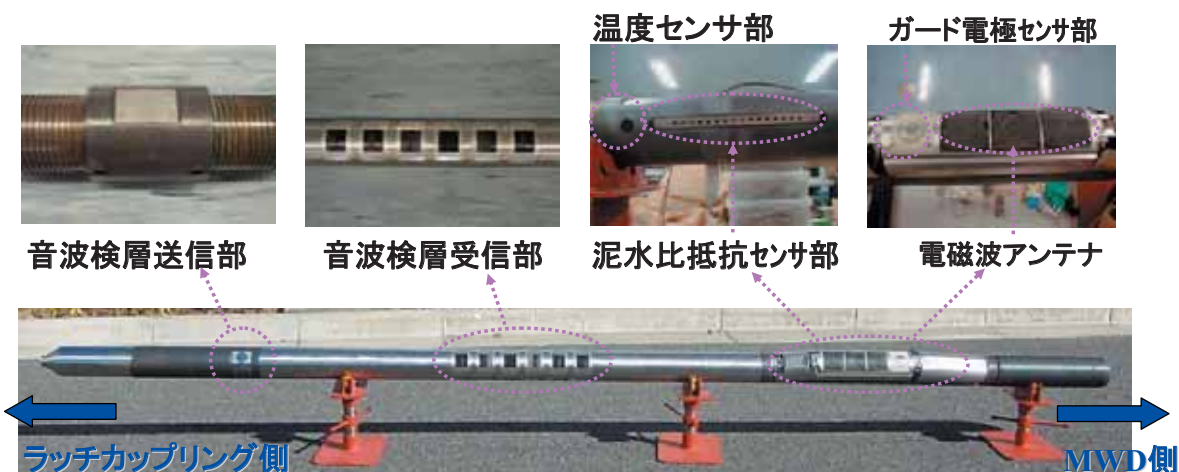


テレメトリボード、傾斜・方位センササブ



WL-MWDダウンホールツールス全体図

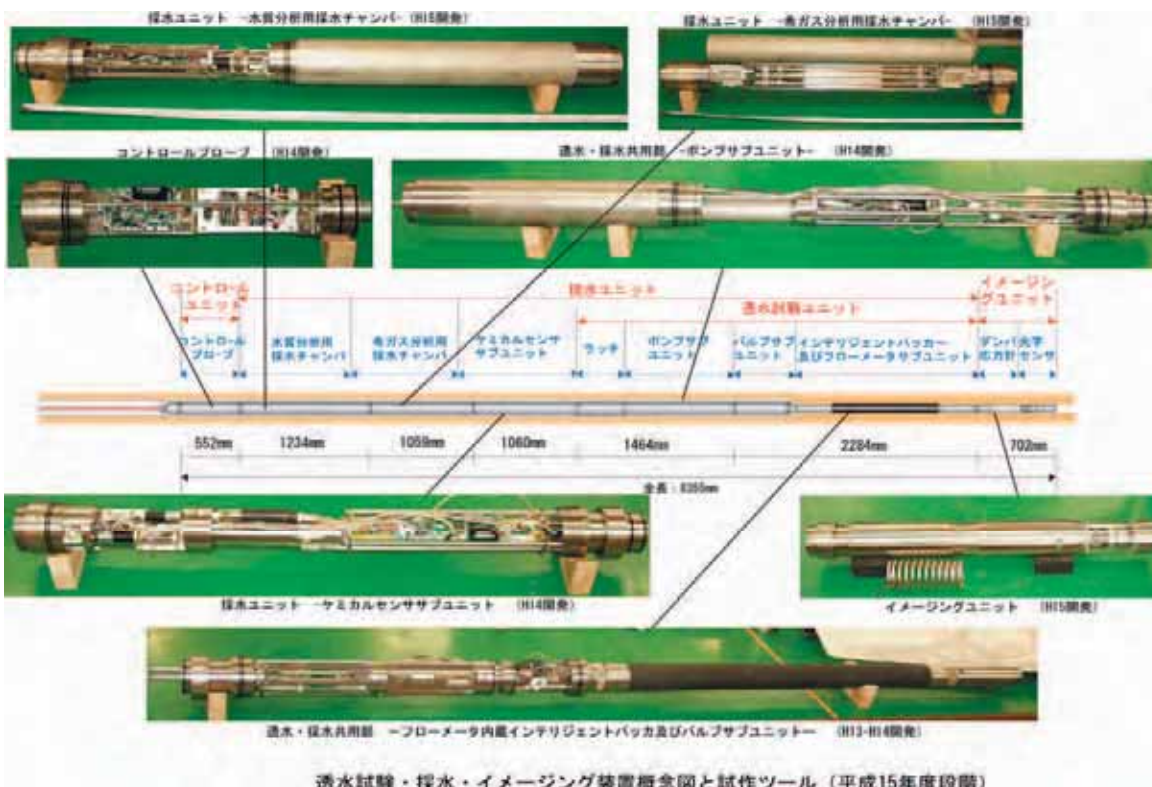
LWD (Logging While Drilling)



