



幌延深地層研究計画—地上物理探査

核燃料サイクル開発機構 幌延深地層研究センター

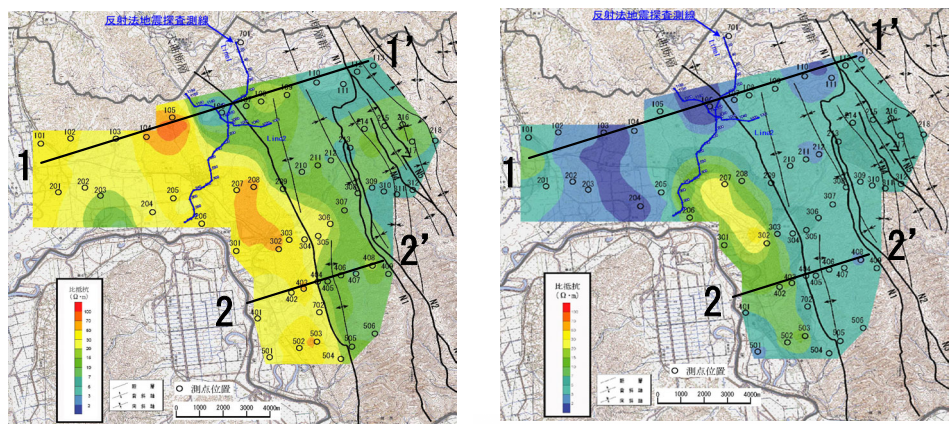
浴 信博

平成13年度は、研究所設置地区を選定する資料とするために、既存資料に基づき、対象となる地層が500m程度の深さに十分な厚さをもって分布すると推定される区域において、空中物理探査、地上電磁探査を実施した。

平成14年度は、研究所設置地区及びその周辺地区において反射法地震探査、VSP探査を実施し、地質構造をより詳細に推定するデータを取得した。

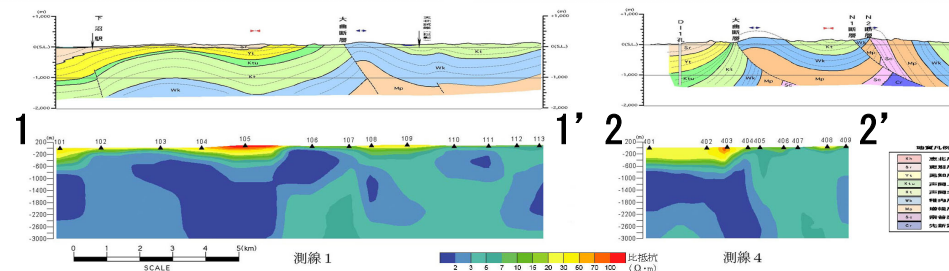
地上電磁探査 (MT, AMT法)

比抵抗構造は大曲断層西側の砂岩、礫岩を主体とする更別層、勇知層と東側の泥質岩を主体とする声問層、稚内層、増幌層(上部泥岩層)と明瞭な比抵抗コントラストがある。



比抵抗平面図(海拔0m)

比抵抗平面図(海拔500m)



比抵抗断面図

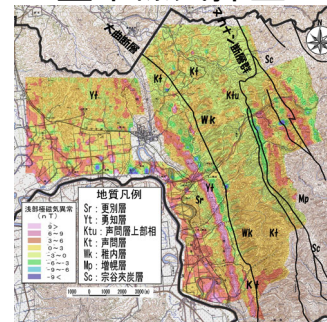
空中物理探査

砂岩、礫岩を主体とする更別層、勇知層の分布域は高比抵抗を示す。泥質岩を主体とする声問層、稚内層、増幌層(上部泥岩層)分布域は低比抵抗を示している。

探査状況

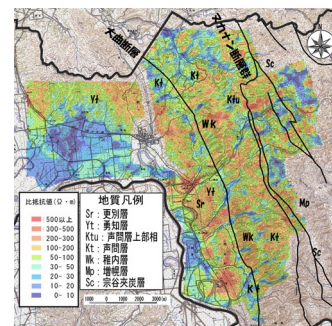


空中磁気探査

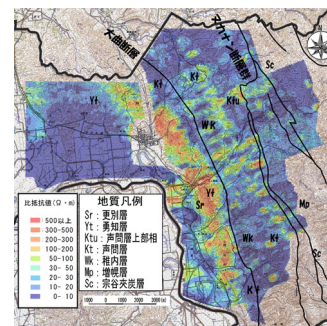


傾向面解析図

空中電磁探査



見掛比抵抗分布図(20m深度)

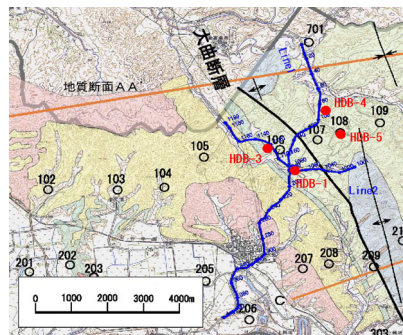


見掛比抵抗分布図(100m深度)

反射法地震探査

HDB-1孔の南側では、南傾斜の連続性の良い強反射面が幌延市街地の地下まで確認できる。一方北側では、緩い北傾斜の連続性の悪い反射面が見られ、このHDB-1孔~HDB-4孔にかけての不連続部分は、大曲断層の影響による可能性があり、今後、試錐調査等のデータを用いて地質構造等を推定する予定である。

