

分置

地質環境の長期安定性に関する研究
年度計画書（平成 17 年度）

（技術報告）

平成 17 年 4 月

核燃料サイクル開発機構

東濃地科学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
Tel: 029-282-1122 (代表)
Fax: 029-282-7980
e-mail: jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2005

目次

1. はじめに	1
2. 平成 16 年度までの研究成果の概要	2
(1) 隆起・侵食および気候・海水準変動に関する研究	2
(2) 火山活動に関する研究	2
(3) 活断層・地震活動に関する研究	3
(4) 陸域地下構造フロンティア研究	3
(5) ナチュラルアナログ研究	4
3. 研究開発の方向性と当面進めるべき研究課題	5
4. 平成 17 年度の研究計画	7
4.1 隆起・侵食および気候・海水準変動に関する研究	7
(1) 目標	7
(2) 実施内容	7
(a) 三次元地形変化シミュレーション・モデルの開発	7
(b) 東濃地域における気候変動および段丘堆積物に関する調査	7
(c) 濃尾平野の発達プロセスに関する既存情報の収集・取りまとめ	8
(d) 東濃地域を対象とした地下水流動のモデル化・解析	8
4.2 火山活動に関する研究	9
(1) 目標	9
(2) 実施内容	9
(a) 火山・熱水活動等の復元技術の整備	9
(b) マグマ・高温岩体等の調査技術の整備	9
(c) 地熱活動の熱・水理モデルの開発	9
(d) 火成活動等の長期予測モデルの開発	10
4.3 活断層・地震活動に関する研究	10
(1) 目標	10
(2) 実施内容	10
(a) 活断層帯の変形と断裂系の発達過程に関する調査	10
(b) 断層活動に伴う水理的影響に関する調査	11

4.4 陸域地下構造フロンティア研究	11
(1) 目標	11
(2) 実施内容	12
(a) 弾性波アクロスの観測試験と解析事例の提示および取りまとめ	12
(b) 電磁アクロスの観測試験と解析事例の提示および取りまとめ	12
(c) データ解析理論計算とモデル計算コード開発	12
4.5 ナチュラルアナログ研究	13
(1) 目標	13
(2) 実施内容	13
(a) 東濃ウラン鉱床の長期保存に関わる地質環境に関する研究	13
(b) ウラン系列核種の移行・遅延に及ぼす影響要因に関する研究	13
(c) 体系的なナチュラルアナログ研究手法の整備	13
5. おわりに	14
引用文献	15

1. はじめに

東濃地科学センターでは、国の計画に示された「高レベル放射性廃棄物の地層処分にに関する研究開発」の一つである深地層の科学的研究（地層科学研究）の一環として、「地質環境の長期安定性に関する研究」を進めている。

「地質環境の長期安定性に関する研究」では、地層処分システムに影響を及ぼすことが想定される地震・断層活動、火山活動、隆起・侵食、気候・海水準変動等の天然現象を対象に、現象の特徴（過去から現在までの活動履歴にみられる規則性や変動の規模等）を明らかにするとともに、それらが地質環境に及ぼす影響（地下水流動、水質、岩盤力学等への影響）を解明するための調査技術・評価手法に係わる研究開発を進めてきた。「第二次取りまとめ」以降は、その成果を踏まえ、地層処分技術のより一層の信頼性向上を図ることが求められている（原子力委員会、2000）。そのため、これまで文献調査を主体として全国レベルで進めてきたデータの解析から、実際の地質環境に適用できる調査技術の開発や地殻変動・火成活動等に伴う地質環境の長期的な変遷を予測・評価するための手法の開発等を目指している。

また、「地質環境の長期安定性に関する研究」の基盤的な研究として、「陸域地下構造フロンティア研究」を進めている。「陸域地下構造フロンティア研究」では、地層処分の技術的信頼性の向上を目的に、プレート運動や活断層の形成メカニズムに関する科学的知見の蓄積、およびそのための調査手法の開発を進めている。

