

JNC TN7400 2005-02/

~~PNC PN7440 95-004~~

図書室

~~02.5 /~~

~~社内資料~~

~~本資料は2000年3月31日付けで登録区分  
変更する。~~

~~研究調整Gr 【管理担当箇所名】~~

# 平成6年度技術開発課年報

1995年4月

動力炉・核燃料開発事業団  
東濃地科学センター・技術開発課

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです、したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払ってください。この資料の全部又は一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合、特別の許可を必要としますので、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,  
Japan.

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

7995

~~この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついては、複製、転植、引用等を行わないよう、また第三者への開示や内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないように注意して下さい。~~

~~本資料についての問い合わせは、下記に願います。~~

~~〒509-51~~

~~岐阜県 土岐市 泉町 定林寺 959-31~~

~~動力炉・核燃料開発事業団~~

~~東濃地科学センター 技術開発課~~

# 要 旨



本報告書は、東濃地科学センター・技術開発課が、平成6年度に実施した研究開発業務の内容を取りまとめたものである。成果については、探鉱や採鉱に関連する技術開発と、地層科学研究に関連する技術開発、及び、共通的な業務、の三つに分類して報告した。

平成6年度において技術開発課では、30件の技術資料登録と11件の外部発表を実施した他、工業所有権では特許3件と実用新案1件が公開され、各1件ずつ公告された。

A. 地層科学研究に関連する技術開発では、(1)試錐孔などを利用して精度よく正確に調査を行うための機器開発として、①深度1,000mまで対応できる水理試験装置の製作と試験状況の概要、と②深度1,000mまでの地下水を採水する装置の製作および試験状況の概要、及び、③坑道掘削により生じる地下水の差圧環境を観測する装置の設計変更、や④複数の試錐孔を利用できる試錐孔間水理試験装置の流量測定装置と計測装置の製作状況、について報告した。(2)調査技術の改良・高度化では、広域水理学的評価手法の開発として⑤衛星データ等を解析して得られた植生の高活性度地点では地下水のしみだしや表流水があることを現地調査で確認し、本評価手法の可能性を示した。(3)試錐孔を利用して岩盤の特性を調査する技術開発としては、⑥正馬様AN-1号孔におけるハイドロフォンVSP調査法の適用試験により透水性亀裂と考えられるチューブ波の発生深度を求めた。⑦坑道周辺に発達した割れ目の検出と空間的広がりを詳細に把握するための試錐孔用広帯域レーダープローブのプロトタイプを製作した。⑧東濃鉱山で行われている掘削影響領域調査に対する比抵抗トモグラフィの適用性を検討し報告。⑨地熱調査のために取得された空中磁気データをコンパイルし広域な中部～東濃地方の磁力図を作成した作業の概要、について報告を行った。

B. 探鉱・採鉱に関連する技術開発では、各探査地域の地質環境に対応した地球物理学的探鉱システムを開発するため、次の報告を行った。具体的には、①オーストラリアの“キンタイア型”鉱床に適した物理探査手法フローの提案とその問題点を指摘した。②ランドサットTMデータではウラン鉱徴周辺の変質砂岩が抽出できないことを明らかにした。③航空機MSSデータから岩石の変質に関連のある緑泥石や絹雲母およびドロマイトの分布地域を抽出できることを確認した。④電磁法三次元モデリングソフトの開発状況を報告した。⑤カナダ・アサバスカ地域での複雑な地質構造を考慮できる物探手法として直流比抵抗マッピング法の可能性を報告した。⑥東濃地域の等吸収線量率図を作成し、本地域の地質と環境放射能の関連性を明らかにした。⑦研究用地下室にポリウレタン樹脂を塗布したラドン湧出抑制試験と、東濃鉱山坑内に整備した動的ラドン娘核種試験設備の運転特性を明らかにした。⑧試料量が少ない岩石試料についても蛍光X線のFP法により全岩分析が可能であることを実験で確認した。

C. 共通的な業務については、地層科学研究や探鉱部門に共通している、①東濃鉱山での環境整備や保坑整備の状況、と②図書室が行っている技術資料や外部発表、書籍などの購入・登録・分類・保管・管理、および文献複写やオンライン情報検索などについて、報告している。また、③昨年度に実施した分析業務内容の概要と、④弾性波探査反射法調査に伴う地元対応の経緯について、報告を行った。

# 目次

1. はじめに	1
平成6年度技術開発課組織図	2
技術資料登録一覧	3
外部発表一覧	6
特許等の公開状況	8
2. 地層科学関連技術開発成果	11
(1) 調査機器開発	
A-1 1000m 対応水理試験装置の開発	11
A-2 1000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の開発	16
A-3 差圧計測型多点式水圧観測装置の計測ポートの設計	21
A-4 試錐孔間水理試験装置の製作	24
(2) 調査技術の改良・高度化	
A-5 植生を指標とした地下水流出域の抽出 その3	27
A-6 ハイドロフォンVSP 調査法の割れ目調査への適用試験	36
A-7 試錐孔用広帯域レーダープローブの製作	41
A-8 掘削影響領域調査への比抵抗トモグラフィの適用性	45
A-9 中部地方の空中磁気データのコンパイル作業	52
3. 探鉱・採鉱関連技術開発成果	55
(1) 探査技術開発	
B-1 キンタイヤ鉱床に適した物理探査手法	55
B-2 ランドサットTMデータによる変質砂岩の抽出についての考察	59
B-3 航空機MSSデータによる岩相マッピング	76
B-4 電磁法三次元モデリングソフトの開発	78
B-5 カナダ・アサバスカ地域における物理探査技術の高度化	89
(2) 採鉱技術開発	
B-6 東濃地域の地質と環境放射線の関連性に関する研究	97
B-7 放射線防護採鉱技術開発に関する研究	104
(3) 分析技術開発	
B-8 FP法による岩石試料の蛍光X線分析	118
4. 共通業務の成果	123
C-1 東濃鉱山の維持管理	123
C-2 図書・技術情報の管理	125
C-3 分析業務について	128
C-4 弾性波探査反射法調査における地元対応に関するメモ	131

# 1. はじめに

平成6年度技術開発課組織図

技術資料登録一覧

外部発表一覧

特許等の公開状況

## 1. はじめに

東濃地科学センターにおける地層科学研究関連業務をより一層強力に推進するため、平成6年度は技術開発課内の実施体制を大幅に強化・拡充して、業務の効率的推進を図った。

地層科学研究に係わる調査機器および調査技術の開発については、昨年度まで環境地質課が所掌しており、それを技術開発課が支援するという体制で実施してきた。しかし平成6年度からは、技術開発課が調査技術・調査機器の開発を一元的に所掌することとし、7名からなる機器開発グループを技術開発課内に新設して実施体制を強化した。また、物理探査技術開発についても、昨年度までウラン探査と地層科学の両分野を同一担当者が所掌するという苦しい状況が続いていたが、平成6年度にはカナダ駐在からの転勤者と新人職員（各1名）の参入によって、ウラン探査の物理探査技術開発と地層科学研究の物理調査技術開発のそれぞれに専任者を配置することが可能になり、物理探査技術開発の実施体制を大幅に拡充することができた。また、物探担当者1名を釜石事務所に駐在員として派遣して、釜石鉱山での試験と調査技術開発を実施した。

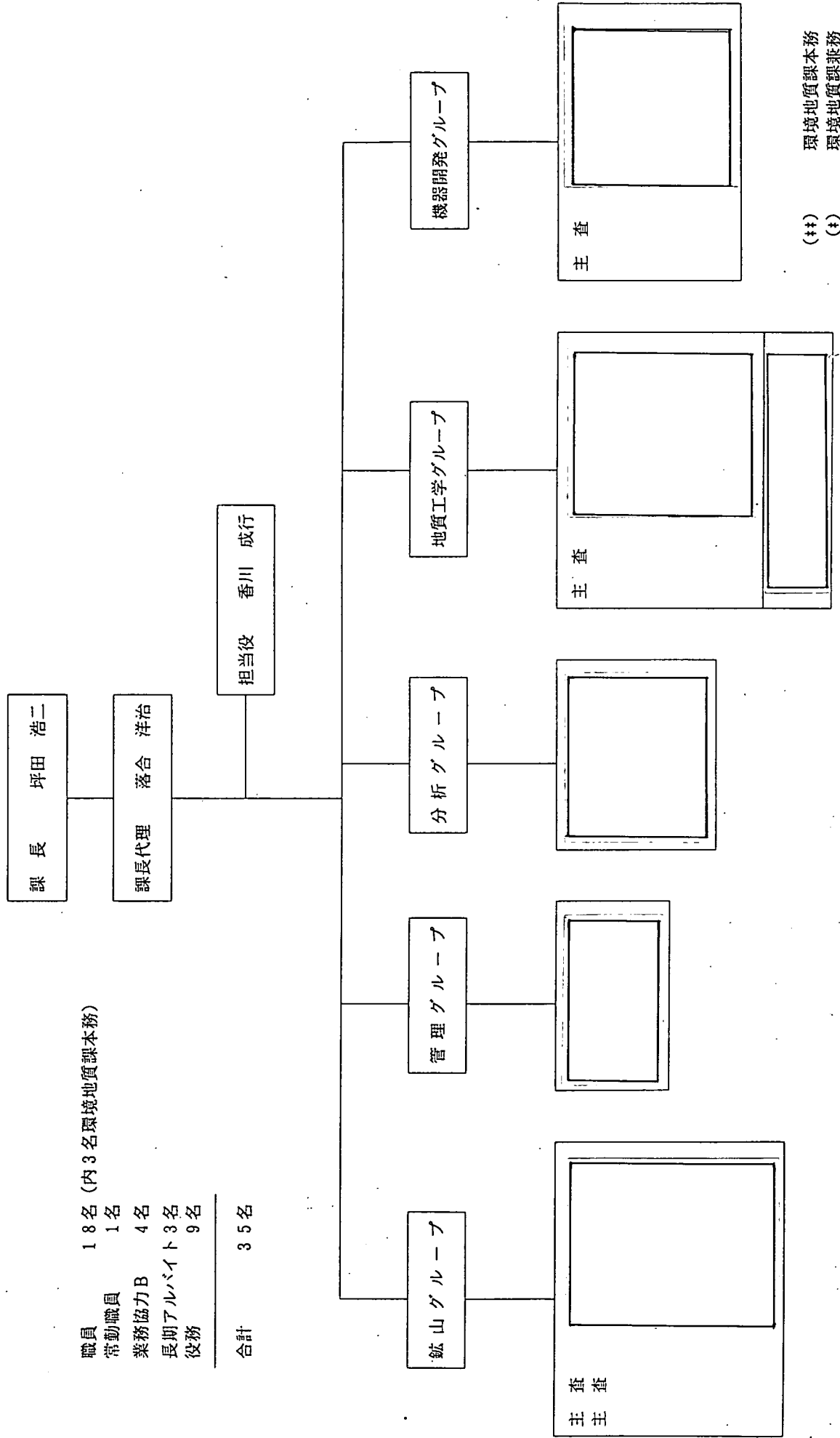
東濃鉱山では、日本無重量総合研究所の実験建屋および真空落下施設が設置され、平成7年2月に操業開始となった。これに伴って鉱山への見学者が、年間1700名にも達するようになったので、鉱山施設の更新、整備、美化を精力的に進め、坑外では会議室、来客更衣室、作業室を新設した。坑内でも、第1計測坑道、第2計測坑道、下盤連絡坑道を保坑・整備するとともに、長年の懸案であった調査立坑巻揚ケージへのセフティキャッチ取付等の工事を実施した。また同時に、鉱山のソフト面での整備も積極的に推進し、東濃鉱山保安規程を昭和48年の設定以来はじめて全面的に改訂した。さらに、東濃鉱山の作業マニュアルを作成する際の指針等を示した東濃鉱山作業マニュアル作成要領も完成させた。

平成7年度における技術開発課のトピックス的事項は以上に述べたが、各テーマ毎の成果を以下に記述する。

# 平成6年度技術開発課組織図

# 平成6年度技術開発課 組織図

平成6年10月1日



(\*\*) 環境地質課本務  
 (\*) 環境地質課兼務



## 技術資料登録一覧

# 平成6年度技術開発課技術資料登録一覧

資料番号 著者	標 題	発行月
〔成果報告書〕		
PNC PN7410 94-025 山岸 明子	岩石の反射スペクトルを利用したリモートセンシングデータからのウラン鉱化関連母層の抽出法の検討（その1）	1994. 4
PNC PN7410 94-026 山岸 明子	岩石の反射スペクトルを利用したリモートセンシングデータからのウラン鉱化関連母層の抽出法の検討（その2） —ランドサットTMデータについて—	1994. 4
PNC TN7410 94-038 小出 馨	植生を指標とした地下水流出域の抽出	1994. 9
PNC TN7410 94-045 山岸 明子	A study of mapping uranium mineralization related rocks using satellite or aircraft remote sensing data based on mineral related absorption features of rocks	1994.11
PNC TN7410 94-047 藪内 聡 長谷川 健	比抵抗トモグラフィの逆解析手法の検討（坑道壁面から掘削した試錐孔を利用する場合）	1994.12
PNC TN7410 94-051 花木 達美	第2立坑内設備設置工事の概要と保安確保について	1994.12
PNC PN7410 95-004 藪内 聡	比抵抗トモグラフィ調査技術の開発（その1）—掘削影響領域把握のための比抵抗トモグラフィの適用性の検討—	1995. 3
PNC PN7410 95-005 狩野 嘉昭	”キンタイア型” 鉱床の探査に有効な物理探査について	1995. 3
PNC TN7410 95-006 坪田 浩二	地層科学研究における調査技術開発	1995. 3

[委託研究資料]

PNC ZJ7205 94-001	試錐孔間水理試験装置の製作（注水制御装置と孔内装置の注水 大成建設 区間の製作）	1994. 5
	（仙波 毅）	
PNC ZJ7305 95-001	空中磁気探査データのコンパイル作業 住鉦コンサルタント（長谷川 健）	1995. 3
PNC TJ7409 94-005	東濃地域における地質と環境放射線量の関連性評価 ペスコ（永崎 靖志）	1994. 12
PNC ZJ7411 95-002	1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器用データ管理・解析 基礎地盤コンサルタント システムの作成	1994. 3
	（濱 克宏）	
PNC ZJ7422 95-001	地球化学検層ユニット用データ処理基板の製作 環境技術研究所（濱 克宏）	1995. 1
PNC ZJ7439 94-006	1,000m対応水理試験装置の製作 大成基礎設計(株)（中野 勝志）	1994. 12
PNC ZJ7439 95-003	1,000m対応水理試験装置のデータ管理・解析装置の製作 大成基礎設計(株)（中野 勝志）	1995. 3
PNC ZJ7439 95-004	1,000m対応水理試験装置の適応試験 大成基礎設計(株)（中野 勝志）	1995. 3
PNC ZJ7439 95-005	差圧計測型多点式水圧観測装置の計測ポートの設計 大成基礎設計(株)	1995. 3
PNC ZJ7586 95-004	試錐孔用広帯域レーダープローブの製作 物理計測コンサルタント（長谷川 健）	1995. 2
PNC TJ7606 94-001	Anisotropic Resistivity Tomography:A Model Study for 佐々木 裕 Characterization of Fractured Rocks	1994. 4
	（長谷川 健）	

- PNC TJ7606 94-002 3次元探査は必要か?  
佐々木 裕 (長谷川 健) 1994. 4
- PNC PJ7675 95-001 高速液体クロマトグラフ法を応用した坑廃水の自動モニタリングシステムに関する調査報告書  
(株)三弘  
(落合 洋治) 1995. 3
- {その他資料}
- PNC PN7020 94-001 平成6年度 中部事業所業務実施方針  
坪谷 隆夫, 山川 稔, 藤田 昭吾, 湯佐 泰久, 黒沼 長助, 石堂 昭夫,  
坪田 浩二, 広瀬 恒雄 1994. 4
- PNC PN7420 94-009 KINTYRE WESTERN AUSTRALIA 1993 URANIUM EXPLORATION PROGRAM GEOPHYSICAL TEST SURVEY  
山岸 明子 1994. 4
- PNC PN7420 95-003 キンタイア鉱床における磁化率検層と物理データ解析について  
狩野 嘉昭 ー平成6年度オーストラリア出張報告ー 1995. 3
- PNC PN7440 94-004 平成5年度 技術開発課年報  
技術開発課 1994. 4
- PNC PN7600 94-005 海外出張報告書 カナダ探鉱プロジェクト技術・管理委員会  
長谷川 健 1994. 6
- PNC TM7529 94-001 石油技術センター研究成果報告会資料  
石油技術センター 物理探査研究室  
(長谷川 健) 1994. 7
- PNC TL7900 95-001 Laboratory Reflectance Spectra of 160 Minerals, 0.4 to 2.5 Micrometers  
山岸 明子 1992. 2

## 外部発表一覧

## 平成6年度 技術開発課外部発表一覧

資料番号	著 標	者 題	発表年月 発表先
PNC TN7410 94-014	○杉原 弘造, 長谷川 健, 川上 純, 亀村 勝美	新第三系堆積岩での弾性波による地質構造と掘削影響の調査研究—弾性波を用いた調査手法の適用性と掘削影響の発生に係わる要因の評価—	1995. 9 [第8回国際岩の力学会議]
PNC TJ7606 94-001	○佐々木 裕 (長谷川 健)	Anisotropic resistivity tomography: A model study for characterization of fractured rocks	1994. 10 [1994SEB Annual Meeting]
PNC TJ7606 94-002	○佐々木 裕 (長谷川 健)	3次元探査は、必要か?	1994. 5 [物理探査学会第90回学術講演会]
PNC TJ7606 94-002	○佐々木 裕 (長谷川 健)	3次元探査は、必要か?	1994 [物理探査Vol. 47No. 5]
PNC	○佐藤 稔紀, 杉原 弘造, 松井 裕哉	Geoscientific studies at the Tono Mine and the Kamaishi Mine in Japan	1995. 9 [ISRM 8th Congress]
PNC TN7410 94-038	○小出 馨, 柳澤 孝一	植生を指標とした地下水流出域の抽出	1994. 10 [日本写真測量学会平成6年度秋季学術講演会]
PNC TN7410 91-050	○中野 勝志, 中川 勝宏	難透水性岩石を対象とした室内透水試験装置	1994 [試験装置紹介用パンフレット]
PNC TN7410 94-047	○藪内 聡, 長谷川 健	比抵抗トモグラフィの逆解析手法の検討—坑道壁面から掘削した試験孔を利用する場合—	1994. 12 [日本原子力学会中部支部発表会]

- PNC TN7410 94-045 ○山岸 明子 1994.11  
A study of mapping uranium mineralization related rocks  
using satellite or aircraft remote sensing data based  
on mineral related absorption features of rocks  
[IAEA Technical Comitee Meeting]
- PNC TN7410 94-051 ○花木 達美 1994.12  
第2立坑内設備設置工事の概要と保安確保について  
[鉾山保安研究会]
- PNC TN7410 95-006 ○坪田 浩二 1995  
地層科学研究における調査技術の開発  
[地熱新探査技術開発導入調査]

## 特許等の公開状況



特許公開状況

特実区分	実用新案	PNC管理番号	D 1 8 9 2
名 称	パッカ式地下水採取装置		
発 明 者	柳澤 孝一, 森 博		
出 願 :	実願平01-131451	1989. 11. 10	公 告 : 実公平06-017911 1994. 05. 11
公 開 :	実開平03-069090	1991. 07. 09	登 録 :
出願人 :	動力炉・核燃料開発事業団		基礎地盤コンサルタンツ
特実区分	特許	PNC管理番号	D 1 6 8 1
名 称	低水圧制御水理試験法		
発 明 者	柳澤 孝一, 平田 洋一		
出 願 :	特願昭63-142399	1988. 06. 09	公 告 : 特公平06-047813 1994. 06. 22
公 開 :	特開平01-312115	1989. 12. 15	登 録 :
出願人 :	動力炉・核燃料開発事業団		大成基礎設計
特実区分	特許	PNC管理番号	D 2 2 2 8 S
名 称	酸化還元電位測定用参照電極		
発 明 者	瀬尾 俊弘, 濱 克宏, 島崎 智		
出 願 :	特願平05-149377	1993. 06. 21	公 告 :
公 開 :	特開平07-012776	1995. 01. 17	登 録 :
出願人 :	動力炉・核燃料開発事業団		環境技術研究所

特許公開状況

特実区分	特許	PNC管理番号	D 1 6 4 6
名 称	商用周波数信号を利用した地下探査法及び装置		
発 明 者	坪田 浩二, 則竹 和光, 大屋 峻		
出 願 :	特願昭63-094875	1988. 04. 18	公 告 : 特公平06-041983 1994. 06. 01
公 開 :	特開平01-265187	1989. 10. 23	登 録 : 特許第01932346 1995. 05. 26
出願人 :	動力炉・核燃料開発事業団		三井金属資源開発
特実区分	特許	PNC管理番号	D 1 6 4 7
名 称	地下比抵抗探査におけるデータ処理方法および装置		
発 明 者	坪田 浩二, 則竹 和光, 志賀 信彦, 齊藤 章		
出 願 :	特願昭63-094876	1988. 04. 15	公 告 : 特公平06-041985 1994. 06. 01
公 開 :	特開平01-265189	1989. 10. 23	登 録 : 特許第01932347 1995. 05. 26
出願人 :	動力炉・核燃料開発事業団		三井金属資源開発
特実区分	特許	PNC管理番号	
名 称	水圧式パッカー及びその拡張収縮方法		
発 明 者	柳澤 孝一, 中野 勝志		
出 願 :	特願平05-040084	1993. 03. 01	公 告 :
公 開 :	特開平07-091165	1995. 04. 04	登 録 :
出願人 :	動力炉・核燃料開発事業団		大成基礎設計

特許公開状況

特実区分	特許	PNC管理番号	D 2 0 0 9
名 称	室内透水試験装置		
発 明 者	中野 勝志, 齊藤 章		
出 願 :	特願平02-323505	1990. 11. 27	公 告 :
公 開 :	特開平04-194640	1992. 07. 14	登 録 :
出願人 : 動力炉・核燃料開発事業団			
特実区分	特許	PNC管理番号	D 2 1 6 7
名 称	空洞周辺岩盤の水理学的ゆるみ領域の測定方法及び測定		
発 明 者	柳澤 孝一, 中野 勝志, 後藤 和幸, 平田 洋一		
出 願 :	特願平04-247773	1992. 09. 17	公 告 :
公 開 :	特開平06-101395	1994. 04. 12	登 録 :
出願人 : 動力炉・核燃料開発事業団		大成基礎設計	
特実区分	特許	PNC管理番号	D 2 1 9 4
名 称	地下水採水装置及びそれを用いた採水方法		
発 明 者	後藤 和幸, 柳澤 孝一, 中野勝志		
出 願 :	特願平04-359361	1992. 12. 25	公 告 :
公 開 :	特開平06-193101	1994. 07. 12	登 録 :
出願人 : 動力炉・核燃料開発事業団		大成基礎設計	

## 2. 地層科学関連技術開発成果

### (1) 調査機器開発

A-1 1000m 対応水理試験装置の開発

A-2 1000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の開発

A-3 差圧計測型多点式水圧観測装置の計測ポートの設計

A-4 試錐孔間水理試験装置の製作

### (2) 調査技術の改良・高度化

A-5 植生を指標とした地下水流出域の抽出 その3

A-6 ハイδροフォンVSP 調査法の割れ目調査への適用試験

A-7 試錐孔用広帯域レーダプローブの製作

A-8 掘削影響領域調査への比抵抗トモグラフィの適用性

A-9 中部地方の空中磁気データのコンパイル作業

## A-1 1000m 対応水理試験装置の開発

## 1. はじめに

地層科学研究の最も重要な課題の一つに、地表から地下深部までの地質環境が本来備える特性を正確に把握することが挙げられる。この中でも、岩盤中の地下水の流れを把握するための指標となる透水係数や比貯留係数および平衡水位（間隙水圧）などの水理定数を精度良く測定することは、同研究を進める上で必要不可欠な要素である。しかしながら、今日の土木や学術的な調査などの分野において広く用いられている既存技術により、地表から地下深部までの水理定数を精度良く測定することは極めて困難な状況にある。この理由は、これらの既存技術を応用した調査機器の適応深度が浅いこと、また透水係数 $10^{-6}$  cm/secオーダー以下の岩盤（難透水性岩盤）は不透水または半透水層として取り扱われ、現実的にこれらの岩盤を精度良く測定できる調査技術と調査機器が皆無であることによる。

上述した課題を解決するために、試錐孔を利用した 500m対応動燃式低水圧制御水理試験装置の開発がなされた<sup>1)</sup>。この装置の開発過程では、難透水性岩盤を対象にパルス法が考案され、その有効性も確認されつつある。しかしながら、昨今、地層科学研究で掘削されつつある試錐孔の深度は 1,000mに達し、既に上記試験装置では十分に目的を達しえない状況にある。

1,000m対応水理試験装置の開発は、上述した地層科学研究の調査計画が進展することを視野に入れ、平成3年度に概念設計に着手、平成4年度に詳細設計、平成5年度から6年度で製作と進めてきた。製作過程の最終段階では、実際に深度 1,000mの試錐孔において性能試験も実施し基本性能を確認すると共に、平成6年度下期では適用試験を実施し試験装置が備える様々な機能および水理試験方法の有効性も把握された。

本稿では平成6年度において実施した製作と適用試験の実施内容とその成果について報告する。

## 2. 実施内容

### (1)試験装置の製作

#### ①製作・組み立て

平成4年度に実施した詳細設計の結果に基づいて、平成5年11月より平成6年7月までの間で試験装置を製作した。製作工程は、試験装置の中核となる孔内部の部品製作より着手し、中継部・地上部の製作および孔内部の組み立ての順に進めた。

#### ②室内性能試験

平成6年4月より8月の間において、製作・組み立てを終了した各部の性能を確認するために、それぞれを構成する主要部品や機器本体を用いて、耐圧、漏洩、耐熱、強度、通信、機能等の室内性能試験を実施した。

#### ③孔内性能試験

平成6年9月より10月にかけて、正馬様洞試験場の試錐孔AN-1号孔において製作仕様を示された装置の基本性能を実際の試験条件下で確認するために、孔内性能試験を実施した。

## (2)適用試験

試験装置が有する各種水理試験法による透水係数の測定範囲と取得データの再現性の確認、および本装置が備えるポアホールテレビ（以降BTVと略す）の有効性や観察限界等を把握するために、平成7年1月より3月の間で、瑞浪市平岩地区に掘削した試験孔DH-3号孔において適用試験を実施した。

## 3. 主な成果

前章で述べた試験装置の製作における室内性能試験と孔内性能試験によって、製作仕様以示された基本性能が確認できた。試験装置の概念を図-1に、性能一覧を表-1に取りまとめた。

また、適用試験により各水理試験法の測定範囲や、BTVの有効性や観察限界が把握できた。さらに、水理試験を迅速に進めるために新たに提案した段階揚水試験による平衡水位の推定手法と、難透水性岩盤における目詰まりによる透水係数の過少評価（透水係数を低く算定する傾向）を解決するために考案した回復パルス法についても、実際の試験孔内の試験により、その有効性を示す結果を得た。以下に、これらの詳細について述べる。

### (1)水理試験法の測定範囲

本試験装置は大きく定常揚水試験法、非定常法およびパルス法の3法を有する。特にパルス法は注入と回復の2種類の方法を有し、圧力を蓄圧する容積を3段階に変化させる機能により、現有の装置では測定困難である透水係数 $10^{-10}$ cm/s オーダーまで測定できることが分かった。これまでの試験により把握できた試験法別の測定範囲を表-1に示す。

### (2)BTVの有効性と観察限界

本試験装置が備えるBTVは、前方監視と側壁観察を同時に行うことができ、側壁観察画像は鉛直展開画像として表示することもできる。この機能により、試験区間の確実な設定が可能となり、併せて前方の孔内状況を把握できるため、崩壊部の存在等に伴う試験装置の孔内抑留を回避するための情報が得られることが分かった。

ただし、前方監視機能は地下水の透明度により観察距離が大きく左右され、透明度が高い場合は3~4m先まで観察できるものの、わずかな濁りでも1m以下まで観察距離が低下することが分かった。一方、側壁観察機能は観察対象までの距離が数cmとなるために、孔内水に濁りが認められても割れ目の有無は確認できることが分かった。

### (3)段階揚水試験による平衡水位の推定手法

標記手法は図-2に示すように、段階的な揚水試験により得られる揚水量と圧力の収束値を圧力-揚水量グラフにプロットする。プロットデータに直線的な勾配が認められた場合、Darcy 則の成立する層流域とみなされることから<sup>2)</sup>、その直線勾配のY軸交点は本来の平衡水位にほぼ等しくなるとの考えに基づいて、平衡水位を推定するものである。表-2に推定した平衡水圧と実測値の比較結果を示す。

表-2より、推定値は実測値との対比において全て数十cm以内の誤差におさまった良好な結果であることが分かる。この結果は、この推定手法の基本原理の妥当性を示すものであり、水理試験時間の短縮など試験迅速化手法の一つとして有効に活用できると考えられる。ただし、この手法については微速浸透領域や始動動水勾配の存在に伴う影響お

よび限界揚水量の把握などについての吟味が不足しており<sup>1)</sup>、今後の現場試験を通じた更なる検討も必要である。

#### (4)回復パルス法

難透水性岩盤を対象に考案されたパルス法は<sup>1)</sup>、試験区間に平衡水位よりも高い圧力パルスを与えるため、堆積岩や充填物を伴う割れ目系の岩盤では目詰まりによる透水係数の過少評価が懸念されていた。本装置では、この問題を解決するために、試験区間に平衡水位よりも低い圧力パルスが発生させ、岩盤から地下水が湧水する過程の圧力変化を測定対象とした回復パルス法を考案した。表-3に、同一区間で実施した定常揚水試験法、非定常法、パルス法（注入法）との試験データの比較結果を示す。

今回試験を実施した試錐孔DH-3号孔は地表付近から孔底まで花崗岩が分布し、堆積岩中の目詰まりによる透水係数への影響に関する検討までは至らなかった。しかし、表-3に示す回復パルス法と注入パルス法の比較結果は、回復パルス法の値が透水係数をやや高く算定した妥当な結果となり、非定常法や定常揚水試験との比較においてもほぼ等しい値を示した。これらの結果は、割れ目系の岩盤での目詰まりによる透水係数への影響を低減できた可能性を示すものである。

上述した比較検討結果において良好な結果が得られたことにより、回復パルス法は今後の調査において有効に活用できると判断する。

#### 4. 今後の予定

(1)本装置は平成7年度より実際の調査で活用すると共に、調査で得られた新たな知見を基に試験装置の改良を進める。

(2)これまでの経験を基に、耐熱性と機動性等を向上させた2号機の設計・製作を実施する。

#### 参考文献

(1)柳沢孝一，齊藤 章，西垣 誠，平田洋一：新しい現場透水試験法（動燃式JFT）の開発と測定例，土と基礎 Vol. 37, No. 7, pp47-52 (1989).

(2)河野伊一郎：地下水工学，鹿島出版会（1989）。

(以 上)



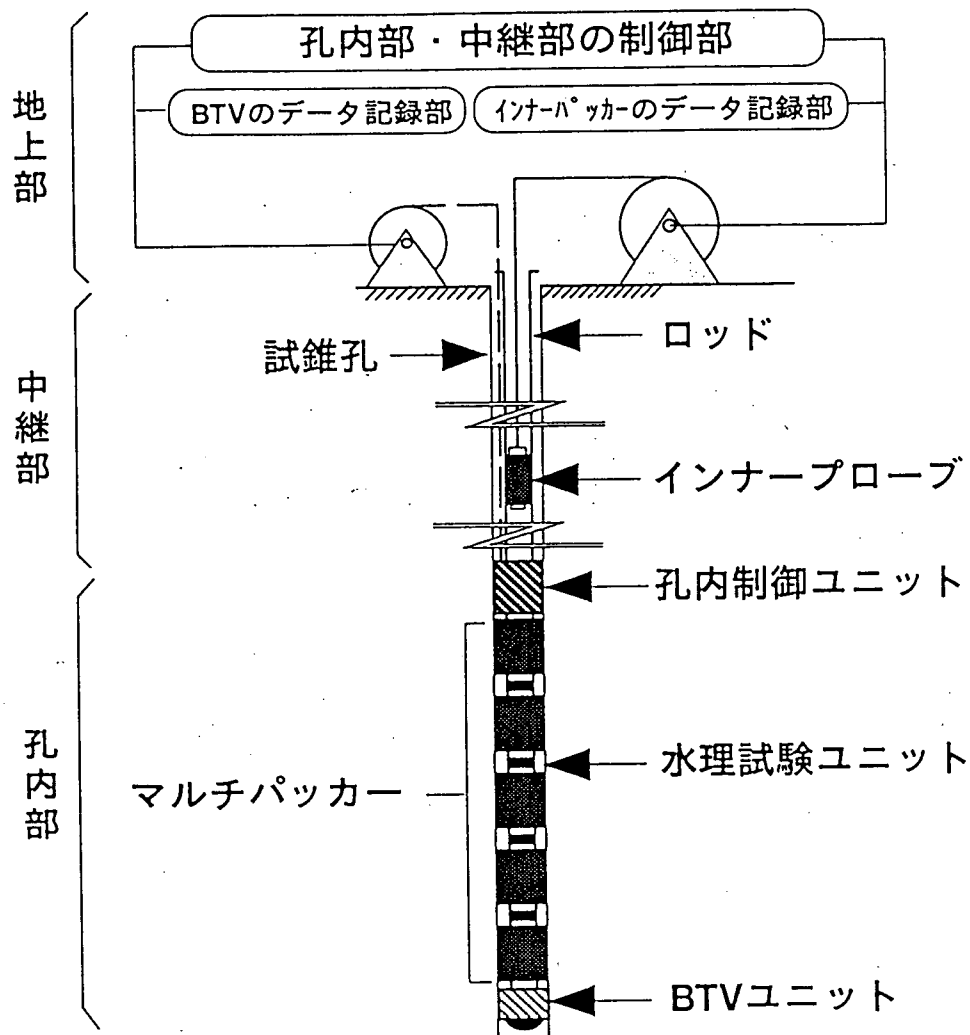


図-1 1000m対応水理試験装置の概要

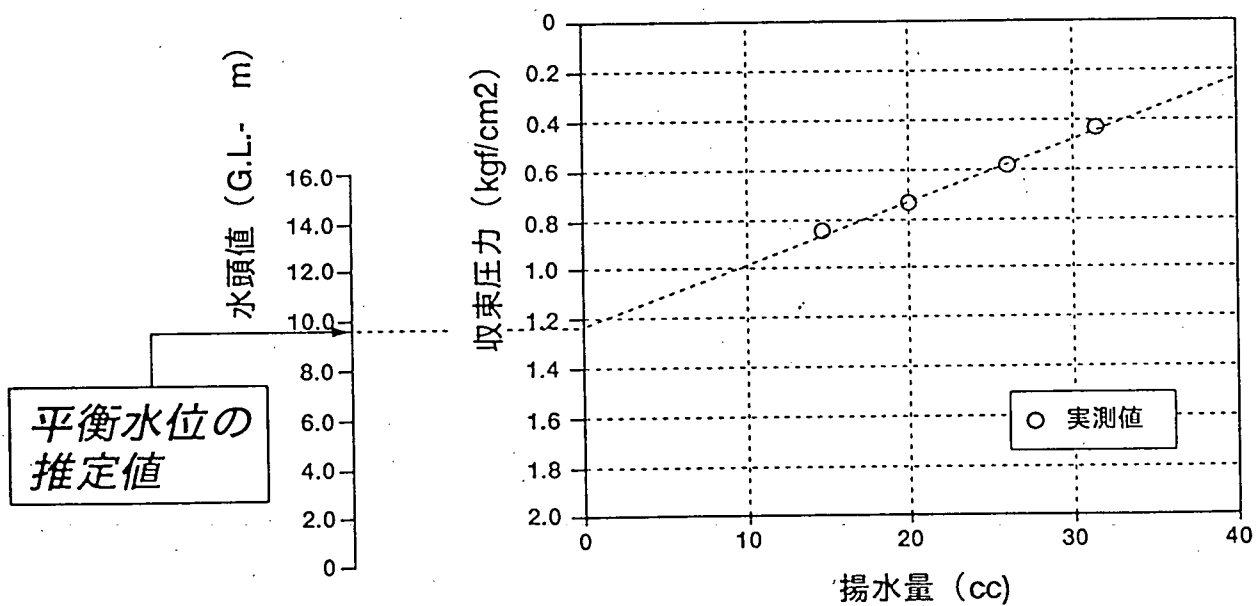


図-2 段階揚水試験により平衡水位を推定した例

表-1 試験装置の性能と水理試験法別の測定範囲の一覧

適応深度	深度1,000mまで	透水係数の測定範囲	$10^{-4} \sim 10^{-10}$ cm/sec オーダー																															
適応孔径	$\phi 75 \sim 100$ mm	試験区間の設定方法	マルチパッカー方式																															
挿入方式	ロッド方式	特殊機能	ボアホールテレビ機能																															
水理試験方法	<table border="0"> <tr> <td rowspan="6"> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 間隙水圧測定</li> <li>— 定常法</li> <li>— 非定常法</li> <li>— パルス法</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 定常揚水試験</li> <li>— 段階揚水試験</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 非定常注入法</li> <li>— 非定常回復法</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 注入パルス法</li> <li>— 回復パルス法</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">〔透水係数の測定範囲〕</td> </tr> <tr> <td></td> <td>定常揚水試験 :</td> <td><math>10^{-6} \sim 10^{-9}</math> cm/sec</td> <td>オーダー</td> </tr> <tr> <td></td> <td>段階揚水試験 :</td> <td><math>10^{-6} \sim 10^{-9}</math> cm/sec</td> <td>オーダー</td> </tr> <tr> <td></td> <td>非定常注入法 :</td> <td><math>10^{-4} \sim 10^{-7}</math> cm/sec</td> <td>オーダー</td> </tr> <tr> <td></td> <td>非定常回復法 :</td> <td><math>10^{-4} \sim 10^{-7}</math> cm/sec</td> <td>オーダー</td> </tr> <tr> <td></td> <td>注入パルス法 :</td> <td><math>10^{-6} \sim 10^{-10}</math> cm/sec</td> <td>オーダー</td> </tr> <tr> <td></td> <td>回復パルス法 :</td> <td><math>10^{-6} \sim 10^{-10}</math> cm/sec</td> <td>オーダー</td> </tr> </table>			<ul style="list-style-type: none"> <li>— 間隙水圧測定</li> <li>— 定常法</li> <li>— 非定常法</li> <li>— パルス法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 定常揚水試験</li> <li>— 段階揚水試験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 非定常注入法</li> <li>— 非定常回復法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 注入パルス法</li> <li>— 回復パルス法</li> </ul>	〔透水係数の測定範囲〕				定常揚水試験 :	$10^{-6} \sim 10^{-9}$ cm/sec	オーダー		段階揚水試験 :	$10^{-6} \sim 10^{-9}$ cm/sec	オーダー		非定常注入法 :	$10^{-4} \sim 10^{-7}$ cm/sec	オーダー		非定常回復法 :	$10^{-4} \sim 10^{-7}$ cm/sec	オーダー		注入パルス法 :	$10^{-6} \sim 10^{-10}$ cm/sec	オーダー		回復パルス法 :	$10^{-6} \sim 10^{-10}$ cm/sec	オーダー
<ul style="list-style-type: none"> <li>— 間隙水圧測定</li> <li>— 定常法</li> <li>— 非定常法</li> <li>— パルス法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 定常揚水試験</li> <li>— 段階揚水試験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 非定常注入法</li> <li>— 非定常回復法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 注入パルス法</li> <li>— 回復パルス法</li> </ul>																															
	〔透水係数の測定範囲〕																																	
		定常揚水試験 :	$10^{-6} \sim 10^{-9}$ cm/sec		オーダー																													
		段階揚水試験 :	$10^{-6} \sim 10^{-9}$ cm/sec		オーダー																													
		非定常注入法 :	$10^{-4} \sim 10^{-7}$ cm/sec		オーダー																													
		非定常回復法 :	$10^{-4} \sim 10^{-7}$ cm/sec	オーダー																														
	注入パルス法 :	$10^{-6} \sim 10^{-10}$ cm/sec	オーダー																															
	回復パルス法 :	$10^{-6} \sim 10^{-10}$ cm/sec	オーダー																															

表-2 平衡水位の推定値と実測値の比較

試験区間番号	推定値 (G. L. -m)	実測値 (G. L. -m)	誤差 (m)
No. 1	6.00	6.77	-0.77
No. 2	9.70	9.66	+0.04
No. 3	10.40	10.57	-0.17
No. 4	10.30	10.01	+0.29
No. 5	9.70	10.04	-0.34

表-3 透水試験データの比較結果一覧

(単位 : cm/sec)

試験区間番号	回復パルス法	注入パルス法	定常揚水試験法	非定常法
No. 1	$3.3 \times 10^{-9}$	$2.8 \times 10^{-9}$	—	—
No. 2	$7.2 \times 10^{-7}$	$5.2 \times 10^{-7}$	$7.7 \times 10^{-7}$	$5.3 \times 10^{-7}$
No. 3	$1.8 \times 10^{-6}$	$9.1 \times 10^{-7}$	$1.5 \times 10^{-6}$	$9.2 \times 10^{-7}$

## A-2 1000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の開発

## A-2 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の開発

濱 克宏, 瀬尾 俊弘, 後藤 和幸  
中野 勝志, 柳澤 孝一

### 1. はじめに

本業務は、地層科学研究の調査技術・機器開発の一環として、地表から掘削した試錐孔を利用して、地表から地下深部までの地下水の地球化学特性を、正確にかつ迅速に把握するために、深度1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器を開発するものである

平成6年度には、機器の製作および孔内性能試験を終了したので、以下にその概要を報告する。

### 2. 実施内容

試錐孔を利用して、深度1,000mまでの地下水を試験対象深度の圧力・雰囲気を保持したまま、地上まで地下水を回収可能な機器を製作した。

#### 2.1 機器の製作

本調査機器の開発は、平成3年度の概念設計<sup>1)</sup>、平成4年度の詳細設計<sup>2)</sup>、平成5年度から平成6年度にかけての製作<sup>3)</sup>の3段階で実施した。

#### 2.2 室内性能試験

製作した機器の個々の部品を対象として、基本的な性能・機能が確保されていることを室内において確認するために、以下の試験を実施した。

##### (1) 耐圧・耐熱試験

深度1,000mを想定した温度・圧力条件(50°C, 150kgf/cm<sup>2</sup>)において、各部品が正常に作動することの確認試験。

##### (2) 機械的試験

材料の引っ張り試験などの強度確認試験。

##### (3) 電氣的試験

電子基板などを用いた信号の送信・受信、電源供給機能の確認試験。

#### 2.3 孔内性能試験

正馬様洞試験場AN-1号孔を利用して、製作した機器が所定の性能を有することを確認するために、深度500mおよび1,000mにおいて、採水試験を実施した。

### 3. 主な成果

(1)1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の製作を終了した。本装置は、孔内部、中継部、地上部から構成され(図1、写真1)、表1に示す基本性能を有する。

(2)室内性能試験により、以下のことが確認された。

①深度1,000mで想定される温度・圧力条件下で、孔内部が正常に作動する。

②中継部が所定の強度を有する。

③地上部により孔内部の制御および計測データの転送・収録などが正常に行える。

(3)孔内性能試験の結果(写真2)、深度500mおよび1,000mの両者において、以下の機能が確認された。

①地下水採水機能（ポンプ式採水およびバッチ式採水（表2））

②パッカーの遮水機能（図2）

以上より本調査機器は、AN-1号孔に類似した地質環境条件下においては、地下水の地球化学特性調査に適応可能であると考えられる。

#### 4. 今後の予定

- (1)平成7年度上期に、正馬様洞試験場AN-1号孔において、地球化学検層ユニット（1,000m対応地下水の物理化学パラメータ測定機器）と組み合わせた適応試験を実施する。
- (2)耐熱性の向上（約80℃）、軽量化（総重量10トン以下）を目指した2号機的设计・製作を実施する。

#### 5. 参考文献

- 1) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社(1992)：深度1,000m対応パッカー式地下水サンプラーの設計, PNC ZJ1411 92-002
- 2) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社(1993)：1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の詳細設計, PNC ZJ1411 93-001
- 3) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社(1994)：1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の製作, PNC ZJ7411 94-001

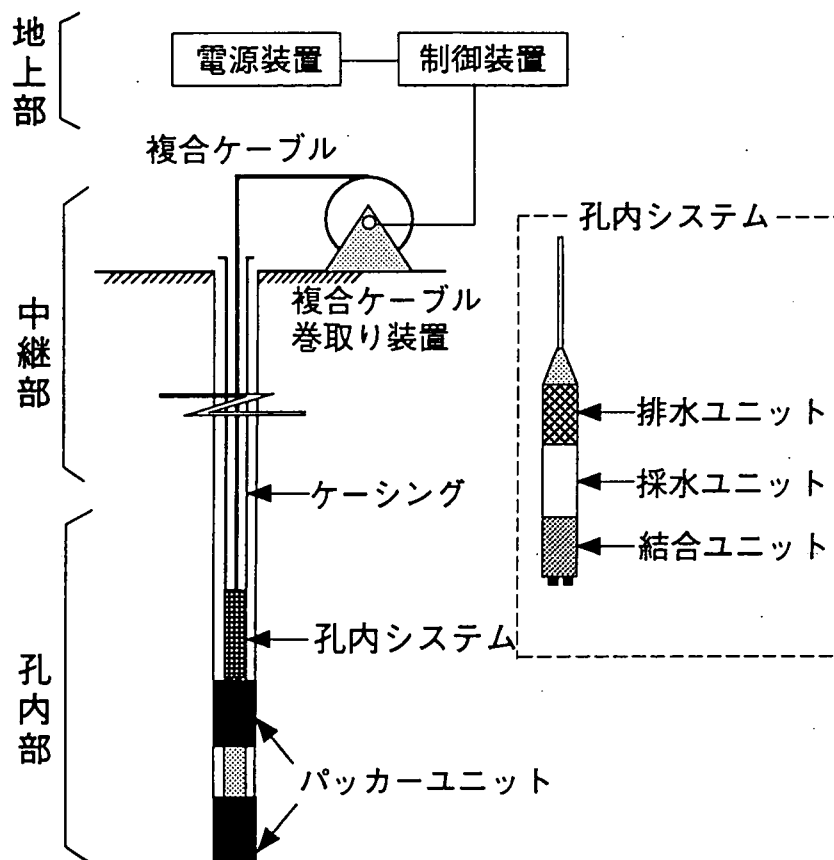
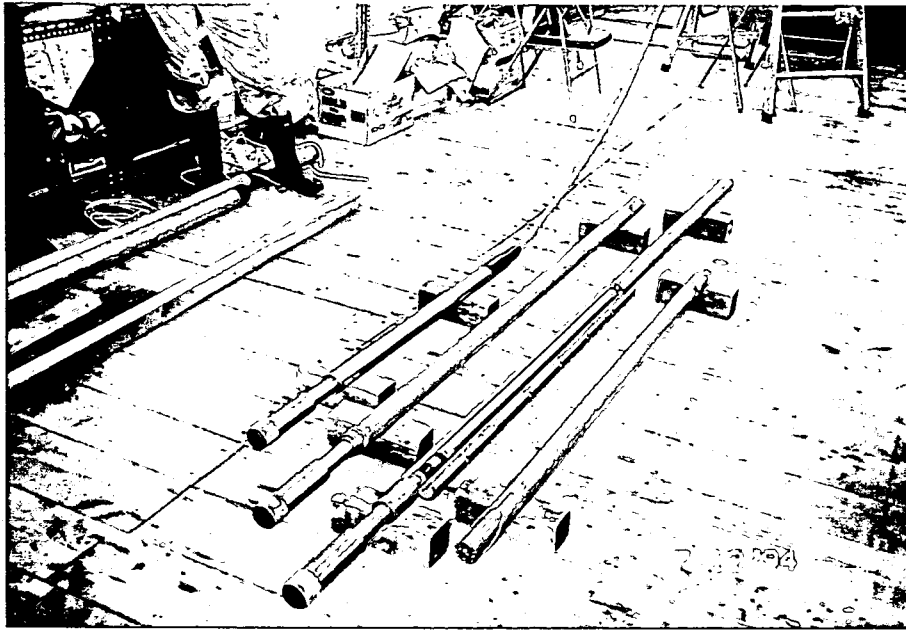


図1. 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の概念

適用深度	G.L.-1,000m
適用孔径	φ 75mm~130mm
総重量	約15トン
採水方式	ポンプ式およびバッチ式*
採水量	ポンプ式：最大100ml/分 バッチ式：500ml/回
挿入方式	ケーシングシステム
地下水位低下限界	G.L.-300m

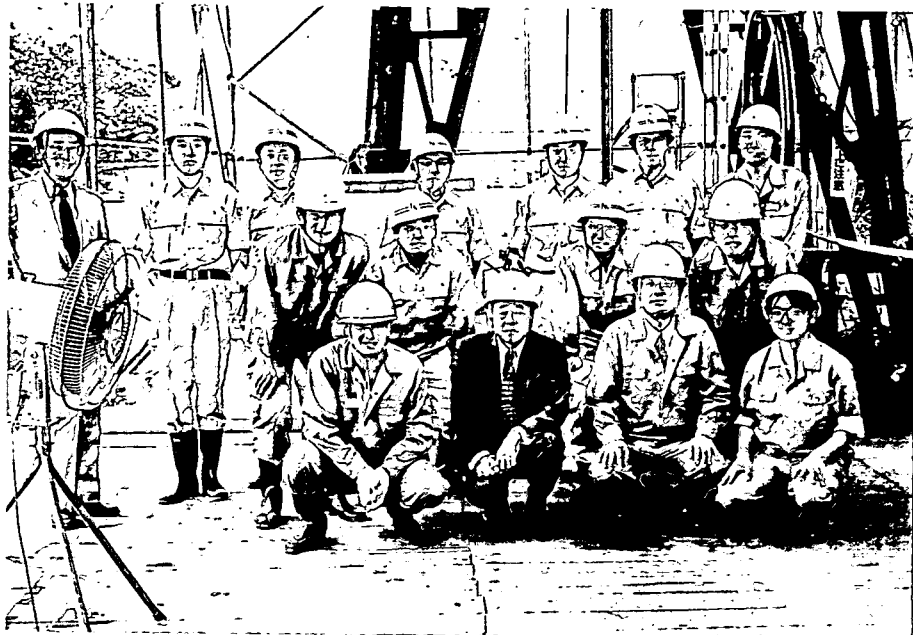
バッチ式採水：試験対象深度の圧力・雰囲気を保持する採水機能

表1. 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の基本仕様



## 写真1. 孔内システム

(左から複合ケーブル先端部、排水ユニット、採水ユニット、結合ユニット)



## 写真2. 孔内性能試験

—大石理事長現場御視察—

表2. 孔内性能試験の概要

	深度500mレベル	深度1000mレベル
採水区間	G.L.-545~552m	G.L.-966~973m
採水区間体積	27 0	27 0
岩相	花崗岩	花崗岩
地下水温	27℃	35℃
試験期間	20日間	16日間
ポンプ式採水量 (平均採水速度)	474 0 (83ml/分)	193 0 (77ml/分)
バッチ式採水量	2.36 0 / 5回	5 0 / 10回

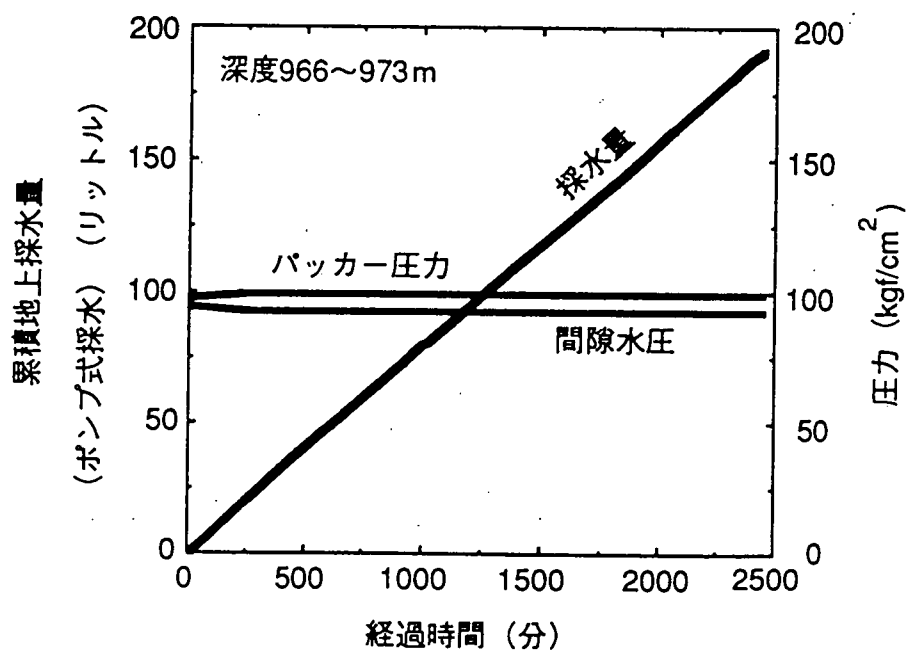


図2. 孔内性能試験データの例



### A-3 差圧計測型多点式水圧観測装置の計測ポートの設計

中野勝志, 後藤和幸, 柳澤孝一

### 1. はじめに

立坑や坑道の掘削を伴う調査では、立坑周辺や坑道内において差圧環境が発生する。立坑や坑道の掘削深度が深くなると、発生する差圧環境も大きなものとなり、既存の観測機器や調査機器では十分な調査が困難となる可能性がある。

以上のことより、平成5年度より、地表から立坑を掘削した場合の周辺観測孔における長期モニタリングを確実に精度良く行うために、観測深度や大きな差圧環境に左右されず、深度方向別に多区間の間隙水圧を精度良く観測できる多点式水圧観測装置の開発を進めている(図-1参照)。平成5年度は、装置の基本設計と一部試作を実施した<sup>1)</sup>。平成6年度は、平成5年度の結果を基に、計測原理に改良を加え、確実に水圧観測を行うための計測ポートの設計を実施した。本報では、その概要について報告する。

### 2. 実施内容

本年度は、昨年度の試作品の実験結果より、観測区間とインナープローブを結合するためのマグネット方式のバルブ開閉機構が確実性に欠けることが明らかとなったため、装置構造の簡素化も含めて、計測原理を見直し計測ポートの開閉部を再設計した。

#### 2.1 計測原理の見直し

昨年度は、マルチパッカーで遮水した複数の観測区間の上下区間の差圧を計測する方法を基に設計と試作を実施した。しかしながら、この方法の場合、インナープローブの構造が複雑になるために簡素な構造が望まれる観測装置には不向きであるとの結論に達した。

以上のことから、今年度当初、計測原理について再検討し、装置の構造の簡素化と測定の容易さからケーシング内の水位を一定に保って、観測区間内との差圧を計測する方法を採用することを決定した。

#### 2.2 計測ポートの設計

計測原理を見直した結果を基に、観測区間を開閉するポートの設計を実施した。具体的には、インナープローブの位置設定・固定機構とスライドバルブの開閉機構である。

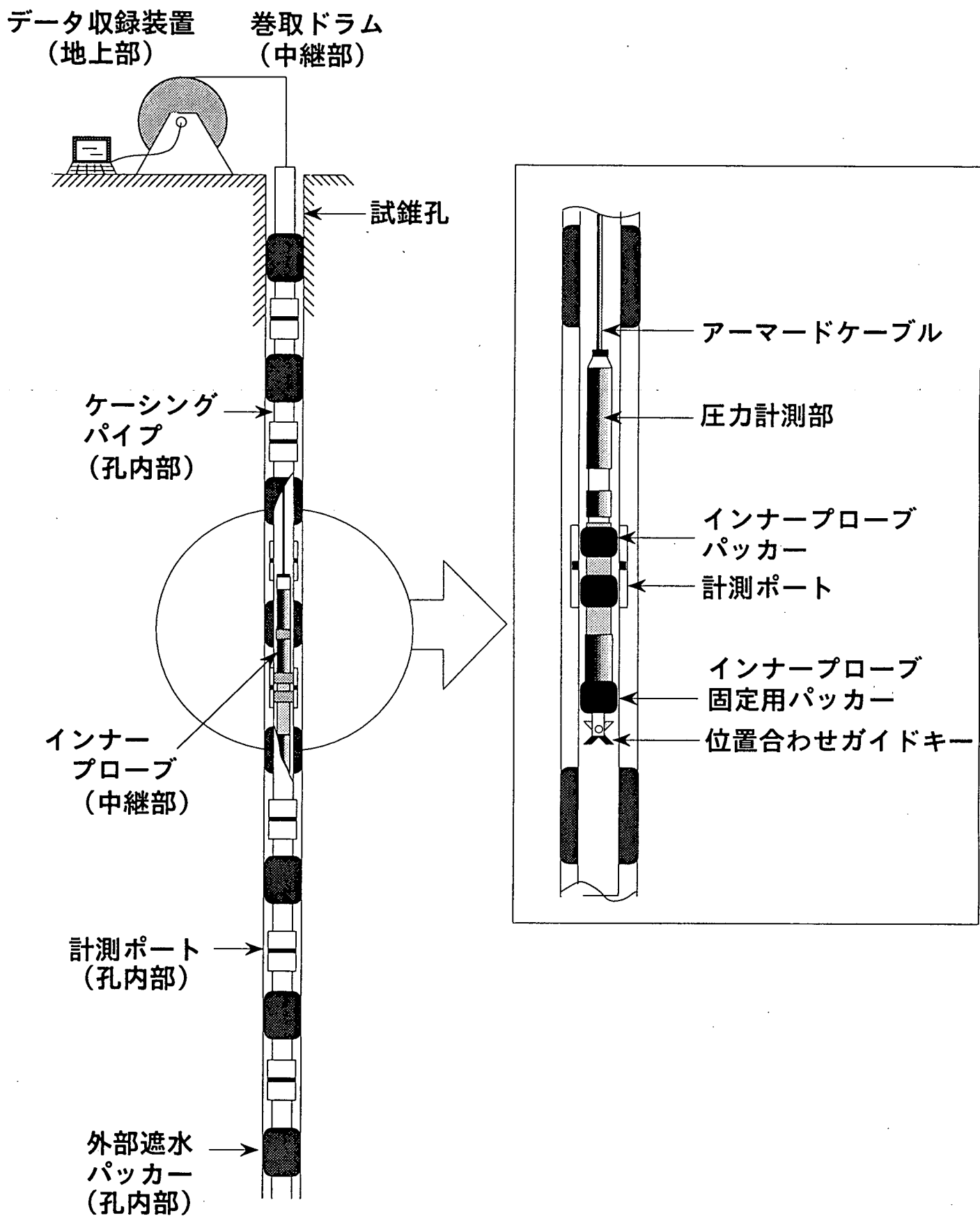
設計の結果、インナープローブの位置設定にはスウィングアーム方式を採用して簡単に位置設定ができるようにした。また、インナープローブの固定機構にはモーター駆動のプッシングパッカーを使用して解決した。更に、スライドバルブの開閉機構には、モーター駆動のプッシングパッカーでスライドバルブとインナープローブを固定し、電動モーターで引き上げて開閉できる機構とした。

### 3. 今後の予定

平成7年度以降は平成6年度までの成果を基に、観測装置の詳細設計を実施し、最終的に大深度対応の差圧計測型多点式水圧観測装置を完成させる。

## 参考文献

- (1)大成基礎設計株式会社(1995)：差圧計測型多点式水圧観測装置の計測ポート部の設計  
PNC ZJ7439 95-005.



