

1-1 超深地層研究所計画における研究の現状 (1/3)

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
 藪内 聡, 松岡 稔幸, 三枝 博光

超深地層研究所計画

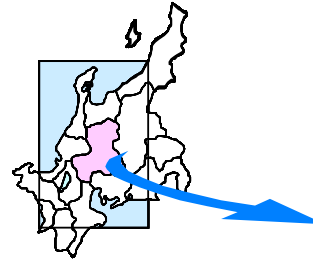
全体目標

- ・ 深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
- ・ 深地層における工学技術の基盤の整備
 (結晶質岩を研究対象)

計画概要

- ・ 3つの段階に分けて約20年をかけて研究を実施
- ・ 研究用地と正馬様用地の2箇所で行う研究を実施

超深地層研究所計画のスケジュール



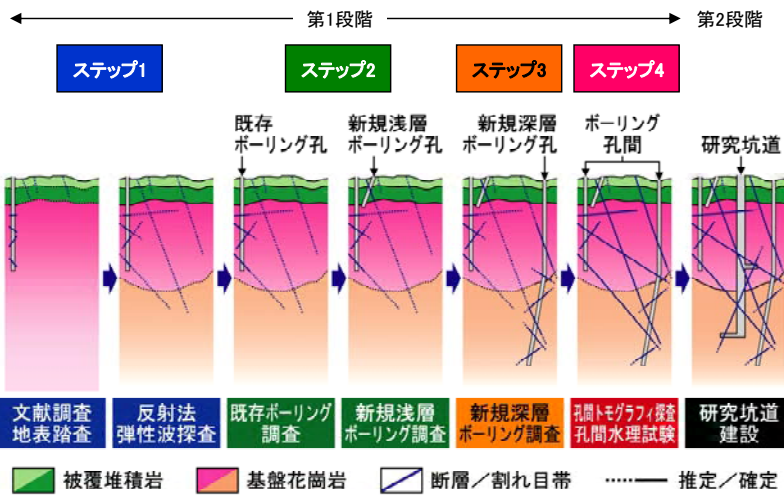
岐阜県 東濃地域



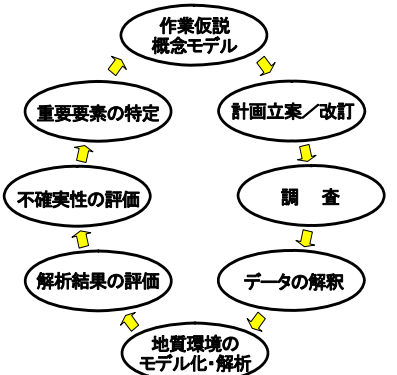
調査・研究の進め方

超深地層研究所計画においては、繰り返しアプローチに基づく地質環境モデルの構築・更新を通して、合理的な地質環境特性調査の手順を構築する

第1段階における調査研究の流れ



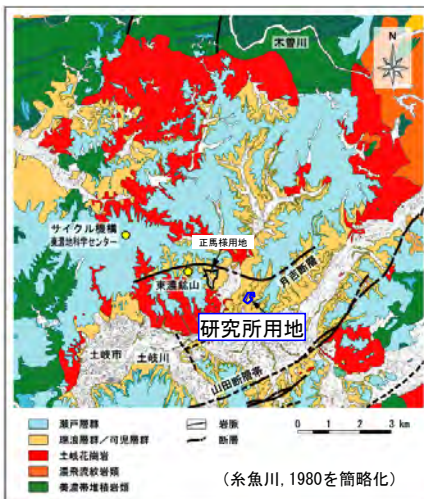
繰り返しアプローチ



調査量と地質環境特性の理解度や不確実性との関係を明確にし、次の調査で確認すべき重要な要素の特定を行う

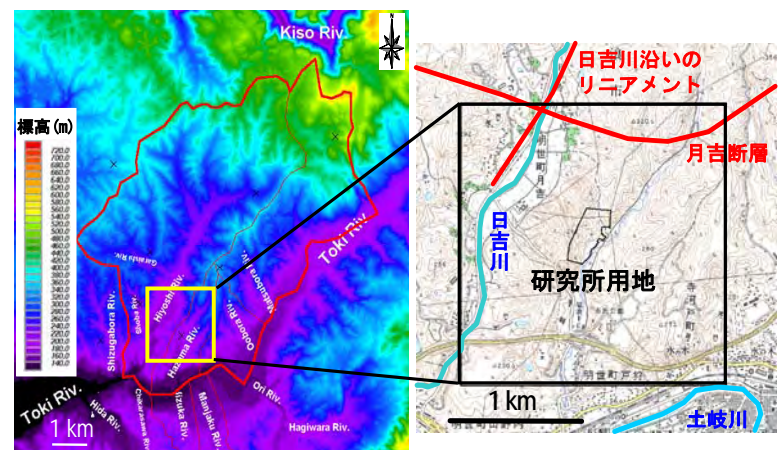
東濃地域の地質概要

一研究用地周辺の地質概要一



第1段階における地質構造モデル・地下水流動解析領域

一研究坑道周辺の地質環境に着目して空間スケールを設定一



1:25,000数値地図(国土院平成12年9月1日発行)「土岐」「瑞浪」を使用

1-1 超深地層研究所計画における研究の現状 (2/3)

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
 藪内 聡, 松岡 稔幸, 三枝 博光

繰り返しアプローチ (ステップ1→ステップ2) に基づく地質構造のモデル化および地下水流動解析

他の断層と比較して、北北西系および北東系の断層の透水性が水頭分布に与える影響大

北北西系および北東系断層の地質学的・水理学的特性の評価が重要

既存情報に基づく地質構造の概念モデル

広域地下水流動研究
正馬様用地での調査研究

地質踏査
反射法弾性波探査

調査目的：
断層や割れ目帯の分布，被覆堆積岩と花崗岩の不整合面の形状，堆積構造に関する情報の取得

断層
堆積岩の地層境界
不整合面
推定断層

反射断面図

ステップ2へ

重要要素の特定

不確実性の評価

解析結果の評価

地下水流動解析

地質構造のモデル化

データ解釈

調査

計画立案

概念モデルの作成

ステップ1
地質・地質構造データの取得
ボーリング調査の計画立案

地下水流動解析結果 水頭分布

全ての断層：透水異方性有の場合

北北西系の断層（-）：高透水性とした場合（異方性無）

地質構造モデル

- 瀬戸層群
- 瑞浪層群
 - 生俣累層
 - 明世・本郷累層
 - 土岐夾炭累層
- 土岐花崗岩
 - 上部割れ目帯
 - 下部割れ目低密度帯
 - 月吉断層に伴う割れ目帯
- 推定断層

