

JNC TJ7420 2005-105
~~JNC TJ4380 87-00f~~

1
経 理

釜石鉱山の既存空洞とその周辺の 各種状況調査

1987年3月

日鉄鉱業株式会社

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

釜石鉾山の既存空洞とその周辺の各種状況調査*

森田 宏, 浜辺修二, 長 久**

要 旨

本調査は、釜石鉾山で廃棄物処分に関する各種試験の実施を検討するための、既存資料の収集・解析を主とする鉾山とその周辺の各種状況調査、及びその結果を考慮にいたした処分技術開発5カ年計画の提案を行うものである。

本調査により以下の諸点が明らかになった。

1. 鉾山周辺の地質、層序、岩石、構造の概要を明らかにした。
2. 鉾山周辺地域に分布する各種火成岩類の鉾物組成・化学成分、磁性・帯磁率等に関する資料を収集し、中～細粒の角閃石黒雲母花崗閃緑岩からなる栗橋岩体が全般に新鮮で鉾物容量・色指数・帯磁率・磁気変化等で他の花崗岩体に比して安定していることを明らかにした。
3. 鉾山の坑道展開状況、通気状況、軌道敷設状況を図示した。
4. 鉾山坑内外で実施された試錐を総括図示した。
5. 大峰鉾床北部550m, 250m両坑の地質スケッチをまとめ、それから断裂系を抽出解析し、N70W~EW~N70E系が卓越することを明らかにした。
6. 鉾山周辺地域の降水量、気温、水質、各坑口の排水・水量をまとめた。その結果、7.5km×1.5kmで上下最大700mの範囲に分布する総延長140kmの坑道から、合計約15m³の水が、流量・pH・水等比較的安定して流出している事が明らかになった。
7. 大峰鉾床北部を主に坑内外の計20点で水温、pH、RpH、電気伝導度、水圧、流量等を測定し、さらに採水・分析し、地下水の賦存状況を推定した。その結果地表水、550mレベルの蟹岳花崗閃緑岩およびスカン化閃緑岩中の地下水は浅層地下水系に、250mレベルの栗橋花崗閃緑岩中の地下水は深層被圧地下水系に分類される事、同じレベルでも地質によって地下水の循環様式が異なる事等が明らかになった。
8. 鉾山内の岩石につき物性データをまとめ、本邦産岩石の一般的物性値と比較し、ほぼ平均値を示す事を明らかにした。
9. 大峰鉾床北部の年間維持管理に要する人員、経費及び試験開始前の準備作業と設備経費について概算した。年間維持費は約15百万円で、準備作業費は約20百万円である。

以上の結果、大峰鉾床北部の550m坑、250m坑の栗橋花崗閃緑岩部が、地表からの深度、岩質水理等からみても各種原位置試験を行うのに適していると考えられ、これを対象地区として、処分技術開発5カ年計画の提案をおこなった。

処分技術開発5カ年計画の提案は、地質・構造地質、水理地質、地球化学、岩盤力学、地球物理、閉鎖技術等の分野を網羅し、技術開発を伴う実施すべき調査・試験の項目は数十におよぶ。

* 本報告書は、日鉄鉾業株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した調査の成果である。

** 日鉄鉾業株式会社

目 次

	頁
ま え が き	1
I. 調査の概要	3
I-1 調査名	3
I-2 調査目的	3
I-3 調査箇所	3
I-3-1 位置・交通	3
I-3-2 鉱山の操業者その他	4
I-4 調査期間	4
I-5 調査の範囲	4
I-6 調査の内容と方法	5
I-7 担当者の氏名	6
II. 既存資料による調査	7
II-1 鉱山周辺地域の地形・地質の状況	7
II-1-1 地形の状況	7
II-1-2 地質の状況	7
1) 地質の概要	7
2) 層 序	8
(1) 古生層	8
(2) 中生層	12
3) 火成岩類	12
(1) 概 要	12
(2) 早池峰-五葉山構造帯に貫入した岩石	13
(3) 蟹岳複合岩体とこれに伴う岩石	14
(4) 栗橋花崗閃緑岩体とこれに伴う岩石	15
(5) 花崗斑岩	15
(6) 火成岩類の鉱物組成と化学成分	16
(7) 火成岩類の貫入順序	33
(8) 主要岩体の年代測定	34
(9) 火成岩体の磁性と帯磁率	34