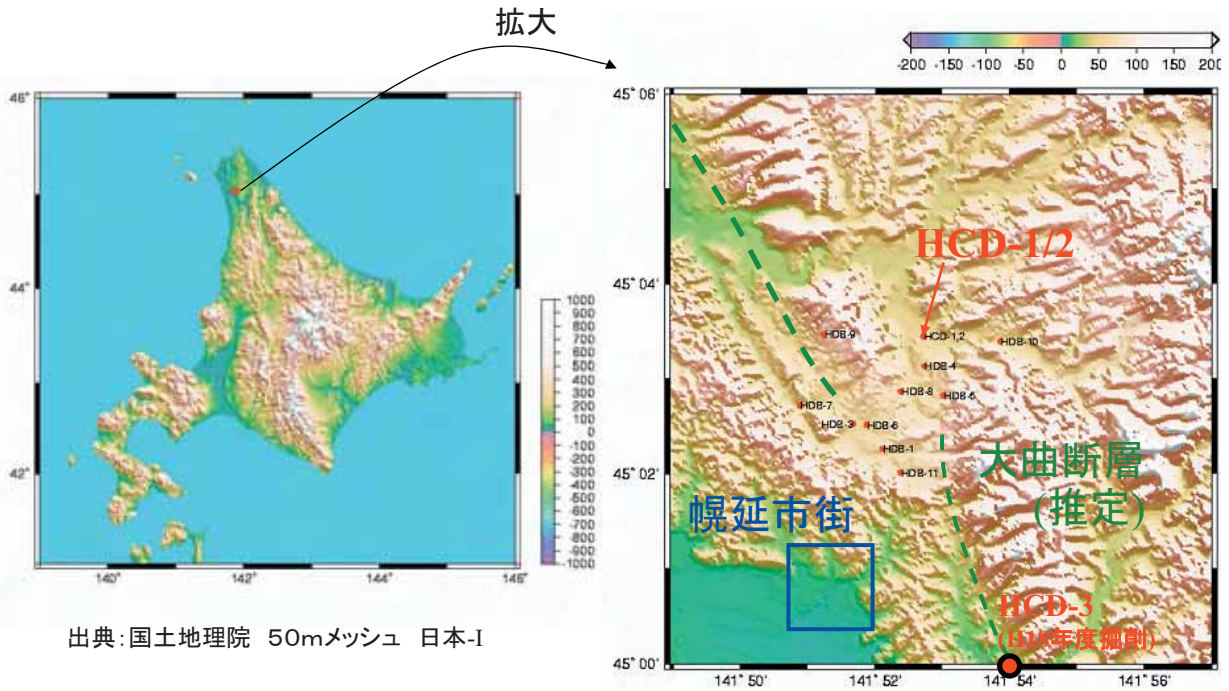
プローブ内部の電気回路とコネクタ部分



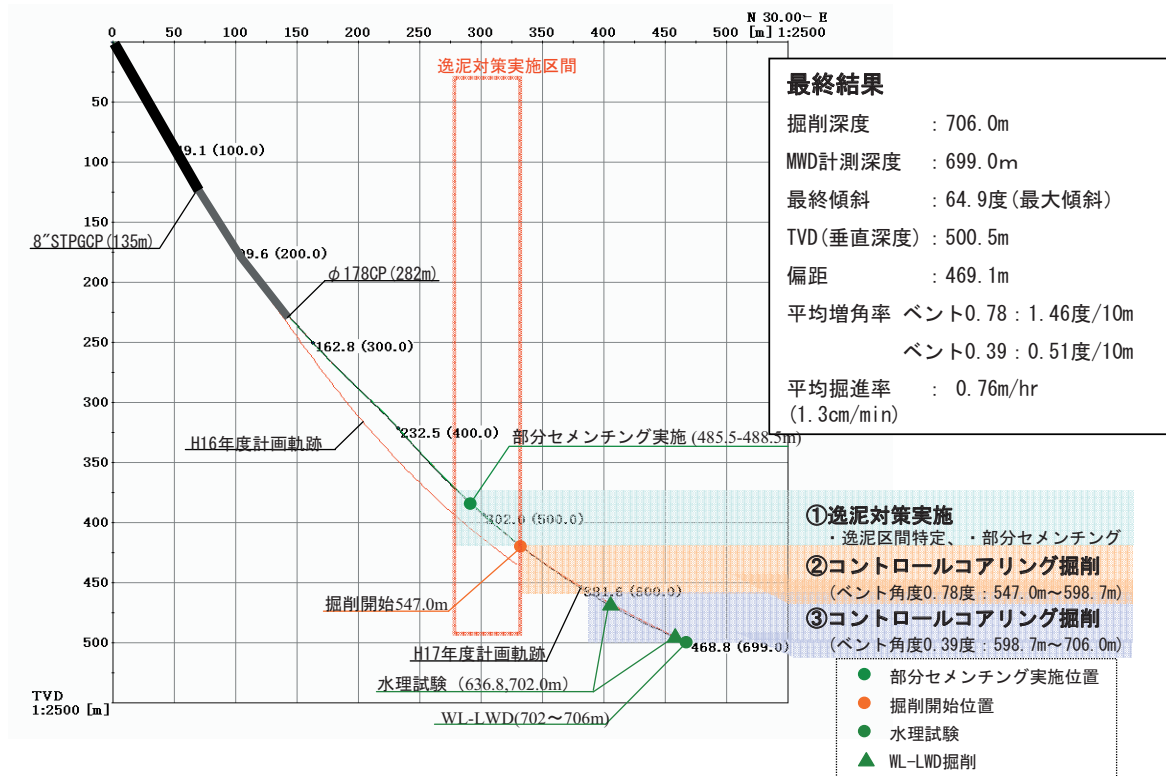
透水・採水・イメージング装置



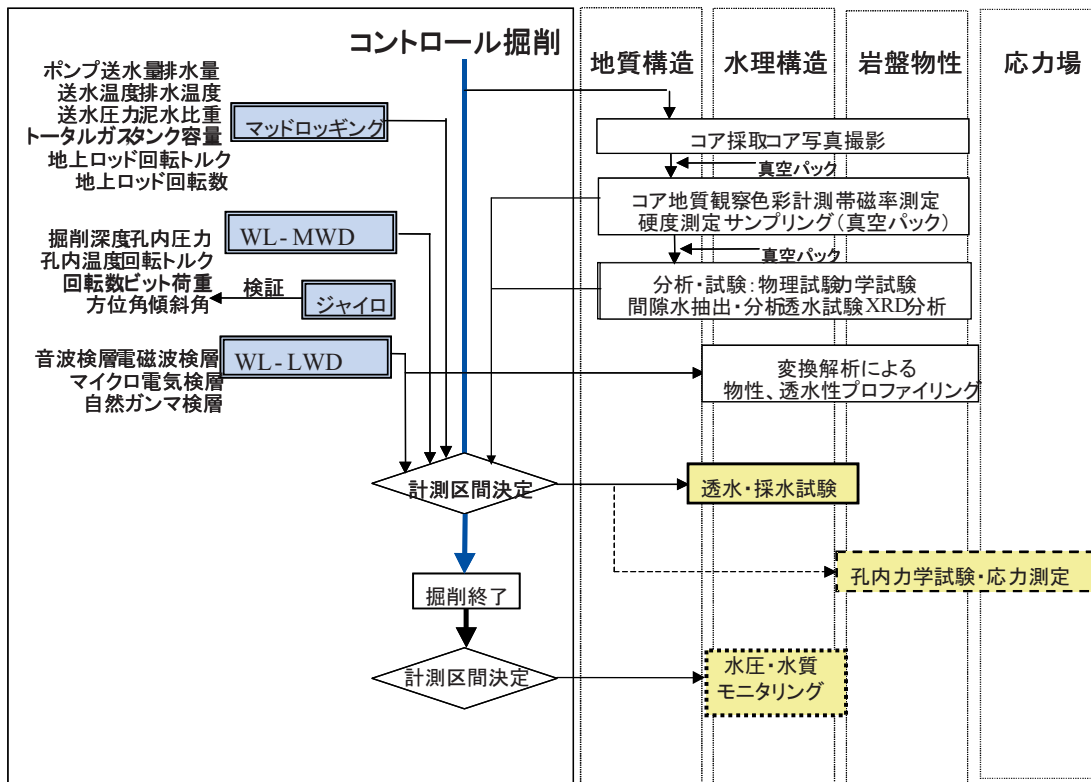
現地適用箇所 の 地形



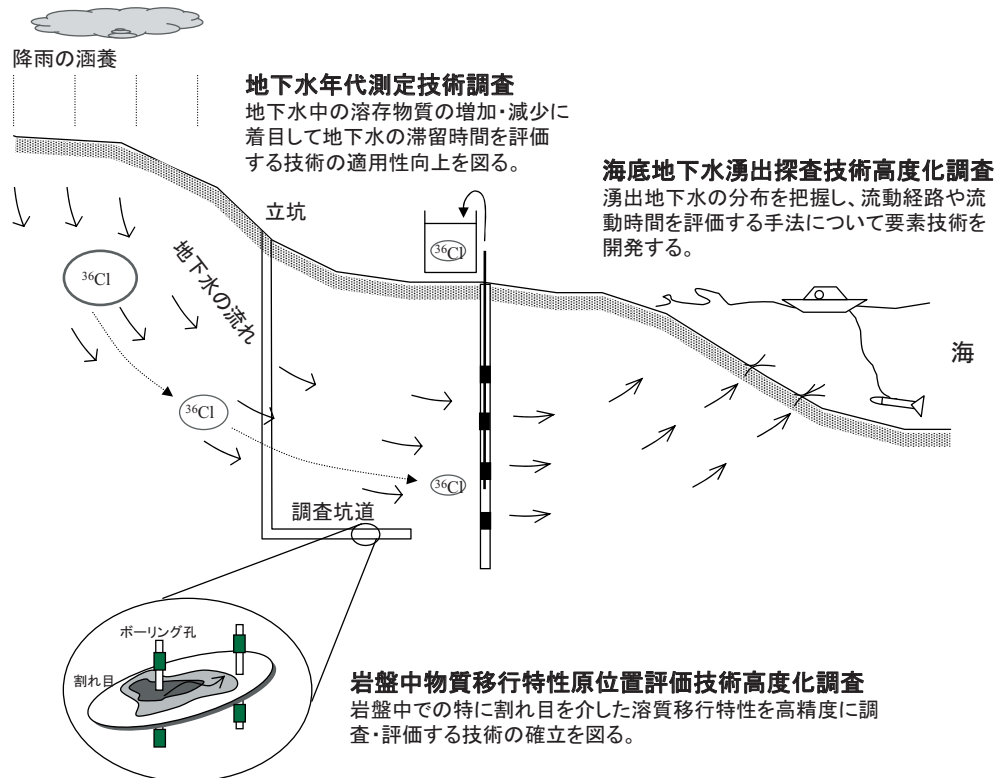
HCD-1/2孔跡図



コントロール掘削・調査システムフロー



岩盤中地下水移行評価技術高度化開発



背景:

