

# 放射性廃棄物処分に関する 地質情報の集約と研究の組織化

(平成7年度成果)

(研究課題番号 07354009)

平成7年度科学研究費補助金(総合研究B)研究成果報告書

平成8年3月

研究代表者 新藤 静夫

(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)

# 目次

I	序論(新藤静夫)	( 1 )
II	現地討論会で提出された話題	( 7 )
1.	地質環境の長期安定性(武田精悦)	( 9 )
2.	釜石原位置試験概要(山崎眞一)	( 19 )
3.	地層処分に対する地球科学者の対応に関するメモ(渡辺邦夫)	( 23 )
4.	地層処分研究における反射法地震探査の課題(伊藤谷生)	( 25 )
5.	深地層中の地下水流動特性解析評価へのアプローチ(小出 馨)	( 33 )
6.	天然放射性核種の地層中の挙動—東濃ウラン鉱床における事例研究— (湯佐泰久・吉田英一)	( 52 )
7.	岩石破壊過程の直接観察と地質処理(岩松 暉)	( 63 )
8.	山体における地下水の存在と流動(新藤静夫)	( 68 )
III	研究分担者による指摘	( 83 )
1.	構造地質学・地史学分野における今後の研究課題と研究方針(吉田鎮男)	( 85 )
2.	深部地質環境の開発に関する検討課題(角田史雄)	( 87 )
3.	放射性廃棄物の処分問題に関わる地質学からの提言(岡田博有)	( 88 )
4.	放射性廃棄物に関わる地層処分に関する地質情報の集約と組織化(西村 進)	( 89 )
5.	地層処分とその地質環境の研究について(藤田 崇)	( 92 )
6.	バクテリアによる生体鉱物化作用の放射性廃棄物処分への応用(田崎和恵)	( 94 )
7.	地質科学的取り組み:雑感(梶原良道)	( 95 )
8.	放射性廃棄物処分に関連して,地質科学諸分野が今後取り組むべき問題などについて (千木良雅弘)	( 96 )
9.	地層処分という用語について(秋山雅彦)	( 99 )
10.	魅力ある研究テーマの発掘に向けて(柴田 賢)	(101)
11.	放射性廃棄物の地層処分に関連する研究現場 (釜石鉱山動燃実験研究サイト及び東濃地科学センター)の見学・討論会に参加して, とくに炭酸塩岩の堆積岩石学立場から(沖村雄三)	(102)
12.	地球科学からみたナチュラルアナログ研究,地質科学と多分野の連携の重要性 (日高 洋・清水 洋)	(103)
IV	結論(新藤静夫)	(105)
V	付属資料:放射性廃棄物処分に関する文献集	(109)

# 放射性廃棄物処分に関する地質情報の集約と研究の組織化<sup>\*</sup>

## I 序論

### 1. はじめに

本報告書は文部省科学研究〔総合研究（B）〕による成果をまとめたものである。

この研究の目的とするところは課題名にあるように、放射性廃棄物の地層処分という問題に収斂し得る地質科学諸分野のこれまでの知見を集約するとともに、今後明らかにすべき課題を設定することにある。すなわち、

- ①地層処分の対象地を特定するとしなにかかわらず、天然バリアとしての地盤の安定性の評価や、物質の運搬者としての地下水の特性など、この問題にかかわる重要事項に関して、現段階で普遍的に言及できる点は何処までなのか。
- ②地質科学の個々の分野でこれまでに追究され、蓄積されてきた知見をこの問題に集約させた場合、何処までこれに応えられるのか。また不足している点は何か。
- ③数千年から数万年にわたる超長期間の安全性の保証をどのような根拠に依って示すことができるのか。

を検討し、今後の研究のうえで追究すべき問題を明示することにある。

①に関しては地圏環境の地域的多様性から普遍的に論及できる内容とそのレベルについては限られたものとならざるを得ないとはいえ、それを明示しておく意味は大きい。

②に関しては、廃棄物処理問題はまさに学際的かつ総合的取り組みを必要とし、文字どおり“総合研究”としての意義が大きい。ある分野では未知の問題でも他の分野では解決済みといったことがあり得るし、また異分野を総合することによって新しい展開が期待されるからである。これはこの総研の狙いの一つでもある。

③に関しては、地層中に固定されている類似の現象の解析から手がかりが得られるとされ、最近多くの関心が寄せられている。ナチュラルアナログ研究がそれである。ここでは鉱床学、鉱物学、地球化学、地史学、古水文学、堆積学などの協力のもとに、新たな研究分野の開拓が期待される。

本研究は以上を踏まえて設定されたもので、参考までに申請書に明記されているその主旨を次ページに挙げておく。

---

\*）研究課題番号；07354009

研究補助金額；3,800千円

## [研究目標]

放射性廃棄物の地層処分の問題は、遅くとも今世紀末までに解決しなければならない重要課題である。こうした緊急性にもかかわらず、日本での研究は一般的、かつ総論的な水準に留まっており、具体的かつ実践的な地層処分研究においては欧米諸国に較べると、かなり立ち遅れているといわざるを得ない。安定大陸の上にある欧米諸国と違い、変動帯に位置する日本の場合には固有の困難さがある。

いま必要なことは、日本の地質学のあらゆる分野を総動員して、地質環境、なかんずく、岩盤安定性と地下水流動の評価に関する方法論を確立することである。日本ではこうした共同研究の体制が未確立であり、このことが日本の立ち遅れの真の要因になっているといってもよい。

本総研の目的は、まず、放射性廃棄物に関する地質情報を集約することにある。次いで、上記の観点に立って研究課題を策定し、それにふさわしい研究組織をつくり、効率的に研究を推進する体制をつくりあげることである。その上に可及的速やかに放射性廃棄物の地層処分に関する「重点領域研究」を申請し、そのもとに本格的な研究を推進し、今世紀末までには、地層処分地としての適否を地質学的に評価する方法論を確立させたいと考えている。なお、放射性廃棄物の問題については、文部省科学研究費補助金による、昭和58～60年度総合研究A、ならびに昭和57、58年度総合研究Bなどが実施されたが、この時期はまだ廃棄物そのものは量的に少なく、その処分は将来の問題であった。このため、基礎的研究を広範に行うとの方針のもとに研究計画が立てられ、その企画に基づいて多分野の研究が産・学・官で行われてきた。本研究はそれらの成果をも踏まえ、さらにより現実的な地層処分問題に密着した研究を推進しようとするものである。

## 2. 研究のバックグラウンドと本総研の動機

1993年9月3日に日本学術会議において、日本学術会議、地質科学総合研連、地質学研連の主催による、学術シンポジウム「放射性廃棄物処分—地質科学からの展望—」が開催された。筆者は日本学術会議会員、地質科学総合研連委員長という立場から、その企画、運営、総括に携わった。このシンポジウムの主旨は、放射性廃棄物処分問題に直接迫まったり、またその是非を論ずるといような立場ではなく、この問題のバックグラウンドとして把握しておくべき地質学上の諸事項を純粹に学術研究の立場から取り上げようとしたものである。シンポジウムには200名余を数える産・学・官の研究者、技術者が参加し、活発な討論が行われ、この問題に対する関心の大きさがあらためて認識された。

さて、放射性廃棄物の地層処分問題への解答は、個々の専門分野毎に深化してきた地質

科学諸分野を集約・総合し、また個別分野へのフィードバックを繰り返し、さらに例えば大規模地下実験施設などを早急に実現させ、これらを利用して地道な共同研究を積み重ねることによって得られるものであり、早々に結論が出せるものではないが、その過程から地質科学のあらたな展開が期待できる可能性は大きい。筆者はこのような意味から、放射性廃棄物地層処分問題は地質科学におけるパラダイムの転換の契機の一つになり得るのではないかと考えているが如何であろうか。

このことは、かつて「地盤沈下問題」が地質学、土質工学、地下水学、水文学などの諸科学の総合や協力によって追究され、対策が講じられてきた経緯や、これを契機として関係諸科学が著しい進展をみたのと共通している。しかし放射性廃棄物地層処分問題は、さらに広い地質科学諸分野がかかわり、未だ経験しない超長時間を予測しなければならない点、また人間生存の安全性にかかわる点で、これまでの地質科学が対応してきた問題とは比較にならないほど重要な問題といえる。シンポジウムでは、このような視点のもとに、かかる企画を今後とも続けるべきであるという意見や、関連研究を進めるべきだとする意見が多く寄せられた。本総研はこのような背景と動機から組織されたものである。

### 3. 研究組織の編成と経過

上記の主旨を踏まえて、研究課題を大きく、「日本列島のテクトニクスと地層処分地点評価」、「地層処分場と岩盤評価」、「岩石・水・元素相互作用と地下水流動系」の3つに設定し、各々に関して深い識見を有する研究者にご協力をいただき、関連した研究情報の集約と検討を進めた。研究組織を下記に示しておく。

新藤 静夫	千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・教授	代表者・総括
吉田 鎮男	東京大学・理学系大学院・助教授	日本列島のテクトニクスと地層処分地点評価
小泉 格	北海道大学・理学部・教授	//
斉藤 常正	東北大学・理学部・教授	//
角田 史雄	埼玉大学・教養部・教授	//
伊藤 谷生	千葉大学・理学部・教授	//
徳岡 隆夫	島根大学・理学部・教授	//
岡田 博有	九州大学・理学部・教授	//
渡辺 邦夫	埼玉大学・工学部・助教授	//
増田 俊明	静岡大学・理学部・助教授	地層処分場と岩盤評価
西村 進	京都大学・理学部・教授	//
藤田 崇	大阪工業大学・工学部・教授	//
岩松 暉	鹿児島大学・理学部・教授	//

蟹沢 聡史	東北大学・理学部・教授	岩石・水・元素相互作用と地下水流動系の解析
田崎 和江	金沢大学・理学部・教授	//
梶原 良道	筑波大学・地球科学系・教授	//
中嶋 悟	東京大学・理学部・助教授	//
千木良雅弘	電力中央研究所・主任研究員	//
秋山 雅彦	信州大学・理学部・教授	//
柴田 賢	名古屋大学・理学部・教授	//
加瀬 克雄	岡山大学・理学部・助教授	//
沖村 雄二	広島大学・理学部・教授	//
清水 洋	熊本大学・理学部・助教授	//
日高 洋	東京都立大学・理学部・助手	//

以上の研究分担者に加えて、知識・情報提供者として、下記の方々からご支援を頂いた。

大和 愛司	動力炉・核燃料開発事業団環境技術開発推進本部
武田 精悦	//
山川 稔	// 東濃地科学研究センター
湯佐 泰久	// //
吉田 英一	// //
柳沢 孝一	// //
小出 馨	// //
亀井 玄人	// 東海事業所地層処分開発室

本総研の実施に際して、まず地層処分に関する現状理解、問題点の把握等に資するため、動力・炉核燃料開発事業団環境技術開発推進本部の協力を得て、資料提供を受ける一方、同事業団の東海村研究所、釜石実験施設、東濃地科学センターの現地視察を行った。なお、その折りに話題を設定したうえで討論を行い、問題の共有化を試みた。

本研究成果は以下のようにまとめられている。

- ①関係文献・資料のデータベース化
- ②討論会での話題提供者による問題点の指摘
- ③研究分担者による問題点の指摘と、今後の研究の取り組み方についての意見

#### 4. 謝辞

本総研の実施に際しては、現地視察や資料提供等の面で、動力炉・核燃料開発事業団から多大なご支援を頂いた。また筆者らが行っている釜石鉱山での地下水研究では日鉄鉱業株式会社から多くの便宜を頂いてきた。

文献整理、研究連絡、現地調査等については千葉大学環境リモートセンシング研究センターの唐 常源助教授の協力を頂いた。以上の方々に対し、ここに記して深く感謝申し上げます。

平成8年3月

研究代表者

千葉大学環境リモートセンシング研究センター

教授 新藤 静夫

## Ⅱ 現地討論会で提出された話題

- |                                    |              |                            |
|------------------------------------|--------------|----------------------------|
| 1. 地質環境の長期安定性                      | 武田 精悦        | 動力炉・核燃料開発事業団<br>環境技術開発推進本部 |
| 2. 釜石原位置試験概要                       | 山崎 眞一        | 動力炉・核燃料開発事業団<br>釜石事業所      |
| 3. 地層処分に対する地球科学者の対応に関するメモ          | 渡辺邦夫         | 埼玉大学・工学部                   |
| 4. 地層処分研究における反射法地震探査の課題            | 伊藤谷生         | 千葉大学・理学部                   |
| 5. 深地層中の地下水流動特性解析評価へのアプローチ         | 小出 馨         | 動力炉・核燃料開発事業団<br>東濃地科学センター  |
| 6. 天然放射性核種の地層中の挙動－東濃ウラン鉱床における事例研究－ | 湯佐泰久<br>吉田英一 | 動力炉・核燃料開発事業団<br>東濃地科学センター  |
| 7. 岩石破壊過程の直接観察と地質処理                | 岩松 暉         | 鹿児島大学・理学部                  |
| 8. 山体における地下水の存在と流動                 | 新藤静夫         | 千葉大学・<br>環境リモートセンシング研究センター |

# 地質環境の長期安定性

動力炉・核燃料開発事業団

武田 精悦

## 1. はじめに

日本は環太平洋造山帯の一部をなす孤状列島に位置するため、いわゆる安定大陸に比べて地殻変動、地震活動、火山活動などがより活発である。そのため、我が国における地層処分の安全性を科学的・技術的に示す上で、そのような天然現象が地質環境に与える影響の評価がきわめて重要である。動燃事業団では、このような視点から地質環境条件の調査研究としてデータを取りまとめている。また、これらの調査研究の基盤となる地層科学研究において、地質環境の長期安定性の研究を行っている。

ここでは、動燃事業団がこれまでに行ってきた研究の成果を踏まえ、地質環境の安定性についての考え方と今後の研究方針について紹介する。

## 2. 日本における天然現象の特徴

日本列島はユーラシアプレートの縁辺にあり、日本列島の下には太平洋プレートとフィリピン海プレートがもぐり込んでいる。このような構造区に位置する日本では第四紀（約170 万年前～現在）になってからも、地震／断層運動、隆起・沈降運動あるいは火山活動等の天然現象により、岩盤の変位や破碎、侵食、風化・変質作用を受けてきた。

第四紀に活動したと考えられるいわゆる活断層について分布状況を整理すると、断層が多く認められる地域でもその中には断層が全く存在しないブロックがあることがわかっている。また、第四紀前期に活動していたが、第四紀後期には活動を停止した断層が多く認められる地域もある。日本の活断層の平均変位速度は、ほぼ0.01～10m／1000年の範囲にあり、繰り返し活動したことが知られている（活断層研究会編，1991）。地震もこのような断層運動やプレートの沈み込みによって引き起こされていることが近年の地震研究により明らかにされている。

第四紀以降に活動した火山は 200を超え、現在も多くの火山が活動中である。日本列島における火山活動の場は、プレートの沈み込み運動とその深度に関連していると考えられ、大局的にみて過去1200万年間大きく変化していない。このような火山活動はそのメカニズムと相まって、ある特定の地域に認められる。

第四紀における隆起量は、山地部で1 mm／年以上の地域もあるが、平野部、盆地および丘陵部では 0.5mm／年以下であり、沈降域となっている平野もある。現在の平均的な侵食速度は、山地部において 0.1～1 mm／年程度と推定されており、平野部においてはそれ以下とされている（Shimizu et al., 1992）。水河の消長などを伴う気候変動と海水準変動は、地球全体にわたる現象であり、過去の70万年間において10万年

ほどの周期を持ち、海進と海退が繰り返されてきた。これに伴い、最大百数十m程度の上下変動幅で、海水準が変動してきた。また、一部地域では、凍土や岩盤の凍結割れ目も認められている。

### 3. 地質環境の役割と長期安定性の考え方

地層処分の実施にあたっては、ガラス固化体と人間とが物理的に直接接近すること（接近シナリオ）がないように、適切な地域を評価・選定する等の対策が基本である。このような、直接的影響を引き起こす可能性のある現象として、隆起／侵食、断層運動、火山活動などの現象および地下資源の利用等のための処分場への人間侵入が想定される。

また、間接的影響として、長期にわたる埋設期間を考えると固化体中の核種が地下水を介して人間環境へ到達する可能性（地下水シナリオ）も想定される。このシナリオにおいては、ある地質環境条件およびその時間的変遷の下での固化体や人工物の緩慢な化学変化、地下水中での核種の移行が基本となる。急激な地質環境の変化が与える影響も考察の対象となる。

現実には固化体を埋設した場の環境が長期にわたって不変であることはありえず、地層処分における地質環境の長期安定性もそれを前提としているわけではない。すなわち、地質環境が、起こりうるその変化を考慮しても、多重バリアシステムにおいて期待される役割を果たすことが、人工バリアや処分場の設計仕様と合わせて判断できれば、地層処分の観点からは、その地質環境は安定であると見なすことができる。この安定という表現は、物理的な意味のみならず、化学的な意味も含むものであり、地下深部において鉱床が長期にわたり保存されて来たプロセスは、この考えを示唆するものであり、これらに関わる研究もまた重要である。

長期安定性という観点からの課題は、地質環境の変化の幅とその時間的関係を把握することである。また、地質環境が一時的に変化しても、多重バリアシステム性能に有意な影響を与えることなく元に戻るといった現象も安定性の観点からは注目すべき現象である。このような現象の一例として、釜石鉱山で得られた地層科学研究の成果を以下に示す。

### 4. 釜石鉱山における地震の研究

事業団は、地質環境の長期安定性の研究の一環として、岩手県の釜石鉱山において、地震による地質環境への影響に関する研究を行って来ており、その成果を国内外の学会等で公表している（Shimizu et al., 1995など）。岩盤への物理的な影響として、地震動の地下低減特性の研究や、地下水に及ぼす影響について研究している。地震動の地下低減特性の研究では、鉛直方向の異なる深度での地震動を把握するために、釜

石鉾山の地表部から深度約 650mまでの標高の異なる 4 レベル坑道内に地震計を設置し、地震観測を実施している。また、平面アレイ観測網として標高 550mの坑道に三角形を形成するように地震計を 3 箇所に配置しており、合計 6 台（1994年12月現在）の地震計を花崗閃緑岩・閃緑岩などの岩盤内に設置している。なお各地震計は K-1、K-2 などのように呼称されている（図-1）。

さらに、地震が深部の地下水に及ぼす影響を把握することを目的に、坑道内から掘削された試錐孔内の水圧観測や、坑道からの湧水の量と電気伝導度の連続測定、地震前後の湧水の水質分析を実施している（図-1）。1990年2月より観測を開始して以来、年間、20~50回の地震を記録し、1994年12月31日までに 211回の地震記録を得ている。このうちすべての地震計で同時に観測された地震は41回あり、各地震の最大加速度は地下深部に比べて地表部では、2~4倍に増幅する結果が得られた（図-2）。最も深部に設置してある地震計 K-6 の最大加速度を基準とした場合の K-2、K-5 および K-1 での最大加速度の増加率は、南北、鉛直成分で地震計 K-2~K-5 間で 1~2 倍、地表近くの K-1 で 2~3 倍である。また、東西成分の増加率は、地震計 K-1 で 2~4 倍であり、南北、鉛直成分より大きい観測結果が得られた。

水圧観測は、地表下約 300mの標高 550mの坑道に削孔された試錐孔の口元に圧力センサーを設置し、1990年2月から観測を開始した。1991年11月から1994年12月における KWP-1 孔と呼ばれる試錐孔での水圧の観測結果では、その値が 32.5~33.5 kg f/cm<sup>2</sup> で、11月~2月の冬季が低く、4月~5月の春季に急激に上昇する傾向が認められた（図-3）。年間の水圧変化の幅は 1 kg f/cm<sup>2</sup> 程度で、降水量変化と良く対応する。また、微視的にみると、潮汐に対応した半日周期の波状の水圧変化が観測されている（図-4）。

また、地震との関係においては、地震時にステップ状に水圧が変化する現象が観測されている。1993年7月12日22時19分に発生した地震では、水圧が急激に上昇した後、1週間程でもとのトレンド上に戻っている（図-4）。このような地震に伴う水圧の変化は、1994年12月までに 20例観測され、これまでに観測された最大の変化幅は 0.35 kg f/cm<sup>2</sup>、それ以外はおおむね 0.1 kg f/cm<sup>2</sup> 以内の変化で、最大でも水圧の 1% 程度の変動となっている。

地震の最大加速度と水圧の変化については、最大加速度が 18gal 以上あるにも関わらず、水圧は変化しないことがあり、反面 2 gal 以下の小さな最大加速度を有する地震において水圧が変化していることがある。一方、地震のマグニチュード/震源距離と水圧変化のあった地震との関係について整理した結果、水圧変化のあった地震は、Dobrovolsky et al. (1979)による Soft inclusion modelを用いて計算した地殻のひずみレベルが  $10^{-8}$  を超えたレベルにあてはまる（図-5）。このように水圧変化の発生は、地震の最大加速度ではなく、理論的な地殻のひずみ量の大きさに依存するとい

う結果となっている。現在、その地殻ひずみ量を測定するため、坑道内にひずみ計を設置し、観測を行っている。

図-1におけるKO-10地点の湧水を、自動採水装置を用いて4時間毎に常に採水し、4 gal以上の地震動を観測した時、採水ビンを回収し、地震前後の湧水の水質分析を行った。1994年12月までに、10件の地震について地震前後の湧水を採取し、水質分析を実施した。その結果10件中4例で、地震後に $\text{SO}_4^{2-}$ イオン濃度の一時的な、わずかな低下(最大 $4 \text{ mg/l}$ )と $\text{HCO}_3^-$ イオン濃度の増加傾向が見られた。残り6例の水質成分については明確な変化は見られていない。また、湧水量、電気伝導度には、これまでのところ地震時の明瞭な変化は観測されていない。

このように、本地域での観測によれば、地下の岩盤は地震動に対する影響が地表より小さい傾向にある。また、地震による地下水の水圧や水質の変化は一時的であり、かつその変化の幅は小さく、地質環境の長期安定性という観点から注目すべき事象であると思われる。

## 5. 地質環境の安定性に関する研究のアプローチ

本研究の目的は、将来事象の起こる地域を明らかにし、また、起こる事象によって引き起こされる地質環境への影響を把握することである。この観点から動燃事業団は各分野の専門家による議論を踏まえ、地質環境に影響を与える可能性のある天然現象として、地震/断層運動、隆起・沈降運動/侵食作用、火山活動をとりあげ、各事象の諸特性と、それが地質環境に与える影響に関する研究を進めている。それぞれの事象については、性能評価におけるシナリオを考慮し、その基礎的研究を進めることが重要である(表-1)。接近シナリオに関連すると考えられる隆起/侵食、活断層および火山活動については、その分布と事象発生によって引き起こされる直接的影響の範囲を明らかにすることが必要である。特に課題となるのは、現在とは異なる場で新たに起こる場合、すなわち活動の場の変遷である。そのためにはその事象発生のメカニズムを明らかにすること、あるいは過去の事例、地域性の特徴などから規則性を見だし、それに基づき、将来の発生地域の予測をすることが重要である。

地下水シナリオに関しては、天然現象が周辺の地質環境に与える影響の性質とそれらの規模に関する研究を進める。地震、隆起・沈降/侵食、気候・海水準変動などによる地下水の変化については、地下水位・水圧・化学組成などの変動幅を時間軸との関係において把握することとする。また、沿岸部における塩水淡水の境界の変動などについても明らかにする必要がある。火山活動に伴う地熱などによる熱・応力・地下水の変化については、その程度と範囲を把握することが重要となる。

表－1 天然現象の研究目標

研 究 項 目	シナリオ分類	研 究 目 標
地震 / 断層運動	接近シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層活動の規則性とその影響範囲の把握</li> <li>地下構造に関する調査手法の確立</li> </ul>
	地下水シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震が地下水に与える影響の把握</li> </ul>
隆起・沈降 / 侵食 気候・海水準変動	接近シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>侵食量の把握</li> </ul>
	地下水シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>隆起・沈降量の把握</li> <li>将来の地形変化の把握</li> <li>気候・海水準の変動幅の把握</li> </ul>
火山活動	接近シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>火山活動の規則性と地域特性の把握</li> <li>火山活動域の変化と影響範囲の把握</li> </ul>
	地下水シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>地熱が地下水へ与える影響の把握</li> </ul>

本研究のアプローチとしては、過去に起った現象を将来に外挿するという立場にたち、それぞれの天然現象の発生やそのメカニズムに関する基礎研究、またこれまでに発生した天然現象が周辺の地層や地下水に与えた影響の性質や規模に関する事例研究、そしてこれらの研究成果をもとに、将来における天然現象の発生可能性や、地質環境の変動幅を科学的に推察するための予測手法の研究を推し進めていく。

(1) 地震 / 断層運動に関する研究

断層運動は、その動きは間歇的ではあるが長期間にわたって繰り返すことにより、地形や地質・地質構造に変化をもたらす。このような長期間にわたる断層運動に伴う変位の累積性を考慮した場合、地下構造物が直接地表に露出したり、地表付近に接近する可能性がある。将来動く可能性があるのは、古い断層（地質断層）ではなく、同じ断層がくり返し動くいわゆる活断層である。また、断層運動に伴う割れ目系の発生によって活断層周辺の岩盤の力学特性が変化したり、地下水の流動や水質などが変化する可能性がある。既存の活断層周辺の表層から地下深部にわたる地質環境の実証的データを示すことによって、活断層の影響の範囲を確認する。

以上の考えをもとに、まず、第四紀に活動した断層の諸性質・活動様式および活動年代などを把握するため、各種調査法を整理し、最適な手法を確立する。次に、将来の断層運動の可能性を検討するため、活断層およびリニアメント分布と活断層の活動時期、変位速度との比較、検討を行い地域特性を明らかにする。さらに、断層運動の地域的な特徴をとらえるため、活褶曲や撓曲を含む断層運動を解析し、地域区分を行う。

また、断層運動が周辺岩盤に与える影響の範囲と程度を把握するため、モデル地域を対象として事例研究を実施し、表層から地下深部までの地質環境の物理的、化学的特性が断層周辺でどのように変化しているかを把握する。さらに、断層の活動様式の異なる1～2地域における事例研究を通して、断層変位に伴う地質構造変化をシミュレートできる数値構造モデルを構築し、その変化が地質環境へ与える影響を把握する。

地震が地下水に与える影響については、釜石鉾山における研究を継続する。さらに、地殻ひずみを含めた詳細な研究を行うため、地下水の流動系が明らかにされている地域においても観測を行う。

## (2) 隆起・沈降／侵食／気候・海水準変動に関する研究

日本列島は地質時代を通じて隆起・沈降運動などの地殻変動や、気候・海水準の変動と、これらに伴う侵食作用を繰り返し経験してきた。その地形や地質構造は主に、このような動きの累積によって形成されたものである。

隆起・沈降運動は、その動きは緩慢であるが、長期にわたって継続するものもあり、隆起／侵食によって将来、地下の構造物が直接地表に露出したり地表近くに接近する可能性がある。これらについては、隆起運動や侵食作用による地質構造の変化や地盤の削剥量を予測する。

また、隆起・沈降運動、気候・海水準変動、侵食作用の累積による地質構造や地形の変化は地下深部の地下水の流動系や水質に変化を与える可能性がある。これらについては、このような事象に起因する地下水の流動系や水質の変動幅を予測する。

この考えに基づいて、まず、第四紀における隆起・沈降運動の規則性、地域性、規模の解析精度を向上させるため、変動基準面に関する調査手法を確立し、地層の年代決定や対比などの精度をあげる。次に、第四紀に形成された地層や地形の分布と年代についてデータベース化を行い、日本列島における隆起・沈降運動の規則性、地域性と経時変化を把握し、第四紀の隆起・沈降量および変動区分を行うとともに、日本列島周辺の隆起・沈降運動を規制するテクトニクスについて取りまとめる。

また、侵食・堆積速度に関する研究として、第四紀における侵食・堆積量の地域性や規模を取りまとめるとともに侵食速度と地形、地質および気候変動などとの関係を解析し、侵食速度算定式ならびに侵食による地形変化モデルを作成する。これ

らを基に、隆起・沈降運動のモデル化と地形変化の将来予測手法を検討する。

気候・海水準変動については、日本における過去の気候変動および海水準変動に関する知見を整理・解析し、将来の気温、降水量、海水準の変遷と変動幅を予測する。また、これらの変動に起因する地下水の水理・水質などの変化を明らかにする。

### (3) 火山活動に関する研究

火山活動は、地下のマグマが地表または地表近くに達することによって引き起こされる現象であり、噴火活動、火山体の形成、噴気活動などの現象があるが、地質環境の長期安定性に影響を与える可能性があるものとして、地熱活動、変質作用、火成岩体の貫入なども広義の火山活動として取り扱う。

マグマの上昇・噴火による地質環境への直接的な影響については、活動中の火山が地質環境に与える影響の範囲と程度を明らかにする。また、将来における新たな火山の生成あるいは火山活動の再開の可能性を有する地域を予測することが重要である。また、地下の熱源が地質環境へ与える影響も考慮する必要がある。

日本列島における火山活動の特性に関する研究として、過去の事例から火山活動の規則性や地域性を把握するとともに、火山活動の場と地質構造・応力場・プレートの配置等それらを規制する要因を明らかにする。次に、事例研究を通してマグマの上昇・噴火の際に生じる断裂系の形成、山体崩壊、火山構造的陥没などの火山活動が地質環境に及ぼす直接的な影響の範囲や程度を把握する。

また、火山活動が地質環境に及ぼす間接的な影響（マグマの貫入などによる地下水の水理・水質の変化、岩盤の変質など）を評価するため、火山の地下構造および活動史に関する研究を行い、火山体の地下に存在するマグマ供給系を推定するための手法および過去の火山活動の履歴を詳細に把握するための手法を構築する。

## 6. おわりに

本研究の目的は、地震予知・火山噴火予知などのように事象がいつどこで起こるかを予測することではなく、将来にわたって断層運動や火山活動が起こらない地域を明らかにすること、および地震などの事象が地質環境に及ぼす影響を把握することである。しかしながら、本研究を進めるにあたっては、地球科学の基礎的な研究に負うところも大きいと、広く関連する分野の専門家の理解と協力を得て、幅広い視野から調和のとれた研究開発を透明性をもって進め、十分な客観性と論理性を備えた調査・解析手法と質の高い体系的なデータと知見を積み重ねていくことにより、関係各界の専門家によるコンセンサスを形成していくことが重要である。また、本研究は地震、火山などの研究に見られるように、学術的研究にも寄与する可能性も秘めており、広く国内外の大学や各種研究機関との協力や共同研究などを通じて研究開発を進めている。

## 引用文献

- (1) Dobrovolsky. I.P., Zubkov. S.I., and Miachin. V.I.(1979) Estimation of the size of earthquake preparation zones, Pure Appl. Geophys., 117, P1025-1044.
- (2) 活断層研究会(編)(1991)新編日本の活断層—分布と資料, 東京大学出版会.
- (3) Shimizu, K., Ishimaru, K., Furuya, K. and Yusa, Y.(1992) Natural processes and events relevant to long-term stability of geological environment in Japan. Proceedings of Workshop WC-1 of the 29th International Geological Congress, Tokyo, P381-394.
- (4) Shimizu, I., Osawa, H., Seo, T., Yasuike, S. and Sasaki, S.(1995) Earthquake related ground motion and groundwater pressure change at the kamaishi Mine. Eng. Geol. (投稿中)

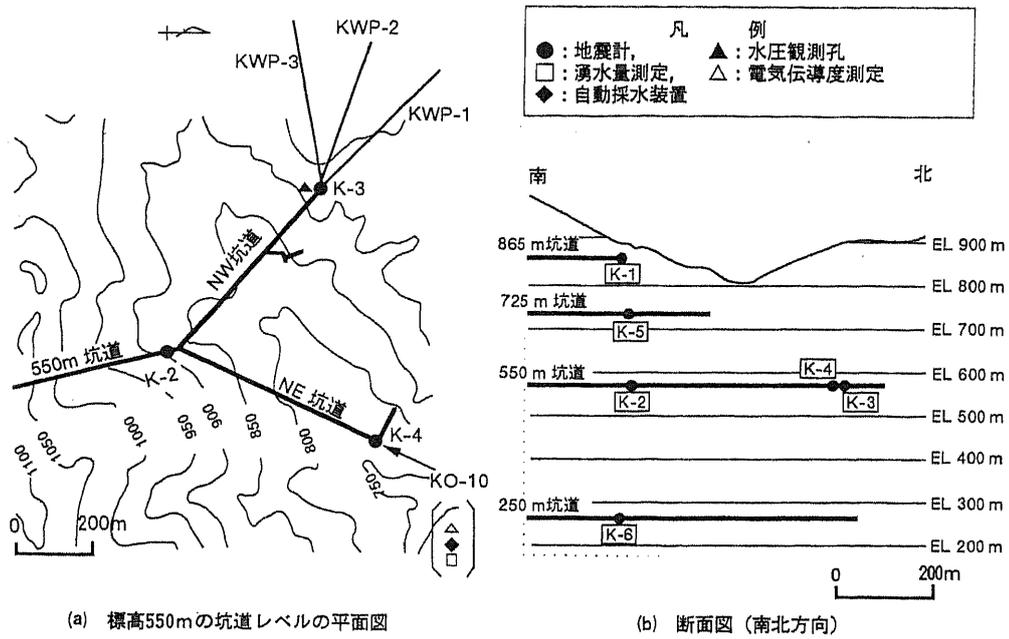


図-1 地震、地下水の水力・水質観測システム位置図

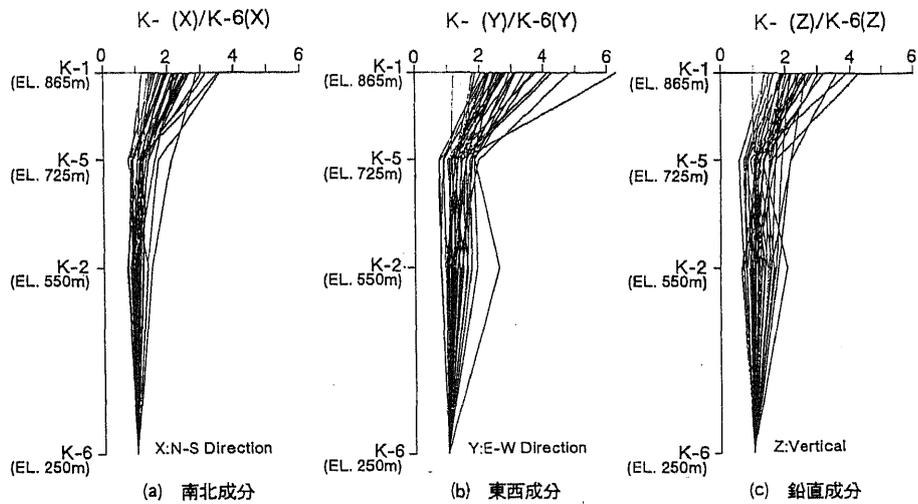


図-2 K-6地点を基準とした加速度振幅の増加率  
(1991年1月～1994年12月に観測された地震)

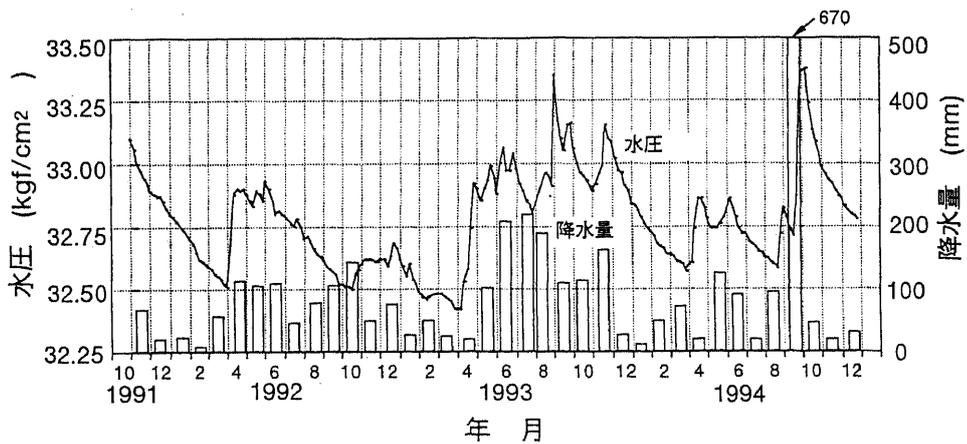


図-3 KWP-1孔の水圧の長期変化と降水量

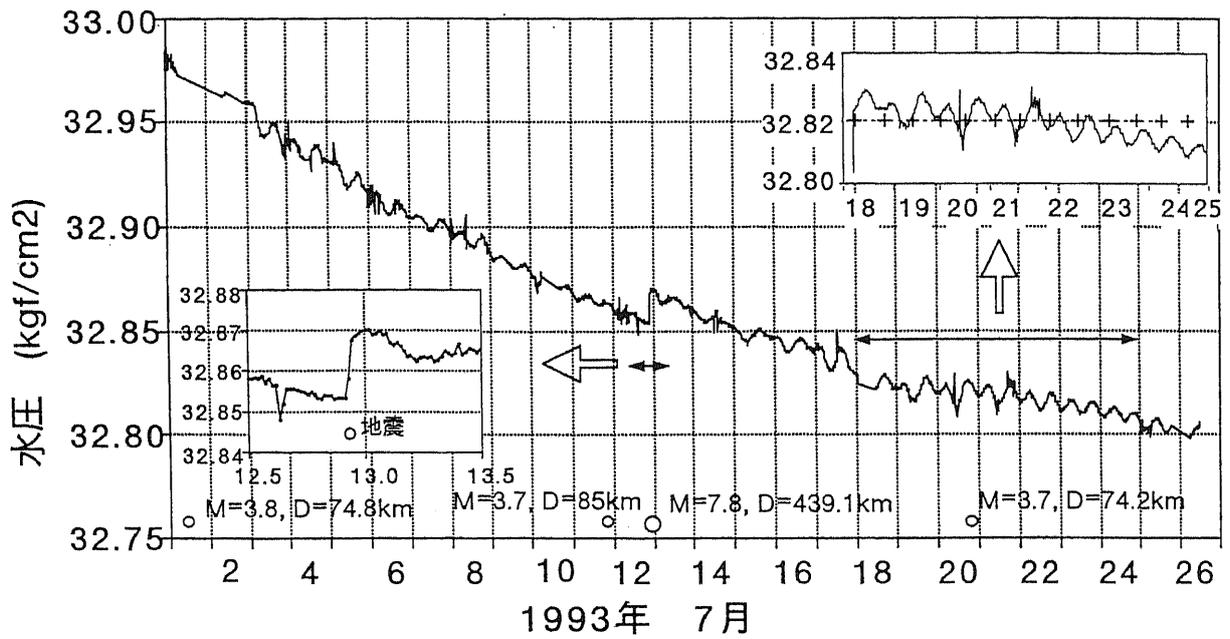


図-4 KWP-1 孔の1993年7月の水圧変化

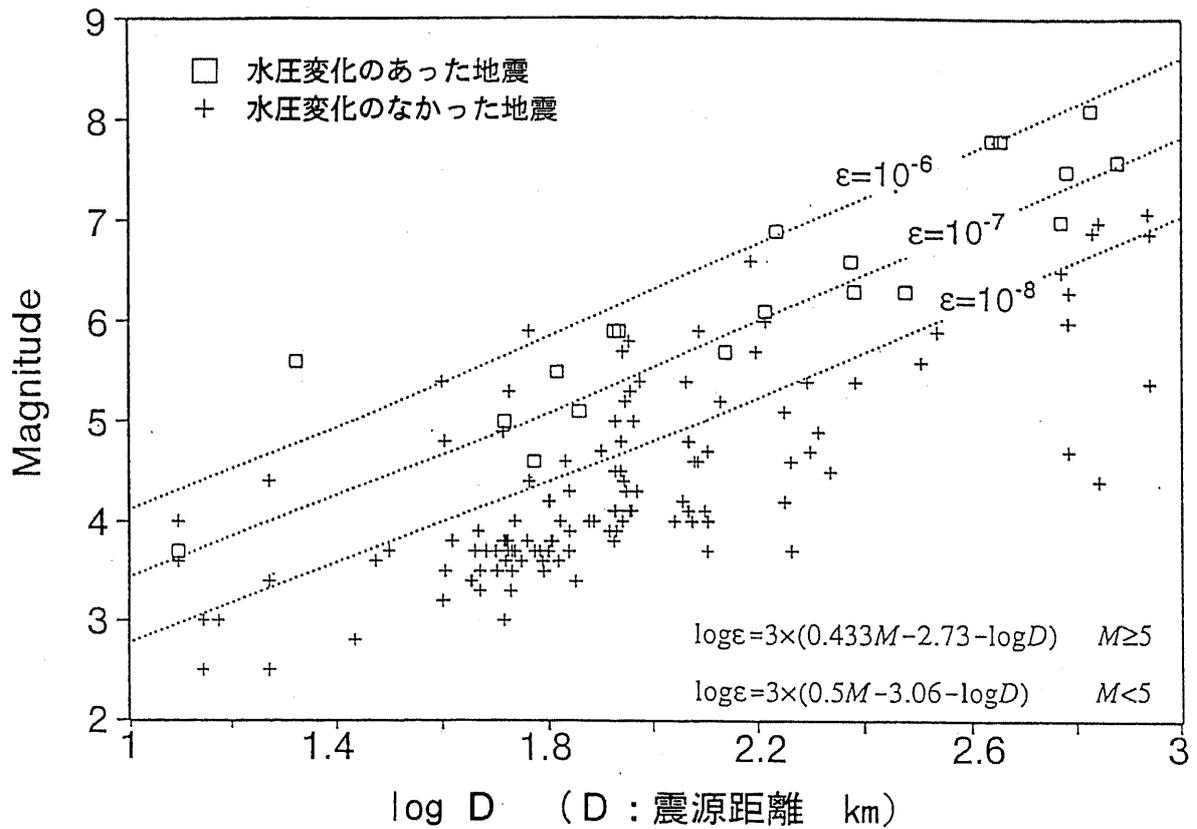


図-5 水圧変化と地殻ひずみの関係

# 釜石原位置試験概要

## A brief introduction to the Kamaishi In-Situ Experiments

山崎 眞一 (動力炉・核燃料開発  
事業団 釜石事務所)  
Shin-ichi YAMASAKI

### 1. 地層処分の考え方と地層処分研究開発

一般に地下深部は、

- ・ 人間環境から遠く、人間活動の影響を受け難い.
- ・ 地下水の流れが非常に遅い.
- ・ 地下水は還元性で、放射性核種が溶け難い.

ことが期待できることから、高レベル放射性廃棄物はガラス固化により安定な形態にした後、30年から50年程度冷却のための貯蔵を行い、地下数百メートルよりも深い所に処分する『地層処分』を行う方針ですが、そのためには、この地層処分が技術的に実現可能であること(当然安全であることを意味する)を示す必要があります。このための研究が地層処分研究開発であり、動燃事業団が中核となって推進して行くと国(原子力委員会)から言われている訳です。蛇足ですが、実際に地層処分と言う事業を行うのは、まだ、誰とは決められていなくて、2000年頃にそういう組織を設立することにしています。このように、研究開発と事業の実施は明確に区分されており、動燃事業団は研究開発がその業務です。

### 2. 地層処分研究開発

さて、実現可能性を示すと言うのは、簡単に言えば、安全、もう少し厳密に言えば、1万年あるいはそれ以上の超長期にわたって人間環境に有意の影響を与えないことを示す、と言うことです。そのためには、地下深部とはどういう性質(地質環境特性)を持っているのか、そこでこの超長期間にどういうこと(現象)が起こりそうか、例えば、仮にガラス固化体から放射性物質が溶け出した場合、放射性核種が地層の中をどういうふうに移動していくのかと言ったことを明らかにしなければなりません。つぎにそういう現象を可能な限り単純化(モデル化)します。このためには、この現象がどういうものか良く理解されないとはいけません。

また、地下の性質もモデル化して、モデルのデータとします。

これについては、我々の研究の目標は、地域や地層を特定しないで、日本の地層中でも、もちろん火山の真ただ中と言った例外は除きますが、地層処分は実現可能だということを示すことにあります。つまり、ある特定の場所のデータを使って

研究するだけでは不十分で、例えば、日本の地下水はいろんな性質のものがある訳ですが、大体この範囲に入る、と言う、この範囲を明らかにして、モデル地下水とするのです。

さて、こうして幾つかの現象をモデル化(現象モデル)して、組み合わせ(より高位のモデル(評価モデル)を作成し)、地下のモデルのデータを使ってコンピュータでシミュレーションを行うことによって、将来の挙動を予測します(性能評価)。

ここでもう一つ重要なことは、実際の地下を調べる技術を持っていることです。資源探査や土木の分野で用いられている、つまり、今我々が持っている技術を改良したり、新たに機器を開発したりする必要があります。

### 3. 原位置試験

これら一連の研究を室内の研究室/実験室と実際の地下の岩盤の中で行っています。実際の地下の岩盤の中での研究の代表が、ここ釜石鉱山での原位置試験です。ところで、地盤と言うのは、固くて、地下水が割れ目に沿って流れる結晶質岩と比較的柔らかくて、地下水が砂粒などの粒子の間の隙間を流れる新しい時代の堆積岩に区分できます。

釜石の研究の対象としている岩石はこの結晶質岩の代表と言える花崗岩(花崗閃緑岩)です。

実際の地下での研究の目的をまとめてみますと、

- 1) 実際の地下の性質を調べる(具体的事例として、総合的な地下深部のデータを取得する)こと、
- 2) 地層処分を考える際に、超長期の期間に起こると考えられる現象を明らかにすること、
- 3) データを取得したり、現象を観察、実験するために必要な技術や機器を開発すること

と言えます。なお、この他に、地下数百メートルに坑道を掘ったり、これを埋め戻したりする技術、4) 処分技術の開発を実際の岩盤の中で行うことも目的の一つであると言えます。

この他に、実際の地下を広く公衆に見て頂き、5) 地下ひいては地層処分に対する理解に資するという PA-社会受容の形成-という役割も重要であると考えています。

ここ釜石鉱山での研究もこれらの目的を達成すべく実施されていますが、先に例にも引きましたが、放射性核種の移行現象を明らかにすると言う観点からは、岩盤中の地下水の動きや化学的な性質を明らかにすることが重要でありまして、そのために地下水の動きや水質についての研究に相当の力点が置かれています。

#### 4. これまでの実施内容と今後の計画

釜石原位置試験は、昭和63年度から5ヶ年の計画(第1フェーズ)で開始されましたが、なお一層の研究が必要と判断され、平成5年度から9年度までの5ヶ年(第2フェーズ)の計画を進めております。

##### 4.1 第1フェーズ(S63-H4年度)

花崗岩(栗橋花崗閃緑岩)の地下深部の

- .地質構造：割れ目など
- .岩盤の力学特性：岩盤強度など
- .水理水文地質特性：岩盤の透水性など
- .地下水の地球化学特性：水質など

の地質環境がどうなっているのかを概略的に把握することと、その調査、試験に必要な調査技術の適用性を評価することを大きな目標としました。この他、

.人工バリアに関する研究

また、わが国ならではの

.地震の地質環境に対する影響に関する研究

を実施しました。

##### 4.2 第2フェーズ(H5-H9年度)

地下の地質環境をより詳細に把握することおよび調査技術の高度化を目標に据えつつ、より具体的には、地質環境が深さによってどう変化しているのか(深度依存性)、廃棄体(～坑道)の比較的近傍の岩盤がどうなっているのか、そこではどう言う現象が起こっているのかと言う課題を設定して調査試験研究を実施しています。

- .深部地質環境の把握：割れ目/岩盤強度/地下水流れ/水質など
- .坑道周辺の掘削影響の把握：岩盤力学/水理(地質)/化学環境の変化
- .割れ目系岩盤中の水理/物質移行の把握：割れ目内の地下水流れ(移流)/割れ目から岩盤中への物質の移動(拡散)
- .人工バリアに関する研究：粘土充填熱負荷試験/グラウト試験など
- .地震に関する研究：地震動の地下低減/地震時の地下水流れや水質の変化

#####



図 I: 原位置試験実施場所と花崗閃緑岩

## 地層処分に対する地球科学者の対応に関するメモ

埼玉大学 渡辺邦夫

地層処分の問題に限らず、より広くまた一般的な環境問題に対して、地球科学者は何をすべきかについて、簡単に意見を述べる。結論として、私は何を行っても良いと考える。しかし、その段階で、以下の観点をもつことが必要である。

現在発生している問題の内容を良く理解し、自分の研究がどのように関わっているかをはっきりさせるロジックを組み立てる事。

例えば、この地層処分の問題にせよ、あるいは砂漠緑化、熱帯雨林伐採、地球温暖化、極地開発にせよ、その基礎に必ず地質の問題が存在している。地質に対する検討無しにはどんな環境問題の解決にも結びつかない。このことは、自分の経験から言っても正しいことである。しかし、残念な事に、これらの問題に対する地質サイドの発言力は必ずしも大きくない。つまり、不可欠な研究をしていながらも発言力が小さいという矛盾に直面している。私は、この矛盾を解決してゆく事が、将来的な地質分野の発達につながると考える。

この矛盾は何故生じているかを考える。地質的な研究、とりわけフィールド・ジオロジーに代表される方向が、すでに陳腐なものになってしまったのであろうか、あるいは、地質研究者が世の中の動向から取り残され、井の中の蛙状態になっているのであろうか。私はそうは思わない。私は、問題は研究内容にあるのではなく、研究と社会ニーズを結ぶロジックの不十分さと、ロジックを作るという方向の行動力の不足にあると考える。

例えば、廃棄物処分場と断層の問題について考えてみる。

「計画されている廃棄物処分場付近におおきな断層がある。だから、危険である。」と地質研究者が言ったとする。この言葉は正しい指摘である。しかし、この言葉だけでは、地質研究者ならずとも誰でも言える事である。少し経験のある土木技術者であれば、断層を認識することは大して難しいことではない。つまり、断層を発見し、その危険性を指摘するだけでは、地質研究者としての専門性は必要に乏しいのである。問われている専門性は、さらに高度で実際的な判断である。例えば、

どの程度危険なのか。処分場からもし危険物質が漏れたら、どこをどの程度の早さで広がるのか。漏洩を止める方法はあるのか、本当に無いのか。その場所が問題であれば、別の場所に良い所はあるのか。などである。

このような判断のうちのいくつかを、専門性として期待されるのである。このような社会的ニーズに合致した判断力を如何に作ってゆくかは環境問題に携わってゆく上で極めて重要である判断力の養成のためには、結局、自分の研究がどのように社会の問題と関わっているのかをいつも考え、説得性のあるロジックを作る方向の努力が

必要である。今回の研究が、そのような方向付けの一つの事例となることを希望する。

今回、資料として、地質調査の方法例と、私共の行っている研究会とそのパンフレットを紹介する。

## 地層処分研究における反射法地震探査の課題

千葉大学理学部 伊藤谷生

廃棄物の地層処分のためには、対象とする地域において、少なくとも地下1~2 kmに至るまでの地質構造の詳細なイメージングが必要です。このための様々な手法が現在試みられています。反射法地震探査もその1つです。この反射法地震探査はそもそも石油資源探査として開発されたものですが、アメリカのCOCORP計画(1975年~)によって地殻構造の解明にも大いに役立つことが確認され、以後、地質学の分野にも急速に拡がって来ました。しかし、この方法を地層処分のために動員するためには、いくつかの課題に取り組まなければなりません。

反射法は低角な面構造に対しては直接それらを反射面として認識することが可能ですが、高角なものは得意ではありません。周知のように、断層、節理、片理、貫入岩などは高角なものが多いのです。しかも、それらの方向は一定ではありません。さらに、対象を安定した岩盤として結晶質岩石を選んだ場合、弾性波速度が速いため(P波で6.0 km/sを越す)、面構造の両側の岩質が異なっても速度変化が相対的に小さく、このため、反射率を規定する音響インピーダンスのコントラストが小さいのです。従って、高角の面構造を持った高速度岩体において地質構造を3次的にイメージングできるように、反射法適用に際して工夫が必要です。

そこで、第1に、私達は、3D反射法を試みています。3D反射法というのは、通常の反射法が1つの測線に沿って探査を行なうのに対して、何本もの測線を設置し、受振点をグリッド状に配置することによって、反射面の3次的分布を明らかにしようとするものです。その小規模なテストとして、今夏、淡路島の野島断層に対して行ないました。ほぼ200m四方の平坦な場所に、10m間隔で縦・横の測線を張り、10m間隔、総計440地点の受振点をグリッド状に配置しました。その後、周辺、及び、いくつかの測線に沿って、114ヶ所で発震しました。この結果は現在解析中ですが、およそ数100mまで、野島断層の地下構造が3次的に明らかになることが期待されています。

第2に、受振のための地震計を3成分型にする試みを行なっています。このことによって、高角な面構造から反射してくる波を敏感にとらえるとともにその到来方向も決定しようという訳です。これについては、高速岩体が露出する、北海道日高衝突帯で来年度実施する予定です。

これらは、従来の反射法に比して膨大な情報の処理が必要であり、かつ現地での探査そのものに要する日程も増加します。つまり、相当額のコストがかかります。この数年間、千葉大学では、関係機関や組織の絶大なご支援を受けてこの反射法に取り組んで来ましたが、上記のような新しい試みを本格的に進めるには、1大学の努力では不可能です。共同研究システムの立ち上げが切望されます。

【補】上記の3D反射法地震探査結果の速報は、伊藤らによって1996年地球惑星科学関連学会で発表される(A21-P13)。

## AFRICA

- 1) Oh, Jinyong, et al. "Seaward-dipping reflectors offshore the Southeastern United States; seismic evidence for extensive volcanism accompanying sequential formation of the Carolina Trough and Blake Plateau basin." Jan. 1995. (GEOLOGY (BOULDER) ; Vol. 23, No. 1, p. 9-12)
- 2) Kemplèr, Ditzá, et al. "Structures and kinematics in the northeastern Mediterranean; a study of an irregular plate boundary." Mart, Yossi, et al. June 15, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 234, No. 1-2, p. 19-32)
- 3) Braile, L. W., et al. "Modeling the 2-D seismic velocity structure across the Kenya Rift." Prodehl, Claus, et al. Sept. 30, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 236, No. 1-4, p. 251-269)
- 4) Keller, G. R., et al. "Seismic structure of the uppermost mantle beneath the Kenya Rift." Prodehl, Claus, et al. Sept. 30, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 236, No. 1-4, p. 201-216)
- 5) Gajewski, Dirk, et al. "Deep seismic sounding in the Turkana Depression, northern Kenya Rift." Prodehl, Claus, et al. Sept. 30, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 236, No. 1-4, p. 165-178)
- 6) Bosworth, William, et al. "Structural and stratigraphic evolution of the Anza Rift, Kenya." Prodehl, Claus, et al. Sept. 30, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 236, No. 1-4, p. 93-115)
- 7) Prodehl, Claus, et al. "The KRISP 90 seismic experiment; a technical review." Prodehl, Claus, et al. Sept. 30, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 236, No. 1-4, p. 33-60)
- 8) Ben-Avraham, Zvi, et al. "Mid-Tertiary changes in deep ocean circulation patterns in the Natal Valley and Transkei Basin, Southwest Indian Ocean." Feb. 1994. (EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS ; Vol. 121, No. 3-4, p. 639-646)
- 9) Westall, F., et al. "Current-controlled sedimentation in the Equatorial Atlantic; examples from the southern margin of the Guinea Plateau and the Romanche fracture zone." Stow, Dorrik A. V., et al. Jan. 1993. (SEDIMENTARY GEOLOGY ; Vol. 82, No. 1-4, p. 157-171)

## ASIA

- 10) Che Jenkai, et al. "Deep seismic reflection profiling during INDEPTH II; technical overview." Nov. 5, 1994. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 75, No. 44, Suppl., p. 631)
- 11) Alsdorf, D., et al. "The 20 km deep Yangbajain reflection of INDEPTH II; collisional decollement, extensional detachment or magma?." Nov. 5, 1994. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 75, No. 44, Suppl., p. 631)
- 12) Mohan, G., et al. "Large-scale three-dimensional seismic tomography of the Zagros and Pamir-Hindukush regions." Feb. 28, 1995. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 242, No. 3-4, p. 255-265)
- 13) Snyder, D. B., et al. "A deep seismic reflection transect across the youngest mountain range in the world, the active convergent margin between the Australian Craton and the Banda volcanic arc near Timor, Indonesia." Oct. 26, 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 43, Suppl., p. 444)
- 14) Brown, Larry D., et al. "A deep seismic reflection profile across Tibet; Project INDEPTH." 1994. (ANNUAL MEETING ABSTRACTS - AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS AND SOCIETY OF ECONOMIC PALEONTOLOGISTS AND MINERALOGISTS ; Vol. 1994, p. 112)

- 15) Ito, Tanio, et al. "Seismic reflection studies of the Median Tectonic Line (MTL), eastern Shikoku, Japan." Oct. 26, 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 43, Suppl., p. 546-547)
- 16) Coruh, C., et al. "Directional seismic reflectivity of deep crust; examples from Southeastern U. S. and central Anatolia." March 1994. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 26, No. 4, p. 8-9)
- 17) "Seismic exploration in the southern part of the Yoro Fault." Feb. 1994. (JISHIN YOCHI RENRAKUKAI KAIHO = REPORT OF THE COORDINATING COMMITTEE FOR EARTHQUAKE PREDICTION ; Vol. 51, p. 697-699)
- 18) Verma, R. K., et al. "Gravity field, tectonics and evolution of Krishna-Godavari and Cauvery basins of India." Dec. 1993. (INDIAN JOURNAL OF PETROLEUM GEOLOGY ; Vol. 2, No. 2, p. 39-72)
- 19) Petersen, N., et al. "Precursors to SS and structure of transition zone of the north-western Pacific." Feb. 19, 1993. (GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS ; Vol. 20, No. 4, p. 281-284)
- 20) Zeng Rongsheng. "A discussion on the crustal dynamical problems in Tibetan Plateau." May 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 16, Suppl., p. 202)
- 21) Arora, B. R., et al. "A non-uniform thin sheet model for geomagnetic induction anomalies in central India." Jones, A. G., et al. Dec. 1993. (PHYSICS OF THE EARTH AND PLANETARY INTERIORS ; Vol. 81, No. 1-4, p. 201-213)
- 22) Ben-Avraham, Zvi, et al. "The northern edge of the Gulf of Elat." Cloetingh, Sierd, et al. Nov. 15, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 226, No. 1-4, p. 319-331)
- 23) Wang Chun-yong, et al. "A study on fine crustal structure in Xingtai earthquake area based on deep seismic reflection profiling." 1993. (DIQIU WULIXUE BAO = ACTA GEOPHYSICA SINICA ; Vol. 36, No. 4, p. 445-452)
- 24) Brown, Larry D. "Deep seismic exploration in Tibet." 1993. (CORNELL ENGINEERING QUARTERLY ; Vol. 27, No. 3-4, p. 12-16)
- 25) Prasetyo, H., et al. "Deep seismic reflection profiles across the Banda Arc convergence zone of Indonesia east of Timor." Oct. 1993. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 25, No. 6, p. 419)
- 26) Nelson, K. D., et al. "Imaging the India-Asia decollement beneath southern Tibet; Project INDEPTH deep seismic profiling results." May 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 16, Suppl., p. 302)
- 27) Zhao Wenjin, et al. "Deep seismic reflection evidence for continental underthrusting beneath southern Tibet." Dec. 9, 1993. (NATURE (LONDON); Vol. 366, No. 6455, p. 557-559)
- 28) Nelson, K. D., et al. "Deep seismic reflection profiling on the north side of the Himalaya." April 1993. (ANNUAL MEETING ABSTRACTS -AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS AND SOCIETY OF ECONOMIC PALEONTOLOGISTS AND MINERALOGISTS ; Vol. 1993, p. 157)
- 29) Ben-Avraham, Zvi, et al. "Distribution of Holocene sediments and neotectonics in the deep north basin of the Dead Sea." Aug. 1993. (MARINE GEOLOGY ; Vol. 113, No. 3-4, p. 219-231)

## AUSTRALIA

- 30) Snyder, D. B., et al. "Marine deep seismic reflection signatures of continental convergent zones; examples from the Archaean-Proterozoic to the Active." Oct. 26, 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 43, Suppl., p. 430-431)
- 31) Goleby, Bruce R., et al. "Review of recent results from continental deep seismic profiling in Australia." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 1-12)

- 32) Prasetyo, H., et al. "Deep seismic reflection profiles across the Banda Arc convergence zone of Indonesia east of Timor." Oct. 1993. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 25, No. 6, p. 419)

## **EUROPE**

- 33) Ye, S., et al. "Crustal structure beneath the eastern Swiss Alps derived from seismic refraction data." Feb. 28, 1995. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 242, No. 3-4, p. 199-221)
- 34) Vernik, Lev, et al. "Ultrasonic velocities in cores from the Kola superdeep well and the nature of subhorizontal seismic reflections." Dec. 10, 1994. (JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, B, SOLID EARTH AND PLANETS ; Vol. 99, No. 12, p. 24,209-24,219)
- 35) McBride, John H. "Structure of a continental strike-slip fault from deep seismic reflection; Walls Boundary Fault, northern British Caledonides." Dec. 10, 1994. (JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, B, SOLID EARTH AND PLANETS ; Vol. 99, No. 12, p. 23,985-24,005)
- 36) Rijkers, Richard H. B., et al. "Crustal observations beneath the southern North Sea and their tectonic and geological implications." Cloetingh, Sierd, et al. Dec. 30, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 240, No. 1-4, p. deciphered from deep-seismic data." 1992. (INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, ABSTRACTS--CONGRES GEOLOGIQUE INTERNATIONALE, RESUMES ; Vol. 29, p. 151)
- 37) Mogensen, Tommy E. "Palaeozoic structural development along the Tornquist Zone, Kattegat area, Denmark." Cloetingh, Sierd, et al. Dec. 30, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 240, No. 1-4, p. 191-214)
- 38) Vernik, L., et al. "Ultrasonic velocity in cores from the Kola superdeep well and the nature of subhorizontal seismic reflections." Nov. 5, 1994. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 75, No. 44, Suppl., p. 676)
- 39) Harjes, Hans-Peter, et al. "A simple model for seismic reflections from crustal fault zones." Nov. 5, 1994. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 75, No. 44, Suppl., p. 676)
- 40) Raileanu, Victor, et al. "Characteristics of Romanian lithosphere from deep seismic reflection profiling." Dec. 15, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 239, No. 1-4, p. 165-185)
- 41) Holliger, Klaus, et al. "Seismic structure of gneissic/granitic upper crust; geological and petrophysical evidence from the Strona-Ceneri Zone (northern Italy) and implications for crustal seismic exploration." Nov. 1994. (GEOPHYSICAL JOURNAL INTERNATIONAL ; Vol. 119, No. 2, p. 497-510)
- 42) Daignieres, M., et al. "The Arzacq-western Pyrenees ECORS deep seismic profile." Mascle, Alain. 1994. (SPECIAL PUBLICATION OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOSCIENTISTS ; Vol. 4, p. 199-208)
- 43) Lueschen, Ewald, et al. "Fluid reservoir (?) beneath the KTB drillbit indicated by seismic shear-wave observations." May 21, 1993. (GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS ; Vol. 20, No. 10, p. 923-926)
- 44) Ates, A., et al. "Deep structure of the East Mendip Hills from gravity, aeromagnetic and seismic reflection data." Nov. 1993. (JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON ; Vol. 150, Part 6, p. 1055-1063)
- 45) Dyrelus, D., et al. "Possible deep deformation of the Precambrian basement beneath the Caledonian Foreland; reflections on new seismic data." 1993. (TERRA ABSTRACTS ; Vol. 5, Suppl. 5, p. 20)
- 46) Meissner, R., et al. "East Avalonia, the third partner in the Caledonian collisions; evidence from deep seismic reflection data." March 1994. (GEOLOGISCHE RUNDSCHAU ; Vol. 83, No. 1, p. 186-196)

- 47) Horst, W., et al. "NIZUSE; a deep seismic reflection line in north-eastern Germany." March 1994. (GEOLOGISCHE RUNDSCHAU ; Vol. 83, No. 1, p. 161-169)
- 48) McBride, J. H. "A deep seismic reflection view of continental strike-slip faults; Walls Boundary Fault, British Caledonides." Oct. 26, 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 43, Suppl., p. 432)
- 49) Snyder, D. B., et al. "Marine deep seismic reflection signatures of continental convergent zones; examples from the Archaean-Proterozoic to the Active." Oct. 26, 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 43, Suppl., p. 430-431)
- 50) Levato, L., et al. "The cover-basement contact beneath the Rawil axial depression (Western Alps); true amplitude seismic processing, petrophysical properties, and modelling." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 391-409)
- 51) Marthelot, J. M., et al. "Three-dimensional imaging of the crust using a sparse land acquisition grid; the ECORS 2.5-D experiment." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 365-377) 24  
Lueschen, Ewald. "Crustal "bright spots" and anisotropy from multi-component P- and S-wave measurements in southern Germany." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 343-354)
- 52) Morgan, J. V., et al. "The polarity of deep seismic reflections from the lithospheric mantle; evidence for a relict subduction zone." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 319-328)
- 53) Levander, A., et al. "The crust as a heterogeneous "optical" medium, or "crocodiles in the mist"." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 281-297)
- 54) Holliger, Klaus, et al. "Some attributes of wavefields scattered from Ivrea-type lower crust." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 267-279)
- 55) Warner, Mike, et al. "High-resolution images of the lower crust; deep seismic reflections from 15 to 180 Hz." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 225-237)
- 56) Lindsey, Gillian, et al. "Pre-critical wide-angle reflections from the Baltic Shield; evidence for a 1.8 Ga subduction complex." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 179-194)
- 57) Lie, J. E., et al. "Simple-shear deformation of the Skagerrak lithosphere during the formation of the Oslo Rift." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 133-141)
- 58) Perez-Estaun, A., et al. "Crustal structure of the external Variscides in Northwest Spain from deep seismic reflection profiling." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 91-118)
- 59) Garcia-Duenas, V., et al. "A deep seismic reflection survey across the Betic Chain (southern Spain); first results." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 77-89)
- 60) Gallart, J., et al. "Lateral variations in the deep crustal structure at the Iberian margin of the Valencia Trough imaged from seismic reflection methods." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 59-75)
- 61) Hall, Jeremy, et al. "A collisional crustal fabric pattern recognised from seismic reflection profiles of the Appalachian/Caledonide Orogen." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 31-42)
- 62) Brown, Larry D. "COCORP, serendipity and deep exploration of the Appalachians." Oct. 1993. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS -GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 25, No. 6, p. 177)

