



高レベル放射性廃棄物処分に関する 基盤的研究開発の動向について

2005年8月30日

資源エネルギー庁
原子力政策課 放射性廃棄物対策室

わが国の地層処分計画等の経緯・展開

国の政策

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」
(2000年5月)

総合エネルギー調査会原子力部会報告
「処分事業の制度化のあり方」(1999年)

原子力委員会放射性廃棄物処分懇談会報告
「処分に向けた基本的考え方」(1998年)

原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会
報告「処理処分方策(中間報告)」(1984年)
「地層処分を基本方針」

原子力委員会報告「放射性
廃棄物対策について」(1976年)
「当面地層処分に重点」

原子力発電環境整備機構
の設立(2000年10月)

処分事業

(原子力発電環境整備機構)

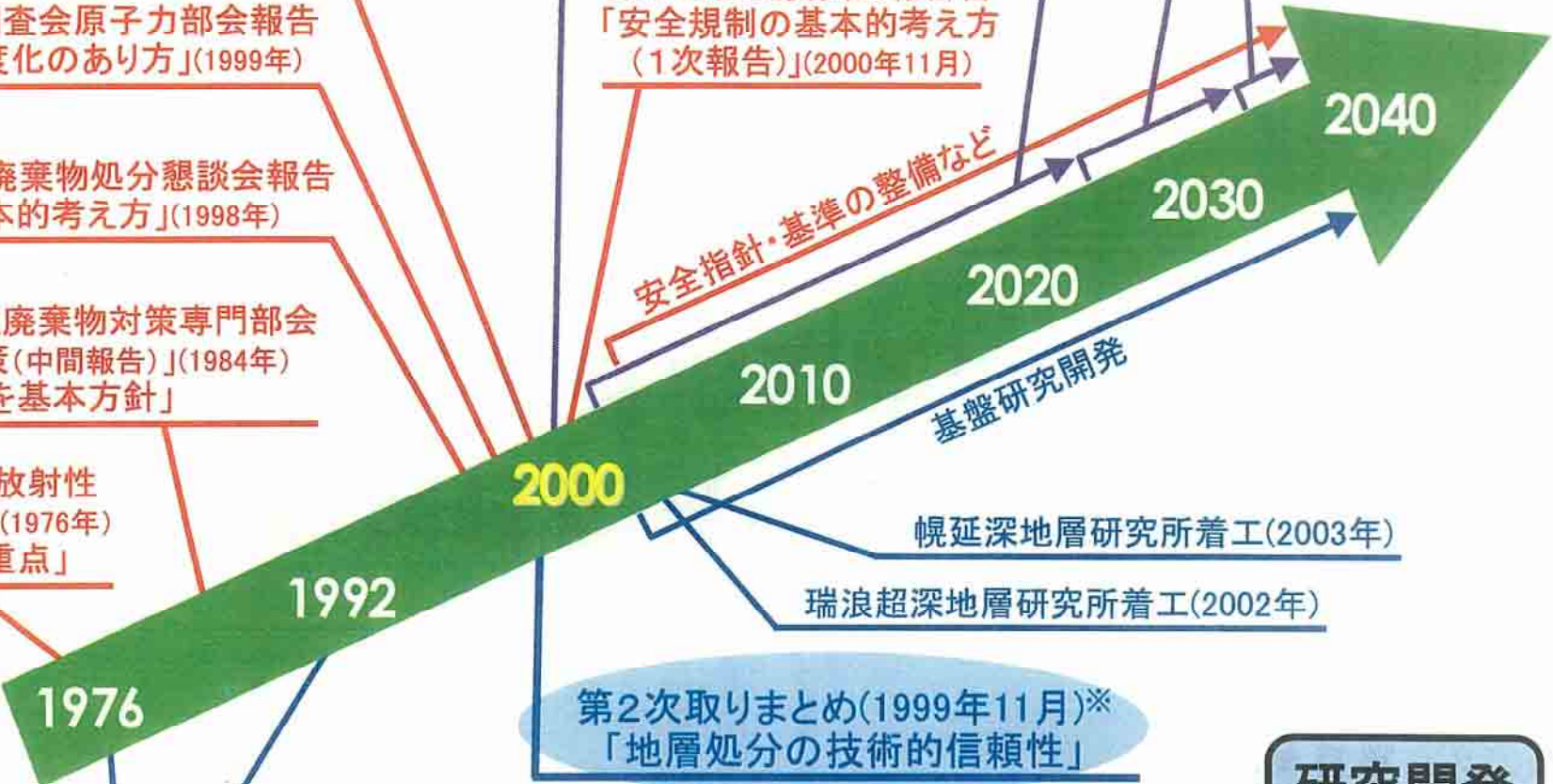
原子力安全委員会報告書
「安全規制の基本的考え方
(1次報告)」(2000年11月)

処分地選定

処分施設建設

操業～

安全指針・基準の整備など



地層処分研究開始

第1次取りまとめ(1992年)※
「地層処分の技術的可能性」

【※原子力委員会による
評価がなされた】

第2次取りまとめ(1999年11月)※
「地層処分の技術的信頼性」

幌延深地層研究所着工(2003年)

瑞浪超深地層研究所着工(2002年)

研究開発

(核燃料サイクル開発機構等)