放射性廃棄物の地層処分においては、**非常に遅い**地下水流速の評価が必要とされる。現状の計測技術では、この遅い流速の計測は**困難**なため、天然の放射性同位体に着目した**地下水年代評価法**が有望とされている。

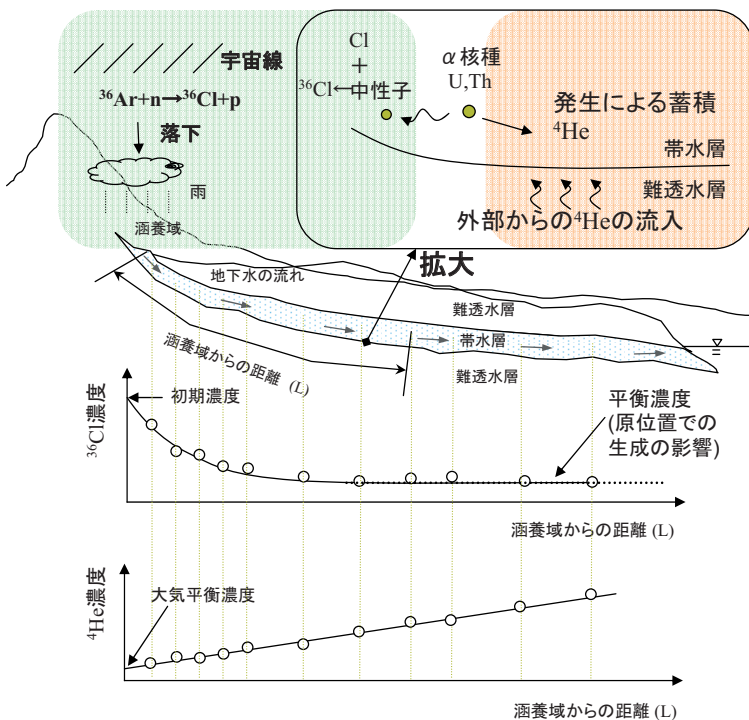
目的:

高レベル放射性廃棄物処分の安全評価において重要な**百万年程度**の**地下水年代**を評価可能な手法を整備し、原位置で検証する。

地下水年代測定の方法

³⁶Clの年代測定

⁴Heの年代測定



天然中に存在する放射性物質の壊変に伴う濃度の減少や壊変に伴う物質の生成に着目して、地下水の古さを評価する方法

³⁶Clの年代測定

壊変による濃度の低減に着目して地下水の年代を推定

$$^{36}\text{Cl年代} = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{C - C_{eq}}{C_0 - C_{eq}}\right)$$

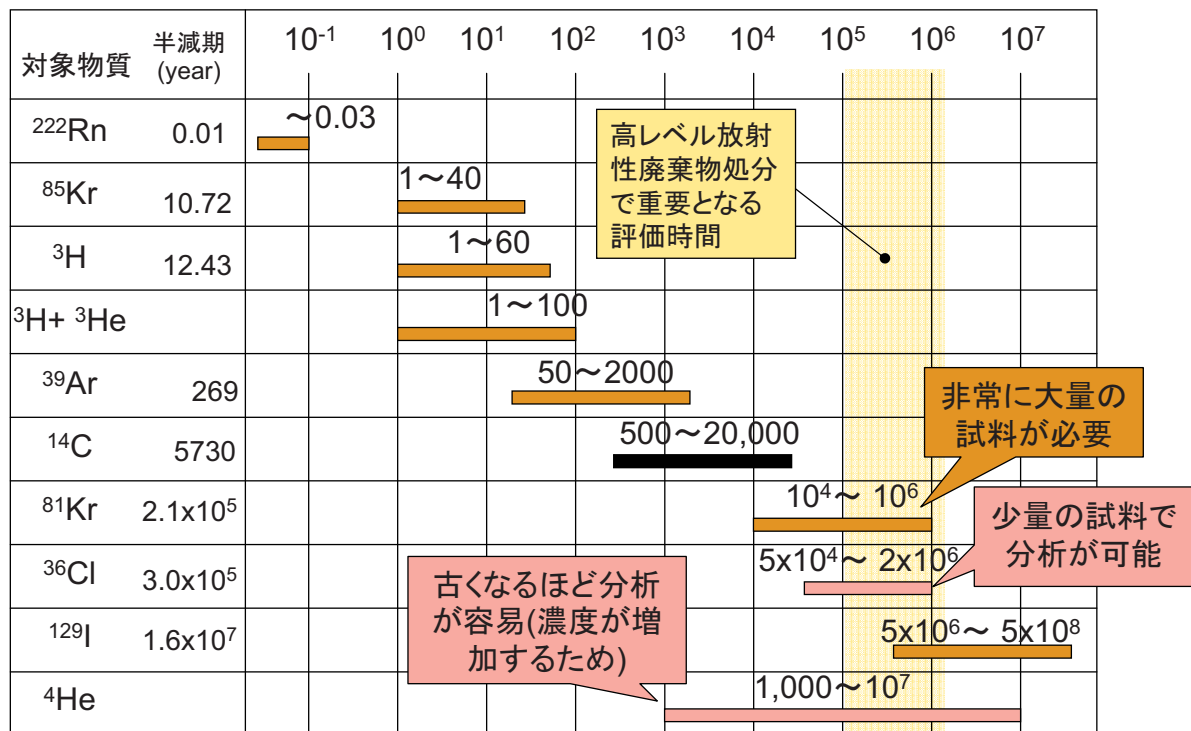
ここに、 C_0 は初期濃度、 C_{eq} は平衡濃度、 λ は崩壊定数である。