図一1 差圧計測型多点式水圧観測装置の概念

## A-4 試錐孔間水理試験装置の製作

## A-4 試錐孔間水理試験装置の製作

### —計測装置と流量測定装置の製作—

仙波 毅, 後藤 和幸,  
中野 勝志, 柳澤 孝一

#### 1. はじめに

岩盤内の地下水の流れは、主たる流動経路となる割れ目の空間的な分布や水理特性（透水係数、貯留係数）に大きく依存する。また、単一割れ目内においても、不均一な開口幅の分布により、非常に偏った流れが生じているのが、ストリッパ鉱山の原位置試験などでも報告されている。岩盤の水理特性を把握するための試験として、JFT、ルジオン試験に代表されるような、単一の試錐孔を利用した水理試験が一般に広く用いられてきた。しかし、これらの方法では、注水区間周辺の岩盤の水理特性の評価は可能であるものの、上述した単一割れ目内での流動特性（水理学的な連続性、透水係数、比貯留係数）やその異方性についての情報を得ることは困難である。

以上のことから、最近では複数の試錐孔を利用した孔間水理試験が試みられるようになった。この中でも、注水圧力または流量を周期的に変化させる正弦波注水試験法は地下水圧の変動に伴うノイズの影響を受けにくい長所を有しており、孔間距離が長くなっても圧力応答を捕らえることができる可能性がある。

そこで、地層科学研究の調査技術および機器開発の一環として、坑道内に掘削した複数の試錐孔を利用し、坑道周辺の単一割れ目の透水係数、比貯留係数、透水異方性（単一割れ目内の流向）、間隙水圧などの水理学的特性を把握するために、上述した正弦波を用いた試錐孔間水理試験装置の開発に着手した。開発は、平成4年度に設計<sup>1)</sup>、平成5年度より製作を開始し<sup>2)</sup>、今年度は計測装置と流量測定装置を製作した<sup>3)</sup>。本報では、その概要について報告する。

#### 2. 実施内容

試験装置は、図-1に示すように、坑道内に設置する注水制御装置、計測装置、流量測定装置、圧力パネルと試錐孔内に設置する孔内装置（注水孔内用装置および観測孔内用装置）などから構成される。試験方法は、バックグラウンドの地下水圧の変動による影響を受けない正弦波（シヌソイダル）注水<sup>4)</sup>を採用した。また、定圧および定流量注水も行えるようにした。

平成6年度は、計測装置と流量測定装置を製作し、それぞれの装置の室内性能試験を実施した。装置の製作にあっては、設計段階で念頭においた試験装置の性能、現場試験装置としての使いやすさ（大きさ、メンテナンスの容易さを含む）に十分配慮した。

##### 2.1 計測装置の製作

計測装置は、アンプユニットとパソコンユニットで構成される。アンプユニットは、1台のデータロガーからなる。データロガーは一つの筐体の中に電流、電圧、抵抗測定などに対応できるアンプとA/D変換器および多チャンネルのスキャナーが組み込まれ、パソコンとの通信機能を持つ。パソコンユニットは、パソコン本体、A/D変換器、および計測ソフトウェアからなる。パソコンは、過酷な現場環境での使用を考慮してFA仕様の

パネルコンピューターを採用した。計測ソフトウェアは汎用性の高いOSの使用と共に拡張性の高い計測用高機能言語を使用して構築した。これらは、防湿・防錆対策を施した移動用ラックに格納した。

## 2.2 流量測定装置

流量測定装置は、孔内への注水流量を計測するもので、注水制御ポンプ（圧力制御ポンプ、定流量ポンプ）と孔内注水区間の間に設置する。流量測定装置からの流量出力は、計測装置へ転送され、計測装置で表示・保存する。また、本試験装置で採用している水サーボ方式の定流量ポンプのフィードバック用としても用いる。

流量計に関して、平成4年度に調査を実施したが、0.02～200 l/hの範囲の流量を1台で測定でき高い分解能を有したものが見当たらなかった。よって、この装置では、測定範囲の異なる5台の流量計を用いた。すなわち、1.0 l/h以下の小流量用には熱式質量流量計を、1.0～200 l/hの範囲の流量測定にはコリオリ式流量計を用いた。流量計の選択は、制御パネル上のコンピューターまたは、同パネル上に設けた電磁弁開閉スイッチを操作することにより行う。

## 2.4 室内性能試験

計測装置と流量測定装置の製作終了後、所定の性能を有することを確認するために、室内において、今年度製作した部分の個々の性能試験と、昨年度製作した部分と組み合わせた全体性能試験を実施した。この結果、仕様を示した性能を有することが確認された。

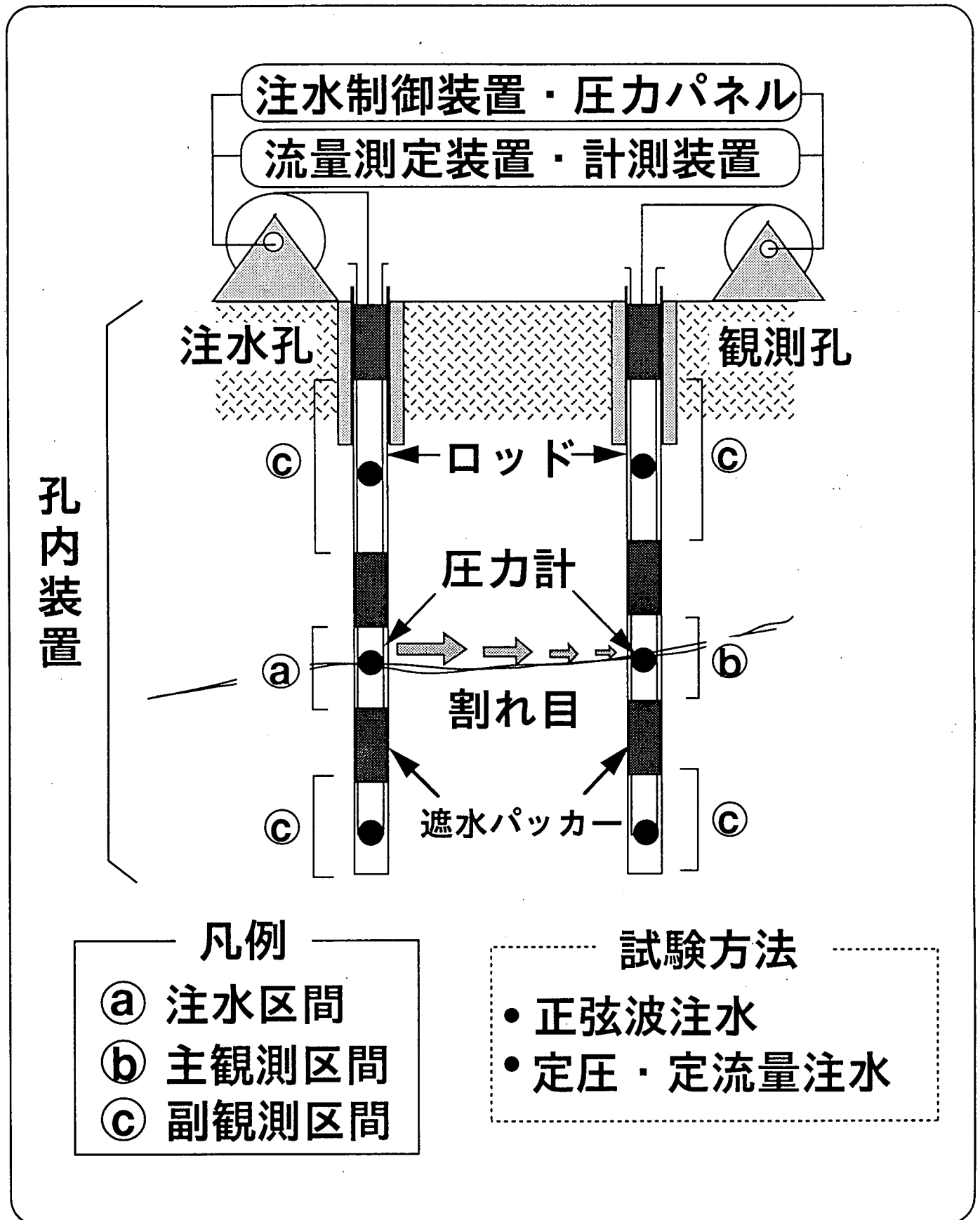
## 3. 今後の予定

平成7年度は平成6年度に引き続き、圧力パネルと計測補助装置および観測区間などの製作を実施し、全ての製作作業を終了させる。また、平成8年度は現場での性能試験を実施する計画である。

### 参考文献

- (1)大成建設(株) (1993) : 試錐孔間水理試験装置の設計、PNC ZJ7205 93-001
- (2)大成建設(株) (1994) : 試錐孔間水理試験装置の製作（注水制御装置と孔内装置の注水区間の製作）、PNC ZJ7205 94-001
- (3)大成建設(株) (1995) : 試錐孔間水理試験装置の製作（計測装置と流量測定装置の製作）、PNC ZJ7205 95-001
- (4)John H. Black et al. (1986): Crosshole Investigations - The method, theory and analysis of crosshole sinusoidal pressure tests in fissured rock, Stripa Project IR 86-03, SKB, Stockholm, Sweden

# 図一 1 試錐孔間水理試験装置の概念





## A-5 植生を指標とした地下水流出域の抽出 その3

## 1. はじめに

本研究は、リモートセンシングによる広域水理学的評価手法の開発の一環として実施しており、広域地下水流動解析ならびにその解析結果の検証に必要とされる広域の水文特性をリモートセンシングデータ等から推定する手法の開発を目指している。

本年報では、その一環として平成5年度に実施したSPOT衛星データによる地下水流出域の抽出解析結果を検証するため、平成6年度に実施した現地植生調査の概要ならびに結果について報告する。

## 2. 目的

本研究の目的は、地下水流動解析結果の検証方法として、地下水流動と関連があると考えられる植生状態、特に図-2.1に示すように地下水が地表へ流出している箇所を反映していると考えられる植生状態を衛星データ等を用いて捉え、地下水流動解析結果として算出される浸出点の位置と対比することにより、地下水流動解析結果を面的に検証する手法の開発を目的としており、従来の試錐孔による検証方法をこのような方法で補完することにより、検証結果の信頼性をさらに向上させることが期待できる。

なお、本研究では、地下水流出域として、河川や湖沼といった顕在的な流出域ではなく、山腹などに見られる、いわゆる潜在的な地下水流出域を対象としている。

## 3. 地下水流出域抽出の方法論

現在見られる植生の状態は、気候、地形、地質および地下水流動などの影響因子が複雑に関与した結果であり、ある特定の影響因子のみの植生状態への影響度を分離し評価することは極めて困難である。この問題について、本研究では2つの前提条件を設けて、地下水流動による植生状態の変化の抽出を試みた。

第1の前提条件は、植物生態学上の大前提である「影響因子の状態が同じであれば、植生も同様な状態を示す」と仮定すれば、地下水流動以外の影響因子の状態が同一の場所で植生状態が異なる場合、この違いは地下水流動の影響とする考え方である。

第2の前提条件は、地下水流出域では湧水や地下水面の上昇により、地下から地表付近に水分が供給されることから、夏の日照りのような長期の乾燥状態による植生の影響は、地下水流出域以外の場所に比較して小さいという考え方である。特に生長期間が数十年から数百年にわたる樹木については、1年間という短期間では、わずかな違いであっても、数十年、数百年といった累積期間を考慮すれば、たとえ高温多湿の日本においても顕著な植生状態の差、具体的には樹高や樹冠面積、葉の容量などの生長量や生産量の差として現れることが期待できる（図-3.1）。さらに、このような場所は、リモートセンシング解析

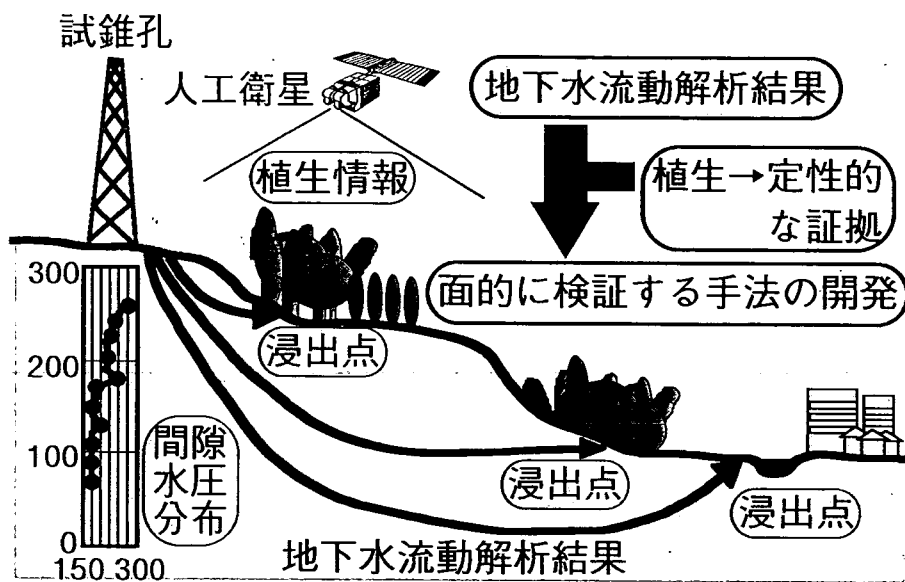


図-2.1 本研究の目的

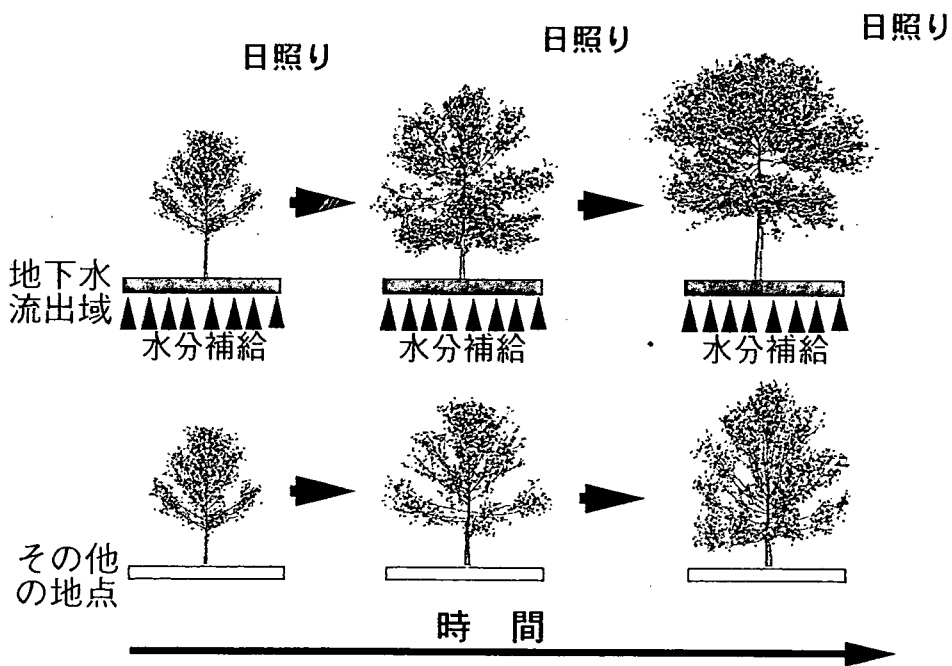


図-3.1 地下水流出域とその他の箇所での樹木の生長度の違い

によって植生の活力状態の良好な地点、言いければ植生の高活性度地点として抽出される可能性が考えられる。

## 4. 実施内容

### 4.1 これまでの経緯

3章で述べた方法論を基に、平成4年度では、解析に必要な植生、地形、地質などのデータのデジタルデータ化を実施し、地表情報データセットを作成した<sup>1)</sup>。

平成5年度においては、図-4.1に示す方法に従い、地下水の流出により樹木の活力度が大きいと考えられる地点を抽出し、これらの抽出された地点が地形的にも地質的にも地下水流出域を示唆する箇所<sup>2)</sup>に分布していることを示した<sup>2)</sup>。

### 4.2 平成6年度における実施内容

平成6年度は、平成5年度の解析結果を検証するための現地植生調査を実施した。本調査は、以下に示す3つの項目から構成される。

#### ①林相図の作成

調査地点の選定のため、1万分の1のカラー航空写真を用いて林相図を作成した。この林相図を用いて、衛星データから抽出された植生の高活性度地点と一致するアカマツ林を抽出し、調査地点とした。なお、アカマツ林を調査対象とした理由は、現在、針葉樹に対する樹木活力評価方法が確立されているからである。

#### ②樹木活力調査

本調査では各調査地点に10mから20mの区画（コドラート）を設定し、アカマツを対象に生長量、樹高、胸高直径などを測定し、さらに区画内の全樹木を対象として樹冠面積を測定し、この値から単位面積あたりの葉の容量を推定した。

本調査では樹木の生長量として、樹木の縦方向と横方向、つまり梢端方向の伸長量と枝方向の伸長量を測定した。なお、枝の伸長量の測定は、生長を続けている一番下の枝（林業用語で力枝）を対象に実施した。

測定方法は、図-4.2のように測幹ポールを測定対象樹木に沿え、少し離れた位置から伸長量を読み取る。この際、特に梢端部において、見通しや観測者からの距離の関係から1年毎の細かな伸長量の計測が困難な場合があるため、本調査では3年分の伸長量を計測して、最近3年間の平均年間伸長量を算出した。

また、樹冠面積については、図-4.3に示す各樹木の幹の位置と枝の広がり<sup>3)</sup>を表現した樹木位置図から各樹木の樹冠面積を算出した。さらに葉の容量については、樹木の形を円錐と仮定し、式-4.1によって単位面積あたりの葉の容量を算出した。

$$\text{単位面積あたりの葉の容量} = \frac{\text{樹冠面積} \times \text{樹高} \div 3 \times \text{樹形係数}}{\text{調査面積}} \quad \text{式-4.1}$$

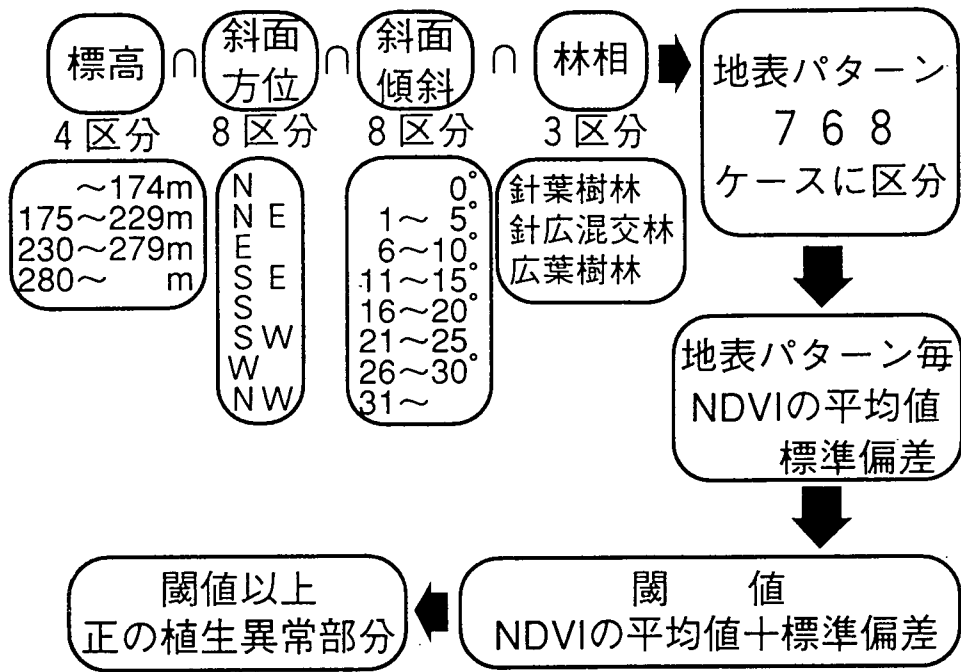


図-4.1 影響因子による地表パターン区分としきい値の決定

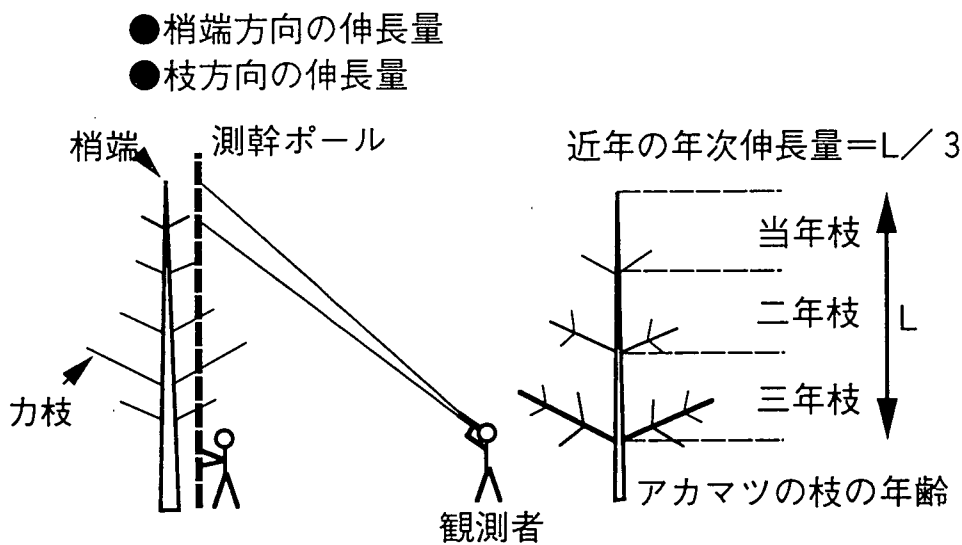
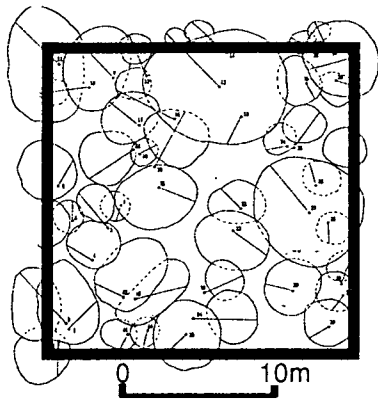


図-4.2 樹木の生長量の測定方法



### 樹冠面積の測定方法

毎木調査により樹木位置図を作成



樹冠面積算出

### 葉の容量の算出方法

$$\text{単位面積あたりの葉の容量 (m}^3\text{/m}^2\text{)} = \frac{\text{樹冠面積} \times \text{樹高} \div 3 \times \text{樹形係数}}{\text{調査面積}}$$

図-4.3 樹冠面積および葉の容量の算出方法

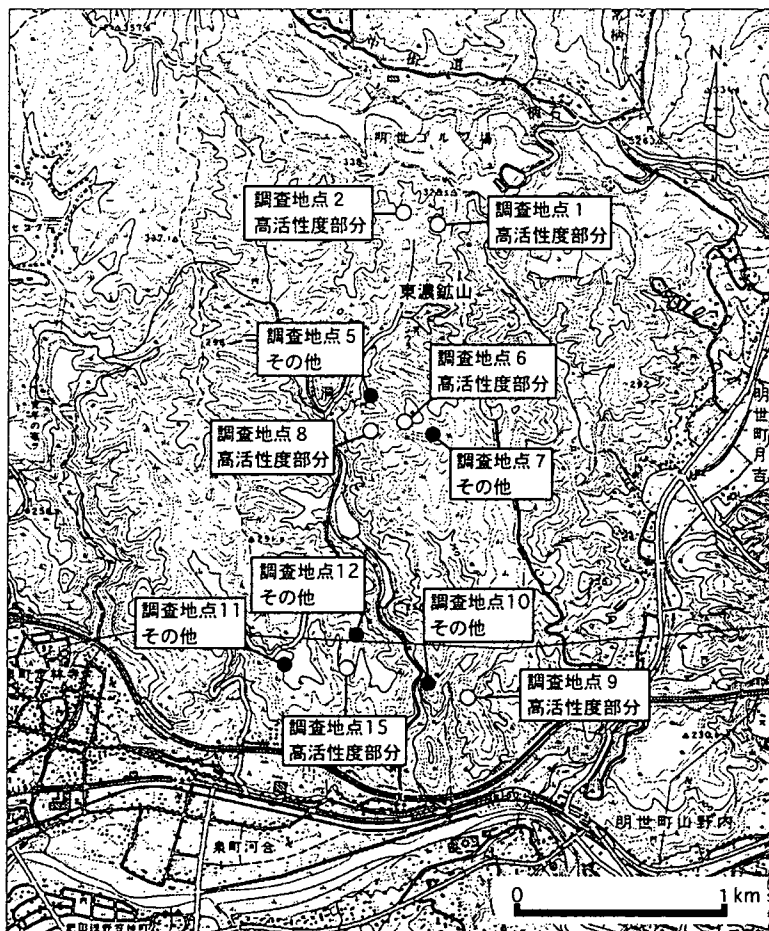


図-5.1 現地植生調査位置図

なお、樹形係数とは、葉のついた枝の部分が樹高に対して占める割合を示す係数であり、今回は、これまでの調査で経験的に用いられている0.7を用いた。

### ③表層水理地質調査

この調査では植生調査地点周辺の地形・表層地質および表流水の有無を確認した。

## 5. 調査地点

本調査は、岐阜県土岐市賤洞地区の東濃鉱山周辺の山林を対象に、地質的な違いを考慮するため、堆積岩の分布域と花崗岩の分布域に分け、植生の高活性度地点を6地点、また比較のためにその他の地点を5地点選定した(図-5.1)。調査は平成6年12月初旬に実施した。

## 6. 調査結果

今回の現地植生調査によって得られた結果は、以下の通りである。なお、各測定項目の値は、高活性度地点が6地点、その他の地点が5地点の平均値である。

### ①樹高の年間伸長量および胸高直径の年間増大量

樹高の年間伸長量(樹高を樹齢で割った量)および胸高直径の年間増大量(胸高直径を樹齢で割った量)については、植生の高活性度地点がそれ以外の地点に比較して大きな値を示す(図-6.1、年間樹高伸長量の差:11cm、図-6.2、年間胸高直径増大量の差:1mm)。

### ②最近3年間の平均年間梢端および枝伸長量

最近3年間の平均年間梢端および枝伸長量については、植生の高活性度地点がそれ以外の地点に比較して大きな値を示す(図-6.3、平均年間梢端伸長量の差:3.5cm/年、図-6.4、平均年間枝伸長量の差:5cm/年)。

### ③樹冠面積比および単位面積あたりの葉の容量

樹冠面積比(樹冠面積と調査面積との比率)および葉の容量については、高活性度地点がその他の地点に比較して大きな値を示す(図-6.5、樹冠面積比:7.3%、図-6.6、葉の容量の差:0.86m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)。

### ④表層地質および地形

調査地点の表層地質については、表-6.1に示すように高活性度地点の6地点中3地点が地質境界に位置していること、地形については高活性度地点の6地点中5地点が傾斜変換点に位置している。また、調査地点近傍における表流水の有無については、高活性度地点の6地点中3地点に調査地点の近傍(特に下方)に湿地や水のしみ出しが確認されており、一方、その他の地点では1か所も水のしみ出し等が見られなかった。

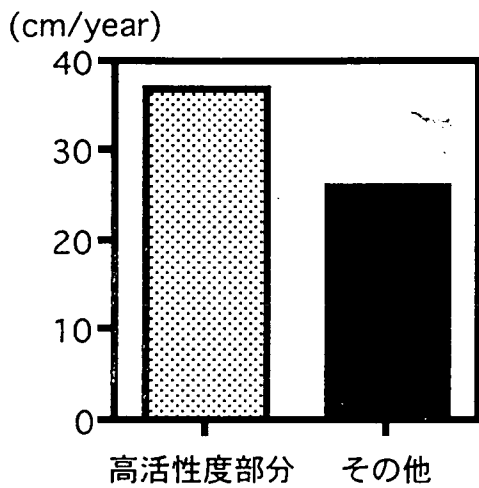


図-6.1 年間樹高伸長量

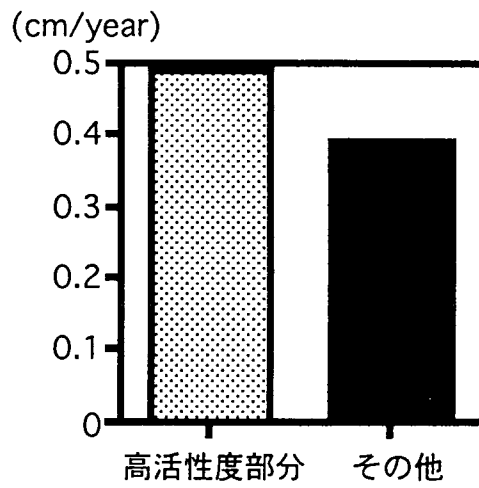


図-6.2 年間胸高直径増加量

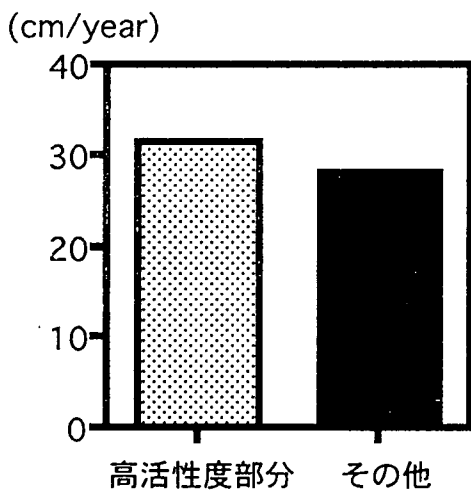


図-6.3 最近3年間の平均梢端伸長量

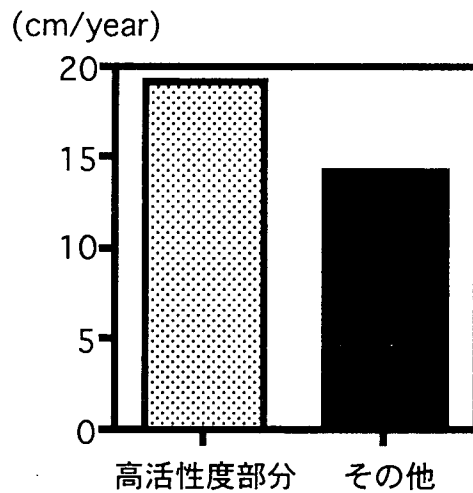


図-6.4 最近3年間の平均枝伸長量

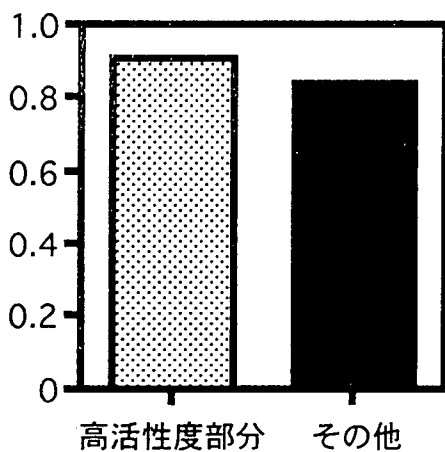


図-6.5 樹冠面積比

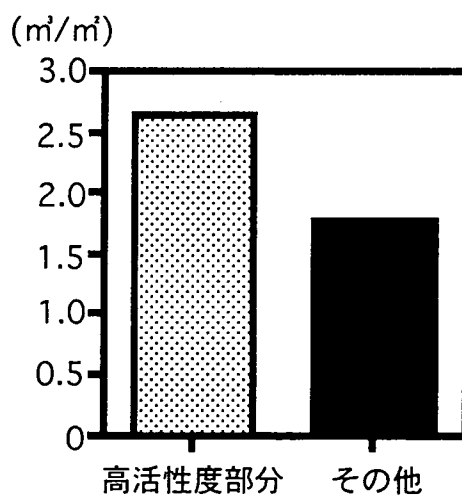


図-6.6 単位面積当たりの葉の容量



表-6.1 調査地点の表層地質および地形

表 層 地 質	高活性度地点	その他の地点
<ul style="list-style-type: none"> <li>・瀬戸層群</li> <li>・花崗岩</li> <li>・花崗岩と石英斑岩</li> <li>・瀬戸層群と瑞浪層群との境界付近</li> </ul>	2 地点 1 地点 1 地点 2 地点	1 地点 3 地点 0 地点 1 地点
斜 面 形 状	高活性度地点	その他の地点
<ul style="list-style-type: none"> <li>・傾斜変換点</li> <li>・直線上斜面</li> <li>・山頂平坦面</li> </ul>	5 地点 1 地点 0 地点	2 地点 1 地点 2 地点
表 流 水 の 有 無	高活性度地点	その他の地点
<ul style="list-style-type: none"> <li>・湿地や水のしみ出しが確認された地点</li> </ul>	3 地点	0 地点

## 7. まとめ

今回の現地調査により、本研究で抽出された植生の高活性度地点は、その他の地点と比較して樹木の生長量および生産量に関して高い値を示すこと、また、植生の高活性度地点は、地下水の流出域となりやすい地質境界や傾斜変換点に位置し、また、実際に調査地点の近傍で水のしみ出しや湿地の存在が確認された。

しかし、調査対象をアカマツ林に限定したこと、また、標高、斜面方位、傾斜などを考慮し、調査地点の選定ならびに高活性度地点とその他の地点との比較を行うべきであったが、調査領域のほとんどが私有地であること等から、調査地点の位置や点数に制約を受け、統計的に議論できるほどの調査地点数を確保することができなかった。これらのことより、結論づけることは困難であるが、今回の調査結果は、本研究における方法論の妥当性や植生の高活性度地点と地下水流出域との関連性を示唆するものと考えられる。

## 8. 今後の課題

7. で述べたように、今後の課題として、調査地点の増加による標本数の確保が挙げられる。また、従来の樹木活力の評価方法は、活力状態の悪化の度合いを評価することを目的としているため、本調査の目的である活力状態の良さを評価する場合には、そのままでは適応できない。したがって、活力状態の良さを評価できる指標の検討が必要である。

上記の課題を踏まえ、今後は以下の項目について検討する予定である。

- ① 調査地点数を確保するため、樹木活力調査の補助として大縮尺の空中写真を利用した概略的な樹冠面積や樹高の情報の取得。
- ② 今回の調査で実施しなかった土壌構造ならびに土壌水分の把握。
- ③ 地点毎の調査のみでなく、流域の比流量などの広がりをもつ水文情報と高活性度地点の分布との比較検討。
- ④ 調査地点の偏在に関する問題を解決するため、広葉樹に対する活力評価方法の検討。

## 参考文献

- 1) 小出, 柳澤(1993): リモートセンシングによる広域の水文特性の把握—SPOT衛星データによる林相区分—, 日本原子力学会中部支部 第25回研究発表会 講演予稿集, p. 11
- 2) 小出, 柳澤(1994): 植生を指標とした地下水流出域の抽出, 日本写真測量学会 平成6年度秋季学術講演会 発表論文集, pp. 131-136

## A-6 ハイドロフォンVSP 調査法の割れ目調査への適用試験

## 1. はじめに

地層科学研究では、広域の地下水流動を解明することが重要なテーマの一つとなっている。結晶質岩では地下水は主に亀裂に沿って流動すると考えられることから、地下の亀裂に関する情報を的確に把握できる技術を開発するために、VSP調査技術について平成5年度から地質調査所と共同研究を実施することになった。

本共同研究では、S波VSP調査法およびハイドロフォンVSP調査法の適用試験を実施することとし、地質調査所が測定に必要な機器およびデータ解析技術を提供し、動燃が試験サイトおよびその地域の地質（主に亀裂）に関する情報を提供することになった。そして、試験サイトについては、動燃・東濃地科学センターの正馬様洞試験サイトに深度1,000mの試錐孔（AN-1号孔）が土岐花崗岩中に掘削されていることから、正馬様洞試験サイトが本共同研究の試験場所として選定された。

ここでは、共同研究の第2年度の試験として実施した、ハイドロフォンVSP調査法の適用試験について概要を報告する。なお、詳細については現在、共同で報告書を作成中である。

## 2. 目的

ハイドロフォンVSP調査法は、透水性の亀裂に対し、亀裂中の水の圧力変化に起因するチューブ波を解析することにより、(1)亀裂の検出、(2)亀裂の3次元的広がり把握、(3)亀裂の透水性の評価、を実施できる可能性のある数少ない手法の一つである。適用試験の目的は、本試験により得られたデータの解析結果とこれまでにAN-1号孔で実施された亀裂調査結果との対比、検討を行うことにより、解析結果の妥当性を検証するとともに本調査法の地層科学研究への適用性を評価することである。

## 3. ハイドロフォンVSP調査法の原理

震源から発生したP波が透水性の亀裂に入射すると亀裂が圧縮され、亀裂内の地下水が試錐孔内に押し出されることによりチューブ波が励起される。チューブ波は試錐孔に沿って上方および下方に伝播し、これをハイドロフォンを用いて観測する。図-1にチューブ波発生メカニズムを模式的に示す。

## 4. 実施内容

### 4.1 データの取得

試験は正馬様洞試験サイト・AN-1号孔およびその周辺の敷地を用いて行った。震源

はAN-1号孔周辺に4つの発破用試錐孔を設け、孔内でのダイナマイト発破によりP波を発生させた。ハイドロフォンは間隔を1mとしてAN-1号孔に設置し、深度20m~409mまでデータを取得した。図-2に取得したデータの一例を示す。各トレース上の振幅が右上および右下方向に延びている部分がチューブ波の伝播を表している。

なお、データの取得は、平成6年11月28日から12月3日までの6日間で行った。

#### 4.2 データの処理・解析

データの処理・解析は地質調査所が行った。データの処理については、チューブ波の発生深度を求めるために以下の処理を行った。

- (1)トレースの編集(深度順に並べる)
- (2)チューブ波(上方進行)の強調・抽出
- (3)チューブ波(下方進行)の強調・抽出

データの処理・解析から求められたチューブ波の発生深度を図-3に示す。この結果より深度409mまでに23ヵ所の深度においてチューブ波の発生が確認された。

#### 4.3 既存データとの対比・検討

これまでにAN-1号孔で実施された割れ目調査の内、BTV・岩芯観察<sup>1)</sup>・物理検層<sup>2) 3)</sup>・ボアホールレーダー<sup>4)</sup>の結果とチューブ波発生深度との対比・検討を実施した。

##### (1)BTV

BTVにより得られた孔壁の画像から読み取れる割れ目の深度は、チューブ波の発生深度と合致するものもあれば、合致しないものもあった。後者については、透水性の割れ目ではない可能性が考えられる。

##### (2)岩芯観察

岩芯観察の結果から得られた割れ目の頻度分布とチューブ波の発生深度には特に相関は認められなかった。ただし、チューブ波発生深度の大部分は、岩芯観察が不可能かあるいは観察が可能であってもコアの回収率が低い部分と対応しているため、岩芯観察の結果とハイドロフォンVSPの結果とを対比することは有意であるとは言い難い。

##### (3)物理検層

物理検層の内、主に電気検層25cmノルマルのデータと音波検層P波速度のデータに着目して、これらのデータが異常を示す深度の抽出を行い、チューブ波発生深度との対比を行った。その結果、チューブ波発生深度は次の4つのパターンに分類できる。

- ①25cmノルマルのデータと、P波速度のデータおよび孔径のデータに明確な異常を伴うもの

深度 79m, 103m, 224m

- ②25cmノルマルのデータあるいはP波速度のデータに明確な異常を伴うもの  
深度 39m, 51m, 121m, 164m, 209m, 219m, 254m, 264m, 270m, 280m, 305m, 357m
- ③25cmノルマルのデータあるいはP波速度のデータに弱い異常を伴うもの  
深度 60m, 123m, 200m
- ④検層データの異常を伴わないもの  
深度 130m, 150m, 155m, 297m, 313m

(4)ボアホールレーダー

ボアホールレーダーにより得られた反射面の深度とチューブ波の発生深度には特に相関は認められなかった。

## 5. まとめ

- (1)深度409mまでに23ヵ所の深度においてチューブ波の発生が確認された。
- (2)BTV画像から読み取れる割れ目の深度については、チューブ波の発生深度と合致するものもあれば、合致しないものもある。後者については、透水性の割れ目ではない可能性が考えられる。
- (3)検層結果において全く異常を示さない深度からもチューブ波が発生している。これは、検層において亀裂の検出ミスがないとすると、検層等では検出できないぐらいの小さい幅を持つ透水性亀裂からチューブ波が発生しているものと考えられる。
- (4)これらの結果から、ハイドロフォンVSP調査法は岩盤中の透水性割れ目の調査に有効な調査技術であることが確認できた。

## 6. 今後の予定

- (1)共同研究の3年目となる平成7年度は、深度1,000mまでを対象としたハイドロフォンVSP調査法の適用試験を実施する。
- (2)チューブ波の解析を引き続き行い、透水性亀裂の深度のみならず、その走向・傾斜および透水係数についても検証を行う。

## 参考文献

- 1)吉田 英一, 大澤 英昭, 柳澤 孝一, 山川 稔(1989): 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として—, 応用地質, 30, 3, pp131-142
- 2)尾方 伸久, 大澤 英昭(1990a): 地下水特性調査技術開発の現状, 検層技術(1), PNC TN7410 90-005
- 3)尾方 伸久, 大澤 英昭(1990b): 地下水特性調査技術開発の現状, 検層技術(1), PNC TN7410 90-006
- 4)佐久間 秀樹, 坪田 浩二, OLLE OLSSON, LARS LUNDMARK(1988): 土岐花崗岩におけるRAMACシステムの適用試験, 物理探査学会第78回学術講演会予稿集

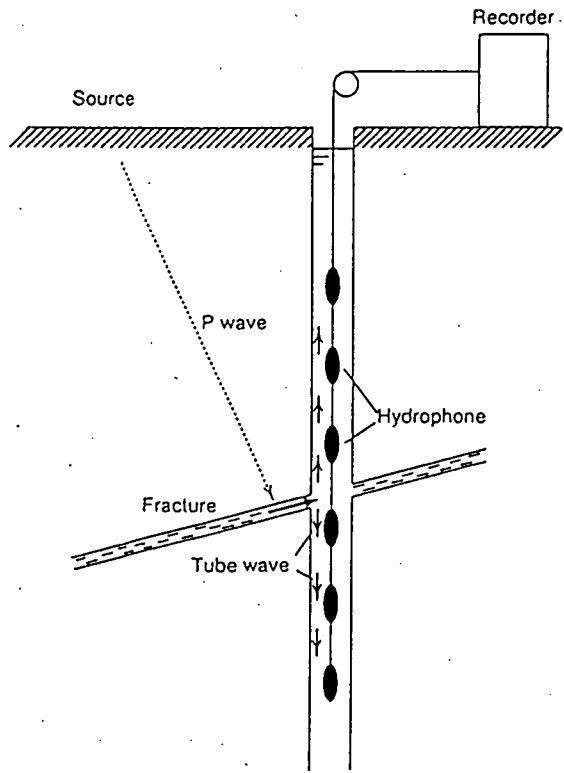


図-1 チューブ波発生メカニズム

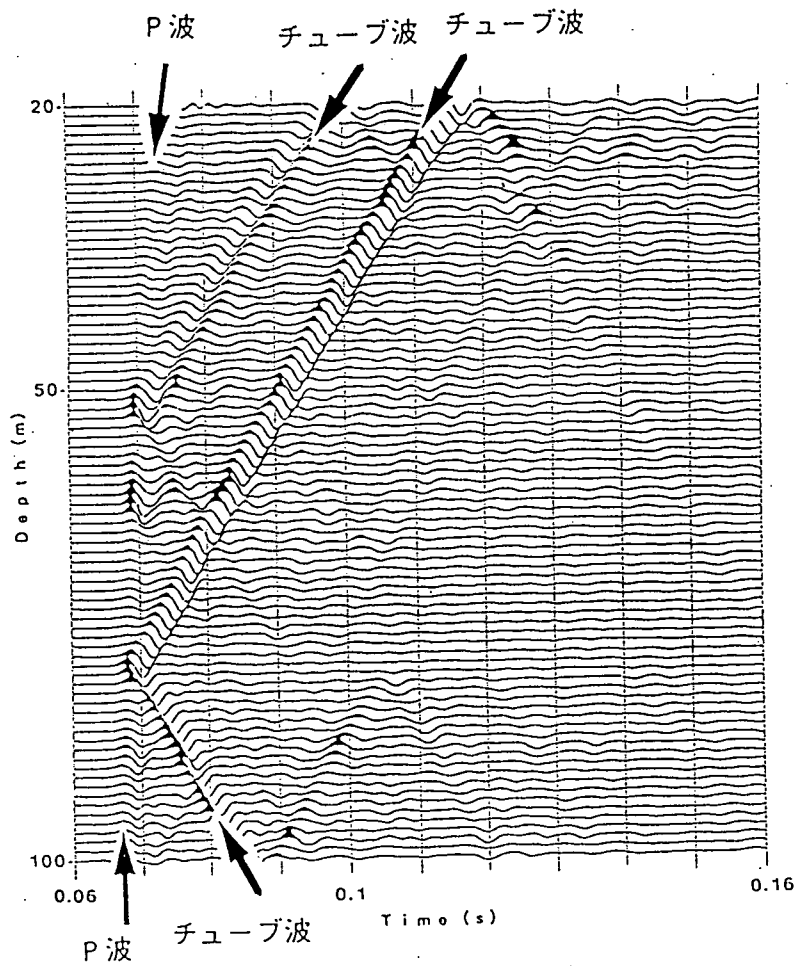


図-2 取得データの例

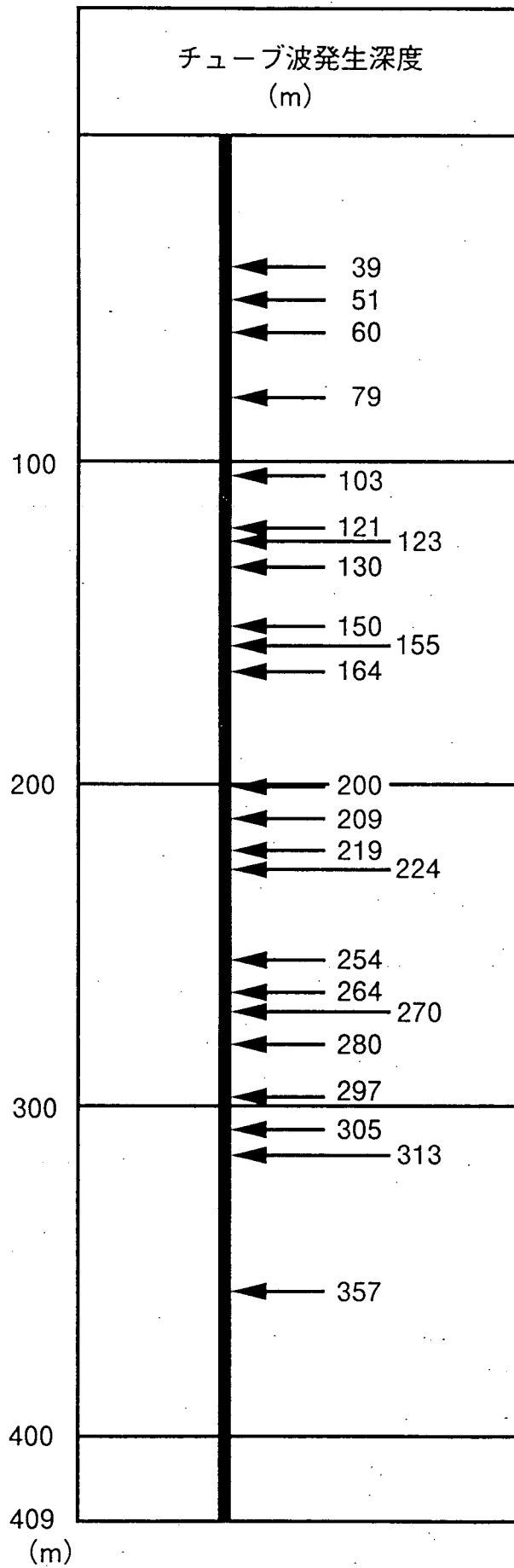


図-3 チューブ波の解析結果



## A-7 試錐孔用広帯域レーダープローブの製作

## 1. はじめに

技術開発課では、地層科学研究の内、岩盤の特性を調べるための調査技術・機器開発の一環として、試錐孔用広帯域レーダープローブの開発を平成5年度より開始した。

試錐孔用広帯域レーダープローブは、図-1の調査概念図に示す通り、坑道周辺に発達する割れ目の検出とその空間的位置を把握するための調査機器であり、平成6年度は平成5年度に行った設計に基づき、その製作を行った。ここでは、機器の性能について概説する。なお、製作内容の詳細は報告書「試錐孔用広帯域レーダープローブの製作(PNC ZJ758 6 95-004)」にまとめられている。

## 2. 目的および必要性

### 2.1 目的

坑道周辺に発達する割れ目の位置やその空間的広がりを詳細に把握するために、試錐孔用広帯域レーダープローブを開発する。

### 2.2 必要性

釜石原位置試験研究における深部岩盤のゆるみ領域評価のためには、坑道周辺に発達する割れ目の位置やその空間的広がりを詳細に把握する必要がある。試錐孔を用いて割れ目の位置やその空間的広がりを調査するための機器として事業団では孔内用レーダーシステム(RAMAC)を所有しているが、現有のレーダープローブはその周波数が60MHzであり、比較的大きな割れ目や割れ目帯については検出可能であるが、坑道周辺に発達する割れ目を詳細に把握するには波長が長く、十分な調査ができない。