探査状況

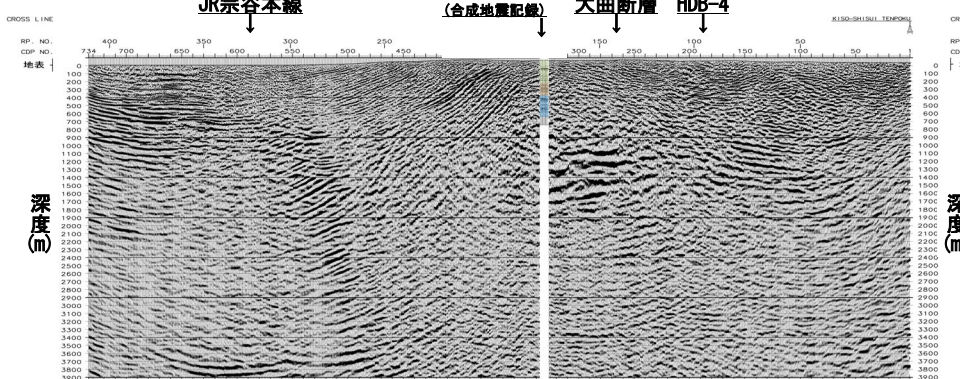


測線図



Line-1

Line-2



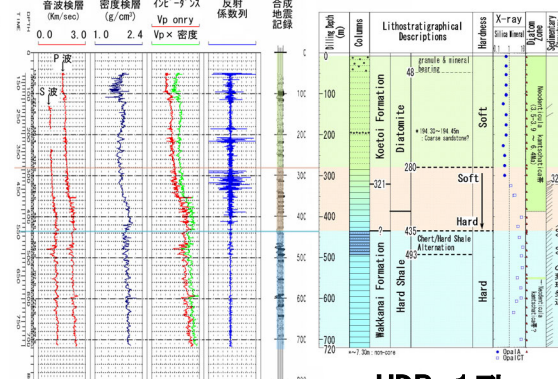
南南西

深度断面図

北北東

西

東



HDB-1孔

合成地震記録と柱状図



幌延深地層研究計画—地質・地質構造

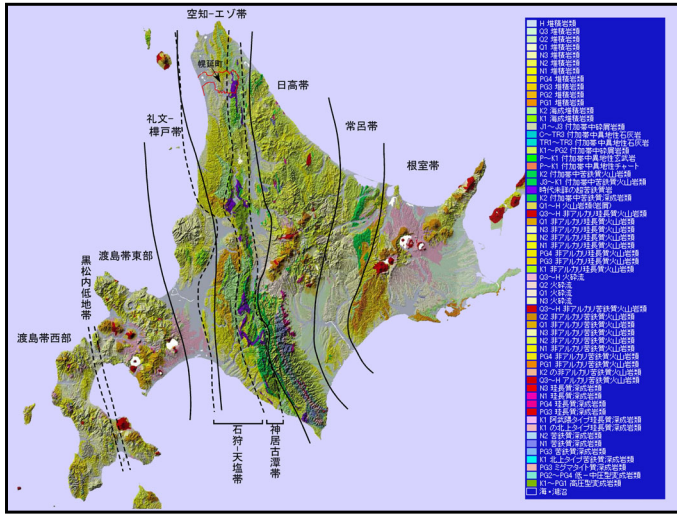
核燃料サイクル開発機構

幌延深地層研究センター

守屋 俊文, 藤島 敦

社内公募型研究推進室

佐藤 治夫

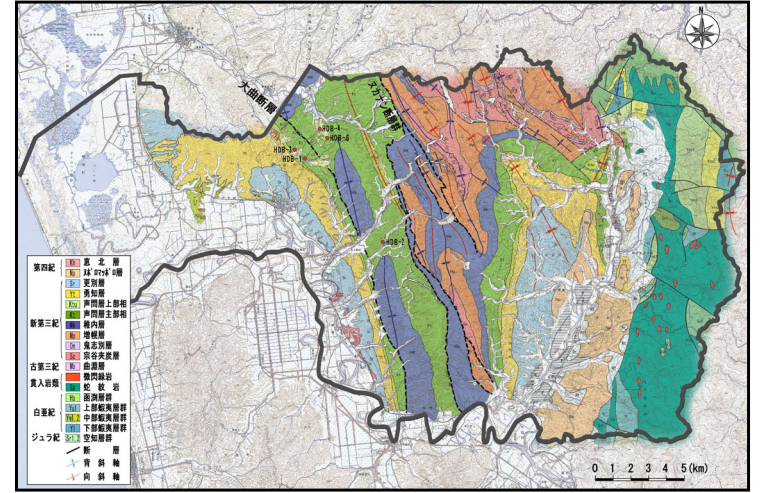


*北海道地質ガイド, 産業技術総合研究所 地質調査所 (2001) に加筆。

【北海道の地質】

- ・天塩堆積盆では、新第三紀中期中新世以降の堆積岩が約3,000~5,000mの厚さで、基盤岩である白亜系や古第三系を不整合に覆う。南北方向の褶曲や断層が発達し、町内中央部には落差数百m~千数百mの東傾斜の逆断層と推定されている大曲断層及びヌカナン断層群が発達する。
- ・新第三紀の地層は下位から、宗谷夾炭層、増幌層、稚内層、声問層、勇知層、更別層であり、幌延深地層研究計画では増幌層(上部泥岩層)、稚内層、声問層を対象とし、調査研究を進めている。

- ・北海道の中央部を浦河から樺太まで伸びる神居古潭帯の西側には、新第三紀中期中新世の日本海盆や千島海盆の拡大、さらには後期中新世以降に開始した千島弧の西進などに関連して発達した堆積盆が、東西約50km、南北約400kmにわたり分布する。
- ・この堆積盆は石狩-天塩帯と称され、宗谷岬から羽幌町付近までの天塩堆積盆とそれ以南の石狩堆積盆の2つに大きく分けられる。
- ・幌延町東部の問寒別川よりも東側には神居古潭帯が分布し、その西側には天塩堆積盆が広がる。

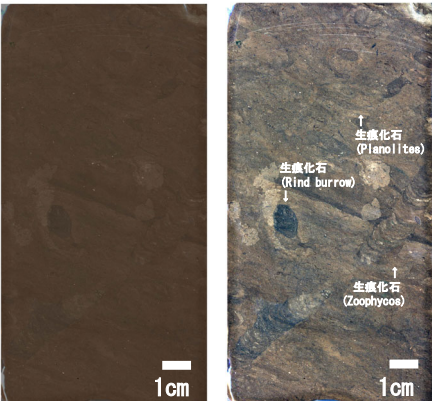


【幌延町の地質】

声問層(珪藻質泥岩)

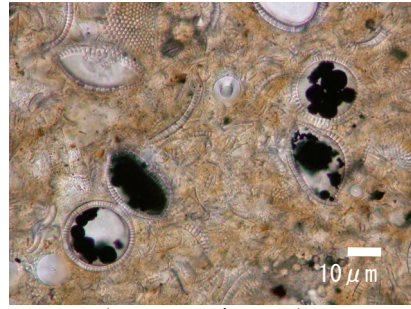
- ・珪藻質泥岩を主体とする層厚約800mの海成層で、下位の稚内層を整合に覆う。
- ・Neodenticula kamschatica帯(6.4~3.5/3.9Ma)の珪藻や海綿骨針などの生物遺骸からなり(図2, 図4-1)、非晶質の珪酸(オパールA)を主体とする(図3)。
- ・半深海性の生痕化石が発達しており(図1)、珪藻化石や生痕化石内には特徴的にフランボイダル状黄鉄鉱が晶出する(図3, 図4-3)。

○コア写真(図1)



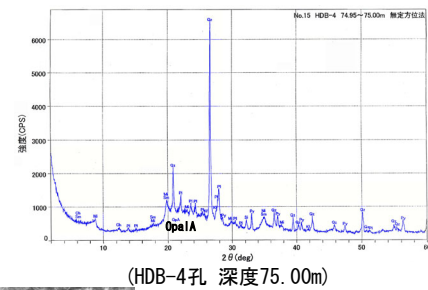
左図: コアを半割りにした面の写真。
右図: 左図のコントラスト等を高め、岩相を強調した写真。(HDB-4孔 深度79.60~79.75m)

○光学顕微鏡写真(図2)



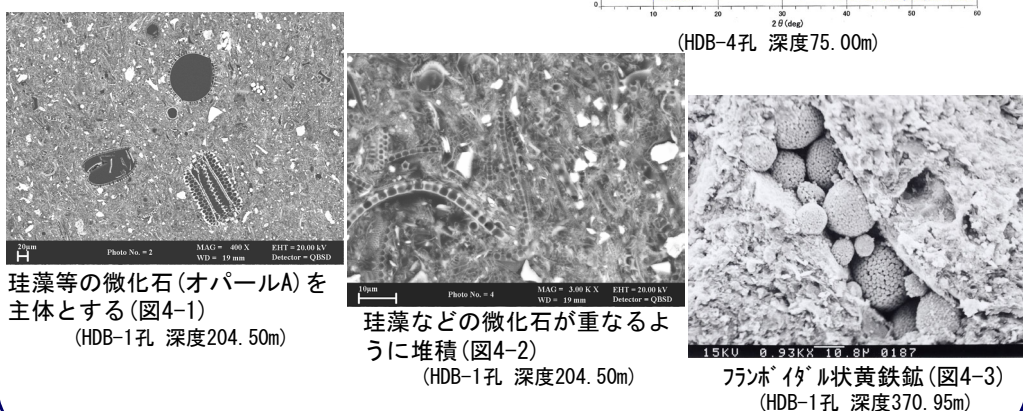
(HDB-1孔 深度31.00m)

○粉末X線回折結果(図3)



(HDB-4孔 深度75.00m)

○電子顕微鏡写真(図4)



珪藻等の微化石(オパールA)を主体とする(図4-1)
(HDB-1孔 深度204.50m)

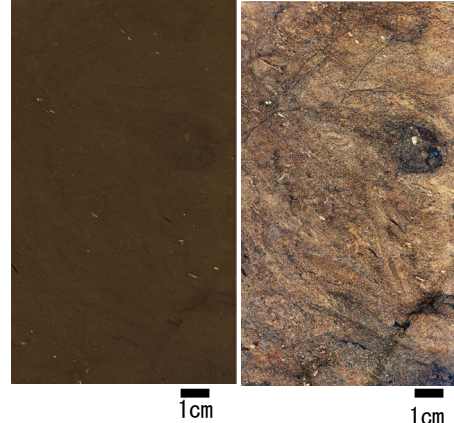
珪藻などの微化石が重なるように堆積(図4-2)
(HDB-1孔 深度204.50m)

フランボイダル状黄鉄鉱(図4-3)
(HDB-1孔 深度370.95m)

稚内層(硬質頁岩)

- ・硬質頁岩を主体とする層厚約400~1,000mの海成層で、下位の増幌層を不整合で覆う。
- ・声問層よりも続成変質が進んでおり、クリストバライトやトリディマイト(オパールCT)を主体とする(図3, 図4-1, 3)
- ・声問層よりも緻密で、空隙率は声問層の約65%から約35%まで減少する(図4-2)。
- ・二枚貝や巻貝、ウニなどの化石を多産し(図2)、ノジュールからはNeodenticula kamschatica帯(6.4~3.5/3.9Ma) ~ Rouxia californica帯(7.3~6.9Ma)の珪藻を産出する。

○コア写真(図1)