他の断層と比較して、北北西系および東西系の断層の透水性が水頭分布に与える影響大

深部花崗岩における北北西系および東西系断層の地質学的・水理学的特性ならびに連続性の評価が重要

既存ボーリング調査 (DH-2号孔*)

調査目的：
深度約500mまでの花崗岩中の大規模な断層，上部割れ目帯および水みちとして機能する構造の地質学的・水理学的特性の把握

新規浅層ボーリング調査 (MSB-1~4号孔)

調査目的：
北北西系断層および堆積岩・花崗岩上部の各岩相における地質学的・水理学的特性，地下水の水質の把握

ステップ3へ

重要要素の特定

不確実性の評価

解析結果の評価

地下水流動解析

地質構造のモデル化

データ解釈

調査

計画立案

概念モデルの作成

ステップ2
ステップ1での課題の解決
深度500mまでのデータ取得

地下水流動解析結果 水頭分布

全ての断層：透水異方性有

北北西系の断層（-）：高透水性

地質構造モデル

- 瀬戸層群
- 瑞浪層群
 - 生俣累層
 - 明世・本郷累層
 - 土岐夾炭累層
- 土岐花崗岩
 - 上部割れ目帯
 - 低角度傾斜を有する割れ目の集中帯
 - 下部割れ目低密度帯
 - 月吉断層に伴う割れ目帯
- 推定断層

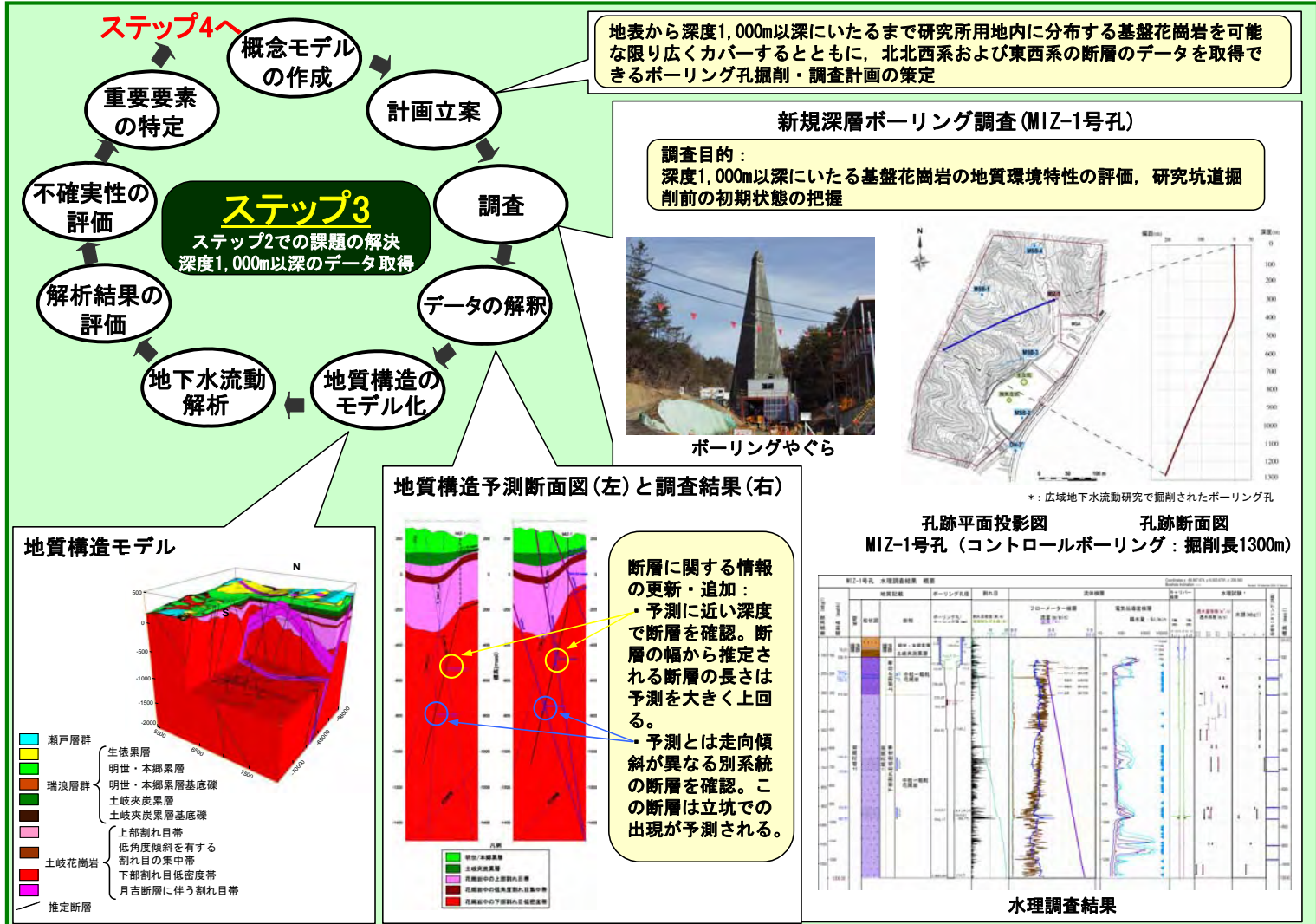
地質構造モデルの更新点：

- 被覆堆積岩の分布ならびに基盤花崗岩の上面深度分布の精度向上
- 基盤花崗岩上面に分布する風化部および上部割れ目帯中の低角度傾斜を有する割れ目の集中帯を新たに記述

