

平成10年度安全研究成果（調査票）

—放射性廃棄物安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）—

1999年10月

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, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute) 1999

平成10年度安全研究成果（調査票）

—放射性廃棄物安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）—

編集 安全推進本部安全計画課

要 旨

平成11年9月14日の科学技術庁原子力安全局放射性廃棄物規制室からの協力依頼に基づき、放射性廃棄物安全研究年次計画（平成8年度～平成12年度）に登録された研究課題（20件）について平成10年度安全研究の調査票（平成8年度～平成10年度の成果）を作成した。

本報告書は、国に提出した調査票を取りまとめたものである。

目 次

2.- (1)	安全に関する基本的考え方と安全評価の考え方等に関する研究	2
2.- (2)	安全評価シナリオに関する研究	10
2.- (3)	地質環境の長期安定性に関する研究	16
2.- (4)	人工バリア要素の安全性に関する研究	22
2.- (5)	人工バリア中核種移行評価に係るデータベースの整備	28
2.- (6)	人工バリアのナチュラルアナログ研究	32
2.- (8)	人工バリア等の構造安定性に関する研究	38
2.- (9)	人工バリアの長期物理的安定性に関する研究	46
2.- (11)	地下水流動モデルの確立に関する研究	50
2.- (12)	地下水の地球化学特性に関する研究	56
2.- (13)	天然バリアにおける放射性核種の移行に関する研究	62
2.- (14)	天然バリアのナチュラルアナログ研究	70
2.- (15)	地質環境の適性評価手法に関する研究	76
2.- (16)	地震動が地質環境特性に与える影響に関する研究	84
2.- (18)	人工バリアとその周辺岩盤との相互作用に関する研究	90
2.- (20)	放射性廃棄物処分における微生物影響に関する研究	96
2.- (21)	地層処分システムの総合安全評価手法に関する研究	102
2.- (22)	地層処分システムの確率論的評価手法に関する研究	106
2.- (23)	安全評価に用いる解析手法・コード・データの品質保証に 関する研究	110
2.- (27)	TRU 廃棄物処分に関する核種移行評価モデル及びデータ ベースの整備	114

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (1) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	安全に関する基本的考え方と安全評価の考え方等に関する研究				管理番号 2. - (1)
研究課題名 (Title)	安全に関する基本的考え方と安全評価の考え方等に関する研究 Study on Safety Principles and Basic Approach of Safety Assessment for High level Radioactive Wastes				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	宮原 要 (Kaname MIYAHARA), 梅木 博之 (Hitroyuki UMEKI), 清水 和彦 (Kazuhiko SHIMIZU) 牧野 仁史 (Hitoshi MAKINO) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Research Project, Head Office				
キーワード (Key word)	補完的指標	ナチュラルアナログ	シナリオ	レファレンスバイオ スフィア	
	supplementary safety indicator	natural analogue	scenario	reference biosphere	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】 イ. 地層処分によってもたらす可能性のある影響が人間やその生活環境に対して安全かどうかを判断するための情報を提供するための考え方を整理でき、所期の成果を得た。 ロ. イ.で示した考え方に沿って、地質環境を特定しない現段階における研究開発と安全評価の実施を通じて、地層処分システムの安全性を示すために必要な情報を整備でき、所期の成果を得た。 ハ. ロ.で示した安全評価解析の結果から得られた主な知見から、サイト選定、サイト特性調査や設計の指針を検討する上で鍵となる情報を抽出した。また、ロ.で得られた情報から総合的に判断することにより、安全評価の時間スケールの考え方について整理した。以上より、所期の成果を得ることができた。					
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】 イ. 地層処分システムの安全性を判断するのに必要な情報を提供するため、サイト選定、処分場の設計を踏まえて安全評価を実施し、その評価結果を支援する様々な論拠を示すという一連の考え方を整理した。 ロ. イ.の考え方に基づく研究開発と安全評価により、地層処分にとって重要な地質環境が少なくとも将来10万年程度まで安定とみなすことができると結論づけるとともに、わが国の幅広い地質環境に応じて柔軟に設計できることを示し、地層処分システムを設定し、安全評価解析を実施し、すべての解析ケースにおいて線量が諸外国の基準を下回ることを示すとともに、補完的指標やナチュラルアナログにより解析結果を支援する情報を整理した。 ハ. ロ.の安全評価解析の結果から、システム性能への影響に関して鍵となる要因を整理し、各バリアに期待される安全機能とサイト選定、サイト特性調査や設計の指針を検討する上で重要な情報を抽出した。また、安全評価の時間スケールについては、少なくとも地質環境の安定性に関する予測が可能と考えられる10万年程度までは、線量を基本とし、それ以降の期間においては補完的指標を用いた評価が重要となるとの考え方を示した。					
【使用主要施設】 該当なし					
【連絡先】	〒100-8245 ☎ 03-5220-3316 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) 核燃料サイクル開発機構		【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr. E-mail : 【氏名】 グループリーダー 梅木 博之		

様式-1-1

【研究目的】

高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全確保に関する考え方について調査・研究するとともに、安全評価、基準・指針等に係わる基本的考え方の研究並びにそれらの設定手順、設定方法等に関する検討を行い、安全基準・指針等の策定に資する。

【研究内容（概要）】

IAEA等の国際機関や各国の安全に関する考え方、規制基準等の動向を調査するとともに、安全研究の成果に基づき、我が国の状況を踏まえて高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全に関する基本的考え方を検討する。また、これらの考え方に基づき、地層処分の安全評価、基準・指針等に係わる基本的考え方及びその設定手順、設定方法等の検討を行う。このため、以下の研究を行う。

- イ. 地層処分の安全性に係わる基本的考え方に関する研究
将来世代の負担、将来世代への影響、国境外への影響の他、モニタリングや標識、記録等の制度的管理、再取り出し等。
- ロ. 地層処分の安全評価、基準・指針等に係わる基本的考え方に関する研究
安全評価の対象となる事象、安全評価シナリオ、評価尺度、評価期間、サイト要件等。
- ハ. 安全評価、基準・指針等の設定手順、設定方法等の検討

【研究成果】

イ. 地層処分の安全性に係わる基本的考え方に関する研究(3)

地層処分システムの安全評価で取扱う必要のある主な不確実性は、地質環境の不均質性や天然現象がいつどのように起こるかということへの理解が十分でないこと、さらに将来の人間の生活様式の予測の難しさや人工バリアシステムの将来挙動に関わるものに起因する。サイト選定、処分場の設計、安全評価の各段階において適切な方法を講じることにより、このような不確実性を可能な限り低減させつつ、安全評価解析に取込むとともに、解析結果を定性的に支援する様々な論拠を示すことにより、地層処分によってもたらす可能性のある影響が人間やその生活環境に対して問題とならないことを明らかにすることができる。例えば、接近シナリオ（高レベル放射性廃棄物と人間との物理的距離が接近することによって人間環境に影響が及ぶ可能性に関するシナリオ）の発生に関する不確実性を極力排除するために、その発生可能性を無視できる地域を処分サイトとして選ぶという対策をとる。また、処分場の設計にかかわるモデルやデータベース等、一連の個別要素技術を全体的な手法として体系化していく過程で将来のシステム挙動あるいは地質環境の不均質性に起因する不確実性に配慮し、信頼性の高い処分場の設計要件を明らかにするとともに、適切な品質管理によって処分場を建設するという対策をとる。さらに、適切なサイトの選定や処分場の設計に基づいて設定される地層処分システムについて安全評価を行うことによって、安全性を確認する。安全評価は、その結果が地層処分の安全性の判断の直接的な根拠となるため、評価に用いるモデルやデータの設定において、不確実性を十分に考慮しておくことが必要となる。このため上述した十分な配慮のもとで構築される地層処分システムの将来挙動に関するシナリオを科学的知見を駆使して網羅的に作成するとともに、これまでの研究開発の結果得られている科学的知見に基づいて、モデルやデータを準備し、地質環境の不均質性や現象の時間的推移に関わる不確実性に対して十分な幅を見込んで解析を行う。特に、将来の生物圏に関わる予測の困難さを合理的に取扱うため、地層処分システムの性能を線量という尺度に換算するための道具として生物圏をとらえるレファレンスバイオスフィア概念を用いて評価を行うことが国際的に認められている。一方、このように得られた線量評価の結果を、生物圏モデルでなされる仮定の影響を被りにくい、別の独立した指標（補完的指標）を用いた評価結果によって補完することにより、安全評価の信頼性を向上させることができる。地質環境が安定とみなすことができる期間を超える場合についても、長期的な地質条件の変化に関するシナリオ上の不確実性を考慮した影響に関する評価結果を例示することが可能である。さらに、地下深部の処分場が極めて長期間安定に存在し得ることの傍証として、天然の類似物（ナチュラルアナログ）に関する事例研究により、長期間にわたる安全評価の結果を定性的に支援することができる。以上のような考え方に基づく論理構築と評価を行うことにより、地層処分の安全性を判断するための情報を提供することができると思われる。

ロ. 地層処分の安全評価、基準・指針等に係わる基本的考え方に関する研究(3-6)

イ. で示した考え方に沿った研究開発と安全評価の実施を通じて、サイトを特定しない現段階において地層処分システムの安全性を示すために必要な情報を以下のように整備できた。サイト選定に関する情報については、地質環境の長期安定性に影響を及ぼす可能性のある天然現象については、概ね数十万年程度まで遡って、発生場所や変動の規模を追跡することができることなどから、地層処分にとって重要な地質環境が少なくとも将来10万年程度まで安定とみなすことができると結論づけた。また、設計については、地層処分システムの将来挙動に影響を与える可能性のある地質環境条件（例えば、岩盤の力学的特性、処分場を横切る透水性亀裂の水理特性、地下水化学）の幅に対応させて、柔軟に設計のオプションを組み合わせることができると示した。安全評価においては、これまでの研究開発で得られた知見やさまざまな学問領域の専門家の科学的知識を駆使して、地層処分システムの将来挙動に関係する特質、事象および過程を安全評価上十分に考慮し、合理的にシナリオとして記述するとともに、解析ケースを設定するといった一連の作業をシナリオ解析手法として体系化した（図1参照）。モデルとデータについては、実験室規模から地層処分基盤研究施設を利用した工学規模までの室内試験ならびに既存坑道などを利用したフィールドでの試験に基づいて整備した。概念モデルの開発においては、対象とする現象を現時点での知見に基づき可能な限り現実的に表現するように留意した。また、データでは、例えば溶解度については、対象とする現象が実際に起こる条件を十分に考慮した実験や観察から得られたものを選ぶこととするなど設定したクライテリアに基づいて整備するとともに、岩盤中の水理や物質移行に係わる特性については、不均質性に基づく実測値のばらつきを考慮して、必要に応じてデータを幅や分布として設定した。生物圏評価では、レファレンスバイオスフィア概念をもとに、現在のわが国の地表環境の特徴や人間の生活様式が将来にわたり継続することを前提として生物圏評価モデルを作成した。以上のシナリオ、モデル、データの整備に基づき、各解析ケースの比較のベースラインとなるレファレンスケースを設定し（図2参照）、解析を実施した。

(図3参照)。また、人工バリア、天然バリア、生物圏それぞれにおいて100ケースの感度解析を実施し、システムの性能に重要な影響を与え得る要因を抽出するとともに、システム全体の性能について地質環境のバリエーションを中心に約30ケースの解析を線量を指標として実施し、どのケースも諸外国の安全基準を十分下回ることを確認した(図4参照)。レファレンスケースに対し、処分場から放出される放射性核種それぞれのフラックスを地下水(希釈水)量をパラメータにして求まる濃度について、わが国の規制で定められている水中の濃度限度値を用いることにより線量に換算して足し合わせた後、世界各地での天然放射性核種の摂取による平均線量と比較を行い、希釈水量が $10^4 \text{ m}^3/\text{y}$ の場合であっても世界平均の線量値を1桁以上下回った。隆起・侵食現象の取扱いにおいては、極めて遠い将来まで想定した隆起・侵食速度が継続することを仮定し、処分場が地表に到達した場合の影響について、侵食による天然放射性核種のフラックスとの比較により評価を行い、保守的な隆起・侵食速度である $1\text{mm}/\text{y}$ を想定しても、 $0.1\text{wt}\%$ の品位のウラン鉱床が侵食される場合のU-238のフラックスを下回ることを示した(図5参照)。東濃地域のウラン鉱床は、約1千万年前に形成されて以来、現在まで保存されており、様々な地殻変動や天然現象を被ったにもかかわらず、地質環境が長期にわたって地球化学的に安定な状態を維持し、その結果ウランが地下水中に溶け出してしまうような状態に至らなかったことが示された。このことは、処分場のナチュラルアナログとして長期間にわたる安全評価の結果を定性的に支援していると考えられることができる。

ハ.安全評価、基準・指針等の設定手順、設定方法等の検討(3,6)

ロ.で示した安全評価に基づくバリア性能に関する検討結果や地層処分システムに関する様々な不確実性に対するシステム性能の応答に関する検討結果から得られた核種移行挙動に関する主な知見をまとめると以下のようになる。

- ・透水性や動水勾配により決まる地下水の流動は、人工バリア中および天然バリア中の核種移行の両方に大きく影響する。
 - ・緩衝材中では、還元環境下での低い溶解度と高い収着性により多くの核種の移行が抑制され、核種が長期間緩衝材中に保持される。特に、半減期の短い核種は、収着などにより緩衝材中に保持されることでその崩壊が進み移行率が低減する。
 - ・岩盤中では、マトリクス拡散が核種の移行抑制に大きく寄与しており、マトリクス部への拡散やそこでの収着に係る特性が重要となる。また、マトリクス拡散による核種移行抑制効果は、地下水の流動状況に応じて変化する。
 - ・断層については、そこでの流速が小さい場合には大きな移行抑制が期待でき、また高い収着性が期待できる場合にも大きな移行抑制効果が期待できる。
 - ・天然現象としてはサイト選定により安定な地質環境が選べるものの、隆起・侵食現象については、想定した隆起・侵食速度が将来的に継続することを仮定すると、極めて遠い将来には処分場が地表に到達することが考えられ、サイト選定やサイト特性調査において注意が必要となる。
- 以上の知見から得られる安全評価において鍵となる要因と地層処分システムに期待する安全機能との関係を表1に示す。これらは、サイト選定、サイト特性調査や設計の指針を検討する上で重要な情報となる。
- また、ロで得られた情報から総合的に判断すると、安全評価の時間スケールを考察するうえで重要な因子は、地質環境の長期安定性、人間環境の長期的な変化および廃棄物の潜在的危険性の変化であり、地質環境の安定性については将来十万年程度、人間環境については次の氷期が到来するまでの一万年程度の期間については、ある程度の信頼性をもって予測することが可能である。廃棄物の潜在的危険性の放射性崩壊による時間的減少については、どの程度のレベルまでの低減を考慮するかを決定する必要がある。一つの考え方として、その廃棄物を発生させるもととなるウラン鉱石総量の潜在的危険性と同レベルを目安とすることができ、そのようなレベルとなるまでの時間は数万年程度である。これらを勘案すれば、少なくとも地質環境の安定性に関する予測が可能と考えられる十万年程度までは、線量を指標とする評価を基本とすることが適切と考えられる。それ以降の期間においては、評価の不確実性は大きくなるが、廃棄物の潜在的な危険性も小さくなることによって緩和されることとなり、不確実性の影響を受けにくい補完的指標による評価の重要性が増すと考えることができる。

【公開資料】

- (1) Masuda S., et al.(1998) : The Role of HLW Disposal R&D in Formulating a Regulatory Framework, Proceedings of an IAEA International Conference on Topical Issues in Nuclear, Radiation and Radioactive Waste Safety (in preparation).
- (2) 梅木ほか (1998) : 体系的シナリオ作成の方法論と影響解析への展開, 1998年秋の日本原子力学会要旨集 (予定) .
- (3) 核燃料サイクル開発機構, 地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト総論レポートわが国における地層処分の技術的信頼性, JNC TN 1400 99-006 (1999).
- (4) 核燃料サイクル開発機構, 地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト分冊1 地質環境条件の調査研究, JNC TN 1400 99-007 (1999).
- (5) 核燃料サイクル開発機構, 地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト分冊2 地層処分の工学技術, JNC TN 1400 99-008 (1999).
- (6) 核燃料サイクル開発機構, 地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト分冊3 地層処分システムの安全評価, JNC TN 1400 99-009 (1999).
- (7) (財) エネルギー総合工学研究所(1999): 地層処分コンセプトの背景に係わる評価研究(Ⅱ), PNC TJ 1400 99-024.

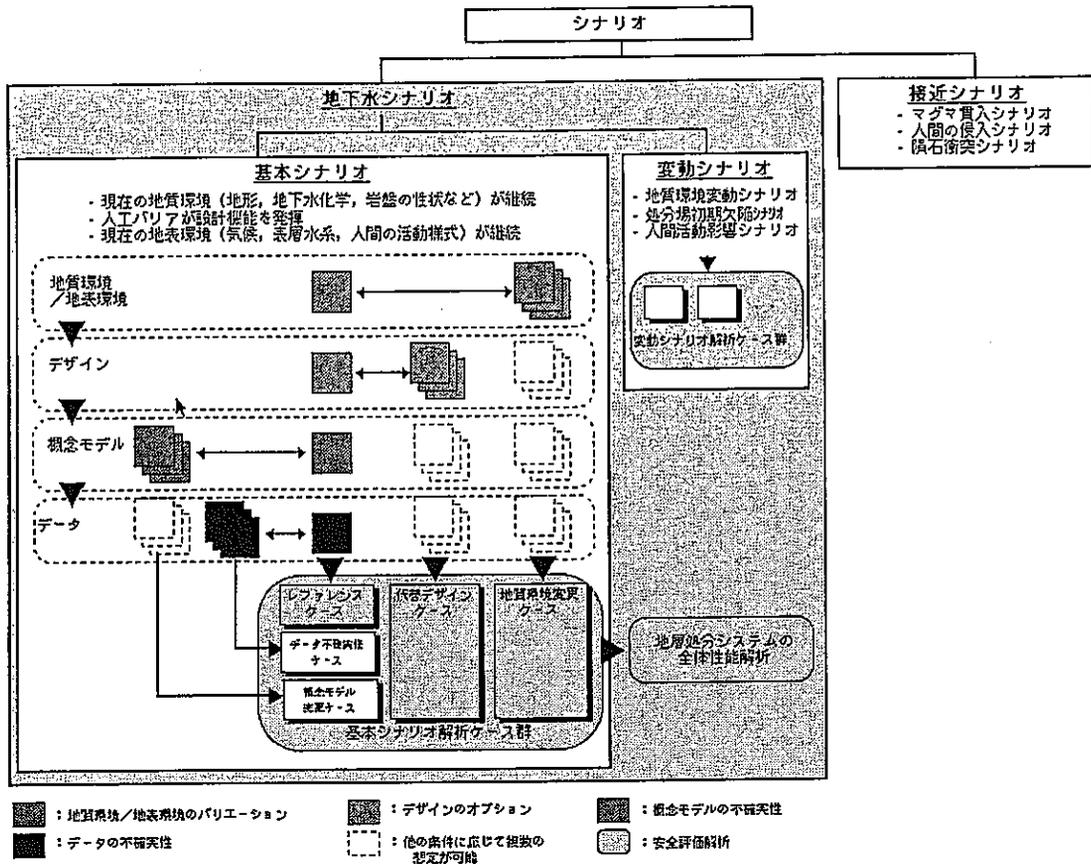


図1 シナリオと解析ケースの分類

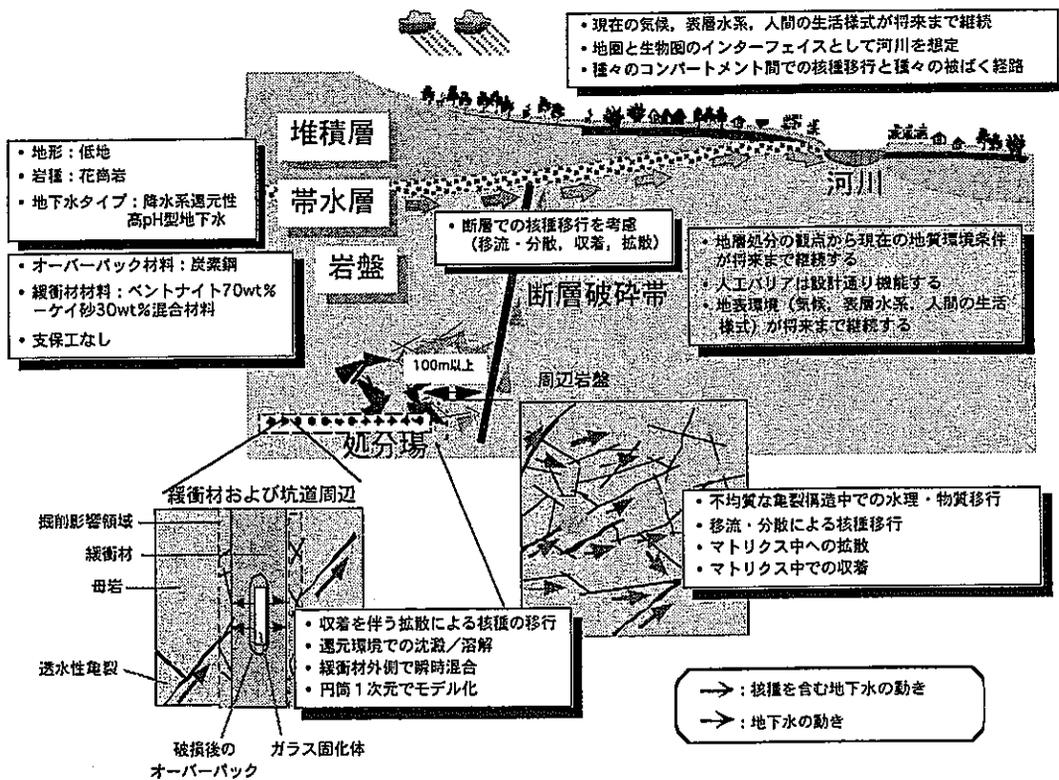


図2 レファレンスケースの概念モデル

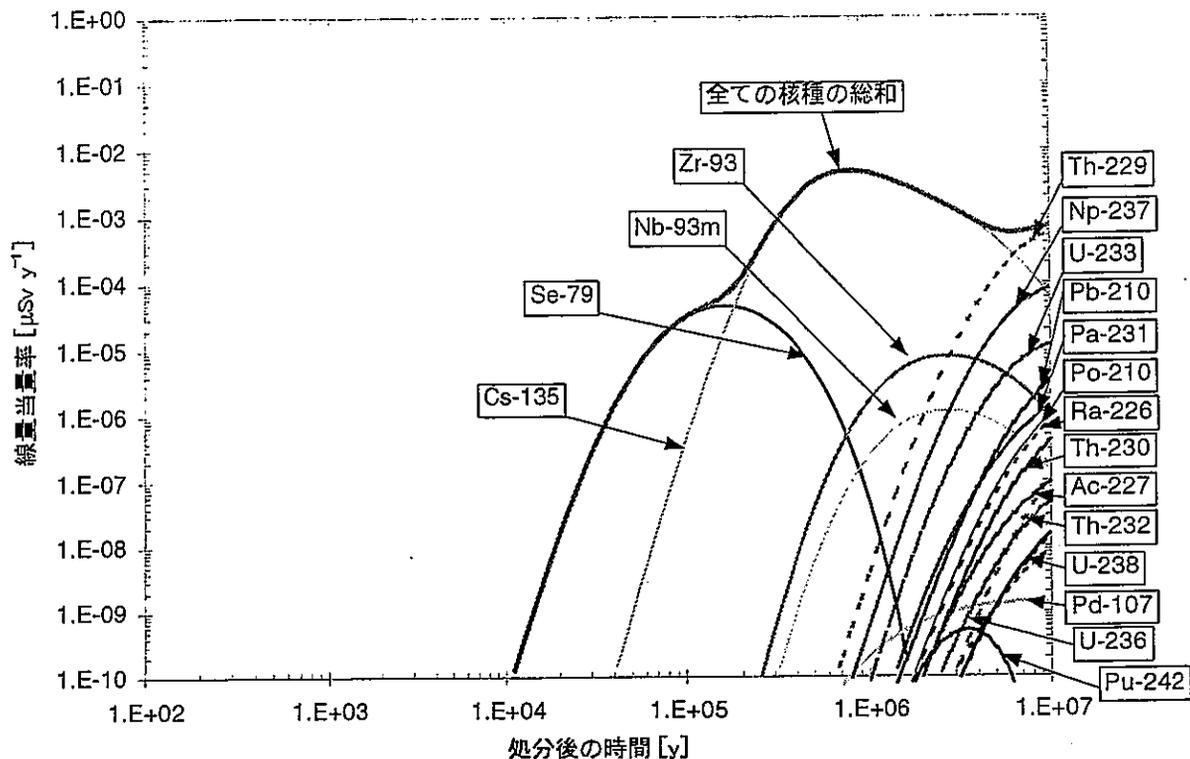
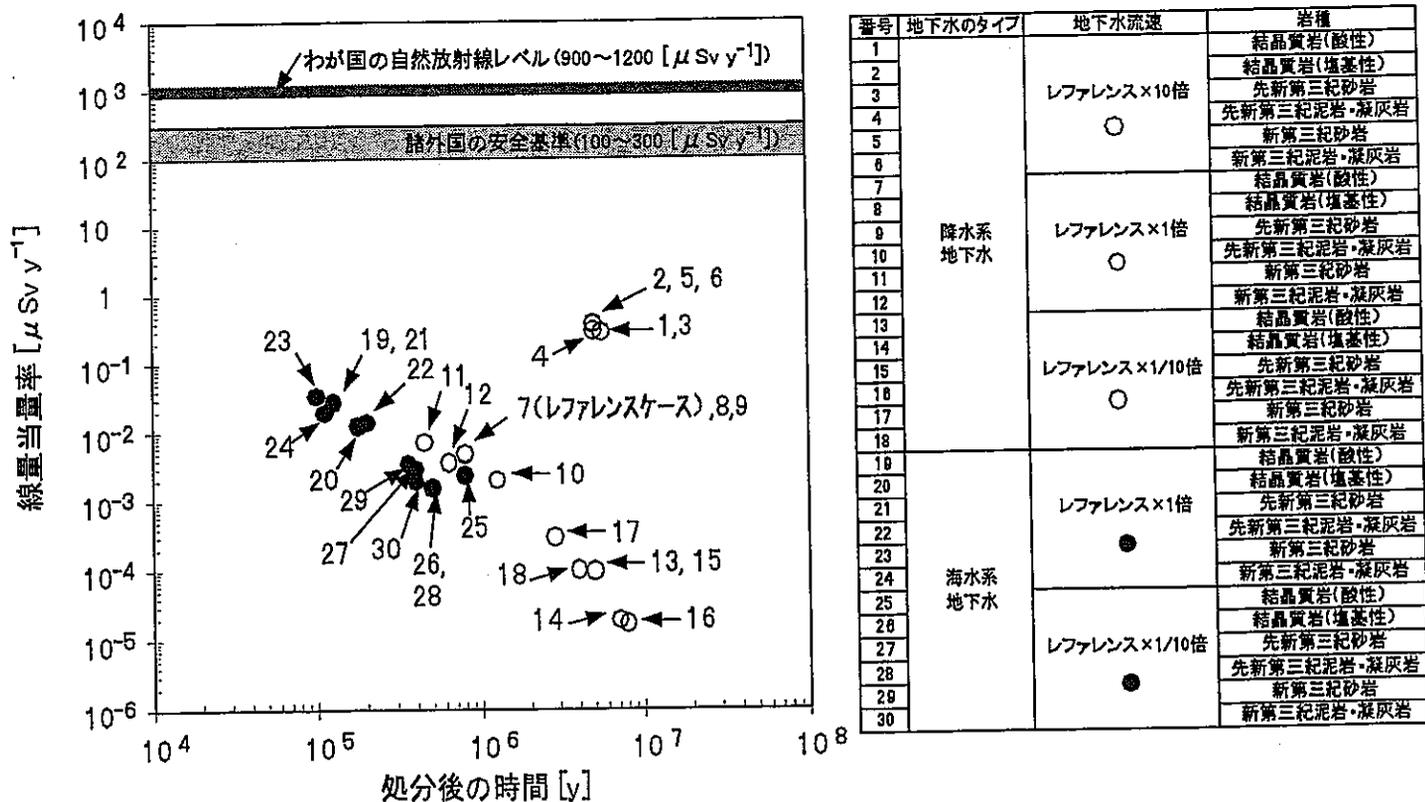


図3 レファレンスケースの解析結果
(処分場下流側断層から放出される核種の線量当量率, ガラス固化体4万本)



番号	地下水のタイプ	地下水流速	岩種
1	降水系 地下水	レファレンス×10倍	結晶質岩(酸性)
2			結晶質岩(塩基性)
3			先新第三紀砂岩
4			先新第三紀泥岩・凝灰岩
5			新第三紀砂岩
6			新第三紀泥岩・凝灰岩
7			結晶質岩(酸性)
8		結晶質岩(塩基性)	
9		レファレンス×1倍	先新第三紀砂岩
10		先新第三紀泥岩・凝灰岩	
11		新第三紀砂岩	
12		新第三紀泥岩・凝灰岩	
13		結晶質岩(酸性)	
14		結晶質岩(塩基性)	
15		レファレンス×1/10倍	先新第三紀砂岩
16		先新第三紀泥岩・凝灰岩	
17		新第三紀砂岩	
18	新第三紀泥岩・凝灰岩		
19	海水系 地下水	レファレンス×1倍	結晶質岩(酸性)
20			結晶質岩(塩基性)
21			先新第三紀砂岩
22			先新第三紀泥岩・凝灰岩
23			新第三紀砂岩
24			新第三紀泥岩・凝灰岩
25		結晶質岩(酸性)	
26		結晶質岩(塩基性)	
27		レファレンス×1/10倍	先新第三紀砂岩
28		先新第三紀泥岩・凝灰岩	
29		新第三紀砂岩	
30		新第三紀泥岩・凝灰岩	

図4 システム全体の性能解析結果における最大線量率とその時間

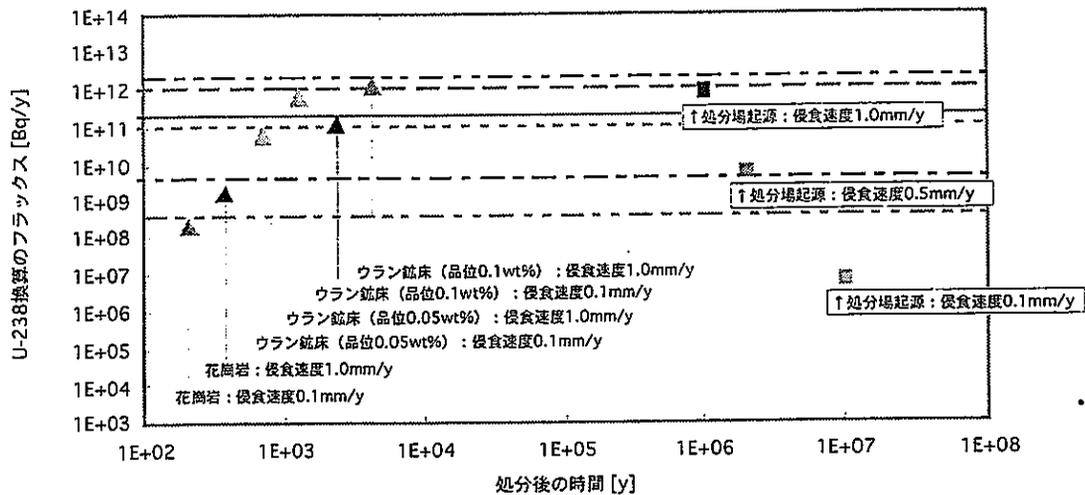


図5 隆起・侵食シナリオにおける処分場を含む岩盤が地表に到達した場合の影響評価例

(一定の隆起・侵食速度で処分場を含む岩盤が地表に到達することを想定し、侵食によって生ずる処分場内に存在する放射性核種からのフラックス(処分場起源のフラックス)を求め、これを処分場面積と等しい岩盤(花崗岩やウラン鉱床を想定)からの天然放射性核種のフラックスと比較。比較にあたっては、核種による相違を相殺するため、それぞれのフラックスについて核種ごとに「経口摂取の場合における年摂取限度」(科学技術庁告示第20号)で一旦除算したうえで足し合わせ、それをU-238と等価のフラックスに置換。)

表1 安全評価において鍵となる要因と関係する安全機能

安全評価において鍵となる要因	関係する安全機能
<ul style="list-style-type: none"> 緩衝材が低透水性を有する 緩衝材が微細な間隙構造を有する 	緩衝材中での移行メカニズムが溶質の拡散となり、人工バリアからの核種放出が抑制される。併せて収着が起きることにより移行の遅延と半減期の短い核種の崩壊による減衰が期待できる。
<ul style="list-style-type: none"> 地下水化学が還元性で弱アルカリ性の特性を有する 	還元性で弱アルカリ性の地下水化学においては、多くの放射性元素の溶解度は低く、高い収着能力が期待できる。
<ul style="list-style-type: none"> 岩盤中および緩衝材周辺での地下水流れがゆっくりしていること 	緩衝材での拡散移行を抑制するとともに、岩盤中での移流による移行が抑制される。地下水流れがゆっくりしていることは、マトリクス拡散の効果を増大させ、核種の崩壊による減衰が期待できる。地下水の流れは、人工バリア中と岩盤中の両方の核種移行挙動に密接に関係するため核種移行抑制に対する特に重要な要因となる。
<ul style="list-style-type: none"> 人工バリアの物理的/化学的安定性 	上記の人工バリアの核種移行抑制に係る機能が長期的に維持される。
<ul style="list-style-type: none"> 岩盤の物理的/化学的安定性 	人工バリアに対してその機能の発揮に必要な条件を提供するとともに、岩盤自身の核種移行抑制に係る機能が長期的に維持される。

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. 地層処分安全性に係わる基本的考え方に関する研究
長期安全性の考え方に関する国際的な原則のわが国における解釈
- ロ. 地層処分の安全評価、基準・指針等に係わる基本的考え方に関する研究
時間スケールを考慮してシナリオに応じた評価の考え方を示すための情報の整理
- ハ. 安全評価、基準・指針等の設定手順、設定方法等の検討
安全評価で考慮すべきシナリオを検討するとともに、シナリオに対する評価の考え方に対応させた基準値を検討するための情報の整理

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：
- 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (2) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	安全評価シナリオに関する研究			管理番号 2. - (2)
研究課題名 (Title)	安全評価シナリオに関する研究 Study on Scenario Development for Safety Assessment of HLW Disposal System			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	牧野 仁史 (Hitoshi MAKINO), 油井三和 (Mikazu YUI), 石黒 勝彦 (Katsuhiko ISHIGURO) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works 梅木 博之 (Hiroyuki UMEKI), 内藤 守正 (Morimasa NAITO), 宮原 要 (Kaname MIYAHARA) 本社2000年レポートチーム/Geological Isolation Research Project, Head Office			
キーワード (Key word)	シナリオ	事象、プロセス、特 性	シミュレーション	
	scenario	FEP	simulation	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ.処分システムの安全性に影響を与える可能性のある事象、プロセス、特性及びそれらの因果関係の現段階の知見に基づく抽出・類型化・階層化を進めた。</p> <p>ロ.抽出・類型化・階層化された事象、プロセス、特性の因果関係に基づく組み合わせを計算機上に展開するシステムの開発と試運用を継続し、地下水移行シナリオ設定のための情報の蓄積を図った。また、シナリオを合理的に設定するための基本的な手順を構築し、その手順に従い、地下水シナリオを試作した。</p> <p>ハ.試作した地下水シナリオのうち基本シナリオと変動シナリオに関して、その影響を評価するための解析ケースについての検討を行い、安全評価解析の枠組みの構築を試行した。また、想定されうる地下水シナリオの影響を網羅的に解析評価するための感度解析手法の開発と適用を行い、重要な要因の抽出が見出された。</p>				
<p>【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】</p> <p>イ.処分システムの安全性に影響を与える可能性のある事象、プロセス、特性及びそれらの因果関係の現段階の知見に基づく抽出・類型化・階層化を進め、シナリオの構成要素の整備について見通しを得た。</p> <p>ロ.抽出・類型化・階層化された事象、プロセス、特性の因果関係に基づく組み合わせを計算機上に展開するシステムの開発と試運用を継続し、地下水移行シナリオ設定のための情報の蓄積を図るとともに、シナリオを合理的に設定するための基本的な手順を構築しシナリオ設定についての見通しを得た。</p> <p>ハ.地下水シナリオのうち基本シナリオと変動シナリオに関して、その影響を評価するための解析ケースについての検討を行い、安全評価解析の枠組みの構築について見通しを得た。また、想定されうる地下水シナリオの影響を網羅的に解析評価するための感度解析手法の開発と適用を行い、重要な要因の抽出について見通しを得た。</p>				
<p>【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設 2000年レポートチーム</p>				
【連絡先】	〒100-8245	☎ 03-5220-3316	【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr.	
	東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル)		E-mail :	
	核燃料サイクル開発機構		【氏名】 グループリーダー 梅木 博之	

様式-1-1

【研究目的】

我が国の自然環境、社会環境等の諸条件を考慮して安全評価の対象とすべき評価シナリオの検討を行い、地層処分システムの長期的な安全性を評価することに資する。

【研究内容（概要）】

地層処分システムに係る研究開発の進展に対応して、各段階における安全評価で対象とすべき評価シナリオを設定するため、以下の研究を行う。

- イ. 我が国の自然環境、社会環境、処分システム概念等を考慮するとともに最新の知見・データを取り込みつつ、処分システムの安全性に影響を与える可能性のある事象、プロセス、特性等を抽出・グルーピングし、相互の因果関係を明確にすることにより、シナリオの構成要素を整備する。
- ロ. 抽出された事象、プロセス、特性を、その因果関係に基づき適切な手法・判断基準を用いて組み合わせることにより、基本ケースの変動を含めた地下水移行シナリオを設定する。
- ハ. 設定されたシナリオに関して、処分システムの長期挙動を予測するための適切なシミュレーション手法の開発・整備を行う。

【研究成果】

イ. 処分システムの安全性に影響を与える可能性のある事象(Events)、プロセス(Processes)、特性(Features) (以下「FEP」)を、地層処分システムを構成する場(ガラス固化体、オーバーバック、緩衝材、処分施設、母岩)と特性・プロセスの分類(熱的、水理的、力学的、化学的、放射線学的、物質移動、システムへの擾乱)を軸としたマトリクスに配する階層FEPマトリクスについて、最新の知見やデータに基づく抽出・見直しを継続するとともに、それらFEPに関する情報(FEPに関する定量的/定性的な知見の記述、シナリオ/解析ケースとしての取扱いの判断材料、FEPについて想定される因果関係など)の整理を継続した。また、それらFEPの因果関係を勘案した類型化・階層化を試行し、シナリオの構成要素としての整理を継続した。これにより、地層処分システムに期待される安全機能を表現するための要素をほぼ整理することができた。

ロ. 膨大な数になるFEPについての情報を適切に管理するとともに、FEPの因果関係を視覚的に表現するインフルエンシダイアグラムの作成を支援する計算機システム(FEP情報データベースシステム[1][2]:図1)の開発の継続と併せて、これまでに整理したFEPに関する情報の登録を継続した。また、それら情報に基づきシナリオの設定から解析ケースの設定までを段階的に行っていくための基本的な手順[3][4](図2)を構築し、シナリオを大きく「接近シナリオ」と「地下水シナリオ」に分類するとともに、地下水シナリオについてはさらに将来的に安定な地質環境が継続することなどを想定する「基本シナリオ」と天然現象の影響などを想定する「変動シナリオ」に細分化した[4](図3)。

ハ. 地下水シナリオの影響を定量的に評価するための解析ケースとして、まず比較の基準となるレファレンスケース[4]を設定するとともに、基本シナリオについてはデータやモデルの不確実性の影響を、また変動シナリオについては天然現象などの影響を評価するための解析ケースを検討し、それら解析ケースをレファレンスケースに対するモデルやデータの変更として具体的に設定し、一部解析に着手した。特に、天然現象については、天然現象に起因する影響を環境条件の変化として取り込むためにこれまでに検討してきた解析フレームを基盤として具体的な解析ケースの設定を進めた。また、核種移行挙動について様々な現象の影響を網羅的に取り込んだ解析を行い、その結果から重要な要因の抽出と感度構造の明確化を行うために開発してきた感度解析手法[5][6]の適用範囲を、人工バリアから周辺母岩へと段階的に拡張した。さらに、この手法を用いた約27,000ケースの解析・分析を行い、これまでの研究で着目してきた要因の重要性を体系的に示すことができた[6]。

【公開資料】

- [1]梅木博之、内藤守正、宮原要、油井三和、菅野毅、谷口直樹：動燃事業団におけるFEPデータベースの現状、PNC TN1420 96-012, 1996.
- [2]動燃事業団：地層処分研究開発の現状(平成8年度)、PNC TN1410 96-071, pp.96-99, 1996.
- [3]梅木博之、内藤守正、牧野仁史、宮原要、油井三和、石黒勝彦：体系的シナリオ作成の方法論と影響解析への展開、日本原子力学会、秋の大会予稿集M52, 1998.
- [4]動力炉・核燃料開発事業団：地層処分研究開発第2次取りまとめ第1ドラフト、PNC TN1412 98-013, 1998.
- [5]牧野仁史、大井貴夫、石黒勝彦、梅木博之、小山田潔、高瀬博康、Peter Grindrod：地層処分性能評価におけるシナリオ解析のための探索型アプローチの構築、日本原子力学会、秋の大会予稿集I48, 1997.
- [6]牧野仁史、大井貴夫、石黒勝彦、梅木博之、小山田潔、高瀬博康、Peter Grindrod：地層処分性能評価におけるシナリオ解析のための探索型アプローチの構築、日本原子力学会、動燃技報107号, 1998.
- [7]地層処分システム性能評価のための概括的感度解析手法の高度化(III)、核燃料サイクル開発機構研究委託内容報告書、JNC TJ1400 99-017, 1999.
- [8]地層処分システム隔離性能に対する天然現象影響の定量化、核燃料サイクル開発機構研究委託内容報告書、JNC TJ1400 99-019, 1999.