⁴Heの年代測定

地盤内で発生する⁴Heの蓄積量から地下水の年代を推定

He年代 = He蓄積量 / ヘリウム発生速度
 ヘリウム発生速度 = UとThの崩壊による発生 + 外部からの流入

年代測定法と測定できる年代の範囲

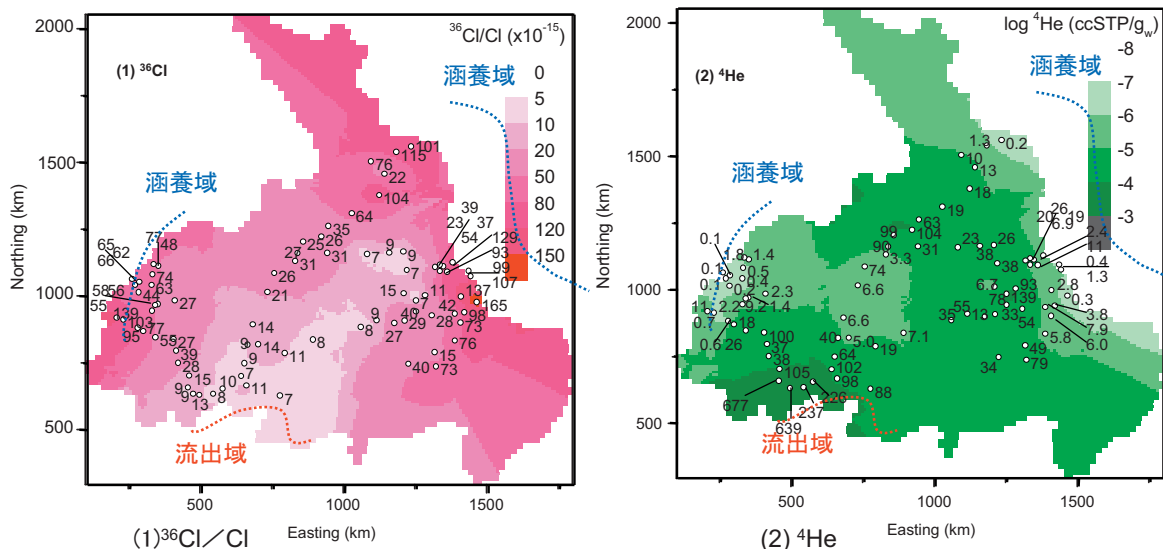


オーストラリア大鑽井盆地における 地下水年代の調査結果

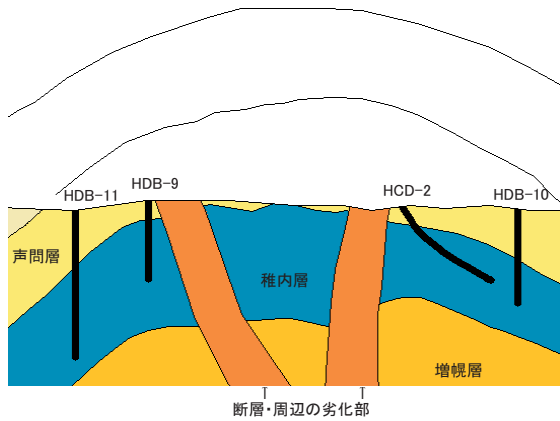


目的: 百万年程度を評価できる³⁶Clと⁴Heによる地下水年代測定法の検証
調査の利点

- 1) 流動経路が千キロ以上(地下水流速1m/yで百万年以上)
- 2) 被圧帯水層かつ大鑽井盆地が乾燥帯に属する(涵養域が明確)
- 3) 地層構成、地下水流動状況が良く把握されている。

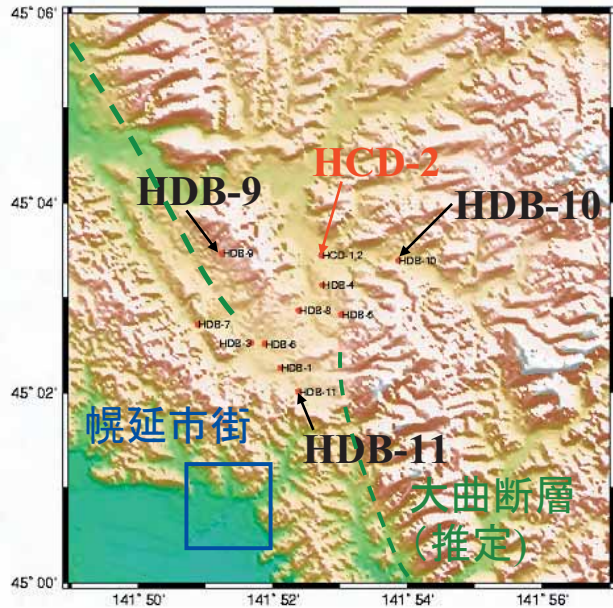


国内での適用性検討(幌延)



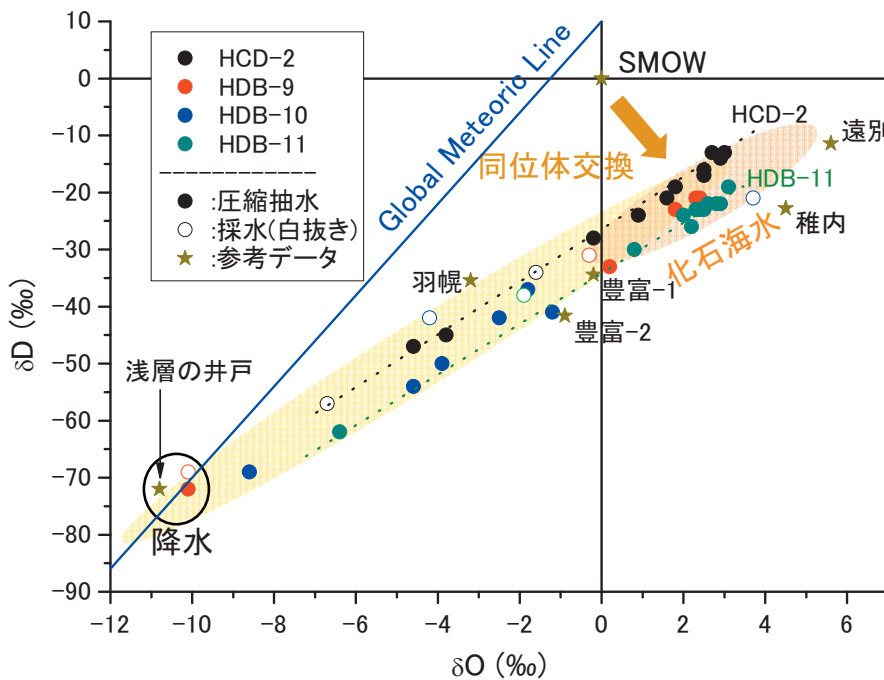
(2)概略地質概念図

出典:国土地理院 50mメッシュ 日本-I



(1)調査したボーリング孔(H16年度掘削孔)
HDB-9~11(核燃料サイクル開発機構)
HCD-2(電中研:コントロールボーリング)

水素・酸素同位体比による 地下水起源の検討



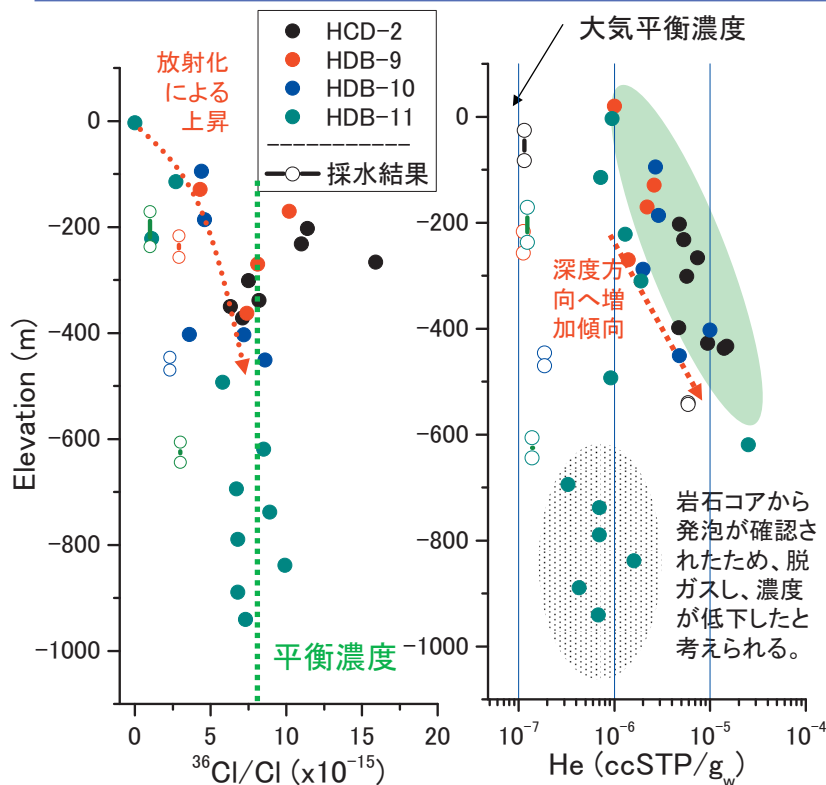
エンドメンバー

- ・降水 (天水線、浅層井戸水に近い)
- ・化石海水 (海水が同位体交換したものの、近隣の温泉の結果と類似)