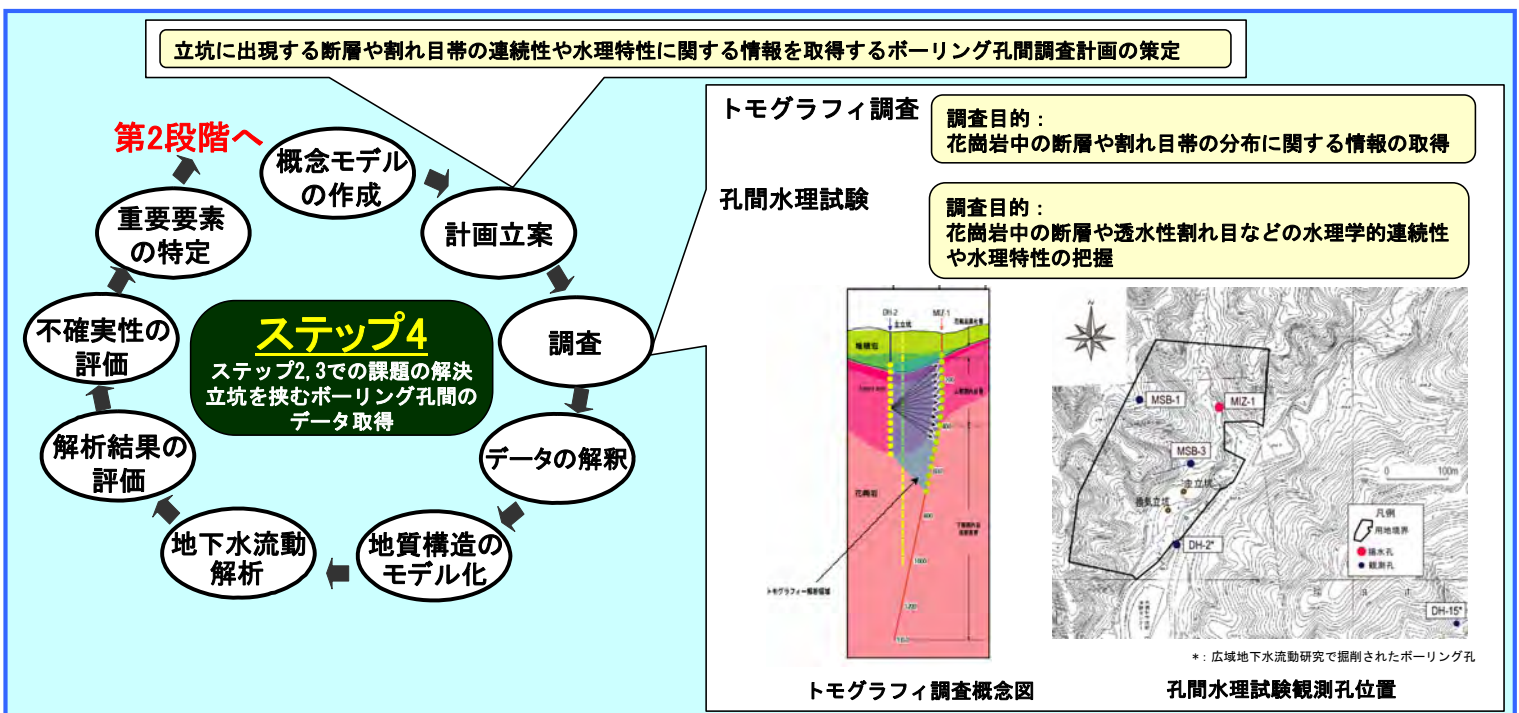
1-1 超深地層研究所計画における研究の現状 (3/3)

