

東濃鉾山における調査試験研究
年度計画書（平成11年度）

（技術報告）

1999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

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) 2001

(目次)

1	はじめに	1
2	調査試験研究計画の概要	2
3	平成 10 年度までの調査試験研究成果の概要	4
3.1	岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究	4
3.2	坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究	4
3.3	岩盤中の物質移行に関する調査試験研究	4
3.4	月吉断層に関する調査試験研究	5
4	平成 11 年度の調査試験研究の計画	6
4.1	岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究	6
4.1.1	目標	6
4.1.2	実施内容	6
4.2	坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究	8
4.2.1	目標	8
4.2.2	実施内容	8
4.3	岩盤中の物質移行に関する調査試験研究	9
4.3.1	目標	9
4.3.2	実施内容	9
4.4	月吉断層に関する調査試験研究	10
4.4.1	目標	10
4.4.2	実施内容	10
4.5	スケジュール	11
	参考文献	12

1 はじめに

本計画書は、平成 10 年 10 月に策定された「東濃鉱山における調査試験研究基本計画書」（核燃料サイクル開発機構, 1998）に基づき、核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）が所有する東濃鉱山において、平成 11 年度に実施する調査試験研究計画の詳細を示すものである。

2 調査試験研究計画の概要

本調査試験研究計画は、地層科学研究の一環として、ウランが胚胎し断層などの地質学的特徴を有する堆積岩中における物質の移行・遅延特性の把握、および地質環境を総合的に調査・評価するための技術・機器の開発を目標として実施されているものである（サイクル機構, 1998）。

地層科学研究は、地層処分研究開発の基盤研究として位置付けられる一方で、学術的研究や地下空間利用などにも寄与するものである。たとえば、ウランを含む岩石を採取・利用して行われる研究は、ウラン鉱床の成因や形成プロセスの解明の一助となる。また、坑道の力学的安定性の評価や掘削工法と岩盤への影響との関係に関する研究成果は、鉱山開発や地下空間利用の技術としても活用できる。

本調査試験研究計画では上記の目標を達成するため、以下に示す 4 項目の調査試験研究を設定している。

- ① 岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究
- ② 坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究
- ③ 岩盤中の物質移行に関する調査試験研究
- ④ 月吉断層に関する調査試験研究

本調査試験研究の実施領域は、図 1 に示す坑道を含む鉱山敷地内およびその周辺部であり、地表から深度約 500m までに分布する堆積岩および基盤花崗岩を対象とする。