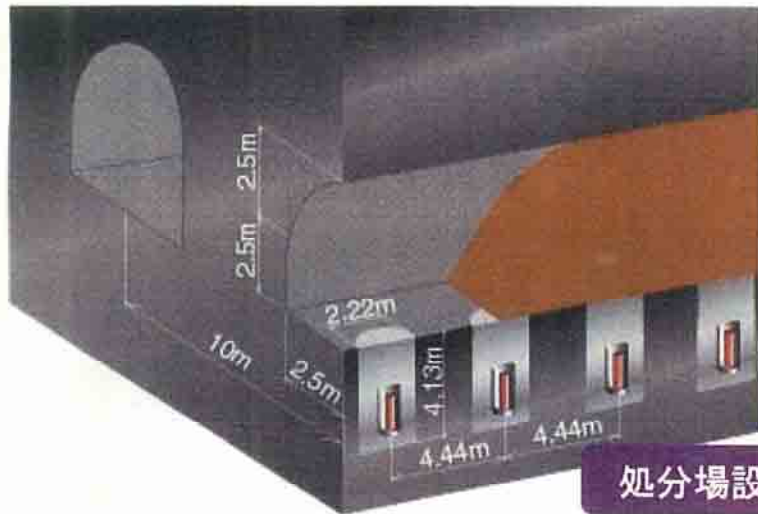
地層処分研究開発の分野・課題

① 適切な地質環境の選定 = 地質環境分野

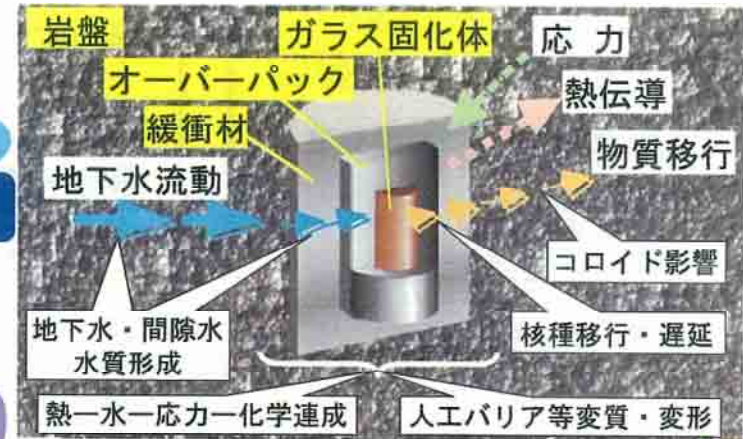


地質環境特性

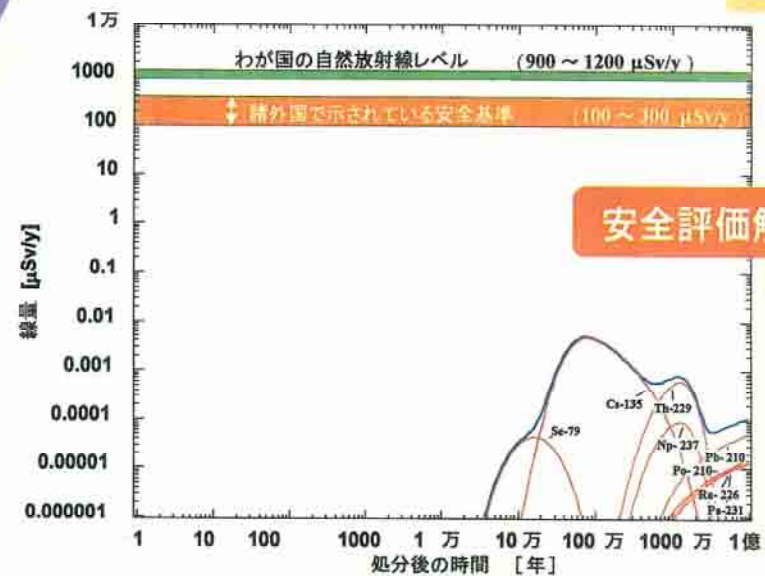
人工バリア
長期健全性



② 適切な工学的対策 = 工学技術分野

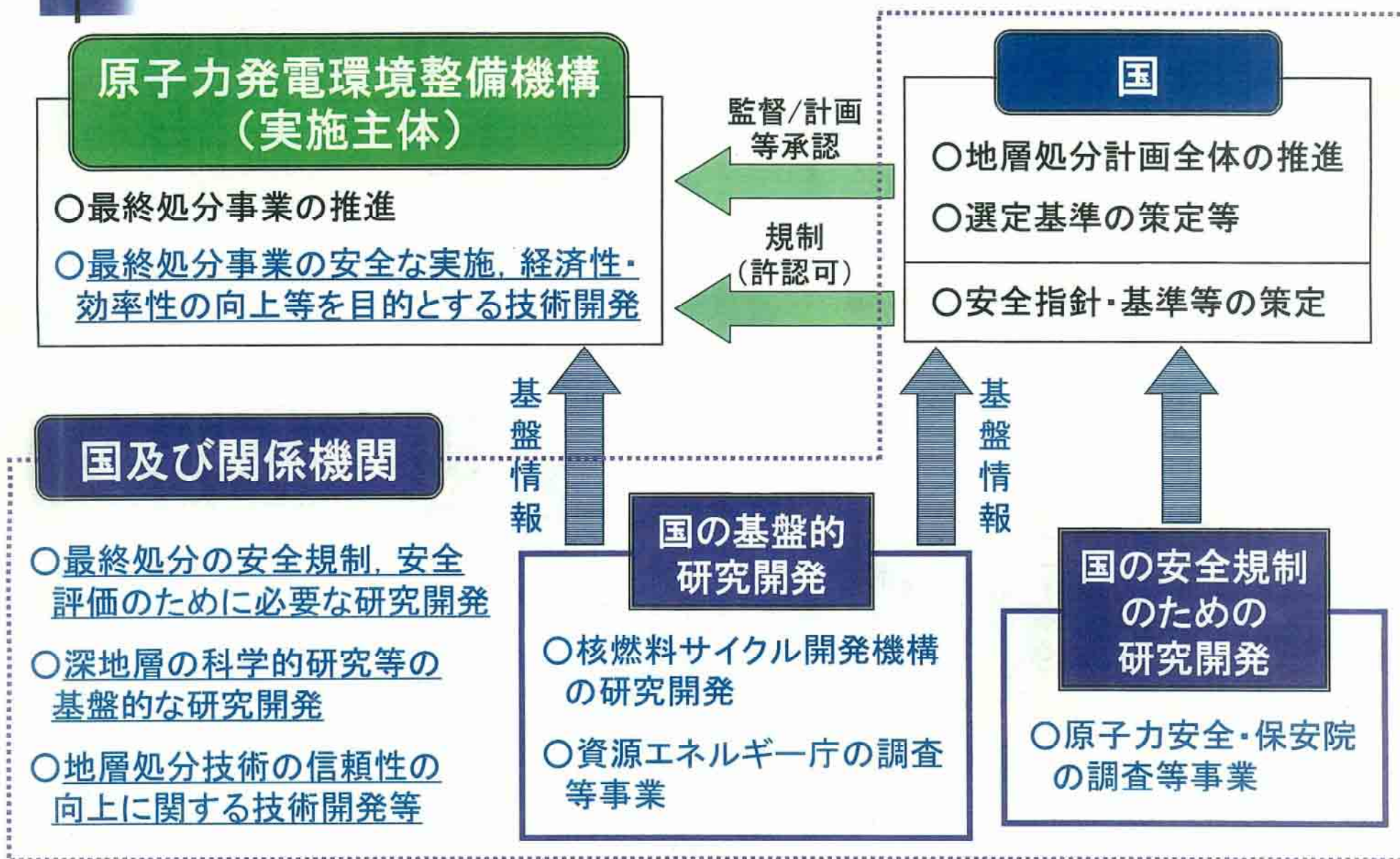


核種移行モデル



③ 長期安全性の予測的評価 = 安全評価分野

地層処分研究開発の役割・位置付け



【※下線部；「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」に記載された事項】

国の基盤的研究開発の役割

- 地層処分計画推進のための国としての**技術基盤の継続的強化**
= **処分事業**及び**安全規制の基盤** / **国民理解の増進**

核燃料サイクル
開発機構
(中核研究機関)

- 深地層の科学的研究
- 地層処分技術の信頼性向上
- 安全評価手法の高度化
【深地層の研究施設等】

資源エネルギー庁
調査等事業

- 技術情報の整備
- 周辺基盤技術の研究開発

科学的視点が中心

工学的視点が中心

国の基盤的研究開発と実施主体の技術開発

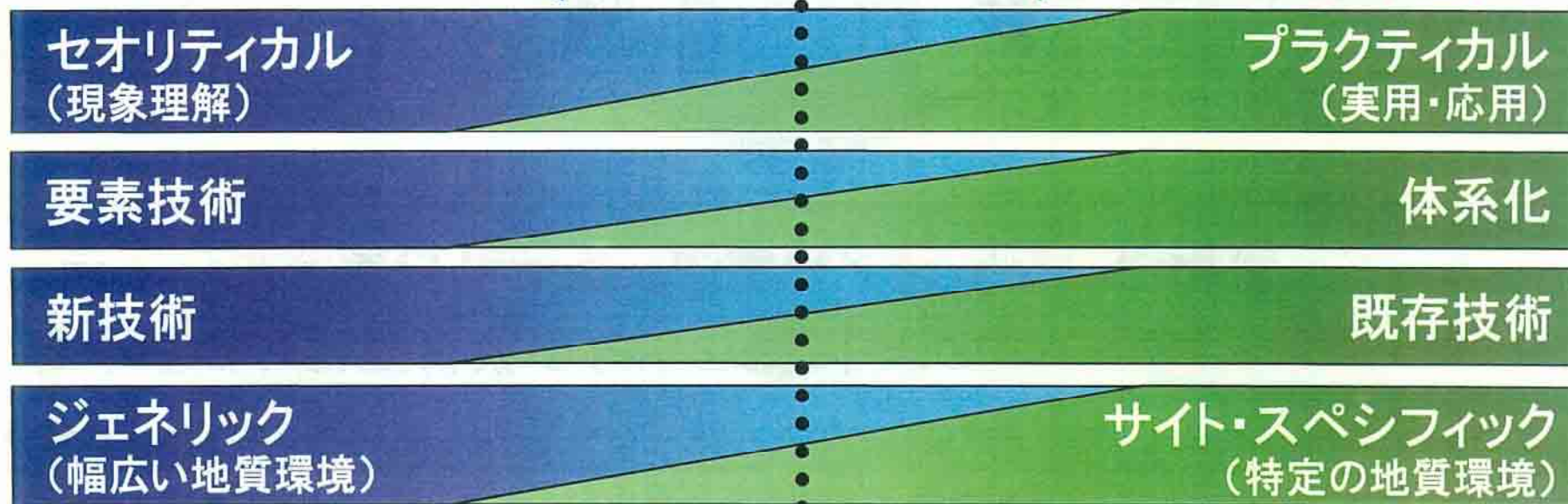
5

- **国の基盤的研究開発** = **継続的な技術基盤の強化**
- **実施主体の技術開発** = **最終処分事業の安全な実施, 経済性及び効率性の向上等を目的**

視点の例

国の視点

実施主体の視点 (原環機構)



※国と実施主体の視点の重要度や双方のバランスは, 事業の進展など時間とともに変化

サイクル機構のH12以降の研究開発

第2次取りまとめ

- ・わが国における地層処分概念の成立性を科学的根拠に基づき提示

信頼性の向上

- ・地層処分に適した地質環境が存在する
- ・地質環境条件に応じて処分場を建設できる
- ・地層処分の長期的な安全性を確認できる

実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認

- ・これまでに整備してきた調査技術や評価手法を実際の地質環境へ適用し、その信頼性・実用性を確認

地層処分システムの長期挙動の理解

- ・地層処分システムに関連する様々な現象への理解をさらに深め、より現実に即した評価手法へと改良・高度化



成果の体系化・知識化

サイクル機構の研究開発施設



(イメージ図)

東濃地科学センター

- 瑞浪超深地層研究所
計画(結晶質岩)

- 幌延深地層研究
計画(堆積岩)

幌延深地層研究センター

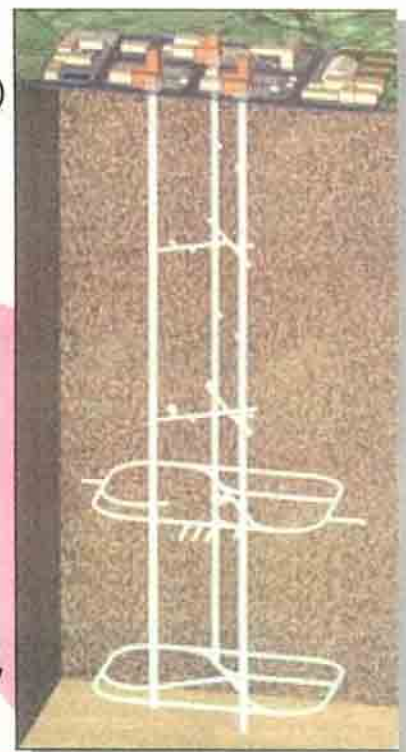
東海事業所

- 地層処分放射化学研究施設
(放射性核種を用いた試験)

- 地層処分基盤研究施設
(バリア性能試験/解析評価)



(イメージ図)