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
 藪内 聡, 松岡 稔幸, 三枝 博光

繰り返しアプローチ (ステップ2→ステップ3) に基づく地質構造のモデル化

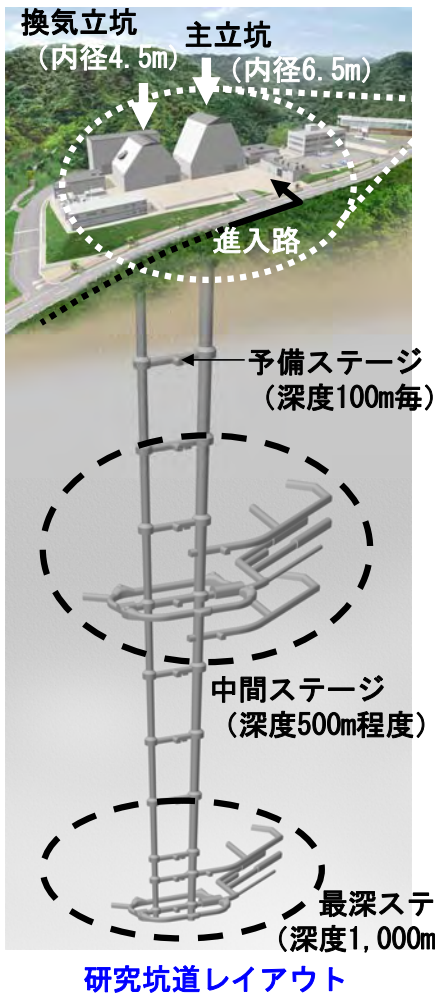


繰り返しアプローチ (ステップ4) の調査計画

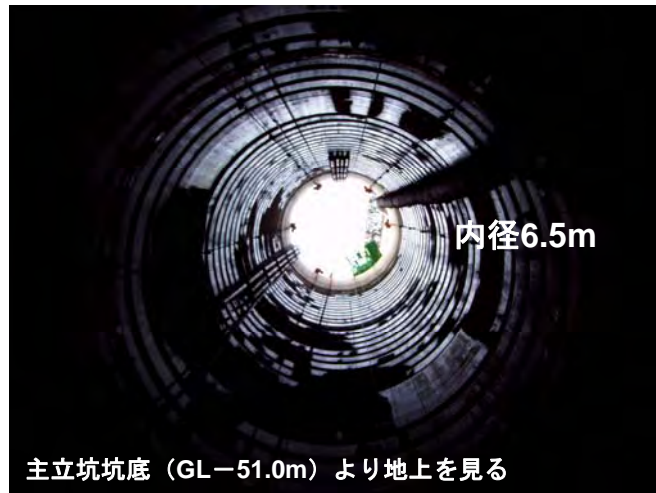


1-2 瑞浪超深地層研究所施設建設の現状

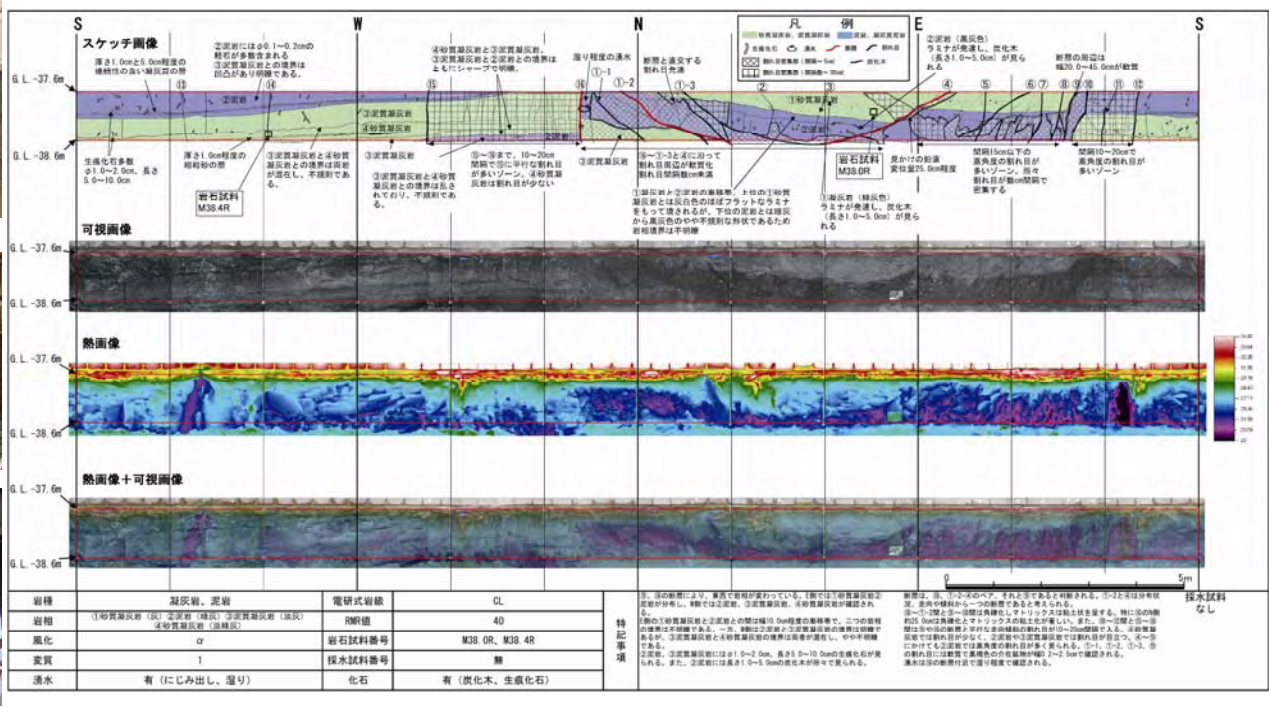
核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
見掛信一郎, 玉井 猛, 永崎靖志, 山本 勝



地上設備構築状況 (H16年12月28日現在)



施工状況 (坑口部 GL-51.0m)



立坑壁面の地質観察例 (主立坑GL-37.6m~-38.6m)

1-3 超深地層研究所計画第2段階調査研究計画の概要

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
仙波 毅, 花室 孝広, 茂田 直孝

超深地層研究所計画のスケジュールと第2段階の目標

年度	2000	2005	2010	2015
第1段階: 地表からの調査予測研究段階				
第2段階: 研究坑道の掘削を伴う研究段階 ○研究坑道の掘削が地質環境に与える影響の把握 ○研究坑道の施工・維持・管理にかかわる工学技術の有効性の確認				
第3段階: 研究坑道を利用した研究段階				

第2段階の目標と主要な課題

第2段階目標	課題	スケール	
		サイト	ブロック
研究坑道の掘削が地質環境に与える影響の把握	地質構造の三次元的分布の把握	母岩の地質学的不均質性の把握	○
		移行経路としての重要な水みちの把握	○
		地下水の流動速度の把握	○
		透水性分布の把握	○
		酸化還元環境の把握	○
	地下水の地球化学特性の把握	pH分布状態の把握	○
		塩分濃度の把握	○
		地下空洞周辺の力学・水理状態の把握	○
		EDZの物性と分布の把握	○
		断層破砕帯などの有無の把握	○
地下施設建設が周辺環境へ与える影響の把握	研究坑道掘削の地下水位への影響の把握	○	
	研究坑道掘削の地下水圧への影響の把握	○	
	研究坑道掘削の地下水質への影響の把握	○	
	研究坑道掘削による振動・騒音の把握	○	
	地下施設の設計・施工計画構築技術の構築	○	
研究坑道の施工・維持・管理にかかわる工学技術の有効性の確認	地下施設の建設技術の確認	○	
	施工対策技術の確認	○	
	安全性を確保する技術の確認	○	