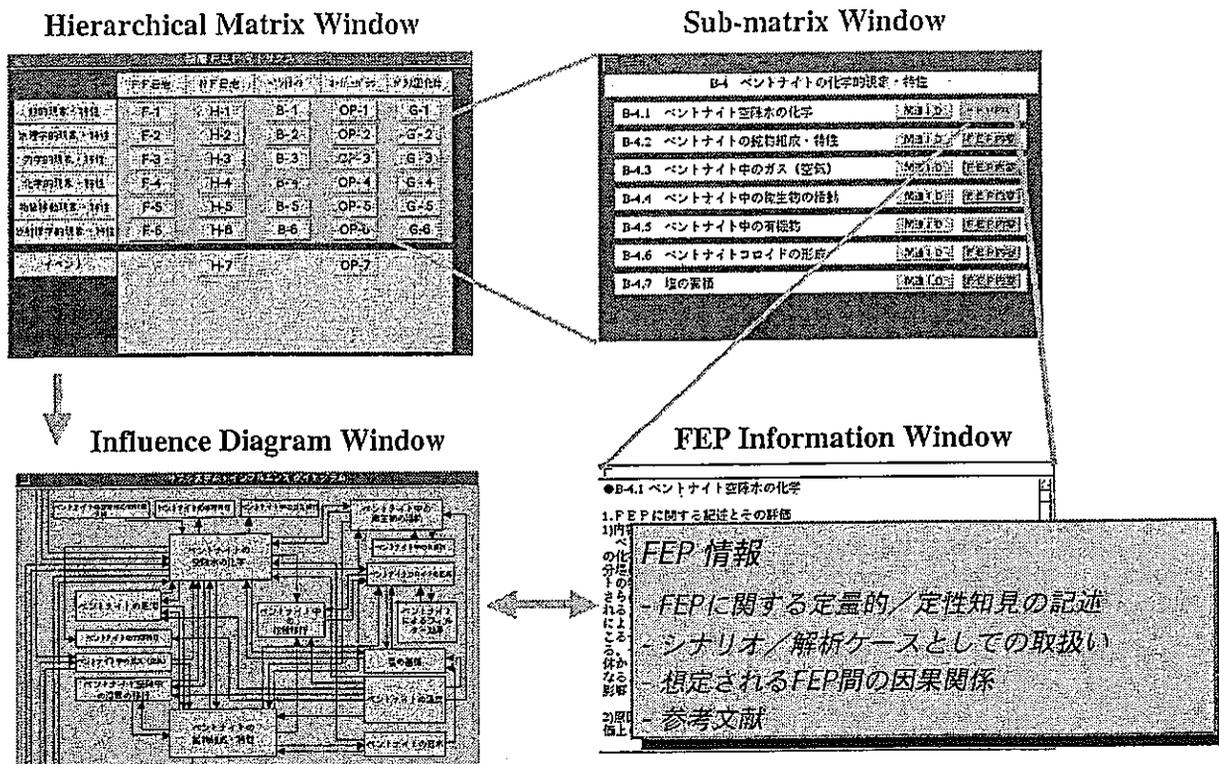


図1 FEP情報データベースシステムの主要な画面

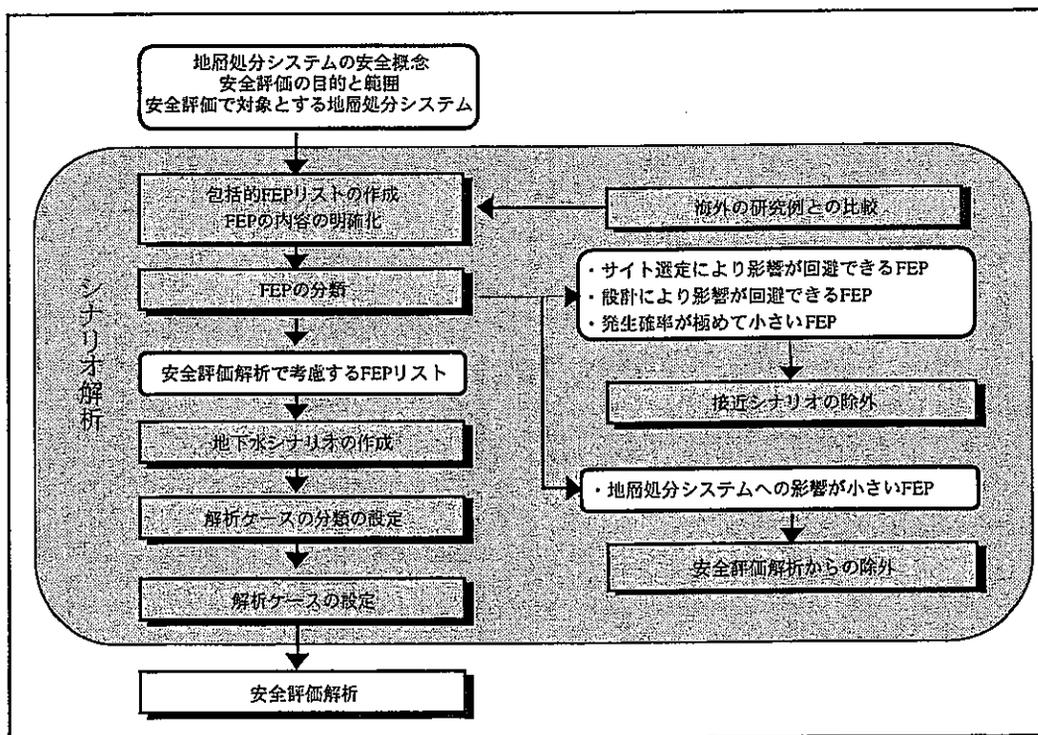


図2 シナリオ解析の手順

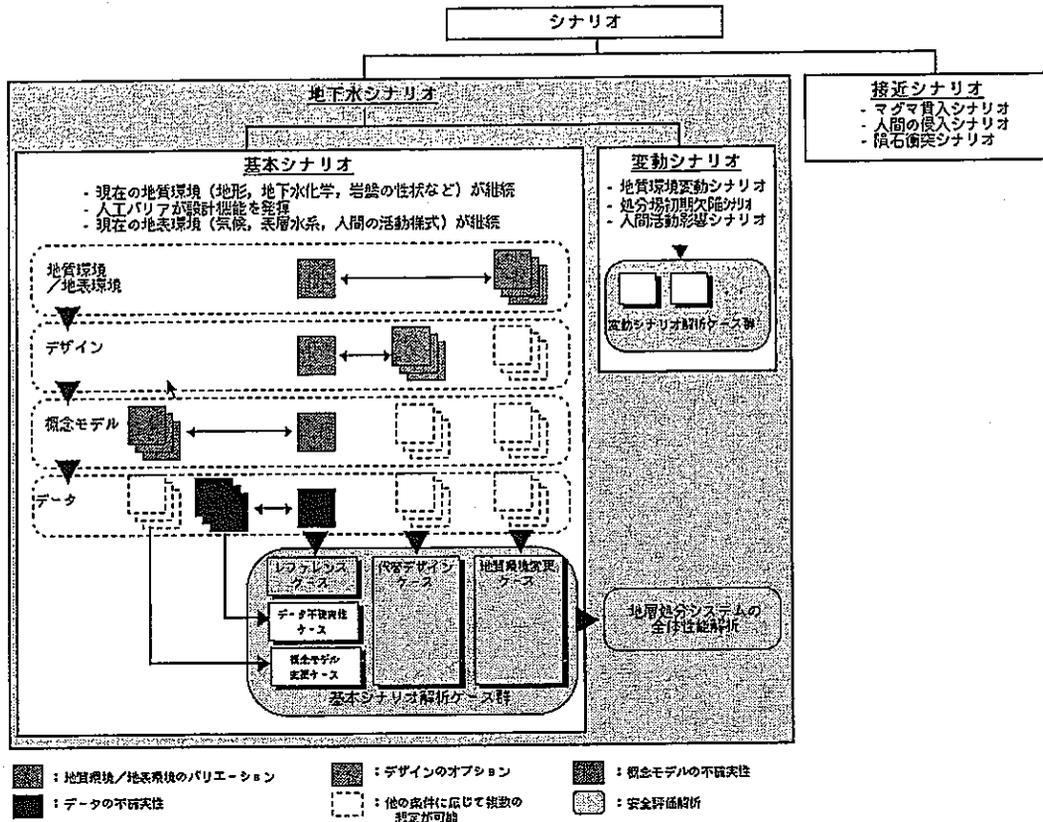


図3 シナリオと解析ケースの分類

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. 処分システムの安全性に影響を与える可能性のある事象、プロセス、特性に関する最新の知見やデータに基づき、それらの因果関係を勘案してシナリオの構成要素を整理する。
- ロ. 事象、プロセス、特性とその因果関係に係わる情報の蓄積と管理、およびそれら情報に基づく基本ケースの変動を含めた地下水シナリオを設定する。
- ハ. 設定されたシナリオに関して、処分システムの長期挙動を予測するための適切なシミュレーション手法を開発・整備する。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：安全評価シナリオに関する研究
- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

安全評価シナリオの開発は、最新の知見およびデータを取り込みつつ繰り返し実施することにより、そのシナリオが記述する地層処分システムの将来像の幅の妥当性を向上させていく必要がある。また、地質環境条件や天然現象の影響の可能性などのサイトスペシフィックな状況の想定を的確に記述するシナリオのケーススタディを、シナリオ開発手法の高度化と合わせて進めることは重要である。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (3) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	地質環境の長期安定性に関する研究				管理番号 2. - (3)
研究課題名 (Title)	地質環境の長期安定性に関する研究 Study on Long-term Stability for Geological Environment				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	中司 昇 (Noboru NAKATSUKA), 梅田 浩司 (Koji UMEDA), 藤原 治 (Osamu FUJIWARA) 野原 壯 (Tsuyoshi NOHARA), 阿部 寛信 (Hironobu ABE) 東濃地科学センター 地質安定性研究グループ / Neotectonics Research Group, Tono Geoscience Center				
キーワード (Key word)	地震／断層活動	火山活動	隆起／沈降運動	海水準変動	
	seismicity/faulting	volcanic activity	uplift/subsidence	sea-level change	
研究期間	平成8年度 ～ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	火山活動が地層処分システム及ぼす影響に 関する研究 ロスアラモス国立研究所 (米国)	
関連する 解析コード			関連する特別会計 実証試験		
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ. 自然環境の変化予測に必要なデータの収集 気候・海水準変動、隆起・沈降、侵食、断層運動、火山活動に関するデータを収集・解析を行い、我が国における各事象の発生の地域性などについて取りまとめるなど、所期の成果を得た。</p> <p>ロ. 長期変動予測モデルの開発 地殻変動のモデル化手法についての調査を行い、我が国における地殻変動について長期変動予測モデルの開発についての見通しを得た。</p> <p>ハ. 処分場環境の長期的変化に関するデータの収集 断層運動および火山活動に関するデータを収集し、それらの天然事象が処分場環境に及ぼす影響の規模と範囲について所期の成果を得た。</p>					
<p>【進捗状況 (平成8年度～平成10年度)】</p> <p>イ. 自然環境の変化予測に必要なデータの収集 a 火山活動、b 断層運動、c 隆起・沈降・侵食に関するデータを収集・解析した。</p> <p>ロ. 長期変動予測モデルの開発 地殻変動のモデル化手法についての調査を行い、我が国における地殻変動の長期変動を予測するためのモデルを構築した。</p> <p>ハ. 処分場環境の長期的変化に関するデータの収集 野島断層 (淡路島) の活動前後の地下水流動を把握するため、二次元浸透流解析を実施した。</p>					
【使用主要施設】 東濃地科学センター					
【連絡先】	〒 509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 核燃料サイクル開発機構		☎ 0572-53-0211	【所属】 地質安定性研究グループ E-mail : 【氏名】 中司 昇	

様式-1-1

【研究目的】

地質環境の長期安定性に影響を及ぼす事象を抽出し、各事象の発生頻度及び影響の規模等を把握することによって、地層処分の長期的な安全性を評価することに資する。

【研究内容（概要）】

地質環境の長期挙動を予測するうえで影響を与える事象を対象として、系統的に情報を収集するとともに、事象の長期変動予測モデルの開発を行う。さらに、それらの事象が岩盤力学的、水理学的、地球化学的な処分場環境に及ぼす影響の規模や範囲に関するデータを収集する。

イ. 自然環境の変化予測に必要なデータの収集

地質環境（地下水、地質構造）の変動等に影響を及ぼす気候・海水準変動、隆起・沈降・侵食、断層運動、火山活動に関するデータを収集する。

ロ. 長期変動予測モデルの開発

収集したデータ等を基にして、これらの事象の長期変動を予測するモデルを作成・高度化する。

ハ. 処分場環境の長期的変化に関するデータの収集

安全評価の対象としている処分場環境が自然環境の変動に伴いどのように変化するかを予測するため、天然事象が岩盤力学的、水理学的、地球化学的な処分場環境に及ぼす影響の規模や範囲に関するデータを収集する。

【研究成果】

地質環境の科学的研究により、上記の研究内容に関して、以下の成果が得られた。

イ. 自然環境の変化予測に必要なデータの収集

(a)火山・火成活動について、全国の火山の分布及び年代に関するデータに基づき、特徴を明らかにするとともに、テクトニクスとの関係について検討した。その結果、火山・火成活動は、プレートの配置やその沈込み角度などに支配された顕著な偏在性を示すことが分かった。また、第四紀においては、大局的な火山活動の場に変化は認められず、むしろ限定された地域内において、新たな火山の形成を含む活動が繰り返されていることが示唆された(43) (図1)。

(b)断層活動の時間・空間的な変遷を把握するため、日本列島の活断層の活動様式について検討した。その結果、活断層は既存の「活断層帯」において、過去数十万年程度にわたり同様の活動様式で繰り返し起こっており、この間、地殻応力場は概ね安定して持続してきたとみなすことができることがわかった(43)。

(c)隆起・沈降・侵食について、全国の段丘面分布及びその年代に関する情報から、日本列島の地域毎の特徴を検討した。その結果、我が国における隆起・沈降は、過去数十万年以上にわたって、地殻応力場の特徴に対応した地域毎に、一定の傾向に沿って継続・累積していることが分かった。外挿によって推定される隆起・沈降量は、多くの地域で50m未満～100m未満である。一方、侵食については、地形条件などとの関係やプロセスを考慮することにより、将来の侵食量を評価することが可能である(43)。

ロ. 長期変動予測モデルの開発

東北日本弧を例に、地震データ等から地殻応力プロファイルを作成した。このデータを基に、島弧が沈み込む太平洋プレートからの応力でどのように変形するかについて有限要素法で解析を試みた。

ハ. 処分場環境の長期的変化に関するデータの収集

淡路島の野島断層（1995年兵庫県南部地震の際に活動した断層）を対象に、有限要素法による2次元浸透流解析手法を用いた地下水流動解析を実施した。地震前、地震発生4ヶ月後まで、地震発生4ヶ月後～現在までの3段階における水理解析の結果、地震発生後の地下水理の変化は、花崗岩部の透水係数の変化により、よく説明できる。この時の花崗岩風化部の透水係数の変化は、 $1 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4}$ cm/s、花崗岩新鮮部の透水係数の変化は、 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6}$ cm/sであった。この解析では、野島断層の透水係数の変化は、地下水理の変化影響を与えない可能性が高いことが示唆された。

【公開資料】

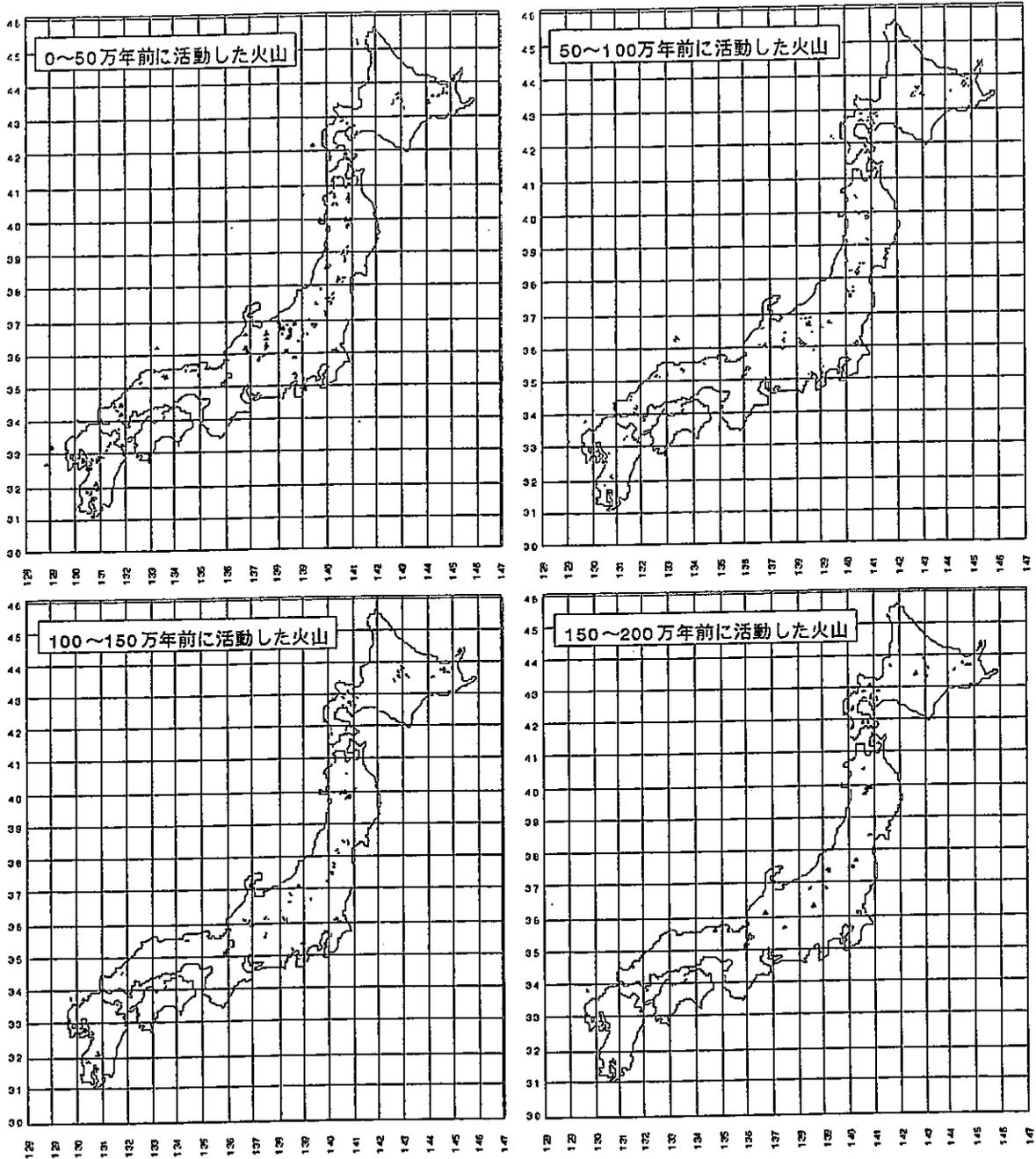
〔平成8年度〕

- (1)林信太郎, 梅田浩司, 伴 雅雄: 東北日本, 第四紀火山の時空分布1, 一背弧側への火山活動域の拡大一. 日本火山学会秋季大会予稿集, 2, p.88 (1996)
- (2)梅田浩司, 林信太郎, 伴 雅雄: 東北日本, 第四紀火山の時空分布3, 一第四紀火山活動と地殻構造およびテクトニクス一. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, p.356 (1997)
- (3)齊藤宏, 棚瀬充史, 梅田浩司: 噴火活動による地質環境への影響調査(その1) - 岐阜県北部, 水鉛谷給源火道周辺のリアメント解析. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, p.601 (1997)
- (4)藤原治, 増田富士雄, 酒井哲弥, 布施圭介, 斎藤晃: 房総半島南部の完新世津波堆積物と南関東の地震隆起との関係. 第四紀研究, 36, pp.73-86 (1997)
- (5)石丸恒存, 酒井隆太郎, 伊東守, 古屋和夫, 児玉敏雄: 野島断層の活動に伴う周辺地下水環境の変化に関する数値解析的検討. 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, H42-P03, p.602 (1997)
- (6)酒井隆太郎, 石丸恒存, 佐藤比呂志, 今泉俊文, 池田安隆, 佐々木進, 佐藤徹: 千屋断 (秋田県千畑町) を対象とした空中物理探査. 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, B21-15, p.54 (1997)
- (7)佐藤比呂志, 今泉俊文, 池田安隆, 三ヶ田均, Orgren, C., 戸田茂, 堤浩之, 越谷信, 野田賢, 東郷正美, 伊藤谷生, 宮内崇裕, 河村知徳, 鈴木啓文, 石丸恒存, 酒井隆太郎, 米田茂夫, 久保田裕史, 井川猛: 千屋断層の地下構造・スリッププレートに関する総合調査(中間報告). 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, B21-14, p.54 (1997)
- (8)藤原治, 増田富士雄, 酒井哲弥, 岡崎浩子, 斎藤晃, 鈴木俊秀: 海浜堆積物からみた下総台地の隆起運動像. 堆積学研究, 43, pp.39-46 (1997)

〔平成9年度〕

- (9)梅田浩司, 林信太郎, 伴 雅雄, 佐々木 実, 大場 司, 赤石和幸: 東北日本, 第四紀火山の時空分布(5) - 奥羽脊梁山における第四紀火山活動とテクトニクス一. 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p.415 (1998)
- (10)阿部寛信, 酒井隆太郎, 石丸恒存: 日本列島における活断層の活動特性 - 特に活断層の活動開始年代について - . 日本応用地質学会中部支部平成9年度支部研究発表会・講演会予稿集, pp.21-24 (1997)

- (11)高木俊男, 藤原治: 後氷期における岩石海岸の侵食速度について. 日本応用地質学会中部支部平成9年度支部研究発表会・講演会予稿集, pp.17-20 (1997)
- (12)高木俊男, 藤原治, 小沢明男: 河成地形の高度分布から推定した氷期・間氷期を通じた下刻速度の変遷. 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p.230 (1998)
- (13)酒井隆太郎, 大澤英昭, 佐藤努, 児玉敏雄, 古屋和夫: 断層活動に伴う周辺地下水挙動に関する数値解析—野島断層の例—地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, pp.348-349 (1998)
- (14)梅田浩司, 小松亮: 東北日本, 第四紀火山地域における熱エネルギー放出率. 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p.356 (1998)
- (15)藤縄明彦, 林信太郎, 梅田浩司: 安達太良火山の形成史—K-Ar年代値からの再検討—. 日本火山学会1997年度秋季大会講演予稿集, p.55 (1998)
- (16)小松亮: 坑井温度データからみた東北日本の熱水対流系. 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p.356 (1998)
- (17)小松亮, 梅田浩司, 齋藤宏, 棚瀬充史, 長尾尚顕: 噴火活動による地質環境への影響調査(その2)—岐阜県北部, 水鉛谷給源火道周辺の熱履歴—. 日本火山学会1997年度秋季大会講演予稿集, p.98 (1998)
- (18)藤原治, 三箇智二, 大森博雄: 地形の起伏状況から推定した日本列島における侵食速度の分布. 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p.228 (1998)
- (19)藤原治, 増田富士雄, 入月俊明, 布施圭介: 沖積層に記録された津波の記録—堆積学からのアプローチ—. 日本地質学会第104年学術大会講演要旨, p.36 (1998)
- (20)藤原治, 布施圭介: ボーリング調査によって三浦半島の沖積低地から発見された完新世津波堆積物, 1997年日本第四紀学会講演要旨集, p.90-91 (1998)
- [平成10年度]
- (21)木村純一, 岡田昭明, 中山勝博, 梅田浩司, 草野高志, 麻原憲司, 館野満美子, 檀原 徹: 大山—三瓶火山起源テフラのフィッシュトラック年代とその層序学的意義. 第四紀研究, 38, 2, 145-155 (1998)
- (22)梅田浩司, 中司 昇, 湯佐泰久: 地質環境の長期安定性—火山活動に関する研究について—. 日本原子力学会1998年秋の年会講演予稿集, (1998)
- (23)棚瀬充史, 薦田靖志, 小畑英樹, 小松 亮, 梅田浩司: 瀬戸内火山岩類, 高縄山火道の地質とK-Ar年代. 日本地質学会第105年学術大会講演要旨, 170 (1998)
- (24)小松 亮, 梅田浩司, 棚瀬充史, 檀原 徹: 瀬戸内火山岩類, 高浜黒岩火道形成時の母岩の熱履歴. 日本火山学会1998年度秋季大会講演予稿集, (1998)
- (25)梅田浩司, 中司 昇, 矢野雄策, 田中明子, 高橋正明, 大久保泰邦, 笹田政克: 日本列島地温勾配図. 地質調査所特殊地図, (1999)
- (26)小松 亮, 梅田浩司, 江原幸雄, 梶原竜哉: 坑井温度データからみた熱水対流系の大きさ. 地球惑星関連学会1999年合同大会講演予稿集, Sc-007 (1999)
- (27)梅田浩司: 火山周辺の放熱量と温泉水の化学組成. 地球惑星関連学会1999年合同大会講演予稿集, Sc-005 (1999)
- (28)林 信太郎, 鎌田 孝子, 伴 雅雄, 梅田 浩司: 成層火山の侵食速度に関する研究—東北地方の第四紀火山におけるケーススタディ. 地球惑星関連学会1999年合同大会講演予稿集, Vc-013 (1999)
- (29)佐藤 努, 酒井隆太郎, 大澤英昭, 古屋和夫, 児玉敏雄: 淡路島の異常湧水の酸素・水素同位体比. ハイドロロジー, 29, 1, 13-18 (1998)
- (30)青木和弘, 川村 淳, 石丸恒存, 阿部寛信: 釜石鉱山における地下の研究(地震に関する調査研究). 日本原子力学会1999年春の年会講演予稿集, 788 (1999)
- (31)佐々木俊二, 佐藤清隆, 川村 淳, 青木和弘, 阿部寛信: 釜石における地震観測結果その1 地下深部における地震動特性. 地球惑星関連学会1999年合同大会講演予稿集, Am-P003 (1999)
- (32)佐々木俊二, 小林芳正, 川村 淳, 阿部寛信, 青木和弘: 釜石における地震観測結果その2 地震に伴う地下水の変動. 地球惑星関連学会1999年合同大会講演予稿集, Am-P004 (1999)
- (33)野原 壯, 渡辺邦夫, 田中秀美, 武部晃充, 山下 貢, 何 培明: 茂住—祐延断層活断層調査坑道における断層破砕帯周辺の割れ目と透水性について. 地球惑星関連学会1999年合同大会講演予稿集, Sb-009 (1999)
- (34)藤原 治, 入月俊明, 増田富士雄, 布施圭介: 神奈川県三浦半島西岸の後氷期における古環境変遷: ボーリングコア中の貝形虫化石群集とイベント堆積物. 化石, 64, 1-22 (1999)
- (35)加藤めぐみ, 福澤仁之, 安田喜憲, 藤原 治: 鳥取県東郷池湖底堆積物の層序と年縞. 汽水域研究, 5, 27-37 (1998)
- (36)藤原 治, 増田富士雄, 酒井哲弥, 入月俊明, 布施圭介: 沖積層に保存された相模湾周辺の古地震—津波堆積物の記録—. 日本第四紀学会1998年大会講演予稿集, 22-25 (1998)
- (37)藤原 治, 増田富士雄, 酒井哲弥, 入月俊明, 布施圭介: 房総半島と三浦半島の完新統コアに見られる津波堆積物. 第四紀研究, 38, 1, 41-58 (1999)
- (38)福澤仁之, 山田和芳, 加藤めぐみ, 藤原 治: 湖沼年縞による晩氷期～完新世の気候の変動速度の推定. 地球惑星関連学会1999年合同大会講演予稿集, Lc-013 (1999)
- (39)渡辺満久, 長友恒人, 鈴木毅彦, 早津賢二, 藤原 治, 檀原 徹, 齊藤裕二: 東北日本の第四紀中期テフラの放射年代. 日本地理学会1999年大会講演予稿集, 354-355 (1999)
- (40)森脇 広, 松島義章, 町田 洋, 新井房夫, 岩井雅夫, 藤原 治: 始良カルデラ北西縁平野の地形発達と完新世の隆起. 日本地理学会1998年大会講演予稿集, 106-107 (1999)
- (41)福澤仁之, 山田和芳, 藤原 治: 晩氷期～完新世の気候・海水準変動の変動速度について. 日本地理学会1998年大会講演予稿集, 102-103 (1999)
- (42)阿部寛信, 湯佐泰夫: 地質環境の長期安定性について—第2次とりまとめに向けて—. 日本原子力学会中部支部第30回研究発表会講演予稿集, 45 (1998)
- (43)核燃料サイクル機構: 地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト 分冊1 地質環境条件の調査研究 (1999)



(第四紀火山カタログワーキンググループ編, 1999をもとに編集)

図1 日本列島における第四紀火山の時空分布

過去の各期間内に活動した火山の分布。第四紀の期間を通じて、火山活動の場に大きな変化は認められず、むしろ同じ地域において新たな火山の形成を含む活動を繰り返している。

調 査 票

平成 8 年度～平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

全国を対象とした地質環境の長期安定性に関するデータを整理・解析し、平成 1 1 年度に第 2 次とりまとめ報告書を国に提出するとともに、国が評価する際に必要な情報を取得する予定。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし。

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：

現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

当初計画どおり平成 12 年度で調査終了の見込み。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (4) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	人工バリア要素の安全性に関する研究			管理番号 2. - (4)
研究課題名 (Title)	人工バリア要素の安全性に関する研究 Study on The Performance of Engineered Barrier System Components			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	油井三和 (Mikazu YUI), 亀井玄人 (Gento KAMEI), 芦田 敬 (Takashi ASHIDA) 本田 明 (Akira HONDA), 柴田雅博 (Masahiro SHIBATA), 澁谷朝紀 (Tomoki SHIBUTANI) 能登屋信 (Shin NOTOYA), 小田治恵 (Chie ODA), 小原幸利 (Yukitoshi KOHARA) 篠崎知子 (Tomoko SHINOZAKI), 谷口直樹 (Naoki TANIGUCHI), 濱田啓示 (Keishi HAMADA) 佐藤治夫 (Haruo SATO) 東海事業所 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works 石川博久 (Hirohisa ISHIKAWA) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Reserch Project, Head Office			
キーワード (Key word)	廃棄物ガラス	オーバーパック	ベントナイト	
	waste glass	overpack	bentonite	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず
<p>【成果の達成レベル】 ガラス固化体に関する研究については、実ガラスからの浸出核種のコロイド形成について所期の成果を得た。また、Th添加ガラスの作成および浸出試験を実施し、Th浸出挙動の理解について見通しを得た。 オーバーパック候補材料である炭素鋼については長期の腐食試験を継続し、所期の成果を得た。同じく候補材料であるチタンについては水素吸収挙動を評価するための試験を実施し、所期の知見を得た。銅については腐食反応機構に関する知見を得るとともに全面腐食を評価するためのモデル開発を行い、所期の成果を得た。 緩衝材材料であるベントナイトの変質に関しては、鉄のベントナイト主成分鉱物(スメクタイト)への吸着について所期の知見を得た。さらに、地下水との相互作用のモデル化について、圧縮ベントナイト空隙水推定モデルの開発と同モデルに対する確認試験を実施し、モデル化に対する見通しを得た。 ベントナイトの収着、拡散モデルの適用性を様々なベントナイトとイオンに対して検討し、適用性を見通しを得た。</p>				
<p>【進捗状況(平成8年度～平成10年度)】 ガラス固化体に関する試験として、実ガラスからの浸出核種のコロイド粒径分布をとりまとめた(平成8年度)。Th添加ガラスを作成し、Thの浸出試験を実施した。 オーバーパック候補材料である炭素鋼については、電気化学試験を実施して処分環境での腐食形態の評価を行い、とりまとめた。同じく候補材料であるチタンについては、拡散による金属への水素の吸収を考慮した水素脆化評価モデルを作成するとともに、入力データの整備を行い、寿命評価を行った。銅についてはアノード溶解反応機構を調査した。また、ベントナイト中における酸素と銅錯イオンの輸送に基づく全面腐食のモデル開発を行うとともに、確認試験によりモデルの妥当性を確認した。 緩衝材材料であるベントナイトの変質に関しては、鉄の吸着に関する試験についてとりまとめた(平成9年度)。また、圧縮ベントナイト空隙水のpH測定試験を実施し、地下水との相互作用のモデル開発・検証を行った。ベントナイトの収着、拡散モデルの開発と、その適用性の検討を行った。</p>				
<p>【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設</p>				
【連絡先】	〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎ 029-282-1111	【所属】 処分研究部 E-mail : 【氏名】 グループリーダー 油井 三和	

【研究目的】

地層処分で想定される各種環境条件の下で、固化体、オーバーパック、緩衝材等の核種閉じ込め機能等に関する試験研究を行うとともに、人工バリアシステム全体の安全評価手法を開発し、処分システムの安全評価に資する。

【研究内容（概要）】

イ. 安全評価モデルの確立

処分環境雰囲気、地下水の流れ、共存物質（キャニスタ、オーバーパック、緩衝材）等処分環境を考慮した条件でガラス固化体の浸出実験及びオーバーパックの腐食試験を実施し、長期耐久性評価モデルを確立する。

また、ベントナイトの変質に係る室内実験結果と天然において実際に変質したベントナイトの調査結果の比較検討を行い、ベントナイトの変質による性能劣化の定量的評価を行う。さらに、緩衝材と地下水との相互作用を評価するとともに、放射性核種の緩衝材への吸・脱着機構に基づき、放射性核種の緩衝材中移行モデルを確立する。これらの成果に基づき、人工バリアシステムを総合的に考慮した安全評価モデルの開発を行う。

【研究成果】

ガラス固化体に関する試験として、Th添加ガラス固化体及びリン酸含有Th添加ガラス固化体からのThの浸出試験を浸出期間150日まで実施し、Th浸出量のpH依存性を調べた。リン酸を含まないTh含有ガラス固化体からのTh浸出量は、pH3-6でpHの上昇と共に減少し、pH6-8で約 5×10^{-11} mol/l \sim 8×10^{-11} mol/lでほぼ一定となり、pH8-10でpHと共に若干増加する傾向を示した。一方、リン酸含有のガラス固化体からのThの浸出量はpH3,11を除いて検出下限値以下であった（図1）。また、pH10の試料でTh浸出量のイオン強度依存性を評価した結果、イオン強度が $I=0.1-1$ にかけてTh浸出量が約 4×10^{-10} mol/l \sim 2×10^{-9} mol/lとイオン強度と共に、増加するが、 $I=1-3$ にかけては、ほぼ一定となる傾向が観察された。

オーバーパックについては候補材料である炭素鋼およびチタンについて処分環境での腐食挙動を評価した。炭素鋼については還元条件での長期の浸漬試験を継続し、腐食速度が時間とともに小さくなることを確認した（図2）。2年後における平均腐食速度は $5 \mu\text{m/y}$ 以下であった。また、圧縮ベントナイト中における炭素鋼の腐食データをデータベース化した。そのデータベースを用いて環境条件と腐食速度の関係などを調査した。チタンについては水素脆化モデルの入力データである水素吸収速度の測定を行い、電位や時間に対する依存性を確認した。また、この実験結果に基づいて長期のチタンの水素吸収量を評価した結果、1000年間では水素脆化の起こりうる濃度には達しないことが確認された。銅については塩化物を含む中性の炭酸塩水溶液中における銅のアンノド溶解反応機構を調査した。また、ベントナイト中における酸素と銅錯イオンの輸送に基づく全面腐食のモデル開発を行うとともに、確認実験によりモデルの妥当性を確認した。

緩衝材の間隙水化学モデルのパラメータとして、実験データに基づきスメクタイトの陽イオン交換反応選択係数、交換性陽イオン組成、ベントナイト中の可溶性塩含有量など特性値を求めた。また、精製スメクタイトを用いた滴定実験を行い、スメクタイト表面の変電荷サイト数、酸・塩基解離定数を求めた。また、pH指示薬を担持させた樹脂（ビーズ）を圧縮ベントナイト中に埋め込んで、ベントナイト中のpHを測定する手法を開発し、データを取得するとともに(19)、従来のベントナイト-水反応実験データと併せて評価を行い、ベントナイト間隙水化学モデルの検証を行った(20)。モデルは、液組成の固液比依存性等の傾向を予測し得るが、pH計算値は、圧縮状態に近づくにつれ実験値より低い側に外れることがわかった（図3）。一方、酸・塩基解離反応定数を変化させると、計算値と実験値は定量的にも一致した（図4）。実験的知見からも、モデル計算からも、間隙水のpHは7～9であることが示された。

緩衝材への吸着モデルとして、Raのスメクタイトおよびベントナイトへの吸着試験を実施し、イオン交換を考慮したモデルによってバッチ試験結果を概ね説明可能であることを示した(21)。ベントナイト中の拡散については、電気二重層理論に基づいたモデルの適用性を米国ワイオミング産のベントナイトに対して検討し、概ね実測されている実効拡散係数を説明できることを示した(22)。

【公開資料】

平成8年度

(1)濱田啓志、谷口直樹、石川博久：高レベル放射性廃棄物処分におけるチタンすきま腐食発生臨界条件の評価、第43回腐食防食討論会講演集 A-302 (1996)。

(2)谷口直樹、本田明、石川博久、藤原和雄：低溶存酸素濃度下における炭素鋼オーバーパックの腐食速度の実験的検討、第43回腐食防食討論会講演集 A-303 (1996)。

平成9年度

- (3) Kohara, Y., Ashida, T. and Yui, M. : Particle distribution of colloid released in leachate from fully radioactive waste glass. J. Nuc. Sci. Tech. Vol.34, No.11, pp.1107-1109. (1997)
- (4) N. Taniguchi, A. Honda, H. Ishikawa : Experimental Investigation of Passivation Behavior and Corrosion Rate of Carbon Steel in Compacted Bentonite, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol.506, pp.495-501. (1998).
- (5) 本田明、谷口直樹、濱田啓志、石川博久：オーバーパック候補材料の長期寿命評価の考え方と評価の現状、第44回材料と環境討論会 D-102 (1997).
- (6) 高橋知子、小田治恵、柴田雅博：スメクタイトのNa-Fe(II) イオン交換、第41回粘土科学討論会講演要旨集 pp.32-33. (1997)
- (7) 小田治恵、雨夜隆之：スメクタイト結晶端の表面OH基密度の定量、第41回粘土科学討論会講演要旨集 pp.116-117. (1997)
- (8) Ochs, M., Lothenbach, B. and Yui, M. : Application of thermodynamic sorption models to distribution coefficients of radionuclides in bentonite. Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol.506, pp.765-773. (1998).
- (9) Boulton, K. A., Cowper, M. M., Heath, T. G., Sato, H., Shibutani, T. and Yui, M. : A Understanding the Sorption of U(VI) and Se(IV) on Sodium Bentonite, Sixth International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, MIGRATION'97, Abstracts, p.40 (1997).
- (10) Ochs, M., Boonekamp, M., Wanner, H., Sato, H. and Yui, M. : A Quantitative Model for Ion Diffusion in Compacted Bentonite, Sixth International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, MIGRATION'97, Abstracts, p.115 (1997).
- (11) Ochs, M., Boonekamp, M., Wanner, H., Sato, H. and Yui, M. : A Quantitative Model for Ion Diffusion in Compacted Bentonite, Radiochimica Acta, 82, pp.437-443.
- (12) 佐藤治夫：放射性廃棄物地層処分における緩衝材および岩体中の核種移行に関する研究、動燃技術資料, PNC TN8410 97-202 (1998).

平成10年度

- (13) 黒羽光彦、澁谷朝紀、岡崎充宏、乾真一、山田一夫、油井三和：プルトニウム含有ガラス固化体からのプルトニウムの溶解挙動に関する研究、JNC TN8410 98-001.
- (14) オーバーパック候補材料の腐食に関する個別現象解析モデルの研究、社団法人腐食防食協会委託研究報告書、JNC TJ8400 99-047.
- (15) 還元条件下におけるチタンオーバーパックの耐食性に関する研究 (III) 株式会社神戸製鋼所委託研究報告書、JNC TJ8400 99-046
- (16) 谷口直樹、本田明、川崎学、水流徹：圧縮ベントナイト中における炭素鋼の腐食形態と腐食速度の評価、JNC TN8400 99-003
- (17) 東京工業大学工学部：深部地下環境における銅オーバーパックの腐食反応機構の研究、JNC TJ8400 99-052
- (18) 上越教育大学：緩衝材の鉱物学的長期安定性評価(II), JNC TJ8400 99-031
- (19) 磯貝武司、小田治恵、佐藤光吉、日本原子力学会1999年春の年会要旨集, N23, p.771
- (20) 小田治恵、柴田雅博、油井三和、宮原要、日本原子力学会1998年秋の大会予稿集, M53, p.870
- (21) 澁谷朝紀、佐藤治夫、館幸男、向井悟、油井三和、日本原子力学会1999年春の年会要旨集, N8, p.756
- (22) Ochs, M., Lothenbach, B., Wanner, H., Sato, H. and Yui, M.: Model Calculation of Consistent Diffusion and Distribution Coefficient in Compacted Bentonite, Seventh International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, MIGRATION'97, Abstracts (to be presented).

