

東濃鉾山における調査試験研究
年度計画書（平成12年度）

（技術報告）

2000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)

2000

(目次)

1	はじめに	1
2	調査試験研究計画の概要	2
3	平成 11 年度までの調査試験研究成果の概要	3
3.1	岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究	3
3.2	坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究	3
3.3	岩盤中の物質移行に関する調査試験研究	3
3.4	月吉断層に関する調査試験研究	3
4	平成 12 年度の調査試験研究の計画	5
4.1	岩盤の力学的安定性に関する調査試験研究	5
4.1.1	目標	5
4.1.2	実施内容	5
4.2	坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究	7
4.2.1	目標	7
4.2.2	実施内容	7
4.3	岩盤中の物質移行に関する調査試験研究	8
4.3.1	目標	8
4.3.2	実施内容	8
4.4	月吉断層に関する調査試験研究	9
4.4.1	目標	9
4.4.2	実施内容	9
4.5	スケジュール	10
	参考文献	11

1 はじめに

本計画書は、平成 10 年 10 月に策定された「東濃鉦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）が所有する東濃鉦山において，平成 12 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。例えば、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こう岩を対象とする。

3 平成 11 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 11 年度に掘削した試錐孔 (99SE-02 孔) を含む 4 本の試錐孔で実施した水圧破碎法および AE 法による応力測定結果から、堆積岩の地質構造と初期応力分布には相関性があることが推定された (Maeda et al., 1999)。

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を開発した。また、分子動力学と均質化法を組み合わせ、岩盤の微視的～巨視的挙動を総合的に評価できる解析手法 (MD-HA 法) を開発し、それらの適用性を確認した (サイクル機構, 2000a; サイクル機構, 2000b)。

一方、原位置における岩盤の長期劣化挙動を観察するために北延 NATM 坑道に掘削した孔径の異なる試錐孔の一部では、掘削直後より孔壁の崩壊が見られた。室内試験や数値解析などにより、その原因が岩盤強度のスケール効果にある可能性が高いことが明らかになった。

3.2 坑道周辺の地質環境に関する調査試験研究

平成 11 年度には北延 NATM 坑道において水平方向に 2 本の試錐孔 (掘削長 50m) を掘削し、釜石原位置試験で使用した多点式パッカーシステムを設置して、坑道周辺岩盤中の間隙水圧分布を計測するシステムを整備した (サイクル機構, 2000c)。

不飽和領域の計測・解析手法に関する研究では、平成 10 年度までに、岩盤の含水量分布の計測には、電磁波速度変化から含水率を評価する TDR 法が最も適切であること、多孔質媒体内の水分移動などの解析には既存の飽和・不飽和浸透流解析コードを適用できる可能性があることを室内試験などにより確認した。この結果をもとに、平成 11 年度は、TDR 法の原理に基づき岩盤中で、含水率の測定がより簡便にできる計測装置 (パッカー式プローブ) を作成し、その適用性を確認した (サイクル機構, 2000d)。

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、東濃鉾山坑道より掘削した試錐孔 (KNA-6 号孔) において、ウラン鉍体部、堆積岩/土岐花こう岩不整合部、土岐花こう岩中の地下水水質の連続モニタリング (吉田, 1996) を実施し、これまでに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について、第 2 立坑周辺で掘削された試錐孔 (TH シリーズ孔) および北延 NATM 坑道近傍か

ら掘削した試錐孔（TF-1 号孔）を利用し，岩石コアの観察や，X 線回折などを用いた割れ目充填物の詳細な分析を実施した。その結果，月吉断層本体の周辺に割れ目の多いゾーンがあること，それらの割れ目集中部が過去水みちになっていた可能性が高いことが明らかとなった（Metcalf et al., in press）。

4 平成 12 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、超深地層研究所および深地層研究所などの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 12 年度は、基盤花こう岩の応力状態が堆積岩の応力状態に及ぼす影響、および空洞周辺岩盤（NATM 坑道）の長期的な挙動に関するデータの継続的取得を目標として、以下に示す調査試験研究を実施する。

4.1.2 実施内容

堆積岩中の応力状態に影響を及ぼしていると考えられる基盤花こう岩中の応力状態の把握のための応力状態調査を実施する。また、岩盤の塑性化を伴う掘削影響領域の物性変化の程度、および、その範囲を把握するための双設坑道安定性評価試験の事前検討を実施する。また、長期挙動予測手法の開発の一環としての堆積軟岩特有の現象（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崩壊現象および変形挙動の観測や解析手法開発のための委託研究を継続実施する。