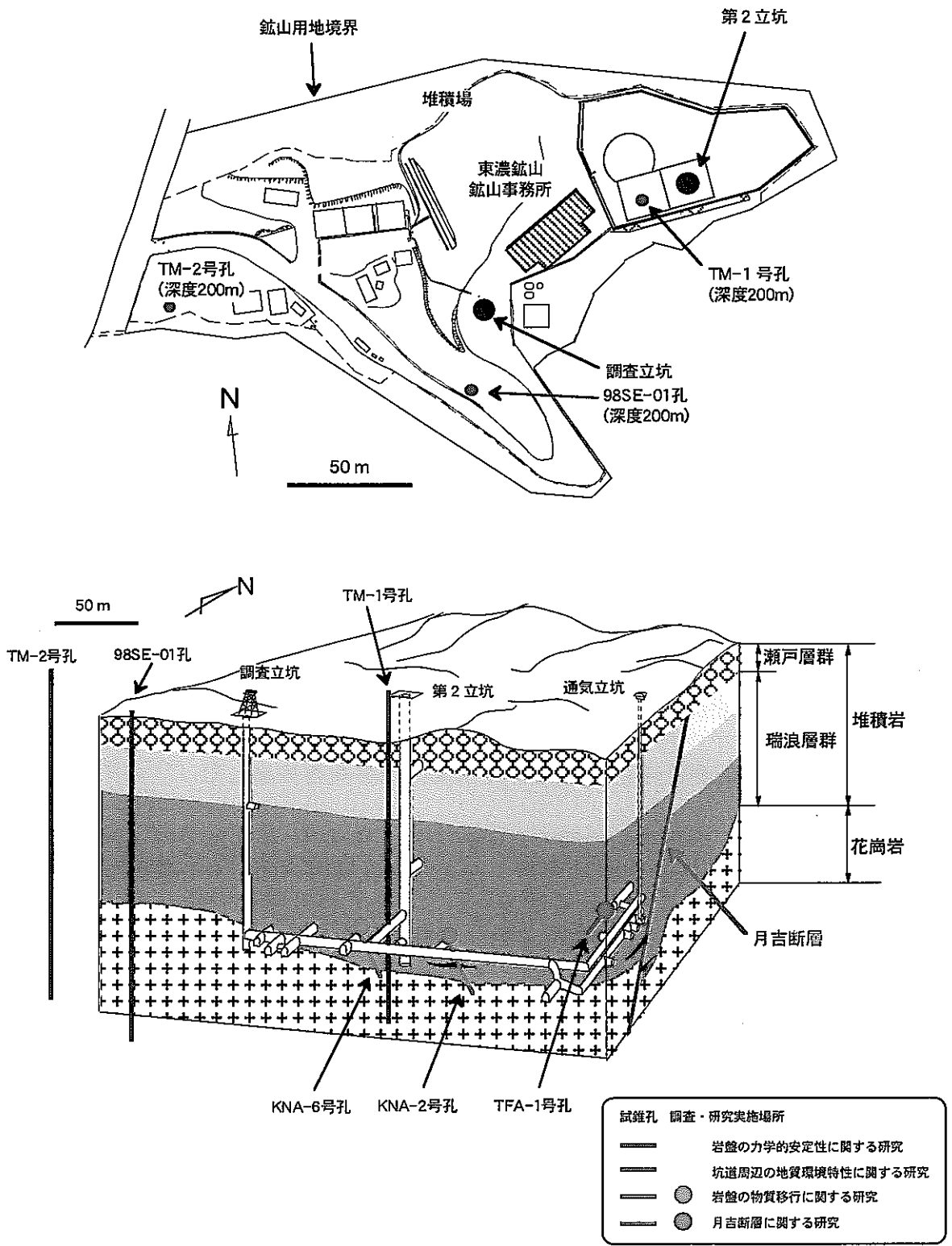


図1 研究の実施領域

3 平成 10 年度までの調査試験研究成果の概要

3.1 岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究

平成 10 年度に掘削した試錐孔（98SE-01 孔）を含む 3 本の試錐孔で実施した水圧破碎法および AE 法による応力測定の結果、東濃地域に分布する堆積岩および基盤花崗岩中の鉛直応力はほぼ土被り圧に等しいが、最大主応力の大きさは異なること、月吉断層が現在の堆積岩中の応力状態に及ぼす影響は小さいことなどが明らかになった（サイクル機構, 1999 a, 1999b）。

岩盤の長期挙動に関する研究では、既存の土木工学分野におけるクリープ試験（1 週間～数ヶ月）よりも長期にわたりクリープ試験が実施可能な空圧式クリープ試験装置の開発を継続するとともに、その装置を用いた田下凝灰岩の一軸クリープ試験（試験日数 600 日）を実施した。また、載荷中の岩石試料中の亀裂の進展を可視化できる応力緩和試験装置を開発し、試験を実施するとともに、花崗岩の造岩鉱物の弾性係数が分子動力学（MD 法）により評価できることを確認した（サイクル機構, 1999c, 1999d）。

3.2 坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究

平成 10 年度は、国内外の研究事例を参照し、堆積岩中における坑道周辺の水理学的影響範囲の把握を主目的とした研究計画を策定した。また、スレーキングが堆積岩（とくに軟岩）の物性（強度、変形特性など）に及ぼす影響を検討するための予備的な室内試験（サイクル機構, 1999e）、ならびに種々の岩石を用いた様々な応力履歴の下での岩石の物性変化の計測を前年度に引き続き実施した（サイクル機構, 1999f）。

不飽和領域の計測・解析手法に関する研究では、平成 9 年度までに、岩盤の含水量分布の計測における TDR 法の有効性、および多孔質媒体内の水分移動などの解析における既存の飽和・不飽和浸透流解析コードの適用性を室内試験などにより確認した。平成 10 年度は、この結果をもとに、空隙率の大きな多孔質媒体を対象とした場合の各測定手法（TDR、FDR、ADR、テンシオメータ、孔間レーダー）の適用性を確認するとともに、既存の飽和不飽和三次元浸透流解析により不飽和領域の進展を精度よく表現できることを確認した。また、第 2 立坑第 1 計測坑道においてベンチレーション試験を行い、原位置における岩盤の含水率測定に TDR 法の原理が適用できることを確認した（サイクル機構, 1999g）。