2つの深地層の研究施設の役割

深地層の研究施設の役割

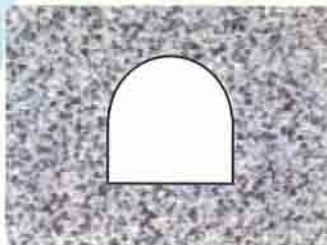
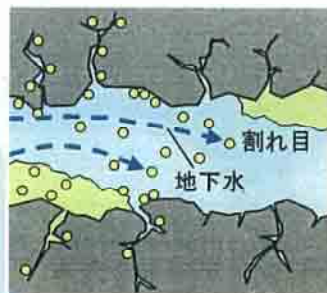
- 地層処分技術が実際の地質環境で機能することを確認
- わが国固有の地質環境の理解
- 深地層の環境を体験・理解

瑞浪超深地層研究所計画 (岐阜県瑞浪市)

花崗岩
(結晶質岩)

硬岩

淡水系

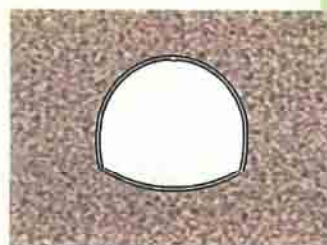
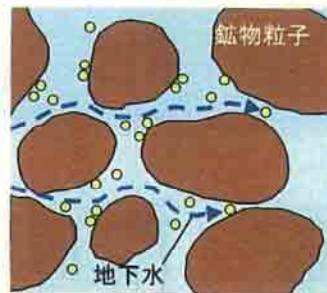


幌延深地層研究計画 (北海道幌延町)

泥岩
(堆積岩)

軟岩

塩水系



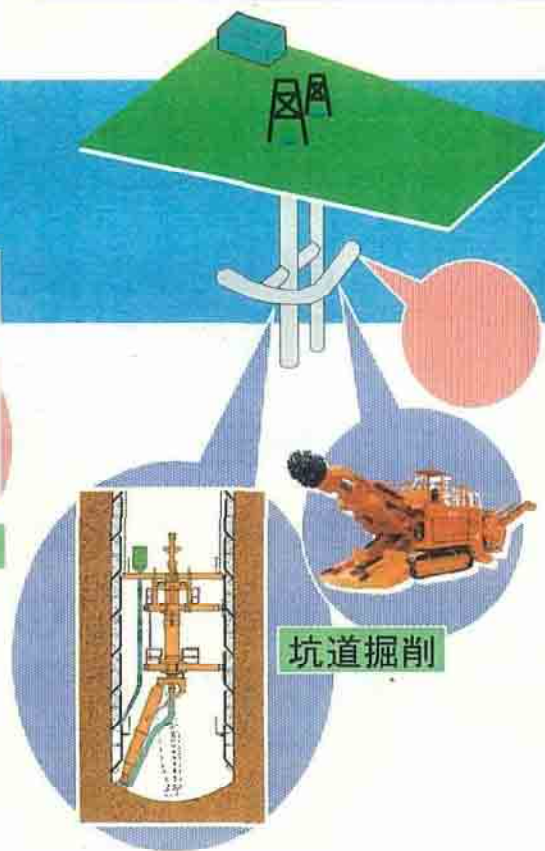
深地層研究施設計画の段階的進め方

第1段階 地上からの調査研究



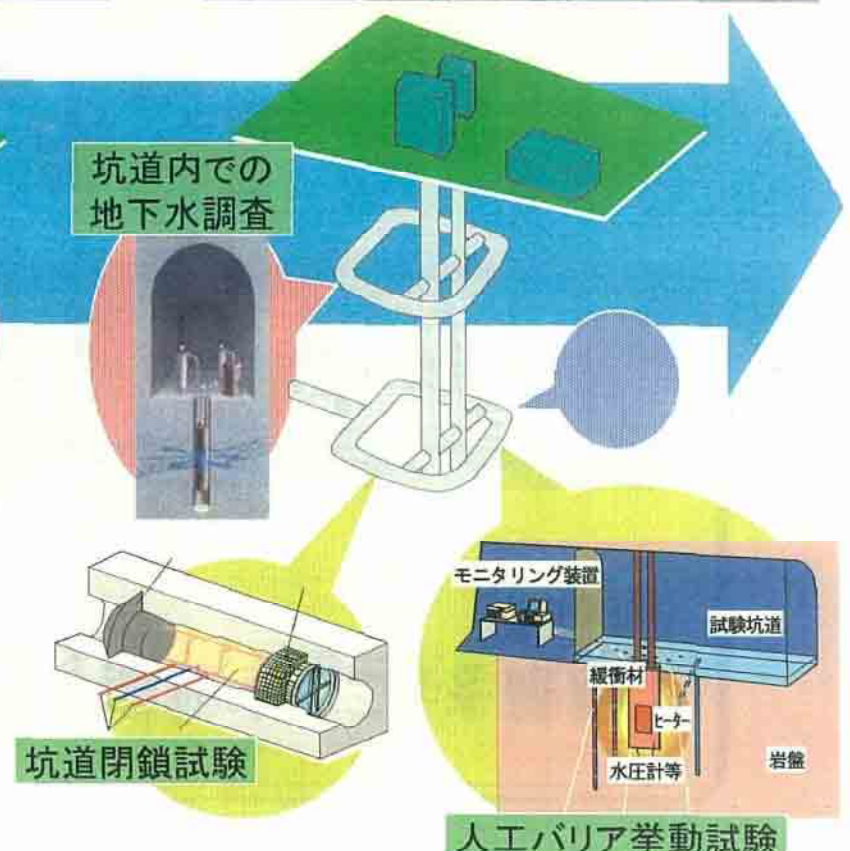
地上からの地質環境
調査・評価技術

第2段階 坑道掘削時の調査研究



坑道掘削影響の調査・評価技術
／地下施設の建設・施工技術

第3段階 地下施設での調査研究

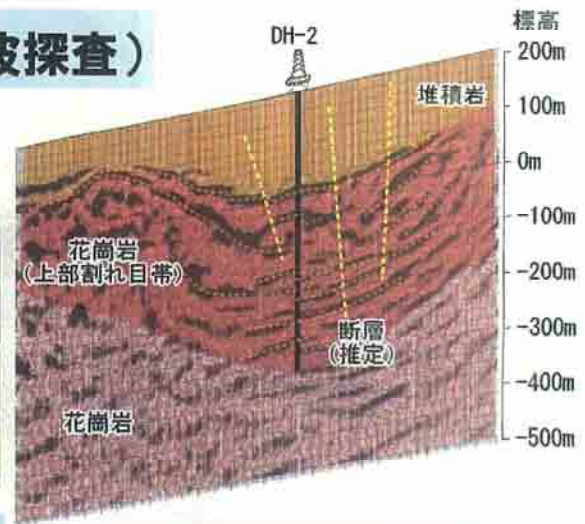


地下施設における地質環境の
詳細調査・評価技術
／体系的な設計・安全評価技術



- 凡 〇 深層試錐孔 (コントロール試錐) の位置と計画した孔跡
- 凡 〇 既存の深層試錐孔 (広域地下水流動研究)
- 例 〇 浅層試錐孔 (傾斜試錐) の位置と孔跡
- 例 〇 浅層試錐孔 (鉛直試錐)

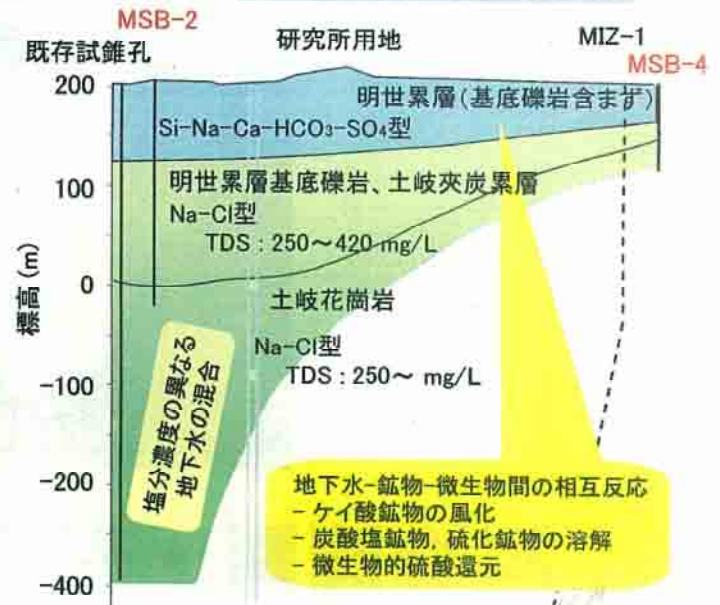
物理探査(反射法弾性波探査)