第2段階の目標を達成するためのアウトプット

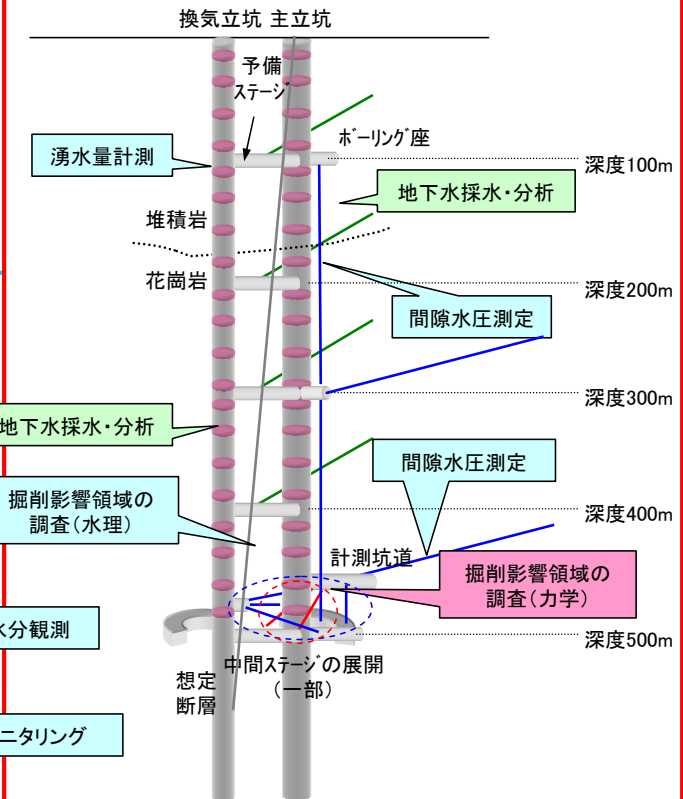
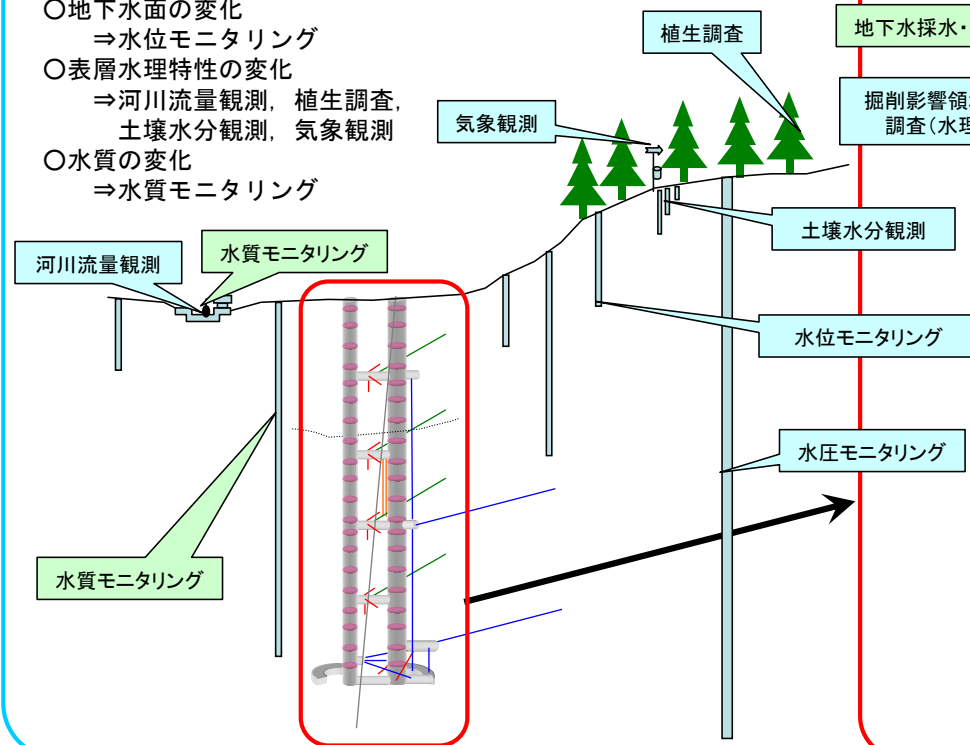
- 地質環境への影響評価 (場の変化の把握, 現象の理解)
- 第1段階の成果の評価 (調査・解析結果, 調査・解析体系の評価)
- 研究坑道掘削に関する設計・実施・評価 (工学技術の有効性の確認)
- 第3段階の計画 (レイアウト, 調査・試験項目の決定)

スケール別・目的別の地質環境のモデル化の目標

領域	目的		反映先
	地質環境への影響評価	地下施設の設計・施工	
サイト	・施設建設前の初期状態の把握 ・施設周辺の影響評価	・地下施設の設計	・人工バリア周辺～天然バリアの評価 ・人工バリア周辺の境界条件の設定
ブロック	・施設建設前の初期状態の把握 ・施設の極近傍の影響評価	・地下施設の詳細設計 ・研究坑道の設計	・地層処分システムの一部の地質環境 (場所・特性)に着目した評価

研究所用地周辺における調査項目

- 水圧分布の変化 ⇒ 水圧モニタリング
- 地下水面の変化 ⇒ 水位モニタリング
- 表層水理特性の変化 ⇒ 河川流量観測, 植生調査, 土壌水分観測, 気象観測
- 水質の変化 ⇒ 水質モニタリング



立坑近傍における調査項目

- 水圧分布の変化 ⇒ 間隙水圧測定
- 岩盤の透水性の変化 ⇒ 掘削影響領域の調査 (水理)
- 研究坑道への湧水量 ⇒ 湧水量計測
- 水質の変化 ⇒ 地下水採水分析
- 応力場と岩盤物性の変化 ⇒ 掘削影響領域の調査 (力学)

地質環境の変化に着目した第2段階の調査研究項目

1-4 地質環境の長期安定性に関する研究 (1/2)

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター

梅田浩司, 野原 壯, 藤原 治, 笹尾英嗣, 浅森浩一, 大澤英昭, 中司 昇

地質環境の長期安定性に関する研究の背景

選定要件(最終処分法, 2000)

<概要調査地区選定>

- 地震等の自然現象による地層の著しい変動の記録がないこと。
- 将来にわたって、地震等の自然現象による地層の著しい変動が生ずるおそれが少ないと見込まれること。

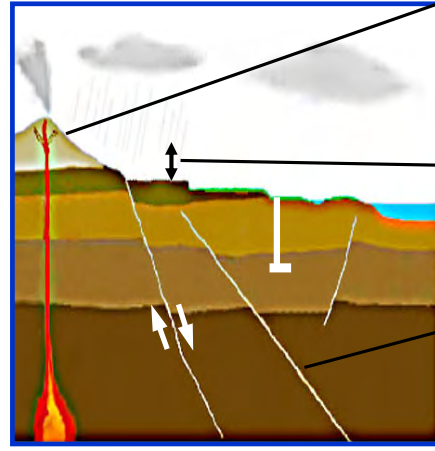
<精密調査地区選定>

- 対象地層等において自然現象による地層の著しい変動が長期間生じていないこと。
- 対象地層等内に活断層、破碎帯または地下水の水流があるときは、これらが坑道その他の地下の施設に悪影響が少ないと見込まれること。

環境要件(原子力安全委員会, 2000)

<概要調査地区選定>

- 対象地域の隆起・侵食量を評価し、著しい変動が生ずるおそれがある地域については、これを含めないこと。
- 処分施設を合理的に配置することが困難となるような活断層の存在が明らかな場合は、これを含めないこと。
- 第四紀に活動したことがある火山がある場合には、これを含めないこと。