地下水の形成

降水と化石海水(堆積時に閉じこめられた海水が同位体交換したものが混合して地下水が形成されている。
HCD-2とHDB-11では異なるラインにのる。

幌延における調査結果



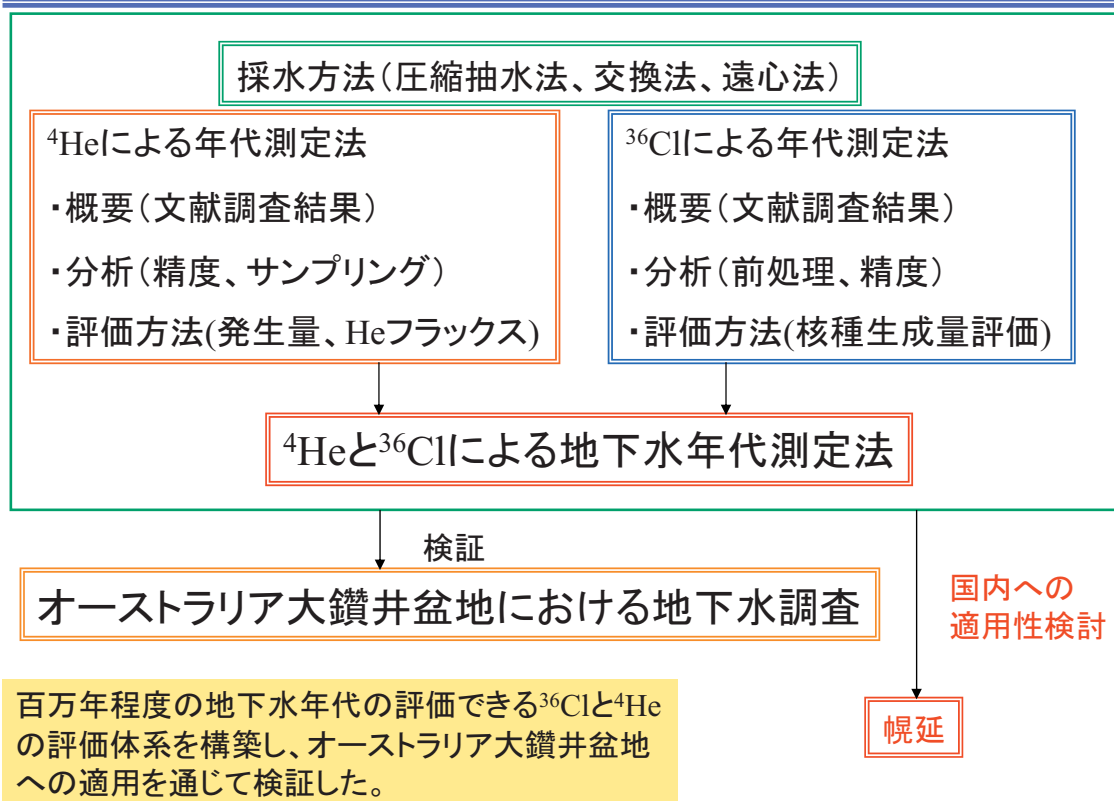
4本のボーリングについて岩石コアによる ^{36}Cl と ^4He による調査を実施し、その適用性を検討した。

^{36}Cl は地盤内での放射化により深部に向けて濃度が上昇し、放射平衡に達している。

^4He は、深部に向けて濃度の上昇が見られる。この値は大気平衡濃度より1桁以上高く深部の地下水の滞留時間は長いと考えられる。

このため、深部の地下水は数百万年の滞留時間を持つと考えられる。

地下水年代測定法の提案



*コントロールボーリング掘削、調査技術

掘削、調査の機器開発

: 孔曲げ掘削機器、コアリング機器、LWD、MWD、
透水・採水、力学・応力、モニタリング機器

掘削・調査システムの構築

現地適用性検討

HCD-1/2 北進地区、新第三紀堆積岩、孔長706m、最終傾斜64度(-H17)

HCD-3 上幌延地区、大曲断層、孔長800m、最終傾斜90度(H18-)

→ 掘削・調査技術の体系化(掘削・調査・評価フローの構築)

*地下水年代測定技術

4Heと³⁶Clを併用した信頼性の高い地下水年代測定の提案

オーストラリア大鑽井盆地での適用性の確認

国内(幌延および瑞浪)での適用性検討

→ 地下水年代を中心とした総合的な地下水流動評価法の確立

塩淡水境界面の形状把握と 長期予測に関する研究

平成19年3月5日

独立行政法人 産業技術総合研究所

地圏資源環境研究部門

丸井 敦尚

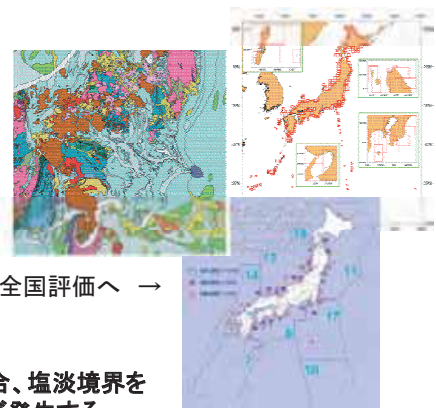
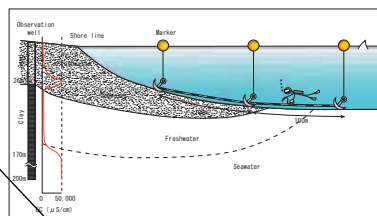
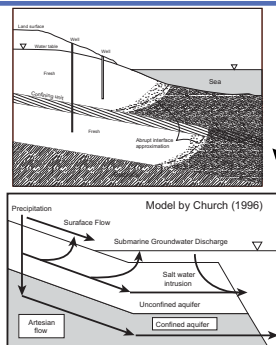
発表内容



- 研究開発の枠組み
 - － 研究目標と研究の流れ
- 研究開発の成果
 - － 地下水観測による塩淡水境界形状の変化
 - － 物理探査による塩淡水境界形状把握
 - － データベースによる研究成果の適用範囲
 - － 地下水流動解析と現地観測結果の比較
- 今後の研究開発
 - － 深部不動地下水領域の評価法開発
 - － 沿岸域潜在断層評価技術の高度化
- まとめ

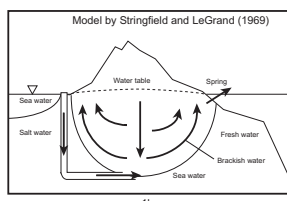
- **研究開発の枠組み**
 - 研究目標と研究の流れ
- **研究開発の成果**
 - 地下水観測による塩淡境界形状の変化
 - 物理探査による塩淡境界形状把握
 - データベースによる研究成果の適用範囲
 - 地下水流動解析と現地観測結果の比較
- **今後の研究開発**
 - 深部不動地下水領域の評価法開発
 - 沿岸域潜在断層評価技術の高度化
- **まとめ**