	頁
4) 鉍化作用とスカルン化作用	34
5) 地質構造	36
(1) 概 要	36
(2) 古生層の構造	36
(3) 中生層の構造	39
(4) 火成岩類の形態	40
(5) 活断層	40
(6) 栗橋花崗閃緑岩体とその周辺の花崗岩体との比較	42
Ⅱ-2 鉍山周辺地域の坑道の位置・構造	45
Ⅱ-3 鉍山周辺地域の広域調査用試錐	46
Ⅱ-4 大峰鉍床北部の試錐	46
Ⅱ-5 大峰鉍床北部の坑内外水理状況	57
Ⅱ-5-1 断 裂 系	57
Ⅱ-5-2 降水量と気温	60
Ⅱ-5-3 水 質	60
Ⅱ-6 鉍山全域の出水湧水量変化	67
Ⅱ-7 鉍山内の排水・通気・軌道状況	67
Ⅱ-8 鉍山内の岩石物性状況	68
Ⅲ. 大峰鉍床北部の坑内外地下水状況調査	79
Ⅲ-1 調査方法	79
Ⅲ-2 調査期間及び工程	79
Ⅲ-3 調査内容	79
Ⅲ-4 採水地点	79
Ⅲ-5 分析調査	84
Ⅲ-6 調査結果より推定される地下水の賦存状況	89
Ⅳ. 経費等の概算	102
Ⅳ-1 大峰鉍床北部の年間維持管理上の人員・経費概算	102
Ⅳ-2 試験開始前の準備作業と設備経費概算	104
Ⅴ. 釜石鉍山における処分技術開発計画	107
Ⅴ-1 釜石鉍山において実施すべき調査・試験	107

	頁
V-2 原位置試験場の設計	147
V-3 調査・試験の実施スケジュールとコスト	150

図 面 目 次

図面番号	内 容	頁
第Ⅰ－３－１図	調査対象地区位置図	3
第Ⅱ－１－１図	釜石鉍山周辺地域の概略地質図	9
第Ⅱ－１－２図	釜石鉍山周辺地域の地質図	※
第Ⅱ－１－３図	釜石鉍山周辺地域の地質断面図	※
第Ⅱ－１－４図	大峰鉍床以北の地質平断面図	※
第Ⅱ－１－５図	花崗岩類モード分析試料の採取位置図	21
第Ⅱ－１－６図	花崗岩体の分析試料採取位置図	26
第Ⅱ－１－７図	岩体別 K_2O , U , Th の頻度分布図	28
第Ⅱ－１－８図	K_2O , Th , U 帯磁率測定試料採取位置図	31
第Ⅱ－１－９図	釜石鉍山周辺火成岩の C1-F 図	32
第Ⅱ－１－10図	$Cu-K_2O / (Na_2O + K_2O + CaO)$ 関係図	32
第Ⅱ－１－11図	釜石鉍山周辺地域の等磁力線図 (空中磁気探査)	※
第Ⅱ－１－12図	大峰鉍床北部の等磁力線図 (地表磁気探査)	※
第Ⅱ－１－13図	帯磁率分布図	35
第Ⅱ－１－14図	釜石鉍山周辺地域の地質構造図	※
第Ⅱ－１－15図	遠野・栗橋・五葉山花崗岩体の構造	41
第Ⅱ－１－16図	大峰鉍床北部の栗橋花崗岩体の地下等高線図	※
第Ⅱ－１－17図	釜石鉍山周辺地域の活断層	43
第Ⅱ－２－１図	釜石鉍山坑道平面図	※
第Ⅱ－２－２図	釜石鉍山坑道南北縦断面図	※
第Ⅱ－２－３図	大峰鉍床北部における坑道と地表との関係図	※
第Ⅱ－３－１図	広域調査用試錐位置図	※
第Ⅱ－３－２図	広域調査用試錐柱状図凡例	47 ※
第Ⅱ－３－３図	広域調査用試錐概略柱状図	48
第Ⅱ－３－４図	広域調査用試錐地質柱状図	※
第Ⅱ－４－１図	大峰鉍床北部試錐位置図	※
第Ⅱ－４－２図	大峰鉍床北部試錐柱状図凡例	52 ※
第Ⅱ－４－３図	大峰鉍床北部試錐概略柱状図	53 , 55
第Ⅱ－４－４図	大峰鉍床北部試錐地質柱状図	※