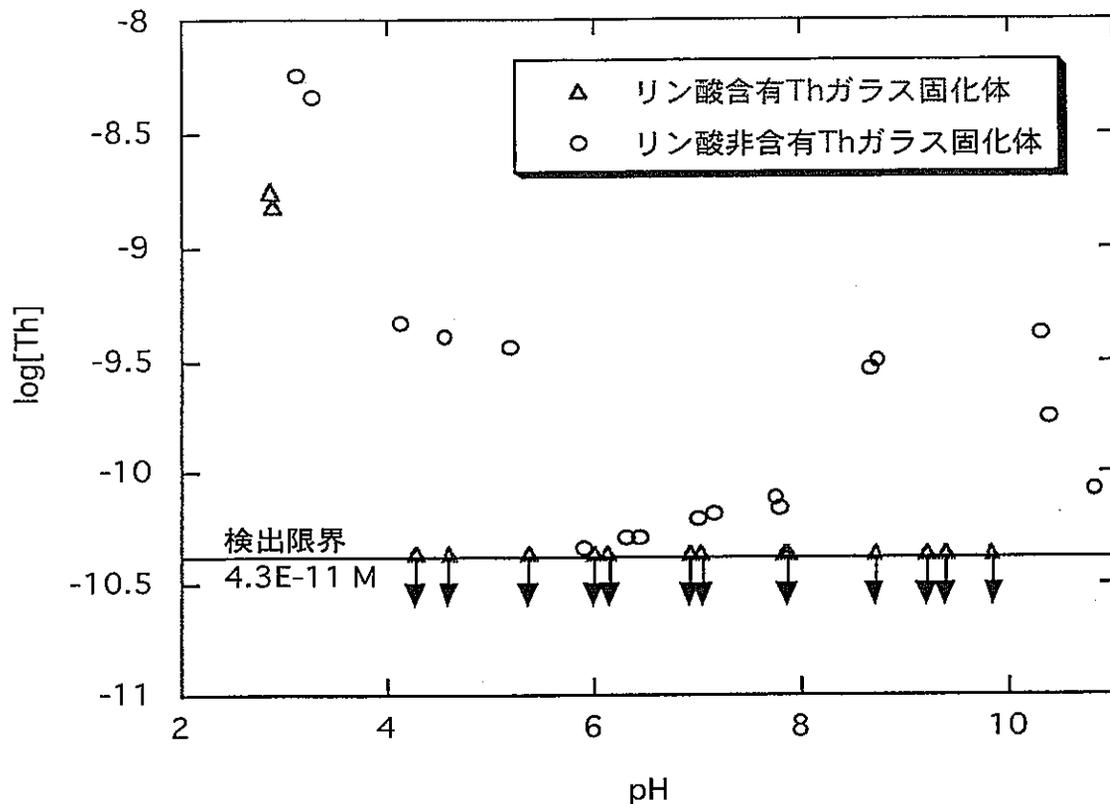


図1 リン酸含有Thガラス固化体およびリン酸非含有Thガラス固化体からのTh浸出量のpH依存性
イオン強度0.1 NaClO_4 , 浸出期間153日

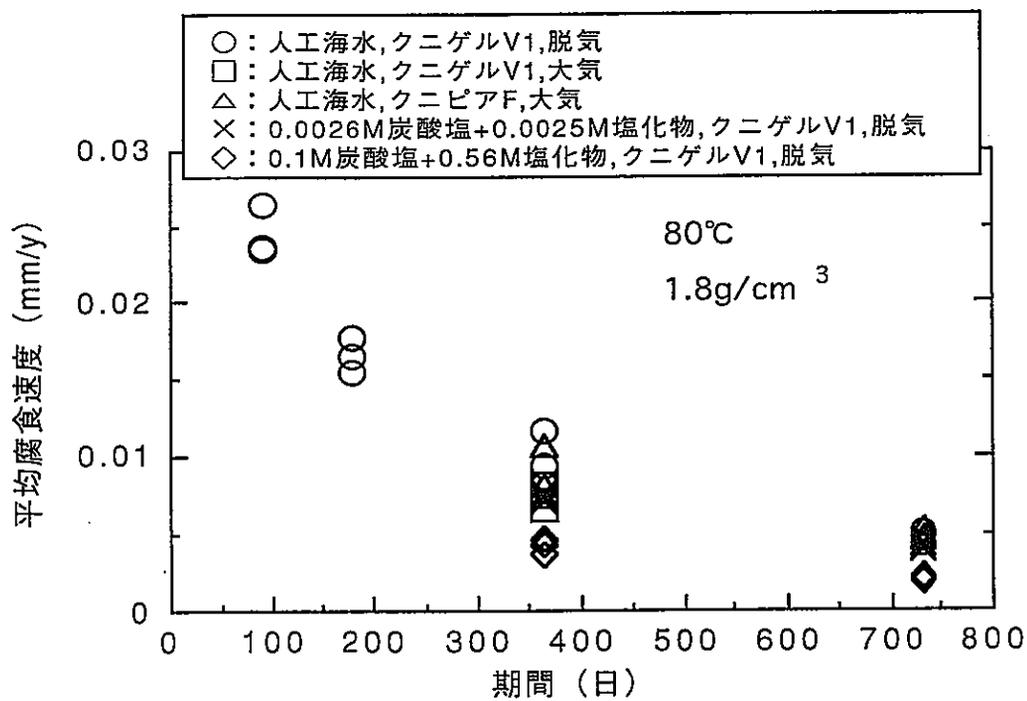


図2 圧縮ベントナイト中における炭素鋼の平均腐食速度の経時変化

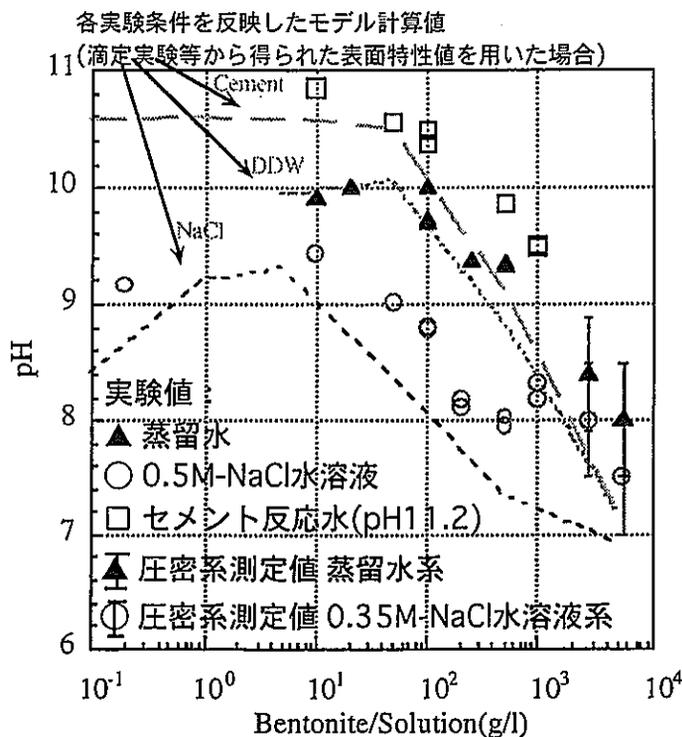


図3 ベントナイト-水反応実験結果とモデル計算結果の比較(Ⅰ)

表面酸・塩基反応と可溶性塩溶解反応を取り込んだモデル計算結果は、実験値の固液比依存性、初期溶液依存性の傾向をよく説明できる。

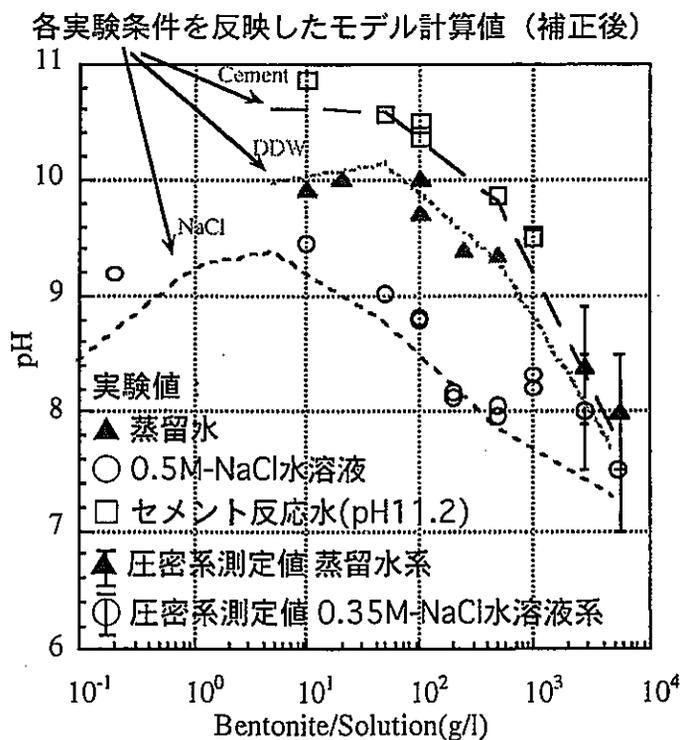


図4 実験結果と補正を加えたモデル計算結果との比較(Ⅱ)

酸・塩基解離反応の進行が緩やかなるようパラメータを変化させると、モデル計算と実験値は定量的にも一致するようになる。

調 査 票

平成8年度～平成10年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
- 人員確保上の問題
- 施設の問題
- その他の問題

上記理由

【平成12年度末までの達成見通し】

- イ. Th 添加ガラスの浸出実験結果に対し、熱力学的評価を実施し、ガラス固化体からの核種の浸出機構のモデル化を行う。
- ロ. オーバーバック候補材料に対しては、より長期の実験を含め、実験データの蓄積を行い、長期腐食評価モデルの信頼性を向上させる。
- ハ. 炭素鋼との相互作用に関するベントナイト変質実験を継続し、変質に関する知見を得るとともに、その緩衝材性能への影響について考察する。現在までに開発した圧縮ベントナイト中の空隙水評価モデルを基に、より長期の処分環境に則した空隙水化学の評価手法を検討する。また、現在までに開発した、イオン交換、電気二重層理論を取り入れた核種収着、拡散モデルに対し、より詳細な現象理解に基づくモデルの改良を行う。
- ニ. 現在までの成果を取り入れ、第2次とりまとめで用いる人工バリアシステムを総合的に考慮した安全評価モデルを構築し、安全評価を実施した。

【平成12年度末において達成できないと考えられる項目】

なし

【次期年次計画への継続の有無（平成13年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：処分場の地下水水質形成モデルの改良、高度化

- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

平成13年度以降に予定されている、処分候補地および処分予定地の選定に際し、国が安全確認を行うことが想定される。したがって、その時点において、常に最新の知見および評価モデルの利用が可能な状態としておく必要がある。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (5) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	人工バリア中核種移行評価に係るデータベースの整備				管理番号 2. - (5)
研究課題名 (Title)	人工バリア中核種移行評価に係るデータベースの整備 Database Development for The Radio-Nuclide Transport in The Engineerd Barrier System				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	油井三和 (Mikazu YUI), 柴田雅博 (Masahiro SHIBATA), 渋谷朝紀 (Tomoki SHIBUTANI) 佐藤治夫 (Haruo SATO), 牧野仁史 (Hitoshi MAKINO), 渋谷早苗 (Sanae SHIBUTANI) 東海事業所 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works 石川博久 (Hirohisa ISHIKAWA) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Reserch Project, Head Office				
キーワード (Key word)	熱力学データベース	溶解度	分配係数	拡散係数	
	thermodynamic database	solubility	distribution coefficient	diffusion coefficient	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ. 熱力学データベースの整備 性能評価上重要な21元素に対し、既存データの調査、評価を行うとともに、一部の元素に対する溶解度試験を実施し、第2次とりまとめで用いる熱力学データベースを確定した。さらに、同データベースを用いて、第2次とりまとめで用いる性能評価上の溶解度設定を行うことで、所期の成果を得た。</p> <p>ロ. 分配係数、拡散係数等のデータベース整備 性能評価上重要な22元素に対し、既存データの調査、データベース化をほぼ終了し、さらに、データベース整備の観点から不足している核種の吸着および拡散データを取得した。これらの成果に基づき、第2次とりまとめで用いる性能評価上の値の設定を行うことで、所期の成果を得た。</p>					
<p>【進捗状況 (平成8年度～平成10年度)】</p> <p>イ. 熱力学データベースの整備 地層処分研究開発第2次とりまとめで利用する熱力学データベースの整備はほぼ終了し、性能評価上の溶解度の設定を終了することで、所期の成果は達成した。今後は、整備した熱力学データの再評価、高イオン強度に適応可能な活量補正モデルの導入の検討とそれに伴うデータ整備、溶解度に関するより詳細な現象理解 (溶解度制限固相の変遷や固溶体) についての検討等を進める。</p> <p>ロ. 分配係数、拡散係数等のデータベース整備 地層処分研究開発第2次とりまとめで利用する吸着 (分配係数) データベースの整備はほぼ終了した。拡散データベースについては、整備を継続している。データベース整備の観点から信頼性の高いデータが不足していた元素を対象に、ベントナイトへの吸着試験、還元環境下での拡散試験等を実施し、それらの成果を取り入れて性能評価上の分配係数、拡散係数の設定を終了することで、所期の成果はほぼ達成した。今後、第三者の利用を考慮したデータベース環境の整備とデータの再評価、拡充を進める。</p>					
<p>【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設</p>					
【連絡先】	〒 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎ 029-282-1111	【所属】 処分研究部 E-mail : 【氏名】 グループリーダー 油井 三和		

【研究目的】

安全評価上重要な核種を対象にして、地下水中の溶解度、緩衝材への吸着に係る基本定数や拡散係数など人工バリア中の核種移行評価上主要なパラメータについてデータ取得を行い、処分システムの安全評価に資する。

【研究内容（概要）】

イ. 酸化還元電位、炭酸ガス濃度等をパラメータにして、重要元素に関する溶解度データを取得するとともに、性能評価に必要な熱力学データベースを整備する。
ロ. 雰囲気制御下においてベントナイト中の核種の分配係数、拡散係数等のデータを取得し、核種移行評価のためのデータベースを整備する。

【研究成果】

イ. 熱力学データベースの整備

性能評価上重要な21元素 (Ni, Se, Zr, Nb, Tc, Pd, Sn, Sb, Sm, Pb, Bi, Po, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm) に対し、主に文献から収集したデータを基にデータの信頼性評価を行い、熱力学データベースの見直しを行い、第2次取りまとめに用いるデータベースを確定した。また、追跡性を確保する観点から、同データベースに関連する技術資料の作成を行った。さらに、Seについて溶解度制限固相の同定のための溶解度試験を継続し、Fe共存下においてFeSe₂等のFe-Se系の固相が生成されることを確認した。整備された熱力学データベースを用いて、第2次とりまとめで用いる性能評価上の溶解度を設定した。

ロ. 分配係数、拡散係数等のデータベース整備

性能評価上重要な22元素(上記21元素+Cs)を対象として、分配係数および実験条件について文献調査を実施し、吸着データベースを整備した。また、拡散に関するデータについても同様にデータベース化を継続した。さらに、データベース整備の観点から不足していると考えられた以下のデータ取得を実施した。

昨年度より継続して、U, Np, Puの還元条件下での見かけの拡散係数の測定試験を、蒸留水系、海水系で取得しデータの確認を行った。また、Th, Pdについて、乾燥密度1.4および1.8g/cm³での見かけの拡散データを取得した。Thについては、10⁻¹⁵～10⁻¹⁴ m²/secのオーダーの見かけの拡散係数が得られ、同じアクチニドIV価である還元条件下でのU, Npと同程度の値であった。Pdについては、10⁻¹³ m²/secのオーダーの見かけの拡散係数が得られた。

Sm, Zrについて、ベントナイトに対するバッチ吸着試験を実施した。0.01M-NaCl溶液中でのSmのベントナイトへの分配係数は、5x10² m³/kg以上であった。また、ベントナイト-蒸留水平衡系における、Zrのベントナイトへの分配係数は、1 m³/kg以上と評価されるものの、試験条件での溶解度が低く試験後の液中濃度の定量が困難である等の実験上の課題が示された。

【公開資料】

平成8年度

- (1) 澁谷早苗：高レベル廃棄物地層処分システムの性能評価の為にNiに関する熱力学データ整備，動燃技術資料 PNC TN 8410 96-257(1996)。
- (2) 澁谷早苗：高レベル廃棄物地層処分システムの性能評価の為にAmに関する熱力学データ整備，動燃技術資料 PNC TN 8410 97-022(1997)。
- (3) 油井三和，牧野仁史：Uに関する熱力学データベースの課題と整備，動燃技術資料 PNC TN 8410 96-290(1996)。
- (4) 佐藤治夫：還元環境下でのベントナイト中のSeの拡散挙動，動燃技術資料，PNC TN 8410 97-073(1997)。
- (5) Sato, Haruo: Diffusion Behaviour of Se in Compacted Sodium Bentonite under Reducing Conditions, PNC Technical Report, PNC TN 8410 97-075(1997)。
- (6) SATO Haruo: Effect of Dry Density and pH on Diffusion for Sm in Compacted Sodium Bentonite, PNC Technical Report, PNC TN 8410 97-007(1997)。
- (7) SATO Haruo and YUI Mikazu: Diffusion of Ni in Compacted Sodium Bentonite, Journal of Nuclear Science and Technology, 34 pp334～336。
- (8) SATO Haruo, YUI Mikazu and YOSHIKAWA Hideki: Ionic Diffusion Coefficients of Cs⁺, Pb²⁺, Sm³⁺, Ni²⁺, SeO₄²⁻ and TcO₄⁻ in Free Water Determined from Conductivity Measurements, Journal of Nuclear Science and Technology, 33, pp950-955。
- (9) 佐藤治夫、油井三和：圧縮ベントナイト中での核種拡散挙動—Ni²⁺の見掛けの拡散係数の密度および温度依存性—，日本原子力学会1996年秋の大会，L1
- (10) 動燃事業団：地層処分研究情報交換会(INTEGRATE'97)報告書，添付3.2 PNC TN 1100 97-004(1997)。
- (11) 動燃事業団：地層処分研究開発の現状（平成8年度），PNC TN 1410 9671

平成9年度

- (1) 澁谷早苗、上田真三、油井三和 (1998) : 高レベル廃棄物地層処分システムの性能評価のためのNpに関する熱力学データの整備動燃技術資料 PNC TN8410 98-035
- (2) 澁谷早苗、油井三和 (1998) : 核種移行挙動評価のための熱力学データベースの整備とその状況, 動燃技報, No.105, PNC TN1340 98-001, pp.57-66.
- (3) Shibutani, S., Makino, H. et al. (1997); Solubility Measurements of Sm and Nd in Hydroxide and Carbonate System, MIGRATION'97 abst. p75
- (4) Shibutani, S. and Yui, M. (1997); Solubility Measurements of Zr and Ni in Bentonite-Water System, MIGRATION'97 Abstracts. p74
- (5) Shibutani, T. and Shibutani, S. (1998): Database Development of Chemical Thermodynamics of Protactinium for Performance Assessment of HLW Geological Disposal System, PNC Technical Report PNC TN8410 98-052.
- (6) Sato, Haruo and Yui, Mikazu: Diffusion Behaviour of Se(-II) and Sm(III) in Compacted Sodium Bentonite, Sixth International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, MIGRATION'97, Abstracts, p.18 (1997).
- (7) Sato, Haruo and Yui, Mikazu: Diffusion Behaviour of Se(-II) and Sm(III) in Compacted Sodium Bentonite, Radiochimica Acta, 82, pp.173-178.

平成10年度

- (1) 澁谷朝紀、澁谷早苗 (1998) : 高レベル廃棄物地層処分システムに関わる性能評価のためのプルトニウムの熱力学データの整備, 動燃技術資料 PNC TN8410 98-082.
- (2) Rai, D., Rao, L. Wegner, H. T. Felmy, A. R., Choppin, G. R. and Yui, M. (1999): Thermodynamic Data for Predicting Concentrations of Th(IV), U(IV), Np(IV) and Pu(IV) in Geologic Environments, JNC Technical Report, JNC TN8400 99-009
- (3) Rai, D., Rao, L. Wegner, H. T. Felmy, A. R., Choppin, G. R. and Yui, M. (1999): Thermodynamic Data for Predicting Concentrations of Pu(III), Am(III), and Cm(III) in Geologic Environments, JNC Technical Report, JNC TN8400 99-010
- (4) Lothenbach, B., Ochs, M., Wanner, H. and Yui, M. (1999): Thermodynamic Data for the Solubility and Speciation of Sn, Sb, Pb, Bi, Nb, and Pd in Aqueous Solution, JNC Technical Report, JNC TN8400 99-011.
- (5) Choppin, G. R., Brounikowski, M., Chen, J., Byegard, J., Rai, D. and Yui, M. (1999): Thermodynamic Data for Predicting Concentrations of AnO₂⁺ and AnO₂₂⁺ Species in Geologic Environments, JNC Technical Report JNC TN8400 99-012.
- (6) 柴田雅博、澁谷早苗、澁谷朝紀、佐藤治夫、油井三和、宮原要: 核種移行データベースの開発-信頼性向上のためのアプローチ-, 日本原子力学会1998年秋の大会, M54.
- (7) 佐藤治夫: 還元条件下でのベントナイト中のSeの拡散挙動, 日本原子力学会1998年秋の大会, M39.
- (8) 佐藤治夫: ベントナイト中のSmの拡散に及ぼす密度および間隙水pHの影響, 日本原子力学会1999年春の年会, N25.
- (9) 澁谷朝紀、佐藤治夫、館幸男、向井悟、油井三和、日本原子力学会1999年春の年会要旨集、N8、p.756

調 査 票

平成 8 年度～平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
- 人員確保上の問題
- 施設の問題
- その他の問題

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. TDB の整備： 第 2 次とりまとめに必要な TDB 整備はほぼ終了し、性能評価上の溶解度設定を終了したことで所期の成果は達成した。平成 12 年度末までには、高イオン強度に適応可能な活量補正モデルの導入と、それに伴う熱力学データの再整備、溶解度に関するより詳細な現象理解（溶解度制限固相の変遷や固溶体の形成など）についての検討を進める。
- ロ. SDB, DDB の整備： 第 2 次とりまとめに必要な SDB, DDB 整備はほぼ終了し、その成果を取り入れて性能評価上の分配係数、拡散係数を設定したことで所期の成果は達成した。平成 12 年度末までには、第三者の利用を考慮したデータベース環境の整備と最新データ、知見の取り込み、データベースの拡充を進める。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：安全評価のための地球化学／核種移行データベースの整備

- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

平成 13 年度以降に予定されている、処分候補地および処分予定地の選定に際し、国が安全確認を行うことが想定される。したがって、その時点において、常に最新の知見およびデータが利用可能な状態にデータベースとして整備しておく必要がある。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (6) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	人工バリアのナチュラルアナログ研究				管理番号 2. - (6)
研究課題名 (Title)	人工バリアのナチュラルアナログ研究 Natural Analogue Study of Engineered Barrier Materials				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	亀井 玄人 (Gento KAMEI), 本田 明 (Akira HONDA), ミツ井誠一郎 (Seiichiro MITSUI) 久保田 満 (Mitsuru KUBOTA) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	ナチュラルアナログ	人工バリア	廃棄物ガラス	オーバーパック	緩衝材
	natural analogue	engineered barrier	waste form glass	overpack	buffer material
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ. ガラスの溶解変質に関する研究 ベントナイトに物理的性質が類似した泥岩に包まれた天然ガラスについて変質状態を調査し、室内試験で得られた知見が長期の変質現象の予測に適用できる見通しを得た。</p> <p>ロ. 金属の腐食に関する研究 土壌埋設水道管および考古学的銅製品の腐食状況等を調査し、長期にわたる腐食要因等について所期の成果のみならず、腐食速度に関する知見を得た。</p> <p>ハ. ベントナイトの変質に関する研究 コンクリートと長期間接触していた天然ベントナイトの変質について検討し、顕著な変質が進行しないことが明らかとなり、長期健全性を見通しを得た。</p>					
<p>【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】</p> <p>イ. ガラスの溶解変質に関する研究 ベントナイト複合系におけるガラス固化体の溶解・変質に関するナチュラルアナログとして、泥質岩に数十万年間包まれていた火山ガラスを調査し、その変質が水和変質であることを明らかにした。</p> <p>ロ. 金属の腐食に関する研究 粘土質の土壌に数十年以上埋設されていた鑄鉄製水道管を調査し、炭素鋼オーバーパックの腐食に関する経験的腐食モデル式を得た。また、純銅および青銅を用いた室内比較試験を実施し、考古学的銅製品の長期腐食データに基づいて銅オーバーパックの長期腐食挙動を評価しうることを明らかにした。</p> <p>ハ. ベントナイトの変質に関する研究 貫入岩の熱による泥質岩の変質について調査し、処分環境で想定される温度条件ではイライト化が起こりにくいことを明らかにした。また、天然ベントナイト層とそれを貫くトンネルの巻たてコンクリートの接触事例を調査し、コンクリート由来のCa成分の影響としてベントナイトがCa型化する傾向があることを明らかにした。</p>					
【使用主要施設】 東海事業所 地層処分基盤研究施設					
【連絡先】	〒 319-1194 ☎ 029-282-1111 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構		【所属】 処分研究部 E-mail : 【氏名】 グループリーダー 油井 三和		

【研究目的】

人工バリアの各構成要素に関して、履歴の明らかな天然類似現象を抽出し、それらの挙動を明らかにすることにより、人工バリアの長期的な核種閉じ込め機能ならびに人工バリア相互作用の評価についての信頼性向上に資する。

【研究内容（概要）】

イ. ガラス+ベントナイト+水複合系のアナログとして調査を実施してきた泥質岩中の火山ガラスの変質について、模擬廃棄物ガラス及び合成火山ガラスを用いた長期浸出試験を実施し、それぞれのベントナイトに包まれた状態での溶解挙動を比較する。
ロ. 廃棄物のオーバーパック材料（鉄等の金属）の長期にわたる腐食の要因、プロセス、機構等の検討を行うために、同類材料である埋設鋼管、歴史的出土品等について調査・検討行う。
ハ. ベントナイト等の緩衝材の熱に対する長期的安定性を評価するため、天然ベントナイトのイライト化等の変質調査・検討を行う。また、金属など他の人工バリア材と共存した場合の変質挙動を評価するため、天然ベントナイトの変質の調査、検討を行う。

【研究成果】

イ. ガラスの溶解変質に関する研究

(1) 昨年度までにベントナイト複合系のナチュラルアナログ(1)として調査した、粘土層または泥質岩に80～100万年間包まれていた火山ガラスの変質状態を把握するため、光学顕微鏡による観察およびガラスマトリクスの屈折率測定を実施した。光学顕微鏡による観察では、火山ガラスの表面にマトリクスの溶解に起因するゲル層（ガラスの構造が破壊されて形成される粒状の非晶質物質からなる層）が観察されず、スーパーハイドレーション（ガラスマトリクスの水和変質が進行し、ガラス内に存在する空隙に水分が蓄積する現象）が認められた。また、ガラスマトリクスの屈折率測定では、加熱処理後の屈折率が未処理試料の値に比べて低く（図1）、加熱により、水和していたガラスマトリクスからの脱水が起こったものと考えられた。いずれの結果も、調査の対象とした粘土層または泥質岩に包まれていた火山ガラスのマトリクスが水和していることを示すものであり、昨年度までの結果とあわせて考えると、溶性ケイ酸に飽和した条件におけるガラスの変質は水和変質であると言える。以上の結果に基づくと、処分環境における廃棄物ガラス周辺の間隙水を溶性ケイ酸に飽和させることにより、性能評価上一定の値とされている廃棄物ガラスの長期的溶解速度を、時間の平方根に従って低下する水和変質速度として取り扱うことが可能であると結論できる(2)。

ロ. 金属の腐食に関する研究

(1) 昨年度までに、ベントナイトに包まれた炭素鋼オーバーパックの腐食に関するナチュラルアナログとして、粘土質の土壤に数十年以上埋設された水道管の腐食環境条件と腐食量を調査してきた。今年度は、水道管の腐食データに基づいたオーバーパックの長期腐食挙動の信頼性を検証するため、水道管埋設土壤と圧縮ベントナイトの環境条件の比較、ならびに国内外で取得された土壤環境における短期および長期の腐食データとの比較と行った(3)。

その結果、水道管埋設土壤の環境条件が概ね圧縮ベントナイトに類似すること（図2）、また水道管の腐食データに基づいた腐食モデルが短期および長期にも適用できること（図3）が示された。

(2) 銅製オーバーパック（純銅）と考古学的銅製品（青銅）の腐食挙動の類似性を把握するため、純銅と青銅（シルト質砂層中に長期間埋設していた銅鐸の化学組成を模擬して作製）を圧縮ベントナイトに30日間埋設し、脱気条件および大気開放条件における腐食速度を比較した。その結果、脱気条件においては純銅が $1.7 \mu\text{m/y}$ 、青銅が $0.93 \mu\text{m/y}$ 、大気開放条件においては純銅が $2.7 \mu\text{m/y}$ 、青銅が $1.6 \mu\text{m/y}$ となり、腐食速度は概ね一致することが分かった（表1）。また、昨年度までに取得した溶液条件での純銅および青銅の腐食速度(4)について、いずれも遺跡地下水模擬溶液中の値がベントナイト接触溶液の値より高くなる傾向が認められている。

以上の結果から、考古学的銅製品の腐食に基づいて、処分環境における銅製オーバーパックの長期腐食挙動を評価することが可能であると結論できた。

ハ. ベントナイトの変質に関する研究

(1) 人工バリアの一つであるベントナイトと、処分坑道の支保として使用される可能性の高いコンクリートの相互作用について、ベントナイトの変質に関する知見を取得することを目的とし、天然環境におけるベントナイトとコンクリートの長期接触事例を調査した(5)。今年度は、天然ベントナイト層とそれを貫くトンネルの巻立てコンクリートの相互作用を調査の対象とした。コンクリート接触部のベントナイトを分析した結果、ベントナイトの主要鉱物であるモンモリロナイトのゼオライト化変質は確認されず、モンモリロナイトの層間陽イオンの内、Caの比率がわずかに増加する傾向が認められた。この変化はコンクリートから浸出したCaイオンに起因するものであると考えた。

【公開資料】

- (1) Kamei, G., Yusa, Y. and Arai, T. (1999) : A NATURAL ANALOGUE OF NUCLEAR WASTE GLASS IN COMPACTED BENTONITE, Applied Geochemistry(in press).
- (2) Mitsui, S., Kubota, M. and Futakuchi, K. (1999) : AQUEOUS ALTERATION MECHANISM OF WASTE GLASS UNDER SILICA SATURATION, TOPSEAL'99.
- (3) 炭山守男, 玉田明宏, 三ツ井誠一郎, 本田明(1999) : ベントナイト中の炭素鋼オーバーパックの腐食挙動に関するナチュラルアナログ研究 (第4報) - 土壤中に埋設された鉄製品の腐食とその長期予測 -, 材料と環境99.
- (4) 松田史朗, 白石佳代, 永井巖, 三ツ井誠一郎, 本田明, 亀井玄人(1999) : 電気化学試験による純銅と青銅の腐食挙動の比較 (II) : 銅オーバーパックのナチュラルアナログ研究, 材料と環境99.
- (5) 亀井玄人, 三ツ井誠一郎, 金善永, 今淳, 大谷洋之 (1999) : コンクリートに30年以上接したベントナイトの変質, 原子力学会秋季大会 (予定) .

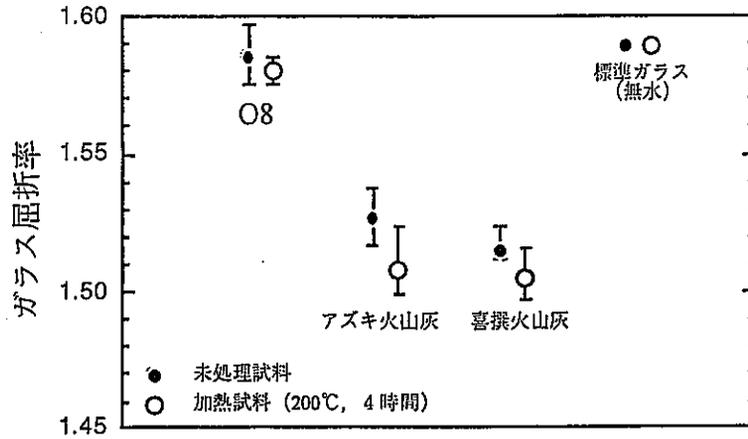


図1 火山ガラスの屈折率測定結果

加熱処理後に火山ガラスの屈折率が低下していることから、ガラスマトリクスが水和変質していたことが示唆される。O8とアズキ火山灰は海成粘土層、貴撰火山灰は湖成粘土層に含有されていた火山ガラスである。

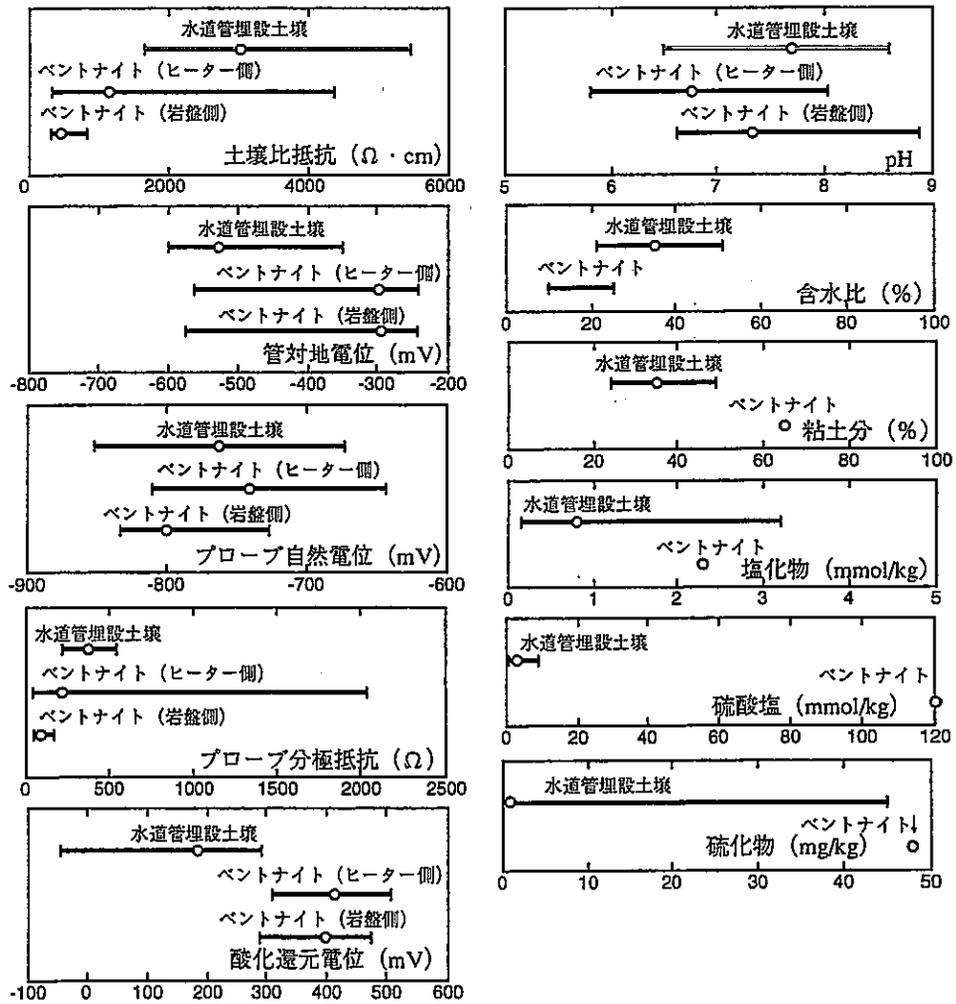


図2 圧縮ベントナイトと水道管埋設土壌の環境条件の比較
圧縮ベントナイトと水道管埋設土壌における環境条件には大きな差が認められず、概ね一致している。

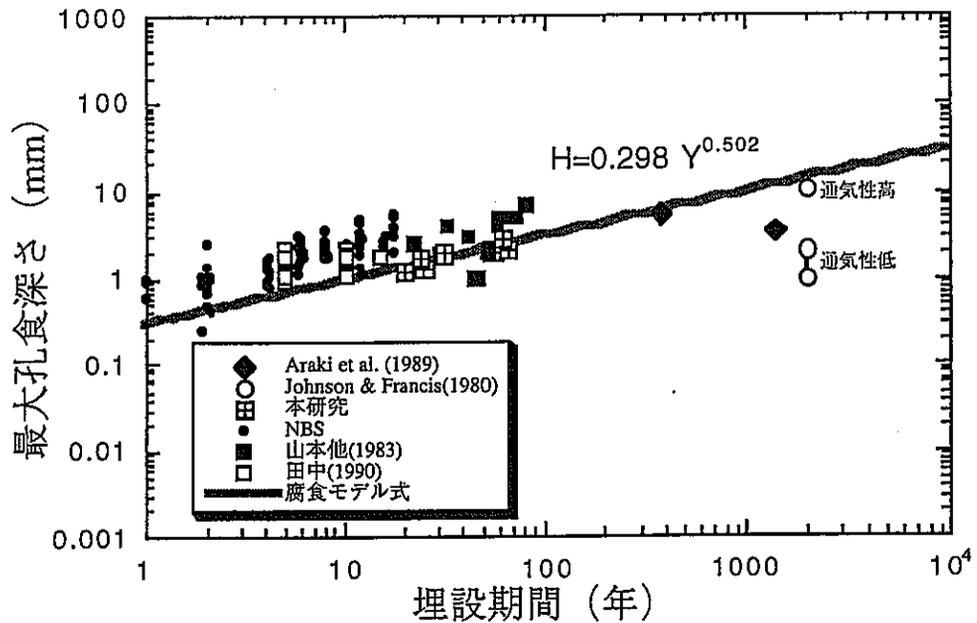


図3 土壤埋設水道管の腐食データと既往研究による短期、長期腐食データの比較

土壤埋設水道管の腐食データは既往研究による短期の腐食データと一致しており、また水道管の腐食データに基づいたモデルにより考古学的鉄製品の腐食データに相当する予測結果が得られている。これらの対比から、土壤埋設水道管の腐食データに基づく腐食モデルは概ね妥当と結論できる。

		純銅 ($\mu\text{m/y}$)	青銅 ($\mu\text{m/y}$)
埋設試験	脱気条件	1.6~1.7	0.93
	大気条件	1.9~2.7	1.6
定常分極試験	ペントナイト接触溶液	1.0	2.3
	遺跡地下水接触溶液	19	7.8

表1 各種条件における純銅と青銅の腐食速度の比較

圧縮ペントナイト埋設条件では両者の腐食速度は概ね一致している。また、溶液条件では遺跡地下水模擬溶液中の腐食速度がペントナイト接触溶液より腐食速度が大きい。

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

イ. ガラスの溶解変質に関する研究

火山ガラスの変質に関する新規調査対象の検討を進めるとともに、考古学的人工ガラスを対象とした調査研究の可能性について検討を進める。

ロ. 金属の腐食に関する研究

考古学的金属製品の腐食調査を継続するとともに、新たに埋設ガス導管の腐食データの解析を行い、腐食モデルの信頼性を向上させる見通しである。

ハ. ベントナイトの変質に関する研究

コンクリートの影響については、今後調査を継続するとともに、新規対象を調査し、ベントナイトの変質状況の把握、変質速度と時間の関係を明らかにする見通しである。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：人工バリアのナチュラルアナログ研究

- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

人工バリア材料の安全評価に資するためにもナチュラルアナログに関する研究を継続し、幅広く調査データの取得、蓄積を行っていく必要がある。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (8) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	人工バリア等の構造安定性に関する研究				管理番号 2. - (8)
研究課題名 (Title)	人工バリア等の構造安定性に関する研究 Study on Mechanical Stability of Engineered Barrier System				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	谷口 航 (Wataru TANIGUCHI), 黒木 繁盛 (Shigemori KUROKI) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	人工バリア	空洞安定性	耐震	熱解析	ニアフィールド
	engineered barrier	tunnel stability	earthquake-proof	thermal analysis	near-field
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	深部地下空洞および内部構造物の振動挙動 に関する共同研究 (科学技術庁 防災科学技術研究所) 日・カナダ国際共同研究	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】					
<p>イ. 地層処分場建設時の空洞安定解析に資するため、昨年度までに、解析手法の検討、事例解析、および岩盤・岩石物性の調査を行うとともに、例題的に岩盤物性を設定し空洞安定解析を行った。今年度は、岩盤物性を統計的に整理し、各々の物性に対し相関を検討し、岩盤物性データセットを作成した。また、空洞の力学的安定性を満足する坑道離間距離および処分ピッチの最低値を解析により求めた。</p> <p>ロ. ニアフィールドの耐震安定性に資するため、昨年度までに、実験により模型人工バリアの耐震安定性を確認するとともに、検証解析により開発中の解析コードの妥当性を示した。また、実処分場の解析に資するため、不連続面を評価するための機能追加、境界条件等の検討を行った。今年度は、上記解析コードおよび機能を用い、実処分場の人工バリアの力学的耐震安定性を評価した。</p> <p>ハ. ニアフィールドの熱解析に資するため、昨年度までに、解析手法、主パラメータを検討するための感度解析を行った。今年度は、空洞安定性解析結果およびその他の前提条件等をもとに、合理的な処分坑道離間距離および廃棄体ピッチを熱解析により設定した。</p>					
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】					
<p>イ. 地層処分建設時の空洞安定解析に資するため、解析手法の検討、事例解析および岩盤・岩石物性の調査を行うとともに例題的に岩盤物性を設定し空洞安定解析を行った。また、岩盤物性の統計的整理、各々の物性に対する相関の検討、岩盤物性データセットの作成および力学的安定性を満足する坑道離間距離、処分ピッチの最低値を求めるための解析を実施し、2000年レポートに反映した。</p> <p>ロ. ニアフィールドの耐震安定性に資するため、実験により模型人工バリアの耐震安定性を確認するとともに、検証解析により解析コードの妥当性を評価した。また、実処分場の解析に資するため、不連続面を評価するための機能追加、境界条件等の検討を行うとともに、実処分場の人工バリアの力学的耐震安定性評価及び緩衝材の液状化評価を行い2000年レポートに反映した。</p> <p>ハ. ニアフィールドの熱解析に資するため、解析手法、主パラメータを検討するための感度解析を実施した。また、空洞安定性解析結果及びその他の前提条件等を基に、合理的な処分坑道離間距離及び廃棄体ピッチを熱解析により設定し、2000年レポートに反映した。</p>					
【使用主要施設】 大型耐震実験施設（科学技術庁 防災科学技術研究所）					
【連絡先】	〒 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎ 029-282-1111	【所属】 処分研究部 E-mail :	【氏名】 グループリーダー 油井 三和	

様式-1-1

【研究目的】

高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性を確保する上で重要な人工バリア構造安定性に関する試験、検討を行い、人工バリア及び処分施設の安全設計手法の確立に資する。

【研究内容（概要）】

人工バリア等の構造安定性に関する以下の研究により、人工バリア及び処分施設の安全設計手法の開発整備を進める。

- イ. 掘削空洞の安定性を含む人工バリアの構造力学挙動に関する研究を実施する。
- ロ. 人工バリア及び地下空洞の耐震性評価手法の開発を行う。
- ハ. 廃棄体埋設密度等の処分場条件をパラメータとして処分場の熱解析等を行う。

【研究成果】

- イ. 今年度は、硬岩、軟岩各々に対し、物性の統計的整理、各々の物性に対する相関の検討を行い、硬岩に対しては1種のデータセット、軟岩に対しては5種のデータセットを作成した。また、これら岩石のデータセットを岩盤のデータセットとして用いるために、弾性波速度の深度依存性から、岩盤の値に換算するための岩盤良好度を設定し、岩盤のデータセットを作成した。表1に設定した岩盤のデータセットを示す。また、昨年度同様、岡の理論式により深度と支保工厚の検討を行い、土木工学的に現実的な支保となるような深度を設定した。次いで上記支保を設定した空洞に対し有限要素法により、力学的安定性を満足するような坑道離間距離及び処分孔ピッチの最低値を求めた。その結果を表2に示す。
- ロ. 今年度は、主に緩衝材に着目したニアフィールドの耐震安定性解析を行った。解析には、2種の物理的モデルを用いた。1つは、緩衝材中の間隙水の影響を考慮しない1相系解析、もう1つは、間隙水圧の上昇過程を追う2相系解析（土-水の相互作用を考慮）である。1相系解析は、人工バリア1体当たりの領域（含む岩盤）で行うため、隣接する廃棄体及び処分坑道の影響を考慮するよう解析モデル側方の境界条件は多点拘束条件とした。また、モデル上底面は無限遠方からの地震波がモデル化領域を鉛直方向に透過していく現象を表現するため粘土境界とした。2相系解析では、対称性を考慮し、人工バリアの1/8を解析領域とし、境界条件としては、固定もしくは、対称的を考慮したローラー境界とした。1相系解析では、緩衝材-岩盤間の不連続面のせん断剛性が地震時の人工バリアの挙動に影響を及ぼすが人工バリアはオーバーバックが増幅することなく周辺岩盤とほぼ剛体となって挙動することが推測された。また、地震時の緩衝材のひずみレベルは小さく、緩衝材の動的特性の非線形特性が顕著になることはなく、せん断破壊を起こす可能性も低いことが分かった。2相系解析では、緩衝材中の間隙水圧の上昇はほとんどなく液状化の可能性は低いことが示された。
- ハ. 今年度は、空洞安定性解析結果及び建設・操業技術における制約条件、人工バリアの設計からの制約条件を考慮し、合理的な処分坑道離間距離及び廃棄体ピッチを熱解析により求められる緩衝材最高上昇温度を指標に設定した。具体的な設定方法を図1に示す。また、熱解析結果を図2に示す。その結果、処分孔設置方式の場合、硬岩、軟岩ともに、空洞の力学的安定性を満足する最低値で緩衝材の制限温度を下回ることが分かった。一方、処分坑道横置き方式では、緩衝材の制限温度になる処分坑道横離間距離と廃棄体ピッチの組み合わせがいくつか考えられる。その組み合わせを表3に示す。表に示したような組み合わせに対して、坑道掘削量が最も小さくなる組み合わせを設定した。図3に処分坑道離間距離と坑道掘削量比の関係を示す。この結果、処分坑道横置き方式における処分坑道離間距離と廃棄体ピッチの組み合わせは表4に示すような値に設定した。

【公開資料】

- (1)水川雅之, 菅野毅; 地層処分場の空洞安定性評価手法の検討, 動燃技術資料 PNC TN8410 97-308 (1997)
- (2)御子柴正, 小川信行, 箕輪親宏; 深層地下空洞及び内部構造物の振動挙動に関する研究, 科学技術庁平成6年度国立原子力機関試験研究成果報告書, (1995)
- (3)御子柴正, 小川信行, 箕輪親宏; 深層地下空洞及び内部構造物の振動挙動に関する研究, 科学技術庁平成7年度国立原子力機関試験研究成果報告書, (1996)
- (4)御子柴正, 小川信行, 箕輪親宏, 石川博久; 人工バリアの振動実験, 土木学会第50回年次学術講演会
- (5)5谷口 航, 藤田朝雄; 地層処分場設計研究における熱解析, 動燃技術資料 PN TN8410 97-212 (1997)
- (6)W.Taniguchi, T.Fujita, T.kanno, K.Ishiguro, H.Ishikawa; Sensitivity Analysis of Temperature Distribution in Deep Geological Repository for High-level Radioactive Waste, The 8th International Meeting on Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics (1997)
- (7)御子柴正, 小川信行; 人工バリアの振動実験, 日本原子力学会1997秋の大会
- (8)御子柴正, 小川信行, 箕輪親宏; 人工バリアシステムの振動挙動に関する研究, 科学技術庁平成8年度国立原子力機関試験研究成果報告書 (1997)
- (9)御子柴正, 小川信行, 箕輪親宏; 人工バリアシステムの振動挙動に関する研究, 科学技術庁平成9年度国立原子力機関試験研究成果報告 (1998)
- (10)御子柴正, 小川信行; 人工バリアシステムの振動実験 (II), 日本原子力学会1998秋の大会