従って、割れ目の詳細な調査を行うために、さらに短い波長を持ったレーダーシステムを開発する必要がある。

### 2.3 開発の基本的考え方

開発を短期間で終了させるため、現有のRAMACシステムの制御部等利用できる場所は最大限利用する。

## 3. 開発スケジュール

平成5年度	設計
平成6年度	プロトタイプ製作(室内性能試験を含む)
平成7年度	現場性能試験と改良
平成8年度	現場適用

## 4. 仕様

### 4.1 基本仕様

本装置は、坑道から掘削された試錐孔を利用して坑道周辺の割れ目を調査するための試錐孔用レーダーの孔内プローブであり、割れ目を詳細に把握するため周波数帯域を10～400MHzとする。ただし、制御・収録・解析部は事業団所有の試錐孔用レーダシステムRAMACを使用する。

### 4.2 基本構成

同装置の概念図を図-2、モジュールの構成図を図-3に示す。

基本構成は以下の通りとする。

#### ① レシーバー部

レシーバーアンテナユニット、高周波増幅回路付サンプラーユニット、

同期制御回路付A/D変換回路ユニット、光結合ユニット、低圧電源ユニット、バッテリーユニット

#### ② トランスミッター部

トランスミッターアンテナユニット、パルサーユニット、光結合ユニット、高圧電源ユニット、バッテリーユニット

### 4.3 各部の仕様

#### ① トランスミッター部、レシーバー部共通仕様

- ・周波数帯域 10～400MHz
- ・サンプリング時間 0.3ns
- ・プローブ外径寸法 55mm
- ・耐圧 20Bar以上

#### ② トランスミッター部

- ・尖頭出力 300W以上(50Ω負荷)
- ・アンテナ方式 抵抗装荷ダイポール
- ・指向性 フェライト遮断方式による
- ・プローブ長 180cm

#### ③ レシーバー部

- ・アンテナ端感度 20μV以上
- ・A/Dコンバータ 16Bit
- ・データ転送速度 1.2MBit
- ・アンテナ方式 抵抗装荷ダイポール
- ・指向性 フェライト遮断方式による
- ・プローブ長 210cm

## 5. 今後の予定

開発スケジュールに従い、平成7年度にプローブの性能試験を釜石原位置試験場において実施する。

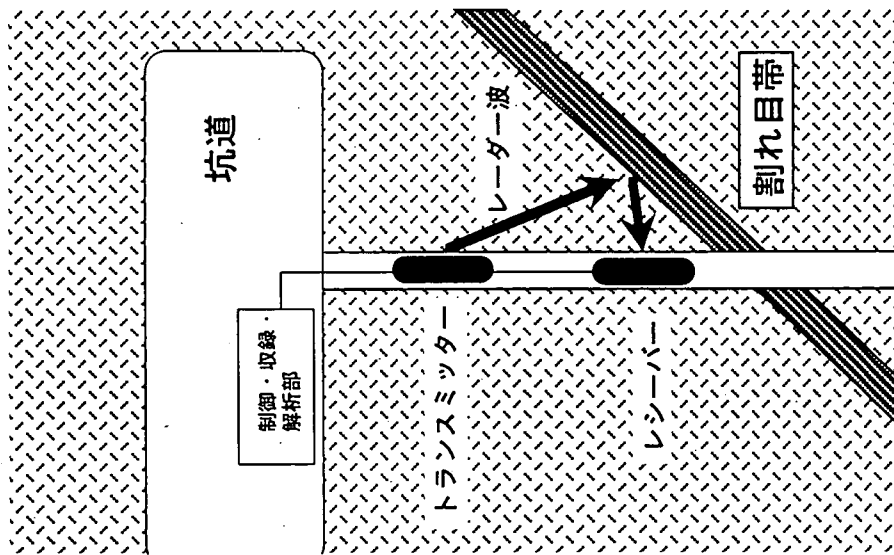


図-1 調査概念図

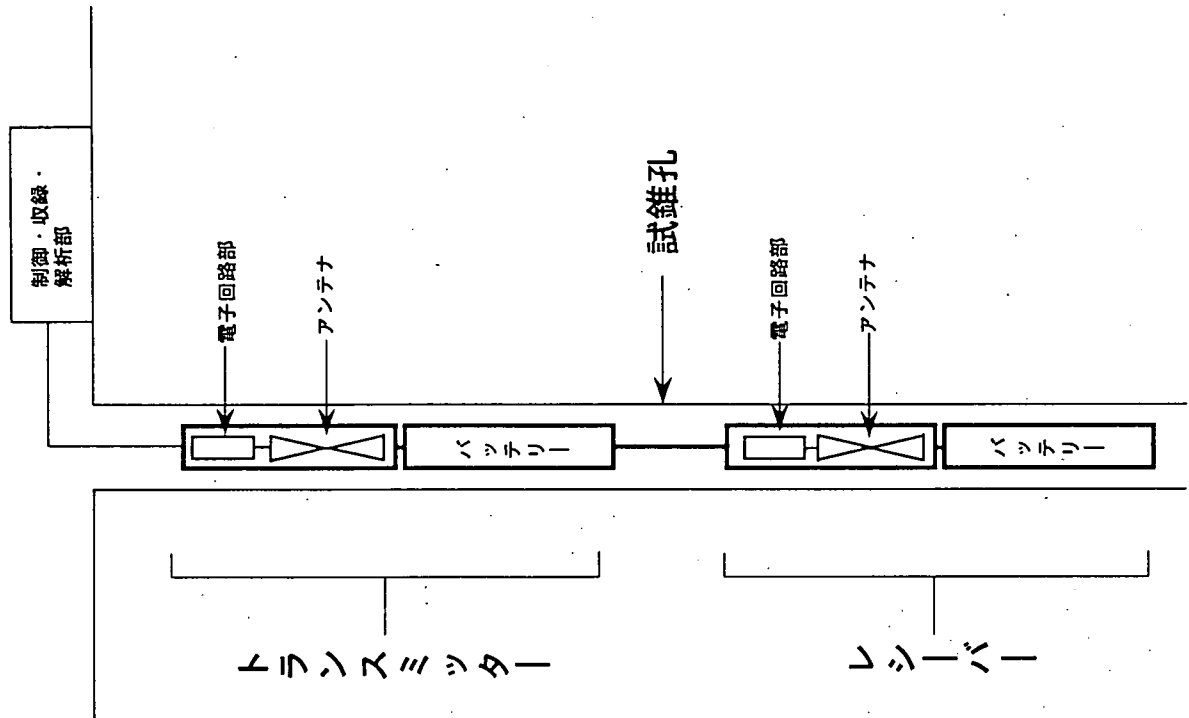


図-2 装置の概念図

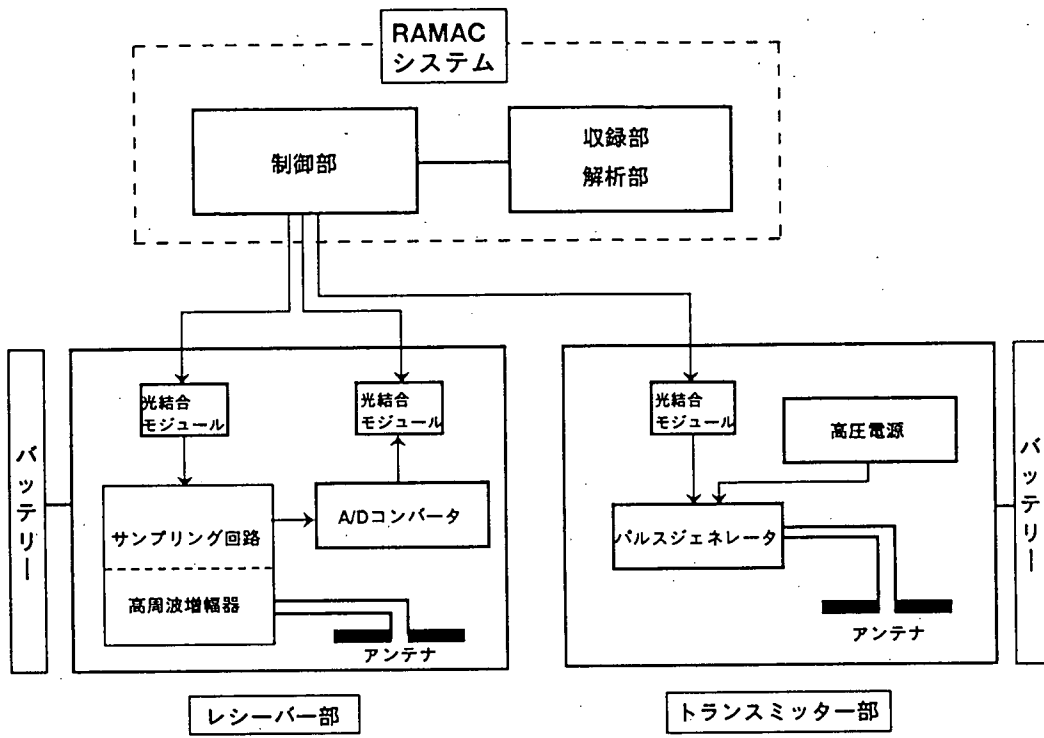


図-3 モジュールの構成図

## A-8 掘削影響領域調査への比抵抗トモグラフィの適用性

## 1. はじめに

技術開発課では、地層科学研究の内、岩盤の特性を調べるための調査技術・機器開発の一環として、各種ジオトモグラフィ技術の開発を行っている。その内の比抵抗トモグラフィについて、掘削影響領域調査への適用性について検討を実施した。ここでは、その検討結果の概要について報告する。

なお、詳細については報告書「比抵抗トモグラフィ調査技術の開発（その1）－掘削影響領域把握のための比抵抗トモグラフィの適用性の検討－(PNC PN7410 95-004)」にまとめられている。

## 2. 目的

岩盤中に坑道が掘削されると、坑道周辺では亀裂の発生や地下水の状態の変化により岩盤の比抵抗が変化すると考えられる。比抵抗トモグラフィ調査法は、地下の岩盤の電気比抵抗の分布を、従来の電気探査法に比べ非常に高い精度で解析できる調査法であることから、掘削影響領域の調査を目的として、坑道周辺の比抵抗変化を把握するための比抵抗トモグラフィの適用性について検討を行った。

## 3. 実施内容

### 3.1 坑道の影響を除去するインバージョン手法の検討

図-1に示すように、既存のアクセス坑道壁面から掘削した試験孔を用いた比抵抗トモグラフィにより、新たに試験坑道を掘削したときの掘削影響領域の調査を実施することを想定し、坑道そのものの影響を除去するインバージョン手法の検討をモデル解析により行った<sup>1), 2)</sup>。

#### (1)インバージョン手法の説明

図-2に示すモデルに対して、今回は以下の2通りの解析手法を用いてインバージョンを行い結果を検討した。

解析手法① 測定データを補正した後にインバージョンを行う手法

解析手法② 坑道の形状を与えてインバージョンを行う手法

なお、使用した計算プログラムは、九州大学工学部への委託研究<sup>3)</sup>の成果の一部として入手した比抵抗トモグラフィ2次元解析プログラムに改良を加えたものである。

## (2)結果および考察

①, ②の解析手法によるインバージョン結果を、それぞれ図-3(a), (b)に示す。両者を比較すると、解析手法①よりも解析手法②によるインバージョン結果のほうが比抵抗構造モデルをよく再現していることがわかる。この結果から、掘削影響領域の調査を目的として比抵抗トモグラフィを行う場合、解析手法②によるインバージョンが有効であることがわかった。

### 3.2 比抵抗構造の分解能に関する検討

3.1の結果から、坑道の影響を除去し得るインバージョン手法として解析手法②を採用し、試験坑道周辺の比抵抗変化に対する分解能の検討をモデル解析により行った。

#### (1)電極配置およびデータ仕様の説明

今回は、図-2に示したモデルの比抵抗変化領域を図-4のように設定し、図-5に示す4通りのデータを用いてインバージョンを行い、結果を検討した。

- データ① 試錐孔内だけに電極を配置してデータを取得する<sup>1)</sup>
- データ② 試錐孔内に加えて、試験坑道の壁面にも電極を配置してデータを取得する
- データ③ データ③と同様の電極配置で、試錐孔内の電極を電流電極に、試験坑道壁面電極を電位電極にして取得したデータをデータ②に加える
- データ④ データ②の試錐孔内の電極数を2倍にして同様の測定を行う

#### (2)結果および考察

データ①~④を用いたインバージョン結果を試験坑道の周辺部について、それぞれ図-6(a)~(d)に示す。

この結果から、試錐孔内だけに電極を配置して取得したデータを用いたインバージョン結果から、比抵抗の変化量が2倍に満たないような比抵抗変化領域を把握することは難しいことがわかる(図-6(a))。

一方、試錐孔内に加えて、試験坑道の壁面にも電極を配置して取得したデータを用いることにより、比抵抗変化領域が小さくても(坑道径の1/6倍)、+50%の比抵抗変化量を捉えるほどに分解能が向上すると言える(図-6(b))。

さらに、データ③を用いたインバージョン結果(図-6(c))およびデータ④を用いたインバージョン結果(図-6(d))については、どちらも図-6(b)において試験坑道右側に現れている偽像が抑えられているが、両者を比較すると図-6(c)のほうがよりモデルに近い比抵抗値が再現されていることがわかる。また、電極数、データ数ともにデータ④よりもデータ③のほうが少ないことから、試錐孔-試験坑道壁面間のデータを用いるインバージョンは実用的であると言える。



#### 4. 成果のまとめ

掘削影響領域の調査を目的とした比抵抗トモグラフィについて考察するため、坑道の影響を除去するインバージョン手法を検討し、次いで比抵抗構造の分解能に関する検討を行った。その成果は以下の通りである。

- (1)坑道の影響を除去するインバージョン手法については、坑道の形状を境界条件に組み入れてインバージョンを行う手法が有効であることがわかった。
- (2)試験坑道壁面にも電極を配置することにより、坑道径の1/6 倍以上の幅を持ち、+50%以上の比抵抗変化を示す領域については、インバージョン結果から把握することが可能であることがわかった。また、モデルの比抵抗変化領域の比抵抗値が小さくなる場合(-50%)についても同様の結果を得た。
- (3)解析精度向上のため、データは高密度に取得することが望ましい。そのためのデータ取得方法については、試錐孔内の電極を密に配置してデータを取得するよりも、試錐孔内(電流電極)－試験坑道壁面(電位電極)間でデータを取得するほうが、解析精度の点から効果的であることがわかった。

#### 5. 今後の予定

- (1)適用試験を実施し、実測データを用いてインバージョンを行うことにより、掘削影響領域調査への比抵抗トモグラフィの適用性を確認する。
- (2)モデル解析を継続して行い、電極配置やデータ測定方法など比抵抗トモグラフィ調査仕様の最適化を行うとともに、3次元解析についても検討を実施する。

#### 参考文献

- 1)佐々木 裕 (1981) : 比抵抗垂直探査における2次元構造の自動解析 (I), 物理探査 第34巻 第5号 pp15-pp24
- 2)西田 他 (1989) : 有限要素法による比抵抗トモグラフィの数值解析 (III), 物理探査学会第81回学術講演会論文集 pp206-pp211
- 3)佐々木 裕 (1993) : 比抵抗トモグラフィ調査法データの解析精度向上に関する研究 (その2), 動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書 (PNC ZJ1606 93-001)
- 4)佐々木 裕 (1994) : 比抵抗トモグラフィ調査法データの解析精度向上に関する研究 (その3), 動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書 (PNC ZJ1606 94-001)

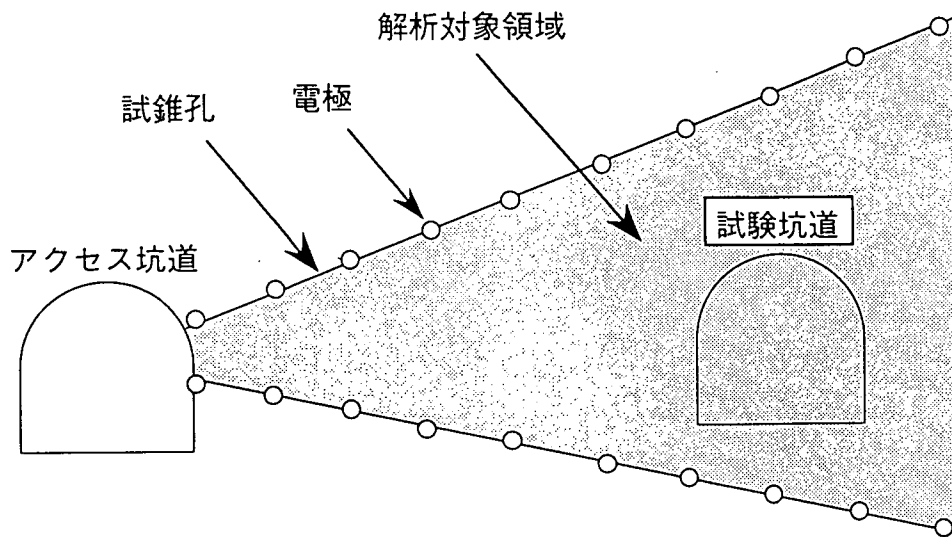


図-1 坑道壁面から掘削した試錐孔を用いた比抵抗トモグラフィ

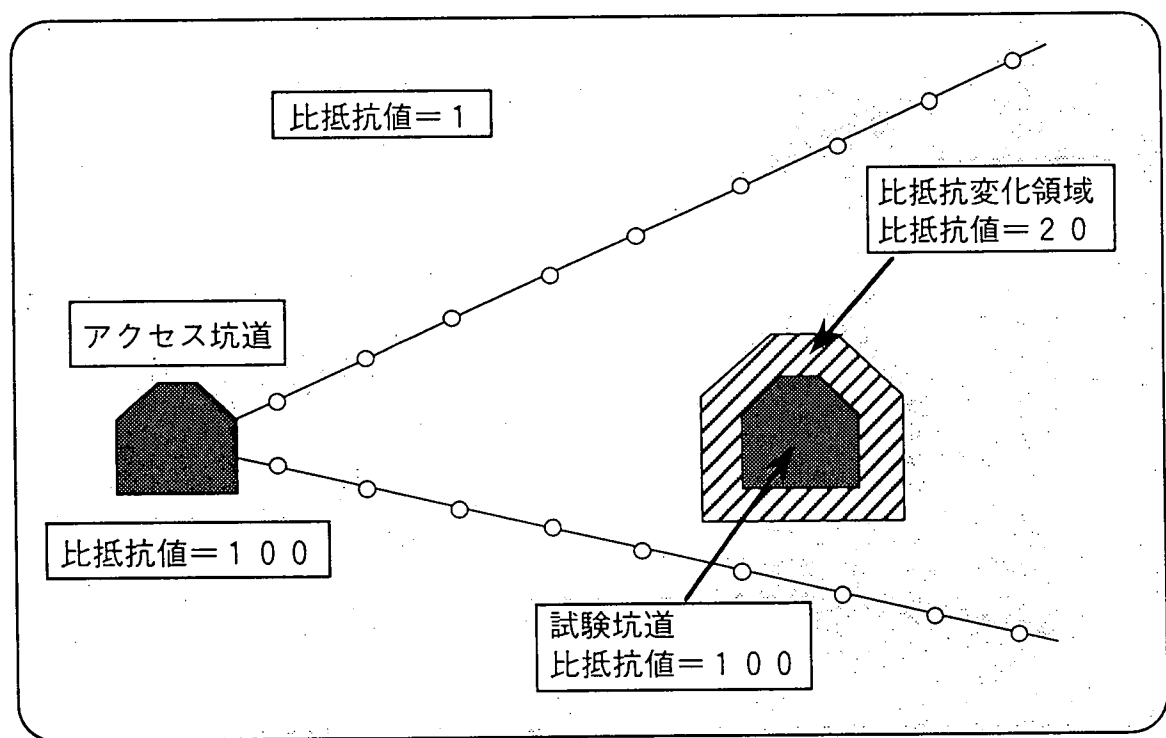
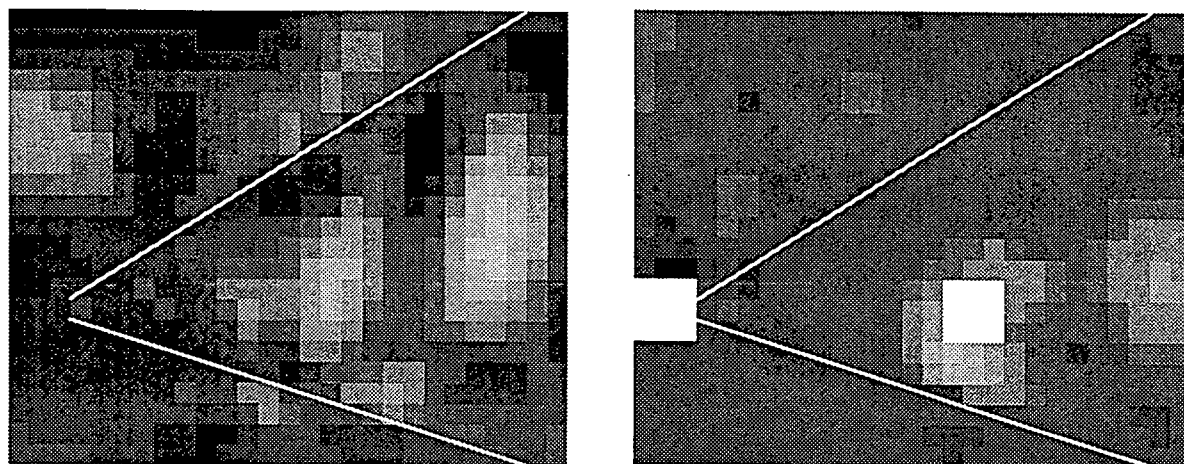
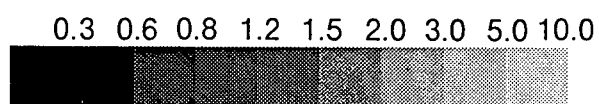


図-2 2次元比抵抗構造モデル



(a) 解析手法①

(b) 解析手法②



相対比抵抗

図-3 インバージョン結果

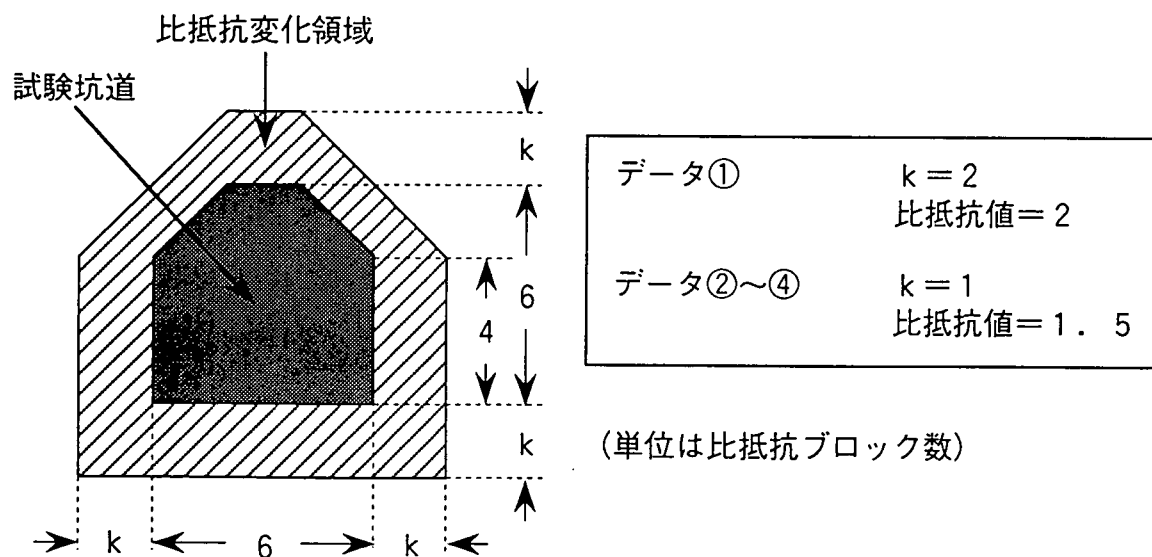
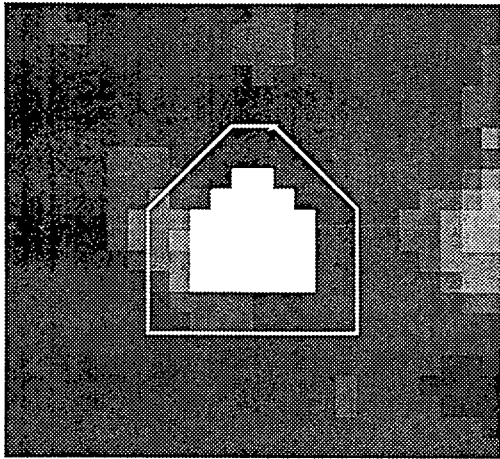


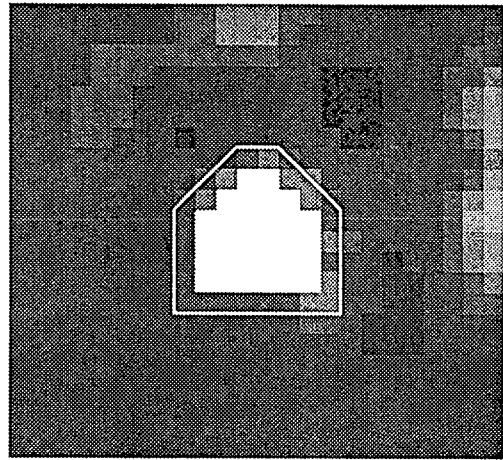
図-4 比抵抗変化領域

	概略図	電極数・組み合わせ・データ数
データ①		試錐孔内 30個
		1つの電流電極に対して インホール展開 10通り クロスホール展開 8通り
		データ数 611
データ②		試錐孔内 30個 試験坑道壁面 10個
		データ①+試験坑道壁面電極のみの測定データ 1つの電流電極に対して8通りの電位電極
		データ数 689
データ③		試錐孔内 30個 試験坑道壁面 10個
		データ②+試錐孔（電流電極）－試験坑道壁面（電位電極）の測定データ 1つの電流電極に対して10通りの電位電極
		データ数 982
データ④		試錐孔内 56個 試験坑道壁面 10個
		データ②に準ずる
		データ数 1623

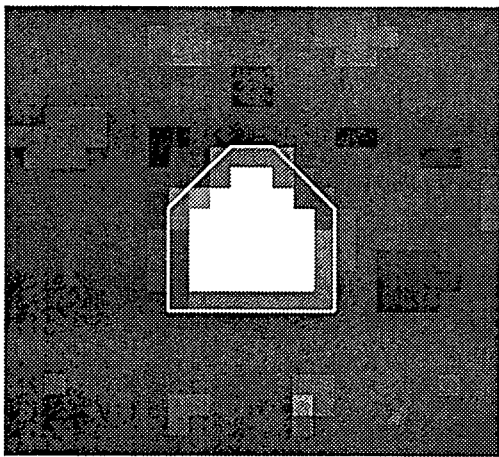
図-5 電極配置およびデータ仕様一覧



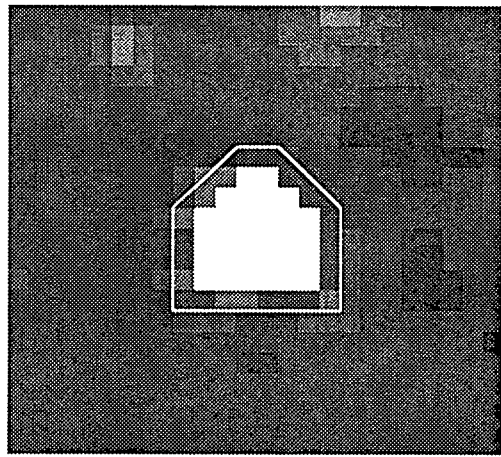
(a) データ①



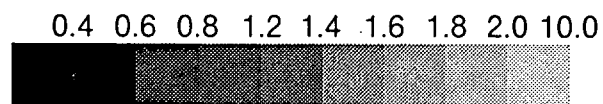
(b) データ②



(c) データ③



(d) データ④



相対比抵抗

図-6 インバージョン結果

## A-9 中部地方の空中磁気データのコンパイル作業

## 1. はじめに

技術開発課では、地層科学研究の内、地質構造を調査・解析するための技術開発を実施している。広域の地下構造を詳細に調査するための手法の1つに磁気探査があるが、磁気探査のデータを正確に解析するためには、調査対象領域を含むさらに広い範囲の大規模な磁気構造を把握しておく必要がある。

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、地熱調査のために固定翼機を用いて全国を対象に空中磁気探査を過去に実施していることから、東濃地域を含む広い範囲の大規模な磁気構造を把握するために、NEDOよりこのデジタルデータを借用し、中部地方の空中磁気データのコンパイルを行った。ここでは、その結果について概説する。

なお、コンパイル作業の内容の詳細は報告書「空中磁気探査データのコンパイル作業」（PNC ZJ7305 95-001）」にまとめられている。

## 2. 目的

東濃鉱山周辺の深部地下構造の解析に必要なデータ取得の一環として、NEDOが地熱調査のために取得した空中磁気探査データのコンパイルを行い、中部地方および東濃地方の磁力図を作成する。

## 3. 作業内容

(1)NEDOより磁気テープを借用（平成6年12月6日）

(2)作業対象領域の決定

東経 135° 30′ ～東経 139° 00′

北緯 34° 00′ ～北緯 37° 00′

(3)作業用ファイルの作成

上記範囲のデータをアスキー形式に変換してファイルを作成した。今回の作業ではNEDOの調査区域で3地区（中国・四国地区、中部地区、東北南部・関東・東海地区）のデータをコンパイルする必要があった。

データの取得仕様は、

主測線間隔 - 3～4 km

副測線間隔 - 約20 km

データ収集間隔 - 約60 m

飛行高度 - 約10,000 フィート

であった。

(4)海岸線および府県境のデータの作成

(5)飛行高度の統一

各地区の飛行高度が同じではなかったため、上方接続により飛行高度を統一した。  
採用した飛行高度は 105,000 フィート (3200m)である。

(6)磁力図の作成

3地区のデータを結合して磁力図を作成した。この際、結合部分でデータの値が一致しなかったため、中国・四国地区のデータに+25.0nTのバイアス値をかけた。

(7)画像の出力

結合した後、適切な色調になるように画像にヒストグラム変換をかけ、最終的な画像を得た(図-1)。

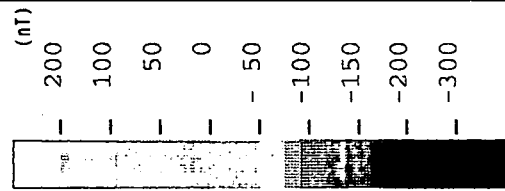
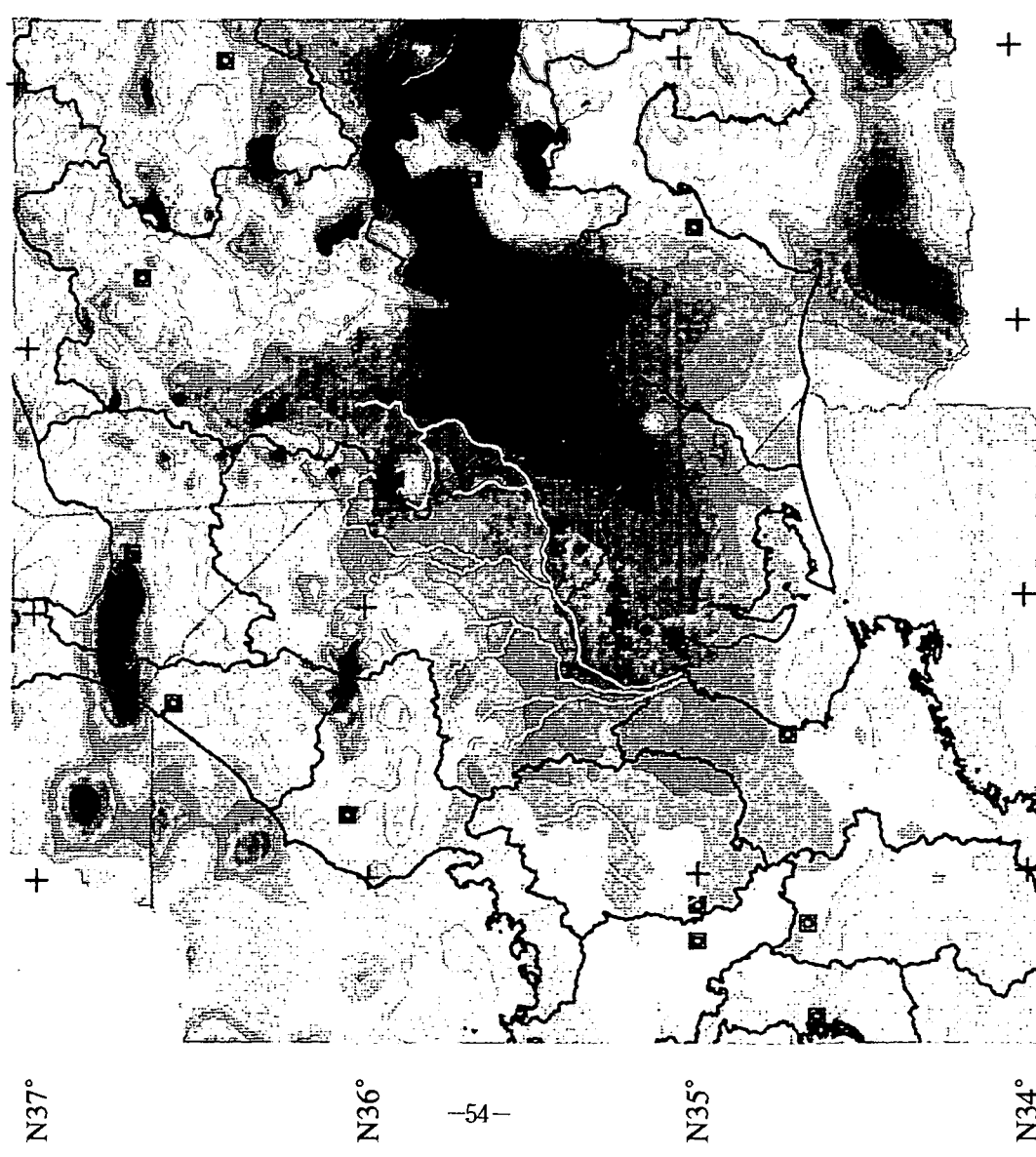
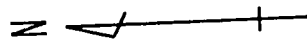
#### 4. コンパイル結果から判明したこと

(1)東濃鉦山周辺は全磁力がなだらかに変化している中間点に位置しており、大構造の中に位置していたり、すぐ近くに大構造が存在したりはしていない。

(2)今回得られた全磁力図には、東濃鉦山周辺の土岐花崗岩や古生層の分布域を反映しているような磁気的な特長は現れていない。これは、NEDOの調査仕様が深部の地熱源を対象としているためである。

(3)東濃鉦山周辺の地質構造解析を実施するためには、狭い測線間隔・低い飛行高度で磁気データを取得する必要がある。ただし、今回得られた全磁力に関する情報は、調査対象領域の全磁力の全体的な傾向を知る上で貴重なデータとなるものと考えられる。





——— データ接続の境界線

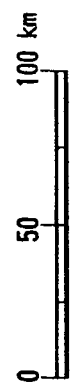


図-1
中部地方全磁力図
動力炉・核燃料開発事業団 東濃地科学センター
制作 平成7年3月

出典：全国地質資源総合調査(第1次)  
キャーリー一点法調査報告書要旨

### 3. 探鉱・採鉱関連技術開発成果

#### (1) 探査技術開発

B-1 キンタイヤ鉱床に適した物理探査手法

B-2 ランサットTMデータによる変質砂岩の抽出についての考察

B-3 航空機MSSデータによる岩相マッピング

B-4 電磁法三次元モデリングソフトの開発

B-5 カナダ・アサバスカ地域における物理探査技術の高度化

#### (2) 採鉱技術開発

B-6 東濃地域の地質と環境放射線の関連性に関する研究

B-7 放射線防護採鉱技術開発に関する研究

#### (3) 分析技術開発

B-8 FP法による岩石試料の蛍光X線分析

## B-1 キンタイヤ鉋床に適した物理探査手法

## 1. はじめに

オーストラリアは、ウラン資源賦存のポテンシャルが高い地域と言われ、事実、カナダ、ニジェールに次ぐに西側世界第3位のウラン生産量を誇っている<sup>1)</sup>。

オーストラリアには地表調査も不十分な有望地域がまだ残されているが、地上に鉱徴の見られない潜頭鉱床へと探査範囲を拡大しなければならない時期にさしかかっている。

探査対象の移行には、既知鉱床から得られる知見が大きな助けとなる。例えば、カナダ・アサバスカ地域では、地表の放射能異常を手がかりとして発見されたキーレイク鉱床の調査が進むと、鉱体が石墨質層と密接に関係することが認識され<sup>2)</sup>、電磁探査が不整合関連型の潜頭鉱床探査に有効であることが明らかになった。その後、電磁探査を核とした調査により、シガーレイク、マッカサーリバーをはじめとする多数の潜頭鉱床・鉱体が効率よく発見されてきている。なお、不整合関連型鉱体は不整合型と基盤型に区別され、キーレイク鉱床の鉱体は不整合型である。

技術開発課では、平成4年度を初年度とする研究開発5か年計画に則り、“キンタイア型” 鉱床探査に適した物理探査モデル（フロー）を構築する事を目的として、キンタイア鉱床を使って、有効な物理探査手法について検討してきた。

キンタイア鉱床は、アサバスカ地域の鉱床と類似した不整合関連型鉱床である<sup>3)</sup>とも言われているが、物理探査の観点からは、全く異なった型の鉱床であると言える。すなわち、アサバスカの不整合型鉱体では、石墨質層の頂辺近傍の不整合部に鉱体が胚胎されるのに対し、キンタイア鉱床では、鉱床胚胎層準の近くに石墨質層が存在するものの、鉱体と石墨質層の間に、キーレイク鉱床等に見られるような特別な空間的關係は見られない。この場合、コンダクター軸は直接の試錐ターゲットとはならない。

一方、基盤型鉱体の探査については、カナダのシーロンペーズンで、鉱体周辺の低密度・低比抵抗の変質帯を、ヘリボンや地上の比抵抗マッピングおよび重力探査で捕捉する手法が有効であることが知られている。<sup>4) 5) 6)</sup>

これらの例や、CRAEがキンタイア鉱床で実施した試験探査を参考にして、平成4年度から、PNC独自の調査を加えて、“キンタイア型” 鉱床探査に有効な手法について検討してきた結果、磁気探査が有効な探査手法として浮かび上がってきた。

## 2. 平成6年度作業

平成5年度に3次元磁気解析で磁気探査の有効性が示唆された<sup>7)</sup>のを受けて、本年度、磁化率検層を実施し、鉱体と高磁化率帯の関係を調査し、特徴的な磁気異常と鉱化の関係を究明した。

また、これまでに検討した各種探査手法（表1）についてとりまとめを行い探査モデルを提案した。

表1 キンタイア鉱床物理探査・解析一覧

項目	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
空中磁気・放射能探査	●		●	●									
C 地上磁気・放射能探査			●	●	●								
R INPUT EM 探査	●												
A αカード・ラドン探査				●	●		●						
E 傾度法比抵抗探査				●									
実 SIROTEM 探査					●								
施 IP・比抵抗探査					●	●	●						
IP検層								●					
重力探査							●						
MAX-MIN法探査											●		
動 垂直比抵抗探査											●		
燃 比抵抗モデリング												●	
実 比抵抗検層												●	
施 磁気IP(MIP)法												●	
三次元磁気解析												●	
磁化率検層													●

### 3. 結果概要

本件の詳細は、「”キンタイア型” 鉱床の探査に有効な物理探査について (PNC PN7410 95-005) 狩野嘉昭」および「キンタイア鉱床における磁化率検層と物性データ解析について (平成6年度オーストラリア出張報告) (PNC PN7420 95-003) 狩野嘉昭」に報告されているので、それらを参照されたい。

結果の概要は以下の通りである。

- ・キンタイア鉱床では、鉱化帯が高磁化率層を横切ってあるいは背斜軸付近に存在する (図1) 事から、小規模な磁気異常が有効な探査指標となる。

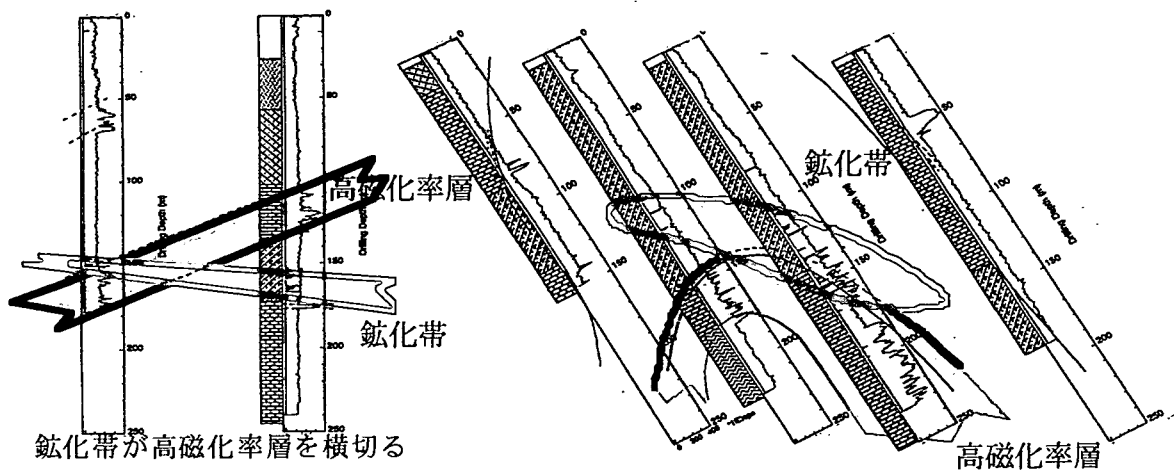


図1 鉱化帯と高磁化率層の空間的關係

- ・キンタイア鉱床では、IP異常を伴う鉱体も存在し、それらの鉱体については、マグネティックIP法で異常を検出できる事がテスト探査で確認されていることから、補助的手法として、マグネティックIP法も有効であると考えられる。
- ・鉱体及びその周辺は、各種電気及び電磁探査で異常を検出できるような顕著な比抵抗異常体を形成していない。特に、低比抵抗表土層の分布する地域に対しては、これらの探査手法は不向きである。
- ・鉱体及びその周辺は、重力探査で異常を検出できるような、密度異常体を形成していない。

以上のことから”キンタイア型”鉱床探査について、次のような物理探査モデル（フロー）が有効であると考えられる。

- 1：空中電磁探査により推定される石墨質層の分布から間接的に鉱化母層の分布を推定する。
- 2：比較的に高密度の磁気探査を実施し、小磁気異常を抽出する。
- 3：小磁気異常が多数存在する場合等、必要に応じて、マグネティックIP法によりターゲットの優先順位付けを行う。

#### 4. 今後の課題

今年度、”キンタイア型”鉱床の探査手法についてとりまとめを行い、探査モデル（フロー）を提案した。これは今後、実際の探査からのフィードバックにより修正・高度化されるべき物であることは言うまでもないが、この探査モデルの核となる磁気探査について、幾つかの問題点を指摘しておかなければならない。

まず第一に、探査対象深度の問題である。すなわち、”キンタイア型”に特徴的な小磁気異常は鉱体がキンタイア鉱床と同程度の深度にあることを期待している。従って、まず、電磁探査から得られるコンダクター軸の位置や地表地質調査の結果から間接的に、そのような条件、すなわち、鉱床胚胎層準がある深度以内である地域を推定しておく必要がある。

次に、コストの問題がある。平成5年度の3次元磁気解析において、”キンタイア型”に特徴的な小磁気異常を抽出するには対地高度30m以下でのデータ取得が必要であることが示された<sup>7)</sup>。これは、小磁気異常の抽出には固定翼機による探査は不可能で、よりコストの高い（25%～50%）、ヘリコプターでの探査が必要であることを意味する。また、高度を下げることで観測対象（データとノイズ）の波長が短くなるのに対応させるため、より密な測線設定が必要となる。従って、比較的コストの高い探査手法となるが、得られる情報がこれに見合うかどうか、今の所評価できない。

なお、平成6年度で、”キンタイア型”鉱床探査についての探査モデル構築は一応終結し、平成7年度以降は、アーネムランド地域における”ナバレク型”鉱床等を対象に探査モデル構築を行う。

## 5. 参考文献

- 1) Bhar, R., (1995): World uranium production in 1994, The journal of the Uranium Institute June-July 1995, No3; p.7-9
- 2) McMullan, S.R., Matthews, R.B., and Robertshaw, P., (1989): Exploration Geophysics for Athabasca Uranium Deposits, Proceedings of Exploration '87: Third Decennial International Conference on Geophysical and Geochemical Exploration for Minerals and Groundwater, Ontario Geological Survey, Special Volume 3
- 3) Jackson, D.G. and Andrew, R.L.: Kintyre Uranium Deposit, Geology of the Mineral Deposits of Australia and Papua New Guinea, p.653-658
- 4) Hasegawa, K., Davidson, G.I., Wollenberg, P., and Iida, Y., (1981): Geophysical exploration for unconformity-related deposits in the Thelon basin, Northwest Territories, Canada, Mining Geology, vol.40; p.83-95
- 5) 長谷川 健, Davidson, G.I., Wollenberg, 飯田 義正, (1991): カナダ北西準州シーロン盆地北東部での不整合関連型ウラン鉱床を対象とした物理探査, 鉱山, vol.44, p.27-39
- 6) 飯田 義正, 長谷川 健, 茂田 直孝, (1993): 物理探査法を活用した潜頭鉱床探査 - カナダ北西準州アンドリュレイク鉱床の発見 -, 動燃技報 No.87 (PNC TN 7410 93-030), p.34-44
- 7) 狩野 嘉昭, 長谷川 健, (1993): キンタイア鉱床における三次元磁気解析について, (PNC PN7410 93-024)

## B-2 ラボサットTMデータによる変質砂岩の抽出についての考察



## 1. はじめに

西オーストラリア州・ルーダル共同プロジェクト鉱区のSunday Creekにおいて、Coolbro 砂岩の絹雲母変質に伴ったウラン鉱徴が、平成5年度に海外調査探鉱課地質技師の現地調査により確認された。ウラン鉱徴が確認された周辺には“未変質砂岩”も分布するが、鉱徴が選択的に“変質砂岩”に伴ってみられたことから、“未変質砂岩”と“変質砂岩”とを広域的に区別することによって、ウラン鉱徴の見られる砂岩の分布する地域をさらに発見できるのではないかと考えられた。

そこで両砂岩の違いを特定する目的で、代表的な“変質砂岩”と“未変質砂岩”(図1-1)の表面反射スペクトルを測定した。その結果を図1-2に示す。2つの反射スペクトルを比較すると明らかなように、“未変質砂岩”では吸収が見られるのに対し、“変質砂岩”は顕著な吸収は見られず、ほぼ平坦な反射スペクトルを示している。

このような違いが普遍的に見られるか調べるため、現地において岩石採集を行い(3測線/36サンプル)、反射スペクトルを測定したところ、“変質砂岩”、“未変質砂岩”のそれぞれの砂岩について、上記とほぼ同じような反射スペクトルの差が見られた。

この反射スペクトルの違いをランドサットTMデータから抽出すべく、平成5年度下期から平成6年度にかけてデータ処理・解析を行った。解析対象範囲はSunday Creekを含む鉱区内とした。なお、詳しい処理・解析については、報告書(資料番号 PNC TN7410 94-045 : A study of mapping uranium mineralisation related rocks using satellite or aircraft remote sensing data based on mineral related absorption features of rocks)として登録を行っているので、それを参照されたい。

## 2. “変質砂岩”、“未変質砂岩”の鉱物的特徴

今回の解析対象となった“変質砂岩”と“未変質砂岩”について、地質技師の肉眼観察により絹雲母が認められたものを“変質砂岩”、認められないものを“未変質砂岩”と定義している。しかし、反射スペクトルの特徴について考えれば、白雲母または絹雲母が認められた場合は、図1-2の上のように吸収のある形状となるはずであり、ここで定義した“変質砂岩”と含有鉱物から予想される反射スペクトルの形は対応していない。そこで、TMデータ処理解析後、両砂岩が示す吸収スペクトルの鉱物的な特徴の考察を行うため、砂岩のX線回折(技術開発課)および薄片の顕微鏡観察(ジオサイエンス社に依頼)を行った。調べた砂岩は5サンプルで、図2-1～2-5にそれぞれのサンプルの反射スペクトルとX線回折図および岩石薄片

記載を示す。

図2-1bと図2-2bの薄片記載を比較すると、“未変質砂岩”では明らかに破屑粒子として白雲母が認められているのに対し、“変質砂岩”では白雲母は認められていない。このような鉱物的な根拠によれば、図 1-2の“未変質砂岩”の反射スペクトルに吸収が見られ、他方、“変質砂岩”に顕著な吸収の無い理由が説明できる。しかし、図2-3a～5aの反射スペクトルと図2-3b～5bの記載とを比較すると明らかのように、白（絹）雲母の有無と反射スペクトルに吸収が現れるか否かは、一概には対応していないことがわかった。さらに図 2-5および 2-4のように、採集したサンプルの中には、肉眼観察で“未変質砂岩”とされた反射スペクトル（90E-300N）と、“変質砂岩”とされた反射スペクトル（00-120N）が類似した形状を示すものがある。これらの薄片記載の構成鉱物を見ればわかるように、両者ともに白雲母のカウントはごく僅かであり、それゆえに、吸収が現れないことは当然と考えられる。しかし00-120Nのサンプルには斜長石が見られ、90E-300Nのサンプルには黒雲母が多く含まれることから、肉眼観察で、一方は“変質砂岩”となり、もう一方は“未変質砂岩”と判別されることがわかった。

これらのことから、地質技師の判定した“変質砂岩”と“未変質砂岩”と、鉱物的な結び付きは、吸収スペクトルで判定できるほどの根拠がないことが結論された。しかし一方で、TMデータの処理・解析から、Sunday Creek地域で“変質砂岩”の分布の可能性が高いと推定されたのも事実である。このことについては、他地域の砂岩が1.5 $\mu\text{m}$ 付近で山なりの反射スペクトルを示すのとは異なり、“変質砂岩”か“未変質砂岩”かに関わらず、全体的な反射スペクトルの形状がほぼ平坦であることに関係することも考えられる。したがって特定の吸収スペクトルではなく、反射スペクトルの全体的な形状が、ウラン鉱徴と何らかの関係がある可能性も否定できない。

### 3. 処理画像の他地域への適用性について

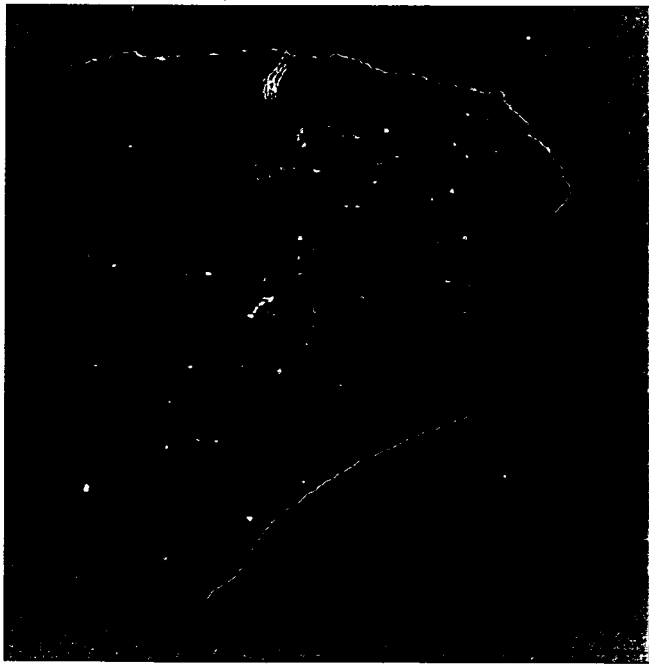
前述のように、岩石サンプリングを行ったSunday Creek一帯の処理画像については、“変質砂岩”と“未変質砂岩”の分布はほぼ現地調査と整合的であった。処理画像ではさらに、Sunday Creekから5kmほど西南西のCoolbro砂岩が分布する地域においても“変質砂岩”の存在が推定されたため、平成6年度初めに地質技師が実際に現地に赴き、周辺の地質調査および岩石の採取を行った（図 3-1）。残念ながら現地調査の結果、Sunday Creekと同様の“変質砂岩”は確認されなかった。そこで、TM処理画像で“変質砂岩”として捉えられた原因を調べるため、調査地点1において採取した岩石サンプルの反射スペクトルを測定したところ、図 3-2のような反射スペクトルが得られた。これらの反射スペクトルとSunday Creekの“変質砂岩”の反射スペクトルをTMのバンドでリサンプリングしたスペクトルパターンを図 3-3に示す。現地調査で新しく採取した岩石は肉眼観察によれば、Sunday Creekの“変質砂岩”よりも珪化作用のすすんだ砂岩であり、また、図 3-3に示されているように、顕著な吸収スペクトルも見られず、全体的にはほぼ、“変質砂岩”と同じ

パターンになっている。このような砂岩が分布することにより、今回の調査現場においても、Sunday Creekの“変質砂岩”と同じとして認識され、パターンの抽出が行われてしまったものと考えられる。