左図: コアを半割りにした面の写真。
右図: 左の写真のコントラスト等を高め、岩相を強調した写真。(HDB-4孔 深度516.40~516.58m)

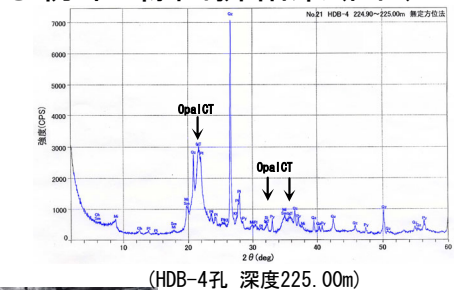
○軟体動物(図2)



ブンブクウニ
(HDB-1孔 深度710.90m)

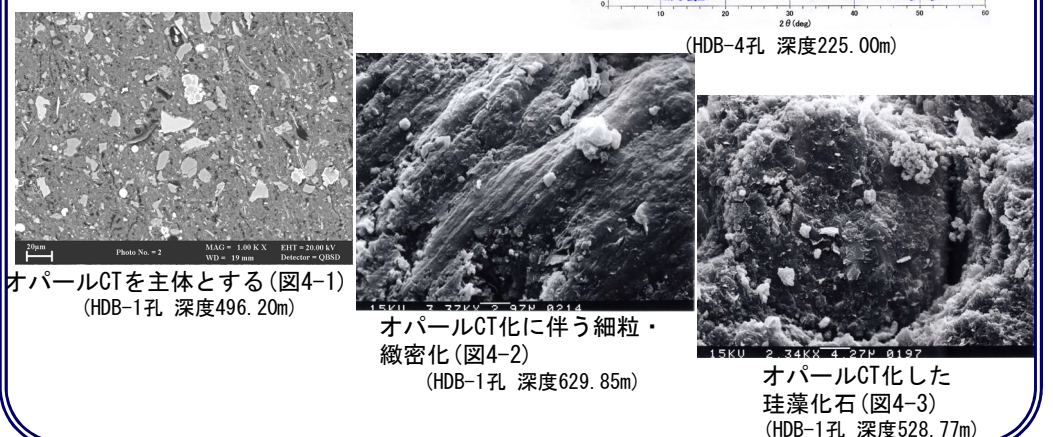
シロウリガイ
(HDB-1孔 深度717.55m)

○粉末X線回折結果(図3)



(HDB-4孔 深度225.00m)

○電子顕微鏡写真(図4)



オパールCTを主体とする(図4-1)
(HDB-1孔 深度496.20m)

オパールCT化に伴う細粒・緻密化(図4-2)
(HDB-1孔 深度629.85m)

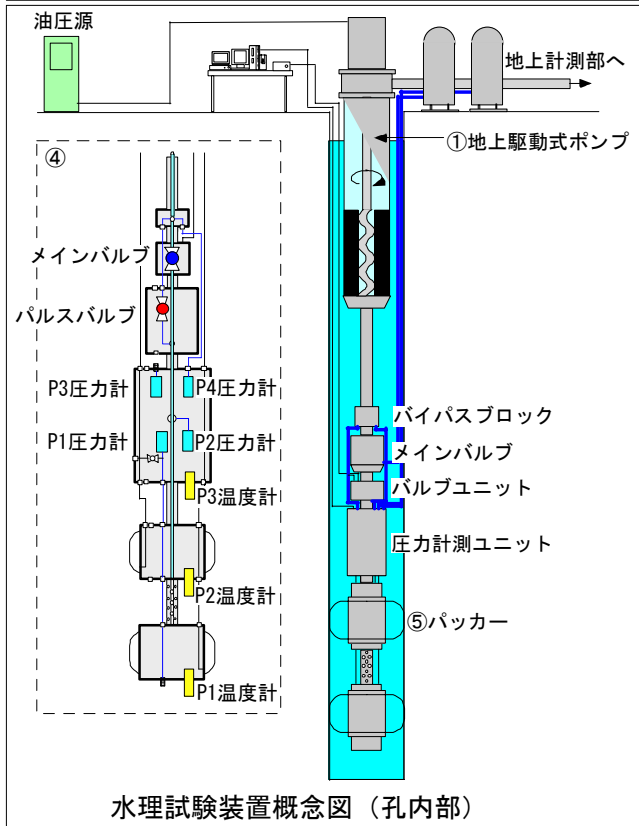
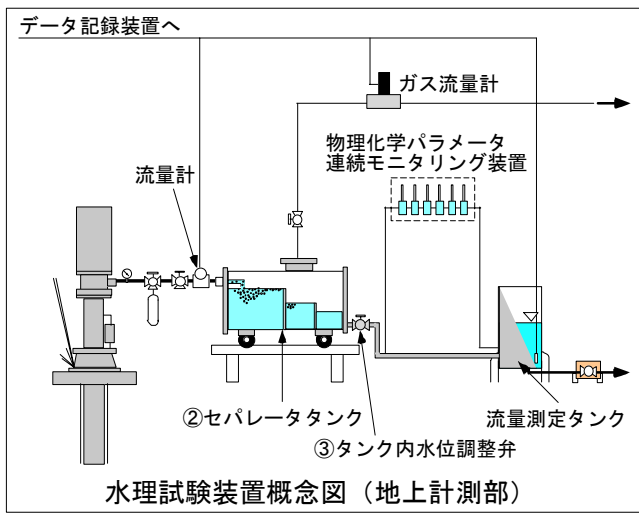
オパールCT化した珪藻化石(図4-3)
(HDB-1孔 深度528.77m)

調査技術開発と水理試験実施位置の選定について

核燃料サイクル開発機構 幌延深地層研究センター

竹内 竜史・國丸 貴紀

水理試験装置の改良



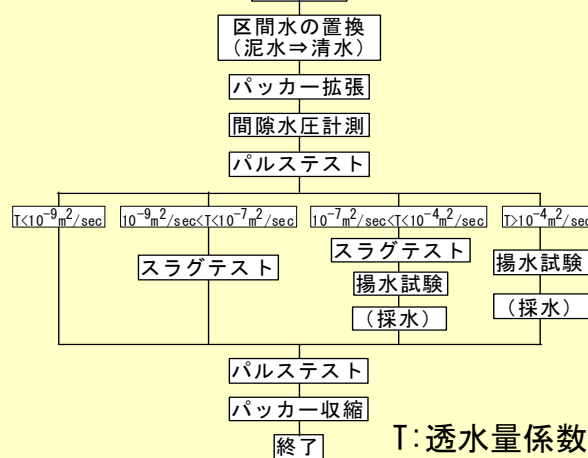
平成14年度の試錐調査では、幌延町の北西に位置する北進地区（研究所設置地区）において、施設の設計、地質環境の把握と地質環境モデルの構築に資するためのデータを取得した。さらに、調査技術開発の一貫として平成13年度の調査の結果をもとに幌延地域のように地下水中にガスが存在する場においても十分な水理試験が実施できるように水理試験装置の改良を行った。

試験装置の改良

ガスが溶存する条件で信頼性の高い水理試験を実施するため、既存の試験装置の改良を行った。主な改良点は以下の通り。

- ①ガス/水2相状態の水を、被圧条件下で揚水可能なポンプ機能
- ②ガス/水2相状態の地下水を分離するためのセパレータ
- ③安定したガス・水流量を計測するため、セパレータ内水位調整バルブ機能
- ④下部区間 (P1)、試験区間 (P2)、上部区間 (P3) および、メインバルブ上方のパイプ内 (P4) の圧力計測
- ⑤上下パッカーの個別拡張機能

水理試験の流れ



水理試験手順

水理試験手順は、水理試験装置設置後の最初のパルステストの結果を基に、その後の試験手順を選定する。(左図参照)