【火山・火成活動】

- ・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】

- ・侵食作用による廃棄体の地表への接近
- ・地形変化や気候変化による地下水の流動特性や水質の変化

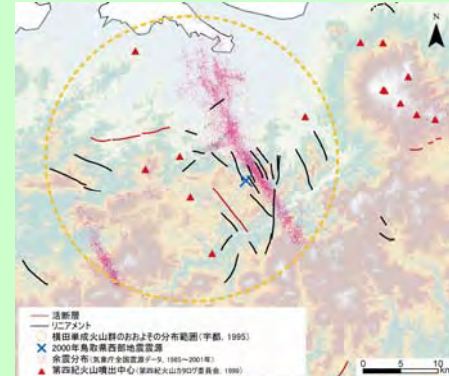
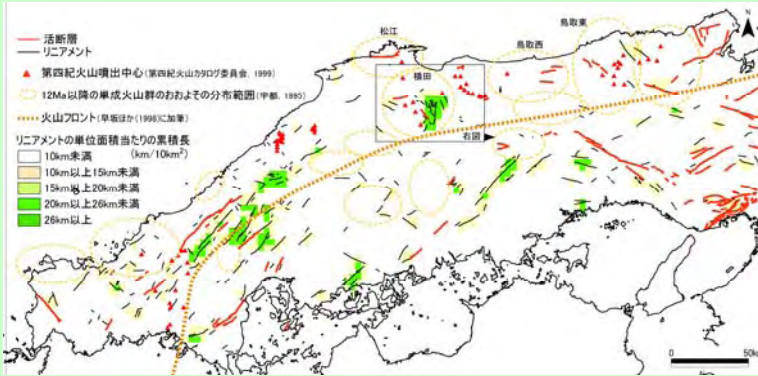
【地震・断層】

- ・岩盤の破断・破碎による処分施設及び廃棄体の破壊
- ・岩盤の破断・破碎による地下水移行経路の形成、水圧の変化等

地層処分において考慮すべき天然現象

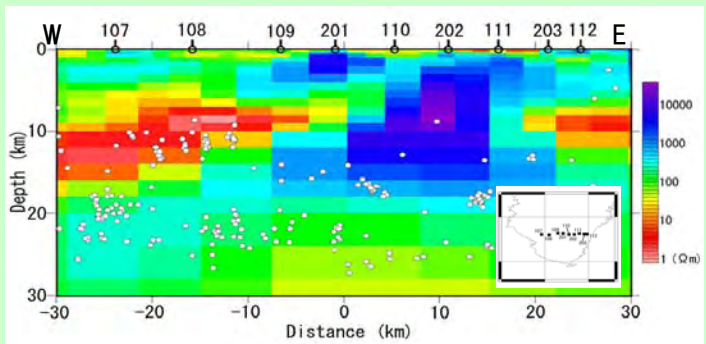
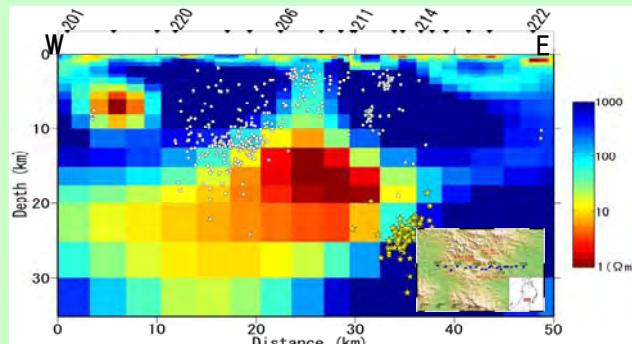
調査技術の開発・体系化

最終処分法によると概要調査地区等の選定に際しては、対象地層等において自然現象による地層の著しい変動が長期間生じていないこと等を明らかにすることが求められている。そのためには、地層処分システムの成立性に重大な影響を及ぼす現象の存在や過去の変動の履歴やその影響を予め確認するための体系化された調査技術が必要となる。このためサイクル機構では、隆起・侵食量の推定技術、震源断層の抽出技術、マグマ・高温岩体等の探査技術、古地温・熱水系の復元技術等に係わる研究開発に取り組んでいる。



震源断層の抽出技術: 中国地方(左図)及び2000年鳥取県西部地震震源付近(右図)の活断層及びリニアメント分布と火山分布の関係

左図：中国地方の活断層及びリニアメントと、12Ma以降の単成火山群の位置関係を見ると、松江や横田、鳥取などの火山フロント背弧側にあたる日本海側で両者の分布が重なる。鳥取県西部地震震源付近は、リニアメントが特に集中する地域である。右図：この震源付近には、第四紀火山が震源から約10km離れた東西両側にNNW-SSE方向の列状に分布し、余震分布の方向とほぼ平行している。また、余震分布は、横田単成火山群の一連の火山岩が分布する範囲の中にあり、余震域では深部低周波地震が発生している。これらのことから、余震域およびその周辺の断層活動と火成活動は、同様の応力場で生じる深部流体の上昇等の何らかの作用が共通の原因となって生じたと考えられる。



マグマ・高温岩体等の探査技術: 鳴子火山周辺(左図)および紀伊半島南部(右図)における二次元深部比抵抗構造

マグマ・高温岩体等の探査技術の一環として、電磁法探査技術の地下30 km程度までの適用性について検討。地震波トモグラフィーによって地下深部のマグマの存在が示唆されている鳴子火山周辺地域においてMT法を適用した結果、地震波の低速度体と低比抵抗体の分布域が調和的であることから、MT法は有効な探査技術の一つと考えられる。一方、紀伊半島南部地域では、地下10km付近に顕著な低比抵抗層が存在するが、地殻熱流量、震源分布等を考慮すると、この低比抵抗層は溶融体ではない深部流体の存在によるものと考えられる。