- 63) McBride, J. H., et al. "Deep seismic reflection structure of the Caledonian orogenic front west of Shetland." Jan. 1994. (JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON ; Vol. 151, Part 1, p. 9-16)
- 64) Litak, R. K., et al. "Crustal structure and reflectivity of the Swiss Alps from three-dimensional seismic modeling; 2, Penninic nappes." Aug. 1993. (TECTONICS ; Vol. 12, No. 4, p. 925-935)
- 65) Stauble, M., et al. "Crustal structure and reflectivity of the Swiss Alps from three-dimensional seismic modeling; 1, Helvetic nappes." Aug. 1993. (TECTONICS ; Vol. 12, No. 4, p. 911-924)
- 66) Livelybrooks, D. W., et al. "Inversion of electromagnetic induction data for the Iapetus suture zone in the UK." Jones, A. G., et al. Dec. 1993. (PHYSICS OF THE EARTH AND PLANETARY INTERIORS ; Vol. 81, No. 1-4, p. 67-84)
- 67) Tomek, Cestmir. "Deep crustal structure beneath the central and inner West Carpathians." Cloetingh, Sierd, et al. Nov. 15, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 226, No. 1-4, p. 417-431)
- 68) Csato, Istvan. "Neogene sequences in the Pannonian Basin, Hungary." Cloetingh, Sierd, et al. Nov. 15, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 226, No. 1-4, p. 377-400)
- 69) Horvath, Frank. "Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian Basin." Cloetingh, Sierd, et al. Nov. 15, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 226, No. 1-4, p. 333-357)
- 70) Bois, C. "Initiation and evolution of the Oligo-Miocene rift basins of southwestern Europe; contribution of deep seismic reflection profiling." Cloetingh, Sierd, et al. Nov. 15, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 226, No. 1-4, p. 227-252)
- 71) Holliger, Klaus, et al. "Structure and seismic response of extended continental crust; stochastic analysis of the Strona-Ceneri and Ivrea zones, Italy." Jan. 1994. (GEOLOGY (BOULDER) ; Vol. 22, No. 1, p. 79-82)
- 72) Skogseid, Jakob, et al. "Crustal structure of the mid-Norwegian volcanic passive margin from deep seismic reflection and refraction data." Oct. 1993. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 25, No. 6, p. 417)
- 73) Wenzel, F., et al. "Calibration of a crustal reflector at the KTB site." Oct. 26, 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 43, Suppl., p. 101)
- 74) Cameli, G. M., et al. "Upper crustal structure of the Larderello geothermal field as a feature of post-collisional extensional tectonics (southern Tuscany, Italy)." Sept. 15, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 224, No. 4, p. 413-423)
- 75) Musacchio, G., et al. "Reinterpretation of a wide angle reflection "fan" across the Central Alps." Cassinis, R., et al. April 28, 1993. (JOURNAL OF APPLIED GEOPHYSICS ; Vol. 30, No. 1-2, p. 43-53)
- 76) Raileanu, V., et al. "Crustal seismic reflection profiling in Romania on the Urziceni-Mizil line." Aug. 15, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 223, No. 3-4, p. 401-409)
- 77) Kissling, Edi. "Deep structure of the Alps; what do we really know?" Snieder, R., et al. Aug. 1993. (PHYSICS OF THE EARTH AND PLANETARY INTERIORS ; Vol. 79, No. 1-2, p. 87-112)
- 78) Meissner, Rolf, et al. "From collision to collapse; phases of lithospheric evolution as monitored by seismic records." Snieder, R., et al. Aug. 1993. (PHYSICS OF THE EARTH AND PLANETARY INTERIORS ; Vol. 79, No. 1-2, p. 75-86)
- 79) Damotte, B. "Experience from the ECORS program in regions of complex geology." Cassinis, R., et al. April 14, 1993. (JOURNAL OF APPLIED GEOPHYSICS ; Vol. 29, No. 3-4, p. 301-338)

- 80) Tomek, Cestmir, et al. "Subducted continental margin imaged in the Carpathians of Czechoslovakia." June 1993. (GEOLOGY (BOULDER) ; Vol. 21, No. 6, p. 535-538)
- 81) Tellez, J., et al. "Structure of the crust in the schistose domain of Galicia-Tras-os-Montes (NW Iberian Peninsula)." Badal, J., et al. April 30, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 221, No. 1, p. 81-93)
- 82) Banda, E., et al. "Lateral variation of the crust in the Iberian Peninsula; new evidence from the Betic Cordillera." Badal, J., et al. April 30, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 221, No. 1, p. 53-66)
- 83) Diaz Cusi, J., reporter, et al. "A deep seismic sounding investigation of lithospheric heterogeneity and anisotropy beneath the Iberian Peninsula." Badal, J., et al. April 30, 1993. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 221, No. 1, p. 35-51)

### EURASIA

- 84) Mohan, G., et al. "Large-scale three-dimensional seismic tomography of the Zagros and Pamir-Hindukush regions." Feb. 28, 1995. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 242, No. 3-4, p. 255-265)
- 85) Kempler, Ditzsa, et al. "Structures and kinematics in the northeastern Mediterranean; a study of an irregular plate boundary." Mart, Yossi, et al. June 15, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 234, No. 1-2, p. 19-32)

### NORTH AMERICA

- 86) Knapp, J. H., et al. "The COCORP Williston Basin surveys; deep reflection profiling of ancient continental margins." Oct. 26, 1993. (EOS, TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION ; Vol. 74, No. 43, Suppl., p. 443)
- 87) Vasudevan, Kris, et al. "Residual statics estimation in crustal reflection profiling using the simulated annealing search technique; an ensemble approach." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 437-450)
- 88) Boyd, Nicholas K., et al. "Seismic profiling of Archean crust; crustal structure in the Morton Block, Minnesota River Valley Subprovince." Clowes, Ron M., et al. April 20, 1994. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 232, No. 1-4, p. 211-224)
- 89) Nelson, K. D., et al. "Trans-Hudson Orogen and Williston Basin in Montana and North Dakota; new COCORP deep-profiling results." May 1993. (GEOLOGY (BOULDER) ; Vol. 21, No. 5, p. 447-450)

### NEW ZEALAND

- 90) Nicol, Andrew, et al. "Folding and the development of small sedimentary along the New Zealand plate boundary." Jan. 15, 1995. (TECTONOPHYSICS ; Vol. 241, No. 1-2, p. 47-54)
- 91) Ravens, J. M., et al. "Deep seismic reflection profiling in East Taranaki using standard oil-industry acquisition parameters." 1993. (NEW ZEALAND JOURNAL OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS ; Vol. 36, No. 1, p. 69-75)

### SOUTH AMERICA

- 92) Costain, J. K., et al. "Continuity of deep crustal reflection seismic signatures in the central Appalachian Orogen." Feb. 1995. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 27, No. 1, p. 37)
- 93) Oh, Jinyong, et al. "Seaward-dipping reflectors offshore the Southeastern United States; seismic evidence for extensive volcanism accompanying

- sequential formation of the Carolina Trough and Blake Plateau basin." Jan. 1995. (GEOLOGY (BOULDER) ; Vol. 23, No. 1, p. 9-12)
- 94) Gervais, Pascal. STRUCTURAL AND TECTONIC INTERPRETATION OF SEISMIC REFLECTION PROFILES IN THE PONTIAC SUBPROVINCE, QUEBEC. 1994.
- 95) Domoracki, W. J., et al. "Correlation of deep crustal structures beneath the Atlantic Coastal Plain of South Carolina and Georgia; interpretations from seismic reflection data." 1994. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS -GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 26, No. 7, p. 470)
- 96) Price, Raymond A. "Eocene crustal stretching, south-central Canadian Cordillera; tectonic setting and deep processes." Feb. 1994. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 26, No. 2, p. 82-83)
- 97) Hagen, Rick A., et al. "Morphology of a large meandering submarine canyon system on the Peru-Chile forearc." June 1994. (MARINE GEOLOGY ; Vol. 119, No. 1-2, p. 7-38)
- 98) Beamish, D., et al. "Magnetotelluric studies from two contrasting Brazilian basins; a reassessment of old data." Jones, A. G., et al. Dec. 1993. (PHYSICS OF THE EARTH AND PLANETARY INTERIORS ; Vol. 81, No. 1-4, p. 261-276)
- 99) Mutter, John C., et al. "A band of strong horizontal seismic reflections from deep beneath the Beagle Channel, Tierra del Fuego." Oct. 1993. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 25, No. 6, p. 312)
- 100) Xu, Liqing, et al. "Characteristics of a band of strong seismic reflections deep beneath the Beagle Channel, Tierra del Fuego." Oct. 1993. (ABSTRACTS WITH PROGRAMS - GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ; Vol. 25, No. 6, p. 419)
- 101) Sheridan, Robert E., et al. "Deep seismic reflection data of EDGE U. S. Mid-Atlantic continental-margin experiment; implications for Appalachian sutures and Mesozoic rifting and magmatic underplating." June 1993. (GEOLOGY (BOULDER) ; Vol. 21, No. 6, p. 563-567)

# 深地層中の地下水流動特性解析評価へのアプローチ

動力炉・核燃料開発事業団 東濃地科学センター 小出 馨

## 1. はじめに

動力炉・核燃料開発事業団（以下、動燃事業団）は、地層処分での多重バリアシステムによる安全確保の考え方が技術的に実現できることを示し、その仕組みを構築することにより、多重バリアシステムを備えた地層処分コンセプトが日本においても成立することを明らかにすることを目標に地層処分研究開発を進めている<sup>1)</sup>。

動燃事業団・東濃地科学センター（岐阜県土岐市）では、この地層処分研究開発の基盤となる地表から地下深部までの「地質環境特性についての研究」、「地質環境の長期安定性についての研究」、および地質環境に関するデータを取得するための「調査技術・調査機器の開発」を地層科学研究と総称して、昭和61年度より実施している。

地質環境の中で地下水流動は、地下水の地球化学特性を支配する主要な因子であり、かつ、物質移行現象を解析する上で必要不可欠な情報であることから、地層科学研究の一環として、地下水流動特性に関する研究（広域地下水流動調査研究）を実施している。

我々が実施している広域地下水流動調査研究の特徴として、地下深部の透水性の低い岩盤（以下、難透水性岩盤）を主に研究対象にしていることが挙げられる。地下深部の難透水性岩盤は、主にアクセスの困難さや社会的ニーズの点から、従来の水理学の分野などでは、ほとんど研究対象となっていなかった領域である。したがって、地下深部の難透水性岩盤の水理学的データを取得する調査機器も、従来の技術の中では、本研究の要求を満たす物は少なく、必然的に調査機器の開発から始めなければならない状況にある。このようなことから、表層から地下深部までの地下水流動特性を把握するために必要な調査、解析、評価技術の開発、および、これらの技術を体系化した地下水流動特性評価プロセスの構築が本研究の主目的となっている。

本文では、地下深部の難透水性岩盤における地下水流動特性を把握する上での技術的な課題を示すとともに、各課題へのこれまでの対応、および、地下水流動特性評価プロセスの構築に向けた調査研究の進め方について述べる。

## 2. 広域地下水流動調査研究の概要

広域地下水流動調査研究は、日本最大の埋蔵量を有する東濃ウラン鉱床を中心とする岐阜県東濃地域を研究対象領域として（図1）、地下水流動特性評価に必要な調査、解析、評価技術などの要素技術の開発、および、これらの要素技術の評価・体系化と地下水流動に関する現象の把握を目的とした調査研究から構成されている。本研究における調査研究は、要素技術の有効性の確認と地下水流動特性評価プロセスの概念構築を目的とした比較的狭い領域（300m×300m×深さ300m）での調査研究（立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究）、および、要素技術の有効性・適用性の確認と地下水流動特性評価プロセスの確立を目的とした広域（約10km四方）での調査研究（深部地下水調査研究）の2段階に分けて

進められている。立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究は、既に調査、解析が終了しており、現在、評価のための地下水の間隙水圧などの長期モニタリングを継続中である。また、深部地下水調査研究は、平成4年度から開始され、1,000m級のボーリング孔の掘削によって、地下深部の水理学的、地球化学的データが蓄積されている。

### 3. 岐阜県東濃地域の概要

広域地下水流動調査研究の研究対象領域である岐阜県東濃地域（図1）は、名古屋の北東約30kmの位置にあり、標高300m前後の丘陵地帯である。丘陵頂部は比較的平坦であり、アカマツを主体とした森林に覆われている。丘陵地帯は、北側を木曾川によって美濃山地と区分され、また、南側を屏風山断層によって三河山地と区分されている。

本地域の地質は、古生層、濃飛流紋岩、花崗岩を基盤とし、その上を新第三紀の堆積岩層（瑞浪層群）および第四紀の未固結砂礫層（瀬戸層群）が覆っている。この新第三紀の堆積岩層は、多くの貝化石を産すことで有名である。

また、日本最大の埋蔵量を有する東濃ウラン鉱床（月吉、美佐野、謡坂鉱床）が新第三紀の堆積岩層中に存在している。

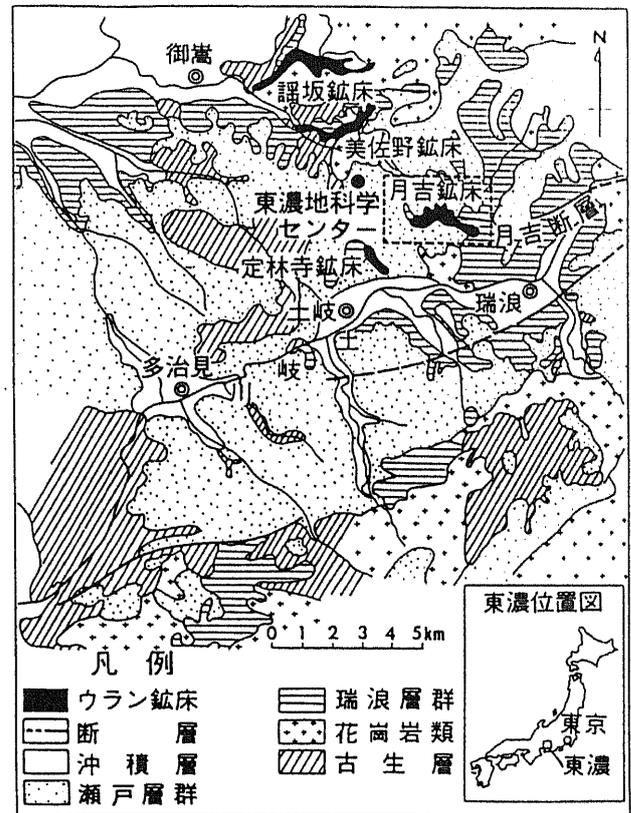


図1 岐阜県東濃地域の地質図

### 4. 地下水流動特性評価のための要素技術開発の現状

広域地下水流動調査研究における要素技術開発は、表層から地下深部までの水理学的データを取得するための調査技術開発、岩盤中の地下水流動のモデル化や地下水流動のシミュレーション等の解析技術開発、および解析結果の妥当性を検討するための評価技術開発から構成されている。これらの要素技術は、以下に示す方針に沿って研究開発が進められている。

- ①利用可能な既存技術は、その適用性を把握し、有効性を確認する。
- ②必要に応じて既存技術の改良、および新規開発を行う。
- ③個々の技術について合理化を図る。

#### 4.1 調査技術

地下水流動特性評価に必要な調査技術は、地質構造調査技術、水理調査技術、地下水の地球化学調査技術に大別でき、各々の調査を実施するにあたり、多種多様な調査技術が必要となる。このため、動燃事業団では、既存の調査技術を有効に活用することを基本として、必要に応じて既存調査技術の改良、ならびに新しい調査技術の開発を実施している。

## (1)地質構造調査技術

対象領域の地質構造を把握することは、地下水流動を規制する透水係数の空間的分布を把握する上で重要である。地質構造調査に用いられる手法は、物理探査手法を取り上げても多種多様の調査方法があり、原理が異なれば取得される情報も異なる。したがって、地下の多様な情報を得るためには、複数の手法を併用して行う必要があり、また、精度の高い調査を行うためには個々の調査手法を改良していく必要がある。さらに物理探査手法の中でも広い領域での概略的調査に適した手法もあれば、狭い領域での精密な調査に適した手法もある。このため、対象領域を効率的に調査するためには概略的な調査から開始し、精密な調査を必要とする地域を順次絞り込みながら、各々の段階で最も適した調査手法を用いる必要がある。その意味からも調査手法の体系化が重要である。

このような観点から、地質構造調査に関する技術については、表1に示すようにリモートセンシング利用技術開発や物理探査機器の導入・開発、ならびにデータ解析技術の開発を実施している。また、調査用のボーリング孔を掘削する際、岩盤の透水性や地下水の水質に影響を与えるベントナイト等の保孔用泥材が使用できないため、岩盤や地下水の特性に影響を与えない保孔技術に関する技術開発も実施している。

## (2)水理調査技術

地下水流動解析には、対象領域内の岩盤の透水性や上側境界条件となる地下水涵養量、さらに側方境界条件や解析結果の検証用となる間隙水圧などの水理学的情報が必要である。これらの水理学的情報を取得するため、動燃事業団では以下の調査機器や観測システムを開発している(表2)。ここでは、1,000m対応水理試験装置および表層水理定数観測システムについて紹介する。

### ①1,000m対応水理試験装置(透水係数、貯留係数、間隙水圧の取得)

地下深部の地下水流動を把握するためには、従来の土木分野などでは不透水層として取り扱われていた $10^{-6}$  cm/sec以下の透水性を有する難透水性岩盤の水理学的特性を明らかにすることが必要である。また、調査対象深度が数百m以深であることから、調査機器には高温高圧下で高精度なデータを取得できることが求められている。そのため、水理学的特性調査機器として、深度1,000mまでの難透水性岩盤を対象としたボーリング孔による原位透水試験装置を開発した(図2)。

装置の基本構造には、ボーリング孔内で多々発生する孔内崩壊を考慮して、パイプ方式を採用するとともに、孔内状況を観察するためのボアホールテレビジョンを先端部分に装備している。

透水試験法には非定常法のJFT法と難透水性岩盤を対象に考案されたパルス法、および定常法の1つである揚水試験を採用し、幅広い透水係数の測定範囲を確保している。また、同時に最大4区間の測定設定が可能である<sup>2)</sup>。試験装置の性能を表3に示す。

表1 地質構造調査技術開発の現状

物理探査技術開発						
項目	測定/解析原理	データ取得仕様	対象岩盤	対象スケール	適用例	備考
リモートセンシング (1)LiDARによる割れ目分布特性の推定手法の開発	LiDARの精度から結晶質岩中の割れ目分布特性を推定する	ランドサット、SPOT等の衛星画像や航空写真を利用	結晶質岩	数十km ×数十km	広域地下水流通地帯調査研究	
リモートセンシング (2)植生情報による表層部の水文学的特性の推定手法の開発	植生の活性度の違いから、地下水の流出域を推定する	ランドサット、SPOT等の衛星画像を利用	堆積岩 ～結晶質岩	数km×数km	広域地下水流通地帯調査研究	
電磁探査法	岩盤の比抵抗値から、岩相の違いや割れ目帯の位置・変質帯の位置・規模等を推定する	地表に送信機・受信機を展開してデータを取得	堆積岩 ～結晶質岩	数km×数km 深度～1000m		今後の調査へ利用
レーダー法 (1)シングルホール 反射法技術開発	割れ目帯で反射してくる電磁波を観測することにより、割れ目帯の位置を推定する	地表から掘削されたホーリング孔(～1000m)を利用	結晶質岩	ホーリング孔から 数十mの範囲	広域地下水流通地帯調査研究	
レーダー法 (2)シングルホール 反射法機器開発	割れ目帯で反射してくる電磁波を観測することにより、割れ目帯の位置・規模を推定する	坑道壁面から掘削されたホーリング孔(～50m)を利用	結晶質岩	ホーリング孔から 十数mの範囲	釜石原位置試験 ・適用試験を計画中	(1)との違い 孔内装置の小型化 分解能の向上
レーダー法 (3)メガワット調査技術開発	岩盤中の電磁波の速度や振幅の変化から、割れ目帯や変質帯の位置・規模等を推定する	地表または坑道から掘削されたホーリング孔を利用	結晶質岩	孔間距離 ～数十m	釜石原位置試験 広域地下水流通地帯調査	
VSP法 (1)マイクロ S波VSP法	S波の偏角異方性から亀裂の卓越方向を推定する	地表から掘削されたホーリング孔(～1000m)を利用	結晶質岩	ホーリング孔近傍	広域地下水流通地帯調査研究	適用性を評価中
VSP法 (2)マイクロ VSP法	P波の発生深度や振幅から透水性割れ目の位置や規模を推定する	地表から掘削されたホーリング孔を利用	結晶質岩	ホーリング孔近傍	広域地下水流通地帯調査研究	適用試験を継続中
弾性波トモグラフィ	岩盤中の弾性波の速度や振幅の変化から、岩相の違いや割れ目帯・変質帯の位置・規模等を推定する	地表または坑道から掘削されたホーリング孔を利用	堆積岩 ～結晶質岩			データ解析プログラムの高度化並びに最適調査仕様と適用性の検証を実施中
比抵抗トモグラフィ	岩盤の比抵抗値から、岩相の違いや割れ目帯の位置・変質帯の位置・規模等を推定する	地表または坑道から掘削されたホーリング孔を利用	堆積岩 ～結晶質岩			データ解析プログラムの高度化並びに最適調査仕様と適用性の検証を実施中
ボーリング孔掘削技術開発						
項目	目的	進捗状況	今後の予定		備考	
岩石固化剤の開発	地層水に影響を与えない岩石固化剤の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>野外試験の結果、ウレタン(2液混合タイプ)は微細な割れ目にも浸透し、固結性も良好であることを確認</li> <li>室内試験の結果、ウレタンは地下水の物理化学パラメータおよび主要化学成分に影響を与えないことを確認</li> </ul>	崩壊性の地層でのウレタンによる保水効果の確認			
掘削資材の開発	地層水に影響を与えない掘削資材の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭素鋼ケーシングの腐食試験を実施し、金属イオンの溶け出しはほとんど無く、また、塩素イオン濃度やpHは炭素鋼の腐食挙動および溶出挙動には顕著な影響を及ぼさないことを確認</li> </ul>	他の掘削資材の特性の把握			

表2 水理学的・地球化学的調査機器開発の現状

開発状況	水理試験	地球化学パラメータの測定						採水		測定可能深度 (m)	使用可能試験錐孔径 (mm)	備考							
		間隙水圧	透水係数測定 測定可能な岩盤の透水係数 (cm/s) 「10の乗算の指数で示す」	非常法	蒸発量測定	3次元水理特性	水温	電気伝導度	pH				Eh	溶存酸素	コロイド	有機物等の濃度	連続採水	バッチ採水	
(開発状況の凡例) 実 — 実用設計中 改 — 改良中 計画 開 — 開発中 調査中 (各測定項目の凡例) ○ — 測定可能 △ — 改良により測定可能	200m対応低圧ルジオン水理試験装置	○	-3~-7	○												200	66~100	地表, 坑道内	
	200m対応動燃式低水圧制御水理試験装置	○	-4~-9	△												200	66~100	地表, 坑道内	
	500m対応動燃式低水圧制御水理試験装置	○	-4~-9	△												500	66~100	地表, 坑道内	
	1,000m対応水理試験装置 (1号機)	○	-4~-10	○												1,000	66~100	地表	
	表層水理定数測定システム	実	地下水位, 土壌水分, 河川流量, 気象観測データを収集														地表		
	室内透水試験装置	実		-4~-12	○														室内
	試験孔間水理試験装置	製	○	-4~-7	○				○							数10	66~100	坑道内	
	蒸発量測定装置	実		超難透水性岩盤		○												坑壁	坑道内
	水理学的緩み領域計測装置	実	○	-5~-9	○	△										2	55~66	坑道内	
	100m対応パッカー式地下水サンプラー	実	○													100	76~140	地表, 坑道内	
500m対応パッカー式地下水サンプラー	実	○													500	76~140	地表		
1,000m対応採水装置 (1号機)	実	○												○	1,000	76~140	地表		
地球化学検層ユニット (1号機)	実	○													1,000	76~140	地表		
水質連続モニタリング装置	実														(60)	76~140	坑道内の湧水孔		

表3 試験装置の基本仕様

適応深度	G. L. -1,000mまで
適応孔径	φ75mm~100mm
透水試験法	定常法 : 揚水試験 非定常法 : JFT, パルサ法
透水係数の測定範囲	$10^{-4} \sim 10^{-10}$ cm/sec
耐温度性	50°Cまで
特殊機能	BTV (前方後方同時観測) マルチパッカー (最大4区間)

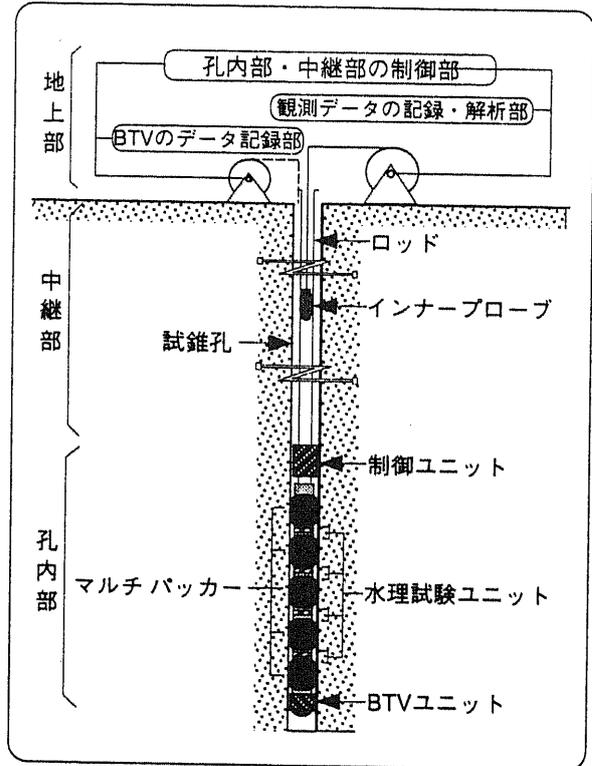


図2 1,000m対応水理試験装置の概念図

②表層水理定数観測システム（地下水の涵養量の算定）

地下水流動解析においては、上部境界条件として表層部から深部岩盤への地下水涵養量を定量的に把握する必要があるため、動燃事業団では東濃鉾山周辺部に気象観測装置、河川流出量、自由地下水面、土壤水分データを長期間連続計測し、観測したデータを包括的に管理・処理可能な表層水理定数観測システムを製作し設置した（図3）。本システムは、現在、既に6年以上の観測実績を有している。これまでの観測結果から、地下水涵養量として年間207.5mm(0.57mm/日)という値が得られている<sup>3)</sup>。

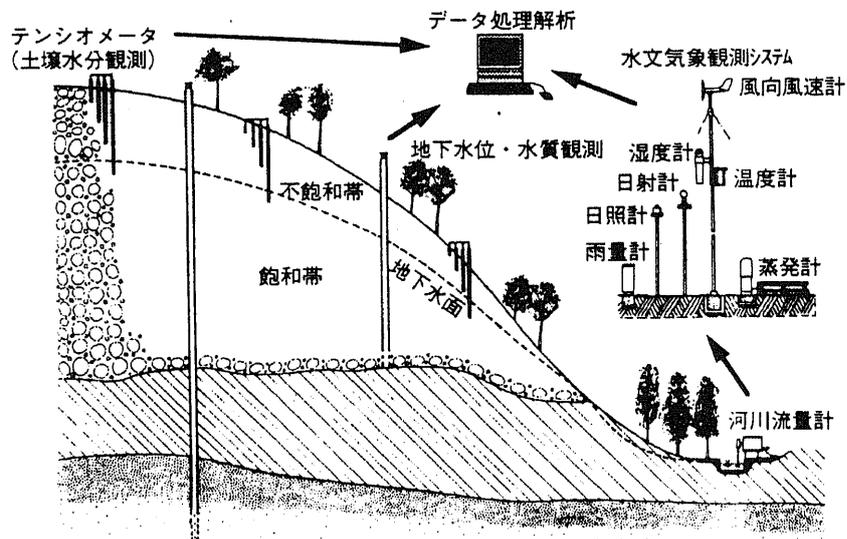


図3 表層水理定数観測システム

### (3)地下水の地球化学調査技術

地表水や地下水の水質・同位体組成による地下水循環機構に関する情報は、地下水流動解析結果の確証にとって有効な情報である。これらの情報を取得するためには、地層中に本来存在している地下水のみを採取する技術が重要であることから、地下水の地球化学調査技術として、地下水の採取技術の開発を行った。また、同時に調査機器として、地下水の物理化学パラメータ（酸化還元電位、電気伝導度、pH、水温、溶在酸素濃度）を空気に触れない状態で連続的に計測する装置（水質連続モニタリング装置）、地層中に本来存在している地下水を、採取した地点の圧力を保持し、空気に触れない状態（被圧不活性状態）で採取できる装置（バッチ式地下水サンプラ）の開発、および、ボーリング孔内の各設定区間において採水と間隙水圧の測定が可能なMPシステム（Multiple Piezometer System）の適用試験を行った。ここでは、1,000m対応採水装置およびMPシステムについて紹介する。

#### ①1,000m対応採水装置（地下水のサンプリング、水質測定）

地表から掘削したボーリング孔を利用して、地質環境が本来有する特性を可能な限り乱すことなく、地表から地下深部までの地下水の地球化学特性を高精度かつ迅速に把握するための調査機器の開発を実施しており、これまでに深度500mまでの地下水を原位置で採取する装置の開発を終了し、実際の調査に活用している（表2）。これを基に、今後の調査深度の拡大に対応するため、深度1,000mまで対応可能な採水装置を開発した。

本装置は、地上部、中継部、孔内部から構成されている（図4）。地下水を採取する機能は、全て孔内部に集約している。装置の基本構造には、水理試験装置と同様に、孔内崩壊を考慮してパイプシステムを採用している。

採水機能については、被圧不活性状態で地下水を採取できるようにするためのバッチ式採水機能を備えるとともに、採水作業の効率化を図るため、ポンプアップによる連続排水機能も装備している。また、地下水の物理化学パラメータを原位置で測定できる機能を備えている<sup>4)</sup>。装置の基本仕様を表4に示す。

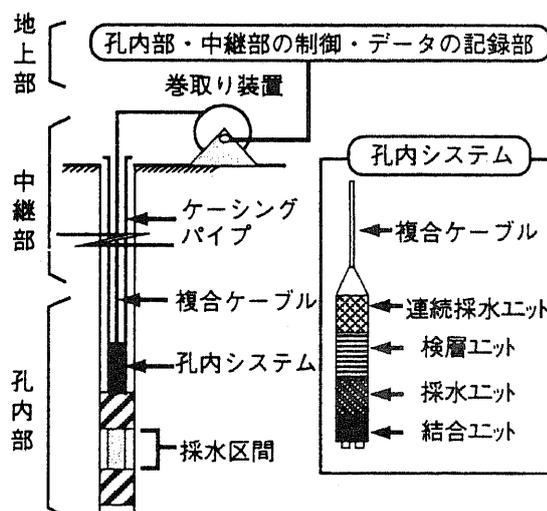


図4 採水装置の概念図

表4 1,000m対応採水装置の基本仕様

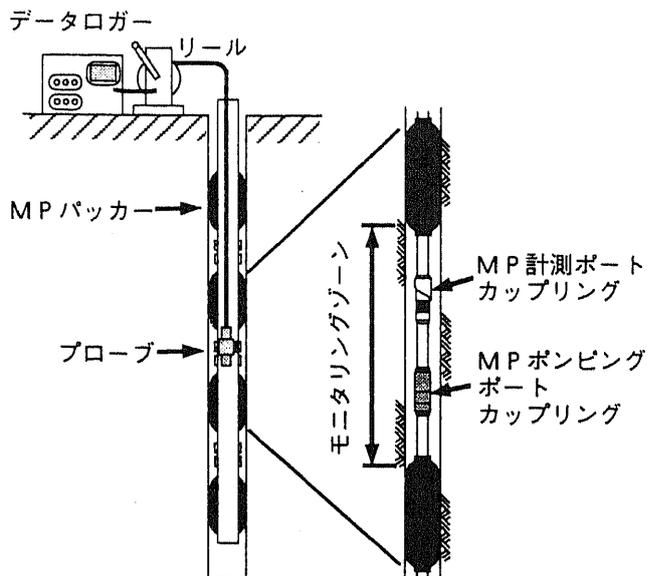
適応深度	G. L. -1,000mまで	採水量	100ml/分(ポンプ), 500ml(バッチ)
適応孔径	φ75mm~130mm	物理化学 パラメータ	酸化還元電位、電気伝導度 pH、硫化イオン濃度 水温
採水方式	ポンプ式、バッチ式		

## ②MPシステム（地下水のサンプリング、間隙水圧の長期モニタリング）

MPシステムは、カナダにおいて開発された地下水モニタリングシステムで、図5に示すように、ボーリング孔内で同時に多数の測定採水区間を設定でき、各区間での間隙水圧の測定や被圧状態を保持したままの採水が可能であるといった特長を持っている<sup>5)</sup>。

ただし、一度設置すると回収が困難なため、ボーリング孔を利用した各種の計測が終了した後に、孔内に設置することになる。

動燃事業団では、既に5年以上の連続計測の実績があり、最近、1,000mのシステムを導入し、観測を開始している。



- ・多区間間隙水圧モニタリング
- ・多区間地下水サンプリング

図5 MPシステムの概念図

### 4.2 解析技術

地表から地下深部までを対象とした地下水の流れを正確に把握するには、対象領域内の地下水流動特性が失われないように留意しながら、取得されたデータを基に水理地質構造モデルを構築し、その場の特性を十分に反映した初期条件や境界条件を設定して、地下水流動解析を実施することが重要である。

このため、動燃事業団では、既存の地下水流動解析プログラムを有効に活用することを基本として、解析目的、調査対象領域、対象岩種に応じて適切な地下水流動解析が可能のように、必要に応じ既存プログラムの改良ならびに新規にプログラム開発を実施している。

水理地質構造のモデル化手法には、建設省国土地理院作成の国土数値情報などのデジタル標高データを用いて実地形を簡略化し、モデル化するための地形モデル化プログラムの開発、地球統計解析手法やフラクタル理論を応用し、点在する調査試験データから地層の堆積構造や割れ目分布、透水係数などの水理定数の空間分布を推定するための手法の開発を実施している。また、地下水流動解析プログラムに入力する格子モデルの作成のため、3次元地質解析システム（地質分野のCADシステム）を導入し、ボーリング調査などから得られた地質情報を3次元的に表現し、コンピュータの画面上で格子モデルを直接作成できるようにするなど、解析作業の効率化、品質保証に向けた検討も進めている。

地下水流動解析手法には、東濃鉱山の第2立坑（直径6m、深さ150m）の掘削に伴う地下水流動影響調査研究や深部地下水調査研究での地下水流動解析に使用したTAGSAC（有限要素法による3次元非定常飽和不飽和浸透流解析プログラム）、花崗岩などの亀裂性岩盤中の地下水流動を割れ目ネットワークとして表現し、粒子追跡法（パーティクルトラッキング）による物質移行解析が可能なDon-Chanモデルを開発した（表5）。

表 5 解析技術開発の現状

プログラム名	対象岩盤	解析手法・用途	適用例	備考
地下水流動解析	TAGSAC	マルチ-則と質量保存則に基づく有限要素法による3次元非定常飽和・不飽和浸透流解析(対象は多孔質媒体と仮定)	<ul style="list-style-type: none"> <li>立坑掘削影響予測解析(300×300×300m)</li> <li>東濃地域を対象とした地下水流動解析(8×7×3km)</li> <li>中部日本, 東北日本, 北海道を対象とした地下水流動解析(数百km四方×10km)</li> </ul>	渡辺助教(埼玉大学)と共同開発。
	Don-Chan	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元フラクチャージャーネットワークモデル(管路内の流れを仮定)</li> <li>粒子追跡法による物質移行解析</li> </ul>	釜石鉱山坑道周辺岩盤(80×80×80m)における地下水流動解析	渡辺助教(埼玉大学)と共同開発。
	UNSAF	マルチ-則と質量保存則に基づく有限要素法による鉛直2次元非定常飽和・不飽和浸透流解析(対象は多孔質媒体と仮定)	東濃鉱山坑道周辺の鉛直断面(217.5×175m)における坑道掘削影響解析	西垣教授(岡山大学)が開発。
	SUNTRIA	マルチ-則と質量保存則に基づく有限要素法による3次元定常飽和・浸透流解析(対象は多孔質媒体と仮定)	釜石鉱山坑道周辺岩盤(400×400×250m)における地下水流動解析	大成建設(株)が開発。
	3D流動シミュレータ	マルチ-則と質量保存則およびマルチ-保存則に基づく差分法による3次元定常飽和・浸透流解析(対象はマルチ-を含む多孔質媒体と仮定)	中部日本を対象とした地下水流動解析(数百km四方×10km)	日鉱探開(株)が開発。
	GCP	地球統計解析手法(クリギング法, MKM法)による地盤内3次元元物性値分布の推定	東濃鉱山周辺地域(500×500×200m)における透水係数分布の推定	(株)情数研と共同開発。
	Macro-Affinity	<ul style="list-style-type: none"> <li>マルチ-理論による地盤内2次元物性値分布の推定</li> <li>2次元定常飽和解析(差分法)</li> <li>粒子追跡法による物質移行解析</li> </ul>	東濃鉱山のウラン鉱化部を含む鉛直断面(100×100mおよび10×10m)における透水係数分布の推定。	日揮(株), INTERA社との共同開発。
	地形データ作成プログラム	国土数値情報の標高データ・地形データの作成	中部日本, 東北日本, 北海道を対象とした地下水流動解析	動燃事業団が開発
	JMESH/JPOST	3次元有限要素解析データの作成および解析結果の図画処理	東濃地域における一連の地下水流動解析	(株)日本総研が開発。
	AVS-STRUCTURE	3次元有限要素解析結果の図画処理	立坑掘削影響予測解析	7システム(株)と共同開発。
GEDRAMA	ポリアリソグラフィ等による3次元地質データの構築、3次元有限要素解析データの作成	東濃地域における一連の地下水流動解析	(株)CRC総研が開発	
図画処理				

#### 4.3 評価技術

地下水流動解析結果の検証方法には、ボーリング孔で計測された間隙水圧の分布、および地下水の涵養域と流出域に掘削したボーリング孔間の水頭差から算出された動水勾配との比較などの方法で実施している。また、地下水の地球化学特性から解析結果の妥当性を評価する手法も検討中である。一方、これらの方法による評価結果の信頼性は、利用できるボーリング孔の本数に依存するため、解析対象領域が広がるほど、検証として利用したボーリング孔の代表性が問題となる。このような問題に対する一つの試みとして、広域を同じ精度で調査可能なリモートセンシング技術を用いた地下水流動解析結果の評価方法を検討している。この方法は、植生の活性度の違いから、地下水の流出域を推定するもので、地下水流動解析で算出される浸出点の分布と地下水流出域との比較によって評価する方法である<sup>6)</sup>。

### 5. 要素技術の評価・体系化のための調査研究

地下水流動特性評価プロセスを確立するためには、各要素技術の有効性を確認し、その適用性を把握するとともに、各要素技術の組み合わせなどの体系化が必要である。動燃事業団では、この課題に対して、対象領域の異なる2つの調査研究を通して、各要素技術の評価、および地下水流動特性評価プロセスの構築に向けての検討を実施している。

#### 5.1 立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究<sup>7)</sup>

本調査研究の目的は、東濃鉱山敷地内に掘削した直径6m、深さ150mの立坑（第2立坑、図6）が周辺岩盤内の地下水流動に与える影響を予測するための調査解析を通して以下の項目を確認することである。

- ① 断層などの不連続面を有する不均質な堆積岩層を多孔質媒体とみなし、その中における地下水の流れがダルシー則に基づく有限要素法による3次元非定常飽和不飽和浸透流解析手法で表現できることの確認。
- ② 有効な調査解析手法の確立、および地下水流動特性評価プロセス（概念）の妥当性の確認。

本調査研究では、立坑掘削に伴う地下水流動への影響を把握するため、図7に示すように、「現状の把握⇒水理地質構造モデルの構築⇒地下水流動予測解析⇒長期観測値との比較検証」という一連の地下水流動特性評価プロセス（概念）を設定した。この評価プロセスに基づき、立坑掘削前に取得された各ボーリング孔における岩芯観察、検層、透水試験結果などから、第2立坑を含む300m×300m×深さ300mの領域内（図8）の水理地質構造モデルを構築した。この水理地質構造モデルは、岩盤の透水性を基に12種類の水理学的な構造区分で構成されている（図9）。この水理地質構造モデルと有限要素法による3次元非定常飽和不飽和浸透流解析プログラムのTAGSACを用いて、立坑掘削に伴う地下水流動への影響を予測解析した。地下水流動解析に必要な上部境界条件（地下水涵養量）は、表層水理定数観測システムによる観測結果から、約0.5mm/日に設定した。また、側方境界条件は、解析対象領域の外側境界の部分で実施したMPシステムによる間隙水圧測定結

果を用いた。その結果、以下のような掘削影響が予測された。

・第2立坑内への湧水量

第2立坑内への地下水の湧水量は、掘削が進むにつれて増加し、掘削を中断すると減少する。また、掘削が断層（月吉断層）を過ぎ、高透水性部分（礫岩層）に達した時点から第2立坑内の湧水量は急激に増加する。その最大湧水量は30ℓ／分である。

・既存坑道内への湧水量

既存坑道への湧水量は、掘削終了近くから緩やかに減少する。

・第2立坑の掘削による間隙水圧変化の範囲

第2立坑の掘削によって間隙水圧が変化する範囲は、第2立坑より約100m以内である。

以上の予測解析結果を、第2立坑近傍で測定された間隙水圧の変化量、および第2立坑ならびに既存坑道で実施している湧水量観測結果と比較し、地下水流動特性評価プロセス（概念）の妥当性を検討した。その結果は以下の通りである。

・湧水量の予測

湧水量を比較した結果、解析値は実測値のほぼ2倍程度の値を示しているが、定性的な傾向は比較的良く一致している（図10）。また、MPシステムによる間隙水圧モニタリングの結果、第2立坑の掘削に伴う地下水流動への影響範囲は100m前後であると考えられ、予測解析の結果とほぼ一致した。

以上の結果から、本調査研究で設定した地下水流動特性評価プロセス（概念）の妥当性を確認することができた。

## 5.2 深部地下水調査研究

本調査研究の目的は、要素技術の有効性・適用性の確認と地下水流動特性評価プロセスの確立である。

本調査研究は、東濃鉾山を中心とする約10Km四方の領域（図11）を対象に、渇水期の河川水調査、地質踏査、リモートセンシング解析などからなる表層水理調査、ボーリング孔および既存坑道を利用した水理試験や地下水採水分析などからなる深層水理調査、これらの調査結果を基にした水理地質構造モデルの構築、および解析結果の検証といった項目から構成される。これまでの深部地下水調査研究で得られた知見は以下の通りである。

### (1) 表層水理調査

- ① 人工衛星画像や空中写真から判読されるリニアメント（断層・破碎帯などを反映していると考えられる直線的な地形）と露頭（花崗岩）で見られる割れ目とは、卓越方向に関して調和的である<sup>9)</sup>。
- ② 人工衛星画像でのリニアメント解析により、東濃鉾山を中心とした約50Km四方の領域は4つの地質構造区に区分でき、各地質構造区でリニアメントの分布特性が異なることから、岩盤中の割れ目分布特性も異なることが予想される<sup>9)</sup>。
- ③ 人工衛星データから抽出された植生の高活性度部分は、表層の未固結砂礫層と堆積岩層、および未固結砂礫層と花崗岩との不整合部分に位置しており、対象領域での水理地質構造における高透水性部分と一致している<sup>9)</sup>。

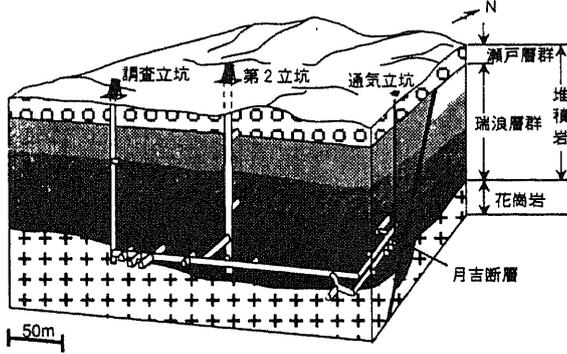


図6 東濃鉦山地質概要図

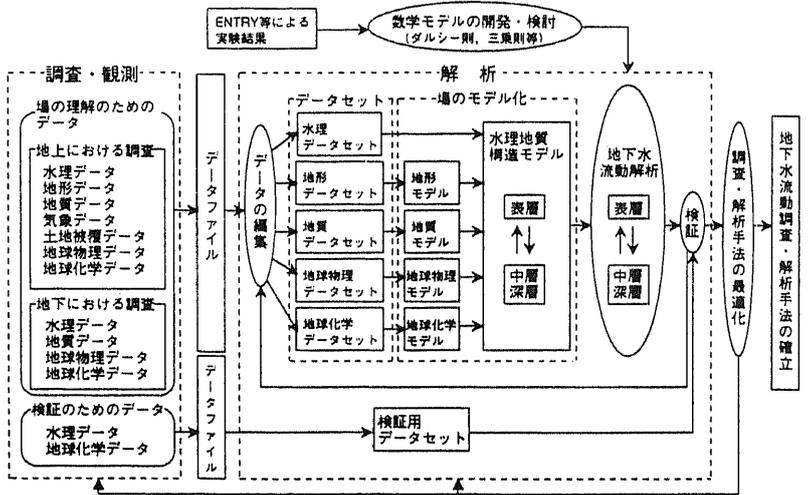


図7 地下水流動特性評価プロセス (概念)

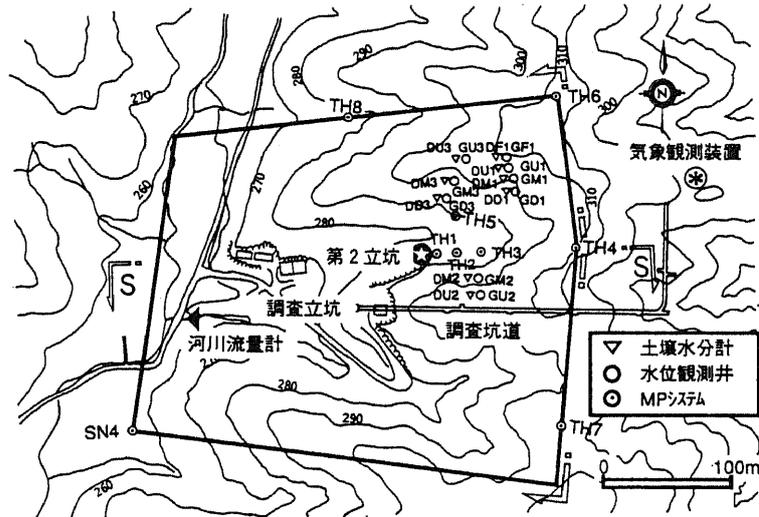


図8 観測施設および解析領域位置図

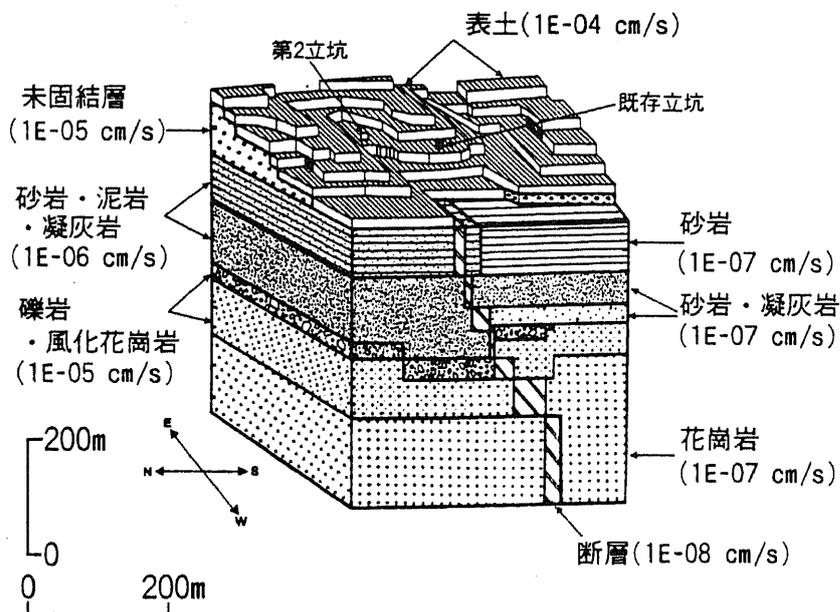


図9 水理地質構造モデル

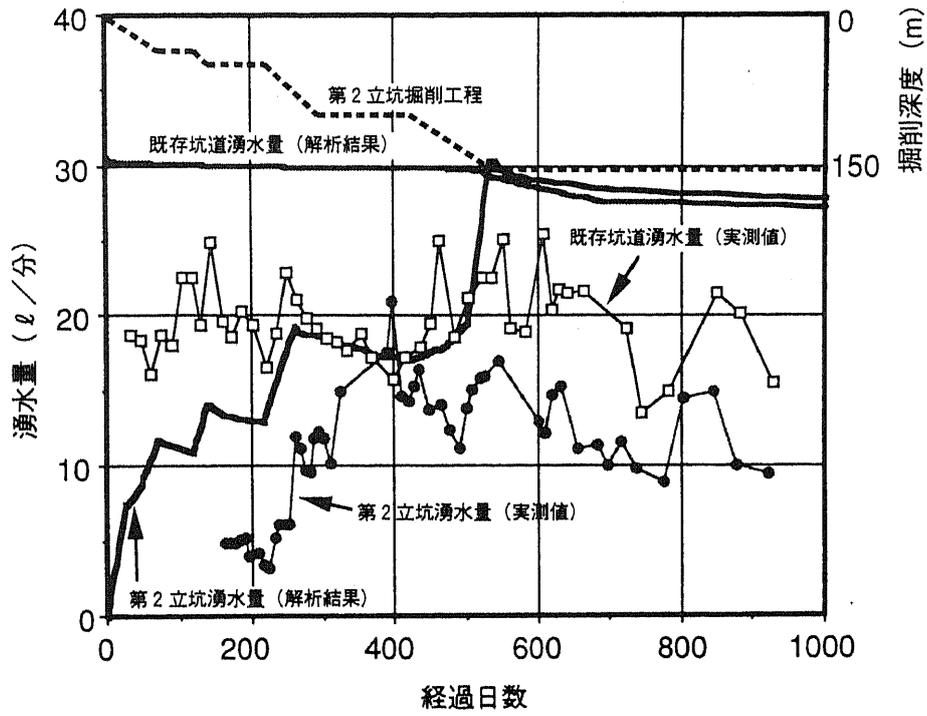


図10 湧水量の解析値と実測値の比較

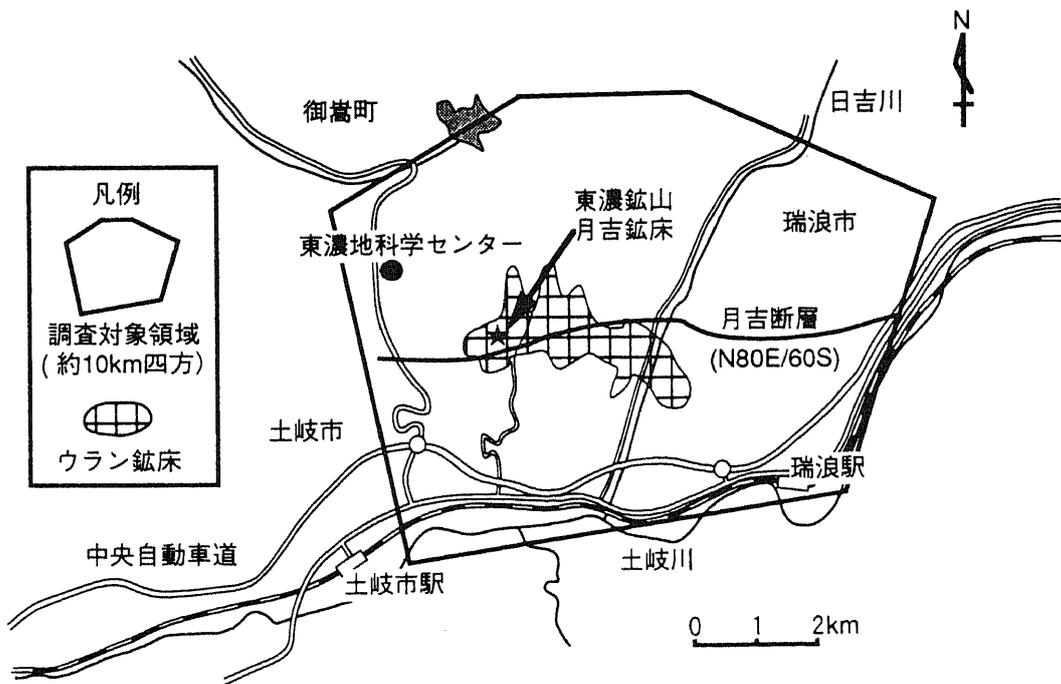


図11 深部地下水調査研究領域

- ④ 渇水期の河川水調査（流出高、電気伝導度、水質）により、表層の未固結砂礫層は高い貯留能を有し、表層部の地下水流出に大きく関与している。また、水質と表層地質の間には密接な関係がある<sup>10)</sup>。
- ⑤ 表層水理観測より、自由地下水面の年間変動は、尾根部で最大10mである<sup>11)</sup>。
- ⑥ 地質踏査および河川水調査により、対象領域の水理地質構造は8つのタイプに分類できる（図12）<sup>11)</sup>。

## (2)深層水理調査

- ① 岩芯観察やボアホールテレビジョン観察により、対象領域の地質構造は、表層部に未固結砂礫層、その下部に堆積岩層、さらにその下部に風化花崗岩（層厚約20m）が分布し、基盤花崗岩中には高角度割れ目帯が発達する<sup>12)</sup>。
- ② ボーリング孔による原位置透水試験より、対象領域内に分布する堆積岩の透水係数は $10^{-6}$ から $10^{-8}$ cm/secオーダー、花崗岩の健全部分は $10^{-8}$ から $10^{-9}$ cm/secオーダー、花崗岩中の割れ目部分では、貯留効果が認められる場合は、 $10^{-6}$ から $10^{-9}$ cm/secオーダー、貯留効果が認められない場合は $10^{-3}$ から $10^{-4}$ cm/secオーダーに分類できる。また、RQD（ボーリングコアの回収率）が50%以下の割れ目部分の透水性は、深度が深くなるにつれて小さくなる傾向が認められる<sup>13) 14)</sup>。
- ③ 地下水の地球化学調査により、表層の未固結砂礫層中の地下水は、現在の降水が涵養したものであり、堆積岩層と花崗岩中の地下水は、過去の気温の低かった時期の降水に由来するものと推定された。また、堆積岩層最下部の地下水の年代は、炭素14濃度分析の結果、約15,000年前と推定された<sup>15)</sup>。

## (3)水理地質構造モデルの構築

- ① 堆積岩の透水係数を電気検層の見かけ比抵抗値から推定する手法を開発し、その有効性を確認した（図13）<sup>13)</sup>。
- ② 地球統計学的手法によって推定した花崗岩の割れ目帯の分布とボーリング孔間のレーダー調査によって検出された割れ目帯の分布とが良く一致しており、地球統計学的手法による花崗岩の割れ目帯の3次元分布の推定に関する有効性を確認した<sup>16)</sup>。
- ③ 月吉ウラン鉱床が位置する堆積岩層の100m×100mの領域（2次元断面）の透水係数分布をフラクタルモデルで推定した結果、堆積環境に対応した層構造を示す分布パターンが得られた。この透水係数分布を用いてパーティクルトラッキングによるウラン鉱化部の分布を推定した結果、 $\gamma$ 線強度の高い部分とほぼ一致したことにより、本手法の有効性を確認することができた（図14）<sup>17)</sup>。
- ④ 対象領域の岩盤を7層に区分した水理地質構造モデルを構築した（図15）<sup>18)</sup>。

#### (4)地下水流動解析とその検証

- ① 地下水流動解析の結果、対象領域の地下水は北から南へ、ほぼ水平に流れていると予測された(図16)<sup>18)</sup>。
- ② 地下水流動解析によって予測された地下深部の間隙水圧分布は、ほぼ静水圧であり、これはボーリング孔を利用した間隙水圧観測の結果と一致している(図17)<sup>18)</sup>。
- ③ 流動方向に平行な2本のボーリング孔の水頭差から算出された動水勾配と解析結果とが一致している<sup>11)</sup>。

## 6. まとめ

これまでの広域地下水調査研究の成果をまとめると以下のようになる。

### (1)要素技術開発

#### ①調査技術

- ・物理探査技術については、各手法の適用範囲(領域、解像度など)を明らかにした。
- ・深度1,000mまで測定可能な水理調査機器および地球化学調査機器を開発した。
- ・地下水の涵養量を算出するための表層水理定数観測システムを構築した。

#### ②解析技術

- ・堆積岩の透水係数を電気検層データから推定する手法を開発した。
- ・透水係数などの水理定数の空間分布を推定する手法として、フラクタル理論や地球統計学的手法による推定方法を開発した。

#### ③評価技術

- ・地下水の間隙水圧および水質の長期モニタリングにおけるMPシステムの有効性を確認した。

### (2)要素技術の評価・体系化のための調査研究

#### ①立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究

- ・立坑掘削影響の予測解析を通して、深度500mまでの調査技術の有効性を確認し、さらに堆積岩層(多孔質岩盤)を対象にした場合の地下水流動解析プログラム(TAGSAC)の妥当性を確認した。
- ・「現象の把握⇒水理地質構造モデルの構築⇒地下水流動解析⇒長期観測値との比較検証」という一連の地下水流動特性評価プロセスの概念が妥当であることを確認した。

#### ②深部地下水調査研究

- ・研究対象領域内に分布する岩盤(堆積岩、花崗岩)の透水性が把握された。
- ・堆積岩層中の地下水の起源が天水であることが確認され、その年代(1万5千年前)が推定された。
- ・電気検層データから堆積岩の透水係数を推定する手法の有効性を確認した。
- ・フラクタル理論や地球統計学的手法による透水係数などの水理定数の空間分布を推定する手法の有効性を確認した。

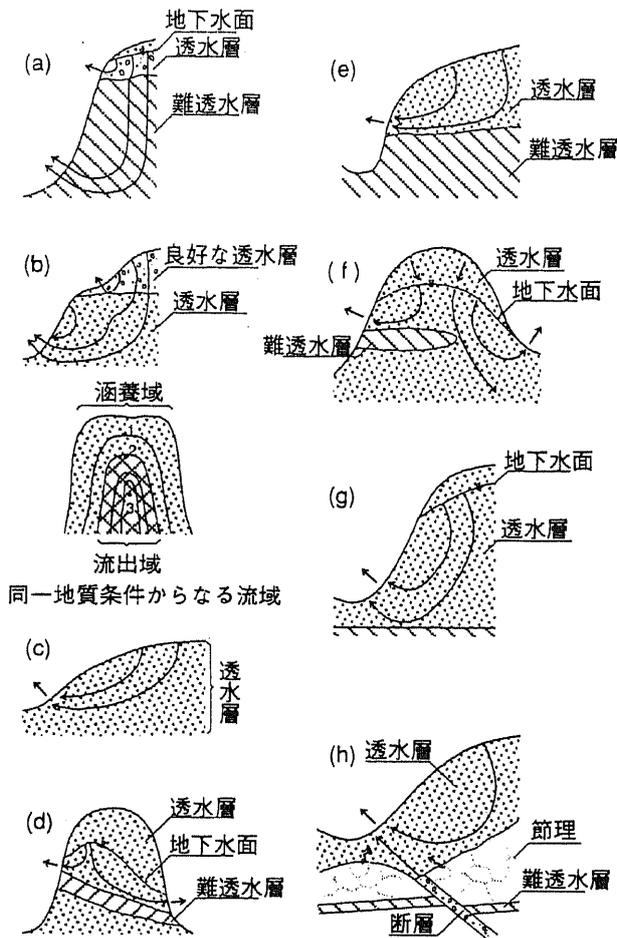


図12 推定される水理地質構造

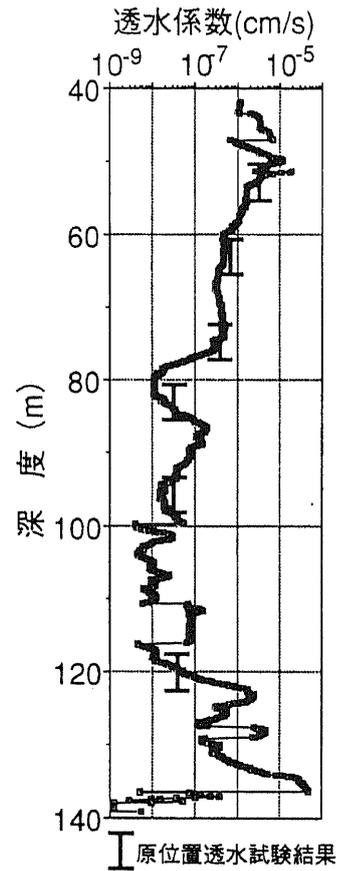


図13 電気検層による透水係数値の推定

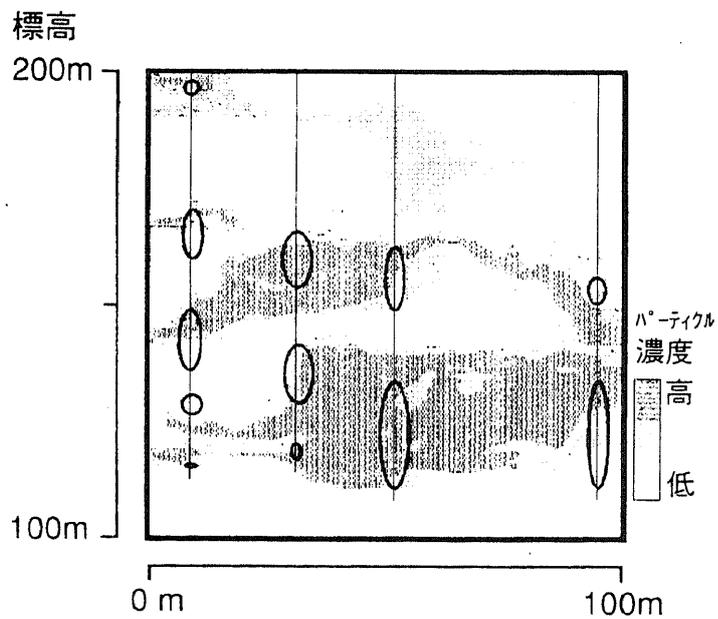


図14 パーティクルトラッキングによるウラン分布の推定  
(楕円内はγ線強度の高い部分)

## 7. 今後の予定

今後も以下の課題に向けて、調査、解析、評価技術の改良、ならびに新規開発を行うとともに、深部地下水調査研究を進め、深地層における水理学的特性に関する知見を蓄積しつつ、要素技術の評価・体系化を図っていく。

### (1)要素技術開発

#### ①調査技術

- ・ トモグラフィ調査技術における可能探査距離（ボーリング孔間）の拡大
- ・ 透水性割れ目の検出法の開発（VSP法）
- ・ 水理調査用機器の耐温度性能および操作性の向上、長期揚水試験装置、単孔式トレーサー試験装置などの開発
- ・ 地下水の地球化学調査用機器の耐温度性能および操作性の向上、現場で迅速に地下水を分析するための移動分析車などの開発。

#### ②解析技術

- ・ 広域地下水流動を対象とした亀裂性岩盤のモデル化手法の構築。
- ・ 多孔質岩盤と亀裂性岩盤とを組み合わせた場合のモデル化手法の構築。
- ・ 花崗岩などの亀裂性岩盤における水理定数の空間分布を推定する手法の構築。

#### ③評価技術

- ・ 大深度対応長期モニタリング装置の開発
- ・ 地下水の水質形成機構の解明

### (2)深部地下水調査研究

- ・ 研究対象領域内の主な透水帯となる断層・破碎帯などの地質構造の位置、幾何学的形状および連続性の把握。
- ・ 深部岩盤（500m以深）、および断層・破碎帯などの地質構造の水理学的特性の把握。
- ・ 断層・破碎帯などの地質構造を考慮した水理地質構造モデルの構築

## 8. おわりに

広域地下水流動調査研究は、深度1,000m対応の水理試験装置および採水装置の1号機が完成したことにより、ようやく、スタートラインに着いたばかりである。冒頭に述べたように、数百m以深の深部岩盤は、アクセスの困難さや社会的ニーズの点から、あまり研究例がなく、水理学をはじめ、他の研究分野においても未知の領域と言える。したがって、調査する度に新しい知見が得られる面白さがある一方、同時に新たな学術的、技術的課題が生じるという難しさがあることも事実である。また、地下水流動に関する現象の解釈にしても、水理学的なアプローチのみならず、地質学、地球化学などの他分野の支援が必要である。さらにシミュレーション技術などの計算科学の分野や計測技術といったハードウェアの分野も日進月歩であり、これらの科学技術分野との連携も地下水流動特性の評価にとって必要不可欠である。したがって、研究の進捗に伴い、山積するだろう課題の解決には、分野を越えた協力体制が必要不可欠であることから、各分野の専門家のご指導、ご助言を切に要望するものである。

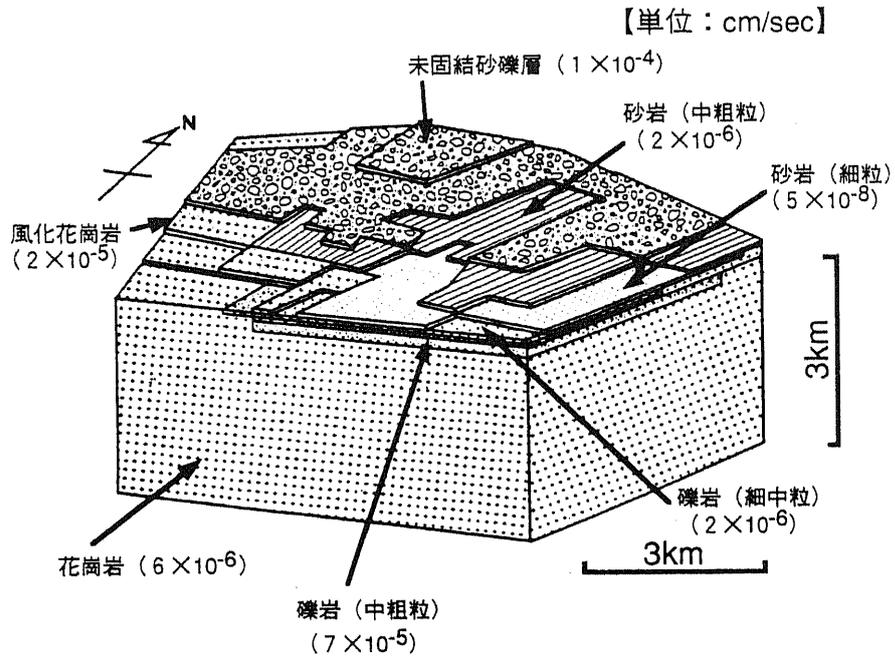


図15 深部地下水調査領域の  
水理地質構造モデル

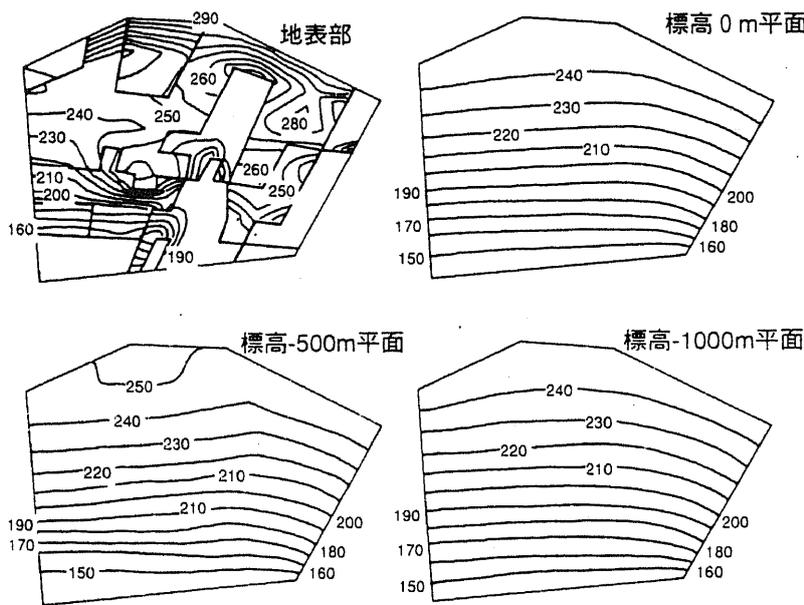
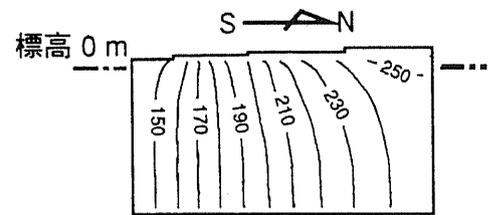
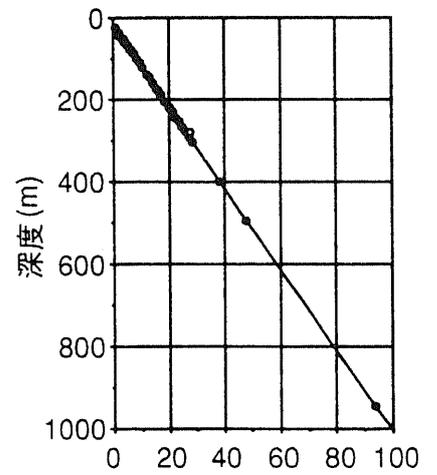


図16 深度別水理水頭分布図  
(解析結果：水平断面)



解析結果  
(鉛直断面におけるピエゾ水頭分布)



間隙水圧実測値(kgf/cm)  
(A N-1号孔における間隙水圧分布図)

図17 水理水頭分布図  
(解析結果：鉛直断面)  
と実測値との比較

## 参考文献

- 1) 佐久間(1992), 高レベル放射性廃棄物と地層処分, 応用地質, Vol. 32, No. 6, p. 273-288
- 2) 中野ほか(1995), 1,000m対応水理試験装置の開発, 日本地下水学会秋季講演会要旨集 p. 14-19
- 3) 中野ほか(1991), 表層部における水収支の調査研究, 動燃技報, No. 78, p. 46-53
- 4) 濱 他(1995), 1,000m対応採水装置の開発, 地下水学会秋季講演会要旨集, p. 20-25
- 5) 動燃事業団(1992), 高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書, p. 2-95
- 6) 小出ほか(1994), 植生を指標にした地下水流出域の抽出, 日本写真測量学会秋季学術講演会論文集, p. 131-136
- 7) 柳澤ほか(1992), 立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究, 応用地質, Vol. 33, No. 5 p. 32-49
- 8) 小林ほか(1995), リニアメント判読による地質構造区分の手法について, 日本写真測量学会秋季学術講演会論文集, p. 7-12
- 9) 小出ほか(1994), リニアメント分布特性による広域地下水流動調査領域の検討, 第227回地質調査所発表会要旨集, p. 3
- 10) 尾方ほか(1995), 河川水の流量および水質による表層部の地下水流動の推定, 応用地質, Vol. 36, No. 1, p. 2-13
- 11) 動燃事業団(1994), 地層科学研究の現状, 地層処分研究開発の現状(平成5年度), p. 183-253
- 12) 吉田ほか(1989), 深部花崗岩中の割れ目解析, 応用地質, Vol. 30, No. 3, p. 11-22
- 13) 尾方ほか(1992), 堆積岩の地質学的特性および透水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用, 応用地質, Vol. 32, No. 6, p. 51-61
- 14) 柳澤ほか(1988), 動燃式低水圧制御水理試験機(動燃式JFT)の原理と適用例, 地下水学会誌, Vol. 30, No. 3, p. 127-137
- 15) 太田ほか(1992), 東濃地域における深部地下水の地球化学的研究(Ⅲ), 日本原子力学会1992春の大会講演要旨集, p. 113
- 16) 尾方ほか(1994), 地球統計解析手法を用いた三次元透水係数分布の推定, 日本原子力学会1994春の大会講演要旨集, p. 78
- 17) Maekawa et al. (1995), A NATURAL ANALOGUE STUDY OF URANIUM MIGRATION IN THE TONO MINE, MRS 1995 FALL MEETING (投稿中)
- 18) 柳澤ほか(1992), 我が国を対象とした地下水流動解析, 動燃技術報告書, TR/GE92-04

# 天然放射性核種の地層中の挙動 — 東濃ウラン鉱床における事例研究 —

動力炉・核燃料開発事業団

東濃地科学センター 湯佐泰久・吉田英一

Migration Behaviour of Natural Radionuclides in Geological Formation

— A Case Study of the Tono Uranium Deposits, Japan —

Yasuhisa YUSA and Hidekazu YOSHIDA

Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC), Chubu Works

The Tono uranium deposit is located in the central part of Japan. The uranium mineralization occurs in the Tertiary sedimentary rocks, and hence regarded as a natural analogue of radioactive waste isolation in geological environments. Studies of radionuclides migration behaviour and geological investigations have been carried out in this uranium deposit. The results can be summarized below.