3.3 岩盤中の物質移行に関する調査試験研究

岩盤中の物質移行を解析・評価する際に用いる熱力学データベースについて、とくに微量元素の溶解度データの信頼性を確認することを目的に、東濃鉱山坑道より掘削した試錐孔（KNA-6 号孔）において、ウラン鉱体部、堆積岩／土岐花崗岩不整合部、土岐花崗岩中の地下水水質の連続モニタリング（吉田, 1996）を実施し、地下水の水質データセットを作成した。

3.4 月吉断層に関する調査試験研究

これまでの調査・研究（柳澤ほか，1992；山根ほか，1996）により、地下水流動に対して遮水壁的な役割を果たしていることが明らかになった月吉断層を事例として、地表から地下深部まで連続する不連続構造の地質学的・水理学的・地球化学的特性の評価手法の開発を主目的とした調査試験研究の計画を策定した。

4 平成 11 年度の調査試験研究の計画

4.1 岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究

4.1.1 目標

一般に岩盤内の応力状態は不均一性を有することが知られているが、応力状態の不均一性を考慮し客観的に場の三次元応力分布を評価しうる調査・解析手法は十分確立されていない。また、坑道掘削によって力学的な塑性領域が生じるようなケースでの物性変化の程度やその範囲に関する知見も得られておらず、塑性領域内の物性変化という観点での既存の調査研究事例もほとんどない。これらは、超深地層研究所計画（動燃事業団，1996）などにおける三次元地下構造物の設計施工および空洞安定性確保の観点から重要な研究課題である。さらに、空洞周辺岩盤の長期的な挙動を定量的に予測可能な解析手法が現存しないため、そのような解析手法の開発も掘削領域を含む空洞周辺岩盤の長期的な安定性を評価するうえで重要である。

平成 11 年度は、新たに掘削する試錐孔において初期応力測定を実施し、堆積岩中の三次元的な応力状態を評価するとともに、空洞（NATM 坑道）周辺岩盤の長期的な挙動に関するデータを継続的に取得する。具体的には、以下に示す調査試験研究を実施する。

4.1.2 実施内容

堆積岩中の三次元応力状態を評価するための調査・試験を実施する。また、長期挙動予測手法の開発の一環として、堆積岩（とくに軟岩）特有の現象（スレーキング、膨潤など）が岩盤の力学的安定性に与える影響を把握するための孔壁面の長期観察を実施する。

1) 応力状態調査

東濃鉱山用地内において、地表から深度 200m までの試錐孔を掘削し、堆積岩中の初期応力状態を把握するとともに、堆積岩の初期応力測定における AE 法の適用性を検討する。

- ・試錐孔掘削：孔径 76mm×深度 200m
- ・BTV 調査：深度 200m
- ・キャリパー検層：深度 200m
- ・水圧破碎試験：10 深度
- ・AE 法：3 方向×5 深度（水圧破碎試験と同一深度）

2) 長期挙動計測

東濃鉱山北延 NATM 坑道に異なる孔径の複数の試錐孔を掘削し、孔壁面の経時変化を観察する。併せて、北延 NATM 坑道および第 2 立坑に設置されている変位計測機器を用いた長期計測を継続する。また、大学への委託研究では、長期クリープ試験を継続実施するとともに、岩盤内の構造物の長期安定性評価において必要不可欠な初期地圧の情報の収集・蓄積を目的とした、初期地圧データベースを作成する。

また、不均質材料の巨視的～微視的挙動を統一的に解析するために、分子動力学法（MD 法）と均質化法の統合化を図り、その適用性を検討する。

- ・北延 NATM 坑道における孔壁の観察および変位計測の実施
- ・長期クリープ試験の継続
- ・初期地圧データベースの作成
- ・分子動力学法（MD 法）と均質化法を統合化した解析手法の開発および適用性の検討

4.2 坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究

4.2.1 目標

坑道周辺岩盤を対象としたこれまでの調査試験研究（たとえば、杉原ほか，1998）により、力学的、水理的、地球化学的な物性や現象などが個別に把握されてきている。しかし、岩盤物性の変化と坑道周辺岩盤中の地下水の水理的、地球化学的な状態変化との関係は不明確であり、坑道掘削によって生じると考えられる地質環境の力学的・水理的・地球化学的な連成現象やその発生メカニズムは十分解明されていない。これらを明らかにするための調査試験研究を行うことにより、坑道周辺の地質環境特性に関する総合的な概念モデルの構築が可能になるとともに、ここで開発した評価・モデル化手法は、超深地層研究所などにおける坑道掘削を伴う調査・研究ならびに坑道を利用した調査・研究に直接反映される。