さらに、地層処分システムの長期的な安全評価の信頼性を向上させるため、「ナチュラルアナログ研究」を進めている。「ナチュラルアナログ研究」では、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それに伴う地質環境の変化に伴う物質の移行・遅延挙動についての知見を得ること、および物質の移行・遅延挙動に影響を及ぼす要因を評価するとともに、それらの定量的な情報の取得を進めている。これらの研究成果は、地層処分の長期的な安全性についての国民の理解を得ていくために重要な意義を持つ。

本計画書は、以上の調査・研究における平成 17 年度の実施計画をまとめたものである。

2. 平成 16 年度までの研究成果の概要

(1) 隆起・侵食および気候・海水準変動に関する研究

将来の隆起・侵食と広域地下水流動の変化に伴う影響を解析・評価するためには、任意の時点での地形情報が必要である。そのため、将来約 10 万年間の隆起・侵食、気候・海水準変動などによる地形変化を三次元でシミュレートする技術の開発を進めている。このシミュレーションでは、地形勾配の大きさや岩石の硬さなどによる侵食速度の違いを考慮した微分方程式によって地形変化を記述した。調査地域の精密な数値地図を作成し、この微分方程式によって時間とともに地形が変化する様子を解析した。平成 16 年度は、断層運動や褶曲運動などの地殻変動および気候変動を組み込んだプログラムの改良を進めるとともに、入力や解析結果の検証に必要な侵食速度や堆積速度、隆起速度のデータを全国的に収集した。シミュレーションに当たっては、全国の地形や河川の縦断形と隆起速度や気候条件などとの関係を統計的に解析することにより、これらを数値化して、断層活動や気候・海水準変動による地形変化を扱えるように改良した。試行的なシミュレーションの結果、全体的な傾向としては、丘陵や低地など低起伏部での地形の平滑化や大起伏部（急傾斜山地）における谷の下刻・溪谷の形成、温暖期における山地の侵食・扇状地の形成、寒冷期における山地斜面の侵食・河川域での堆積等、おおむね地形学的知見を再現する結果が得られた。

(2) 火山活動に関する研究

火山活動に関する研究では、「地下深部のマグマや高温岩体等の調査技術」、「第四紀火山の同定技術および熱史の復元技術」といったマグマの存在や過去から現在までの火成活動の履歴に関する調査技術の開発のほか、「地熱地帯の熱ポテンシャルの評価」、「確率統計学的手法による火山活動の予測モデル」といった、将来の火成活動の予測とこれらに伴う地下水の流動特性・地球化学特性、岩盤の熱特性・力学特性の変動の程度を把握するための長期予測・影響評価モデルの開発を進めている。

このうち、「地下深部のマグマや高温岩体等の調査技術」では、非火山地域の高熱地域を事例に、地震波トモグラフィ法、MT 法 (Magnetotelluric Method) 等の物理探査技術の適用性の確認を行うとともに、温泉ガスの希ガス同位体を用いたマグマや高温流体等の評価技術の開発を進めている。平成 16 年度は、飯豊山地等で物理探査を行い、MT 法等の物理探査技術による地下深部のマグマや高温流体の調査における有効性を示した。

「第四紀火山の同定技術および熱史の復元技術」については、テフクロノ

ロジーによる噴火履歴の調査技術（RIPL 法）の適用性の確認のほか、熱史の復元に用いる各種の地質温度計について適用条件・推定誤差等に関する情報の収集を行った。

「地熱地帯の熱ポテンシャルの評価」については、一次元熱輸送モデルにより坑井温度プロファイルから熱流束を推定する手法および三次元非定常熱-水連成解析手法の検討を行った。坑井温度プロファイルから熱流束を推定する手法については、雲仙火山を対象に事例研究を行い、対流を考慮した熱流束および温度分布の解析事例を示した。

「確率統計学的手法による火山活動の予測モデル」については、東北日本を事例として、地質学、地球物理学的データ等を考慮したベイズ法による火成活動の確率モデルの開発を行い、今後 1 万年程度の火山発生確率分布についての解析事例を示した。