The area of Tono uranium deposits has been subjected to a variety of geological processes and events such as faulting, erosion, and uplift-subsidence. However, reducing conditions in the matrix of the deposits, have been maintained at least for the past one million years, and the majority of uranium has not migrated through the rock matrix for more than one meter during such period of time.

## 1. はじめに

地表下での放射性核種の挙動を支配するものは、核種の化学的性質とそれらの核種がおかれる地質環境（主として地層と地下水）との相互作用である。

我々はウラン・トリウムなどの天然放射性核種の、地質環境下での挙動を明らかにするために、東濃ウラン鉱床において事例研究を行っている。今回はこれまでに得られた成果について、地質学的な知見と地下水の地球化学的性質についての成果と合わせて、紹介する。

動力炉・核燃料開発事業団 東濃地科学センターでは、地下深部の地質環境の諸特性やそこで生じている現象などに関する基礎的な調査研究（地層科学研究）を実施している。この研究はそれらの成果が、地層処分の研究開発やその他の地下空間利用にも広く活用できると期待されている、領域の広い研究である。今回、紹介する天然放射性核種の、地質環境下での挙動に関する研究もその一環である。

研究対象とする東濃ウラン鉱床は、我が国最大のウラン鉱床である（東濃ウラン鉱床地域の

地質図と位置図を図1に示す)。本地域の学術的な長所として下記の点が挙げられる。

- ① 東濃ウラン鉱床の成因とされ、地層科学研究の主要課題の一つでもある、還元性の地質環境下での放射性元素の移行・固定現象を直接研究できる。
- ② 事業団設立以来の詳細かつ系統的な地質調査によるデータと岩石鉱物試料が利用できる。  
したがって東濃ウラン鉱床を含む研究地域は、地層科学研究の一連の調査研究が連携をもって遂行できる研究サイトとして、極めて好ましい条件を備えていると考えられる。

## 2. 東濃ウラン鉱床地域の地質概要

本地域は、中・古生層および花崗岩類を基礎岩として、それを覆って瑞浪層群が、さらに瑞浪層群を覆って、鮮新世～更新世の瀬戸層群が分布する。

### 2.1 基礎岩類

東濃地域には、中生代～古第三紀の花崗岩が広く分布する(図1)。この土岐花崗岩と呼ばれる花崗岩は、黒雲母花崗岩・斑状黒雲母花崗岩・角閃石黒雲母花崗閃緑岩などから構成されている<sup>1)</sup>。

### 2.2 堆積岩

この地域の堆積岩は、中新世の瑞浪層群および瀬戸層群から成る<sup>2)</sup>。

#### (a) 瑞浪層群

瑞浪層群は更に下位より土岐夾炭累層、明世累層、生俵累層に区分される。

瑞浪層群の岩相は、主として火山碎屑

物と花崗岩碎屑物によって構成されており、ケイ化木と生物遺骸(具化石・植物化石などの大型化石等)が部分的に出現する。一般に下位ほど粒度が粗く最上部ではシルト質になっている。土岐夾炭累層は、主にアルコース質砂岩(花崗岩碎屑物質を多く含む砂岩)、花崗岩の角礫を含む大～巨礫岩から構成され、炭質物に富む層準を有する。明世累層は凝灰質中粒砂岩を主体に、海成の貝化石に富む。生俵累層は凝灰質細粒砂岩、シルト岩を主体とする。

#### (b) 瀬戸層群

瀬戸層群は、下位の瑞浪層群や花崗岩とは不整合の関係を示しており、瑞浪層群が固結した後には調査地域を覆った堆積岩である。細～大礫から成る円礫岩を主体とする。その礫種は花崗岩・チャート・流紋岩・泥岩・火山岩で、基質は白色極細粒凝灰質ないしはアルコース質であ

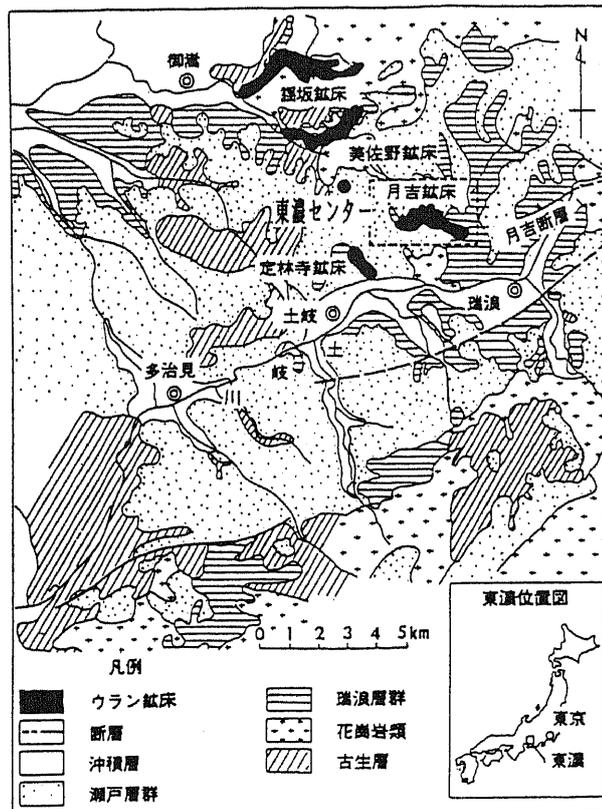


図1. 東濃ウラン鉱床の地質図

る。

### 2.3 東濃ウラン鉱床地域の地史

本地域において起こった地質事象を、地質学的な知見に基づき、年代順に構成すると次のようになる。

約7000万年前にマグマが地下深く貫入し、徐々に冷え固まって基盤岩である花崗岩が形成された。その後、地表は浸食されて、遂には花崗岩が地表に露出・浸食されるようになった。地表に花崗岩が露出していたこの地域は約2000万年前から沈降しはじめ、湖やがては海の底まで水没した。その間、花崗岩の上に陸地から運搬されてきた礫・砂・泥が堆積し始め、それが約1500万年前まで続いた。これらの堆積物は固結し、堆積岩（瑞浪層群）となった。

その後、この地域は隆起して陸化し、瑞浪層群は地表へ露出した。そして、瑞浪層群が約500万年前まで浸食を受けるようになった。この間、約1000万年前に地下水の関与によってウラン鉱床が地下深部に形成されたと考えられる。この間にもこの地層は浸食を受け続け、さらには東西方向の断層（月吉断層）が生じ、鉱床とそれを含む瑞浪層群に約30m程のずれが形成された。しかしこの断層によってウラン鉱床が切られたにも関わらず、ウランは地表へ漏出することなく、地下深部に存在し続けた。地表からの浸食はその後約500万年前まで続いた後、花崗岩と鉱床を含む瑞浪層群からなる当地域は再び沈降し、河川あるいは湖の下に水没した。瀬戸層群の堆積は、水没した後約70万～10万年前まで続いた。この地域はその後、再び隆起し、最上位の瀬戸層群が主に浸食を受け、現在の地形の骨格が形づくられた。

我々が研究対象としているウラン鉱床は、これらの地質学的変遷を経て現在に至ったものと考えられる。

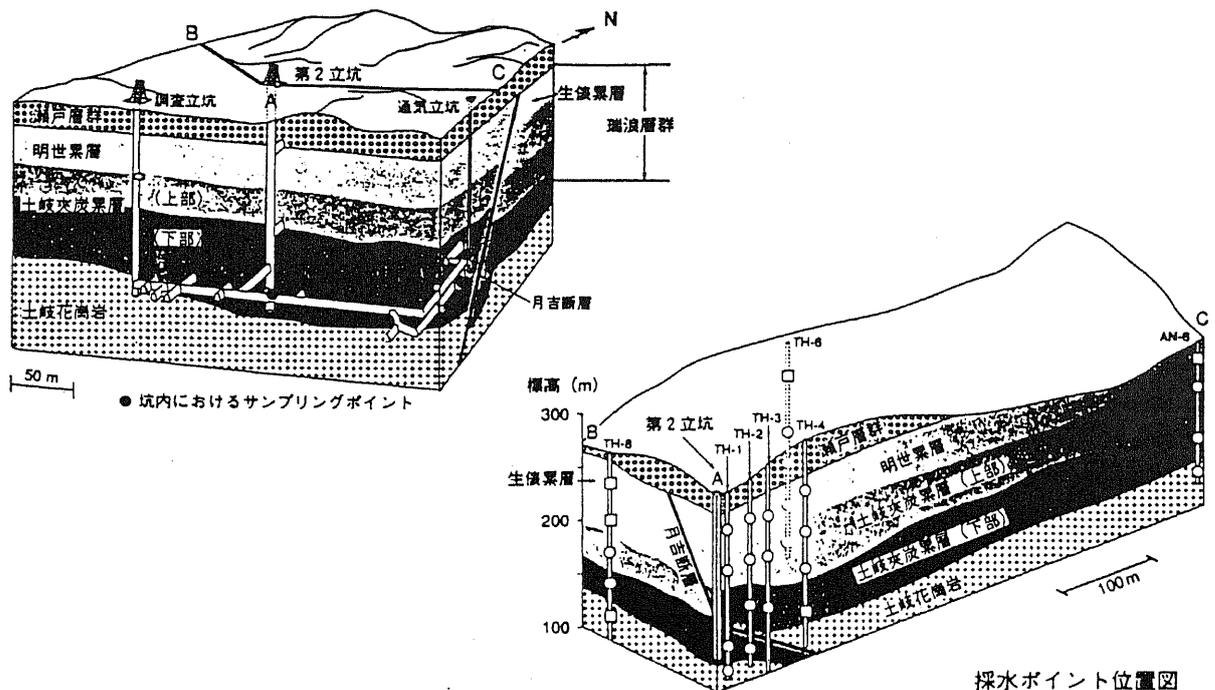


図2. 採水ポイント位置図

### 3. 地下水の地球化学的特性に関する調査研究

地下水の地球化学的特性は、地質環境特性の主要な構成要素の一つであり、特に、天然放射性核種の地質環境下での挙動を規定する主要因子として重要である。中部事業所では地層科学研究の一環として、これまで東濃地域の堆積岩中に含まれる地下水の地球化学的特性とその三次元的な分布についての調査を進めてきた。

#### 3.1 地下水の水質

東濃鉦山第2立坑周辺に掘削した試錐孔を利用して、堆積岩中の地下水を採取し、水質の調査を行った。堆積岩の各層準（上位より瑞浪層群生俵累層、明世累層、土岐夾炭累層）および花崗岩に対して1ポイントずつ採水ポイントを設定した（図2）。また、水平坑道内の試錐孔からの湧水、最上位の未固結層（瀬戸層群）から地表への湧水および降水も採取した。試錐孔からの地下水の採水には、Multiple Piezometer System（以下、MPシステムと略す）およびパッカー式地下水サンプラーを使用した。図2に示した試錐孔には、MPシステムを設置した。上記の手法で採取した地下水について、物理化学パラメータおよび主要な化学成分濃度を測定した。その結果、以下のことが明らかとなった<sup>3) 4)</sup>。

- ①堆積岩中の地下水は深度が増加するにしたがって、中性から弱アルカリ性へと変化する。また、基盤をなす花崗岩中の地下水はほぼ中性である。
- ②溶存酸素濃度はどの深度においても0.3ppm以下と非常に低い。
- ③堆積岩中の地下水の主要成分濃度の変化は層準には関係なく深度に依存している。そして、

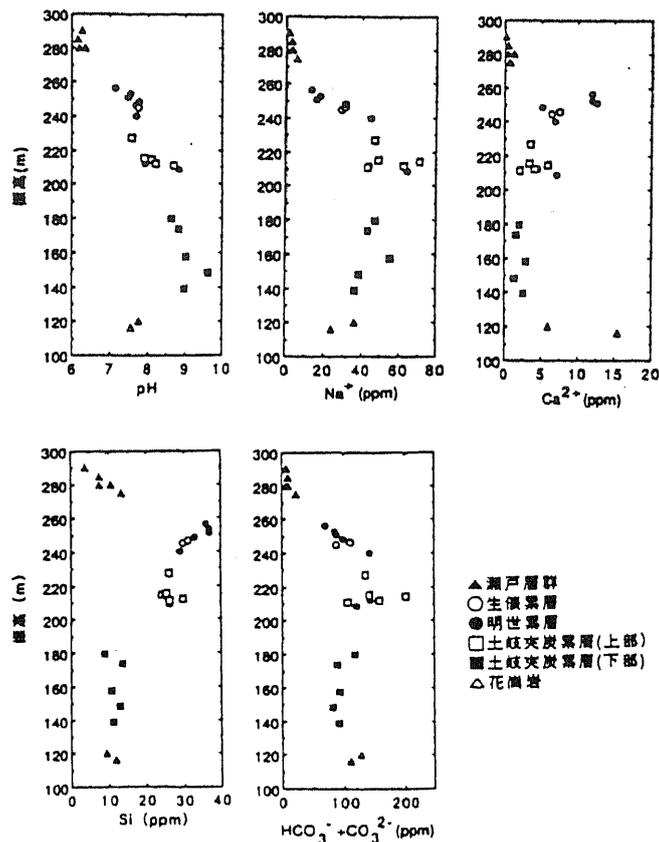


図3. 地下水の化学組成と深度

その変化の傾向は、深度が標高約200m（地表から約-80~100m）を境に異なっている（図3）。すなわち、標高約200mより浅部においては、深度が増すほど $\text{Na}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ は増加する傾向にあり、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ は減少傾向にある。また標高約200mより深部では、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度に大きな変化は認められず、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ は低濃度である。したがって、深度のより浅いところの地下水は $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$ 型であり、より深いところの地下水は $\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$ 型である。

④上記の地下水組成データおよび堆積岩中の主要な構成鉱物のデータを用いた熱力学的解析から、地下水の水質は、地層中の主要な粘土鉱物であるスメクタイトとの反応によって形成されたと考えられる。

### 3.2 地下水の年代および起源

堆積岩中の地下水の起源・年代を解明するために地下水の水素・酸素の安定同位体組成、トリチウム濃度および $^{14}\text{C}$ 濃度を測定した。

#### (a) 地下水の起源

水素・酸素の安定同位体比の測定結果（ $\delta\text{D} - \delta^{18}\text{O}$ 図）を図4に示す。この結果から以下のことが明らかとなった。

- ① 堆積岩・花崗岩中の地下水の $\delta$ 値は、中部地方の天水の範囲に入ることから、これらの地下水の起源は降水である。
- ② 堆積岩最下部層中の地下水の安定同位体組成は、現在の降水や瀬戸層群中の地下水のそれとは異なり、 $\delta^{18}\text{O}$ が約1‰低い<sup>5)</sup>。このことは、現在の気象条件下では、年平均気温が約2~3℃低いことに相当する<sup>6)</sup>。

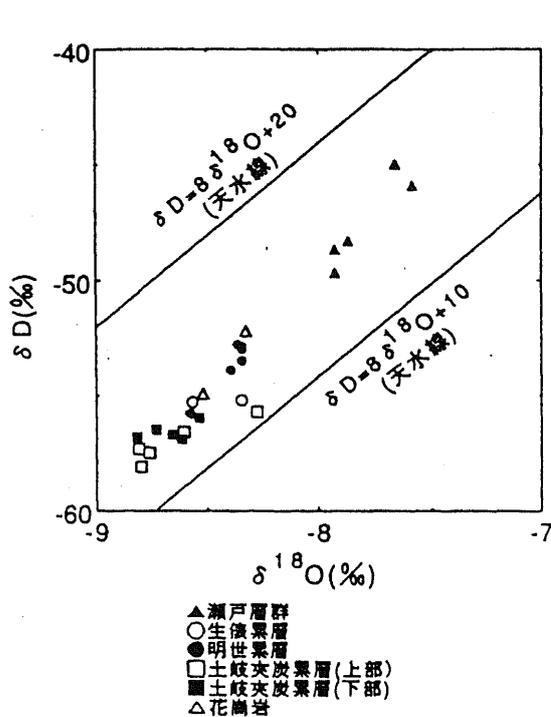


図4. 地下水の $\delta\text{D} - \delta^{18}\text{O}$ 図

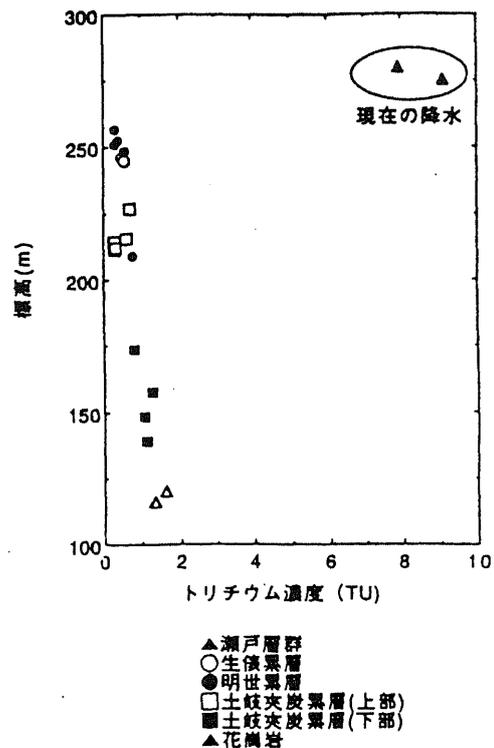


図5. 地下水のトリチウム濃度

## (b) 地下水の年代

トリチウム濃度の測定結果(図5)から以下のことが明らかとなった。

- ① 瀬戸層群中の地下水のトリチウム濃度は、現在の東濃地域の降水とほぼ等しい。
- ② 堆積岩・花崗岩中の地下水のトリチウム濃度は深度によらず非常に低い(3TU以下)。

これらのことから、瀬戸層群中の地下水は現在の降水が涵養したものであり、堆積岩ならびに花崗岩中の地下水は、少なくとも40年以上経過したものであることが考えられる<sup>5)</sup>。

次に、<sup>14</sup>Cによる年代測定結果について述べる。地下水中の<sup>14</sup>C濃度測定値から年代を求め場合には、地下水が流動する間に岩石との反応によって供給されるDead carbon(<sup>14</sup>Cを全く含まない炭素)を考慮する必要がある。そのために、本調査地域において考えられる以下の三つの反応によるDead carbonの供給を補正し、<sup>14</sup>C年代を求めた<sup>7)</sup>。

- ・帯水層中の堆積性有機物の酸化による二酸化炭素の供給。
- ・帯水層中の堆積性有機物のメタン酸酵による二酸化炭素の供給。
- ・貝化石の溶解による炭酸水素イオンの供給。

これらの補正を行って測定した結果、堆積岩最下部層中の地下水の<sup>14</sup>C年代として、一万数千年の値を得ることができた。この年代値は、ウルム水期末期に相当する。つまり堆積岩最下部層中の地下水は、一万数千年前の現在よりも寒い時期の降水に由来するものと考えられる。

## 3.3 地下水の酸化還元電位

地下水の酸化還元電位は、地層中の物質の移行・固定を支配する要因の一つとして非常に重要である。しかしながら、酸化還元電位は測定にともなう様々な因子(大気、共存イオン、測定電極の種類、測定時間など)によって影響を受ける可能性があるため、信頼性のある測定値を得ることが困難である。

上記の影響因子を把握するために、中部事業所では酸化還元電位を含めた物理化学パラメータ〔電気伝導度(EC)、pH、溶存酸素濃度(DO)、水温〕を大気に触れさせずに、かつ連続的に測定できるモニタリング装置を製作した。これらの測定装置を用いて、東濃鉱山調査坑道内に掘削した試錐孔からの湧水地下水を対象に、約一年間連続計測を行った結果、地下水の酸化還元電位は約-300mVであることが認められた。

## 4. 物質移行・固定機構に関する調査研究

東濃ウラン鉱床の形成プロセスは、地層中の物質移行・固定に関する天然現象として取り扱うことが可能である。したがってウラン鉱床を利用した研究により、地質環境の長期にわたる核種移行・固定に関する重要な知見が得られるものと考えられる<sup>8)</sup>。

中部事業所では、東濃ウラン鉱床を対象として、地質環境中での物質移行・固定に関する特性を把握するために、下記の調査・研究を行っている。

- ① ウラン鉱床の生成・保存に関する研究。
- ② 天然ウラン系列核種の移行・遅延に関する研究。

#### 4. 1 ウラン鉱床の生成・保存に関する研究

##### (a) ウランの産状と地質学的・地球化学的環境

東濃ウラン鉱床の生成・保存に関する地質学的・地球化学的環境を把握するためには、ウランの産状を明らかにすることが重要である。

顕微鏡やX線マイクロアナライザー（EPMA）などによる調査の結果、ウランは主に第三紀層中の細～粗粒砂岩中に濃集することが認められる。これらの砂岩中で、ウランは碎屑性鉱物である黒雲母や二次鉱物である黄鉄鉱などに伴う（図6）。透過型電子顕微鏡やEPMAを用いて黒雲母について詳細な調査を行ったところ、一部がスメクタイト化し、0.1～1 $\mu$ mの微細なウラン鉱物（コフィナイト）を伴うことが見いだされた。このことは、変質部にウランが収着・濃集し、還元環境下で固定されたことを示している<sup>9)</sup>。

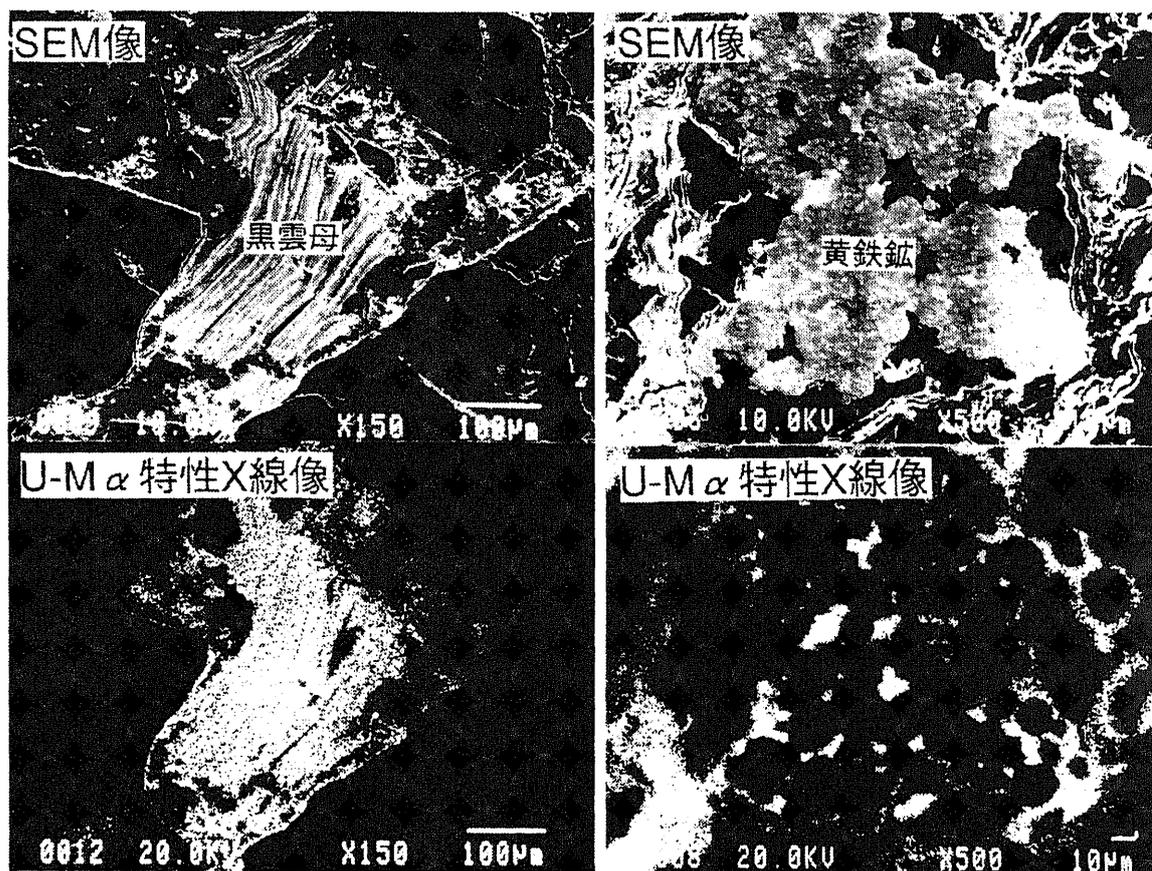


図6. 黒雲母及び黄鉄鉱に濃集したウラン

##### (b) 鉱床の年代測定

東濃ウラン鉱床において、ウラン系列放射性核種の挙動を定量的に把握する場合、核種が地層中を移行し固定されてからの時間、すなわち鉱床ができてからの時間を正確に見積もる必要がある。そのため、フィッシュントラック法による年代測定を実施した。

フィッシュントラック法は、ジルコンの内部に含まれるウランの自発核分裂トラック数を測定することにより、生成年代を算出する方法である<sup>10)</sup>。したがって、そのジルコンがウラン鉱床内に存在する場合には、ジルコン周辺のウランからフィッシュンを受けることになる。今

回は、このフィッシュンと周辺のウラン濃度を求めることにより、鉱床の年代測定を試みた。

測定の結果、鉱化年代として約9.15Maが示された。本鉱床の場合、化石などの地質学的証拠からその形成年代は約1000万年前後と推定されている<sup>11)</sup>。したがってこのフィッシュントラックによる測定値は、この年代にほぼ対応する。

#### 4.2 天然ウラン系列核種の移行・遅延に関する研究

##### (a) 放射平衡・非平衡調査

天然のウランに含まれる<sup>238</sup>Uは約45億年という長い半減期を持ち、半減期24.8万年の<sup>234</sup>U、8万年の<sup>230</sup>Th、さらに最終的に19.4万年の<sup>210</sup>Pbに壊変する。これらの核種が、閉鎖系で長期間継続して存在すれば、これらの核種間に放射平衡が成立する。

東濃ウラン鉱床周辺の地下水は、地下水流動解析の結果、現在は西北から南東へ移動していると推察されている<sup>12)</sup>。ウランの移動には、一般に地下水が関与すると考えられる。したがって、鉱床スケールでのウランの移動を調査するために、鉱床全体にわたっての試錐を行い、採取した計256個の岩芯試料についてウラン系列核種である<sup>238</sup>U・<sup>234</sup>U・<sup>230</sup>Th・<sup>226</sup>Ra・<sup>210</sup>Pbの放射能測定とそれぞれの放射平衡・非平衡調査を行った(図7)。その結果、<sup>234</sup>U/<sup>238</sup>U及び<sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>Uの放射能比(A.R.:Activity Ratio)は、0.8から1.2の間で、ほぼ放射平衡に達していることが示された(図8)。つまり、鉱床スケールで見ると、ウランとトリウムに関しては数十万年以内において、大きな移行はなかったと考えられる。

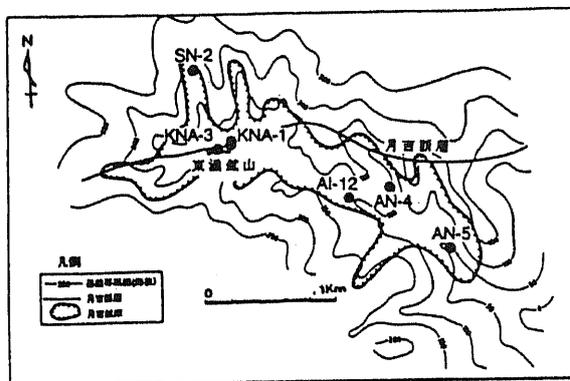


図7. 試錐孔位置図

一方、<sup>226</sup>Ra/<sup>230</sup>Th及び<sup>210</sup>Pb/<sup>226</sup>RaのA.R.は、0.3から5.1と大きく変化し(図9)、

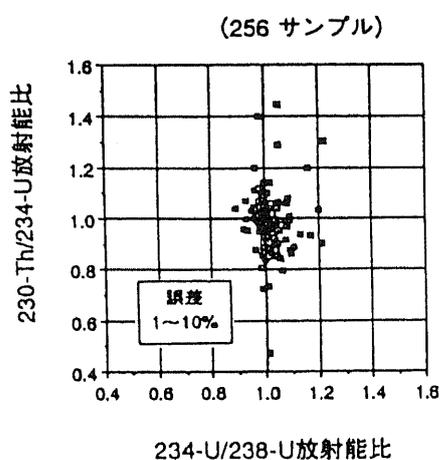


図8.  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  及び  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  の放射能比

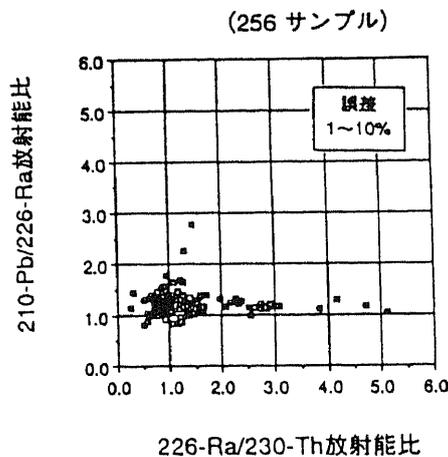


図9.  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$  及び  $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$  の放射能比

多くの岩石試料中で放射非平衡の状態にある。東濃ウラン鉱床地域における地下水は、還元状態にあることが確認されており<sup>13)</sup>、還元性地下水によって比較的移動しやすい<sup>226</sup>Raが選択的に移行したことが考えられる<sup>14) 15)</sup>。

(b) 収着試験

地質環境中でのウランの移行特性を規制する要因の一つとして、岩石のもつ核種収着能力が考えられる。そのため、岩石の収着係数を求めるための<sup>233</sup>Uを用いたバッチ式収着試験を行った。

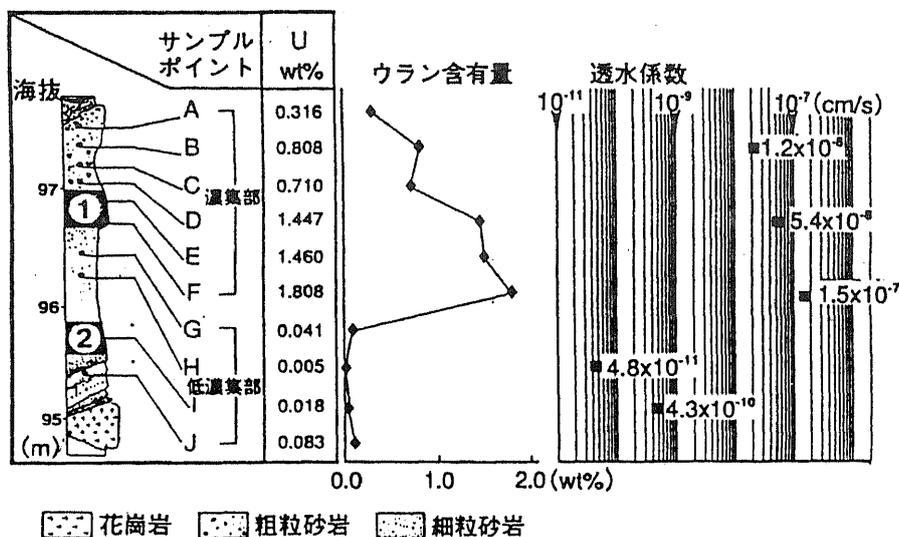


図 10. 試料採取位置とウラン含有量や透水性係数との関係

この試験には、東濃ウラン鉱床のウランの高濃集部と低濃集部の岩石（砂質凝灰岩）と現場から採取した地下水を用いた。試験は、酸素濃度が数 10ppm以下の窒素雰囲気下で行った。また、それと同時に岩石の空隙構造（ウランの移行経路）調査と、岩芯試料を用いた室内透水実験を行い、岩石の収着能力との関係を調べた(図10)。

その結果、<sup>233</sup>Uの収着係数は低濃集部で58.8~164.7 ml/g, 高濃集部で3.6~4.4 ml/gとなり、低濃集の方が大きい値を示した(図11)。これは、低濃集部はさらにウランを濃集し得ることを示し、高濃集部はウランの収着サイトが少なくなっていることを示唆する。また透水性係数は、高濃集部が低濃集部より2~3オーダー高い値を示した。 $\alpha$ -オートラジオグラフや走査電子顕微鏡(SEM)を用いた空隙構造調査から、高濃集部の岩石中の黒雲母や石英粒子中の割れ目、鉱物粒子間などの空隙にウラ

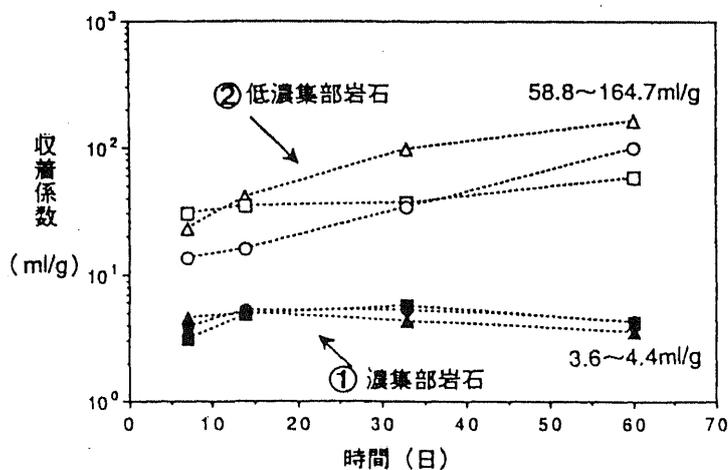


図 11. <sup>233</sup>Uの吸着係数測定値

ン

ンが濃集していることが確認できる（図12）。つまり，ウランの移行経路及び濃集場所としては，鉱物粒子中や粒子間の空隙が重要な役割を果たしたと考えられる<sup>16) 17)</sup>。これらのことから，ウランの移行・濃集には，岩石の持つ収着能力だけでなく，地下水が流れることのできる移行経路が存在するかどうかにも影響されるものと考えられる。

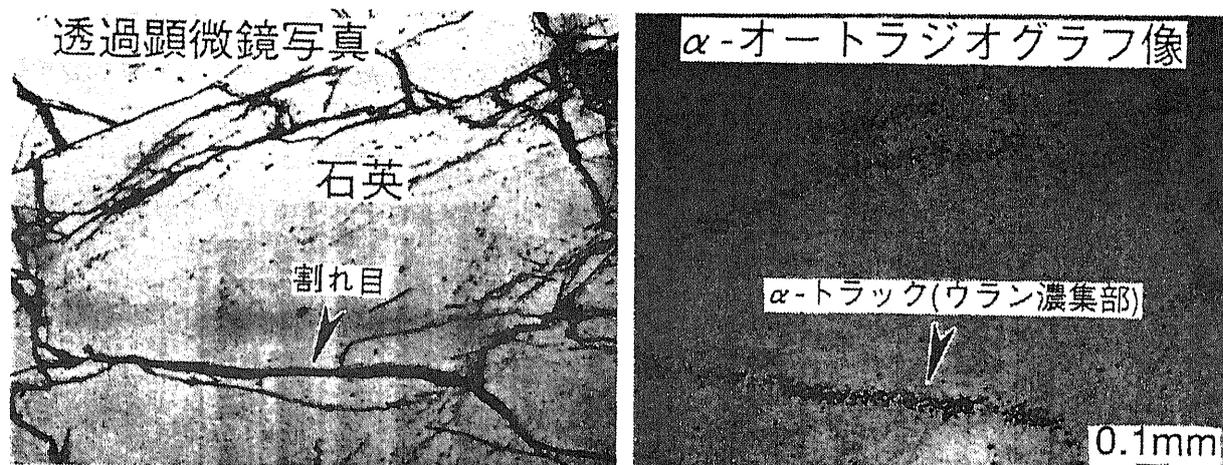


図12.  $\alpha$ -オートラジオグラフ及び2次電子線

## 5. まとめ

- ① 約1000万年前に形成された東濃ウラン鉱床は，鉱体を切る月吉断層があったり，鉱体内に地下水が浸透したことなどの，地質学的現象や地殻変動（隆起－沈降，海進－海退，断層運動）を受けてきたにもかかわらず，保存され続けてきた。
- ② さらに，ウランは約100万年間での顕著な再移動は認められず，保存されていることが明らかになってきた。
- ③ これらは，還元環境で弱アルカリ性を示す地球化学的条件等が揃っているためと考えられる。

これらの成果は，地下空間利用の1つである地層処分システムの長期安全性を立証するために，

- ④ 実際の地質環境下で起きている現象と場の理解によって隔離メカニズムとその地球化学的条件を明らかにする，
- ⑤ 放射性物質を長期保存するのに好ましい地質環境条件を明らかにする，
- ⑥ 我が国の地質環境下でも，長期間にわたって放射性物質を安定に隔離することが可能であることの類似的実例を示す，ことにも役立たせることが出来ると期待される。

地層が生来有している地質環境を科学的に立証するためには，地球科学のあらゆる分野の協力が必要であり，さらに，野外調査，試験によるデータの取得，および，解析を繰り返しながら，科学的確かさを高めていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 石原舜三・鈴木淑夫：“東濃ウラン鉱床の基盤花崗岩類”地調報告, 232, 179-220 (1969).
- [2] 糸魚川淳二：“瑞浪地域の地質”瑞浪化石博専報, 1, 1 - 50 (1980).
- [3] 太田 久仁雄・瀬尾 俊弘：“東濃地域における深部地下水の地球化学的研究(II)”日本原子力学会, 1991年春の大会予稿集, 526, (1991).
- [4] 濱 克宏・瀬尾 俊弘, 他：“東濃地域における深部地下水の地球化学的研究(IV)”日本原子力学会, 1992年春の大会予稿集, 114, (1992).
- [5] 太田久仁雄・瀬尾俊弘, 他：“東濃地域における深部地下水の地球化学的研究(III)”日本原子力学会, 1992年春の大会予稿集, 113, (1992).
- [6] Yurtsever, Y. : “Worldwide survey stable isotope in precipitation” Rep. sect. Isotope, Hydrol., IAEA, November 1975, 40, (1975).
- [7] 瀬尾俊弘・水谷義彦, 他：“岐阜県東濃地域における地下水の<sup>14</sup>C年代と起源について”日本地下水学会, 1992年秋季講演会講演要旨集, 50-53, (1992).
- [8] Come, B., Chapman, N. A. (ed): “Nuclear Science and Technology, Final Meeting Report of CEC Natural Analogue Working Group” 3rd Meeting, Snowbird near Salt Lake City (USA), 15-17 June 1988, (1989).
- [9] 小室光世・山本正博, 他：“東濃地域月吉鉱床におけるウランの産状”鉱山地質学会第40回年会学術講演要旨集, (1990).
- [10] Gleadow, A. J. W., Hurford, a. j. and Quaife, R. D. : “Fission-track dating of zircon: Improved etching techniques ” Earth and Planetary Science Letters, 33, 273 - 276, (1976).
- [11] 小林孝男：“岐阜県可児盆地の地質とウラン鉱化作用”鉱山地質, 39, 79-94, (1989).
- [12] 柳沢孝一・今井 久, 他：“我が国を対象とした地下水流動解析(その1 中部日本を対象とした地下水流動解析)”PNC TN7410 92-019, (1992) .
- [13] Seo, T. and Yoshida, H. : “Natural Analogue Studies of the Tono Uranium Deposit in Japan” Proceedings of CEC Natural Analogue Working Group, 5th Meeting, Toledo (Spain), 5-9 Oct. (1992).
- [14] 金井 豊・坂巻幸雄, 他：“岐阜県東濃ウラン鉱床地域における地下水・地表水中のウラン系列核種(<sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn)の挙動”地球化学, 24, 123-132, (1990).
- [15] Nohara, T., Ochiai., et al. : “ Uranium-Series Disequilibrium Studies in the Tono Uranium Deposit, Japan” Radiochim. Acta, 58/59, 409-413, (1992).
- [16] Yoshida, H., Komuro, K., et al: “Influence of micro path structure on nuclides migration in sedimentary rocks” Abstracts of 29th International geological congress, 1992, Kyoto(Japan), 1, 226, (1992).
- [17] 吉田英一・山名 智, 他：“堆積岩中の物質移行特性に関する研究—岐阜県東濃ウラン鉱床を例にした物質の移行挙動解析”日本原子力学会, 1992年秋の大会予稿集 334, (1992).

# 岩石破壊過程の直接観察と地質処理

鹿児島大学理学部地学教室 岩松 暉

## I. はじめに

地質処理(geological disposal)とは、地下深部の地質体(geologic body)の中に有害物質を閉じ込めることであり、有害物質が地下水に溶け込んで地表に上がってこれないようにすることが肝要である。地下水が地表へ達するもっとも効率的な通路としては、断層や節理のような割れ目系が挙げられる。煎じ詰めると、地質処理に関する最大の問題は割れ目と水と言ってよい。

それでは地下水ないし熱水が割れ目を通じて地表ないし地下浅部に上がってきた例がないであろうか。温泉はもちろんであるが、金鉱床のような鉱脈型鉱床も、熱水が割れ目を通ってくる過程で有用鉱物を沈着させたものであるからいわば流体鉱床であり、地質処理場からの流体漏洩に関する典型的なナチュラルアナログとして挙げられよう。こうした割れ目は引張応力によって形成された裂罅(伸張割れ目)であることが多い。したがって、最近では鉱床成因論にとって地球化学的観点だけではなくて、構造地質学的岩石力学的研究とくに岩石のフラクトグラフィの研究の重要性が指摘されるようになってきた。地質処理に関しても、こうした流体鉱床分野の研究が大いに参考になる。

また、地下水の通路としての既存の割れ目系だけでなく、内陸性地震(直下型地震)を発生させるような活断層も問題である。サイトが破壊されては大変だし、サイトに通じる新たな割れ目が生成されても困る。

そこで、地下水の問題はさておき、割れ目系についての実験的な研究の一例を紹介したい。参考になれば幸いである。

## II. 岩石のフラクトグラフィ

断層の活動性の問題や鉱床形成の時空条件を考える場合には、岩石破壊過程を時系列的に追ってみる必要がある。そのため、岩石三軸試験のいろいろな段階で試験を中断し、割れ目パターンを観察する静的解析が行われてきた(例えば、安武・岩松, 1986)。しかし、別々の供試体の観察結果をつなげて類推するという本質的な欠陥は避けられない。また、途中で除荷するわけだから、一旦開口した割れ目も観察段階では閉じてしまっていたり、除荷時の応力解放割れ目の新たな発生など、さまざまな技術的問題を含む。アコースティックエミッション(AE)では割れ目の発生位置を知ることができるが、方位や

割れ目の性質はわからない。やはり同一供試体の全破壊過程を直接観察するに限る。

### III. 試験装置

当初、既存の高圧容器に設けられているストレインゲージ用リード線取出し口から光ファイバーの挿入を企てた。しかし、撮像部に真空の部分があり、そこにも側液を注入するなど指示をしたが、胃カメラメーカーの抵抗にあい製作できなかったため、やむなく、固体のロッドレンズを使用する方式に切り換えた。ファイバーのように柔軟ではないから、高圧容器の真横に削孔しなければならない。当然、安全性に問題が出てくる。結局、アクリルの窓を付けて、ボアスコープでのぞく方法を採用し、一応100MPaまでの高圧に耐えることに成功した。側液には透明なシリコンオイルを用い、透明ビニールジャケットを使用した。試験経過はCCDカメラにより高画質ビデオに収録し、画像処理をするシステムになっている（図-1）。

なお、用いた試験機は、筆者が設計した鹿大型と称する電気油圧サーボ式マイコン制御の二軸同一型高圧三軸試験機で、性能は封圧最大400MPa、軸圧最大50ton、温度200°Cである（岩松・中其, 1980）。供試体寸法は39.0mm×19.5mmφとJISよりかなり小さい。

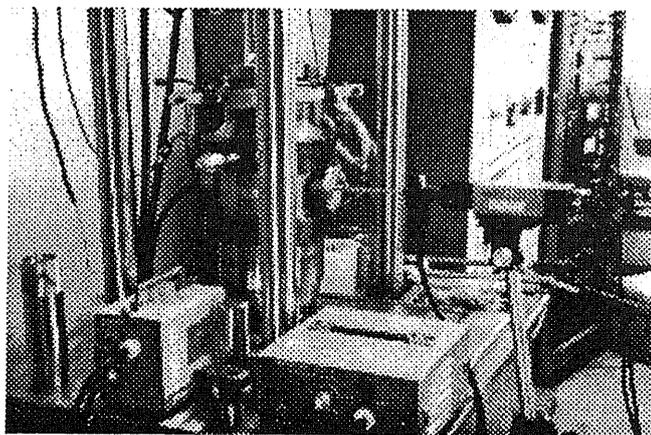


図-1 ボアスコープとテレビカメラを装着した高圧容器

### IV. 主破壊後の継続試験

岩石の力学試験がよく行われている工学分野では主として岩盤の強度を問題とし、地球物理学分野では破壊機構が興味の対象となっている。したがって、供試体が破壊してしまえば、即、試験終了となるのが普通である。しかし、実際の地球の場合、断層が形成されたからといって、プレートが停止するわけではない。広域応力場はそのまま維持され、その後も引き続き横圧力を受けて第二・第三の断層が形成されたり、最初の断層が再活動したりする。最初引張破壊で形成された裂罅も、もっと押されるとずれを伴い、

剪断破壊面と誤認されることもある。したがって、力学試験でも主破壊発生後引き続いて試験を継続してみる必要があるのではなかろうか。また、試験終了後の除荷の過程も追ってみる必要がある。構造形成後の全般的隆起の過程で割れ目が顕在化したり、剪断破壊面でも開口したりすることが予想されるからである。

今回は試験時間の関係上ひずみ速度 $1 \times 10^{-4}$ /secの定ひずみ試験を行った。プレートの移動速度はほぼ一定であるから、一応それに擬したつもりである。ローカルにみれば定応力と考えたほうがよいかも知れないが。

## V. 予察結果

以上の条件で予察的な研究を行ったところ、さまざまな新知見が得られた。一例として、共役断層が形成されるような応力条件下における破壊過程を見てみよう（図-2, 3）。

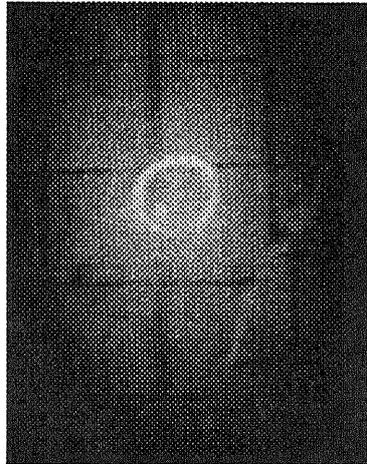


図-2 共役断層のビデオ映像

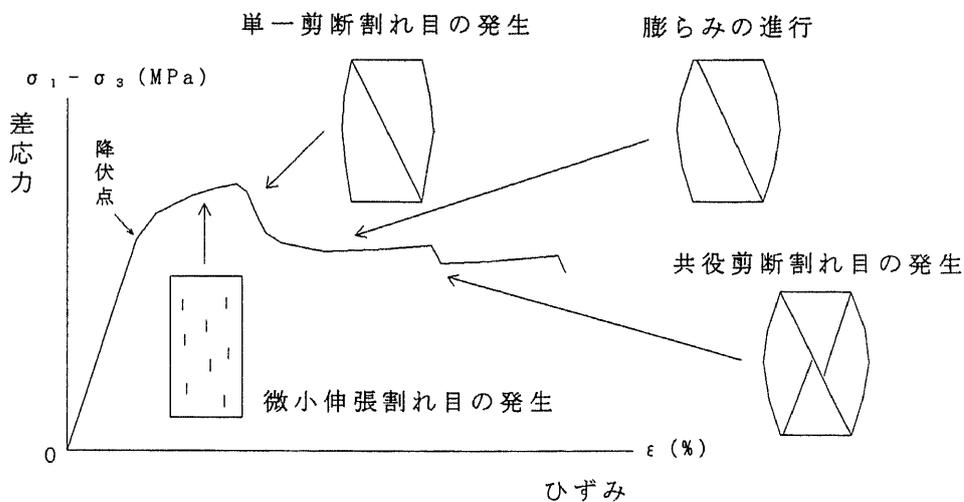
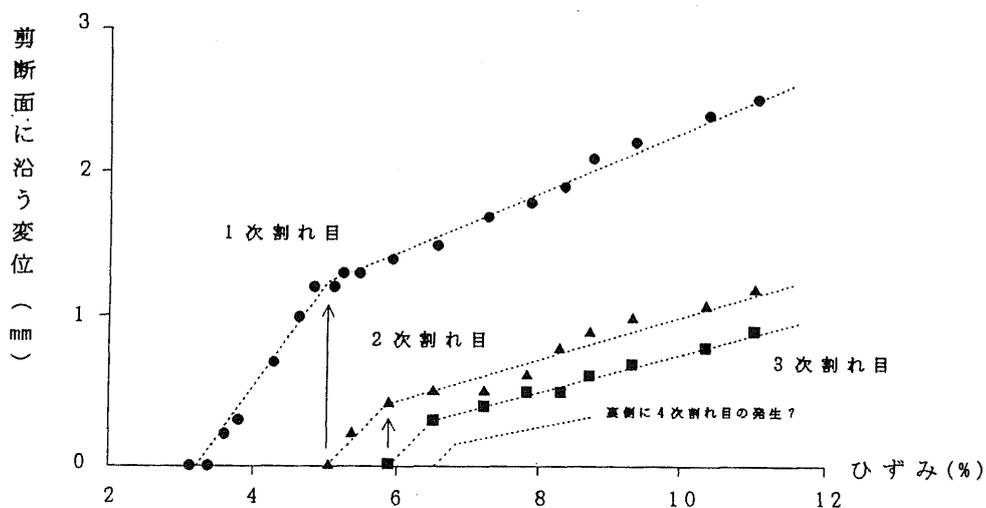


図-3 共役断層の形成過程模式図

まず降伏点を過ぎて応力—ひずみ曲線が直線から外れ出す頃、荷重軸方向に平行な微小伸張割れ目が供試体の全面にわたって多数出現する。これらは閉じてその後は見えなくなるらしい。さらに、応力降下の著しい点（従来の破壊点）で、爆発音を伴って剪断割れ目（一次割れ目：主断層）が形成されるが、一点から破壊が始まって次第に伝播していく様子が観察される。実際にずれが明瞭に認められるのは、もう少しひずみが進行してからである。

引き続き荷重を加えると、だんだんビヤ樽型に変形していき、もう一度破壊が起こる。この時、先の主断層と共役な方向に2本の割れ目（二次割れ目）が形成される。これらはほとんど瞬時に形成され、先の主断層のところで停止し、主断層を切ることはない。また、主断層付近で枝分かれすることも多い。シャープで直線状の主断層と異なり、割れ目は不規則なことも多く、面の両側で凹凸が合致する場合もある。すなわち、面に直交する方向の変位を示唆する。恐らくビヤ樽型に膨らむことに伴う二次応力によって、伸張割れ目（裂罅）として、別々に形成されたものと思われる。これらは一次割れ目によって切断されずらされたような外観を呈するから、従来のように試験終了後観察していたのでは、全く前後関係を誤ってしまったに違いない。なお、一次割れ目は破壊が伝播するわけだから余震を伴うタイプの地震を発生するのに対し、二次割れ目は余震を伴わないタイプなのかも知れない。実際に観測される地震波に違いがないかどうか吟味して欲しいものである。

さらにひずみが進行すると、これら二次割れ目もずれ出し、今まで一次割れ目のずれで全ひずみをまかなっていたのが、二次割れ目発生後は二次割れ目に沿うずれの分だけ一次割れ目のずれが減少する。つまり、変位速度が急変する（図—4）。したがって、断層ごとの平均変位速度から地震の再来周期を論じたりするのは若干問題があるように思



図—4 剪断面に沿う変位と全ひずみ

う。その地域の断層系全体としての変位速度やひずみの蓄積状況から判断するほうが望ましいのではないだろうか。もちろん、三次割れ目が出現すれば、同様に二次割れ目の変位速度も減少する。これは前二者の割れ目とほぼ直交する方向に形成されることが多い。すなわち、最小主応力軸と中間主応力軸が転換することもある。

ここでは割愛したが、封圧が低い場合には単一剪断割れ目だけが形成される。この場合、荷重を加え続けると、ときどきstick-slip状にひずみが進行するのが観察される。同一断層の再活動型なのかも知れない。

試験終了後の除荷の問題も重要である。静水圧を保ちながらゆっくり減圧するのが常識だが、正直言って従来は除荷にはあまり神経を使ってこなかった。しかし、除荷の速度や方法によって、割れ目の生成状況が非常に異なる。一般には今まで肉眼では見えなかった割れ目が開口して顕在化するが、逆にビヤ樽型に膨れていたものが徐荷の過程でスリムになり、割れ目が見えなくなることもある。さらには、あまり急激に除荷すると、新しく荷重軸に直交する方向に応力解放割れ目が形成されることもある。いずれにせよ除荷と割れ目の開口とは密接な関係にあり、鉋脈型鉋床の成因を考える場合に、その地域の第四紀における隆起運動の重要性を暗示する。

## VI. むすび

小論では、共役断層ができるような高封圧下における岩石の破壊過程だけを論じ、破壊様式などについては省略した。また、単一剪断割れ目ができるような低封圧下での脆性破壊についても省略した。いずれ別に論じるつもりである。

地質処理サイトで見られる断層系については、それが水みちになるのか、逆に地すべり地ではしばしば見られるように遮水壁として作用するのか、非常に問題である。一般に、断層角礫は前者のような働きをし、断層ガウジは後者の作用をされると言われている。いずれにせよ、断層の形成機構に深く関わる。割れ目の形成機構に関する基礎的な岩石力学的研究が重要な所以である。

## 引用文献

- 中其 毅・岩松 暉 (1980), 鹿児島大学型岩石用高圧三軸試験機的设计・製作. 鹿児島大理紀要 (地学・生物学), 13, 77-90.
- 安武由充・岩松 暉 (1986), 三軸試験における岩石の極脆性および脆性破壊. 鹿児島大理紀要 (地学・生物学), 19, 133-147.