表 1-1 硬岩系岩盤 (HR) データセットにおける静的力学物性

	深度	(m)	0	50	100	150	200	250	300	350~
岩石 (コア)	弾性波速度	Vp(km/sec)	5.0							
岩盤 (地山)	弾性波速度	vp(km/sec)	2.10	3.98	4.64	4.88	4.96	4.98	4.99	5.00
岩盤	良好度 (低減率)	D'=(vp/Vp)	0.18	0.64	0.86	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00
岩石 (コア)	一軸圧縮強度	qu(MPa)	115							
岩石 (コア)	引張強度	σ_t (MPa)	8							
岩石 (コア)	弾性係数	E(MPa)	37,000							
岩石 (コア)	粘着力	C(MPa)	15							
岩盤 (地山)	一軸圧縮強度	qu(MPa)	20	73	99	109	113	114	115	115
岩盤 (地山)	引張強度	σ_t (MPa)	1	5	7	8	8	8	8	8
岩盤 (地山)	弾性係数	E(MPa)	6,527	23,496	31,923	35,180	36,357	36,774	37,000	37,000
岩盤 (地山)	粘着力	C(MPa)	3	10	13	14	15	15	15	15
	内部摩擦角	ϕ (deg)	45							
	ポアソン比	ν	0.25							

表 1-2 軟岩系岩盤 (SR) における静的力学物性

		SR-A	SR-B	SR-C	SR-D	SR-E
一軸圧縮強度	qu(MPa)	25	20	15	10	5
引張強度	σ_t (MPa)	3.5	2.8	2.1	1.4	0.7
弾性係数	E(MPa)	5,000	4,000	3,500	2,500	1,500
粘着力	C(MPa)	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
内部摩擦角	ϕ (deg)	30	29	28	27	25
ポアソン比	ν	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
有効間隙率	ne(%)	15	20	30	45	60
飽和単位体積重量	ρ (Mgm ⁻³)	2.45	2.35	2.20	1.95	1.70

軟岩 (SR) では、深度に関係なく岩盤良好度が1を上回ったため、
 岩石の物性をそのまま岩盤の物性として用い、
 深度依存性は考慮しなかった

表 1-3 岩盤の熱物性

種別	有効間隙率 ne(%)	飽和単位 体積重量 ρ (Mgm ⁻³)	熱伝導率 λ (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	比熱 c(kJ kgK ⁻¹)
HR	2	2.67	2.8	1.0
SR-A	15	2.45	2.5	1.2
SR-B	20	2.35	2.4	1.3
SR-C	30	2.20	2.2	1.4
SR-D	45	1.85	1.9	1.7
SR-E	60	1.70	1.5	2.1

表 2 空洞安定性からくる最小の離間距離

	処分坑道離間距離	処分孔離間距離	処分坑道離間距離
硬岩系岩盤	2D (10m)	2d (4.44m)	2D (4.44m)
軟岩系岩盤	2.6D (13m)	3d (6.66m)	2.5D (5.55m)

D: 処分坑道径, d: 処分孔径

表 3-1 熱解析により設定した処分坑道横置き方式, 硬岩系岩盤の
処分坑道離間距離と廃棄体ピッチ

処分坑道離間距離 (m)	廃棄体ピッチ (m)	廃棄体専有面積 (m ² /本)
4.44 (2D)	9.0	39.96
6.66 (3D)	5.8	38.63
8.88 (4D)	4.4	39.07
11.10 (5D)	3.6	39.96
13.32 (6D)*	3.13	41.69
15.54 (7D)*	3.13	48.64
*緩衝材最大上昇温度は100℃に到達しない。		
D: 処分坑道径		

表 3-2 熱解析により設定した処分坑道横置き方式, 軟岩系岩盤の
処分坑道離間距離と廃棄体ピッチ

処分坑道離間距離 (m)	廃棄体ピッチ (m)	廃棄体専有面積 (m ² /本)
5.55 (2.5D)	5.2	28.86
6.66 (3D)	4.4	29.30
8.88 (4D)	3.3	29.30
9.99 (4.5D)*	3.13	31.27
11.10 (5D)*	3.13	34.74
13.32 (6D)*	3.13	41.69
15.54 (7D)*	3.13	48.64
*緩衝材最大上昇温度は100℃に到達しない。		
D: 処分坑道径		

表4 合理的な処分坑道離間距離と廃棄体ピッチの組合せ
(処分坑道横置き方式)

	処分坑道離間距離 (m)	廃棄体ピッチ (m)	廃棄体専有面積 (m ² /本)
硬岩系岩盤	13.32 (6D)*	3.13	41.69
軟岩系岩盤	9.99 (4.5D)*	3.13	31.27
*緩衝材最大上昇温度は100℃に到達しない。			
D: 処分坑道径			

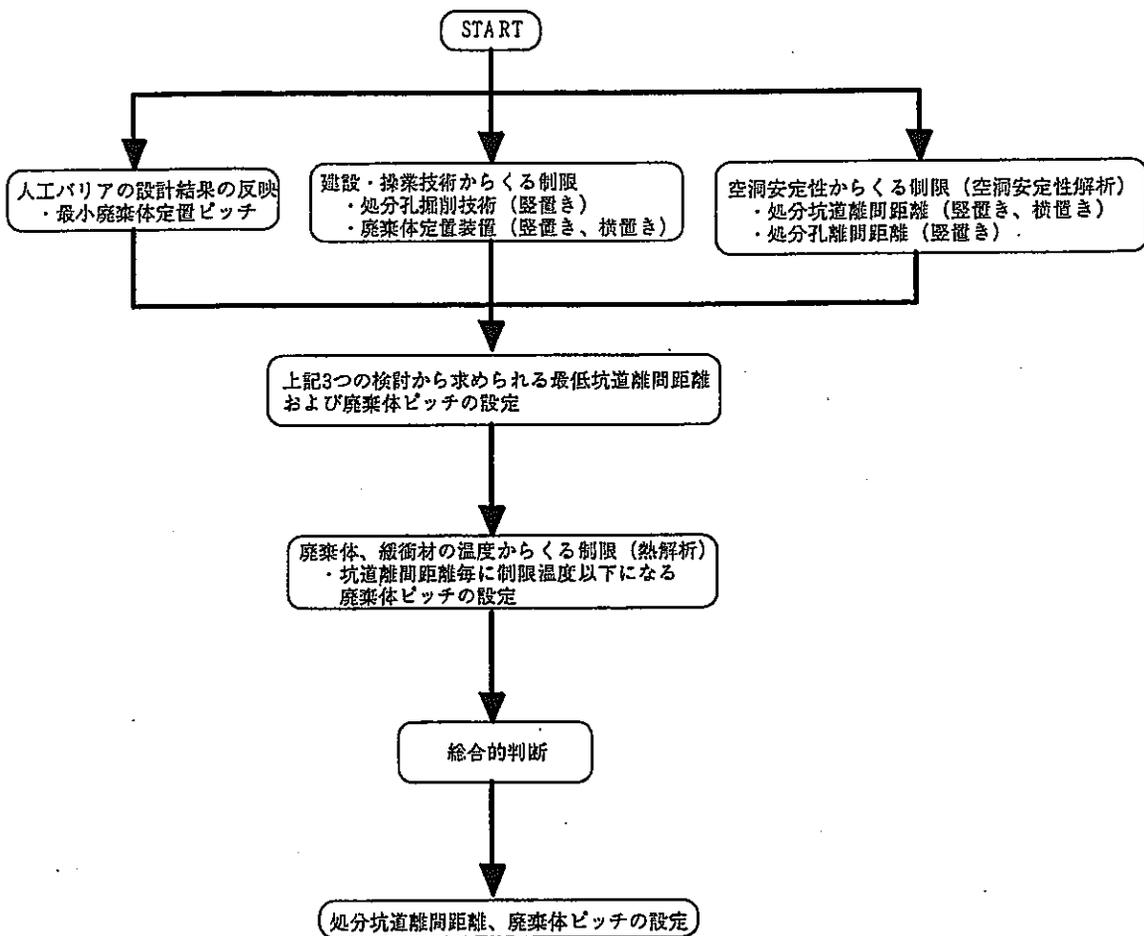
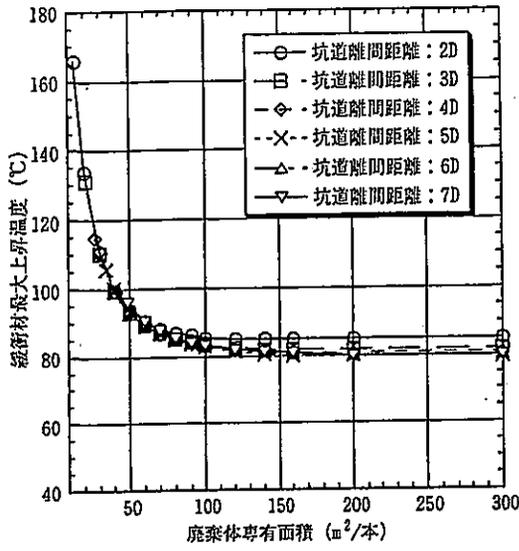
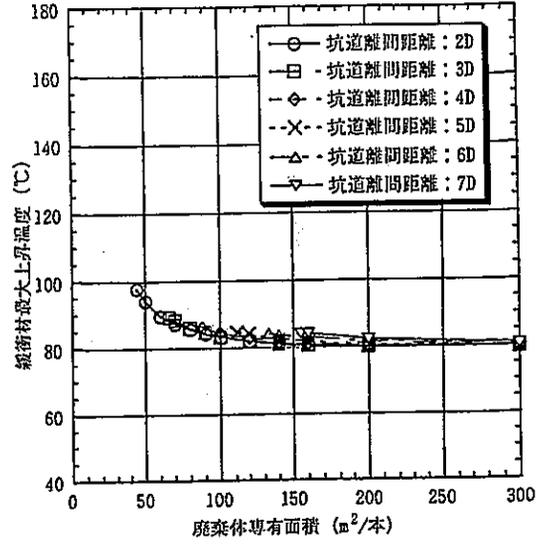


図1 処分坑道離間距離および廃棄体ピッチ設定フロー

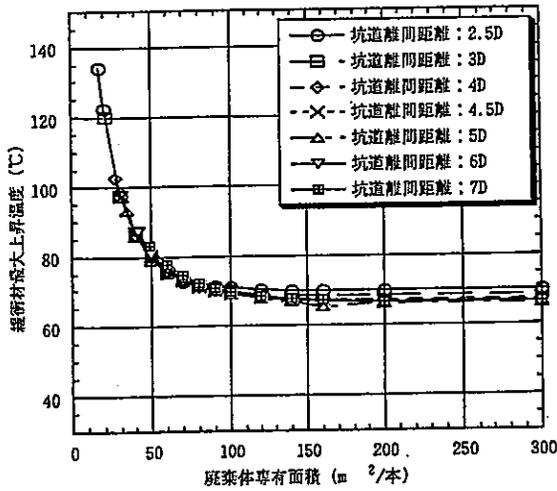


処分坑道横置き方式

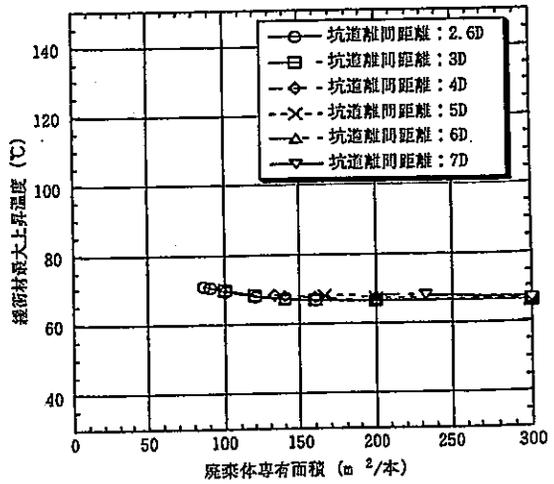


処分孔縦置き方式

硬岩系岩盤



処分坑道横置き方式



処分孔縦置き方式

軟岩系岩盤

図2 廃棄体専有面積と緩衝材最高上昇温度の関係

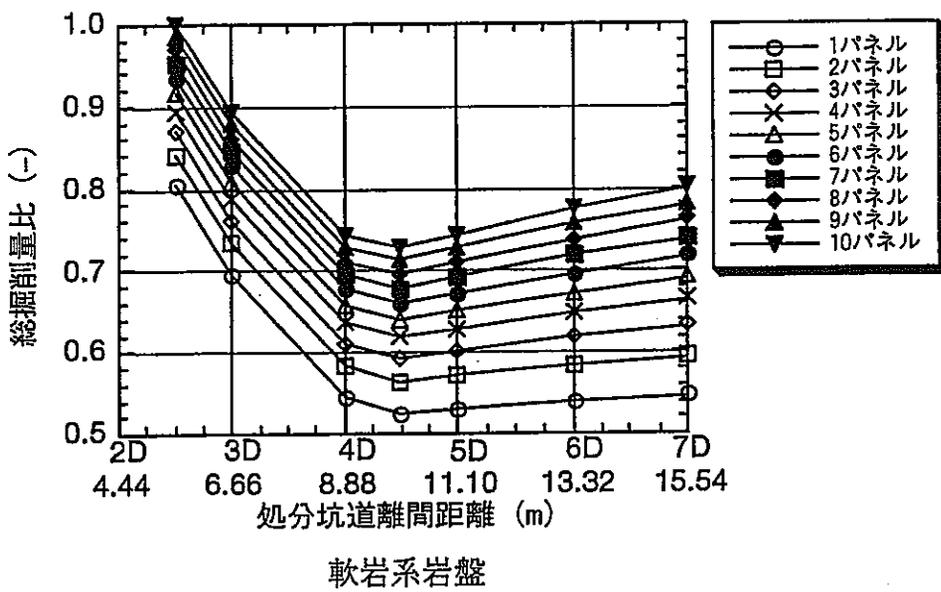
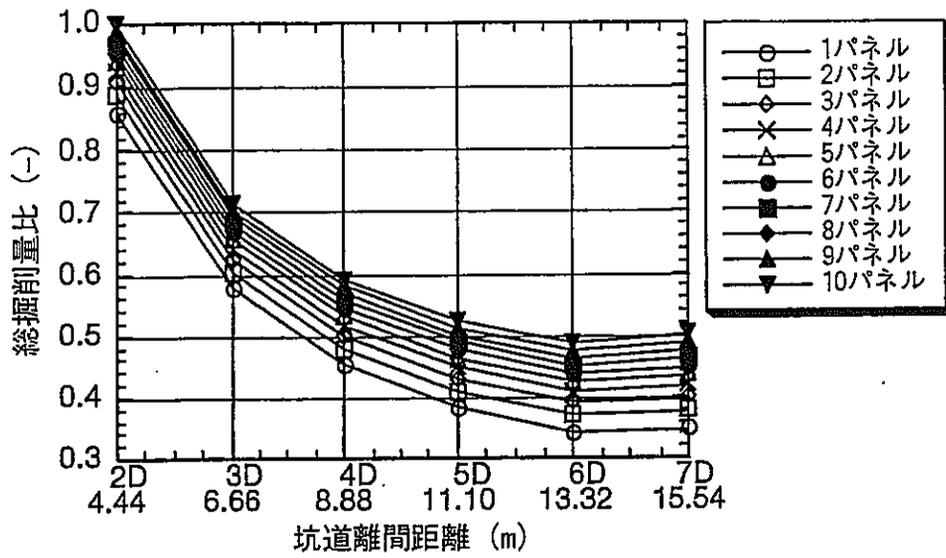


図3 処分坑道離間距離と坑道掘削量比の関係

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している (平成 年度以降)
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由 (複数回答可)

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. 岩盤物性の統計的整理、各々の物性に対する相関の検討、岩盤物性データセットの作成及び力学的安定性を満足する坑道離間距離及び処分孔ピッチの最低値を求めた。本結果は、2000 年レポートに反映しており、今後はそのレビューでのコメントに対応する。また、人工バリアの構造力学的安定性を工学規模の試験により確認していく。
- ロ. 実処分場の人工バリアの力学的耐震安定性評価及び緩衝材の液状化評価を行った。本結果は 2000 年レポートに反映しており、今後はそのレビューでのコメントに対応する。また、液状化評価に関する検証解析を行っていく。
- ハ. 空洞安定性解析結果及びその他の前提条件等をもとに、合理的な処分坑道離間距離及び廃棄体ピッチを熱解析により設定した。本結果は 2000 年レポートに反映しており、今後はそのレビューでのコメントに対応する。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

特になし

【次期年次計画への継続の有無 (平成 13 年度以降の予定)】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：
- 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (9) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	人工バリアの長期物理的安定性に関する研究				管理番号 2. - (9)
研究課題名 (Title)	人工バリアの長期物理的安定性に関する研究 Study of The Long-term Physical Stability of The Engineered Barrier System				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	棚井 憲治 (Kenji TANAI), 高治 一彦 (Kazuhiko TAKAJI), 黒木 繁盛 (Shigemori KUROKI) 東海事業所 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	ベントナイト	ガス移行	三軸試験	侵入	浸食
	bentonite	gas migration	triaxial test	extrusion	erosion
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	ベントナイト中のガス移行モデル開発 (NAGRA, SKB, POSIVA, ANDRA, PNC)	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ. ベントナイト及びケイ砂混合ベントナイトを用いたガス移行試験やそれらのデータをもとに行った二相流解析の結果から人工バリアの長期物理的安定性の見通しを得た。</p> <p>ロ. 炭素鋼オーバーパックの自重及び腐食膨張岩盤クリープ等の緩衝材に作用する外力の影響を定量的に評価するため、飽和圧密後のケイ砂混合ベントナイトの圧密非排水クリープ試験や解析的検討などから人工バリアの長期物理的安定性の見通しを得た。</p> <p>ハ. 地下水流動場におけるベントナイト緩衝材の物理的安定性に関する模擬試験を実施し、ベントナイト緩衝材の膨潤による周辺岩盤亀裂への侵入現象と地下水によるベントナイトの浸食現象からなる緩衝材の流出特性について、定量的な現象把握を行い、人工バリアの長期物理的安定性の見通しを得た。</p>					
<p>【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】</p> <p>イ. 炭素鋼オーバーパックの腐食により発生する水素ガスの影響を定量的に評価するため、単一ベントナイトおよび30wt%ケイ砂混合体を用い、一軸および三軸透気試験によりこれら試料の基本透気特性データの取得を行った。また、試験データを用いたガス移行解析によりガス発生の影響評価を行った。</p> <p>ロ. 炭素鋼オーバーパックの自重および腐食膨張等の緩衝材に作用する外力の影響を定量的に評価するため、ベントナイトの基本的せん断特性データの取得を行った。また、種々の仕様のベントナイトの一次圧密試験、圧密非排水三軸試験を行い、圧縮、膨潤指数と限界状態などの解析に用いるパラメータの取得を実施した。さらに、飽和圧密後のケイ砂混合ベントナイトの圧密非排水クリープ試験によりひずみの経時変化等についてのデータ取得を実施した。</p> <p>ハ. 地下水流動場における緩衝材の物理的安定性の定量的評価に資するため、緩衝材の膨潤による周辺岩盤亀裂への侵入現象と地下水によるベントナイトの浸食現象に関わるデータの取得を実施し、流出速度とそれに及ぼすパラメータ（ベントナイト含有比、感想密度）浸食現象が生じるための限界流速値の把握を行った。</p>					
【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設					
【連絡先】	〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構		☎ 029-282-1111	【所属】 処分研究部 E-mail : 【氏名】 グループリーダー 油井 三和	

【研究目的】

地層処分システムの長期的な安全性の基礎となる人工バリアの長期の物理的安定性に関する検討を行い、地層処分の長期的な安全性を評価することに資する。

【研究内容（概要）】

人工バリアの長期物理的安定性に関する以下の研究により、安全評価シナリオで対象とすべき現象の抽出を図る。

- イ. オーバーパック腐食により発生する水素ガスのベントナイト緩衝材中での移行挙動に関する実験・モデル化を行う。
- ロ. オーバーパックの沈下挙動及びオーバーパックの腐食膨張挙動に対する緩衝材の物理的・機械的緩衝作用に関する実験・モデル化を行う。
- ハ. 緩衝材の膨潤による岩盤亀裂への侵入挙動及び地下水による浸食挙動に関する実験・モデル化を行う。

【研究成果】

- イ. 炭素鋼オーバーパックの腐食により発生する水素ガスの影響を定量的に評価するため、ベントナイトの基本的な透気特性データの取得を継続実施するとともに、これらの結果を用いた2相流解析を実施した。その結果、ガス発生による人工バリアへの構造力学的影響はないものと考えられる。
- ロ. 炭素鋼オーバーパックの自重及び腐食膨張等の緩衝材に作用する外力の影響を定量的に評価するため、クリープ試験設備を用い、飽和圧密後のケイ砂混合ベントナイトの圧密非排水クリープ試験を行い、ひずみの経時変化等についてまとめ以下のような結果を得た。
 - 1) 約5カ月間のクリープ載荷（破壊応力の30～70%）で、いずれの供試体も2次クリープ状態であり、軸ひずみは最大で2%程度であった（図1）。
 - 2) 載荷初期においては、載荷応力が大きいほど、ひずみ速度は大きい、時間の経過に伴い一定の関係に収束する結果となった。
- ハ. 緩衝材の流出現象に関しては、緩衝材の粘性を仮定した拡散モデルを導入するとともに、試験結果と比較させることにより流出挙動の亀裂幅依存性を解析にて再現する手法を開発した。

【公開資料】

- (1) 棚井憲治, 菅野毅, Christophe Galle; 圧縮ベントナイトの水素ガス移行特性評価, PNC TN8410 96-289, (1996).
- (2) 棚井憲治; 圧縮ベントナイト中の水素ガス挙動, 動燃技報No.102, (1997).
- (3) 菅野毅, 松本一浩; ベントナイト緩衝材の隆出特性の評価 (I), PNC TN8410 97-313, (1997).
- (4) 並河努, 菅野毅; 緩衝材のせん断特性 1, PNC TN8410 97-074, (1997).

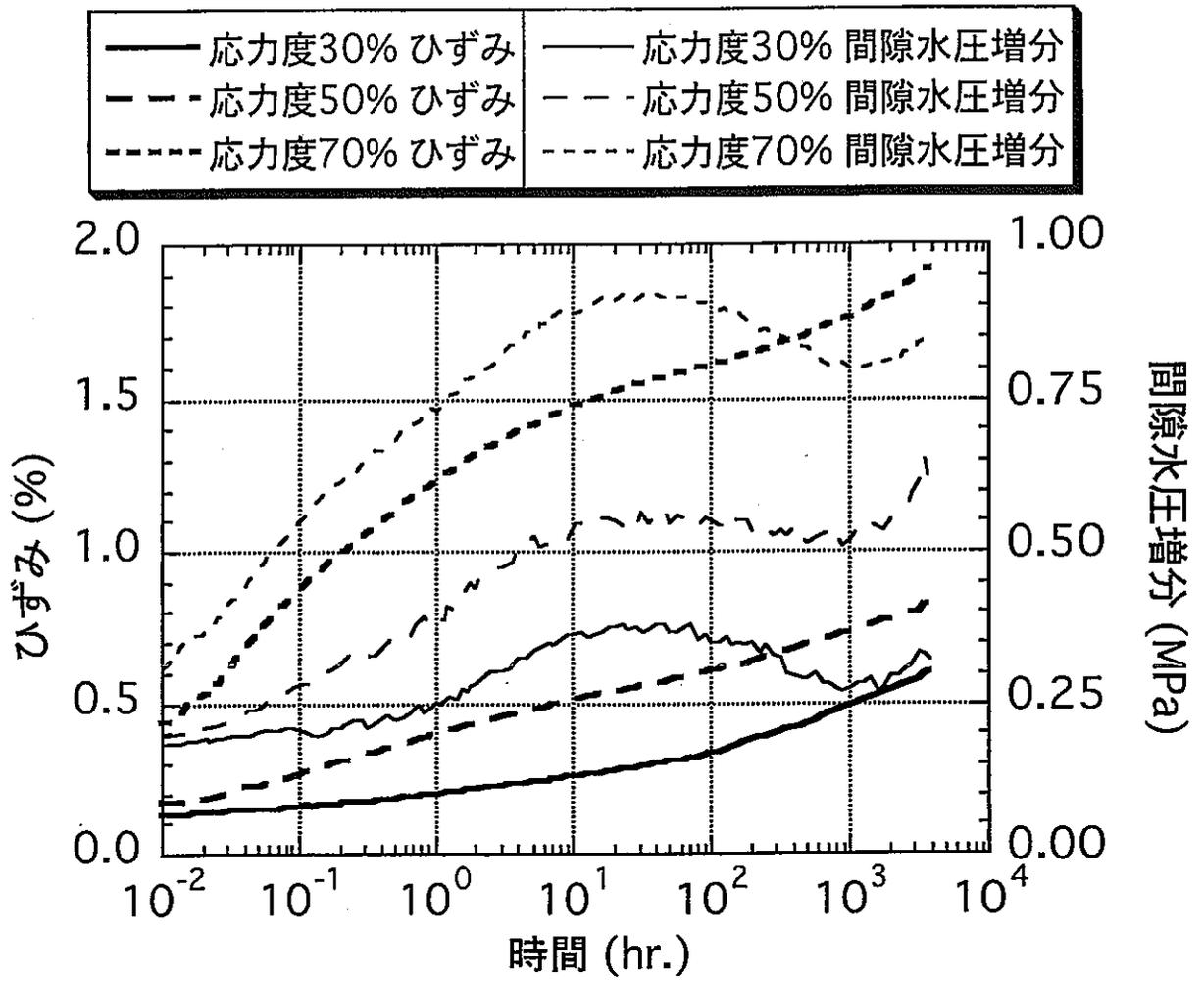


図1 時間とひずみ、間隙水圧増分の関係

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. 現在までに実施してきた一軸透気試験に加え、新たに地下環境条件を考慮した三軸透気試験を行い、国際共同研究で開発を進めているガス移行モデルの検証を実施する見通しである。
- ロ. より精度の高い人工バリアの長期力学的安定性解析を行うため、緩衝材の物性試験を継続し構成モデルの見直しを図っていく見通しである。
- ハ. 静水場における緩衝材の岩盤亀裂内への侵入挙動のモデル化とその検証を行う見通しである。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

特になし

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：
- 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (11) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	地下水流動モデルの確立に関する研究				管理番号 2. - (11)
研究課題名 (Title)	地下水流動モデルの確立に関する研究 Study on the Establishment of the Hydrogeological Model				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	見掛 信一郎 (Shinichiro MIKAKE) 東濃地科学センター 地層科学計画グループ/Geoscience Planning and Management Group, Tono Geoscience Center 尾方 伸久 (Nobuhisa OGATA), 竹内 真司 (Shinji TAKEUCHI), 三枝 博光 (Hiromitsu SAEGUSA) 中野 勝志 (Katsushi NAKANO), 濱 克宏 (Katsuhiro HAMA), 後藤 淳一 (Junichi GOTO) 須山 泰宏 (Yasuhiro SUYAMA), 島田 邦明 (Kuniaki SHIMADA) 東濃地科学センター 地層科学研究グループ/Geoscience Research Execution Group, Tono Geoscience Center				
キーワード (Key word)	透水係数	水理地質	地下水	花崗岩	水理地質構造モデル
	permeability	hydrogeology	groundwater	granite	hydrogeological model
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	TAGSAC		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>①東濃地域（約30km四方）および東濃鉱山周辺地域（約10km四方）において空中・地上物理探査、地表踏査および表層水理調査を実施し、地表～地下浅部における地質構造および水理に関するデータを取得した。</p> <p>②東濃鉱山周辺地域に掘削した深層試錐孔(DH-5・9)において地質構造調査および水理試験を実施し、中・深層の地質構造および水理特性を把握した。</p> <p>③東濃地域（約30km四方）および東濃鉱山周辺地域（約1km四方、約500m四方）における水理地質構造モデルを構築し、地下水流動解析を実施した。また、東濃鉱山周辺地域西部の深層試錐孔(DH-5・8号孔)のデータを用いて、地質構造概念モデルおよび水理地質構造モデルを構築した。</p>					
<p>【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】</p> <p>①東濃地域（約30km四方）および東濃鉱山周辺地域（約10km四方）において空中・地上物理探査、地表踏査および表層水理調査を実施し、地表～地下浅部における地質構造および水理に関するデータが取得され、概ね所期の目標に到達しつつある。ただし、表層水理調査におけるデータの蓄積およびリニアメント地質構造の関係を明らかにするための地質調査および物理探査の実施とデータの解析が残されている。</p> <p>②東濃鉱山周辺地域に掘削した深層試錐孔(DH-5・9)において地質構造調査および水理試験を実施し、中・深層の地質構造および水理特性を把握した。ただし、これまでの調査では研究領域（約10km四方）全体の地下水流動を把握するための網羅的なデータ取得に至っていない。よって平成12年度までに4本程度の新規試錐孔を掘削し地質構造調査および水理試験を実施する。</p> <p>③東濃地域（約30km四方）および東濃鉱山周辺地域（約1km四方、約500m四方）における水理地質構造モデルを構築し、地下水流動解析を実施した。また、東濃鉱山周辺地域西部の深層試錐孔(DH-5・8号孔)のデータを用いて、地質構造概念モデルおよび水理地質構造モデルを構築し、地下水流動モデルを確立するための見通しがついた。しかし、研究領域全体の地質構造概念モデルおよび水理地質構造モデルの構築および、そのモデルを基にした地下水流動解析は今後の課題であり、これからの調査により得られるデータを含め平成12年度までに両モデルの構築と地下水流動解析を実施する。</p>					
<p>【使用主要施設】 東濃地科学センター、東濃鉱山</p>					
【連絡先】	〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 核燃料サイクル開発機構		☎ 0572-53-0211	【所属】 地層科学研究グループ E-mail : 【氏名】 武田 精悦	

【研究目的】

広域から局部にわたる地下水流動特性を把握する目的で、地下水の流動に関する情報を収集するとともに、地下水流動モデルを開発し、水理地質特性の評価に資する。

【研究内容（概要）】

- 水理地質構造モデルを構築するために、
- ①表層においては、空中物理調査・地表物理調査、地表調査、水収支観測などを実施し、
 - ②中・深層においては、深度1,000m程度の試錐孔を利用した水理調査、地下水の採水・化学分析を実施し、水理特性を把握する。
- また、
- ③表層から中・深層までを統合化した地下水流動モデルを開発し、その適用性を評価する。

【研究成果】

①表層に関する調査

空中物理探査：

約10km四方における電磁、磁気、VLF、放射能の各探査をによる比抵抗、全磁力、ガンマ線強度の水平方向の分布は、地表踏査や試錐調査に基づく堆積岩や花崗岩の分布、および花崗岩上面のチャンネル構造や断層などの地質構造の分布に概ね一致した良好な結果を得た（図1, 2）。

地上物理探査：

約10km四方における電磁探査（MT法）による比抵抗の水平および一部鉛直方向の分布は、地表踏査や試錐調査に基づく堆積岩の層厚や、花崗岩上面のチャンネル構造・断層などの地質構造の分布と概ね一致した（図1, 2）。

表層水理調査：

土壌水分量観測により、地表から瀬戸層群（未固結砂礫層）への浸透量は、瀬戸層群から瑞浪層群（新第三紀堆積岩）への浸透量(0.28mm/day)の約1000倍であることが判明した。浅層試錐調査では、帯水層は基盤岩（花崗岩、濃飛流紋岩）の風化部と割れ目卓越部、瑞浪層群明世累層の礫岩・砂岩中に存在することを確認した。各岩相の透水係数の分布範囲を把握した；瀬戸層群 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ m/secオーダー、瑞浪層群 $10^{-5} \sim 10^{-7}$ m/secオーダー、花崗岩風化部 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ m/secオーダー。また、花崗岩の水質はNa-HCO₃型、瑞浪層群の水質はCa-HCO₃型で花崗岩中のものより溶存成分に富む。

②中・深層に関する調査

第2立坑周辺の間隙水圧調査：

立坑掘削に伴い水位変化が生じた範囲は、立坑の北側約200m、南側約300mであり、月吉断層は低透水性である。

深層水理調査：

花崗岩の各部分の透水係数の分布範囲を把握した；健岩部 $10^{-10} \sim 10^{-11}$ m/secオーダー、開口割れ目卓越部 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ m/secオーダー、充填割れ目卓越部 $10^{-8} \sim 10^{-11}$ m/secオーダー。試験深度と透水性の間には相関は認められない。DH-7, 8号孔間の間隙水圧による動水勾配は、孔口では0.05（地形勾配にはほぼ等しい）、深度500m以深では0.026～0.028である。DH-5号孔でのフローメータ検層では、流体流速と原位置透水試験による透水係数の間に良好な相関が認められる。

③水理地質構造モデルの構築および地下水流動解析

30km四方の領域を対象とした広域地下水流動解析により、深度1000m付近を流れる地下水の涵養域から流出域までの範囲を抽出した。東濃鉱山周辺の約1km四方で掘削された約170孔の探鉱試錐データを用いて水理地質構造モデルを構築し、地下水流動解析を実施し、月吉断層が低透水性の遮水壁となっていることを確認した。フラクタル理論を用いた不均質性を考慮した三次元透水係数分布推定手法を用いて、東濃鉱山周辺の約500m四方の水理地質構造モデルを構築した。また、東濃鉱山周辺地域西部の深層試錐孔(DH-5～8号孔)のデータを用いて、地質構造概念モデルおよび水理地質構造モデルを構築した（図3, 4）。地下水流動解析は平成11年度に実施する。

【公開資料】

【平成8年度】

- (1) 尾方伸久, 山根正樹, 小出 馨：間隙水圧の長期観測による立坑掘削影響の把握について。日本地下水学会1996年秋期講演会要旨, PP.34-39 (1996)
- (2) Koide, K., Yamane, M., Kobayashi, K.: Heterogeneity of hydraulic conductivity of a fault in sedimentary sequences at Tono mine, central Japan. Proc. NEA/EC Clay Club Workshop, 10-12 June 1996, Bern (1996)
- (3) 三枝博光, 稲葉秀雄, 前川恵輔, 尾方伸久, 小出 馨：我が国の地下水流動特性に関する研究（動水勾配）。日本応用地質学会中部支部研究発表会予稿集, pp.29-32 (1996)

[平成9年度]

- (4) 尾方伸久, 小出 馨, 竹市篤史, 松岡清幸: フローメータ検層による花崗岩中の透水性割れ目の把握とその透水係数の算出. 日本応用地質学会平成9年度研究発表会, pp.249-252 (1997)
- (5) 見掛信一郎, 小出 馨, 尾方伸久, 後藤和幸: 深度1,000mを対象とした単孔式の揚水試験装置の開発とその機能の検討. 日本応用地質学会平成9年度研究発表会, pp.245-258 (1997)
- (6) 稲葉秀雄, 竹内真司, 尾方伸久: 立坑掘削に伴う地下水挙動の観測と解析. 日本地下水学会1997年秋期講演会, pp.102-107 (1997)
- (7) 竹内真司, 稲葉秀雄, 尾方伸久, 小出 馨: フラクタル理論を用いた堆積岩中の透水係数分分の推定とそのモデル化. 日本地下水学会1997年秋期講演会, pp.24-29 (1997)
- (8) 中島 誠, 見掛信一郎, 尾方伸久, 小出 馨, 西垣 誠: 土壌水分観測における不凍液の使用による影響について. 地下水学会1997年秋期講演会, pp.50-55 (1997)
- (9) 稲葉秀雄, 竹内真司, 尾方伸久, 岡崎彦哉: 東濃鉦山周辺領域を対象とした地下水流動解析. 日本応用地質学会中部支部研究発表会, pp.5-8 (1997)

[平成10年度]

- (10) 尾方伸久, 太田久仁雄, 濱 克宏, 坪田浩二: 東濃地域を対象とした広域地下水流動研究の現状. サイクル機構技法No.1号, pp.41-50 (1998)
- (11) 小野 傳, 奥野孝晴, 安藤 茂, 池田和隆, 佐藤 徹, 黒浜忠一: ヘリコプターを用いた空中物理探査. 核燃料サイクル開発機構契約業務報告書, JNC TJ7420 99-002 (1999)
- (12) 篠原信男: 電磁法による地上物理探査. 核燃料サイクル開発機構契約業務報告書, JNC TJ7420 99-007 (1999)
- (13) 久田 司, 三輪 章, 平川清純: 試錐調査による表層の水理地質構造の把握(その4). 核燃料サイクル開発機構契約業務報告書, JNC TJ7440 99-009
- (14) 核燃料サイクル開発機構東濃地科学センター: 広域地下水流動研究 年度報告書(平成9年度). JNC TN7400 99-002 (1999)
- (15) 核燃料サイクル開発機構東濃地科学センター: 広域地下水流動研究 年度報告書(平成10年度). (印刷中)
- (16) 太田久仁雄, 天野健治, 須山泰宏, 三枝博光: 広域地下水流動研究における三次元地質構造概念モデルの構築. サイクル機構技法(投稿中)

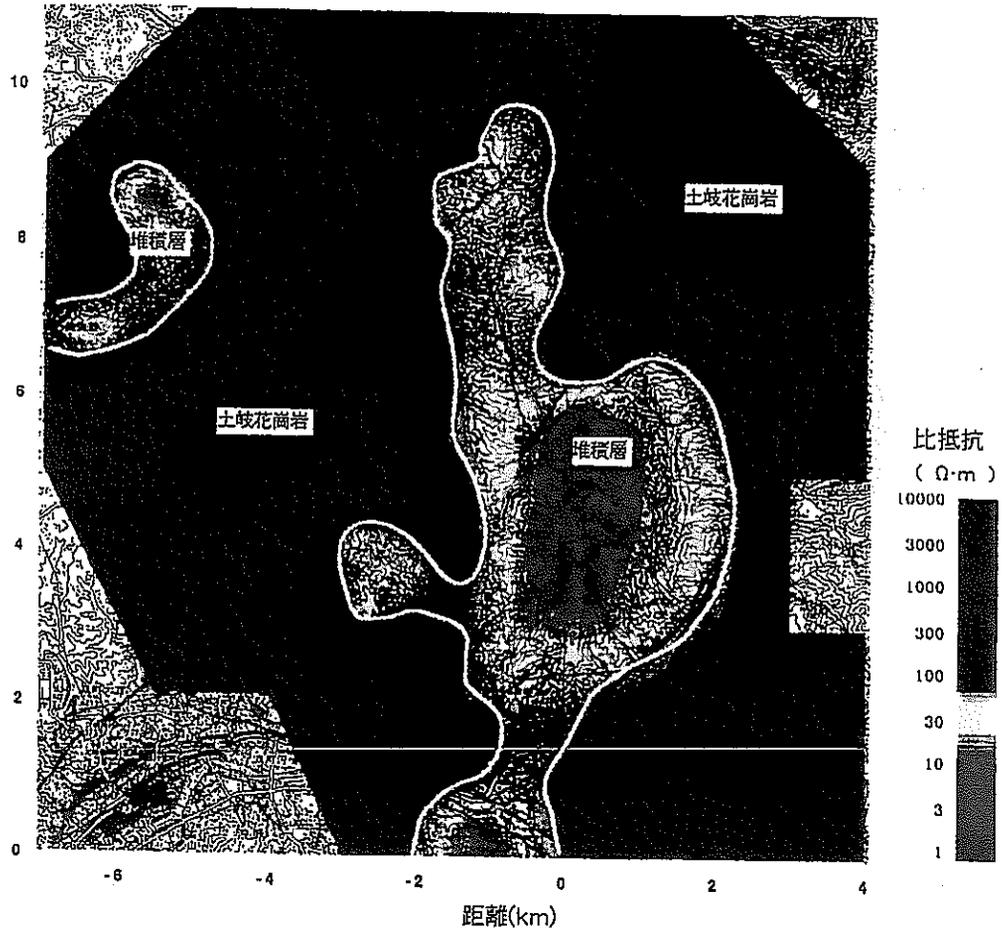


图 1 地上電磁探查解析平面図(海拔200m)

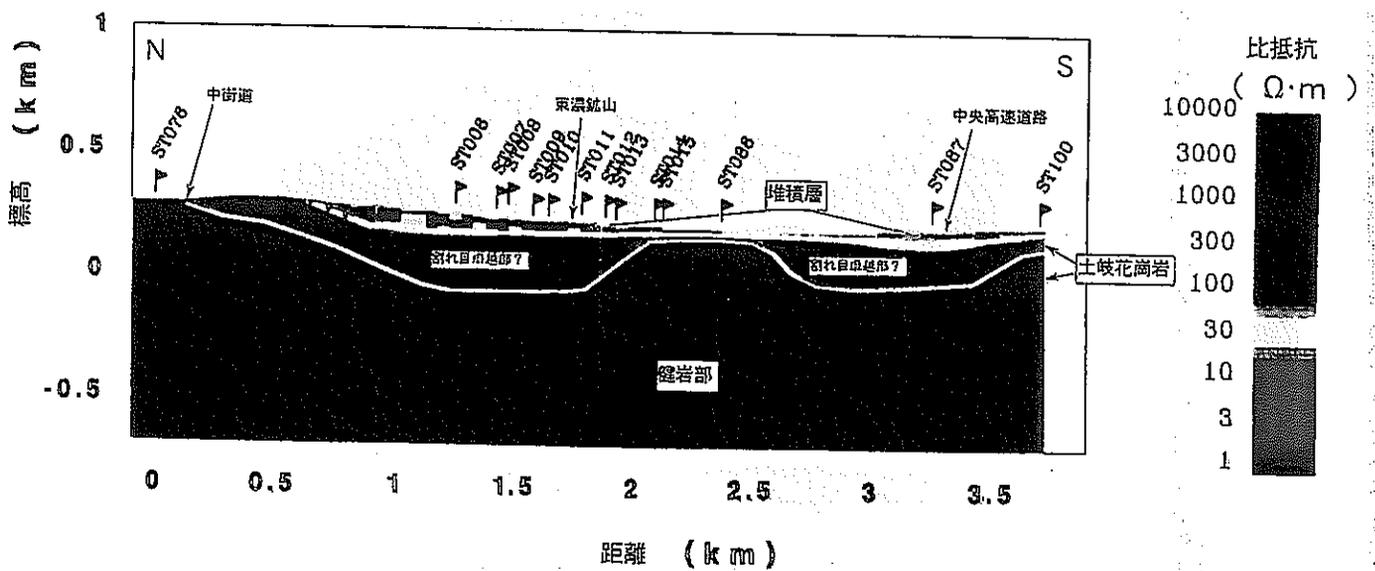


图 2 地上電磁探查解析断面図

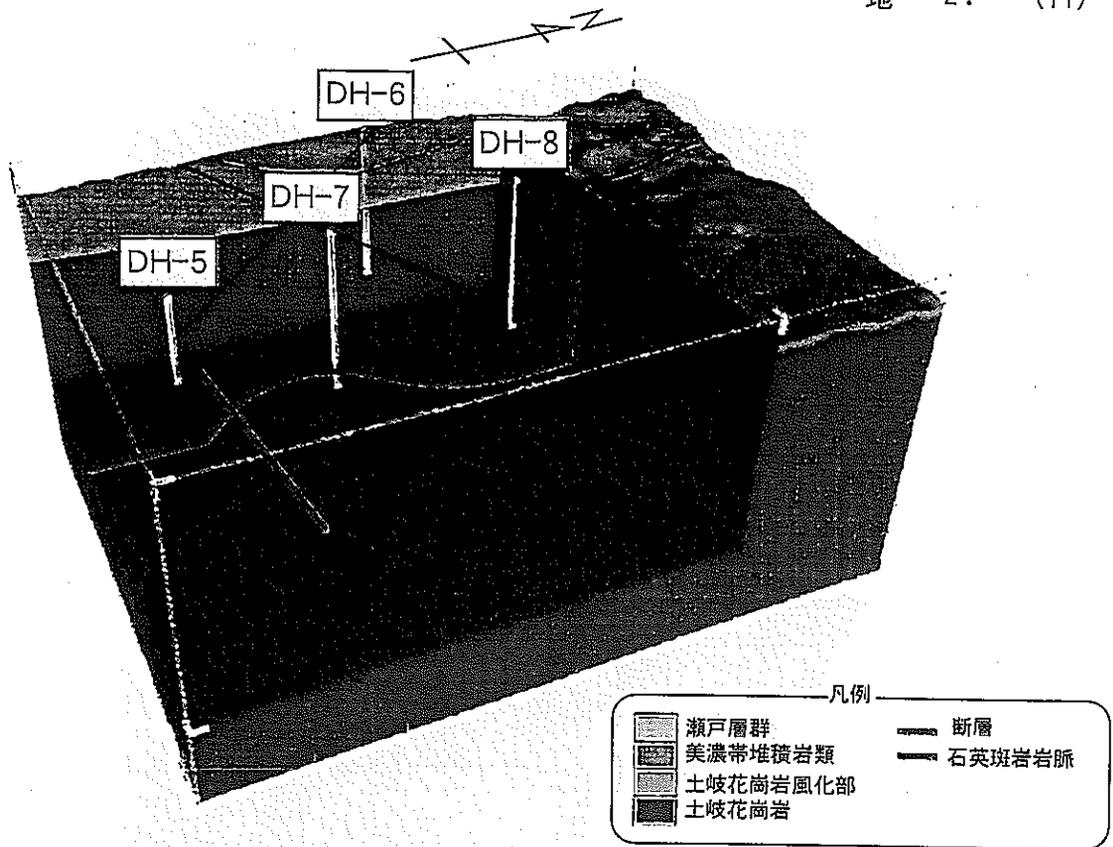


図3 東濃鉱山周辺地域西部の地質構造概念モデル

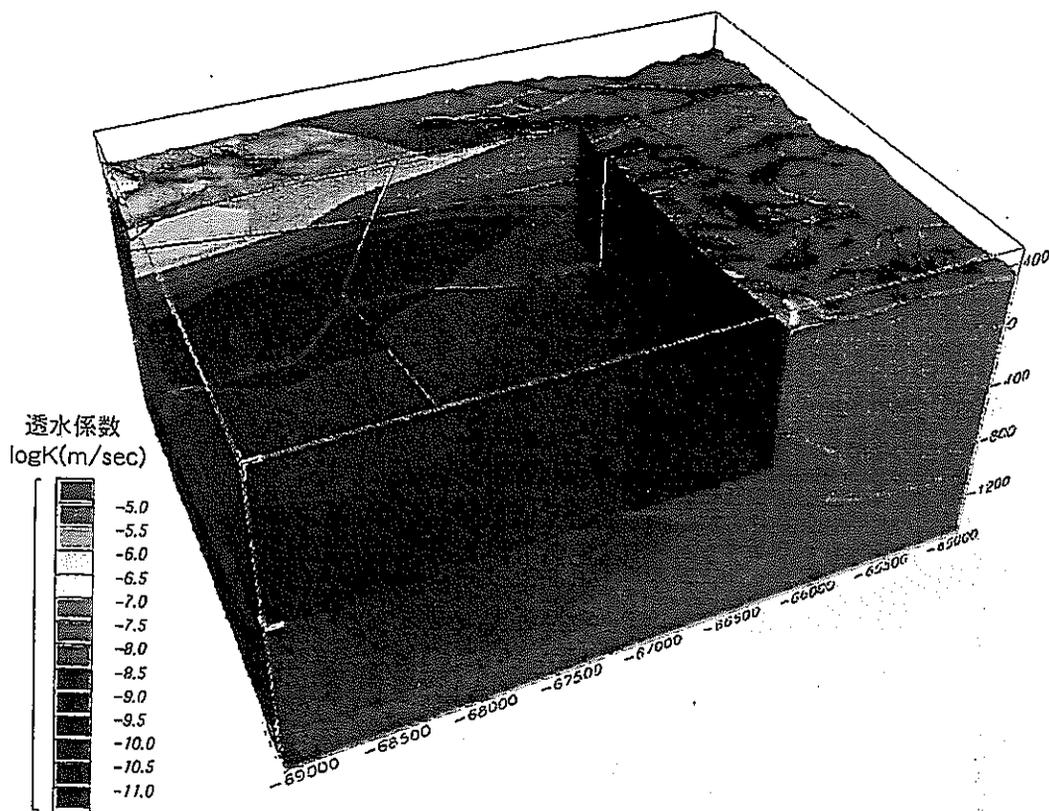


図4 東濃鉱山周辺地域西部の水理地質構造モデル

調 査 票

平成 8 年度～平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
- 人員確保上の問題
- 施設の問題
- その他の問題