1) 応力状態調査

東濃鉱山用地内において、地表から深度 500m までの試錐孔を掘削し、基盤花こう岩の初期応力状態を把握するとともに、現在の堆積岩中の初期応力状態との関連性について検討する。

- ・試錐孔掘削：孔径 76mm×深度 500m
- ・BTV 調査：基盤花こう岩のみ
- ・キャリパー検層：基盤花こう岩のみ
- ・水圧破碎試験：基盤花こう岩において 10 深度

2) 長期挙動計測

北延 NATM 坑道に掘削した試錐孔の孔壁剥落現象の時間経過を継続して観察する。あわせて、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、これまでの研究においてその適用性を確認した長期クリープ試験装置をプロトタイプとして、新規に空圧式長期クリープ試験装置を設計・

製作する。さらに、東濃地科学センターにおいて長期クリープ試験が実施可能な体制を整える。また、大学への委託研究では、高い载荷能力を有する多連式油圧クリープ試験装置の開発や地圧データベースの作成などを継続する。また、これまでの研究で開発された、不均質材料の巨視的～微視的挙動を統一的に解析できる MD-HA 法の岩盤への適用を目的とした、室内試験およびパラメータの設定方法に関する研究を継続する。

- ・北延 NATM 坑道における孔壁剥落・変位計測
- ・空圧式長期クリープ試験装置の設計・製作
- ・MD-HA 法の岩盤への適用を目的とした室内試験
- ・パラメータの設定方法に関する研究

3) 双設坑道安定性評価試験

本試験については平成 13 年度に事前調査を開始する計画である。平成 12 年度は、その事前検討として、双設坑道を模擬した応力解析を実施し、影響範囲の概略的な評価を行うとともに、既存データの調査を行い、新規に実施する必要がある調査項目を抽出する。

- ・双設坑道を模擬した応力解析
- ・既存データの調査による新規に実施する調査項目の抽出

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（例えば、杉原ほか，1998）により，力学的，水理学的，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学的，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・水理学的・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，超深地層研究所および深地層研究所の坑道掘削を伴う研究ならびに坑道を利用した調査研究段階に直接反映される。

平成 12 年度は，坑道周辺岩盤中の三次元的な水理学的・地球化学的な状態変化領域の把握，不飽和領域の計測手法の開発を目標として，以下に示す調査試験研究を実施する。

4.2.2 実施内容

間隙水圧計測システムを用いた水圧観測を継続し，岩盤中に分布している水圧低下領域の範囲とその程度を把握する。さらに，坑道周辺の三次元的な水圧分布を観測するために，鉛直上向きに 50m の試錐孔を掘削して同様のシステムを設置する。また，不飽和研究では，現在特許を申請している原位置計測用パッカープローブの実用化に向けた仕様の検討などを実施する。

一方，坑道周辺の地球化学特性については，坑道壁面からの酸化還元フロントの形成速度と坑道周辺岩盤が有する酸素消費能力を見積もるための調査・研究を開始する。とくに，坑道壁面からのウラン系列核種，鉄 ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) などの酸化・還元反応に敏感な挙動を示す元素の深度プロファイルを把握する。

1) 坑道周辺水理特性調査

- ・ 試錐孔の掘削（北延 NATM 坑道内，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
- ・ 既存試錐孔における多点式パッカーシステムを用いた水圧観測の継続
- ・ パッカー式プローブの仕様検討およびプロトタイプの製作

2) 坑道周辺地球化学特性調査

- ・ 国内外の研究事例の調査
- ・ 坑道壁面からの岩石採取および岩石中のウラン系列核種，鉄 ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) などの室内分析

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中における物質移行・遅延に関する情報（実例）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（サイクル機構，1999）。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12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高度化、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（土岐花こう岩、堆積岩／土岐花こう岩不整合、堆積岩（ウラン鉱体部））の水質連続モニタリングを継続する。とくに平成12年度上期には、地下水中の微生物などが物質移行へ与える影響を調査するために、KNA-6号孔掘削地点に地下水中の微生物を現場において分析するための建屋、分析機器の設置を完了し、微生物の存在量に関するデータの取得を開始する。

1) 地下水の水質連続モニタリング

- ・ KNA-6号孔における地下水の水質連続モニタリングおよび採水・分析

2) 地下水中の微生物に関する調査・研究（広島大学との共同研究）

- ・ 微生物分析のための建屋、分析機器の設置
- ・ 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、基盤花こう岩中の月吉断層に関する調査・研究 (Ota et al., 1999) 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 12 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

第 2 立坑第 1 計測坑道より掘削した月吉断層を貫く試錐孔 (99SI-08 孔) における岩芯の観察および室内分析を行い、堆積岩層浅部における月吉断層およびその周辺部の地質学的・地球化学的特性を把握する。