(3) 活断層・地震活動に関する研究

活断層・地震に関する研究では、「横ずれ活断層とその活動に伴う力学的影響」および「逆断層帯の将来の活動に伴う変形や破断の力学的影響」の評価技術の開発を行った。

「横ずれ活断層とその活動に伴う力学的影響」の評価技術に関しては、鳥取県西部地震（2000 年）の震源域などを事例として、地下活断層（活断層のうち、その活動により直上付近にある地表の断層にずれ変位を生じさせるが、地表に明瞭な変位地形を伴わないもの）の検出手法と影響評価手法の開発を継続した。さらに、断層周辺の岩盤の変形および剪断応力の変化と断層分布の関係を Coulomb 2.0 (Toda et al., 1998) により解析した。その結果、断層活動に伴う河川屈曲等の地形変化に着目した地形地質調査と、断層分布調査等を組み合わせた調査手法が、地下活断層の検出および影響評価に適用できる可能性が示された。また、過去の主な被害地震の特徴を整理した結果、地下活断層が偏在する可能性が示された。

「逆断層帯の将来の活動に伴う変形や破断の力学的影響」の評価技術に関しては、横手盆地東縁断層帯において周辺の地層や段丘面の空間的分布調査と、それに基づくバランス断面法を用いた解析を行った。その結果、過去数 10 万年間の分岐断層の出現や変形帯の発達過程が復元され、将来の変形帯や分岐断層等の影響を評価できる可能性が示された。

(4) 陸域地下構造フロンティア研究

アクロスの研究開発では、弾性波、電磁波の送受信装置および解析手法の開発と高精度化を進めている。平成 16 年度は、東海地震震源域を調べるなどの具

体的な目標設定を行い、より遠方の観測点へ向けての連続送受信試験を行った。弾性波では、名古屋大学などとも協同して愛知県東部や静岡県西部に地震観測点を設置し、既存の地下構造と比較可能な測線での観測を開始した。電磁波では、東濃鉱山北方に観測点を増設し、また、付知や設楽など東海大学の観測点を利用したより遠方での観測を開始した。

(5) ナチュラルアナログ研究

ウラン鉱床の母層である瑞浪層群堆積以降の隆起・沈降量と約 150 万年前から現在までの隆起速度を見積もり、長期の時間スケールで生じる地質学的事象の影響下においても、地質環境が放射性核種を保持する能力を有することが事例として示された。

ウラン系列核種の移行・遅延およびその影響要因に関する研究としては、地下水中の有機物がウランの移行挙動に与える影響を評価するために、金属元素との錯体形成に関わる基礎情報として、金属有機錯体形成に関する試験方法の検討を実施した。

また、長期の時間スケールで生じる地質環境の変遷が、東濃ウラン鉱床の長期保存に及ぼす影響を評価するために、東濃ウラン鉱床の母層である瑞浪層群の堆積開始時点から現在までの間に生じた、東濃ウラン鉱床の形成と進化を解析し、その解析結果と鉱床の現在の状態とを比較することによって、物質の移動に影響を及ぼす主要因子を抽出した。

3. 研究開発の方向性と当面進めるべき研究開発課題

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（法律第117号；以下、最終処分法）によれば、最終処分施設を立地する場所の選定に至るまでに、概要調査地区の選定、精密調査地区の選定、最終処分建設地の選定といった三段階のプロセスを経ていくことになっており、研究開発を進めるにあたっては、それぞれの段階において必要とされる基盤的情報を適切に提供していくことが重要である。そのため、当面は、精密調査地区の選定（概要調査）や安全評価指針の策定に反映していくため、実際の地質環境を対象に過去から現在までの天然現象の履歴等を調査するための技術を整備（調査技術の開発・体系化）するとともに、それらのデータに基づき将来の現象の発生やそれに伴う地質環境への影響を予測・評価するための手法に係わる研究開発（長期予測・影響評価モデルの開発）を進めている。また、上記のモデルの信頼性や検証方法の妥当性等を示すための基盤となるナチュラアナログ研究を進めている。さらに、安全評価シナリオ、概念モデルの作成に必要な一般的かつ現実的な現象のプロセスに関する情報や安全評価に用いる力学、熱、地下水理、水質等のパラメータに関する情報の蓄積についても取り組んでいる。