()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. 当初計画した調査研究が順調に進められている。表層水理調査およびニアメントと地質構造の関係を明らかにするための地質調査および物理探査が課題として残されているが、平成 12 年度までには当初計画した調査を終了し所期の成果が達成できる。
- ロ. 試錐孔を利用した調査により中・深層の地質構造および水理特性に関するデータが蓄積されてつつある。ただし、研究領域（約 10km 四方）の地下水流動を把握するための包括的なデータ取得まで現状では至っていない。よって、平成 12 年度までに新規試錐孔を 4 本程度掘削し調査を行い所期の目標を達成する。
- ハ. 研究領域内の東濃鉾山周辺地域西部を対象とした地質構造概念モデルおよび水理地質構造モデルが構築でき、概ね順調に研究が進められている。平成 12 年度までに、研究領域を網羅した地質構造概念モデルおよび水理地質構造モデルおよび地下水流動解析を実施し、所期の目標を達成する。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし。

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：
- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

次期年次計画における研究課題に含めて実施することとしたため。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (12) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	地下水の地球化学特性に関する研究			管理番号 2. - (12)
研究課題名 (Title)	地下水の地球化学特性に関する研究 Geochemical Study of Groundwater			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	岩月輝希 (Teruki IWATSUKI) 東濃地科学センター 地質環境情報グループ/Geological Environment Research Group, Tono Geoscience Center 濱 克宏 (Katsuhiko HAMA) 東濃地科学センター 地層科学研究グループ/Geoscience Research Execution Group, Tono Geoscience Center			
キーワード (Key word)	地下水	堆積岩	結晶質岩	微生物
	groundwater	sedimentary rocks	crystalline rock	bacteria
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度	関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず	関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】 イ. 地下水の地球化学特性データの取得 東濃地域の堆積岩および花崗岩中の地下水を対象に、地下水の物理化学パラメータ測定、各種化学分析、微生物の分析を行い、データの取得について所期の成果を得た。 ロ. 水-岩石反応解析・試験 東濃地域の堆積岩および花崗岩中に認められる鉱物の観察、化学分析を行い、主要な水-岩石反応を抽出できた。 ハ. 地下水の地球化学モデルの構築 イ、ロの知見を基に、地下水の地球化学モデルを構築できた。				
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】 イ. 地下水の地球化学特性データの取得 東濃地域の堆積岩および花崗岩中の地下水について、物理化学パラメータ、主要化学成分などのデータ取得は終了している。平成12年度までに微生物に関するデータの取得を終了する予定である。 ロ. 水-岩石反応解析・試験 東濃地域の堆積岩および花崗岩中の地下水の水質形成機構については、地下水および岩石分析の結果をもとに、主要な水-岩石反応の抽出をができた。平成12年度までに、微生物（鉄酸化/還元菌、硫酸還元菌など）が地下水水質形成へ与える役割を解析する。 ハ. 地下水の地球化学モデルの構築 計画している全ての調査が終了後に、地球化学モデルを構築する予定である。				
【使用主要施設】 東濃鉱山、東濃地科学センター、東濃地科学センター周辺試錐孔				
【連絡先】	〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 核燃料サイクル開発機構	☎ 0572-53-0211	【所属】 地層科学研究グループ E-mail: 【氏名】 武田 精悦	

様式-1-1

【研究目的】

人工バリア材料の化学的安定性および天然バリア中での放射性核種の移行現象を支配する重要な因子である地下水の地球化学的特性を把握し、地下水の地球化学モデルを作成し、多重バリアシステムの性能評価に資する。

【研究内容（概要）】

- イ. 地下水の地球化学特性データの取得
地下水の物理化学パラメータ (Eh、pH等)、化学組成、安定・放射性同位体組成の3次元的分布および地下水の起源・年代を明らかにする。
- ロ. 水-岩石反応解析・試験
地下水の化学組成・鉱物組成データを用いた熱力学計算等の解析および水-岩石反応試験等の室内試験を行う。
- ハ. 地下水の地球化学モデルの構築
イ.、ロ. を総合して地下水の水質形成機構に関する考察を行い、地下水の地球化学モデルを作成する。

【研究成果】

上記の研究内容に対して以下の成果が得られた。

- イ. 地下水の地球化学特性データの取得
東濃地域に分布する土岐花崗岩中の地下水（表層から深度約900m付近）について以下の知見が得られた。
・地下水の酸化還元電位は深度330m付近までが酸化性(Eh>0mV)であり、深度650-880m付近では強い還元性を示す（表1）。
・地下水水質は、深度330m付近ではNa-Ca-HCO₃ typeであり、深度650-880m付近ではNa-HCO₃ typeとなる（図1）。
・全菌数のデータが得られており（約1,000,000cells/ml）、地下水中の全菌数は海洋表層水中とほぼ同程度であった。
・東濃地域の花崗岩中の地下水については、全菌数が約100,000～1,000,000cells/mlであり、深度との相関は低く、採水区間の地質構造や透水性に依存することが明らかとなった。
・東濃地域の花崗岩中の地下水については、特定微生物（鉄酸化/還元菌、硫酸還元菌）が存在するが、深度によって微生物現存量が異なっていた。具体的には、鉄酸化/還元菌では深度130～330m, 600～880mの深度に、存在度のピークが認められた。
- ロ. 水-岩石反応解析・試験
・地下水の主な流動経路となる割れ目帯では、長石類の表面の粘土鉱物化が観察され、これらの粘土鉱物は主にスメクタイトからなることがわかった。この他に黄鉄鉱の沈殿・溶解跡が観察される。
・地下水の酸化還元電位値は、pH-Eh図において鉄の化学種の酸化還元境界（深度330m）または硫黄の化学種の酸化還元境界（600～880m）に位置することから、鉄の化学種または硫黄の化学種の酸化還元反応が地下水の酸化還元電位に寄与していると考えられる。
- ハ. 地下水の地球化学モデルの構築
・以上の結果を基に地下水の地球化学モデルを構築した（図2）。

【公開資料】

〔平成8年度〕

(1)Iwatsuki, T., Yoshida, H.: Water-rock interaction analysis in relation to geological structure in deep crystalline rock at the Tono area, Japan. Proc. Chemical Containment of Wastes in the Geosphere, 3/4 Sept.1996, BGS, U.K. (1996)

〔平成9年度〕

- (2)Iwatsuki, T., Yoshida, H.: Water chemistry and mineralogy of fracture systems in the basement granite in the Tono uranium mine area, Gifu Prefecture, central Japan. Geochemical J. (1997, 投稿中)
- (3)岩月輝希, 吉田英一: 岐阜県東濃地域における深部結晶質岩の地質構造と地下水の地球化学特性. 地球惑星科学関連学会, 1997年合同大会予稿集, p.601 (1997)
- (4)Moulin, V., Iwatsuki, T.: Behavior of trace elements in groundwater - Role of organic substances. Proc. Migration'97, p.94 (1997)
- (5)大淵聡, 岩月輝希, 青木和弘: 岐阜県東濃地域における地下水の有機リガンド濃度および銅有機錯体の安定度定数の測定. 1997年日本地下水学会要旨集, pp.78-81 (1997)

〔平成10年度〕

(6)村上 由記, 岩月 輝希: 深部地下環境における地下水中の微生物種と現存量. 東京大学海洋研究所共同利用研究集会No.105 地下生物圏シンポジウム要旨集, pp61-68.

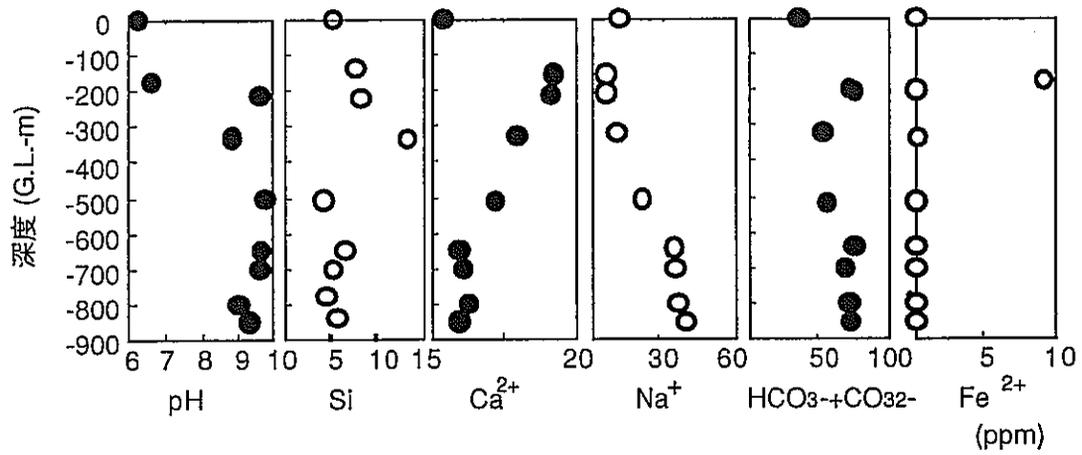


図1. 東濃地域における花崗岩中の地下水の水質変化

表1. 深部地下水の物理化学パラメータ測定結果

試錐孔	採水深度 (m)	pH	Eh (mV:±10)	T-Fe	Fe ₂₊	Eh (計算) ***
DH-5	327*	7.76	-16**	0.45	0.45	-17
DH-7	564*	10.12	-385**	9.60	8.50	-510
DH-8	645*	8.97	-348**	0.04	0.03	-162
DH-8	697*	8.47	-282**	0.21	0.17	-118
DH-6	737*	8.88	-307**	0.22	0.20	-194
DH-8	749*	8.43	-299**	0.24	0.21	-116
DH-7	837*	9.59	-366**	7.80	6.90	-411
DH-8	872*	8.78	-376**	0.08	0.08	-153
DH-7	883*	9.45	-357**	12.00	8.80	-392
DH-8	978*	8.79	-355**	0.23	0.20	-178

*: 採水区間の中間深度, **: Pt電極での測定値を表示

*** Fe₂₊ + 3H₂O = Fe(OH)₃: log K = -17.9 (Plummer et al, 1976)が平衡状態にあると仮定して計算した。

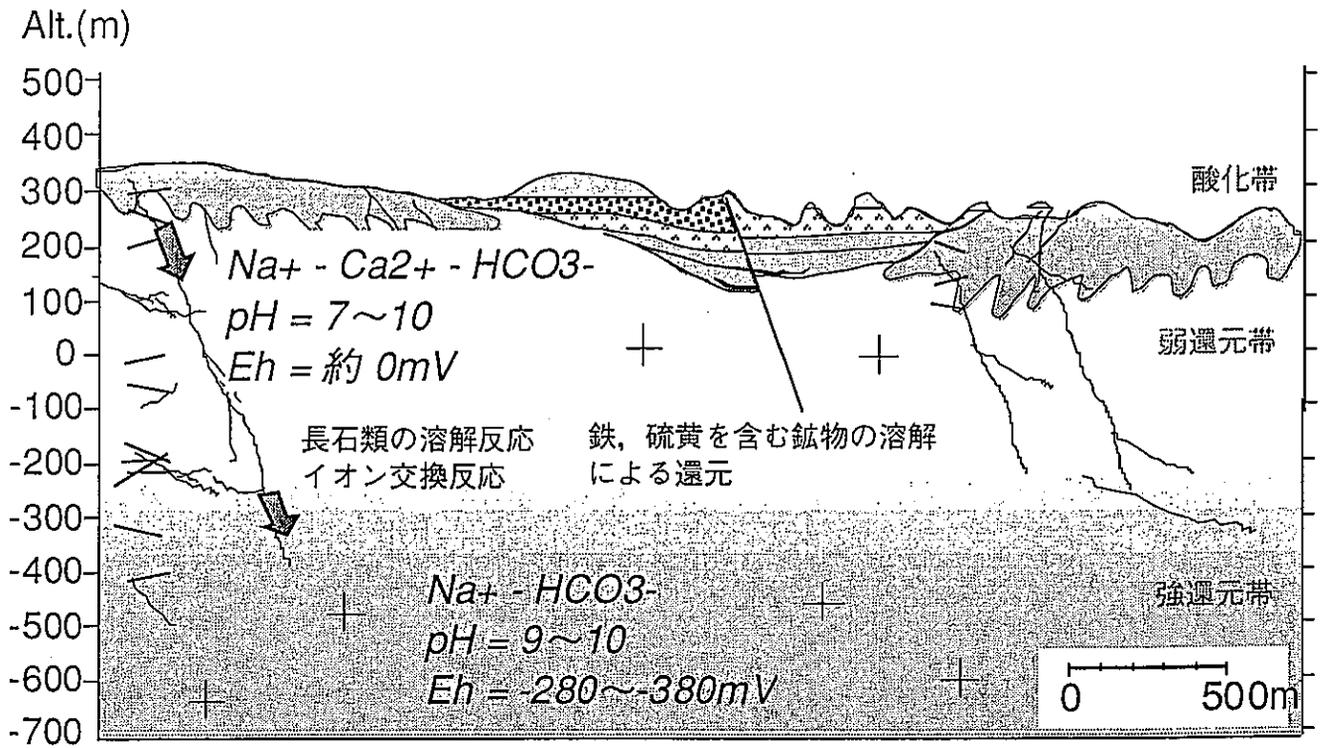


図 2. 東濃地域における地下水の地球化学特性

調 査 票

平成 8 年度～平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

・ ほぼ計画通り進捗している。

計画通り終了した

計画通り終了予定

次期年次計画に継続予定

・ 計画通り進捗しているとはいえない。

全く着手していない

着手したが中断している（平成 年度以降）

実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

予算確保上の問題

人員確保上の問題

施設の問題

その他の問題

(

)

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

平成 12 年度までに、地下水中の微生物の分布に関するデータの取得、地下水水質形成への影響の把握を行い、地下水の地球化学モデルを構築する。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし。

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

次期年次計画へ継続する。

次期年次計画における研究課題名：

現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

次期年次計画における研究課題に含めて実施することとしたため。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (13) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	天然バリアにおける放射性核種の移行に関する研究				管理番号 2. - (13)
研究課題名 (Title)	天然バリアにおける放射性核種の移行に関する研究 Radionuclide Migration Study on Natural Barriers				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	石黒勝彦 (Katsuhiko ISHIGURO), 油井三和 (Mikazu YUI), 内田雅大 (Masahiro UCHIDA) 畑中耕一郎 (Kohichiro HATANAKA), 佐藤治夫 (Haruo SATO), 渋谷朝紀 (Tomoki SHIBUTANI) 澤田 淳 (Atsushi SAWADA), 笹本 広 (Hirosi SASAMOTO), 館 幸男 (Yuikio TACHI) 井尻祐二 (Yuji IJIRI) 東海事業所 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works 天野健治 (Kenji AMANO), 太田久仁雄 (Kunio OTA) 東濃地科学センター/Tono Geoscience Center 梅木博之 (Hiroyuki UMEKI), 石川博久 (Hirohisa ISHIKAWA) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Research Project, Head Office				
キーワード (Key word)	天然バリア	核種移行	分配係数	拡散係数	原位置試験
	natural barrier	nuclide migration	distribution coefficient	diffusion coefficient	in-situ experiment
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	・ The GTS-RRP/MI Project (Nagra) ・ The Mt.Terri Project(Nagra) ・ スウェーデンHRL国際確証研究プロジェクト	
関連する 解析コード	該当なし		関連する特別会計 実証試験	該当なし	
【成果の達成レベル】 <室内試験>1)釜石鉱山坑道壁面より採取した岩石を用いた拡散試験の解析を実施した。また、第2次取りまとめ解析のための岩石中の拡散係数のデータベース整備をほぼ終了し、解析のためのデータ設定を行った。2)凝灰岩中のCs, Ni, Smの拡散試験を開始し、砂岩の物理的特性値を取得した。3)性能評価上重要と考えられる22元素の岩石に対する分配係数のうち、花崗閃緑岩及び凝灰岩については20元素、玄武岩、泥岩については10元素、砂岩については6元素の分配係数をそれぞれ取得した。 <原位置試験>1)結晶質岩中の透水性割れ目における放射性核種の移行・遅延（とくに収着およびマトリクス拡散）特性、および微視的空隙の幾何学的構造特性について新たな知見を得た。また、グリムゼル原位置試験および釜石原位置試験の研究成果の取りまとめを行った。2)釜石鉱山における単一割れ目内の開口幅の不均質性や外側境界条件、バックグラウンドの流れが、トレーサの破過に与える影響を把握することができた。3)スウェーデンHRLで実施された単一亀裂中での収着性トレーサ試験に対し、新たに開発した亀裂ネットワーク中の核種移行解析コード（LTG）を適用し、その適用性を確認した。4）難透水性堆積岩中における放射性核種の拡散特性について一部成果が得られた。					
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】 <室内試験> 1)釜石鉱山坑道壁面より採取した花崗閃緑岩未変質部、変質部、割れ目充填物部について、イオンの電荷をパラメータした拡散試験結果を含め、国内岩石中の拡散係数に関するデータの調査及びデータベース整備を完了した。2)凝灰岩中のCs, Ni, Smの拡散係数及び砂岩の真密度や間隙率等の物理的特性値を取得した。3)花崗閃緑岩、凝灰岩、岩玄武岩、泥岩、砂岩に対する重要元素についての分配係数の取得を終了した。 <原位置試験> 1)グリムゼル岩盤研究所（スイス）における原位置試験研究の一環として、マトリクス拡散に寄与する微視的空隙の幾何学的構造特性についての知見を取りまとめた。また、釜石鉱山の透水性割れ目およびそこで生じる物質移行現象について概念モデルを構築した。2)トレーサ試験をモデル化することにより、透水性割れ目の地質的指標と水理特性との相関性、単一割れ目内の開口幅の不均質性や外側境界条件、バックグラウンドの流れがトレーサの破過に与える影響を評価した。3)スウェーデンHRLにおいて実施された単一亀裂を対象とした収着性トレーサ試験および坑道掘削に伴う水圧および水質の変化を亀裂ネットワーク中移行解析モデルFracMan/LTGを用いて評価した。4)モンテリートンネル（スイス）における難透水性堆積岩を対象とした原位置拡散試験を実施し、拡散特性についての成果をまとめた。					
【使用主要施設】 東海事業所地層処分基盤研究施設、東濃地科学センター、釜石原位置試験場、グリムゼル岩盤研究所、モンテリートンネル、スウェーデンHRL					
【連絡先】	〒100-8245 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) 核燃料サイクル開発機構		☎ 03-5220-3316	【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr. E-mail :	【氏名】 グループリーダ 梅木 博之

【研究目的】

天然バリア中での核種の移行評価に必要な核種移行データを取得するとともに、天然バリア中の核種移行評価モデルを開発し、地層処分の安全評価に資する。

【研究内容（概要）】

イ. 天然バリア中核種移行解析モデルの確立

アクチニド等の水溶液中における存在状態、溶解、沈澱、吸着等化学的性質に関し、処分環境を模擬した条件下で実験を行う。特に、岩石中の放射性核種の移行を解析するため、分配係数、拡散係数等を測定するとともに、放射性核種が岩石中を移行する際の各パラメータ評価とその影響を検討する。また、釜石、東濃、スウェーデン（HRL）、スイス（グリムゼルテストサイト）等で実施されている水理、トレーサ試験の解析を行い、解析手法、モデル、パラメータの妥当性について検討する。さらに、天然バリア中の移行経路や吸着サイトなどの地質媒体の不均質性の影響を評価するために、亀裂性媒体、多孔質媒体のそれぞれについて原位置試験や室内試験に基づき、不均質性を表現することが可能な詳細モデルを開発する。

【研究成果】

<室内試験>

- 1) 釜石鉱山坑道壁面より採取した花崗閃緑岩未変質部、変質部、割れ目充填鉱物部について、 Ni^{2+} および Sm^{3+} に対する Through-diffusion (透過拡散法) による拡散試験を行い、拡散係数を求めるための解析を実施した。試験は、直径30mm、厚さ5mmの円盤状試料を拡散セルに挟み、一方のセルにトレーサを溶解させた地下水 (pH7) を、片方のセルには地下水 (pH7) を注入して25℃で行い、両セル内地下水でのNi及びSmの濃度変化を測定した。新たに作成した数値解析用コードにより、Niの拡散係数を一部求めた。国内岩石を4種類に分類し、各岩種に対する拡散係数データを文献調査に基づき整理し、得られたデータを基にデータベースを整備した (図1) [1][2][3][4][5][6]。さらに、第2次取りまとめ解析のための実効拡散係数データを設定した [7][8][9]。
- 2) 東濃鉱山より採取した凝灰岩中を用いたCs, Ni, Smの透過拡散試験を、間隙水のイオン強度 (0.05, 0.5) をパラメータに開始した [10][11][12]。また、和歌山県南紀白浜産の砂岩の真密度、間隙率、細孔径分布、間隙内比表面積を測定した [13]。
- 3) Pu, Am, Ra, Zr, Sm, Thについて花崗閃緑岩と凝灰岩の収着試験を行った。PuとAmについては元素/岩石による明確な変化は確認できなかった。Raについては若干の花崗閃緑岩に対するイオン強度とpH依存性が確認できたが、凝灰岩に対しては明確なパラメータ依存性は確認できなかった。花崗閃緑岩に対するZr, Smの分配係数(Kd)は固液分離方法の影響を受けず、それぞれ $10^0 \sim 10^1 \text{ m}^3/\text{kg}$, $10^0 \text{ m}^3/\text{kg}$ であったが、凝灰岩に対するSmのKdは $10^{-1} \sim 10^1 \text{ m}^3/\text{kg}$ と約2桁異なる結果となった。ZrのKdは検出下限以下、ThのKdも $10^{-1} \sim 10^0 \text{ m}^3/\text{kg}$ と約1桁異なる結果となった。一方、0.1M NaCl平衡液中でのThのKdは $10^{-1} \text{ m}^3/\text{kg}$ オーダーであった。また、玄武岩、泥岩、砂岩に対するPuの分配係数について、蒸留水系、海水系で取得した結果、分配係数が $10^1 \sim 10^2 \text{ m}^3/\text{kg}$ のオーダーであり、岩石、液性の変化による分配係数の明瞭な変化は確認できなかった [14][15]。

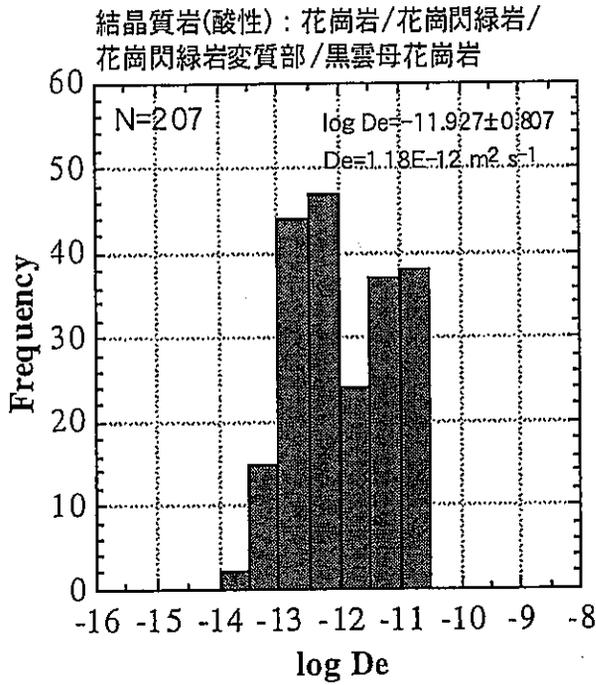
<原位置試験>

- 1) 釜石鉱山におけるコールドトレーサ試験の結果、試験対象割れ目におけるCs, Srの遅延 (イオン交換反応による吸着) 効果が非常に大きいことが明らかになった (図2)。また、釜石鉱山において実施した原位置試験 (レジン注入試験、コールドトレーサ試験) および天然ウラン系列核種を利用したマトリクス拡散に関するナチュラルアナログ研究などの成果を統合し、結晶質岩中の透水性割れ目および物質移行・遅延の概念モデルを構築した (図3) [16]。釜石鉱山で実施した全ての成果について取りまとめた [17]。グリムゼル岩盤研究所 (スイス) における透水性割れ目を対象とした原位置試験研究の結果、透水性割れ目近傍の母岩マトリクス中において、マトリクス拡散に寄与する連結した空隙のネットワークは割れ目から少なくとも数十cm以上は広がっており、nm \sim μm スケールでは微視的空隙の収斂および屈曲が放射性核種の移行を規制していることが明らかになった [18]。グリムゼル原位置試験の全ての成果についての取りまとめた [19][20]。
- 2) 釜石鉱山において取得した割れ目の地質学的データならびに水理応答データを総合的に評価して、透水性割れ目を抽出するとともに、地質的指標と水理特性 (透水量係数) との相関性について検討した [17]。また、釜石鉱山で単一割れ目及び割れ目帯を対象にした非吸着性トレーサ試験を実施し、試験結果の評価について単一割れ目や割れ目帯内の亀裂開口幅の不均質性や外側境界条件、バックグラウンドの流れが、トレーサの破過に与える影響について検討した。
- 3) スウェーデンHRLで、異なるボーリング間での単一亀裂中での収着性トレーサ試験 (非収着性トレーサ: Uranine, HTO, 弱収着性トレーサ: Na, Sr, K, 中収着性トレーサ: Co, Tc) を実施した。新たに開発した亀裂ネットワーク中の核種移行解析コード (LTG) をトレーサ試験の解析に適用し、その適用性を確認した。また、HRLで実施した坑道掘削に伴う水圧および水質の変化の連成解析の比較計算プロジェクトに対してはエスポ島を含む2km \times 2km \times 深さ1kmの領域をFracMan/LTGコードを用いてモデル化するとともに、密度流の計算およびbacktracking等の必要な解析手法を開発した。
- 4) モンテリオンネル (スイス) における原位置拡散試験 (図4) を評価するために、堆積構造の不均質性を考慮した拡散モデルの開発に着手した。また、試験により、難透水性堆積岩中におけるトリチウムの拡散特性に関する情報が取得された。

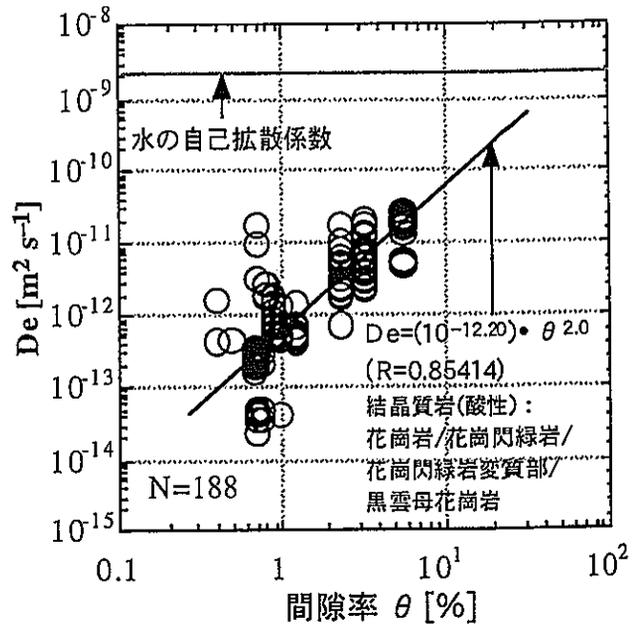
【公開資料】

- [1] 佐藤治夫: 我が国の主要岩石に対する拡散係数データベースの整備、原子力学会1999年秋の大会 (発表予定)。
- [2] Sato, Haruo, Shibutani, Tomoki, Tachi, Yuikio, Ota, Kunio, Amano, Kenji, Yui, Mikazu: Diffusion Behaviour of Nuclides Considering Pathways in Fractured Crystalline Rocks, PNC Technical Report, PNC TN8410 97-127 (1997)。

- [3]Sato, Haruo, Shibutani, Tomoki, Tachi, Yuikio, Ota, Kunio, Amano, Kenji, Yui, Mikazu: Diffusion Behaviour of Nuclides Considering Pathways in Fractured Crystalline Rocks, Sixth International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, MIGRATION'97, Abstracts, 18~19 (1997).
- [4]Sato, Haruo, Shibutani, Tomoki, Yui, Mikazu: Experimental and Modelling Studies on Diffusion of Cs, Ni and Sm in Granodiorite, Basalt and Mudstone, Journal of Contaminant Hydrology, 26, 119~133 (1997).
- [5]佐藤治夫：放射性廃棄物地層処分における緩衝材および岩体中の核種移行に関する研究, 動燃技術資料, PNC TN8410 97-202 (1998).
- [6]Sato, Haruo: Matrix Diffusion of Simple Cations, Anions, and Neutral Species in Fractured Crystalline Rocks, Nuclear Technology, Vol.127 (in press).
- [7]地層処分研究開発第2次取りまとめ第1ドラフト、PNC TN1412 98-013 (1998).
- [8]地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト、JNC TN1400 99-006 (1999).
- [9]地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト 分冊3 地層処分システムの安全評価、JNC TN1400 998-009 (1999).
- [10]Sato, Haruo: Through-diffusion Experiments on NaCl through Tuff - Measurement of Tortuosity -, PNC Technical Report, PNC TN 8410 96-111(1996).
- [11]佐藤治夫、館幸男、渋谷朝紀、油井三和：物質移行経路を考慮した核種の拡散挙動、日本原子力学会1997年春の年会, L12, 561(1997).
- [12]動燃事業団：地層処分研究開発の現状（平成8年度）, PNC TN 1410 96-071.
- [13]Sato, Haruo: Porosity, Density and Pore-size Distribution on Tuff - Measurements by a Water Saturation Method and a Mercury Porosimetry -, PNC Technical Report, PNC TN 8410 96-190(1996).
- [14] Tachi, Yukio, Shibutani, Tomoki, Sato, Haruo, Yui, Mikazu: Sorption and Diffusion Behavior of Selenium in Tuff, Sixth International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, MIGRATION'97, Abstracts, p.19 (1997).
- [15]Tachi, Yukio, Shibutani, Tomoki, Sato, Haruo, Yui, Mikazu: Sorption and Diffusion Behavior of Selenium in Tuff, Journal of Contaminant Hydrology, 35, pp.77~89 (1998).
- [16]Ota,K., Amano,K. and Ando,T. : Brief overview of in situ contaminantretardation in fractured crystalline rock at the Kamaishi In Situ Test Site.In: Proceedings of an International Workshop for the Kamaishi In Situ Experiments, Kamaishi, Japan, 24-25 August 1998, JNC TN7400 99-007 (1999).
- [17]核燃料サイクル開発機構：釜石原位置試験総括報告書。 JNC TN7410 99-001(1999).
- [18]Ota,K. and Ando,T. : SEM examination of in situ connected porosity in Grimsel granodiorite matrix. In: GTS/RRP: Connected Porosity (CP) - Feasibility studies and in-situ resin injection experiment. Nagra NIB 98-26 (1999).
- [19]Frieg,B., Alexander,W.R., Dollinger,H., Buehler,C., Haag,P., Moeri,A.and Ota,K., : In situ resin impregnation for investigating radionuclide retardation in fractured repository host rocks. J. Contam. Hydrol. 35,115-130 (1998).
- [20]Alexander,W.R., Frieg,B. and Ota,K. : Grimsel Test Site: Radionuclide Retardation Project, Phase II. Nagra Technical Report NTB99-XX (in prep.).



実効拡散係数のヒストグラム



実効拡散係数と間隙率との関係

図一 1 拡散係数データベース整備の一例

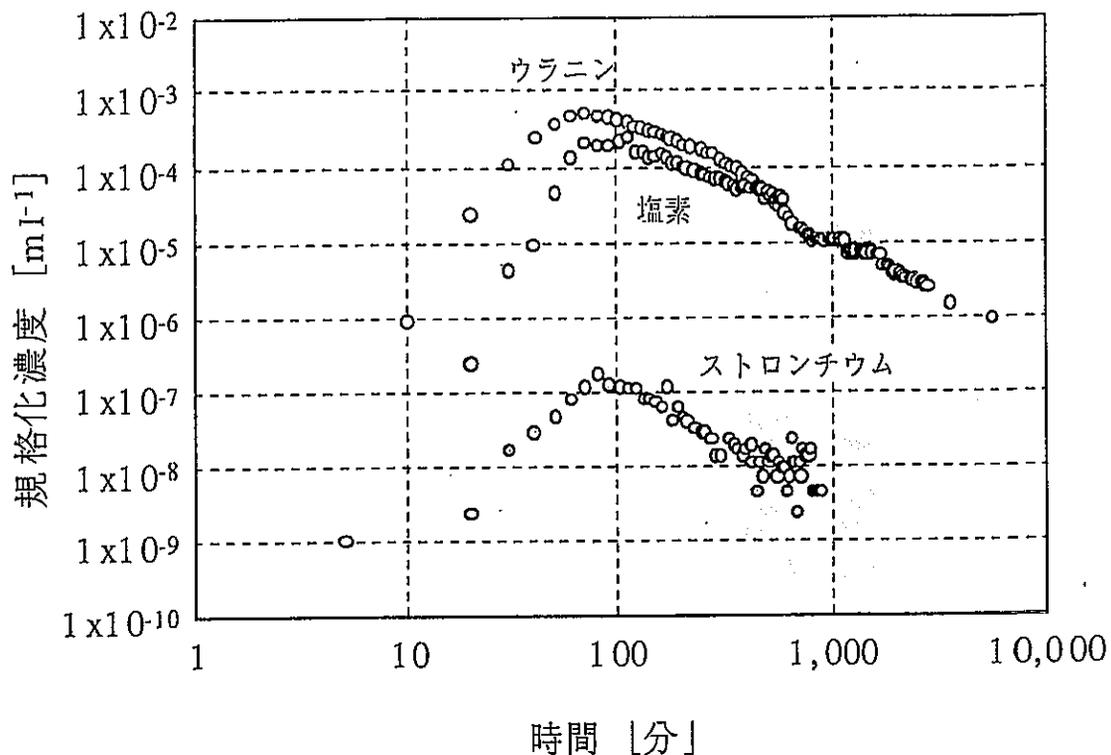


図2 結晶質岩中の割れ目における物質の移行・遅延特性 (釜石鉱山)

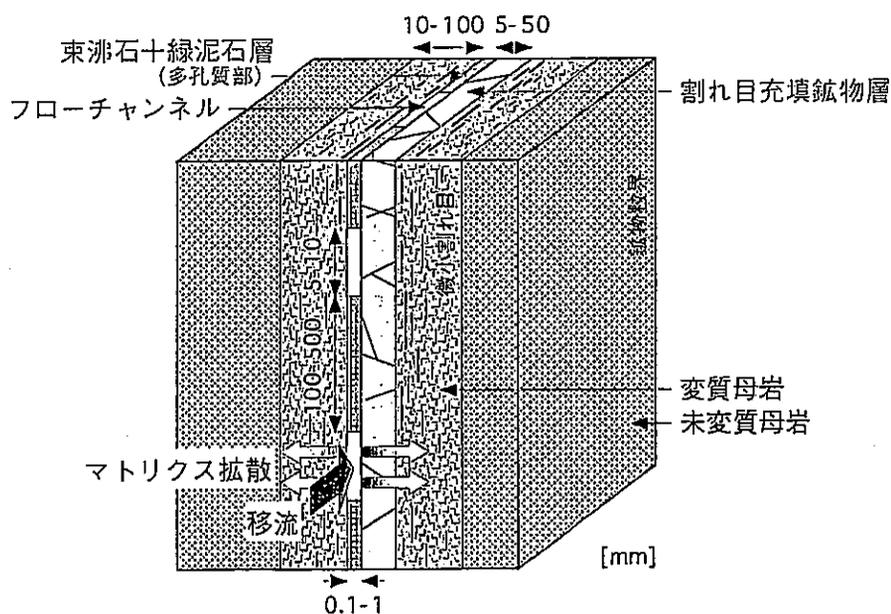


図3 栗橋花崗閃緑岩体中における物質移行経路概念モデル

栗橋花崗閃緑岩体中の透水性割れ目は、一定の厚さを持った割れ目充填鉱物層と変質母岩の2層の平板で単純化され、割れ目充填鉱物層中にはフローチャンネルがメッシュ状に広がる。フローチャンネルでは移流、割れ目充填鉱物層と変質母岩ではマトリクス拡散が生じる。

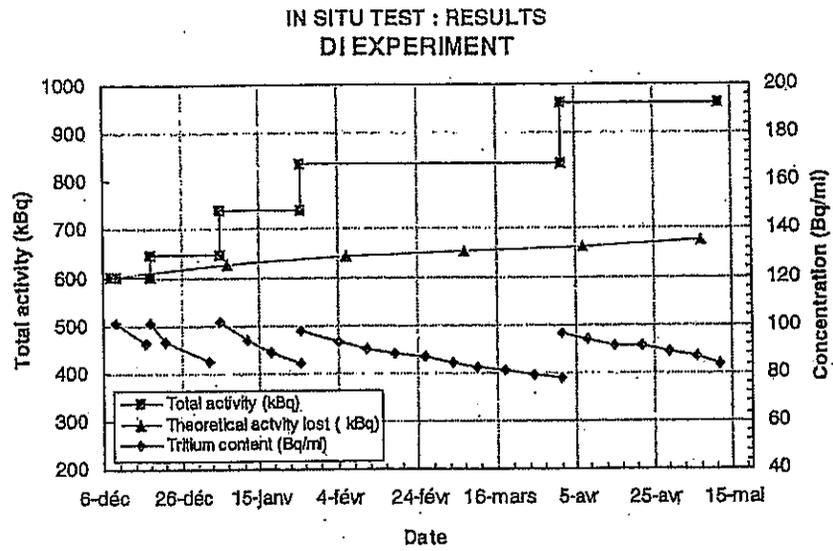


図4 モンテリ原位置試験サイトで実施した拡散試験結果

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- ・ 地下深部における微生物の耐性領域に関する実験的研究については、十分な成果が得られており、既に取りまとめに着手しているため、計画どおり完了させる予定である。
- ・ 微生物の緩衝材中での微生物の移行挙動に関する実験的研究については、緩衝材の変質を考慮した研究が残されているが、計画どおり完了させる予定である。
- ・ 地下深部における微生物の核種移行挙動に与える影響に関する実験的研究については、異なる試験条件での研究が残されているが、計画どおり完了させる予定である。
- ・ 坑道等の地下空間周辺における微生物による酸化に関する実験的研究については、異なる微生物種での検討が残されているが、所期の成果がほぼ得られているため、これまでの成果の取りまとめを行い、完了させる予定である。
- ・ 地下深部での微生物による水質変化に関する実験的研究については、原位置で採取された微生物及び地下水を対象とした計画を進め、平成 12 年度末までに完了させる予定である。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：TRU 廃棄物処分の安全評価の信頼性向上に向けたデータ/評価手法の整備
- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

TRU 廃棄物の性状に起因して起こる特有な現象について、評価の不確実性を低減させ、安全評価の信頼性を向上させるとともに、より安全で合理的な処分概念を構築するために必要不可欠である。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (14) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	天然バリアのナチュラルアナログ研究			管理番号 2. - (14)
研究課題名 (Title)	天然バリアのナチュラルアナログ研究 Natural Analogue Study of Natural Barrier			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	濱 克宏 (Katsuhiro HAMA) 東濃地科学センター 地層科学研究グループ/Geological Research Execution Group, Tono Geoscience Center			
キーワード (Key word)	ナチュラルアナログ	天然バリア	希土類元素	
	natural analogue	natural barrier	rare earth element	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	東濃ナチュラルアナログ研究：日本原子力 研究所、Nagra (スイス)、CEA (フラン ス)
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず
【成果の達成レベル】				
イ. 東濃ウラン鉱床等における研究 ・東濃ウラン鉱床を横切る断層（月吉断層）を充填している粘土、断層周辺岩盤の鉱物観察、各種化学分析を行い、地層 中での物質移行において、断層の果たす役割について知見を得た。 ・東濃ウラン鉱床内に掘削した試錐孔から得られた地下水についてコロイド・有機物に関する調査を行い、地下水中的のコロ イドが微量元素の移行挙動に与える影響に関する知見を得た。 ロ. 東濃ウラン鉱床における希土類元素の分布に関する研究 東濃ウラン鉱床の岩石試料を用いた希土類元素の存在量の測定と濃度分布の解析を行い、所期の成果を得た。				
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】				
イ. 東濃ウラン鉱床等における研究 ・東濃ウラン鉱床内の複数の地点において月吉断層の鉱物学的・地質学的調査を行い、月吉断層の空間的広がりに関する評 価を行うことにより、目標を達成する。 ・東濃ウラン鉱床内の試錐孔から得られた地下水から分離したコロイドには、微量元素の収着は認めていないことなど、 コロイドが微量元素の移行に与える影響についての知見を得ることができた。 ロ. 東濃ウラン鉱床における希土類元素の分布に関する研究 東濃ウラン鉱床周辺の岩石試料および地下水試料中の希土類元素の存在量の測定を実施中である。データ取得はほぼ終 了しており、平成12年度までに、希土類元素の溶解・沈殿挙動などについての水-岩石反応解析を終了する。				
【使用主要施設】 東濃鉱山、東濃地科学センター、東濃地科学センター周辺試錐孔				
【連絡先】	〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 核燃料サイクル開発機構	☎ 0572-53-0211	【所属】 地層科学研究グループ E-mail: 【氏名】 武田 精悦	