1) 岩芯サンプリング、観察および分析 (英国地質調査所への委託研究)

岩芯の観察、岩石試料のサンプリングおよび分析 (10 試料程度) を実施し、以下の検討を行う。

- ・月吉断層および断層に伴う破碎帯を構成する充填鉱物の鉱物学的特性の把握
- ・月吉断層および断層に伴う破碎帯における活動履歴 (変形の時期および様式) の復元
- ・断層とそれに伴う破碎帯以外の堆積岩における一般的な岩相の把握および断層運動によると考えられる影響の範囲と程度の把握

4.5 スケジュール

平成 12 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。

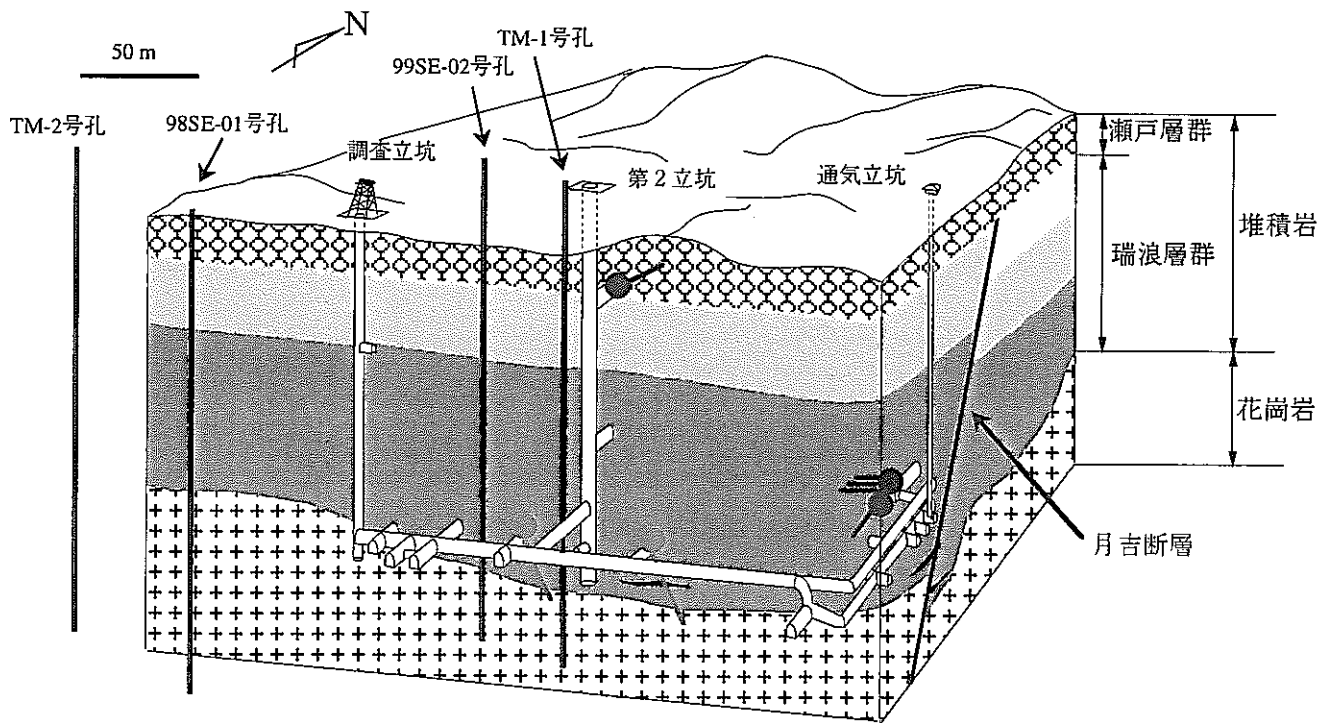
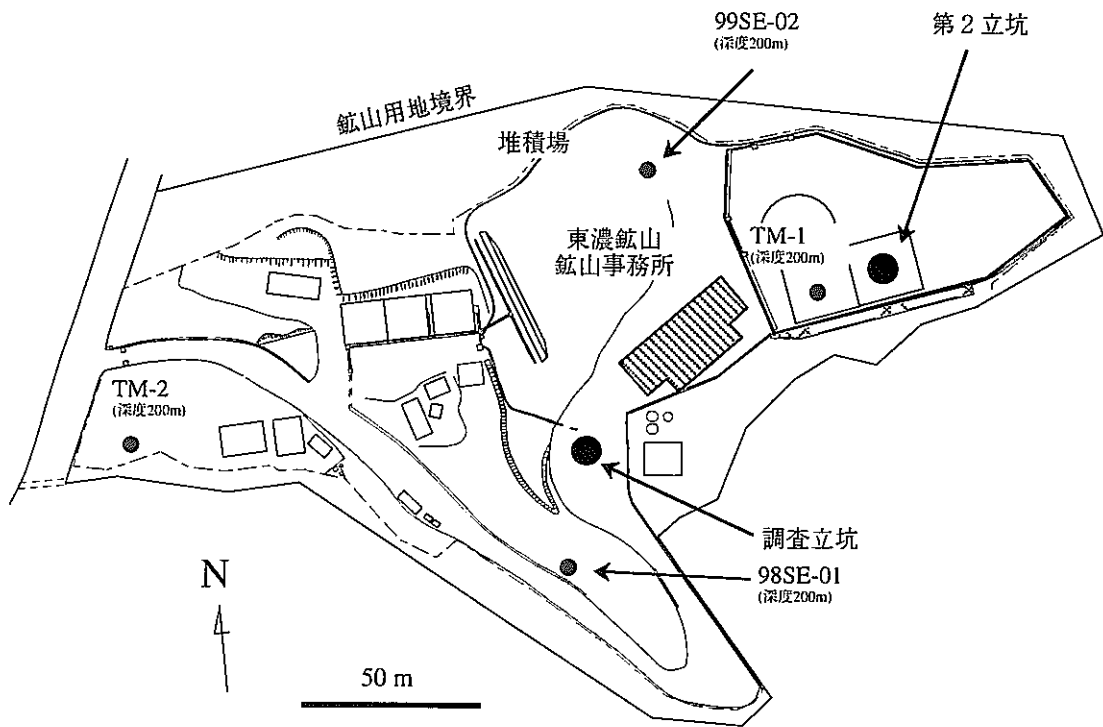
表 1 平成 12 年度 調査試験研究スケジュール