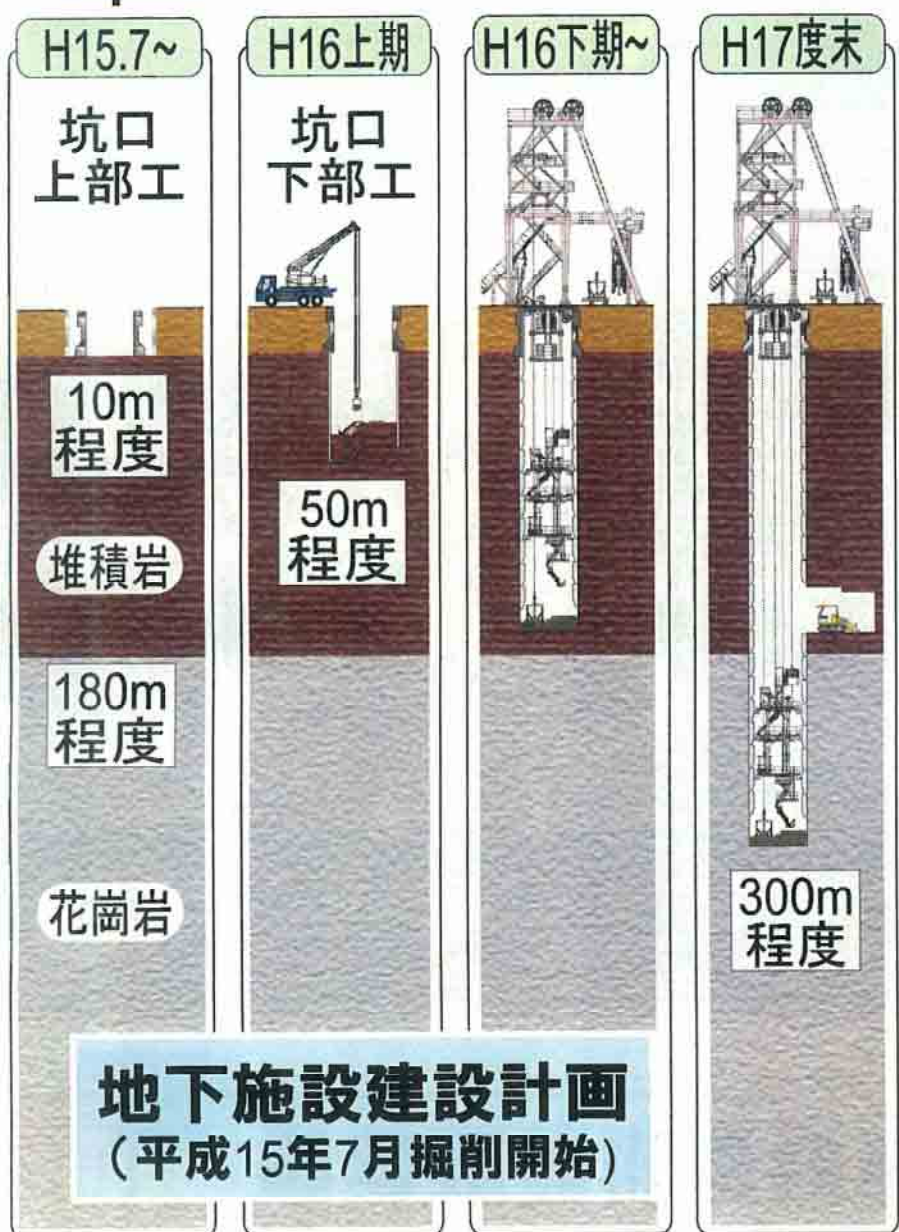
深層試錐調査(MIZ-1)