東濃地科学センターにおいて、当面進めていくべき研究分野や達成目標等については、最終処分法による法定要件や原子力安全委員会が示した環境要件等を勘案し、具体的には以下の研究開発課題を設定している。

① 調査技術の開発・体系化

古環境（古気候、古地形・水系等）の復元技術、震源断層等の抽出技術、断層等の影響調査技術、第四紀火成活動等の復元技術、マグマ・高温岩体等の探査技術等の開発

② 長期予測・影響評価モデルの開発

・長期予測・影響評価モデルの構築

三次元地形変化シミュレーション、火山活動域の長期予測モデル、断層周辺の力学的・水理学的影響モデル、地熱活動の熱・水理・水質モデル等の開発

・長期予測・影響評価モデルの確認

東濃地域等を事例とした天然現象による地質環境の変遷に係わるデータの整備と、ナチュラアナログ等による長期予測・影響評価結果の確認

③ 研究情報基盤の整備

各天然現象のプロセスに係る最新の学術的知見や、そのベースとなる調査技術（物理探査技術、年代測定法等）等に関する基盤情報の整備および次世代の調査技術を目指した基盤的な研究（精密制御定常信号システム等）の推進

このうち、今後予定されている概要調査においては、「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」を確認するための調査技術が必要となることから、平成 17 年度までについては、地震・断層活動や火山活動に係わる調査技術の開発・体系化を重点的に進めるとともに、安全評価の基盤となる隆起・侵食に係わる長期予測・影響評価モデルの開発等を着実に推進していく。

平成 17 年度については、上記に挙げた研究開発を継続すると同時に、「第二次とりまとめ」以降に得られた成果のとりまとめを行い、新たな研究開発課題の設定に反映させる。

4. 平成 17 年度の研究計画

4.1 隆起・侵食および気候・海水準変動に関する研究

(1) 目 標

長期間にわたる隆起・侵食，気候・海水準変動に伴う地形変化は，平野の発達や海岸線の移動，岩盤の削剥による地質・地質構造や土被り，地下水の動水勾配などの変化を通じて，地下深部の地質環境へ影響を与える可能性が想定される。このような地質環境の長期的な安定性を検討する上においては，将来の地形の変化量を精度良く把握するとともに，地形変化の生じる場所およびその速さを加えて議論する必要がある。

そのため，10 万年オーダーでの地形変化を三次元でシミュレートする技術の開発（以下，「地形変化シミュレーション」）を継続するとともに，段丘の形成年代などの古地形を復元する調査技術や，気候・海水準変動の変遷やそれらが地形や地質環境へ与える影響を明らかにするための調査技術の開発を進める。

(2) 実施内容

(a) 地形変化シミュレーション・モデルの開発

地形変化シミュレーションでは，例えば流域全体のように，ある程度の広がりを持った地形が，10 万年オーダーという長期間において，どのように変化していくのかを予測することを目的として開発を進めている。地形変化は物質の移動によって生じることから，地形勾配に応じた拡散現象による物質移動量を計算する二次元の拡散方程式（時間を含む偏微分方程式）を，地形変化プロセスの異なる斜面域と河川域に分けて数値地図に適用することにより，将来の地形変化量を解析しているが，平成 16 年度までのシミュレーション作業において，河川域の物質運搬アルゴリズムに課題が残ることが明らかとなった。

そのため，平成 17 年度は，河川システム（侵食・堆積，物質運搬）の見直しを行い，河川域の物質運搬アルゴリズムの再構築を行うとともに，土岐川流域を対象とした将来約 10 万年間のシミュレーションを実施し，解析結果（河川縦断形，侵食・堆積，物質の系外排出量など）や平成 16 年度までの結果と比較することによりプログラムの検証を行う。