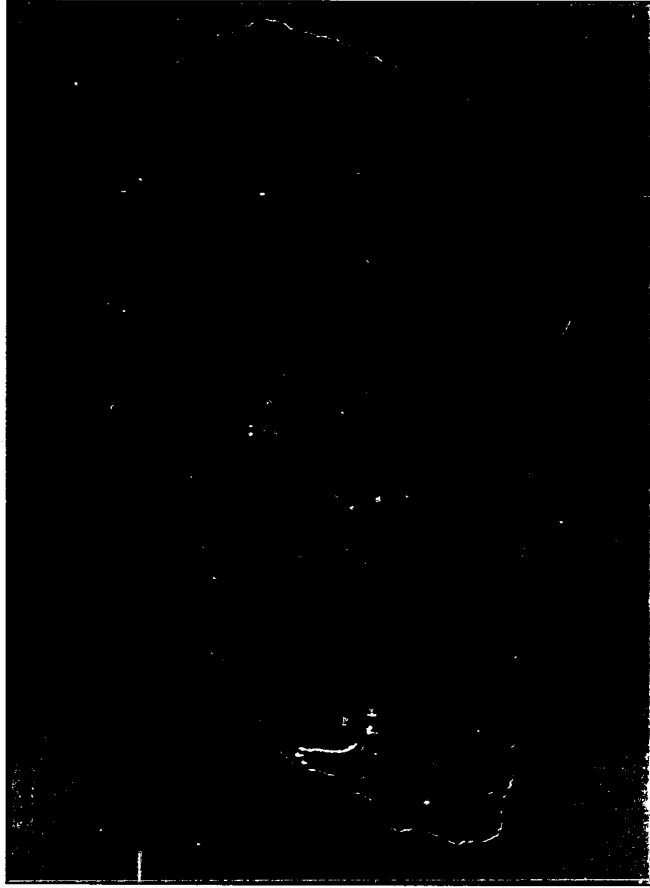
このように、ある波長域で同じ反射スペクトルを示す岩種についてはTMデータによる識別は不可能である。このことを解決するためには、センサーのバンド数を増やして波長分解能をあげるか、あるいはセンサーの感度を岩種の違いが現れる範囲の波長域にまで広げる必要がある。

## 5. 今後の方針

上述したようにTMデータは可視～短波長赤外領域において6バンドしかなく、多くの鉱物・岩種を識別する能力はない。そのため、今後はより多バンドの航空機MSS等のデータを用い、岩相マッピング手法の確立を行っていく。



未變質砂岩



變質砂岩

0 10 (cm)

圖1-1 採取砂岩

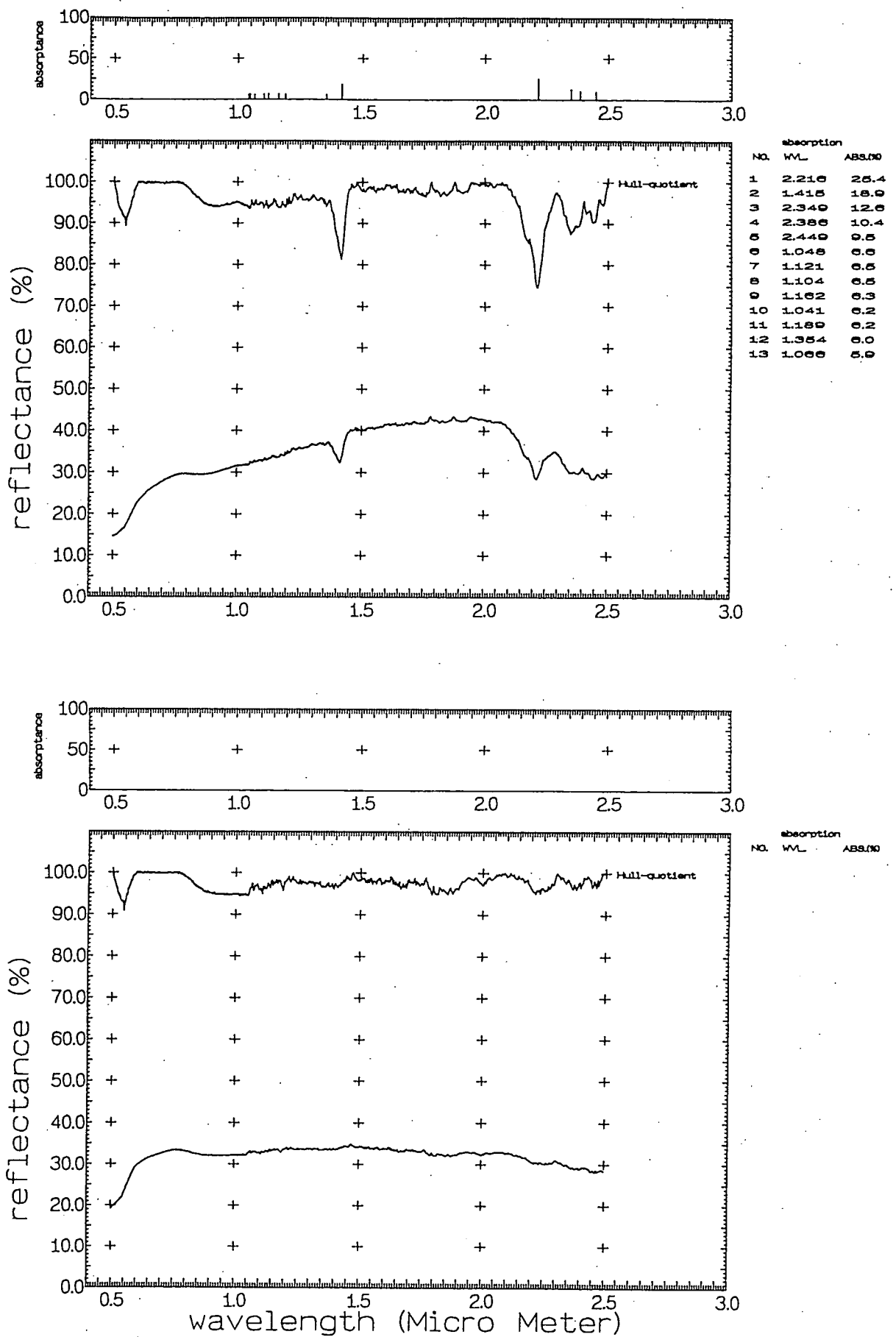
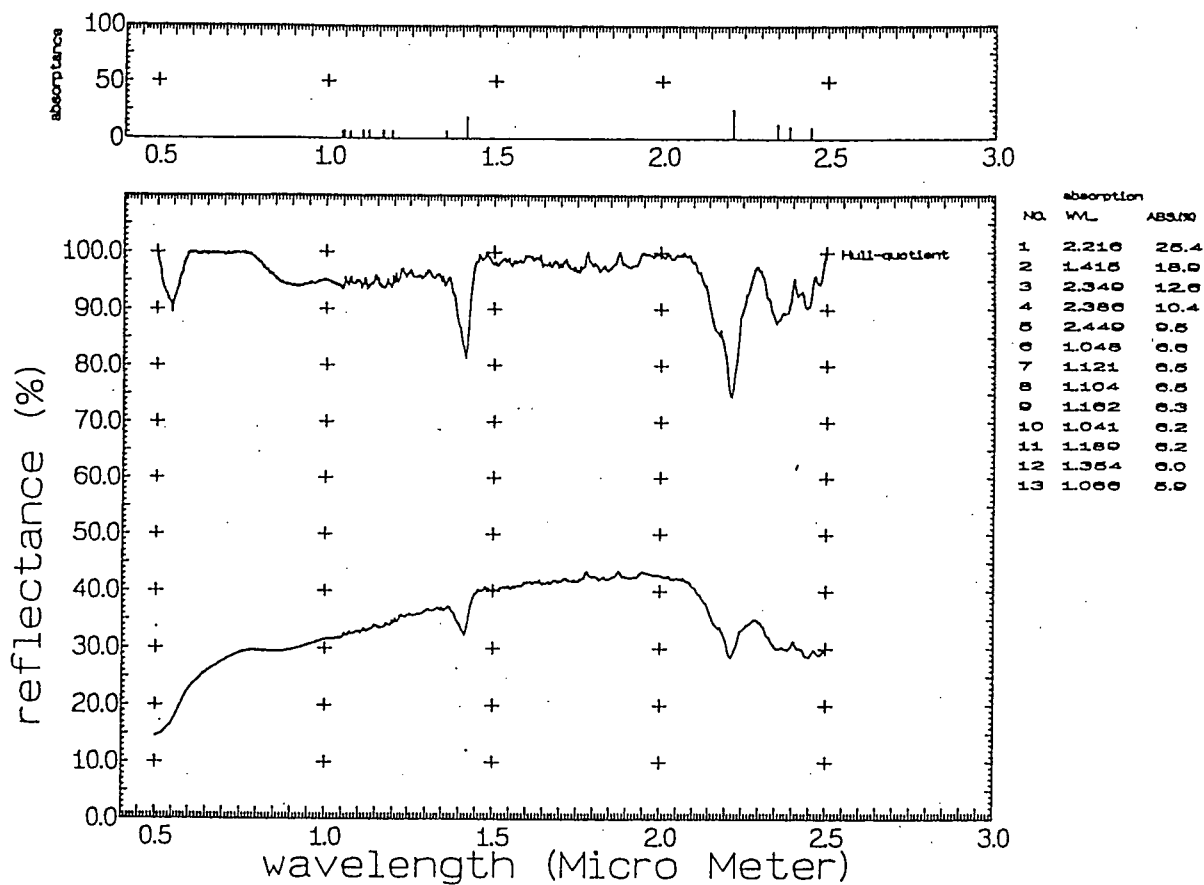


図 1-2 反射スペクトル (上: "未変質砂岩", 下: "変質砂岩")



### 定性分析 (ピークサーチ)

サンプル名 :                          コメント : Check                          平滑化点数 :                          K $\alpha$ 2除去 :  
 ファイル名 :                          ハウグランド除去: 実行                          系統誤差補正 :

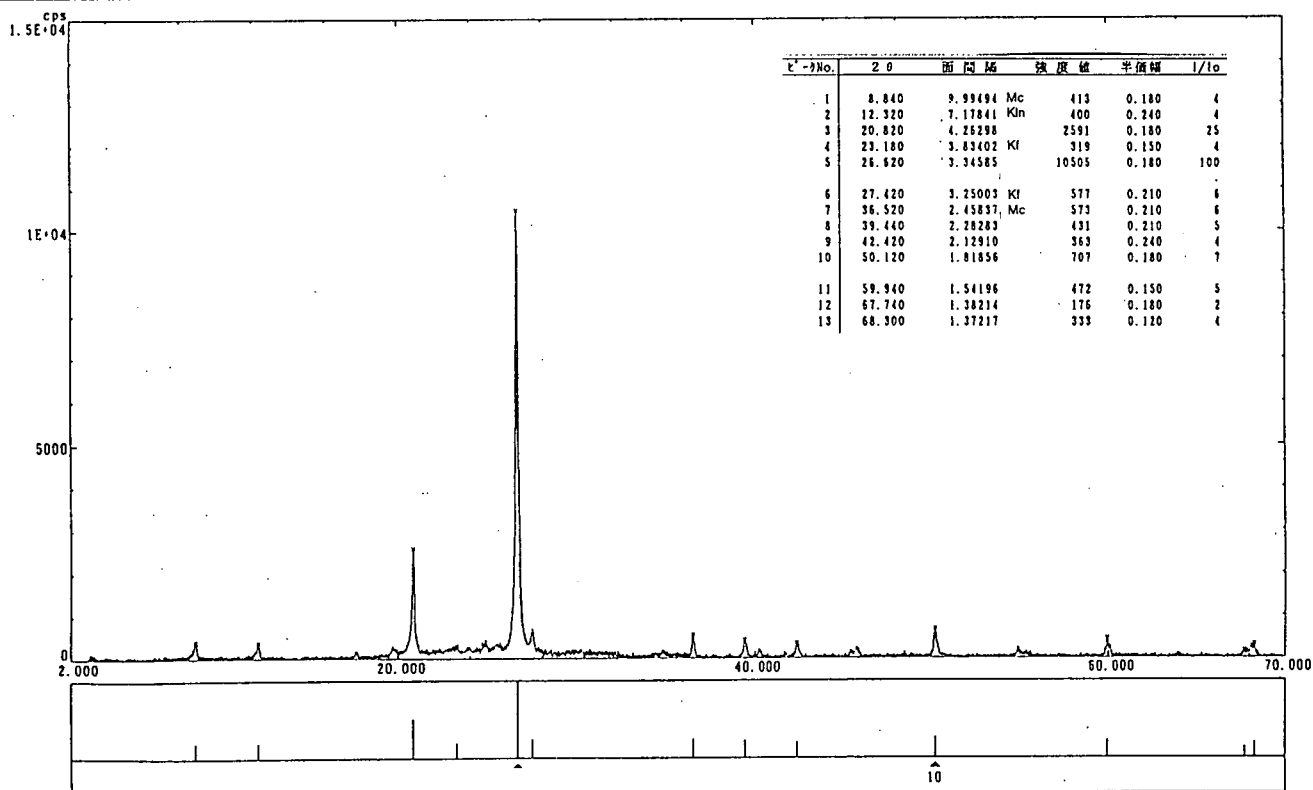


図 2-1a "未変質砂岩" の反射スペクトル (上) と X線回折 (下)

試料名 2 (UNALTERED)

岩石名 中粒砂岩

V. 表面付近と岩石内部での相違  
構成粒子の種類・量比、粒径、変質の程度、構造などに著しい相違は認められない。

I. 岩石全体の特徴

礫状の良い石英質の中粒砂岩。再結晶が著しく、碎屑粒子の初生的な形状はほとんど残されていない。これは石英で特に著しく、単結晶石英と、多結晶石英は区分できなない。基質は極少量で、再結晶の結果形成された白雲母と、塵状物（粉末X線回折結果を参考すると、石墨と思われる）と、二次的に形成された不透明鉱物が認められる。

II. 量比

概略

基質：碎屑粒子=7:93

石英>>カリ長石>>泥岩・斜長石・白雲母>・電気石

\*X線回折結果

区分	碎屑粒子				基質		合計
	Qz	K-f	Md	Mv	塵状物	雲母	
鉱物名							
割合数	976	80	4	1	30	53	4
割合(%)	85.1	7.0	0.3	0.1	2.6	4.6	0.3

\* 鉱物の略号は記載を参照

III. 記載

▼碎屑粒子

・石英(Qz)

平均粒径0.2-0.4mm、最大1.5mm。再結晶が著しく、初生の形状はほとんど不明であり、多結晶石英との区分はできない。まれにダストリングが認められる。波動消光を示すものが多い。

・カリ長石(K-f)

平均粒径0.2-0.4mm。やや円磨された粒状。粒子の外周部には雲母鉱物が生成しているため、その形状が明瞭である。変質をうけ、双晶面起源の割れ目中に雲母粘土鉱物が生成しているものが少量認められる。

・泥岩(Md)

径0.4mm。円磨された粒状。微細な雲母鉱物に置換されている。

・白雲母(Mv)

径0.05mm。破片状～自形板状。

・電気石

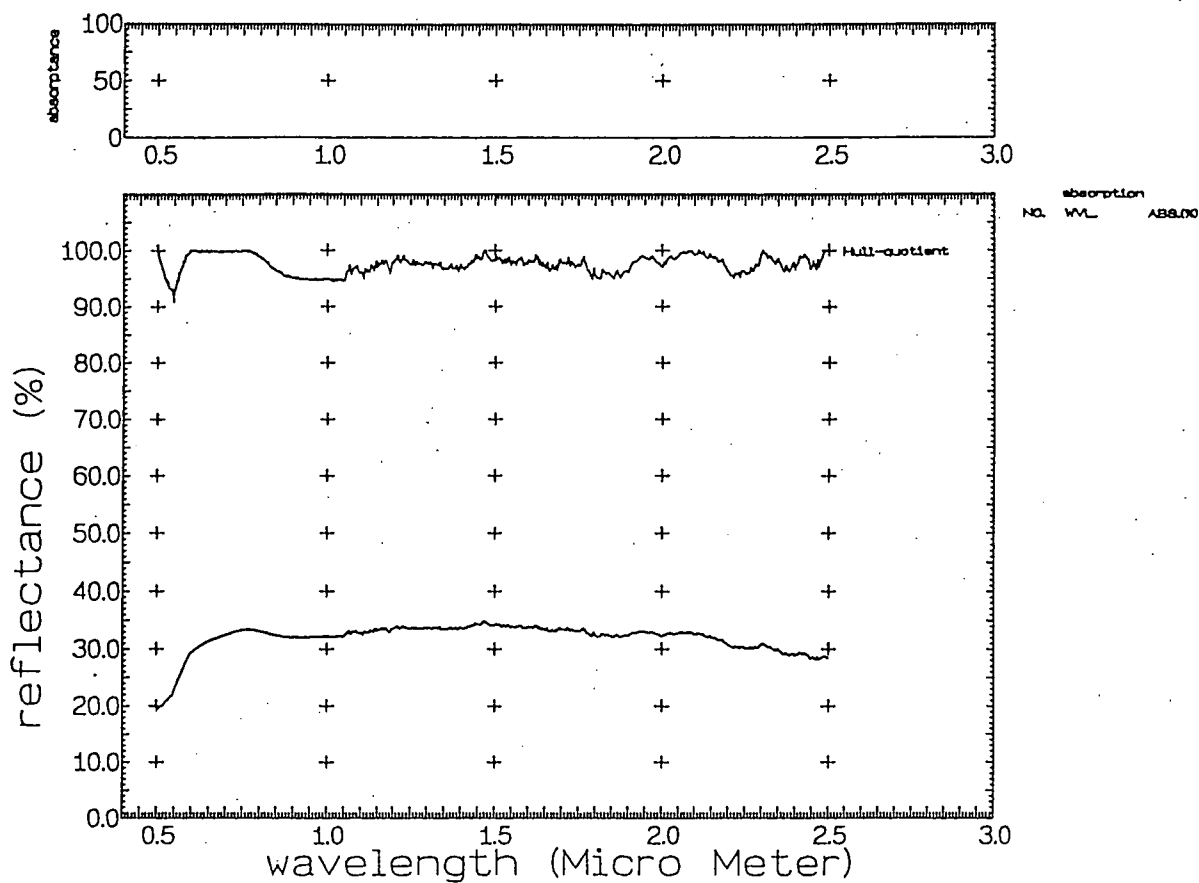
径0.4mm。破片状。多色性が強く、軸色はX'=極淡褐色、Z'=濃褐色。

▼基質

初生的な基質は残っておらず、再結晶が進行している。再結晶の結果生成した、雲母鉱物(大部分は白雲母)・塵状物(粉末X線回折結果を参考すると、石墨と思われる)と、二次的に形成された少量の不透明鉱物が認められる。

IV. 変質鉱物

変質はほとんど揃っていない。カリ長石では、双晶面起源の割れ目中に雲母粘土鉱物が生成しているものが少量認められる。また、初生的粒間(基質の存在した部分)に二次的に形成された不透明鉱物が認められる。



定性分析 (ピークサーチ)

サンプル名 : コメント : Check 平滑化点数 : K $\alpha$ 2除去 :  
 ファイル名 : バックグラウンド除去: 実行 系統誤差補正 :

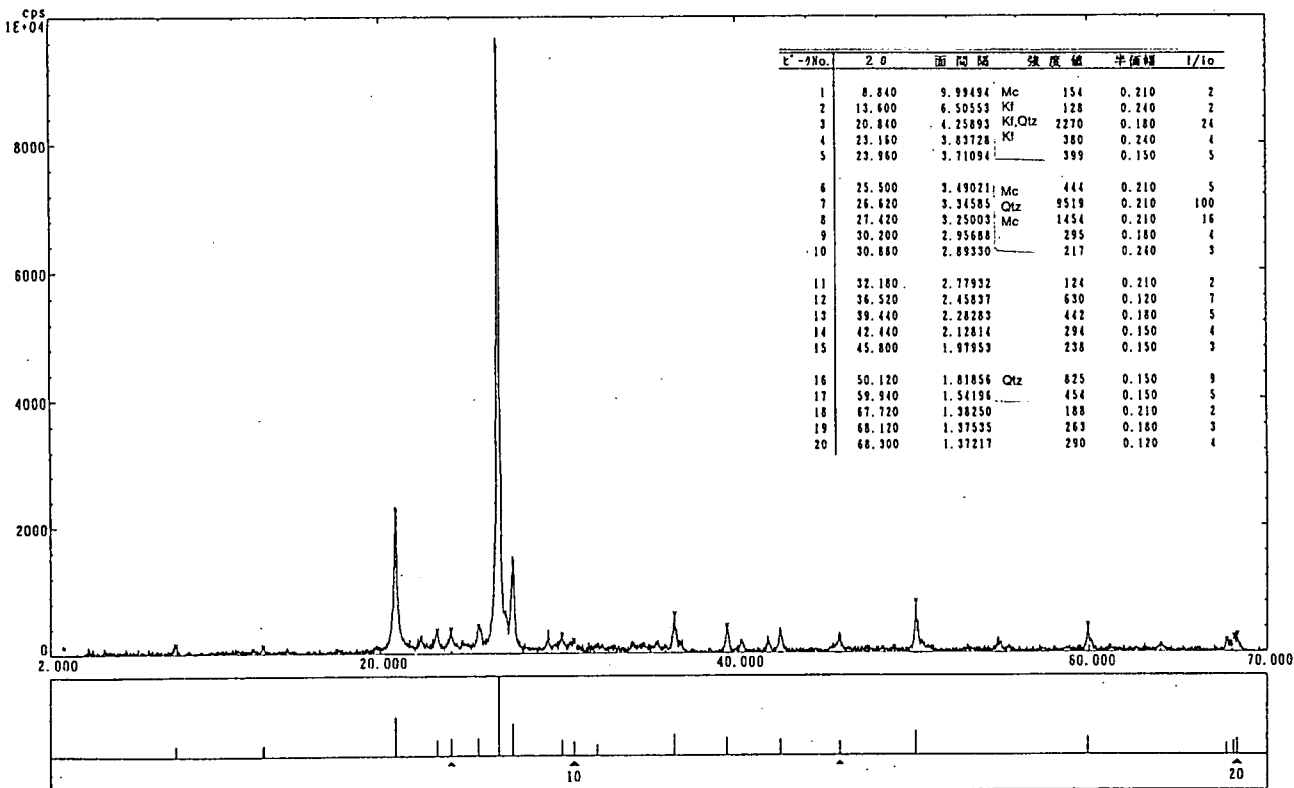


図 2-2a "変質砂岩" の反射スペクトル (上) と X線回折 (下)



試料名 4 (ALTERED)  
 岩石名 中粒砂岩

V. 表面付近と岩石内部での相違  
 構成粒子の種類・量比、粒径、変質の程度、構造などに著しい相違は認められない。

I. 岩石全体の特徴  
 陶状が普通～やや良い石英質の中粒砂岩。再結晶が著しく、碎屑粒子の初生的な形状はほとんど残されていない。これは石英で特に著しい。基質は極少量で、再結晶しており、また二次的に形成された不透明鉱物に富む。

II. 量比  
 概略  
 基質：碎屑粒子=7:93  
 石英>>カリ長石>>黒雲母石英片岩：泥岩

\* イントラント結果

区分	碎屑粒子			基質		合計
	Qz	K-f	Md	塵状物	雲母	
鉱物名				0	36	56
カウント数	985	160	1	0	2.9	4.5
割合 (%)	79.6	12.9	0.1			100

\* 鉱物の略号は記載を参照

III. 記載

▼ 碎屑粒子

・ 石英 (Qz)

平均粒径0.2-0.5mm、最大1.0mm。再結晶が進行しているため、初生の形状はほとんど残されていないが、破片状～やや円磨された粒状が確認できるものがある。ダストリング・波動消光が認められる。

・ カリ長石 (K-f)

平均粒径0.2-0.5mm、最大0.8mm。やや円磨された粒状。パーサイトが認められる。汚濁したものが多量に認められる。変質を受け斑点状に微細な粘土鉱物が生成しているものが稀に認められる。

・ 泥岩 (Md)

粒径0.25mm。円磨された粒状。微細な雲母鉱物によって置換されている。

・ 黒雲母石英片岩

粒径0.5mm。円磨された粒状。径0.05mm以下のモザイク状石英と、微細な緑色黒雲母からなる。

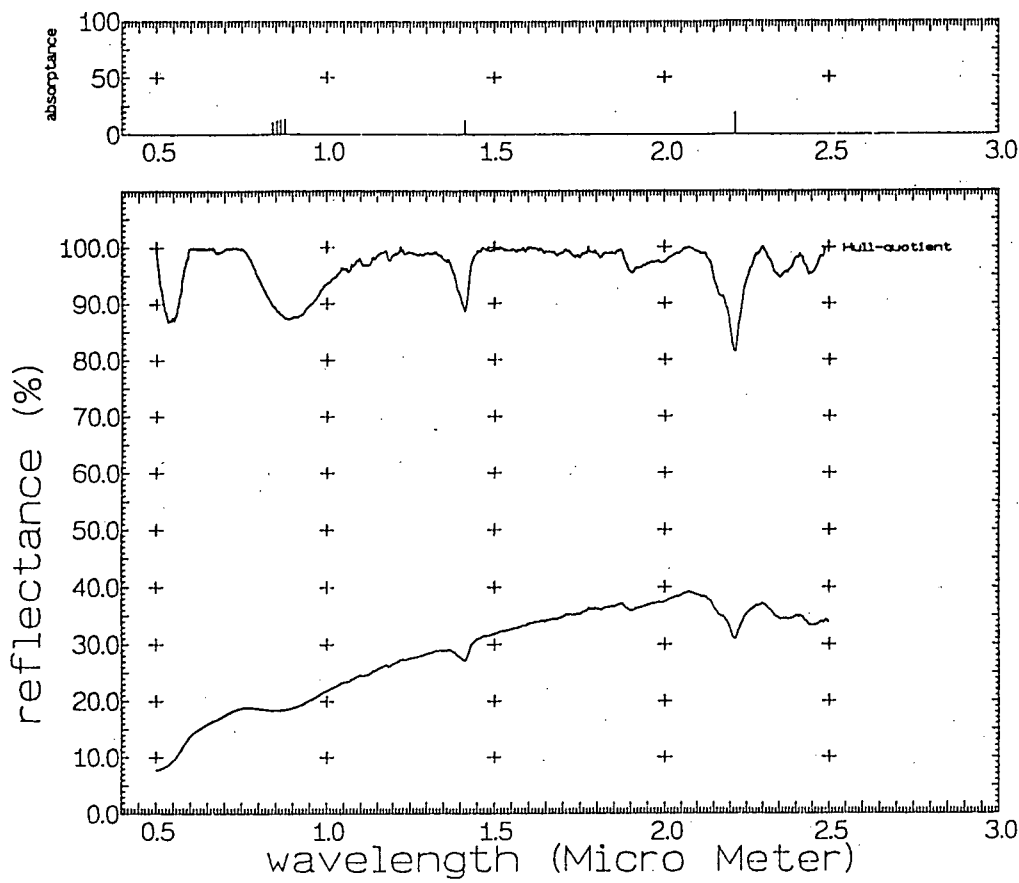
▼ 基質

初生の基質は残されず、再結晶が進行している。再結晶の結果形成された白雲母 (径0.05-0.1mm、自形)、少量の褐色黒雲母が認められる。また、二次的に形成された径0.1-0.7mm、不定形の不透明鉱物 (周囲に赤褐色鉱物を伴うことが多い) が認められる。

IV. 変質鉱物

変質はほとんど被っていない。カリ長石では、内部に微細な粘土鉱物が生成しているものが少量認められる。また、初生の粒間 (基質の存在した部分) に二次的に形成された不透明鉱物が認められる。

図 2-2b "変質砂岩" の岩石薄片記載



### 定性分析 (ピークサーチ)

サンプル名 :                      コメント : Check                      平滑化点数 :                      K $\alpha$ 2除去 :  
 ファイル名 :                         N<sup>+</sup>バックグラウンド除去: 実行                      系統誤差補正 :

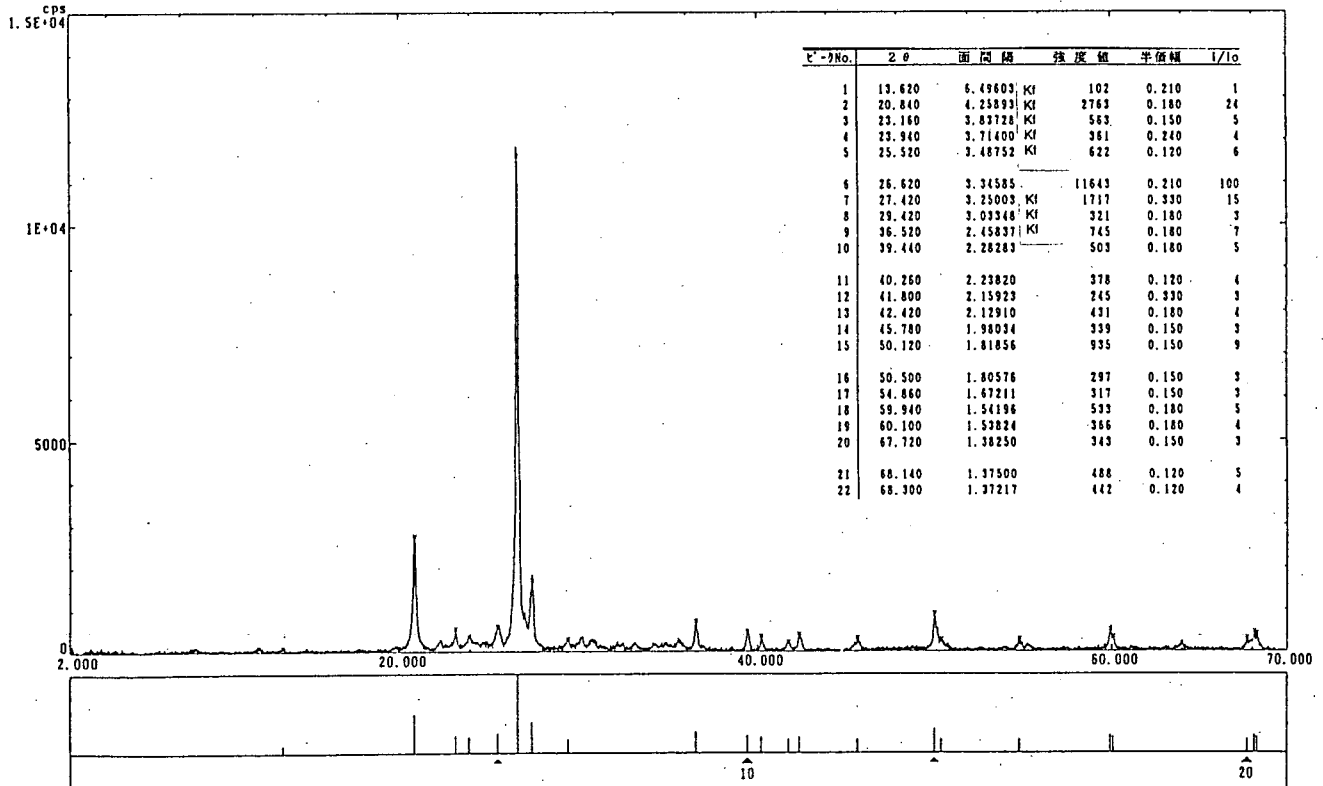


図 2-3a "変質砂岩"(ライン 00-90N) の反射スペクトル (上) と X線回折 (下)

試料名 3 (00-90N)  
岩石名 粗粒砂岩

I. 岩石全体の特徴

淘汰の悪い石英質な粗粒～中粒砂岩。岩石全体に再結晶が進行し、碎屑粒子の初生的な形状は二次成長のため不明瞭である。これは特に石英で著しい。基質は少量で、再結晶の結果形成された雲母鉱物（大部分は白雲母）・塵状物（粉末X線回折結果を参考すると、石墨と思われる）と、二次的に形成された不透明鉱物が認められる。

II. 量比

概略

基質：碎屑粒子=4:96

石英>>カリ長石>>黒雲母石英片岩・白雲母・黒雲母・斜方輝石

\* イットリット結果

区分	碎屑粒子				基質		合計
	Qz	K-f	Q-Sh	塵状物	雲母	Opq	
鉱物名	972	88	2		6	14	1103
割合(%)	88.1	8.0	0.2		0.5	1.3	100

\* 鉱物の略号は記載を参照

III. 記載

▼ 碎屑粒子

・ 石英 (Qz)

粒径0.3-1.8mm。著しい再結晶のため、形状は不明である。ダストリング・波動消光が認められる。

・ カリ長石 (K-f)

粒径0.3-0.8mm。やや円磨された粒状。パーサイトが認められる。粒子の周囲に塵状物が濃集し、形状が明瞭である。変質を受け斑点状に微細な粘土鉱物が生成しているものが稀に認められる。

・ 黒雲母石英片岩 (Q-Sh)

粒径0.3-0.7mm。円磨された粒状。径0.05mm以下のモザイク状石英と、多量の自形緑色黒雲母（径0.01~0.03mm）からなる。

・ 白雲母

粒径0.1mm。自形板状。

・ 黒雲母

粒径0.4mm。自形板状。多色性が認められ、軸色はX'=無色~極淡褐色、Z'=淡褐色である。

・ 斜方輝石

粒径0.15mm。やや円磨された粒状。多色性が認められ、X'=淡褐色、Z'=緑色である。

・ ジルコン

粒径0.1-0.3mm。円磨された粒状~破片状。無色。

▼ 基質

初生的な基質は残っておらず、再結晶が進行している。再結晶の結果生成した、雲母鉱物（大部分は白雲母）・塵状物（粉末X線回折結果を参考すると、石墨と思われる）と、二次的に形成された少量の不透明鉱物

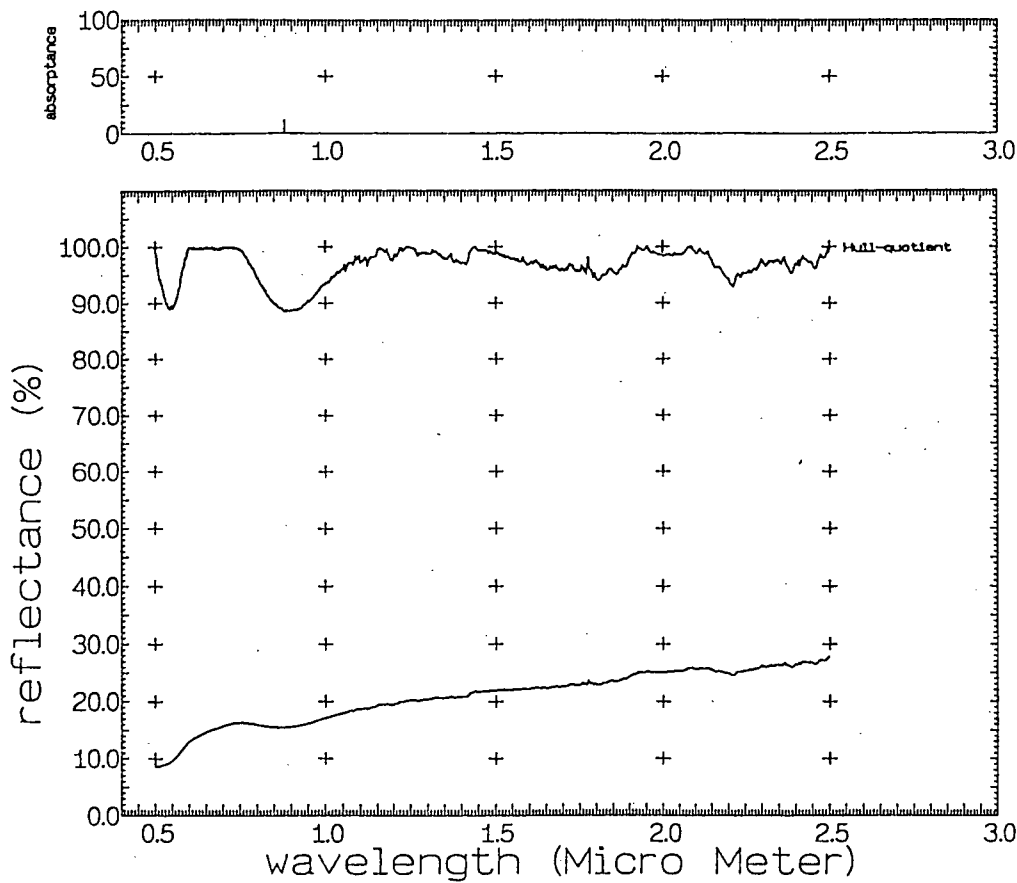
が認められる。不透明鉱物は径0.1-0.5mmの不定形で、周囲に結晶度の悪い赤褐色鉱物が認められる。

IV. 変質鉱物

変質はほとんど被っていない。カリ長石では、斑点状に微細な粘土鉱物が生成しているものが少量認められる。また、初生的粒間（基質の存在した部分）に二次的に形成された不透明鉱物が認められる。

V. 表面付近と岩石内部での相違

構成粒子の種類・量比、粒径、変質の程度、構造などに著しい相違は認められない。



### 定性分析 (ピークサーチ)

サンプル名 :                      コメント : Check                      平滑化点数 :                      K $\alpha$ 2除去 :  
 ファイル名 :                                           n $\alpha$ ックグランド除去: 実行                      系統誤差補正 :

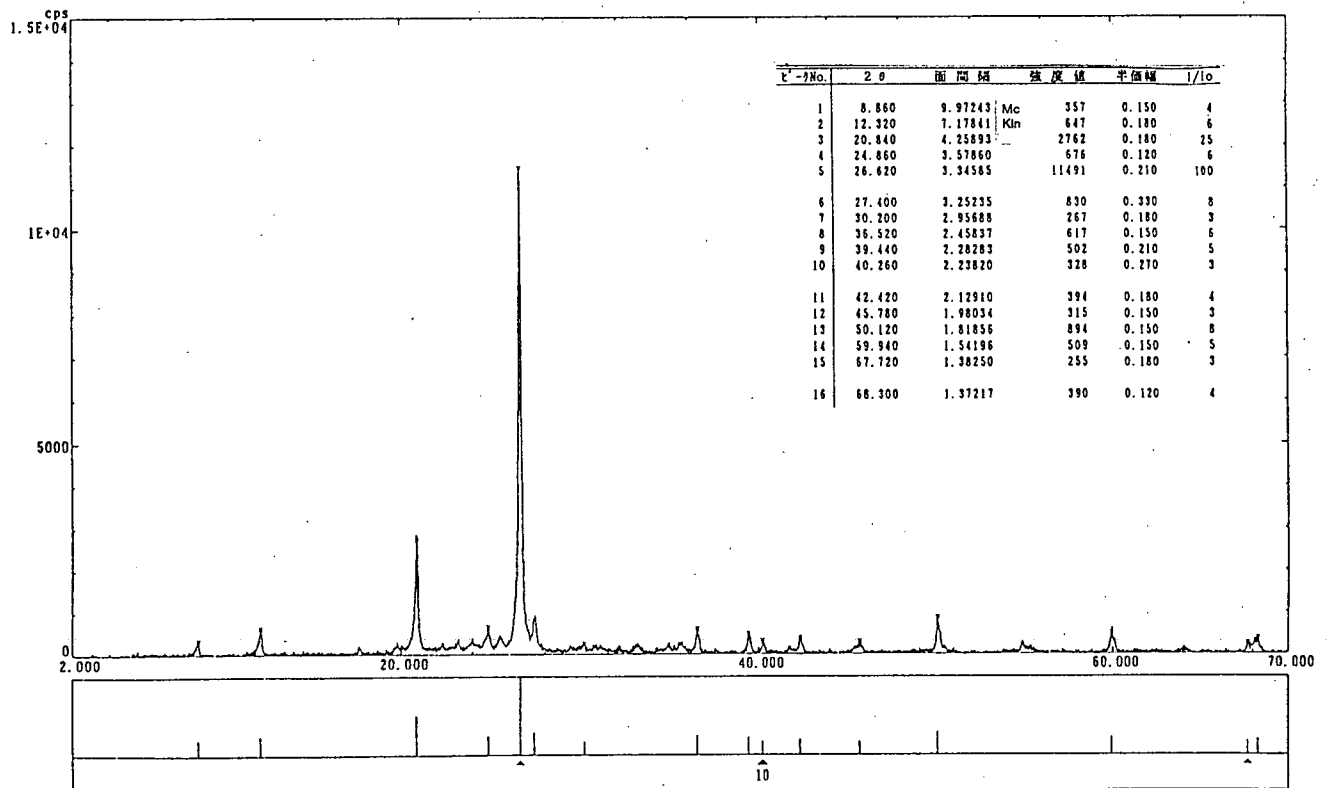


図 2-4a "変質砂岩"(ライン 00-120N)の反射スペクトル (上) と X線回折 (下)

試料名 I (00-120N)

岩石名 中粒砂岩

I. 岩石全体的特徴

淘汰の良い石英質の中粒砂岩。岩石全体に再結晶が進行している。碎屑粒の初生的な形状は、再結晶による二次成長のため不明瞭であり、特に石英について著しい。基質は極少量で、再結晶の結果、雲母鉱物と、黒色の塵状物（粉末X線回折結果を参考すると、石堊と思われる）が生成している。

II. 量比概略

基質：碎屑粒子=8:92

石英>>カリ長石>>黒雲母石英片岩・斜長石・白雲母>ジルコン・電気石

\* X線回折結果

区分	碎屑粒子					基質		合計
	M-Qz	P-Qz	K-f	Q-Sb	Pl	塵状物	雲母	
鉱物名								
対数	960	94	66	6	1	31	61	9
割合(%)	78.2	7.7	5.4	0.4	0.1	2.5	5.0	0.7
								100

\* 鉱物の略号は記載を参照

III. 記載

▼ 碎屑粒子

・ 単結晶石英(M-Qz)

平均粒径0.1-0.3mm、最大粒径1.2mm。初生的には破片状~やや円磨された粒状。二次成長が著しく、ダストリングが認められるものもある。波動消光を示すものが多い。径0.05mmの自形性の強い電気石を包有するものも認められる。

・ 多結晶石英(P-Qz)

平均粒径0.2-0.4mm。やや円磨された粒状~円磨された粒状。径0.05-0.1mmのモザイク状の石英からなる。

・ カリ長石(K-f)

平均粒径0.2-0.3mm、最大粒径1.0mm。パーサイトが認められる。粒子の外周部に、塵状物や、赤褐色鉱物が濃集することが多い。双晶起源の割れ目中に微細な雲母粘土鉱物が生成しているものが少量認められる。

・ 黒雲母石英片岩(Q-Sb)

平均粒径0.2-0.4mm。円磨された粒状。微細なモザイク状石英と、緑色黒雲母からなる。

・ 斜長石(Pl)

径0.2mm、やや円磨された粒状。アルバイト双晶が明瞭である。最大対称消光角が測定できたものは1粒子のみである。その値は17°であり、An3もしくはAn25に相当する。

・ 白雲母

径0.3-1.0mm。自形板状。圧密により形状が変形している。

・ ジルコン

径0.05mm。自形柱状~円磨された粒状。無色。

・ 電気石

径0.1-0.3mm。やや円磨された粒状。多色性が強く、軸色はX'=極淡褐

色、Z'=褐色。

▼ 基質

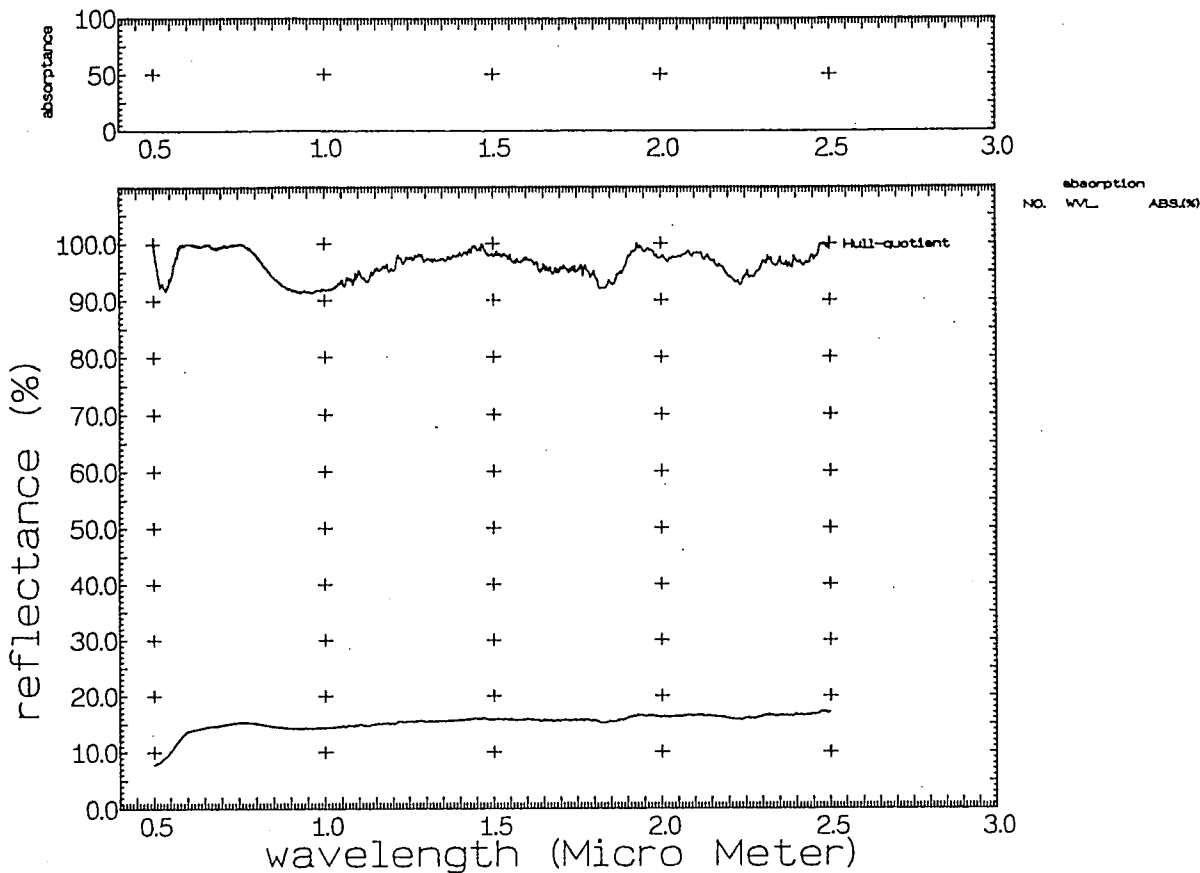
初生的な基質は残っており、再結晶が進行している。再結晶の結果生成した、雲母鉱物・塵状物（粉末X線回折結果を参考すると、石堊と思われる）と、二次的に形成された不透明鉱物が認められる。不透明鉱物は、径0.3mm以下の不定形で、周囲に結晶度の悪い赤褐色鉱物が認められる。

IV. 変質鉱物

変質はほとんど被っていない。カリ長石では、双晶面起源の割れ目中に雲母粘土鉱物が生成しているものが少量認められる。また、初生的粒間（基質の存在した部分）に二次的に形成された不透明鉱物が認められる。

V. 表面付近と岩石内部での相違

構成粒子の種類・量比、粒径、変質の程度、構造などに著しい相違は認められない。



### 定性分析 (ヒークサーチ)

サンプル名 :                      コメント : Check                      平滑化点数 :                      K $\alpha$ 2除去 :  
 フイルム名 :                      バックグラウンド除去: 実行                      系統誤差補正 :

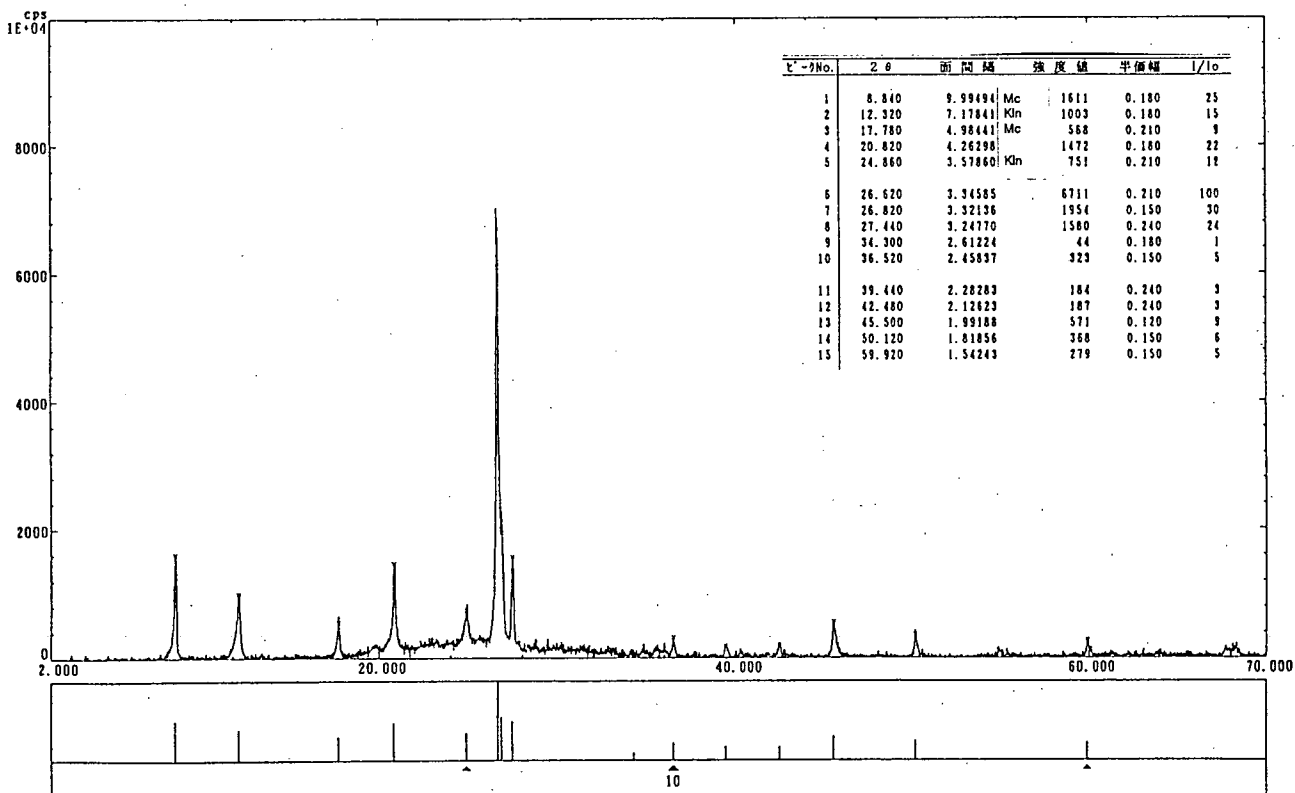


図 2-5a "未変質砂岩"(ライン90E-300N)の反射スペクトル(上)とX線回折(下)図

試料名 5 (90E-300N)

岩石名 中粒砂岩

V. 表面付近と岩石内部での相違  
構成粒子の種類・直径、粒径、変質の程度、構造などに著しい相違は認められない。

### I. 岩石全体的特徴

淘汰のやや悪い石英質な中粒砂岩。再結晶が著しく進行しているため、碎屑粒子の初生的な形状はほとんど残されていない。石英は極少量であり、再結晶の結果形成された塵状物（粉末X線回折結果を参考すると、石墨と思われる）と、緑色黒雲母が認められる。黒雲母は、弱く定行配列している。一部ブール状に初生基質が存在したと思われる部分があり、黒雲母が多量に生成している。

### II. 量比

概略

基質：碎屑粒子=3:97

石英>>カリ長石>>黒雲母石英片岩・白雲母・電気石・ジルコン

### ポイントポイント結果

区分	碎屑粒子				基質		合計
	Qz	K-f	Q-Sh	塵状物	雲母	Opq	
鉱物名							
カク数	1024	96	3	4	24	0	1151
割合(%)	89.0	8.3	0.3	0.3	2.1	0	100

\* 鉱物の略号は記載を参照

### III. 構成鉱物の記載

#### ▼ 碎屑粒子

・ 石英(Qz)

最大粒径2.0mm。基質中の再結晶した石英と区分できないため、最小粒径は不明である。初生的な形状は、やや円磨された粒状と考えられる。

・ カリ(K-f)

粒径0.3-1.0mm。円磨～やや円磨された粒状。汚濁している。

・ 黒雲母白雲母石英片岩(Q-Sh)

粒径1.0mm。円磨された粒状。径0.05mm以下のモザイク状石英と、不定向に成長した雲母からなる。

・ 白雲母

粒径0.1-0.3mm。自形板状。

・ 電気石

径0.4mm。やや円磨された粒状。軸色はX'=淡褐色、Z'=褐綠色である。

・ ジルコン

径0.1mm。円磨された粒状。無色。

#### ▼ 基質

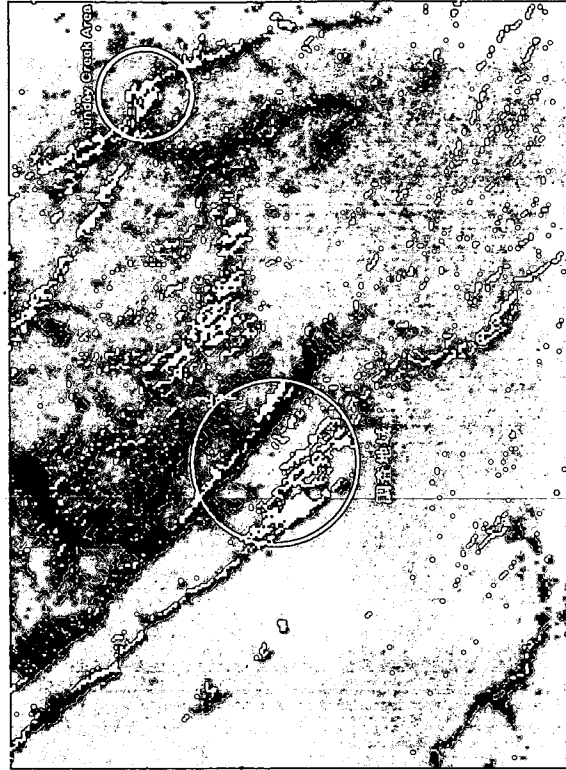
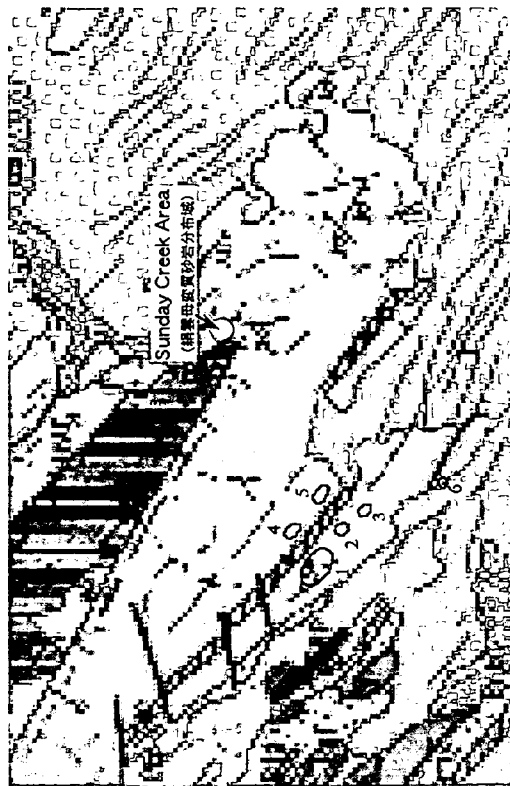
初生的な基質は残されおらず、再結晶の結果形成された緑色の黒雲母と、少量の塵状物（粉末X線回折結果を参考すると、石墨と思われる）が認められる。