	2000												2001				
	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 500m)																	
BTV 観察																	
キャリパー検層/水圧破碎試験																	
・長期挙動研究																	
岩盤の長期挙動評価に関する基礎的研究																	
空圧式長期クリープ試験装置の設計・製作																	
・双設坑道安定性評価試験																	
事前調査計画策定のための検討																	
・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																	
・試錐孔掘削 (北延 NATM 坑道, 深度 50m)																	
・多点式パッカーシステムの設置/水圧観測																	
・多点式パッカーシステムを用いた水圧観測 (既存試錐孔)																	
・不飽和領域計測手法に関する研究																	
・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																	
・地下水水質モニタリング (KNA-6 号孔)																	
・地下水中の微生物に関する調査・研究																	
・成果の取りまとめ																	
(4) 月吉断層に関する調査試験研究																	
・岩芯観察および岩石コアのサンプリング/分析 (99SI-08 号孔)																	
・成果の取りまとめ																	

参考文献

- 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 (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性分冊 1, サイクル機構技術資料, JNC TN1400 99-021.
- 核燃料サイクル開発機構 (2000a) : 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 2000-002.
- 核燃料サイクル開発機構 (2000b) : 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 2000-003.
- 核燃料サイクル開発機構 (2000c) : 北延 NATM 坑道における間隙水圧計測システムの設置, サイクル機構技術資料, JNC TJ7440 2000-002.
- 核燃料サイクル開発機構 (2000d) : 不飽和領域の原位置計測手法の研究 (平成 11 年度), サイクル機構技術資料, JNC TJ7400 2000-004.
- Maeda,N., Sato,T., Matsui,H. and Sugihara,K. (1999) : Estimation of applicability of stress measurement methods and three dimensional stress state in soft sedimentary rock, In : Proceeding of the '99 Japan-Korea Joint Symposium on Rock Engineering, Fukuoka, Japan, 2-4 August 1999, pp.277-284.
- Metcalf,R., Amano,K., Hama,K., Kunimaru,T., Yoshida,H., Milodowski,A.E. and Gillespie,M.R. : Characterising groundwater flow histories in faults : a case study of the Tsukiyoshi fault, Tono mine, Japan. In : Abstracts of the 2000 Western Pacific Geophysics Meeting, Tokyo, Japan, 27-30 June 2000. (in press)
- Ota,K., Nakano,K., Metcalfe,R., Ikeda,K., Goto,J., Amano,K., Takeuchi,S., Hama,K. and Matsui,H. (1999) : Working programme for MIU-4 borehole investigations, JNC Technical Report, JNC TN7410 99-007.
- 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.
- 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.



試錐孔 調査・研究実施場所	
—	岩盤の力学的安定性に関する研究
●	坑道周辺の地質環境特性に関する研究
○	岩盤の物質移行に関する研究
●	月吉断層に関する研究

図1 研究の実施領域