# 山体における地下水の存在と流動

千葉大学

新藤 静夫

はじめに

地下水の広域流動系を支配している第一要因は位置ポテンシャルである。この位置ポテンシャルは標高によって与えられ、自然状態のもとでの、「流入」－「貯留」－「流出」といった一つの流動系の形成は水文地形单元によってその輪郭が規定される。この水文地形单元のとりかたは、なかば人為的に決められる。具体的に云えばそれを1次谷流域までの範囲とするのか、2次谷流域までを対象とするのか、さらに大きく一つの堆積盆地全体を対象とするのか等は取り上げる問題の内容やその時間的・空間的影響の規模・範囲によって異なるといえる。

放射性廃棄物の処理などのように超深度空間が対象となるような場合では、人為的な要因のウエイトが大きくなり、地形情報から推し量れる範囲での水文地形单元を越えた、つまり処理深度を考慮した規模の大きい地下水流動系を抑える必要がでてくる。この場合には水文地形单元に加えて、水文地質单元の重要度が増す。

このような視点での知見の集積は残念ながら今のところほとんどないといってもよい。加えて廃棄物に地下水が接触したとしても、人間の生活空間との間に数万年という超長期にわたる隔離期間の安全性の保証を検討するためには、地下水の流動過程の各段階に時間尺を入れることが要求されるが、これは極めて困難な仕事である。そこで、ここでは筆者なりに多少の知見を有する山地・固結～半固結岩地域の地下水－山体地下水－の、とくに流入の場に焦点をあて、少々考察してみることにする。山体は一つの完結した地下水流動系の典型的な場として捉えられるからである。

## 1. 山体地下水の意味と範囲、および特質

### (1) 山体地下水の範囲

ここでは基盤の地質に加えて、風化土、残積土、運積土などのいわゆる表層土層までを含めた山体の各部位に存在する地下水（地中水）を包括するものとする。これらが降雨条件に敏感に応答し、流域全体の水文現象にかかわることになる。これらは低地部の地下水が収斂傾向の場にあるのと対称的に発散傾向の場にあるのが特徴である。

### (2) 水文学的視点での山体地下水

水文循環系の一過程にある水体という捉え方が重要である。したがって地理的に限定された”山地の地下水”や性質的に限定された”岩盤地下水”とも概念的に異なる点に注意する必要がある。すなわち時間軸、空間軸の上から捉えることによって、はじめてその特質がおさえられることになる。

### (3) 水文循環の場としての山体の意味

水文循環の場としての山体は、流動系の上からは地下水体に位置的ポテンシャルを付加する場としての意味があり、水収支系の上からは地下水の貯蔵体としての意味がある。まさに山体は”貯水槽である”といえる。

### (4) 山体地下水の循環特性

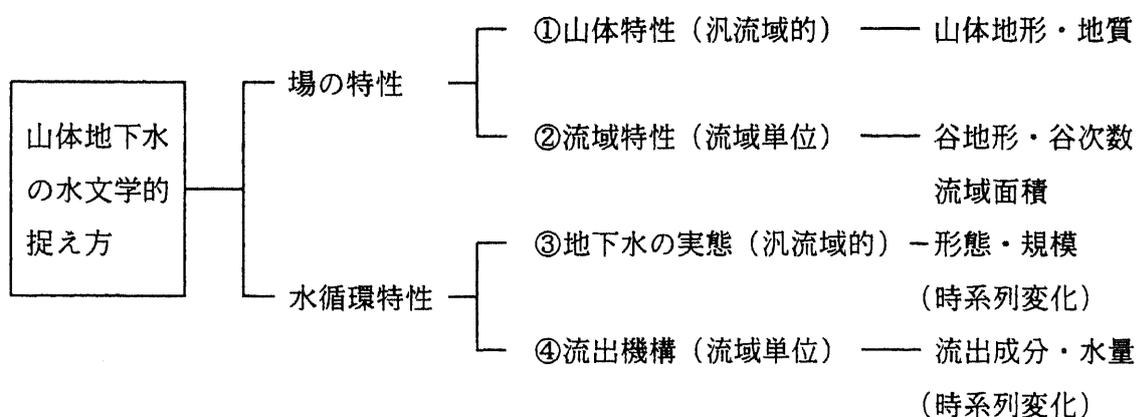
山体地下水の滞留時間は云うまでもなく山体の規模、地質によって異なるが、平野の地下水に比べて一般に短いと見るべきである。長くても数年、多くのケースでは1水文年のスケールで論議されるオーダーといえる。このことは地下水の流動が主として位置ポテンシャルに従っていて、しかもそれが大きいことから推察されることである。なお位置的ポテンシャルが地下水流動の上で支配的であるということは地形と地下水の存在状態がほぼ対応していることを意味している。ここで、位置ポテンシャルの基準面をどこに置くかは問題によって異なるが、考え方の基礎として、地形学上の局地基準面 (Local base level) の概念が重要である。

つぎに山体の水分状態と降雨浸透状態によって地下水体の分離と連続の様態が時系列で変化し、それとともに流出成分の構成や流出に至る経路等の時間的、空間的多様性が生じ、流出機構が変化することが予想される。

## 2. 山体地下水へのアプローチ

### (1) 本文での捉え方

筆者は山体地下水の水文学的意味と位置を次のフレームワークのもとで捉えようとしているが、ここでは紙面の都合もあり、主に①と③について述べることにする。



### (2) 山体地下水の存在にかかわる地形・地質要因

#### a) 山体の水文地形

山体地下水の存在にかかわる水文地形要因として、地表形態とは別の”地下地形”あるいは”埋没地形”とも云うべきものが存在する場合のあることに注目する必要がある。こ

れはいわば地中水の集水地形ともいうべきもので、本質的に異なる次の2つのタイプが考えられる。すなわち、

- ①地下での常時の水文学的プロセスによって、表層部地下に自然に形成された集水地形
- ②かつての地表、つまり文字どおり埋没している集水地形

谷頭、或は山腹0次谷の表層部の地下にしばしば存在するパイプは、①の場合の代表的なものといえる。0次谷とパイプ網の因果関係については、検討すべき点が多い。すなわち0次谷という地形条件がパイプ網の発達を規定しているのか、パイプ網の発達が0次谷地形に先行しているのかは一概には云えない。筆者は谷の発達プロセスという立場から、後者の考え方が本質的であると考えている。これを支持する観測例は多い。

これらとは別のタイプの集水構造が谷頭部背後の地下に形成されている可能性がある。貫入試験の結果によればその値が他に比べて低く、かつ水分量の多いことが推定される部分が谷頭部背後から尾根部にかけて認められることがある。豪雨時に尾根部での降雨浸透が増大するとともに、谷頭部から地中水の漏出がみられる場合があることから、その方向に集水ゾーンが発達していることが推定される。

②に関して、太田猛彦等（1986）は東京農工大学波丘地試験地において、現在の地表形態とは必ずしも一致しない、しかもシャープな地形が地表下に存在することを指摘しているが、これはここでいう埋没地形である可能性がある。

さらに規模の大きい、しかも明瞭な埋没地形を筆者は、岐阜県と愛知県の県境付近の花崗岩山地で観察している。この埋没した谷の中心部の直下にあたる所には湧水が見られ、しかもそのあたりの花崗岩の変質は著しく、道路工事の後1年ほどで地山の”はらみ出し”が発生し、さらにその後崩壊が発生した。

第三紀層からなる多摩丘陵地域では、最近各地で土地造成が盛んに行なわれているが、その切りとり斜面で同じような地形がしばしば観察される。上述の例と同じように、造成後しばらくして崩壊が発生した。このような埋没地形が現在の地形と無関係に存在していることは注目すべき点といえる。

#### b) 山体の水文地質

山体地下水の存在にかかわる水文地質要因を、次の2つの視点から考える。

- ①山体地下水の分布状態にかかわる要因
- ②山体地下水の流動状態にかかわる要因

①では地下水が山体の位置に拘らず、ほぼ一様に分布しているか、あるいは遍在しているかを問題とし、②では層状をなすか、脈状をなすかを問題とする。山体地下水の性格は、①と②の組合せでいくつかのタイプに分けられる。表1はこのような観点から整理してみたものである。

表1 山体における地下水の存在状況

山体地下水の存在場としての水文地質条件	流動型	存在に関わる要因は山体の位置に拘らず、ほぼ一様と考えてよい	存在は山体の位置によって遍在している
	層状	(新第三紀層などの軟岩) 第三紀層からなる山体 (古第三紀層などの硬岩)	(風化の進行した岩体) 花崗岩からなる山体 (新鮮な岩体)
	脈状	火山性堆積岩からなる山体	中・古生層からなる山体

(注： ←→ は中間態もあるという意味である)

第三紀の半固結堆積岩や、火山性堆積岩からなる山体は水文地質的にはどの部分でもほぼ一様に地下水が存在し得る条件を備えているといえる。第三紀層の場合については、地下水が多層準に存在し、しかもそれらの多くは層状をなしている。加えてその山稜部に粗粒堆積物が分布している場合には、このタイプの特質が明瞭に発揮され、降雨時にこの部分に第一の地下水が形成される。さらに大きな降雨時には下位の層準にまで地下水が形成される。(この部分に既に地下水が存在していればこれが成長する。) 豪雨時には谷頭凹地などの表層部に出現する地下水とこれらが連絡し、ついには斜面全体に地下水が拡大する。また逆に無降雨期には、これが長期間にわたって、斜面外への基底流出を補っている。

火山性堆積岩からなる山体の場合は上述のごとく、地下水の形成条件としては位置的な差はあまり無く、ほぼ同一の水文地質特性を有しているといえるが、その形状は層状の場合、脈状の場合、さらにこれらの混合したものなど、多様である。

花崗岩からなる山体では未風化の硬い岩体をその風化殻であるマサ土が覆うかたちとなっている。地下水は、主にマサ土の部分に層状水として存在し得るが、その外では節理や破碎帯に脈状水として存在する。山体地下水の存在場としてどちらが重要な役割を演じているかは地域によって異なる。

このように花崗岩からなる山体では、降雨を受け止め、貯留し、さらに斜面外、あるいは

は下位の基岩中に水分を供給する機能を示すマサ土帯と、主として裂隙水を存在させ、地中水の素早い降雨応答を可能にする間隙構造をもつ基岩の両者を一体的に取り扱う必要がある。

古生代、あるいは中生代の固結堆積岩からなる山体の場合は複雑な地質構造のため、地下水の存在条件に一つのパターンを求めるのは難しい。云い替えれば、地下水の存在に著しい遍在性がみられるのが特徴であるといえる。大規模な破碎帯が発達するときは地表の水系を越えた地下水系が存在し得る。

### 3. 山体地下水の動態

#### (1) 流動系の全体場

降雨時に山体に供給された水は、いずれは山体を刻む谷などに排出される。この間、山体地下水はマクロにみて、地形的高所である涵養域と、地形的低所である流出域の位置によって決定されるポテンシャル分布に支配された、一つの水循環系を形成していると考えてよい。このように山体地下水のマクロな流動が第一義的には地形に支配されていることを現場において具体的に示したのものとしては、J.Shimada et al (1980) によるものがわが国では最初のもので云ってよいであろう。この研究の対象となった山体は瀬戸内海にある花崗岩からなる島嶼で、ここに圧力ポテンシャル測定用のボアホールが掘削され、ダブルパッカー方式の間隙水圧計により、深度別の圧力が測定された。図1はそれによって得た地下水流動状況を示したものである。彼らはさらに地下水のトリチウム濃度の分布を求め、その値が山体頂部から周辺低部にかけて漸減しており、水理水頭分布の傾向とよく一致していることを示した。つまり山体頂部を涵養域とし、周辺部を流出域とする地下水流動系の実態が明らかに示されている。山体の水文地質的性質がほぼ一様で、地下水の滞留時間が十分に長ければ、地質の違いにかかわらず、大きくは図1に示した山体地下水の流動系が成立するものと考えられる。

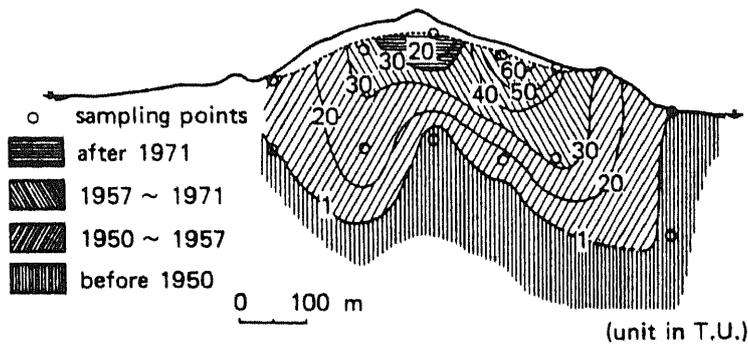
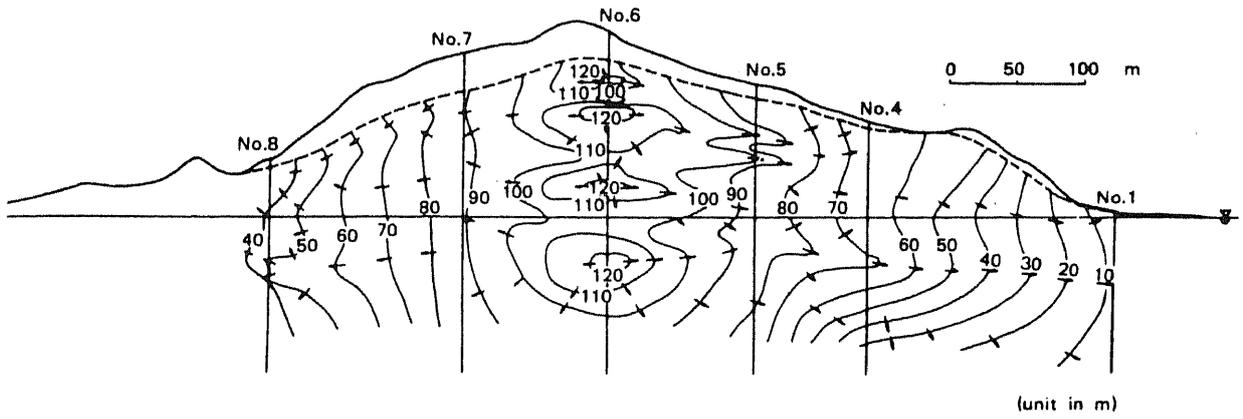


図1 岩盤地下水におけるポテンシャルとトリチウム濃度分布 (嶋田, 1980による)

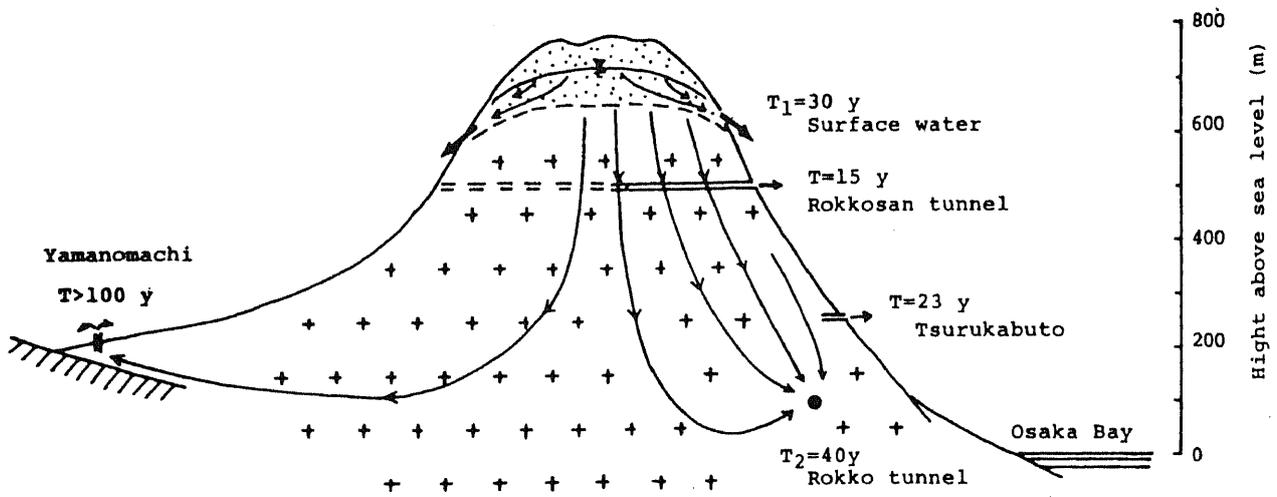


図2 トリチウム濃度から推定された六甲山地の地下水循環 (北岡, 1984による)

なお、北岡豪一（1984）も六甲山系の花崗岩地域において、自然湧水やトンネル湧水のトリチウム濃度の分布を求め、図2に示したように山体地下水の循環系の概要と滞留時間を得ている。参考までにこれを引用させていただく。

## (2) 流動系の細部機構

山体地下水の流動系は大きくは上述のようなポテンシャル場にあるといえ、他の細部の特徴は様々な水文地質条件、また降雨浸透条件に基づく時空間的に限定された現象として捉えられる。例えば太田等（1987）が多摩丘陵の例で示した山体地下水の〔発生－発達－消滅過程〕のモデル、すなわち山体の中央部に不飽和帯を残したまま、山頂部及び斜面部で飽和帯が成長し、ついでこれが山体内部に常在する地下水体と連絡して、地下水の楔状の高まり（Saturated Wedge）が最初に斜面表層部に形成され、漸次山体内部に拡張する、というプロセスは、透水性を異にする層準毎に生じ、複数の流動系が形成される。これらは降雨条件によっては連結したり、分離したりして複雑な流動機構が出現する。

一般に山体地下水の細部機構を追究する場合、山体をつくる地層の非一様性が問題になる。古生層、中生層、あるいは結晶片岩等の岩体は、破碎帯などの透水ゾーンが遍在しているため、山体地下水の挙動も著しい局地性を示すので、その取扱が難しい。水文地質上の非一様性が最も顕著な例は石灰岩から成る山体であろう。わが国ではこのような地域での水文学的な研究例は少ないが、石灰岩体を重要な水源とする国々はかなり多く、研究も多い。カルスト水文学として一つの体系をなしている。図3はアメリカ南ダコダ州にあるWind Caveの例で、全体図から1/4ほどを抜きだしたもので、（異なる3水準のものが示されている）地下水の複雑なネットワークがよく示されている。このようなネットワークは云うまでもなく地下水による石灰岩の溶解によって出来上がったものであるが、筆者は石灰岩に限らず、規模の大小、保存状態を問わなければ、未固結岩も含めた他の地質からなる山体中にも同じような水理構造が存在すると考えている。

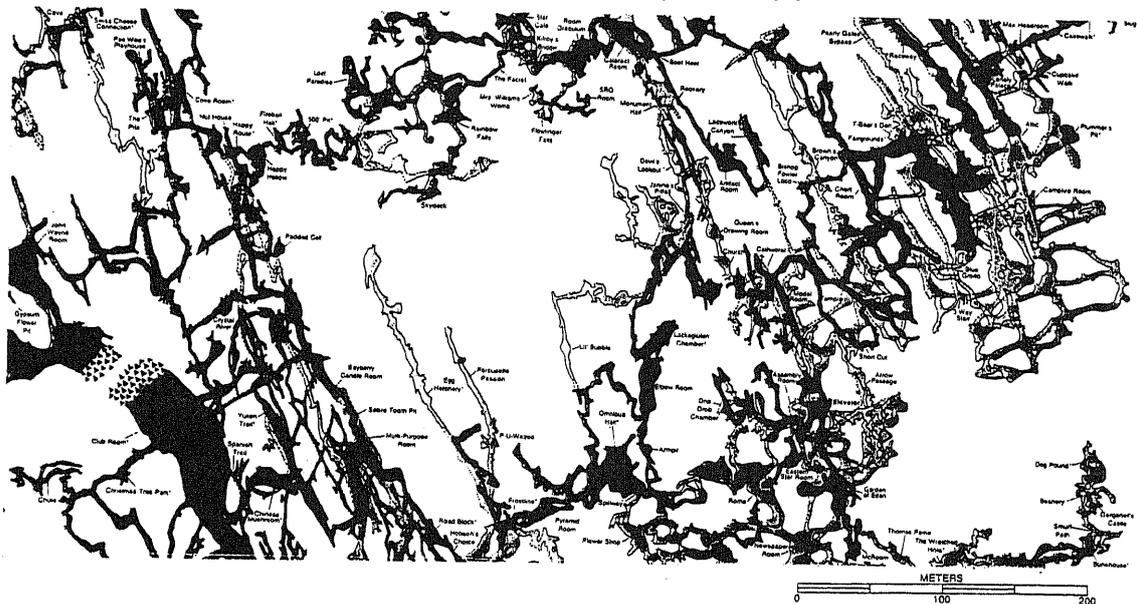


図3 石灰岩地域の水文地質構造（アメリカ南ダコダ州，Wind Cave の例）

### (3) 調査事例\*

#### a) 調査地域の概況

以下にトンネル工事に伴う地下水流動調査の例を紹介する。この地域は長野県松本盆地の北部にあって、南方に広がる平野に半島状に突きだした標高800~850 mの丘陵地状の山地である。山体は中新世の泥岩、砂岩、凝灰岩、凝灰角礫岩などの岩石からなり、北西に向かって約50度で傾斜する単斜構造を示す。これらの地層の走向とほぼ直交する断層系が北北西-南南東方向に発達している。なお、トンネル路線は東西方向で、総延長は約2,000mである。

調査地域の東西両側は図4に示したように、トンネルのレベル以下にあって南流する大きな河川で限られているので、山体には降水以外に外部から供給される水は存在しないかたちとなっている。この付近は果樹園としての土地利用がなされ、その灌水用として山腹部や山麓部に分布する湧水が利用されている。また山地上部は比較的平坦な地形のため、農地として利用されていて、人家も点在している。ここではこれらの水源として溜池や浅い地下水が利用されている。以上の湧水や井戸水等に与えるトンネル掘削の影響を調べるのが調査の目的である。調査項目は、

- ①地表水、浅井戸、深井戸、地表湧水、トンネル湧水、沢水の一般水質分析（主要7成分）、電気伝導度、酸化還元電位、同位体分析（ $\delta D$ 、 $\delta^{18}O$ 、 $\delta^{13}C$ 、トリチウム）
  - ②地表湧水量、トンネル湧水量の継続観測
  - ③地表からトンネルレベルに達するボーリング孔を利用したトレーサー試験
- などである。これらにもとづき、地下水流動のマクロな把握と、トンネル湧水に伴う周辺地下水への影響予測を行なった。

なお、一般水質分析の結果によれば、山腹部や山麓部の湧水、井戸水、トンネル湧水の水質はよく似ており、同一の地下水循環系にあることが推定された。

トンネル周辺の湧水は工事の進捗とともに、路線からの距離に応じて、ほぼ規則的に時間を追って、減退、あるいは涸渇していく傾向が認められた。しかしトンネル直上にある湧水、井戸水、沢水、池水にはほとんど影響は見られなかった。このことは山体内部の地下水がトンネル湧水によって低下したため、表層地下水が分離して宙水化したことを示唆している。これは上層が細粒土層で下層が粗粒土層からなる成層土層の場合に認められる現象とよく似ており、一種の懸垂水のような状態になっているものと思われる。

以下に硝酸性窒素と炭酸物質の挙動を中心とし、これに同位体分析の結果を加えて明らかにされた地下水循環機構を紹介する。

---

\* この項は井伊博行（和歌山大学工学部助教授）との共同研究による

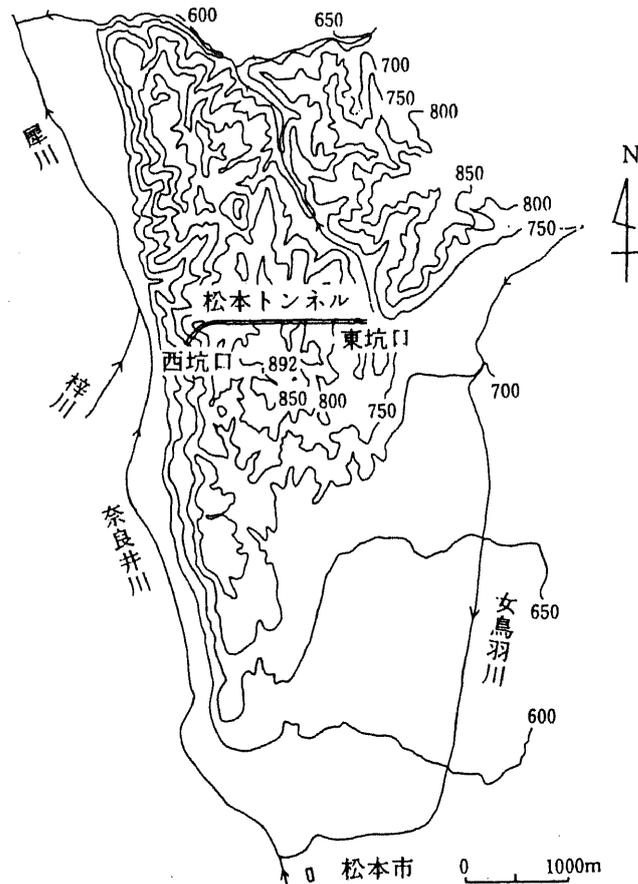


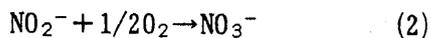
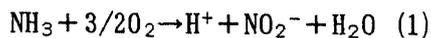
図4 調査地周辺の地形（松本トンネル）

b) 硝酸性窒素、炭酸物質にもとづく地下水流動機構の推定

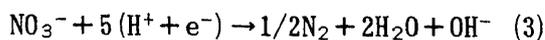
1. 硝酸性窒素

先にも述べたようにこの地域は果樹園としての土地利用のほか、山地上部の平坦部は畑地あるいは水田としての土地利用がなされ、施肥に起因すると考えられる浅層地下水の硝酸性窒素濃度が著しく高いという特徴がある。

ところで施肥に起因するものの他に、動植物の腐食分解などによって生成した窒素化合物は、以下の(1)、(2)式の反応によって硝酸性窒素が生成される（山中健生, 1992）。



また還元環境下ではさらに(3)式のようにその分解（脱窒）が起こる（前田英勝等, 1990）。



(1)、(2)の反応で硝酸性窒素が生成される過程では水素イオンが生成され、(3)の反応

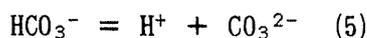
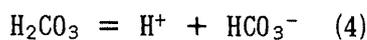
では脱窒菌により水素イオンを消費しながら、 $\text{NO}_3^-$ は $\text{N}_2$ まで還元される脱窒が起こる。これらのプロセスが一つの地下水流動系のもとで生起しているとすれば、硝酸性窒素とpHの間の相関関係はその流動系に対応したかたちとなることが予想される。実際図5に示した硝酸性窒素とpHの関係はこの予想を妥当なものとしている。トンネル湧水には硝酸性窒素は検出されず、またpHは高い。一方、硝酸性窒素を含む表層部の水のpHは低いことが判る。

綿引正則等(1981)によれば、(3)式の脱窒反応は酸化還元電位(Eh)が140mV以下の還元環境で始まるとしている。図6に示した硝酸性窒素とEhの関係によるとEhが150~200mV以下の還元環境では硝酸イオンは検出されていない。トンネル湧水のほとんどはこれに該当する。

## 2. 炭酸物質

上述の現象のバックグラウンドとして、地下水中の炭酸物質の挙動は重要な関わりがあるので、これについて以下に考察する。

淡水の主成分の一つである炭酸物質は、分子状の炭酸ガス( $\text{CO}_2$ )、炭酸分子( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )、重炭酸イオン( $\text{HCO}_3^-$ )、炭酸イオン( $\text{CO}_3^{2-}$ )の4つの異なったかたちで存在し、それらの間には次の平衡が成立している。(ここでは $\text{CO}_2$ と $\text{H}_2\text{CO}_3$ をあわせて $\text{H}_2\text{CO}_3$ とする。また対象が淡水なので活動度係数は1とする。)



すなわち

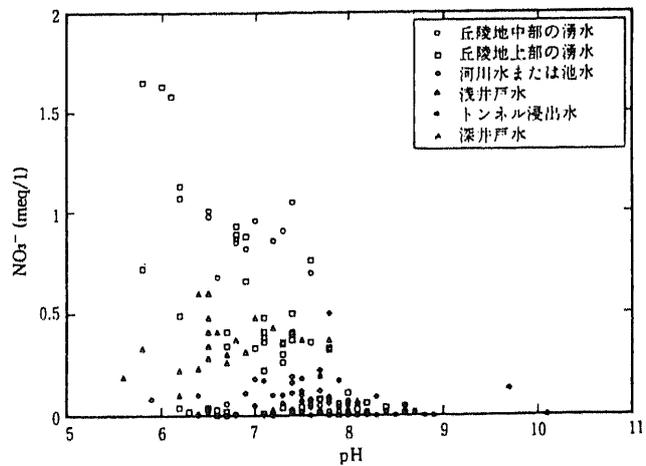


図5 硝酸イオンとpHの関係  
(松本トンネル)

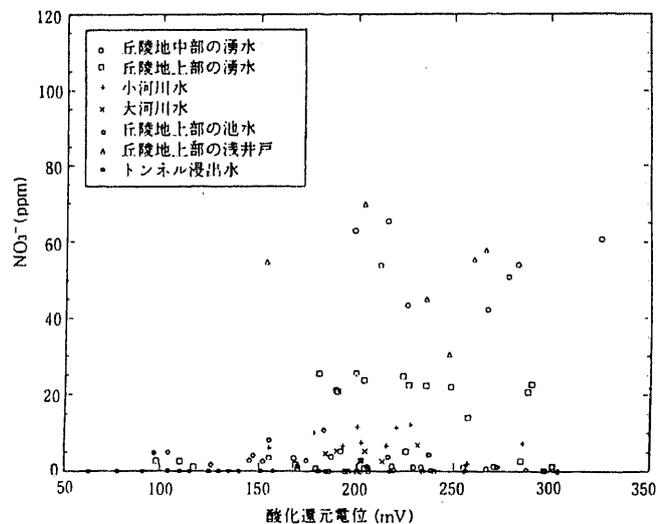


図6 硝酸イオンと酸化還元電位の関係  
(松本トンネル)

$$\frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = K_1 \quad \text{あるいは} \quad \text{Log} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \text{pH} + \text{Log}K_1 \quad (6)$$

$$\frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = K_2 \quad \text{あるいは} \quad \text{Log} \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = \text{pH} + \text{Log}K_2 \quad (7)$$

上記の式からわかるように、各成分の割合はpH、すなわち[H<sup>+</sup>]によって決まる。また逆に各成分の関係が異なれば、それによってpHが変化する。

水中の炭酸ガスは河川水のように大気と接していれば、常に大気と平衡して過不足を補いつつ変化するが、大気と遮断されている地下環境では、バクテリアによる地中有機物の分解などによって生成した炭酸ガスは地下水中に溶けてゆく。また地表より高い圧力のもとにある地下水ではそれへの溶解はさらに容易となる。このようにして次第に還元状態に近づき、遊離の炭酸ガスが土壌や岩石と反応して重炭酸イオンを生じ、同時にCa<sup>2+</sup>やNa<sup>+</sup>などの陽イオンを溶解する。このように地下水中の炭酸物質は、ある地下水流動系のもとでの地下水質の進化を考える場合の重要なファクターとなる。

当地域の地下水中の重炭酸イオン濃度の増加過程は、地下での硝酸性窒素の分解過程で水素イオンが消費され続けることも大きく係わっている。地下深部にあつて、pH値がむしろ高い方に変化する傾向を示すのはそのためと思われる。

さて、先に示した重炭酸イオン濃度、pH、炭酸ガス分圧の間の平衡関係から温度20℃として、次式が得られる。

$$\log \text{PCO}_2 = \log [\text{HCO}_3^-] - \text{pH} + 7.8 \quad (8)$$

図7はこの関係とともに、水試料毎のpHとlog[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]の関係を図示したものである。山体上部の浅層地下水や湧水から、中腹ないし末端部にかけての湧水や河川水へ、またはトンネル湧水へと、漸次炭酸ガス分圧の減少、重炭酸イオン濃度の増加、またpH値が高くなる傾向が指摘される。重炭酸イオン濃度の増加は、先にも述べたように、硝酸性窒素の分解による、水素イオンの消費にその多くの原因を求めることができる。

#### c) 同位体分析にもとづく地下水流動機構の推定

図8に降水、湧水、地下水、河川水の酸素、および水素の同位体比の関係を示す。いずれもほぼ降水線 (Meteoric water line) の近傍に位置し、降水起源の水と考えられる。図で指摘される大きな特徴は山地上部にある湧水、池、井戸、沢水がそれよりも低い標高にあるトンネル湧水や、山腹部の湧水に比べて酸素と水素の同位体が重い方に位置してい

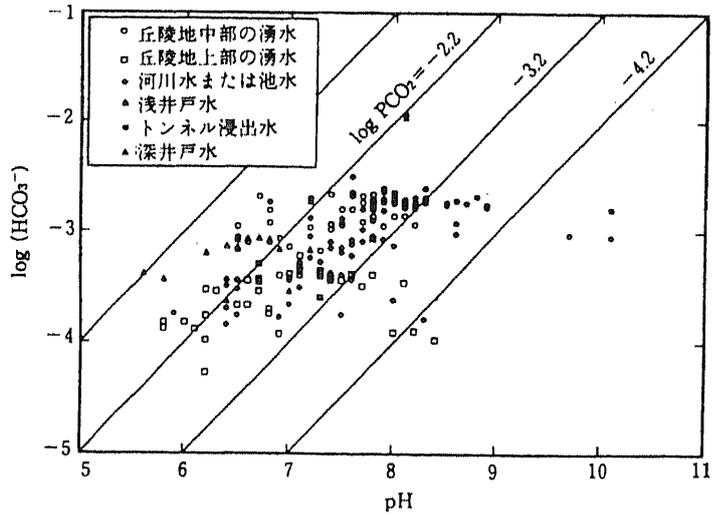


図7 重炭酸イオンとpHの関係 (松本トンネル)

ることである。すなわち  $\delta_{18}O$  で 1 (0/00) の差があり、麓の深井戸では 2 (0/00) の差がある。降水が山地上面から地下に浸透し、トンネルが位置する地層内部を経て、さらに深層に達すると考えられるので、ここでは古い水ほど軽い酸素、および水素同位体からなっているということになる。

深部地下水の年代についてはトリチウム分析によって推定することができる。トンネル湧水は検出限界の0.3T.U前後で、降水時のトリチウム濃度を水爆実験前の10T.Uと仮定すると数十年前の水と判断される。以上に述べてきた調査結果をもとに、この地域の地下水循環機構をモデル化して示すと図9のようになる。

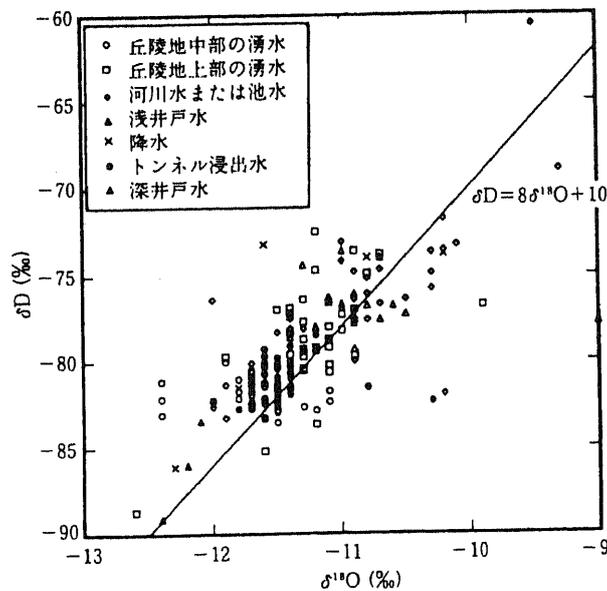


図8 降水,地下水,湧水,河水の同位体組成 (松本トンネル)

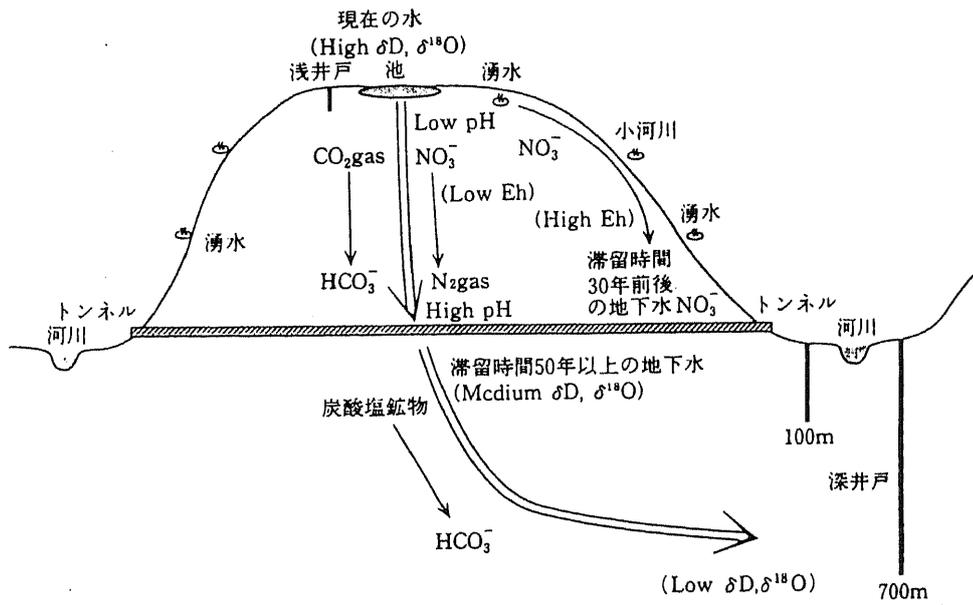


図9 地下水の循環モデルと水質 (松本トンネル)

## 参考文献

- 1) 井伊 博行, 三沢 伸也 (1994) : 松本トンネルの湧水とその周辺地下水の水質について, 日本地下水学会誌, 36(1), pp.13~29.
- 2) 太田猛彦 (1988) : 森林山腹斜面における雨水の流出について, 水文水資源学会誌, 1, 1, 75-82.
- 3) 北岡 豪一, 吉岡 竜馬 (1984) : トリチウム濃度から推定される六甲山系の水循環の速さについて, 日本地下水学会誌, 26(4), pp.131~145.
- 4) J. Shimada, H. Momota, and Y. Ono (1980) : Role of Groundwater in the Bedrock for Underground Oil Storage, A Hydrological Case Study of Small Granite Island, Subsurface Space Environment Protection Low Cost Storage Energy Saving.
- 5) 島崎英彦, 新藤静夫, 吉田鎮男 (1995) : 放射性廃棄物と地質科学, 地層処分 の現状と課題, 東京大学出版会.
- 6) 新藤静夫他 (1987) : 崩災の規模・様式・発生頻度とそれに関わる山体地下水の動態, 文部省科学研究 (自然災害特別研究) 研究報告.
- 7) 新藤静夫他 (1992) : 小起伏山地源流域の水文地形区分とその水循環制御機能の定量化に関する研究, 文部省科学研究 (一般B) 研究報告.
- 8) 前田英勝, 三上栄一, 冨塚 登 (1990) : 微生物工学ハンドブック, 朝倉書店.
- 9) 山中健生 (1992) : 入門生物地球化学, 学会出版センター.
- 10) 綿引正則, 小島勝宏, 相田徳二郎 (1981) : 硝酸塩汚水を浸透した湛水土壤からの脱窒, 土肥誌, 52, 420-426.

### Ⅲ 研究分担者による指摘

1. 構造地質学・地史学分野における今後の研究課題と研究方針  
吉田鎮男 東京大学・理学部
2. 深部地質環境の開発に関する検討課題 角田史雄 埼玉大学・工学部
3. 放射性廃棄物の処分問題に関わる地質学からの提言  
岡田博有 九州大学・理学部
4. 放射性廃棄物に関わる地層処分に関する地質情報の集約と組織化  
西村 進 京都大学・理学研究科
5. 地層処分とその地質環境の研究について 藤田 崇 大阪工業大学・工学部
6. バクテリアによる生体鉱物化作用の放射性廃棄物処分への応用  
田崎和恵 金沢大学・自然科学研究科
7. 地質科学的取り組み：雑感 梶原良道 筑波大学・地球科学系
8. 放射性廃棄物処分に関連して、地質科学諸分野が今後取り組むべき問題などについて  
千木良雅弘 (財)電力中央研究所・  
地質地盤部構造地質グループ
9. 地層処分という用語について 秋山雅彦 信州大学・理学部
10. 魅力ある研究テーマの発掘に向けて 柴田 賢 名古屋大学・理学部
11. 放射性廃棄物の地層処分に関連する研究現場（釜石鉱山動燃実験研究サイト及び東濃地科学センター）の見学・討論会に参加して、とくに炭酸塩岩の堆積岩石学立場から  
沖村雄三 広島大学・理学部
12. 地球科学からみたナチュラルアナログ研究，地質科学と多分野の連携の重要性  
日高 洋 広島大学・理学部  
清水 洋 熊本大学・理学部

# 構造地質学・地史学分野における今後の研究課題と研究方針

東大理 吉田鎮男

## 1. 研究課題

- 日本の-500 m レベル, -1000 m レベルの水平断面図の作成.  
地層処分場は廃棄物搬入の便宜上海岸近くに建設される可能性が高いので, また処分深度は 500 m~1000 m 程度を目標とすると考えられるので, 特に海岸域の地下 500 m~1000 m の地質分布・地質構造を正確に知る必要がある.
- 主要活断層および大断層の地下約 2 km までの正確な分布, および主断層周辺の副断層・小断層の分布の把握.  
断層の傾斜は, 地表における傾斜がそのまま地下に延長できるとは限らないので, 高性能のバイプロサイスなどにより探査する. 断層による岩石の破断は主断層沿いだけではなく, その周辺にも広く及ぶことが多いので, その実態把握が重要である.
- 岩体・岩種ごとの節理・小断層等の発達状況の把握.  
地層処分に適すると考えられる岩体・岩種を広く選定し, それらについて地表調査・ボーリング等により探査する. この探査は岩体・岩種の特質を捕らえることを第一の目的とし, 必も処分候補地を念頭に置く必要はない.
- 過去約 100 万年の地殻運動史.  
日本全体の概観に加えて, 特に海岸地域において詳しく調べる. 将来約 10 万年の地殻運動の予測を第一目的とする.
- 古地形および古風化の研究.  
地形および風化はとりわけ地下水の流動特性に大きな影響を及ぼす. 現在の地形・風化の研究ももちろん重要であるが, 第四紀の地形発達史, 古風化の研究も必要である.
- 古気候, 特に第四紀の古気候の研究.  
将来約 10 万年の気候予測にとって不可欠な研究である.
- 第四紀火山活動史, 熱水活動史の研究.  
前者については主な火山についてのレビューを行う. 後者は特に活火山から離れた地域における活動を把握する必要がある.

## 2. 研究方針

上記の諸研究を能率よく行うには, 課題ごとに研究グループを組織し, さらにそれぞれの研究グループの中に地域別のサブグループを作って分担研究を行うのが望ましい. 地域は, 北海道, 東北, 関東・中部, 近畿・中国・四国, 九州・沖縄の 5 地域程度に分ける. 1 サブグループは 2~4 名程度とし, 1 グループは 10~20 名程度が機能

的であろう。各グループの研究発表会を年1～2回程度行う。上記課題の中にはボーリング探査、バイプロサイス探査など大学等の研究者だけでは行えないものもあるので、これらについては企業等と連携して別組織を作って実行しなければならないだろう。

### 3. 研究費

上記課題全てを含んだ科学研究費「総合研究A」を1つだけ申請するには人数が多くなり過ぎる。そこで、第一段階として、上記課題を大きく2つにまとめて、それぞれ20名程度の組織として2つの総研を申請できないだろうか。しかし、この方法には大きな困難がある。放射性廃棄物地層処分の研究課題は上記のほかに、地下水、岩石物性、岩石と水の相互作用（地化学）などの重要課題がある。これらについても「総合研究A」が必要なので、結局4～5の「総研A」が必要になる。しかしこれは現行の科研費配分方式では受け入れられないだろう。現実的には、先ず「構造・地史分野」と「地下水・地化学分野」に大分けして2つの「総研A」を申請し、予備的研究を行った上で、将来の「重点領域研究」に期待するということになるだろうか。

# 深部地質環境の開発に関する検討課題

角田史雄（埼玉大学工学部建設工学科）

地下石油備蓄基地の建設、深層地下水の利用、天然ガスの採取など、中～大深度の地下空間の開発は盛んである。しかし、地下深部の地質環境汚染などの問題も現れはじめるとともに、築造された地下構造物にたいする、1～数万年間の安全保証を求める社会的な要請がある。

これらのことから、地質科学分野には、深部地質環境の探査により、地質の構成などに関する情報を集め、体系的に整理するとともに、深部地質アセスメントとでも言うべき1～数万年にわたる変動の予測という課題がある。

こうした課題のうち、深部地質環境の探査としては、超深部ボーリング・パイプロサイズ・電気探査・重力異常などによる速度層の構造解析、極浅発地震による浅層地殻の破碎度の解析などがなされており、これらに代わり得る探査方法も開発されていないので、今後必要不可欠な探査である。

こうした探査により、深部地下地質環境の構成に関する情報は入手できる。しかし、それらの情報のみでは、1～数万年間の変動の予測はできない。このため、過去の数万年間にわたる変動の量と方向、変動の単元、変動の主体などの認定をおこなう必要がある。

こうした類の従来の調査は、その多くが、ある地質現象が認められる区域のみの局地的なものであった。しかし、変動は、ある地質区と隣接する地質区との変動の履歴とメカニズムの違いからしか認識できないものであるから、調査の範囲は、少なくとも、2つ以上の地質区を含む範囲を必要とする。

たとえば、6万年前以前の浅い古東京湾で水平に堆積したはずの常総層に注目すれば、現在の分布高度は、6万年前以後の変位・変形であることは確実である。この地層の分布する関東平野では、それ以後の更新統上部層や完新統の調査も行われているばかりでなく、深層ボーリング・いろいろな地球物理探査や観測もきわめて数多くなされている。千年前の古墳の埋没現象などの解析例もあって、歴史時代の変動まで調べることができる。

このようなモデルフィールドを設定したうえで、更新世最末期～完新世の変動の調査と、その結果に基づいての変動予測がなされれば、地震予知研究などにたいする地質サイドからの貢献がなされるはずである。また、こうした変動に対応した深層の地下水の流動シュミレーションがなされ、極浅発地震の解析などに基づく、地下5～15 kmあたりの地殻の破碎度解析が行われれば、深層の地層汚染問題にも、基礎資料を提供できる可能性がある。

## 放射性廃棄物の処分問題に関わる地質学からの提言

九州大学理学部 岡田博有

日本のみならず世界のエネルギー需給の将来を考えると、その原子力依存度はますます高くなっている。必然的に、放射性廃棄物の処分問題は21世紀に向けて、われわれ地質学関係者にとっても避けて通れない最重要課題だと思う。その意味で、この重要問題に取り組んでこられた関係者の努力に深く敬意を表したい。

放射性物質を扱うという点で本問題は慎重な対応が必要である。それ故にこそ、放射性廃棄物処分の基礎的研究が国際機関の協力の下に慎重に行われていることを評価したい。ただ、わが国における原子力利用の問題に社会的信頼を得ながら取り組んでいくために、次の提言を行いたい。

まず、「地層処分」という表現を改めて欲しいことである。地層という言葉は、一般に、ある広がりを持つ層状の堆積岩を指す。堆積岩は、例えば、透水性ゼロの岩塩のような蒸発岩を除き、多少とも粒子間の空隙や続成的・構造的影響による透水性がある。しかも、碎屑性の未凝固の地層は高い透水性を持つといってもよい。このことは、地層中に廃棄物を封じ込めることは汚染物質の拡散に直結することとして受け取られても仕方がない。つまり、「地層処分」=公害源というイメージを与えやすい。

そこで、「地層処分」に代わる用語として、「地質処分」を提案したい。これまでの廃棄物処理に関する研究も地下深部の安定した火成岩や変成岩などの結晶質岩石を主な対象としており（動力炉・核燃料開発事業団，1994），地層を扱うという認識からは程遠い。

高レベル放射性廃棄物処分の研究開発に最も早く取り組んできたアメリカでは、放射性廃棄物の岩石中での処分を "geological disposal" と呼んでいる（村野，1989，1995）。したがって、わが国でも "geological disposal" に対応する言葉として、「地質処分」という用語を使うのが適当であると考えられる。

### 文 献

- 動力炉・核燃料開発事業団，1994．地層処分研究開発の現状．動燃，255p．  
野村 徹，1989．放射性廃棄物地層処分の基本的考え方．季報エネルギー総合工学，11（4），2-9．  
野村 徹，1995．高レベル放射性廃棄物地層処分の歩み．主として米国の歴史を中心に．原子力学会誌，37（1），29-35．

## 放射性廃棄物の地層処分に関する地質情報の集約と研究の組織化

京都大学大学院理学研究科

西村 進

### 1) 今までのこの分野への対応

筆者は原子力環境整備センターが進めている平成3年から9年計画の「低レベル放射性廃棄物処分可視画像化調査」に参加している。この組織は、調査委員会、作業検討委員会の下に地質調査分科会、構造解析分科会、情報処理分科会、断層検討TG（臨時組織）があり、その分科会に数社ずつ担当会社が入り作業を進めている。この調査は、放射性廃棄物の処分場周辺の地質条件が長期的に安定していることを明示するため、各種のデータを調査・解析し、地質構造モデルを用いた地質条件の長期変動予測を行い、その結果を可視画像化することを目的としている。1995年11月8日、今までの作業の中間結果報告会（公開）を開き、中間報告会で得られた意見で今後の作業の参考とすることとしている。

現在までの検討は、簡易タイプで地質構造モデルの作成、構造解析コードの作成、それらの中域、近傍モデルの適用性の検討、地質構造の可視画像化、標準データフォーマットの作成、検索コード、画像表示コードの作成、データの登録である。今後実用化タイプの調査・解析を進めることとしている。すなわち、化学種の移行は取り扱っていないが、地質構造の安定性を知るツール作りを目指している。

筆者の担当している地質調査分科会では、実用タイプ地質構造モデルの作成に2年前から入っている。作業は別表のごとくで、これからまとめがなされようとしている。

### 2) 地質科学諸分野が今後取り組むべき問題と研究の進め方

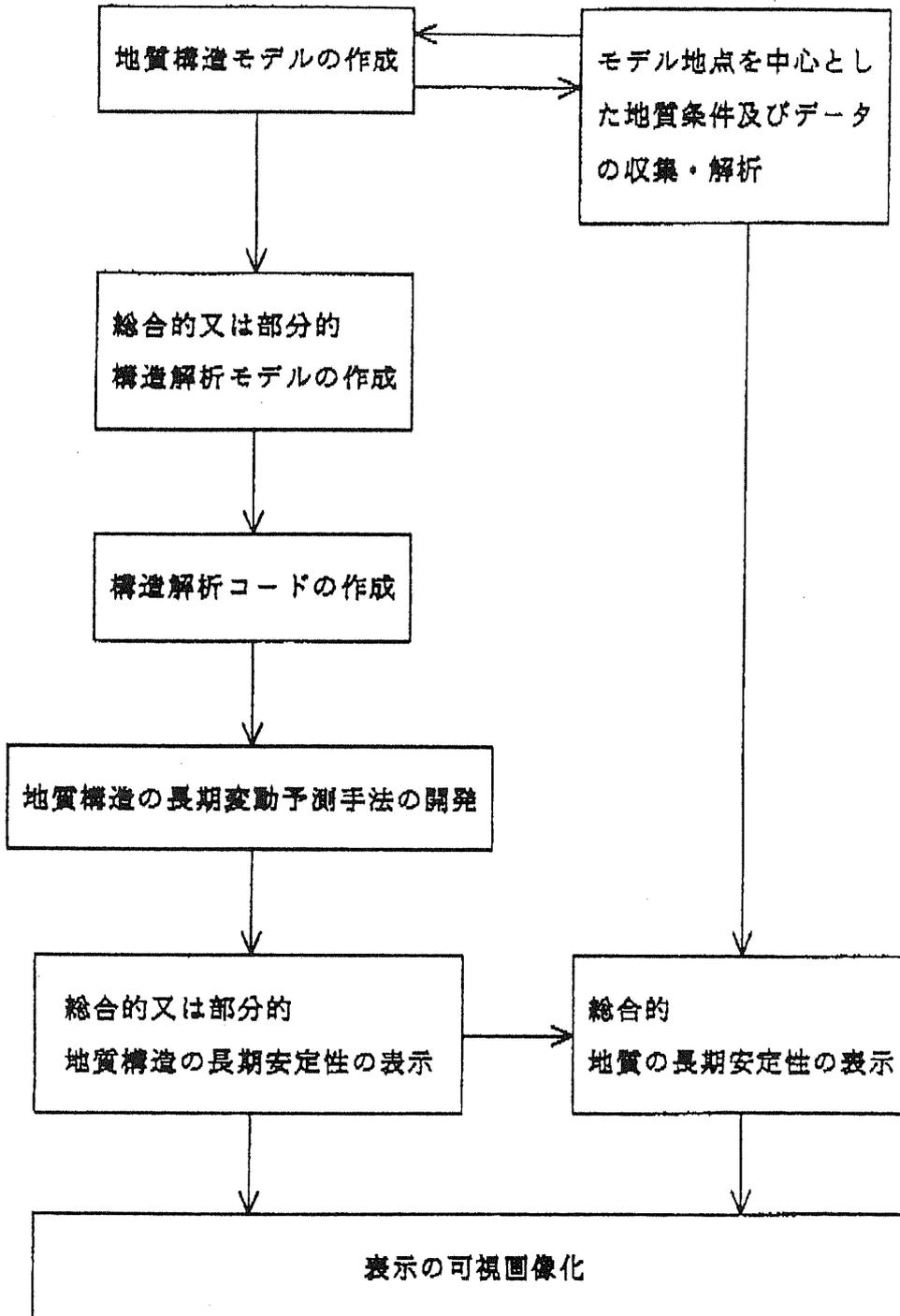
今までの作業をみてきた筆者にとって、他の動力炉・核燃料開発事業団、電力中央研究所の研究をみて考えられることは、地質構造の調査・解析とくに物性のデータの取得、応力の調査・解析、境界条件の設定、金属・非金属鉱床の研究による核種移行の調査・解析など、この研究ではとくに基礎的な今までの研究の見直しと、今後の研究を各自の特徴を生かし進めるべきであると考え。総合化も必要であるが、それは他の組織にゆだねてもよく、この研究組織ではあくまでも基礎的研究を進めるべきと考える。

### 3) 研究組織

各班ごとに研究を進め、年1～2回全構成員による総合的発表・検討会を持ち、質疑・解答さらにその結果による再検討を必ず収録し、公表することとする。また、他のこの種の調査・研究を進めている集団に対し、公開をもとめる、その評価検討を実質的に行い公表することが行える組織もつくられれば良いと考える。

年 度	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年
①調査方針・ 調査計画の立案	——								
②中域モデルによる 基礎調査		—— 六甲地域及び仙岩地域を対象							
③列島、広域、中域 モデルによる本調査			—— ..... 近畿地方及び東北地方を対象						
④外的要因の種類と 影響度の検討		——							
⑤外的要因の可視化 の検討				—— ..... .....					
⑥外的要因の地域特性 の検討				—— ..... .....					
⑦外的要因の定量化 手法の検討				—— ..... .....					
⑧調査結果の取りまとめ									.....

# 地質構造の長期変動予測手法の位置づけ



藤田 崇 (大阪工業大学)

近い将来のエネルギー需要を見越して、高レベル放射性廃棄物の地層処分にに関して、日本列島の地下深部の地質環境を把握することが急務である。しかしながら、変動帯に属する日本の地質環境は、第四紀変動の影響が大きくあらわれており、欧米など大陸の諸国に比して決して良い地質環境とはいえない。特定の地質体にとらわれず、日本列島にみられる各種の地質体の地表・地下の地質環境を的確に把握し、そこにみられる諸現象を解明することが重要である。これらは大きな課題であり、多くの地質科学者の組織化が急がれる。

当面の研究課題となる基本的な地質情報としては、表層の地質工学図で盛り込むべき次のような情報があげられる。

- (A) 地質体の構成物質とその構造 (地質的情報)
- (B) 工学的な岩盤情報 (地質工学的情報)
- (C) 地下地質環境情報 (水理学・水文地質学的情報)
- (D) 地表変動現象の情報 (地震・火山・斜面変動など)
- (E) 地形 (地形とその地形量の表現)
- (F) 遺跡・重要史跡や天然記念物
- (G) 保存すべき景観

このうち、(D)～(E)の事項は地表環境に関連する課題であろうが、地震や火山は地下深部に関連する現象であり、地下深部の重要な環境情報を与えるものであろう。(F)～(G)などの事項は一般社会に関連する課題であるが、地下に構造物を建設する場合は、これらのことも考慮に入れる必要がある。

主体となるのは(A)～(C)の情報である。とくに以下の事項は重要と考える。

- (1) 第四紀テクトニクスのもとにおける地下深部の構造的特性  
(ことに岩盤のフィッシャーシステムの解析)
- (2) 地下深部における各種岩盤の状態・挙動の把握
- (3) 岩盤の力学的な安定性ならびに熱的な安定性の評価
- (4) 表層・地下における地下水系の挙動の観測と解析
- (5) 地下深部における岩石と水の相互作用・反応機構の解明  
(岩石の変質と物性の変化を含む)
- (6) 体系的なデータの収集とデータベース化
- (7) 地質環境モデルの構築とシミュレーション

中でも深部岩盤における地下水の挙動と岩石との相互作用はあまり明らかにされてお

らず、早急に解明すべきであろう。

次の課題は、このような研究の組織化である。研究が特定の研究機関に偏ることなく、全国広く関心のある研究者が参加しやすいような体制が望まれる。例えば科研費における総合研究の開始、さらに特定研究の設定である。従来、地質科学者は放射能鉱物の鉱床の探査など、ともすれば避けるような傾向がみられ、とくに放射性廃棄物の地層処分の問題ではそうである。地層処分に関する基礎的な岩盤の問題は、地質科学者が取り組むべき責務を負っている。そのような認識で多くの地質研究者が参加できるような上記のような体制が必要である。ちなみに、地質学会としてもこの問題を避けることなく、積極的に取り上げて議論すべきである。

余計なことかも知れないが、以下に示すことは今後の一つの重要課題と思われる。1985年兵庫県南部地震の際に相当広域にわたって地下水系（温泉を含む）の異常現象が認められた。このような地下水系の変動は地震の前兆現象の一つとして捉えられるとともに、とくに広域地下水の変動は地震時における地下深部の地下水の挙動を表すものとして、地下深部の研究には重要な資料となろう。浅層地下水を含めて次のような異常が認められた。

- 1) 浅層地下水の噴出・濁り（白濁・黒濁）（深部地下水との関連は？）
- 2) 地下水湧出量の増加
- 3) 地下水の水質の変化（ $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Rn}$ 等の濃度変化）
- 4) 河川水の流量増加
- 5) 貯水池の水位上昇
- 6) 湧水の水温上昇
- 7) 広域にわたる温泉・鉱泉における水量・水位・水温等の変動

これらの地下水系の異常現象を多くの地点で定量的に観測しうる体制の整備が望まれ、今後の一般的な研究課題として次のような点が考えられる。

- 1) 過去の大地震における水関係の資料の収集と解析
- 2) 恒常的な地下水観測井の設置と長期にわたる連続観測
- 3) 温泉の孔井を利用した観測
- 4) 湧水地点の把握と水質分析など、とくに活断層に沿う湧水の状況把握
- 5) 水関係の資料のデータベース化
- 6) 旧鉱や未使用のトンネルなどを利用した深層地下水の挙動の観測

さらに、地震時における地下水の挙動状況の資料収集とその解析とともに、地震が与える地下水の挙動のメカニズムの説明とそのモデル化が必要であろう。断層モデルや地殻ヒズミ変化のモデルとを関連づけることが必要である。

## バクテリアによる生体鉱物化作用の放射性廃棄物処分への応用

田崎 和恵 (金沢大学大学院、自然科学研究科)

1950年代からの核爆発や原子炉でできた放射性物質の水生生物への濃度は、環境汚染物質の生物濃縮として注目されている。低濃度の有害物質が海洋や河川に放出され、希釈されたとしても安全であるとは言えない。近年、日本海に大量の放射性廃棄物が投入されているが、その後の<生物濃縮>のチェックの体制もなく、有害廃棄物の移動や拡散のシステムも不明であり社会不安を引き起こしている。使用済み核燃料の地中処分についても土壌微生物による放射性物質の濃集や地下水への影響など安全面の基礎データが極度に不足している。

地球の大気圏、水圏、地圏のあらゆる場所に微生物は生息しており、それらは地球に存在するすべての元素や物質の循環に関わっている。温泉や地熱地帯、深海底のブラックチムニーの周辺など過酷な高温生育環境さえにもシアノバクテリア（藍藻）をはじめ耐熱性細菌などの微生物が生息し、microbial mats（バイオマット：微生物被膜）を生成している。このような微生物は外部からイオンを細胞内にとりこみ、はきだしながら細胞内外にカルサイト、マグネタイト、ブーセライト、マグヘマイトなどの生体鉱物を作っている。縞状鉄鉱石は先カンブリア時代のシアノバクテリアが作った堆積構造物（ストロマトライト）である。イエローストーン、アイスランド、オーストラリア、韓国、日本の各地の温泉や地熱地帯、鉱山などから採集したさまざまなバイオマットの中には、Ca, Si, S, Fe, Mn, P, Srなどを含んだ生体鉱物が報告されている (Tazaki et al. , 1994, 1995, 1996)。これらのXRF分析は、ある種のバイオマットの中には、FeやMnとともに0.07-0.32%の多量のSrの濃集を示した。これは、バイオマットが周囲に存在する微量の重金属や放射性物質を容易に濃集する場を提供していることを示している。地球環境の放射性廃棄物による汚染問題がクローズアップされている今日、微生物の生体鉱物化作用を応用した汚染の浄化が注目される。

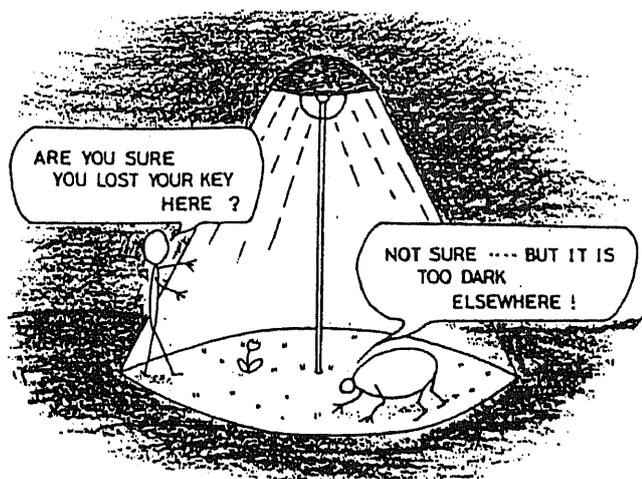
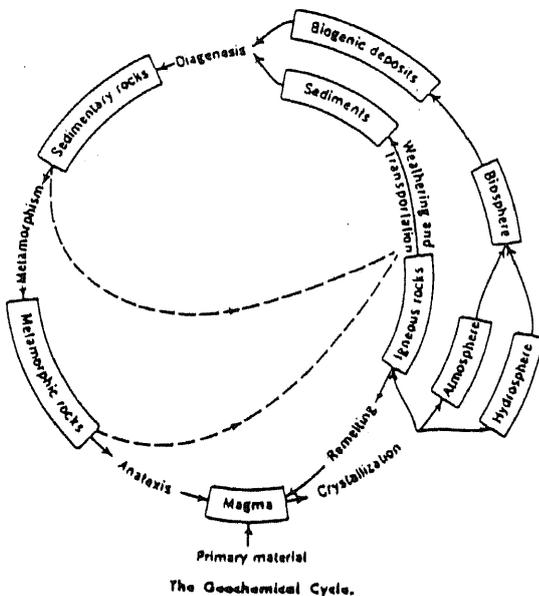
河川、湖沼、温泉、地熱地帯の生態調査を行い、微生物の活動によって形成されるバイオマットの種類、環境、生態系、特性、形成の過程を電子顕微鏡レベルで明らかにする必要がある。特に、バイオマット中のSrやUなどの放射性物質を吸着、吸収、固定、鉱物化するメカニズムを明らかにし、放射性廃棄物の処理に使える可能性のあるバクテリアを培養する。さらに、現地と実験室でバクテリアを培養し、二次的生成物の微細構造や化学組成を分析電子顕微鏡でミクロンレベルの観察をおこなう。オープンシステムとクローズドシステムでの生体鉱物の多様性や生成過程を調べることは、鉄やマンガンなど一般的な元素とともに放射性物質の濃集のメカニズムや相互関係を明らかにすることができる。この実験生体鉱物学からのアプローチと現地での環境観察結果を総合することにより、水圏、および地圏における放射性廃棄物を無害な形（生体鉱物）として直接処分することができると思われる。

## 地質科学的取り組み：雑感

筑波大学地球科学系 梶原良道

原子力による文明の持続的発展を人類が選択すべきかどうかという大問題は別に  
して、こと地質科学的対象次元で捉えるかぎり、「放射性廃棄物処分」への取り組み  
は、とにもかくにも、我々の現有する自然認識の未熟さ、不完全さ、曖昧さを再認識  
するための総合的エクササイズにほかならないと理解している。本総研の当面の目的  
の一つが「地質情報の集約」におかれているのはその意味で当然かつ妥当であろう。  
しかし、この「集約」が単なる「収集」でないとすれば、そのための具体的なビジョ  
ンおよびガイドラインが必須である。ことに、如何なるゴール（到達目標）を想定し  
如何なるモノサシ（指導原理）で臨むか、についての共通理解の醸成が急務であろう。  
本総研を将来の重点研究申請への布石とみなすならば、この性格の明確化はとりわけ  
重要であると思われる。これが定まらなければ、あるべき研究組織のイメージも描き  
得ない。

さて、どんな応用的課題に対しても、それが「地震予知」であれ「放射性廃棄物  
処分」であれ、方法論を含めた地質科学そのものの内実は、おそらく、いささかも変  
わることはないであろう。我々は、先人が構築してきた地球とその営みの歴史に対す  
る自然観を共有し、そのより良き理解を共通の究極的課題としている。様々な応用的  
課題に対する地質科学の役割と責任ある主張の根拠は、つまるところ、この自然観の  
継続的追究に置かれるべきであろう。本総研が、地質科学を構成している多様なデ  
ィシプリン相互間の融剤として機能し、より良き自然観の構築に向けた新たな地質科学  
体系を模索する契機となれば幸いである。



放射性廃棄物処分に関連して、地質科学諸分野が今後取り組むべき問題などについて

千木良 雅弘

(財)電力中央研究所

地質 地盤部 構造地質グループ

- ・放射性廃棄物の地層処分に関して、地質科学者が本気で取り組むべき問題は、処分の万年オーダーの長期的安全性に関する諸問題だと思います。長期的安全性という、隆起・沈降、断層運動、火山活動、海水準の上下、浸食などがすぐに頭に浮かび、これらが重要なことは論を待ちません。ただし、単に過去のこれらの現象を明らかにするのが必要なのではなく、これらの現象の将来像について科学的に予測し、また、地下深くの処分場からの放射性核種の移動を関連づけて研究することが必要とされています。処分場が隆起や火山噴火によって直接地表に出てしまうことや、処分場からの核種が地下水によって運搬され、地表に至ることが最も避けるべきことです。さらに、処分のシステムに関連して地質科学的に研究すべき課題は多くあります。

#### 地殻変動

- ・断層運動について考えると、今後長期間を考えた場合、現在の活断層以外に断層が形成されることや、平均変位速度が変化することなどは考えなくても良いのかどうか、また、断層が動いた場合の処分場の影響はどのようなものか、などと言った研究が必要です。処分場から離れたところで断層が動いたとしても処分場に大きな影響、特にサイズミックポンピングのような影響がなければ問題ないということも考えられます。
- ・火山については、火山フロントよりも大陸側での今後の火山活動の予測、特に現在新しい火山のない所は今後1万年程度を考えても火山活動の心配はないのか？と言った研究が必要と考えます。
- ・隆起・沈降については、下末吉期以降の期間の海岸付近については、海岸段丘を使ってかなりのことがわかっていますが、内陸の変化については良くわかりません。また、下末吉期よりも古いデータもあった方が望ましいのですが、今のところあまりありません。
- ・地殻変動については、これらの個々を研究することも必要ですが、それらを統一的に説明するためのネオテクトニクスの考え方も必要です。

#### 地下水理

- ・地下水理については、一部の地質科学者以外は土木工学や衛生工学の人たちによって研究されていますが、地質科学者が最も力を発揮でき、また、重要なことは古地下水理だと思います。それは、現在の地下水の流れや流れの場のみをいくら調べても、長期的な変化については計算にたよるのみで、計算結果が正しいかどうかについての判断ができないからです。古地下水理は、これらの計算が妥当であるかどうかについて、大きな判断の拠り所になります。つまり、岩石に残された地下水の化石（鉱物など）や、地下水の化学組成、同位体組成などを用いて、過去の長期間にわたる地下水の流動状況がどうであったかを明らかにすることは非常に重要です。
- ・地下水の器について考えると、花崗岩など硬質岩石では割れ目の中を主に流れ、軟質な堆積岩では岩石の間隙を流れると一般的に考えられています。前者のような岩石では、割れ目を見つける技術、割れ目系の透水性や地下水の流れを調べたり、モデル化したりすることが研究されています。地質科学者がこれらの研究に大きく貢献できるとすれば、割れ目の少ない岩体を発見する技術や、割れ目はあっても水を通しにくい割れ目の判定技術だと思います。また、割れ目を主体に流れる場合と間隙を主体に流れる場合との区別をどうするか、といったことも大切かと思っています。

#### 核種の移行・固定

- ・原子力関連の人たちは、核種の移行や・固定を単純に吸着係数や溶解度のみで扱ってしまう傾向がありますが、もう少し大きく元素の移動と固定を地球化学的に明らかにしておく必要があると思います。

#### その他（ナチュラルアナログ研究）

- ・従来ナチュラルアナログと言うと、放射性核種の移動に関連した天然界での類似現象、つまり、天然原子炉であるとかレドックスフロントでの核種移動であるとか扱われて来ましたが、もっと広くとらえることができます。上述の古地下水理もそうです。その他に、廃棄物が発生する熱が周辺岩盤に与える長期的影響や、空洞の長期的安全性、ベントナイトの長期的物性変化、コンクリートや金属の長期的物性変化など、長期的な変化と名のつくもの、すべてナチュラルアナログがあるのであれば、研究することに意義があります。ただし、研究結果は、できるだけ定量的評価につなげられることが必要です。
- ・従来、原子力関連の工学分野の人たちが放射性廃棄物地層処分に関して研究を行って来ていますが、彼らは、せいぜい10年100年オーダーを相手に研究を続けて来たので、もっと長期間の問題については、研究方法自体模索しなければならず、良い発想も浮かばないようです。
- ・こうした背景もあって、わが国では不確実性の多い天然バリアよりも人工バリアに処分の安全性を負担させようという傾向がありますが、そのためにも、人工バリ

ア、つまりベントナイトやオーバーパックに用いる金属、坑道埋め戻しの一部に使われるかもしれないコンクリートなどについても長期の物性評価が必要となりますが、その方法がまだ確立していません。

## 地層処分という用語について

信州大学理学部地質学教室 秋山 雅彦

動力炉・核燃料開発事業団（動燃）の各種の文書に地層科学・地層処分という用語が使われ、現在ではすでに定着した用語となっているらしい。

私の所属している信州大学理学部地質科学科は昨年の学部改組にともなって、それまでの5講座から2大講座にかわり、そのひとつとして地層科学講座が設置された。この名称は地質科学関連の唯一のものと考えていたところ、動燃の資料1)に地層科学なる用語を発見し、近親感を覚えた次第である。

ところが、動燃の地層科学なる語は、私たちの使用している地層科学とはちがっている。私たちの地層科学の地層は堆積岩としての地層の意味である。そこで、あらためて地層という用語の定義を検討してみると、地学事典2)では次のようになっている。

「原則として堆積岩からなり、その厚さにくらべて水平方向のひろがりの大きい層状岩体、堆積岩は、形成時期や空間的ひろがりを含象して、堆積という形成機構に重点を置いた場合の用語であり、標本の大きさで岩石学的見地で、対象をとらえる立場の用語、これに対しある空間的ひろがりをもつものとして、層位学的見地から見る場合には地層という用語が用いられる。日本語の地層という用語は、地層区分の単元の大小にかかわらず一般に用いられる。」さらに、新版地学事典3)の地層の項をみると「溶岩などの火山岩が地層をつくることもある」という記載があり、このことは地学事典2)の「原則として」と断っていることに当たると考えられる。Glossary of Geology 4)では地層 (stratum) は堆積岩に限定されている。しかし、Dictionary of Geological Term 5)ではふたつの定義が記述され、ひとつはAGIの定義と同じであるが、もうひとつの定義は同じ岩石からなる層状岩体としているので、溶岩層も含まれることになる。しかし、花崗岩のような岩体は含まれようはずはない。地層 (Stratum, bed) という用語は堆積岩に限定して使用されるべきである、と私は考えている。

動燃の資料1)で、東濃地科学センターの役割という解説をみると、地層科学研究には「地表から地下深部までの地質環境特性についての研究」と「地質環境の長期安定性についての研究」・・・とされている。この記述からみると、地層は堆積岩に限らず火成岩や変成岩を含む地質岩体の意味に使われている。地層処分の地層もそのとおりで、釜石鉾山の花崗閃緑岩を含めて地質岩体全般を指しているらしい。

このように見てくると、動燃で使用され一般化されている地層処分6)の地層という用語は、地質学の用語としての地層とは大きく異なっていることが理解していただけよう。したがって、地層処分という用語は他の用語に置き換えるべきで、それにかわる適切な用語が必要になろう。ここでは、その候補のひとつとして「地質環境処分」という用語を提案したい。

## 引用文献

- 1) 東濃地科学センター：Geoscience 地層を科学する
- 2) 地学団体研究会編：地学事典、平凡社、1983.
- 3) 木村敏雄ほか編：新版地学事典、古今書院、1973.
- 4) Bates. R. L. and Jackson, J. A. eds : Glossary of Geology, Americal Geological Institute, 1980.
- 5) American Geological Institute : Dictionary of Geological Terms, Anchor Prese, 1976.
- 6) 山川 稔：島崎英彦ほか編、放射性廃棄物と地質科学、東京大学出版会、341-382, 1995.