(b) 東濃地域における気候変動および段丘堆積物に関する調査

気候変動に伴う降水量の増減や凍結融解領域の変化等は，河川の平衡勾配や山地斜面の安定性に影響を及ぼし，地形変化や侵食ポテンシャル変化の原動力となる。そのため，気候変動の変遷およびそれに伴う斜面の安定性や侵食土砂量などの古環境の変動を明らかにすることを目的とし，平成 16 年度に瑞浪市大

湫町で掘削したボーリング・コアの分析（岩石基礎物性値の測定，火山灰分析，花粉分析，珪藻化石分析，有機物分析など）を行う。また，東濃地域の段丘の編年に必要となる岩石・鉱物学的，生層序学的データを取りまとめ，土岐川流域の河岸段丘および斜面の被覆層と対比することにより，段丘の編年精度や地殻変動速度の推定精度を高める。

(c) 濃尾平野の発達プロセスに関する既存情報の収集・取りまとめ

海水準変動は，海岸平野の発達や海岸線の移動，河川の下刻・埋積などを通じて，地質環境へ影響を与えることが懸念される。そのため，海水準変動に伴う地層，地形の発達プロセスやそれらが地質環境へ与える影響を明らかにすることを目的とし，形成年代や地下の地質状況が比較的，正確に把握されている完新世の濃尾平野を主な事例として調査を継続している。

濃尾平野は，沈降速度と堆積速度がバランスし，過去 100 万年間以上の長期にわたって地層が累重し続けてきたため，地下の堆積物中には地層形成当時の堆積環境を復元できる多くの情報が保存されている。また，濃尾平野の地殻変動や地形発達プロセスを精度よく復元することは，土岐川流域の地殻変動や河川縦断形の変遷，土岐川の物質運搬量の変遷などの解明に大きく寄与することが期待され，土岐川流域を対象とした地形変化シミュレーションの精度向上や検証の観点からも重要と考えられる。

そのため，濃尾平野で今までに行われている海水準変動や地形変化，堆積モデル，地殻変動などに関する既存情報を収集し，サイクル機構がこれまでに濃尾平野で行ってきたボーリング調査および地質調査の結果と合わせ，濃尾平野の発達プロセスおよびそれらが地質環境へ与える影響について解析・取りまとめを行う。

(d) 東濃地域を対象とした地下水流動のモデル化・解析

地質環境の長期挙動が地下水流動特性や水質分布に与える影響を評価することを目的とし，東濃地域を事例とした地下水流動のモデル化・解析を進めている。平成 17 年度は，気候変動（涵養量の変化）および地形変化が地下水流動特性（流速，移行経路など）にどの程度の影響を与えるのかを概略的に把握することを目的とし，東濃地域において地形分布や気候条件の異なる複数ステージについて，連続体モデルによる三次元・二次元定常飽和・不飽和地下水流動解析を実施する。

4.2 火山活動に関する研究

(1) 目 標

火山活動に関する研究では、将来の火成活動等の可能性とそれに伴う地質環境への影響等を把握するため、調査技術の開発・体系化と長期予測・影響評価モデルの開発を進めている。このうち、調査技術の開発・体系化では、過去から現在までの火山・地熱活動の履歴を把握するための調査技術、地下深部のマグマ・高温流体等の存在を確認するための調査技術の整備を進める。また、長期予測・影響評価モデルの開発では、マグマ・高温流体等の熱源による地質環境への影響を評価するための熱・水理等の連成モデルの開発および、火成活動の長期予測モデルの開発を進める。

(2) 実施内容

(a) 火山・熱水活動等の復元技術の整備

主に熱年代学的手法による過去から現在までの古地温・熱水系等を推定するため、事例研究に基づき調査技術の整備を進める。また、比較的低温の領域における熱履歴を把握するためのU-Th/He年代測定システムの構築を進める。