第Ⅱ－５－１図	大峰鉾床北部坑道地質スケッチ図	.....	※
第Ⅱ－５－２図	大峰鉾床北部の断裂系ローズダイヤグラム	.....	※
第Ⅱ－５－３図	大峰鉾床北部の断裂系シュミットネット図	.....	※
第Ⅱ－５－４図	釜石鉾山の年間気温図	..... 63	
第Ⅱ－５－５図	釜石鉾山の年間降水量図	..... 63	
第Ⅱ－５－６図	釜石鉾山の気象・水質測定位置図	.....	※
第Ⅱ－５－７図	釜石鉾山の水質変化図	..... 65	
第Ⅱ－７－１図	釜石鉾山の排水系統図	.....	※
第Ⅱ－７－２図	釜石鉾山の通気系統図	.....	※
第Ⅱ－７－３図	釜石鉾山の軌道敷設状況	.....	※
第Ⅱ－８－１図	釜石鉾山内の岩石物性値図	..... 72	
第Ⅱ－８－２図	本邦岩石と釜石鉾山の岩石の物性値比較図	..... 73	
第Ⅲ－１－１図	調査地点図	..... 80	
第Ⅲ－４－１図	地表採水図	..... 81	
第Ⅲ－４－２図	坑内採水地点(550m坑)	..... 82	
第Ⅲ－４－３図	坑内採水地点(250m坑)	..... 83	
第Ⅲ－６－１図	分析結果のキーダイヤグラム表示	..... 90	
第Ⅲ－６－２図	分析結果のパターンダイヤグラム表示	..... 91	
第Ⅲ－６－３図	分析結果のオクタダイヤグラム表示	..... 94	
第Ⅲ－６－４図	主要陽イオン成分に基づく水質の分類	..... 95	
第Ⅲ－６－５図	結晶質岩系地下水と平衡状態にある粘土鉱物に基づく水質の分類	..... 96	
第Ⅲ－６－６図	坑内の地下水温分布(550m坑)	..... 98	
第Ⅲ－６－７図	坑内の地下水温分布(250m坑)	..... 99	
第Ⅲ－６－８図	日本およびその周辺の地殻熱流量分布	..... 100	
第Ⅳ－１－１図	大峰鉾床北部の坑道維持管理の範囲	..... 103	
第Ⅴ－１－１図	地表地質調査実施範囲	..... 111	
第Ⅴ－１－２図	物理探査実施範囲	..... 113	
第Ⅴ－１－３図	ボーリング調査実施位置	..... 115	
第Ⅴ－１－４図	孔間弾性波探査の実施状況	..... 119	
第Ⅴ－１－５図	孔内レーダー反射図	..... 120	
第Ⅴ－１－６図	河川流量調査および気象観測地点	..... 122	
第Ⅴ－１－７図	ボーリング孔内の区間地下水圧測定および採水用パッカーシステム	..... 123	
第Ⅴ－１－８図	坑内湧水量観測位置図	..... 125	