## 魅力ある研究テーマの発掘に向けて

名古屋大学理学部 柴田 賢

放射性廃棄物の処分問題に私がはじめて関わったのは、この総研によって企画された動燃の釜石実験施設の見学であった。すでに鉱石の採掘は終了した釜石鉱山の坑内施設の立派さにまず驚いたが、それ以上に地層処分に関する実験施設の規模の大きさに圧倒された。

釜石鉱山の実験施設を見学し、動燃の研究者から研究の現況の説明を聞いての第一印象は、地層処分の問題は地球科学に関する第一級のテーマであるということだ。この問題は既に地質研連でも重要課題として決議されたと聞く。しかし、この総研のメンバーの中にも、この問題を専門とする研究者はほとんどいないといってよい。

そこで、地層処分の問題を総合的に取り扱える研究者の確保が問題となる。しかし、日本の地球科学の発展の歴史や研究環境を考えれば、この問題と真正面から取り組める研究者は極めて少ないといわざるをえない。だからといって、まとめ役がないことを理由にこの研究をさき送りにする訳にはいかない。そこで、それぞれ限られた研究分野でよいから、できるだけ多くの研究者が自分の専門分野の研究の一環として参加できる環境を早急に作る必要がある。そのためには、特に若手の研究者に魅力ある研究テーマを提案しなければならない。本来はもう少し時間をかけてこの総研でこの問題を議論すべきであった。この報告書のなかでそのような提案がなされることを期待したい。この総研には以前から廃棄物処分の問題に深く関わってこられた先生方が何人か参加しておられるし、そうでなくてもこれだけの専門家集団であれば、魅力あるテーマの発掘は十分可能である。その際、実験現場で研究にたずさわっている動燃の研究者との意見調整も重要であろう。

私自身の研究テーマである年代測定に関して言えば、地層処分の問題に貢献できるテーマを幾つかあげることができる。 $^{14}\text{C}$ や $^3\text{H}$ による地下水の年代決定、母岩の年代測定、断層帯や破碎帯の粘土の年代測定、K-Ar法やフィッション・トラック法による貫入岩体の熱史や母岩への熱的影響、などは年代学を専門としている研究者にとっても大変興味あるテーマといえる。これらのテーマの一部についてはすでに動燃で手がけられているが、もっと積極的に専門家の参加を呼びかけるべきであり、そのための環境づくりをする必要がある。

動燃による釜石鉱山での調査・試験はあと2年で終了することになっているそうである。あれだけの立派な設備を整えた実験現場がなくなるのは何としても残念である。さらに、今では数少ない坑内見学の場所としての釜石鉱山が、これを契機に閉鎖されることも予想される。日本学術会議や日本地質学会から国に対して、地球科学の基礎研究の実験現場としての釜石鉱山の存続を提案してみてもどうであろうか。

放射性廃棄物の地層処分に関連する研究現場（釜石鉱山動燃実験研究サイト  
及東濃地科学センター）の見学・討論会に参加して  
—とくに炭酸塩岩の堆積岩石学立場から—

沖村 雄二（広島大学理学部）

総合研究（B）「放射性廃棄物処分にに関する地質情報の集約と研究の組織化」のメンバーとして、標記の実験研究施設を見学する機会をもって、石灰岩の堆積学を専攻するものとして最も強く感じたことは、炭酸塩をはじめ微生物が生産する無機塩類の空隙充填あるいはセメント作用の面からのアプローチが考えられないかということである。見学した施設での実験研究が地下水の動きに焦点を合わせてきわめて精確に行われているだけに、水が存在することで活躍しえた微生物が、堆積物の空隙を充填したり膠結作用を行ってきたことを考えると、この面からの研究は見逃すべきではないと思う。

しかしながら、炭酸塩岩類を”地層処分”の対処として考えるにはひじょうに多くの問題がある。先ずわが国には地層処分の対象となるほどの広がりも厚さも巨大な炭酸塩岩層は発達していない—広島・岡山県境地域に、深さ1,000mでもその下位岩が確認できていない結晶質石灰岩がある岩体としての規模は不明である。かつて沖大東島の調査を行った際、深層処理石灰岩層としての可能性を聞かれたことがあるが、これはプレートの動きや西方にある喜界島の世界一大きいとされる隆起速度からしても考えるべきではないといえる。次に石灰岩が石油の貯蔵岩であることから容易に想像されるが、その生成時から孔隙率の大きい堆積岩でもあり、微生物による空隙充填は完全ではありえないことも考えるべきであろう。

上述した空隙充填の面から見ない立場では、セメント・コンクリートの構築物に発生するエフロレンス（白華）が構築物の劣化と関係するとされる研究があり、炭酸塩岩にも同様のことが起こりうることも問題点として指摘しておきたい。しかし、本来透水係数の小さい堆積物として形成された岩石の堆積岩石学的組織の研究からすれば、上に述べた微生物の生産作用と考えられる充填・膠結の速度と量はひじょうに重要な意味をもつことになるし、有機物の介在で方解石の溶解作用が進展しなくなるという研究があることからすれば、微生物の生産する炭化物を利用することでなんらかの解決方法が見つかるかもしれない。

一方、微生物によるものでなく、無機化学的反応による裂かや空隙閉鎖を考える時、ビキニ環礁のボーリングで確認された石灰岩の海水面下で起きたとされる溶解不整合が、均質の岩石によくみとめられる圧力溶解（スタイロライト）で説明できることは疑いなく、石灰岩の場合この溶解部が完全に膠結されていることからすると、地下水の動きを規制するための遮断壁の構造や逆に地下水の動水路の構築など、炭酸塩鉱物の形成環境の整備による”地層処分”の取り組みも考えられよう。

## 地球科学からみたナチュラルアナログ研究

### 地質科学と多分野の連系の重要性

(広島大・理) 日高 洋、(熊本大・理) 清水 洋

放射性廃棄物の地層処分に関する情報収集あるいは実際に研究を行うにあたり、ナチュラルアナログ研究の重要性は誰しもが認めることである。ナチュラルアナログ研究においてはウラン系列核種あるいはトリウム系列核種が主な研究対象となるが、実際の高レベル放射性廃棄物に含まれるプルトニウムやネプツニウム等のTRU(超ウラン)核種や数十年以上の半減期をもつ長寿命放射性核種の移行挙動については直接的にも間接的にも観察することはできない。なぜなら、TRU核種は二次的な作用によって作られるものであるからである。ただし、中央アフリカ・ガボン共和国のオクロ・ウラン鉱床は鉱床形成時の今から20億年前に自発的な核分裂連鎖反応を大規模に発生させた形跡のある「天然原子炉の化石」であり、鉱床内には当時多量のTRU核種や核分裂生成物が存在していたはずである。これらの放射性核種は20億年を経た現在、すでに全て放射壊変し尽くしてしまい安定核種となっているが、その存在ならびに移行挙動は壊変後の安定核種が含まれる元素の安定同位体組成を見ることによって把握することができる。オクロ鉱床中における天然原子炉部分は1972年にフランス原子炉庁によってその存在が報告されるとともに数年間の間で数多くの研究が集中的になされ、研究自体は下火となっていた。しかし、この10年の間に今までは確認できなかった新しい原子炉部分が地下深部数百メートル地点に発見されるとともにCECのナチュラルアナログ研究テーマの強化プロジェクトの対象物となっている。

1991年に開始された同プロジェクトでは、CECを中心にヨーロッパをはじめ世界中の主要関連研究機関に声をかけて組織構成を行い、例えば安定同位体比測定により得られた結果を基に化学・物理学・鉱物学・地質学・水文学との連系からオクロ天然原子炉内外でのTRU核種・長寿命放射性核種( $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 、 $^{135}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ など)の地球化学的挙動をかなり明確に議論することが可能となっている。これらの研究成果は、これまでの日本の主要な国立大学では同じ地球科学の分野にありながら狭いセクト主義に陥っているがために相互に連系した研究ができなかった部分を克服したがための成功例といえる。したがって、本総研課題をさらに総研Aあるいは重点研究へと本格的に発展させるためには、地質系のみによるメンバー構成だけではなく化学系・物理系におけるメンバーをも含めて幅広い議論が可能となるような構成をすべきである。また、情報収集に際して、文献情報の集約といったやり方のみでは本当の意味での最新情報を得ることは不可能である。これについては、日本国内は元より原子力先進国であるフランスやスウェーデンなどの研究機関の研究者とのアカデミックなネットワークをつくり、関連テーマの最新情報のやりとりや議論を行いながら情報収集あるいは研究を展開させていく必要があると考える。

## IV 結論

### 1. 今後行うべき研究の方向

一般に高レベル放射性廃棄物と呼ばれている使用済み核燃料、またこれを再処理した際の廃液は放射能が高いばかりでなく、その減衰に長期を要する。廃棄物発生後の発熱期間は50年に及ぶといわれ、この間は「中間的貯蔵施設」が必要であり、人間の管理・監視のもとに置かれる。その後の問題としての地層処分の論議では、“隔離”あるいは、“貯蔵”の用語が曖昧なまま用いられているように思われる。文字どおりにこれを受け取れば、それぞれによって対応が異なってくる。すなわち前者では人類の生存圏からの数万年にわたる遮断を当初から保証できることが前提となり、後者では安全確保のための管理システムの構築とその期間を設けることを前提とした考えと思われる。もしそうだとすれば、筆者は後者の方向をとるべきと考える。それは高レベル放射性廃棄物を岩石圏に隔離した例は世界的にみても皆無であり、未知の点が多いこと。埋め戻しの後で何らかの不測の事態が発生した場合には、常に対処できる体制を当分の間維持しておくことが必要であると考えられるからである。

さて、現在のところ放射性廃棄物の地層処分そのものに関して、地質科学の立場からなされた直接的な調査研究は決して多いとはいえないが、この問題に寄与できる基礎的知見は本報告書に集約したように、かなり蓄積されているといえる。本研究を足がかりとし、地質科学の特質を強調して、さらに研究を進展させるとすれば、これらをつぎの3つに集約して追究して行くのが望ましいと考える。すなわち、

- ①日本列島のテクトニクスと地層処分地評価—大陸地殻と異なり、変動帯であるわが国に地層処分の対象となり得る地域が存在するか？ まずそのマクロなスケールでの把握が可能であれば、つぎにその中からモデル研究地を選定して、多数研究者の協力のもとに詳細調査を実施するのが望まれる。しかしそのような地域が特定されないとしても、基礎研究として、数万年という超長期間の安全性の保証を地層に刻まれた記録から読み取るとともに、その規模を探る手法を確立することが必要であろう。これには構造地質学、地層学、古生物学、地史学、測地学、地球物理学などの協力が必須である。
- ②極深層地下水の流動機構の把握—地下に処分された廃棄物が地下水と接触しないまま、長期間不変のまま存在しつづけることはありえない。廃棄物はいずれは地下水に溶解し、また人工バリア、天然バリアともに質的变化を生ずると考えるのが妥当である。問題はその時・空間的スケールであり、これを予測することが必要である。ここでは水文地質学、同位体水文学、古水文学などが直接的なかかわりを有する。
- ③岩石・水・元素相互作用—このことに関する実験レベルでの事象と地層中に固定されている痕跡を対比しつつ、安定性についての推定、安全率、できればその定量的保証を得

る必要がある。このようなナチュラルアナログ研究の中心として、地球化学、鉱床学、鉱物学、古水文地質学の協力が必要である。その前提として、事象の存在・発生・発現の原理確認が必須である。これは現在の事象の克明な観察・分析・解析が基礎となる。

上記を考慮したうえで、さらに具体的なテーマ設定をすれば、つぎのようになろう。

- ①地層処分の対象として想定される岩盤の安定性に関する研究—それにかかわる地殻変動の規模・頻度の予測、岩盤の強度劣化および変質など
- ②物質の運搬者としての地下水の超長時間での水循環機構に関する研究—地下環境への浸入機構、広域流動機構と流動量、超深層部での地下水の存在状態など
- ③ミクロ・マクロスケールでの岩石・岩盤の質的变化に与える要因としての地下水の地球化学的・地球物理的研究—地下水の水質進化、地下水と岩盤との間の物質移動、遅延効果など

## 2. 広域地下水流動系の重要性

最後に筆者の専門とする水文地質学の立場を強調して締めくくるとする。

筆者の感想として、これまでになされてきた本課題に関する研究で最も欠けている点は、広域地下水流動系に関するものであるといえる。これまでの地下水流動調査は極めて局所的であり、長期間の安定性を評価するために必要な広域地下水流動系を把握する調査が欠けているといわざるをえない。土井（1993）の云うように人工バリアに依存できる程度が1%程度だとしたら、つまりほとんどを天然バリアに依存しなければならないというのなら、局所的な研究をいくら続けても限りがあるのではないかという印象を受ける。岩盤地下水の水理特性や水質特性、またナチュラルアナログ研究等に関して、局所的かつミクロな研究はもちろん重要であるが、そのみで答えを出すことはできない。その視点を述べよう。

地球上の水はそのほとんどは水文循環系を構成する。つまり循環水である。化石水（同生水）といえども、水循環の時間的スケールを地質時代のそれに拡張すれば、その範囲に入るものが多い。初生水（岩漿水）と呼ばれているようなものが唯一その範囲の外にあるが、量的にはきわめて限られたものである。

放射性廃棄物の地層処分を前提として、地下水問題を考えるときは、循環水は連続系として捉え、入口（涵養域）があれば必ず出口（流出域）があるという考えで対応すべきである。単に面積的にこの位ならよい、といって決められるものではない。広域流動系ではこのことが重要である。

以上を踏まえて、広域地下水流動系の調査にかかる要領を述べれば、およそ次のようになろう。

- ①涵養域の水文地質学的条件、とくに地下水の涵養機構の把握が重要である。地表から地下深部への浸入過程、あるいは表土層と基盤岩との間の地中水の交流に関しては、実用に耐えられるほど十分に追究されているとはいえない。
- ②調査対象は涵養－浸透－滞留－流出という過程が一つの流動系の中で完結している範囲までとすべきである。
- ③地下水流動系の支配要因として、普遍的にいえる次の点を考慮し、まず対象地の実態を把握することが必要である。
  - a. 自然要因
    - 1) 内的条件（地形・地質）－マクロにみて山地では発散型、堆積盆では収斂型の流動系が形成される
    - 2) 外的条件（気候・水文気象）－降雨浸透量の変動、蒸発散量の変動を支配する
  - b. 人為要因
    - 1) 内的条件への影響－流動系への介入－揚排水（流動系の擾乱あるいは流動速度の加速）、地形・地質の改変、地下構造物、地下掘削（流動系の擾乱あるいは短絡・遮断）
    - 2) 外的条件への影響－地下水涵養量への影響－土地被覆と蒸発散、人間活動に起因する気候変動－乾燥化あるいは湿潤化

わが国では現在のところ岩種と地域を特定せずに、どちらかといえば局所的、原理的な面での研究が続いているが、その限りにおいては土井（1993）が指摘しているように、調査の訓練にはなるが、それ以上のものは期待できない。可及的速やかに外国での知見（たとえば、Stripa Projectなどでの研究成果）が日本の地質にどのように適用できるかを具体的に検討する必要がある。原子力安全研究協会地層処分技術調査専門委員会（1993）は、わが国で仮想モデル地盤を設定し、サイト評価などのシナリオを具体的に検討する必要があると指摘している。また小出（1995）は地表から地下深部までの地下水流動特性を把握するために必要な調査、解析、評価技術の開発、またこれらの技術を体系化した広域地下水流動特性の評価に向けた研究、具体的には300x300x300m程度の狭い領域での研究と、10 km四方程度の広域研究の2段階の調査、いかえればサイト調査と広域地下水流動特性調査を並行させるべきであると述べている。

最後に一言、付言しておきたい。最近”地質科学の生き残り作戦”が大きな話題になっているが、これを限られた分野のみでなく、このような総合研究、あるいは重点領域研究などの実績をとおして、”役に立つ地質科学”をもって訴えてゆくべきだと考えているが、如何であろうか。残念ながら今回はその域に達し得なかったのは代表者の力不足と云わざるを得ない。それでも本報告書がこの方面での問題に少しでもお役に立てれば幸いである。

（新藤静夫）

## 参考文献

- 1) 小出 馨 (1995) : 深地層中の地下水流動特性解析評価へのアプローチ, 京大原子炉実験所主催, 放射線廃棄物管理専門研究会資料.
- 2) 島崎英彦・新藤静夫・吉田鎮男他 (1995) : 放射性廃棄物と地質科学, 地層処分の現状と課題, 東京大学出版会.
- 3) 土井和巳 (1993) : 放射性廃棄物, 日刊工業新聞社.
- 4) 土井和巳 (1994) : 高レベル放射性廃棄物の処分は可能か, 地質科学の課題と現状, 原子力工業, 35-4.
- 5) 動力炉・核燃料開発事業団 (1992) : 釜石原位置試験－研究成果の概要－.
- 6) 田中達也・渡辺邦夫ら (1994) : フラクチャーネットワークモデルの開発, 応用地質, 地質, 35-3, 35-4.
- 7) 間野 正, 石川博久 (1993) : 地層処分基礎研究施設の概要と研究計画について, 動燃技報, No. 88.
- 8) 山川 稔 (1993) : 地層処分の現状, シンポジウム「放射性廃棄物処分－地質科学からの展望－」
- 9) (財)原子力安全研究協会 (1993) : 地層処分技術調査専門委員会「高レベル放射性廃棄物地層処分技術 (URL) に関する調査－エグゼクティブサマリー－」
- 10) 湯佐泰久 (1993) : ナチュラルアナログ研究－天然現象に学ぶ環境保全の技術－, 原子力学会中部支部エネルギー研究会シンポジウム講演要旨集.
- 11) 湯佐泰久, 吉田英一 (1993) : 天然放射性核種の挙動－東濃ウラン鉱床における事例研究－, 放射線, Vol. 20.No. 1.

## V 付属資料：放射性廃棄物処分に関する文献集

1. 文献名リスト
2. 著者，概要，キーワード等

## タイトル

1. 放射性廃棄物の地層処分と応用地質（昭和62年度シンポジウム 予稿集「放射性廃棄物の地層処分」）
2. 富士山の地下水流動系の研究（平成4・5・6年度文部省科学研究費総合研究（A）研究成果報告書）
3. 地下水温水調査のための放射能探査
4. 高レベル放射性廃棄物、地層処分研究開発の技術報告書平成3年度
5. （土地の付加価値を高める）新しい水と温泉を求めて（そのピンポイント開発）
6. 「高レベル放射性廃棄物の地層処分」を編集するに当たって 応用地質第32巻第6号
7. 高レベル放射性廃棄物と地層処分（応用地質32巻第6号）
8. 特集放射性廃棄物の深層隔離その2（地質調査所月報）
9. 文献紹介 放射性廃棄物処分の基礎（応用地質第28巻第3号）
10. 岩盤内の透水係数分布推定法の開発および地下水流動解析手法の高精度化放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
11. 岩石の孔隙特性と浸透性放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
12. 長期安定性からみた深部地下水（深地層における地質環境評価技術の調査）
13. 地下水の水質形成に関するモデリングの現状と課題 放射性廃棄物処分処理の新課題に関する調査研究 平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
14. 地下水の流速流向測定放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
15. 地下水の年代測定と地下水流動評価（深地層における地質環境評価技術の調査）
16. 測定のはらつきを考慮した確率論的地下水解析 放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
17. 正弦波圧力試験データを用いた原位置岩盤内の透水係数分布の逆推測 放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
18. 岩石の孔隙率と浸透率について（資源地質、vol.42(3) 1992）放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
19. 岩石の孔隙の性質 その1、実験的検討（石油技術協会誌、vol56, No5）放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）

## タイトル

20. 高レベル廃棄物地層処分システムの性能評価における地下水の地球化学的特性に関するモデル化（深地層における地質環境評価技術の調査）
21. 新しい地下水調査技術の開発（応用地質）（深地層における地質環境評価技術の調査）
22. 地球化学的手法による地下水調査法の概要（深地層における地質環境評価技術の調査）
23. 地下水年代決定法の検討（その3）溶存希ガスを活用した地下水流動評価法の提案（深地層における地質環境評価技術の調査）
24. 三島溶岩流内地下水の年代について（深地層における地質環境評価技術の調査）
25. 我が国における地盤の透水性に関する調査・研究（その1）各岩種における透水係数の収集・解析
26. 地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について（1）気候変動と海面変動
27. 地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について（2）火山活動
28. き裂ネットワーク水理物質移行モデルの開発
29. 高レベル放射性廃棄物の地層処分における緩衝材中の水分の気・液二相移動
30. 釜石鉱山250mレベル坑道における割れ目特性の予察的調査（公開資料）
31. ボアホールレーダーによる結晶質岩盤中の割れ目調査 釜石鉱山原位置試験場における調査について
32. 我が国における地下水の水質に関するデータの収集・解析
33. 文献調査による我が国の岩石の物理的特性に関するデータの収集
34. 多変量統計解析手法を用いた結晶質岩盤の割れ目解析
35. 難透水性岩石を対象とした室内透水試験装置の開発
36. 性能評価研究における地球科学の役割に関する一考察（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
37. 立坑掘削影響試験（1）力学的・水理学的特性の変化（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
38. 立坑掘削影響試験（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）

タイトル

39. 東濃地域における立坑掘削影響試験全体計画（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
40. 立坑掘削影響試験（III）立坑掘削に伴う水理学的影響予測解析（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
41. 立坑掘削の地下水流動影響予測解析（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
42. 瀬戸層群分布域における表層部未固結層から21.下層泥岩・砂岩層への涵養量の算定（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
43. 岩盤浸透流解析の涵養量の算定について（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
44. 表層部における水収支の調査研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991年）
45. 立坑掘削影響試験（II）立坑周辺に分布する難透水性岩盤の透水性と比抵抗値について（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
46. 堆積岩岩盤における水理学的特性調査（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
47. 現地調査にもとづく成層堆積岩の層厚の地盤統計的推定（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
48. 岩盤の水理学的特性の評価システム東濃鉱山をテストサイトとして（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
49. 我が国の水理学的環境把握のための水理解析 東濃地域を例にして（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
50. 東濃地域における立坑掘削影響試験立坑掘削に伴う水理学的影響調査研究の概要（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
51. 地球化学的な現象（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
52. 粘土質岩コアサンプルを用いたU-233の遅延係数の測定と固定状況の観察（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
53. 岐阜県東濃地域におけるウラン系列核種の挙動とナチュラルアナログとしての有用性（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集 1991）
54. 東濃地域における深部地下水の地球化学的研究（11）（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
55. 地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について（1）気候変動と海面変動（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集 1991）
56. 難透水性岩石を対象とした室内透水試験（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表1991）
57. ボアホールレーダーによる花崗岩岩盤特性調査・（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）

タイトル

58. パッカー式地下水サンプラーの開発 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991)
59. 立坑掘削影響試験の目的と位置づけ (立坑掘削試験ワークショップ発表論文集1992/12)
60. 工事・調査概要 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
61. 立坑周囲のゆるみ領域の力学的・水理学的計測・評価 (1) 変位・応力計測 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
62. 立坑周囲のゆるみ領域の力学的・水理学的計測・評価 (2) 物性変化 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
63. 立坑周辺地域の地下水流動の計測・評価 (1) 水理地質調査・観測 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集)
64. 立坑周辺地域の地下水流動の計測・評価 (2) 水理解析 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
65. 立坑周辺地域の地下水流動の計測・評価 (3) 採水調査 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
66. 立坑掘削影響試験 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文1992/12)
67. 新第三系堆積岩における坑掘削影響試験の概要(立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
68. 立坑掘削影響試験 (1) 力学的・水理学的特性の変化 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
69. 立坑掘削に伴う応力再配分とその数値解析 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
70. 弾性波トモグラフィーによる地質構造調査 断層のある堆積岩盤への適用例 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
71. 立坑掘削影響試験 多点式変位計による岩盤の変位調査 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
72. 弾性波を用いた岩盤特性調査法の研究 断層のある堆積岩盤への弾性波トモグラフィの適用とモデル解析 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
73. 東濃地域における立坑掘削影響試験 立坑掘削に伴う水理学的影響調査研究の概要 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
74. 立坑掘削影響試験 (II) 立坑周辺に分布する難透水性岩盤の透水性と比抵抗値について (立坑掘削影響試験ワークショップ 1992/12)
75. 立坑掘削影響試験 (III) 立坑掘削に伴う水理学的影響予測解析 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
76. (52) 岩盤浸透流解析の涵養量の算定について (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)

タイトル

77. 立坑掘削の地下水流動影響予測解析（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12）
78. 岩盤内の水理学的特性の評価システム東濃鉾山をテストサイトとして（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12）
79. 堆積岩岩盤における水理学的特性調査（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12）
80. (75) 立坑掘削の地下水流動影響予測解析 (II)（立坑掘削影響試験ワークショップ論文発表集1992/12）
81. 堆積岩の地質学的特性および透水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用（立坑掘削影響試験ワークショップ論文発表集1992/12）
82. 立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究—東濃ウラン鉾山試験立坑を例として（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12）
83. 東濃地域における深部地下水の地球化学的研究 (II)（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12）
84. 東濃地域における深部地下水の地球化学的研究 (III) 地下水の起源・年齢について（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12）
85. 東濃地域における深部地下水の地球化学的研究 (IV) —物理化学パラメータの測定手法とその深度分布について（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12）
86. 岐阜県東濃地域における地下水の $^{14}\text{C}$ 年代と起源について（立坑掘削ワークショップ発表論文集1992/12）
87. 中部事業所における調査試験研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
88. スウェーデンSKBとの共同研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993）
89. (第9回放射性廃棄物セミナー) OECD/NEA国際国際ストーリーパ計画を振り返って（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
90. 地層処分研究の現状（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
91. 立坑掘削に伴う岩盤内のひずみの変化（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
92. 立坑掘削影響試験における岩盤挙動調査の概要と成果（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
93. M25水圧破碎法による東濃鉾山の岩盤の初期応力測定（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
94. 3次元FEMによる掘削影響試験の力学的予測解析（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
95. 山岳丘陵性斜面表層部における土壌水分フラックス分布の変化（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）

タイトル

96. 4-2深層を含む広域地下水流動調査研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
97. M30堆積岩中の物質移行に関する研究移行経路の構造とウランの分布との相関について（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
98. 天然放射性核種の地層中の挙動東濃ウラン鉱床における事例研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
99. 東濃地域における深部地下水の地球化学的研究（V）パッカーシステムを用いた地下水の採取方法について（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
100. OECD/NEAアリゲーターリバーアナログ国際共同研究（ARAP）オーストラリア クンガラウラン鉱床地下水中のコロイド研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993）
101. 地層処分研究3、地質環境調査研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
102. 5.地質環境の安定性に関する研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表1993年）
103. 動燃式底水圧制御水理試験装置（動燃式JFT試験装置）（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
104. 14.低圧微流量ルジオン水理試験装置の開発（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
105. M26 リニアメントによる岩盤中の割れ目特性の推定（1）リニアメントと対応する割れ目の特性（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
106. 11リモートセンシングによる広域の水文特性の把握（1）STOP衛生データによる林相区分（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
107. 6.調査技術開発（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
108. 3.釜石における原位置試験（動燃事業団中部事業所地層化学研究外部発表集（1993年）
109. 地層処分研究開発実施計画（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
110. 「多重バリアシステム」モデル化の考え方（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
111. 「安定な地層」の考え方（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
112. 性能評価データに求められるもの（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
113. ニアフィールドにおける地球化学データ及びモデリングに関する現状（性能評価研究情報交換会報告書1991年10月）
114. ガラス個体化からの各元素の溶解度に至るまでの機構（性能評価情報交換会報告書1991/10）

タイトル

115. 元素の溶解度計算と使用する熱力学データの信頼性評価（性能評価情報交換会報告書1991/10）
116. ガラスのナチュラルアナログ研究（性能評価情報交換会報告書 1991/10）
117. 緩衝材（ベントナイト）の長期挙動評価に関する問題点（性能評価情報交換会報告1991/10）
118. ベントナイトの流出現象実験的アプローチ（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
119. 地質環境の長期安定に関する研究（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
120. 「緩衝材及び地層中における核種移行の試験研究（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
121. 緩衝材及び岩体中での核種の拡散・吸着データ及びその機構（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
122. 変質ベントナイト（イライト）中のCsの移行挙動に関する実験的研究（性能評価情報交換会報告書1991/10）
123. 地質構造に基づく核種移行モデルの構築（性能評価研究情報交換会報告書 1991/10）
124. 東濃ウラン鉱床におけるウランの固定環境とメカニズム（性能評価研究情報交換会報告書）
125. 「腐食（オーバーパック）」（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
126. 「水理」（性能評価研究情報交換会報告書）
127. 「地下水地球化学」（性能評価研究情報交換会報告書 1991/10）
128. 「システム統合・確証」（性能評価研究情報交換会報告書 1991/10）
129. ニアフィールド連成（物理現象）（性能評価研究情報交換会報告書 1991/10）
130. 地層処分研究開発の現状（平成5年度）第1章 地層処分研究開発の考え方と進め方第2章地層処分研究の現状2-1地質環境条件の調査研究.2-2処分技術研究開発.2-3性能評価研究.
131. 物質移行のデータセットテクニカルレポート（レビュー用）1.性能解析に必要なデータセットの枠組み2.ニアフィールド性能解析用のデータセット3.ファーフールド性能評価解析用のデータ
132. 地下の未来を科学する地層処分研究開発
133. 我が国を対象とした地下水流動解析（その2 東北日本を対象とした地下水流動解析）

タイトル

134. 堆積岩地山における立坑周りの力学的・水理学的な特性変化
135. 立坑掘削影響試験ー地中変位計測に基づく掘削影響評価ー
136. 高レベル放射性廃棄物地層処分技術文献（高レベル放射性廃棄物地層処分技術（URLに関する調査エグゼクティブサマリー））
137. 高レベル放射性廃棄物の「処分」は可能か（放射性廃棄物地層処分関係文献）
138. 電力中央研究所報告研究報告：U90003クロスホール透水試験による超低透水岩盤の基礎的考察（放射性廃棄物地層処分関係文献）
139. 電力中央研究所報告研究報告：U90002 クロスホール透水試験装置の開発（放射性廃棄物地層処分関係文献）
140. 高レベル放射性廃棄物の安全処理ー地球科学的アプローチー（最近の文献紹介）（放射性廃棄物地層処分関係文献）
141. 亀裂ネットワーク水理物質移行モデルの開発動燃技報No.90別刷（放射性廃棄物地層処分関係文献）
142. 高レベル放射性廃棄物の地層処分における緩衝材中の水分の気・液二相移動動燃技 No.89別刷（放射性廃棄物地層処分関係文献）
143. 地層処分基盤研究施設の概要と研究計画について（放射性廃棄物地層処分関係文献）
144. 花崗岩地帯（南部阿武隈山地）における岩盤地下水について 阿武隈南部地区中山間大規模（岩盤）地下水開発調査報告書
145. 2. ナチュラル・アナログ研究の重要性（昭和62年度シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分）
146. 原研におけるナチュラル・アナログ研究（昭和62年度シンポジウム予稿集「放射性廃棄物の地層処分」）
147. 4. 地層の安全性の予測とナチュラルアナログ（昭和62年度シンポジウム予稿集「放射性廃棄物の地層処分」）
148. 岩体の割れ目充填（昭和62年度シンポジウム予稿集「放射性廃棄物の地層処分」）
149. 6. 続成過程における物質変化について（昭和62年度シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分）
150. 河川水の流量および水質による表層部の地下水流動の推定ー岐阜県東濃地域におけるケーススタディ（応用地質 第36巻第1号1995年4月）
151. 11. 岩石の孔隙の性質 その2. 孔口径分布曲線解析の天然砂岩への応用（深地層における地質環境評価技術の調査）
152. 原位置における岩盤の透水性測定（日本地下水学会誌第26巻第1号）

タイトル

153. 動燃式低水圧制御水理試験機（動燃式JFT）の原理と適用例（地下水学会誌第30巻第3号）
154. 有害廃棄物に関する国際ワークショップ（地下水学会誌第30巻第4号）
155. 高レベル放射性廃棄物と地層処分（応用地質第32巻第6号）
156. 放射性廃棄物処分と地質問題（応用地質第32巻第6号）
157. 地下深部調査におけるボアホールテレビジョン装置の活用（応用地質32巻第6号）
158. ボアホールレーダーによる花崗岩岩盤特性調査釜石鉾山原位置試験場における調査結果について（応用地質第32巻第6号）
159. 高レベル放射性廃棄物地層処分施設の耐震性評価のための地下深部震動特性（応用地質第32巻第6号）
160. 堆積岩の地質学的特性および透水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用（応用地質第32巻第6号）
161. ボアホール型レーダーを用いた水みち調査（応用地質第32巻第6号）
162. 新しい地下水調査技術の開発（応用地質第32巻第6号）
163. 花崗岩および凝灰岩間隙水中のイオンの拡散係数の測定（応用地質第30巻第2号）
164. 深部花崗岩中の割れ目解析—岐阜県東濃地域に分布する花崗岩類を例にして（応用地質第30巻第3号）
165. 蒸発量計測によるトンネル壁面からの湧水量の測定（その1）測定法と室内試験（応用地質第30巻第4号）
166. 活断層と地殻のガス情報（応用地質第30巻第4号）
167. 蒸発量計測によるトンネル壁面からの湧水量の測定（その2）応用地質第31巻第1号1990/3）
168. 岩盤浸透流の調査スウェーデン・ストリーパ鉾山での調査の近況（応用地質第31巻第3号）
169. 稲田花崗岩の透水係数に及ぼす封圧および間隙水圧の影響について（応用地質第31巻第3号）
170. 新鮮な花崗岩および破碎花崗岩中におけるセシウムの移行（応用地質第32巻第2号）
171. 地下空間における応用地質学の現状と展望（応用地質29巻1号）

タイトル

172. 活断層に関する最近の知見 (応用地質 2 1 巻 3 号)
173. 断層、とくに断層破碎帯の見方、考え方 (応用地質 2 2 巻 1 号)
174. いわゆる活断層の工学的問題点と取り扱い (応用地質 2 2 巻 1 号)
175. 活断層調査の例・柳ヶ瀬断層 (応用地質 2 2 巻 1 号)
176. 放射性廃棄物処分施設における岩盤割れ目のシーリング (その 1) シリカによるセルフシーリングの可能性検討 (電力中央研究所報告)
177. 不連続性岩盤における節理調査とその適用例
178. 花崗岩の熱履歴に伴う微視的構造と工学的性状の変化に関する実験的研究特に弾性波速度と透水係数について
179. 結晶片岩の力学的異方性について
180. 放射能廃棄物地層処分の基本的な考え方 (別刷)
181. 高レベル放射性廃棄物地層処分の歩み 主として米国の歴史を中心に (別刷)
182. 高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か (放射性廃棄物地層処分)
183. 環境技術開発 放射性廃棄物の処理・処分研究開発
184. 地層処分基盤研究施設 (パンフレット様式になっている)
185. 断層ガウジのK-Ar年代測定—中央構造線における例 (中央構造のネオテクトニクスその意義と問題点 (別刷))
186. 中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査
187. 阿寺断層周辺地域の火成岩類の放射年代と断層活動の時期
188. バクテリアを用いた環境汚染の浄化
189. 第 1 章調査概要 (高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフィージビリティ調査報告書 昭和 5 5 年度)
190. 第 2 章高レベル放射性廃棄物の管理体制の検討 (高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフィージビリティ調査報告昭和 5 5 年度)

タイトル

191. 高レベル放射性廃棄物の「処分」は可能か地球科学の課題と現状
192. 第3章高レベル放射性廃棄物管理の経済性に関する検討（高レベル放射性廃棄物の処理・処分に  
関するフェージビリティ調査報告書 昭和55年度）
193. 第4章、高レベル放射性廃棄物の貯蔵技術に関する検討（高レベル放射性廃棄物の処理・処分に  
関するフェージビリティ調査報告書 昭和55年度）
194. 高レベル放射性廃棄物の処理・処分に  
関するフェージビリティ調査報告書昭和55年度（第3  
章高レベル放射性廃棄物管理の経済性に関する検討
195. 高レベル放射性廃棄物の処理・処分に  
関するフェージビリティ調査報告書昭和55年度（第3章付録  
1、物性評価に用いた計算コードの概要2、各貯蔵施設 主要機器リスト）
196. 高レベル放射性廃棄物の処理・処分に  
関するフェージビリティ調査報告書昭和55年度（第4章  
高レベル放射性廃棄物の貯蔵技術に関する検討）
197. 高レベル放射性廃棄物の処理・処分に  
関するフェージビリティ調査報告書昭和55年度（付録A  
用語の定義B機関名等略号）
198. 地下水学会誌（学術シンポジウム「放射性廃棄物処分ー地質科学からの展望」
199. 第1次技術報告書で引用した文献リスト（地層処分研究開発及び地層科学研究に関わる公開文献  
リスト平成7年11月）
200. 地層処分研究開発に関わる公開文献リスト（第1次技術報告書公表後に公開した）
201. 地層科学研究に関わる公開文献リスト（公開資料）
202. 特別講演スライド集 カナダの核燃料廃棄物管理計画の現状（公開資料）
203. 1、地層処分研究開発の概況 技術的信頼性の向上を目指して
204. 地質環境の長期安定性（2.研究開発報告）
205. 多重バリアシステムによる長期の安全確保（2、研究開発報告）
206. 目で見える多重バリアの性能（2、研究開発報告）
207. 高レベル放射性廃棄物処分に  
関する性能評価結果の比較（全訳）
208. 長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的および倫理的基礎（邦訳版）
209. FACT 11地層処分研究開発

タイトル

210. 地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発（その1）解析の考え方（放射性廃棄物処分関係文献）
211. ナチュラルアナログ研究天然現象に学ぶ環境保全の技術（放射性廃棄物処分関係文献）
212. 地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発（その2）釜石鉱山KD 9 0 坑道・トレーサ試験の解析
213. 地下水研究に関する最近の話題特に岩盤浸透流の場の評価について
214. 花崗岩の熱履歴に伴う微視的構造と工学的性状の変化に関する実験的研究（特に弾性波速度と透水係数について）
215. 不連続性岩盤における節理調査とその適用例
216. 結晶片岩の力学的異方性について
217. 放射性廃棄物処分の基本的考え方（別刷）
218. 高レベル放射性廃棄物地層処分の歩み（主として米国の歴史を中心に）
219. 高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か
220. ガラス固化体からの各元素の溶解度に至るまでの構想（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
221. 緩衝材（ベントナイト）の長期挙動評価に関する問題点（性能評価研究情報交換会報告書）
222. 緩衝材（ベントナイト）の長期耐久性に関する室内実験（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
223. ベントナイトの長期耐久性に関するナチュラルアナログ研究（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
224. スメクタイトのイライト化機構のモデル化（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
225. 天然事象に関する研究 日本列島における隆起・沈降及び侵食について（性能評価研究情報交換会報告書）
226. 天然事象に関する研究気候変動と海面変動（性能評価研究情報交換会報告書）
227. 断列系に関する調査中部日本におけるリニアメントの分布と特性
228. ベントナイト中における核種の微視的移行メカニズム（性能評価研究情報交換会報告書）

タイトル

229. オーバーバック候補材料と評価の考え方（性能評価研究情報交換会報告書）
230. 動燃事業団で実施している水理研究（性能評価研究情報交換会報告書）
231. 地下水の地球化学的研究に関する動燃事業団のアプローチ（性能評価研究情報交換会報告書）
232. 地層処分安全評価モデルの妥当性（性能評価研究情報交換会報告書）
233. 事業団におけるニアフィールド連成研究（性能評価研究情報交換会報告書）
234. 天然放射性核種の地層中の挙動 東濃ウラン鉱床における事例研究
235. 深地層中の地下水流動特性解析評価へのアプローチ
236. 第1章 日本列島の地質特性と地層処分（放射性廃棄物と地質科学）
237. 第2章 活断層の浅～深部地下構造（放射性廃棄物と地質科学）
238. 第3章 表層における地下水流動（放射性廃棄物と地質科学）
239. 第4章 深層を含む広域地下水流動（放射性廃棄物と地質科学）
240. 第5章 地層処分に関する岩盤割れ目系と浸透流解析（放射性廃棄物と地質科学）
241. 第6章 地下水の地化学特性（放射性廃棄物と地質科学）
242. 第7章 地下水・熱水移行シナリオとナチュラルアナログ研究（放射性廃棄物と地質科学）
243. 第8章 割れ目岩盤割れ目のセルフシーリング（放射性廃棄物と地質科学）
244. 第9章 岩石中の物質移動と岩石・水反応機構（放射性廃棄物と地質科学）
245. 第10章 熱水系における岩石-水相互作用の数値シミュレーション（放射性廃棄物と地質科学）
246. 第11章 地質時代における大規模天水循環（放射性廃棄物と地質科学）
247. 第12章 地下深部における岩石の変質（放射性廃棄物の地質科学）

タイトル

248. 第13章欧米諸国における研究の動向と地質環境（放射性廃棄物と地質科学）
249. 第14章動力炉・核燃料開発事業団における地層処分研究（放射性廃棄物と地質科学）
250. 序章放射性廃棄物処分と地質科学（放射性廃棄物と地質科学）
251. ざ・さいくる（放射性廃棄物地層処分）
252. 地層処分研究開発（放射性廃棄物地層処分）
253. 釜石原位置試験研究成果の概要（放射性廃棄物の地層処分）
254. ナチュラル・アナログ研究の重要性（昭和62年度シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分）
255. 原研におけるナチュラル・アナログ研究（昭和62年度シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分）
256. 地層処分研究開発報告会（第3回）予稿集（公開資料）
257. 高レベル放射性廃棄物処分に関する性能評価結果の比較（全訳）
258. 地下からのメッセージ（ざ・さいくる（放射性廃棄物地層処分））
259. 放射性廃棄物処分と地質問題応用地質
260. 地下深部調査におけるボアホールテレビジョン装置の活用応用地質vol.32 No6
261. ボアホールレーダーによる花崗岩岩盤特性調査—釜石鉦山源位置試験場における調査結果について— 応用地質Vol.32 No.6
262. 高レベル放射性廃棄物地層処分施設の耐震性評価のための地下深部地震動特性応用地質Vol.32 No.6
263. 堆積岩の地質学的特性および透水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用 応用地質Vol.32 No.6
264. 岩盤内地下水が水循環過程に及ぼす影響の定量的評価に関する研究（平成5.6.7.年度科学研究費補助金（一般研究A）研究成果報告書）

タイトル	1.放射性廃棄物の地層処分と応用地質（昭和62年度シンポジウム 予稿集「放射性廃棄物の地層処分」）
著者	小島圭二（東京大学工学部）
発行年月日	1987/5/29
刊 ページ	1～6
発行	日本応用地質学会
キーワード	核種、地下埋設、ガラス固体化、岩盤（地層）、人工バリア
概要	地層処分とは、放射性廃棄物（核種）が地表の生物圏に漏出することを、長期間にわたって阻止するため放射性廃棄物を地下に埋設することである。ここでは、高レベル放射性廃棄物を対象として、地層処分に關する地層の試験・調査の状況を述べる。高レベル放射性廃棄物の地層処分に關して、現在考えられている方法は、廃棄物を溶融し、ガラス固体体を作り、これを金属製の容器（キャニスタ）に密封して、地下深所に埋設することである。そして埋設にさいしては、キャニスタと岩盤（地層）の間には、緩衝材（バッフアマスとして、透水性が低く、核種の吸着性が良いベントナイトなどが充填される。このように核種の漏出に対しては、ガラス固体体、キャニスタ、バッフアマスなど多重の人工バリアが考えられている。地層は、これらのバリアが万一破壊された場合でも、最後の砦となる、大きな天然のバリアである。
タイトル	2.富士山の地下水流動系の研究（平成4・5・6年度文部省科学研究費総合研究（A）研究成果報告書）
著者	高山茂美（筑波大学地球科学系）
発行年月日	1995/3
刊 ページ	1～106
発行	平成4・5・6年度文部省科学研究費総合研究（A）
キーワード	貯水体、火山の地質構造、地下水、富士山、
概要	（目次）・富士山の地質と基盤に発達する破断系 ・富士山西麓の湧水—とくに猪の頭の湧水について ・富士山の地質と基盤に発達する破断系 ・富士山周辺の湧水の分布 ・富士山の湧水の温泉について ・富士山周辺の湧水の水質 ・多変量解析から見た富士山周辺の湧水の水質について ・富士山における天水の安定同位体組成と地下水の涵養 ・富士山およびその周辺の地表水のトリチウム濃度 ・富士山周辺の降水の水質
タイトル	3.地下水温水調査のための放射能探査
著者	落合敏郎（農学博士）
発行年月日	1992/12/20
刊 ページ	9～168
発行	リーベル出版
キーワード	亀裂地下水、透水性、地下水探査用3プローブ式カーボン探査装置、
概要	地下水、温泉を対象とした放射能探査法の基礎となったものは、鉱床探査に用いられていた放射能探査である。地下水の探査は放射能探査の一応用。自然放射能による地下水、温泉探査の研究を進めてきた。その後、さらに発展させエアポーンによる地下水・温泉探査を確立した。

タイトル	4.高レベル放射性廃棄物、地層処分研究開発の技術報告書平成3年度
著者	動力炉・核燃料開発事業団
発行年月日	1992/9/
刊 ページ	1-1～5-5
発行	動力炉・核燃料開発事業団、技術協力部 技術管理室
キーワード	地層処分、国際的な動向、地下水の地球化学モデル、多重バリアシステム
概要	高レベル放射性廃棄物対策に関する日本の基本方針は、これを安全な形態に固化し、30年～50年程度冷却のため貯蔵したあと、長期的な安全確保を一層確実にする観点から地下数100mより深い地層中に処分することとされている。地層処分の安全性で最も重視すべき点は、放射性物質が地下水を介して人間とその生活圏に影響を及ぼす可能性に関する安全確保とその安全評価であることが、日本及び諸外国におけるこれまでの研究開発によって明らかになってきている。
タイトル	5. (土地の付加価値を高める) 新しい水と温泉を求めて (そのピンポイント開発)
著者	蔵田延男 (理学博士)
発行年月日	1993/2/20
刊 ページ	初版 1～19
発行	
キーワード	地下深部、自然放射能による探査法、ガンマ線選択式の探査法
概要	自然放射能探査法による地下岩盤のなかに派生している破碎帯の調査で地図の上に次々描かれてくる見事なパターンの粉碎帯分布。
タイトル	6. 「高レベル放射性廃棄物の地層処分」を編集するに当たって 応用地質第32巻6号
著者	大塚康範、高橋学、佐久間秀樹、千木良雅弘、島辺賢一郎、渡辺邦夫
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 1～1
発行	日本応用地質学会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分、地下深部調査、地下深部地震動
概要	人間の活動に伴って発生する廃棄物の処理・処分に関わる問題が重要視されてきている。この背景には、最近の社会から生み出される廃棄物の量と種類が飛躍的に増加しているという事実と、地球規模での環境問題への関心の高まりがあるとみられる。地層処分という新しいテーマをとりあげ、主に地下水に関連する分野で進められて最近の研究の現状を紹介する目的で企画・編集されたものである。

タイトル	7.高レベル放射性廃棄物と地層処分（応用地質32巻6号）
著者	佐久間秀樹（動燃事業団）
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻、第6号
発行	日本応用地質学会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分、多重バリアシステム
概要	高レベル放射性廃棄物と工学的な材料及び地下深部の地層が備えるさまざまな性質を組み合わせることによって、人間とその生活環境が将来にわたり、高レベル放射性廃棄物による影響を受けないようにするための安全確保の仕組みを構築することができるという国際的な認識が得られている。本解説では、高レベル放射性廃棄物の特徴、その対策として最も有望と考えられている地層処分の概念を説明するとともに、概念を実現するための研究開発の概要を紹介。
タイトル	8.特集放射性廃棄物の深層隔離その2（地質調査所月報）
著者	奥山康子・高橋学、小出仁
発行年月日	1991/7/29
刊 ページ	第42巻 第6/7号
発行	通商産業省工業技術院 地質調査所
キーワード	地層処分・バリエー地層間隙水との化学的相互作用・透水特性難透水性岩石の透水性を評価（米
概要	原子力発電によって生ずる高レベル放射性廃棄物を生物の活動圏から超長期的に隔離する方法の一つとして、わが国では岩盤中に建設した施設への隔離（地層処分）が考えられている。これは地下空間の力学的安定性が、超長期隔離に適するとの評価にもとづくものである。隔離施設周囲の岩盤については、原子力安全委員会による安全研究年次計画において、花崗岩および泥岩を主とする堆積岩層について、地層処分の観点からの岩盤特性の研究が計画されている。
タイトル	9.文献紹介 放射性廃棄物処分の基礎（応用地質28巻第3号）
著者	D. G. ブルッキンズ著（石原健彦、大橋弘士 訳）
発行年月日	1987/9
刊 ページ	第28巻 第3号
発行	日本応用地質学会
キーワード	放射性廃棄物の管理、放射性廃棄物の種類と多重バリア系
概要	第2章放射性廃棄物の管理 " 3章地球化学的環境における自然放射線 " 4" 放射性廃棄物の種類と多重バリア " 5" 地質年代学と放射性廃棄物 " 6" 地層処分用地：一般論 " 7" 地層処分場：各論 " 8" 廃棄物処分の代案 " 9" 低レベル放射性廃棄物とその処分地選定 " 10" ウラン製錬と製錬尾鉱 " 11" 自然界の類

タイトル	10.岩盤内の透水係数分布推定法の開発および地下水流動解析手法の高精度化放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度(深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	田中靖治(電力中央研究所)
発行年月日	1995/3/
刊 ページ	29~44
発行	(株)日環協
キーワード	地層処分、地下水流動状況、浸透流解析、岩盤透水係数
概要	放射性廃棄物の地層処分等、地下に大規模な土木構造物を建設することが実施あるいは計画されつつある。そういった構造物を安全かつ合理的に設計・施工し、また、環境への影響を評価するため、建設中および建設後の地下水流動状況を精度良く把握することが必要となる。しかし、建設予定地周辺での事前の地下水調査の一環として行われる透水試験では、地層毎に異なる透水係数値が得られるだけでなく、多くの場合同一の地層内においても試験位置により得られる透水係数の値が異なる。クリッキングは内挿や補間の方法として位置付けられており、水文学の分野では水理パラメーターをはじめ、地下水位の空間分布推定にも用いられている。
タイトル	11.岩石の孔隙特性と浸透性 放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度(深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	内田隆(石油資源開発(株))
発行年月日	1995/3
刊 ページ	45~64
発行	株式会社 日環協
キーワード	碎屑鉱物、マトリックス粒子、セメント物質、
概要	砂岩等の碎屑岩は、碎屑鉱物をはじめ碎屑岩片、マトリックス粒子、セメント物質などから構成されているのが普通であり、さらに孔隙(空隙、間隙などともいうが、石油地質学では一般に孔隙と呼ぶことが多い)を多少なりとも有する。それらの孔隙には様々な大きさや形状、成因がある。最小は数mmから最大はたとえば鍾乳洞のようなものまであり、流体の物理学的性質とも関連して多様な性質を持つことが予想される。岩石の孔隙については、地表試料または坑井などの掘削中に地下深部のコア試料やカッピングスを採取して様々な分析を実施することが多い。
タイトル	12.長期安定性からみた深部地下水(深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	中司昇(動燃事業団)
発行年月日	1995/3
刊 ページ	65~66
発行	株式会社 日環協
キーワード	地層処分、高レベル放射性廃棄物、天然バリア、人工バリア、多重バリアシステム、ウラン
概要	地層処分の基本的な考えは、地下深部の地層に高レベル放射性廃棄物を埋設し、地質環境が本来備える包蔵性(天然バリア)並びに、人工的な安全防護機能(人工バリア)を組み合わせ、多重バリアシステムを構築することにより長期的な安全確保を図るものである。

タイトル	13.地下水の水質形成に関するモデリングの現状と課題 放射性廃棄物処分処理の新課題に関する調査研究 平成6年度(深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	油井三和(動燃事業団)
発行年月日	1995/3
刊 ページ	67~80
発行	株式会社 日環協
キーワード	地層処分システム、地下水の化学的変遷プロセスのモデル化、多重バリアシステム、
概要	地下水の化学的條件は核種の溶解度等化学的挙動に影響を与え、地層処分システムの性能評価上重要な環境因子である。ここでは、「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書一平成3年度一」において、地下水の化学的條件を設定することを目的として実施した、平衡論に基づくモデルの適合性の検討ならびに次期とりまとめに向けて研究概要を紹介する。

タイトル	14.地下水の流速流向測定 放射性廃棄物処処分の新課題に関する調査研究 平成6年度(深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	平田洋一(大成基礎設計(株))
発行年月日	1995/3
刊 ページ	81~90
発行	株式会社 日環協
キーワード	地下水、環境汚染、帯水層、環境同位体、流速、流向、
概要	最近の我が国においては建設工事が大型化し、開削工事あるいはシールド工事によって帯水層を遮断するケースが多くなっている。これらの工事による地下水への影響評価の一環として、自然状態はもとより施工中、あるいは施工後の地下水の流速と流向を把握することは極めて重要な課題である。地下水流速流向測定に際しては、地形、地質、気象、水文、その他既存資料、ボーリングデータなどを用いて、事前に地下水環境を検討しておく必要があるのは当然である。特に孔内探査法においては、対象とする帯水層の深度、層度、連続性等の基礎的性状を十分に把握しておかないと、意味のない調査になる危険性がある。

タイトル	15.地下水の年代測定と地下水流動評価(深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	馬原保典(電力中央研究所)
発行年月日	1995/3
刊 ページ	91~104
発行	株式会社 日環協
キーワード	地下水年代、放射能の壊変速度、溶存ヘリウム、ヘリウム同位体
概要	広域で地下水の動きを調査する手法の一つとして、地下水の地下での滞留時間を測定し、その滞留時間を基に地下水の流動状況に関する情報を得る手法がある。ここでいう地下水の地下での滞留時間を地下水年代(Age of Groundwater)と呼ぶことができる。地下水年代をより正確に定義すれば、「地下水は降水が地下に浸透して涵養されるが、その過程で浸透した水が地下で大気と接触を遮断されてからの経過時間」といえる3つの方法がある。

タイトル	16.測定のはらつきを考慮した確率論的地下水解析 放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度 (深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	田中靖治・駒田広也 (電力中央研究所)・鈴木誠・奥野哲夫 (大崎総研)
発行年月日	1992/
刊 ページ	105~108
発行	日本地下水学会 秋季講演会 講演要旨
キーワード	地下水調査、透水係数、
概要	近年、地下構造物の建設に伴い多数の地下水調査が実施されてきている。しかし、原位置で測定された透水係数値の値は、同一と考えられる土層内でも場所により異なった値となるにもかかわらず、従来は平均値や安全側となるような値で解析が行われてきた。ここでは、透水係数の測定値を有効に利用するため、透水係数の空間分布を推定し、その推定値と推定誤差を入力データとして確率論的に地下水解析を行う手法を提案し、ケーススタディ計算を実施した。
タイトル	17.正弦波圧力試験データを用いた原位置岩盤内の透水係数分布の逆推測 放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度 (深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	田中靖治・本島勲 (電力中央研究所)
発行年月日	1995/3
刊 ページ	109~114
発行	株 日環協
キーワード	放射性廃棄物の地層処分、岩盤、透水係数
概要	放射性廃棄物の地層処分等地下に大規模な土木構造物を建設することが注目されている。これら地下構造物の立地選定、建設や環境への影響評価にあたっては、岩盤の水理特性の把握が極めて重要な問題となる。しかし、従来より一般に実施されてきたルジオン試験等の単一孔による透水試験では、得られる透水係数等の物性値が試験位置を含むどの範囲の岩盤の物性を表しているのか明確でなく、特に、不均一性の著しい岩盤のボーリング孔間の物性分布の推定には適当とは言いがたい。そこで、本研究では花崗岩サイトにおいて多孔式の透水試験である正弦波圧力試験を実施し、その結果を基に逆解析によりボーリング孔間の透水係数の分布を推定することを試みた。
タイトル	18.岩石の孔隙率と浸透率について (資源地質、vo.42(3) 1992) 放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度 (深地層における地質環境評価技術の調査)
著者	内田隆 (石油資源開発)
発行年月日	1994/3
刊 ページ	115~130
発行	資源地質 42 (3)
キーワード	
概要	一般に砂岩などの碎屑岩は碎屑鉱物、碎屑岩片、マトリックス粒子、セメント物質から、また火山岩は斑晶およびガラス質~半晶質なグランドマスから構成されるに対して、深成岩および変成岩は完晶質なのが普通である。しかしほとんどの場合、岩質によらず孔隙を多少なりとも有する。例えば、花崗岩でも3%以下程度の孔隙率を持つことがある。それらの孔隙には様々な大きさや形状、成因がある。最小は数nmから最大はたとえば鍾乳洞のようなものまであり、流体の物理化学的性質とも関連して多様な性質を持つことが予想される。

タイトル	19.岩石の孔隙の性質 その1、実験的検討（石油技術協会誌、vol.56 ,No5）放射性廃棄物処理処分の新課題に関する調査研究 平成6年度（深地層における地質環境評価技術の調査）
著者	内田隆・多田隆治（石油資源開発・東京大学）
発行年月日	1991/
刊 ページ	131~143
発行	石油技術協会誌 vol. 57 No3
キーワード	
概要	一般に砂岩は、碎屑鉱物、碎屑岩片、マトリックス粒子、セメント物質（または自生鉱物）および孔隙によって構成されている。孔隙には様々な大きさ、形状、成因があり、その形状や成因による分類が試みられている（EVERETT, 1958; PITTMAN, 1979）。孔隙の性質と砂岩の物性との関係についても多くの研究がなされており、例えば、FRASER（1935）およびMAYER&STOWE（1966）らは、球体のパッキング・モデルを用いて砂岩などの多孔質体の孔隙率と浸透率の関係について実験的・理論的の報告をしている。また、EVERETT（1958）は多孔質体の孔隙体積、表面積、孔口径などの幾何学的なパラメータと孔隙構造との関連性について報告している。
タイトル	20.高レベル廃棄物地層処分システムの性能評価における地下水の地球化学的特性に関するモデル化（深地層における地質環境評価技術の調査）
著者	油井三和（動燃事業団）
発行年月日	1992/9
刊 ページ	155~189
発行	動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所
キーワード	地下水化学モデル、地層の構成物質、地球化学反応、深部地下水、
概要	性能評価の観点から、地下水の主要な特性についてモデル化を行うため、3章において、これら特性を支配する一般的プロセスや我が国の地下水水質に関わる化学的環境条件について述べた。ここではこれらに基づき、実際に地下水化学モデルを構築するための考え方についてのべる。地下水水質の生成機構に関与する化学反応をモデルを用いて解釈する手法としては、平衡論的アプローチ及び速度論的アプローチの2通りがある。基本的には地下水流速、着目する地球化学反応の速度式及び速度定数データ、熱力学データ等を多岐に加味して評価を行うべきである。
タイトル	21.新しい地下水調査技術の開発（応用地質）（深地層における地質環境評価技術の調査）
著者	馬原保典（電力中央研究所）
発行年月日	1992/
刊 ページ	Vol.32 No.6 223~233
発行	応用地質
キーワード	安全評価、地下水、トレーサー、年代測定
概要	放射性廃棄物の地層処分のためには、サイトの立地選定ならびに処分の安全評価という観点から、このような不均質な流れを基本とする岩盤内地下水流れを調査評価することが要求される。このため地下水調査技術としては、サイトを含む広い範囲での大きな水循環に基づいた地下水流れと、処分施設近傍での狭い範囲での地下水流れを把握する技術が必要となる。ここでは、まず地下水の流れを直接的に把握する目的で、今までに研究開発されてきた天然・人工物質を利用したトレーサー技術についてレビューし、電力中央研究所で研究開発中の4項目について概説する。

タイトル	22.地球化学的手法による地下水調査法の概要（深地層における地質環境評価技術の調査）
著者	馬原保典（電力中央研究所）
発行年月日	1994/
刊 ページ	Vol.8 No.2 235～241
発行	環境衛生工学研究
キーワード	岩盤割れ目、地下処分、地下水トレーサー、
概要	<p>廃棄物等の地下処分のためには、サイトの立地選定ならびに処分の環境影響評価という観点から、このような不均質な流れを調査評価することが要求される。このため地下水調査技術としては、サイトを含む広い範囲での大きな水循環に基づいた地下水流れと、処分施設近傍での地下水流れを把握する技術が必要となる。地下水の流れを直接的に把握するには、トレーサーを用いて地下水流れを追求する方法が有効である。ここでは、今までに研究開発されてきた天然・人工物質を利用したトレーサー技術についてレビューし、その中でも今後調査等において活用される機械が多くなると予想される地球化学的手法について概説する。</p>
タイトル	23.地下水年代決定法の検討（その3）溶存希ガスを活用した地下水流動評価法の提案（深地層における地質環境評価技術の調査）
著者	馬原保典（電力中央研究所）
発行年月日	1994/10/24
刊 ページ	243～274
発行	
キーワード	地下水年代、溶存希ガス、熊本平野、ヘリウム同位体比、放射壊変ヘリウム
概要	<p>低、高レベル放射性廃棄物の浅層、深層処分、また一般廃棄物の埋め立て処分に伴う環境影響評価あるいは地下水資源の開発のためには、対象地域での局所的な地下水の流れだけでなく、対象地点を含む広い範囲での地下水のマクロな流動状況の把握が是非とも必要となる。このための調査方法の一つとして、地下水の水質を調べることによって地下水の流動を把握しようとする技術開発の試みが近年盛んとなっている。地下水の適切な水質因子を選択すれば、地下水を包蔵する周辺岩盤の環境条件をも推定することが可能となる。その意味では、地下水に溶存している物質は天然のトレーサーと考えることができる。</p>
タイトル	24.三島溶岩流内地下水の年代について（深地層における地質環境評価技術の調査）
著者	馬原保典、五十嵐敏文（電力中央研究所）、 田中靖治（電力中央研究所）
発行年月日	1993/
刊 ページ	Vol.35 No.3
発行	地下水学会誌
キーワード	Dating groundwater, tritium, tritiogenic helium - 3, stable isotopes, Mishima Lava Flow
概要	<p>廃棄物処分の環境影響評価ならびに地下水資源の開発においては、降水を含めた大きな水の循環を把握することが重要である。その際、水の循環速度とりわけ地下での水の滞留時間と地下での異なる滞留時間の地下水の混合割合を知ることは、地下水流動評価の上できわめて意義深いことである。このため一つの方法として、地下水の水質を調べることによって地下水の流動を把握しようとする新しい技術開発の試みが近年盛んとなっている。地下水の適切な水質因子を選択すれば、地下水を包蔵する周辺岩盤の環境条件をも推定することが可能となる。その意味では、地下水に溶存している物質は天然のトレーサーと考えることができる。</p>

タイトル	25.我が国における地盤の透水性に関する調査・研究（その1）各岩種における透水係数の収集・解析
著者	柳沢孝一・古屋和夫・大澤英昭・若松尚則・梅田浩司（動燃事業団）
発行年月日	1992/7
刊 ページ	その1 1～66
発行	動力炉・各燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	放射性廃棄物処分システム、地下深部、人工バリア、放射性核種、透水性、
概要	放射性廃棄物処分システムの長期性能を評価するために地表から地下深部にわたる広範な領域の水理・水文システムを対象として行われている。これらの研究は人工バリア周辺の特性から人間環境に至るまでの領域の水理特性を把握すること、さらにその経路において放射性核種がどのような挙動（移動、分散、拡散、吸着）をするかについてのメカニズムを解析することが課題とされている。
タイトル	26.地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について（1）気候変動と海面変動
著者	清水和彦（動燃事業団）
発行年月日	1991/3
刊 ページ	1～15
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層処分、廃棄物に対する封じ込め、放射能、隔離性能、処分システムの評価
概要	地層処分研究開発の目標である「地層処分の安全確保の仕組みの実証と必要な技術の確立」を行うためには、天然の地質環境が保有する隔離性能すなわち廃棄物に対する封じ込め能力を的確に評価する必要がある。隔離性能が保持されるべき期間は、廃棄物中の放射能が十分に減水するまでの期間、すなわち有限ではあるが極めて長い期間である。その間自然界には様々な変化や現象の発生が予想され、それによって地質環境は物理的にもあるいは化学的にも変化していく可能性がある。したがって、処分システムの長期的安全性を示すためには、予想される地質環境の変化を予測・評価し、それが隔離性能にどのような影響を及ぼすかを正當に評価する必要がある。
タイトル	27.地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について（2）火山活動
著者	石丸恒存、清水和彦（動燃事業団）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	1～23
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層処分、隔離性能、地質環境、処分システム、放射性廃棄物、
概要	地層処分研究開発の目標である「地層処分の実現可能性を示す」ためには、天然の地質環境が保有する隔離性能（放射性廃棄物に対する封じ込め能力）を的確に評価する必要がある。この隔離性能が保持されるべき期間は、その間、自然界には様々な変化や現象の発生が予想され、それによって地質環境は物理的にも化学的にも変化していく。したがって、処分システムの長期安全性を示すためには、将来に起こり得る地質環境の変化を予測し、それが放射性廃棄物に対する隔離性能にどのような影響を及ぼすかを評価する必要がある。本研究の最終目標は、天然事象による処分システムへの影響を評価することであるが、評価の対象となる場所や期間をあるていど限定しないと定量的な評価を行うことは難しい。

タイトル	28.き裂ネットワーク水理物質移行モデルの開発
著者	内田雅大、沢田淳（動燃事業団）
発行年月日	1994/6
刊 ページ	動燃技報・ No.90別刷 74～82
発行	動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所
キーワード	花崗岩、亀裂状媒体、核種、移流・分散・収着・マトリクス拡散・亀裂ネットワークモデル、
概要	花崗岩をはじめとするき裂状媒体においては、核種の移行はき裂に沿って起きると考えられている。き裂状媒体における核種の移行は移流・分散・収着・マトリクス拡散によって支配されると考えられているが、これらはき裂の幾何学的形状と深く関連するため、核種移行の評価に当たってはき裂の幾何学的形状を何らかの形で考慮する必要がある。き裂ネットワークモデルの1つの利点は、従来の連続モデルに比べ、地質学的データを直接モデルに反映することができモデルの信頼性を向上させることが可能な点である。
タイトル	29.高レベル放射性廃棄物の地層処分における緩衝材中の水分の気・液二相移動
著者	竹内真司、原啓二（動燃事業団）
発行年月日	1994/3
刊 ページ	動燃技報 No.89 別刷 57～62
発行	動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所
キーワード	人工バリア、圧縮ベントナイト、地下水の浸入、乾燥密度依存性、温度依存性
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分において、処分初期の緩衝材中で予想される熱-水-応力連成現象の解析に資するため、このうち水分移動に関して圧縮ベントナイトの水分ポテンシャルおよび水分拡散係数を測定し、乾燥密度および温度による変化を調べた。その結果、水分ポテンシャルおよび水分拡散係数は、顕著な乾燥密度依存性および温度依存性を示した。また実験値の水分拡散係数は理論式から求めた水分拡散係数と一致し、圧縮ベントナイト中の水蒸気と液状水の二相移動を証明した。
タイトル	30.釜石鉱山250mレベル坑道における割れ目特性の予察的調査（公開資料）
著者	笹本広、北山真、佐藤稔紀、吉田英一、太田久仁雄、野原壮、武田精悦（動燃事業団）
発行年月日	1993/10
刊 ページ	1～64
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	釜石鉱山、栗橋花崗閃緑岩
概要	動燃事業団は、岩手県釜石市の釜石鉱山の既存坑道を利用し、昭和63年度より原位置試験を実施している。試験期間は、第1フェーズ（昭和63年3月～平成5年3月）および第2フェーズ（平成5年4月～平成10年3月）の10年間である。釜石鉱山における原位置試験は、当鉱山に分布する栗橋花崗閃緑岩を対象としている。第1フェーズでは、同岩体中に掘削された550mレベル坑道で原位置試験を実施した。第2フェーズでは、「地質環境特性や現象の深度依存性を把握する」ことを試験目的の一つとすることから、550mレベル坑道に加え、同じく栗橋花崗閃緑岩中に掘削された250mレベル坑道においても原位置試験を実施する予定である。