平成 11 年度は、不飽和領域の計測手法の開発、坑道周辺岩盤中の三次元的な水理学的状態変化領域の把握を目標として、以下に示す調査試験研究を実施する。

4.2.2 実施内容

不飽和計測手法については、平成 10 年度の原位置試験において、その有効性が確認されたパッカー式プローブの実用化に向けた詳細な仕様の検討を実施する。また、東濃鉱山北延 NATM 坑道に水平および鉛直上向きの試錐孔をそれぞれ 1 孔掘削し、釜石原位置試験で使用した間隙水圧モニタリングシステム（和久田ほか，1996）を試錐孔内に設置する。このシステムを用いて、坑道周辺岩盤中の間隙水圧分布のモニタリングを実施する。

1) 不飽和計測手法の開発

- ・パッカー式プローブの仕様検討

2) 坑道周辺水理特性調査

- ・試錐孔の掘削（北延 NATM 坑道内、水平および鉛直上向き、孔径 76mm×掘削長 50m）
- ・多点式パッカーシステムの設置、水圧観測

4.3 岩盤中の物質移行に関する調査試験研究

4.3.1 目標

東濃ウラン鉱床を事例研究の場として、実際の地質環境下で起きている現象と場の特性を把握し、定量的データを取得することにより、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の評価が可能となると考えられる。また、物質を長期間にわたり保持するために要求される地質環境条件を明らかにすることも可能となると期待される。このような地質環境における物質移行・遅延に関する情報（事例）は、地層処分システムの安全評価モデルおよび安全評価結果の信頼性を向上させるために重要である。本調査試験研究においては、上記の情報を取得するための調査・解析手法を開発する。

平成 11 年度は、ウランの移行・遅延の解析・評価に用いるデータベースの作成、およびウランの移行・遅延に関連する諸要因の把握を目標として、以下に示す調査試験研究を実施する。

4.3.2 実施内容

東濃鉱山調査坑道内から掘削した試錐孔（KNA-6 号孔）からの湧水（土岐花崗岩、堆積岩／土岐花崗岩不整合、堆積岩（ウラン鉱体部））の水質連続モニタリングおよびウランを含んだ岩石試料の化学分析などを継続し、物質移行の解析・評価に用いるデータセットの作成を継続する。また、採取した地下水の有機物／微生物の存在量などに関するデータを取得する。

1) 物質移行データベースの作成

- ・ KNA-6 号孔における地下水水質の連続モニタリングおよび岩石試料の化学分析
- ・ 物質移行の解析・評価に用いるための地下水の地球化学および岩石の化学・鉱物組成データセットの作成

2) 地下水中の微生物に関する調査（広島大学との共同研究）

- ・ KNA-6 号孔の地下水の採取および有機物／微生物の分析

4.4 月吉断層に関する調査試験研究

4.4.1 目標

断層の水理・物質移行における機能や断層が岩盤の力学的安定性に及ぼす影響などを評価するためには、断層の分布や性状などの地質学的特性ならびに地球化学的特性を評価することが重要である。東濃鉱山における地質学的特徴の一つである月吉断層を事例として詳細な調査試験研究を実施することにより、とくに堆積岩中における、水理・物質移行および岩盤力学の観点からの断層の役割を把握することが可能になると考えられる。また、超深地層研究所計画において実施予定の、基盤花崗岩中の月吉断層に関する調査・研究と併せ、異なる岩相における断層の地質学的・地球化学的特性および役割を把握することにより、同断層を総合的に評価することができ、この点からも本調査試験研究は重要である。

平成 11 年度は、月吉断層を対象とした、大規模不連続面の地質環境特性を評価する手法の開発を目標として、以下の調査試験研究を実施する。

4.4.2 実施内容

東濃鉱山周辺において月吉断層およびそれに付随する破碎帯の三次元的分布、形成プロセスおよび鉱物学的・地球化学的特性の把握を主たる目的とし、月吉断層と交差する既存試錐孔（TH-1,2,3 号孔，KNA-6 号孔，TM-2 号孔および 98SE-01 孔）の岩芯（40 試料程度）を用いて、下記の調査・研究（英国地質調査所への委託研究）を実施する。