### IV. 変質鉱物

変質はほとんど被っていない。黒雲母が多い部分では、周囲の鉱物や、黒雲母が淡褐色に染色することが多い。

図 2-5b "未変質砂岩" (51790E-300N) の岩石薄片記載

凡例  
 Coolbro Sandstone  
 Boardhurst  
 Formation Shale  
 Permian glacial sediments  
 and Quaternary sand cover



凡例  
 "未定質砂岩"  
 の分布が推定  
 されるところ  
 "定質砂岩"  
 の分布が推定  
 されるところ

図3-1 Sunday Creek 地域およびその周辺の地質図 (左) と  
 ほぼ同地域のTMデータ処理画像 (右)

(地質図上の○印はTMデータ処理画像に基づいて地質調査を行った地点を示す。)



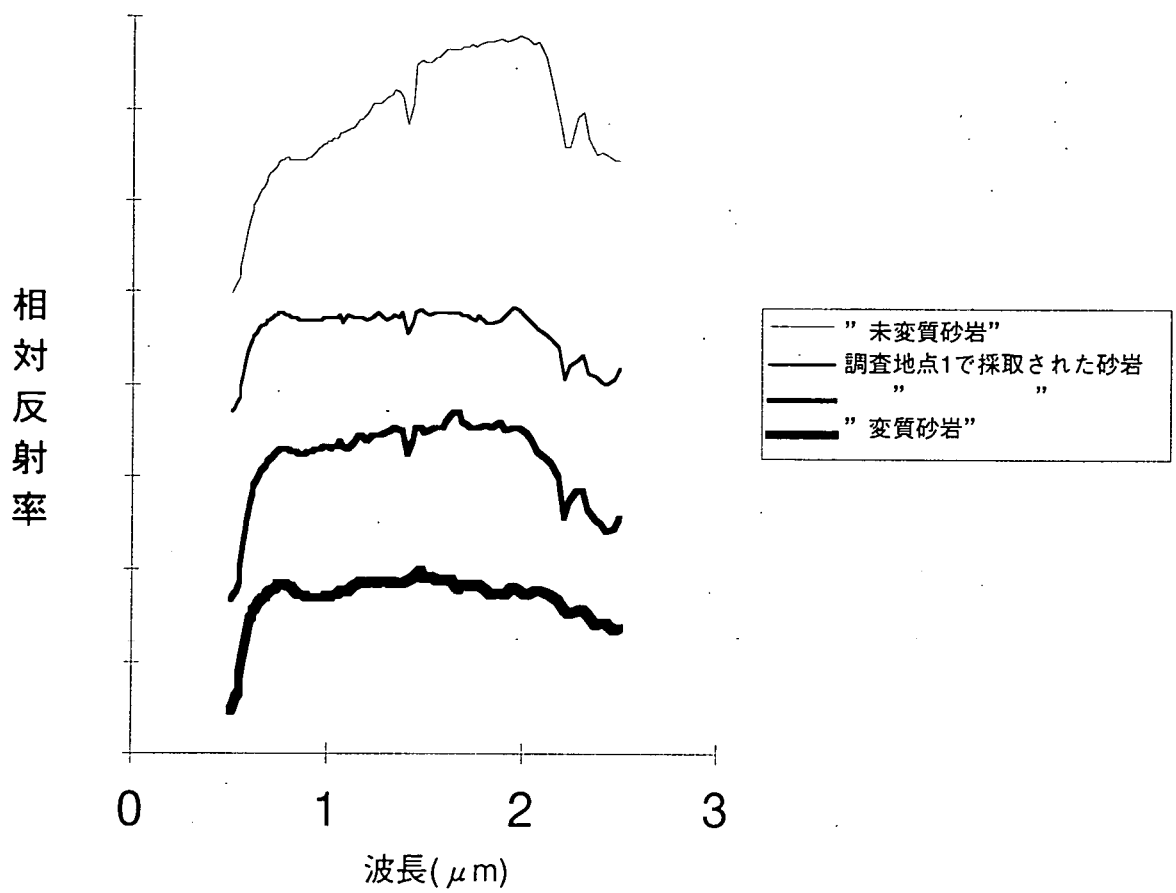


図3-2 各砂岩の反射スペクトルの比較  
(Sunday Creekで採取された砂岩と調査地点1で採取された砂岩)

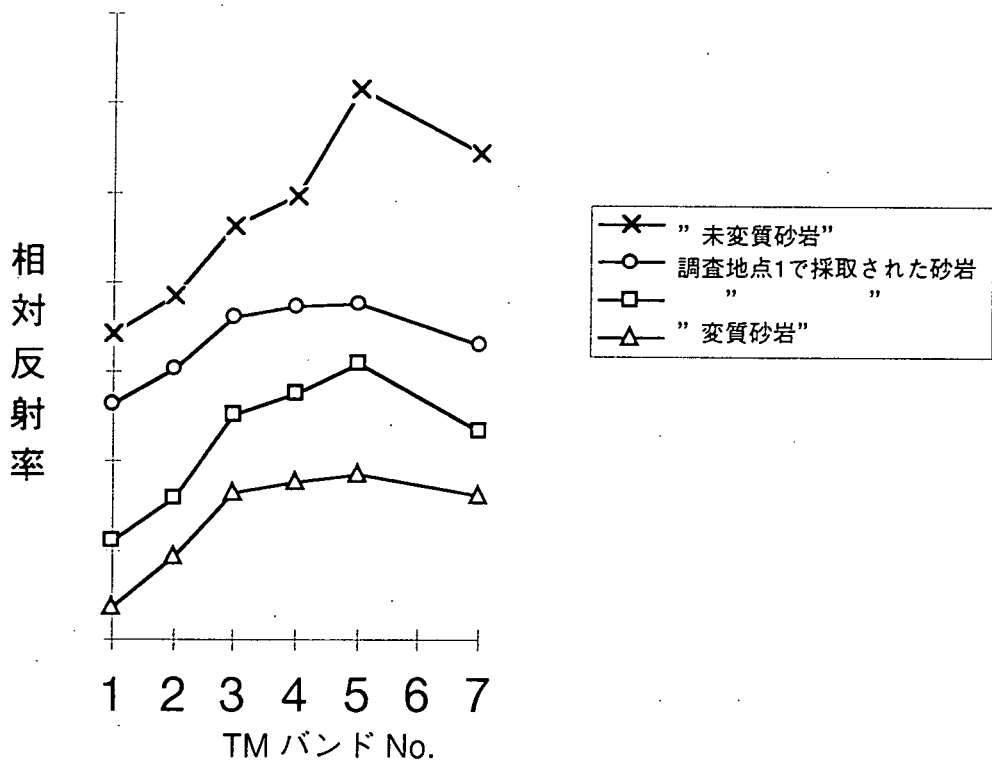


図3-3 TMバンドでリサンプリングしたスペクトルパターン

## B-3 航空機MSSデータによる岩相マッピング

## 1. はじめに

技術開発課では、平成4年度から始まった研究開発5ヵ年計画として、ウラン探査に有効なリモートセンシングデータの利用技術の確立を目指している。その内容は、探査をより効率的に行う方法として、岩石の表面反射スペクトル情報に基づいた岩相識別（マッピング）を行うというものである。平成5から6年度前半にかけて、B-2で述べたようにランドサットTMデータを用いた検討を行った。その後引き続き平成6年度後半からは、さらに多くの鉱物あるいは岩種の識別が期待できる、航空機MSSデータを利用した岩相マッピング手法の検討を行った。

標記の画像データ処理・解析は、ベースライン法と呼ばれる手法に基づいて行ったものである。ここでいうベースライン法とは、ある空間において物理的な意味（例えば”反射面の明るさ”や”土壌の乾燥度”等）を持つバックグラウンドをベースラインとして定める方法であり、この時、ある種の鉱物や植生を代表するデータがそのベースラインに対してどのような分布を示すかを予め調べておけば（すなわち、スペクトル指標をたてておけば）、どのようなスペクトル指標値をとるかによって、未知のデータがどのグループに近いかに識別できるというものである。

今回は緑泥石、絹雲母、およびドロマイトの各スペクトル指標を求めた。さらにそれらスペクトル指標の輝度から、地表面にどのような鉱物（岩石）が分布するか推定を行った。解析の結果を後述のCSIROが行った、現地調査に基づく較正用反射率データをもとに処理した画像と照合したところ、一般的な粘土鉱物である絹雲母に加え、緑泥石等の分布に関しても現地調査とほぼ整合的であった。

このような多バンドデータのマルチスペクトル解析法として、多くのアプローチが報告されているが、そのほとんどは、熱水変質帯の存在を示すとされている絹雲母やカオリナイトの分布の抽出を試みたものであった。一方今回の解析は、ウラン探査で重要な鍵となる緑泥石の抽出を主としている。

なお、詳しい内容は、「岩石の反射スペクトルを利用した、リモートセンシングデータによる岩相マッピング手法の検討—特に砂漠地域における緑泥石分布の抽出を目的として—（PNC TN7410 95-021）」として平成7年度に登録を行っている。

## 2. 使用データ

今回解析に使用したのは、Geoscan社所有の航空機MSS MKIIデータである。MKIIバンドは可視光から熱赤外領域まで24バンドあり、鉱物の反射スペクトルに基づいた岩相分布の把握を行うのに適している。

画像データは、西オーストラリア州NULLANGINE/PILBARAで取得したものである。これは、オーストラリアのAMIRA(Australian Mineral Industries Research Asso-

ciation Ltd.)が、発足させた "Geoscan MKIIデータの利用技術開発プロジェクト (P382 プロジェクト)" に、各国の鉱物資源探査会社とともに、事業団も参加し、共同研究資料としてAMIRA の許可のもとで入手したものである。したがってデータ自体も事業団の内部資料として取り扱う必要がある。また、同プロジェクトの技術的な支援を行っている、オーストラリアの国の研究機関CSIRO(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)が、本データの処理・解析手法の検討および反射スペクトル等の基礎的なデータの取得を行っており、今回の解析の際に、その報告書を参考にした。

今回は解析手法の検討が目的であり、使用したデータの取得地域はウラン資源探査に直接関連のあるものではないが、得られたパラメータは今後、航空機MSS データの処理・解析を行っていく上で基礎となるものである。

### 3. 主な成果

緑泥石はウラン探査において鍵となる重要な鉱物であり、今回の解析によりGeoscan MKII のバンド仕様は緑泥石の特徴を抽出するのに有効であることが指摘できた。このことは今後、鉱物資源探査用衛星搭載の光学センサーの仕様を決定する際に提言できると考えられる。

またデータ処理手法については多くの研究者による提案があるが、今回のようなスペクトル指標による方法は、探査の初期の段階で既存の地質図を補完するのに有効であることが示された。

### 4. 今後の方針

今回の解析により、平成4年度から始まった研究開発5ヵ年計画として、ウラン探査に有効なりモートセンシングデータの利用技術の確立の目処がついたと考えられる。今後は、基礎となる反射スペクトルデータの取得を継続して行っていく。

## B-4 電磁法三次元モデリングソフトの開発

担当：奥住, (狩野)

## 1. はじめに

人工送信源を使う電磁法は、ウラン、金属、地熱、石油等の資源探査に、あるいは道路、トンネル、ダム等の土木調査に使用され多くの成功を収めている。例えば、カナダではウラン鉱床と密接に関連する石墨質岩層を検出することによって多くのウラン鉱床を発見した。この地質・物性モデルは、高比抵抗のホストロック中に存在する低比抵抗体（石墨質岩層）を捉えるといった電磁法の利点を生かせる比較的単純なモデルであった。しかし、近年電磁法に課せられる地質・物性モデルは、複雑（例えばカナダ・アサバスカ地域のオフコンダクター鉱体）に、また対象深度も深くなりつつある。

電磁法のハードウェアは、最近のエレクトロニクスやコンピュータ関連技術の進歩に伴って飛躍的に発展した。このため従来は取得が不可能であったようなデータ（三軸同時データ、高速サンプリングデータ、高分解能データ等）の取得が可能となり、前述の電磁法に課せられている地質・物性モデルを議論できる可能性がある。一方、ソフトウェアである解析技術はアノーマリマッピング、一次元逆解析が主流で、複雑な地質・物性モデルに適した解析技術はまだ開発されていない。

技術開発課では、上記理由により電磁法三次元モデリングソフトの開発を行うこととし、平成5年度末に送受信器を磁気双極子とする周波数領域のモデリングプログラムを導入した。本年度はこのプログラムの特性解析を実施し、また周波数領域から時間領域への変換プログラムを導入して、その初期的動作テストにより計算速度を調べた。ここにその概要を報告する。

## 2. 目的

周波数領域モデリングプログラム(『EMIGMA F3DV2.0』)については、

- ①比抵抗の変化に対する応答特性
- ②周波数の変化に対する応答特性
- ③電場点数に対する収束特性

を知ること、周波数-時間領域変換プログラム(『FSBMTRS V1.0』)については、

- ④計算速度の把握

を目的とする。

## 3. 計算モデル

### 3.1 特性解析における計算モデル

前章で述べた①から③の目的をもつ特性解析に使用した計算モデルは、比抵抗  $\rho_H$

の半無限媒質大地に、一辺が80m、比抵抗 $\rho_p$ の立方体が存在するもので、立方体の上面の深度は10mとする。観測配置はDighem社周波数領域空中電磁法のコプラナー配置とする。送信器、受信器とも鉛直磁気双極子とし、それらの高度はともに40m、送受信器間隔は8mとする。測線は立方体の中央上空40mを通り、総測線長220m、測点間隔10mとする。変化させた計算パラメータは、半無限媒質大地の比抵抗 $\rho_H$ 、立方体の比抵抗 $\rho_p$ 、測定周波数 $f$ および電場点数 $N$ で表-1にそれらの値をまとめる。

### 3.2 動作テストにおける計算モデル

前章で述べた④の目的をもつ動作テストに使用した計算モデルは、比抵抗構造が水平2層構造大地に直方体の低比抵抗異常体が存在するものと、水平2層構造大地に垂直板状の低比抵抗異常体が存在する二種類である。それぞれ、立方体モデルと板状モデルとする。

立方体モデルの比抵抗構造は、第1層は比抵抗500  $\Omega$  m、層厚100m、第2層は比抵抗1000  $\Omega$  m、立方体は大きさ200m, 200m, 2000m、比抵抗50  $\Omega$  m、上面深度100mである。観測配置はGeotem社時間領域空中電磁法配置とする。送信器は鉛直磁気双極子でその高度は105m、受信器は水平磁気双極子でその高度は54mとする。送受信器間隔は100mとする。測線は立方体中央上空を横切り、総測線長1250m、測点間隔25mとする。

板状モデルの比抵抗構造は、第1層は比抵抗500  $\Omega$  m、層厚100m、第2層は比抵抗1000  $\Omega$  m、低比抵抗異常体は大きさ10m, 200m, 2000m、比抵抗2.5  $\Omega$  m、上面深度100mである。観測配置は立方体モデルのものと同じである。

## 4. 結果

### 4.1 比抵抗の変化に対する応答特性

図-1a, 1bは、半無限媒質大地の比抵抗 $\rho_H$ の変化に対する応答を30個のグラフにまとめたものである。各グラフ下の2文字の英数字は、各グラフ区別を示す。1文字目の数字は縦方向を区別し、上から下に向かって立方体の比抵抗 $\rho_p$ が増加している。2文字目の英字は横方向を区別し、左から右に向かって周波数 $f$ が増加している。各グラフは、同相、離相成分とも真空中における応答で規格化し、絶対値をとって対数表示した。

同相成分は $\rho_H$ が高くなるにつれ、小さくなり、その傾きは $f$ が高いものほど小さく（例えばグラフ1a( $f=1\text{Hz}$ )の場合、 $\rho_H$ が1  $\Omega$  mから1K  $\Omega$  mでほぼ6桁の減少、グラフ1f( $f=100\text{KHz}$ )の場合、ほぼ2桁の減少)、また $\rho_p$ の変化あるいは測点の違いに対しては、ほとんど差がない。

一方、離相成分は周波数1Hzから1KHzでは同相成分と同じ傾向を示すが（例えば、グラフ1aから1d）、10KHz以上では $\rho_H$ が100  $\Omega$  m以下で同相成分と逆の傾向を示す（例えば、グラフ1e, 1f）。

### 4.2 周波数の変化に対する応答特性

図-2a, 2bは周波数 $f$ の変化に対する応答を25個のグラフにまとめたものである。各グラフ下の2文字の英数字は、各グラフ区別を示す。1文字目の数字は縦方向を

区別し、上から下に向かって立方体の比抵抗 $\rho_P$ が、増加している。2文字目の英字は横方向を区別し、左から右に向かって半無限媒質大地の比抵抗 $\rho_H$ が増加している。各グラフは、図-1と同様に対数表示した。

同相成分は周波数 $f$ が高くなるにつれ、大きくなり、その傾きは $\rho_H$ が高くなるにつれ大きく(例えばグラフ1a( $\rho_H=1\Omega m$ )の場合、1Hzから100kHzでほぼ3桁の増加、グラフ1e( $\rho_H=10K\Omega m$ )の場合、ほぼ8桁の増加)、また $\rho_P$ の変化あるいは測点の違いに対しては、ほとんど差がない。さらに $\rho_H$ が $1\Omega m$ の場合、 $f$ が5kHz以上では、平坦である(グラフ1aから5a)。一方、離相成分は同相成分と同じ傾向を示す。

#### 4.3 電場点数に対する収束特性

周波数領域モデリングプログラムには計算実行時に電場点数 $N$ の要求項目がある。一般にこの $N$ を増加させると、ある一定値に近づく。これを収束特性とする。図-3a, 3bは測点60mでの収束特性を、25個のグラフにまとめたものである。各グラフ下の2文字の英数字は、各グラフ区別を示す。1文字目の数字は縦方向を区別し、上から下に向かって立方体の比抵抗 $\rho_P$ が、増加している。2文字目の英字は横方向を区別し、左から右に向かって半無限媒質大地の比抵抗 $\rho_H$ が増加している。各グラフは、 $N=1000$ で規格化(%表示)してある。すなわち、100(%)の場合、 $N=1000$ の場合と同じ応答値であることを意味している。また、100(%)から離れた場合、「収束性が悪い」とする。各グラフの特徴は大きく、 $\rho_H < \rho_P$ 、 $\rho_H = \rho_P$ 、 $\rho_H > \rho_P$ の3つに分類でき、以下にまとめる。

##### (1) $\rho_H < \rho_P$

全ての周波数で $\pm 5\%$ 以内である。さらに、各グラフを詳しく見ると、「収束性が悪い」周波数域がある。この周波数域は、 $\rho_H$ が高くなるにつれ、高くなる(例えば、グラフ5a( $\rho_H = 1\Omega m$ )では2kHz付近、グラフ5b( $\rho_H=10\Omega m$ )では20kHzあたり、グラフ5c( $\rho_H=100\Omega m$ )では100kHzあたり)。

##### (2) $\rho_H = \rho_P$

全ての周波数で100%と一定である。

##### (3) $\rho_H > \rho_P$

$\rho_H / \rho_P$ が10の場合、同相成分 50~100%, 離相成分85~100%で(グラフ1b, 2c, 3d, 4e)、 $\rho_H / \rho_P$ が100の場合、同相成分70~160%, 離相成分85~110%で(グラフ1c, 2d, 3e)、 $\rho_H / \rho_P$ が1000以上の場合、同相成分85~110%, 離相成分95~110%(グラフ1d, 1e, 2e)と $\rho_H / \rho_P$ が100の場合に最も「収束性が悪い」。さらに、各グラフを詳しく見ると、「収束性が悪い」周波数域がある。この周波域は、(1)と同様に $\rho_H$ が高くなるにつれ、高くなる。

#### 4.4 動作テスト

動作テスト結果を図-4にまとめる。両グラフとも真空中における最大振幅値で規格化してある。両グラフの形状はよく似ているが、板状モデルのほうが最大ピークの形状がやや鋭い。この計算に使用した計算機はワークステーションHP755/9000で、計算時間は約72時間( $N=1000$ )であった。



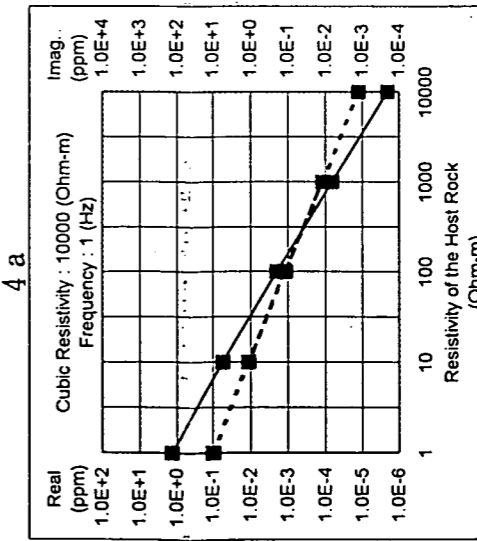
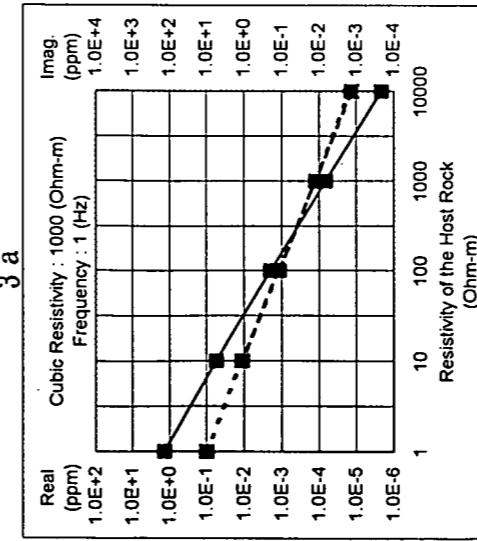
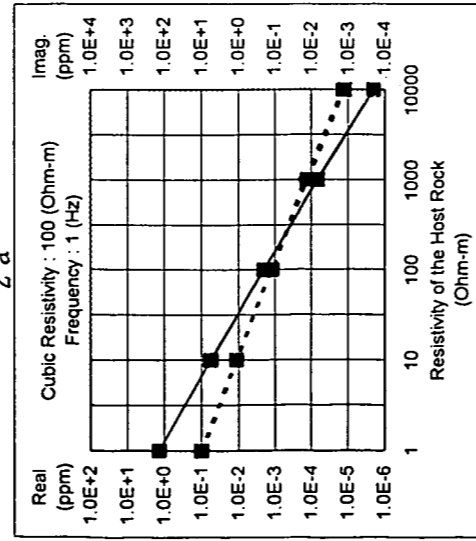
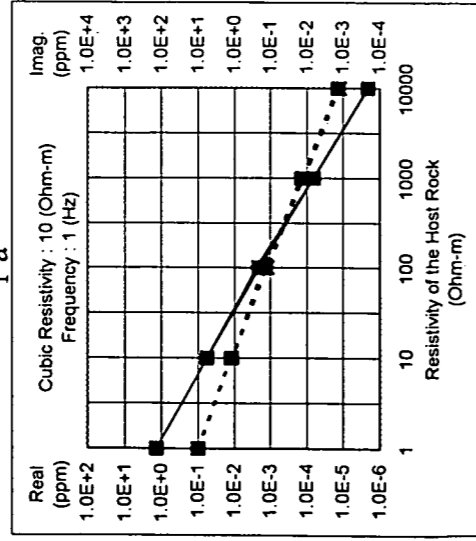
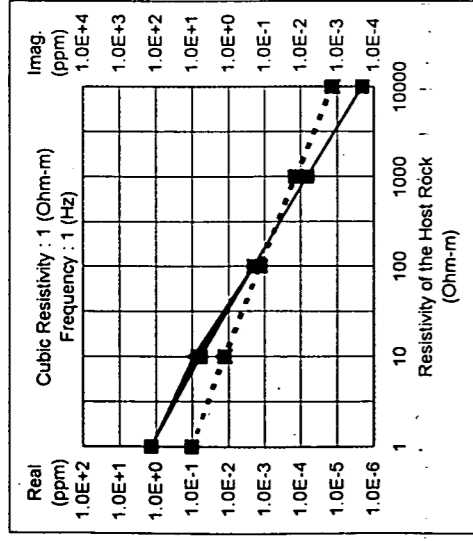
## 5. 今後の課題

周波数領域モデリングプログラムの特性解析を実施したが、3次元構造について理論解が無い「計算精度の評価」は困難である。一つの方法として、水平薄板状の計算モデルの応答と水平多層構造理論解との比較を試みたところ、やや精度が悪くなる場合があることが分かった。3次元モデリングプログラム開発は現在世界中でより精度の良いモデリング手法を模索している段階にあり、今後「計算精度の評価」を方法論を含めて検討する必要がある。

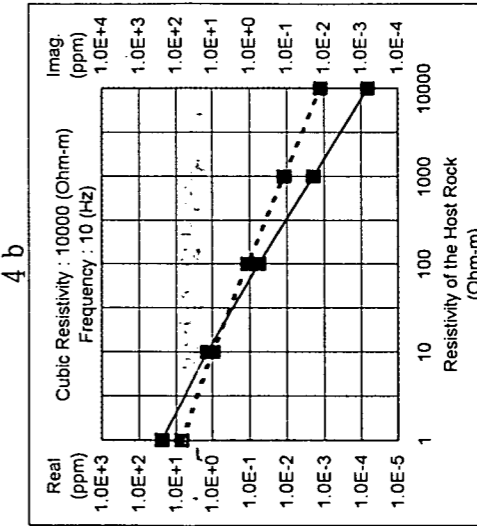
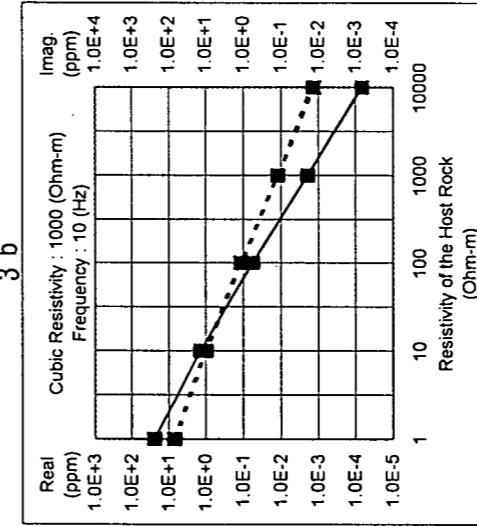
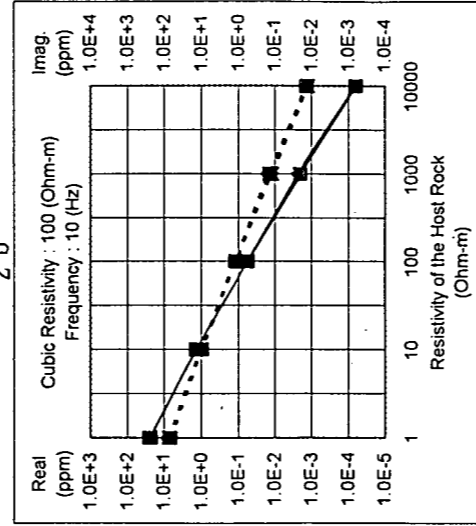
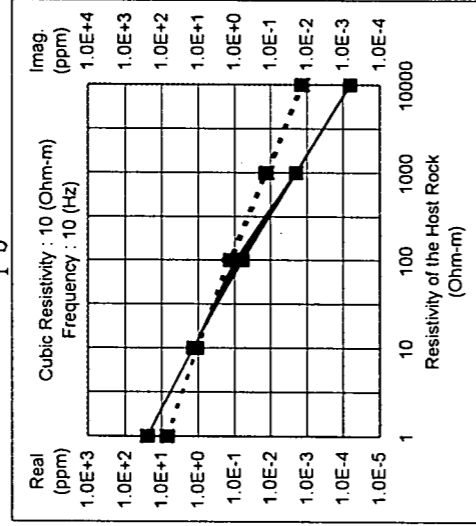
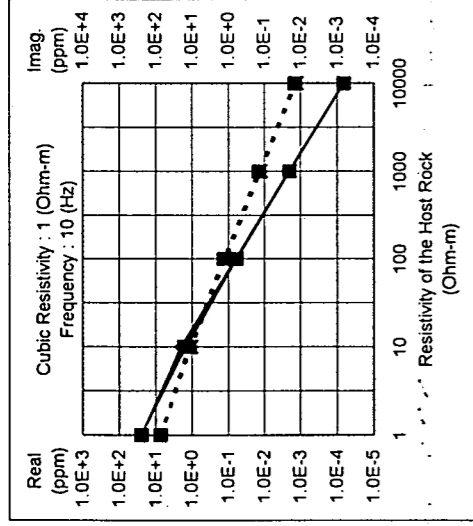
周波数-時間領域変換プログラムについては、動作テストの結果、必要とする周波数の数が多いため計算時間が大きいことがわかった。従って、平成7年度はまず計算時間の短縮化方法(周波数の間引き)を検討し次に特性解析を行う予定である。

表-1 特性解析におけるモデルパラメータ

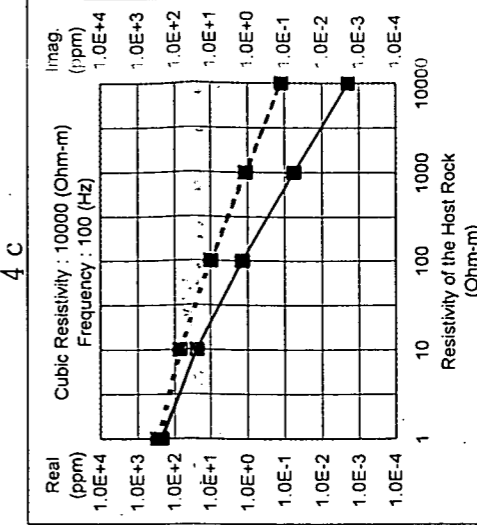
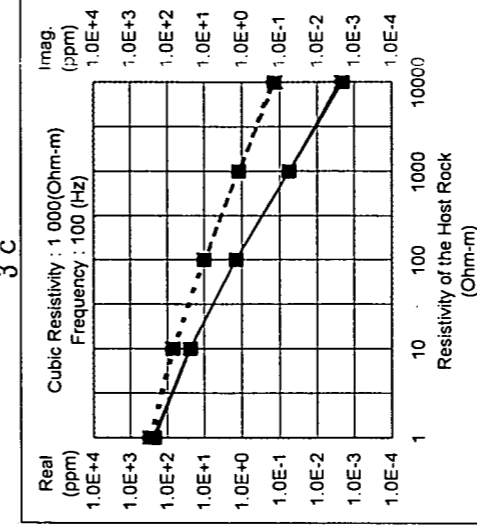
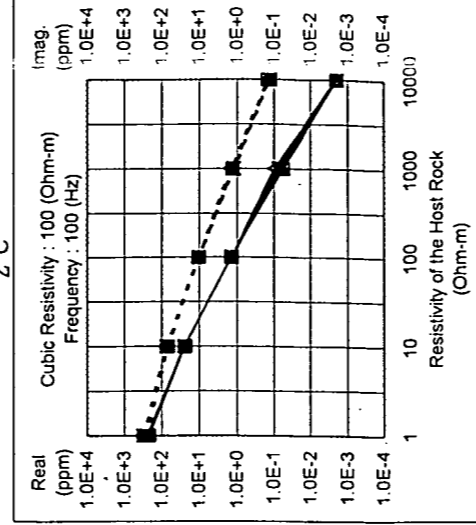
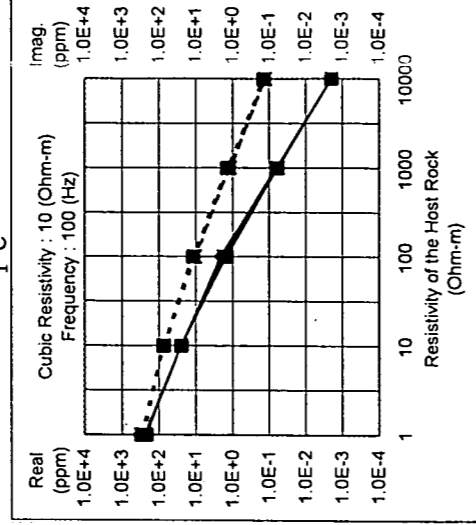
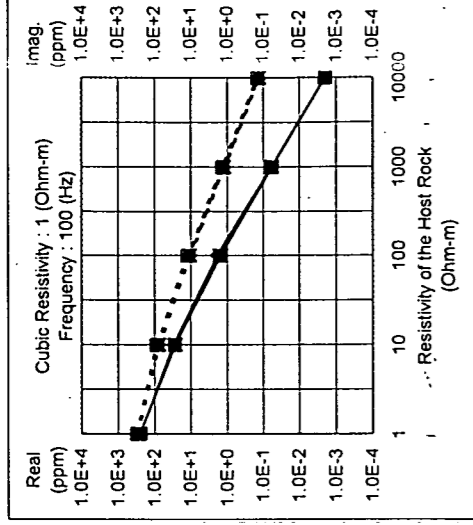
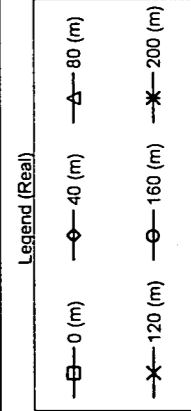
半無限媒質大地の比抵抗 $\rho_H$ ( $\Omega m$ )	1, 10, 100, 1000, 10000
立方体の比抵抗 $\rho_P$ ( $\Omega m$ )	1, 10, 100, 1000, 10000
周波数 $f$ (Hz)	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, ----- 1K, 2K, 5K, 10K, 20K, 50K, 100K
電場点数 $N$ (個/立方体)	64, 216, 512, 1000



5 a



5 b



5 c

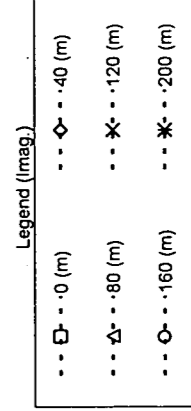


図-1a 比抵抗変化に対する応答特性(1)

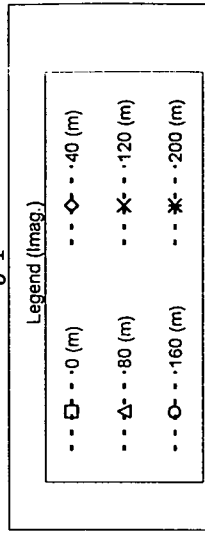
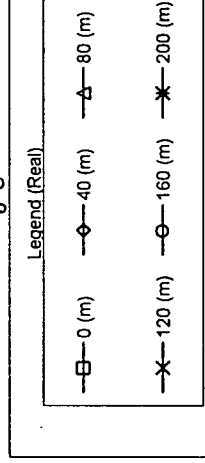
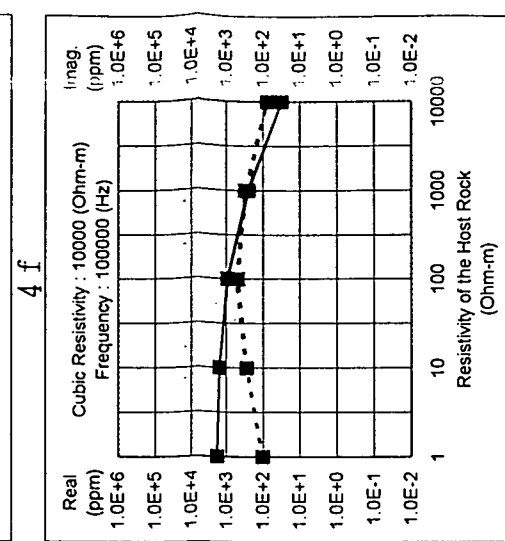
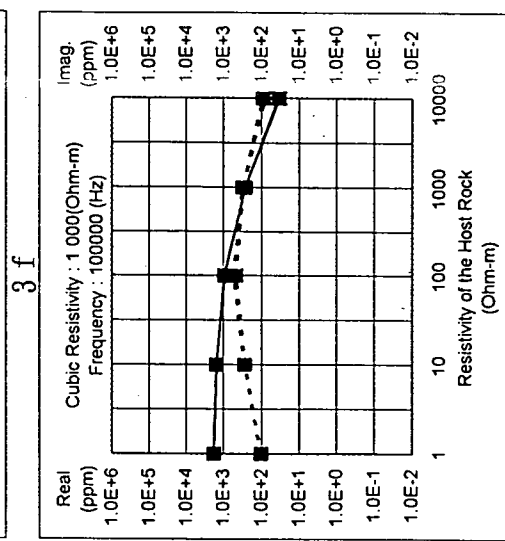
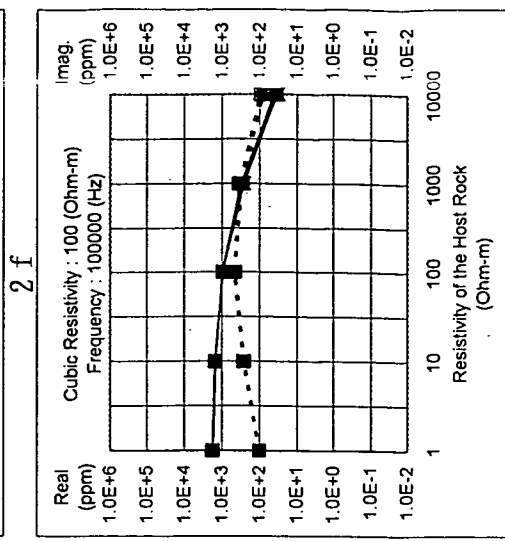
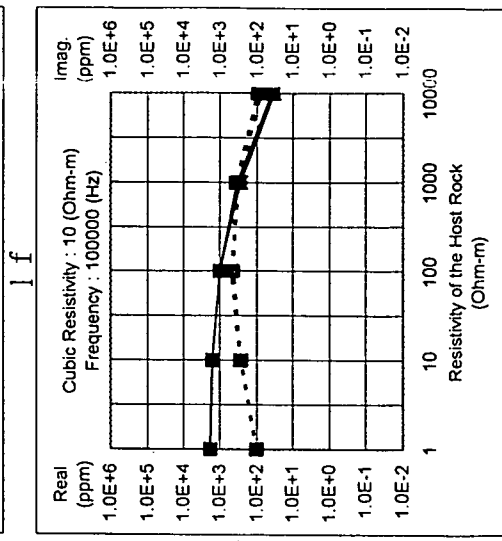
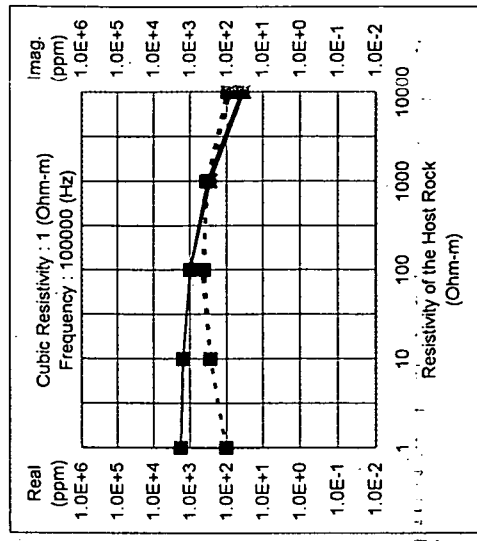
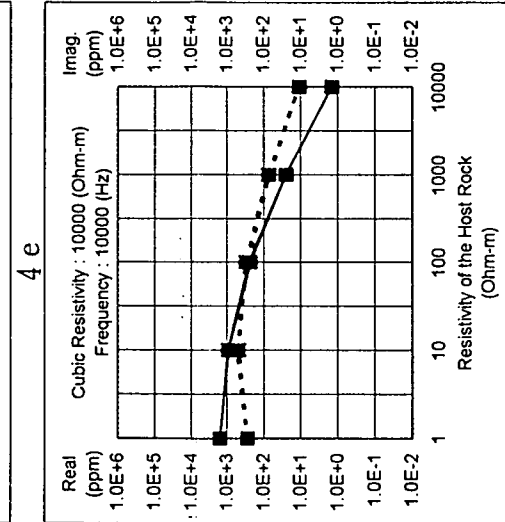
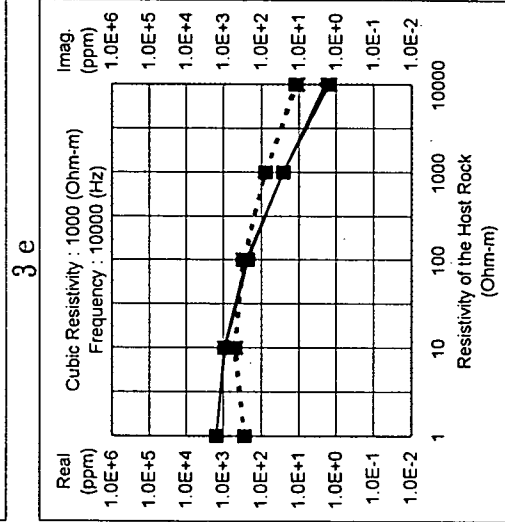
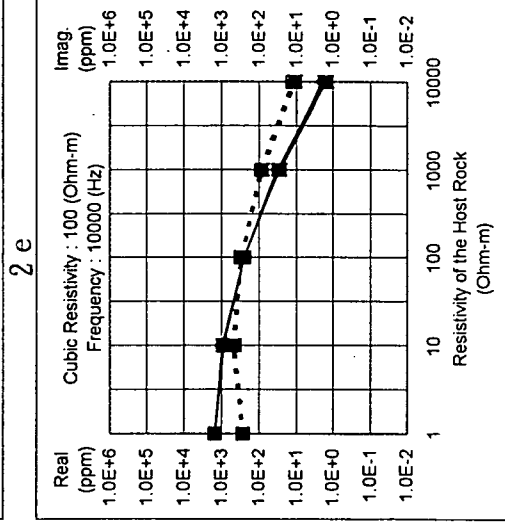
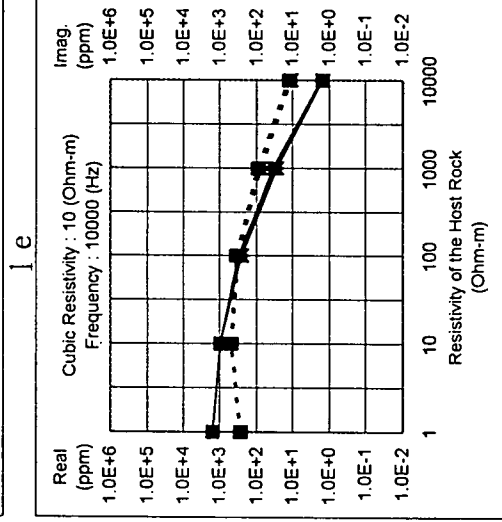
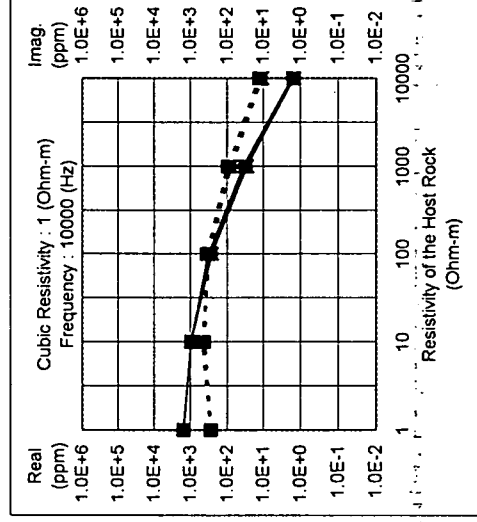
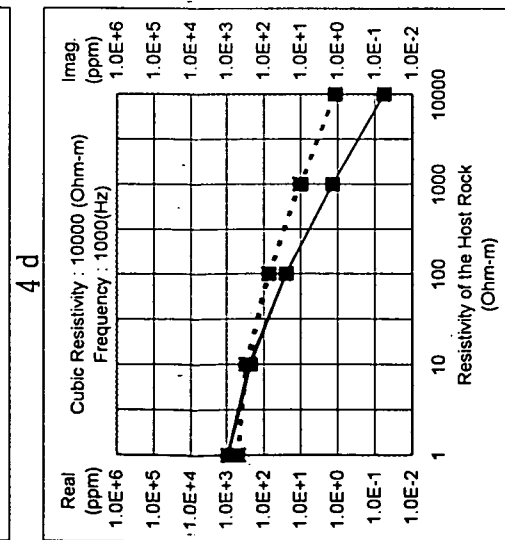
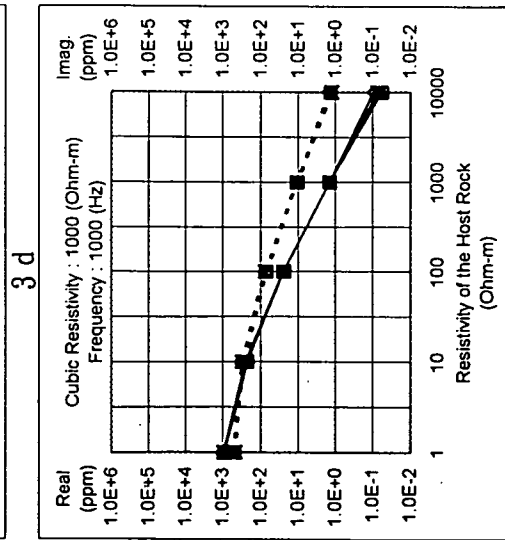
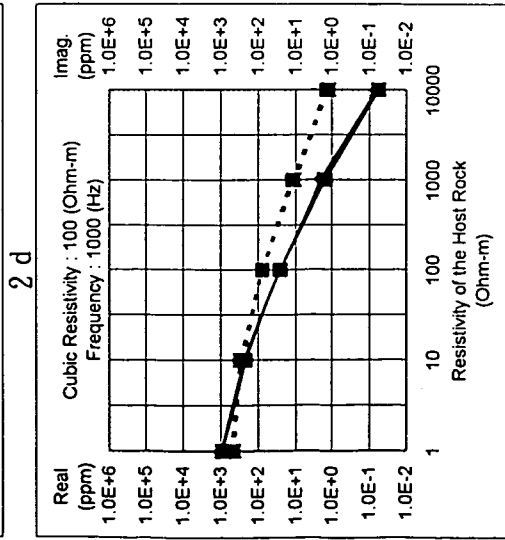
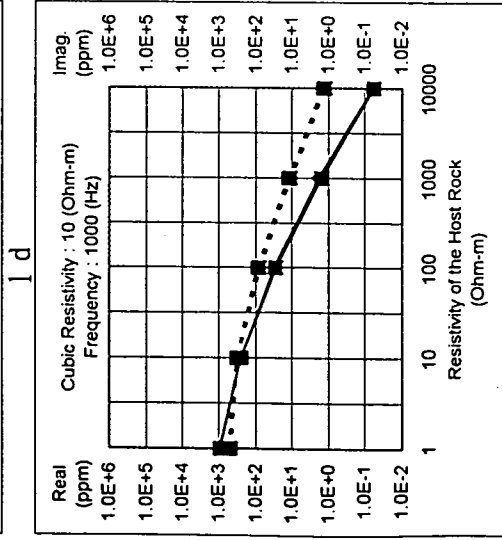
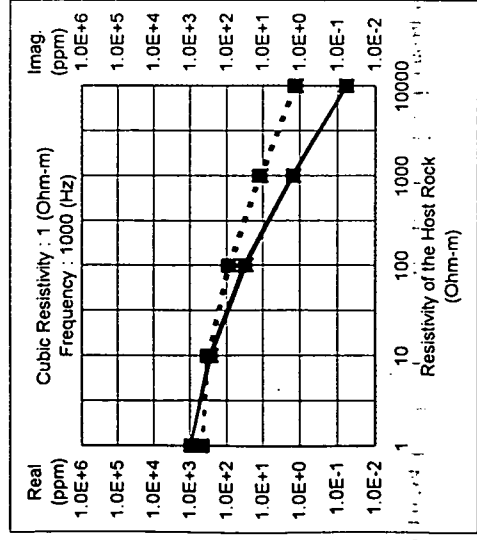


図-1b 比抵抗変化に対する応答特性(2)