タイトル	31.ボアホールレーダーによる結晶質岩盤中の割れ目調査 釜石鉱山原位置試験場における調査について
著者	仙波毅、尾方伸久、長谷川健（動燃事業団）岩崎浩（日鉄鉱業株）渡辺邦夫（埼玉大工学部）
発行年月日	1992/3
刊 ページ	1～15
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	結晶質岩盤、地下水、透水性、釜石鉱山、花崗岩
概要	動力炉・核燃料開発事業団では結晶質岩の1つである花崗岩中の地下水の流れの評価技術の開発を行っている。地下水の流れを把握するためには割れ目帯の空間的広がりやその規模を明確にする必要がある。そのための調査技術開発の一環として、事業団ではOECD/NEAストリーパ計画で開発された試錐孔レーダシステム（RAMAC）を導入し、日本の岩盤に対する適用試験を行っている。試錐孔内用レーダシステムの、日本の岩盤における適用試験の一環として、東濃地域の花崗岩よりもさらに年代の古い釜石鉱山の花崗岩において掘削された試錐孔を用いてクロスホール調査を行ったので、その結果について報告する。
タイトル	32.我が国における地下水の水質に関するデータの収集・解析
著者	瀬尾俊弘、清水和彦（動燃事業団）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	1～43
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所 環境地質課
キーワード	物理的特性、水理学的特性、化学的特性、地球化学的特性、地下水データワークシート
概要	我が国における地下水の水質を概略的に把握することを目的として、文献調査によるデータの収集および解析を行ったものである。調査は（1）過去36年間に公開された我が国の地下水に関する文献の収集、（2）収集文献からの有効データの抽出・データファイル化、（3）データファイルを用いた解析、の順で行った。データの解析は、（1）我が国における地下水水質の概略的な特徴の把握、（2）我が国における地下水の水質を規制している要因の把握、（3）地下水水質と貯留母岩との関係の把握、に重点を置いて行った。また、これらの解析に先立ち、（4）収集したデータ自体の質や特徴についての検討を行った
タイトル	33.文献調査による我が国の岩石の物理的特性に関するデータの収集
著者	佐藤稔紀、石丸恒存、杉原弘造、清水和彦（動燃事業団）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	1～36
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下利用、水理特性、岩盤の強度、変形、クリープ特性、
概要	我が国の地質環境の特性を把握することは、地下利用を進めていく上で重要である。例えば、地熱開発においては、岩石の水理特性や熱特性値が必要となる。また、地下構造物の設計、建設等の施工条件を検討する上では、岩盤の強度や変形性、クリープ特性等の力学的特性値が必要となる。本調査は、岩石の物理的特性に関する文献調査を全国規模で行い、物理的特性が岩種別によどのような範囲を持つのかを把握すること、さらに、今後どのような物理的特性に関するデータの収集が必要となるのかを検討することを目的として実施した。

タイトル	34.多変量統計解析手法を用いた結晶質岩盤の割れ目解析
著者	尾方伸久、大沢英昭、仙波毅、柳沢孝一（動燃事業団）
発行年月日	1992/2
刊 ページ	1～39
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下深部岩盤、地下水、モデル化、花崗岩、 岐阜県瑞浪市、
概要	花崗岩中の割れ目に着目し、それと透水係数との関係を明らかにするため多変量解析の手法による解析を試みたので、その結果について報告する。用いたデータは岐阜県の花崗岩中に掘削された深層試験孔AN-86-001（掘削深度1000m、以下AN-1号と呼ぶ）とAN-87-003（掘削深度408m、以下AN-3号孔と呼ぶ）において実施された、物理検層、BTV、岩芯観察（割れ目分類）、透水試験などの試験結果である。
タイトル	35.難透水性岩石を対象とした室内透水試験装置の開発
著者	中野勝志、斉藤章、花木達美（動燃事業団）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	1～21
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層処分、 岩盤、 地下水、 難透水性岩盤、 三城目安山岩、 土岐花崗岩、
概要	地層処分研究においては非常に長期間にわたる岩盤注の地下水の流れを予測することが必要となる。このような長期間の地下水流動を考える場合には、対象となる時間を考慮すると、従来、不透水層あるいは半透水層のように取り扱われてきた難透水性岩盤（ $1 \times 10^{-6}$ c m/sec以下）中の地下水の流れも評価しなければならない。岩盤の透水性を評価する方法として、室内又は原位置における透水試験があるが、透水性の低い領域における試験方法に関しては事例の少ないこともあり、その精度については十分な検討がなされていない。
タイトル	36.性能評価研究における地球科学の役割に関する一考察（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
著者	武田精悦（動燃事業団）
発行年月日	1991/3/28～30
刊 ページ	16～16
発行	動燃事業団
キーワード	地層処分システム、モデル、天然現象、瑞浪層群、ウラン鉱床、瀬戸層群、
概要	地層処分システムの安全性が確保されることを示すためには性能評価を行うことが必要である。ファーフィールド性能評価が現実性を持つものであるためには、そのモデルが天然における現象と密接にリンクしていなければならない。例えば最近も、「過去の事象の研究によって得られる情報の不確実性は、将来予測のための数学モデルの中にも同程度含まれることになる」との議論（Come & Chapman, 1990）などがなされている。これは見方を変えれば、評価モデルの内容・体系の妥当性を決定するのに天然での現象の観察やデータが大きく寄与できる可能性のあることを意味する。このような観点から、ここでは天然現象の観察から得られる情報と性能評価シナリオとの関係の一例について紹介する。

タイトル	37.立坑掘削影響試験(1) 力学的・水理学的特性の変化(動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集)
著者	松井裕哉、杉原弘造、吉岡尚也(動燃事業団)
発行年月日	1991/10/15~18
刊 ページ	23~23
発行	(社)日本原子力学会「1991 秋の大会」
キーワード	岩盤、東濃地域、岩盤の変形特性、透水性、力学・水理連成解析
概要	坑道掘削に伴う岩盤の影響領域を把握するための原位置試験として、東濃地域において150mの立坑を掘削している。前回の原子力学会においては、本試験の全体計画について述べた。今回は実測結果に基づいた掘削影響領域の力学的・水理学的特性変化について述べる。

タイトル	38.立坑掘削影響試験(動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集)
著者	杉原弘造(動燃事業団)
発行年月日	
刊 ページ	24~64
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	岩盤、地層処分、人工バリア、東濃、岩盤モデル、
概要	岩盤に立坑や水平坑道などの空洞を掘削すると、周辺岩盤が力学的、水理学的に影響を受けると考えられる。これらの影響を定量的に評価し、そのメカニズムを明らかにすることは、将来の地層処分場の設計、閉鎖技術の開発に重要な情報を与える意味で、また、地層処分システムにおける人工バリア性能評価の境界条件を設定する上で重要である。さらに、地下水流動に関する研究において、地下に坑道を掘削することは、その予測モデルの検証という重要な意味を持っている。このような観点から、動力炉・核燃料開発事業団では、岐阜県にある中部事業所の東濃鉱山(図-1)において、堆積岩盤中に実規模の立坑を掘削し、これにより引き起こされる上記のような影響に関する研究を行っている。

タイトル	39.東濃地域における立坑掘削影響試験全体計画(動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集)
著者	杉原弘造、吉岡尚也、柳沢孝一、松井裕哉(動燃事業団)
発行年月日	1991/3/28~30
刊 ページ	65~65
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	地下空間、東濃鉱山、岩盤挙動調査、水理調査
概要	岩盤における立坑や水平坑道などの掘削は、岩盤本来の力学的、水理学的特性に影響を与え、坑道周辺の水理環境の変化を促し地下水流動に影響を与える。立坑掘削影響試験では、これらの現象を定期的に把握、評価することを目的としている。このような研究は、地下空間を効果的に利用し、地下施設的设计、建築などを適切に行うために、重要かつ有益な情報を与える。

タイトル	40.立坑掘削影響試験 (III) 立坑掘削に伴う水理学的影響予測解析 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集)
著者	今井久、柳沢孝一 (動燃事業団)
発行年月日	1991/10/15~18
刊 ページ	67~67
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下水流動、 モデル、 不透水性岩盤
概要	地下水流動に関する重要な研究として、モデルによる予測解析がある。この観点から、立坑周辺の表層部および下部岩盤の水理学的調査より作成した水理地質モデルを基に、立坑周辺岩盤に賦存する地下水への立坑掘削の影響を立坑掘削前・中・後に応じて非定常の地下水流動予測解析を行った。ここでその予測解析結果について報告する。
タイトル	41.立坑掘削の地下水流動影響予測解析 動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集)
著者	今井久、柳沢孝一、大澤英昭 (動燃事業団) 渡辺邦夫 (埼玉大工学部)
発行年月日	1990
刊 ページ	68~72
発行	動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表
キーワード	大深度地下空間、 東濃鉱山、 水理地質構造モデル、
概要	大深度地下空間の有効利用に関する期待に伴い、これら実現のための研究課題として地下空洞掘削による周辺岩盤内の水理的・力学的影響を定量的に評価するシステム確立の必要性があげられる。動力炉・核燃料開発事業団では仕上がり内径6m深度150mの立坑を掘削し立坑掘削の周辺岩盤内に与える水理的・力学的影響を定量的に評価するための立坑掘削影響試験を実施している。今回、立坑掘削の水理学的影響について事前調査計測を基に予測解析を実施した。ここで、この予測数値解析結果について報告する。
タイトル	42.瀬戸層群分布域における表層部未固結層から21.下層泥岩・砂岩層への涵養量の算定 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集)
著者	中島誠、中野勝志、柳沢孝一、嶋田純 (動燃事業団)
発行年月日	
刊 ページ	73~76
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	東濃鉱山、地下水、 花崗岩、
概要	岩盤中の地下水流動解析を行うためには、地表から地下への地下水涵養量を明らかにしなければならない。今回は、東濃鉱山周辺の表層部に広く分布する未固結層から下層泥岩・砂岩層への地下水涵養を推定することを目的として、表層水理観測による水収支の検討を行った。また、泥岩・砂岩層中での間隙水圧測定結果をもとに地下水涵養量推定値の妥当性について検討することを試みた。

タイトル	43.岩盤浸透流解析の涵養量の算定について（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
著者	中島誠、斉藤章、柳沢孝一（動燃事業団） 渡辺邦夫（埼玉大学工学部）
発行年月日	
刊 ページ	77～81
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	大深度地下開発、 地下空洞掘削、 周辺岩盤、
概要	近年、大深度地下開発に関する大きなプロジェクトが幾つか計画されているが、これらの研究開発課題の一つとして、地下空洞掘削に伴う周辺岩盤の水理学的影響の評価が挙げられる。動力炉・核燃料開発事業団中部事業所では、仕上がり直径6m、深さ150mの立坑を掘削し、実規模の立坑掘削時の周辺岩盤の地下水の挙動把握を目的とした水理学的状況変化の計測調査を実施している。本報では、岩盤浸透流解析における上部境界条件の設定を目的として行った表層部（未固結層）から下層（岩盤）への涵養量の算定結果について述べる。

タイトル	44.表層部における水収支の調査研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991年）
著者	中野勝志、中島誠、柳沢孝一（動燃事業団）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	動燃技法No.78 82～89
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地下水、 モデル化、 岩盤の間隙水圧、 東濃鉱山
概要	地下水の流動特性を把握する調査は、調査の対象となる範囲が広く深いこと、調査する期間が長くなるなどの特徴があり、帯水尽の連続性や透水性あるいは涵養機構の把握は難しく、また時々刻々変化する地下水の流動特性についても降雨特性、地形、水理地質状況、河川や湖沼などの分布特性によって変動することが予想される。そのため地下水流動特性を把握するには、対象流域内の地下水の流れの全体的な特性が失われないよう配慮しながら地形、水理地質構造、降雨量、河川流失量等の場の条件を地形判読、地表調査、試錐調査、気象観測などの調査結果を基に簡素化、モデル化することが必要である。

タイトル	45.立坑掘削影響試験（II）立坑周辺に分布する難透水性岩盤の透水性と比抵抗値について（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集）
著者	尾方伸久、中野勝志、大澤英昭、柳沢孝一（動燃事業団）
発行年月日	1991/10/15～18
刊 ページ	90
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	深部岩盤、 透水係数、 比抵抗値
概要	深部岩盤の水理学的特性を評価するためには、透水係数を原位置において正確に把握することが重要である。しかしながら、本地域に分布する岩盤の透水性は極めて低く、それを対象とした原位置透水試験は多大な時間と経費がかかり、計測区間も不連続となる。これに対し物理検層は岩盤の諸物性を迅速かつ連続的に計測できるという特徴をもっている。したがって、検層解析結果と透水試験結果を組み合わせることにより岩盤の連続的な水理学的特性が評価できる可能性がある。今回は、堆積岩で行った物理検層の一つである電気検層と原位置透水試験の結果との関係について検討した。

タイトル	46.堆積岩岩盤における水理学的特性調査（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
著者	尾方伸久、中野勝志、大澤秀和、柳沢孝一（動燃事業団）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	91～94
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下深部岩盤、原位置透水試験、
概要	近年、地下深部岩盤を対象とした様々な地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の一つに地下水流動に関する問題があり、地下深部岩盤の透水係数分布をいかに正確に把握するかが、地下水流動解析結果の信頼性を大きく左右する。しかし試験孔を利用した原位置透水試験による水理学的データの取得には多大の時間と経費を必要とする。このため動燃事業団では、立坑掘削影響試験の一環として実施された岩芯観察結果や試験孔を利用した物理検層のうち電気検層結果、及び原位置透水試験結果を利用して岩相の見掛比抵抗分布より水理学的特性を推定する手法を検討した、
タイトル	47.現地調査にもとづく成層堆積岩の層厚の地盤統計的推定（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
著者	大西有三、田中誠（京都大学）大澤英昭（動燃事業団）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	95～103
発行	動力炉・核開発事業団 中部事業所
キーワード	地盤統計手法、
概要	これまで鉱山工学の分野において用いられてきた地盤統計手法なる手法を用いて、有限個の現地調査の結果から、堆積岩の層厚の水平方向分布を推定することを試みた。これによって、従来経験的にしか行えなかった調査結果の補間を、数学的な根拠にのっとって合理的に行うことができることを明らかにするとともに、同手法の地盤工学への適用性についての考察を行った。
タイトル	48.岩盤の水理学的特性の評価システム 東濃鉱山をテストサイトとして（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
著者	柳沢孝一、今井久、古屋和夫（動燃事業団）渡辺邦夫（埼玉大工学部）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	115～118
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地下深部岩盤、東濃ウラン鉱山、
概要	近年、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の一つとして地下水流動に関する問題があり、地下設計・建設などを適切に行うためにも、立坑や水平坑道などの掘削による周辺岩盤に含まれる地下水への影響を性格に把握することが重要である。このため、動力炉・核燃料開発事業団では、立坑掘削影響試験として岐阜県土岐市中部事業所東濃ウラン鉱山敷地内に立坑を掘削し、立坑掘削に伴う周辺岩盤の水理学的影響を評価し、また、水理学的調査解析システムを確立するために実規模の原位置試験を実施した。

タイトル	49.我が国の水理学的環境把握のための水理解析 東濃地域を例にして (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991)
著者	柳沢孝一、今井久、大澤英昭、中島誠 (動燃事業団)
発行年月日	1992/6
刊 ページ	127~127
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	東濃地区、 地下深部の動水勾配、
概要	地質環境条件にかかわる研究の重要な課題の一つとして水理学的環境の把握があげられる。ここでは中部日本・東濃地区を対象とし、大スケールから小スケールの地形モデル・水理地質モデルにもとづく3次元飽和不飽和地下水流動解析 (使用コードTAGSAC) を実施し、性能評価を伴う上で必要不可欠なパラメータである地下深部の動水勾配について検討した。

タイトル	50.東濃地域における立坑掘削影響試験立坑掘削に伴う水理学的影響調査研究の概要 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991)
著者	柳沢孝一、杉原弘造、斉藤章、大澤英昭、今井久 (動燃事業団)
発行年月日	1991/3/28~30
刊 ページ	128~128
発行	動力炉・隔年両開発事業団中部事業所
キーワード	岩盤、 地下水、東濃鉦山
概要	近年、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が注目されている。これに係わる技術的課題の一つに地下水流動問題があり地下施設の設計・建設などを適切に行うためにも、立坑や水平坑道などの掘削による岩盤および周辺岩盤中に含まれる地下水への影響を正確に把握することが重要である。このため現在動燃事業団・中部事業所では立坑掘削影響試験として東濃鉦山敷地内に仕上がり内径6m・深さ150mの立坑を掘削し、この中で実規模の立坑掘削時の周辺岩盤の地下水の挙動の把握を目的とした原位置試験を実施し、立坑周辺の地下水の流動評価をおこなうべく以下の調査解析を実施している。

タイトル	51.地球化学的な現象 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991)
著者	山川稔 (動燃事業団)
発行年月日	1992/6
刊 ページ	139~144
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	放射性核種、 地層と地下水、 長期隔離性能、 東濃ウラン鉦床、 花崗岩
概要	地球の表層部で見られる物質収支は、ほとんど水を媒介して起こっていて、水の存在がそこで行われる化学反応を特徴づけている。このような地球科学的プロセスにおいて、放射性核種の挙動を種として支配するものは、核種の化学的性質とそそれらの核種がおかれうる地質環境 (地層と地下水) 下での相互作用における地球化学的な現象である。本報告書では、実際の地質環境下での、天然ウラン系核種の緩慢な地球化学的な現象を中心にした視点で、特に地層の長期核種保持能力 (長期隔離性能) について、我が国で殆ど唯一の堆積ウラン鉦床 (東濃ウラン鉦床) を対象に、地質学的時間一空間スケールの枠組のなかで紹介する。

タイトル	52.粘土質岩コアサンプルを用いたU-233の遅延係数の測定と固定状況の観察（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
著者	吉田秀一（動燃事業団） M.Monsecour（ベルギー・モル原子力研究所）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	157～157
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	ベルギー・モル原子力研究所、 堆積構造等の水の流れ、 粘土質岩
概要	堆積岩中核種移行性能評価モデルの検証と移行に係わる性能評価パラメータの取得並びに堆積岩中核種移行現象解明のために、動力炉・核燃料開発事業団は、1987年より5ヶ年計画でベルギー・モル原子力研究所(SCK/CEN)との「粘土質岩中の核種移行試験・研究」に関する共同研究を進めている。本共同研究の対象となっている粘土質岩(Boom clay)は、イラスト・スメクタイト等の粘土鉱物を主とする緻密な岩石である。特に今回このような粘土質岩の核種移行に係わる特性を解明するために、室内における233Uを用いた核種移行試験を実施した。
タイトル	53.岐阜県東濃地域におけるウラン系列核種の挙動とナチュラルアナログとしての有用性（動燃事業 団中部事業所地層科学研究外部発表集 1991）
著者	金井豊、坂巻幸雄（地質調査所） 瀬尾俊弘（動燃事業団）
発行年月日	1992/6
刊 ページ	167～178
発行	（地質調査所月報） 動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	東濃鉱山、 深層地下水、 水質、 放射性廃棄物、 ラジウム、 ウラン
概要	東濃鉱山及びその周辺地域の地表水・地下水の水質を調査し、その中のウラン系列核種（238U、234U、226Ra、222Rn）の挙動、関係などを調べ、ナチュラルアナログとしての有用性を考察・検討した。その結果、（1）坑内のボーリング湧水中のウラン(238U)は、低濃度であり、深層地下水の水質が還元的でPHも高いことからウランの溶解度が低く、従って移動性が乏しくなっていることを示す。高レベル放射性廃棄物の処理においてもこのような安定した還元環境の保持が重要と考えられる。（2）ラジウム(236Ra)はウラン濃度の高い水において高濃度となる傾向が認められたが、ウランから計算される放射平衡量のラジウムよりもはるかに多く、水系中のラジウムはウランよりも移動し易いことが実証された。
タイトル	54.東濃地域における深部地下水の地球化学的研究（11）（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991）
著者	太田久仁雄、瀬尾俊弘（動燃事業団）
発行年月日	19912/6
刊 ページ	181～181
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	深部地下水、 人工バリア、 地層処分システム、 東濃鉱山、 瑞浪
概要	深部地下水の地球化学的特性を正しく把握することは、地層処分システムにおける天然バリアの性能評価、とりわけ人工バリア材との相互作用や核種の化学的挙動を評価する上で極めて重要である。また、立坑等の坑道掘削の影響により岩盤本来の水理的環境条件、特に坑道周辺における地下水の流動状況の変化が想定され、これによって地下水の地球化学的特性にも変化が生じる可能性がある。本研究は現在、岐阜県東濃鉱山に「掘削中の立坑周辺における地下水の地球化学的特性を明らかにし、掘削前、掘削中及び掘削後におけるその特性変化を把握することによって、地下水の流動状況や地球科学的条件の掘削による変化を捉えることを目的としている。今回は、初期条件としての掘削影響前の地下水の化学組成について得られた知見を報告する。

タイトル	55.地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について (1) 気候変動と海面変動 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集 1991)
著者	清水和彦、石丸恒存 (動燃事業団)
発行年月日	1992/6
刊 ページ	183~183
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地層処分システム、地球環境問題、
概要	地層処分システムの安全性を示すためには、地質環境が保有する長期的な隔離性能を評価しなければならない。評価の対象となる期間は、千年、万年オーダーの超長期にわたると考えられるため、その間に発生し得る様々な天然事象について、その発生の可能性や地質環境への影響を十分に考慮する必要がある。考慮すべき天然事象は広範囲に及ぶが、ここではそれらの内、気候変動及びこれに伴う海面変動について調査を行った。
タイトル	56.難透水性岩石を対象とした室内透水試験 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集 1991)
著者	中野勝志、斉藤章、西垣誠 (動燃事業団)
発行年月日	1992/6
刊 ページ	185~195
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	応力、間隙圧、試験装置、試験方法、室内実験、測定、地下水、透水性、飽和
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分施設の設計に際しては、非常に長期間に亘る岩盤中の地下水の流れを予測することが必要となる。また、近年問題となってきた地下水汚染に関しても、汚染水の残留が非常に長期に亘ることから半永久的な地下水の管理が必要となる。このような長期間の地下水流動を考える場合には、対象となる時間を考慮すると、従来不透水層あるいは半透水層のように取り扱われてきた難透水性材料(1*10 <sup>-6</sup> cm/s以下)の透水性も評価する必要が生じてくる。岩盤の透水性を評価する手法として、室内又は原位置における透水試験があるが、透水性の低い領域における試験方法に関しては経験の少ないこともあり、その精度については十分な検討が為されていない。事実、室内透水試験結果については多くの報告例があるものの、試験方法に関する記述は少なく、測定精度を除き皆無に近い。
タイトル	57.ボアホールレーダーによる花崗岩岩盤特性調査・ (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集)
著者	仙波毅、尾形伸久、長谷川健 (動燃事業団) 岩崎浩 (日鉄鉱業株) 渡辺邦夫 (埼玉大学工学部)
発行年月日	1992/6
刊 ページ	196~199
発行	動力炉・核燃料事業団中部事業所
キーワード	結晶質岩盤中、地下水、水理地質特性、透水性、釜石鉱山、クロスホール調査
概要	結晶質岩盤中では地下水は主に割れ目や割れ目帯を流れると考えられ、結晶質岩の水理地質特性を評価するためには、割れ目や割れ目帯すなわち「水みち」の位置・規模・その透水性を把握することが必要不可欠である。動力炉・核燃料開発事業団では、これらを非破壊で且つ3次元的に把握するための調査技術開発の一環として、スエーデン廃棄物管理公社 (SKB) が開発した試験孔内用レーダーシステム (RAMAC) を導入し、日本の岩盤における適用試験を実施してきた。本稿では、RAMACシステムの、日本の岩盤における適用試験の一環として、釜石鉱山・原位置試験場内に掘削された試験孔を用いてクロスホール調査を行った結果について報告する。

タイトル	58.パッカー式地下水サンプラーの開発 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1991)
著者	柳澤孝一、中野勝志、瀬尾俊弘(動燃事業団) 細堀健司 (基礎地盤コンサルツ株) 西垣誠 (岡山 大工学部)
発行年月日	1992/6
刊 ページ	200~203
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	深部岩盤中、地下水問題、ダブルパッカー方式、BAT式地下水モニターシステム
概要	地下空間利用における技術課題の一つに深部岩盤中の地下水問題がある。この地下水問題は透水係数の測定等物理的問題と、地下水の水質の把握等の地球化学的問題に大きく分けられ、特に地球化学的問題の解決に際しては地下深部の真の地下水(試錐掘削水等の影響を受けずに岩盤中に本来存在する地下水)を採取することが必要不可欠である。この問題を解決するために、動力炉・核燃料開発事業団ではBAT式地下水モニターシステムを改良し、深部岩盤対応の「パッカー式地下水サンプラー」を開発した。同装置ではダブルパッカー方式を採用し、試錐孔内に任意の閉鎖区間を設け、真の地下水を採取することが可能である。
タイトル	59.立坑掘削影響試験の目的と位置づけ (立坑掘削試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	湯差泰久 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	1~2
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	新第三系、堆積岩、地下構造物、東濃鉦山、岩盤の透水性、水理地質構造モデル
概要	今回実施した立坑掘削影響試験の目的は、新第三系の堆積岩中での立坑掘削に伴う地質環境に対する影響を定期的に把握・評価すること、および、掘削影響評価についての既存計測・解析手法の有効性を評価することである。本試験は地層科学研究の一環として行われた。地層科学研究は対象を堆積岩系と結晶質岩系に分けて実施しており、今回は新第三系の堆積岩を対象とした研究である。このような研究は、地下構造物の適切な設計・建設および安全性評価のために重要・不可欠な掘削影響についての情報を提供する。
タイトル	60.工事・調査概要 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	杉原弘造 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	3~8
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	東濃鉦山、力学的・水理学的影響、地下水流動、花崗岩、瑞浪層群、
概要	立坑掘削影響試験で掘削した立坑は、内径6mで深さ150mである。東濃鉦山において新第三系堆積岩中に掘削された。掘削工法は一般的な発破工法で、支保はショートステップにより施工された40cmの厚さのコンクリートである。立て坑には各種の計測のために長さ20mの2本の水平坑道と、既存坑道との連絡のために2本の水平坑道が設けられた。調査は、立坑掘削に伴う影響が周辺岩盤への力学的・水理学的影響と周辺地域の地下水流動への影響のふたつ、すなわち「岩盤挙動調査」と「水理調査」として実施した。また、水理調査のために設置した観測孔において採水を行い、研究対象地区の地化学的な調査も実施した。

タイトル	61.立坑周囲のゆるみ領域の力学的・水理学的計測・評価（1）変位・応力計測（立坑掘削影響試験 ワークショップ発表論文集 1992/12）
著者	佐藤稔紀、松井裕哉、杉原弘造（動燃事業団）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	9～20
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	周辺岩盤、地質、断層、き裂等の割れ目分布、覆工過程、深度
概要	本研究は、立坑掘削に伴う周辺岩盤の変形挙動と応力変化を計測し、数値解析結果と併せてゆるみ領域の評価を行った。その結果、立坑掘削に伴う周辺岩盤の変形挙動と応力変化は、 （1）地質、き裂に深く関係しており、（2）き裂頻度を考慮した物性値を用いることにより、弾塑性有限要素法解析で、ある程度の表現が可能であることが分かった。また、異なる4種類の方法で岩盤の初期応力を測定した。その結果、各手法の堆積岩への適用性が検討できた。
タイトル	62.立坑周囲のゆるみ領域の力学的・水理学的計測・評価（2）物性変化（立坑掘削影響試験 ワークショップ発表論文集 1992/12）
著者	松井裕哉、杉原弘造、佐藤稔紀（動燃事業団）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	21～32
発行	動力炉・各燃料開発事業団中部事業所
キーワード	変形特性、 透水特性、ポアホールスキャナー、孔壁観察、空洞周辺岩盤、地質状況、
概要	本研究では、新第三系の堆積岩を対象として立坑掘削に伴う周辺岩盤の諸特性（変形特性、透水特性）の変化を計測し・解析し、掘削影響の評価を行った。その結果、（1）取得されたデータを解析・評価した結果、立坑掘削によって特性変化の生じたと考えられる領域は、立坑壁面から1.3m程度（岩盤壁面から約1m程度）であると推定される。（2）取得した岩盤の力学的特性に関するデータからゆるみ領域を把握するために、永久変形係数を用い計測データの解析・評価を行った。その結果、永久変形係数は掘削影響を評価する上で一つの指標となることが示された。（3）弾性波トモグラフィにより地質構造を概略的に把握することができた。しかし、本研究で実施したような測点配置では、断層のような薄い低速度層や空洞などは検出できないことがわかった。
タイトル	63.立坑周辺地域の地下水流動の計測・評価（1）水理地質調査・観測（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集）
著者	中野勝志、尾形伸久、若松尚則、柳澤孝一（動燃事業団）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	33～42
発行	動力炉・各燃料開発事業団中部事業所
キーワード	周辺岩盤、地下水流動、深部岩盤、水理地質状況、
概要	水理地質調査・観測は、立坑掘削による周辺岩盤内の地下水流動に与える影響を把握するために設定した地下水流動特性評価システムの一環として、立坑掘削開始以前に調査対象地域の表層から深層部までの水理地質状況を把握すると共に、立坑区掘削前から掘削後における立坑周辺の間隙水圧分布や立坑への湧水量の変化を把握するために実施されている。本稿では、この調査・観測を対象となる深度によって表層部の水収支について調査・検討している表層水理調査と、試錐孔を利用して深部岩盤中の水理地質状況および間隙水圧などの長期的な変化を把握するために実施されている深部水理調査に区分し、それぞれ超歪で用いた調査手法や検討内容および調査結果について述べる。なお、今日までの調査・観測により表層水理調査において表層から下層への地下水函養量0.5mm/dayが推定された。

タイトル	64.立坑周辺地域の地下水流動の計測・評価（2）水理解析（立坑掘削影響試験ワークショップ 発表論文集1992/12）
著者	今井久、古屋和夫、大澤英昭、柳澤孝一（動燃事業団）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	43～52
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	周辺岩盤内地下水流動、水理地質構造、
概要	この研究は、立坑掘削による周辺岩盤内地下水流動への影響について、掘削前の水理・地質調査結果に基づき予測解析を行い、掘削前から掘削中、掘削後にわたる長期モニタリングにより得られたデータと予測解析結果を比較して予測解析の妥当性を検討し、さらに立坑掘削の地下水流動に与える影響および立坑周辺の水理地質構造について考察したものである。予測解析により立坑周辺の間隙水圧の非定常変化、立坑内及び既存の調査立坑・坑道内への湧水量の非定常変化を算定した。この結果、（1）掘削影響範囲は立坑から約100メートル以内である、（2）立坑内への湧水量は掘削終了時最大量30リットル/minとなる、（3）既存の調査坑・坑道内への湧水量に対する影響は小さい、という結果を得た。予測解析と長期モニタリングによる実測値は概ね良好な一致を示し、予測解析の妥当性を確認した。
タイトル	65.立坑周辺地域の地下水流動の計測・評価（3）採水調査（立坑掘削影響試験ワークショップ 発表論文集1992/12）
著者	瀬尾俊弘、濱克宏、太田久仁雄（動燃事業団）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	53～59
発行	動力炉・各燃料開発事業団中部事業所
キーワード	堆積岩、瀬戸層群、瑞浪層群、地球化学的特性、
概要	立坑周辺地域の地下水流動の計測・評価では、立坑掘削にともなって生じる地下水流動の変化を把握すること、およびその評価手法の確立を目的としている。このうち、採水調査では立坑周辺のおもに堆積岩（瀬戸層群および瑞浪層群）中の地下水を採取し、その地球化学的特性データを取得することによって、立坑掘削による地下水の地球化学的特性への影響の把握を行った。また、同時に立坑周辺の地下水の地球化学特性の三次元的分布の把握を行った。その結果、以下のことが明らかになった。（1）立坑掘削による地下水の地球化学的特性への影響は、現在までのところ認められていない。（2）立坑周辺の地下水の地球化学的特性は三次元的に系統的な分布を示す。（3）瑞浪層群中の地下水は降水起源であり、その最下部の地下水は一万数千年前の現在よりも寒い時期の降水が涵養したものと考えられる。
タイトル	66.立坑掘削影響試験（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文1992/12）
著者	杉原弘造（動燃事業団）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	A-2～A42
発行	動力炉・各燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層処分、人工バリア、予測モデルの検証、等濃鉱山、
概要	岩盤に立坑や水平坑道などの空洞を掘削すると、周辺岩盤が力学的、水理学的に影響を受けると考えられる。これらの影響を定量的に評価し、その発生メカニズムを明らかにすることは、将来の地層処分場の設計、建設、閉鎖技術の開発に重要な情報を与える意味で、また、地層処分システムにおける人工バリア性能評価の境界条件を設定する上で重要である。さらに、地下水流動に関する研究において、地下に坑道を掘削することは、その予測モデルの検証という重要な意味を持っている。

タイトル	67.新第三系堆積岩における坑掘削影響試験の概要(立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	杉原弘造、吉岡尚也、今井久、松井裕哉(動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	A-43~A52
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地下深部、新第三系の堆積岩盤中、東濃鉱山、
概要	岩盤に立坑などの空洞を掘削すると、周辺岩盤が力学的、水理学的に影響を受けると考えられる。これらの影響を定量的に評価し、その発生メカニズムを明らかにすることは、地下深部の構造物を設計・建設し、安全性を確保するうえで、重要である。動力炉・核燃料開発事業団核(以下、動燃という)では、新第三系の堆積岩盤中に立坑を掘削し、これにより引き起こされる影響の研究を行っている。動燃ではこの研究を立坑掘削影響試験(SEEプロジェクト=Shaft Excavation Effects Project)と名付けて、平成元年より開始した。この試験は、掘削影響を研究することを目的として、新たに立坑を掘削して行われている。このような試験は国内に例がなく、世界的にも花崗岩・岩塩・粘土を対象とした試験はあるものの、新第三系の堆積岩を対象とした例はない。
タイトル	68.立坑掘削影響試験(1)力学的・水理学的特性の変化(立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	松井裕哉、杉原弘造(動燃事業団)吉岡尚也(大林組)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	A-53
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	東濃、岩盤の変形特性、透水性、
概要	坑道掘削に伴う岩盤の影響領域を把握するための原位置試験として東濃地域において150mの立坑を掘削している。前回の原子力学会においては、本試験の全体計画について述べた。今回は実測結果に基づいた掘削影響領域の力学的・水理学的特性変化について述べる。
タイトル	69.立坑掘削に伴う応力再配分とその数値解析(立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	吉岡尚也、杉原弘造(動燃)木梨秀雄、畑浩二(大林組)井上朗(日本パブリック)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	A-54~A-58
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	乱されていない原位置岩盤には、自重等の作用により初期応力が存在する。このような初期応力を有した岩盤内に空洞を掘削すると、新たな力学的平衡状態に達しようとして空洞周辺の応力場が変化する。空洞周辺の初期応力場が変化していく現象を理解しておくことは、空洞の力学的な安定性を評価する上で有益な情報をもたらしてくれる。Sauerら(1981)は、空洞を掘削することより2重、3重に応力集中帯のシェルが形成されることを現場計測およびモデル実験から確認している。石田ら(1991)も、空洞掘削時にひずみを計測することにより、応力集中帯と、免圧帯が形成されることを確認している。これらの現場計測結果を総括すると、空洞が適切な支保設計のもとで掘削される場合の力学的な安定性は、空洞周辺の岩盤によって保たれているともいえる。

タイトル	70.弾性波トモグラフィによる地質構造調査 断層のある堆積岩盤への適用例 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
著者	杉原弘造、吉岡尚也 (動燃事業団) 森川隆三郎、川上純 (大成建設株)
発行年月日	1990/9 59~
刊 ページ	A-59~A63
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	東濃鉱山、弾性波トモグラフィ、ボーリング
概要	弾性波トモグラフィは、岩盤内部の構造や物性の分布を可視化できる調査技術として注目されている。解析手法については、各方面で盛んに研究が進められ、精度の高い解析が可能となっている。一方現場への適用性については、多くの実測事例をもとに検討する必要があるが、その数はまだ少なく十分な検討はなされていない。筆者等は、弾性波トモグラフィの原位置適用に関する一連の研究を行っている。今回は、砂岩・泥岩の互層および礫層から成る堆積岩盤において、4本のボーリングを用いて弾性波トモグラフィを実施し、地質構造調査への適用性について検討した。また、調査領域内にある断層の検出の可能性についても検討を行った。
タイトル	71.立坑掘削影響試験 多点式変位計による岩盤の変位調査 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	佐藤裕紀、松井裕哉、杉原弘造、吉岡尚也 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	64-66
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	岩盤、 地下水流動、
概要	坑道掘削に伴う岩盤や地下水流動への影響を把握するために、東濃地域において深度150mの立坑を掘削し、調査を行っている。これまでに原子力学会において、試験の全体計画や掘削影響領域の力学的・水理学的特性変化などについて報告した。今回は掘削に伴う岩盤の変化に関し、M3断面 (深度:113m) における計測結果を基に報告する。
タイトル	72.弾性波を用いた岩盤特性調査法の研究 断層のある堆積岩盤への弾性波トモグラフィの適用とモデル解析 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	長谷川健、仙波毅、杉原弘造 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	67-67
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	弾性波トモグラフィ、モデル解析、月吉断層、
概要	坑道を掘削すると、その周辺岩盤の特性が変化すると考えられ、地下空洞の設計・建設、空洞の安定性の評価上、岩盤特性の変化を研究することは重要である。今回、岩盤の特性を調査する手法の一つである弾性波トモグラフィの適用試験とモデル解析を実施したので、その結果について報告する。

タイトル	73.東濃地域における立坑掘削影響試験 立坑掘削に伴う水理学的影響調査研究の概要 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
著者	柳澤孝一、杉原弘造、斉藤章、大澤英昭、今井久、中島誠、尾形伸久、中野勝志、長谷川健、仙波毅 (動燃)
発行年月日	1991/3/28~30
刊 ページ	68~68
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	地下深部岩盤、原位置試験、立坑周辺の地下水の流動評価
概要	近年、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間計画が注目されている。これに係わる技術的課題の一つに地下水流動問題があり地下施設の設計・建設などを適切に行うためにも、立坑や水平坑道などの掘削による岩盤および周辺岩盤中に含まれる地下水への影響を正確に把握することが重要である。このため現在動燃事業団・中部事業所では立坑掘削影響試験として東濃鉱山敷地内に仕上がり内径6m・深さ150mの立坑を掘削し、この中で実規模の立坑掘削時の周辺岩盤の地下水の流動評価を行うべく以下の調査解析を実施している。
タイトル	74.立坑掘削影響試験 (II) 立坑周辺に分布する難透水性岩盤の透水性と比抵抗値について (立坑掘削影響試験ワークショップ 1992/12)
著者	尾形伸久、中野勝志、大澤英昭、柳澤孝一 (動燃事業団)
発行年月日	1991/10/15~18
刊 ページ	69~69
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	深部岩盤、透水性、水理地質構造モデル
概要	深部岩盤の水理学的特性を評価するためには、透水係数を原位置において正確に把握することが重要である。しかしながら、本地域に分布する岩盤の透水性は極めて低く、それを対象とした原位置透水試験は多大な時間と経費がかかり、計測区間も不連続となる。これに対し物理検層は岩盤の諸物性を迅速かつ連続的に計測できるという特徴を持っている。従って、検層解析結果と透水試験結果を組み合わせることにより岩盤の連続的な水理学的特性が評価できる可能性がある。今回は、堆積岩で行った物理検層の一つである電気検層と原位置透水試験の結果との関係について検討した。
タイトル	75.立坑掘削影響試験 (III) 立坑掘削に伴う水理学的影響予測解析 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
著者	今井久、柳澤孝一 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	70~70
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下水流動、モデル、不透水性岩盤、高透水性
概要	地下水流動に関する重要な研究として、モデルによる予測解析がある。この観点から、立坑周辺の表層部および地下岩盤の水理学的調査より作成した水理地質モデルを基に、立坑周辺岩盤に賦存する地下水への立坑掘削の影響を立坑掘削前・中・後に応じて非常な地下水流動予測解析を行った。ここでその予測解析結果について報告する。

タイトル	76. (52) 岩盤浸透流解析の涵養量の算定について (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	中島誠、斉藤章、柳澤孝一 (動燃事業団) 渡辺邦夫 (埼玉大工学部)
発行年月日	1992/12/
刊 ページ	71~75
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下空洞掘削、地下水岩盤浸透流解析、東濃鉱山
概要	近年、大深度地下開発に関する大きなプロジェクトが幾つか計画されているが、これらの研究開発課題の一つとして、地下空洞掘削に伴う周辺岩盤の水理学的影響の評価が挙げられる。動力炉・核燃料開発事業団中部事業所では、仕上がり直径6m、深さ150mの立坑を掘削し、実規模の立坑掘削時の周辺岩盤の地下水の挙動の把握を目的とした水理学的状況変化の計測調査を実施している。本報では、岩盤浸透流解析における上部境界条件の設定を目的として行った表層部 (未固結層) から下層 (岩盤) への涵養量の算定結果について述べる。
タイトル	77.立坑掘削の地下水流動影響予測解析 (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	今井久、柳澤孝一、大澤英昭 (動燃事業団) 渡辺邦夫 (埼玉大工学部)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	76~80
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下空洞掘削、水理学的影響、水理地質構造モデル
概要	大深度地下空間の有効利用に関する期待に伴い、これら実現のための研究課題として地下空洞掘削による周辺岩盤内の水理学的・力学的影響を定量的に評価するシステム確立の必要性があげられる。動力炉・核燃料開発事業団では仕上がり内径6m深度150mの立坑を掘削し、立坑掘削の周辺岩盤内に与える水理学的・力学的影響を定量的に評価するための立坑掘削影響試験を実施している。今回、立坑掘削の水理学的影響について事前調査計測結果を基に予測解析を実施した。ここで、この予測数値解析結果について報告する。
タイトル	78.岩盤内の水理学的特性の評価システム東濃鉱山をテストサイトとして (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	柳澤孝一、今井久、古屋和夫 (動燃事業団) 渡辺邦夫 (埼玉大工学部)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	81~84
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下深部岩盤、地下水流動、東濃ウラン鉱山
概要	近年、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の一つとして地下水流動に関する問題があり、地下施設の設計・建設などを適切に行うためにも、立坑や水平坑道などの掘削による周辺岩盤に含まれる地下水への影響を正確に把握することが重要である。このため、動力炉・核燃料開発事業団では、立坑掘削影響試験として岐阜県土岐市中部事業所東濃ウラン鉱山敷地内に立坑を掘削し、立坑掘削に伴う周辺岩盤の水理学的影響を評価し、また、水理学的調査解析システムを確立するために実規模の原位置試験を実施した。

タイトル	79.堆積岩岩盤における水理学的特性調査（立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12）
著者	尾形伸久、中野 勝志、大澤英昭、柳澤孝一（動燃事業団）西垣誠（岡山大工学部）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	85～88
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下深部岩盤、透水係数分布、 東濃鉱山
概要	近年、地下深部岩盤を対象とした様々な地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の一つに地下水流動に関する問題があり、地下深部岩盤の透水係数分布をいかに正確に把握するかが、地下水流動解析結果の信頼性を大きく左右する。しかし試錐孔を利用した原位置透水試験による水理学的データの取得には多大の時間と経費を必要とする。このため動燃事業団では、立坑掘削影響試験の一環として実施された岩芯観察結果や試錐孔を利用した物理検層のうち電気検層結果、及び原位置透水試験結果を利用して岩相分布、岩相の見掛比抵抗分布より水理学的特性を推定する手法を検討した。
タイトル	80. (75) 立坑掘削の地下水流動影響予測解析 (II)（立坑掘削影響試験ワークショップ論文発表集1992/12）
著者	今井久、柳澤孝一（動燃事業団） 渡辺邦夫（埼玉大工学部）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	89～93
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下空洞掘削、東濃鉱山、
概要	大深度地下空間の有効利用のための研究課題として、地下空洞掘削による周辺岩盤の水理的・力学的影響を定量的に評価するシステム確立の必要性があげられる。動力炉・核燃料開発事業団では岐阜県上岐市にある東濃鉱山に仕上がり内径6m深度150mの立坑を掘削し、立坑掘削の周辺岩盤に与える水理的・力学的影響を定量的に評価するための立坑掘削影響試験を実施している。前回、立坑掘削の水理学的影響について事前調査計測結果を基に実施した予測解析の結果について報告した。今回、掘削に伴い得られた実測値と、前回の予測解析結果の対比により予測解析の妥当性の検討を行ったので、ここに報告する。
タイトル	81.堆積岩の地質学的特性および透水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用（立坑掘削影響試験ワークショップ論文発表集）
著者	尾形伸久、大澤英昭、中野勝志、柳澤孝一（動燃事業団）西垣誠（岡山大工学部）
発行年月日	1992/12
刊 ページ	94～105
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	地層処分、地下深部岩盤、地形、水理地質構造、モデル化地下深部岩盤、 断層、東濃鉱山
概要	近年、地層処分等、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の一つに地下水流動に関する問題がある。地下深部岩盤中に存在する地下水の流れを評価するには、一般にコンピュータシミュレーション解析を行うが、この際地形や水理地質構造をいかに簡略化しモデル化するか、境界条件や透水係数などの水理定数をいかに現実に促した妥当な値に設定するのが重要な課題となる。特に地下深部岩盤の透水係数分布をいかに正確に把握するかが、地下水流動解析結果の信頼性を大きく左右する。しかし一般に、試錐孔を利用した原位置透水試験による水理学的データの取得には、多大の時間と経費を必要とする。また、断層等の水理地質構造的に脆弱な部分は、一般に岩芯の回収率が低く、岩芯による室内透水試験も不可能なことが多い。

タイトル	82.立坑掘削に伴う地下水流動影響調査研究 東濃ウラン鉱山試験立坑を例として (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
著者	柳澤孝一、今井久、尾形伸久、大澤英昭 (動燃事業団) 渡辺邦夫 (埼玉大工学部)
発行年月日	1992
刊 ページ	108~126
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	立坑、水理地質構造モデル、地下水流動解析、
概要	近年、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の一つとして地下水流動に関する問題があり、地下施設の設計・建設などを適切に行うためにも、立坑や水平坑道などの掘削による周辺岩盤内の地下水への影響を正確に把握することが重要となっている。このため、動力炉・核燃料開発事業団では、立坑掘削影響試験として岐阜県土岐市中部事業所東濃鉱山敷地内に仕上がり内径6m・深さ150mの立坑を掘削し、立坑掘削に伴う周辺岩盤への水理学的・力学的影響について実規模の原位置により調査研究を進めている。
タイトル	83.東濃地域における深部地下水の地球化学的研究 (II) (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	太田久仁雄、瀬尾俊弘 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	127~127
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地下深部、地層処分システム、天然バリア、人工バリア、東濃鉱山、瑞浪層群
概要	深部地下水の地球化学的特性を正しく把握することは、地層処分システムにおける天然バリアの性能評価、とりわけ人工バリア材との相互作用や核種の化学的挙動を評価する上で極めて重要である。また、立坑等の坑道掘削の影響により岩盤本来の水理学的環境条件、特に坑道周辺における地下水の流動状況の変化が想定され、これによって地下水の地球化学的特性にも変化が生じる可能性がある。本研究は現在、岐阜県東濃鉱山に掘削中の立坑周辺における地下水の地球化学的特性を明らかにし、掘削前、掘削中及び掘削後におけるその特性変化を把握することによって、地下水の流動状況や地球化学的条件の掘削による変化を捉えることを目的としている。今回は、初期条件としての掘削影響前の地下水の化学組成について得られた知見を報告する。
タイトル	84.東濃地域における深部地下水の地球化学的研究 (III) 地下水の起源・年齢について (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
著者	太田久仁雄、瀬尾俊弘 (動燃事業団) 水谷義彦 (岡山大理学部)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	128~128
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地層処分、人工バリア材、東濃地域の地下水、瑞浪層群、 花崗岩
概要	地層処分に関する研究開発を進める上で、人工バリア材の化学的安定性や、地層中における核種の化学的挙を直接的に支配する要因である、深部地下水の地球化学的特性を把握することは重要である。動燃事業団では、(1)東濃地域の地下水の地球化学的特性およびその三次元的分布の把握、(2)地下水の起源、年齢および流動状況の解明を目的として、地下水に関する調査・研究を実施している。今回は、地下水の起源・年齢について得られた知見について報告する。

タイトル	85.東濃地域における深部地下水の地球化学的研究 (IV) —物理化学パラメータの測定手法とその深度分布について (立坑掘削影響試験ワークショップ発表論文集 1992/12)
著者	濱克宏、瀬尾俊弘、太田久仁雄 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	129~129
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	深部地下水、地層処分システム、人工バリア、
概要	<p>深部地下水の地球化学特性を把握することは、地層処分システムにおける人工バリア材の安定性や元素の化学的挙動を評価する上で重要である。地下水の地球化学的特性に関するデータの一つに、PH,酸化還元電位 (Eh)、溶存酸素濃度 (DO) などの物理化学パラメータがある。これらのパラメータは、地下水を大気に解放することによって値が変化する可能性がある。本研究の目的は、東濃地域の地下水について、物理化学パラメータの測定手法を確立し、その三次元的分布を把握することである。今回は、パラメータ測定のための予備試験結果と現在までに得られている測定結果について報告する。</p>
タイトル	86.岐阜県東濃地域における地下水の14C年代と起源について (立坑掘削ワークショップ発表論文集1992/12)
著者	瀬尾俊弘、太田久仁雄 (動燃事業団) 水谷義彦 (岡山大理)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	130-133
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	岩盤、地下水流動系、東濃鉱山、
概要	<p>岩盤中の地下水流動系の調査手法の一つに地球化学的な調査法が挙げられる。たとえば地下水が流動する過程において、地下水の数異質はその流動場の地層との反応によって形成される。したがって、その三次元的な水質の変化を知ることにより、地下水の流動を推定することが可能と考えられる。一方、地下水の年代と起源に関するデータは、地下水の滞留時間や流動初期の状態を知る上で非常に有益な情報となる。これらの地球化学的手法を組み合わせ、さらに水理学的手法による調査結果との比較によって、詳細な地下水流動系を明らかにすることができる。今回は、地球化学的手法のうち、岐阜県東濃地域のおもに堆積岩中の地下水の炭素の放射性同位体 (14C) と炭素・酸素・水素の安定同位体の調査結果をもとに、その年代と起源についての検討結果について報告する。</p>
タイトル	87.中部事業所における調査試験研究 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	中部事業所 環境地質課
発行年月日	1994/5
刊 ページ	4~23
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	東濃鉱山、ウラン鉱床、深部地下水、水理地質構造モデル、
概要	<p>中部事業所における地層科学に関する調査試験研究の大部分は東濃鉱山およびその周辺地域、すなわち東濃ウラン鉱床地域 (以下、東濃地域と略称する) で実施されている。東濃ウラン鉱床は、わが国最大のウラン鉱床である。当地域は花崗岩 (結晶質岩) とそれを覆う堆積岩から構成されている。東濃ウラン鉱床地域の地質図と位置図を図1に示す。地層科学研究の場として本地域には下記の特徴がある。(1) 東濃ウラン鉱床の成因とされ、地層科学研究の主要課題の一つである、還元性に地質環境下での放射性元素の移行・固定現象を直接研究できる。(2) 昭和30年代以来の詳細かつ伝統的な地質データと岩石鉱物試料が利用できる。表1に中部事業所における調査試験研究の現状を示す。</p>

タイトル	88.スウェーデンSKBとの共同研究（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993）
著者	中部事業所 環境地質課
発行年月日	1994/5
刊 ページ	24～26
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	SKB、 エスポ島周辺、
概要	動燃事業団は、スウェーデン核燃料廃棄物管理会社（SKB）が進めている地下研究施設計画（Hard Rock Laboratory計画、以下HRLと呼ぶ、）地下施設の建設を伴う試験研究に1991年5月から参加している。HRL計画は、将来の最終処分場が建設される深度における研究開発を展開する上で重要なプロジェクトの一つとしてSKBにより位置づけられ、以下の3つのゴールが設定されている。（1）最終処分場において岩盤の重要な諸特性に関する各種サイト特性調査手法の質および適応性の試験（2）計画、建設に関連して、最終処分場を局所的な地質環境の特性に適合させる方法の改良と実証（3）最終処分場の安全評価の信頼性に重要なデータの収集さらに、HRL計画で実証された調査および評価手法を、1990年代半ば頃から開始される高レベル放射性廃棄物最終処分場候補地で行われる調査と安全評価。
タイトル	89.（第9回放射性廃棄物セミナー）OECD/NEA国際国際ストリーパ計画を振り返って（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
著者	佐久間秀樹（動燃事業団）
発行年月日	1993/7/7
刊 ページ	27～40
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	高レベル廃棄物、 地層処分、 ストリーパ鉱山、人工バリア
概要	高レベル廃棄物の地層処分という課題を共有するOECD/NEA加盟各国の研究期間により、1980年からスウェーデンのストリーパ鉱山を舞台として継続されてきたOECD/NEA国際ストリーパ計画（以下ストリーパ計画）は、1992年末をもって事実上終了した。原位置試験の終了に際しては、1977年のSAC計画（Swedish American Cooperative Program）開始以降、多数の科学者が力を合わせて試行錯誤を繰り返してきた試験場の閉鎖を記念する式典が行われ、緩衝剤の加熱試験用に掘削された大口径の試験孔に、ストリーパ計画のシンボルである純銅製キャニスターを模したタイムカプセルが埋設され、ベントナイトが充填された。
タイトル	90.地層処分研究の現状（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
著者	山川稔（動燃事業団）
発行年月日	1994/5
刊 ページ	54～55
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地下深部（天然バリア）、人工バリア
概要	我が国における地層処分研究開発は、原子力委員会「原子力開発利用長期計画」において関係研究機関等との適切な役割分担の下に、動燃事業団を中核推進機関として地層処分技術の確立を目指した研究開発および地質環境等の適正を評価するための調査を推進することの基本方針が示されている。高レベル放射性廃棄物（以下HLWと言う）対策の目標は、処分された廃棄物が人間に影響を与えないようにすること。即ち地層処分の基本概念はHLWの特徴と地下深部の地質環境（地表から地下深部までのある広がりを構成する地層あるいは岩体とそこに包含されている地下水を意味する。）

タイトル	91.立坑掘削に伴う岩盤内のひずみの変化（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集） 1993年
著者	杉原 弘造（動燃事業団）吉岡尚也、畑浩二、木梨秀雄（大林組）
発行年月日	1993/9
刊 ページ	73～74
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	
概要	乱されていない原位置の岩盤内に空洞を掘削すると、空洞周辺岩盤では応力再配分が起り新たな力学的平衡状態に達する。この応力再配分過程を把握しておけば、空洞の力学的安定化と支保工建込みの時期の関係などの情報が得られる。本報告では、立坑掘削中に実施した岩盤内のひずみ計測結果から、空洞近傍の岩盤挙動について考察した。
タイトル	92.立坑掘削影響試験における岩盤挙動調査の概要と成果（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
著者	杉原弘造、松井裕哉、佐藤稔紀（動燃事業団）
発行年月日	1994/5
刊 ページ	75～79
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地下深部、地下水流動、岩盤挙動調査、東濃鉱山、
概要	岩盤に立坑等の空洞を掘削すると、周辺岩盤が力学的、水理学的に影響を受けると考えられる。これらの影響を定量的に評価し、その発生メカニズムを明らかにすることは、地下深部の構造物を設計・建設し安全性を確保する上で、重要である。動力炉・核燃料開発事業団（以下、「動燃事業団」という）では、新第三系の堆積岩盤中に立坑を掘削し、これにより引き起こされる影響の研究を行っている。動燃事業団ではこの研究を立坑掘削影響試験（SEEプロジェクト=Shart Excavation Effects Project）と名付けて、平成元年度より実施した。立坑掘削による影響は、周辺岩盤への力学的、水理学的影響と、周辺地域の地下水流動への影響に分けることができる。これらの影響に応じて立坑掘削影響試験は、「岩盤挙動調査」と「水理調査」の2項目に分けて実施した。
タイトル	93.M25水圧破碎法による東濃鉱山の岩盤の初期応力測定（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
著者	佐藤稔紀、松井裕哉、杉原弘造（動燃事業団）
発行年月日	1993/10/9~11
刊 ページ	80～80
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	東濃鉱山、岩盤、き裂、
概要	坑道掘削に伴い発生する影響を力学的に解析・評価するためには、岩盤の力学的な初期条件のひとつである初期応力を把握する必要がある。今回、東濃鉱山において岩盤の初期応力を深度別に測定したので報告する。

タイトル	94. 3次元FEMによる掘削影響試験の力学的予測解析 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	石島文代、榊利博、杉原弘造 (動燃事業団)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	81~81
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	東濃鉱山、周辺岩盤、力学的・水理学的影響、
概要	地下に空洞を掘削すると、周辺岩盤に力学的・水理学的な影響が生じる。この影響を正確に把握することは、地下構造物の設計・施工や、その長期安定性の確保において非常に重要である。この影響評価のために、動燃事業団では、岐阜県土岐市の東濃鉱山において、従来より掘削影響試験を実施している。今回、来年度実施予定の掘削影響試験に先立ち、この試験で使用する測定機器および測定位置を決定するために必要な情報を得ることを目的として、掘削に伴って周辺岩盤に生じる応力・変位・ひずみの変化の予測解析を実施した。
タイトル	95. 山岳丘陵性斜面表層部における土壌水分フラックス分布の変化 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	柳澤孝一、若松尚則、今井久 (動燃事業団) 中島誠、安野雅満 (アジア航測株)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	82~87
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	下層岩盤、東濃鉱山立坑周辺、
概要	自然斜面表層部における土壌水分挙動の解明は、降雨流出や下層岩盤への涵養量などを評価する上で重要である。地下水面よりも浅い部分においては水分の移動は主に不飽和の状態で行われ、しかも降雨や蒸発の条件の違いにより浅層部での水分挙動は時間的に大きく変動していると考えられる。本研究では、室内試験により土壌の不飽和特性を求め、これを山岳丘陵性斜面での土壌水分観測結果に適用することにより、浅層部での土壌水分フラックスを算定し、その2次元分布の時間変化を見た。
タイトル	96. 4-2深層を含む広域地下水流動調査研究 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	柳澤孝一 (動燃事業団)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	88~89
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地下深部、東濃ウラン鉱山、地下水流動影響、
概要	地層に関する基盤的な研究の一環として、動燃事業団では地表から地下深部までの水理学的な環境を調査する技術と、その調査結果を基にした調査領域の水理学的環境を評価するための手法の確立を目的とした調査研究を昭和62年より岐阜県土岐市東濃ウラン鉱山周辺で実施している。

タイトル	97. M30 堆積岩中の物質移行に関する研究移行経路の構造とウランの分布との相関について (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	児玉京子、太田久仁雄、野原壮、吉田英一(動燃事業団)
発行年月日	1993/10/9~11
刊 ページ	90~90
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	東濃ウラン鉱床、地下水、
概要	地下水によって運搬されたウランが地層中に凝縮し、現在に至ったと考えられる東濃ウラン高所は、自然が長期間にわたり実施したトレーサー試験の結果とみなすことができる。したがって、この鉱床におけるウラン系列核種の移行について研究することによって、堆積中の物質の移行メカニズムを把握することができると考えられる。今回は、堆積中の物質の移行経路の構造と、その場所におけるウランの分布状況を明らかにすることを目的として行った研究の結果について報告する。

タイトル	98.天然放射性核種の地層中の挙動東濃ウラン鉱床における事例研究(動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	湯差泰久、吉田英一(動燃事業団)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	91~101
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	放射性核種、東濃ウラン鉱床、地下深部、
概要	地表下での放射性核種の挙動を支配するものは、核種の化学的物質とそれらの核種がおかれる地質環境(主として地層と地下水)との相互作用である。我々はウラン・トリウムなどの天然放射性核種の、地質環境下での挙動を明らかにするために、東濃ウラン鉱床において事例研究を行っている。今回はこれまでに得られた成果について、地質学的な知見と地下水の地球化学的性質についての成果と合わせて、紹介する。動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所では、地下深部の地質環境の諸特性やそこで生じている現象などに関する基礎的な調査研究(地層科学研究)を実施している。この研究はそれらの成果が、地層処分の研究開発やその他の地下空間利用にも広く活用できると期待されている、領域の広い研究である。今回、紹介する天然放射性核種の、地質環境下での挙動に関する研究もその一環である。

タイトル	99.東濃地域における深部地下水の地球化学的研究(V)パッカーシステムを用いた地下水の採取方法について(動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	濱克宏、湯差泰久、太田久仁雄(動燃事業団)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	103~103
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	深部地下水、東濃、地層水
概要	深部地下水の地球化学的特性を把握するためには、ある深度の地層中に本来存在している地下水(地層水とよぶ)のみを採取する技術を確認することが重要である。従来のような試錐孔全体を利用した採水方法では、地下水の混合や掘削水の混入をさけることができない。このため、動燃事業団では試錐孔内の採水区間をパッカーで区切ることによって、任意の深度から地下水を採取できる装置(パッカー式地下水サンプラー)を開発した。本装置を用いた地下水採取の手順は、(1)採水区間のパッカーによる閉鎖、(2)採水区間からの掘削水や他深度の地下水の除去(予備採水)、(3)地層水の採取(本際水)の三過程からなる。

タイトル	100.OECD/NEAアリゲーターリバーアナログ国際共同研究 (ARAP) オーストラリア クンガラウラン鉱床地下水中のコロイド研究 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993)
著者	瀬尾俊弘 (動燃事業団)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	104
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	アリゲーターリバーアナログ国際共同研究、クンガラウラン鉱床、地下水、核種移行、
概要	アルゲーターリバーアナログ国際共同研究 (ARAP) は、1987年～1992年に行われたオーストラリア北部準州のクンガラウラン鉱床 (形成年代: 約16億年前、母岩: 石英緑泥石片岩) を対象としたナチュラルアナログ研究である。動燃事業団は、この共同研究の一環として、地下水中のコロイド粒子 (数nm～1μm) に関する調査・研究を行った。地下水中の核種移行現象において、コロイド粒子は核種のキャリアとなる可能性が考えられ、その特性と役割を明らかにすることが重要である。従って、本研究は地下水のコロイド粒子の特性 (量、形態、構成種) と地下水によるウラン、トリウムの移行におけるコロイド粒子の役割を明らかにすることを目的に実施した。
タイトル	101.地層処分研究 3、地質環境調査研究 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	中部事業所 環境地質課
発行年月日	1994/5
刊 ページ	107～118
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	地質環境モデル、地質構造、
概要	性能評価研究において、地域や地層を特定することなくわが国における超長期にわたって安全な地層処分の実現可能性を科学的に示すためには、わが国の地質環境条件を概括的にかつ的確に把握することなくわが国の地質環境データの収集や蓄積を図っている。ここでは、まずわが国の地質の概要を示し、これに基づく地質区分を考慮しつつ、地質環境データの収集や整理状況を、岩盤の物性データ、断裂系に関するデータ、水理地質データ、地下水の地球化学データについて記述する。なお、わが国の地質環境を理解する上で重要な火山活動や断層運動と言った天然事象に関するデータについては、その発生メカニズムの研究を含めて地層科学研究の地質環境の安定性に関する研究として実施しているため、ここでは言及しない。また、釜石鉱山や東濃鉱山周辺で実施している地層科学研究によって原位置のデータが蓄積されている。
タイトル	102. 5.地質環境の安定性に関する研究 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表1993年)
著者	中部事業所
発行年月日	1994/5
刊 ページ	119～125
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	断層運動、釜石鉱山、リニアメント、
概要	地質環境の長期的な安定性を評価するためには、(1) 地質環境の安定性に影響を及ぼす可能性のある現象は何か、(2) それらの現象が起こる可能性はどの程度か、(3) それらの現象が起こった場合の影響はどの程度か (4) それらの現象が起こる可能性や影響の程度にどんな規則性があるか、等を把握する必要がある。このような観点から、本研究では、地質環境の安定性に影響を及ぼす可能性のある天然現象について、日本における発生の可能性や規模 (影響の程度) ・規則性・地域性等の特徴を把握することを目的として行っている。

タイトル	103.動燃式底水圧制御水理試験装置（動燃式JFT試験装置）（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
著者	柳澤孝一、尾方伸久、中野勝志（動燃事業団）
発行年月日	1993/
刊 ページ	126～128
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下空間利用、地下深部岩盤、難透水性岩盤、
概要	近年の地下空間利用の進展に伴って、地下深部岩盤中の地下水の流れを把握することが重要となりつつある。また、地下水汚染に関しても、汚染水の残留が非常に長期にわたる場合には半永久的な管理が必要となる。このような長期間の地下水流動を考える場合には、従来不透水層または半透水層として取り扱われてきた難透水性岩盤（透水係数 $1 \times 10^{-6}$ cm/s以下）の透水性も評価する必要が生じてくる。岩盤の透水性を評価する手法として、原位置または室内における透水試験があるが、透水性の低い領域に関しては、経験の少ないこともあり、今日まで試験方法および試験装置の構造について十分な検討がなされていない。本稿で紹介する動燃式底水圧制御水理試験装置（以後動燃式JFTと略）は上述した必要性に因るために、難透水性岩盤を対象に開発した試験孔を利用した原位置透水試験である。
タイトル	104.14.低圧微流量ルジオン水理試験装置の開発（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
著者	柳澤孝一、尾方伸久（動燃事業団）橋井智毅（ダイヤc）
発行年月日	1994/5
刊 ページ	129～132
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地下深部岩盤、難透水性岩盤、ダム基礎岩盤、ルジオン値
概要	近年、地下深部岩盤を対象としたさまざまな地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の一つに地下水流動に関する問題があり、地下深部岩盤の透水係数分布をいかに正確に把握するのが地下水流動解析結果の信頼性を大きく左右する。そのため、本報告では、従来、深部岩盤の透水性の把握と言う点から、より低い注入圧（間隙水圧により少し高い圧力）で岩盤に注入して、測定対象岩盤の水理学的環境をあまり乱さない条件について、その概要および測定方法について述べる。
タイトル	105.M26 リニアメントによる岩盤中の割れ目特性の推定（1）リニアメントと対応する割れ目の特性（動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年）
著者	小出馨、若松尚則、柳澤孝一（動燃事業団）
発行年月日	1993/10
刊 ページ	133
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	亀裂性岩盤、地下水流動解析、リモートセンシング調査、東濃鉾山、花崗岩
概要	亀裂性岩盤を対象にした地下水流動解析において、個々の割れ目の特性や分布特性をいかにモデル化するかが解析の成否を握る鍵である。適切な割れ目モデルを構築するためには、統計的に単一の特性を有する割れ目データ群（母集団）を得ることが重要であり、そのためには、対象領域を割れ目分布性状が類似した領域に区分する必要がある。本研究は、このような観点から、広域を均一な精度で調査できるリモートセンシング調査によるリニアメントの情報から割れ目分布性状の地域差を把握する手法の構築を目的に実施しており、今回、その第一段階としてリニアメントに対応する割れ目の特性について調査を実施したので、その結果について報告する。