第 V-1-9 図	ベンチレーション法による空洞排水試験の概念	127
第 V-1-10 図	流動地下水系移行試験の概念	129
第 V-1-11 図	掘削試験における観測孔の配置例	132
第 V-1-12 図	水圧破碎実施状況	133
第 V-1-13 図	オーバーコアリング作業実施状況	134
第 V-1-14 図	原位置岩盤試験実施状況	135
第 V-1-15 図	原位置熱物性試験実施状況	136
第 V-1-16 図	ヒーター設置状況	137
第 V-1-17 図	フラットジャッキテスト実施状況	139
第 V-1-18 図	坑道断面へのひずみ計の配置	140
第 V-1-19 図	埋戻し材の施工概念	142
第 V-1-20 図	立坑シールの遮水性能試験の概念	144
第 V-1-21 図	バッファーマステストの実施概念	146
第 V-2-1 図	原位置試験場の配置	148
第 V-2-2 図	550 m 坑原位置試験場の空洞配置	149

注) ※印は添附図面

表 目 次

表 番 号	内 容	頁
第Ⅱ-1-1表	釜石鉍山周辺地域の地質層序表	10
第Ⅱ-1-2表	花崗岩体別鉍物容量平均値(モード)	17
第Ⅱ-1-3表	花崗岩類モード分析一覧表	18
第Ⅱ-1-4表	釜石鉍山周辺地域の花崗岩体の化学成分表	22, 24
第Ⅱ-1-5表	岩体別K ₂ O, Th, U帯磁率の平均値	27
第Ⅱ-1-6表	K ₂ O, Th, U帯磁率一覧表	29
第Ⅱ-1-7表	五葉山・遠野岩体微量化学成分表	30
第Ⅱ-1-8表	釜石鉍山における火成岩貫入順序	33
第Ⅱ-1-9表	釜石鉍山主要鉍床一覧表	37
第Ⅱ-1-10表	花崗岩体別各種特性比較表	44
第Ⅱ-3-1表	広域調査用試錐一覧表	46
第Ⅱ-4-1表	大峰鉍床北部試錐一覧表	50
第Ⅱ-5-1表	釜石鉍山の気象データ	61
第Ⅱ-5-2表	釜石鉍山の水質データ	64
第Ⅱ-5-3表	釜石鉍山構造坑道掘進時の水質表	66
第Ⅱ-8-1表	釜石鉍山内の岩石物性値表	70
第Ⅱ-8-2表	栗橋花崗閃緑岩の物性—軸圧縮強度	75
第Ⅱ-8-3表	栗橋花崗閃緑岩の物性—圧裂引張強度	75
第Ⅲ-4-1表	採水地点一覧	85
第Ⅲ-5-1表	現地測定結果	86
第Ⅲ-5-2表	水質分析結果(1)	87
第Ⅲ-5-3表	水質分析結果(2)	88
第Ⅳ-1-1表	大峰鉍床北部の坑道年間維持管理費	105
第Ⅳ-1-1表	試験開始前の準備作業費	106
第Ⅴ-1-1表	釜石鉍山において実施すべき調査・試験項目	109
第Ⅴ-3-1表	釜石鉍山における調査・試験のスケジュール	151
第Ⅴ-3-2表	調査・試験コストおよび建設コスト	153