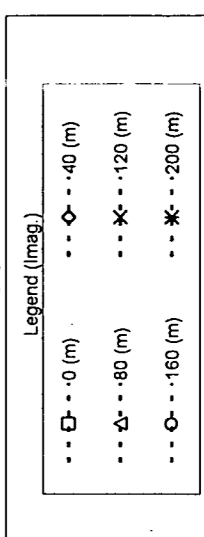
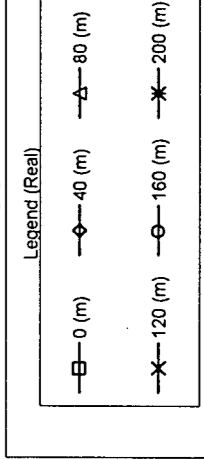
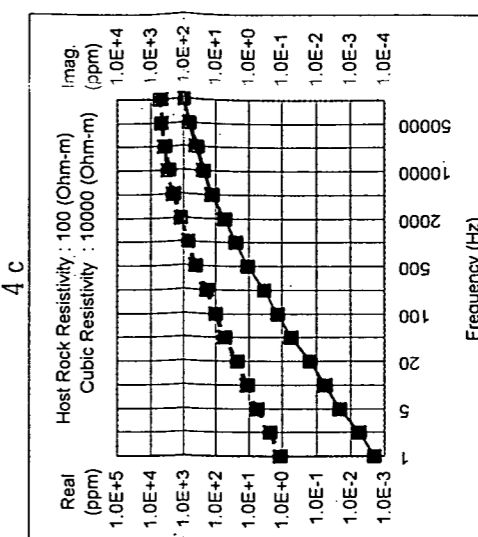
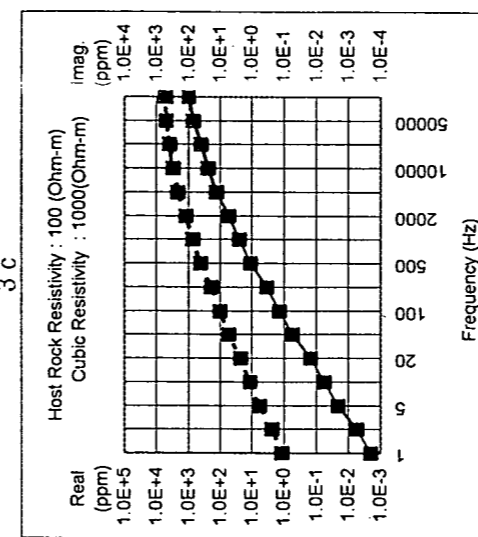
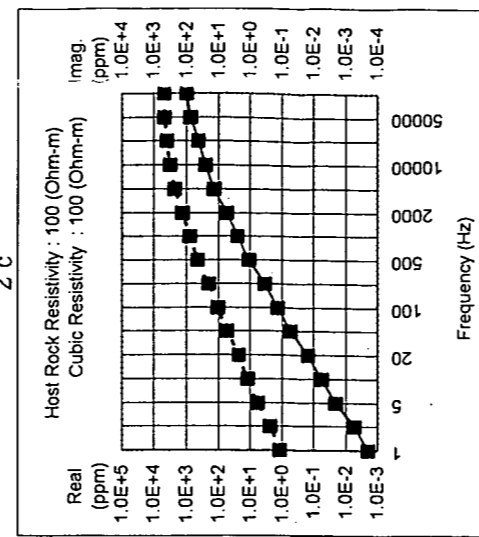
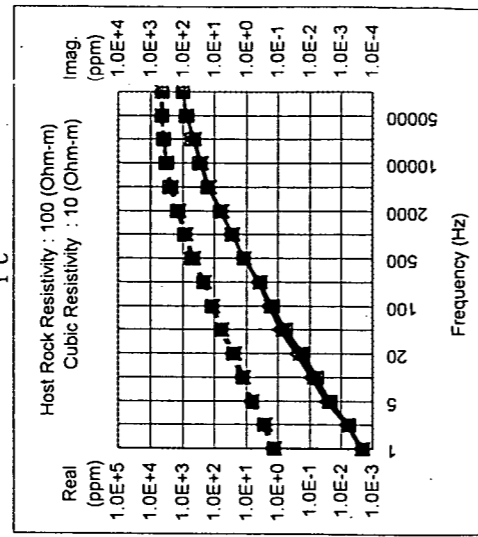
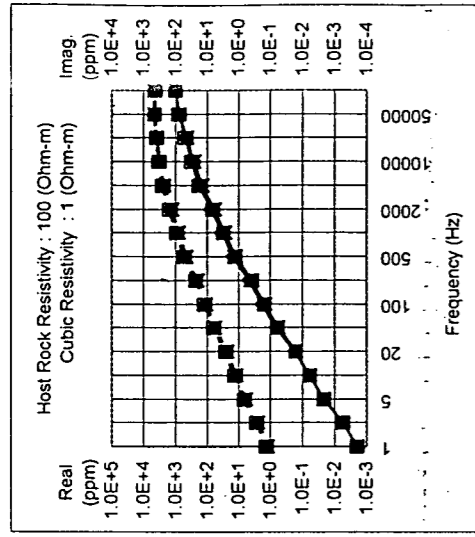
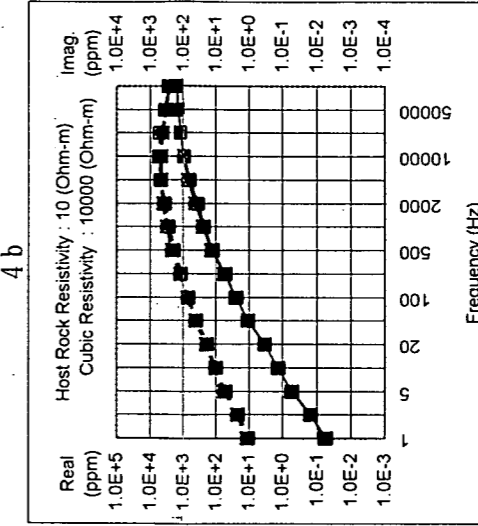
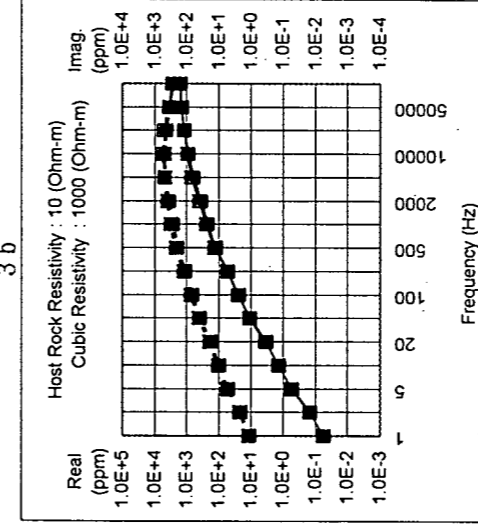
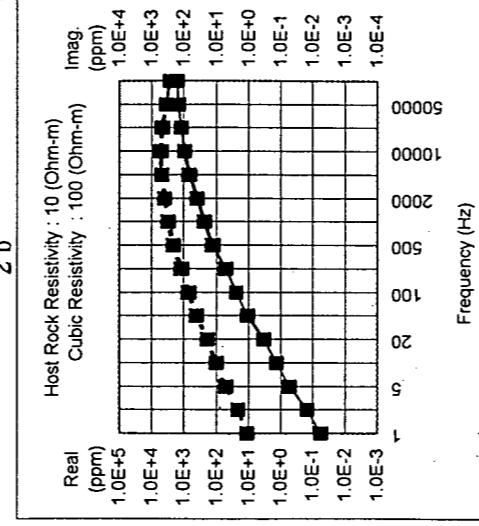
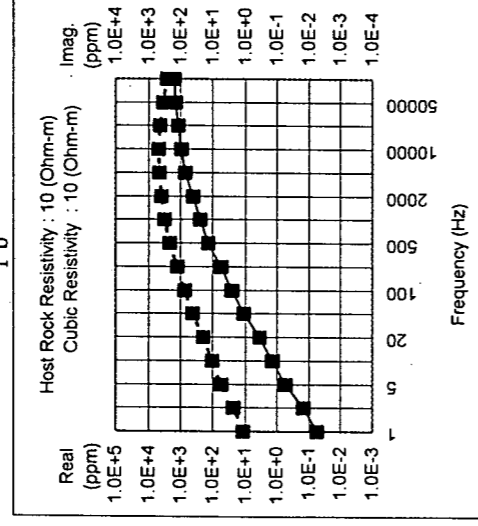
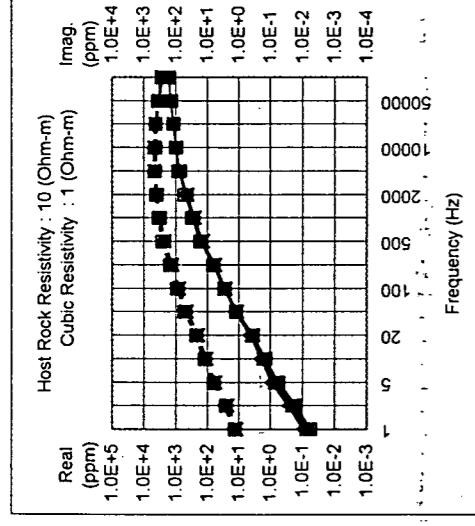
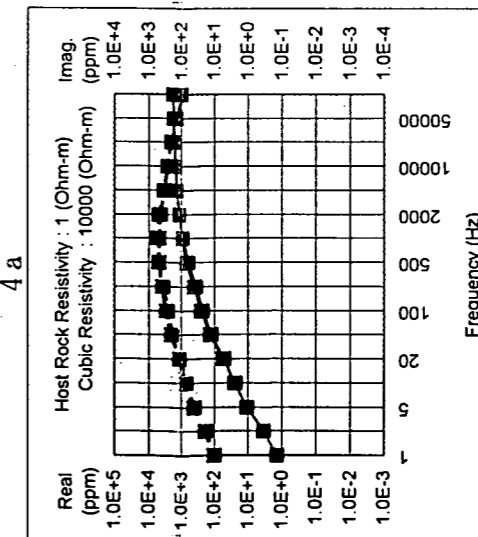
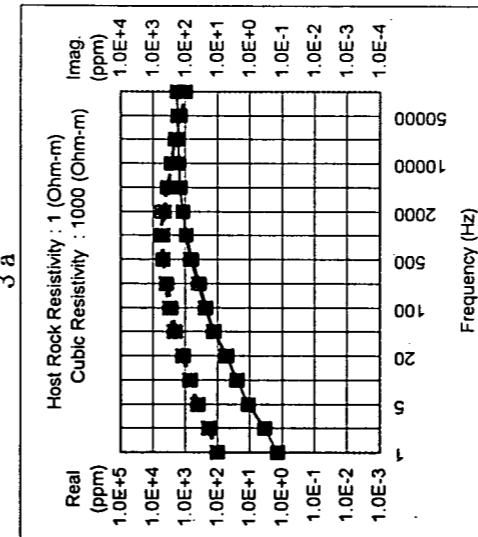
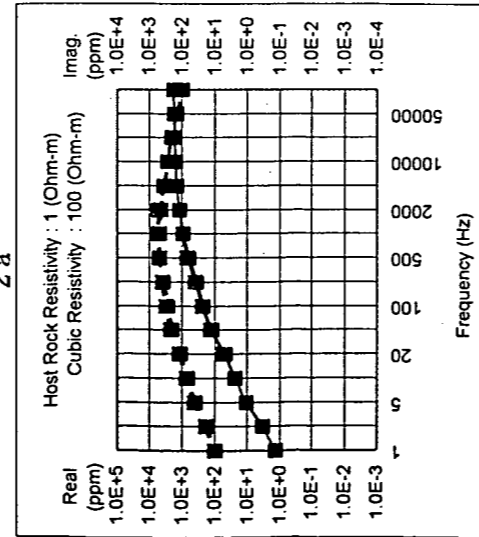
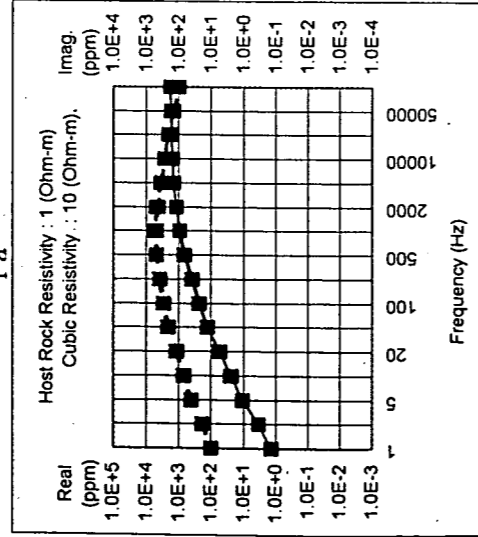
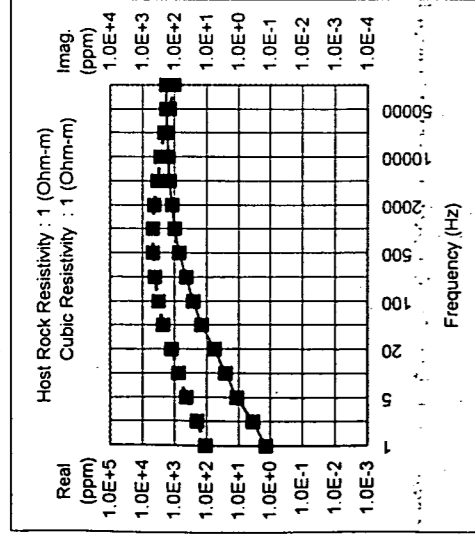


図-2a 周波数変化に対する応答特性(1)

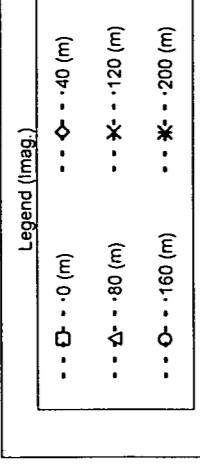
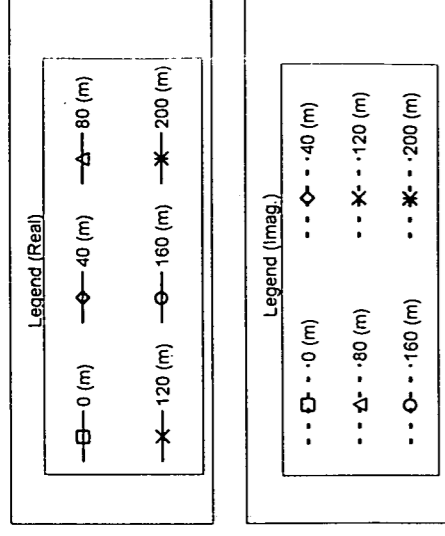
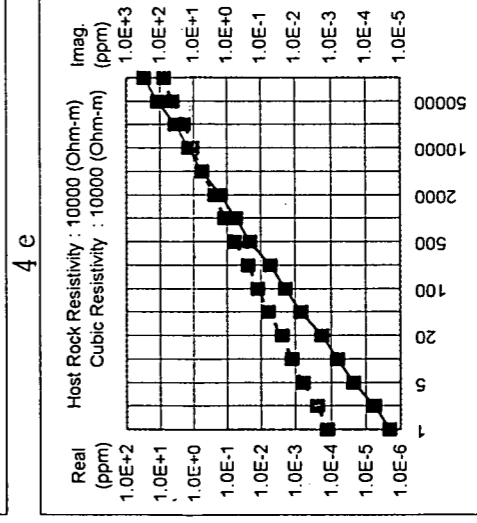
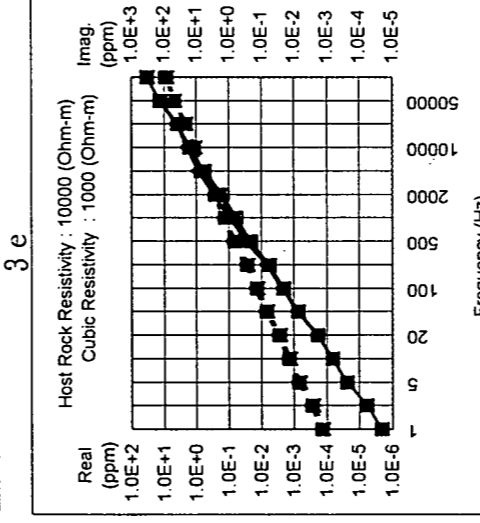
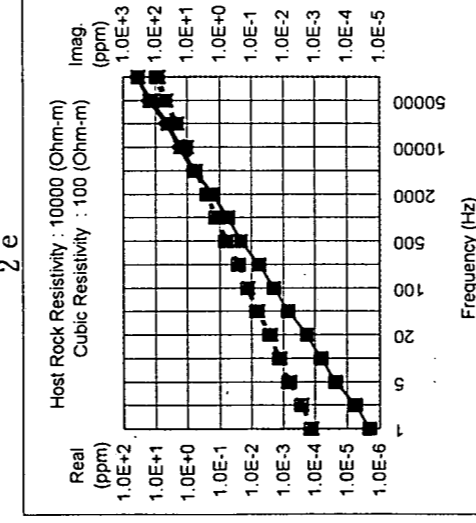
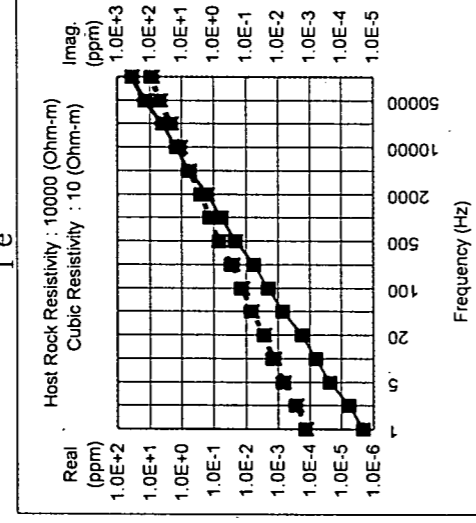
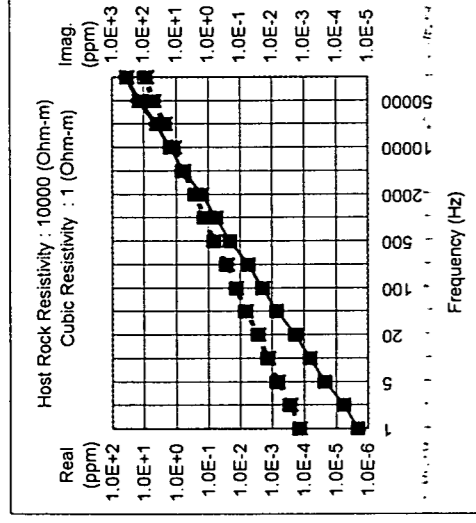
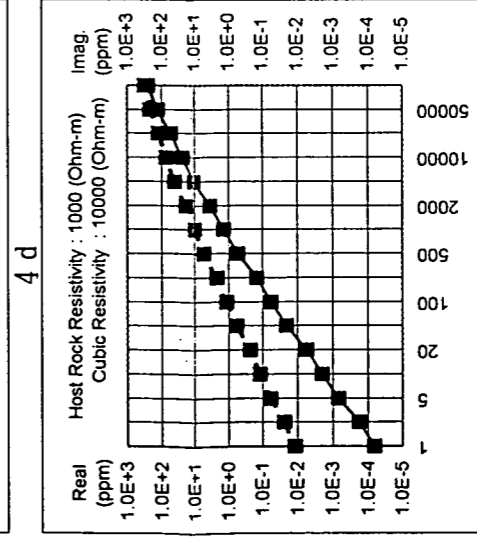
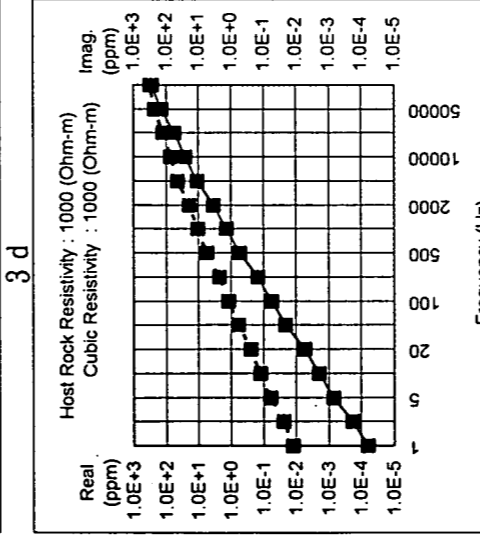
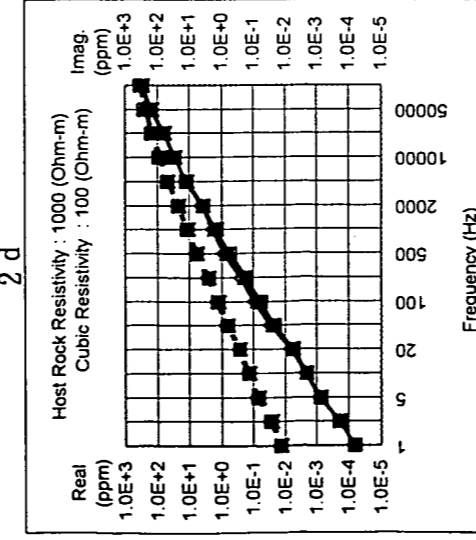
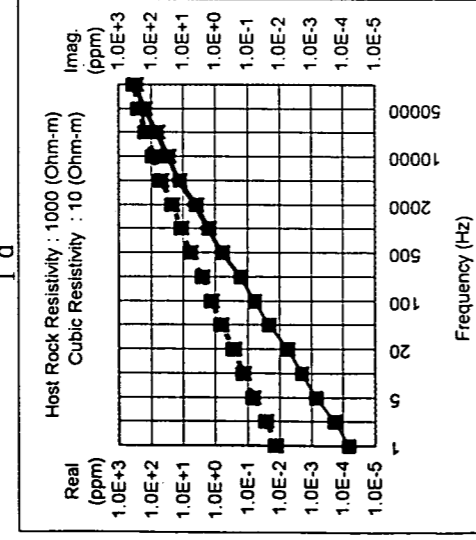
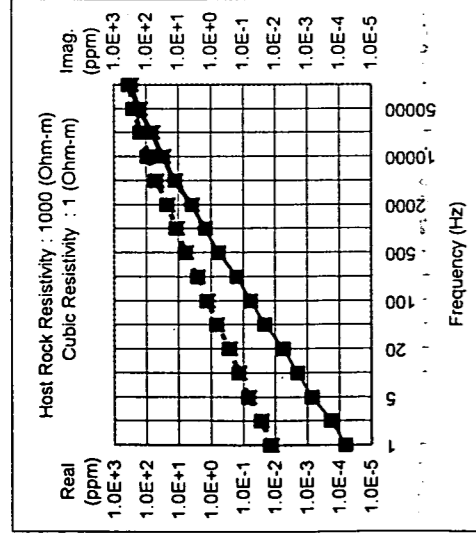


図-2b 周波数変化に対する応答特性(2)

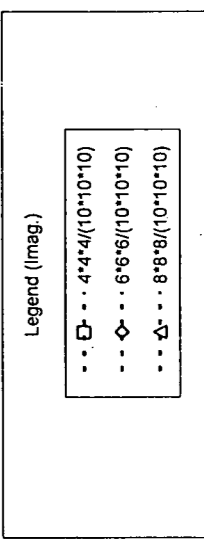
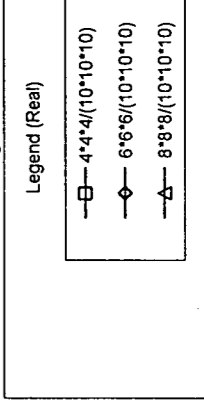
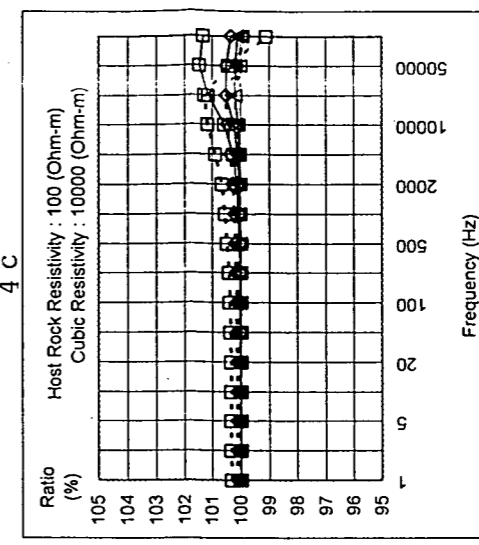
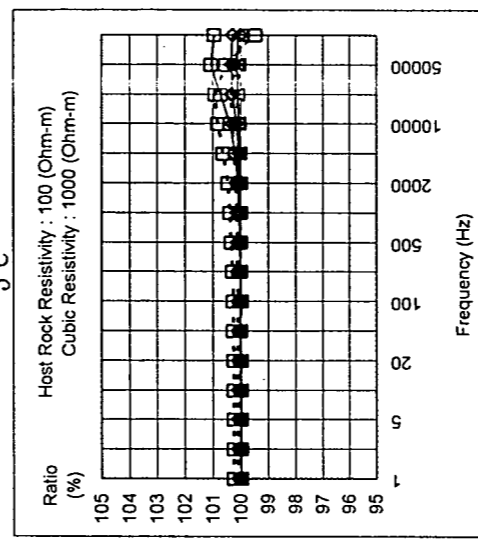
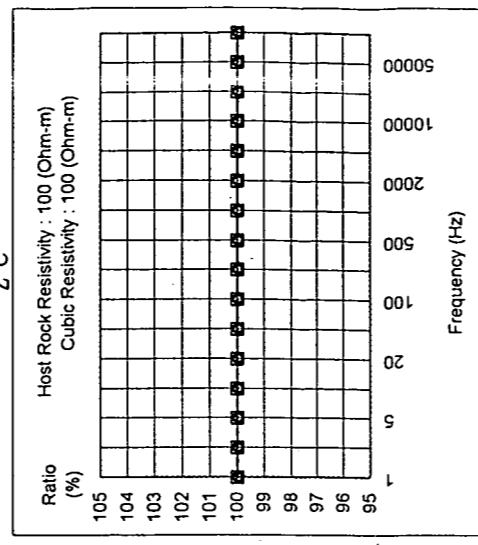
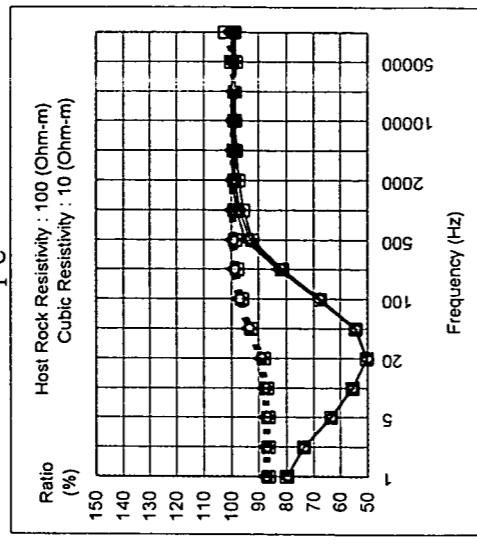
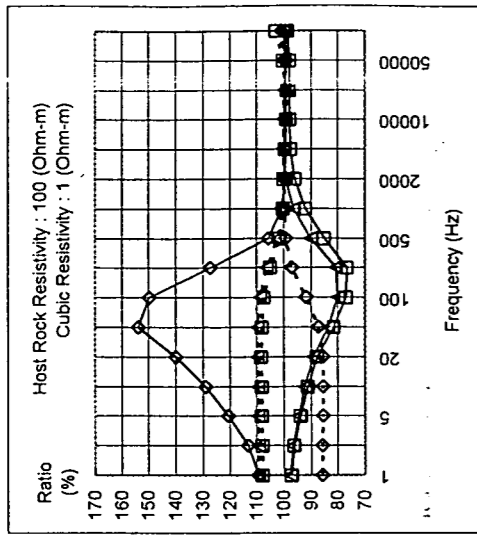
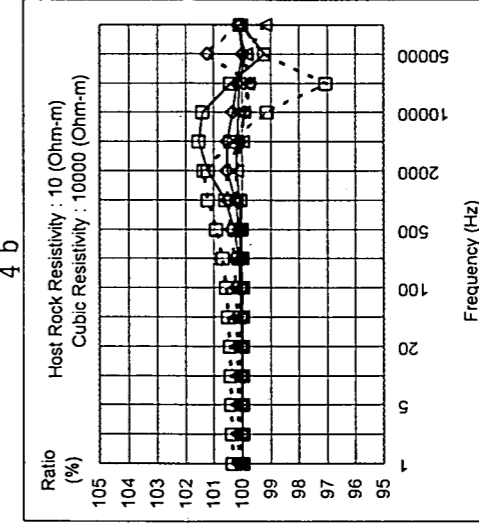
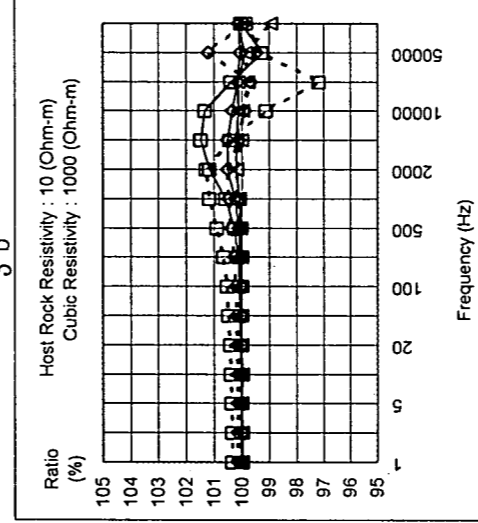
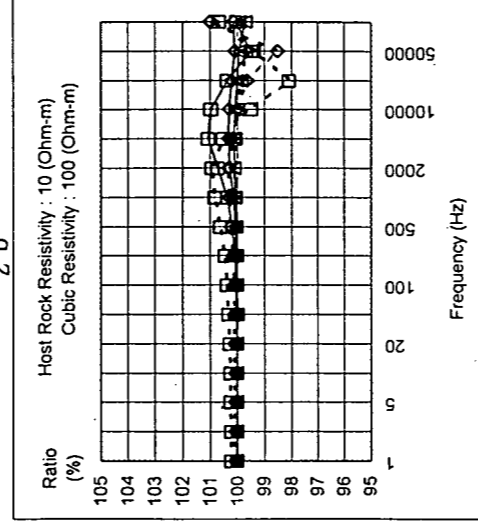
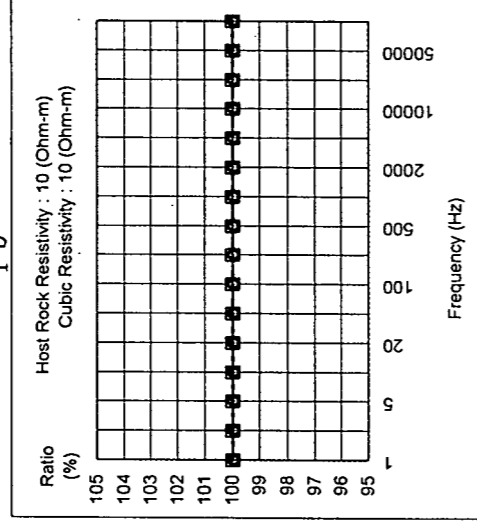
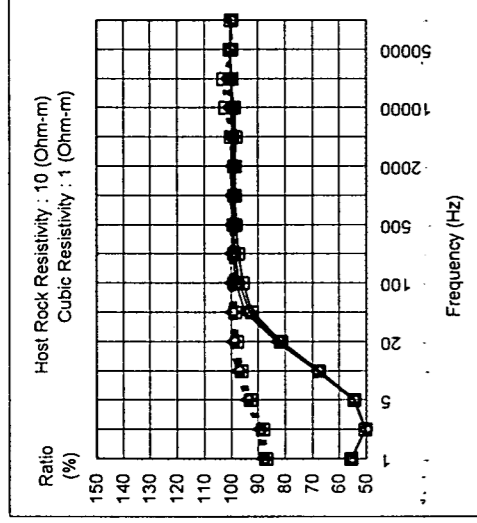
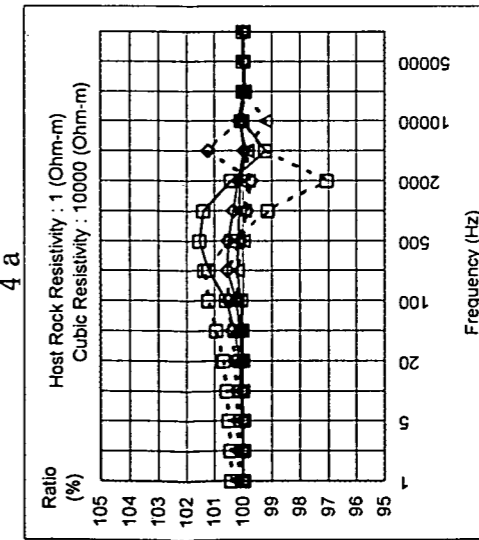
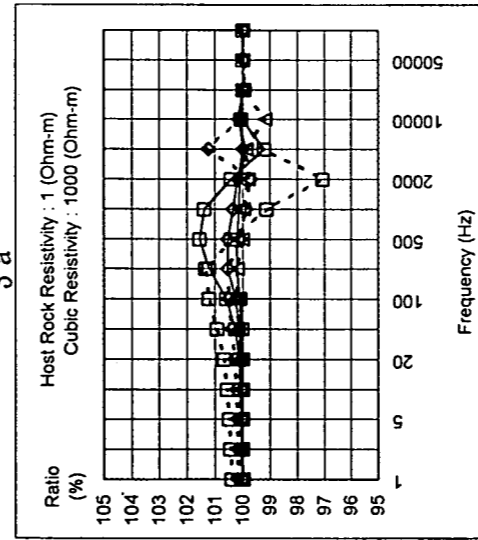
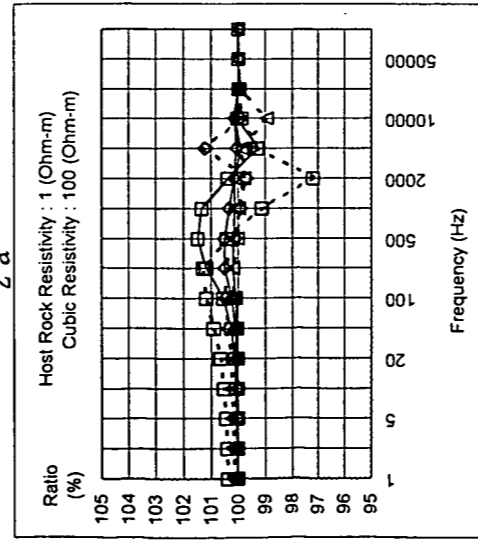
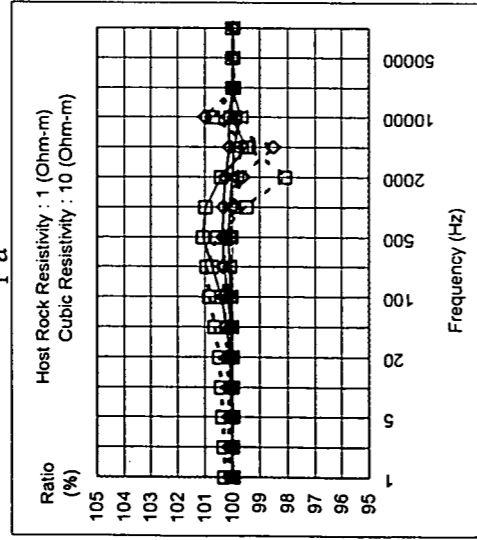
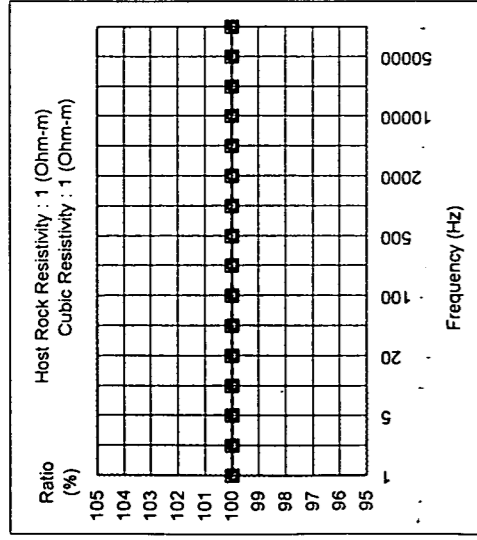
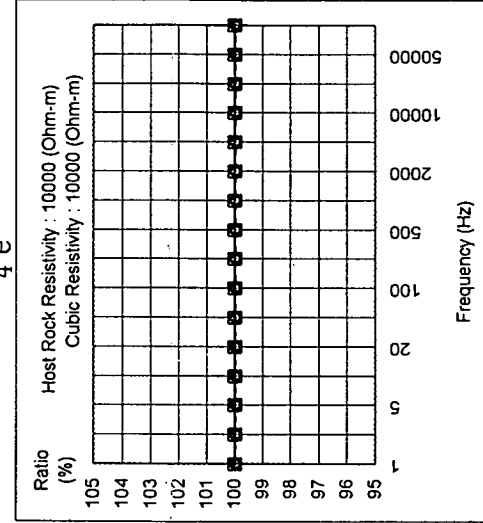
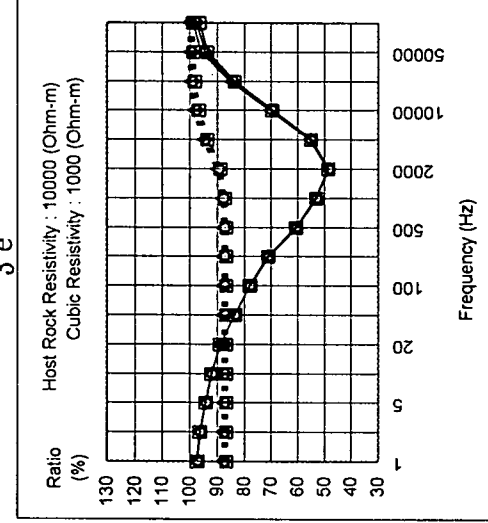
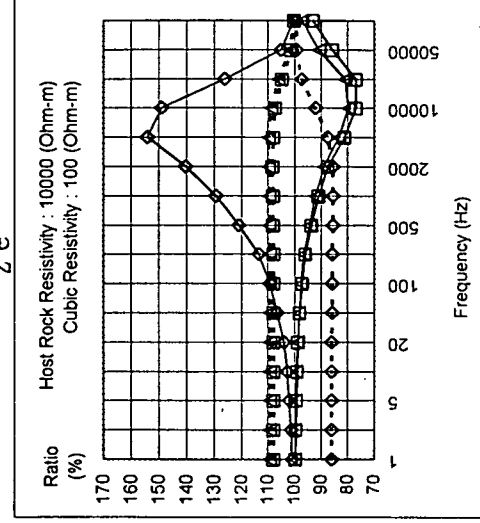
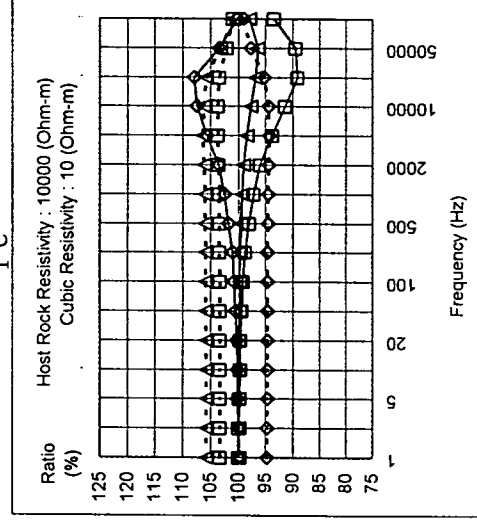
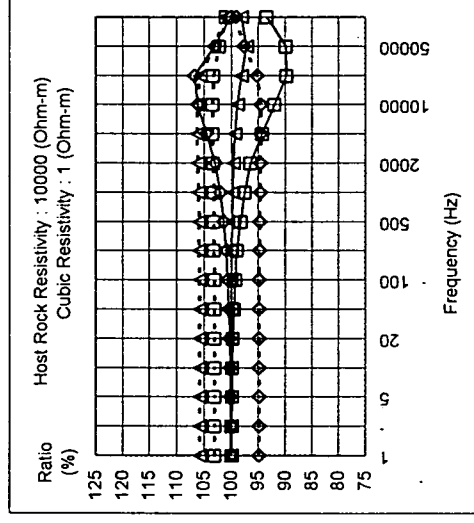
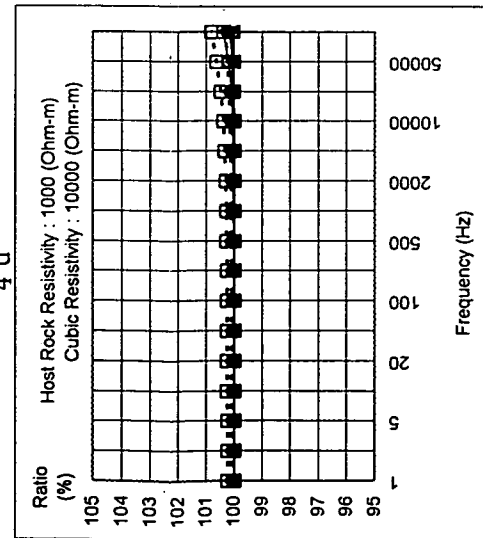
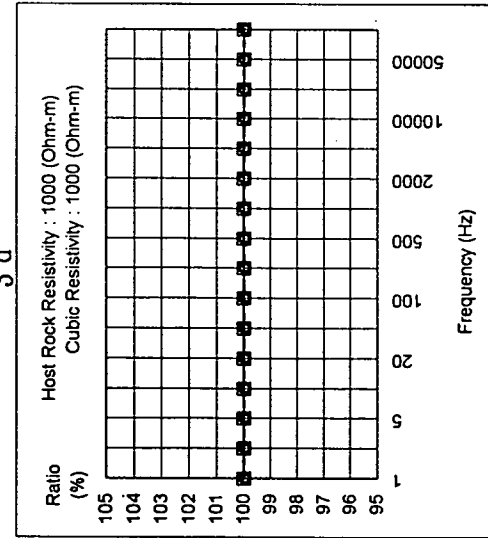
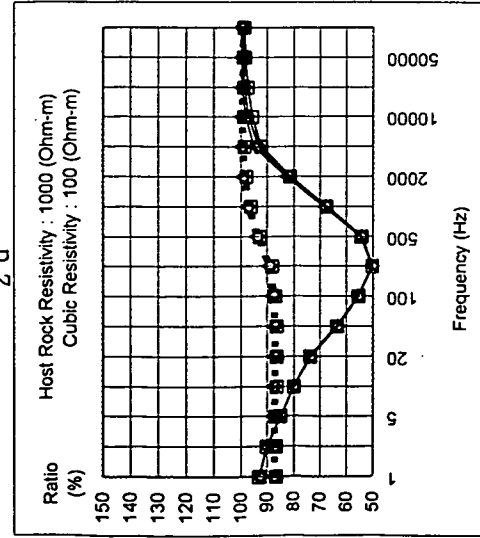
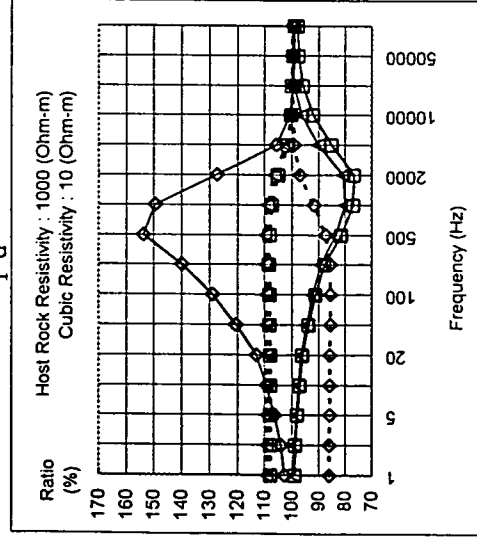
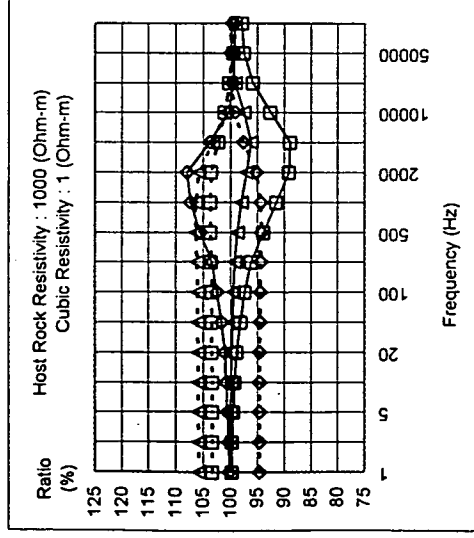
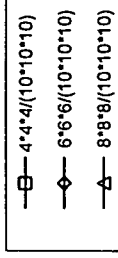


図-3a 収束特性(1)



Legend (Real)



Legend (Imag.)

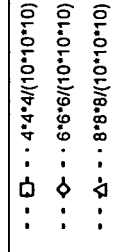
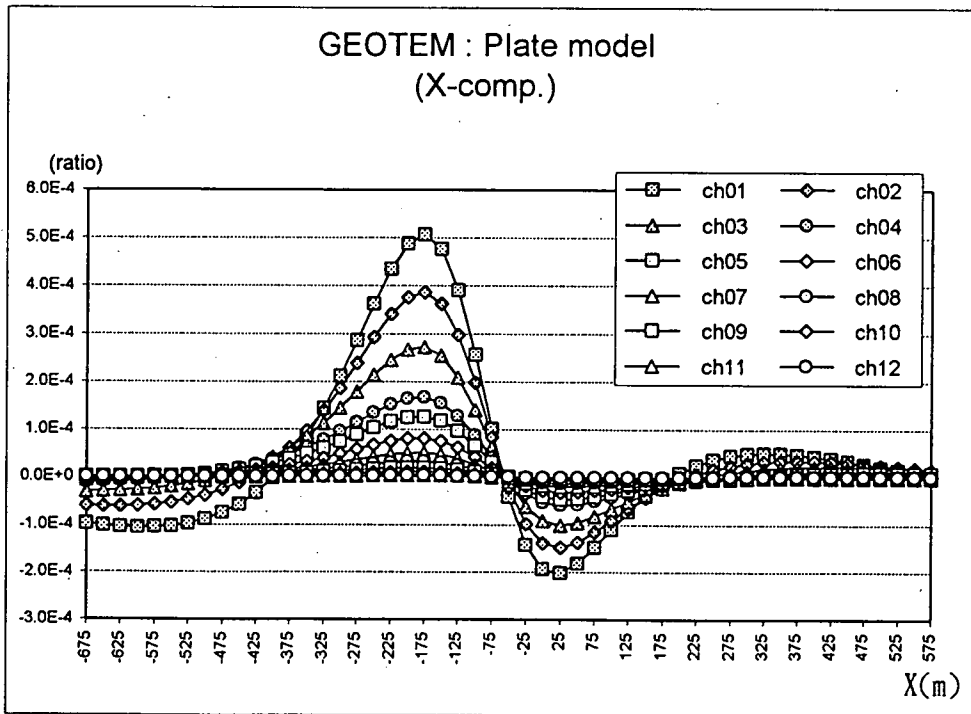
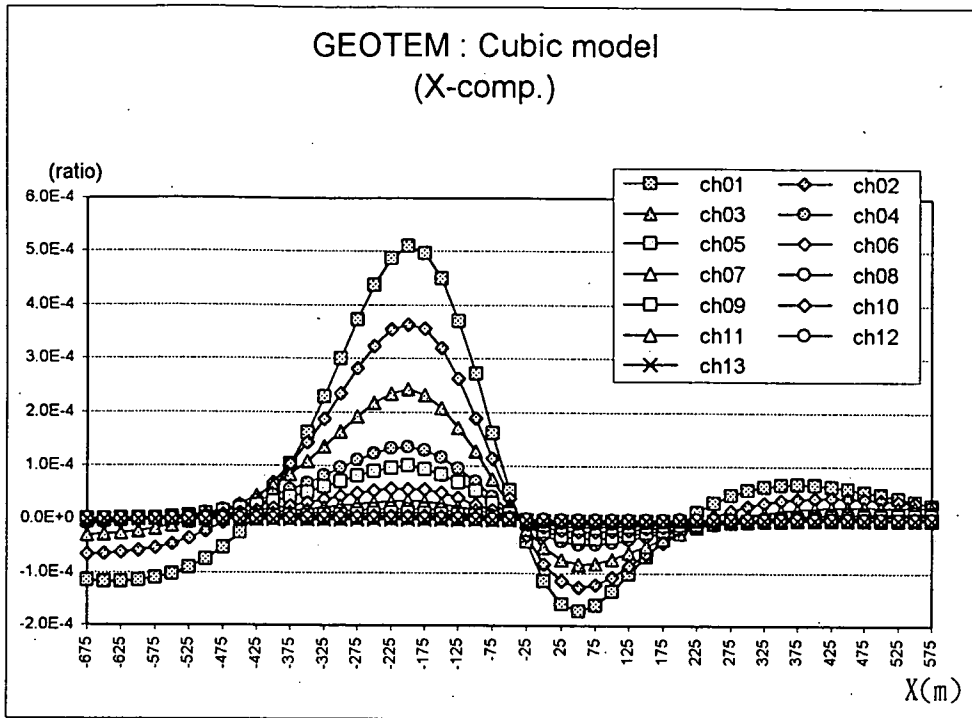


図-3b 収束特性(2)



**Cubic model**

**Plate model**



**図-4 時間領域空中電磁法応答例**



## B-5 カナダ・アサバスカ地域における物理探査技術の高度化

担当：茂田

1. はじめに

カナダ・アサバスカ地域（図1）では、1975年にキーレイク鉱床が発見され、当該地域の不整合関連型鉱床における、鉱体と石墨質層の密接な関係が初めて認識された<sup>1)</sup>。その後、これを地質・物性モデルとした探査が活発に展開され、シガーレイク、マッカサーリバーをはじめとする数多くの鉱床・鉱体が発見されてきた。ここで想定されたのは、

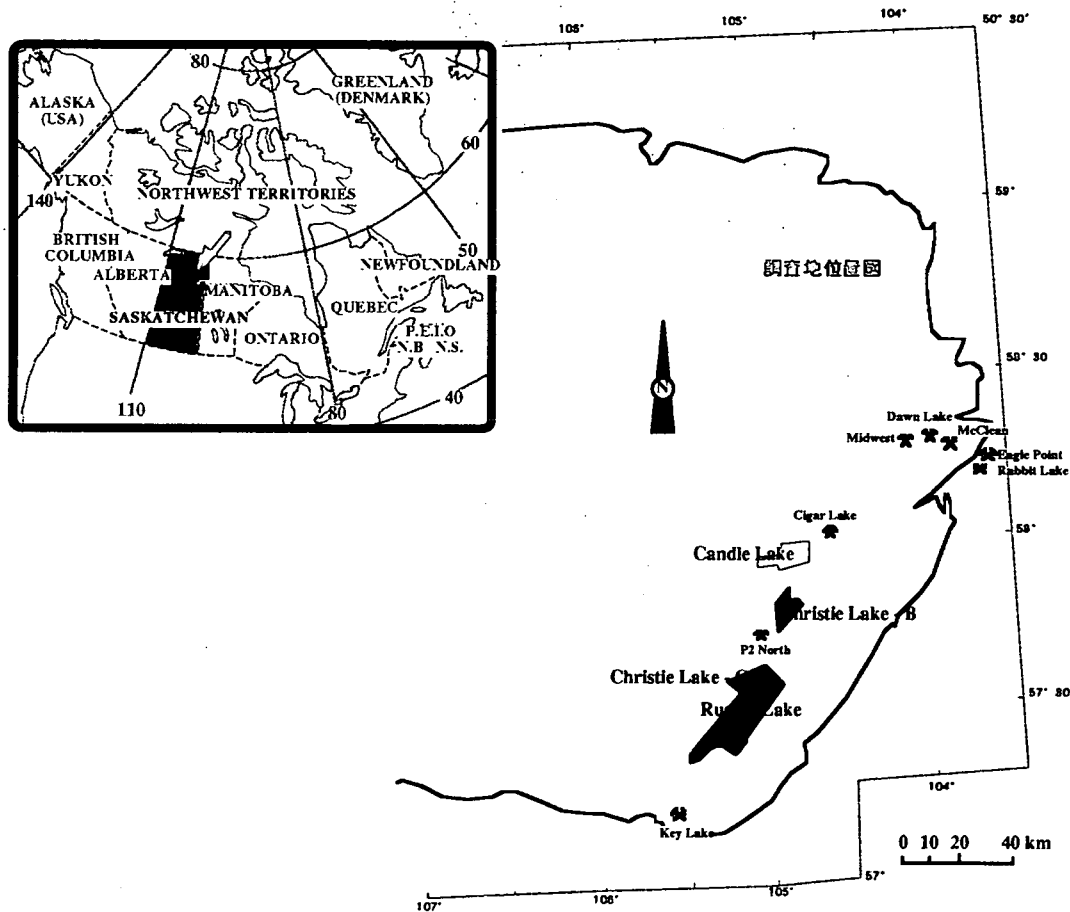


図1 アサバスカ東部プロジェクト位置図

垂直に近い石墨に富む層準と不整合の交会部付近に鉱体が胚胎されるというモデルである。

石墨質の層準は地球物理学的には板状のコンダクター（電気良導体）であり、その頂辺の上方に、各種の電磁探査法で線状の異常が検出される。この線状異常から推定されるコンダクター頂辺はコンダクター軸と呼ばれ、コンダクター軸近傍の不整合付近を試錐で評価するのが、この場合の探査の基本である。

一方、マクリーンレイクプロジェクト中最大の鉱体であるSue C 鉱体は、コンダクター軸から100 m 弱離れた位置（オフコンダクター）に発見された。この事実は、経済性のある鉱体が、これまでの探査手法で絞り込まれる範囲の外に存在する可能性を示唆している。この様な鉱体をオフコンダクター鉱体と呼ぶことにする。（図2）

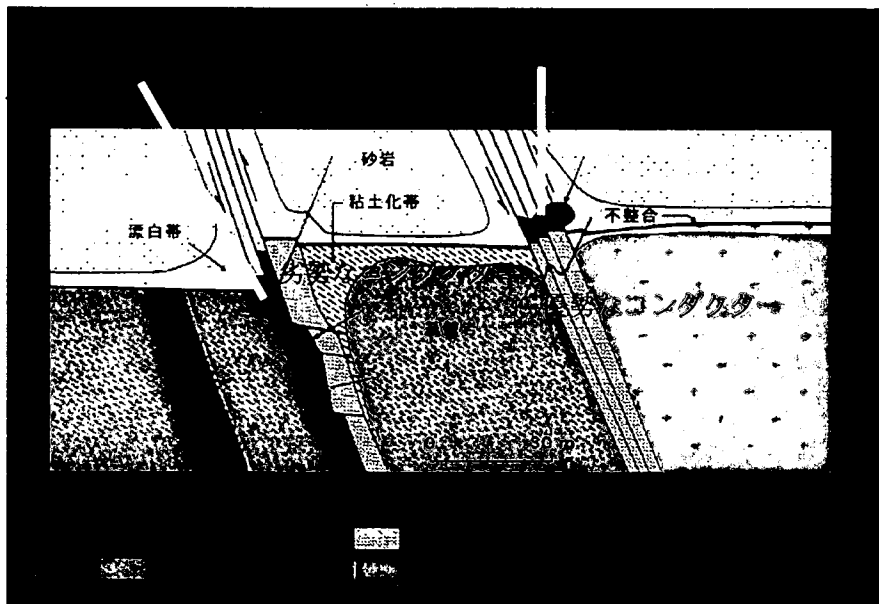


図2 オフコンダクター鉱体概念図

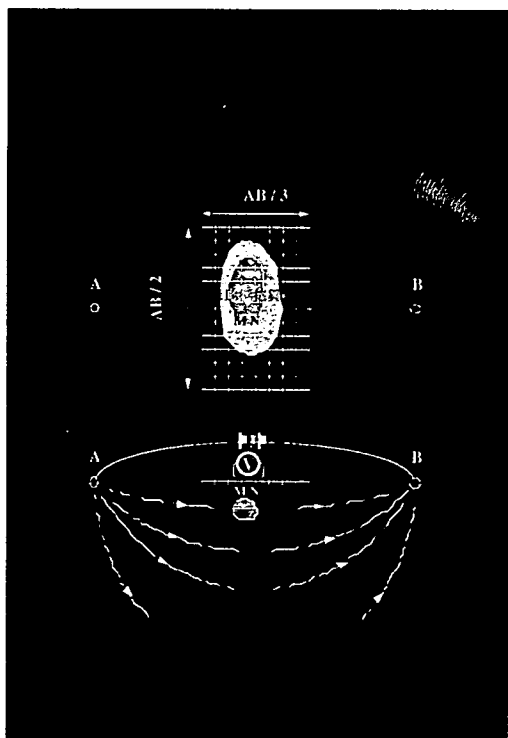


図3 矩形電極配置比抵抗マッピング

しかしながら、Sue C 鉱体上に異常を検出した探査手法は、これまでの所、矩形電極配置（図3）を用いた直流比抵抗マッピング（以下DC-R）のみであり、また、その原因も不明であることから、オフコンダクター鉱体の探査は手法を模索する段階にあると言える。

なお、DC-R以外に用いられた探査手法としては、HLEM, VLF-EM, 周波数領域空中電磁探査法（Dighem）等がある。

また、PNCのクリスティーレイクプロジェクトでは1989年にきわめて優勢な鉱化帯の発見後、引き続き物理探査、試錐探査が実施され、これまでに2つの高品位鉱体が確認されている。この探査の進展に伴い、その地質構造は当初考えられていたのとは比べずと複雑であることが分かってきた。こ

れは、今後同プロジェクトで、複雑な構造を考慮した解析が必要であることを意味するばかりでなく、これまで比較的単純な構造を仮定して探査されてきたアサバスカ地域全般について、複雑な構造を考慮した物理探査技術による見直しで、さらに多くの新たな発見がある可能性を示唆している。

このように、近年、その複雑さが顕在化しつつあるアサバスカ地域の探査対象への対応を目的として、物理探査技術の高度化を図る。

## 2. 平成6年度作業

本研究開発は、ウォーリープロジェクト、クリスティーレイクプロジェクト等の探査現場からデータを取得し、また、その解析結果を探査にフィードバックしつつ進めている。平成6年度は本件の初年度として、アサバスカ地域における物理探査の現状と課題を検討したが、その概要は、上述の通りである。

また、課題の解決に向けての試みとして、以下の通り、DC-Rについての検討と固定ループ電磁探査法についての新たな手法を試みた。

DC-Rに関しては、この探査手法の特性を明らかにし、探査・解析の最適化を検討する目的でシミュレーションを実施した。

また、固定ループ電磁探査法に関しては、平成6年度冬期にキャンドルレイクプロジェクトおよびクリスティーレイクプロジェクト・ラッセル地区で実施した探査において、通常測定される磁場（の変化）の垂直と測線方向水平成分に加えて、測線と直行する水平成分を測定した。これは主に、コンダクターの走向についての情報を補強するための試みであり、構造がより複雑な場合でも正確な解釈を可能とすることが期待できる。この件については、平成7年度のデータ解析後報告する。

## 3. DC-Rの特性に関するシミュレーション

### 3. 1 Sue C 鉱体地区におけるDC-R異常の原因についての可能性

Sue C 鉱体についてDC-Rのみが異常を捉えた原因として以下のような事が考えられる。

- ・DC-Rの分解能が高く、Sue C 鉱体に接する劣勢なコンダクターを主コンダクターから分離抽出した。
- ・DC-Rは深部の比抵抗異常に対して、感度・分解能が悪く、比較的浅部の異常を抽出しやすかった。すなわち、基盤中の優勢なコンダクターに妨げられることなく、砂岩中の変質帯を捉えた。
- ・定常電場に対しての比抵抗と電磁誘導に対する比抵抗は、マクロには異なる事が考えられる。定常電場に対して、Sue C 鉱体に関連するコンダクターが、主コンダクターに比較して、より低比抵抗であった。
- ・Sue C 鉱体に関連するコンダクターと主コンダクターの形状の違いにより、一方はDC-Rに対する応答が強く、他方はHLEM等の電磁探査法に対する応答が強かった。すなわち、垂直板状の主コンダクターに対して、Sue C 鉱体に関連するコンダクター