タイトル	106. 11.リモートセンシングによる広域の水文特性の把握 (1) STOP衛星データによる林相区分 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	小出馨、柳澤孝一 (動燃事業団)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	134
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	地下水流動、水理地質構造、リモートセンシングデータ、東濃鉱山、
概要	広域の地下水流動を把握するためには、調査領域の水理地質構造を把握するとともに、地表から地下深部への降雨の浸透量 (涵養量) を設定する必要がある。涵養量は降水量から河川流出量と蒸発散量を差し引くことで得られるが、この中で蒸発散量は、従来、ペンマン法などの理論式から推定されており、地表状態によっては実際の蒸発散量と異なることが予想される。その解決策として衛星データ等のリモートセンシングデータによって地表の状態やその分布を把握し、蒸発量計測装置から得られる各地表状態における実測の蒸発散量を用いて、広域のより精度の高い蒸発散量を算定し、地下深部への涵養量を推定する手法を開発することが考えられる。
タイトル	107. 6.調査技術開発 (動燃事業団中部事業所地層科学研究外部発表集1993年)
著者	中部事業所
発行年月日	1994/5
刊 ページ	135~145
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	深部地質環境、岩盤内の割れ目、花崗岩、東濃地域、水理構造、
概要	地層科学研究では、深部地質環境をできるかぎり非破壊で、岩盤内の割れ目や地質構造、岩盤内の地下水の浸透性、岩盤内の地下水の性質等を高い精度で把握する必要がある。しかし、これらの必要性に応じたデータを取得するためには既存の調査技術や調査機器では取得データの信頼性、適用深度等の点において不十分であり、新たな調査技術や調査機器の開発が必要となる。本稿ではこれまでに動燃事業団で開発した調査技術・機器について述べる。これらは岩盤内の割れ目や地質構造を調査する技術としての (1) 岩盤内の割れ目に関する調査技術と (2) 地質構造調査技術、岩盤内の地下水の透水性等を調査するための技術の開発としての (3) 水理特性調査機器の開発、岩盤内の地下水の性質を調査する技術としての (4) 地球化学特性調査機器の開発に分けることができる。
タイトル	108.3.釜石における原位置試験 (動燃事業団中部事業所地層化学研究外部発表集)(1993年)
著者	環境技術開発推進本部
発行年月日	1994/5
刊 ページ	146~158
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	釜石、地下深部、結晶質岩、人工バリア、地下水流動、
概要	釜石における原位置試験は、結晶質岩系の岩盤についての調査研究である。この原位置試験は、岩手県釜石市にある鉄、銅を主として採掘した釜石鉱山の既存坑道を用いて1988年より行われている。標高約850mの山の中の中腹に水平に掘削された既存坑道 (標高550mレベル) を使うため、地表約300mでの水理・力学的試験を容易に行うことができる。ここでの調査研究は5分野 (細分すれば6分野) に分けることができ、ここの場の試験環境を生かして、それぞれ次のような目的で行われている。

タイトル	109.地層処分研究開発実施計画（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	増田純男（動燃事業団）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	13～28
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	多重バリアシステム、核種、処分の安全、深部地層、地下水、人工バリア、高レベル放射性廃棄
概要	地層処分研究開発推進方策については、原子力委員会において平成元年12月に「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の充填項目とその進め方」が策定された。動燃事業団は、この方針に基づき「地層処分研究開発実施計画」を取りまとめ研究開発を進めており、その成果を報告書としてとりまとめ国へ報告することとしている。ここでは、この実施計画における研究開発の進め方及び現在作成中の中間的成果報告書の概要を紹介する。
タイトル	110.「多重バリアシステム」モデル化の考え方（性能評価研究情報交換会報告書 1991/10）
著者	石黒勝彦（動燃本社）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	29～40
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分、 サイト、岩種、人工バリア
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発においては、国の計画にも述べられているように、地質環境を特定することなく我が国の多岐にわたる地質環境条件に対して多重バリアシステム成立の見通しを示すことが求められている。これを行うためにはサイトや岩種を特定しない、いわゆるsite-genericな性能評価のためのモデル開発が必要となる。動燃ではこの課題に対処するため、多重バリアシステムの性能評価上重要なプロセスとその条件となる物理・化学的な場に関するモデル化を実施してきたので、その概要を基本となる考え方を中心に紹介する。
タイトル	111「安定な地層」の考え方（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	齊藤茂幸（動燃本社）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	41～58
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層、隆起浸食、断層運動、地層処分の基本概念、多重バリアシステム、
概要	本報告は、処分場設置の場となる「地層」に関する研究のあり方とまとめ方を、特に「安定な地層」の評価の観点からとりまとめたものである。まず、「性能評価研究」における「地層」の位置づけと「安定な地層」の研究のあり方を示し、さらに、特に天然事象として考慮が必要と考えられる隆起浸食、断層運動/地震、火成活動を対象として、評価のあり方を事例的に示した。

タイトル	112.性能評価データに求められるもの（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	佐々木 憲明（環境技術開発部 地層処分開発室）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	59～68
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層処分、モデル、
概要	現在動燃事業団においては、地層処分の考え方が技術的に可能であるとの見通しの下に、これを更に確かなものとするため、より具体的な定量データを取得し、システムとしての成立性、現実性を科学的に実証する研究開発に重点を置いて活動を進めている。その中心として位置づけられているのが、地層処分の長期的安全確保の仕組みを論理的・科学的に明らかにする「性能評価研究」である。ここでは「性能評価」に必要とされるデータを分類し、その特徴、留意点について述べる。

タイトル	113.ニアフィールドにおける地球化学データ及びモデリングに関する現状（性能評価研究情報交換会報告書1991年10月）
著者	油井三和（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	71～86
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	核種移行データ（溶解度、分配係数、緩衝液組成）、ガラス固化体、地下水、
概要	1、目的（1）ニアフィールドにおける核種移行特性を支配すると推定される化学反応の理解及びそれに基づく地球化学条件の把握・設定 2.（1）において設定された条件で核種移行データ（溶解度、分配係数、拡散係数、緩衝液組成等）の評価

タイトル	114.ガラス個体化からの各元素の溶解度に至るまでの機構（性能評価情報交換会報告書1991/10）
著者	小原幸利（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	87～95
発行	動力炉・各燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層処分システム、モデル、ガラス浸出機構、
概要	長期的なガラス固化からの元素の浸出機構の評価は地層処分システムのニアフィールド解析のために必要である。この元素の浸出過程を溶解度による浸出正弦の考え方に基づき、速度論モデルを用いて記述した。また、この浸出モデルによる「予測値と閉鎖系（ガラス/純粋系）及び解放系（ガラス/ベントナイト系）における実験値を比較し、モデルの妥当性を評価した。

タイトル	115.元素の溶解度計算と使用する熱力学データの信頼性評価（性能評価情報交換会報告書1991/10）
著者	牧野仁史（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	97～107
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層処分、放射性核種、地下水、ガラス固化体、浸入地下水、
概要	地層処分の性能評価において、ガラス固化体と地下水の接触による放射性核種の溶解は核種移行解析のソースタームとして重要な因子である。ガラス固化体と接触する地下水は人工バリアシステム中で、ベントナイト、更にオーバーバック腐食生成物と反応した後の地下水であり、元々地層に存在する天然地下水とは化学的条件が異なっている。ここでは、わが国の地下水を各種移行評価上重要な因子を基に類型化した5種類の地下水を対象に、ベントナイト、オーバーバック腐食生成物との反応を考慮して計算された地下水（以下、浸入地下水）を考え、地球化学コードP H R E E Q Eを用いて性能評価上重要な元素についてガラス表面での溶解度を計算した。

タイトル	116.ガラスのナチュラルアナログ研究（性能評価情報交換会報告書 1991/10）
著者	桜本勇治（ダイヤコンサルタント）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	109～123
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分システム、人工バリア、スコリア、
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分システムの性能評価の上で、人工バリア材が長期にわたり十分に機能するかどうかを予測することは極めて重要である。この長期予測は、室内実験や野外実験（原位置試験）データを用い、数値解析により行われている。しかし、数年程度の室内実験や野外実験（原位置）データを数千年以上のタイムスケールにわたって、正しく外挿できるかどうかの問題が残る。この問題を解決する手だての一つとして、天然環境下で長期のタイムスケールで実際に進行した現象の中から、人工バリア材のより信頼性の高い性能予測を行う上で有益な類似現象（ナチュラルアナログ）を抽出し、それを対象に調査・研究するという方法がある。

タイトル	117.緩衝材（ベントナイト）の長期挙動評価に関する問題点（性能評価情報交換会報告1991/10）
著者	湯佐泰久（動燃・中部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	127～128
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	高レベル放射性廃棄物地層処分、人工バリア、
概要	1.位置づけ 緩衝材は高レベル放射性廃棄物地層処分の重要な人工バリア材のひとつであり、さまざまな物理的・化学的緩衝機能が要求されている。（たとえば、NAGRAはその機能として、（1）地下水の浸入を防ぐ事、（2）好ましい化学的環境を保持する事、を挙げている。）したがって、緩衝材の最有力候補であるベントナイトについて、その処分環境における長期挙動を評価すること、言い換えると、どのような条件で、どのくらいの長期にわたって、その物理的・化学的緩衝機能が保持されるか、を示すことは地層処分の研究にとって重要なテーマであるといえる。

タイトル	118.ベントナイトの流出現象実験的アプローチ (性能評価研究情報交換会報告書1991/10)
著者	菅野毅 (石川島播磨重工)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	129～138
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	ベントナイト、地下水透水、放射性核種、物理モデル、
概要	ベントナイト緩衝材は自己シール性が大きく、処分孔壁面の小さな割れ目を塞ぐことが期待されている。しかし、割れ目が大きい場合には、膨潤により緩衝材が割れ目の中に奥深く侵入することが予想される。さらに、この割れ目の中の地下水の流速が大きい場合、侵入したベントナイトのゲルが侵食されることも考えられる。この処分孔からの緩衝材の流出現象は、処分孔内の緩衝材の密度低下をもたらす。密度の低下は、緩衝材の主要な二つの機能、すなわち、地下水透水抑制機能および放射性核種吸着保持機能の低下を意味する。緩衝材は、たとえば1万年以上に及ぶ超長期間の科学的評価が必要となる。本報では、上記流出現象の最初の部分である緩衝材の割れ目への侵入を対象とし、模擬試験により現象の把握、基本的な関数関係の抽出および物理モデルの検討を行った。

タイトル	119.地質環境の長期安定に関する研究 (性能評価研究情報交換会報告書 1991/10)
著者	山崎晴雄 (地質調査所)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	239～266
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	高レベル放射性廃棄物処分施設、天然バリア、
概要	地質調査所では科学技術庁所管の国立機関原子力試験研究予算を用いて、「高レベル放射性廃棄物処分施設安全性評価のための地質環境の長期安定性に関する研究」という長大な題名の研究を実施中である。本研究は昭和63年度より5カ年計画で実施されている。この研究は処分地周辺の地質環境について、天然バリアとしてその長期的な安定性を評価するために、将来の変化を予測する手法を構築することを目標にしている。今回の報告会においてはこの地質調査所で実施中の地質環境の長期安定性に関する研究について、とくにその考え方、研究の進め方を中心に紹介を行う。

タイトル	120.「緩衝材及び地層中における核種移行の試験研究 (性能評価研究情報交換会報告書1991/10)
著者	吉田英一 (動燃事業団・中部)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	269～274
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地層、核種移行シナリオ、
概要	緩衝材及び地層中での核種移行シナリオに対する核種の移行挙動評価は、実際の現象に忠実な“現象解析モデル”とこれらの現象の多様な組み合わせを表現する“システム評価モデル”とによって行われる必要がある(図1)。しかし、これまでに進められてきたニアフィールドからファーフールドへの核種移行に係わる試験研究は、その評価対象として、均質かつ連続体と仮定した緩衝材及び地層中での、核種保持能力が線型の収着能力を有するという単純なシステム評価モデルを出発点としていることから、実際に観察し得る現象とのギャップが指摘されつつある。このギャップを埋めるためには、システム評価モデルの信頼性を確保するためにも、下記の点に留意した現象解析モデルについての研究を進めていく必要がある。

タイトル	121.緩衝材及び岩体中での核種の拡散・吸着データ及びその機構（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	佐藤治夫（動燃事業団・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	275～286
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	ガラス固化体、ベントナイト、天然バリア、
概要	地層処分性能評価において、ガラス固化体から浸出した放射性核種は、人工バリア材であるベントナイトおよび天然バリア材である岩石中を吸着しながら拡散すると考えられている。核種のベントナイトおよび岩石に対する吸着や拡散挙動は、核種や条件によって異なることが現在までの研究で明らかになっており、それらの挙動を解明することが現状の課題である。
タイトル	122.変質ベントナイト（イライト）中のCsの移行挙動に関する実験的研究（性能評価情報交換会報告書1991/10）
著者	高島勇人（京都大工学部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	299～310
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	高レベル放射性廃棄物、深地層処分、放射性核種の収着挙動
概要	現在、高レベル放射性廃棄物の処分方法として深地層処分が有望視されている。その深地層処分における重要な概念として多重バリアシステムの考え方がある。それは、キャニスタを包む第一の壁である人工バリアと、さらにその周りにある地層という天然バリアによって放射性核種の移行を妨げようというものである。それぞれのバリア内における放射性核種の移行に関する研究が盛んに行われてきている。我が国においては、どこに処分地を設定しても地下水レベルが高く、岩盤中の割れ目なども相対的に多いといわれている。このような条件下では人工バリアが極めて重要になる。
タイトル	123.地質構造に基づく核種移行モデルの構築（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	畑中耕一郎、吉田英一（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	311～323
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	
概要	地層中の核種移行は、その移行媒体となる地下水の流れに依存し、これは地層の空隙部分の構造によって規定される。このために地層の空隙構造をその特性に従って分類しておくことは、種々の地層を対象とす我が国の地層地層処分システムの性能評価研究において重要である。本研究では、地層の空隙構造及びそこで生じる核種の移行機構について検討した。また、地層中での核種移行が拡散のみに支配される場合と移流分散及び拡散により支配される場合の2つのケースについてモデル化と評価計算を行った。

タイトル	124.東濃ウラン鉱床におけるウランの固定環境とメカニズム (性能評価研究情報交換会報告書)
著者	小室光世 (動燃・人形峠)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	325～340
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	
概要	東濃ウラン鉱床を対象としたナチュラルアナログ研究において、天然環境における核種移行、特に長期にわたる挙動を把握することは重要な課題である。これまでの多くの研究で、東濃ウラン鉱床は、約1000万年前に形成されたことが明らかになっているが、その形成環境やメカニズム、その後の1000万年にわたる長い歴史の間の地層中の環境や核種の挙動については、まだまだ未知なことが多い。これらを解析するため、鉱物試験研究を平成元年より本格的に開始した。第一段階として、その初期条件の解明に主眼を置き、ウランこの固定環境とメカニズムについて研究を展開してきた。本発表では、KNA-3号孔の高品位ウラン鉱石を対象とした結果を中心に報告する。

タイトル	125.「腐食 (オーバーパック)」 (性能評価研究情報交換会報告書1991/10)
著者	石川博久・本田明 (動燃・東海) 和田隆太郎、藤原和雄 (神戸製鋼) 玉田明宏 (日本鋼管) 明石正恒 (石川島播磨)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	343～430
発行	動力炉・各燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	候補材料、金属材料、炭素鋼、銅、チタン、チタン合金、ハステロイ、セラミック
概要	オーバーパックの候補材料として、耐食性以外の強度及び制作性の観点からみると、現時点では金属材料が第一候補と考えられる。

タイトル	126.「水理」 (性能評価研究情報交換会報告書)
著者	柳沢孝一、今井久 (動燃事業団) 堀田政國 (清水建設) 新見健河村秀紀、(動燃・本社) 内田雅大 (動燃・東海)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	433～518
発行	動力炉・各燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	
概要	事業団が進めている水理に関する研究は、放射性廃棄物処分システムの長期性能を評価するために地表から地下深部にわたる広範な領域の水理・水文システムを対象として展開されている。多くの研究分野のなかで、特に、(1)人工バリアが設置される周辺岩盤の水理条件を明らかにする (2)人工バリアから将来放出される放射性核種の移動媒体となる地下水の動きを推定することの2点に着目した研究開発を進めている。

タイトル	127. 「地下水地球化学」 (性能評価研究情報交換会報告書 1991/10)
著者	武田精悦、油井三和、根山敦史 (動燃事業団) 米田茂夫 (ダイアコンサルタント) 瀬尾俊弘 (動燃) 水谷義彦 (富山大) 、
発行年月日	1991/10
刊 ページ	521～561
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	
概要	地層処分システムの性能評価において、深部地下水の地球化学特性は人工バリアの設置条件として、又地層中の核種移行を規制する要因としてきわめて重要である。そのため事業団では、その地球化学特性を把握し、その時間的変化を明らかにするために、原位置でのデータを取得する一方、モデルによる解析、室内実験を行うことにより、そのデータの信頼性を高める方法をとっている。

タイトル	128. 「システム統合・確証」 (性能評価研究情報交換会報告書 1991/10)
著者	梅木博之、大井貫夫、畑中耕一郎 (動燃) 大江俊昭 (電力中央研究所) 安俊弘 (東大) 池田康博 (三菱原子力工業)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	563～649
発行	動力炉・核燃料開発事業団中部事業所
キーワード	
概要	地層処分システムが十分な安全性を有すると判断するのは、次の二つのことが示された場合である。即ち、評価された地層処分による人間環境への放射線の影響が安全基準を十分に満たしていること、と評価に用いられた手法が妥当であると考えられることである。地層処分システムの安全性を示すことの難しさは、評価に伴う種々の不確実性に起因している。これらの不確実性は、評価を行う道筋や範囲を規定するシナリオの完備性、シナリオを構成する諸現象についての理解度、さらに現象の理解に基づいて作成される数学モデルに含まれるパラメータに付随して発生する。

タイトル	129. ニアフィールド連成 (物理現象) (性能評価研究情報交換会報告書 1991/10)
著者	原啓二、藤田朝雄、吉岡尚也、杉原弘造、松井裕哉、早乙女敦 (動燃事業団) 小林晃 (間組) 石原和夫 (鹿島建設)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	651～728
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	
概要	地層処分システムにおける人工バリア及びその周辺岩盤においては、掘削による緩み域の発生や水理変化をはじめとして、廃棄体の発熱による温度変化や熱応力、熱対流の発生、緩衝材への地下水の浸潤と膨潤圧の発生、岩盤クリープやオーバーパックの腐食生成物等による構造学的変化並びにそれらの変化に伴う水理変化等が相互に影響し合って進行する。

タイトル	130.地層処分研究開発の現状（平成5年度）第1章 地層処分研究開発の考え方と進め方第2章 地層処分研究の現状2-1地質環境条件の調査研究2-2処分技術研究開発2-3性能評価研究.
著者	動力炉・核燃料開発事業団
発行年月日	1994/11
刊 ページ	1～255
発行	動力炉・核燃料開発事業団 技術協力部 技術管理室
キーワード	人工バリア、多重バリア、地層処分、高レベル放射性廃液ガラス
概要	動力炉・核燃料開発事業団は、平成4年9月「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書-平成3年度」を作成し、地質環境条件の調査研究、処分技術の研究開発及び性能評価研究という3つの領域に分けて進められている地層処分の研究開発の成果を総合的に取りまとめて公表するとともに、国に提出しました。この技術報告書は、3つの領域における研究開発の成果を基に、多重バリアシステムを基本とした地層処分概念の技術的有効性に関する総合的評価を行った第1次の取りまとめであり、それまでの知見を整理・検討し、地層処分の技術的有効性を科学的・技術的に明らかにしていくための基礎を築いたものであります
タイトル	131.物質移行のデータセットテクニカルレポート（レビュー用）1.性能解析に必要なデータセットの枠組み2.ニアフィールド性能解析用のデータセット3.ファーフールド性能評価解析
著者	動力炉・核燃料開発事業団 環境技術開発推進本部
発行年月日	1990/9
刊 ページ	1～196
発行	動力炉・核燃料開発事業団 環境技術開発推進本部
キーワード	ガラス固化体、地下水、人工バリア材、
概要	これまでの地層処分研究開発の成果及び現状の知見を基に、現段階で実施される地層処分システムの性能評価解析に必要なニアフィールド及びファーフールドのデータセットの設定根拠及び設定値について述べた。ニアフィールドデータセットは、ソースターム（ガラス固化体のインベントリ等）、初期条件（核種放出開始時期）、境界条件（ガラスの浸出率、ガラス表面での核種の溶解度及びその設定のためのニアフィールドにおける地下水条件）、核種移行パラメータ（ベントナイト中の核種の分配係数、実効拡散係数）の各データセット、ファーフールドデータセットは、岩石中の核種移行パラメータ（分配係数、実効拡散係数）データセットより各々成り立っている。これら各データセットは最終的に行われる核種移行解析モデルと密接に関係しており、各解析及びモデルの位置づけ、取り扱う現象・数学モデルを踏まえたいうで使用が必要がある。
タイトル	132.地下の未来を科学する地層処分研究開発
著者	PCN（動力炉・各燃料開発事業団）
発行年月日	
刊 ページ	
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	高レベル廃棄物、地下、天然バリア、人工バリア、多重バリアシステム、
概要	地層処分とは、研究開発の現状、今後の研究開発（動燃事業団のPR用パンフレット）

タイトル	133.我が国を対象とした地下水流動解析 (その2 東北日本を対象とした地下水流動解析)
著者	前田恵輔、梅田浩司、小出馨、今井久、柳澤孝一 (動燃事業団)
発行年月日	1994/5
刊 ページ	1~54
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	
概要	我が国の地下深部における水理学的特性を概括的に把握するための研究の一環として、東北日本を対象とした地下水流動解析を実施した。解析にあたっては、文献資料をもとにして、東北日本の地形や地質構造の特徴ができるだけ反映されるように考慮した上で単純化した水理地質構造モデルを作成した。さらに、透水係数などの水理パラメータと水理学的な境界条件にもとづいて、解析モデルを多孔質媒体と仮定した3次元有限要素法による定常飽和・不飽和浸透流解析を実施した。解析結果として以下のことが得られた。(1) 東北日本の広域的な地下水流動の方向は、南北に配列した山地部から山間の盆地部や海岸部に向かい、地下水流動の方向は大局的な地形に支配されている。

タイトル	134.堆積岩地山における立坑周りの力学的・水理学的な特性変化
著者	松井裕哉、杉原弘造、佐藤稔紀、吉岡尚也 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	1~42
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	地質概要、岩石の性質、ポアホール、
概要	研究の目的 岩盤中に空洞を掘削することは、岩盤という材料を取り除く作業がある。従って、岩盤の力学的な平衡状態が乱され、空洞周辺部にはゆるみ領域が発生する。一方、空洞を掘削するためには、空洞内に流れ込む地下水を排水する必要がある。そのため周辺の地下水流動に変化が生じる。立坑掘削影響試験は、上述した空洞近傍の岩盤が受ける力学的・水理学的影響及び空洞周辺地域の地下水流動に与える影響を解明するために実施された。この立坑掘削影響試験は、前者の影響を解明するための「岩盤挙動調査」と、後者の影響を解明するための「水理調査」の2項目に分けられる。岩盤挙動調査では、周辺岩盤の変形挙動に関する調査と周辺岩盤の力学的・水理学的な特性変化に関する調査を実施した。本論では、周辺岩盤の力学的・水理学的な特性変化に関する調査で得られた結果の一部について述べる。

タイトル	135.立坑掘削影響試験—地中変位計測に基づく掘削影響評価—
著者	佐藤稔紀、松井裕哉、杉原弘造、吉岡尚也 (動燃事業団)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	1~7
発行	動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所
キーワード	
概要	岩盤に立坑や水平坑道などの空洞を掘削すると、周辺岩盤が力学的、水理学的に影響を受けると考えられる。これらの影響を定量的に評価し、その発生メカニズムを明らかにすることは、地下深部の構造物を設計、建設し、安全性を確保する上で重要である。このような観点から、中部事業所東濃鉦山(図-1)において、堆積岩盤中に直径6m深さ150mの立坑を掘削し、これにより引き起こされる力学的・水理学的な影響の発生メカニズムに関する研究を実施している。この研究は立坑掘削影響試験と名付けられ、1989年4月より事前調査を開始した。立坑掘削は1990年1月に開始し、1991年7月にその掘削を終了した。

タイトル	136.高レベル放射性廃棄物地層処分技術文献（高レベル放射性廃棄物地層処分技術（URLに関する調査エグゼクティブサマリー））
著者	小島圭一、青木譲治、井尻祐二、岩野政浩、伊藤洋、樋田吉造、片野孝、熊田政弘、島辺賢一郎、高橋忍
発行年月日	1995/3
刊 ページ	1～59
発行	（財）原子力安全研究協会 地層処分技術調査専門委員会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、処分方法、人工バリア、天然バリア、地層処分、安全性評価
概要	<p>高レベル放射性廃棄物地層処分に関する研究開発を行う上で、地下実験施設（URL）建設が望まれている。（財）原子力安全研究協会では、URLに関して、今後の我が国において研究開発すべき課題の検討に資するため、探査技術系、岩盤水理関係の分野を対象に各技術の現状把握、評価を行うことを目的として、地層処分技術調査専門委員会（委員長：小島圭一・東京大学教授）のもとに各検討事項に応じた分科会を設置し、平成3年12月より、3ケ年を目途に調査を行っている。</p> <p>初年度は、2つの分科会の下に4つの検討グループ（探査技術、岩盤水理調査、試験法、岩盤水理数値解析手法、シーリング技術）を設け、主に海外における技術の把握・整理に主眼をおいて調査を行った。</p>
タイトル	137.高レベル放射性廃棄物の「処分」は可能か（放射性廃棄物地層処分関係文献）
著者	土井和巳（地質コンサルタント）
発行年月日	1994
刊 ページ	第40巻 第5号
発行	
キーワード	地下水、移動、空隙、地層処分、人工バリア・・・10%、天然バリア・・・90%
概要	<p>処分される高レベル放射性廃棄物中の放射性物質は必要な期間、人と接触しないように隔離されていることが必要である。この隔離を脅かすものは直接・間接的に地下水である。岩石中で地下水が存在し、移動する場所は岩石中の空隙である。処分の安全性を確認するためには、岩石中のすべての空隙が解明され、この中での地下水の挙動が明らかにされなければならない。さらに、地震など近く変動が起こった場合、地下水の挙動がどのように変化するかも解析しておく必要がある。</p>
タイトル	138.電力中央研究所報告研究報告「U90003クロスホール透水試験による超低透水岩盤の基礎的考察（放射性廃棄物地層処分関係文献）」
著者	本島勲、宮川公夫、田中靖治、大山隆弘、志村孝吉、北野晃一（電力中央研究所）
発行年月日	1990/8
刊 ページ	1～29
発行	（財）電力中央研究所
キーワード	クロスホール透水試験、大規模透水試験、正弦波圧力試験、節理調査、超低透水性岩盤
概要	<p>地下深部岩盤の透水性は、特に、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の開発とその安全性評価の上で重要な要素の一つである。このような地下深部における岩盤の透水性は極めて小さいと考えられるが、従来の装置と方法による透水試験は極めて困難であったこともあり、その透水性状には未解明な問題が多い。</p> <p>地下深部の極めて透水性の小さな岩盤を対象に深部岩盤の透水性について基礎的な考察を行う。</p>

タイトル	139.電力中央研究所報告研究報告：U90002 クロスホール透水試験装置の開発（放射性廃棄物地層処分関係文献）
著者	本島勲、北野晃一（電力中央研究所）
発行年月日	1990/8
刊 ページ	1～20
発行	（財）電力中央研究所
キーワード	透水試験装置、クロスホール透水試験、大規模透水試験、正弦波圧力試験
概要	<p>地下深部岩盤の透水性は石油や圧縮空気などのエネルギー地下貯蔵施設、高レベル放射性廃棄物地層処分施設などの設計、施工および安全性評価の上で必要な要素の一つである。地下深部における岩盤の透水性は、一般に、極めて小さいと考えられている。このような岩盤の透水試験は従来の試験装置と試験法では極めて困難であり、新しい試験装置と方法の開発が必要となっている。</p> <p>地下深部の極めて透水性の小さな岩盤を対象とした原位置透水試験装置を新たに設計、制作し、その適用について検討する。</p>
タイトル	140.高レベル放射性廃棄物の安全処理—地球科学的アプローチ（最近の文献紹介）（放射性廃棄物地層処分関係文献）
著者	八木健三（北星学園大文）
発行年月日	1981
刊 ページ	
発行	
キーワード	
概要	<p>高レベル放射性廃棄物（以下には単に廃棄物という）の安全処理は原子力利用の最も基本的問題の一つであり、早急な解決を迫られているものである。問題は生物に危険なこれらの廃棄物をいかにして長期間（106年の単位で）、生物圏から隔離しておくかである。実はこれらの廃棄物に含まれる放射性元素の多くはいくつかの天然鉱物の結晶構造にとりこまれて保持され、さらにこれらの鉱物やこれを含む岩石は数十億年に及ぶ地質年代を通じて、生物圏に大きな危険を与えることなく存在してきたのである。またこれらの能力のよって来る原因については、われわれは地球化学、鉱物学、岩石学、結晶化学など、地球化学の諸分野から廃棄物の安全処理の問題を論じてみたい。</p>
タイトル	141.亀裂ネットワーク水理物質移行モデルの開発動燃技報No.9 0別刷（放射性廃棄物地層処分関係文献）
著者	内田雅大、澤田淳（動燃・東海）
発行年月日	1994/6
刊 ページ	
発行	動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所
キーワード	亀裂ネットワーク、核種移行、釜石、移行経路、幾何形状
概要	<p>花崗岩をはじめとする亀裂状媒体においては、核種の移行は亀裂に沿って起きると考えられている。亀裂状媒体における核種の移行は、移流・分散・収着・マトリクス拡散によって支配されると考えられているが、これらは亀裂の幾何的形狀と深く関連するため、核種移行の評価に当たっては亀裂の幾何的形狀を何らかの形で考慮する必要がある。核種移行においては、特に選択的経路の存在が問題となるため、連続体モデルでは保守性が担保されない可能性がある。この点、1982年に導入された亀裂ネットワークモデルは、亀裂の幾何学的形狀を詳細に表現可能であり、多数の研究者により開発が行われてきている。</p>

タイトル	142.高レベル放射性廃棄物の地層処分における緩衝材中の水分の気・液二相移動動燃技No.89 別刷 (放射性廃棄物地層処分関係文献)
著者	竹内真二、原啓二 (動燃・東海)
発行年月日	1994/3
刊 ページ	動燃技報 No.89 別刷
発行	動力炉・核燃料開発事業団東海事業所
キーワード	人工バリア、緩衝材、
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分に際し、人工バリアのひとつである緩衝材に圧縮ベントナイトを用いることが考えられている。この緩衝材では廃棄体の定置後、廃棄体からの放熱、周辺岩盤からの地下水の浸入そして地圧や膨潤圧等が相互に作用した熱-水-応力連成現象が生ずることが予想される。このうち地下水の浸入は、緩衝材に膨潤圧を発生させたり、伝熱性を変化させる等熱移動や圧力に影響を及ぼす大きな要因となると考えられる。一般に、不飽和ベントナイト中の水は水蒸気と液状水の二相で移動すると言われているが、両者を明確に分けて取り扱うことが難しいことから、一般に両者を合わせ見かけの水分拡散係数 (以下水分拡散係数) を用いた拡散モデルでその移動が解析される例が多い。しかしこのような簡易モデルでは、熱や応力との連成現象を詳細に把握することが困難なため、そのモデル化においては、水蒸気と液状水の二相流の取り扱いが必要となる。
タイトル	143.地層処分基盤研究施設の概要と研究計画について (放射性廃棄物地層処分関係文献)
著者	間野正、石川博久 (動燃・東海)
発行年月日	1993/12
刊 ページ	動燃技法 No.88 別刷
発行	動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所
キーワード	地層処分研究開発、人工バリア、天然バリア、多重バリアシステム、施設
概要	動燃事業団は、高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発における中核推進機関として、研究開発および地質環境調査の着実な推進を図ることを求められている。現在進められている地層処分研究開発は、わが国で想定される幅広い地質環境条件下において、人工バリアと天然バリアからなる多重バリアシステムにおける様々な現象を支配する物理/化学法則を見出し、それらに基づいて長期的挙動を正しく解析できるということをいろいろな実験や長期におよぶ自然現象の研究 (ナチュラルアナログ研究という) によって確認することが当面の課題となる。この課題に対しては、深部地下の環境下で生じる熱、応力、化学反応、水理、物質移動等の複合現象を理解し、それらの現象を長期にわたって予測するモデルを開発し、そのモデルの妥当性を確認する必要がある。
タイトル	144.花崗岩地帯 (南部阿武隈山地) における岩盤地下水について 阿武隈南部地区中山間大規模 (岩盤) 地下水開発調査報告書
著者	風間彰 (東北農政局計画部長)
発行年月日	1990/3
刊 ページ	1~206
発行	東北農政局計画部
キーワード	阿武隈花崗岩、亀裂性地下水、岩盤内の地下水、地下汚染問題、地下水流動機構、
概要	日本の地下水利用地帯は、火山山麓や一部の石灰岩台地の他、第四紀層と鮮新世の砂層や礫層の発達する所に限られていると言っても過言ではない。地下水は、水質的にすぐれ水温が一定で水利権の適用を受けることなく、簡単な設備で自分の土地から自由に採取でき安価であるという魅力的な性格を備えており、今後とも利用され続けるであろうことは容易に予想される。しかし、過剰な揚水によって、地盤沈下、塩水浸入、地下水位低下などの地下水障害が発生している地域が見られる。東北地方では、青森平野、仙台平野、山形盆地、米沢盆地、浜通り沖積低地の一部、上北平野で地下水の過度の利用により、地盤沈下、塩水浸入を引き起こしている。

タイトル	145.2.ナチュラル・アナログ研究の重要性 (昭和62年度 シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分)
著者	野村徹 (動力炉・核燃料開発事業団)
発行年月日	1990/5/29
刊 ページ	7~12
発行	日本応用地質学会
キーワード	地層処分、ナチュラル・アナログ、
概要	地層処分の研究開発の進展に従い、ナチュラル・アナログの研究が改めて注目されているようにおもわれる。それは、地層処分システムの長期的挙動を理解し、より信頼性の高い予測を行うために、ナチュラル・アナログの研究が重要であるという認識が広くなされるようになったためと考えられる。ここでは、最初に、ナチュラル・アナログの研究の背景としたある地層処分の研究開発全般を簡単に要約し、次に、本会での議論のきっかけをつくる意味で、標題に関連する4項目を話題としてとりあげてみたい。なお、ほぼ同様な話題が日本原子力学会の放射性廃棄物連絡会 (1986年10月) でも論議された事を付記する。

タイトル	146.原研におけるナチュラル・アナログ研究 (昭和62年度シンポジウム予稿集「放射性廃棄物の地層処分」)
著者	中村治人 (日本原子力研究所)
発行年月日	1990/5/29
刊 ページ	13~17
発行	日本応用地質学会
キーワード	天然原子炉、天然バリア、人工バリア、岩盤中、花崗岩岩盤の亀裂
概要	天然原子炉OKLO現象における放射性核種の長期移行の研究において、周辺地層の閉じ込め性について議論されて以来、ナチュラルアナログについて多くの研究が進められている。主な研究項目として、次の3項目が重点的に進められているように思われる。 (1) 天然バリアの隔離機能に関する研究として、岩盤中での拡散固定等極低速移行現象の研究 (2) 人工バリア材の耐久性に係る研究 (3) コロイド、微生物、有機還元物質等隔離機能に重要な影響を及ぼす特異な現象の研究。原研は地層処分の安全性研究を担当し天然バリアと人工バリアの隔離機能と長期安全性を評価する上で重要な機構についてのナチュラルアナログを研究し、長期評価に耐える安全評価モデルの開発を目指している。

タイトル	147.4.地層の安全性の予測とナチュラルアナログ (昭和62年度シンポジウム予稿集「放射性廃棄物の地層処分」)
著者	小出仁 (地質調査所)
発行年月日	1990/5/29
刊 ページ	19~24
発行	日本応用地質学会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、発熱、長期の有害性、花崗岩、岩盤、クリープ変形、
概要	高レベル放射性廃棄物を地下深部に埋設するために、主要な障害になるのは、発熱性と長期の有害性である。熱の原因は、激しく壊変するために放射性は高いが寿命の短い核種なので、発熱は急速に衰える。このため、数十年貯蔵して冷却すれば、処分場の温度上昇はかなり改善される。しかし、長期の有害性は新しい科学・技術向上の問題を提起している。

タイトル	148.岩体の割れ目充填 (昭和62年度シンポジウム予稿集「放射性廃棄物の地層処分」)
著者	床次正安 (東大理)
発行年月日	1990/5/29
刊 ページ	25~28
発行	日本応用地質学会
キーワード	
概要	
タイトル	149.6 続成過程における物質変化について (昭和62年度シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分)
著者	水谷伸治郎 (名古屋大学理学部地球科学教室)
発行年月日	1990/5/29
刊 ページ	29~34
発行	日本応用地質学会
キーワード	
概要	地球の表面や地殻の上層部で起こっている変化過程は、一般に、岩石、水、そして、時には各種のガスなどが互いに深くかかわり合いながら進んでいる。この変化過程は風化作用や続成作用と呼ばれていて、その特徴は、非常に長い機関にわたって変化がゆっくりと進み、熱エネルギーも物質もその反応系に自由に入出入りする。
タイトル	150.河川水の流量および水質による表層部の地下水流動の推定—岐阜県東濃地域におけるケーススタディ (応用地質 第36巻第1号1995年4月)
著者	尾方伸久 (動燃東濃地科学センター) 若松尚則 (アジア航空)、梅田浩司、柳澤孝一 (動燃東濃地科学センター)
発行年月日	1995/4
刊 ページ	第36巻 第1号
発行	日本応用地質学会
キーワード	水理地質環境、浅層部の地下水流動、東濃鉦山、花崗岩中のトリチウム濃度
概要	我が国の地質環境、特に水理地質環境を明らかにするためには、高温、多雨な我が国独特の水理地質状況に基づいた独自の地下水流動評価が必要となる。このためには、地下水流動の場の条件、すなわち、水理地質学的条件とそこでの地下水の流動機構を明らかにする必要がある。浅層部の地下水流動を把握することは、不飽和帯を含めた浅層部地下水と深層部地下水が関連をもって流動系を形成していること、また、河川への流出の殆どが浅層部の地下水を経ていることなどから極めて大事である。

タイトル	151.1 1、岩石の孔隙の性質 その2.孔口径分布曲線解析の天然砂岩への応用（深地層における地質環境評価技術の調査）
著者	内田隆（石油資源開発）多田隆治（東京大学）
発行年月日	1992/1/23
刊 ページ	145～154
発行	石油技術協会誌
キーワード	
概要	天然の砂岩の孔口径分布測定を行い、その累積分布曲線を対数正規確率紙上にプロットすると、砂岩の岩型に応じて2～5本の直線的セグメントからなる折れ線として表現される。（UCHIDA,1987;、1990MS）。砂岩の孔隙の分類について、すでにPITTMAN(1979),SCHMIDT & MCDONALD(1979)らによって報告されているが、さらに内田・多田（1991）は、ガラスビーズによるパッキングモデルを用いて砂岩を構成する粒子の大きさ、円磨度、淘汰度、粒径分布および多孔質含有岩片の有無、それらの組み合わせや含有割合の変化が孔隙や孔口径分布に及ぼす影響について実験的検討を行い、砂岩の孔口径分布累積曲線の形状と孔隙タイプとの対応関係について明らかにした。

タイトル	152.原位置における岩盤の透水性測定（日本地下水学会誌第26巻第1号）
著者	嶋田純（清水建設（株）研究所）
発行年月日	1984/2
刊 ページ	23～27
発行	日本地下水学会
キーワード	原子力発電、高レベル放射性廃棄物処分、深部岩盤、透水性、割れ目
概要	最近、原子力発電に伴って発生する半減期の長い高レベル放射性廃棄物処分に最も確実性の高い処分場所として深部岩盤が検討されるようになってきている。これに伴い深部岩盤中に封じ込められた廃棄物の漏洩に対して最も懸念される輸送媒体である岩盤中の地下水の賦存と挙動が注目されるようになってきた。このような地下水の挙動を把握する上で基本となる重要なパラメータは、透水係数と動水勾配の二つであり、中でも地域的規模での透水性の把握が極めて重要な課題になってきている。透水性の低い深部岩盤は、廃棄物の封じ込めという観点ではたとえ動水勾配が高くなっても実流速は小さいという点で極めて優れた媒体と考えられ、その実体の把握が試みられつつある。このような観点から、透水性の非常に低い岩盤の透水性測定のための研究開発に力が注がれ、汎用性のある測定方法・装置が検討されるようになってきた。

タイトル	153.動燃式低水圧制御水理試験機（動燃式JFT）の原理と適用例（地下水学会誌第30巻第3号）
著者	柳澤孝一（動燃事業団中部）、西垣誠（岡山大学工学部）平田洋一（大成基礎設計（株））
発行年月日	1988/8
刊 ページ	第30巻 第3号 127～137
発行	日本地下水学会
キーワード	地下深部岩盤、地下空間利用、割れ目、動燃式低水圧制御水理試験機（JFT）
概要	地下発電所、無重量実験施設、燃料地下備蓄など地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が近年注目されている。これらにかかわる技術的課題の1つである地下水問題をとりあげると、特に深部岩盤における割れ目系と母岩（マトリックス）を対象とした透水係数、間隙水圧の高精度な測定が必要である。

タイトル	154.有害廃棄物に関する国際ワークショップ（地下水学会誌第30巻第4号）
著者	古市徹（国立公衆衛生院衛生工学部）
発行年月日	1988/11
刊 ページ	第30巻 第4号193～195
発行	日本地下水学会
キーワード	放射性廃棄物、処分方法、
概要	低レベル放射性廃棄物と非放射性有害廃棄物の適正主文方法及び比較について法制的、科学的及び現実的の局面から議論し、この分野の看護の国際協力や国際会議開催の可能性について検討する。

タイトル	155.高レベル放射性廃棄物と地層処分（応用地質第32巻第6号）
著者	佐久間秀樹（動力炉・核燃料開発事業団）
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 2～10
発行	日本応用地質学会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分、多重バリアシステム、性能評価
概要	人間は文明を築く過程で多種多様な廃棄物を生み出してきた。そして人間と廃棄物との関係も、文明の発達に応じて変遷を重ねてきた。これは文明が発達するにつれて、生み出される廃棄物の種類と発生量が加速度的に増大してきたことによる。古代社会においては、日常生活から発生する廃棄物はその種類も発生量も、今日と比べると極めて限られており、人間と廃棄物は同じ環境に共存することが可能であった。現代社会においては、物質的な豊かさの代償として多種多様な廃棄物が大量に発生しており、この中には人間とその生活環境に重大な影響を及ぼしうる潜在的な危険性を持った廃棄物、言い換えれば、そのままの状態では人間と共存できない廃棄物が含まれるようになった。

タイトル	156.放射性廃棄物処分と地質問題（応用地質第32巻6号）
著者	小出仁（地質調査所 環境地質部）
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 11～18
発行	日本応用地質学会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分、長期安全性、地質未来予測
概要	高レベル放射性廃棄物対策を進めているほとんどすべての国や機関が地層処分をする方向で研究開発を実施している。地下深部への処分は現在あるいは近い将来において、放射性廃棄物対策として利用しうる方法の中で最も実現可能性の高いものであると考えられている。宇宙処分は打ち上げ技術に問題があるので、現時点では地層処分より信頼性はるかに低く、予見しうる将来にわたっても、地中への処分より信頼性が高くなる可能性はないと思われる。また、いわゆる消滅処理も、その名前にもかかわらず放射性廃棄物を完全に無くすることはできない。消滅処理が実用化されれば、廃棄物中の長寿命の放射性核を少なくできるので、廃棄物を隔離しなければならぬ期間は短くなる。しかし、かなりの放射性を示す廃棄物の量はむしろ増加すると予想されるので、地層処分の必要性がなくなることは期待できない。

タイトル	157.地下深部調査におけるボアホールテレビジョン装置の活用（応用地質32巻6号）
著者	田中和広（電力中央研究所）
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号19～33
発行	日本応用地質学会
キーワード	ボアホールテレビジョン装置、割れ目、透水性、高レベル放射性廃棄物、地層処分
概要	原子力発電所において発生する高レベル放射性廃棄物（HLW）は、我が国においては、再処理、ガラス固化した後に地下深部の岩盤中に隔離処分される計画となっている。処分後、廃棄物から放出される放射性核種が人間環境に与える影響については、現在、ベントナイト、オーバーパック、緩衝材、埋め戻し材等の人工バリアとそれを覆う岩盤からなる天然バリアを組み合わせた多重バリアにより、自然環境から長期間にわたって安全に隔離する計画となっている。このうち、天然バリア中における放射性核種の移動は地下水流動によるものが支配的であり、このため、地下水の通路となる割れ目の評価が重要課題となっている。このうち、天然バリア中における放射性核種の移動は地下水流動によるものが支配的であり、このため、地下水の通路となる割れ目の評価が重要課題となっている。
タイトル	158.ボアホールレーダーによる花崗岩岩盤特性調査釜石鉱山原位置試験場における調査結果について（応用地質第32巻第6号）
著者	仙波毅、尾方伸久、長谷川健（動燃事業団）、岩崎浩（日鉄鉱業（株））、渡辺邦夫（埼玉大学工学部）
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 34～42
発行	日本応用地質学会
キーワード	ボアホールレーダー、クロスホール調査、トモグラフィ
概要	結晶質岩盤中では地下水は主に割れ目や割れ目帯を流れると考えられ、結晶質岩の水理地質特性を評価するためには、割れ目や、割れ目帯すなわち「水みち」の位置・規模・その透水性を把握することが必要不可欠である。動力炉・核燃料開発事業団では、この割れ目や割れ目帯の位置・規模・その透水性を非破壊で、かつ3次元的に把握するための調査技術開発の一環として、スウェーデン廃棄物管理公社（SKB）が開発した試錐孔内用レーダーシステム（RAMAC）を1988年度に導入し、日本の岩盤における適用試験を実施してきた。
タイトル	159.高レベル放射性廃棄物地層処分施設の耐震性評価のための地下深部震動特性（応用地質第32巻第6号）
著者	駒田広也（電力中央研究所）
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 43～50
発行	日本応用地質学会
キーワード	地層処分、耐震観測、地下深部、耐震性
概要	高レベル放射性廃棄物地層処分は、数百mから1000mの地下深部に廃棄物を埋設処分することが一般的な概念となっている。また、処分施設の建設が開始されると予想される西暦2030年頃までに発生する廃棄体は4万本程度が見込まれており、仮に深部坑道内における廃棄物体の設置間隔を5mとして考えると、坑道の総延長は200kmにも及ぶことになる。さらに、坑道の離間距離を8m（坑道径を4mとして、2×坑道径を離間距離とした）として単純に矩形配置した場合、その平面的広がりには約1.6km×1.6kmにも達する。つまり、大規模な坑道群が地下深部に建設されることになり、例を示すと図-1のようになる。ここでは地層処分施設の耐震性評価の概念を示し、耐震性評価に重要な地下深部地震動特性を地下地震観測結果から考察する。

タイトル	160.堆積岩の地質学的特性および透水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用 (応用地質 第32巻第6号)
著者	尾方伸久、大澤英昭、中野勝志、柳澤孝一 (動燃事業団、中部事業所) 西垣誠 (岡山大学工学部)
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 51~62
発行	日本応用地質学会
キーワード	透水係数、比抵抗値、水理地質構造モデル
概要	近年、地層処分等、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の1つに地下水流動に関する問題がある。地下深部岩盤中に存在する地下水の流れを評価するには、一般にコンピューターシミュレーション解析を行うが、この際地形や水理地質構造をいかに簡略化しモデル化するか、境界条件や透水係数などの水理定数をいかに現実に促した妥当な値に設定するのかが重要な課題となる。特に地下深部岩盤の透水係数分布をいかに正確に把握するかが地下水流動解析結果の信頼性を大きく左右する。しかし一般に、試錐孔を利用した原位置透水試験による水理学データの取得には、多大の時間と経費を必要とする。また、断層等の水理地質構造的に脆弱な部分は、一般に岩芯の回収率が低く、岩芯による室内透水試験も不可能なことが多い。
タイトル	161.ポアホール型レーダーを用いた水みち調査 (応用地質第32巻第6号)
著者	北村孝海、稲葉秀雄、向上拡美、塩崎功、滝沢究 ( (株) 間組)、登内正治 (川崎地質)
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 63~74
発行	日本応用地質学会
キーワード	探査、ポアホール、レーダー、探査距離、水みち
概要	放射性廃棄物の岩盤内処分においては、長期にわたって人間の生活環境への影響を避けるため、処分施設の設計、施工技術、人工バリア等の処分技術、処分後のプラグ技術、環境影響評価技術などさまざまな研究開発が進められている。この中で、処分施設を設置する地点の地質、地下水の状況は、処分された放射性核種が移行・拡散する場合の重要な影響因子であるため、これらの調査・解析技術の研究開発は重要な課題である。この中の1つの技術として、岩盤の亀裂あるいは破碎帯を検出するために、電磁波を用いたポアホール型レーダーの開発が進められている。
タイトル	162.新しい地下水調査技術の開発 (応用地質第32巻第6号)
著者	馬原保典 (電力中央研究所 我孫子研究所、原燃サイクル部)
発行年月日	1992/2
刊 ページ	第32巻 第6号 75~85
発行	日本応用地質学会
キーワード	安全評価、地下水、トレーサー、年代測定
概要	地下水の流れは、表面水に比べ直接的に観察することが困難な場合が非常に多い。従来、地下水の動きを把握するためには、地下水位分布、地層の透水係数および地層の空隙率を測定し、ダルシー則にあてはめて流向・流速を推定する方法が最も一般的に用いられてきた。しかしながら、必ずしもDarcy則の適用だけでは、地下水の3次元的な挙動や"水そのもの"の移動を正確に評価しているとは言い難い面もある。例えば、地下水は、地層中を均一に流れているとは限らず、多くの場合、水みちを、あるいは不均質な岩盤割れ目部分を流れており、極めて流動性の高い部分と、逆にほとんど動かない手痛い部分に分けることが可能であろう。

タイトル	163.花崗岩および凝灰岩間隙水中のイオンの拡散係数の測定 (応用地質第30巻第2号)
著者	喜多治之 (三井建設原子力部)・岩井孝幸 ( (株) 熊谷組技術研究所)・中嶋悟 (日本原子力研究所環境安全研究室)
発行年月日	1989/6
刊 ページ	第30巻 第2号 26~32
発行	日本応用地質学会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分、漏出元素、Co, Sr, Cs, Tc, I、 花崗岩、凝灰岩
概要	高レベル放射性廃棄物を地層中に処分する場合、その影響が人間環境に及ばないように、放射性核種を長期にわたって隔離する必要がある。一般的に処分方法としては、地下数百mより深い地層中に、廃棄物固化体、キャニスター、緩衝材、埋め戻し材などの人工バリアと自然の地層そのものの天然バリアとを組み合わせた多重バリアシステムによるものが考えられている。放射性核種の天然バリア中での移行機構としては、岩盤中の大きな亀裂を介しての地下水流が考えられる。一方、岩盤中の間隙や微少な亀裂を介しての核種の拡散現象は、核種の地下水流による移行の遅延の原因の一つとして捉えることができる。したがって、この周辺岩盤への核種の拡散現象を定量化することが、天然バリア中の核種移行の評価上、必要となってくる。
タイトル	164.深部花崗岩中の割れ目解析—岐阜県東濃地域に分布する花崗岩類を例にして (応用地質第30巻3号)
著者	吉田英一、大澤英昭、柳澤孝一、山川稔 (動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所)
発行年月日	1989/9
刊 ページ	第30巻 第3号 11~22
発行	日本応用地質学会
キーワード	放射性廃棄物処分場、原子力開発長期利用計画、割れ目調査、ポーリング調査
概要	最近、石油備蓄基地、地下発電所、放射性廃棄物処分場などを岩盤中に建設することが多く計画されるようになった。これは、地下空洞をより有効に利用しようとするものである。このような地下利用に当たっては、当然、空洞の安定性、地下空間中に貯蔵された物質を長期的に外部に漏洩させない隔離特性が重要となる。特に、生活環境への保護が重要となる。現在、動力炉・核燃料開発事業団 (以後、動燃事業団という) では、高レベル放射性廃棄物を岩盤内に処分するという地層処分の技術的実現性について研究開発を実施している。これは地下深部の隔離特性や長期安定性を充分活用した地下空間利用技術の1つと見なすことができる。この地層処分とは、高レベル放射性廃棄物の特徴を考慮し、現在および将来の世代の人間の健康の防護、長期的な環境の保護と発生者負担の原則の要件を満たすことを基本としている。
タイトル	165.蒸発量計測によるトンネル壁面からの湧水量の測定 (その1) 測定法と室内試験 (応用地質第30巻第4号)
著者	渡辺邦夫、藍沢稔幸 ( (埼玉大学工学部)・小野誠 (森ビル)・柳沢孝一、佐久間秀樹 (動燃事業団)・山本肇 (東大工学部)・神田信之 (東京計測 (株))
発行年月日	1989/12
刊 ページ	第30巻 第4号 11~18
発行	日本応用地質学会
キーワード	放射性廃棄物、岩盤内処分、難透水性岩盤、割れ目
概要	最近世界各国で、放射性廃棄物の岩盤内処分が検討されている。この処分場として、水を通しにくい難透水岩盤が有力な候補として挙げられている。処分を行うにあたっては、廃棄物中の放射性核種による生活環境の汚染問題を絶対に引き起こさない方法をとらねばならない。そのためには、まず、核種が岩盤中をどのように移動するかを十分に評価しておくことが必要である。岩盤中の核種の移動プロセスとして、最も注意をはらわねばならないものは、地下水の流れに乗った移動である。したがって、この処分の問題では、岩盤中に掘削された処分用空洞周辺の地下水流れの状態を明らかにしておくことが不可欠である。地下水流れの性質を調べるために、空洞周辺の地質の状態、間隙水圧の分布などの調査が当然必要となる。

タイトル	166.活断層と地殻のガス情報 (応用地質第30巻第4号)
著者	杉山隆一 (名古屋大学理学部地球科学教室)
発行年月日	1989/12
刊 ページ	第30巻 第4号 35~46
発行	日本応用地質学会
キーワード	活断層、地下深部、亀裂、
概要	断層の運動は一般に破壊を伴う地層や岩石の変位の1つであり、しかも地下深部に達する亀裂であるので、断層に沿って種々の流体が移動、発生することが多い。ここで扱う断層に関係するガスは、地殻変動についての重要な情報として、とくに最近注目されるようになった。断層に関係する放射能異常については古くから多くの研究がある。この領域におけるわが国のパイオニアであるHATUDAによると、埋没断層を横切って土壌試料中に著しい放射能異常を最初に認めたのはドイツのAMBRONNであり、1918年のことであったという。活断層周辺に形成されている破碎帯の間隙を伝わってウラン系列の $^{226}\text{Ra}$ が移動し、主断層面に集積される傾向にある。また、 $^{226}\text{Ra}$ の崩壊の結果生じる $^{222}\text{Rn}$ は強い放射能をもつ希ガスであるので、これも断層面内を移動しやすい。
タイトル	167.蒸発量計測によるトンネル壁面からの湧水量の測定 (その2) 応用地質第31巻第1号 (1990/3)
著者	渡辺邦夫、柳沢孝一、RolandPUSCH、佐久間秀樹、藍沢稔幸、山本肇、神田信之
発行年月日	1990/3
刊 ページ	第31巻 第1号 1~11
発行	日本応用地質学会
キーワード	低透水岩盤、トンネル、ストリーパー鉱山、都東濃鉱山
概要	低透水岩盤中の換気されたトンネル壁面からの湧水量を、蒸発量計測により測定する方法を提案した。また、その計測の精度や実際岩盤への適用性を、室内実験と理論を中心に検討した。その結果、室内実験のレベルでは、この方法の有用性がかなり高いことが明らかとなった。しかしながら、実際のトンネル内で、計測がうまくできるのか、どんな情報が得られるのか、計測上の問題点は何なのかなどについては、まだ充分な考察がなかった。本論文は、前報の結果を受けて、蒸発量計測を実際のトンネル内で行い、得られた情報や今後の問題点について検討したものである。
タイトル	168.岩盤浸透流の調査スエーデン・ストリーパー鉱山での調査の近況 (応用地質第31巻第3号)
著者	渡辺邦夫 (埼玉大学)、中村直昭 (日鉄鉱業)
発行年月日	1990/9
刊 ページ	第31巻 第3号 中表紙
発行	日本応用地質学会
キーワード	OECD、ストリーパー・プロジェクト、坑道内湧水、
概要	放射性廃棄物の結晶質な岩盤内への処分方法の研究を目的とした、OECD のストリーパー・プロジェクトが1980年からスエーデン鉱山で進められている。このプロジェクトは、1991年で終了することが決定しており、現在は、その最終段階である、「フェーズIII」の研究が行われている。このフェーズIIIの主要な研究の目的は2つあり、1つは放射性物質の漏洩経路となる可能性のある、坑道周辺の高透水路部の「止水 (目詰め、シーリング) 技術」の確立である。

タイトル	169. 稲田花崗岩の透水係数に及ぼす封圧および間隙水圧の影響について (応用地質第31巻第3号)
著者	高橋学・小出仁 (地質調査所環境地質部)、平田実雄 (石油資源開発 (株))
発行年月日	1990/9
刊 ページ	第31巻 第3号 1~10
発行	日本応用地質学会
キーワード	岩盤の力学的性質、岩盤の透水特性、岩塩、泥質岩、花崗岩、稲田花崗岩、
概要	近年、石油、液化天然ガス等のエネルギー備蓄施設や高レベル放射性廃棄物の処分施設等を建設する際に、土地の有効利用や環境保全、また施設の安全性や耐震性などの観点から、これらの施設を地下に建設することが盛んに検討されている。これらの地下構造物を建設するには、岩盤の力学的性質を知ることが必要不可欠となっている。特に将来予測のための数値解析を行う場合などには、より正確な透水係数の値が必要となる。石油地下備蓄施設や、高レベル放射性廃棄物地下処分施設等を建設する場合、一般的には、堅硬でかつ透水性の小さな岩盤が建設対象となる。放射性廃棄物地下処分場に適した地層の1つとして岩塩が、低空隙率と低透水性、および塑性的で熱伝導率が高いという好ましい性質を持っているためである。また、泥質岩は比較的透水性が低く、亀裂は膨張性の粘土鉱物の存在により、水や応力の作用で自ずと閉鎖する性質をも有している。
タイトル	170. 新鮮な花崗岩および破碎花崗岩中におけるセシウムの移行 (応用地質第32巻2号)
著者	岩井孝幸 ((株)熊谷組 技術研究所)、雨貝信治 (東亜建設工業)、中山真一 (日本原子力研究所)
発行年月日	1991/6
刊 ページ	32巻 2号 1~9
発行	日本応用地質学会
キーワード	核燃料の再処理、天然バリア、人工バリア、多重バリアシステム、花崗岩
概要	使用済み核燃料の再処理から発生する高レベル放射性廃棄物の処分法として、地下深部岩体中への永久処分が考えられている。その処分施設へ地下水が浸入すると、廃棄物固化体から放射性核種が溶出し、地層中の割れ目等を通り人間環境に移行する可能性がある。この放射性核種の移行は、天然バリア (地層) と人工バリア (固化体、容器、間隙材等) とからなる多重バリアシステムによって阻止あるいは遅延されると考えられている。国内には広範囲に花崗岩が存在し、この岩体中が処分場の対象となるならば、花崗岩が天然バリアとなる。花崗岩には地殻変動によって生じた断層などの割れ目があり、これらは断裂や圧碎などの作用により破碎帯を形成していることがある。割れ目内は、周辺岩盤中に比べて地下水の流速が早いので、割れ目が核種の主たる移行経路になる。
タイトル	171. 地下空間における応用地質学の現状と展望 (応用地質29巻1号)
著者	飯塚友之助 (清水建設 (株) 土木部技術第一部)
発行年月日	1988/3
刊 ページ	83~92
発行	日本応用地質学会
キーワード	地下空間の利用、高レベル放射性廃棄物地層処分施設、環境アセスメント、
概要	地下空間を公共施設として利用する実例が活発になっており、また新しい地下利用の構想についても注目を集めている。地下に構造物を建設するための技術については土木工学が中心的役割を果たしており、最近の応用地質学の研究課題においても土木地質的な課題が多くを占めるようになってきている。土木分野においてはダムやトンネルの調査が応用地質学の活躍の場であった。トンネルはもっとも伝統のある地下利用の形態であるが、必ずしも地質調査や岩盤評価に重きを置いてきた訳ではない。地下の地質構造やトンネル切羽前方の地質予測は常に不確実性を伴うものであった。トンネル工学では地質条件の変化に伴う設計・施工上の問題点に直面してからでも何とか工夫して克服することができるという経験が先行しており、事前調査に対する費用対効果の価値付けが低かったといえよう。

タイトル	172.活断層に関する最近の知見 (応用地質 2 1 巻 3 号)
著者	藤田和夫 (大阪市立大学理学部)
発行年月日	1980/9
刊 ページ	1 ~ 8
発行	日本応用地質学会
キーワード	活断層、日本列島の活断層図、
概要	断層の新しいとらえ方 日本列島の活断層図の作成にあたって 活断層の分布からみた日本列島の応力状態 活断層の判定基準 外国における活断層の例
タイトル	173.断層、とくに断層破碎帯の見方、考え方 (応用地質 2 2 巻 1 号)
著者	木村敏雄 (東京大学理学部)
発行年月日	1981/3
刊 ページ	4 ~ 1 6
発行	日本応用地質学会
キーワード	
概要	断層、とくに断層破碎の研究の重要性 ・断層および断層破碎帯の複雑なヒストリーの解析 域破碎帯等の用語 ・活断層の認定と線状模様 (リニアメント) 岩石の変形と地表からの深さ マイロナイト (圧碎岩) 断層に沿う岩石の地下深所での流動変形 破碎岩と破断 破碎と固結性 破碎帯と粘土 えせ破碎帯、えせ破碎岩 海底地すべりに伴って生じた堆積時断層
タイトル	174.いわゆる活断層の工学的問題点と取り扱い (応用地質 2 2 巻 1 号)
著者	羽田忍 ( (株) 応用地質調査事務所)
発行年月日	1981/3
刊 ページ	2 2 巻 1 号 17~31
発行	日本応用地質学会
キーワード	
概要	・まえがき ・土木工学 (技術) と地学 (科学) ・活断層に関する用語 ・活断層による地盤の変位 ・土木における耐震設計 ・土木における活断層問題 ・活断層研究会編「日本の活断層」 ・土木における活断層の取り扱い ・まとめ

タイトル	175.活断層調査の例・柳ヶ瀬断層 (応用地質 22 巻 1 号)
著者	武藤章、豊蔵勇、松浦一樹、池戸 正行 ( (株) ダイヤコンサルタント)
発行年月日	1981/3
刊 ページ	22 巻 1 号 32~51
発行	日本応用地質学会
キーワード	
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・まえがき</li> <li>・柳ヶ瀬断層周辺の地形</li> <li>・柳ヶ瀬断層に関連するリニアメント</li> <li>・余呉川付近の扇状地</li> <li>・丹生谷川・丹生谷東沢および高時川の段丘</li> <li>・断層周辺の地質概要</li> <li>・柳ヶ瀬断層の位置と性状</li> <li>・第四系を切る断層</li> <li>・柳ヶ瀬断層に関する考察</li> <li>・まとめ</li> </ul>
タイトル	176.放射性廃棄物処分施設における岩盤割れ目のシーリング (その1) シリカによるセルフシーリングの可能性検討 (電力中央研究所報告)
著者	千木良雅弘 (電力中央研究所)
発行年月日	1991/9
刊 ページ	1~26
発行	財団法人 電力中央研究所
キーワード	割れ目、地下水流れ、シーリング、不透水、
概要	<p>高レベル放射性廃棄物の地層処分に当たって、岩盤割れ目系の地下水流れは最も重要な評価課題であり、諸外国に比べて岩盤中に割れ目が多いと想定される日本では一層重要である。処分場のニアフィールドでは、割れ目系地下水流れの調査・解析、核種移行解析とともに、割れ目のシール技術と割れ目沿いの熱水-岩石相互作用の評価技術の開発が求められている。しかしながら、現在までのところ長期安定で有効な割れ目シール技術は確立していない。また、割れ目沿いの熱水-岩石相互作用の評価のためには開放系の実験的研究を進める必要がある。本報告は、割れ目の新しいシーリング概念・技術を開発し、また水-岩石相互作用評価に資するため、割れ目系熱水流通実験装置を開発し、シリカによる割れ目シーリングの予察実験を行った結果について述べたものである。</p>
タイトル	177.不連続性岩盤における節理調査とその適用例
著者	平間邦興、丸山誠、鈴木健一郎
発行年月日	1986/8
刊 ページ	No.33 抜き刷り 1~6
発行	大林組技術研究所報No.33 1986抜き刷り
キーワード	岩盤の地質構成、原子力廃棄物の地下処分、
概要	<p>不連続性岩盤の水理・力学的性質に及ぼす不連続面の影響を正しく理解することは、岩盤構造物の安定性を評価する上で重要である。この本文では、主に宅地造成計画地で実施した節理調査をもとに、その手法の確立と幾何学的性質を総合的に評価する指標として提案されているクラックテンソルの概念に基づいて岩盤性状を把握することを試みた。以下にその概略を述べる。</p>