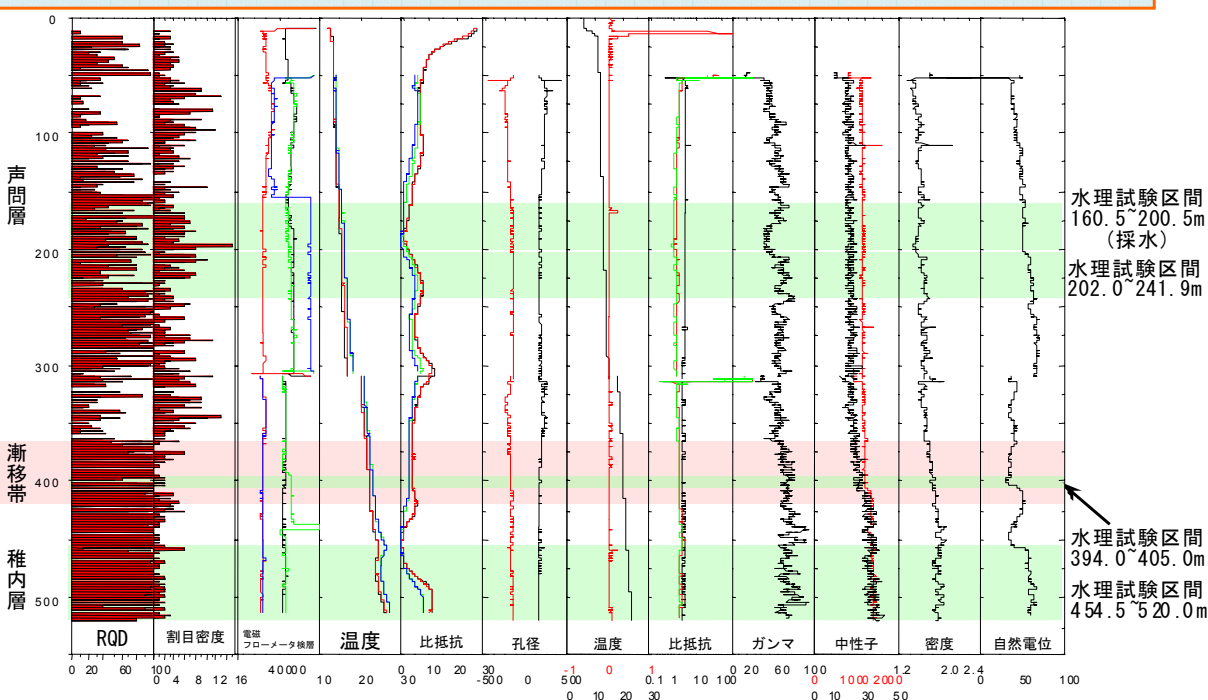
掘削水の影響の少ない地下水を短時間で得るために採水は、高透水性の場所で行実施 (健岩部 (難透水性の場所) については、岩芯からの間隙水の抽出を実施)

トレーサー濃度の低下量を基に掘削水の地下水への影響状況を確認

水理試験実施区間の選定

水理試験区間選定の基本

1. 地質学的ユニットの一般的な透水性の把握
2. 地質学的ユニットの一般的な地下水の把握
3. モデルを構築する上で考慮する可能性がある特異点 (例えば、逸水帯や湧水帯などの高透水性の場所)
4. これら特性の深度依存性/分布のばらつき把握



物理検層・電磁フローメータ検層結果 (HDB-3)

選定の具体的手順 (HDB-3孔を例として)

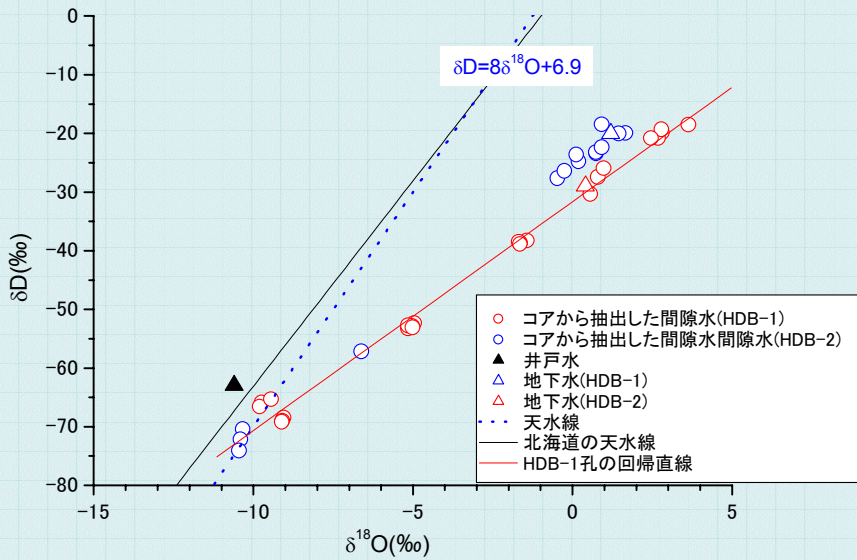
1. 地質学的ユニット (声問層・漸移帯・稚内層) の中で一般的と考えられる区間の選定
- 地質区分である声問層、稚内層をモデル化するために必要な各層の代表的な場所
- 声問層と稚内層の境界部に認められる漸移帯の透水性の把握
→ 声問層、漸移帯、稚内層での水理試験の実施
2. 比抵抗検層の結果において、周囲より低比抵抗な区間が認められる場所
- 掘削水とは異なる塩濃度の高い水が存在しており、地下水が湧水している可能性が示唆される
→ 地下水の採水
3. 電磁フローメータ検層、掘削モニタリングによる、孔内での流体 (地下水) の流入 (湧水) / 流出 (逸水) 区間の選定
- フローメータ検層、掘削モニタリングの結果からは、顕著な流入/流出区間は認められない
→ 特異点はなし