が塊状の変質帯のみであるような場合である。

これらの可能性について検討するため、3. 2に示す例の様なモデルについて、2次元シミュレーションを実施した。ただし、定常電場と電磁誘導に対する比抵抗特性の違いは、Sue C 鉱体等の岩石資料についての調査が必要で、シミュレーションでは検討できないため、除外した。また、コンダクターの形状の違いによる応答の違いについても、塊状のコンダクターに対して感度の良い Dighem についても Sue C 鉱体上に異常を検出していないため、除外した。

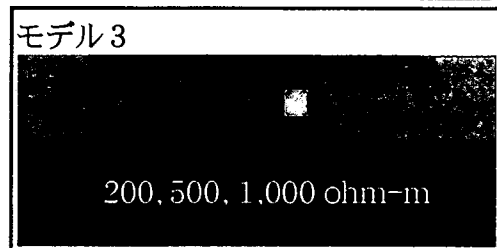
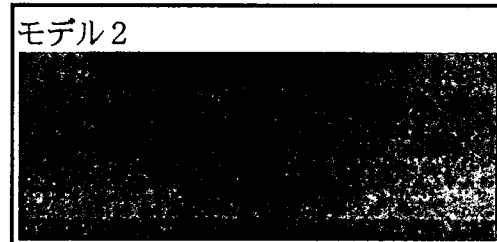
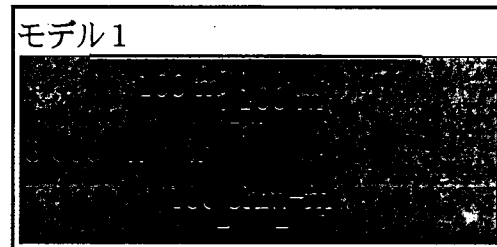
### 3. 2 シミュレーションモデル

全モデルについて電極配置は、Sue C 地区で実際に使用された探査仕様に従い、電流電極間隔 1,200 m、電位電極間隔 12.5 m の傾度法配置とした。ちなみに、矩形電極配置は 2次元シミュレーションにおいては傾度法電極配置となる。

モデル 1 : 横 10 x 縦 200 m、比抵抗 100 ohm-m のコンダクター 2 枚が、比抵抗 3,000 ohm-m の半無限媒質中に、深度 100 m で 100 m 離れて存在する。Sue C 鉱体付近の不整合深度を想定した、基盤内コンダクター分離の可能性を検討するためのモデルである。

モデル 2 : 横 10 x 縦 10 m、比抵抗 100 ohm-m のコンダクターが、比抵抗 3,000 ohm-m の半無限媒質中に、10 m から 100 m の深度で存在する。低比抵抗異常体に対する深度による分解能の違いを見るためのシミュレーションである。

モデル 3 : 横 10 x 縦 10 m で、比抵抗が 100 ohm-m と 2,000 ohm-m のコンダクターが、2層構造中の第 1 層中に存在する。1層目の層厚は 30 m、比抵抗は 500 ohm-m とし、2層目の比抵抗を 200, 500, 1,000 と変化させる。



### 3. 3 結果

モデル 1 : 結果を図 4 に示す。深度 100 m で水平方向に 100 m 離れて存在する 2 つのコン

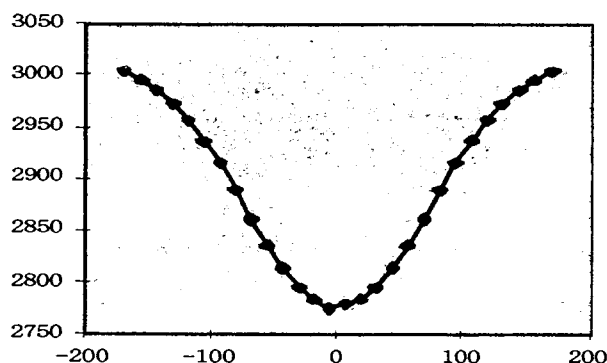


図 4 モデル 1 シミュレーション結果

ダクターは全く分離されないことが明らかである。

モデル2：図5は、横軸を異常体の上部深度、縦軸を観測される低異常比抵抗異常ピーク（トラフ）と媒質比抵抗（3,000 ohm-m）の半値巾としてある。分解能は当然深部に向かって低下し、その関係は今回のシミュレーションの深度範囲では、2次曲線（実線）できわめて良く近似される。ここで重要なことは、1,200 m と大きな電流電極間隔を採用しているにも係わらず、浅部の2次元異常体は強くシャープな異常として捉えられ、深部に向かって急激に分解能が低下するという点である。なお、HLEMはこれとは対照的で、深部探査のために周波数を下げるとともに送受信間隔を広げた場合、分解能は送受信間隔に比例して低下し、低比抵抗異常ピーク（トラフ）の中について、異常体の深度による差はない。

モデル3：モデル2の結果からも分かるように、DC-Rでは、短波長の異常は浅部の異常体に起因する物であることから、重力探査等と同じように長波長除去フィルターにより広域的な変化を除去し、また、短波長除去フィルターにより、地表付近のノイズを低減することが出来ると考えられる。しかしながら、重力値が地下の密度構造（分布）について、線形であるのに対して、生の見かけ比抵抗値は比抵抗構造（分布）について、非線形である。この問題についてモデル3で検討した。モデル3では同じ浅部比抵抗構造（分布）に対して、深部の比抵抗を3通りに変化させている。この結果は図6の通りであるが、これに長波長除去フィルターを作用させた場合、抽出される浅部の異常は、図7に見られるように、深部の比抵抗が大きい場合ほど大きく現れる。すなわち、生の見かけ比抵抗値にたいするフィルター処理では、バックグラウンドの見

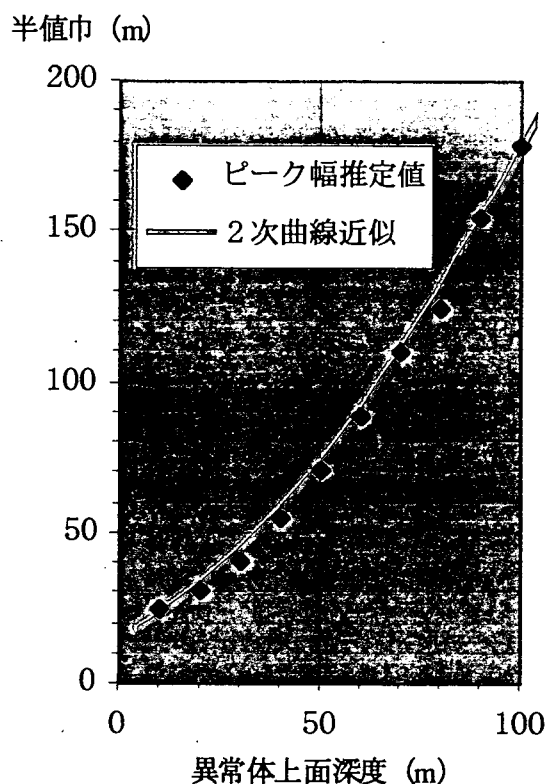


図5 モデル2シミュレーション結果

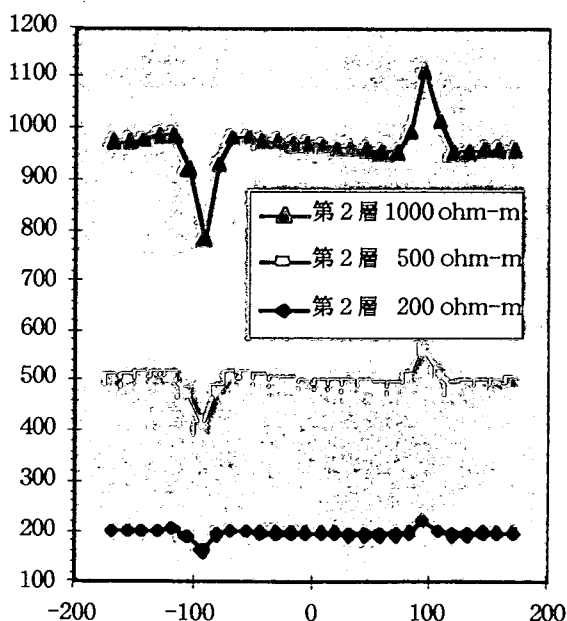


図6 モデル3シミュレーション結果

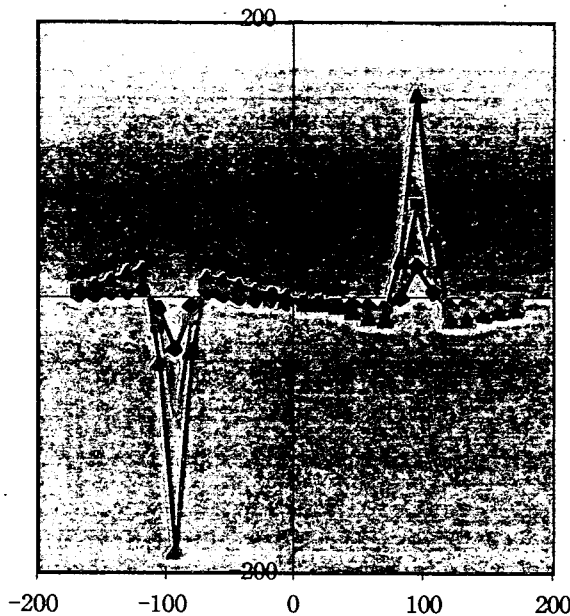


図7 モデル3シミュレーション結果に対する長波長除去フィルター処理結果

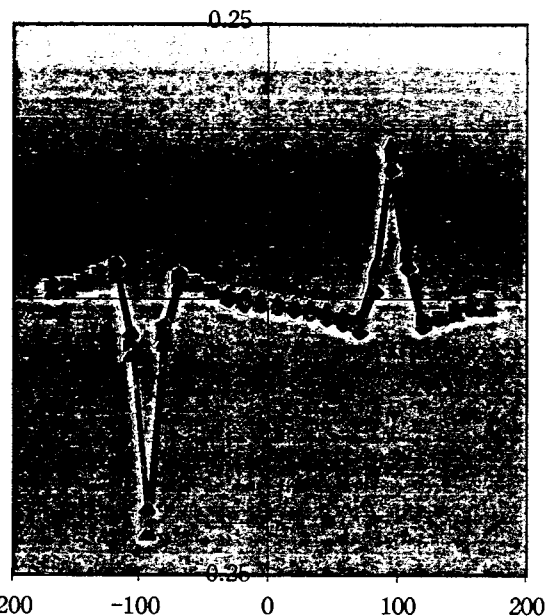


図8 モデル3のシミュレーション結果の対数に対するフィルター処理結果

かけ比抵抗が高いほど浅部の異常は強調されてしまうことになる。一方、図8は同じモデルのシミュレーション結果の対数に対して、先と同じフィルター処理を施した結果である。この場合、抽出された浅部異常はどれも同じとみなして差し支えない。このモデルでは、深部の比抵抗を変化させたが、それ以外の原因、例えば電流電極間隔を変えたり、広域的な電流チャネリング等により、バックグラウンドが変化する場合でも、結果は同じであると思われる。これらについて、まだ、シミュレーションによる確認はしていないが、次のテスト探査に実例を示す。

#### 4. テスト探査

平成6年9月にウォーリープロジェクト（オペレータ：コジエマ）のムーンライトグリッドとレインボーセントラルグリッド（図9参照）で、DC-R探査が実施された。このうちムーンライトグリッドでは、一部測線について、2種類の電流電極間隔で、テスト探査が実施された。なお、電位電極間隔は25m、電流電極間隔は、4,940mと2,500mであった。

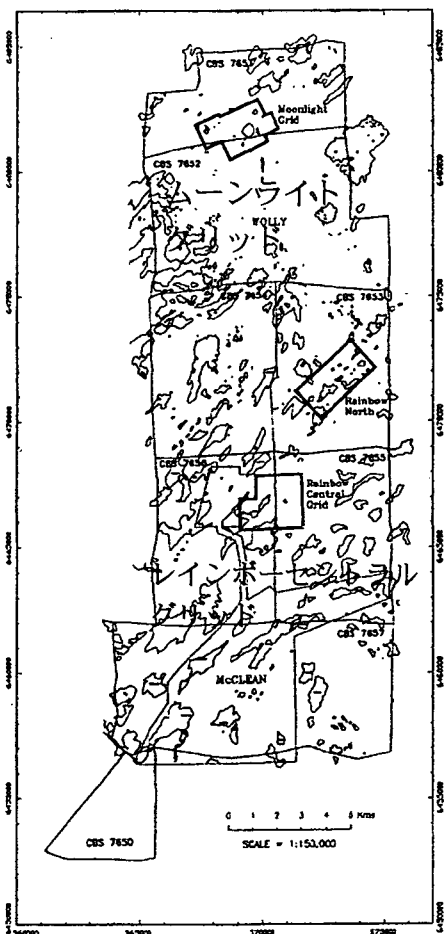


図9 ウォーリープロジェクトグリッド位置図

この結果を図10に示す。電流電極間隔の違いにより、測定値は全く異なっている。この原因として、電流電極間隔の違いによる探査深度の変化や、広い方の電極付近を通過するコンダクターによる広域的な電流チャネリング等が考えられるが、このデータだけから、原因を特定することは出来ない。それはさておき、これらの測定結果の対数を取り、そのうえで、浅部異常を抽出するためのフィルター処理を施した結果を図11に示す。この結果から、電流電極間隔に係わらず、浅部比抵抗構造の抽出が可能であることが分かる。なお、電流電極間隔4,940 mについては、低比抵抗部分で、測定電圧が小さく、S/N比が十分でない。処理結果の若干の食い違いはそのための測定誤差による可能性が高い。

なお、ここで使用したフィルターのパラメーターは、波長1600 mからコサインカーブでロールアップし、400 mで100%通過、100 mからロールオフし、50 m以下の波長は遮断する、バンドパスフィルターである。図12はこのフィルターパラメーターを決定する際に実施したテストで、Sue C 鉱体を横切るDC-R プロファイルとそれに対してフィルター処理を施した結果である。この図で、Sue C 鉱体上の異常は完全に保存されたまま、それ以外の長短波長成分が減衰していることが分かる。ムーンライトグリッドではSueゾーンより、基盤深度が浅いため、フィルターも若干短波長よりセットしてある。

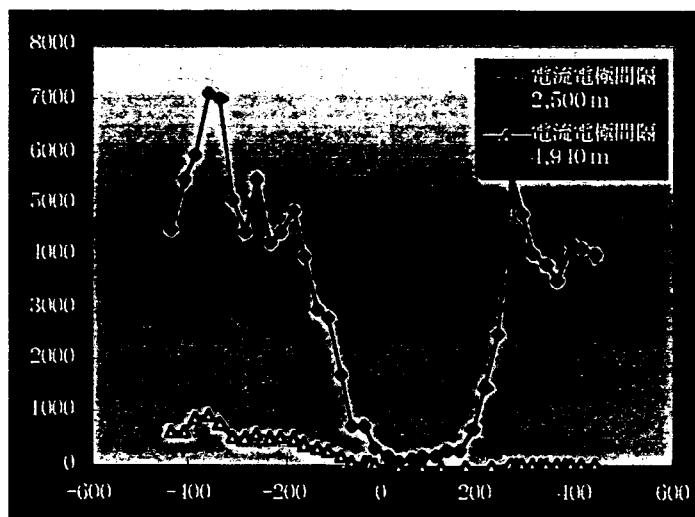


図10 電流電極間隔による測定値の変化

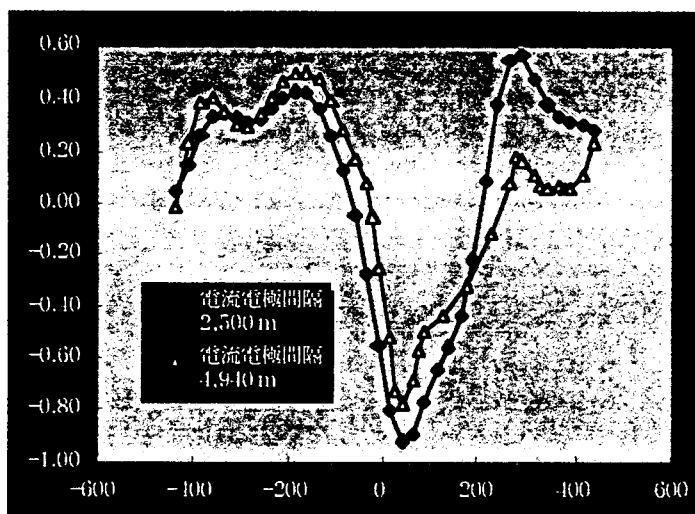


図11 フィルター処理による浅部構造の抽出効果

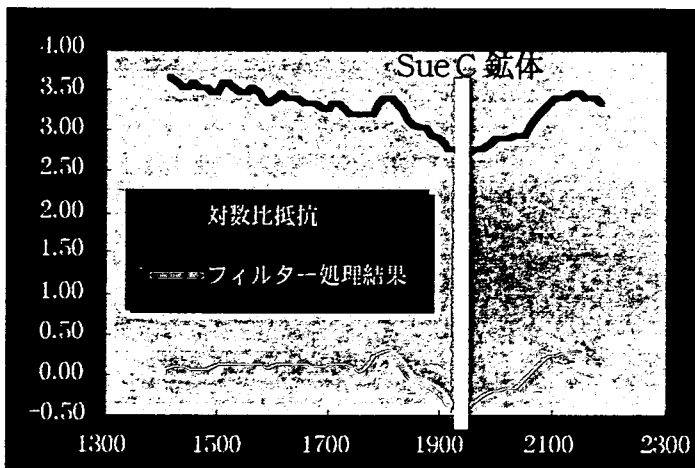


図12 Sue C 鉱体上でのフィルターテスト



## 5. まとめと今後の課題

DC-Rについてのシミュレーションの結果、以下のことが明らかとなった。

- ・DC-Rに、Sue C 鉱体付近の基盤内主コンダクターとそれから 100 m 弱離れたサブコンダクターを分離する分解能はない。
- ・DC-R では、浅部の異常が、広い電流電極間隔を用いても短波長の比抵抗異常として現れるので、フィルター処理により、深部の影響等から分離抽出できる。このことを利用して、十分な S/N 比を確保できる範囲で、電流電極間隔を広くとることにより、探査の効率を上げることが出来る。ただし、フィルターは生の見かけ比抵抗ではなく、その対数に対して適用しなくてはならない。このことの妥当性は、ウォーリープロジェクトのテスト探査の結果からも裏付けられた。

以上にに基づき、平成6年9月に実施されたウォーリープロジェクトのムーンライトグリッドおよびレインボーセントラルグリッドのDC-R探査結果のデータ処理を行い、平成7年5月の技術・管理委員会で、コジエマに対して、データ処理および試錐位置の選定についての提言を行った。

ちなみに、コジエマは生の見かけ比抵抗に対して、フィルター処理を実施しており、その結果はPNCの解析結果と明らかに食い違っていた。なお、平成7年冬期に実施された試錐結果は、PNCの解析結果により総合的であった。

DC-Rは深部のコンダクターに対して分解能が悪く、浅部の変質帯を検出しやすい特性を持つと考えられる。従って、基盤内の強いコンダクターの影響を除去できる探査手法であれば、オフコンダクター鉱体の探査に有効である可能性が高い。

平成7年度は、この観点から、各種探査手法（例えば、より狭い送受信間隔のHLEM）についてシミュレーションを核として有効性を検討し、より効率の良い探査モデル（フロー）の構築に共する。

なお、電磁探査シミュレーションプログラムについて3次元のプログラムを今年度導入したので、これにより、より現実に近いモデルを扱える様になった。（本年報B-4参照）

固定ループ電磁探査法については、3軸測定を利用して、より複雑な構造に対応した解析が可能であるかどうか、実際の探査データおよびシミュレーションにより検討する。

## 6. 参考文献

- 1) McMullan, S.R., Matthews, R.B., and Robertshaw, P., (1989): Exploration Geophysics for Athabasca Uranium Deposits, Proceedings of Exploration '87: Third Decennial International Conference on Geophysical and Geochemical Exploration for Minerals and Groundwater, Ontario Geological Survey, Special Volume 3

## B-6 東濃地域の地質と環境放射線の関連性に関する研究

## 1. はじめに

原子力安全委員会の策定した国の環境放射能安全研究年次計画（平成3～7年度）においては、研究分野の一つとして環境放射線による国民線量評価に関する研究が挙げられており、一般公衆が生活環境における天然放射性核種を含む各種放射線源について、国土全般についてその強度分布や特性の把握が重要となっている。

東濃地科学センター技術開発課ではこの計画に基づき、「地質と環境放射線の関連性に関する研究」を平成2年度より実施している。

平成6年度においては、平成5年度作成した「国内カーボンデータに基づく地質と環境放射線の関連性評価」データ及び技術開発課が開発した線量計測システムデータをもとに、「東濃地域における等吸収線量率図」を作成し、本地域における地質と環境放射線の関連性を明らかにした。

本年報ではその成果の概要について報告する。成果の詳細は報告書「東濃地域における地質と環境放射線量の関連性評価（PNC TJ7409 94-005）(株)ペスコ契約業務報告書」にまとめられている。

## 2. 作業の手順

作業にあたっては、以下に示す手順で行った。

### 2.1 等吸収線量率図の作成

東濃地域における地質と環境放射線量の関連性を評価するための試料として、先ず等吸収線量率図を作成した。その作成範囲と対象としたデータは以下のとおりである。

(1)作成範囲：1/5万地形図 「美濃加茂」「瀬戸」「明智」（国土地理院発行地形図）  
（対象面積 約 850km<sup>2</sup>）

(2)対象データ：

①「国内カーボンデータに基づく地質と環境放射線の関連性評価」（平成5年度）  
による東濃地域のカーボン測定データ（延走行距離 141km）の換算データ

②線量計測システムデータ

1/2.5万地形図 「多治見」「土岐」（測定点 419点）

上記①と②の両データが求められている地域については、①のデータを優先した。その結果、等吸収線量率図作成には②については303点を用いた。

### 2.2 カーボンチャートの変換

「等吸収線量率図」を作成するためには、地点毎の情報（測定位置情報及び放射線量値情報）が必要となる。従って、ルート上での連続的な情報であるカーボンチャートを地点毎の情報となるように変換した。

### (1)測定位置情報

測定ルート沿いの 500m毎に吸収線量率値を与える測点を設定した。この測点間隔は、線量計測システムによる測定間隔とほぼ同じである。ルート沿いの位置の計測には 1/2.5万地形図を用い、牛方商会製のエリアカーブメータ (X-PLAN 360d) を使用して 2 cm (実距離 500mに対応) 毎に測点をプロットした。

カーボンの走行距離記録と地形図上での実測値が地形、標高差、道路状況等により一致しない場合には、原則としてルート全体で均等に配分して誤差を修正したが、ルート途中で大幅な地形変化が認められる場合は地質露頭状況等の参考としてルートを分割し、誤差を配分修正した。(表-1 参照)

### (2)吸収線量率値情報

平成5年度作成の「新カーボンチャート」及び「吸収線量率図(新カーボンルートマップ)」を用いて各ルート沿いに 500m毎の吸収線量率単位 (nGy/h) のよみとりを行い、設定された測点の吸収線量率値とした。読み取りは 10nGy/h刻みとし、端数は切上げとした。(表-1 参照)

ルート終点と別の起点が同一と見られる場合は作図上は起点の測定値を採用した。(理論上は測定値は同一となるのが当然であるが、実際上は終点と起点の位置に若干のズレがあったり、測定器やレコーダー固有の誤差が測定値の換算や切上げにより誇張される場合がある。)

## 2.3 測定点のデジタイズ

上記の手順により 1/2.5万地形図上に設定された測点について緯度・経度を測定した。測定は地形図上でのデジタイズにより行った。

線量計測システムデータでは、測定時に GPS(Global Positioning System) により緯度経度が計測されている。しかしながら、今回の作業においては、カーボン換算データとの統一を図るために、1/2.5万地形図に記入された測定点を地形図上でデジタイズして、等吸収線量率図作成の位置情報とした。(表-1 参照)

表-1 カーボンルート沿い吸収線量率及び位置情報(例)

ルートNo. 62				
No.	起点からの km	緯 度	経 度	放射線量値 nGy/h
1	0.0	35° 16' 00" N	137° 09' 10" E	60
2	0.5	35° 16' 11"	137° 09' 05"	60
3	1.0	35° 16' 16"	137° 09' 20"	50
4	1.45	35° 16' 18"	137° 09' 36"	60

## 2.4 等吸収線量率図の作成

デジタイズされた位置情報と吸収線量率情報を合わせて、等吸収線量率図を作成した。

作図には科学計算ソフト「SURFER」を用いて、プロッター出力とした。また、コンターの計算条件として、次のように設定して計算を実行した。

(1)格子点の設定：正方格子（格子間隔 300m× 300m）

(2)格子点の値の計算： $1/R^2$

(3)スムージング：スプライン関数、係数 $X^2$

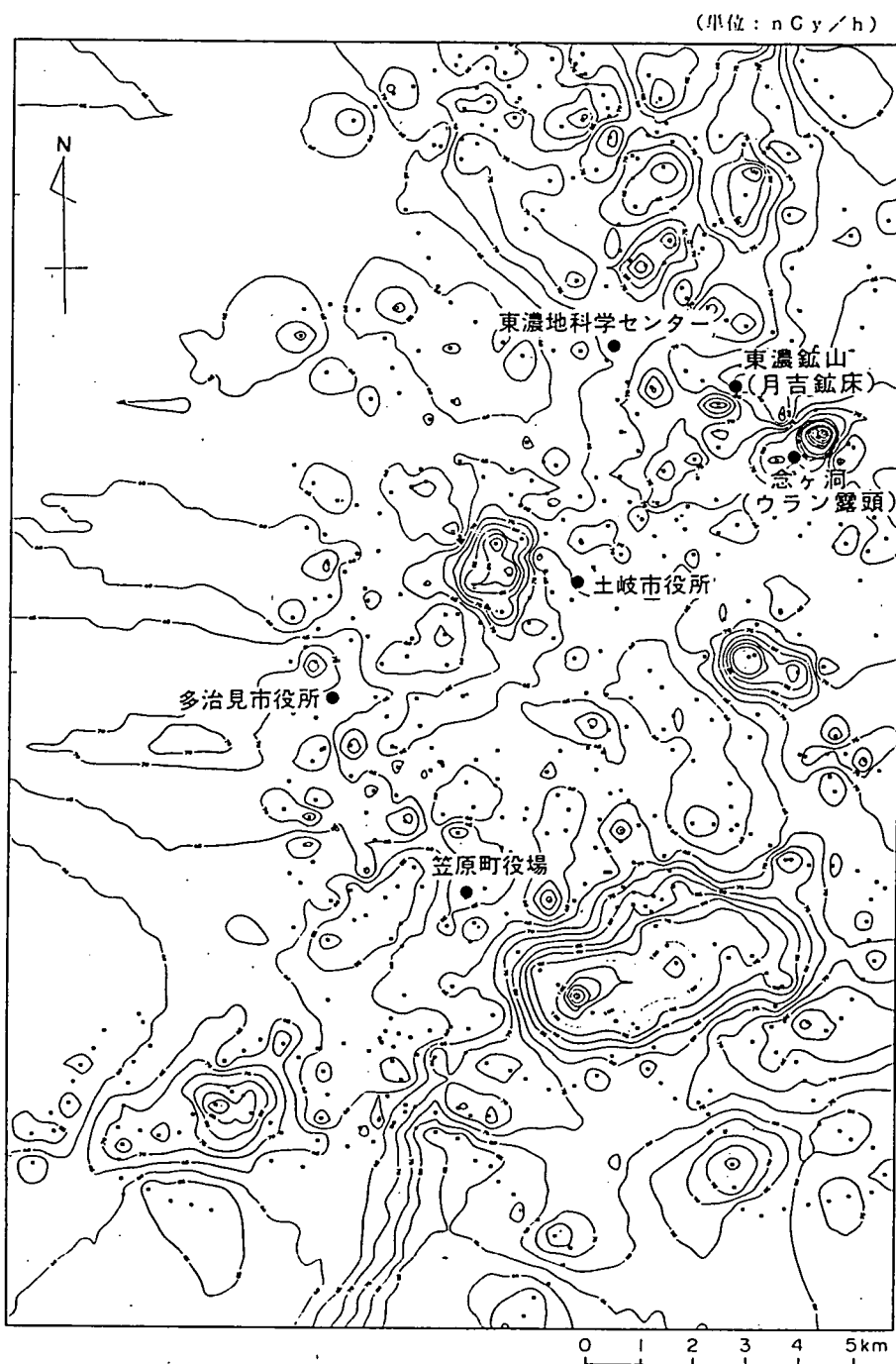


図-1 東濃地域における等吸収線量率図

## 2.5 東濃地域の地質・岩石の露頭写真撮影

地質と環境放射線の関連を検討するに当たり、また本検討結果についての理解を容易にするため、東濃地域地質図の凡例に表示されている地質・岩石露頭の写真撮影を行った。

撮影箇所は29ヶ所で、美濃帯の中・古生層2ヶ所、土岐花崗岩3ヶ所、苗木花崗岩1ヶ所、伊奈川花崗岩（小原花崗岩）1ヶ所、可児夾炭累層4ヶ所、平牧累層1ヶ所、土岐夾炭累層3ヶ所、明世累層2ヶ所、下肥田累層4ヶ所、生俵累層2ヶ所、妻木累層1ヶ所、品野累層2ヶ所、瀬戸層群土岐口累層1ヶ所、瀬戸層群土岐累層1ヶ所である。

表-2 地質露頭写真説明（例）

No.	撮影場所	地質・岩石の説明	1 cm線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
05	岐阜県可児郡御嵩町次月	土岐花崗岩	0.2~0.25
-1	露頭全景	粗粒黒雲母花崗岩露頭	
-2	露頭接写	石英が灰色を呈す。煙石英	



(0.20~0.25  $\mu\text{Sv/h}$ )

05-1



05-2

図-2 地質露頭写真（例）

## 2.6 地質と環境放射線量の関連性についての検討・評価

東濃地域地質図と等吸収線量率図を重ね合わせて、その関連性について検討・評価を行った。

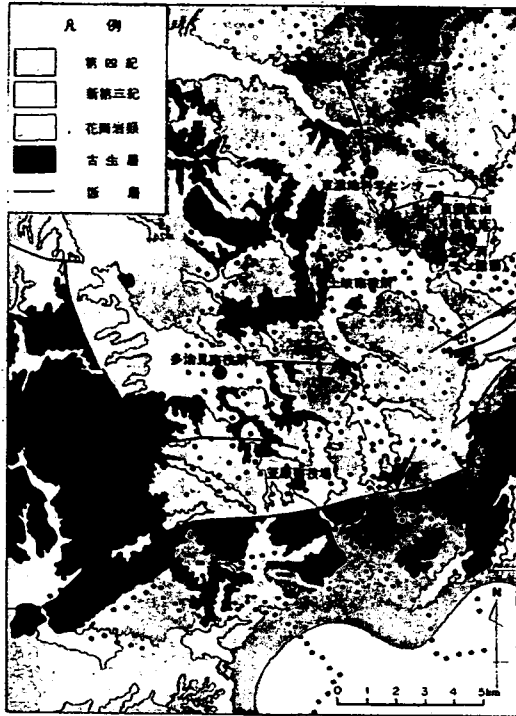


図-3 東濃地域地質と測点位置図

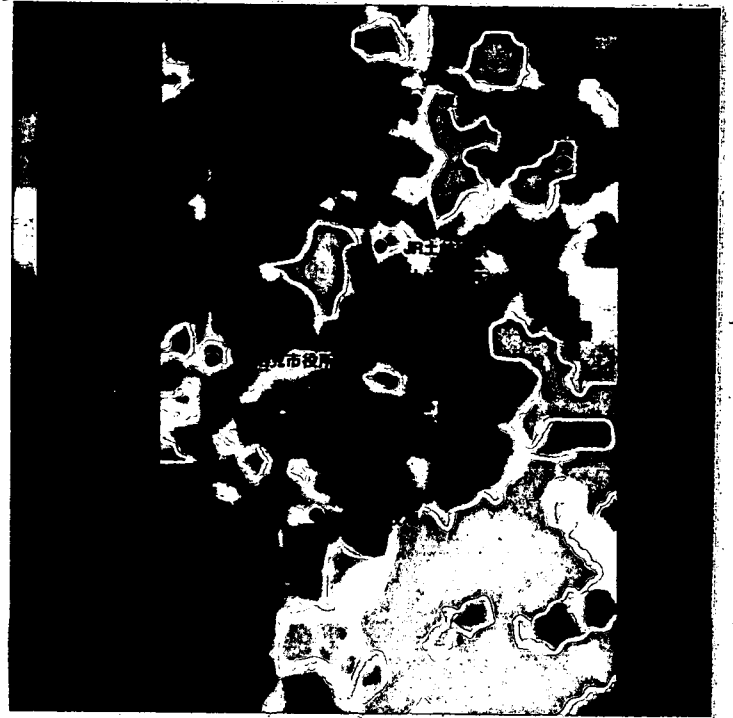


図-4 等吸収線量率図  
(位置情報を基に技術開発課で作成)

### 3. 評価

土岐市北方～土岐市中央地域、土岐市南方～瀬戸市北方地域の解析結果から、以下の様な評価が得られた。

- (1)基盤をなす美濃帯の中・古生層分布域は、65nGy/h以下の吸収線量率を示すのが一般的で、最低値は42nGy/hが記録されている。(平成5年度の調査解析によれば、例外的に花崗岩との接触部で粘板岩がホルンフェルス化しているところと推測されるところで65nGy/hが記録されている。)
- (2)土岐市北方～土岐市中央地域に広がる高吸収線量域は土岐花崗岩分布域で70～75nGy/h以上の値を示す。花崗岩露頭部分では90～130nGy/h程度の値を示す。
- (3)土岐市南方～瀬戸市北方地域の花崗岩は、伊奈川花崗岩及びこれを貫く苗木花崗岩からなるが、屏風山断層の南方に分布する花崗岩は苗木花崗岩が伊奈川花崗岩中に多く貫入、露出しており、今回の調査対象地域内で特に高い値(70～130nGy/h)を示すことが判明した。(平成5年度の解析・評価において伊奈川花崗岩を苗木・上松型花崗岩と比べて低吸収線量率を示すと一括していた)上述のように今回の調査により伊奈川花崗岩でも苗木花崗岩との貫入関係により高い吸収線量率を示す場合もあり、一概に断定できないことが判った。しかし、これより東方、南方に広がる伊奈川花崗岩(研究者によっては小原花崗岩として区分されている)はやや低めの吸収線量率(70～80nGy/h)を示している。苗木花崗岩は70～110nGy/hの範囲の値を示す。
- (4)可児層群、瑞浪層群の諸累層は一般に分布が細長く、周囲の他岩石、地層の放射線量の影響を受けており、全体的な評価は困難で注意が必要である。
- (5)可児夾炭累層、土岐夾炭累層はウラン鉱化作用の進んでいる例外的な部分を除けば、50～70nGy/h程度の値を示すと判断される。(水野夾炭累層は瀬戸北方に分布し、40～65nGy/h程度の吸収線量率を示すことが平成5年度の調査で判明している)
- (6)可児層群、平牧層群(城町部層)は御嵩町城町南方にかなり広く分布することから、比較的低い吸収線量率(60～65nGy/h)を示すと判断される。
- (7)瑞浪層群下肥田累層については土岐市街地及び瀬戸層群分布域に挟まれ、全体として低い吸収線量率(60～65nGy/h)を示す。
- (8)土岐川沿いの沖積層分布域はその上に土岐市、多治見市の市街地を形成しているが、一般に65～70nGy/hの吸収線量率を示す。

結論として、

- (1)中・古生層及び瀬戸層群分布域は一般的に60～65nGy/hのコンターより低い吸収線量率域に位置する。
- (2)花崗岩分布域は一般的に70～75nGy/hのコンターより高い吸収線量率域に位置する。
- (3)可児層群、瑞浪層群の諸累層は50～70nGy/hのコンターの間に位置することが多い。
- (4)沖積層－市街地は65～70nGy/hの吸収線量率域に位置する。



<参考文献>

- 1) 土岐構造盆地の地質と地質構造、構造地質学研究室業績、名古屋大学理学部地球科学教室(1964) : 松沢、植村
- 2) 岐阜県瑞浪市南部・駄知地区の含ウラン層、地質調査所報告第 232号(1969) : 河野、坂巻、井上
- 3) 岐阜県御嵩地区の地質とウランの産状、地質調査所報告第 232号(1969) : 坂巻鈴木、小尾
- 4) 岐阜県瑞浪市日吉地域の地質とウランの産状、地質調査所報告第 232号(1969) : 鈴木、浜地、根本、大久保、尾上
- 5) 岐阜県可児盆地東部の地質とウラン鉱化作用、鉱山地質第39巻79~94(1989) : 小林
- 6) 日本の地質「中部地方Ⅱ」編集委員会編(1988) : 日本の地質 5 中部地方Ⅱ 共立出版
- 7) 瑞浪地域の地質、瑞浪市化石博物館専報 第1号(1980) : 糸魚川

## B-7 放射線防護採鉱技術開発に関する研究

## 1. はじめに

ウランの娘核種であるラドンは不活性気体であり、物質と化学的反応を起こすことがないため比較的容易に物質中を移動することができる。<sup>1)</sup>そのため、ウラン鉱山の坑道壁面のみならず一般環境中においては<sup>226</sup>Raを含有する土壌や壁面などからは相当量が散逸している。その後ラドンは順次娘核種を生成し、その多くは空気中に浮遊する超微粒子（エアロゾル）に付着し坑道内空間に浮遊する。これらは換気などによって減少させることができるが、本質的には壁面からのラドンの湧出を抑制することが鉱山労働者の内部被ばく低減化の観点からは重要である。このためには、壁面からのラドンの湧出を抑制するために適当な塗布剤により壁面を覆う方法が考えられる。また、作業者及び一般公衆の被ばく管理の観点からはこのラドン及びその娘核種を正確に測定評価する技術が必要である。

東濃地科学センター技術開発課では、このラドンの抑制、測定評価技術等に関する研究を社団法人資源・素材学会に委託した。ここでは、ラドン湧出抑制試験及び動的ラドン娘核種試験設備でのラドン娘核種測定技術に係る性能試験に関する研究の概要について報告する。

なお、委託研究の詳細は報告書「放射線防護採鉱技術開発に関する研究（IV）（PNC PJ 7552 95-003）」にまとめられている。

## 2. 成果の概要

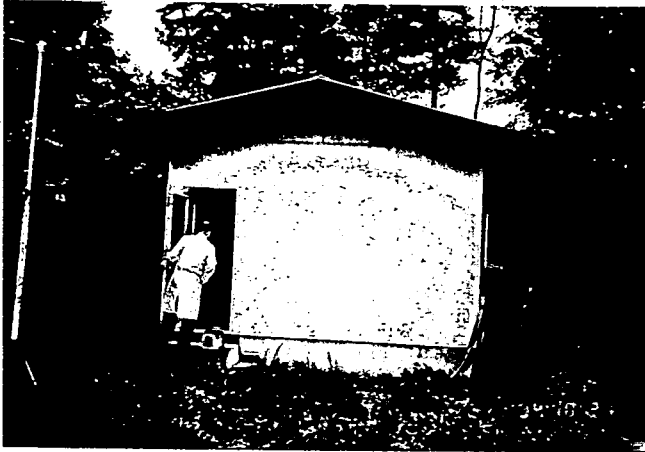
### 2.1 ラドン湧出抑制試験

坑道壁面から湧出するラドンを抑制する目的で、茨城県筑波市の建設省建築研究所のラドン実験建屋（写真-1、図-1）を用いたラドン湧出抑制試験を実施した。

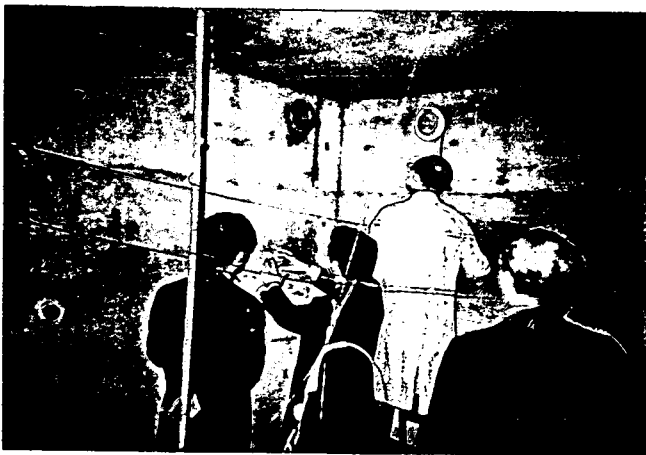
#### (1)試験の方法

抑制剤（ポリウレタン樹脂塗料）の特性を鉱山での実施規模で試験するためには、常時ラドンが壁面より流入している密閉性の高い部屋の壁、床、天井に抑制剤を塗布し、塗布前と塗布後の室内の飽和ラドン濃度を比較すれば可能である。

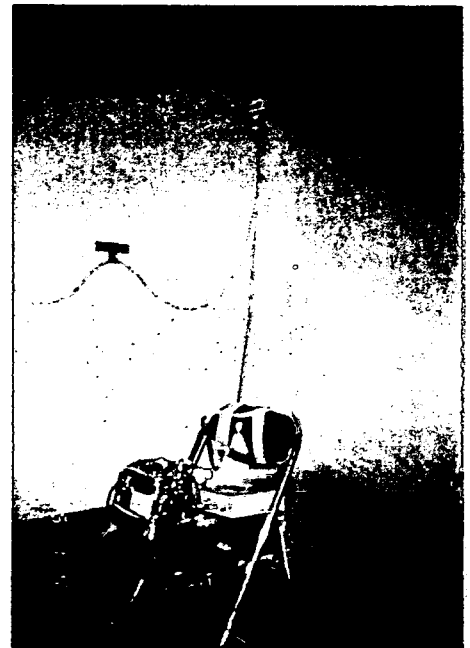
このため、筑波市の建設省建築研究所の構内に作られた仮設建物の地下室部分を利用することとした。この地下室はもともと地下室周辺の土壌より室内に流入するであろうラドンの量と、その変動要因について研究するため建設した施設である。1階部分は鉄骨、木質パネルのプレハブ工法であるが、地下室部分は現場打ちの鉄筋コンクリート造りで床はモルタル仕上げ、壁と天井はコンクリート打放しである。壁の外側表面のうち地表より下の土壌と接する部分にはウレタン塗膜の防水処理が施され、さらに基礎の捨てコンクリートと床スラブの間には厚さ0.2mmのポリエチレンフィルムの防湿層が設置されている。階段室は地下室側にアルミ板を張った厚さ9mmの石膏ボードで間仕切りされている。この地下室の壁面には11ヶ所の貫通孔があったが本実験に際してはゴム栓でフタをし、さらにその上を抑制剤で塗りこの部分からの漏れを防



ラドン実験建屋全景（建築研究所）



地下室内部（抑制剤塗布前）



地下室内部（抑制剤塗布後）

写真-1 建築研究所ラドン実験建屋外観及び地下室内部

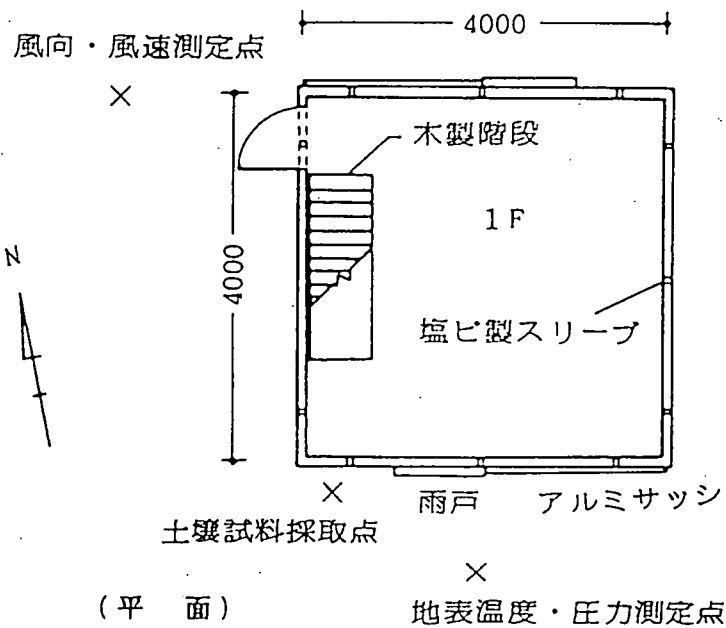
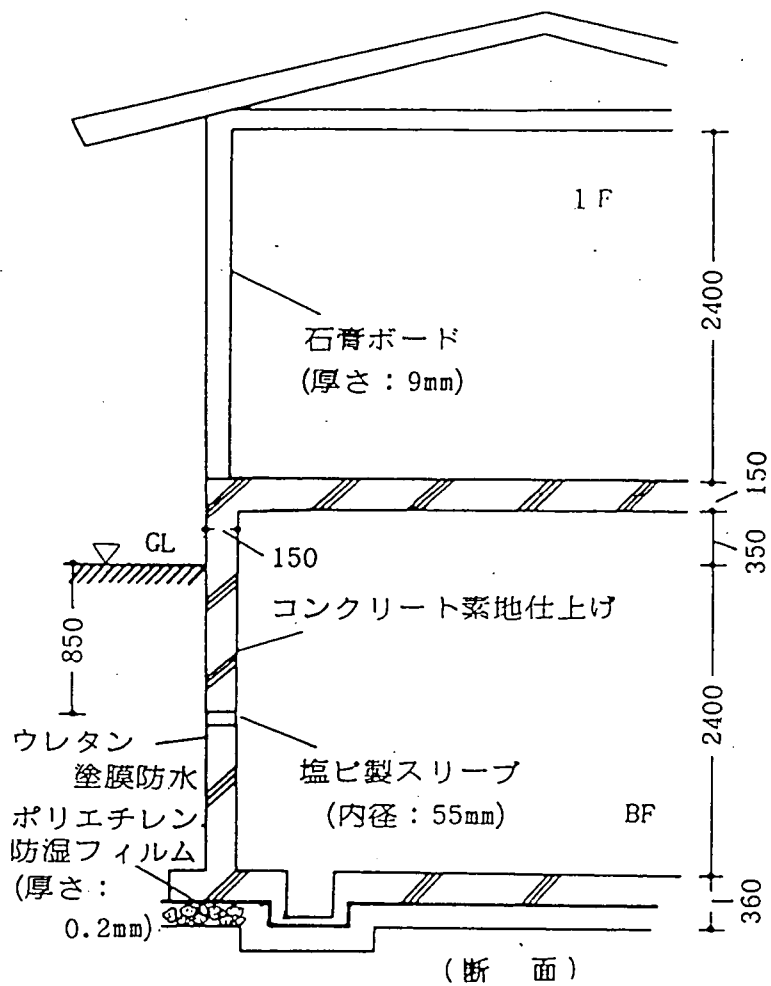


図-1 建築研究所ラドン実験建屋寸法

いだ。この建物の材料のうち石膏ボード中にはラジウムが  $8.2\text{Bq/kg}$ 、またコンクリート中に  $25.9\text{Bq/kg}$  が含まれていると推定されている。地下室の容積は概算で  $32.8\text{m}^3$ 、内面積は階段室を除くと  $57.1\text{m}^2$ （壁面有効部分  $25.1\text{m}^2$ 、床  $12.7\text{m}^2$ ）となっている。

実験に入る前に壁・天井・床などからのラドンの散逸率を測定した。直径約  $34\text{cm}$  の桶状のプラスチック容器を測定部分にシリコン製のコーキング剤を用いて貼り付け、その内部に蓄積したラドンの量より散逸率を推定した。蓄積時間を  $T$  秒、容器の断面積を  $A\text{m}^2$ 、高さを  $H\text{m}$ 、内部に蓄積したラドン濃度を  $C_N\text{Bq/m}^3$  とするとラドン散逸率は、 $F_N\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$  は（容器容積： $V\text{m}^3$ とした時、 $V/A=H$ となる）

$$F_N = C_N H / T$$

となる。その結果、

$$\text{天井} : 2.68 \times 10^{-4} \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$$

$$\text{床} : 1.50 \times 10^{-3} \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$$

$$\text{側壁上部} : 1.07 \times 10^{-3} \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$$

$$\text{側壁下部} : 4.49 \times 10^{-4} \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$$

となった。

地下室の出入りは1階の床面にある出入口から行われる。この口には平板状の扉があり、それをシリコンのコーキング剤で埋め、さらに床面との間にもコーキング剤を充填して気密とした。地下室内部には壁面を貫通した2本の金属管が挿入され、それにビニール管を接続して室内の中央部から空気試料を採取し、金属管とさらにそれに接続したビニール管を通して隣接した建物内に設置した Active 型のラドン連続モニターに導かれている。この検出器を通過した空気試料は再びビニール管、金属管、ビニール管の経路で地下室内に戻され壁面附近に放出されるようにした。

抑制剤の特性を調査するためには、壁に出来るだけ薄く塗布する必要がある。しかし塗布の厚さを薄くすればそれだけ厚さの相対的な均一性が失われることが予想される。そのため、側壁面と天井に  $1\text{mm}$  の厚さ、また床面は測定及び工作の関係上  $2\text{mm}$  の厚さで塗布した。

観測期間は、

（塗布前が11月28日～12月12日  
塗布後が12月20日～1月9日

## (2) 試験結果

図-2に示すとおり塗布前のラドン濃度観測値（飽和値）は、 $1,160\text{Bq/m}^3$ であった。観測値とラドンの半減期等から考慮すると、この地下室の漏れ具合は1日当たり  $2.45\text{m}^3$ （ $0.102\text{m}^3/\text{h}$ ）程度と推定された。従って、完全な密封状態であったと仮定すると、 $1,630\text{Bq/m}^3$ が推定飽和値となる。

また同様に塗布後のラドン濃度観測値（飽和値）は、 $175\text{Bq/m}^3$ であった。同様に塗布後の漏れ具合は1日当たり  $0.47\text{m}^3$ （ $0.020\text{m}^3/\text{h}$ ）程度と推定された。同様に完全な密閉状態であれば、 $188\text{Bq/m}^3$ が推定飽和値となる。

以上の結果から、塗布前の壁面等からの平均的なラドン散逸率は、

$$1.96 \times 10^{-3} \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$$

となる。

## ラドン湧出抑制効果に関する試験結果

場所：建設省建築研究所（ラドン実験建屋内地下室）

ラドン濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)

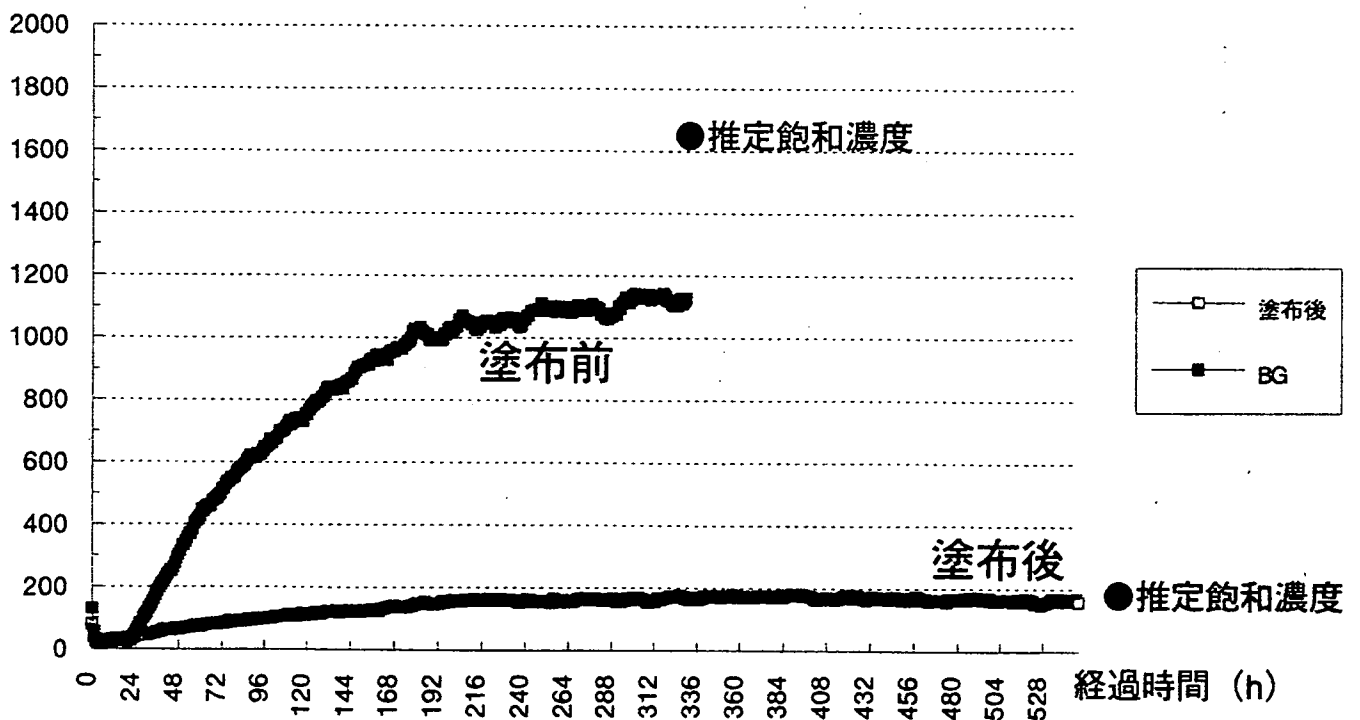


図-2 ラドン湧出抑制効果に関する試験結果

また、塗布後の壁面等からの平均的なラドン散逸率は、

$$2.27 \times 10^{-4} \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$$

となり、濃度は約1/9に減少することが確認された。

### (3) 試験結果の評価

抑制剤の効果については地下室の一部に構造上の欠点があり、その部分を除外して試験を行うことが困難であったため、多少のラドンの漏洩があったが一応相当な効果があるものと確認された。この試験では抑制剤の効果を数値として把握するために約1mmの厚さ（強度の関係上、床面は2mm）で塗布したが、坑道壁面のような整形されていない壁面には平均して3mm程度の厚さに塗布せざるを得ないと考えられる。しかもその場合は鉸床側から坑内へのラドンの流入がほぼ完全に遮断されるため、その効果の判定はかなり難しいものとなる。実規模の試験では空間内のラドン濃度を測定することになるが、完全に密閉し得るか否かがこの方式の適否を判定するための重要なキーポイントとなる。この点については、技術的な面からさらに検討を加える必要がある。