様式-1-1

【研究目的】

高レベル放射性廃棄物の地層処分により生じると想定される現象と類似した天然現象を抽出し、地層・地下水・核種の挙動、状態を明らかにすることにより、天然バリアの核種移行遅延機能を評価し、地層処分の安全評価に資する。

【研究内容（概要）】

イ. 東濃ウラン鉱床等における研究

東濃ウラン鉱床などから採取した岩石・鉱物試料を用いて、移行経路／鉱物相の観察・調査や放射非平衡調査などの地質学的／地球化学的調査を行うとともに、東濃ウラン鉱床などから採取した岩石／地下水試料を用いた室内試験による定量的データの取得、および核種移行の評価（モデル解析）を行う。また、東濃ウラン鉱床内などに掘削された坑道の周辺におけるウラン系列核種の移行挙動に関する調査・試験を行うとともに、東濃ウラン鉱床内などの掘削された試錐孔から得られる地下水中のコロイド・有機物に関する調査・研究を行う。

ロ. 東濃ウラン鉱床の岩石試料を用いた希土類元素等の存在量の測定と濃度分布の解析を行う（原研との共同研究）。

【研究成果】

イ. 東濃ウラン鉱床等における研究

・月吉断層部の岩石試料の顕微鏡観察を行った結果、全体に粘土鉱物の生成が認められた（図1）。
 ・月吉断層部および周辺岩盤中のウラン系列核種を分析した結果、断層内を充填している粘土では、過去100万年にわたりウランの濃集・溶脱といった移行が生じていないことがわかった。
 ・東濃ウラン鉱床内の試錐孔から得られる地下水中について、顕微鏡観察、化学分析を行った結果、珪素に富む粒子、カルシウムに富む粒子、粘土粒子が認められた。これらのコロイド粒子については、微量元素の収着が認めれたことから、コロイド粒子が微量元素の移行挙動に与える影響は小さいことがわかった（図2）。

ロ. 東濃ウラン鉱床における希土類元素の分布に関する研究

・東濃地域に分布する花崗岩試料について、断層や主要な割れ目沿った希土類元素の分布を調査するための試料採取を行った。

【公開資料】

〔平成8年度〕

- (1) Ota, K., Hanamuro, T.: Tono Natural Analogue Programme, Technical Note 96-01, (1996)
- (2) 飯田芳久, 関根敬一, 大貫敏彦, 柳瀬信之, 磯部博志, 大友潤一, 瀬尾俊弘, 吉田英一: 東濃ウラン鉱床における希土類元素の分布と挙動(II). 日本原子力学会1997年春の年会予稿集, p.553 (1997)
- (3) 花室孝広, 吉田英一: 東濃地域の花崗岩を利用した物質のマトリックス拡散に関する研究. 地球惑星科学関連学会1996年合同大会予稿集, p.665 (1996)
- (4) 新城則子, 太田久仁雄, 吉田英一: 東濃ウラン鉱床における断層周辺の物質移行研究, 断層におけるウランの移行について. 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, p.599 (1997)
- (5) 新城則子, 太田久仁雄, 吉田英一: 東濃ウラン鉱床における断層周辺の物質移行研究, ウランの分布と移行経路について. 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.33 (1996)
- (6) 吉田英一: ウラン鉱床を利用したナチュラルアナログ研究. 第2回 NUCEFセミナー講演報文集, pp.11-12 (1996)
- (7) 吉田英一: ナチュラルアナログの再考. 放射性廃棄物研究, 2, pp.93-103 (1996)
- (8) 吉田英一, 花室孝広: The Tono natural analogue study program. 地球惑星科学関連学会1996年合同大会予稿集, p.674 (1996)

〔平成9年度〕

- (9) Shinjo,N., Yoshida,H., Ota,K.: An analogue study on nuclide migration in Tsukiyoshi fault, Tono uranium deposit. Migration'97, Abstracts, p.94 (1997)
- (10) Moulin,V., Iwatsuki,T., Seo,T.: Behavior of trace elements in groundwater: Role of organic substances. Migration'97, Abstracts, p.105 (1997)
- (11) McKie,D., Maeder,U., Alexander,W.R., McKinley,I.G., Yoshida,H., Ota,K.: Development of a mechanistic model to interpret natural series disequilibrium data. Proc. 7th NAWG meeting, 28-30 Oct. 1996, Stein am Rhein, Switzerland, pp.35-37 (1997)
- (12) Baker,S.J., West,J.M., Noy,D.J., Yoshida,H., Aoki,K.: A biogeochemical assessment of the Tono site, Japan. Abst. Migration'97, p.116 (1997)
- (13) Hanamuro,T., Yoshida,H.: An analogue of the oxidation process along a fracture in Toki granite, central Japan. Abst. Migration'97, p.96 (1997)
- (14) Horikawa,Y., Komuro,K., Yoshida,H., Hatta,T.: Migration, fixation and long-term preservation of uranium in Tono uranium deposit, Japan - a mineralogical approach -. Abst. Migration'97, p.87 (1997)
- (15) Iida,Y., Ohnuki,T., Isobe,H., Yanase,N., Sekine,K., Yoshida,H., Yusa,Y.: Migration behavior of rare earth elements in Toki granitic rock, central Japan. Abst. Migration'97, p.99 (1997)
- (16) Nakanishi,T., Sakamoto,K., Hama,K., Ochiai,Y., Seo,T.: Implications of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ radioactive disequilibrium for genesis of suspended matter in natural groundwater. Abst. Migration'97, p.100 (1997)
- (17) Nakashima,S., Tano,Y., Kobayashi,M., Yoshida,H.: Quantitative characterization of weathering fronts in some rocks and soils by means of colorimetry and digital image processing. Abst. Migration'97, p.84 (1997)
- (18) Shimizu,H., Sato,N., Kunimaru,T., Yoshida,H.: REE geochemistry on sedimentary rocks and basement weathered granite at Tono uranium deposit, central Japan. 国際放射科学シンポジウム'97 講演予稿集, p.196 (1997)
- (19) Toyoda,S., Ikeya,M., Komuro,K., Sato,K., Yoshida,H.: ESR and CL observed in quartz grains from uranium deposits: Implications for uranium migration in natural hydrogeological environment. Abst. Migration'97, p.133 (1997)
- (20) Yoshida,H.: The use of Japanese natural analogue studies for performance assessment. Proc. 7th NAWG meeting, 28-30 Oct. 1996, Stein am Rhein, Switzerland, pp.205-211 (1997)

〔平成10年度〕

- (21)高橋 嘉夫、清水 洋、佐藤 奈々、濱 克宏、吉田 英一：水-岩石系の希土類元素パターンにみられるW型及びM型テトラド効果—東濃ウラン鉱床を対象にして—。1999年地球惑星科学関連学会合同大会予稿集

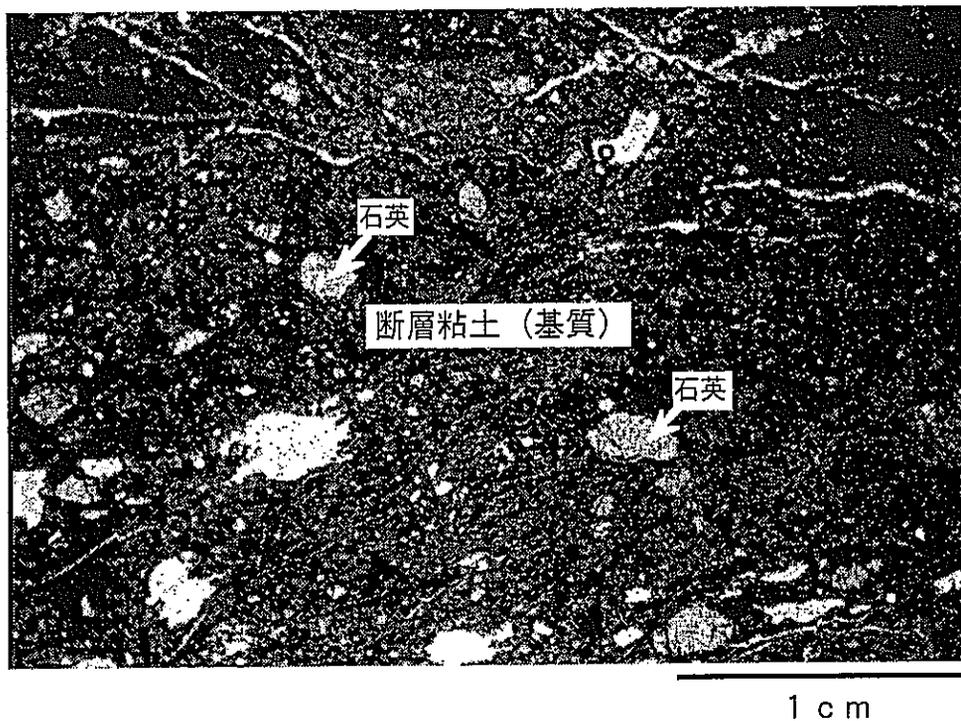


図1 断層粘土の偏光顕微鏡写真 (単ニコル)

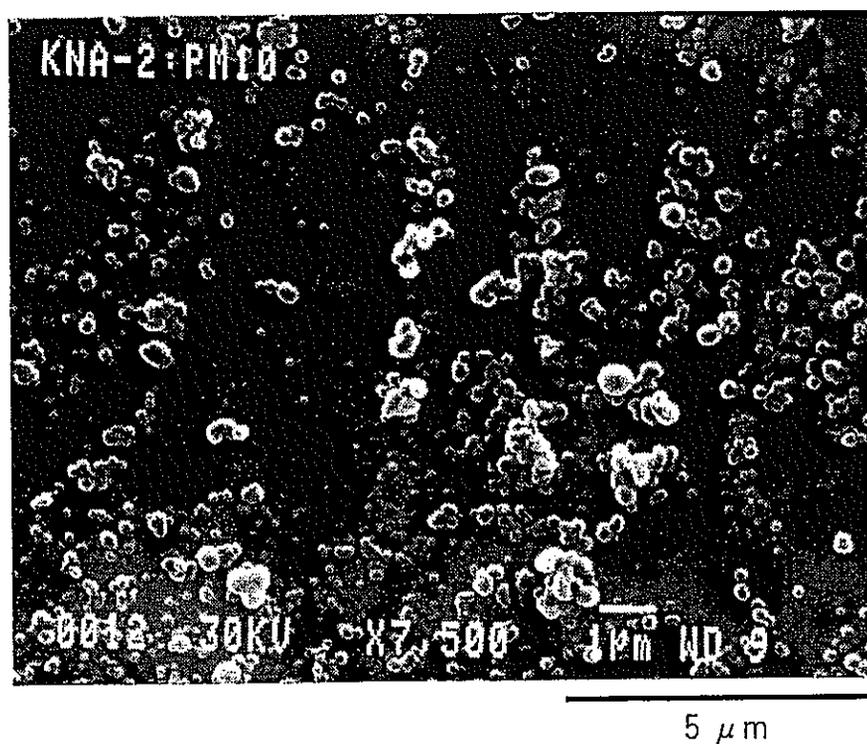


図2 フィルター上に回収された地下水中のコロイド粒子の顕微鏡写真

調 査 票

平成 8 年度～平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 全く着手していない
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 計画通り終了予定
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
- 次期年次計画に継続予定

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
- 人員確保上の問題
- 施設の問題
- その他の問題

（ ）

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

平成 12 年度までに、希土類元素の分布に関するデータの取得、解析を終了する予定である。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし。

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：天然バリアのナチュラルアナログ研究

- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (15) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	地質環境の適性評価手法に関する研究			管理番号 2. - (15)
研究課題名 (Title)	地質環境の適性評価手法に関する研究 Study on the Methodology for the Assessment of Geological Environment			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	吉田英一 (Hidekazu YOSHIDA) 東濃地科学センター 地質環境情報グループ/Geological Environment Research Group,Tono Geoscience Center 志賀賢広 (Takahiro SHIGA), 中野勝志 (Katsushi NAKANO), 長谷川健 (Ken HASEGAWA) 三枝 博光 (Hiromitsu SAEGUSA) 東濃地科学センター 地層科学研究グループ/Geoscience Research Execution Group,Tono Geoscience Center 仙波毅 (Takeshi SENBA) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Research Project,Head Office			
キーワード (Key word)	地質環境	データベース	適性	
	geological environment	data base	suitability	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度	関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	GEOBASE, Earth Vision	関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】				
<p>イ. 地下深部の地質環境に関するデータの収集 東濃地域では、超深地層研究所計画及び広域地下水流動研究において、地下深部における地質、地質構造、水理、地球化学、及び岩盤物性などの地質環境に関するデータの収集を実施した。また、釜石原位置試験研究（平成10年3月終了）において、地下坑道周辺における地質環境に関するデータの収集を実施した。以上よりデータ収集に関する所期の成果を得た。</p> <p>ロ. 地質環境データベースシステムの拡張・整備 釜石原位置試験研究において構築した地下深部の地質環境に関する情報の管理システムを参考に、超深地層研究所計画や広域地下水流動研究によって得られる多種多様なデータを効率的に活用するためのデータベースの整備・拡張についての所期の成果を得た。</p> <p>ハ. 地質環境の適性評価に関する解析手法の適用評価 地質環境の適性評価に関する解析手法やその適用を評価するための研究プロセスの確立に関する検討を実施し、所期の成果を得た。</p>				
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】				
<p>イ. 地下深部の地質環境に関するデータの収集 東濃地域では、超深地層研究所計画や広域地下水流動研究において、1000m級の試験孔7本による試験調査、地上電磁探査、空中物理探査などで、また、釜石原位置試験研究では地下深部における地質環境に関するデータを収集した。これらの調査・研究により地質環境に関するデータや知見が蓄積され、平成12年度までに所期の成果を達成できると考えられる。</p> <p>ロ. 地質環境データベースシステムの拡張・整備 超深地層研究所計画、広域地下水流動研究、及び釜石原位置試験研究によって得られた表層部から地下深部までの地質環境に関する多種多様なデータを一元的に管理するデータベースの整備を行い、既存の35本の試験調査などから収集されたデータの登録を実施した。ただし、東濃で進められている研究の多種多様な豊富な情報を管理・提供するためには、今後もデータベースの機能を拡張すると共に、利用環境を整備する必要がある。よって、平成12年度までにデータベースの機能拡張や操作性を向上させると共に、研究の進捗により蓄えられる豊富なデータを継続的に登録する。</p> <p>ハ. 地質環境の適性評価に関する解析手法の適用評価 地質環境の適性評価に関する解析手法の構築を行うとともに、地質環境適性を評価するためのプロセスに関する検討を実施し、基本的なシナリオを作成した。今後はこのシナリオにを基に実データを用いて解析を実施し、その有効性を確認する以上の研究テーマについては概ね当初計画に沿って進められており、平成12年度までに所期の目標を達成できる。</p>				
【使用主要施設】 東濃地科学センター、東濃鉱山、釜石鉱山				
【連絡先】	〒509-5102 岐阜県土岐市京町定林寺959-31 核燃料サイクル開発機構	☎ 0572-53-0211	【所属】 地層科学研究グループ E-mail : 【氏名】 武田 精悦	

【研究目的】

地質環境に関する実証的データを整備するとともに、地質環境の適性を評価する解析手法の適用評価を行い、地層処分安全評価に資する。

【研究内容（概要）】

イ. 地下深部の地質環境に関するデータの収集

地下深部の地層の状況を把握するために、現地における各種データを地質調査、地下水調査、試錐調査、岩盤物性調査、物理調査、リモートセンシング調査などにより取得する。

ロ. 地質環境データベースシステムの拡張・整備

我が国の地質環境に関する各種データを機能的に管理し、効率的な解析・評価を行うための広範なデータベースを拡張・整備する。

ハ. 地質環境の適性評価に関する解析手法の適用評価

各種の地質環境に適合した調査技術と解析手法を検討し、地質環境の適性を評価する際の調査・解析手法の妥当性を確認する。

【研究成果】

東濃地域及び釜石鉱山などにおいて実施した深部地質環境の科学的研究により、上記の研究内容に関して以下の成果が得られた。

イ. 地下深部の地質環境に関するデータの収集

東濃地域での超深地層研究所計画及び広域地下水流動研究において、地質調査、地下水調査、1000m級の試錐孔7本における試錐調査、地上電磁探査、空中物理探査、及び岩盤物性調査などを実施し、地下深部の地質、地質構造、水理学的特性、地球化学的特性、及び岩盤の力学的特性などの地質環境に関する知見が得られつつある（図1）。具体的には、各種調査によって地下水流動に影響を及ぼすと考えられる地質構造の分布やその地質学的・水理学的特性を把握した。また、地下深部では地下水の動水勾配が地下浅部と比較して半分程度であることや還元状態であることが示された。

釜石原位置試験研究によって、地下坑道周辺における地質構造特性や地下水の水理学的特性、水質、割れ目中の物質移動現象、及び掘削影響領域などの地質環境に関するデータが蓄積された。

ロ. 地質環境データベースシステムの拡張・整備

超深地層研究所計画や広域地下水流動研究によって得られる多種多様なデータを一元的に管理し、データの効率的活用を図るためのデータベースシステム（GEOBASE）を整備・拡張し、各種調査結果を随時登録している（図2）。現在までに、既存の35本の試錐調査などから収集されたデータの登録を実施した。また、イントラネットを利用したデータベースの運用方法に関する改良を実施した。さらに、既存の調査で得られている地質図をデジタル化し、コンピュータ上での管理を可能とした。

釜石原位置試験研究において取得された全てのデータをデータファイル化し、一元的に管理するためのシステムを構築した。

ハ. 地質環境の適性評価に関する解析手法の適用評価

地質環境の適性評価に関する解析手法として、地質環境に関する多種多様なデータに基づいて地質構造をモデル化するための機能、及び地下水の流動現象などを解析するための機能、さらにその結果を3次元的に可視化するための機能を有するシステムを構築した。

また、地質環境適性を評価するためのプロセスに関する検討を実施し、①データの取得、②モデルの構築、③予測解析、④新規データの取得、⑤モデルおよび予測解析結果の不確実性の評価の一連の作業を反復的に繰り返してモデルの不確実性を低減させ、最終的に一連の調査・解析手法の妥当性の評価するシナリオを作成した（図3）。

【公開資料】

（平成8年度）

(1) Iwastuki, T., Yoshida, H.: Water-rock interaction analysis in relation to geological structure in deep crystalline rock at the Tono area, Japan. Proc. Chemical Containment of Waters in the Geosphere, 3/4 Sept. 1996, BGS, U.K. (1996)

(2) 天野健治, 吉田英一: 結晶質岩中の物質移動経路としての割れ目構造解析. 日本原子力学会1996年春の大会要旨集, p.659 (1996)

(3) Suzuki, K., Yoshida, H., Amano, K., Yogo, S.: CHIME dating of monazite from pelitical hornfels of Kurihashi granodiorite, Kitakami mountains, J. Earth Planet. Sci. Nagoya Univ., 43, pp.17-26 (1996)

(4) 笹本 広, 瀬尾敏弘, 油井三和, 佐々木康夫: 釜石鉱山における地下水の地球化学的研究(1). 動燃技術報告書, PNC TN8410 96-203 (1996)

(平成9年度)

- (5) 木下直人, 松井祐哉, 菊池 正, 堀田政國: 坑道近傍における発破振動特性の計測, 第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.755-760 (1998)
- (6) Ota, K., Amano, K., Ando, T.: In situ matrix diffusion in fractured crystalline rock, Kamaishi In Situ Test Site, north-east Japan. Abst. Migration'97, Sendai, Japan, pp.98-99 (1997)
- (7) 岩月輝希, 豊嶋賢治, 吉田英一: 深地層を対象とした地下水の地球化学的調査の現状, 放射性廃棄物研究, 4, pp.73-81 (1998)
- (8) Sato, H., Shibutani, T., Tachi, P., Ota, K., Amano, K., Yui, M.: Diffusion behaviour of nuclides considering pathways in fractured crystalline rocks. PNC Tech. Rep. PNC TN8410 97-127, PNC, Tokai, Japan

(平成10年度)

- (9) M. J. White, J. P. Humm, Todaka, N., Takeuchi, S., Oyamada, K.: GEOMASS: Geological Modelling Analysis and Simulation Software for the Characterisation of Fractured Hard Rock Environments. The 3rd. ASPO International Seminar, Oskarshamn, Sweden (1998)
- (10) 尾方伸久, 見掛信一郎, 西内哲夫, 後藤和幸, 鈴木克昌: 単一孔を用いた揚水試験による結晶質岩の透水性の評価. 日本地下水学会1998年秋季講演会講演要旨, pp.20-23 (1998)
- (11) 後藤淳一, 太田久仁雄: 東濃地域における広域地下水流動研究 - 土岐花崗岩の地質構造と変質作用 -. 日本応用地質学会平成10年度研究発表会講演論文集, pp.13-16 (1998)
- (12) 濱克宏, 岩月輝希: 東濃地域における広域地下水流動研究 - 深部地下水の地球化学特性について -. 日本応用地質学会平成10年度研究発表会講演論文集, pp.17-20 (1998)
- (13) 後藤淳一, 太田久仁雄: 地下水流動に影響を及ぼすと考えられる地質構造の特性に関する検討. 日本原子力学会中部支部第30回研究発表会予稿集, pp.40 (1998)
- (14) 後藤和幸, 鈴木克昌, 尾方伸久, 三好忠和: 花崗岩中の水圧観測時に得られた近傍の試錐掘削圧力応答と地球潮汐応答について. 資源・素材学会 地下計測部門委員会 岩盤地下水理に関するワークショップ論文集, pp.47-51 (1999)

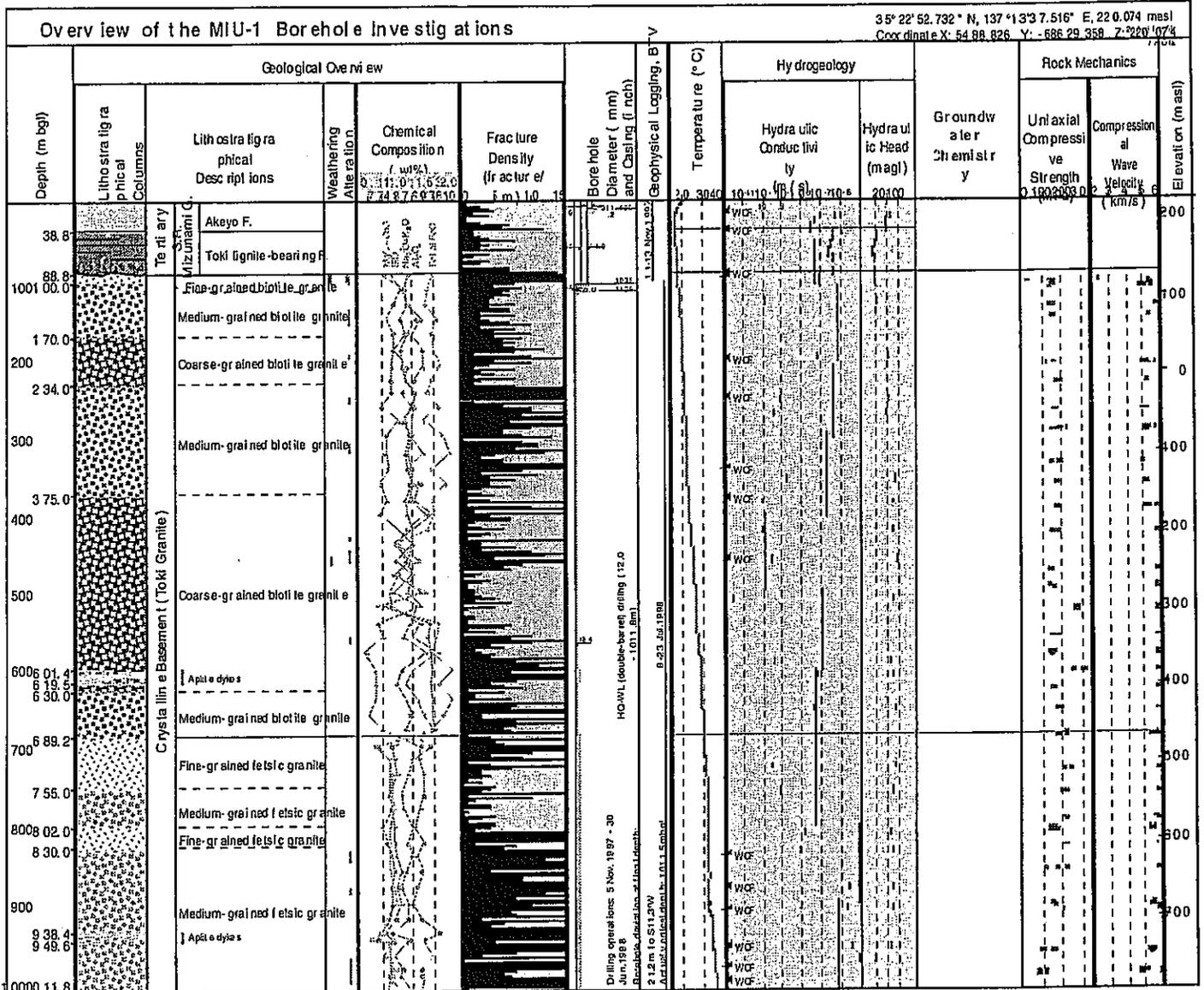


图1 MIU-1号孔試錐調査結果

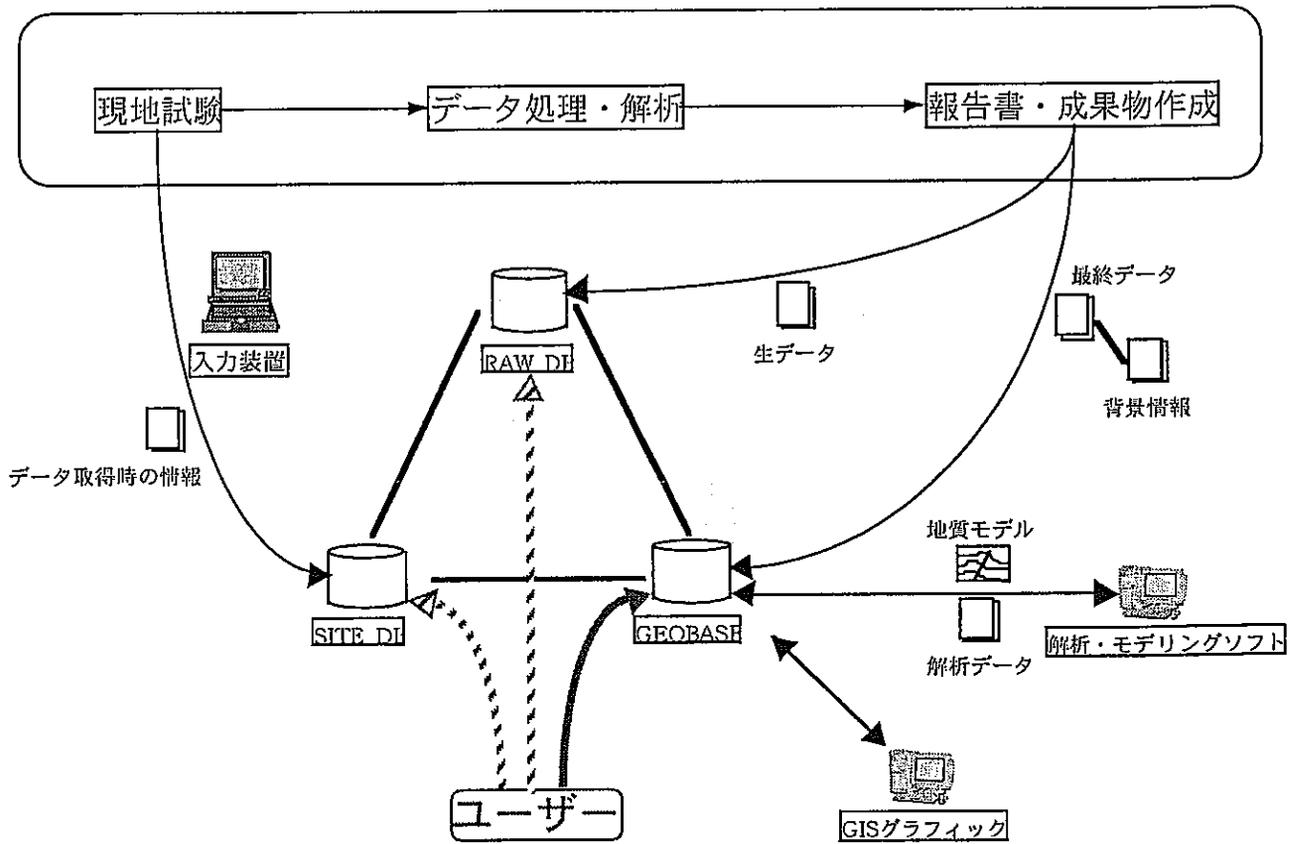


図 2 GEOBASE 概念図

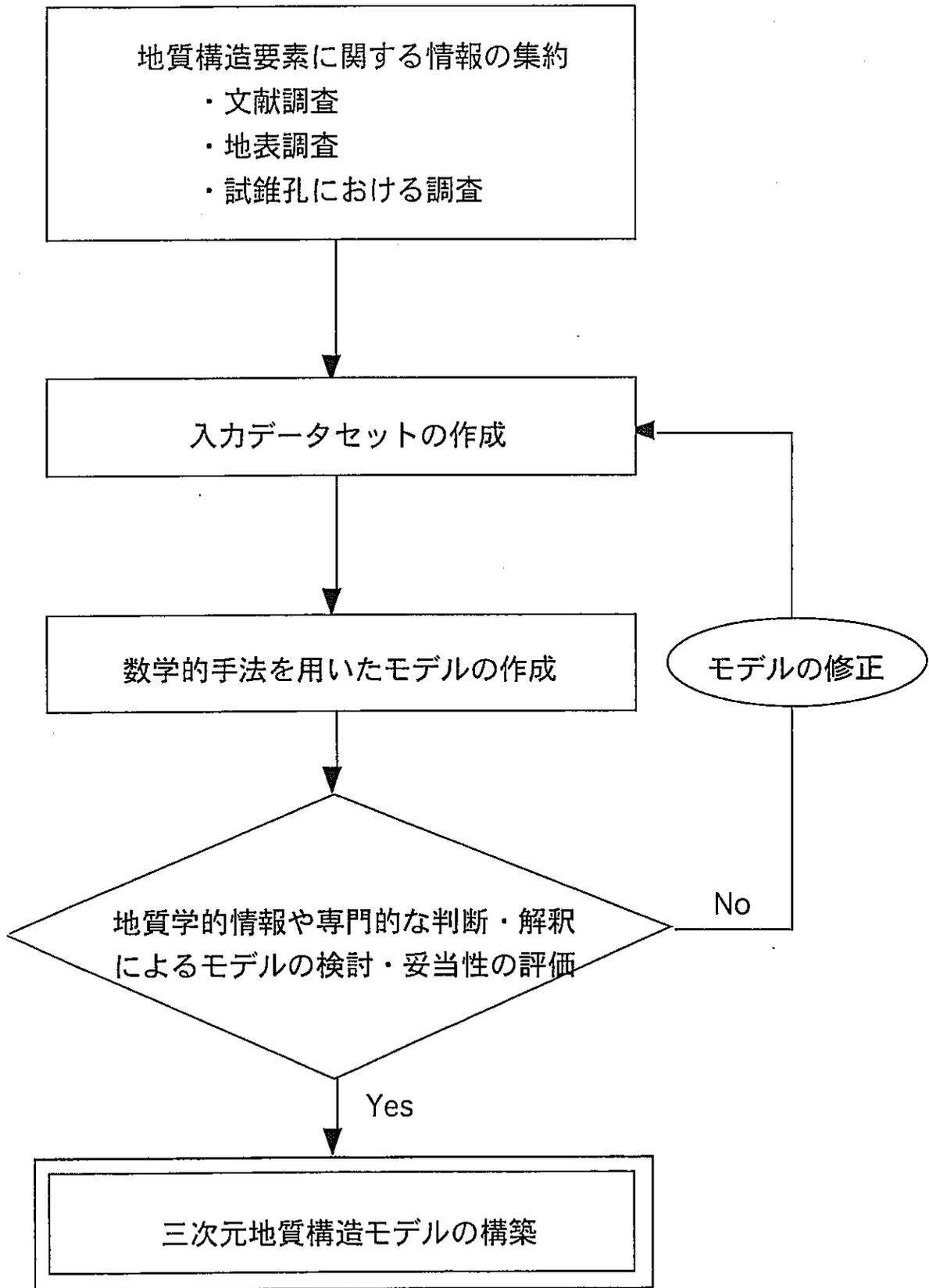


図3 適用した三次元地質構造モデル化の作業プロセス

調 査 票

平成 8 年度～平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

イ. 地下深部の地質環境に関するデータの収集

超深地層研究所計画や広域地下水流動研究において地下深部の地質環境に関するデータは蓄積されており、平成 12 年度までに所期の目標を達成できる。

ロ. 地質環境データベースシステムの拡張・整備

データベースシステムはプロセスデータの管理提供機能や操作性などにおいて拡張要素はあるものの、データの入力作業も順調に進められており、平成 12 年度までに所期の目標を達成できる。

ハ. 地質環境の適正評価に関する解析手法の適用評価

地質環境の状態を可視化し解析するシステムは一部の改良を残して既に稼働している。また、そのシステムを用いて地質環境を可視化し地下水流動を予測解析し、その不確実性を評価するためのアプローチについても検討が進んでおり、平成 12 年度までに所期の目標を達成できる。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし。

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：

- 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

次期年次計画における研究課題に含めて実施することとしたため。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (16) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	地震動が地質環境特性に与える影響に関する研究				管理番号 2. - (16)
研究課題名 (Title)	地震動が地質環境特性に与える影響に関する研究 Study on the Seismic Effect on Geological Environment				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	中司 昇 (Noboru NAKATSUKA), 野原 壯 (Tsuyoshi NOHARA), 阿部 寛信 (Hironobu ABE) 東濃地科学センター 地質安定性研究グループ/Neotectonics Research Group, Tono Geoscience Center 青木 和弘 (Kazuhiro AOKI), 川村 淳 (Makoto KAWAMURA) 本社 立地推進部/Site Planning Division, Head Office				
キーワード (Key word)	地震	地震動	地質環境	地下水流動	
	seismicity	earthquake motion	geological environment	groundwater flow	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】 イ. 地震動の観測 釜石鉱山（花崗岩）において地震観測を継続するとともに、釜石鉱山で観測を開始した平成2年から平成10年3月までの観測結果を取りまとめ、所期の成果を得た。 ロ. 地震動の地下低減特性の特徴把握及びモデル化 釜石鉱山で観測を開始した平成2年から平成10年3月までの観測結果に基づき、地下深部から地表部にかけての地震動特性に関する解析を行い、地下深部における地震の最大加速度の低減特性に加え、最大加速度の距離減衰、応答スペクトル等について、所期の成果を得た。 ハ. 地下水流動・性質の観測および評価手法の検討 釜石鉱山における地下水の水圧の連続観測結果について解析を行い、地下水に対する地震の影響に関して所期の成果を得た。					
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】 イ. 地震計（東西、南北、鉛直方向の3成分加速度計）を地表部から深度約650m間の標高の異なる4レベルの坑道内に設置し地震観測を継続した。また、岩盤歪み計（レーザー干渉型、差動トランス併設型の石英管伸縮計方式）により岩盤歪みを計測した。釜石鉱山での観測は平成10年3月で終了した。 ロ. 釜石鉱山の地盤モデルを作成しSchnable, P.B. et alによる波動伝播解析コード（SHAKE）を用いて釜石鉱山における地震の低減、増幅特性について検討した。地表部における地震動の地形の影響についてはAL法を用いて釜石の地形を単純化した3次元モデル計算により山頂部、山腹部、山裾部、平坦部における周波数応答特性について検討した。また釜石鉱山で観測を開始した平成2年から平成9年10月までの観測結果に基づき、地下深部の地震動の基本特性（最大加速度の距離減衰、上下動と水平動の最大加速度振幅比、応答スペクトル）等について検討した。 ハ. 標高550mの3本の試錐孔の孔口部分に圧力センサーを設置して地下水の水圧観測を継続し、地震に伴う水圧の変化様式について検討した。坑道壁面からの湧水について、湧水量、電気伝導度、pHの連続測定および水質分析を継続した。釜石鉱山での観測は平成10年3月で終了した。また、水圧変化と岩盤歪み、地震の諸元との関係について検討した。					
【使用主要施設】 釜石鉱山					
【連絡先】	〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31 核燃料サイクル開発機構		☎0572-53-0211	【所属】 地質安定性研究グループ E-mail : 【氏名】 中司 昇	

【研究目的】

地震動の地下低減特性及び地震動による地下水の流動及び性質の変化のメカニズム等を把握するとともに、地下深部の地震特性を一般化したモデルを開発し、地層処分の長期的な安全性を評価することに資する。

【研究内容（概要）】

地震動が地質環境特性に与える影響を評価するために、以下の研究を実施する。

- イ. 地震動の観測
花崗岩盤の地表・地下において、地震動の継続観測を実施する。さらに、花崗岩以外の岩盤について地震動特性を把握するための観測を行う。
- ロ. 地震動の地下低減特性の特徴把握及びモデル化
震央距離、震央位置（入射角）、マグニチュード、加速度振幅（水平／上下方向）等に対して、地形が地震動に及ぼす影響を把握する。また、作成した速度構造モデルを用いて、地震動の地下低減特性を一般化するために理論解析を実施するとともに、実測値と比較し、モデルの改良を行う。
- ハ. 地下水流動・性質の観測及び評価手法の検討
地下水流動やその性質が地震動により、変化する幅・期間等のデータを継続収集する。また、上記観測により、地震動が地下水流動・性質に及ぼす影響を定量的に把握し、その評価方法につき検討する。

【研究成果】

釜石鉱山において実施した深部地質環境の科学的研究により、上記の研究内容に関して以下の知見が得られた。

イ. 地震動の観測

釜石鉱山で観測を開始した平成2年から観測が終了した平成10年3月までの約8年間に、344回の地震が観測された。この間観測された344回の地震のうち、マグニチュードが最大の地震は、平成6年10月4日の北海道東方沖地震で、マグニチュード8.1であった。マグニチュードの平均は4.5である。また、加速度振幅が最大の地震は、平成5年11月27日に宮城県沖北部で発生した地震（マグニチュード5.9）で、地表部観測点で52galである。また、地表部観測点で10galを超える地震は32回観測された。(4)

ロ. 地震動の地下低減特性の特徴把握およびモデル化

釜石鉱山における平成2年から平成10年3月までの約8年間の観測結果を検討したところ、以下の知見が得られた。

・観測期間中最も安定して地震を観測できた地下深度315mでの地震動の最大加速度の距離減衰をFukushima and Tanaka(1990)による最大加速度の距離減衰と比較した結果、Fukushima and Tanaka (1990)の適用範囲（ $5.0 < M < 8.0$ 、深さ $< 30\text{km}$ 、震源距離 $< 300\text{km}$ ）では、観測値がFukushima and Tanaka (1990)の最大加速度の距離減衰を下回る結果を得た。この結果から地震波に地表地盤の影響が及ばない岩盤（地震基盤）での最大加速度は小さくなることが示された。

・観測された地震動の速度応答スペクトルの平均は、震源の深さに依存し、震源が60kmよりも深い地震の速度応答スペクトルが最も大きく、30kmが浅い地震の応答スペクトルが最も小さい。この結果より、震源距離やマグニチュードが同じであれば、震源が深い地震の速度応答スペクトルは浅い地震のものに比べて大きいといえる。(6)

ハ. 地下水流動・性質の観測および評価手法の検討

釜石鉱山で観測を開始した平成2年から平成10年3月までの約8年間の観測結果の整理および解析を行い、以下の知見を得た。

- ・地下300m以深での水圧観測の結果、降雨量の変化に対応して水圧は 1.0kgf/cm^2 程度の季節変化を示した。
- ・平成2年から平成10年3月までに観測された地震のうち、地震時に水圧の変化が観測されたのは27例であった。水圧変化の最大値は 0.35kgf/cm^2 で、それ以外は 0.1kgf/cm^2 以下であり、年間の季節変化に伴う水圧の変動幅よりも小さいことが分かった。また、地震時の水圧の変化後、1週間以内に水圧は回復している。(5)
- ・地震の速度波形と地震による動的な水圧変化の波形を比較した結果、水圧変化が最大を示すのは、地震波の振幅が最も大きいS波主要動部分においてであり、速度波形が最大を示した後、1秒以内に水圧変化が最大になる傾向が見られた。(7)
- ・地下550mレベルにおける地震波と地下水観測点（KWP-1～KWP-3）の水圧変化との最大振幅の関係を検討した結果、地震波の最大値（水平2成分の平均）と水圧変化の最大値との間には正の相関が見られる。両者の関係は特に、地震の速度波形の場合に特に顕著である（図1）。(7)

【公開資料】

〔平成8年度〕

(1) Ishimaru, K., Shimizu, I.: Groundwater pressure changes associated with earthquakes at the Kamaishi Mine, Japan-A study for stability of geological environment in Japan-. Proc. 30th International Geological Congress, 24, pp31-41 (1997)

〔平成9年度〕

- (2)石丸恒存：地質環境の長期安定性に関する研究，－地震が地下水の水理に与える影響－. 動燃技報102号, pp.39-46 (1997)
- (3)社資源素材学会：地震に関する調査研究 (XIV). 委託研究報告書 PNC TJ1552 98-002 (1998)

〔平成10年度〕

- (4)Power reactor and Nuclear fuel Development Corporation：Kamaishi International Workshop proceedings, PNC TN7413 98-023 (1998)
- (5)青木和弘, 川村淳, 石丸恒存, 阿部寛信：釜石鉾山における地下の研究（地震に関する調査研究）, 日本原子力学会1999年（第37回）春の年会要旨集, P.788 (1999)
- (6)佐々木俊二, 川村淳, 青木和弘, 阿部寛信：釜石鉾山における地震観測結果その1 地下深部における地震動特性, 1999年地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, Am-P003 (1999)
- (7)佐々木俊二, 小林芳正, 川村淳, 青木和弘, 阿部寛信：釜石鉾山における地震観測結果その2 地震に伴う地下水圧の変動, 1999年地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, Am-P004 (1999)
- (8)（社）資源素材学会：地震に関する観測データの解析研究, サイクル機構委託研究報告書 (1999)
- (9)Japan Nuclear Cycle Development Institute：Proceeding of an International Workshop for the Kamaishi in situ experiments, JNC TN400 99-007 (1999)