幌延深地層研究計画における水理・地球化学的調査

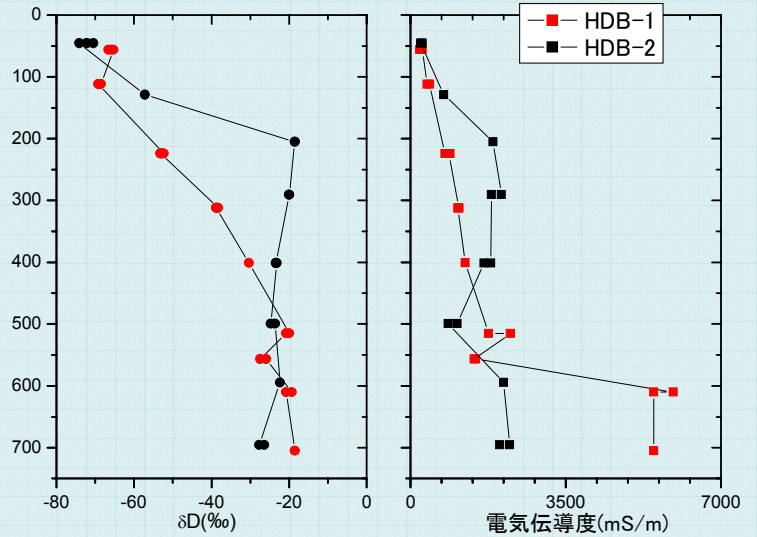
核燃料サイクル開発機構 幌延深地層研究センター

國丸 貴紀・竹内 竜史

地球化学的に見たHDB-1孔とHDB-2孔の違い



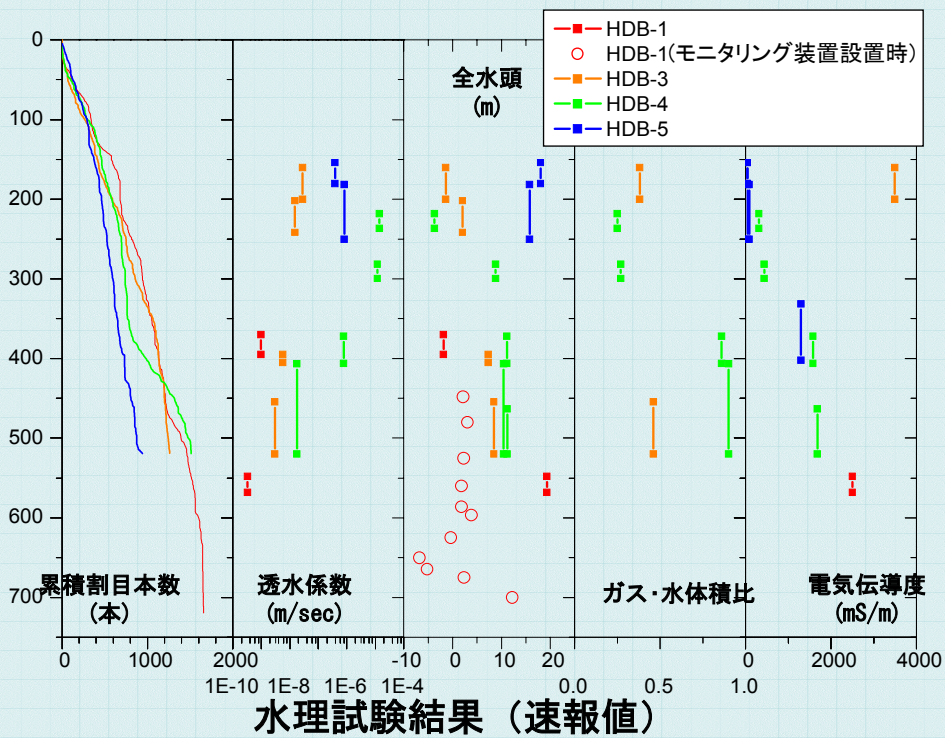
酸素同位体比 vs 水素同位体比



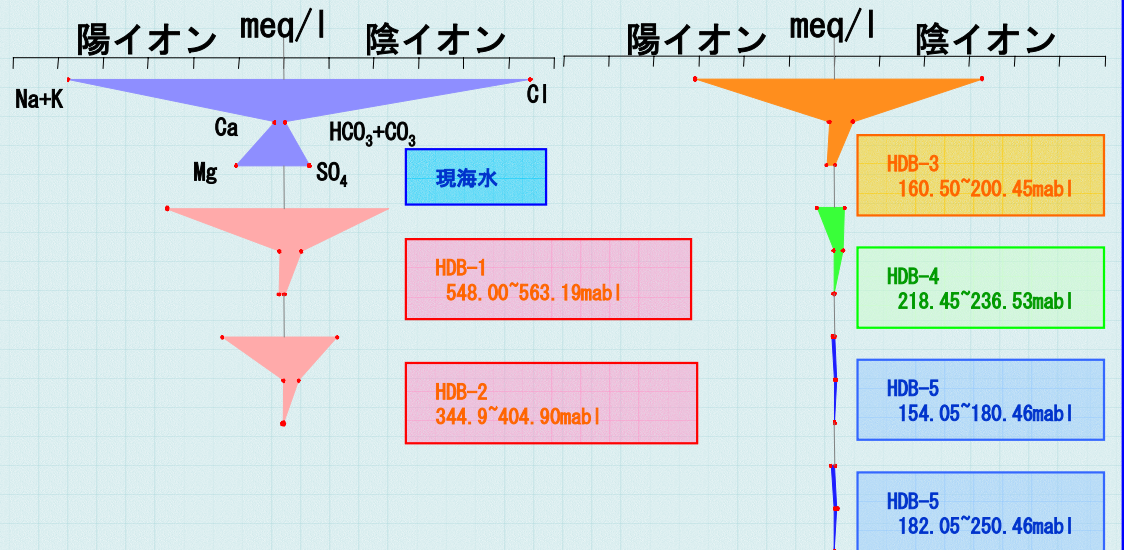
酸素同位体比と電気伝導度の深度変化

- HDB-1孔の深度50mの試料については、回帰直線からずれている
→表層部の地下水へは、起源の異なる水が流入している可能性がある
- HDB-1孔とHDB-2孔を比較した場合、HDB-1孔の方がHDB-2孔より深い深度まで希釈されている
→HDB-1孔がHDB-2孔より涵養的な場にあると考えられる(嶋田他, 2002)

平成14年度水理試験と地下水の水質に関する速報



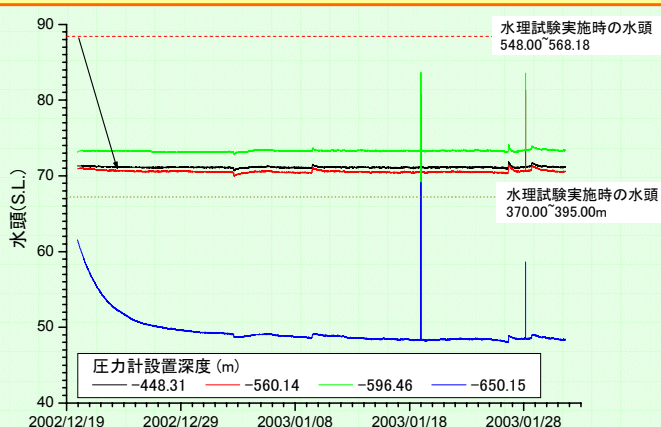
水理試験結果 (速報値)



ヘキサダイアグラム (速報値)

- HDB-4, 5孔では、試錐孔掘削時に逸水を確認したため水理試験を実施し高透水性を確認した
- 間隙水圧は静水圧に近い分布を示すが、深度200m以深では静水圧より高い傾向にある
- 透水係数は、深度が深くなるにつれて小さくなる傾向がある
- ガス・水体积比は、試錐位置や深度との相関は認められない
- HDB-3孔は、HDB-1, 2孔と同様に電気伝導度が高い地下水が存在する
- HDB-1, 3孔に比べると、HDB-5孔では、深度200m付近に電気伝導度が100mS/m以下の希薄な地下水が存在する

試錐孔を用いた地下水の水圧・水質観測



試錐調査終了後から平衡状態に至るまでの経時変化、平衡状態での季節変動や周辺既存施設での地下水利用による変動等の周期的な変動の把握、他の調査活動における影響や地下施設建設の影響とその回復過程の把握などを目的とし、地下水の水圧・水質観測を実施する。

HDB-1孔ではHDB-3孔における試錐調査の影響を確認するための地下水の水圧連続観測を実施した(左図)。今後は、長期的な水圧・水質変動を把握するとともに、H15年度試錐調査における掘削影響等を確認するために地下水の水圧連続観測を実施する予定である。



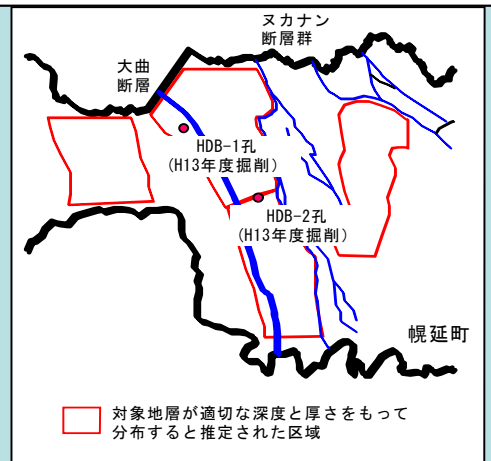
幌延深地層研究計画-力学特性

核燃料サイクル開発機構 幌延深地層研究センター
松井 裕哉

平成13年度調査

目的：研究所設置地区選定のための基礎的データの収集
地下施設建設可能性の検討のためのデータ取得

実施内容：室内物理・力学試験（一軸・三軸(CU, CD)圧縮試験）
初期応力測定（水圧破碎法、AE法）



調査結果の概要

・調査対象地層（声問層、稚内層）は、国内に分布する新第三紀堆積岩の諸物性値の分布範囲にほぼ収まっている。（図1）

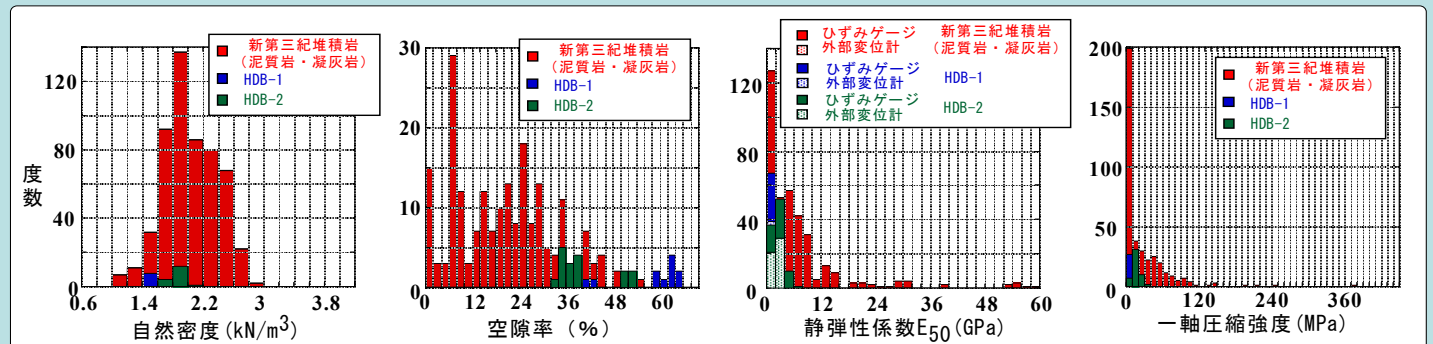


図1 国内に分布する新第三紀堆積岩との比較

・声問層は、軟質で物性値の深度依存性が見られるが、稚内層は、硬質であり深度依存性は小さい。スレーキングに対する耐性は高い。（図2）

・水圧破碎法による測定結果では、水平面内最小主応力が土被り圧にほぼ等しく、最大主応力と最小主応力の比は最大1.5倍程度である。最大主応力方向は、HDB-1孔は深度400m付近から700m程度までほぼ東西方向、HDB-2では南北に近い方向となっている。AE法による測定結果は、測定された水平面内応力・鉛直応力とも、水圧破碎法の測定結果及び推定土被り圧より小さい。また、両孔ともボアホールブレイクアウトが生じている箇所がある。（図3）