- ・U-Th/He年代測定システムの構築
- ・紀伊半島を事例とした変質帯調査に基づく古地温・熱水系等の推定手法の適用性に関する検討

(b) マグマ・高温流体等の調査技術の整備

地下深部のマグマや高温岩体等を把握するため、地震波トモグラフィー法等の地球物理学的手法のほか、希ガス同位体等を指標とした地球化学的手法に係る調査技術を整備する。

- ・東北地方の非火山地帯を事例とした地球物理学的手法によるマグマ推定手法の検討
- ・西南日本の非火山地帯を事例とした希ガス同位体比の測定及びヘリウムフラックスの推定による地球化学的探査手法の検討

(c) 地熱活動の熱・水理モデルの開発

マグマ・高温岩体等による周辺岩盤への影響を評価するための、熱・水理モデルの構築を進める。

- ・地熱地帯を対象とした三次元非定常熱-水連成解析の実施およびシミュレータの適用性の検討

(d) 火成活動等の長期予測モデルの開発

新たな火山の形成の可能性を評価するための長期予測の方法論として、確率論的手法に基づく火山活動の長期予測モデルを構築する。

- ・確率論的手法に基づく火山活動の長期予測手法の開発

4.3 活断層・地震活動に関する研究

(1) 目 標

将来の断層活動に伴う影響について、活断層帯周辺岩盤の変形と断裂系の発達過程に関する調査・評価技術と、断層活動に伴う水理的影響に関する調査・評価技術について事例研究を行い、基礎的情報の蓄積と調査・評価技術の検討を行う。これらの事例研究を通じ、過去の断層活動の特性とそれに伴う影響の履歴について、複数の独立した情報に基づく多面的な調査手法の開発・体系化並びに信頼性の向上を図るとともに、履歴から将来の活動や影響を予測・評価する手法を開発することを最終的な目標とする。今年度は、過去数 10 万年間の断層の活動履歴とそれらに伴う影響の履歴の多面的な調査手法について事例研究を行う。また、事例研究の結果と、それに基づくモデル解析により、断層の活動履歴と断層活動に伴う影響の履歴の時空的变化幅を大まかに把握するとともに、調査手法の問題点を抽出することを目標とする。

(2) 実施内容

(a) 活断層帯の変形と断裂系の発達過程に関する調査

将来の影響を予測するために必要な活断層帯の過去数 10 万年間の活動履歴に関する情報の信頼性向上を目的として、主に第四紀の活断層帯の活動特性の変化幅および空間的不均質性と、過去の活動履歴を推定するための手法に関する検討を主に文献調査によって行う。それらの検討結果を踏まえて、事例研究として、断層活動に伴う変形帯の発達、周辺岩盤中の分岐断層、副断層、小断層や亀裂等の形成・発達過程と、その時空的变化の幅を把握するための事例研究（文献調査、地形・地質調査、物理探査等）を行う。また、バランス断面解析や活断層の構造や力学的特性を考慮したシミュレーションにより、過去の断層活動に伴う地質構造変化の再現を通じて、将来予測のための重要なパラメータの抽出を行う。断層ガスや地下水の地球化学的な変化については、断層活動に伴う変化のおおまかな特徴について、文献調査と事例研究（同位体分析）により検討する。

- ・逆断層帯地域における地殻短縮速度の時空的变化幅に関する予備的検討
（文献調査、対象地域：東北地方）

- ・逆断層帯の活動履歴の時空的变化幅に関する情報の蓄積および調査手法の検討（事例研究，対象地域：東北地方）
- ・活断層帯の移動，拡大に関する情報の蓄積および調査手法の検討
- ・活断層帯周辺岩盤の変形と変形帯，分岐断層，ステップ構造等の形成発達過程に関する調査手法の検討（事例研究，対象地域：主に中部・東北地方）
- ・断層岩，割れ目の形成年代調査手法に関する検討（文献調査，事例研究，対象地域：主に中部地方）
- ・断層周辺岩盤中の断層岩，割れ目の分布およびそれらの形成発達過程の調査手法の検討（事例研究，対象地域：中部地方）
- ・断層活動に伴う断層ガスおよび地下水の地球化学的な変化の特徴の検討（事例研究，対象地域：中部・東北地方）