沿岸域の地下水研究と塩淡境界



← 帯水層型
塩淡境界

メータ・データを準備し、全国評価へ →



← 密度流型
塩淡境界

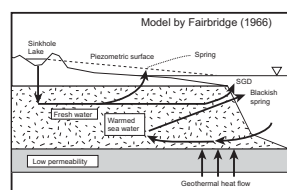
海底に地下水が湧出する場合、塩淡境界を形成し上向きの地下水流動が発生する。

+

塩淡境界を形成する事例として、このほかに超長期間かけて封じ込められた地層に支配される塩淡境界の存在も報告されている。

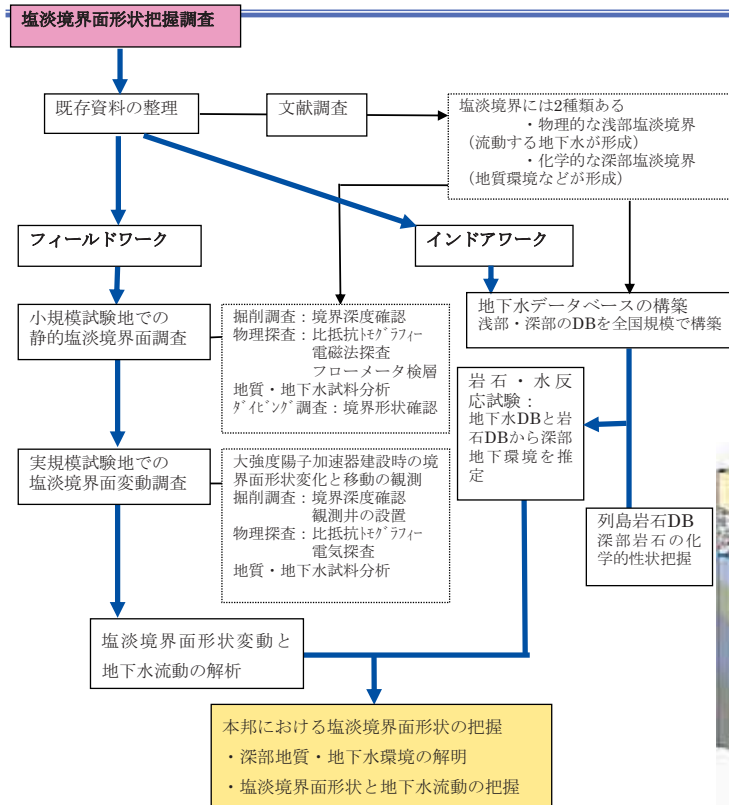
↓

処分研究に関しては、低移動性・低温の長期的に安定した領域が求められる。



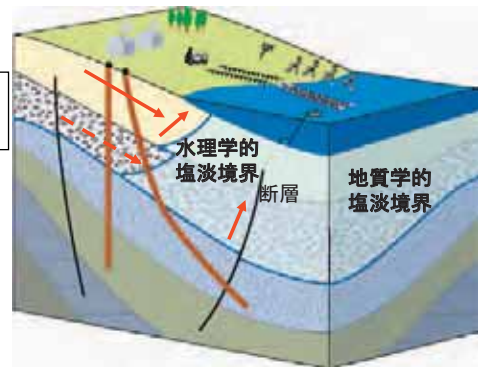
← 熱対流型
塩淡境界

産総研ではこれまで、海底湧水調査を利尻・蓮沼で、物理探査調査を蓮沼・東海で、地下水観測をそれらの全域で実施し、塩淡境界の物理性に関する研究を実施してきた。



現在の塩淡水境界面形状を把握する→水理学的塩淡水境界の物理性(平衡)とその場での地下水の上向き流動成分を把握する

地質によって支配される塩淡水境界は海水準や地下水流動の変化で変形するか→長期予測(2nd STは深部の不動拡散領域)



発表内容

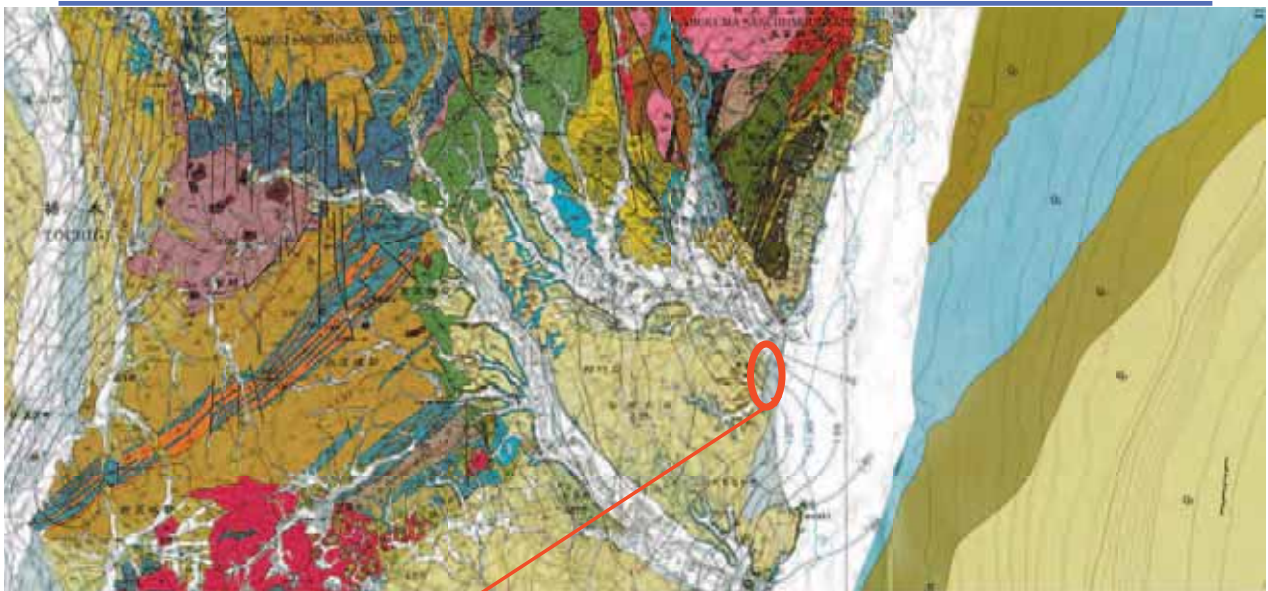
- 研究開発の枠組み
 - 研究目標と研究の流れ
- 研究開発の成果
 - 地下水観測による塩淡水境界形状の変化
 - 物理探査による塩淡水境界形状把握
 - データベースによる研究成果の適用範囲
 - 地下水流動解析と現地観測結果の比較
- 今後の研究開発
 - 深部不動地下水領域の評価法開発
 - 沿岸域潜在断層評価技術の高度化
- まとめ