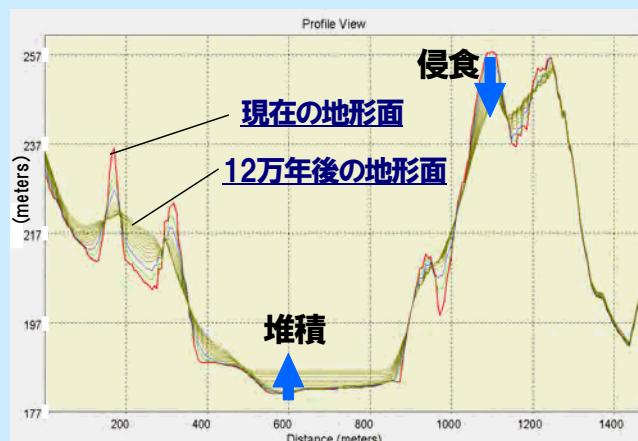
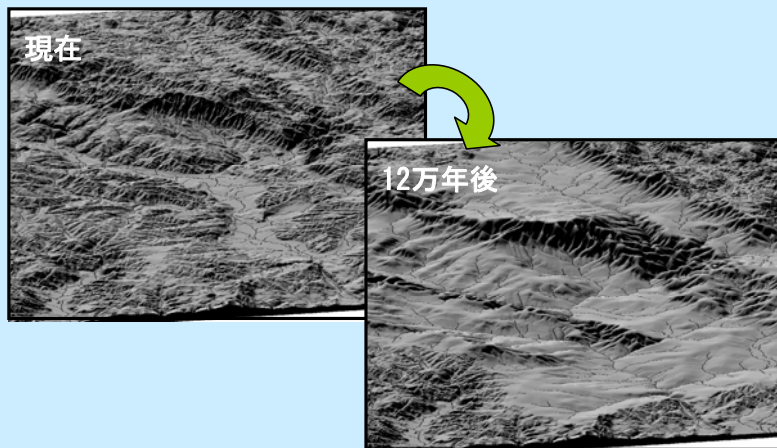
1-4 地質環境の長期安定性に関する研究 (2/2)

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター
梅田浩司, 野原 壯, 藤原 治, 笹尾英嗣, 浅森浩一, 大澤英昭, 中司 昇

長期予測・影響評価モデルに関する研究開発

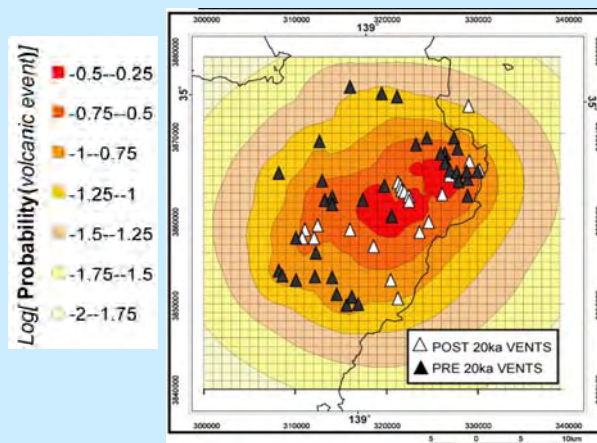
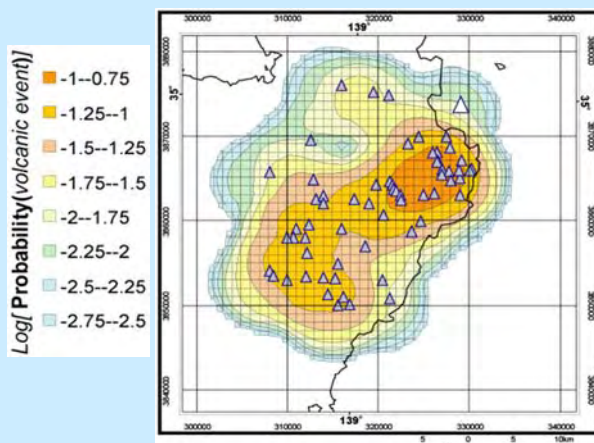
● 長期予測・影響評価モデルの構築

長期予測・影響評価モデルに関する研究開発の成果は、処分施設的设计・施工等の工学的対策や地層処分システムの安全評価等に資するため、長期にわたる地殻変動・火成活動等の予測とそれらが地質環境に及ぼす影響を評価するためのモデルの開発を目指している。サイクル機構では、三次元地形変化モデル、火山発生に係る確率モデル、断層周辺の力学・水理モデル等に係わる研究開発を進めている。



三次元地形変化モデル: 東濃地域中部の現在と12万年後の地形(右図は日吉川流域の断面図)

シミュレーションは、斜面や河川からの物質の移動を従順化モデルによって表現し、物質の流入量と流出量の差から標高を算定する手法を用いた。また、解析には10m-DEM数値地図データを用い、水平方向の解像度は10mである。12万年後の地形に比べて傾斜の急な尾根部が大きく侵食され、穏やかな川底で堆積が進んでいることが読み取れる。

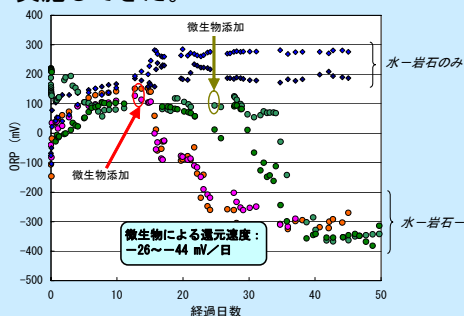


火山発生に係る確率モデル: Kernel法(左図)およびnearest neighbor法(右図)による火山発生の確率分布

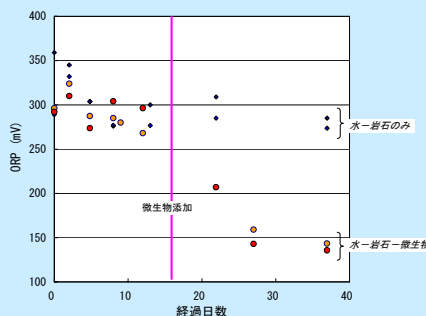
東伊豆単成火山群を対象に、空間統計学的なアプローチにより地質データ(火山分布・年代)をモデル化し、今後1万年間の単成火山の発生確率を計算したものの。

● 長期予測・影響評価モデルの確認(ナチュラアナログ研究)

地層処分システムの安全評価の信頼性をより向上させるため、1~10万年といった長期的な時間スケールで生じる地質学的事象と地質環境の変化、およびそれに伴う物質の移行・遅延挙動を把握するため、東濃ウラン鉱床においてナチュラアナログ研究を実施してきた。



酸化還元電位の変化



硫酸イオン濃度の変化

水-岩石±微生物反応実験の結果

地下水と有機質な岩石、および微生物を反応させた結果、強還元環境が形成された。地下水中の硫酸濃度は微生物添加後に減少しており、硫酸還元菌による硫酸イオンの消費と硫化水素の生成が推測される。また、微生物の遺伝子解析から、経過日数によって卓越する微生物種が変化することが明らかになった。今回の調査によって、地下深部の還元環境の形成・維持のメカニズムを解明できる可能性が示された。