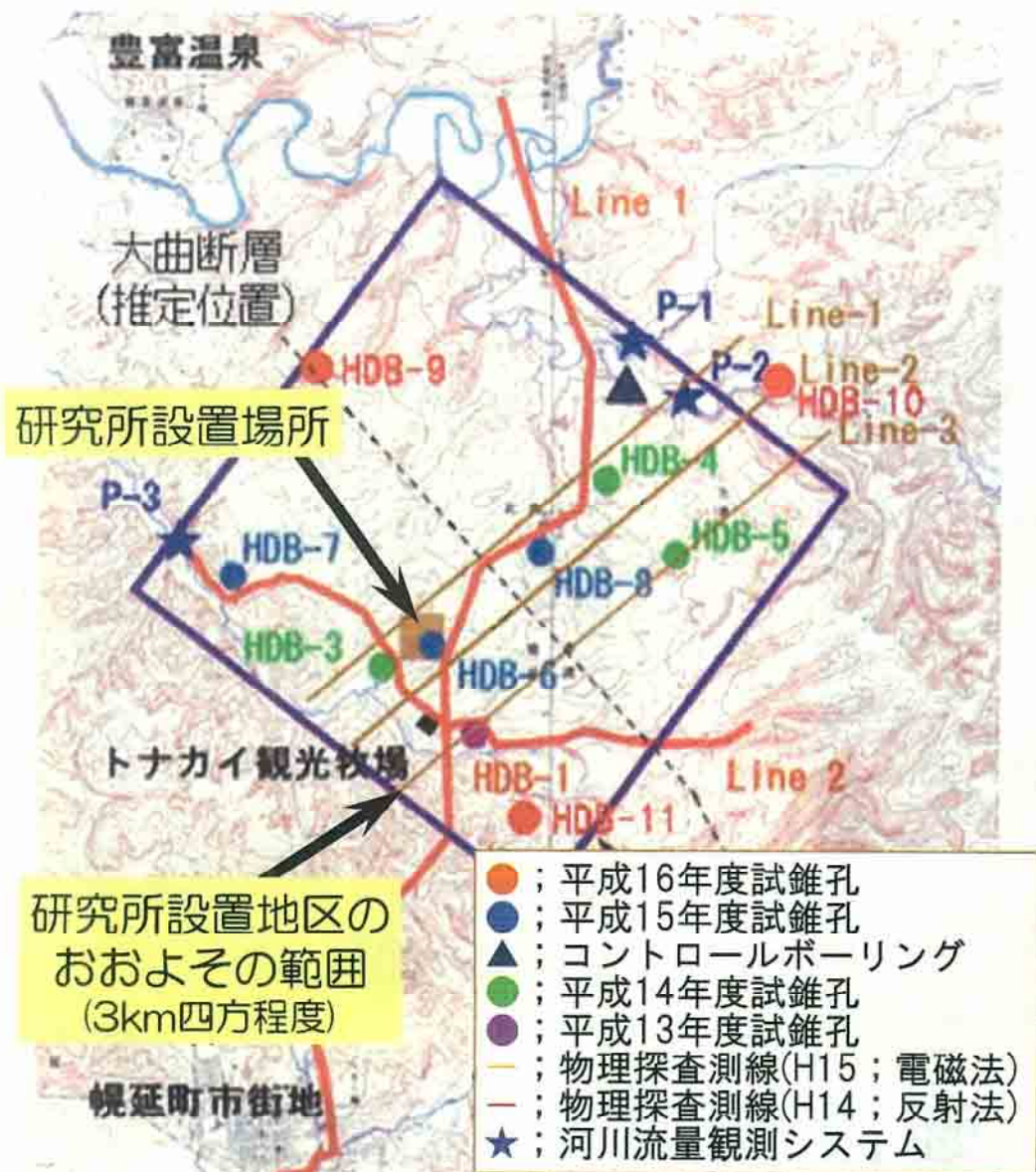
地球化学概念モデル



瑞浪超深地層研究所計画：建設・掘削状況



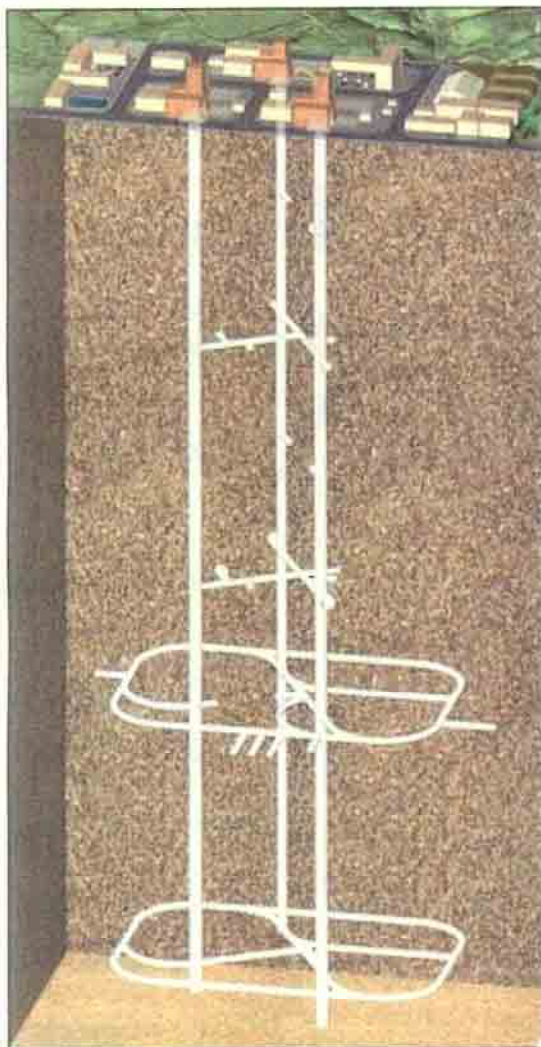
幌延深地層研究計画：地上からの調査



空中物理探査

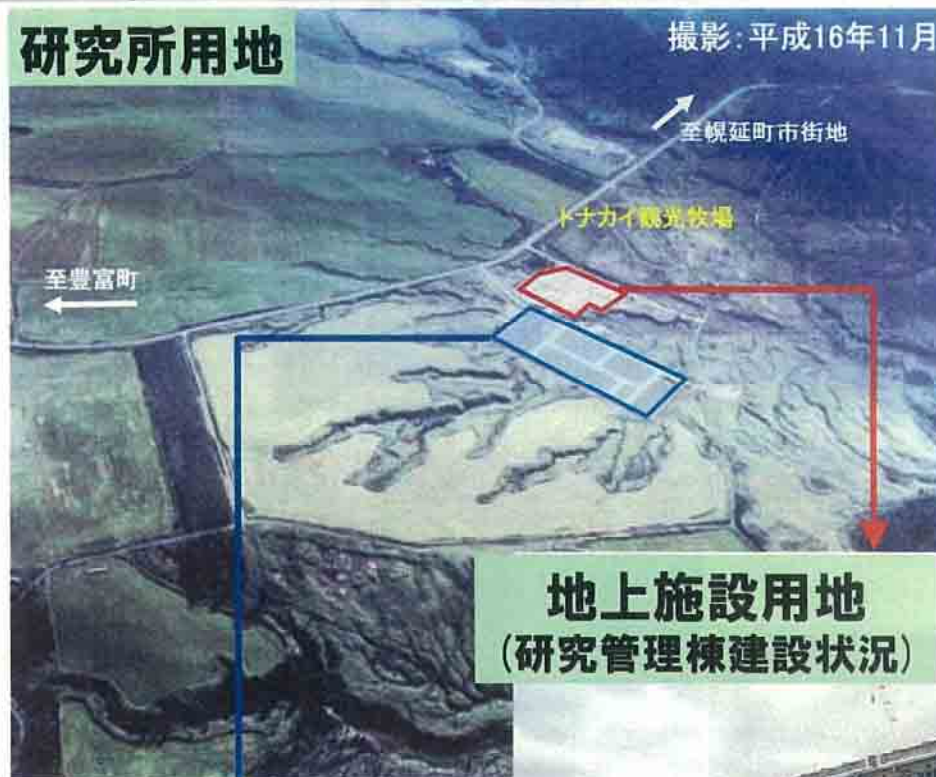


幌延深地層研究計画：建設・掘削の状況



地下施設イメージ図
(平成17年度下期に立坑掘削開始予定)

研究所用地



地上施設用地
(研究管理棟建設状況)

地下施設用地
(造成状況)



撮影:平成17年7月



撮影:平成16年11月

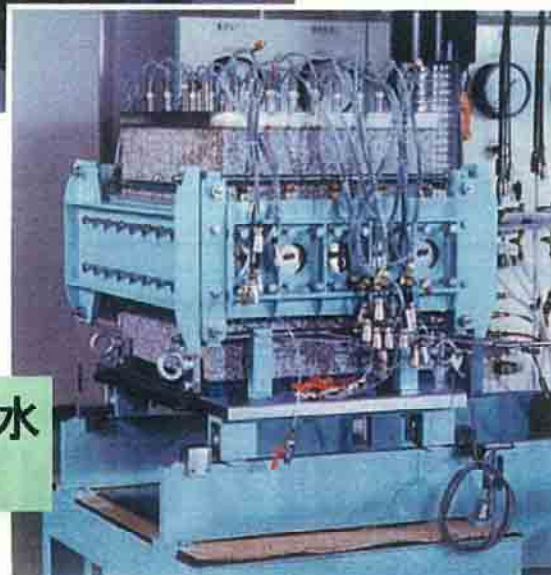
東海事業所における地層処分研究開発

バリア性能試験 (地層処分基盤研究施設)



多重バリア
連成挙動評価

岩盤中地下水
流動評価

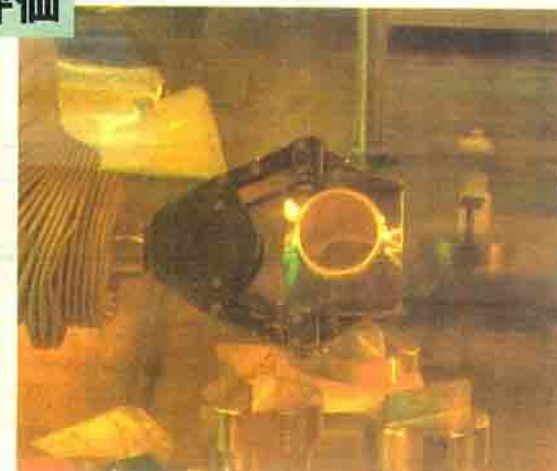


放射性核種等を用いた試験 (地層処分放射化学研究施設等)