試験地の空中写真



2005年2月日本原子力研究所撮影

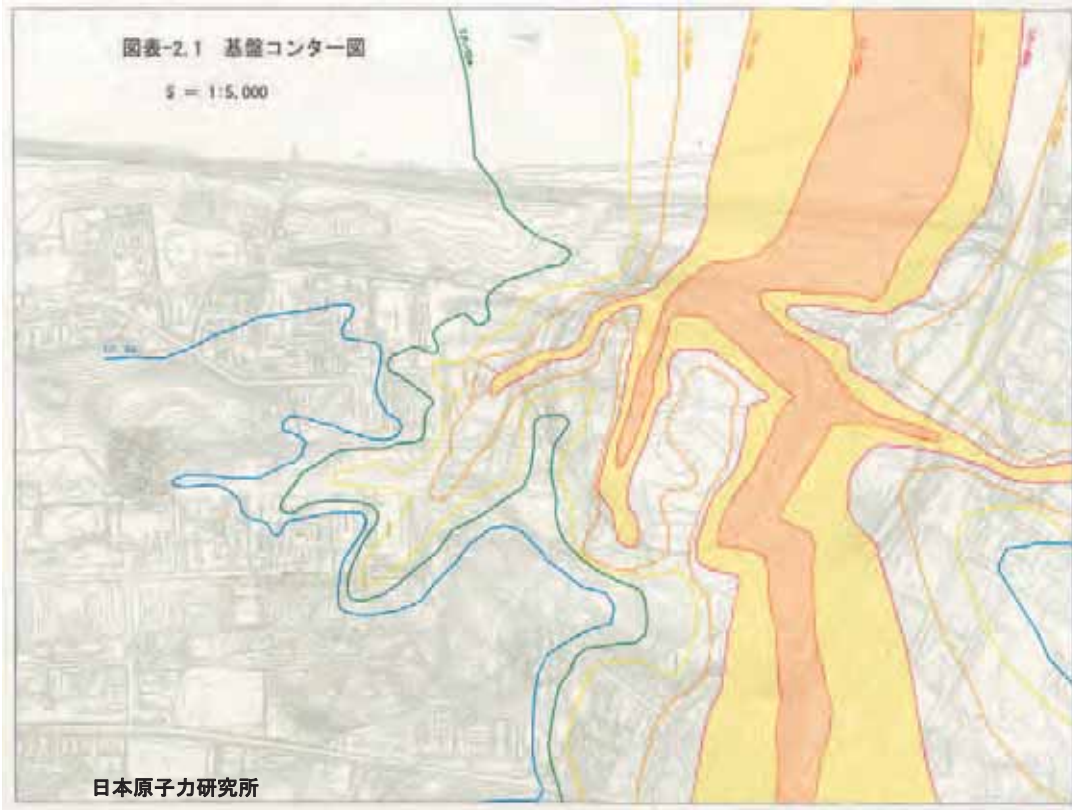
試験地の地質



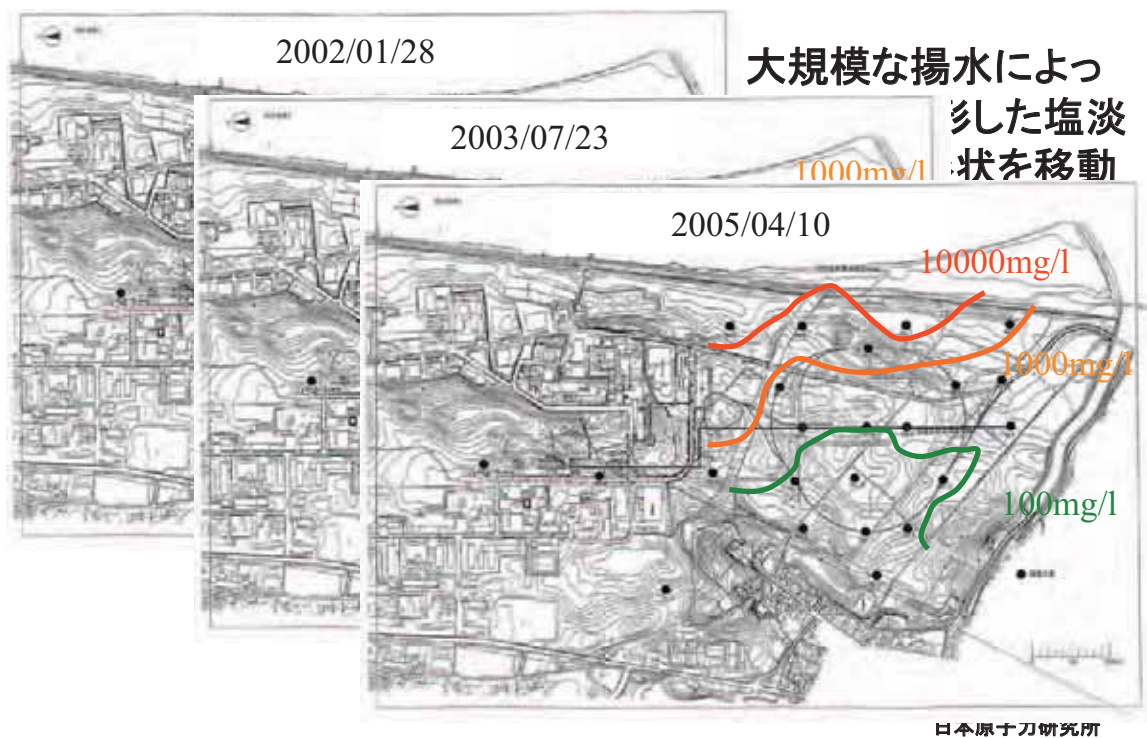
研究地域



地質調査所



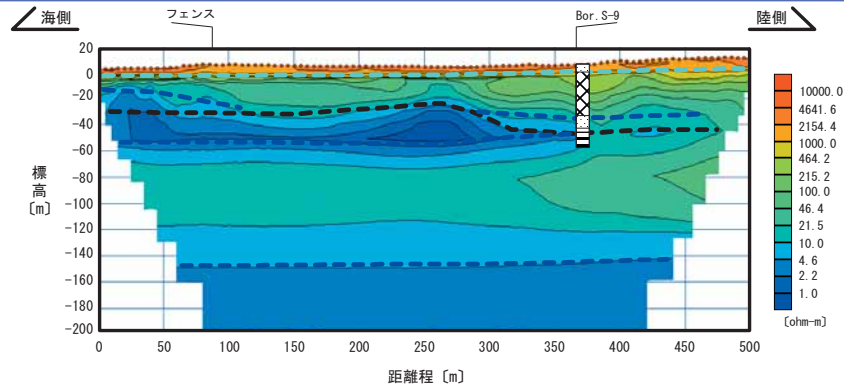
塩淡境界面の移動と形状把握



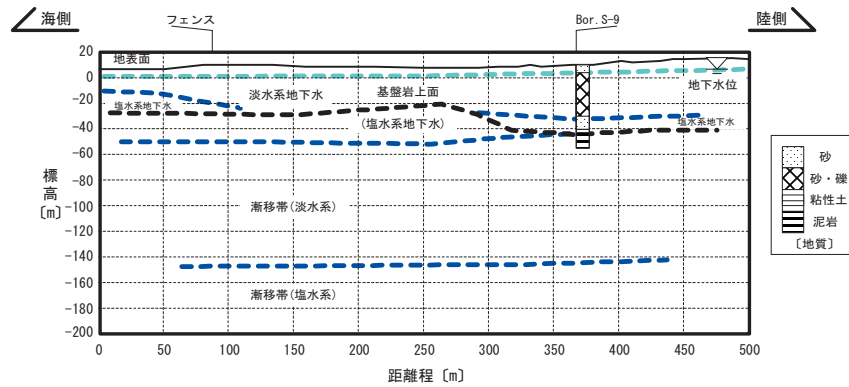
電気探査による塩淡境界面形状把握



解析結果



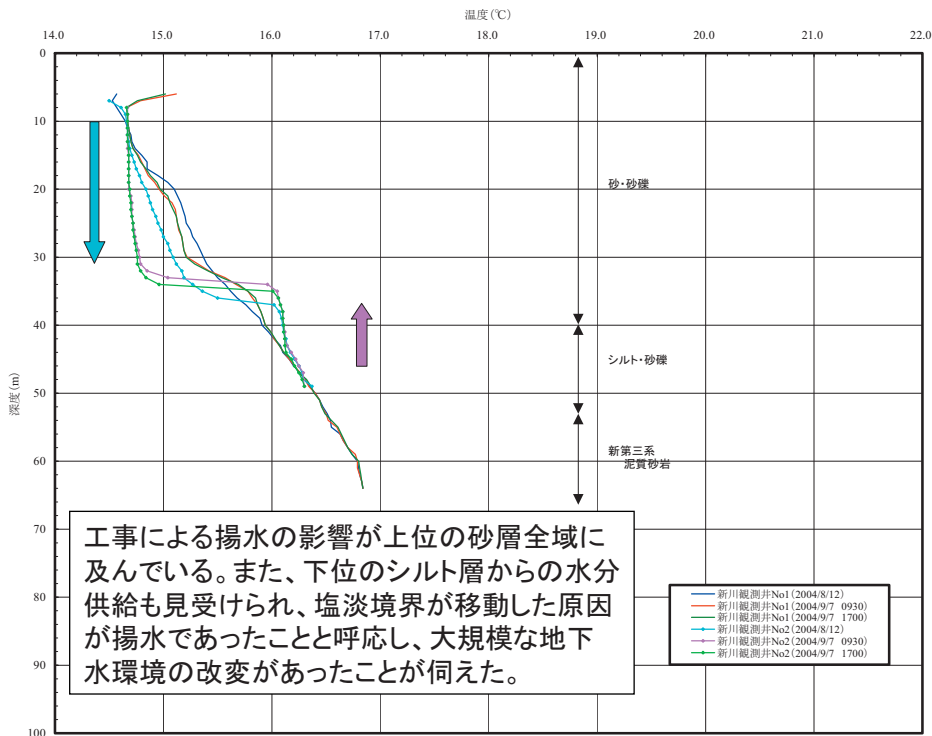
解釈結果



地下水観測 (温度プロファイル)