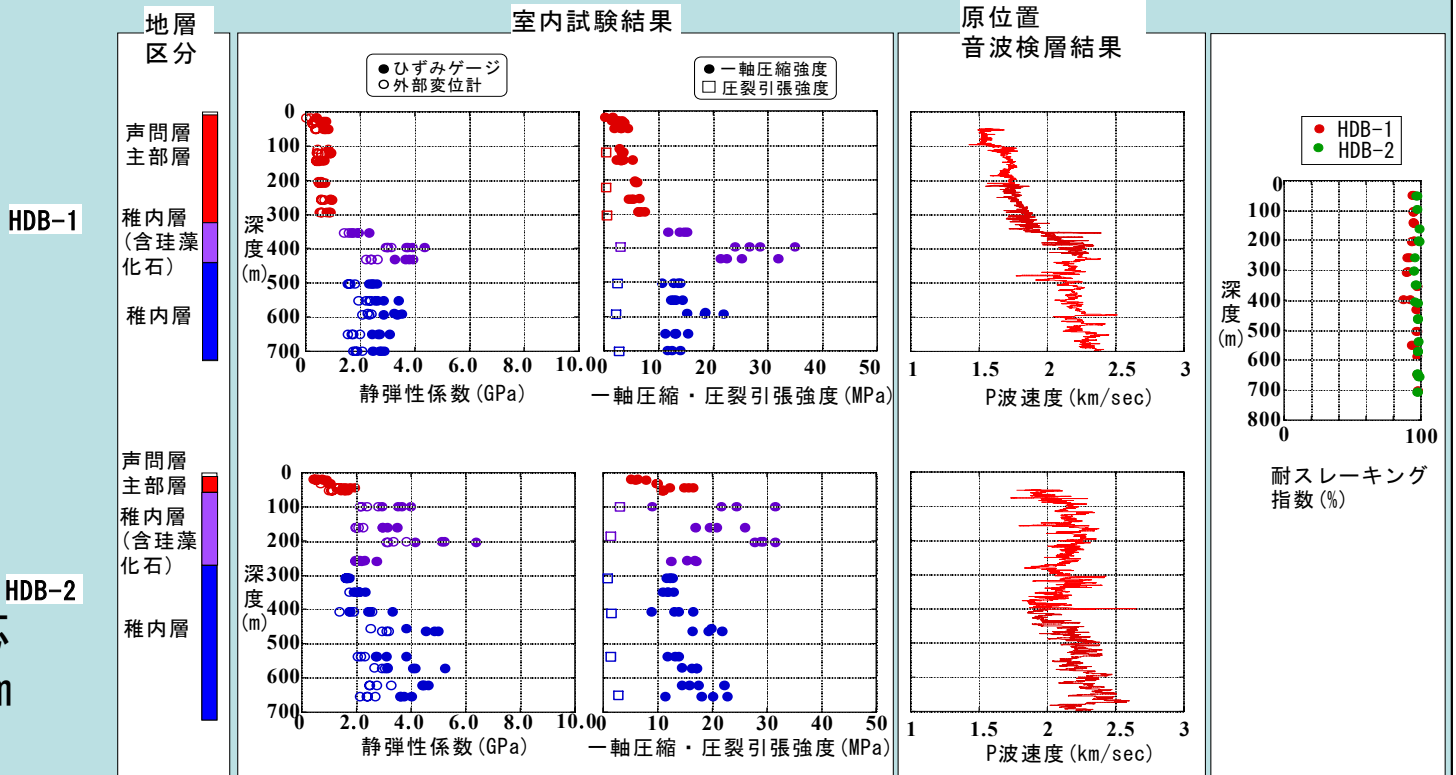


図2 室内試験及び物理検層結果

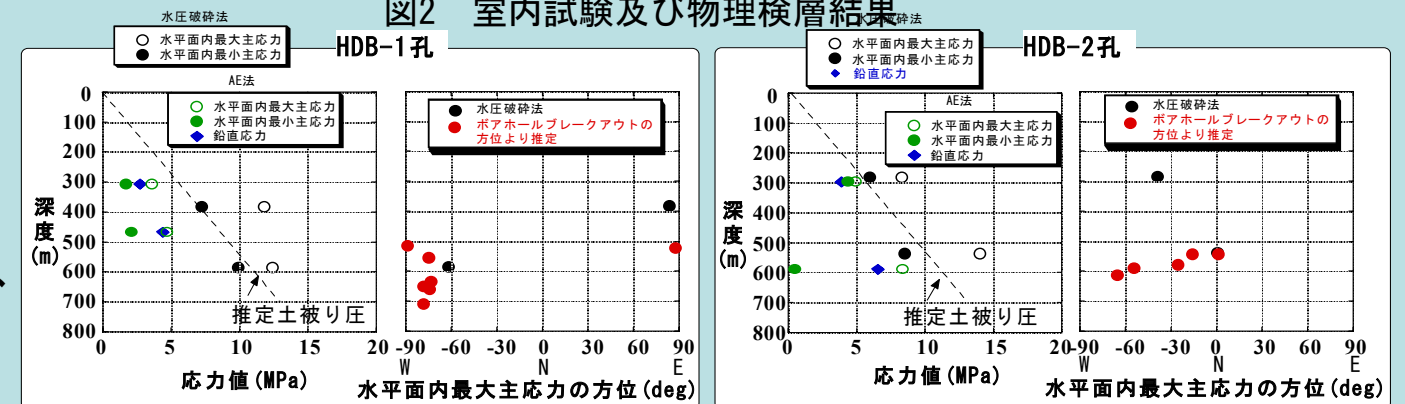
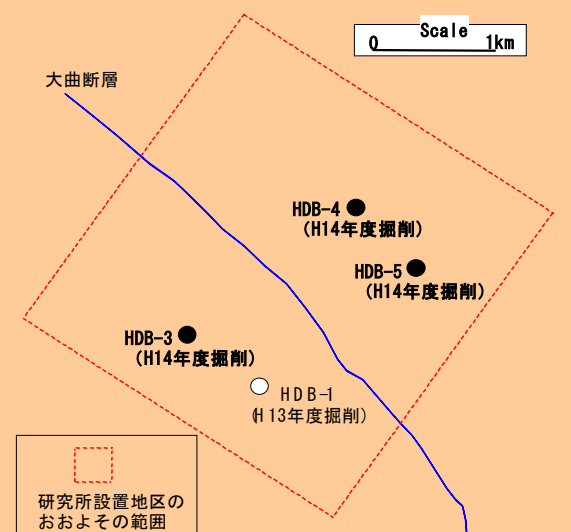