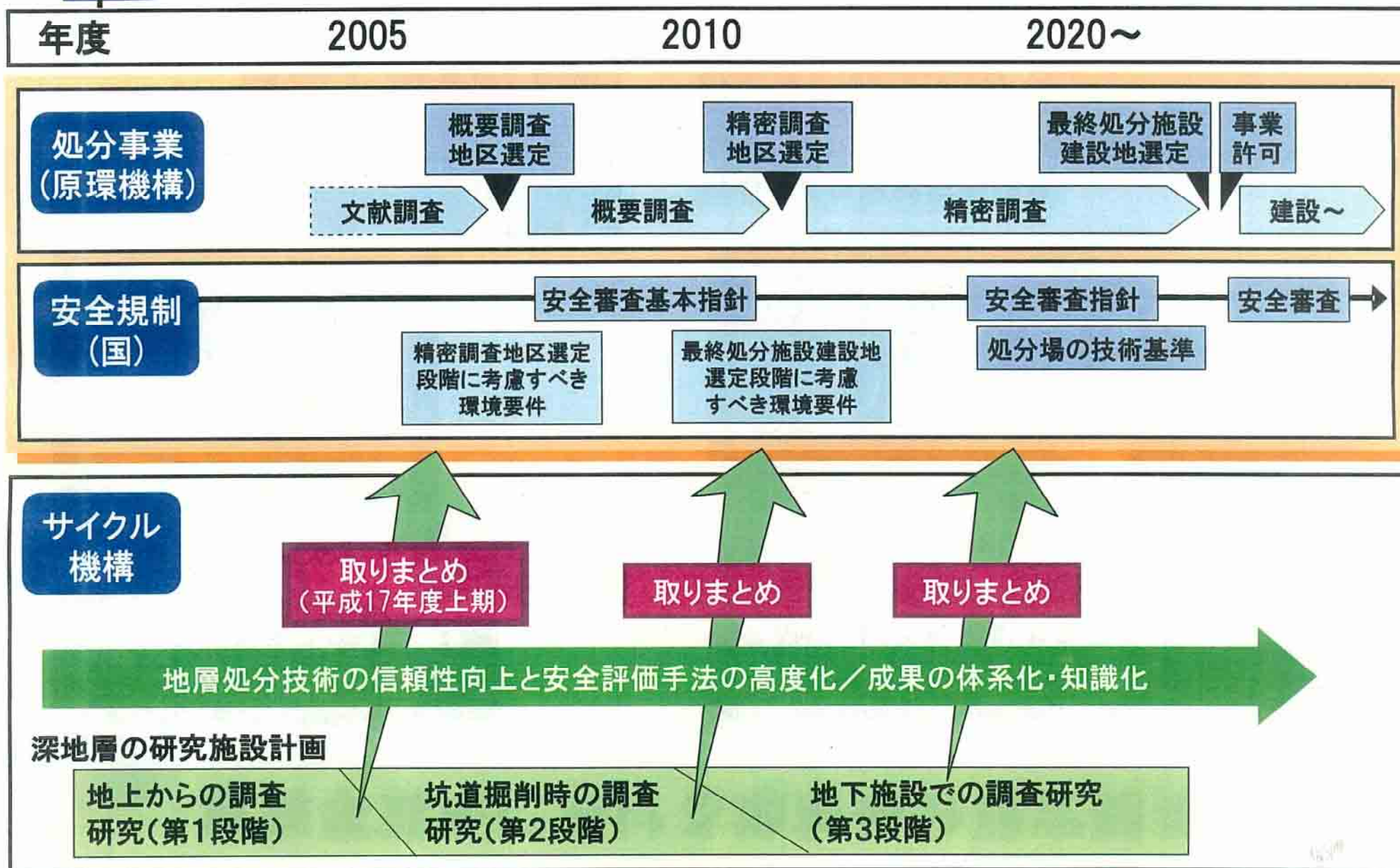
地下深部模擬環境での放射性核種の挙動評価



実ガラスの溶解挙動評価



段階的な研究開発と成果の反映



○地層処分技術調査

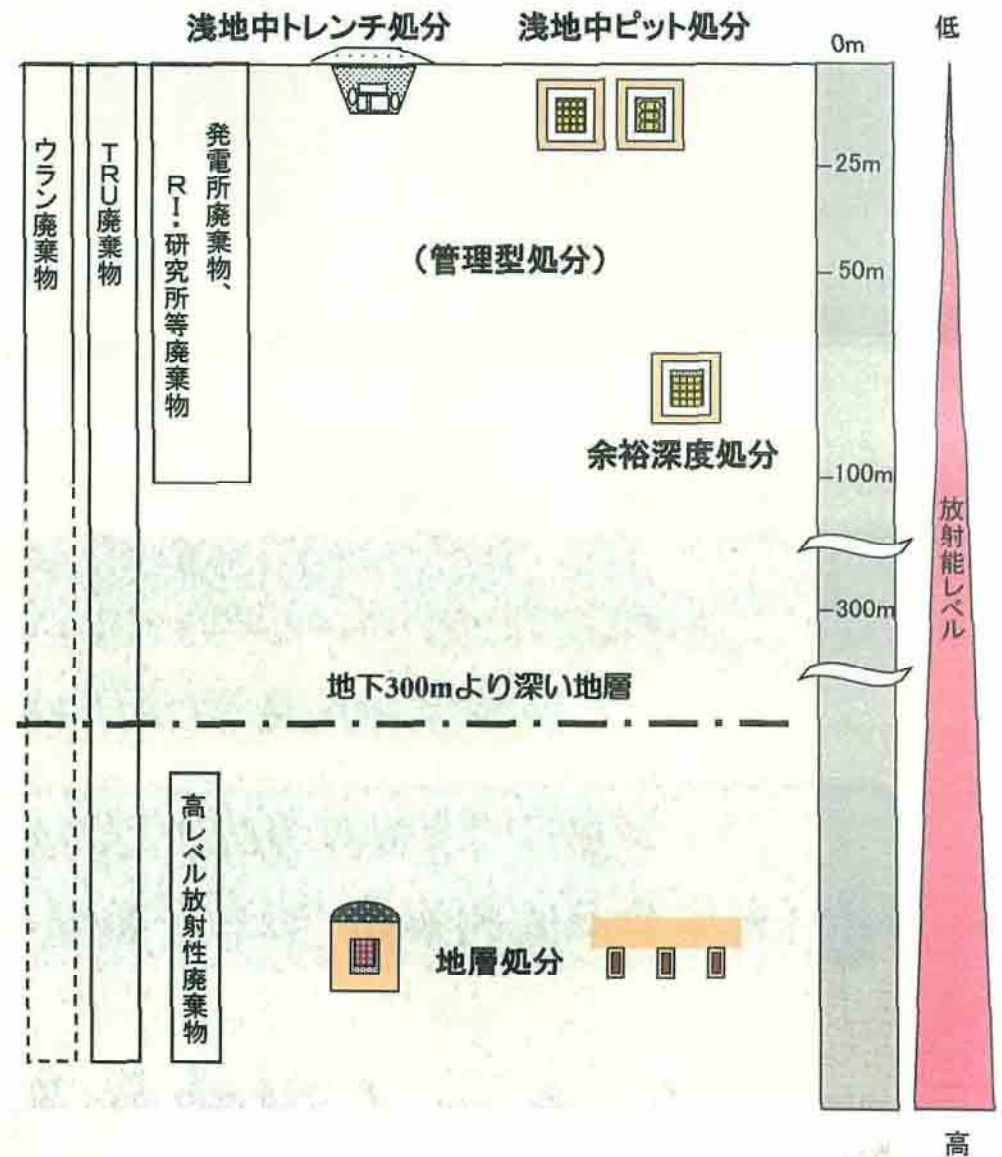
- ・深地層の地質特性等を地表から調査する技術の開発(ボーリング技術, 物理探査技術, 地下水年代測定技術等)
- ・高レベル放射性廃棄物の人工バリア等に係る工学技術の開発(遠隔操作技術, 塩水環境処分技術等)
- ・TRU廃棄物の地層処分関連の技術開発(TRU廃棄物固有核種のヨウ素や炭素の閉じ込め技術等)

○管理型処分技術調査

- ・余裕深度処分施設の施工性や性能等に関する研究開発 等

○放射性廃棄物共通技術調査

- ・生物圏での核種移行プロセス調査 等

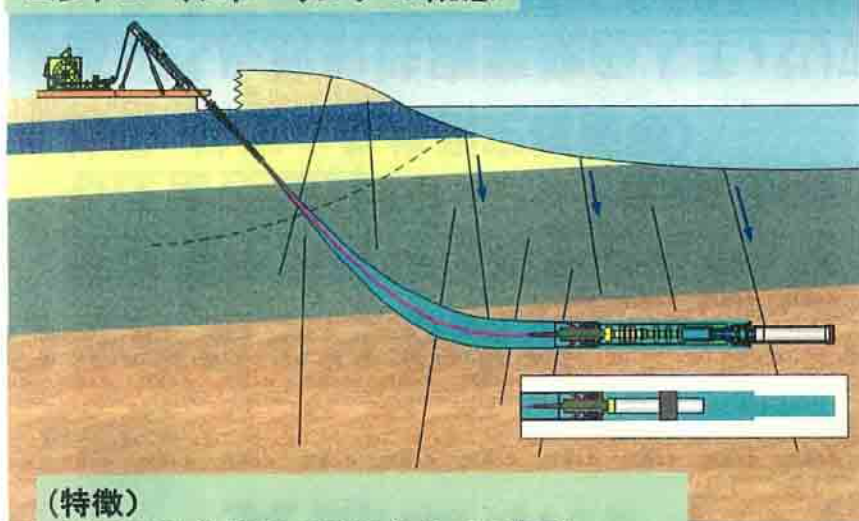


- 地上からの地質調査技術の開発(新技術・高度化技術, 沿岸域調査技術等)
→ 平成20年前後を目途に概要調査等に向けた実用化技術として提示

ボーリング技術高度化

少数のボーリングで調査対象地区の地質環境特性の空間分布を効率的に精度良く把握するためのコントロールボーリング技術(掘削+孔内調査)の高度化開発

コントロールボーリングの概念



(特徴)

- ・沿岸域や軟岩等の制約条件での調査
- ・地層処分に必要な地質情報の精度良い取得

開発された機器の例(検層・測定部)



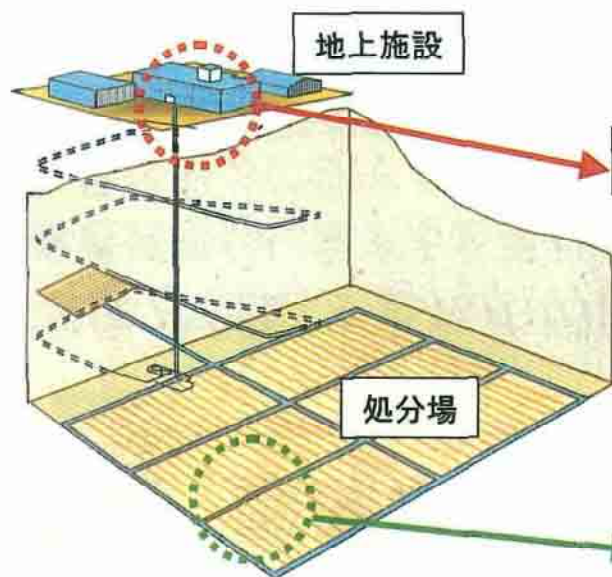
北海道幌延町での適用試験の実施状況



- 人工バリアの製作・施工等の品質や性能を含む工学技術の開発
→平成20年前後を目途に要素技術の基本的な体系と技術的成立性を提示

遠隔操作技術高度化

処分場操業に必要となる遠隔操作技術(オーバーパックの溶接・検査, 廃棄体等の搬送・定置)について, 様々な要素技術の高度化開発

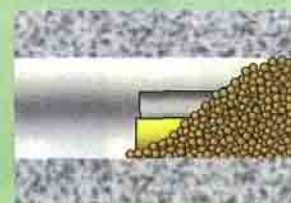


オーバーパックの遠隔溶接・検査技術



人工バリアの遠隔搬送・定置技術

横置き/ペレット方式の充填試験状況



縦置き/ブロック方式の定置試験状況



国民が理解するための国や関係機関の役割【最終処分に関する基本方針(抜粋)】

- 最終処分に関する必要かつ十分な情報の公開(安全性の確保のための取組など)
- 最終処分に関する知識の普及, 国民の関心を深めるための機会の提供(学習教材の提供, 深地層の研究施設の訪問等)

資源エネルギー庁の取組

広報素材の提供



地層処分模型展示車



関係研究機関の取組(サイクル機構の例)

研究開発報告会



地域住民への説明 (幌延フォーラム)



施設の見学 (瑞浪超深地層研究所)



【原子力委員会:新計画策定会議における高レベル放射性廃棄物処分に係る研究開発の論点整理】

「高レベル放射性廃棄物に係る研究開発は全体を俯瞰して計画的かつ効率的に進められることが重要であるから、国、関係機関等はそのために効果的な仕組みを検討すべき」

【研究開発を取り巻く状況】

- 瑞浪と幌延の深地層研究の本格化をはじめとした基盤的研究開発の着実な進展
- 研究開発の中核機関である核燃料サイクル開発機構の独立行政法人化(平成17年10月1日に「日本原子力研究開発機構」が発足)
- 最終処分の実施主体である原環機構の事業および技術開発の段階的な展開, さらに安全規制関連の検討の本格化