①月吉断層およびそれに付随する破碎帯の分布特性調査

月吉断層の空間的分布および幾何学的形状を把握する。

②月吉断層およびそれに付随する破碎帯の構造地質学的調査

岩芯の巨視的観察および微視的観察により、月吉断層およびそれに付随する破碎帯を構成する岩石の変形構造を把握する。

③月吉断層およびそれに付随する破碎帯の鉱物学的・地球化学的特性調査

岩芯試料の X 線回折および化学分析により、月吉断層およびそれに付随する破碎帯を構成する岩石の鉱物・化学組成を把握する。

4.5 スケジュール

平成 11 年度に実施する調査試験研究のスケジュールを、表 1 に示す。

表 1 平成 11 年度 調査試験研究スケジュール

	1999									2000		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1) 岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究												
・ 応力状態調査												
地表試錐孔掘削 (深度 200m)												
BTV 観察												
キャリパー検層/水圧破碎試験												
・ 長期挙動計測												
岩盤の長期挙動評価に関する基礎的研究												
・ 成果の取りまとめ												
(2) 坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究												
・ 不飽和計測手法の開発												
・ 坑道周辺水理特性調査												
試錐孔掘削												
(北延 NATM 坑道, 2 孔×深度 50m)												
多点式パッカーシステムの設置/水圧観測												
・ 成果の取りまとめ												
(3) 岩盤中の物質移行に関する調査試験研究												
・ 物質移行データベースの作成												
・ 地下水中の有機物/微生物に関する調査												
・ 成果の取りまとめ												
(4) 月吉断層に関する調査試験研究												
・ 月吉断層およびそれに付随する破碎帯の分布特性調査												
・ 月吉断層およびそれに付随する破碎帯の構造地質学的調査												
・ 月吉断層およびそれに付随する破碎帯の鉱物学的・地球化学特性調査												
・ 成果の取りまとめ												

参考文献

- 動力炉・核燃料開発事業団（1996）：超深地層研究所地層科学研究基本計画，動燃事業団技術資料，PNC TN7070 96-002.
- 核燃料サイクル開発機構（1998）：東濃鉱山における調査試験研究基本計画書，サイクル機構技術資料，JNC TN7410 99-006.
- 核燃料サイクル開発機構（1999a）：98SE-01 孔における水圧破碎法による初期応力測定，サイクル機構技術資料，JNC TJ7400 99-004.
- 核燃料サイクル開発機構（1999b）：98SE-01 孔のコアを用いた AE 法による初期応力測定，サイクル機構技術資料，JNC TJ7400 99-001.
- 核燃料サイクル開発機構（1999c）：長期岩盤挙動評価のための巨視的観点による基礎的研究，サイクル機構技術資料，JNC TJ7400 99-003.
- 核燃料サイクル開発機構（1999d）：長期岩盤挙動評価のための微視的観点による基礎的研究，サイクル機構技術資料，JNC TJ7400 99-005.
- 核燃料サイクル開発機構（1999e）：北延 NATM 坑道における掘削影響領域の水理学的研究，サイクル機構技術資料，JNC TJ7400 99-008.
- 核燃料サイクル開発機構（1999f）：岩石の室内試験及び空隙構造に関する研究，サイクル機構技術資料，JNC TJ1400 99-032.
- 核燃料サイクル開発機構（1999g）：不飽和領域の原位置計測手法および解析モデルの研究，サイクル機構技術資料，JNC TJ7400 99-009.
- 杉原弘造，亀村勝美，二宮康郎（1998）：堆積軟岩での発破による掘削影響の現場計測に基づく検討，土木学会論文集，No.589，III-42，pp.239-251.
- 和久田孝男，佐藤稔紀，中野勝志（1996）：坑道周辺の岩盤を対象とした間隙水圧観測装置の開発，日本原子力学会中部支部 第28回研究発表会講演予稿集，p.32.
- 山根正樹，中野勝志，杉原弘造（1996）：立坑掘削に伴う間隙水圧変化の長期観測，土と基礎，地盤工学会誌，Vol.44，No.11，pp.24-26.
- 柳澤孝一，今井久，尾方伸久，大沢英昭，渡辺邦夫（1992）：立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究－東濃ウラン鉱山試験立坑を例として－，応用地質，Vol.33，No.5，pp.32-49.

吉田英一（1996）：ナチュラルアナログ研究の再考－東濃ウラン鉱床における研究を例にして，放射性廃棄物研究，Vol.2，pp.93-103.