1-5 次世代の高精度物理探査技術等に係わる基盤研究

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター 熊澤峰夫, 笠原順三, 國友孝洋, 中島崇裕, 鶴我佳代子, 羽佐田葉子, 長尾大道, 茂田直孝

アクロス (精密制御定常信号システム) の開発

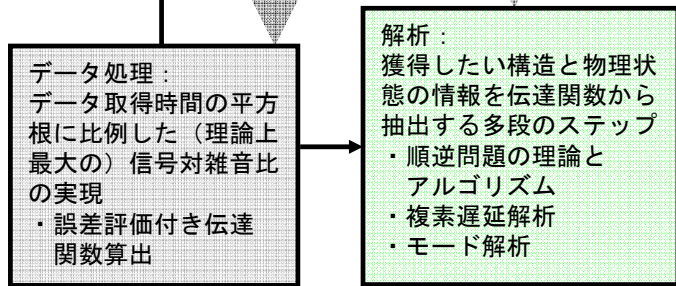
【アクロス (ACROSS: Accurately Controlled Routinely Operated Signal System) とは】
線形力学系モデルと見なしうる問題に対応する、汎用的な計測システム。
システム実現における最重要事項は雑音への対処にあると認識して、一連の要素技術を開発。

【アクロスの要素技術】

$$\text{観測データ} = \text{雑音} + \text{伝達関数} \times \text{励起}$$

- 安定なセンサーと校正手法
- 指向性機能確保のためのセンサーアレイ
- 精密同期重合データロガー

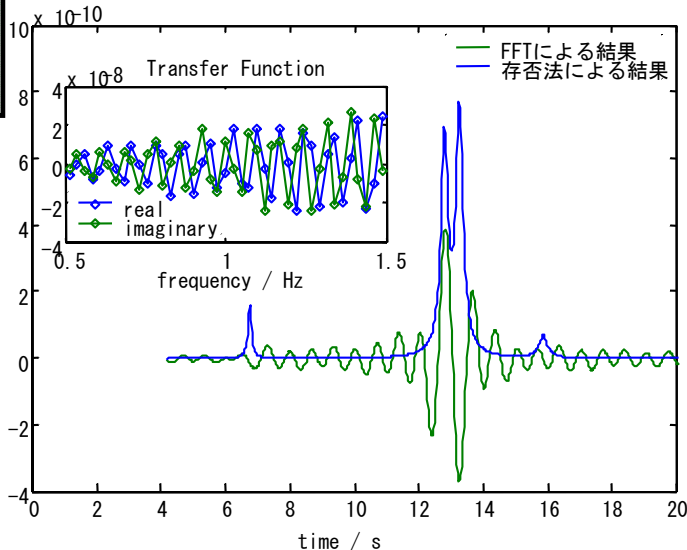
- 環境へ配慮しつつ周波数依存性(色)の情報取得を前提に高い信号対雑音比を実現するための、信号エネルギーの時間拡散と複数の狭い周波数範囲に局在する離散的スペクトル線の特徴とする、超精密信号の長期間安定送信



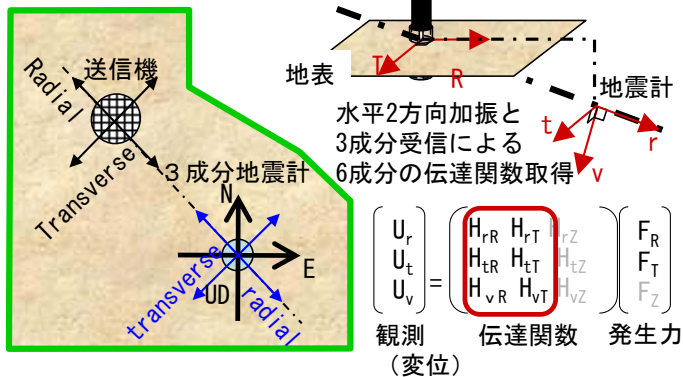
【解析】

・複素遅延解析 (存否法解析)

狭い周波数範囲 (0.5~1.5 Hz) の伝達関数を用いたイベント解析における従来法 (逆FFT) と存否法の比較。

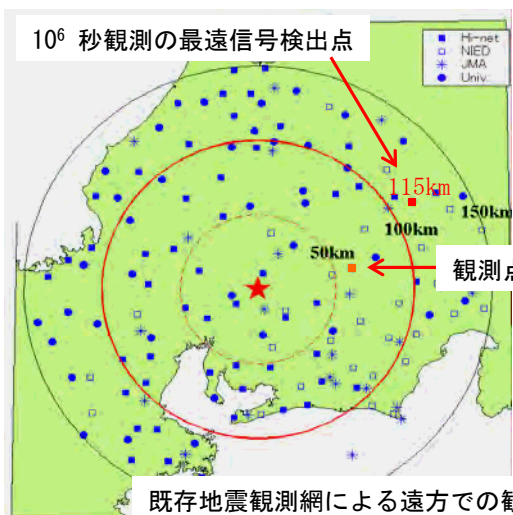


【励起と観測】

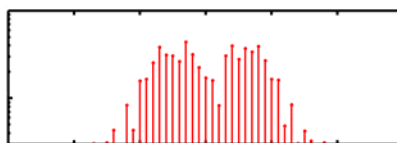


【観測試験とデータ処理結果】

理論上の限界に近い雑音低減技術により、弱い震源 (30m離れば震度0) を用いて、送受信点間距離100km以上での信号検出を達成。

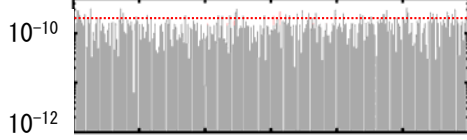


送信信号のスペクトル

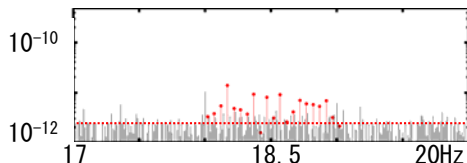


観測点 A における受信信号のスペクトル

10² 秒間観測



10⁶ 秒間観測



雑音振幅

10⁴ 倍の観測時間で雑音振幅が 1/10² に低減