## 2.2 ラドン娘核種測定技術に係る性能試験

ラドン娘核種測定技術開発の目的のために東濃鉦山内に整備した、動的ラドン娘核種試験設備の運転・操作法等に関する性能試験を実施した。

### (1) ラドン濃度上昇・下降試験

チェンバー外のラドン混合ボックスに鉦石貯蔵庫内の空気を短時間導きながら配管を通じてチェンバー内に送風する。この際余分なチェンバー内空気を隔壁の小孔を通じて坑道内に放出する。チェンバー内のラドン濃度の上昇はラドンモニターで監視する。またラドン濃度を下げる時は、ラドン混合ボックスにコンプレッサーからの空気を送り同様の方法で下降を確認する。この際の正確なラドン濃度は電離箱と twofilter 法を使用して測定した。

### (2) ラドン娘核種濃度変化試験

チェンバーの換気兼循環気流用の配管を使用しチェンバー内に気流を流している場合と、換気も循環気流も行わずチェンバー内の気流を静止させた場合について、さらにそれぞれエアロゾルを投入している時（又は投入した時）及び投入しない時のラドン娘核種濃度の時間的变化とチェンバー内でのこれらの濃度の均一性を試験する。ラドン娘核種濃度はミリポアAAフィルターで採取し、ZnSシンチレーション検出器を使用して測定した。また非付着成分（unattached fraction）については、300メッシュのメタルスクリーンによって採取し、ZnSシンチレーション検出器で測定した。3台のシンチレーション検出器は相互比較の上、同一の感度になるように調整してある。さらに補助的な測定器としてPABCモニターも必要に応じて併用した。エアロゾル濃度は光散乱法によるダストモニター、ピエゾバランス法によるダストモニターでグロスの濃度を測定し、さらに必要に応じてピエゾバランスを使用したカスケードインパクターにより質量基準の粒径分布を求めた。

### (3) チェンバー内濃度差に関する試験

ラドン娘核種濃度は、チェンバー内での試料の採取位置で異なる場合がある。チェ



ンバー内の空気を循環する方式の場合は上流側と下流側でラドン濃度は殆ど変わらないもののラドン娘核種濃度については上流と下流の間をラドン娘核種が移動する間にその相対的存在比が変化するためある程度異なることが予想される。さらに非付着成分については、チェンバー内隔壁に対する拡散沈着による減少と、移動中のラドンからの生成による増加がある。チェンバーの長さが長い時は両者が平衡し一定値となることが期待されるが、それ以下の長さでは初期の条件によって異なるものの減少する傾向にある。この傾向はエアロゾル濃度が低い場合に顕著である。一方循環を伴わない場合はチェンバー内のラドンおよびラドン娘核種濃度も大略一定で、従って採取点による変化はなく複数の測定器を平行して使用し大略同一の評価値が得られることが確認された。

空気の循環がなくエアロゾルの投入がない場合は、表-1、-2、-3、-4で示されているように上流と下流の比は、 $1.081 \pm 0.101$ であったが、特に比が大きいかしくは小さい3例を除くと、 $1.061 \pm 0.034$ でほぼ一定であった。

#### (4) ラドン娘核種濃度コントロール試験

チェンバー内における最も典型的な組合せは、チェンバー内のエアロゾル濃度が高く、循環も除塵器の使用もない場合である。この場合は表-1、-2に見られるように長時間比較的平衡に近い状態を保っていた。表-1の後半でラドンを投入しているがその後も同様であった。この間、RaA:RaB:RaCの平衡比は $1:(0.74 \pm 0.10):(0.66 \pm 0.17)$ の範囲であった。空気を投入すると表-2、-3、-4のように直後は、 $1:0.20:0.09$ 、45分後で $1:0.38:0.19$ 、90分後で $1:0.57:0.39$ 、200分後で $1:0.71:0.71$ と次第に平衡値に近くなる。

エアロゾルを投入しない場合はチェンバー内の本来のエアロゾル濃度（即ち坑内のエアロゾル濃度）となる。この場合の非付着状態のRaA濃度は非常に高く、RaAの大部分が非付着の状態になっているものと考えられる。（表-5、-6）

除塵器については、その効果は顕著でないもののある程度の除塵効果（特に大型粒子に対する除去効果）が認められ、表-6ではエアロゾル濃度が低下し、非付着成分が増加していることが確認された。

#### (5) 試験結果の評価

ラドン及びラドン娘核種濃度測定装置類の試験のために動的ラドン娘核種試験設備について、設備として必要と思われる幾つかの項目について、その性能試験を実施した。この設備の具備しなければならぬ要件については主として、active型のラドン及びラドン娘核種濃度測定装置を種々条件下で試験することを念頭において選定した。

理想的には、気温・気圧・湿度・風速などの気象要素についても適切に選択すべきではあるが、かなり大きいしかも地下の空間であり、気象条件をコントロールすることは困難なので、湿度以外は特に考慮しなかった。湿度はもともと地下空間であるため手を加えねば極めて高く、除湿器によって除湿し得る範囲までのコントロールは可能である。気温は坑内であるもののそれ程深部ではないため外気の影響を多少受けるが大幅に変動することはない。風速はチャンバー内で扇風機によって作ることは可能である。気圧については常圧に近い。従って気象要素は変えられぬものの測定装置の

試験の上で問題となる点はないものと考えられる。

active 型の測定装置は量に差があるものの試料空気を採取するため、それによって場が乱されぬことが必要である。そのためある程度の容積とラドン濃度ならびにラドン娘核種濃度の空間的一様性が要求される。採取量については、1台が1回について 150 l 程度以下であり4台の測定装置を同時に動作させたとしても 0.6 m<sup>3</sup> である。従って20 m<sup>3</sup> 以上の容量があれば充分である。また濃度分布についても条件によって異なるとはいえほぼ一様性が得られている。

この設備で行うことのできる特徴的な試験として以下の例が考えられる。

①ラドンについて：

- ・ Active 型ラドンモニターの性能試験
- ・ Passive型ラドンモニターの性能試験

②ラドン娘核種について：

- ・ ラドン娘核種濃度測定器の校正
- ・ サンプリング方式の試験
- ・ 種々の粒径の娘核種の生成に関する試験
- ・ サンプリング用フィルターの試験
- ・ フィルターに捕集された $\alpha$ 線のエネルギースペクトルの試験
- ・ 娘核種個別濃度測定法の試験
- ・ WLメータの特性試験と校正
- ・ P A E Cモニターの特性試験と校正
- ・ 器物に対する娘核種の付着試験
- ・ 娘核種の吸入に伴う生物的影響に関する試験
- ・ 娘核種自身もしくはそれを利用した拡散沈着試験

などである。

<参考文献>

- 1) 大気中のラドン族と環境放射能：ラドン族調査研究委員会 1985年9月

# 表-1

上段：上流側採取      中段：中央採取

95年2月2日（午前）

<測定日>

除塵機の作動：×

試験空気の循環：×

エアロソルの投入：○

<条件>

Rn投入時間：7分間(1回目)  
13分間(2回目)

Rn投入開始時刻16:46(前日)  
10:57(当日)

時刻	経過時間(分)	成分	Rn(Bq/m <sup>3</sup> )	RaA (Bq/m <sup>3</sup> )	RaB (Bq/m <sup>3</sup> )	RaC (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC-Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	平衡係数	RaA/Rn	FreeEEC-Rn/EEC-Rn	FreeRaA/RaA
9:16	990	全		1586 ± 93.1	1155 ± 24.7	1065 ± 31.3	1166 ± 19.9	0.466	0.633	0.104 ± 0.013	0.356 ± 0.049
		フリー	2503.8	564 ± 69.5	80.1 ± 18.1	55.2 ± 23.0	121 ± 14.7	0.048	0.225		
10:01	1035	全		1525 ± 80.8	1126 ± 21.4	1037 ± 27.2	1134 ± 17.3	0.453	0.609	0.107 ± 0.013	0.370 ± 0.050
		フリー		1536 ± 45.9	937 ± 12.2	871 ± 15.4	974 ± 9.83			0.127 ± 0.019	0.432 ± 0.058
10:45	1079	全		663 ± 86.3	89.6 ± 22.4	23.1 ± 28.6	124 ± 18.2				
		フリー		1402 ± 84.9	931 ± 22.5	783 ± 28.5	924 ± 18.2			0.134 ± 0.020	0.473 ± 0.068
11:27	30	全		1847 ± 47.2	1299 ± 12.5	985 ± 15.9	1237 ± 10.1			0.017 ± 0.005	0.042 ± 0.016
		フリー		78 ± 30.2	19.6 ± 7.86	5.83 ± 10.0	20.5 ± 6.39				
		全		1784 ± 75.3	1225 ± 20.0	854 ± 25.3	1143 ± 16.1			0.018 ± 0.006	0.044 ± 0.017
		フリー		4797 ± 180	3007 ± 47.8	2276 ± 60.6	2916 ± 38.6	0.538	0.886	0.015 ± 0.003	0.014 ± 0.009
		全		67.6 ± 45.3	47.4 ± 11.8	31.4 ± 15.0	43.4 ± 9.57		0.008		
		フリー	5416.1	4397 ± 78.2	2817 ± 20.7	2029 ± 26.3	2683 ± 16.7	0.495	0.812	0.016 ± 0.004	0.015 ± 0.010

ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA : RaB : RaC)

経過時間(分)	ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA : RaB : RaC)			備考
	上流側 (全成分)	中央 (フリー成分)	下流側 (全成分)	
990	1: 0.728 ± 0.045 : 0.672 ± 0.044	0.142 ± 0.037 : 0.098 ± 0.043	1: 0.738 ± 0.042 : 0.680 ± 0.040	1.028 ± 0.024
1035	1: 0.610 ± 0.020 : 0.567 ± 0.020	0.135 ± 0.038 : 0.035 ± 0.043	1: 0.664 ± 0.043 : 0.558 ± 0.039	1.054 ± 0.023
1079	1: 0.703 ± 0.019 : 0.533 ± 0.016	0.251 ± 0.140 : 0.075 ± 0.131	1: 0.687 ± 0.031 : 0.479 ± 0.025	1.082 ± 0.018
30	1: 0.627 ± 0.026 : 0.474 ± 0.022	0.701 ± 0.501 : 0.464 ± 0.382	1: 0.641 ± 0.012 : 0.461 ± 0.010	1.087 ± 0.016

# 表—2

<測定日> 95年2月2日 (午後)      上段：上流側採取      中段：中央採取      下段：下流側採取  
 <条件> Rn投入時間：13分間      エアロゾルの投入：○      試料空気の循環：×      除塵機の作動：×

Rn投入開始時刻10：57

時刻(経過)経過時間(分)	成分	Rn(Bq/m <sup>3</sup> )	RaA (Bq/m <sup>3</sup> )	RaB (Bq/m <sup>3</sup> )	RaC (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC-Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	平衡係数	RaA/Rn	FreeEEC-Rn/EEC-Rn	Free RaA/RaA	備考
13：24	全	3969 ± 113	3532 ± 29.9	3641 ± 37.9	3619 ± 24.1	0.737	0.809	0.015 ± 0.003	0.050 ± 0.014	14cpm	
	フリー	4908.2	29 ± 14.5	46.6 ± 18.5	53.3 ± 11.8	0.011	0.040	0.016 ± 0.003	0.048 ± 0.014		
14：05	全	3353 ± 93.2	2893 ± 24.7	3156 ± 31.3	3040 ± 20.0	0.024 ± 0.005	0.084 ± 0.022	0.025 ± 0.005	0.085 ± 0.022	11cpm	
	フリー	281 ± 71.7	68.8 ± 18.6	20.5 ± 23.7	72.6 ± 15.1	0.053	0.244	0.365 ± 0.103	0.429 ± 0.123		
14：47	全	3309 ± 112	2877 ± 29.8	2767 ± 37.8	2880 ± 24.1	0.144	0.569	0.025 ± 0.005	0.085 ± 0.022	2cpm	
	フリー	758.0	20.7 ± 13.6	26 ± 17.3	39.8 ± 11.1	0.133	0.470	0.394 ± 0.111	0.520 ± 0.149		
15：30	全	566 ± 28.4	277 ± 7.52	157 ± 9.54	262 ± 6.07	0.046 ± 0.011	0.078 ± 0.022	0.056 ± 0.014	0.085 ± 0.024	22cpm	
	フリー	44.2 ± 12.0	20.3 ± 3.68	0	12 ± 2.85	0.127 ± 0.017	1.079 ± 0.058	1.226 ± 0.055			

ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA：RaB：RaC)

経過時間(分)	上流側(全成分)		中央(フリー成分)		下流側(全成分)		備考
	1	2	1	2	1	2	
147	0.890 ± 0.026	0.917 ± 0.028	0.146 ± 0.084	0.235 ± 0.115	0.858 ± 0.018	0.755 ± 0.016	1.062 ± 0.009
188	0.863 ± 0.025	0.941 ± 0.028	0.245 ± 0.091	0.073 ± 0.086	0.869 ± 0.031	0.836 ± 0.031	1.056 ± 0.011
230	0.218 ± 0.016	0.096 ± 0.017	0.112 ± 0.080	0.141 ± 0.102	0.256 ± 0.018	0.127 ± 0.017	1.079 ± 0.058
273	0.489 ± 0.028	0.277 ± 0.022	0.459 ± 0.150	0	0.436 ± 0.038	0.220 ± 0.030	1.226 ± 0.055

# 表—3

<測定日> 95年2月3日 (午前) 上段：上流側採取 中段：中央採取 下段：下流側採取  
 <条件> Rn投入時間：13分間 エアロソルの投入：○ 試験空気の循環：× 除塵機の作動：×

Rn投入開始時刻10：57(前日)

時刻	経過時間(分)	成分	Rn(Bq/m <sup>3</sup> )	RaA (Bq/m <sup>3</sup> )	RaB (Bq/m <sup>3</sup> )	RaC (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC-Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	平衡係数	RaA/Rn	FreeEEC-Rn/EEC-Rn	Free RaA/RaA	備考
9：21	1344	全	1214.1	599 ± 98.9	449 ± 26.2	521 ± 33.3	492 ± 21.2	0.405	0.493	0.124 ± 0.024	0.593 ± 0.132	2cpm
		フリ-		355 ± 53.3	23.3 ± 13.8	31.8 ± 17.6	61 ± 11.3	0.050	0.292			
10：12	1395	全		442 ± 69.6	338 ± 18.4	404 ± 23.4	374 ± 14.9	0.308	0.364	0.163 ± 0.031	0.803 ± 0.175	23cpm
		フリ-	75.0	15.6 ± 24.9	8.45 ± 6.47	0	5.63 ± 5.25	0.075	0.208			
10：54	1437	全		68.7 ± 8.63	11.2 ± 2.29	3.92 ± 2.9	14.4 ± 1.85	0.192	0.916	0.391 ± 0.368	0.227 ± 0.364	10cpm
		フリ-		88.5 ± 8.53	31.1 ± 2.26	10.6 ± 2.87	29.3 ± 1.83			0.270 ± 0.101	0.557 ± 0.166	
11：35	1478	全		104 ± 5.39	26.8 ± 1.43	13.4 ± 1.81	29.8 ± 1.15			0.265 ± 0.099	0.474 ± 0.136	18cpm
		フリ-		123 ± 14.5	62 ± 4.38	37.8 ± 5.12	59.2 ± 3.34			0.443 ± 0.523	0.992 ± 1.112	
		全		88.9 ± 13.0	56.8 ± 3.91	42 ± 4.58	54.5 ± 2.99			0.481 ± 0.568	1.372 ± 1.543	

ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA : RaB : RaC)

経過時間(分)	上流側 (全成分)			中央 (フリ-成分)			下流側 (全成分)			備考
	1:	0.750 ± 0.131	0.870 ± 0.154	1:	0.066 ± 0.040	0.090 ± 0.051	1:	0.765 ± 0.127	0.914 ± 0.153	
1344	1:	0.148 ± 0.029	0.077 ± 0.033	1:	0.542 ± 0.959	0	1:	0.163 ± 0.039	0.057 ± 0.043	1.316 ± 0.077
1395	1:	0.351 ± 0.042	0.120 ± 0.034	1:	0.175 ± 0.088	0	1:	0.258 ± 0.019	0.129 ± 0.019	0.903 ± 0.145
1437	1:	0.504 ± 0.069	0.307 ± 0.055	1:	0.500 ± 0.647	0	1:	0.639 ± 0.103	0.472 ± 0.086	0.983 ± 0.072
1478	1:			1:			1:			1.086 ± 0.085

# 表—4

<測定日> 95年2月3日 (午後) 上段：上流側採取 中段：中央採取 下段：下流側採取

<条件> Rn投入時間：13分間 エアロゾルの投入：○ 試料空気の循環：× 除塵機の作動：×

Rn投入開始時刻10：57(前日)

時刻	経過時間(分)	成分	Rn(Bq/m <sup>3</sup> )	RaA (Bq/m <sup>3</sup> )	RaB (Bq/m <sup>3</sup> )	RaC (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC-Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	平衡係数	RaA/Rn	FreeEEC-Rn/EEC-Rn	Free RaA/RaA	備考
13：20	1583	全		159 ± 19.6	122 ± 5.19	113 ± 6.59	122 ± 4.19	0.376	0.490	0.073 ± 0.051	0.251 ± 0.188	8cpm
		フリ-	324.8	39.9 ± 29.5	9.17 ± 7.66	0	8.85 ± 6.22	0.027	0.123			
		全		218 ± 23.7	113 ± 6.29	82.9 ± 7.98	112 ± 5.08	0.345	0.671	0.079 ± 0.056	0.183 ± 0.137	

ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA : RaB : RaC)

経過時間(分)	上流側 (全成分)		中央 (フリ-成分)		下流側 (全成分)		備考
	1	2	1	2	1	2	
1583	0.767 ± 0.100	0.711 ± 0.097	0.230 ± 0.256	0	0.518 ± 0.063	0.380 ± 0.055	1.089 ± 0.062

# 表—5

<測定日> 94年11月15日 (午前) 上段：上流側採取 中段：中央採取 下段：下流側採取

<条件> Rn投入時間：30,19分間(2回) エアソルの投入：× 試料空気の循環：○ 除塵機の作動：×

Rn投入開始時刻9：58

時刻	経過時間 (分)	成分	Rn(Bq/m <sup>3</sup> )	RaA (Bq/m <sup>3</sup> )	RaB (Bq/m <sup>3</sup> )	RaC (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC-Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	平衡係数	RaA/Rn	FreeEEC-Rn/EEC-Rn	Free RaA/RaA	備考	
9：50	-8	全		2118 ± 62.4	578.9 ± 13.8	658 ± 19.6	769 ± 12.2			0.489 ± 0.062	1.097 ± 0.125		
		フリー		2324 ± 255	202 ± 51.8	78.4 ± 76.8	376 ± 47.6						
		全		1212 ± 24.4	283.1 ± 5.1	288.2 ± 7.5	381.8 ± 4.6			0.985 ± 0.125	1.917 ± 0.214		
11：25	87	全		4561 ± 47.5	1800 ± 10.5	1935 ± 14.9	2138 ± 9.3			0.574 ± 0.055	1.366 ± 0.114		
		フリー		6232 ± 516	917 ± 153	276.9 ± 149	1228 ± 117						
		全		3059 ± 75.6	1041 ± 16.7	1099 ± 23.7	1273 ± 14.7			0.965 ± 0.093	2.037 ± 0.176		

ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA : RaB : RaC)

経過時間 (分)	ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA : RaB : RaC)			備考
	上流側 (全成分)	中央 (フリー成分)	下流側 (全成分)	
-8	1 : 0.273 ± 0.010 : 0.311 ± 0.013	1 : 0.087 ± 0.024 : 0.034 ± 0.033	1 : 0.234 ± 0.006 : 0.238 ± 0.008	2.014 ± 0.040
87	1 : 0.395 ± 0.005 : 0.424 ± 0.005	1 : 0.147 ± 0.027 : 0.044 ± 0.024	1 : 0.340 ± 0.010 : 0.359 ± 0.012	1.679 ± 0.021

# 表-6

<測定日> 94年11月17日 (午後) 上段：上流側採取 中段：中央採取 下段：下流側採取  
 <条件> air投入時間：60分間 エアゾルの投入：× 試料空気の循環：× 除塵機の作動：○(13：45～15：53)

air投入開始時刻14：47

時刻	経過時間 (分)	成分	Rn(Bq/m <sup>3</sup> )	RaA (Bq/m <sup>3</sup> )	RaB (Bq/m <sup>3</sup> )	RaC (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC-Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	平衡係数	RaA/Rn	FreeEEC-Rn/EEC-Rn	Free RaA/RaA	備考
13：19	-88	全		8667 ± 84.8	6891 ± 18.7	5898 ± 26.6	6700 ± 16.5	0.629	0.814	0.064 ± 0.005	0.213 ± 0.020	
		フリー	10647.7	1843 ± 171	331.8 ± 37.0	179.8 ± 52.8	431.5 ± 32.9	0.041	0.173			
		全		4371 ± 140	3412 ± 30.9	2987 ± 43.9	3351 ± 27.3	0.315	0.411	0.129 ± 0.010	0.422 ± 0.041	
14：17	-30	全		2376 ± 86.1	997.3 ± 19.0	895.3 ± 27.0	1102 ± 16.8	0.112	0.241	0.270 ± 0.034	0.782 ± 0.086	
		フリー	9873.8	1858 ± 194	215.1 ± 42.1	0	297.2 ± 37.4	0.030	0.188			
		全		1657 ± 32.8	664.0 ± 7.2	560.6 ± 10.3	728.1 ± 6.4	0.074	0.168	0.408 ± 0.051	1.121 ± 0.119	
15：17	30	全		94.7 ± 8.7	31.0 ± 2.1	14.2 ± 2.8	31.2 ± 1.8	0.320	0.971	0.260 ± 0.321	0.503 ± 0.528	
		フリー	97.5	47.6 ± 49.8	5.8 ± 11.7	0.5 ± 15.9	8.1 ± 10.0	0.083	0.488			
		全		60.7 ± 5.0	12.0 ± 1.2	6.4 ± 1.6	14.9 ± 1.0	0.153	0.623	0.544 ± 0.672	0.784 ± 0.823	

ラドン娘核種個別濃度比等の変化 (RaA : RaB : RaC)

経過時間 (分)	上流側 (全成分)		中央 (フリー成分)		下流側 (全成分)		備考
	1	2	1	2	1	2	
-88	0.795 ± 0.008	0.681 ± 0.007	0.180 ± 0.026	0.098 ± 0.030	0.781 ± 0.026	0.683 ± 0.024	1.999 ± 0.017
-30	0.420 ± 0.017	0.377 ± 0.018			0.401 ± 0.009	0.338 ± 0.009	1.514 ± 0.027
30	0.327 ± 0.037	0.150 ± 0.033	0.122 ± 0.277	0.011 ± 0.334	0.198 ± 0.026	0.105 ± 0.028	2.094 ± 0.185



## B-8 FP法による岩石試料の蛍光X線分析

## 1. はじめに

ガラスビード法による蛍光X線の定量分析は、現在検量線法を利用している。検量線法は、最も広く利用されている方法で、測定試料と類似する複数の標準試料を用いて、含有率と測定した蛍光X線強度の関係から検量線を作成しておき、未知試料の蛍光X線強度を測定し、この検量線を使って定量分析する方法である。図1-1参照。

F P (ファンダメンタル パラメータ : 物理定数) 法による定量分析は、X線の発生の理論に従って蛍光X線強度や定量値を計算する方法である。<sup>1)</sup> 図1-2参照。

本報告においては、F P法について標準試料を用いて測定をした結果を紹介する事とする。

## 2. 目的

岩石試料を検量線法で分析するに満足する量が得られない場合は、X線強度が弱く測定できない。それを補うための測定法としてF P法があるが、実測定としてどの程度の試料量があれば、精度の良い分析結果を得る事ができるか検討した。

## 3. 実施内容

### 3. 1 ガラスビードの作成方法<sup>2)</sup>

ガラスビード法—粉末岩石試料と融剤を一定量比でつぼ(白金合金製)に入れ、1000~1300℃内の同一温度・条件でアルカリ溶融し、これを冷却してガラス状の試料とする。

溶融には、高周波誘導加熱法を用いるので急速加熱、冷却ができる。

ガラスビード作成の手順を図2に示す。

### 3. 2 標準試料の作成方法

J R-1及びJ G b-1をそれぞれ0.2gと融剤(Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>)5.0gにてガラスビード法によりビードを作成する。

### 3. 3 測定試料の作成方法

3. 2と同様に作成。他に試料量0.1gについても検討した。

### 3. 4 補足

ガラスビード作成に要する時間は、試料秤量からビード作成まで1試料約15分で完了する。熟練者でなくても簡単に同一試料(ガラスビード)を作成する事ができる。

### 3. 5 ガラスビード作成装置及び溶融条件

装置 : ビードサンプラ装置 NT-2000 (日本サーモニクス株)  
 炉 : 高周波炉  
 融剤 : 四ほう酸リチウム (無水) - HG (蛍光 X 線分析用) 5.0g  
 試料 : 0.1g 及び 0.2g  
 混合比 : 1 対 5.0 及び 1 対 2.5  
 温度 : 1,100°C  
 時間 : 初段加熱 120秒 溶融 130秒 溶融 (揺動) 360秒

### 3. 6 分析装置及び操作条件

装置 : 理学蛍光 X 線分析装置 システム 3270E  
 スペクトル : K $\alpha$   
 X 線管 : Rh ターゲット  
 管電圧 : 50 KV  
 管電流 : 50 mA  
 結晶 : LiF 1. PET. GE. TAP  
 検出器 : SC. PC

## 4. まとめ

測定結果を表 1 に示す。標準試料は JR-1 と JGb-1 を作成して検量線とし、測定試料は、0.1g と 0.2g をそれぞれ作成した。融剤は、5.0g とした。

表 1 測定結果 (%)

試料名		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T. Fe
JB-1a	標準値	52.16	1.30	14.51	0.15	7.75	9.23	2.74	1.46	0.26	6.36
玄武岩 融剤 (5.0g)	0.1g	51.86	1.27	14.79	0.15	7.75	9.30	2.79	1.44	0.21	6.35
	0.2g	52.20	1.29	14.60	0.13	7.81	9.38	2.72	1.43	0.20	6.28
JG-1a	標準値	72.19	0.25	14.22	0.06	0.69	2.13	3.41	4.04	0.08	1.43
花崗 閃緑岩 融剤 (5.0g)	0.1g	72.35	0.25	14.44	0.08	0.57	2.04	3.55	4.00	0.09	1.48
	0.2g	72.34	0.23	14.28	0.06	0.62	2.08	3.44	4.00	0.07	1.43

試料名		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T. Fe
JB-3 ハイライト 玄武岩 融剤 (5.0g)	標準値	51.04	1.45	16.89	0.16	5.20	9.86	2.82	0.80	0.29	8.30
	0.1g	50.65	1.44	17.63	0.18	5.15	9.85	2.76	0.82	0.24	8.45
	0.2g	50.83	1.42	17.29	0.16	5.19	9.87	2.80	0.80	0.22	8.27
JA-1 安山岩 融剤 (5.0g)	標準値	64.06	0.87	14.98	0.15	1.61	5.68	3.86	0.82	0.16	4.86
	0.1g	63.95	0.83	15.44	0.16	1.42	5.68	3.84	0.84	0.14	4.98
	0.2g	64.18	0.85	15.32	0.14	1.46	5.70	4.03	0.81	0.13	4.90

表 2 に水分が多い試料を測定した結果を示す。

表 2 測定結果 (%)

試料名		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T. Fe
JP-1 ハンパ岩 融剤 (5.0g)	標準値	42.39	< 0.01	0.62	0.12	44.72	0.56	0.02	0.003	0.00	5.83
	0.1g	41.66	0.00	0.72	0.11	45.05	0.95	0.00	0.05	0.01	5.94
	0.2g	42.22	0.00	0.70	0.11	45.00	0.74	0.00	0.03	0.00	5.85
JDO-1 F071 融剤 (5.0g)	標準値	0.20	< 0.002	0.01	0.006	18.40	34.12	0.009	0.002	0.03	0.02
	0.1g	0.00	0.00	0.41	0.03	19.48	35.26	0.14	0.06	0.05	0.13
	0.2g	0.00	0.00	0.23	0.02	19.43	35.44	0.01	0.03	0.04	0.08

表 3 に検量線法との結果を対比してみる。検量線法においては、標準試料を 1 2 件作成して検量線とした。検量線法においては、標準試料及び測定試料は、0.5g と融剤 5.0g を混合して作成した。FP 法においては、表 1 の 0.2g の測定結果とした。

表3 測定結果 (%)

試料名		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T. Fe
JG-1a 花崗 閃緑岩	標準値	72.19	0.25	14.22	0.06	0.69	2.13	3.41	4.04	0.08	1.43
	F P 法	72.34	0.23	14.28	0.06	0.62	2.08	3.44	4.00	0.07	1.43
	検量線	72.46	0.24	14.22	0.06	0.65	2.07	3.45	3.98	0.07	1.42

F P法と検量線法の結果も良く一致した結果を得る事ができたが、これは、試料に含まれるIg. Loss が少ないためである。F P法においては、全元素に関する情報が必要であるためIg. Loss のような測定できない成分があると、他の値に影響を生じることが考えられる。

検量線法においては分析精度向上の目的で標準試料数を多くする必要があるが、F P法においては標準試料数2件だけ作成すれば、測定可能となる。Ig. Loss の問題を除けば、検量線法に劣らない方法である。

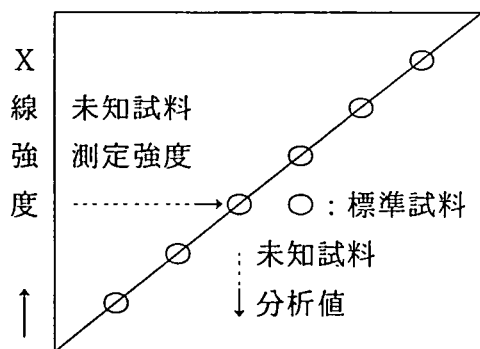
当初の目的であった少量の試料でも精度の良い結果が得られる事が分かった。

#### 4. 今後の方針

分析精度の向上を目標に、必要最小限のデータの入力で効率の良い分析結果が得られる様、分析手法の収集及び標準試料を用いないF P法の検討等を継続し、迅速に正確な分析結果が得られる様、検量線法と併用して実施していく。

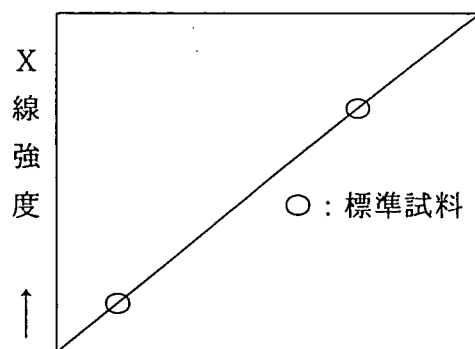
#### 5. 参考文献

- 1) ファンダメンタルパラメータ法による「新素材の蛍光X線分析」  
島津評論 別冊第45巻 第1・2合併号 越智寛友・岡下英男
- 2) 蛍光X線分析の手引 理学電気工業株式会社



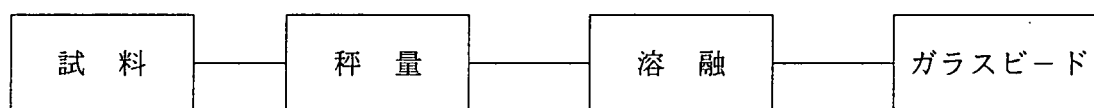
→ 含有率wt% (化学分析値)

図1-1 検量線法



→ 理論X線強度

図1-2 FP法



微粉碎

試料 0.2g

白金るつぼ

冷却

融剤 5.0g

ビードサンプル装置

剝離

(薬包紙上で混合する)

図2 ガラスビード法

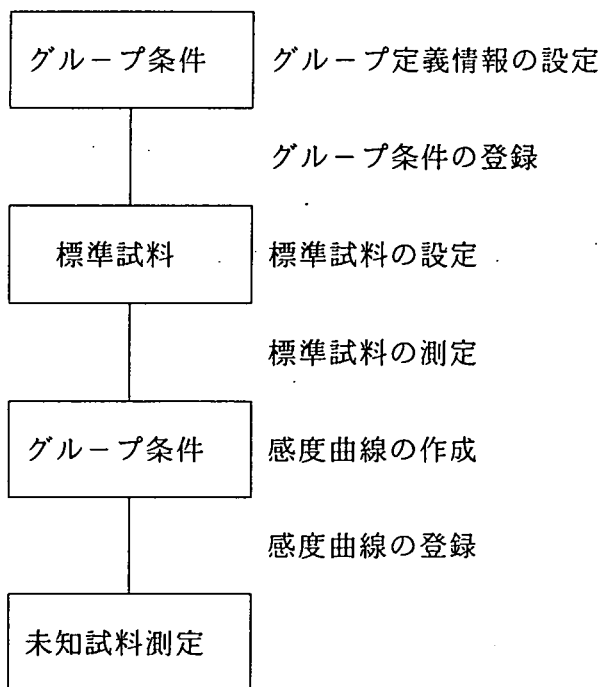


図3 FP法 フローチャート

## 4. 共通的业务の成果

C-1 東濃鉾山の維持管理

C-2 図書・技術情報の管理

C-3 分析業務について

C-4 弾性波探査反射法調査における地元対応に関するメモ

## C-1 東濃鉦山の維持管理



## 1. はじめに

東濃鉱山で実施している地層科学および性能評価研究業務の拡大に伴い、工事・試験研究・計測作業等業務の拡大や外部からの共同研究関係者並びに、見学者が年を追う毎に増加している。

このような業務の拡大に対応するため鉱山施設の整備をすすめた。

## 2. 実施方針

鉱山の安全確保を第一に鉱山保安法を遵守しつつ、主要機器の日常点検、坑道の保坑、作業環境の測定、坑水の処理、特に、現在の設備は建設後20年以上経過し、経年変化対応と安全の両面から施設の保守・整備を重点に維持管理および環境整備を図った。

## 3. 実施内容

### 3-(1) 環境整備

環境整備については、以下の6件を重点に実施した。

- ① 東濃鉱山来客用会議室等の改造工事
- ② 来客用会議室空調等の設置工事
- ③ 東濃鉱山給水設備工事
- ④ 東濃鉱山作業場設置工事
- ⑤ 東濃鉱山道路舗装工事
- ⑥ 東濃鉱山調査立坑巻上機システムの改造

詳細については表-1を参照

### 3-(2) 保坑整備

保坑整備については、以下の3件を重点に実施した。

- ① 第1計測坑道内の試錐準備工事
- ② 第2立坑内第2計測坑道の保坑工事
- ③ 下盤連絡坑道内の保坑整備工事

詳細については表-2を参照

## 4. まとめ

将来とも、東濃鉱山施設の維持管理を鉱山保安法を遵守しつつ、主要機器の日常点検、坑道の保坑、作業環境の測定、坑水の処理等を主体に、環境整備を計画的に実施していきたい。

表 1  
3-(1) 環境整備

工 事 件 名	工 事 の 目 的	工 事 概 要	受 注 者	工 期	工 事 金 額 (単位円)
① 東濃鉱山米客用会議室等の改造工事	東濃鉱山の地質科学および性能評価研究業務の拡大に伴い、外部からの共同研究者並びに見学者の増加に対応するための施設の整備を行う。	東濃鉱山調査立坑の近くにある坑口準備室を改造して、新たに米客用の会議室および給湯室を設置する。また、隣接する職員更衣室を拡張して整備する。 外壁と内壁は化粧板に更新し、会議室は天井を張り床には化粧コンクリート板を張る。 会議室および更衣室に電気配線、給排水設備、その他内装等付帯設備を設置する。	(株) 加藤組	平成 6年 9月30日 、 平成 7年 1月20日	7,055,500
② 米客用会議室空調等の設置工事	米客用会議室に空調設備を設置し、室内の環境整備を行い今後とも増加が予想される見学者に対応する。	米客用会議室に空調器 2 台の設置および天井扇 1 台を設置する。	(株) 加藤組	平成 6年10月20日 ~平成 7年 1月20日	1,369,900
③ 東濃鉱山給水設備工事	これまで、東濃鉱山の給水は坑内水を利用して用水としていたが、このほど、土岐市水道水が戦国地域に給水されこれを延長し、衛生面を考慮のうえ給水設備の改善をはかる。	土岐市水道配管を東濃鉱山に延長し給水設備を敷設する。 水道管 (φ 25 mmポリ管) 266 m の地下埋設および量水器 1ヶ、水栓 5ヶ、止水栓 1ヶほか一式を設置する。	(有) 三晃設備	平成 6年11月 7日 、 平成 6年12月25日	2,280,741
④ 東濃鉱山作業場設置工事	東濃鉱山では鉱山施設の維持管理を実施するうえで、溶接等機器整備を行う作業場が不足しているため作業場の新設確保を図る。	調査立坑口トイレ南の空き地に、約 20 m <sup>2</sup> の鉄骨一部ブロック積み壁、シャッター 1ヶ所、窓 2ヶ所等の構造の作業場を新設する。	(株) 田中建設	平成 6年12月26日 、 平成 7年 3月15日	1,511,094
⑤ 東濃鉱山道路舗装工事	東濃鉱山の業務を効率的に遂行する目的で、作業環境整備として道路の舗装整備を実施する。	面積 700 m <sup>2</sup> のアスファルト舗装 (厚さ 30 ~40mm) および横断水路 2ヶ所 (14m) の敷設を行う。	(株) 加藤組	平成 7年 2月 3日 ~平成 7年 3月10日	2,060,000
⑥ 東濃鉱山調査立坑巻上機システムの改造	現在のケージは製作後 20 年を経過し、老朽化しているためケージの更新と合わせ、新規にセフィティキヤッチを取付より一層安全性を高める。	東濃鉱山調査立坑で使用しているケージを更新し、合わせてセフィティキヤッチを取りつづける。	タグチ工業 (株)	平成 6年12月 1日 ~平成 7年 2月28日	7,364,500

表 2  
3-(2) 保坑整備

工 事 件 名	工 事 の 目 的	工 事 概 要	受 注 者	工 期	工 事 金 額 (単位円)
① 第1計測坑道内の試掘準備工事	ボーリング工事を実施するため、資材搬入および掘削するための軌道の敷設並びに用水や排水設備を整備する。	第2立坑内の第1計測坑道で平成6年11月から計画されているボーリング工事のために、各種の配管 (削岩用水、排水、圧縮空気) を設置するとともに、プラット部のコンクリートをハツって資材を運搬するための軌道を敷設する。 また、排水用U字溝およびピット (1ヶ) を設置する。	(株) 田中建設	平成 6年 9月27日 、 平成 6年11月15日	2,847,023
② 第2立坑内第2計測坑道の保坑工事	第2計測坑道は掘削時、鋼製アーチ枠に木製の矢板で保坑していたが、この矢板の腐食が著しく崩落の危険があるため、コンクリート矢板に交換し安全を確保する。	第2計測坑道の入口から 2.3m の間は、鋼製アーチ枠に木製の矢板で保坑してあるが、これより奥は、鋼製アーチ枠に木製の矢板で保坑されているため、この矢板の腐食が著しく崩落の危険がある。既設の木製矢板をコンクリート矢板に交換して坑道の安全を確保するとともに、道床に軌条を敷設コンクリートを打設整備する。	同和工営 (株)	平成 6年 9月 6日 、 平成 6年12月25日	8,500,000
③ 下盤連絡坑道の保坑整備工事	下盤連絡坑道は、鋼製アーチ枠に木製の矢板で保坑されているため、この矢板が腐食が著しく崩落の危険があり、坑道のスケッチ等精査作業の安全を確保する。	下盤連絡坑道の保坑とともに、各種の配管 (削岩用水、排水、圧縮空気) を行うとともに、資材を運搬するための軌道および排水用U字溝並びにピット (1ヶ) を設置し整備を行う。	東北爆砕 (株)	平成 7年 3月 8日 、 平成 7年 3月27日	2,358,700

## C-2 図書・技術情報の管理

## C-2 図書・技術資料の管理について

担当：林 (印) 深萱

### 1. はじめに

東濃地科学センター・技術開発課・図書室では、センター内における全ての課室に共通した業務を行っている。それらの主な業務として①技術資料の採番から登録までの一連の作業及び開示、保管、管理 ②書籍の購入手続き及び登録、分類、保管、管理 ③定期講読誌の申込、継続手続き、支払い手続き、保管、管理 ④情報提供(オンライン検索、文献複写)である。ここでは、平成6年度に行われたそれらの業務の概要について報告する。

### 2. 業務の概要

#### 2.1 技術資料の登録管理について

技術資料の登録管理システムは、平成元年から運用が開始されており、同時に東濃地科学センター・図書室での一括管理が行われるようになった。ここでは平成6年度の登録件数を以下の表に示した。

[平成6年度 技術資料登録件数(決裁済件数)]

	ウラン資源探鉱関係	地層科学関係	
公開資料(T)	10	23	33
限定資料(Z)	22	16	38
社内資料(P)	70	7	77
計	102	46	148

(件)

## 2.2 書籍の購入及び登録管理について

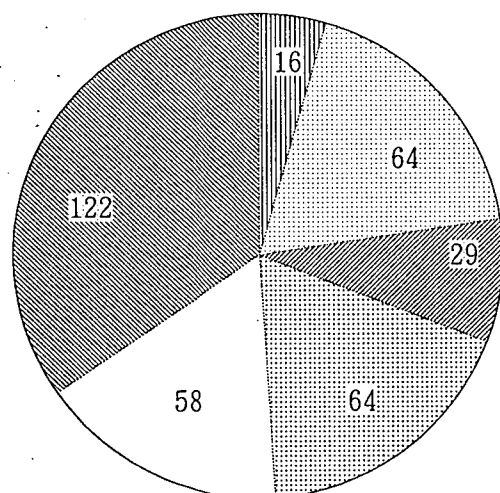
平成6年度より書籍の登録管理をマッキントッシュ（貸出管理ソフト：MacCALIS）上で本格運用すると同時に平成6年8月より前機種のリースアウトに伴う新機種（PowerMac8100/80AV, 6100/60AV）の導入を行い、閲覧室における貸出作業が円滑に行えるようになった。以下に平成元年からの課室別書籍購入冊数及び平成6年度のセンター内における購入書籍数の割合を示す。

〔年度別書籍購入冊数〕

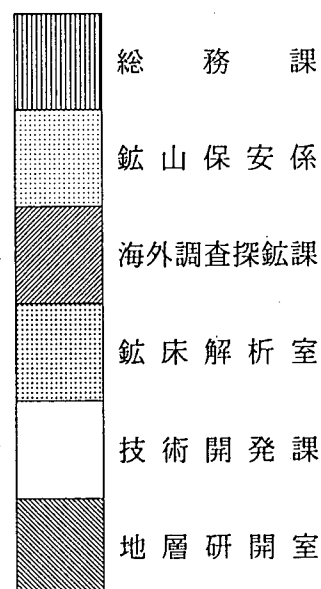
課室名 \ 年度	元年	2年	3年	4年	5年	6年
総務課	15	34	12	20	52	16
鉦山保安係	15	48	2	25	9	64
海外調査探鉦課	46	70	19	26	15	29
鉦床解析室	5	33	6	101	133	64
技術開発課	153	60	36	18	8	58
地層科学研究開発室	25	22	195	120	125	122
言十	259	267	270	310	342	353

〔購入書籍の割合〕

（冊；視聴覚資料も含む）



（冊）



### 2.3 定期講読誌について

新聞を含む定期刊行雑誌・学会誌などの受け入れ、登録を行っている。以下に平成元年度からの課室別契約件数を示す。

〔定期講読契約件数〕

課室名 \ 年度	元年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度
総務課	55	54	54	53	54	45
鉦山保安係	11	14	14	9	9	9
海外調査探鉦課	34	33	33	38	26	26
鉦床解析室	4	5	6	11	12	16
技術開発課	4	2	3	3	8	10
地層科学研究開発室	20	22	24	31	35	40
計十(件)	128	130	134	145	127	146

### 2.4 情報提供(オンライン検索, 文献複写)

利用者が希望する情報を得るために図書管理室内に設置されたコンピュータでオンライン検索を行っている。オンライン検索や、文献などから得た書誌事項を基に文献入手が迅速に行えるように平成6年10月より(特)日本科学技術情報センターと文献複写単価契約を行った。この契約により従来、担当者→図書管理室→本社担当部→技術管理室→情報センター経由で行われていた契約手続きが、東濃地科学センター内のみの手続きだけで可能となり、文献入手にかかる時間が大幅に短縮された。

また、現在導入しているオンライン検索システムはJOISのみであるが、特許情報利用の希望があるため(財)日本特許情報機構(Japio)の提供するPATOLIS(Patent Online Information System)について情報収集並びに検討を行っている。

### C-3 分析業務について

## C-3 分析業務について

担当：沖田 正俊

### 1. はじめに

東濃地科学センター・技術開発課・分析グループにおいては、海外調査探鉱課、環境地質課、技術開発課および保安係等より依頼のある岩石試料および水質試料等の分析を定常業務として実施している。一方、業務拡大に伴い種々分析も新たな要求としてあり、手法の改良、改善そして、新機器の動向調査も併せて実施している。

### 2. 業務の概要

2. 1 定常業務を主体に実施した。
2. 2 新分析機器の動向調査を実施継続。

### 3. 定常業務の実績

#### ・岩石試料

〔内訳〕	海外調査探鉱課	2 5 4 試料 (2, 4 8 4 成分)
	環境地質課	1 9 1 試料 (1, 4 1 1 成分)
	技術開発課	6 1 試料 ( 2 4 1 成分)
	小計	5 0 6 試料 (4, 1 3 6 成分)

#### ・水質試料

〔内訳〕	環境地質課	3 2 2 試料 (4, 0 7 1 成分)
	技術開発課	7 2 3 試料 (4, 2 3 0 成分)
	保安係	7 3 試料 ( 5 1 1 成分)
	小計	1, 1 1 8 試料 (8, 8 1 2 成分)

分析総件数：1, 6 2 4 試料 (1 2, 9 4 8 成分)

### 4. その他

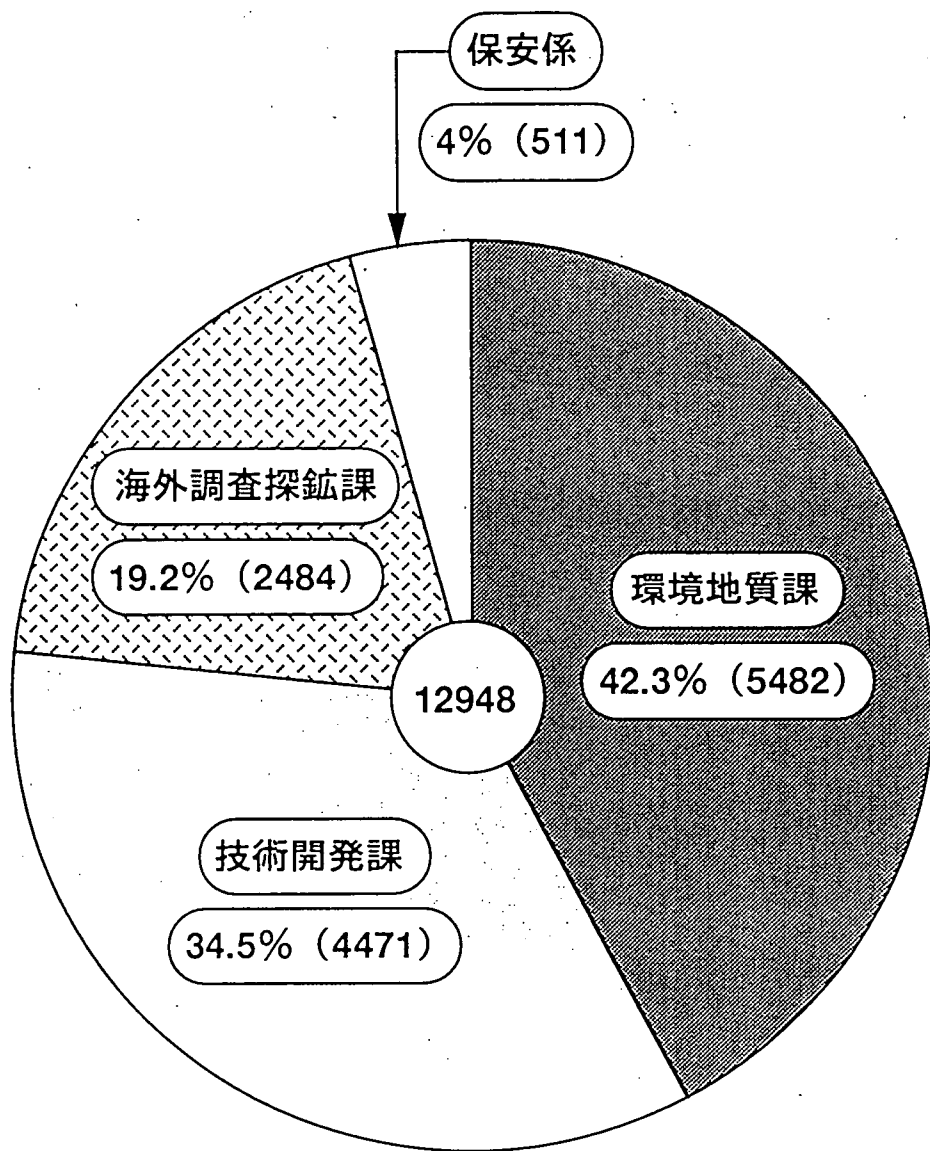
- ① 東濃地科学センター 標準分析作業法の見直し改訂をおこない製本した。
- ② 新分析機器の動向調査を実施した。  
主に I C P / M S によるテスト分析を実施継続中。
- ③ F P 法による岩石試料の蛍光 X 線分析の検討を実施、良い成果を得ることができた。
- ④ 液体クロマトグラフ装置による  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  イオンの同時分析を継続検討した。



平成6年度分析作業実績表

(単位：試料件数/成分件数)

日	月	H7										合計				
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1		2	3		
環境地質課	岩石	3/9	18/164	12/36	7/28	7/28	7/28	67/151	12/110					20/300	45/583	191/1411
	水質	23/275	6/6		7/7	51/465	23/239	36/206	53/992	36/739				40/580	47/562	322/4071
技術開発課	岩石			2/6	1/3								30/120	28/112	61/241	
	水質	57/310	54/295	54/295	55/297	55/299	89/885	65/141	73/518	56/303	47/283	63/310	55/294	217/2170	723/4230	
海外調査 探鉱課	岩石				1/26		8/8				8/80				254/2484	
保安係	水質	1/5								71/503	1/3				73/511	
小計	岩石	3/9	18/164	14/42	9/57	7/28	67/151	20/118		20/200	38/200	262/2755	48/412	262/2755	506/4136	
	水質	81/590	60/301	54/295	62/304	106/764	112/1124	101/34	126/1510	163/1545	48/286	110/872	95/874	110/872	1118/8812	
合計		84/599	78/465	68/337	71/361	113/792	179/1275	121/465	126/1510	183/1745	86/486	372/3627	143/1286	372/3627	1624/12948	



## 平成6年度全体分析実績

## C-4 弾性波探査反射法調査における地元対応に関するメモ

長谷川 健

1. はじめに

平成6年11月7日から平成6年11月17日にかけて、瑞浪市明世町正馬様洞の林道および土岐市泉町定林寺の若人の丘周辺の道路において弾性波探査反射法による調査が実施された。これは、本社・環境本部・地層科学Grが千葉大学理学部への委託研究として実施したものであり、技術開発課は道路使用の許可申請手続きや地元説明等、地元対応を本社・青木担当役より委託された。このメモは、東濃地科学センターが行った道路使用許可申請手続きと地元説明の経緯を時系列的に整理したものである。

なお、委託研究の成果については、報告書「活断層の調査手法に関する研究－反射法を用いた断層構造調査手法の検討－（PNC PJ 1640 95-001）」で報告されている。

2. 地元対応の経緯

以下の記述において、若人の丘測線の市道部分に関する記述には□印を、同測線の若人の丘活動センター内の道路に関する記述には△印を、正馬様の測線に関する記述には○印を記した。また、対応は吉岡総務課長代理（当時）、武田総務課係長（当時）、長谷川および藪内が行った。

6月21日 □△反射法賤洞測線・若人の丘測線部分の都市基本計画図（1:2,500）を土岐市役所より入手〔長谷川、藪内〕

7月 1日 ○反射法正馬様測線部分の都市基本計画図（1:2,500）を瑞浪市役所より入手〔長谷川〕  
○市道はトンネルを出た所までであることを確認〔長谷川〕

7月 6日 △若人の丘の管理事務所に電話連絡〔長谷川〕  
「若人の丘は県の施設であるが、土岐市教育委員会が管理を委託されていることを確認」

7月 8日 □土岐市役所監理課で市道認定を受けている部分を確認〔長谷川〕  
△土岐市役所管財課で土地の所有者を確認→すべて土岐市〔長谷川〕  
○瑞浪市役所農林課で正馬様の道路が林道であることを確認〔長谷川〕

7月15日 ○瑞浪市役所農林課・正村係長と電話で確認〔長谷川〕  
「農林課は、許可等の手続きは必要ないと判断、瑞浪市・区長・森林組合長等への連絡が必要」

- 9月 8日 □土岐市役所・企画開発課 曾根 修主幹  
△土岐市教育委員会・社会体育課 水野和良課長  
・説明&了承を得る〔吉岡、長谷川〕
- 9月19日 □土岐市役所・監理課 水野氏、酒井氏へ作業について説明〔長谷川〕  
道路占有許可申請の手続について説明を受ける（用紙入手）
- 9月22日 □△河合区・□区長に説明〔武田〕  
○瑞浪市役所・企画調整課 時村課長に説明〔吉岡、武田〕
- 10月 5日 □道路占有許可申請書を土岐市役所・監理課へ提出〔長谷川〕
- 10月12日 ○月吉森林組合 □組合長に説明〔武田、長谷川〕
- 10月17日 □土岐市 道路占有を許可〔長谷川〕
- 10月21日 □多治見警察署・交通課へ作業について説明〔武田、長谷川〕  
道路使用許可申請の手続について説明を受ける（用紙入手）
- 10月25日 □道路使用許可申請書を多治見警察署・交通課へ提出〔武田、長谷川〕
- 11月 2日 □多治見署 道路使用を許可〔吉岡〕
- 11月 4日 □若人の丘測線 道路沿い住民への説明〔武田、長谷川〕
- 11月 8日 △若人の丘管理事務所 所長へのあいさつ〔千葉大伊藤教授、長谷川〕

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

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課  
電話：029-282-1122 (代表)  
ファックス：029-282-7980  
電子メール：jserv@jnc.go.jp

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

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