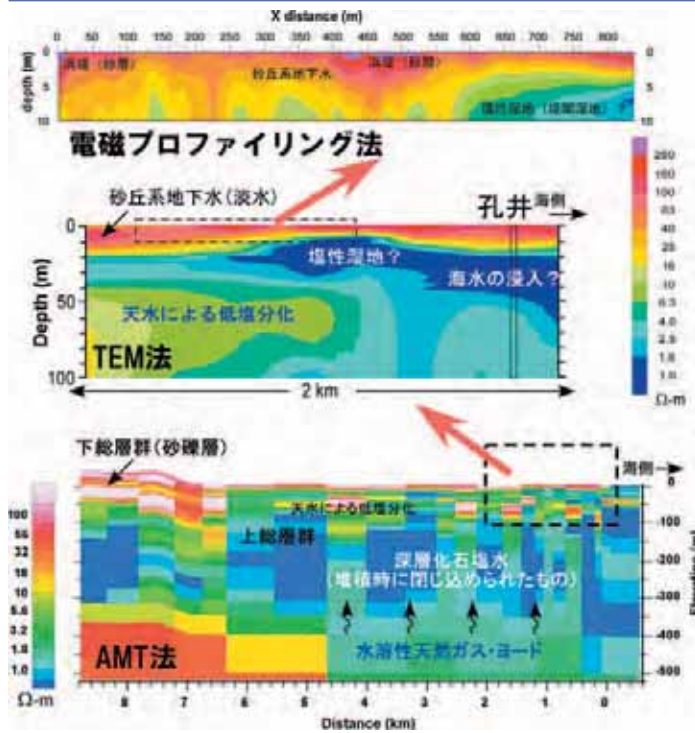
M9-新川観測井



工事による揚水の影響が上位の砂層全域に及んでいる。また、下位のシルト層からの水分供給も見受けられ、塩淡境界が移動した原因が揚水であったことと呼応し、大規模な地下水環境の改変があったことが伺えた。

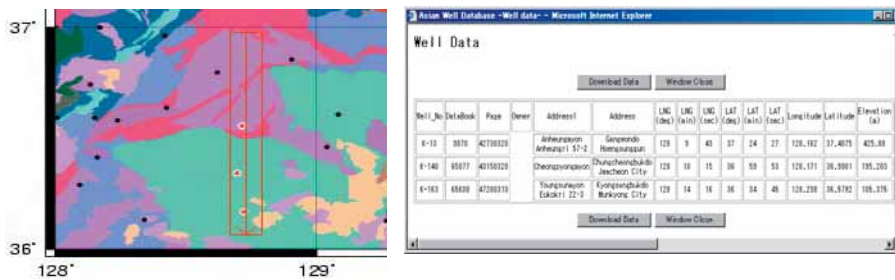
- 新川観測井No1 (2004/8/12)
- 新川観測井No1 (2004/9/7 0930)
- 新川観測井No1 (2004/9/7 1700)
- 新川観測井No2 (2004/8/12)
- 新川観測井No2 (2004/9/7 0930)
- 新川観測井No2 (2004/9/7 1700)

物理探査手法の統合化

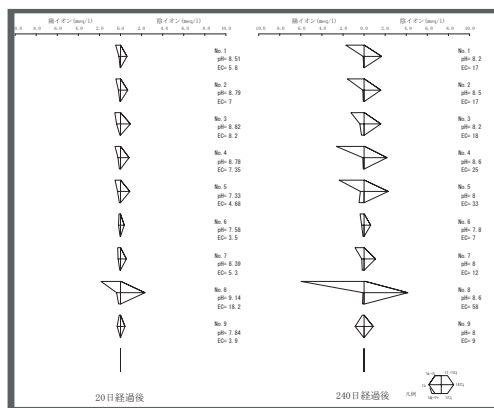


各種の電磁探査法により推定された比抵抗の深度断面図。中段のカラースケールはTEM法と電磁プロファイリング法の比抵抗断面図に共通で、下段に示したカラースケールはAMT法の比抵抗断面図のものである。

データベースによる適応地評価

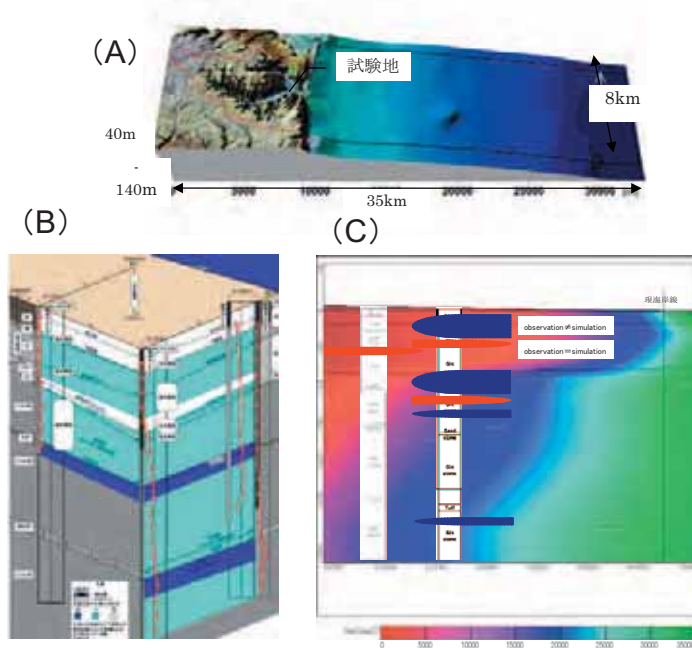


↑地下水データベースの一例、地質図とのオーバーレイにより対象地域の適応性について具体的に議論できる。



←丹波帯Ⅱ型地層群構成岩石を用いた岩石水反応試験の結果、240日後にはほぼ飽和している。

統合化した地下水流動解析



研究成果の統合化、(A)は解析領域（本研究対象地域）の概略を示す。(B)は物理探査で得られた地質構造にボーリング調査結果と地下水試料分析結果を重ね、塩淡境界面を3次的に示した。この結果、図中青く示した深度100mと170m付近に明瞭な塩水の侵入が見られた。(C)は地下水流動解析結果と地下水の長期観測結果による塩淡地下水侵入を示したもので、暖色が淡水・冷色が塩水領域を示す。とりわけ潮汐や周辺工事の影響を受けなかった深部において、(B)によく対応した2つの塩水侵入が観測され、流動解析において示した圧力分布（塩水侵入領域）ともよく合致した。このように結果を統合することで、塩淡境界の形状や地下水の実流動さらには水理地質構造との関連が明確になった。

発表内容

- 研究開発の枠組み
 - ― 研究目標と研究の流れ
- 研究開発の成果
 - ― 地下水観測による塩淡境界形状の変化
 - ― 物理探査による塩淡境界形状把握
 - ― データベースによる研究成果の適用範囲
 - ― 地下水流動解析と現地観測結果の比較
- 今後の研究開発
 - ― 深部不動地下水領域の評価法開発
 - ― 沿岸域潜在断層評価技術の高度化
- まとめ

深部不動地下水領域の評価法開発

安全で安心できる処分を担保するための地下水研究

- 長期的な海水準変動や地球環境変化予測に対応した塩淡境界位置の移動予測(時間軸を加味した広域地下水流動解析)
- これに伴い深部地下水の移動する可能性がある領域を評価する(現位置における井戸を使った水理試験)

沿岸域潜在断層評価技術の高度化

地下水の選択的上昇流動に関与する水理地質構造を的確に把握する

- 海域と陸域の連続的な構造理解(特に断層構造)
- 電磁探査・電気探査・弾性波探査などの統合化技術確保

深部不動地下水領域の評価法開発

沿岸域潜在断層評価技術の高度化

二課題(地下水・物理探査)について沿岸域の問題点を抽出し、現位置試験を実施する。

⇒研究を体系化してとりまとめ

積極的な連携・技術移転

- ・これまでに実施されてきた沿岸域研究に関する課題(海底湧出調査など)との連携
- ・先行する処分研究(瑞浪・幌延)との連携
- ・現位置試験をする場合の地域研究機関との連携

これまでの研究では、
塩淡境界面の形状と移動の様子を試験地における実証試験により観測することができた。また、これをとらえるための地下水観測手法や物理探査手法を複数確認することができた。

塩淡境界面およびその形状にしたがって流動する地下水を試験地での実証試験により観測することができた。さらに、この現象を統合的な地下水流動解析手法により確認することができた。

長期的に見て地形、気候(降水量)、海水準などが変化するときの塩淡境界面の形状変化を予測するための実証的な要素データを取得することができた。

これからの研究においては、
塩淡境界面形状と地下水流動の観測などから沿岸域における地下水環境を把握し、長期的に安定した地下水の不動領域を評価する技術を獲得する。

浅海域の物理探査技術を向上させ、陸域から海域までを総合的に把握し、断層など処分計画に重要な地質構造を高精度に評価する技術を確保する。