タイトル	178.花崗岩の熱履歴に伴う微視的構造と工学的性状の変化に関する実験的研究特に弾性波速度と透水係数について
著者	平間邦興、丸山誠、桑原徹、鈴木健一郎
発行年月日	1987/2
刊 ページ	No.34 1987 抜き刷り1~5
発行	大林組技術研究所報 No.34 1987 抜き刷り 1~5
キーワード	放射性廃棄物の地層処分、岩盤、人工バリア、熱の影響、透水、
概要	岩盤の熱による影響を把握することは、放射性廃棄物の地層処分や地熱開発に絡んで重要な問題となっている。この報文では、花崗岩の工学的性状、特に弾性波速度 ( $V_p$ ) と透水係数 ( $K$ ) の加熱温度と加熱時間による変化と微視的構造のそれに伴う変化を調べた。その結果、岩の長期的な工学的性状の変化を推定し、一方では、微小クラックの観察から推定される物性値の変化と実験結果を対応させることができた。
タイトル	179.結晶片岩の力学的異方性について
著者	平間邦興、丸山誠、桑原徹、鈴木健一郎
発行年月日	1988/8
刊 ページ	No.371988 抜き刷り53~57
発行	大林組技術研究所報
キーワード	岩盤、結晶片岩、透水係数、
概要	某ダム基礎より採取された結晶片岩は、片状構造が著しく発達しているので構造的には異方性を呈している。本研究では、構造的な異方性が力学的および水理学的にどのように影響するか調べたものである。力学的には弾性係数に、水理学的には透水係数に注目し、方向に依存したそれらの係数を実験的に求めた。力学的異方性については弾性論に基づく理論解と実験結果との比較を行ったが、構造に依存する非線形性を考慮することで積層異方性を仮定できることが確認された。
タイトル	180.放射能廃棄物地層処分の基本的な考え方 (別刷)
著者	村野 徹
発行年月日	1989/1
刊 ページ	別刷 第11巻 4号 2~9
発行	財団法人 エネルギー総合工学研究所
キーワード	地層処分、地層処分の歩み、地層処分の基準、新しい地下利用
概要	高レベル放射性廃棄物の処分の方法として、地層処分の研究が現在活発に行われている。しかし、多くの人々が、廃棄物の処分あるいは地層処分に対して抱いているイメージは、「地下埋設」であり、さらに率直な表現では、「ゴミのダンピング」ではないかと思われる。これは、必ずしも日本だけではなく、海外の新聞の見出しで、DumpingSiteが処分場の立地場所の意味に使われていることは、よく見掛けるところである。誰でも、地中に何かを埋めた経験はあるだろう。また、ブルドーザーがゴミを地中に埋めている様子は、人々がよく遭遇する光景に違いない。ゴミのダンピングというイメージは、これらの日常的な経験がもとになって、極く、自然に生まれたものと考えられる。

タイトル	181.高レベル放射性廃棄物地層処分の歩み 主として米国の歴史を中心に (別刷)
著者	村野徹 ( (財) エネルギー総合工学研究所)
発行年月日	1995
刊 ページ	第37巻 1号 29~35
発行	日本原子力学会誌 別刷
キーワード	地層処分、地層処分の年代区分、歩み、地層処分の再検討、
概要	地層処分は高レベル放射性廃棄物等、長寿命放射性廃棄物の処分の方法として早くから国際的に注目され、研究開発が行われてきたが、今日では一歩進んでそれを実際の処分対策として実施するプログラムが進められているところである。我が国においても、地層処分の実施に至る大筋のスケジュールが定められ、研究開発に並行して、実施主体の設立等の準備がすでに開始された。このような段階を迎え、各国が共通して当面していることは、高レベル放射性廃棄物 (HLW) の処分あるいは地層処分に対して、広い社会的理解と合意がどうしたら得られるかという課題である。しかし、我が国では、「地層処分とは放射性廃棄物の無責任な地下投棄である」と考える人々が、一般市民はもちろん、原子力に関係のある分野の専門家の中でも必ずしも少なくないのが今日の現状である。
タイトル	182.高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か (放射性廃棄物地層処分)
著者	山本寛 ( (財) エネルギー総合工学研究所)、村野徹
発行年月日	1992/1
刊 ページ	1~30
発行	(財) エネルギー総合工学研究所
キーワード	
概要	我が国における原子力発電は、既に総発電電力量の26%を占めておりますが、総合エネルギー調査会の報告書 (1990年6月) によりますと、原子力は21世紀においても重要なエネルギー源として位置づけられており、我が国の予想されるエネルギー需要の伸びとエネルギー消費に伴う地球環境影響予測を基に、2000年では5050万キロワット、2010年では7250万キロワットの設備規模が必要であると見積もられています。その場合原子力は、2000年および2010年の電力供給について、それぞれ総発電量の約35%、および約43%を占めることとなります。ここには、石油依存からの脱却、地球規模の環境問題の解決への原子力発電の役割についての認識と、原子力への大きな期待が込められています。
タイトル	183.環境技術開発 放射性廃棄物の処理・処分研究開発
著者	動力炉・核燃料開発事業団
発行年月日	
刊 ページ	1~11
発行	動力炉・核燃料開発事業団 東海事業所
キーワード	廃棄物の処理技術開発、固化体特性評価、地層処分研究、
概要	人類は、資源を利用することにより、生存し文明を築いてきました。資源利用にともない必然的に生じる廃棄物の適切な処理処分が環境を守るために求められています。原子力は、ウランやプルトニウムという資源を利用しエネルギーを生み出しますが、代わりに放射性元素を含む廃棄物を生じます。放射性廃棄物は、容器に密封したり、フィルターを通したりして環境に影響を及ぼさないように安全管理されています。今後とも、原子力を安心して利用いくためには、この廃棄物の量を減らし、放射性元素を安定に閉じ込めて、将来にわたって人間環境に影響しないように処分する技術がますます重要になってきます。動燃の環境開発部はこうした研究開発に総合的に取り組んでいます。

タイトル	184.地層処分基盤研究施設 (パンフレット様式になっている)
著者	動力炉・核燃料開発事業団
発行年月日	
刊 ページ	
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	この施設は、事業団の地層処分研究を通じて得られる成果を集約し、地層処分の技術基盤を確立していく役割を持つ地上の施設です。放射性物質を用いずに地下深い地層中で得られる環境条件を様々に変化させた試験ができ、コンピュータ解析設備等を備えています。高レベル放射性廃棄物を地層処分した場合に、地下水に対する安全確保の仕組み(ガラス固化体と人工的な包蔵容器、粘土充填層及び天然の地層を含めた「多重バリア」)の働きや性能を研究します。

タイトル	185.断層ガウジのK-Ar年代測定—中央構造線における例 (中央構造のネオテクトニクスその意義と問題点 (別刷))
著者	高木秀雄 (早稲田大学)・柴田賢 (地質調査所)
発行年月日	1992/12
刊 ページ	No.40 31-38
発行	地質学論集 No.40
キーワード	断層、活動性、同位体年代測定法、断層の活動時期の推定、ガウジの年代測定
概要	断層活動の年代の推定は、地震予知や原子力発電所の立地問題と関連して大変重要な意味を持つ。本論では、直接法の1つとして、断層ガウジのK-Ar年代測定の方法論としていくつかの問題点を述べ、中央構造線沿いの断層ガウジのK-Ar年代の総括とその地質学的意義について論ずる。四国から中部地方にいたる断層ガウジの年代からみた中央構造線の活動時期は、58-63Ma、34-45Ma、19-27Maの4つに区分する事が可能である。これらの時期は、地質学的に明らかにされている市ノ川時階、砥部時階、赤石時階(新称)、石槌時階に対比できる。断層ガウジのK-Ar年代は、断層活動に伴った熱水作用もしくはそれによってリセットされた時期の最小値を示すと考えられる点を考慮に入れる必要がある。

タイトル	186.中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査
著者	柴田賢 (地質調査所)・東原雅美 (三井金属資源 株)・村中英寿 (三井金、株)
発行年月日	1990
刊 ページ	第41巻、第8号別刷
発行	地質調査所月報
キーワード	フィンガープリント法、断層活動性評価、
概要	フィンガープリント法は、石油貯留層の直接補足を目的として米国コロラド鉱山大学で開発された土壤ガス地化学調査法であり、「活性炭による土壤ガスの採取」、「質量分析によるガス成分の分析」及び「多変量解析に基づくデータ解析」の3つの技術の組み合わせより成っている鉱山の補足のみならず、断層の抽出法としても有効であることは、奥会津地域、花崗岩地帯の“A”ダム地域、根尾谷断層地域等における調査で明らかにされている(坂井、1987;東原ほか、1988a、1988b)。地質調査所では、原子力特研「精密年代測定による断層活動性評価の研究」を昭和61年度から4年計画で実施してきたが、その一部として平成元年度に中央構造線地域において、フィンガープリント法による土壤ガス地化学調査を行った。

タイトル	187.阿寺断層周辺地域の火成岩類の放射年代と断層活動の時期
著者	山田直利、柴田賢、佃栄吉、内海茂、松本哲一、高木秀雄、赤羽久忠
発行年月日	1992/
刊 ページ	第3巻 第12号 別刷
発行	地質調査所月報
キーワード	阿寺断層、火成岩、断層ガウジの放射年代測定、阿寺断層周辺地域の地質
概要	中部日本の代表的な活断層の1つである阿寺断層の活動史を解明するため、同断層周辺地域に分布する火成岩類および断層ガウジの放射年代測定を行い、下記の結果を得た。(1) 苗木・上松花崗岩のK-Ar年代は、黒雲母(7試料): $66 \pm 3$ Ma、カリ長石(4試料): $60 \pm 3$ Ma、花崗岩のジルコン(2試料)のフィッショントラック年代(以下F.T年代): $60 \pm 4$ Maとなった。阿寺断層による同花崗岩のK-Ar年代の若返りは、断層からわずか10mの範囲内でのみ認められた。(2) 苗木・上松花崗岩を貫く木曾駒花崗岩小川岩体のK-Ar年代は、角閃石:約70Ma黒雲母:約67Ma、カリ長石:約62Maとなり、苗木・上松花崗岩とはほぼ同様の冷却史を示す。
タイトル	188.バクテリアを用いた環境汚染の浄化
著者	田崎和江(金沢大学理学部)
発行年月日	1994/6
刊 ページ	第100巻 第6号 436~441
発行	地質学雑誌
キーワード	バイオレミデイエーション、鉄還元細菌GS15、放射性廃棄物を摂取、
概要	汚染した環境を生物機能を利用して浄化する方法(バイオレミデイエーション)は、浄化に長期間を要する汚染に対して二次汚染のない有効かつ経済的な技術である。汚染された水、大気、土壌、深海、北極におけるバイオレミデイエーションの具体例、研究の試み、応用へのアイデアと可能性、将来への期待について述べた。例えば、汚染された湖沼、河川、鉱山排水、放射性汚染水におけるバクテリアによる生体鉱物化作用が大きな浄化の役割を果たしている。バクテリアは、水中のリン、重金属イオンや放射性物質を細胞内に取り込み鉱物化して固定する。大気汚染については、植物の光合成や窒素の固定があげられるが、大気中に浮遊しているバクテリアも窒素酸化物、イオウ酸化物および炭酸ガスを吸着し分解している。深海底にすむバクテリアは、流失した原油のオイルボールの中に侵入し、それを二酸化炭素と水に分解する。
タイトル	189.第1章調査概要(高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフイージビリティ調査報告書昭和55年度)
著者	調査専門委員会委員
発行年月日	1981
刊 ページ	1~25
発行	財団法人 原子力環境整備センター
キーワード	高レベル放射性廃棄物管理、ガラス固化体、
概要	1、調査方針に関するもの (1) 管理体制の検討、(2) 経済性の検討、(3) 技術性の検討 2、高レベル放射性廃棄物自体に関するもの

タイトル	190.第2章高レベル放射性廃棄物の管理体制の検討(高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフィージビリティ調査報告昭和55年度)
著者	調査専門委員会委員
発行年月日	1982/3
刊 ページ	29~76
発行	財団法人 原子力環境整備センター
キーワード	
概要	高レベル放射性廃棄物の所有権は、「処分」により消滅するが、それ以前の段階においては、電気事業者にあり、輸送、貯蔵、処分業者はそれぞれの業務を所有者からの委託により実施するとし、表2-2に示す分界点で責任範囲を分けることにより、核業務の責任範囲を通常の運送契約、倉庫保管契約、廃棄作業請負契約における責任範囲と本質的に大差のないものとすることができる。
タイトル	191.高レベル放射性廃棄物の「処分」は可能か地球科学の課題と現状
著者	土井和巳(地質コンサルタント)
発行年月日	1994/
刊 ページ	第40巻 63~69
発行	
キーワード	放射性廃棄物の処分、5000年以上、地質学的安定性、長期間の岩盤の安定性、天然バリ
概要	2高レベル放射性廃棄物処分に要する地球科学の課題と探査手法、2.1.1 00m間隔で掘削したボーリング間の岩石中の空隙の解析、2.1.1 空隙の存在と形状2.1.2 空隙の充填 2.1.2.1 充填の状況 2.1.2.2 岩石中の空隙を充填している物質の同定とその分布 2.1.3 透水性 2.2 100m間隔で掘削したボーリング孔間における地下水の挙動 2.2.1 地下水の挙動 2.2.2 過去における挙動の変化 2.3 広域地下水の挙動 2.3.1 処分施設周辺 2.3.2 地表水、地下水が処分施設と関連する地域 2.4 放射性元素の地球物理・化学的研究 2.5 地震、その他の近く変動とその影響 2.6 岩石、鉱物の熱による物性の変化 3.高レベル放射性廃棄物処分に要する地球科学の課題とその解明に要する期間 4.結論
タイトル	192.第3章高レベル放射性廃棄物管理の経済性に関する検討(高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフィージビリティ調査報告書 昭和55年度)
著者	調査専門委員会委員
発行年月日	1993/3/
刊 ページ	79~241
発行	(財)原子力環境整備センター
キーワード	
概要	高レベル放射性廃棄物管理の経済性評価は関連諸施設、設備等の内容に基づいて算定される技術的かつ直接的なコストのみならず、管理主体の性格、資金運用方法等のeconomicalなファクター、安全性、PA等のsociologicalな側面をも併せて検討すべきものであるが、本年度の調査では、上記のうち、技術的なコストベースを与えることを目的とし、貯蔵については酸化物含有率の変化が貯蔵コストに与える影響を、処分についてはコスト評価手法を、輸送については想定されるモデルケースに基づいて必要となる輸送の原単位をそれぞれ検討するにとどめる。

タイトル	193.第4章、高レベル放射性廃棄物の貯蔵技術に関する検討（高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフェージビリティ調査報告書 昭和55年度）
著者	調査委員会委員
発行年月日	1982/3
刊 ページ	245～376
発行	(財)原子力環境整備センター
キーワード	
概要	フランス、英国、西独、スエーデン、米国、それぞれの国の実状を述べている。

タイトル	194.高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフェージビリティ調査報告書昭和55年度（第3章高レベル放射性廃棄物管理の経済性に関する検討）
著者	
発行年月日	
刊 ページ	79～208
発行	(財)原子力環境整備センター
キーワード	技術的なコストベース、コスト評価手法、輸送、
概要	3.1高レベル放射性廃棄物の貯蔵コストの物性評価 3.1.2高レベル放射性廃棄物ガラス固化体パッケージの発生量、3.1.3貯蔵施設の概要 3.1.4貯蔵諸説の建設コスト 3.1.5貯蔵施設の運転コスト 3.1.6高レベル放射性廃棄物ガラス固化体パッケージの貯蔵コスト 3.2高レベル放射性廃棄物の処分コスト評価手法の検討 3.2.2コスト評価の考え方 3.3高レベル放射性廃棄物の輸送コストの検討 3.3.1輸送コスト算出の考え方 3.3.2輸送手段の設定 3.3.3輸送コストの算出 3.4今後の検討課題

タイトル	195.高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関フェージビリティ調査報告書昭和55年度（第3章付録1、物性評価に用いた計算コードの概要2、各貯蔵施設主要機器リスト）
著者	
発行年月日	
刊 ページ	211～241
発行	(財)原子力環境整備センター
キーワード	
概要	1、物性評価に用いた計算コードの概要 2、各貯蔵施設の主要機リスト

タイトル	196.高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフィージビリティ調査報告書昭和55年度(第4章高レベル放射性廃棄物の貯蔵技術に関する検討)
著者	
発行年月日	
刊 ページ	245~378
発行	財団法人 原子力環境整備センター
キーワード	
概要	4.1 貯蔵技術の現状 4.2 採用可能な別分野の技術 4.2.2 研究施設関係 4.3 貯蔵施設での採用技術 4.3.2 ハンドリング技術 4.3.3 検査技術 4.3.4 放射線モニタリング技術 4.3.5 除染技術 4.3.6 損傷ガラス固化体パッケージの補修技術 4.3.7 メンテナンス技術
タイトル	197.高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関するフィージビリティ調査報告書昭和55年度(付録A用語の定義B機関名等略号)
著者	
発行年月日	
刊 ページ	381~387
発行	財団法人原子力環境整備センター
キーワード	
概要	A 1、高レベル放射性廃棄物の処理、貯蔵、処分の定義 2、高レベル放射性廃棄物に関するもの 3、貯蔵施設に関するもの B 機関名等略語
タイトル	198.地下水学会誌(学術シンポジウム「放射性廃棄物処分ー地質科学からの展望」)
著者	
発行年月日	1993/5
刊 ページ	第35巻 第2号
発行	日本地下水学会
キーワード	
概要	日本学術会議大ホールにて 1、地質学と放射性廃棄物処分ー諸外国との対比: 2、活断層の浅~深部地下構造 ・地層処分に関する岩盤割れ目の性質と解析 ・地下水流動 ・地層処分研究の現状

タイトル	199.第1次技術報告書で引用した文献リスト（地層処分研究開発及び地層科学研究に関わる公開文献リスト平成7年11月）
著者	
発行年月日	
刊 ページ	1～5
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	<p>第一次技術報告書：動燃事業団（1992）「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書－平成3年度－」PNC TN410 92-081.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・（第2章「地質環境条件の調査研究」分）</li> <li>・（第3章「処分技術の研究開発」分）</li> <li>・（第4章「性能評価研究－地下水シナリオに対する多重バリアシステムの性能－」</li> <li>・</li> </ul>
タイトル	200.地層処分研究開発に関わる公開文献リスト（第1次技術報告書公表後に公開した）
著者	
発行年月日	1995/11
刊 ページ	6～7
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	第1次技術報告書公表後に公開した文献 1992年分
タイトル	201.地層科学研究に関わる公開文献リスト（公開資料）
著者	動燃事業団技術協力部 技術管理室
発行年月日	1995/11
刊 ページ	1～24
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1次技術報告書で引用した文献リスト</li> <li>・地層処分研究開発に関わる公開文献リスト</li> <li>・地層科学研究に関わる公開文献リスト</li> </ul>

タイトル	202.特別講演スライド集 カナダの核燃料廃棄物管理計画の現状 (公開資料)
著者	動燃 技術協力部 技術管理室
発行年月日	1995/12/5
刊 ページ	1~27
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	カナダにおける地層処分計画とEISについて

タイトル	203.1、地層処分研究開発の概況 技術的信頼性の向上を目指して
著者	須田 忠義 (環境技術開発推進本部長)
発行年月日	1995/12/5
刊 ページ	1~10
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	中核推進機関、多重バリアシステムによる地層処分の概念、結晶質岩系、東濃鉱山、釜石鉱山
概要	動燃事業団は、原子力委員会の方針に基づき、高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発を、中核推進機関として進めてきている。地層処分は、高レベル放射性廃棄物を地下の安定な地層中に埋設するもので、人工的に設けられる多層の安全防護系である、人工バリアと地層そのものである天然バリアを組み合わせた多重バリアシステムによって安全を確保するものであり、世界各国共通の方法である。研究開発の成果については、平成4年9月に、第1次のとりまとめとして「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書-平成3年度-」を公表するとともに、国(原子力委員会)に報告した。これに対し、原子力委員会より、研究開発の進め方とその成果が概ね妥当であることの確認がなされるとともに、今後の進め方に関する考え方や課題が示された。

タイトル	204.地質環境の長期安定性 (2.研究開発報告)
著者	武田 精悦 (環境技術開発推進本部 地層科学研究グループ)
発行年月日	
刊 ページ	11~21
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	日本は環太平洋造山帯の一部をなす弧状列島に位置するため、いわゆる安定大陸に比べて近く変動、地震活動、火山活動、などがより活発である。そのため、我が国における地層処分の安全性を化学的・技術的に示す上で、そのような天然現象が地質環境に与える影響の評価が極めて重要である。動燃事業団では、このような視点から地質環境条件の調査研究としてデータを取りまとめている。また、これらの調査研究の基盤となる地層科学研究において、地質環境の長期安定性の研究を行っている。ここでは、動燃事業団がこれまでに行ってきた研究の成果を踏まえ、地質環境の安定性についての考え方と今後の研究方針について紹介する。

タイトル	205.多重バリアシステムによる長期の安全確保（2、研究開発報告）
著者	佐々木 憲明（環境技術開発推進本部 処分研究グループ主幹）
発行年月日	
刊 ページ	23～38
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	人工バリア、岩盤、ニアフィールド、
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分は、安定な地層中に廃棄物を埋設するみにて、人工バリアと天然バリアを組み合わせた多重バリアシステムによって、長期の安全確保を図るものである。

タイトル	206.目で見る多重バリアの性能（2、研究開発報告）
著者	石川 博久（東海事業所 環境開発部地層処分開発室長）
発行年月日	
刊 ページ	39～50
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	処分場、ガラス固化体、ニアフィールド地層処分における多重バリアシステム
概要	地層処分における多重バリアシステムの性能については総合的に解析・評価が進められているが、その結果は通常、表あるいはグラフにまとめられることが多いため、専門家以外にはわかりにくい場合が多い。最近、解析・評価結果を可視化して誰にでも分かりやすく示すことが一般的になってきている。今回、地層処分の性能評価における解析結果表示の一例として、コンピュータを用いて、物質の移動や状態の変化を目に見える形で表現する試み（可視化）を行ったのでその現状を紹介する。

タイトル	207.高レベル放射性廃棄物処分に関する性能評価結果の比較（全訳）
著者	内藤 守正、梅木 博之（環境技術開発推進本部）
発行年月日	1995/11
刊 ページ	1～11
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分概念に関する総合的な性能評価は、前掲の論文（訳注1）にも述べられているとおり、複雑で学際的な研究によりはじめて可能なものである。このような研究が相互に有機的に結びつけられた結果、将来にわたる地層処分の影響（たとえば、線量）が示される。性能評価に用いる個々のモデルについては、実験との比較により、ある程度までその妥当性を実証することが可能であるが、これらのモデルを統合的に用いて得られる地層処分システムの性能評価の結果と、諸外国で行われた高レベル放射性廃棄物地層処分の性能評価結果との比較検討を行うことはこの問題について論じるための一つの有効な手段であると考えられる。

タイトル	208.長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的および倫理的基礎 (邦訳版)
著者	動燃事業団技術協力部 技術管理室
発行年月日	1995/
刊 ページ	1~26
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	放射性廃棄物管理委員会 (RWMC)の集約意見長寿命放射性廃棄物の地層処分へ環境的および倫理的基礎 放射性廃棄物の長期管理における倫理的および環境的考察 廃棄物管理の倫理的および環境的背景 放射性廃棄物管理の責任 放射性廃棄物のための地層処分方策 参考文献 付録 1.IAEA安全原則 :放射性廃棄物管理原則 11.安全評価に関する前回の国際的意見集約の要約 111.放射性廃棄物管理委員会 (RWMC)委員会リスト
タイトル	209.FACT 11地層処分研究開発
著者	(株) ペスコ
発行年月日	1995/
刊 ページ	8~41
発行	動力炉・核燃料開発事業団 環境技術開発推進本部
キーワード	
概要	・海外の高レベル放射性廃棄物処分に係わる現況 (スイス、スウェーデン、フランス、米国、カナダ、ドイツ、ベルギー) ・海外の高レベル放射性廃棄物管理の主要法規体系 (スイス、スウェーデン、フランス、米国、カナダ、ドイツ)
タイトル	210.地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発 (その1) 解析の考え方 (放射性廃棄物処分関係文献)
著者	田中達也、渡辺邦夫、前川恵輔、中村直昭
発行年月日	1994/
刊 ページ	VOL.35 NO3 pp.22~33
発行	応用地質
キーワード	フラクチャーネットワークモデル、浸透流、数値解析、チャンネル
概要	不連続性岩盤の浸透流は、割れ目系を主たる透水経路とする流れと考えられる。それゆえ、近年では、対象岩盤を均質多孔質媒体に置き換える解析手法に加え、フラクチャーネットワーク解析がよく行われている。この解析方法は、対象岩盤から主要な透水経路となる割れ目を取り出し、割れ目ネットワークを作り、地下水の浸透を解析するものである。この手法を用いて、対象岩盤の浸透流を評価するためには、まず、割れ目系の性質を知らなければならない。つまり、どのような性質の割れ目が浸透経路となるのかを判断することが大事なのである。しかし、従来のフラクチャーネットワークモデルの多くは、割れ目系を単純化し、多くの単一割れ目の重ね合わせとして捉えている。

タイトル	211. ナチュラルアナログ研究天然現象に学ぶ環境保全の技術 (放射性廃棄物処分関係文献)
著者	湯佐泰久 (動燃 東濃地科学センター)
発行年月日	1993/11/26
刊 ページ	5~8
発行	原子力学会中部支部エネルギーシステム研究会シンポジウム講演要旨集
キーワード	ナチュラルアナログ、人工バリア、天然バリア、
概要	地層処分が超長期にわたって安全であることを証明する上で、非常に重要な研究方法があります。それは自然が (人間に出来ない程) 長期にわたって行った実験とみなすことのできる現象、「ナチュラルアナログ」を研究することです。ナチュラルアナログの研究は、室内実験などでは得ることのできないような長期のデータを与えてくれる唯一の研究といえます。
タイトル	212. 地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発 (その2) 釜石鉱山KD90坑道・トレーサ試験の解析
著者	渡辺邦夫、田中達也、内田雅大、岩崎浩
発行年月日	1994/
刊 ページ	VOL.35 NO.4 2~12
発行	応用地質
キーワード	フラクチャーネットワークモデル、トレーサー試験、地質構造、
概要	地質技術者が試行計算を行いながら割れ目モデルを作り、地下水流れを解析してゆく、いわゆる「現場対話型解析」の考えを述べた。また、この間があえに基づいて開発されたコンピュータ・コードについて報告した。この解析コードでは、まず実際の岩盤から、チャンネルと言われる水みちを取り出し、多数のチャンネルの組み合わせた3次元管路網を作らねばならない。前報では、その3次元管路網の作り方について概略的な説明を加えた。実際の岩盤浸透流が、本当に解析しうるかどうかは、この作製された3次元管路網の地質的な妥当性にかかっている。そのため、この管路網を地質的な情報をベースとしてどのように作り上げるかを、実際の岩盤を対象として検討しておかねばならない。
タイトル	213. 地下水研究に関する最近の話題特に岩盤浸透流の場の評価について
著者	渡辺邦夫 (埼玉大学工学部)
発行年月日	1995/5/8
刊 ページ	1~5
発行	応用地質学会中部支部研究発表会
キーワード	岩盤、地下水流れ、
概要	地盤、岩盤中の地下水の評価にあたっては、次の2点を総合して考えることが大事である。まず一つは、地下水が流れる「場」の性質を的確にとらえることである。もう一つは、地下水流れの水理学的特性を把握することである。後者の水理学的特性とは、具体的には、流れが層流か乱流か、飽和流れか不飽和流れかなどを把握しておくことである。流れの特性によっては、ダルシー則以外の抵抗則を考慮しなければならない。

タイトル	214.花崗岩の熱履歴に伴う微視的構造と工学的性状の変化に関する実験的研究（特に弾性波速度と透水係数について）
著者	平間邦興、丸山誠、桑原徹、鈴木健一郎
発行年月日	1984/2/
刊 ページ	No.34 1~5
発行	大林組技術研究所
キーワード	地層処分、人工バリア、ガラス固化体、クラック分布、透水
概要	岩盤の熱による影響を把握することは、放射性廃棄物の地層処分や地熱開発に絡んで重要な問題となっている。この報文では、花崗岩の工学的性状、特に弾性波速度（VP）と透水係数（K）の加熱温度と加熱時間による変化と微視的構造のそれに伴う変化を調べた。その結果、岩の長期的な工学的性状の変化を推定し、一方では、微小クラックの観察から推定される物性値の変化と実験結果を対応させることができた。
タイトル	215.不連続性岩盤における節理調査とその適用例
著者	平間邦興、丸山誠、鈴木健一郎
発行年月日	1993/8
刊 ページ	No.33 1~6
発行	大林組技術研究所
キーワード	岩盤の地質構成、地下処分、岩盤内構造、クラックテンソル、透水試験、
概要	不連続性岩盤の水理・力学的性質に及ぼす不連続面の影響を正しく理解することは、岩盤構造物の安定性を評価する上で重要である。この報文では、主に宅地造成計画で実施した節理調査をもとに、その手法の確立と幾何学的性質を総合的に評価する指標として提案されているクラックテンソルの概念に基づいて岩盤性状を把握することを試みた。以下にその概略を述べる。
タイトル	216.結晶片岩の力学的異方性について
著者	平間邦興、丸山誠、桑原徹、鈴木健一郎
発行年月日	1984(syouwa 63 nen)
刊 ページ	No.37
発行	大林組技術研究所
キーワード	地層処分、安全評価の厳格化、母願の力学モデル、室内岩石試験、
概要	岩盤は、本来不連続なものであると著者らは考えている。不連続たるゆえんは、数kmオーダーの大規模な断層や数m、数cmオーダーの節理、亀裂といった明瞭な不連続面からマイクロメートルオーダーの鉱物粒子の境界面、粒子中のクラック、さらに言及すれば分子、原子のオーダーでの不連続面が存在するからである。しかし、我々は岩盤を対象とする構造物の安定性などの議論を岩盤の連続性の仮定のもとに行ってきた。それは、連続体を仮定する理論が美しく体系化されていることが最大の理由であろう。

タイトル	217.放射性廃棄物処分の基本的考え方 (別刷)
著者	村野徹 (財) エネルギー総合工学研究所
発行年月日	1989/1
刊 ページ	No.11 vol.4 p.2~9
発行	財団法人 エネルギー総合工学研究所
キーワード	放射性廃棄物の処分、岩塩層、原位置試験、新しい地下利用、長期予測、
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分の方法として、地層処分 (geological Disposal) の研究が現在活発に行われている。しかし、多くの人々が、廃棄物の処分あるいは地層処分に対して抱いているイメージは「地下埋設」であり、さらに率直な表現では、「ゴミのダンプ」ではないかと思われる。これは、必ずしも日本だけではなく、海外の新聞の見出しで、Dumping Site が処分場の立地場所の意味に使われていることは、よく見掛けるところである。

タイトル	218.高レベル放射性廃棄物地層処分の歩み (主として米国の歴史を中心に)
著者	村野徹 (財) エネルギー総合工学研究所
発行年月日	1995/
刊 ページ	Vol.37 No.1 pp.29~35
発行	日本原子力学会
キーワード	地層処分、米国、原位置試験、
概要	地層処分は高レベル放射性廃棄物等、長寿命放射性廃棄物の処分の方法として早くから国際的に注目され、研究開発が行われてきたが、今日では一歩進んでそれを実際の処分対策として実施するプログラムが進められているところである。我が国においても、地層処分の実施に至る大筋のスケジュールが定められ、研究開発に並行して実施主体の設立等の準備がすでに開始されていた。

タイトル	219.高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か
著者	財団法人エネルギー総合工学研究所
発行年月日	1989/1
刊 ページ	1~30
発行	財団法人エネルギー総合工学研究所
キーワード	廃棄物の管理、処分、高レベル放射性廃棄物、ガラス固化体、ナチュラル・アナログ
概要	高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か ・地層処分のドラマと役者 1、高レベル放射性廃棄物とは (およそどういうものか) ・ガラス固化 1、高レベル放射性廃棄物とは (放射能の中身) ・地層処分場 1、高レベル放射性廃棄物とは (放射能の中身 (続き)) ・遠い将来までの安全性 1、高レベル放射性廃棄物とは (長い時間の問題) ・長期の安全評価はできるか 1、様々な放射性核種と半減期 ・ナチュラル・アナログ 1、廃棄物の処分とは (処分の必要性) ・ローマ人の釘 1、廃棄物の処分とは (処分は管理の総仕上げ) ・様々な処分の方法 1、廃棄物の処分とは (投棄から責任ある処分へ) ・地下研究施設 1、地層処分とは (地層処分の基にある発想)

タイトル	220.ガラス固化体からの各元素の溶解度に至るまでの構想（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	小原幸利（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	87～123
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	ガラス固化体、ベントナイト、
概要	長期的なガラス固化体からの元素の浸出機構の評価は地層処分システムのニアフィールド解析のために必要である。この元素の浸出過程を溶解度による浸出制限の考え方にに基づき、速度論モデルを用いて記述した。また、この浸出モデルによる予測値と閉鎖系（ガラス/純水系）及び開放系（ガラス/ベントナイト系）における実験値を比較し、モデルの妥当性を評価した。
タイトル	221.緩衝材（ベントナイト）の長期挙動評価に関する問題点（性能評価研究情報交換会報告書）
著者	湯差泰久（動燃・中部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	127～128
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	人工バリア材、
概要	緩衝材は高レベル放射性廃棄物地層処分の重要な人工バリア材の一つであり、さまざまな物理的・化学的緩衝機能が要求されている。（たとえば、NAGRAはその機能として、（1）地下水の浸入を防ぐ事、（2）好ましい化学的環境を保持する事、を挙げている。）したがって、緩衝材の最有力候補であるベントナイトについて、その処分環境における長期挙動を評価すること、言い換えると、どの条件で、どのくらいの期間にわたって、その物理的・化学的緩衝材機能が保持されるか、を示すことは地層処分の研究にとって重要なテーマであるといえる。
タイトル	222.緩衝材（ベントナイト）の長期耐久性に関する室内実験（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	柴田雅博（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	139～148
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	止水性、核吸着性能、イライト化、
概要	緩衝材料には数万年以上の長期にわたり、止水性や核吸着性能といった性能が要求される。しかし、ベントナイトにたいしては、いくつかの変質シナリオが懸念されている。その中で、ベントナイトの主成分であるスメクタイト鉱物のイライト化は天然の属性作用、熱水作用等でも認められ、最も懸念される変質過程の一つである。イライト化が起こると、上記の緩衝材の性能が低下することが考えられ、処分環境でのイライト化の可能性、またはその程度を明らかにすることが要求されている。本研究では室内実験によって、イライト化変質に影響を及ぼす環境因子を把握し、最終的には、その変質反応の速度論的評価を行うことで、長期間にわたる変質挙動の推定を行うことを目的とする。

タイトル	223.ベントナイトの長期耐久性に関するナチュラルアナログ研究（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	亀井玄人（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	149～158
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	スメクタイト、イライト、新潟県村上鉱床
概要	ベントナイトの主成分であるスメクタイトがイライトに変化すると、緩衝材の機能である化学的緩衝材や水の浸透の遅延性などが低下すると考えられており、イライト化に関する環境条件（温度、時間、水質など）を定量的に把握することが必要である。処分環境に想定されるような温度条件下では、イライト化反応は実験ではとてもカバーしきれないような超長期間を要すると考えられている。よって、超長期の実験とみなすことができるイライト化の天然事例を選定し、イライト化の過程とその実験条件としての、反応に要した時間、温度、および化学的環境条件（水質）を把握することとした。
タイトル	224.スメクタイトのイライト化機構のモデル化（性能評価研究情報交換会報告書1991/10）
著者	渡辺隆（上越教育大学自然系）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	159～169
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	ベントナイト、スメクタイト（粘土鉱物）、
概要	緩衝材として用いられるベントナイトは、天然界ではごく一般に存在するスメクタイトを主成分とする岩石である。スメクタイトは地中に埋没している間に地下温度の上昇や地下水との反応によってイライトへ変化していく粘土鉱物である。このスメクタイトのイライト変換は連続的に起こっており、s%の減少に伴って混合層の変化、化学組成の変化、さらにはSEM、TEMによって観察される形態の変化などが起こる。これらの変化は、地下で続成作用を中心に起こるが、もちろん熱水によるスメクタイト→イライトの変化も起こっている。こうした事実は緩衝材としてベントナイトを用いる我々としては大いに関心を払わねばならない。まず、ベントナイトの主成分鉱物であるスメクタイトの続成および熱水などの作用によるイライト化はどのような因子がその反応速度を律則しているのだろうか、その変換速度はどのようなものであろう
タイトル	225.天然事象に関する研究 日本列島における隆起・沈降及び侵食について（性能評価研究情報交換会報告書）
著者	清水和彦（動燃・中部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	205～213
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	地層処分システム、隆起、沈降、第四紀
概要	地層処分システムの安全性を示すためには、地質環境が保有する長期的な隔離性能を評価しなければならない。評価の対象となる期間は、千年、万年以上の超長期にわたると考えられるため、その間に発生し得る様々な天然事象について、その発生の可能性や地質環境への影響を十分に考慮する必要がある。考慮すべき天然事象は広範囲に及ぶが、ここではそれらの内、地殻の隆起、沈降及び侵食について、将来に予期すべき変動の規範を把握することを目標に調査を行った。

タイトル	226.天然事象に関する研究気候変動と海面変動（性能評価研究情報交換会報告書）
著者	石丸恒存（動燃・中部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	215～223
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	第四紀、
概要	我が国における地質環境の長期的な隔離性能を予測・評価する上で考慮すべき天然事象のうち、地球規模の気候変動とそれに伴う海面変動について、将来に予期すべき変動の規模を把握する。

タイトル	227.断列系に関する調査中部日本におけるリニアメントの分布と特性
著者	小出 馨（動燃・中部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	225～237
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	断列系調査、空中写真、リニアメント、構造運動、
概要	断列系調査は、地質環境調査の一環として、地表に現れているリニアメント（断層や割れ目を表す線状模様）の分布を全国規模で把握すると共に、把握されたりニアメントの分布特性から地質環境の特性や安定性を評価するための手法を開発することを目標に実施している。

タイトル	228.ベントナイト中における核種の微視的移行メカニズム（性能評価研究情報交換会報告書）
著者	室井正行（三菱マテリアル）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	287～298
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	地層処分場、拡散係数、
概要	地層処分場の性能評価に用いられるシステムモデルでは、緩衝材のなかにおける核種の移行特性は拡散係数で表現されている。性能評価計算を行う際には拡散係数の値として保守的かつできるだけ現実的なものを設定することが重要である。本研究は、緩衝材中における性能評価パラメータとしての拡散係数値の設定の妥当性を裏付けること、すなわち、拡散係数というパラメータの検証を行うことを目的としている。

タイトル	229.オーバーパック候補材料と評価の考え方（性能評価研究情報交換会報告書）
著者	石川博久（動燃・東海）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	343～430
発行	動力炉核燃料開発事業団
キーワード	耐食性、腐食の評価方法、
概要	オーバーパックについて。

タイトル	230.動燃事業団で実施している水理研究（性能評価研究情報交換会報告書）
著者	河村秀紀（環境技術開発推進本部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	433～518
発行	動燃事業団
キーワード	水理・水文システム、周辺岩盤の水理条件、国際共同研究、東濃地域、釜石鉱山
概要	事業団が進めている水理に関する研究は、放射性廃棄物処分システムの長期性能を評価するために地表から地下深部にわたる広範な領域の水理・水文システムを対象として展開されている。多くの研究分野のなかで、特に、（1）人工バリアが設置される周辺岩盤の水理条件を明らかにする。（2）人工バリアから将来放出される放射性核種の移動媒体となる地下水の動きを推定することの2点に着目した研究開発を進めている。水理研究は、これまで中部事業所での原位置試験とモデル開発、岩手県釜石鉱山での原位置試験、東海事業所でのモデル開発、各国との共同研究、専門家への委託研究、学識者による委員会等を通じて実施してきた。その研究の範囲は、大きく4つに分類される。

タイトル	231.地下水の地球化学的研究に関する動燃事業団のアプローチ（性能評価研究情報交換会報告書）
著者	武田精悦（動燃・中部）
発行年月日	1991/10
刊 ページ	521～561
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	人工バリア、
概要	地層処分システムの性能評価において、深部地下水の地球化学特性は人工バリアの設置条件として、又地層中の核種移行を規制する要因として極めて重要である。そのため事業案では、その地球化学特性を把握し、その時間的変化を明らかにするために、原位置でのデータを取得する一方、モデルによる解析、室内実験を行うことにより、そのデータの信頼性を高める方法をとっている。

タイトル	232.地層処分安全評価モデルの妥当性 (性能評価研究情報交換会報告書)
著者	梅木博之 (動燃・東海)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	565～649
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	安全性、人間環境への放射線の影響、
概要	地層処分システムが十分な安全性を評価すると判断 (あるいは確信) するのは、次の二つのことが示された場合である。即ち、評価された地層処分による人間環境への放射線の影響が安全基準を十分に満たしていること、と評価に用いられた手法が妥当であると考えられることである。地層処分システムの安全性を示すことの難しさは、評価に伴う種々の不確実性に起因している。これらの不確実性は、評価を行う道筋や範囲を規定するシナリオの完備性、シナリオを構成する諸現象についての理解度、さらに現象の理解に基づいて作成される数学モデルに含まれるパラメータに付随して発生する。
タイトル	233.事業団におけるニアフィールド連成研究 (性能評価研究情報交換会報告書)
著者	原啓二 (動燃・東海)
発行年月日	1991/10
刊 ページ	653～732
発行	動燃事業団
キーワード	岩盤中の熱-水-応力連成現象
概要	地層処分システムにおける人工バリア及びその周辺岩盤においては、掘削による緩み域の緩衝材への地下水の浸潤と膨潤圧、岩盤クリープやオーバーパックの腐食生成物等による構造力学的変化並びにそれらの変化に伴う水理変化等が相互に影響しあって進行する。
タイトル	234.天然放射性核種の地層中の挙動 東濃ウラン鉱床における事例研究
著者	湯差泰久、吉田英一 (動燃事業団東濃地科学センター)
発行年月日	1993
刊 ページ	放射線 vol.20, No.1
発行	
キーワード	ウラン、トリウム、地下環境、東濃ウラン鉱床、
概要	地表下での放射性核種の挙動を支配するものは、各所の化学的性質とそれらの核種がおかれる地質環境 (主として地層と地下水) との相互作用である。我々はウラン・トリウムなどの天然放射性核種の地質環境下での挙動を明らかにするために東濃ウラン鉱床において事例研究を行っている。今回はこれまでに得られた成果について地質学的な知見と地下水の地球化学的性質についての成果と合わせて紹介する。動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所では、地下深部の地質環境の諸特性やそこで生じている現象などに関する基礎的な調査研究 (地層科学研究) を実施している。この研究はそれらの成果が地層処分の研究開発やその他の地下空間利用にも広く活用できると期待されている。

タイトル	235.深地層中の地下水流動特性解析評価へのアプローチ
著者	小出 (動力炉・核燃料開発事業団 東濃地科学センター)
発行年月日	
刊 ページ	
発行	京大・原子炉実験所主催放射線廃棄物管理専門研究会資料
キーワード	多重バリアシステム、東濃地科学研究センター
概要	動力炉・核燃料開発事業団 (以下、動燃事業団) は、地層処分での多重バリアシステムによる安全確保の考え方が技術的に実現できる事を示し、その仕組みを構築することにより、多重バリアシステムを備えた地層処分コンセプトが日本においても成立することを明らかにすることを目標に地層処分研究開発を進めている。
タイトル	236.第1章 日本列島の地質特性と地層処分 (放射性廃棄物と地質科学)
著者	吉田鎮男 (東京大学)
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	5~19
発行	(財)東大出版会
キーワード	
概要	日本列島の形成史はおよそ5億年にわたる。その間ずっと島弧であったわけではない。約3000万年前までは日本列島はアジア大陸縁 (シホテアリン山脈~朝鮮半島) に接していて、それと一体であった。約2500万年前 (古第三紀漸新世) に日本海が開き始め、約1400万年前 (新第三紀中新世中頃) までにはほぼ現在の形の日本海ができあがった。しかし、中新世中頃には現在の日本列島大部分はまだ海面下0~2000mにあって、地形的にみるとちょうど今の琉球列島域に似た海陸分布を示していた。したがって、現在のような日本列島の地形は、この時期以降の地殻上昇や火山活動によって形成されたものである。
タイトル	237.第2章活断層の浅~深部地下構造 (放射性廃棄物と地質科学)
著者	伊藤谷生 (千葉大学理学部)
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	20~38
発行	(財)東大出版会
キーワード	地殻内部、地殻構造、放射性廃棄物地層処分、サンアンドレアス断層、地下活構造マップ、
概要	活断層の認定や評価はまず地表で行われることもあって、これまで活断層研究という地形や表層地質などにその主要な対象が限定されざるを得ない傾向が強かった。しかし、活断層は地表に現れないものもある。そもそも、活断層という断層運動を起こす原因が表層の下に広がる地殻内部にあることは論をまたない。活断層は既存の地質構造のなかで成長し、それを改革しながら新しい構造を形成するという地質学的過程の一部を構成している。したがって、日本列島の地質構造とその形成史とは無関係に現在のプレートシステムだけで活断層を論じようとしても、活断層の活動性を真に評価することはできない。地殻構造全体のなか、少なくとも脆性破壊領域全体のなかで位置づける作業がどうしても必要であろう。

タイトル	238.第3章表層における地下水流動（放射性廃棄物と地質構造）
著者	新藤静夫（千葉大学環境リモートセンシング研究センター、井伊博之（清水建設）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	39～68
発行	（財）東大出版会
キーワード	陸地地層中、物質循環、水循環、
概要	陸地地層中に処分された放射性廃棄物はその埋設位置にかかわらず、地下水循環の場に晒される。地下水は永久不変に一カ所に留まるということはない。したがって地中に処分された物質もいつかは水とともに移動する可能性を有している。そしてその過程で物質は質的变化を生じる。廃棄物の地層処分が問題となる所以はそこにあり、問題の大きさはそれと人間環境との時間的、空間的距離によって決まる。しかし放射性廃棄物の地層処分に関しては今の所具体的な知見は十分とは言えない。このような物質循環と水循環の関係、またその過程で生起する相互の質的变化といった問題は今後大いに追求されるべき課題といえる。
タイトル	239.第4章深層を含む広域地下水流動（放射性廃棄物と地質科学）
著者	柳澤孝一（動燃事業団東濃地科学センター）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	69～103
発行	（財）東大出版会
キーワード	東濃ウラン鉱山、立坑掘削、深部地下水、
概要	動力炉・核燃料開発事業団・東濃地科学センターでは地層に関する基盤的な研究の一環として、地表から地下深部までの水理学的環境を調査解析する技術と、その調査解析結果による地下水流動予測解析結果の妥当性を評価するための手法の確立を目的とした調査研究を1986年より岐阜県土岐市東濃ウラン鉱山周辺で実施している。
タイトル	240.第5章地層処分に関する岩盤割れ目系と浸透流解析（放射性廃棄物と地質科学）
著者	渡辺邦夫（埼玉大学）、田中達也（（株）大林組、）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	104～122
発行	（財）東大出版会
キーワード	ガラス固化体、キャニスター、オーバーパック、ベントナイト、
概要	長期にわたる放射性廃棄物地層処分の安全性を保証するためには、処分された廃棄物に含まれる核種が、地表付近の生物圏に到達しないこと、もしくは、到達したとしてもきわめて低い濃度の状態であることが必要である。一般にこの廃棄物は、まずガラス体に固化され、鋼製あるいは銅製のキャニスターおよび鋼製のオーバーパックのなかに入れられる。そのため、これらのキャニスターやオーバーパックが破壊もしくは腐食されない限り、核種の漏洩は起こりえない。腐食だけを考えると、材料によっても異なるが、数百万年以上の耐久性をもつとの試算も報告されている。

タイトル	241.第6章地下水の地化学特性（放射性廃棄物と地質科学）
著者	水谷義彦（富山大学理学部生物圏環境科学科教授）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	123～146
発行	（財）東大出版会
キーワード	放射性廃棄物の地層処分、同位体地球化学、東濃ウラン鉱山、
概要	地下水の起源および水質の形成・変化の過程は地表付近における物質移動・循環の一環として研究されてきた。そして、その成果は地下水の水質保全・有効利用などに生かされている。また、最近では水環境保全の観点からそれらに関する情報の重要性が注目されている。
タイトル	242.第7章地下水・熱水移行シナリオとナチュラルアナログ研究（放射性廃棄物と地質科学）
著者	鹿園直研建（慶応大学理工学部）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	147～164
発行	（財）東大出版会
キーワード	高レベル放射性廃棄物の地層処分、ニアフィールド（人工バリア）、火山地域、
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究は、欧米を中心に1980年代から行われてきた。この研究は大きくニアフィールド（人工バリア）とファーフィールド（天然バリア）に関する研究に分けられる。天然バリアについては、地下水移行シナリオに基づく研究と変動シナリオに基づく研究にわけることができる。従来の欧米を中心とする研究は主として地下水移行シナリオに基づく研究といえる。それは欧米諸国の地質は、地震、火山、断層などの変動現象があまり生じない安定な地質体であるからである。
タイトル	243.第8章割れ目岩盤割れ目のセルフシーリング（放射性廃棄物と地質科学）
著者	千木良雅弘（電力中央研究所・我孫子研究所）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	165～185
発行	東京大学出版会
キーワード	放射性核種、地下水、シリカ、シール、
概要	高レベル放射性廃棄物地層処分にあたっては、処分場周辺の地下水流れを極力小さくし、処分場から放射性核種が万一漏出しても、それらが接近可能圏に至る可能性を減じておく必要がある。また、放射性核種は数百年程度の長期間にわたり発熱を続けるため、処分の安全性を確保するために、処分場周辺における水-岩石の相互反応について適切に評価しておく必要がある。これらの課題は、従来の範疇でいえば工学的な課題ということになるのであろうが、数百年から1万年以上といった、従来の技術がほとんど出会ったことのない長期間を対象にしているために、研究方法自体も新たに構築されつつある。一方、地球科学においては、時間スケールしかも万年、100万年といった長期間のスケールが考慮され、過去の長期間の現象と、人間のできる実験・理論とを交互に行き来することが普通である。

タイトル	244.第9章岩石中の物質移動と岩石・水反応機構 (放射性廃棄物と地質科学)
著者	中嶋悟 (東京大学)
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	186~225
発行	(財) 東大出版会
キーワード	地層内処分、長半減核種、物質移動、
概要	放射性廃棄物の地層内処分問題においては、長半減期核種 (主にアクチノイド) の、地層中での挙動を100万年程度まで予言する必要がある。そのためには、地球表層の岩石-水-生物圏での物質移動と化学反応機構を解明し、定量的なデータを求めなければならない。しかしながら、研究の対象が主に微量重金属であり、また未知の非結晶質水和物や有機体であったりするため、従来の分析手法が必要とされる。さらに物質移動と化学反応に関わる複雑な諸過程を、合理的に素過程に分解し、その本質的な重要な部分を定量化する手法が求められる。
タイトル	245.第10章熱水系における岩石-水相互作用の数値シミュレーション (放射性廃棄物と地質科学)
著者	竹野直人 (工業技術院地質調査所)
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	226~251
発行	(財) 東大出版会
キーワード	地熱地帯、温度勾配、熱水、流動、
概要	岩石-水相互作用は、風化、地熱、熱水性鉱床などの種々多様な現象に認められ、地熱発電、温泉利用、核種鉱床などの資源問題のみならず、人工あるいは天然の科学物質の移動拡散などの環境問題を通じて人生に深いかわりをもっている。地熱や熱水性鉱床では、水の流動や岩石との反応に熱が重要な役割をはたしており、熱水系と称されている。これに比べると、放射性廃棄物の地層処分では、核壊変物の発するわずかな熱を除けば熱の問題はさほど重要ではないかもしれない。しかしながら、これらは共通して、岩石と水の間の化学反応の平衡や反応速度を扱っており、基本的な理論の多くは、熱水系の問題と共通している。そこで、筆者が日頃かかわっている地熱を通して、この問題を眺めてみたい。
タイトル	246.第11章地質時代における大規模天水循環 (放射性廃棄物と地質科学)
著者	島崎英彦 (東京大学大学院理学系研究科地質学専攻教授)
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	252~275
発行	(財) 東大出版会
キーワード	地下水の流動、火成活動、熱水、天水、同位体、
概要	放射性廃棄物の地層処分にあたっては、さまざまな地質学上の問題がクリアされる必要があると考えられるが、そのうち最も重要なもののひとつが地下水の動きの解明であることは論を待たない。現世における地下水の流動やその地球化学特性については、すでに本書のこれまでの部分にも取り上げられているように、かなり多くのことがわかっている。しかしながら、それらの多くは比較的地下浅所におけるデータであって、地層処分に際して想定されているような、地下数百m以深での状況については、まだまだ不明な点が多い。

タイトル	247.第1 2章地下深部における岩石の変質（放射性廃棄物の地質科学）
著者	歌田 寛（東京大学総合研究資料館教授）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	276～308
発行	（財）東大出版会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、天然バリア、地質構造、熱水変質作用、
概要	地質学のかかわる高レベル放射性廃棄物（HLW）処分研究のなかで、処分場の地層。岩石が天然バリアとして果たす性能についての検討は最も重要な課題の一つである。しかし、現在わが国では、処分場の地域や岩種を特定せずに研究を行うことが要請されているため、研究対象が絞れずいろいろな困難に直面している。基本的には、これまで述べられてきたように、日本列島が活動的な大陸縁辺部に属し、複雑な地質構造と多種の地層・岩石から構成されていることに原因がある。さらにこれらに加えて、種々の変質作用を受け、地層・岩石が鉱物化学的にも岩石物性的にも幅の広い変化をしていることも複雑さを増している一因である。
タイトル	248.第1 3章欧米諸国における研究の動向と地質環境（放射性廃棄物と地質科学）
著者	水谷伸治郎（名古屋大）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	309～340
発行	（財）東大出版会
キーワード	原子エネルギー、使用済み核燃料、放射性廃棄物の処分、国際的な交流と共同研究、日本、ア
概要	原子エネルギーの利用に伴って必然的に生ずる問題、すなわち、使用済み核燃料と放射性廃棄物の処分の問題は、先進国ではかなり前からその重要性が指摘されていた。当然、原子力の利用技術をより早く開発した国がこの問題についてより大きな関心をもつことになる。エネルギー源としての原子力については、各国とも共通して、平和利用という旗印のもとに新しい技術を開発し、資源問題を根本的に解決しようと意欲的である。ただ、一部には、放射性物質に対する恐怖と安全性への不信感があって、原子力発電そのものに対する反対運動も少なくない。しかし、エネルギーの需給関係を考えると、原子力発電は当面、容認すべき主たる発電方式であろう。
タイトル	249.第1 4章動力炉・核燃料開発事業団における地層処分研究（放射性廃棄物と地質科学）
著者	山川稔（動燃事業団 東濃地科学センター）
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	342～382
発行	（財）東大出版会
キーワード	天然バリア、人工バリア、多重バリアシステム、高レベル放射性廃棄物、地質環境条件の調査
概要	わが国をはじめ原子力の平和利用を進めている世界各国にとって、原子力発電の使用済燃料にかかわる対策は重要な課題である。わが国におけるその対策は、天然バリアと人工バリアの組み合わせによる多重バリアシステムによって安全性が確保される地層処分について、研究開発が進められている。その研究開発の目標は、我が国の地質環境に適した多重バリアシステムが高レベル放射性廃棄物を長期にわたり、人間やその生活環境へ影響のないように隔離できること、すなわち、その安全確保の仕組みを化学的・技術的に明らかにすることにある。

タイトル	250.序章放射性廃棄物処分と地質科学 (放射性廃棄物と地質科学)
著者	北村信 (東北大学名誉教授・環境地学北村研究室)
発行年月日	1995/12/20
刊 ページ	1~3
発行	(財) 東大出版会
キーワード	国際的な問題、経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA)、地下深部、地層処分、地下水
概要	高レベル放射性廃棄物の処分は国際的な問題である。経済的経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA)が1982年にとりまとめた報告に基づいて、原子力発電を行っている諸国では高レベル放射性廃棄物を地下深部の地層中に処分し、将来にわたって人間とその生活環境から安全に隔離しようという地層処分の考え方に到達しているのが現状である。科学技術的な立場から検討された地層処分という概念の成立についての説明は他に譲るが、われわれ日本列島の地質学の研究を行っている者にとっては無関心ではいられないというのが実感であろう。
タイトル	251.ざ・さいくる (放射性廃棄物地層処分)
著者	伊藤谷生 (千葉大学理学部)
発行年月日	1993/3
刊 ページ	16~19
発行	(株) 地球科学総合研究所
キーワード	活断層、人工震動、地下深部の探査、中央構造線、
概要	日本列島誕生の証言者「中央構造線」最近、この中央構造線を対象に、人工震動による地下深部の探査が行われた。この調査は、列島形成に関わる新しい材料を提供するだけでなく、実際に地震が発生する深い場所の構造を知ること、地震予知・防災への貢献も期待される。百年の蓄積をもつ地質学は、ハイテクに支えられた地球物理学的手法を得て、今後どのように発展するのか、
タイトル	252.地層処分研究開発 (放射性廃棄物地層処分)
著者	動燃事業団
発行年月日	
刊 ページ	
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	地下は閉じ込めのプロフェッショナル 高レベル廃棄物の発生 高レベル廃棄物の中の放射能 処分と貯蔵 地層処分が選ばれた理由 地層処分の考え方 日本の研究開発の進め方

タイトル	253.釜石原位置試験研究成果の概要（放射性廃棄物の地層処分）
著者	動燃事業団
発行年月日	1993/10
刊 ページ	
発行	動燃事業団環境技術開発推進本部
キーワード	
概要	研究の目的は、結晶質岩の場合、地下水は、主として岩盤中の割れ目を通して動き、その割れ目は岩盤の透水性（地下水の流れやすさ）や地下水の化学的性質に影響を与えられらる。一方、岩盤内に空洞を掘削すると地圧（岩盤内中に作用していた力）が開放され、空洞周辺に存在する割れ目に変化して、岩盤の透水性が変化を受けやすくなる。
タイトル	254.ナチュラル・アナログ研究の重要性（昭和62年度シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分）
著者	村野徹（動燃事業団）
発行年月日	1990/5/29
刊 ページ	7~12
発行	日本応用地質学会
キーワード	長期の挙動、自然、タイムスケール、
概要	地層処分の研究開発の進展に伴い、ナチュラル・アナログの研究が改めて注目されているように思われる。それは、地層処分システムの長期的挙動を理解し、より信頼性の高い予測を行うために、ナチュラル・アナログの研究が重要であるという認識が広くなされるようになったためと考えられる。ここでは、最初に、ナチュラル・アナログの研究の背景としたある地層処分の研究開発全般を簡単に要約し、次に、本会での議論のきっかけを作る意味で、標題に関連する4項目を話題としてとりあげてみたい。なお、ほぼ同様な話題が日本原子力学会の放射性廃棄物連絡会（1986/10）でも論議された事を付記する。
タイトル	255.原研におけるナチュラル・アナログ研究（昭和62年度 シンポジウム予稿集放射性廃棄物の地層処分）
著者	中村治人（日本原子力研究所）
発行年月日	1990/5/29
刊 ページ	13~17
発行	日本応用地質学会
キーワード	
概要	天然原子炉OKLD現象における放射性核種の長期移行の研究において、周辺地層の閉じ込め性について議論されて以来、ナチュラル・アナログについて多くの研究が進められている。主な研究項目として、次の3つの項目が重点的に進められているように思われる（1）天然バリアの隔離機能に関する研究として、岩盤中での拡散固定等極低速移行現象の研究（2）人工バリア材の耐久性に係る研究（3）コロイド、微生物、有機還元物質等隔離機能に重要な影響を及ぼす特異な現象の研究

タイトル	256.地層処分研究開発報告会（第3回）予稿集（公開資料）
著者	動燃事業団技術協力部 技術管理室
発行年月日	1995/12/5
刊 ページ	第3回予稿集
発行	動燃事業団技術協力部 技術管理室
キーワード	
概要	1.地層処分研究開発の概況（須田忠義） 2.研究開発報告 （1）地質環境の長期安定性（武田精悦） （2）多重バリアシステムによる長期の安全確保（佐々木憲明） （3）目で見える多重バリアの性能（石川博久）
タイトル	257.高レベル放射性廃棄物処分に関する性能評価結果の比較（全訳）
著者	内藤 守正、梅木 博之（環境技術開発推進本部）
発行年月日	1995/11
刊 ページ	1～11
発行	動力炉・核燃料開発事業団
キーワード	
概要	高レベル放射性廃棄物の地層処分概念に関する総合的な性能評価は、前掲の論文（訳注1）にも述べられているとおり、複雑で学際的な研究によりはじめて可能なものである。このような研究が相互に有機的に結びつけられた結果、将来にわたる地層処分の影響（たとえば、線量）が示される。性能評価に用いる個々のモデルについては、実験との比較により、ある程度までその妥当性を実証することが可能であるが、これらのモデルを統合的に用いて得られる地層処分システムの性能評価の結果と、諸外国で行われた高レベル放射性廃棄物地層処分の性能評価結果との比較検討を行うことはこの問題について論じるための一つの有効な手段であると考えられる。
タイトル	258.地下からのメッセージ（ざ・さいくる（放射性廃棄物地層処分））
著者	伊藤谷生（千葉大学理学部）
発行年月日	1993
刊 ページ	5   spring 1993 16～19
発行	動燃事業団
キーワード	中央構造線、かつ断層、反射法地震探査
概要	日本列島誕生の証言者「中央構造線」最近、この中央構造線を対象に、人工震動による地下深部の探査が行われた。この調査は、列島形成に関わる新しい材料を提供するだけでなく、実際に地震が発生する深い場所の構造を知ること、地震予知・防災への貢献も期待される。

タイトル	259.放射性廃棄物処分と地質問題応用地質
著者	小出仁 (地質調査所 環境地質部)
発行年月日	1992
刊 ページ	vol.32 No.6
発行	日本応用地質学会
キーワード	高レベル放射性廃棄物、地層処分、長期安全性、地質未来予測
概要	高レベル放射性廃棄物対策を進めているほとんどすべての国や機関が地層処分をする方向で研究開発を実施している。地下深部への処分は現在あるいは近い将来において、放射性廃棄物対策として利用しうる方法の中で最も実現可能性の高いものであると考えられている。宇宙処分は打ち上げ技術に問題があるので、現時点では地層処分より信頼性ははるかに低いし、予見しうる将来にわたっても、地中への処分より信頼性が高くなる可能性はないと思われる。また、いわゆる消滅処理も、その名前にもかかわらず放射性廃棄物を完全に無くすることはできない。消滅処理が実用化されれば、廃棄物中の長寿命の放射性核種を少なくできるので、廃棄物を隔離しなければならぬ期間は短くなる。
タイトル	260.地下深部調査におけるボアホールテレビジョン装置の活用 応用地質vol.32No6
著者	田中和広 宮川公雄 (電力中央研究所 我孫子研究所)
発行年月日	1992/
刊 ページ	Vol.32 No.6
発行	日本応用地質学会
キーワード	ボアホールテレビジョン装置、割れ目、透水性、高レベル放射性廃棄物、地層処分
概要	原子力発電所において発生する高レベル放射性廃棄物 (HLW) は、我が国においては、再処理、ガラス固化した後に地下深部の岩盤中に隔離処分される計画となっている。処分後、廃棄物から放出される放射性核種が人間環境に与える影響については、現在、ベントナイト、オーバーパック、緩衝材、埋め戻し材等の人工バリアとそれを覆う岩盤からなる天然バリアを組み合わせた多重バリアにより、自然環境から長期間にわたって安全に隔離する計画となっている。
タイトル	261.ボアホールレーダーによる花崗岩岩盤特性調査—釜石鉱山源位置試験場における調査結果について— 応用地質Vol.32 No.6
著者	仙波毅、尾方伸久、長谷川健 (動燃事業団) 岩崎浩 (日鉄鉱業) 渡辺邦夫 (埼玉大学工学部)
発行年月日	1992
刊 ページ	Vol.32 No.6 34~42
発行	日本応用地質学会
キーワード	ボアホールレーダー、クロスホール調査、トモグラフィ
概要	結晶質岩盤中では地下水は主に割れ目や割れ目帯を流れると考えられ、結晶質岩の水理地質特性を評価するためには、割れ目や割れ目帯すなわち「水みち」の位置・規模・その透水性を把握することが必要不可欠である。動力炉・核燃料開発事業団では、この割れ目や割れ目帯の位置・規模・その透水性を非破壊で、かつ3次元的に把握するための調査技術開発の一環として、スウェーデン廃棄物管理公社 (SKB) が開発した試験孔内用レーダーシステム (RAMAC) を1988年度に導入し、日本の岩盤における適用試験を実施してきた。

タイトル	262.高レベル放射性廃棄物地層処分施設の耐震性評価のための地下深部地震動特性応用地質 Vol.32 No.6
著者	駒田広也 (電力中央研究所 我孫子研究所 原燃サイクル部)
発行年月日	1992/
刊 ページ	Vol.32 No.6 43~50
発行	日本応用地質学会
キーワード	地層処分、耐震観測、地下深部、耐震性、
概要	高レベル放射性廃棄物地層処分は、数百mから1000mの地下深部に廃棄物を埋設処分することが一般的な概念となっている。また、処分施設の建設が開始されると予想される西暦2030年頃までに発生する廃棄物は4万本程度が見込まれており、仮に深部坑道内における廃棄物体の設置間隔を5mとして考えると、坑道の総延長は200kmにも及ぶことになる。さらに、坑道の離間距離を8m (坑道径を4mとして、2×坑道径を離間距離とした) として単純に矩形配置した場合、その平面的広がり約1.6km×1.6kmにも達する。つまり、大規模な坑道群が地下深部に建設されることになり、例を示すと図-1のよになる。ここでは地層処分施設の耐震性評価の概念を示し、耐震性評価に重要な地下深部地震動特性を地下地震観測結果から考察する。

タイトル	263.堆積岩の地質学的特性および透水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用 応用地質Vol.32 No.6
著者	尾方伸久 大澤英昭 中野勝志 柳沢孝一 (動燃事業団) 西垣誠 (岡山大学工学部)
発行年月日	1992/
刊 ページ	Vol.32 No.6 51~62
発行	日本応用地質学会
キーワード	透水係数、比抵抗値、水理地質構造モデル
概要	近年、地層処分等、地下深部岩盤を対象としたいろいろな地下空間利用計画が注目されている。これらに係わる技術的課題の1つに地下水流動に関する問題がある。地下深部岩盤中に存在する地下水の流れを評価するには、一般にコンピューターシミュレーション解析を行うが、この際地形や水理地質構造をいかに簡略化しモデル化するか、境界条件や透水係数などの水理定数をいかに現実に促した妥当な値に設定するのが重要な課題となる。

タイトル	264.岩盤内地下水が水循環過程に及ぼす影響の定量的評価に関する研究 (平成5.6.7.年度科学研究費補助金 (一般研究A) 研究成果報告書)
著者	嶋田 純 (研究代表者 筑波大学地球科学系)
発行年月日	1996/3
刊 ページ	1~223
発行	
キーワード	岩盤ボーリング、地下水流動、岩盤内地下水、
概要	深部岩盤内地下水流動についての研究は、未固結地盤性の帯水層が発達しているわが国においては、地下水資源としての相対的価値が低いためにあまり行われていなかった。近年、地下深部を施工するニーズの高まりと共に、岩盤内地下水の挙動把握が重要な研究課題となってきているが、岩盤地下水の流動そのものの実態把握はまだ極めて不十分な状況にある。国土の狭い割には地形起伏に富むわが国は、湿潤温帯気候下にあるため降水量が比較的多く、そのため年間を通じて地下水面が比較的高い標高に存在し、地下水流動のdriving force が強い環境下になっている。従って、透水性は低いが、岩盤内にも活発な地下水流動が存在していることが想定される。