図3 初期応力測定結果

平成14年度調査

目的：研究所設置地区内での力学的データの収集
大曲断層西側・東側における力学的特性の比較
地下研究施設設計のためのデータ取得

実施内容：室内物理・力学試験（一軸（鉛直、水平方向）・三軸(CU, CD)圧縮試験）
初期応力測定（水圧破碎法、AE法）





幌延深地層研究計画—地上・地下施設

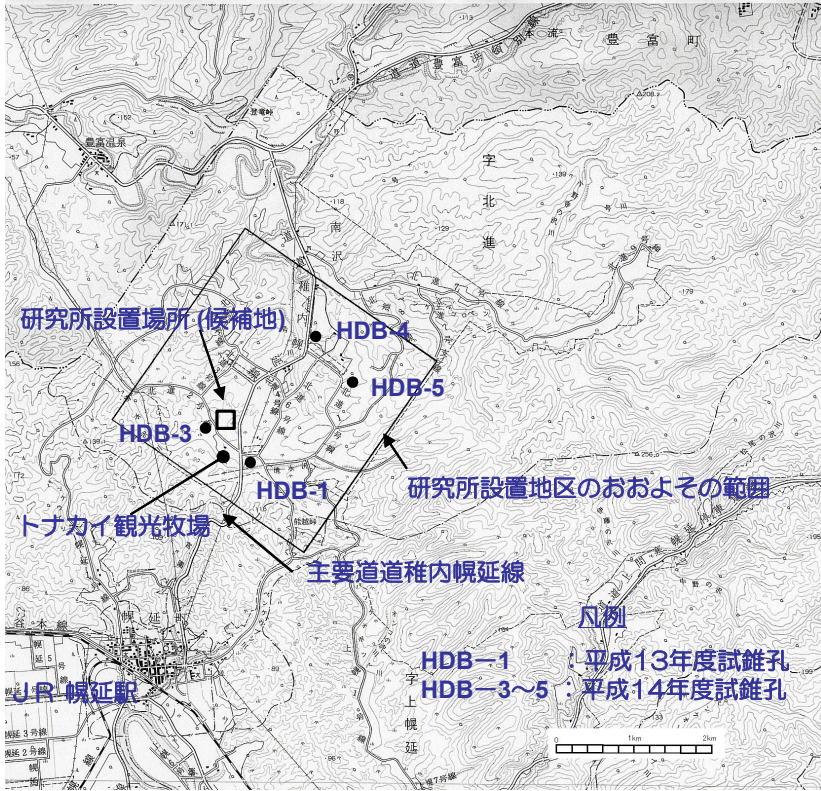
核燃料サイクル開発機構

幌延深地層研究センター

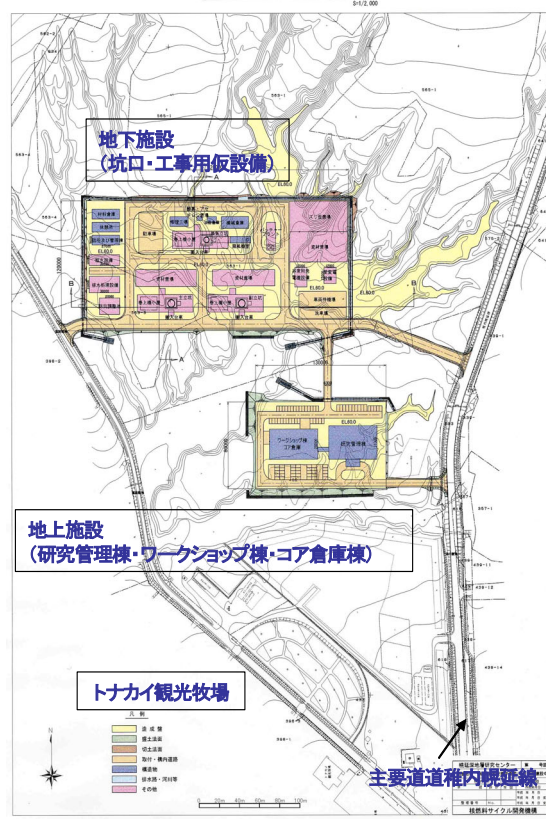
白戸 伸明

平成14年度段階における施設計画の概要

地下施設及び地上施設建設のため、造成工事を平成15年度に着工する計画で進めている。地上施設である研究管理棟、ワークショップ棟、コア倉庫棟は造成工事の進捗に合わせて平成16年度の着工、地下施設の建設工事は平成17年度の着工を計画している。



研究所設置場所計画位置図



研究施設配置平面図

計画位置

- ・幌延町北進地区
- ・稚内市より南に約50km、幌延町市街より北東方向に約3.5kmに位置

地上施設

- ・研究管理棟
- ・ワークショップ棟
- ・コア倉庫棟等

地下施設

- ・深度500m目途にアクセス立坑・換気立坑を設置、中間部(-250m)と最深部(-500m)に試験坑道を展開

地下施設の検討状況

- ・断面形状、断面寸法
 - アクセス立坑：円形、内径6.5m
 - 換気立坑：円形、内径4.5m
 - 坑道：馬蹄形、内幅4m

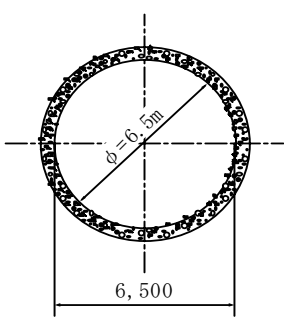
- ・安全性
 - 地下空洞の安定性の評価
 - 防災面の検討

(防災基本コンセプト：如何なる箇所でも火災が発生しても換気制御により安全区域を確保し、入坑者が安全に地表まで避難できる防災システムを構築すること)

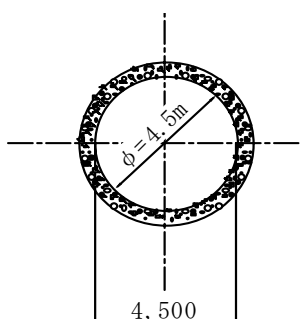
- ・見学施設
 - 深地層体験の場

- ・施工方法
 - 立坑：ショートステップ工法(掘削、ずり出し、覆工を1サイクル毎に繰り返していく工法)
 - 坑道：NATM(吹付けコンクリートとロックボルトを主たる支保部材とする工法、新オーストリアトンネル工法の略)

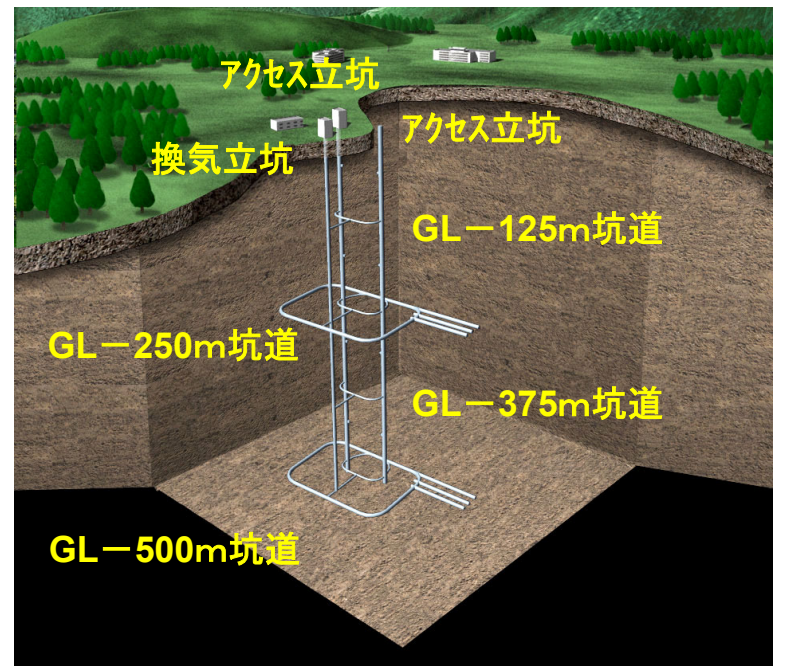
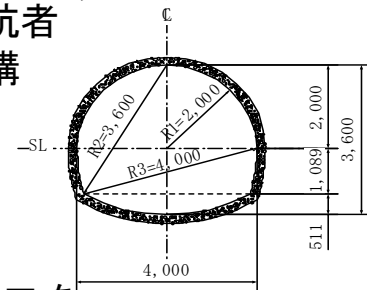
アクセス立坑断面図



換気立坑断面図



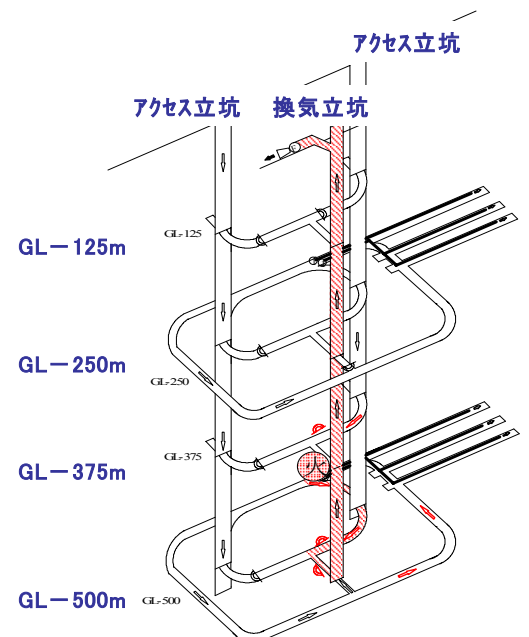
坑道断面図



地下施設のイメージ図

地上・地上施設建設工程表

年度		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	~31	
研究段階	地上からの調査研究(第1段階)	██████████													
	坑道掘削時の調査研究(第2段階)				██████████										
	地下施設での調査研究(第3段階)											██████████			
建設工事	造成(地上・地下施設建設ヤード)				██████████										
	地上施設(研究管理棟等)					██████████									
	地下施設						██████████								