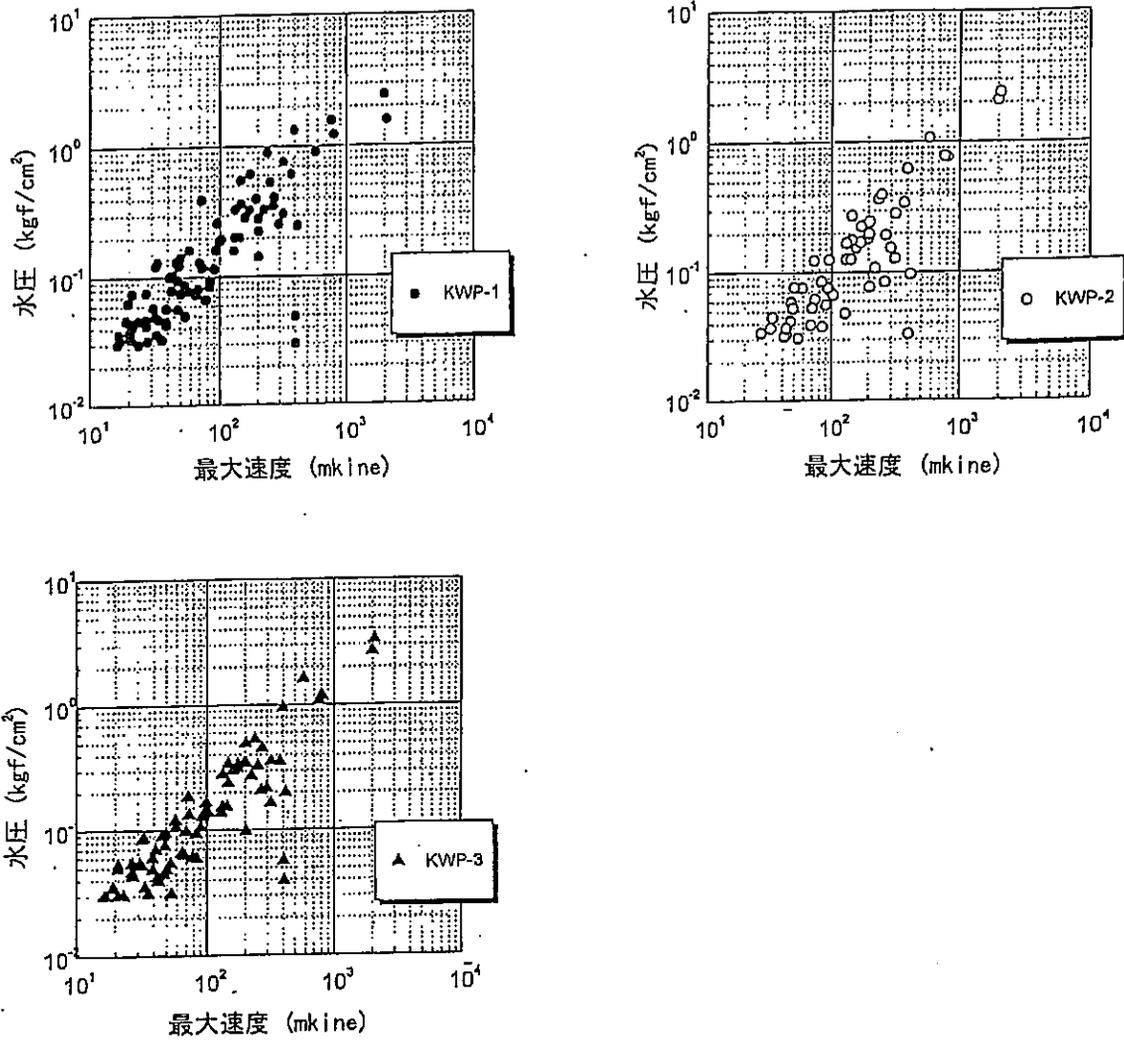


図1 地下550mレベル地震観測点での最大速度振幅（水平2成分の平均）と地下水圧観測点（KWP-1～KWP-3）での水圧変化の最大振幅との関係

調 査 票

平成8年度～平成10年度

【現行年次計画の進捗状況】

・ ほぼ計画通り進捗している。

 計画通り終了した 計画通り終了予定 次期年次計画に継続予定

・ 計画通り進捗しているとはいえない。

 全く着手していない 着手したが中断している（平成 年度以降） 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

 予算確保上の問題 人員確保上の問題 施設の問題 その他の問題

(

)

上記理由

【平成12年度末までの達成見通し】

平成10年度までに所期の目的を達成し、研究を終了した。

【平成12年度末において達成できないと考えられる項目】

なし

【次期年次計画への継続の有無（平成13年度以降の予定）】

 次期年次計画へ継続する。

次期年次計画における研究課題名：

 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

平成10年度までに所期の目的を達成し、研究を終了した。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (18) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	人工バリアとその周辺岩盤との相互作用に関する研究				管理番号 2. - (18)
研究課題名 (Title)	人工バリアとその周辺岩盤との相互作用に関する研究 Study on Interaction of Artificial Barrier and the Surrounding Rock Mass				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	藤田 朝雄 (Tomoo FUJITA), 千々松 正和 (Masakazu CHIJIMATSU) 東海事業所 処分研究部/Waste Isolation Research Division,Tokai Works 佐藤 稔紀 (Toshinori SATO) 東濃地科学センター 地質環境情報グループ/Geological Environment Research Group,Tono Geoscience Center 杉原 弘造 (Kozo SUGIHARA) 東濃地科学センター 地層科学計画グループ/Geoscience Planning and Management Group,Tono Geoscience Center				
キーワード (Key word)	坑道掘削	掘削影響領域	掘削工法	人工バリア	ベントナイト
	excavation	disturbed zone	excavation method	engineered barrier	bentonite
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】 イ. 原位置試験による研究 東濃鉱山(堆積軟岩)の水平坑道の機械掘削区間および発破掘削区間において掘削影響試験を実施し、掘削影響領域に対する工法依存性の影響評価について、所期の成果を得た。また、水平坑道において応力測定を実施し、坑道周辺の二次応力の分布について、所期の成果を得た。釜石鉱山(結晶質岩)の水平坑道において通常発破と制御発破による掘削影響試験を実施し、掘削影響領域の特性と広がりに関する情報の収集とこれらの工法依存性の影響評価について、所期の成果を得た。釜石鉱山における掘削影響試験の成果については、市民報告会ならびに国際ワークショップにて報告するとともに、釜石原位置試験総括報告書としてとりまとめた。 ロ. 工学規模試験による研究 岩盤を含めたニアフィールドの熱-水-応力連成試験を開始し、熱-水-応力連成挙動に関するデータが取得され、所期の成果が得られた。 ハ. 上記の試験の統合による人工バリアとその周辺岩盤の連成挙動のモデル化を実施し、原位置試験へ適用してモデルの検証を実施した。					
【進捗状況(平成8年度～平成10年度)】 イ. 原位置試験による研究 東濃鉱山において立坑掘削影響試験および水平坑道の発破掘削影響試験を実施し、掘削後の岩盤変位の長期観測を継続した。また、水平坑道の掘削影響試験についてその評価および予備解析のためのモデル化を実施した。また、北延NATM坑道の近傍において、ひずみゲージ埋設式の応力解法により初期応力を実施した。ほぼ成果は目的を達成した。釜石鉱山において異なる深度における水平坑道の掘削影響試験を実施した。平成9年度をもって、250mレベル坑道において掘削影響の範囲や特性の調査と長期挙動評価および事後解析等を終了した。 ロ. 工学規模試験による研究 室内における岩盤と緩衝材の熱-水-応力連成挙動に関するデータ取得を目的として、熱-水-応力連成試験設備において連成試験を実施した。 ハ. 上記の試験の統合による人工バリアとその周辺岩盤の連成挙動のモデル化を実施し、原位置試験へ適用してモデルの検証を実施した。					
【使用主要施設】 原位置試験による研究：東濃地科学センター、東濃鉱山、釜石鉱山、工学規模試験による研究：東海事業所、熱-水-応力連成試験設備 COUPLE、モデル化手法の開発：東濃地科学センター、東海事業所					
【連絡先】	〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎029-282-1111	【所属】 処分研究部 E-mail: 【氏名】 グループリーダー 油井 三和		

【研究目的】

周辺岩盤環境の変化を時系列的に把握し、人工バリアとその周辺岩盤との相互作用及びそれらの長期挙動の評価に資する。

【研究内容（概要）】

イ. 原位置試験による研究

結晶質岩と堆積岩を対象として、それぞれ原位置において掘削影響試験を実施し、掘削影響領域の力学的・水理学的特性とその広がりなどについての情報を継続して収集する。また、掘削影響領域に対する掘削工法の違いによる影響を評価するとともに、掘削影響領域の生成メカニズムの解明と坑道周辺岩盤のモデル化を進める。また、岩盤の長期的な力学的挙動を予測する手法を開発するための室内試験およびモデル化の基礎的検討を行う。

ロ. 工学規模試験による研究

岩相や試験条件をパラメータとして、岩盤及び緩衝材の熱-水-応力連成挙動に関するデータを取得するとともに、緩衝材の膨潤応力の発生メカニズムのモデル化及びコード開発を実施する。

ハ. 上記の試験を統合し、人工バリアとその周辺岩盤の総合的な挙動をモデル化する手法を開発する。

【研究成果】

イ. 原位置試験による研究

東濃鉱山における掘削影響試験の事後調査として、機械掘削を行った坑道周辺でのAE法とDRA法を用いた2次応力測定、並びに坑道壁面近傍の亀裂観察を実施した。釜石鉱山における掘削影響試験は、3カ年間の調査試験結果の総合的な評価を行った。

2次応力測定に関しては、坑道壁面から2m程度の地点で坑道接線方向の応力値が最大になるという結果を得た。また、今回の測定結果は、前年度に実施した応力解放法による測定結果とよく一致した。目視による亀裂観察の結果、発破掘削区間に生じている亀裂の数は機械掘削区間に比べ数倍となり、この観察結果から推定される発破掘削区間の掘削損傷領域の範囲は坑道壁面から0.6m程度となった。

釜石鉱山における原位置試験に関しては、平成7年度からの3カ年の成果のとりまとめを行い、掘削影響の発生メカニズム、掘削影響領域の範囲とその特性、掘削損傷の工法依存性並びに既存調査・解析手法の適用性についての総合評価を実施し、総括報告書としてとりまとめた。

ロ. 人工バリアとその周辺岩盤の連成挙動のモデル化

(イ) 連成挙動のモデル化

これまでの原位置試験による研究および工学規模試験による研究の成果を踏まえて、人工バリアとその周辺岩盤の連成挙動をモデル化し、解析を実施した。

解析に用いるモデルは、大西らによって開発された熱-水-応力連成コードに、不飽和粘土中の水分移動、温度勾配による水分移動、浸潤に伴う膨潤圧を考慮した連成モデルである。不飽和粘土中の連成現象を評価するために考慮した項目に関しては図-1に*で示している。

地下水の動きに関しては、不飽和状態での水分移動、飽和状態での水分移動、温度勾配による水分移動、水頭の変化による間隙流体の密度変化、飽和度の変化、多孔質の骨格変化、温度変化による間隙流体の密度変化を考慮した。

熱の移動（内部エネルギーの変化）については、熱対流、熱伝導、水蒸気への相変化、間隙水圧の変化、固相の変化を考慮した。

応力の釣り合いに関しては、弾性応力、膨潤応力、熱応力、間隙水圧、外部物体力を考慮した。

(ロ) 原位置連成試験における検証解析

上述の、人工バリアとその周辺岩盤の連成挙動のモデルを検証するために、釜石原位置試験場において実施された粘土充填・熱負荷試験で得られた熱-水-応力連成現象に関するデータを用いた。本試験では、図-2に示すように試験坑道床盤に直径1.7m、深さ5mの鉛直下向きの試験孔を掘削し、試験孔内に緩衝材および廃棄体を模擬したヒーターを設置した。試験孔周辺の岩盤内には試験孔を削孔し、計測機器を設置した。また、緩衝材内にも計測機器を設置した。緩衝材内への地下水の浸潤の促進のため坑道床盤に水を張った状態で、ヒーターの加熱を開始し、加熱・浸潤試験を実施した。その後、ヒーターを停止し、減熱・浸潤試験を実施した。

加熱・浸潤試験結果と連成モデルを用いて実施した解析結果との比較を図-3、図-4に示す。図-3は岩盤内および緩衝材内の温度の経時変化の比較、図-4は緩衝材内の含水比の経時変化の比較である。温度に関しては解析結果は試験結果と良い一致を示した。含水比に関しては、緩衝材の中心部分では挙動に若干の差異があるものの、ヒーター近傍の含水比の減少傾向、岩盤近傍の含水比の増加状況は良く再現できた。

【公開資料】

【平成8年度】

- (1)土原久哉, 松井裕哉, 三上哲司, 杉原弘造: 深部岩盤における掘削損傷領域の工法依存性に関する予備調査. 第28回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.308-312 (1997)
- (2)千々松正和: 熱-水-応力連成試験設備 (COUPLE) における試験 (その1), 天然岩石を用いた試験結果. 動燃技術報告書, PNC TN8410 97-025 (1997)
- (3)佐藤稔紀, 菊地正, 杉原弘造, 山本卓也, 大久保誠介: 坑道近傍における発破振動計測. 資源・素材学会1996年春季大会講演要旨集, p.91 (1996)
- (4)佐藤稔紀, 菊地正, 杉原弘造, 山本卓也, 大久保誠介: 掘削影響の相違と掘削工法の関係について-東濃鉱山における振動計測結果を例として-. 日本原子力学会1996年秋の大会予稿集, p.684 (1996)
- (5)佐藤稔紀, 菊地正, 杉原弘造, 山本卓也, 大久保誠介: プームヘッダーによる坑道掘削時の振動計測. 資源・素材 '96, 一般発表講演要旨集, p.3 (1996)

- (6)松井裕哉, 杉原弘造, 木梨秀雄, 三上哲司; 釜石鉱山における新規坑道掘削を対象とした変形挙動予測解析. 第28回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.454-458 (1991)
- (7)堀田政國, 松井裕哉, 杉原弘造, 船戸明雄: 間隙水圧計測可能な亀裂変位計の現場適用試験. 第28回岩盤力学に関するシンポジウム, 講演論文集, pp.293-297 (1996)
- (8)中村直昭, 秋山真介, 松井裕哉, 佐藤稔紀: 複数の手法を用いた初期応力測定結果の比較. 第28回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.373-377 (1996)
- (9)菊地正, 佐藤稔紀, 杉原弘造, 板本昌治: 坑道掘削に伴う周辺岩盤のひずみ計測. 第28回岩盤力学に関するシンポジウム, 講演論文集, pp.408-412 (1996)
- (10) Sugihara, K., Matsui, H., Ishijima, F., Sato, T.: Study on excavation disturbance in the Kamaishi Mine, Japan. EDZ WORKSHOP, Winnipeg, Canada, pp.15-24 (1996)
- (11)石島文代, 杉原弘造, 吉田英一: 空洞掘削に伴う周辺岩盤の微視的構造調査. 動燃技報第99号, pp.105-111 (1997)
- (12) Kiyama, T., Kita, H., Ishijima, Y., Yanagidani, T., Aoki, K., Sato, T.: Permeability in anisotropic granite under hydrostatic compression including post-failure region. Proc. 2nd North American Rock Mechanics Symposium (NARMS'96), pp.1643-1650 (1996)

〔平成9年度〕

- (13)陳友晴, 西山孝, 喜多治之, 佐藤稔紀: 微小クラックの分類による稲田花崗岩の異方性の把握. 資源・素材'97春季大会, p.93 (1997)
- (14)岡伸次, 佐藤稔紀, 菊地正, 海堀明彦, 吉岡尚也: P S 検層の測定環境が結果に及ぼす影響. 土木学会第52回年次学術講演会, pp.660-661 (1997)
- (15)菊地正, 佐藤稔紀, 杉原弘造, 西垣誠: 坑道掘削に伴う間隙水圧の変化について. 資源・素材学会1997年秋季大会, (D)資料, 資源開発, p.250 (1997)
- (16)佐藤稔紀, 杉原弘造, 松井裕哉, 木梨秀雄, 守屋俊文: 不連続面の特性とせん断特性との関係. 資源・素材学会1997年秋季大会, (A)資料, 岩盤工学, pp.21-24 (1997)
- (17)木山保, 佐藤稔紀, 長秋雄, 柳谷俊, 石島洋二: 劣化が透水特性に与える影響. 資源・素材学会1997年秋季大会, (A)資料, 岩盤工学, pp.65-68 (1997)
- (18)佐藤稔紀, 菊地正, 杉原弘造, 山本卓也, 大久保誠介: 坑道掘削に伴う周辺岩盤の損傷に関する研究—釜石鉱山と東濃鉱山における振動測定結果について—. 日本原子力学会1997年秋の大会予稿集 I-44, p.686 (1997)
- (19)陳友晴, 西山孝, 喜多治之, 佐藤稔紀: 微小クラックの分類による稲田花崗岩と栗橋花崗閃緑岩の力学的弱面について. 応用地質, 第38巻, 第4号, pp.196-204 (1997)
- (20)Sato, H., Matsui, T., Kikuchi, T., Sugihara, K., Okubo, S.: Seismic velocity structure of EDZ around the drifts at the Kamaishi and Tono Mines in Japan. Abst. MRS'97, p.367 (1997)
- (21)Matsui, H., Sato, T., Sugihara, K., Nakamura, N.: Comparison of the results of stress measurements determined by various methods. Proc. 2nd International Symposium on Rock Stress in Kumamoto, pp.95-100 (1997)
- (22)山本卓也, 菊地正, 佐藤稔紀, 杉原弘造. 工法の違いによる掘削影響の現場測定. 第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.791-796 (1998)
- (23)朴三奎, 菊地正, 佐藤稔紀, 杉原弘造, 吉岡尚也, 道廣一利: 坑道掘削に伴う周辺岩盤の力学的影響領域の測定. 第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.551-556 (1998)
- (24)木下直人, 松井裕哉, 菊地正, 堀田政國: 坑道近傍における発破振動特性の計測. 第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.755-760 (1998)
- (25)木梨秀雄, 畑浩二, 松井裕哉, 杉原弘造: A E 計測を利用した坑道掘削による影響領域について. 第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.611-616 (1998)
- (26)Sato, T., Matsui, H., Kikuchi, T., Sugihara, K., Okubo, S.: Seismic Velocity Structure of EDZ around the drifts at the Kamaishi and Tono Mines in Japan. MRS'97 Symp. Proc., 506, pp.813-820 (1998)
- (27)佐藤稔紀, 菊地正, 杉原弘造: 掘削工法の相違が周辺岩盤の変形挙動に与える影響について. 動燃技報, No.105, pp.41-46 (1998)
- (28)佐藤稔紀, 松井裕哉, 杉原弘造: 深地層を対象とした力学的調査の現状—複数の手法を用いた所期応力測定について—. 原子力バックエンド研究, 第4巻, 第2号 (1998)

〔平成10年度〕

- (29)Chijimatsu, M. and T.Fujita: Mathematical simulation of coupled T-H-M processes in the near field. Proc. 1998 International Workshop on key Issues in Waste Isolation Research.
- (30)田中達也, 玉井明雄, 河村秀雄, 松井裕哉, 杉原弘造: 物理探査手法による深部岩盤における掘削損傷領域の評価に関する調査研究, 第8回トンネル工学会(1998)
- (31)Carlson, S., Sato, T., Kikuchi, T., Yoshida, H.: Ultrasonic Velocity Study of an Excavation Damaged Zone at the Kamaishi mine, Iwate Prefecture, Japan, 地球惑星科学関連学会1998合同大会
- (32)堀田正國, 木下直人, 松井裕哉, 杉原弘造: 坑道底盤の坑軸方向透水性の計測, 第29回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集
- (33)木下直人, 堀田正國, 松井裕哉, 杉原弘造: 発破振動計測と引張強度試験に基づく掘削損傷領域の評価, 第29回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集
- (34)松村真一郎, 薛自球, 佐藤稔紀: 超高压下での岩石のひずみとP波速度測定による緩み評価, 第29回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集
- (35)Matsui, H., Sato, T., Sugihara, K., Kikuchi, T.: Overview of the Excavation Disturbance Experiment at the Kamaishi Mine, Proc. of an International Workshop for the Kamaishi In Situ Experiments JNC TN7400 99-007, pp.29-44(1998)

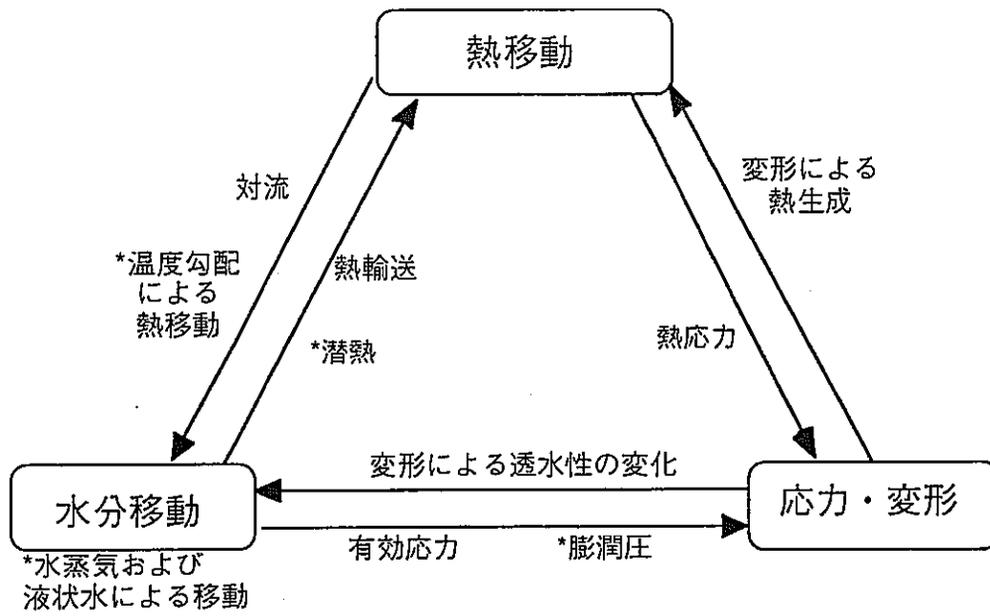


図-1連成現象の概念図

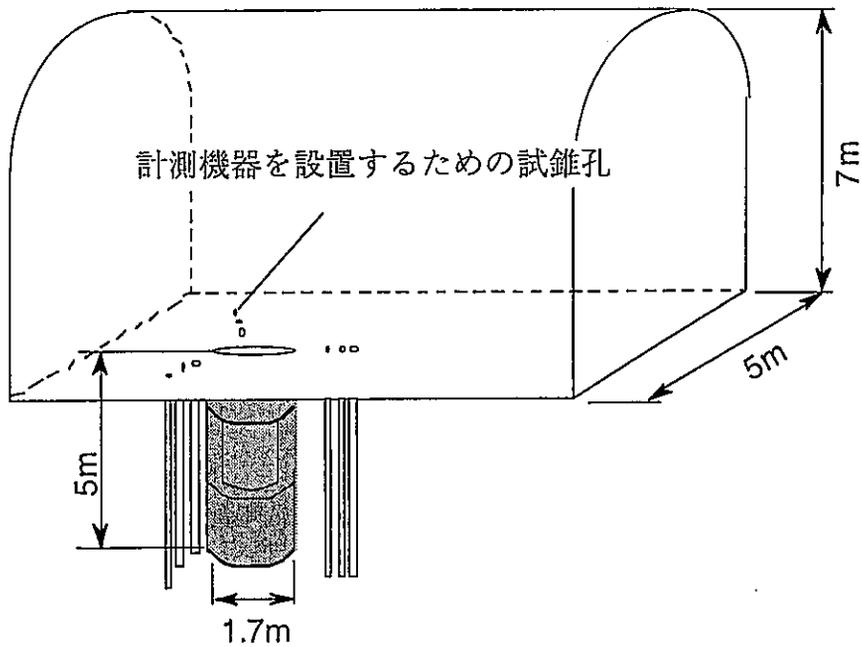


図-2 釜石粘土充填・熱負荷試験の模式図

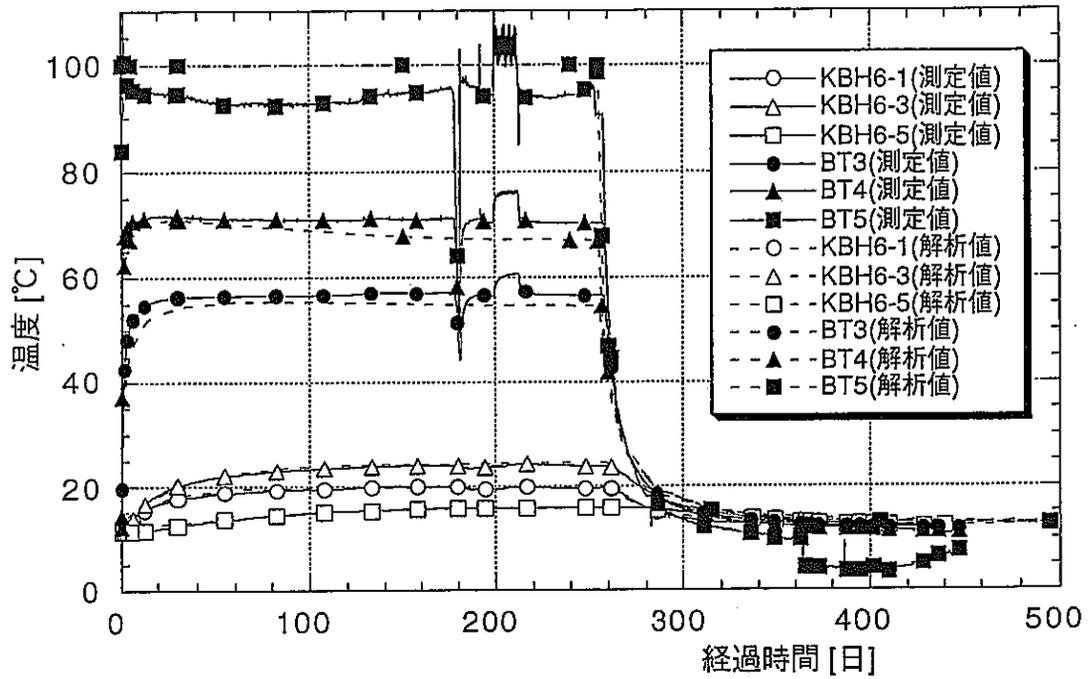


図-3 温度の経時変化の比較

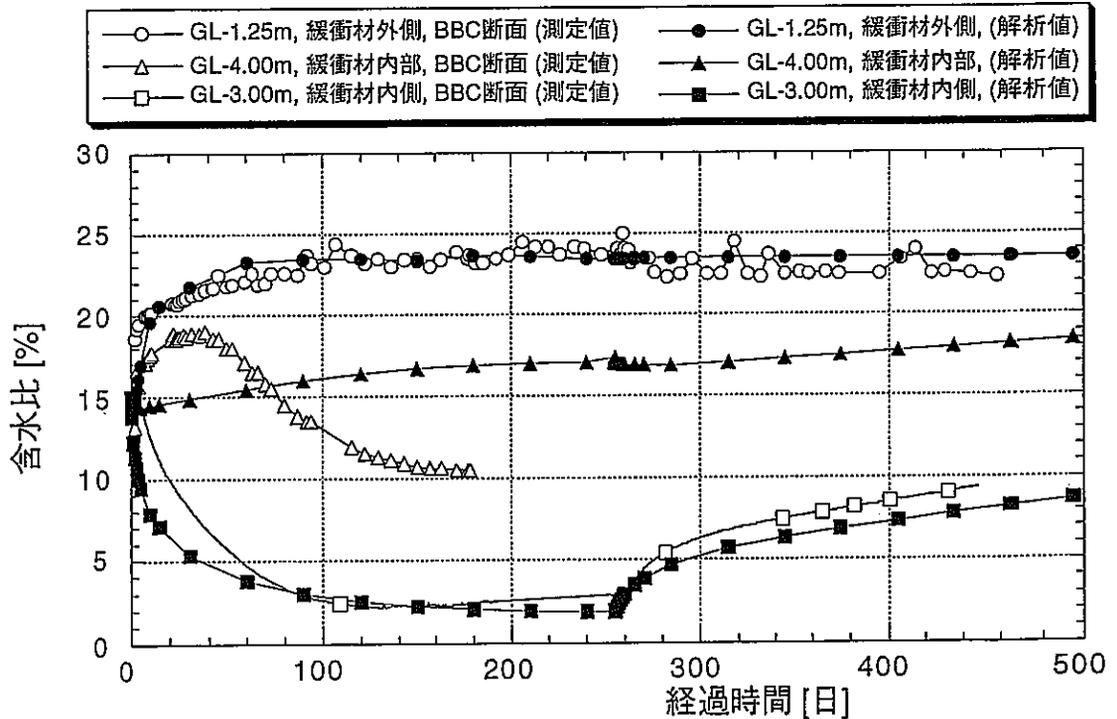


図-4 含水比の経時変化の比較

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
- 計画通り終了した
- 計画通り終了予定
- 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
- 全く着手していない
- 着手したが中断している（平成 年度以降）
- 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

イ. 原位置試験による研究

東濃鉱山において立坑掘削影響試験及び水平坑道の発破掘削影響試験を実施し、掘削後の岩盤変位の長期観測を継続した。また、水平坑道の掘削影響試験について、その評価及び予備解析のためのモデル化を実施した。また、北延 NATM 坑道の近傍において、ひずみゲージ埋設式の応力解放法により初期応力測定を実施した。ほぼ成果は目的を達成した。釜石鉱山において異なる深度における水平坑道の掘削影響試験を実施した。平成 9 年度をもって 250m レベル坑道において掘削影響の範囲や特性の調査と長期挙動評価及び事後解析等を終了した。ほぼ成果は目的を達成した。

ロ. 工学規模試験による研究

室内における岩盤と緩衝材の熱水応力連成挙動に関するデータ取得を目的として、熱水応力連成試験設備において連成試験を実施した。ほぼ成果は目的を達成した。

ハ. 上記の試験の統合による人工バリアとその周辺岩盤の連成挙動のモデル化を実施し、原位置試験へ適用してモデルの検証を実施した。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

特になし

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
- 次期年次計画における研究課題名：

- 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (20) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	放射性廃棄物処分における微生物影響に関する研究				管理番号 2. - (20)
研究課題名 (Title)	放射性廃棄物処分における微生物影響に関する研究 Study on Microbial Effects for Radioactive Wastes Disposal				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	佐藤 和彦 (Kazuhiko SATO), 長柄 収一 (Shuichi NAGARA), 時澤 孝之 (Takayuki TOKIZAWA) 人形峠環境技術センター/Ningyo-Toge Environmental Engineering Center 三原守弘 (Morihiro MIHARA), 吉川英樹 (Hideki YOSHIKAWA), 伊藤 勝 (Masaru ITO) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	微生物	放射性廃棄物	地下深部	耐性	核種移行
	bacteria	radioactive waste	deep underground	tolerance	nuclides migration
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 地下深部における微生物の耐性領域ならびに微生物の緩衝材中での移行挙動に関する実験的研究を行い、所期の成果を得た。 地下深部における微生物の核種移行挙動に与える影響を調査し、微生物活動が放射性核種の移行に及ぼす影響について所期の成果を得た。 坑道等の地下空間周辺における微生物による酸化についての実験的研究を行い、所期の成果を得た。 微生物活動が地下水水質の変化に及ぼす影響についての実験的研究を行い、所期の成果を得た。 					
<p>【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 微生物が人工バリアに与える影響として、ナトリウム型ベントナイトの乾燥密度、ケイ砂混合比率をパラメータとした微生物の緩衝材中での移行挙動に関する実験的研究を平成10年度に終了した。 微生物が核種移行に与える影響について、嫌気性菌に対するヨウ素の吸着に関する試験を平成10年度に終了した。 					
【使用主要施設】 なし					
【連絡先】	〒100-8245 ☎ 03-5220-3316 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) 核燃料サイクル開発機構		【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr. E-mail : 【氏名】 グループリーダ 梅木 博之		

【研究目的】

高レベル廃棄物処分等における微生物活動がバリア材料の劣化や放射性核種の移行に及ぼす影響について研究し、処分システムの安全評価に資する。

【研究内容（概要）】

イ. 多重バリアの性能に対する微生物影響に関する研究

我が国の地下深部における微生物の種類・量の事例、地下水の水質との関係、耐性領域、人工バリアに与える影響、核種移行挙動に与える影響等について調査及び実験的研究を行う。

【研究成果】

- ・微生物の耐性領域を調査するため、硫酸塩還元菌を対象に培養液のEh、pHをパラメータとしたときの菌の活性を実験的に調査した。菌の活性は硫化水素の発生量で判断した。結果を図1に示す。図1より、Ehが小さくなるにつれ、またpHが高くなるにつれ、硫酸塩還元菌の活性領域が狭められる傾向にあることが分かった(1)。さらに、脱窒菌及び好アルカリ性メタン生成菌を対象に培養液のpHをパラメータとしたときのそれぞれの菌の活性を実験的に調査した。なお、脱窒菌は菌体濁度、好アルカリ性メタン生成菌はメタン生成速度で活性の有無を判断した。脱窒菌の結果は図1に、好アルカリ性メタン生成菌の結果は表1に示す。脱窒菌については培養液のpHが9.5以上であれば、菌の活性が定量下限値以下となり、活動しなくなることが分かった。好アルカリ性メタン生成菌については、培養液のpHが8.5から12まで上昇するにつれ、メタン生成速度(菌の活性)が低下し、活動が抑制されることが分かった。
- ・処分場周辺の微生物が処分場内部に侵入し、人工バリアあるいは核種移行挙動に影響を与える可能性があるため、人工バリア候補材であるナトリウム型ベントナイトを対象にベントナイトの乾燥密度、ケイ砂混合率をパラメータとした微生物の透過試験を実施した。結果を表2に示す。表1より、乾燥密度 $1.2 \sim 1.8 \text{g/cm}^3$ の範囲でケイ砂混合率が50wt.%以下であれば、微生物はベントナイト中を透過しないことが分かった。(4)
- ・微生物に核種が吸着し、核種の移行挙動が変化する可能性があるため、微生物に対する核種の吸着試験を実施した。結果の一例として硫酸塩還元菌とベントナイトが共存する条件で実施したヨウ素の吸着試験結果を図2に示す。多種類の微生物と硫酸塩還元菌が共存するベントナイトを使用して、菌を滅菌した場合と滅菌しない場合とでプルトニウムの吸着試験を実施した結果、菌を滅菌しない場合の方がプルトニウムの分配係数が大きくなるという結果が得られた(2、3)。また、硫酸塩還元菌とベントナイトが共存する条件で実施したプルトニウム及びヨウ素(図2)の吸着試験では、菌の滅菌の有無による分配係数の違いはほとんど見られなかった。
- ・微生物が有する地下水水質の酸化能力を調査するため、鉄酸化菌存在下での溶液中の鉄(II)に対する鉄(III)の割合の経時変化を調査した。その結果、溶液のpHが2.0程度の場合には鉄(II)に対する鉄(III)の割合が増加していることが確認され、水質の酸化が進行することが分かった。一方、pH=6.0～11.0では水質への影響がほとんどないことが分かった。
- ・地下深部での微生物による水質変化の可能性を調査するため、東濃地域で確認されている微生物と類似の微生物を対象とした室内実験に関する文献調査を行い、実験方法について検討するとともに設備等の整備を行った。

【公開資料】

- (1)吉川英樹, 黒澤進, 地層処分におけるコロイドおよび微生物の影響評価, PNC TN8410 96-231, 1996
- (2) A.Kudo, J.Zheng, I.Cayer, Y.Fujikawa, H.Asano, K.Arai, H.Yoshikawa, M.Ito, Behavior of Pulutonium interaction with bentonite and sulfate reducing anaerobic bacteria., MRS '96, 1996
- (3) A.Kudo, J.Zheng, Y.Fujikawa, H.Takigami, H.Asano, K.Arai, H.Yoshikawa, M.Ito, Difference in the behavior of Pa-233 Np-237 and Pu-239 in bentonite contaminated by sulfate reducing anaerobic bacteria., 11th Pacific Basin Nuclear Conference, 1998
- (4)福永栄, 本谷益良, 横山英一, 荒井和浩, 嶺達也, 三原守弘, 千手隆史, 圧縮緩衝材中の微生物移行条件の検討, 日本原子力学会1999年春の年会要旨集第III分冊, p.772, 1999

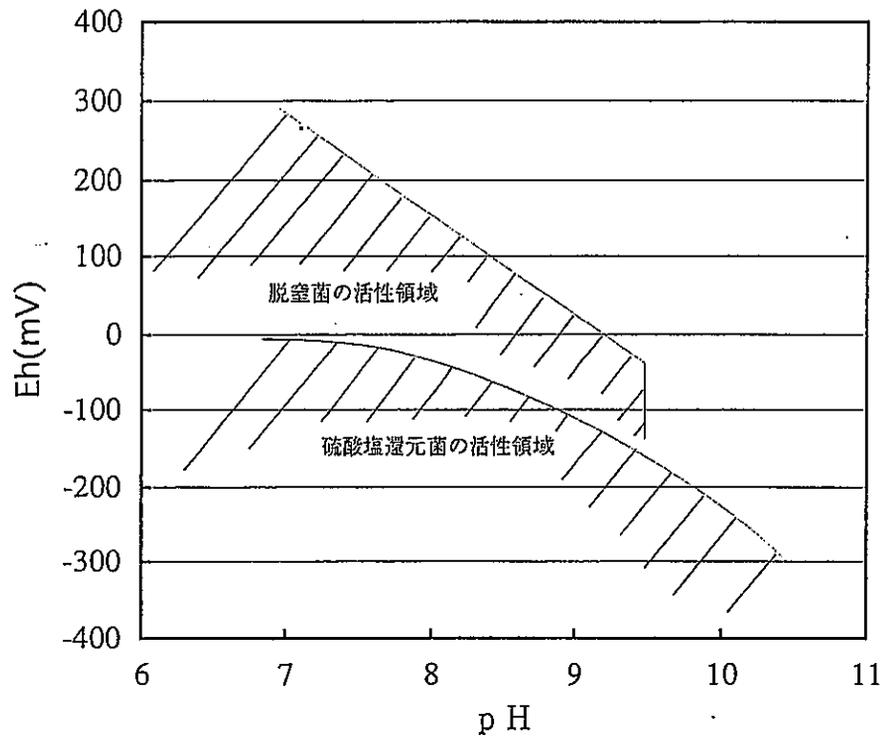


図1 細菌の耐性領域の模式図(1)

表1 好アルカリ性メタン生成菌の耐性領域調査結果

p H		培養日数	メタン生成速度 (mL/L/day)
培養開始前	ガス測定時		培養液あたり
8.00	8.55	0~14	8.65
10.00	9.93	0~29	2.33
11.00	10.71	0~29	0.0015
12.00	11.93	0~56	<0.0005

表2 人工バリア材中の微生物透過試験結果 (4)

乾燥密度 ($g \cdot cm^{-3}$)	1.8				1.2			
ペントナイト混合比率 (wt. %)	100	70	50	20	100	70	50	20
ケイ砂混合比率 (wt. %)	0	30	50	80	0	30	50	80
接種部表面~1mm	○	-	○	○	○	○	○	○
接種部表面~5mm	×	-	△	○	×	×	△	○
接種部表面~10mm	×	-	×	○	×	×	×	○
接種部表面~15mm	×	-	×	○	×	×	×	○
接種部表面~20mm	×	-	×	○	×	×	×	○

○：微生物検出、△：一部検出、×：微生物不検出、-：実施せず

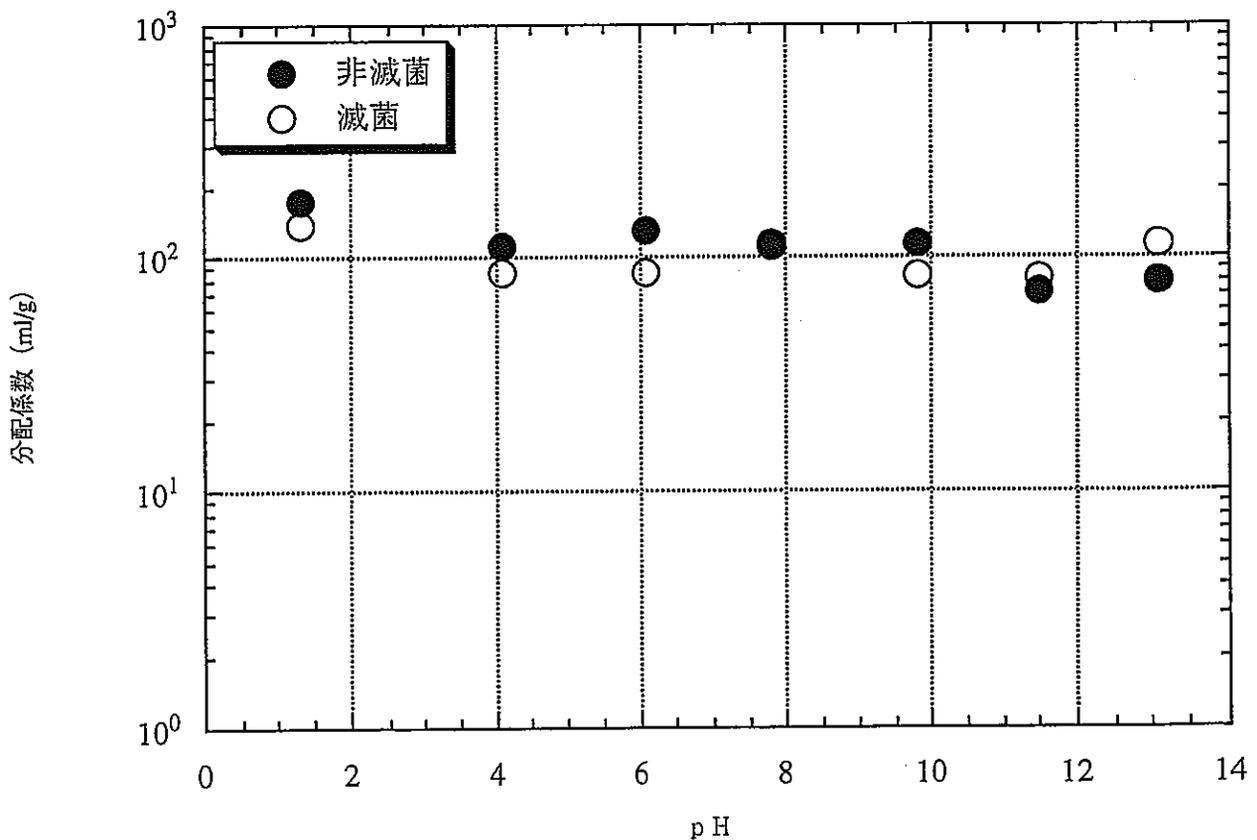


図2 硫酸塩還元菌とペントナイトが共存した系でのヨウ素吸着試験結果

調 査 票

平成 8 年度～平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- ・ 釜石鉱山より採取した岩石及び凝灰岩を用いた拡散試験を終了させる。玄武岩、泥岩、砂岩に対する 3 元素の分配係数を取得し、第 2 次取りまとめで設定したデータの補完を終了する。
- ・ 難透水性堆積岩中（スモンテラストサイト）における放射性核種の拡散特性についての成果をまとめる。ケリメル原位置試験サイトにおいて核種とコロイドの相互作用に関する試験を実施し、その成果をまとめる。スウェーデン HRL で実施した収着性トレーサー試験を解析することにより、現象を再現する適切なモデルを検討し、収着性トレーサーの移行現象を把握する。
- ・ 亀裂性媒体及び多孔質媒体について、それぞれ開発したモデルを用いて不均質性をモデル化し、不均質性が核種移行に与える影響を評価し、その成果を第 2 次取りまとめに反映させる。平成 11 年度で終了。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

なし

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：多重バリアシステム水理・核種移行モデルの高度化に関する研究