(b) 断層活動に伴う水理的影響に関する調査

活断層帯周辺の水理地質構造の特徴と，断層活動に伴う水理的影響の変化幅を把握するため，基礎的情報の蓄積と，それらの調査手法の検討を行う。また，東濃で観測された遠地地震に伴う地下水流動の変化と水理地質構造の特徴を踏まえて，他の地域の水位変化の特徴と，それらの変化の原因のひとつと考えられる地下水流動の変化などとの関係について検討する。

- ・活断層帯近傍の水理地質構造の特徴と不均質性の幅に関する知見の蓄積（文献調査，対象地域：中国・近畿・中部・東北地方）
- ・断層活動に伴う水理的影響の変化幅の検討（文献調査，感度解析）

4.4 陸域地下構造フロンティア研究

(1) 目 標

地層処分の技術的信頼性を高める上では，地殻変動が地質環境に与える影響の把握が重要であり，その原因と考えられるプレート運動や活断層の形成メカニズムに関する科学的知見や，そのための調査手法を開発することが必要である。「陸域地下構造フロンティア研究」では，微少な地殻変化を遠方からモニタリングすることを視野に入れた能動的調査技術としてのアクロス（Accurately Controlled Routinely Operated Signal System；精密制御定常信号システム）の開発を進める。また，跡津川断層帯を対象とした地震観測や GPS 観測等を行うことにより，活断層の破碎帯の構造やその発達史の解明を目指す。

(2) 実施内容

アクロスは，精密制御された弾性波や電磁波を連続的に送受信するシステムであり，これらの連続観測により地下の状態の変化を遠隔で捉えることを目標

としている。これらの技術は、地震の発生機構の解明のみならず、処分事業の様々な段階で必要となる調査技術への応用が可能である。このため、連続送受信実験の継続、解析手法の開発、解析事例の提示、およびモデル計算コードの開発等を進める。なお、これまでに蓄積された技術・知見の論文化や国際ワークショップや国際学会、国内での各学会での発表等を通して成果を公表し、第2フェーズのフロンティア研究の取りまとめを行う。また、活断層の破碎帯の構造やその発達史を解明するため跡津川断層帯において、地震観測、GPS観測、構造地質学的調査、地球化学的調査を行う。

(a) 弾性波アクロスの観測試験と解析事例の提示および取りまとめ

連続送信および正馬様などでの観測を継続し、解析事例を提示する。また、愛知県東部～静岡県西部に設置した地震計による観測を継続し、既存の爆破測線データと合わせて地下構造解析を進める。

- ・連続送受信を継続と解析結果の論文化
- ・存否イベント解析を核とした解析事例の提示
- ・他機関との協同による、弾性波アクロスを地殻状態の能動的な常時監視へ具体的に適用するための調査・観測の継続
- ・気象研究所や静岡大学におけるアクロス研究の支援

(b) 電磁アクロスの観測試験と解析事例の提示および取りまとめ

連続送信と正馬様、DH-3号孔、日吉における観測を継続し、解析事例を提示する。

- ・連続送受信を継続と解析結果の論文化
- ・速度分散がある場合の解析法の開発とこれまでに取得した連続観測データに関する構造解析の実施
- ・他機関との協同による、電磁アクロスを地殻状態の能動的な常時監視へ具体的に適用するための調査・観測の継続

(c) データ解析理論計算とモデル計算コード開発

実際のデータ解析を通して、各種のデータ解析理論と解析計算コードを高度化する。また、物性の周波数依存性を組み込んでアクロスに特化した順問題理論のコード化に向けた検討を継続する。