防災検討の例



幌延深地層研究計画—地層処分研究開発

核燃料サイクル開発機構

幌延深地層研究センター

藤島 敦

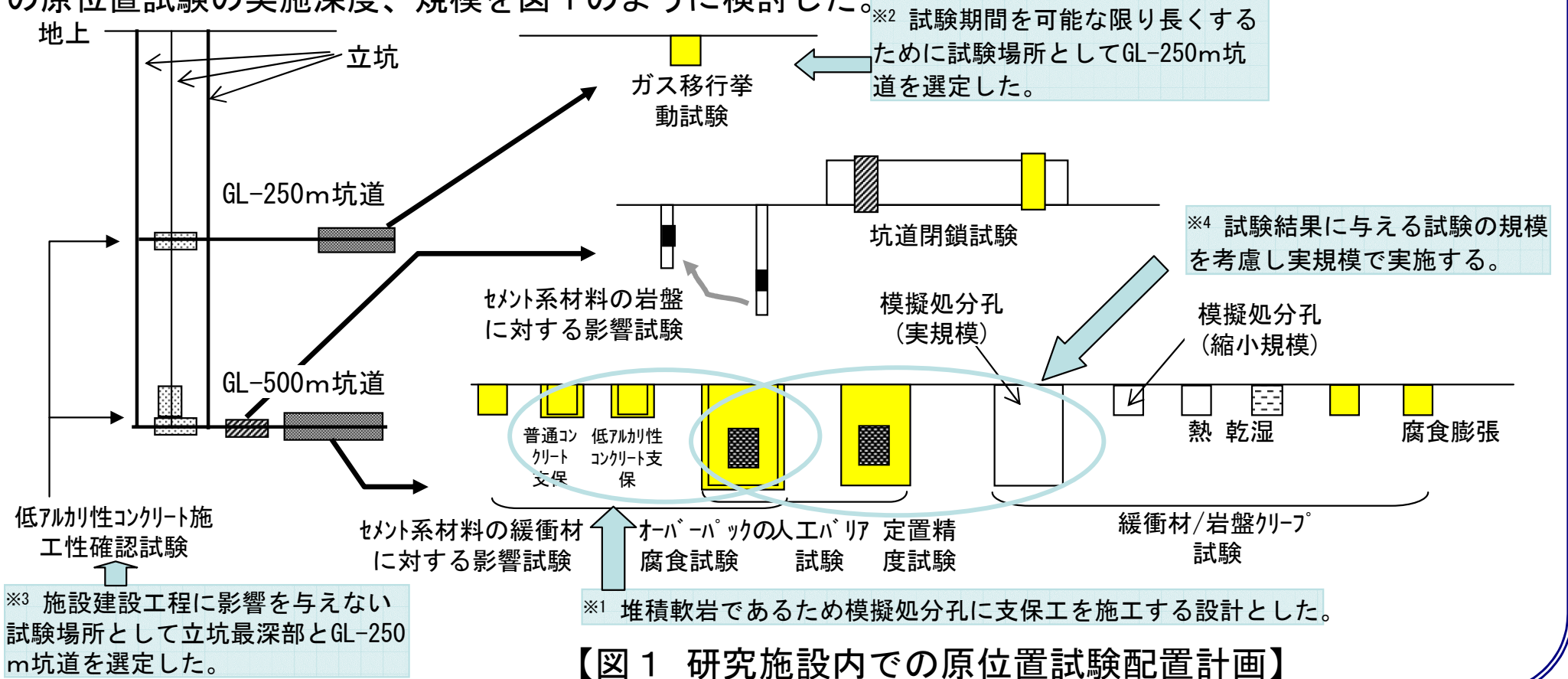
東海事業所 処分研究部

栗原 雄二

小川 豊和

地層処分研究開発に関する原位置試験計画の概念

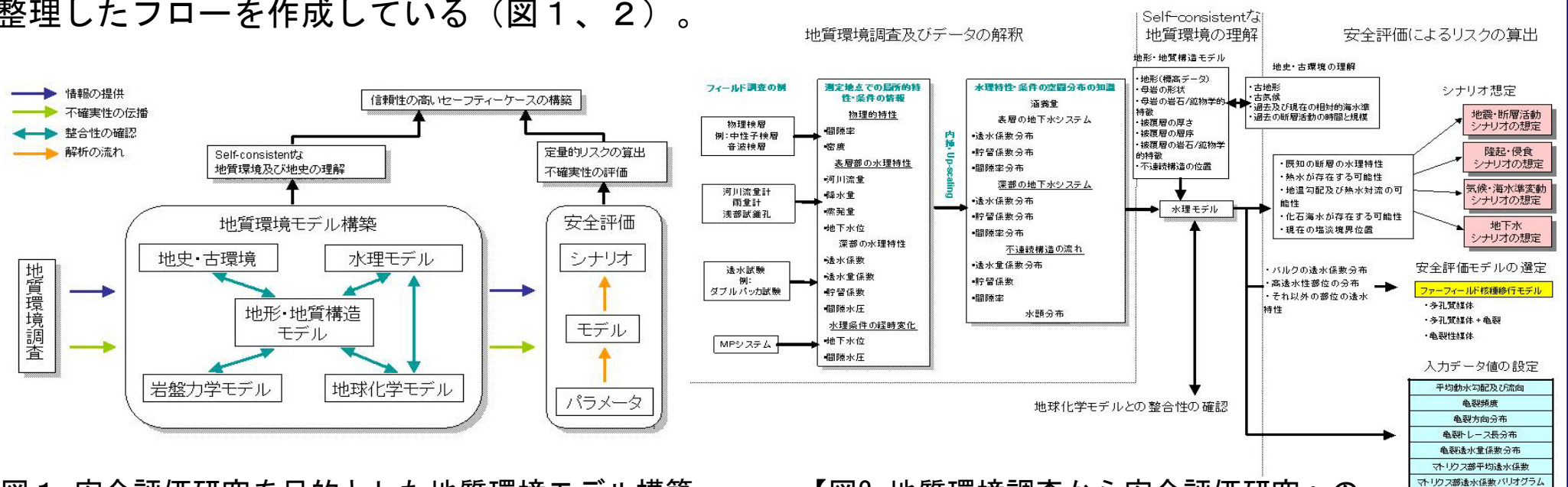
第2次取りまとめに示した成果について、その信頼性の向上と具体的な地質環境条件への展開という観点から、第2段階（立坑掘削）以降原位置において行うべき地層処分研究開発項目を抽出し、幌延の地質環境の特徴（堆積軟岩※1、ガス湧出、塩水地下水等）、試験に必要な期間※2、地下施設建設工程への影響※3、試験の規模による試験結果に与える影響※4等を考慮して、原位置試験計画を検討した。その結果、下に記すような試験項目を抽出し、それぞれの試験内容を考慮して、研究施設内での原位置試験の実施深度、規模を図1のように検討した。



【図1 研究施設内での原位置試験配置計画】

安全評価手法の高度化

実際の処分場の地質環境を対象とした安全評価を実施する際には、地質環境調査により得られる情報（データ）が不可欠である。本研究では、研究所設置地区、およびその周辺地区から得られる具体的な地質環境の情報に対して、第2次取りまとめに示された安全評価手法などを適用することにより、実際の処分場の地質環境への適用に向けた安全評価手法の高度化をはかることを目的とする。これまでは、幌延の地質環境を例として、地質環境調査によるデータ取得から安全評価までの情報の流れを整理したフローを作成している（図1、2）。



【図1 安全評価研究を目的とした地質環境モデル構築の全体像（一般論）】

【図2 地質環境調査から安全評価研究への情報の流れの整理の例】

図2は図1の水理モデルを例に、安全評価に至る情報の流れを整理した図である。地質環境調査（フィールド調査）において得られたデータはある測定地点でのデータであるため、データの空間分布を内挿などにより設定する。その結果と地形・地質構造モデルや地史・古環境からの情報に基づいて地質環境モデル（水理モデル）を構築する。そのモデルは、他の地質環境モデルとの整合性を図りつつ、妥当性を確認していく。次に、そのモデルに基づいて安全評価に用いる入力パラメータ、モデル、シナリオを設定し、解析を実施する。その結果について不確実性の評価等を実施することにより、信頼性の高いセーフティーケースを構築する。