■ 現行年次計画で終了とする。

（継続の有無の理由）

本研究は、2000 年レポートに使用される岩盤中の核種移行モデルの妥当性の検討及び適切な解析パラメータの設定を目的として開始した研究である。したがって、本研究は平成 12 年度の 2000 年レポートの国内専門家によるレビュー対応をもって終了する。本研究は、水理、地球科学、地質等多岐の分野にまたがっており、処分候補地のサイト特性調査に向けて必要となる研究であることから、平成 13 年度以降は、それぞれの研究分野毎に新たな研究課題を定め、研究を実施していく。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (21) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	地層処分システムの総合安全評価手法に関する研究				管理番号 2. - (21)
研究課題名 (Title)	地層処分システムの総合安全評価手法に関する研究 Study on Safety Assessment Methods for The Geological Disposal System				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	石原義尚 (Yoshinao ISHIHARA), 牧野仁史 (Hitoshi MAKINO), 吉田隆史 (Takashi YOSHIDA) 若杉圭一郎 (Keiichiro WAKASUGI), 大井貴夫 (Takao OHI), 馬場 智子 (Tomoko BABA) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works 梅木博之 (Hiroyuki UMEKI), 内藤守正 (Morimasa NAITO) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Research Project, Head Office				
キーワード (Key word)	モデル開発	感度解析	品質管理	データベース	管理システム
	model development	sensitivity analysis	quality management	data base	management system
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ. 処分システムの評価に影響を与える可能性のある現象の影響を定量的に把握するため、人工バリアおよび天然バリアの性能に影響を与えると考えられる因子に着目した解析を行い、それらパラメータの定量的な影響特性について所期の成果を得た。また、パラメータの時間変化が取扱い可能な天然バリア中核種移行コードを開発し、評価コードの開発整備について所期の成果を得た。</p> <p>ロ. 処分環境で想定される様々な条件を考慮した放射線場の解析結果に基づいて、放射線場に関するデータベースを整備するとともに、生物圏評価に必要なパラメータに関するデータベースを作成し、所期の成果を得た。</p> <p>ハ. 地下水シナリオの基本ケースに対する主要な解析コードを統合化計算システムに搭載し、基本シナリオに沿った一連の評価解析を実施するためのシステム開発について所期の成果を得た。また、変動シナリオに対する核種移行解析コードをシステムに搭載することにより、処分に起因する被ばく線量を総合的に評価することができるシステム開発について見通しを得た。</p>					
<p>【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】</p> <p>イ. 人工バリア、天然バリア、ならびに生物圏の評価に影響を与える可能性のある現象等を感度解析を通じて把握するとともに、安全評価のための主要な個別評価モデル・コードの開発・改良を行った。</p> <p>ロ. 放射線場の影響を検討するために必要となるデータについて解析結果に基づいてデータベース化するとともに、生物圏の評価で使用するデータのデータベースを作成した。</p> <p>ハ. 地下水シナリオの基本ケースに対する評価で使用する主要な解析コードについては、統合化計算システムへの搭載が終了した。また、上記イ. で開発した変動シナリオに対する核種移行解析コードの搭載を行った。</p>					
【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設					
【連絡先】	〒100-8245 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) 核燃料サイクル開発機構	☎ 03-5220-3316	【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr. E-mail : 【氏名】 グループリーダー 梅木 博之		

【研究目的】

高レベル放射性廃棄物等の地層処分に伴う被ばく線量をシステムとして総合的に評価する手法を研究開発し、地層処分システムの安全性の総合的な評価に資する。

【研究内容（概要）】

- イ. 廃棄物から人間環境に至る放射性核種の移行経路（人工バリア、天然バリア、生態系等）に介在し、システムの評価に影響を与える可能性のある現象を把握する。この結果に基づき、統合化することを目的として、これらをより現実的に再現する個別評価モデル・コードを開発・整備する。さらに、それらの現象が及ぼす影響の程度を定量的に把握する。
- ロ. 国際協力研究等を含めた最新の安全評価研究の成果に基づいて、安全評価に必要なデータベースの質の向上を図る。
- ハ. 上記の個別評価モデル・コード及びデータベースを統合し、それらの品質管理を行い、安全評価で対象とすべき評価シナリオに従って処分に起因する被ばく線量を総合的に評価することができるシステム（統合化計算コードシステム）を開発する。このシステムを用いて信頼性の高い評価結果を示す。

【研究成果】

- イ. 人工バリアの性能に影響を与える因子（溶解度、分配係数、インベントリ、ガラス溶解速度）に着目した影響評価（1,2,3）、ならびに天然バリアの性能に影響を与える因子（地下水流速、移行距離、亀裂開口幅、分配係数、拡散係数、拡散深さなど）に着目した影響評価（6,7）を行い、それぞれのバリア性能に対するパラメータの影響特性を定量的に把握することができた。また、生物圏評価においては、国際共同研究で検討されているレファレンスバイオスフィア概念に基づく生物圏モデルを構築する（5,8）とともに、わが国の幅広い地質環境に対応させて地圏-生物圏インターフェイス（放射性核種を含む地下水が生物圏に流入する場所）を複数設定し、インターフェイスの違いによる線量への影響を定量的に把握することができた（図-1参照）。さらに、人工バリア中の核種移行解析コードMESHNOTEの改良、ならびに天然バリア中の移行パラメータを時間変化させることが可能な核種移行コードTIGERを開発し、将来起こり得ると考えられる天然事象が核種移行に及ぼす影響について調べた（図-2参照）。
- ロ. ガラス固化体中の放射性核種によって発生する放射線に着目し、放射線場の影響（処分場作業時の放射線の影響、処分後の人工バリアシステムの放射線損傷の影響、放射線分解による処分場内の地球化学環境の変動への影響）を検討するために必要となるデータについて、約15000ケースの解析結果に基づいてデータベースを作成した。また、生物圏における核種移行/線量評価で使用するデータに関しても、データベースを作成した。
- ハ. 地下水シナリオの基本ケースに対する評価に必要な、インベントリ解析コード、人工バリア中核種移行解析コード、天然バリア中核種移行解析コード、生物圏解析コード、地球化学計算コードをシステムに搭載し、シナリオに沿った一連の解析が実施できるシステムを構築できた(9)。また、天然バリア中の移行パラメータの時間変化が取扱い可能な核種移行コードをシステムに搭載し、天然事象の影響を考慮した変動ケースに対する解析を、同システム上で行うことができるようになった。

【公開資料】

- (1)大井貴夫, 仲島邦彦: 緩衝材外側からの核種放出率のパラメータ依存性の検討, 日本原子力学会, 1996年秋の大会要旨集 p685.
- (2)Takao Ohi, Kunihiko Nakajima :Seneitivity Analysis for the Parameters Concerned with the Nuclides Migration through the Engineered Barrier System, MRS 1996 FALL Meeting Abstracts, p752, 1996.
- (3)牧野仁史, 吉田隆史: ガラス固化体の溶解及びそれに伴う緩衝材中の核種移行に関する感度解析 (I), PNC TN8410 96-093.
- (4)動燃事業団: 地層処分研究開発の現状 (平成8年度), PNC TN1410 96-012, 1996.
- (5)竹安正則, 大井貴夫, 鈴木祐二, 池田孝夫: 地層処分システム性能評価における生物圏のモデル化-代表的生物圏モデルの適用-, 日本原子力学会, 1997年春の大会要旨集 p572.
- (6)石原義尚, 大井貴夫: 亀裂媒体中の核種移行に対する感度解析のための簡略化モデルの検討, 日本原子力学会, 1997年秋の大会予稿集, 第三分冊, p.694.
- (7)石原義尚, 大井貴夫, 石黒勝彦: 天然バリア中の核種移行に対するパラメータの影響特性の把握, PNC TN8410 98-084.
- (8)内藤守正, 馬場智子ほか: レファレンスバイオスフィア概念に基づく線量への換算係数の導出, 日本原子力学会, 1988年秋の大会予稿集, 第三分冊, M57, p.874.
- (9)石原義尚, 牧野仁ほか: 地層処分システム性能評価のための解析管理システムの開発, サイクル機構技報, No.2, 1999.3, pp.19-28.

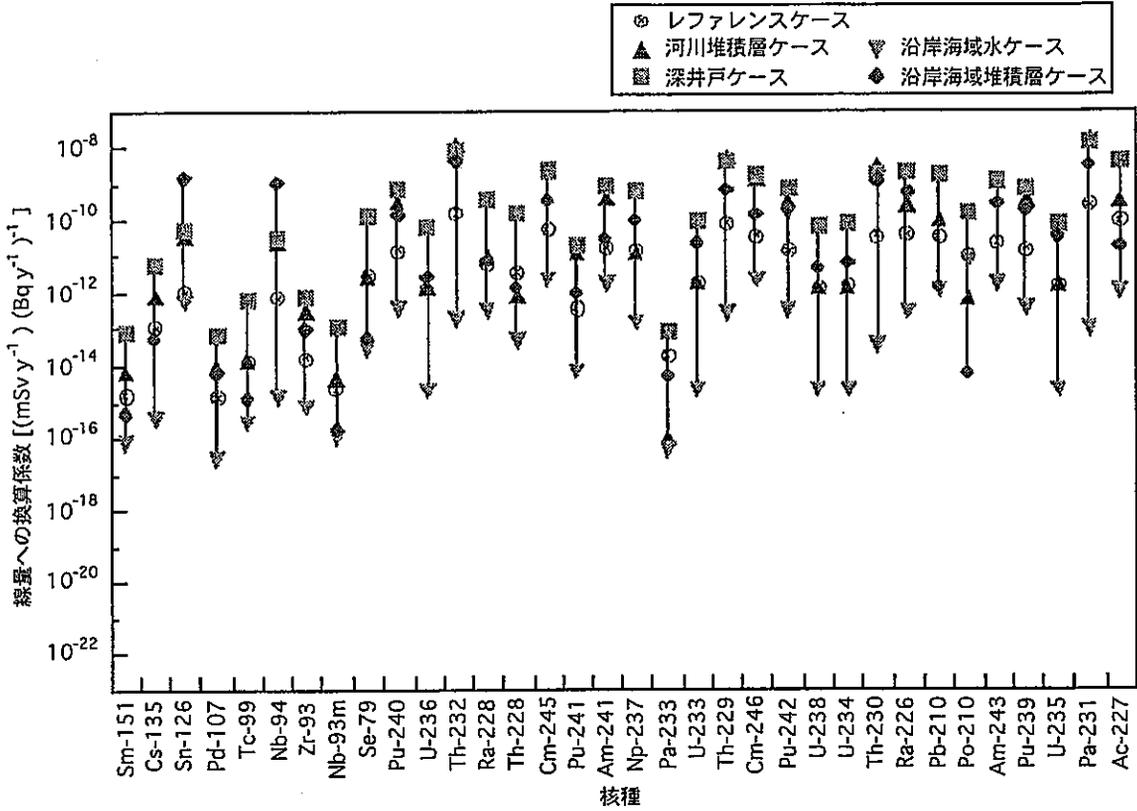


図-1 地圏と生物圏とのインターフェイスを変更した場合の解析結果 (単位入力フラックスに対する線量への換算係数)

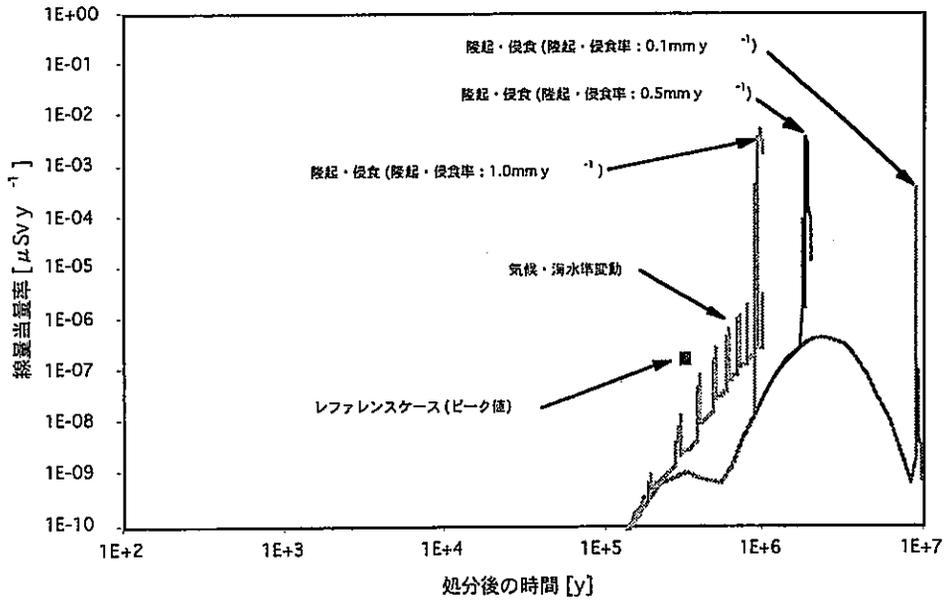


図-2 天然現象による影響を想定した変動シナリオの解析結果 (ガラス固化体一本あたり)

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

<p>【現行年次計画の進捗状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ほぼ計画通り進捗している。 <input type="checkbox"/> 計画通り終了した <input type="checkbox"/> 計画通り終了予定 <input checked="" type="checkbox"/> 次期年次計画に継続予定 ・ 計画通り進捗しているとはいえない。 <input type="checkbox"/> 全く着手していない <input type="checkbox"/> 着手したが中断している（平成 年度以降） <input type="checkbox"/> 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない <p>以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。</p>
<p>進捗していない理由（複数回答可）</p> <p> <input type="checkbox"/> 予算確保上の問題 <input type="checkbox"/> 人員確保上の問題 <input type="checkbox"/> 施設の問題 </p> <p> <input type="checkbox"/> その他の問題 </p> <p style="text-align: right;">)</p>
<p>上記理由</p>
<p>【平成 12 年度末までの達成見通し】</p> <p>イ、安全評価のための主要な個別評価モデル・コードの開発に関しては所期の成果を得た。今後は、これらのコードを用いてパラメータの影響度について定量的に把握し、所期の成果を達成する。</p> <p>ロ、安全評価に必要なデータベース整備を継続し、所期の成果を達成する。</p> <p>ハ、統合化計算コードシステムの開発については、主要な解析コードの搭載が終了した。今後は、データベースとの統合を進め、所期の成果を達成する。</p>
<p>【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 処分場スケールでの現実的な核種移行評価 ・ 特定のサイトへの生物圏モデルの適用性
<p>【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> 次期年次計画へ継続する。 次期年次計画における研究課題名：地層処分システムの安全評価手法の体系化・高度化に関する研究 </p> <p> <input type="checkbox"/> 現行年次計画で終了とする。 </p> <hr style="border-top: 1px dotted black;"/> <p>（継続の有無の理由）</p> <p>サイトが特定された場合に得られると考えられる詳細な情報（地質環境条件や地表環境条件）を反映し、より現実的で詳細な評価が実施できるようにモデルの改良を図り、安全裕度を確認していく必要がある。また、生物圏モデルに関しては、特性サイトに対するコンパートメントモデルの適用性を確認していく必要がある。</p>

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (22) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	地層処分システムの確率論的評価手法に関する研究			管理番号 2. - (22)
研究課題名 (Title)	地層処分システムの確率論的評価手法に関する研究 Study on Methodology of Probabilistic Assessment for Geological Disposal System			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	若杉圭一郎 (Keiichiro WAKASUGI), 澤田淳 (Atsushi SAWADA), 石原 義尚 (Yoshinao ISHIHARA) 井尻祐二 (Yuuji IJIRI) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works 内藤守正 (Morimasa NAITO) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Research Project, Head Office			
キーワード (Key word)	確率論的手法	不確実性	亀裂ネットワーク	感度解析
	probabilistic methodology	uncertainty	fracture network	sensitivity analysis
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度	関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	日本原子力研究所	
関連する 解析コード	GSRW-PSA (日本原子力研究所)	関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ. 透水性の不均質性を考慮した1次元モデルの重ね合わせ手法の開発により、幅広い地質環境条件を想定した天然バリア性能を包括的に評価することが可能となった。</p> <p>ロ. 人工バリア核種移行解析モデルに用いられているパラメータの感度を概略的に把握するために、単一パラメータの変化量に対する緩衝材外側での核種放出率の変化量を求め、個々のパラメータの感度を明らかにした。</p> <p>ハ. 種々のサンプリング手法 (Random Sampling, Latin Hypercube Sampling等) が行える機能を既存の人工バリア中核種移行解析コードに追加することにより、サンプリングによる入力パラメータセットの作成、それを用いた複数回の解析の実施、さらに個々の解析結果の後処理が自動的に行える統合化された感度解析コードを作成した。</p>				
<p>【進捗状況 (平成8年度～平成10年度)】</p> <p>イ. 亀裂ネットワークモデルを用いた核種移行解析結果とほぼ等価な結果を得ることが可能な、1次元モデルの重ね合わせ手法を用いた核種移行評価方法を開発し、亀裂構造に寄与するパラメータを除くパラメータの不確実性や、地質環境条件の違いが核種移行遅延効果に与える影響について検討した。この結果、地層が本来有する不均質性に起因する不確かさを確率論的に評価する見通しを得た。</p> <p>ロ. 複数の解析結果を比較するための基準となるケース (レファレンスケース) をベースとして、人工バリア中核種移行解析において用いられるパラメータの感度解析を、安全評価上重要と考えられる高い線量を与える核種に着目して実施し、複数のパラメータの変化を考慮した影響度の高いパラメータの非線形的な感度構造を定量的に評価することが可能となり、パラメータの感度解析・不確かさ解析をより詳細に行える見通しを得た。</p> <p>ハ. 地層処分システムの確率論的手法を用いた評価を行う上で必要となる、サンプリング手法、感度解析手法を統合するための人工バリア核種移行解析コードを既存のコードを改良することによって作成した。</p>				
【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設				
【連絡先】	〒100-8245 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) 核燃料サイクル開発機構	☎ 03-5220-3316	【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr. E-mail: 【氏名】 グループリーダー 梅木 博之	

【研究目的】

地層処分システムの長期的な安全性を、種々の要因による不確かさを含めて評価し、安全評価手法の確立に資する。
(原研との共同研究)

【研究内容 (概要)】

- イ. 処分場から人間に至る放射性核種の移行経路について、確率論的評価モデルを開発する。
ロ. 評価に用いるモデルのパラメータ値として「安全評価シナリオに関する研究」並びに「地質環境の長期安定性に関する研究」といった他の研究成果から得られるデータをもとに推定されるパラメータ値の確率分布からサンプリングする手法及び安全評価上重要なパラメータを抽出するための感度解析・不確かさ解析のための手法を開発する。
ハ. 上記の評価モデル、サンプリング手法、感度解析・不確かさ解析手法を統合し、地層処分システムの確率論的評価手法 (計算機コードシステム) を開発する。

【研究成果】

- イ. 亀裂ネットワークモデルを用いた核種移行解析結果とほぼ等価な結果を得ることが可能な、一次元モデルの重ね合わせ手法を用いた核種移行評価方法を開発した (図1参照)。その開発においては、核種移行遅延効果に影響の大きな亀裂の透水特性の不均質性に着目した。その結果、亀裂構造に寄与するパラメータを除くパラメータの不確かさや、我が国に分布する幅広い岩種を想定した場合の核種移行解析をより効率的に解析評価することが可能となった。
- ロ. 安全評価の一連の流れである、シナリオの作成、モデルの構築、パラメータの設定の各段階において存在する不確かさに対する地層処分システムの性能の変動を解釈する上で、評価に用いられている個々のパラメータの感度を把握しておくことは重要である。このため、まず、人工バリア核種移行解析モデルに用いられているパラメータの感度を概略的に把握するために、複数の解析結果を比較するための基準となるレファレンスケースをベースとして、単一パラメータの変化量に対する緩衝材外側での核種放出率の変化量を求め、個々のパラメータの感度を明らかにした。次に、人工バリア中核種移行解析において用いられるパラメータの感度解析を、安全評価上重要と考えられる高い線量を与える核種に着目して実施し、複数のパラメータの変化を考慮した上で、人工バリア外側における線量に大きく寄与する核種に対するパラメータの非線形的な感度構造を明らかにすることが可能となった。
- ハ. 人工バリア中核種移行解析における複数のパラメータの変化の影響を考慮した感度解析を、各パラメータに設定された確率密度関数からサンプリングすることによって実施するために、種々のサンプリング手法 (Random Sampling, Latin Hypercube Sampling等) が行える機能を既存の人工バリア解析コードに追加することにより、サンプリングによる入力パラメータセットの作成、それを用いた複数回の解析の実施、さらに個々の解析結果の後処理が自動的に行える統合化された感度解析コードを作成した。

【公開資料】

平成8年度 地層処分研究情報交換会 (INTEGRATE'97) 報告書 PNC TN1000 97-004

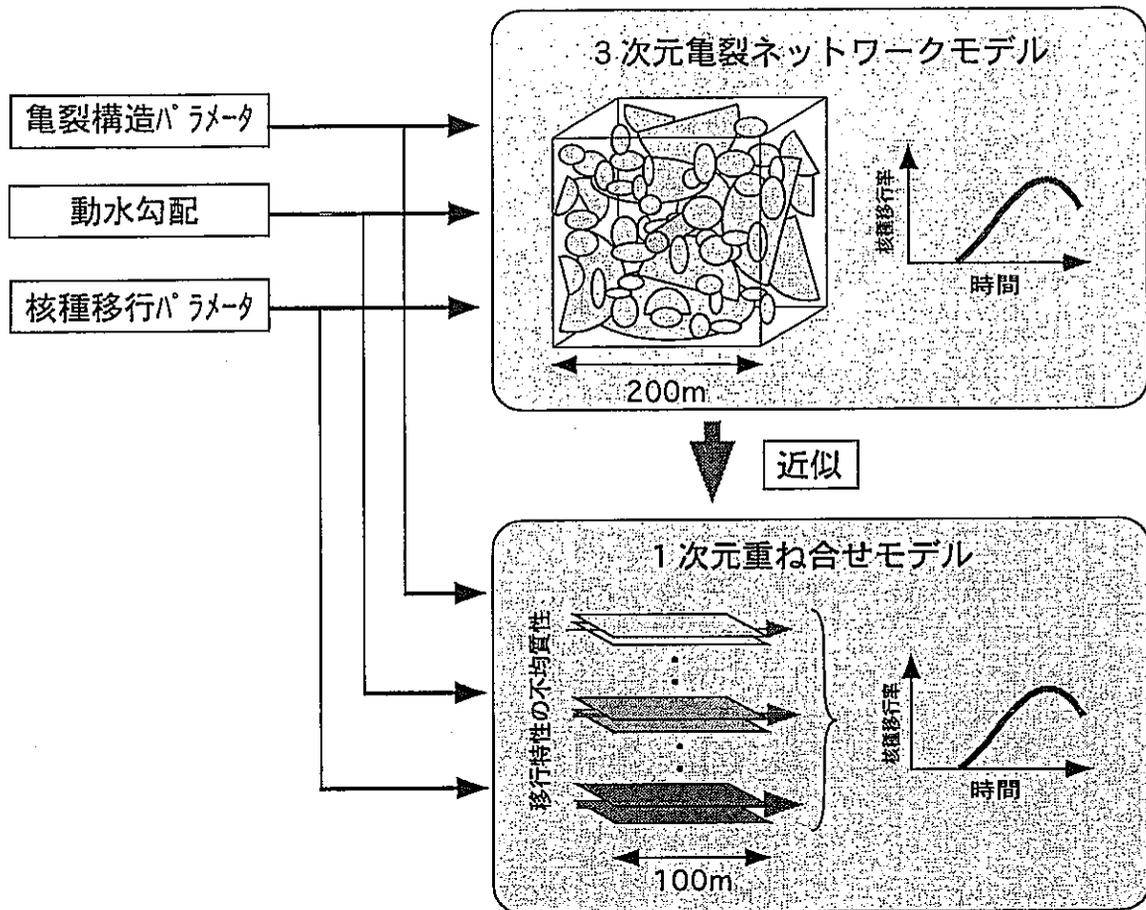


図1 地層の不均質性を考慮した一次元重ね合わせモデルの概念図

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
- 計画通り終了した
 計画通り終了予定
 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
- 全く着手していない
 着手したが中断している（平成 年度以降）
- 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

予算確保上の問題
 人員確保上の問題
 施設の問題

その他の問題

()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. 亀裂ネットワークモデルを用いた核種移行解析により、評価上重要な移行経路特性を総合的に評価できる手法を構築する。
- ロ. 確率論的な取り扱いが適切なパラメータについて、その不確実性を数学的に表現する確率密度関数を作成するとともに、感度解析・不確かさ解析によって個々のパラメータの感度構造を定量的に把握する。
- ハ. 感度解析・不確かさ解析が可能な人工バリア中核種移行コード、および天然バリア中核種移行コードを用いて、地層処分の性能評価に用いられるパラメータの感度を総合的に評価する。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

- ・ シナリオ、モデルの不確実性を含めた感度解析／不確実性解析
- ・ 稀頻度事象を考慮した評価手法の開発

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
 次期年次計画における研究課題名：地層処分システム安全評価におけるシナリオ、モデルの不確実性に関する研究

- 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

地層処分の性能評価においては、シナリオ、モデル、パラメータに含まれる不確実性をできるだけ小さくすることが重要な課題であるが、これまで開発された感度解析・不確実性手法は、主にパラメータの不確実性に焦点が当てられてきたため。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2：－(23)－1

安全研究 年次計画登録 研究課題	安全評価に用いる解析手法・コード・データの品質保証に関する研究				管理番号 2.－(23)
研究課題名 (Title)	安全評価に用いる解析手法・コード・データの品質保証に関する研究 Study on Quality Assurance of Analytical Method, Model and Data for Safety Assessment				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	大井貴夫 (Takao OHI), 牧野仁史 (Hitoshi MAKINO), 吉田隆史 (Takashi YOSHIDA) 石原義尚 (Yoshinao ISHIHARA) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works 梅木博之 (Hiroyuki UMEKI) 本社 2000年レポートチーム/Geological Isolation Research Project, Head Office				
キーワード (Key word)	安全評価	品質保証	解析コード	評価データ	
	safety evaluation	quality assurance	analytical code	assessment data	
研究期間	平成8年度 ～ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】 イ. 安全評価で使用するデータについて系統的な分類および管理手法を検討するとともに、人工バリア中核種移行解析の入力データの妥当性や追尾性などに関する情報を管理するための項目について検討し、データ管理に関する所期の成果を得た。 ロ. 安全評価で使用する主要な解析コードに関して使用上のノウハウや注意点を整理するとともに、人工バリア中の核種移行解析コードについて検証計算に基づくコードの適用範囲の検討および知識ベース化を行い、所期の成果を得た。 ハ. データベースによる品質管理を中心とした計算機システムの検討により、コードとデータを組み合わせた品質を総合的に管理するシステムの開発に着手し、データベースからコードへの入力データの受渡し機能に関して所期の成果を得た。					
【進捗状況（平成8年度～平成10年度）】 イ. 解析に使用するデータの信頼性を保証するため、人工バリア中の核種移行解析で使用するデータについて、データの妥当性や追尾性などを確保するための情報を検討し、データベースへの保存項目をまとめた。 ロ. 解析コードの信頼性を保証していくため、人工バリア中の核種移行解析コードを対象として検証計算を実施し、コードの適用範囲をまとめた。また、検証計算で得られた知見・ノウハウを今後の解析の中で活用していくため、知識ベースとして整理した。 ハ. 解析で用いられるコードおよびデータの品質を管理するための手順を検討し、データベースを中心とした計算機システムの開発を行った。					
【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設					
【連絡先】	〒100-8245 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) 核燃料サイクル開発機構		☎ 03-5220-3316	【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr. E-mail: 【氏名】 グループリーダー 梅木 博之	

様式－1－1

【研究目的】

地層処分システムの安全解析の信頼性を向上させることを目的として、安全解析に使用する個別の解析手法、コード及びデータの品質保証と品質管理を行うシステムを開発し、総合的な安全評価に資する。

【研究内容（概要）】

安全評価に用いられる様々な解析コードについて内容分析を行い、解析結果の妥当性、信頼性を保証するための手法を検討するとともに、解析で用いられるデータ及び解析コードの品質を総合的に管理するシステムを開発する。

- イ. 解析に使用するデータについて、その性質、信頼性に基づいた系統的な分類及び管理が行える手法の検討を行う。
- ロ. 安全解析に用いられる解析手法、数学モデルの分析を行い、その適用範囲及び信頼性を知識ベース化するための検討を行う。
- ハ. イ. とロ. とを関連させてコードとデータの組み合わせの信頼性について評価できるシステムの開発を行う。

【研究成果】

- イ. 安全解析で使用するデータについて、実験による一次データの取得段階から、データの加工・選択段階を経て、解析コードによる運用に至るまでの全過程を対象に、各段階でデータの品質を管理するために必要な項目を検討するとともに、データの妥当性や追尾性を確保するための情報として、データベースで管理すべき項目をまとめた(1)。
- ロ. 安全評価に用いられるインベントリ解析コード(ORIGEN2)、地球化学解析コード(PHREEQE)、核種移行解析コード(MESHNOTE, MATRICS)を対象として、これまでのコードの運用実績に基づいて使用上のノウハウ/注意点を知識ベースとしてまとめた。また、人工バリア中の核種移行解析コード(MESHNOTE)の検証計算を実施し、コードの適用範囲についてまとめた。
さらに、人工バリア中核種移行と天然バリア中核種移行を連成した解析コード(MIGR96)について、数値解の安定条件を調べ、精度よい数値解を得るための時間・空間分割幅の範囲についてまとめた。
- ハ. 解析で用いられるデータおよび解析コードの信頼性を総合的に管理するシステムの開発に向けて、上記イ. で検討したデータの管理項目、ならびに上記ロ. で整理したコード運用に関する知識ベースを管理し、実際の解析で活用していくためのデータベースを構築するとともに、このデータベースを用いて人工バリア中核種移行解析コード(MESHNOTE)にデータを受け渡して解析が実行できる計算機システムを開発した(2)。

【公開資料】

- (1)Neyama, A., Ishihara, Y. and Fusaeda, S. : Quality Assurance Program with Computer-Oriented Management System for Performance Assessment, Proceedings of the 1998 International High-Level Radioactive Waste Management Conference.
- (2)石原義尚, 牧野仁史ほか：地層処分システム性能評価のための解析管理システムの開発, サイクル機構技報, No.2, 1999.3, pp.19-28.

調 査 票

平成 8 年度 平成 10 年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成 12 年度末までの達成見通し】

- イ. データの分類および管理手法の検討については所期の成果を得た。今後は、データベースの構築整備を進め、データ管理に関する所期の成果を達成する。
- ロ. 安全評価で使用する主要なコードに関する適用範囲の検討を継続し、所期の成果を達成する。
- ハ. コードとデータを組み合わせた解析を実行する機能についてはシステム化できた。今後は、データベースの拡充とシステム機能の拡張を図り、所期の成果を達成する。

【平成 12 年度末において達成できないと考えられる項目】

特になし

【次期年次計画への継続の有無（平成 13 年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：地層処分システムの安全評価手法の体系化・高度化研究

- 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

本安全研究で得られたデータ・モデルの品質保証に関する成果を、安全評価手法の体系化の中で行うモデル開発などに具体的に展開し、モデルやデータの信頼性を向上させるとともに評価解析の品質保証を図り、安全基準・指針類の策定に反映する。

調 査 票

調査票：平成8年度～平成10年度

地 2. - (27) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	TRU廃棄物処分に関する核種移行評価モデル及びデータベースの 整備				管理番号 2. - (27)
研究課題名 (Title)	TRU廃棄物処分に関する核種移行評価モデル及びデータベースの整備 Development of Modelling and Database for Nuclides Transpot Estimation for TRU Waste Disposal				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	伊藤勝 (Masaru ITO), 三原守弘 (Morihiro MIHARA) 東海事業所 環境保全センター 処分研究部/Waste Isolation Research Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	TRU廃棄物	吸着	溶解度	コンクリート	
	TRU waste	sorption	solubility	concrete	
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>イ. コンクリート等の人工バリア材料に対する核種の分配係数を取得し、核種移行モデル及びデータベースの整備について所期の成果を得た。</p> <p>ロ. 無機系のTRU廃棄物について核種の溶解度を測定し、溶解度のデータベース整備について所期の成果を得た。</p> <p>ハ. 既存の情報を基に核種移行データセットを作成し、TRU廃棄物の中で最も放射能量の高いハル・エンドピースの廃棄物について、核種移行解析を行い、所期の成果を得た。</p>					
<p>【進捗状況 (平成8年度～平成10年度)】</p> <p>イ. 普通ポルトランドセメントペーストに対するセレン及びモリブデンの分配係数の取得を平成10年度に終了した。</p> <p>ロ. 無機系TRU廃棄物について、人工バリア材料として想定したコンクリートから浸出する有機系セメント添加剤を添加した高pH溶液中 (pH=12) でのPu、Uの溶解度測定を平成10年度に終了した。</p>					
【使用主要施設】 地層処分基盤研究施設					
【連絡先】	〒100-8245 東京都千代田区丸の内1-1-2 (NKKビル) 核燃料サイクル開発機構		☎ 03-5220-3316		【所属】 2000年レポートチーム 統合化Gr. E-mail : 【氏名】 グループリーダー 梅木 博之

【研究目的】

T R U核種の人工バリア材料中での移行遅延機能を定量的に評価する為のモデル及びデータベースを整備し、T R U廃棄物処分の安全評価手法の確立に資する。

【研究内容（概要）】

- イ. コンクリート等の人工バリア材料を対象として、核種の分配係数等のデータを取得し、核種移行評価モデル及びデータベースを整備する。
- ロ. 有機系、無機系のT R U廃棄物について核種の溶解度への影響を調べ、データベースを整備する。
- ハ. 処分システムを設定し、処分システムの性能評価を行う。

【研究成果】

- イ. 普通ポルトランドセメントペーストに対するヨウ素、ストロンチウム、セレン及びモリブデンの分配係数を取得した。結果を図1に示す。ヨウ素の分配係数は最大100ml/g程度であり、実験初期濃度が小さくなるにつれ、分配係数が大きくなる傾向にあることが分かった(1)。セレン及びストロンチウムの分配係数は実験初期濃度によらず、それぞれ100ml/g程度、10ml/g程度であった。モリブデンの分配係数は分析誤差の影響により、実験初期濃度の依存性は明らかではなかったが、100ml/g程度期待できることが分かった。
- ロ. 無機系のTRU廃棄物について、高pH溶液中でのセメント添加剤の添加濃度をパラメータとしたプルトニウム、ウラン、テクネチウム及びアメリシウムの溶解度を測定した。溶解度測定結果を図2に示す。図2より、全ての核種の溶解度はセメント添加剤の濃度が大きくなるにつれ、増加する傾向にあることが分かった(2, 4)。
- ハ. 空洞の安定性の観点から、処分空洞の直径を検討し、結晶質岩の岩体であれば、処分深度数百mで直径30mの空洞の処分場を建設することが可能であることが分かった(3)。また、これらの結果より、ハル・エンドピースの廃棄物に対し、セメント系材料とベントナイトを人工バリア材料とした処分システムを想定し、核種移行解析を行った結果、年線量当量を支配する核種はヨウ素-129、炭素-14、セレン-79及びネプツニウム-237であった(5)。さらに、セメント系材料とベントナイトとの相互作用にともなうバリア材料の長期安定性を調べた結果、温度200℃及び130℃の変質を加速させた条件では、pH1.4のアルカリ溶液ではいずれの温度でも試験期間20日でベントナイトのアナルサイムへの変質が見られたが、pH12.5のアルカリ溶液では試験期間6ヶ月でも変質は見られなかった(6)。

【公開資料】

- (1) 嶺 達也, 三原 守弘, 伊藤 勝, 加藤 大生, 種々セメントペーストに対する I, Cs の吸着試験, 日本原子力学会1997年春の年会要旨集第III分冊, p.581, 1997
- (2) S.J.Williams, B.F.Greenfield, M.W.Spinder, M.Ito, M.Yui, The effects of the chemical and radiolytic degradation of asphalt on plutonium solubility., MRS'96 Symposium, 1996
- (3) 前田 宗宏, 伊藤 勝, T R U廃棄物処分場に関する設計研究, 動燃技報第104号
- (4) B.F.Greenfield, T.G.Heath, D.J.Irvt, M.Ito, R.McCrohon, C.J.Tweed, S.J.Williams and M.Yui, The effect of cement additive on radionuclide solubilities., Migration'97 (投稿中)
- (5) 三原 守弘, 塩月 正雄, 伊藤 勝, 室井 正行, 上田 真三, ハル廃棄物処分における核種移行計算, 日本原子力学会1998春の年会要旨集第III分冊, p.625, 1998
- (6) 市毛 悟, 伊藤 勝, 三原 守弘, 圧縮成型したベントナイトのアルカリ溶液における変質試験, 日本原子力学会1998春の年会要旨集第III分冊, p.611, 1998

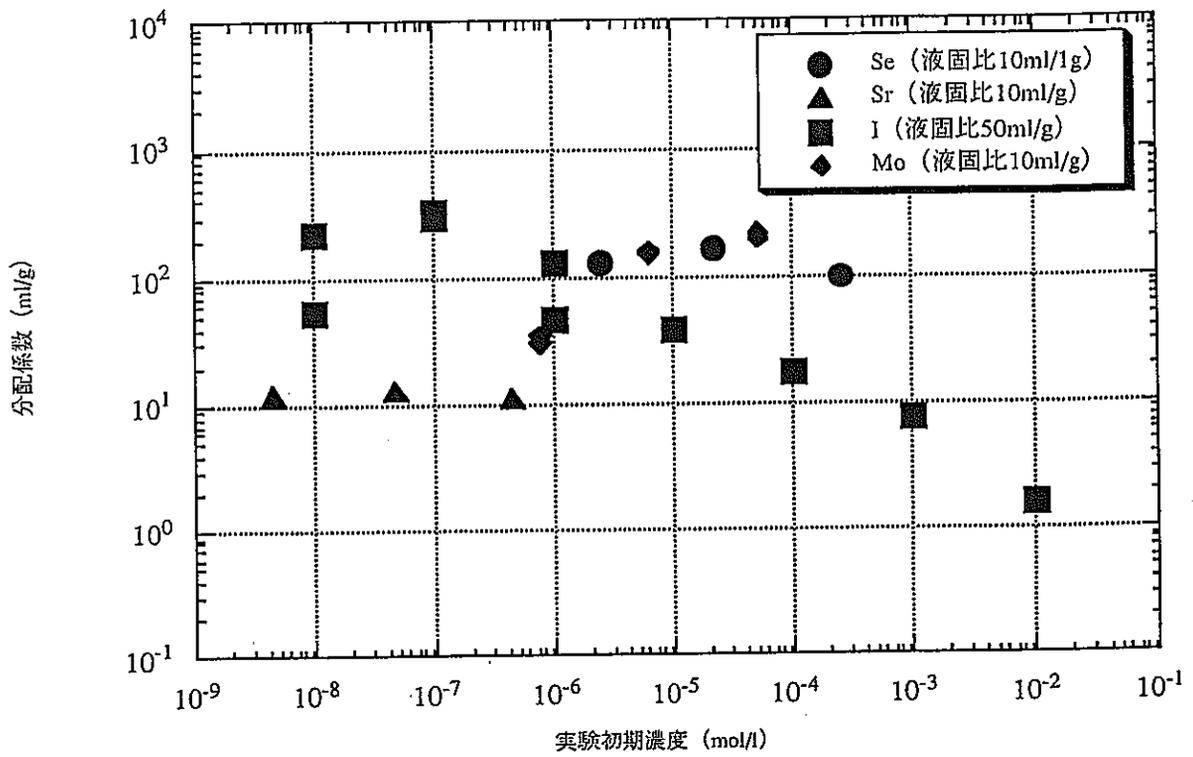


図1 普通ポルトランドセメントペーストに対する核種の分配係数 (1)

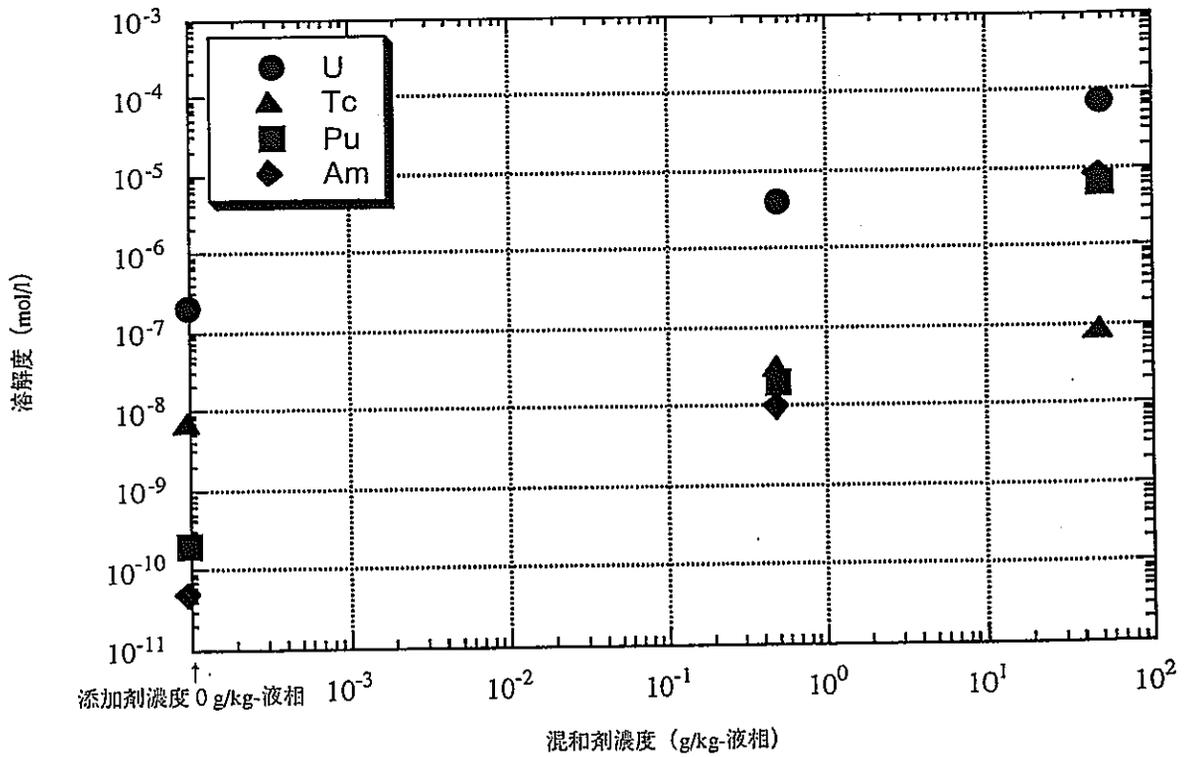


図2 セメント添加剤濃度に対する核種の溶解度 (pH=1.2) (2, 4)

調 査 票

平成8年度 平成10年度

【現行年次計画の進捗状況】

- ・ ほぼ計画通り進捗している。
 - 計画通り終了した
 - 計画通り終了予定
 - 次期年次計画に継続予定
- ・ 計画通り進捗しているとはいえない。
 - 全く着手していない
 - 着手したが中断している（平成 年度以降）
 - 実施中だが、進捗状況がよいとはいえない

以下、上記で「計画通り進捗しているとはいえない。」と回答された方のみ。

進捗していない理由（複数回答可）

- 予算確保上の問題
 - 人員確保上の問題
 - 施設の問題
 - その他の問題
- ()

上記理由

【平成12年度末までの達成見通し】

- ・ 核種移行モデル及びデータベースの整備については、緩衝材に対する核種移行データを現在、取得中であるが、計画どおり完了させる予定である。
- ・ 有機系、無機系の TRU 廃棄物の溶解度データベースについては、データ取得は終了している。熱力学データの確認が課題として残されているが、計画どおり完了させる予定である。
- ・ 核種移行解析については、既存の情報を基にしたデータセットを用いたハル・エンドピース以外の廃棄物での解析が残されているが、計画どおり完了させる予定である。

【平成12年度末において達成できないと考えられる項目】

なし

【次期年次計画への継続の有無（平成13年度以降の予定）】

- 次期年次計画へ継続する。
次期年次計画における研究課題名：TRU廃棄物処分の安全評価の信頼性向上に向けたデータ/評価手法の整備
- 現行年次計画で終了とする。

(継続の有無の理由)

TRU廃棄物の性状に起因して起こる特有な現象について、評価の不確実性を低減させ、安全評価の信頼性を向上させるとともに、より安全で合理的な処分概念を構築するために必要不可欠である。