- ・データ解析理論および数値解析の高度化
- ・アクロスに特化したモデル計算コードの開発

(d) 活断層帯での地殻活動研究

跡津川断層を事例とし、広域地殻変動と断層構造、および断層面上の性質の関連を解明するため、広域稠密微小地震観測、GPS 観測、構造地質学的調査を継続し、断層のクリープ（非地震性スリップ）および固着過程に伴う地殻変動のより詳細な補足等を試みる。また、ボーリング孔を用いた地下水溶存ガスの常時地球化学的観測を行い、フィールドでの実証データを取得する。

4.5 ナチュラルアナログ研究

(1) 目 標

地層処分システムの長期的な安全評価の信頼性をさらに向上させるために、東濃ウラン鉱床を事例研究の場として、地質環境が本来有している、物質の移行を遅延させ長期的に保存する性能を評価するとともに、評価に係わる調査手法を体系化する。

(2) 実施内容

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それに伴う地質環境の変化に伴う物質の移行・遅延挙動についての知見を得る。また、物質の移行・遅延挙動に影響を及ぼす要因を評価するとともに、それら要因に係わる定量的な情報を取得する。

(a) 東濃ウラン鉱床の長期保存に関わる地質環境に関する研究

地質環境の変遷がウラン鉱床の長期にわたる保存に及ぼした影響の評価ならびにモデル化を目標として、東濃ウラン鉱床における地質学的変遷とそれに伴う水理的・地球化学的環境の変化を解明するための調査研究を実施する。

- ・隆起・侵食が水理的・地球化学的環境に及ぼした影響の評価
- ・月吉断層の活動がウラン鉱床の長期保存に与えた影響の評価

(b) ウラン系列核種の移行・遅延に及ぼす影響要因に関する研究

ウラン系列核種の移行・遅延特性の定量化およびそれに影響を及ぼす要因の評価を目標として、有機物などがウランの移行・遅延に及ぼす影響に関する調査研究を実施する。

(c) 体系的なナチュラルアナログ研究手法の整備

長期の時間スケールで生じる地質学的現象などが東濃ウラン鉱床の長期保存に及ぼす影響を評価するために、性能評価研究に適用されるシステム解析手法に基づく研究を進めており、これまでにウラン鉱床の長期保存に重要な影響を

及ぼす要因が定性的に抽出されている。今年度は新たに取得された地質年代学的情報に基づいて再構築した地史に基づいて解析を実施し、ウラン鉱床の長期保存に重要な影響を及ぼす要因及び抽出された要因がウラン鉱床の長期保存にどの程度の影響を及ぼすかを検討する。

5. おわりに

平成 11 年度における「第 2 次取りまとめ」の公表，平成 12 年度における「第 2 次取りまとめへの国の評価」，「処分事業にかかわる法令の整備」，「処分事業の実施主体の設立」など，わが国の地層処分計画は科学的検討の段階から事業化を目指した段階へと踏み出しつつある。これに伴い，サイクル機構が中核機関となって推進してきた地層処分の研究開発についても，国および関係機関ならびに実施主体などが，それぞれの役割分担に応じて展開している。このような，わが国の地層処分計画を取り巻く情勢の進展を踏まえて，国や関係機関との連携をより一層深め，地層処分技術の信頼性をさらに向上させるための基盤的な知見，情報，技術を整備していく。得られた成果については，処分事業や安全規制に時宜良く反映していくことを念頭において情報化していく。

なお，本計画書に示した内容については，わが国の地層処分計画における今後の進展やサイクル機構内外の動向に留意しつつ，適宜見直しを図っていく。

引用文献

- 1) 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会 (2000) : 我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価. 32p.
- 2) Toda, S., R. S. Stein, P. A. Reasenberg, J. H. Dieterich, A. Yoshida (1998) : Stress transferred by the 1995 Mw=6.9 Kobe, Japan, shock : Effect on aftershocks and future earthquake probabilities. *J. Geophys. Res.*, Vol. 103, B10, pp. 24,543-24,565.