- 「高レベル放射性廃棄物地層処分に係る研究開発全体マップ」の整備
- 「地層処分基盤研究開発調整会議」の設置

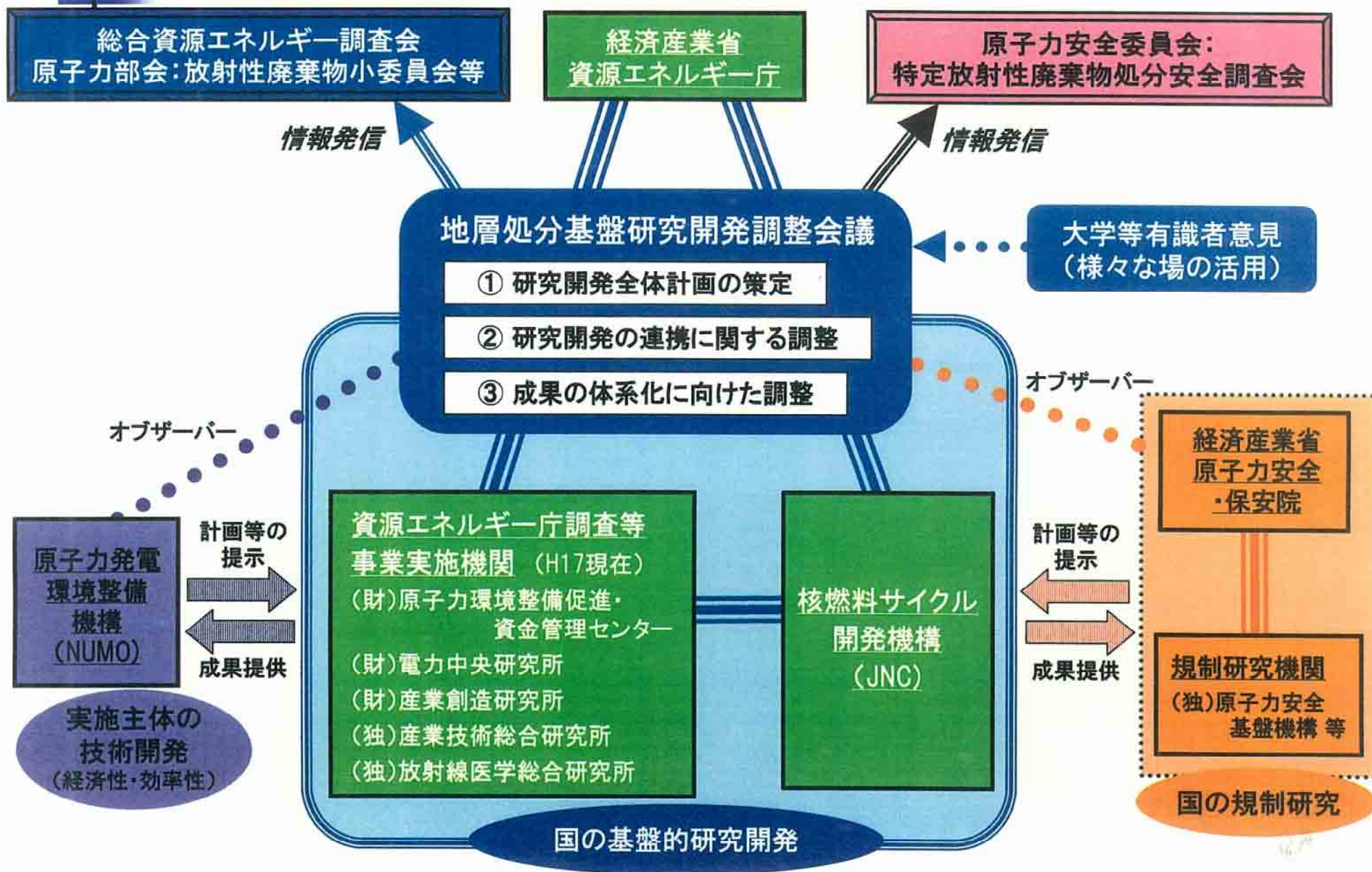
「高レベル放射性廃棄物地層処分にに関する研究開発全体マップ」の整備 （平成17年3月）

研究開発の体系化や効率化に向けた議論等に資することを目的に、処分事業や安全規制のスケジュールや関係研究機関の取組状況を把握しつつ、また大学等有識者との意見交換を通じ、国の基盤的研究開発の全体像（課題・目標）を体系的・中長期的視点で整理した「研究開発全体マップ」を策定

「地層処分基盤研究開発調整会議」の設置（平成17年7月）

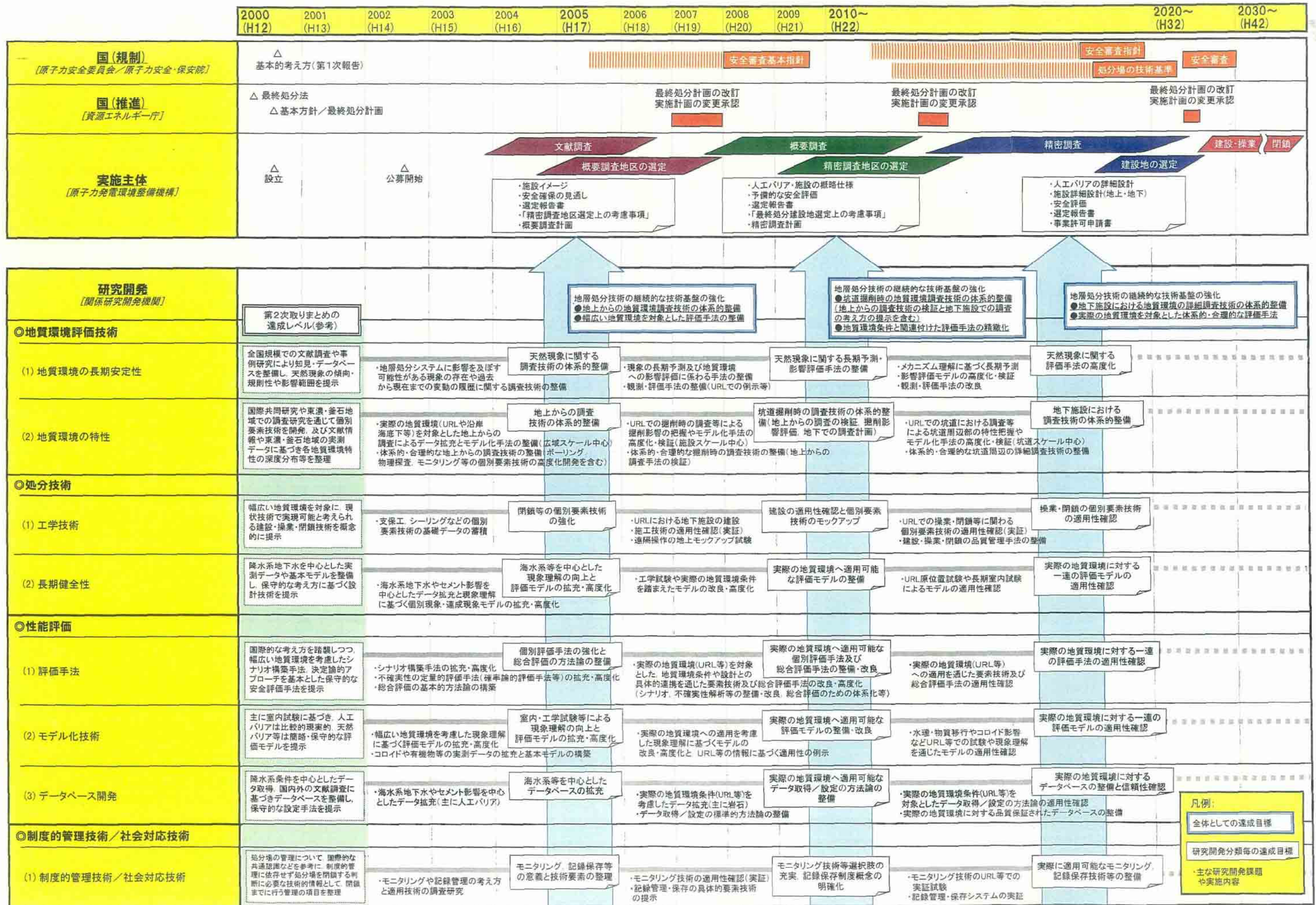
研究開発全体の効果的かつ効率的な推進を図ることを目的に、資源エネルギー庁及び国の基盤的研究開発を実施する関係研究機関を中心として、国の基盤的研究開発の全体計画の策定、研究開発の連携や成果の体系化のための調整を継続的に行う「地層処分基盤研究開発調整会議」を設置

効果的・効率的な研究開発推進の枠組み（3）



【全体マップ概括版】高レベル放射性廃棄物地層処分に係る研究開発全体マップ（平成16年度版）

－ 処分事業・安全規制の段階的な進展に応じた国の基盤的研究開発の体系的・中長期的な展開；全体目標と研究分野毎の主要課題と達成目標 －



凡例:

- 全体としての達成目標
- 研究開発分類毎の達成目標
- 主な研究開発課題や実施内容

【全体マップ詳細版】高レベル放射性廃棄物地層処分に關する研究開発全体マップ詳細版（平成16年度版）

－ 研究開発要素毎の具体的な研究開発目標と課題 －

研究開発要素		第2次取りまとめまでの知見と評価上の取扱い	各研究開発要素の研究開発目標と課題		備考		
			フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度(平成17年度頃:概要調査地区選定まで)	フェーズ2: 第2次取りまとめ以降10年程度(平成22年度頃:精密調査地区選定まで)			
分野	分類	細目	全体としての達成目標(達成レベル)	目標達成のための具体的研究開発課題	全体としての達成目標(達成レベル)	目標達成のための具体的研究開発課題	
(A) 地質環境評価技術	(1) 地質環境の長期安定性	①地震・断層活動	・過去数十万年にわたり既存の活断層帯で繰り返し発生(活断層マップ) ・活断層(逆断層)帯の幅は最大数km程度と保守的に推定	・文献や概略的な地上からの調査により、活断層(帯)及び潜在的な震源断層が分布する可能性の高い範囲を認識できるレベル ・活断層の発達プロセスと周辺岩盤への力学的・水理学的影響などの範囲を把握するための調査事例が示せるレベル	【JNC】 ・活断層及び潜在的な震源断層分布を調査する技術(地形解析 地質構造解析 微小地震解析等)の整備 ・断層帯における過去数十万年程度の活動履歴や三次元分布を把握するための調査技術(地表調査・ボーリング調査 弾性波探査等)と活断層発達プロセスに関する事例の提示	・具体的な地域を対象として、潜在的な震源断層の分布を特定でき、過去の断層活動による周辺岩盤への力学的・水理学的・地球化学的影響の範囲を調査・評価できるレベル ・具体的な地域を対象として、活断層(帯)の移動、伸張の範囲、将来の断層活動や地震による影響範囲を調査・評価できるレベル	【JNC】 ・断層活動による活断層(帯)の移動、伸張、変形帯の発達過程、周辺岩盤への力学的・水理学的・地球化学的影響範囲のモデル化、評価手法の整備 【抜け落ち課題/新規テーマ案】 ・沿岸域の横ずれ断層の活動度推定及び結晶質の岩盤や堆積面の傾斜が大きな堆積構造域での断層・破砕帯調査手法の信頼性向上 ・浅海部での効率的な調査・解析手法及び調査手法の経済性向上
		②火山・火成活動	・プレート配置や沈み込み角度に支配された顕著な偏在性を有し、第四紀火山は限定された地域内で繰り返し活動(第四紀火山マップ) ・その影響範囲は火山の中心から最大で20km程度	・文献や概略的な地上からの調査により、第四紀火山を認定でき、火成活動による周辺岩盤への熱的・水理学的・地球化学的影響などの範囲を適切に設定できるレベル ・マグマ・高温岩体、熱水活動等の存在や、過去から現在までの地温上昇・熱水活動等の履歴を調査できるレベル	【JNC】 ・第四紀火山・熱水活動の履歴や地下深部のマグマ・高温岩体等の存在を確認するための調査技術(地表調査、電磁探査、地震波トモグラフィ、希ガス同位体調査等)の整備 ・火成活動等の長期予測のための方法論(確率論モデル等)の提示	・具体的な地域(とくに日本海側、単成火山周辺)を対象として、火成活動の可能性及びそれに伴う影響の程度と範囲を評価できるレベル ・具体的な地域を対象として、非火山地帯の熱水活動の可能性及びそれに伴う影響の程度と範囲を評価できるレベル	【JNC】 ・現象のプロセスを考慮した火成活動等の長期予測手法及び熱的・水理学的・地球化学的影響を評価するための手法(長期予測、影響評価モデル)を重点的に整備 【抜け落ち課題/新規テーマ案】 ・試験研究調査地での調査にもとづく、東北日本の非火山性熱水の起源と分布の長期的な変動予測 ・熱水活動で物質移行が顕著な熱水盆地の研究
		③隆起・侵食	・日本列島の大部分では、隆起・侵食量は100m/10万年未満 ・過去数十万年にわたって、地殻応力場の特徴に対応して、地域毎に一定の傾向に沿って継続・累積しており(侵食速度マップ等)、日本列島規模での隆起・侵食等の量は大局的に把握	・文献や概略的な地上からの調査により、第四紀における隆起速度や侵食速度を見積ることができ、隆起・侵食による地形勾配や土被りの変化などを適切に設定できるレベル ・過去数十万年程度の地形と地層の発達プロセスを調査できるレベル	【JNC】 ・将来十万年程度の地形変化予測を目標とした、隆起量、地質、地形、気候等と侵食速度との関係を把握する手法の整備及びシミュレーション技術の開発	・具体的な地域を対象として、将来の地形変化及びそれによる水理学的影響などの範囲を調査・評価できるレベル	【JNC】 ・地形、地層の変形・発達をモデル化し、それらによる地下水の水質や流動などへの影響を調査・評価する手法の整備 ・シミュレーション結果の信頼性を確認するためのナチュラルアナログ研究(古水理地質学)の実施(活用)
		④気候・海水準変動	・過去数十万年間の氷期には、日本列島の平均気温が10度程度低下、降水量は5割程度低下 ・過去数十万年以上にわたる地球規模での周期的な氷期-間氷期サイクルが存在	・文献や概略的な地上からの調査により、気候・海水準変動の規模や時期を推定でき、降水量や気温変化の概略的な設定事例が示せるレベル	【JNC】 ・第四紀後半における気候・海水準の変動の規模や海水準変動による海岸線の移動範囲等を把握するための調査技術(地表調査、ボーリング調査等)の整備	・具体的な地域を対象として、ローカルな気候・海水準変動を考慮しつつ、将来の地形変化及びそれによる水理学的影響などの範囲を調査・評価できるレベル	【JNC】 ・気候・海水準変動による海水量や地形変化が、地下水の水質や流動などへ与える影響を評価する手法の整備 【抜け落ち課題/新規テーマ案】 ・長期的な変動を検証する方法の研究
(2) 地質環境特性	①総合的な調査・評価	・文献調査、地上からの調査、地下施設での調査ごとに、主要な調査項目や手法、技術を提示	・URLや沿岸地域など実際の地質環境を対象とした調査事例の蓄積を通じ、また各研究開発の成果を統合しながら、地上から地質環境を調査・評価する技術を体系的に整備 ・活断層とそれ以外の断層及び大規模断層系の存在形態及びその水理系への長期的な影響評価	【JNC】 ・瑞浪・梶延の2つのURLサイト等で得られた地上からの調査研究成果を取りまとめ、地層処分にとって重要な地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論とその妥当性の根拠、適用した技術の有効性及び異なる地質環境への適用性などに関する知見を提示 【RWMC】 ■地質環境評価技術高度化 ・内陸・結晶質岩及び沿岸域・堆積岩を対象とした調査システムフローを構築し(調査から処分成立性評価に必要な情報までの地質環境調査・評価のフローを体系化)、既存データによる検証検討に基づいた有効性、信頼性の提示 ・複雑な調査システムフローを効率的かつ透明性をもって幅広く利用可能とするためのITベースのシステムの試構築 【産創研】 ■塩水環境下処分技術調査 ・沿岸域の地下水環境特性を物理法則に基づく水理評価とともに化学法則に基づく水質形成エビデンスで補完し、化石塩水が賦存する流動極小場特性を合理的に把握するための体系を整備	・URL等における実際の地質環境を対象とした調査事例の蓄積を通じ、また各研究開発の成果を統合しながら、坑道掘削時における地質環境の調査・評価技術を体系的に整備(地上からの調査・評価の確認手法を含む)	【JNC】 ・瑞浪・梶延の2つのURLサイト等での坑道掘削時の調査研究成果(地上からの調査による予測結果の確認も含む)を取りまとめ、地下施設の建設中に周辺の地質環境特性を効率的に調査するための体系的な方法論と適用した技術の有効性などに関する知見を提示 ・上記にあわせて、地下施設を安全かつ合理的に建設するための設計・施工技術を開発・提示 ・坑道を利用した地質・地下水調査に対する調査システムフローを構築及び調査から得られたデータから地層処分時の地質環境評価に必要な情報を取得する合理的な手法の体系的な提示 ・化石塩水が賦存する沿岸域の地下水流動極小場を多角的状況証拠に基づき合理的に説明する方法論と実サイトデータの適用による、その有効性の提示、地質環境情報に基づく特性評価手法の提示 【抜け落ち課題/新規テーマ案】 ・地質環境特性を考慮したボーリング孔井の最適配置に関する研究	
		②地質・地質構造	・文献情報等に基づき、わが国における一般的な地質構造について、特に地下水や物質の移行経路となりうる地質構造要素に着目して整理	・地上からの調査において、段階的に岩盤の不均質性や不連続構造の三次元的分布を調査・解釈・評価するための技術が体系化できるレベル ・沿岸域における大規模な断層及び断層系の存在形態を把握する技術が体系化できるレベル	【JNC】 ・瑞浪・梶延の2つのURLサイト等での地表からの調査研究における(スケールごと、かつ段階的な)岩盤の不均質性や不連続構造の三次元的分布の予測・調査、得られた結果の解釈・モデル化、モデルの妥当性確認(不確実性の低減)を通じた、一連の技術の体系化 【産創研】 ■沿岸域断層評価手法の開発に関する研究調査 ・沿岸部に伏在する断層と大規模断層系の解明のため、沿岸域の陸と海の調査データを接合する手法についての調査と評価	・坑道掘削時の調査において、地下深部における岩盤の不均質性や不連続構造(特に主要な地下水移行経路)の三次元的分布を調査・解釈・評価するための技術が体系化できるレベル ・沿岸域に伏在する断層と大規模断層系の調査・評価手法の開発され、その水理学的影響の評価ができるレベル	【JNC】 ・瑞浪・梶延の2つのURLでの坑道掘削時の調査研究における(スケールごと、かつ段階的な)岩盤の不均質性や不連続構造の三次元的分布の予測・調査、得られた結果の解釈・モデル化、モデルの妥当性確認(不確実性の低減)を通じた、一連の技術の体系化 ・陸域・海域の野外調査を行い、これらの調査結果を統合することで、沿岸部の海底に伏在する断層と大規模断層系を推定し、その水理学的影響の評価手法を開発・整備する。調査・データの統合・解析手法上の課題点を明らかにし、手法の改良を行い、実用可能な手法として提案する。