添 附 図 面

図面番号	内 容
第Ⅱ-1-2図	釜石鉾山周辺地域の地質図
第Ⅱ-1-3図	釜石鉾山周辺地域の地質断面図
第Ⅱ-1-4図	大峰鉾床以北の地質平断面図
第Ⅱ-1-11図	釜石鉾山周辺地域の等磁力線図（空中磁気探査）
第Ⅱ-1-12図	大峰鉾床北部の等磁力線図（地表磁気探査）
第Ⅱ-1-14図	釜石鉾山周辺地域の地質構造図
第Ⅱ-1-16図	大峰鉾床北部の栗橋花崗岩体の地下等高線図
第Ⅱ-2-1図	釜石鉾山坑道平面図
第Ⅱ-2-2図	釜石鉾山坑道南北縦断面図
第Ⅱ-2-3図	大峰鉾床北部における坑道と地表との関係図
第Ⅱ-3-1図	広域調査用試錐位置図
第Ⅱ-3-2図	広域調査用試錐柱状図凡例
第Ⅱ-3-4図	広域調査用試錐地質柱状図
第Ⅱ-4-1図	大峰鉾床北部試錐位置図
第Ⅱ-4-2図	大峰鉾床北部試錐柱状図凡例
第Ⅱ-4-4図	大峰鉾床北部試錐地質柱状図
第Ⅱ-5-1図	大峰鉾床北部坑道地質スケッチ図
第Ⅱ-5-2図	大峰鉾床北部の断裂系ローズダイヤグラム
第Ⅱ-5-3図	大峰鉾床北部の断裂系シュミットネット図
第Ⅱ-5-6図	釜石鉾山の気象・水質測定位置図
第Ⅱ-7-1図	釜石鉾山の排水系統図
第Ⅱ-7-2図	釜石鉾山の通気系統図
第Ⅱ-7-3図	釜石鉾山の軌道敷設状況

まえがき

わが国の高レベル放射性廃棄物の最終的な処分方策は、原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会が昭和59年8月並びに昭和60年10月に取りまとめた報告書に記されているように、「高レベル放射性廃棄物の処分にあってはその放射能が減衰して環境汚染あるいは放射線の影響の恐れが十分軽減されるまで、長時間にわたり人間環境から隔離を行うことが必要である。この隔離の方法としては、従来方針通り地層処分によることとし、地下数百メートルより深い地層中へ処分を行い、天然バリアと人工バリアを組合わせた多重バリアによることを基本的な概念とする。」とされている。

これまでも、地層処分技術の確立を目指し、第1段階の研究開発として、わが国の地層の調査研究・既存空洞における地層特性の調査研究・地層処分システム研究・人工バリアの研究等を実施してきた。これによって地層処分技術は向上したものの、わが国の深部岩盤についての地層処分技術に関する情報はまだまだ乏しく、原位置試験の経験も限られたものしかない。

研究開発の第2段階に位置づけられる現時点においては、地下深部岩盤内における調査・試験等の研究開発が必要とされている。さらに、深部岩体内における岩盤調査技術、建設・閉鎖技術の実証、モデリングの検証といった大規模かつ総合的な原位置試験を実施しなければ成果の得られない研究開発にも取り組む必要があると考えられる。

わが国における放射能廃棄物の処分対象岩体として堆積岩と結晶質岩類の2種類が考えられている。花崗岩はわが国に広く分布する代表的な結晶岩質であり、処分に有効な地層の一つにあげることができる。

今回、釜石鉾山の既存空洞とその周辺の種類状況調査を実施し、併せて処分技術開発のため原位置試験計画を立案するが、釜石鉾山に試験場を立地する主な理由は、次の2点である。

- ① 釜石鉾山は、比較的大きな花崗岩体の端部に位置し、花崗岩体の適当な深度に既存の坑道を有している。
- ② 深部岩盤に至るアクセス坑道（立坑，横坑）の掘削が不要で、ユーティリティも鉾山の設置したものを大部分利用できるなど既存空洞の有する利点を持ちながら、採掘域から十分に離れた比較的乱されていない花崗岩内で調査・試験が可能である。

以上から、釜石鉾山においては、次の目的に沿った調査・試験計画の立案が可能である。

- (1) 調査，試験技術の確立とその有効性の確認

処分候補地の選定や処分地の設計等に必要な調査・試験技術で、開発過程にあるものはこれを確立し、既存技術に関してはその有効性を確認する。

- (2) 花崗岩体の特性データの把握

地下深部の花崗岩岩盤の特性（水文特性・力学特性・化学特性等）に関する情報を得て、

処分システムの設計研究に資する。

(3) 処分場の建設・閉鎖に関する施工技術の確立と実証

岩盤を出来るだけ劣化させずに処分場を建設し、その安定性を確保する技術ならびに、処分場を閉鎖するために人工バリアシステムを施工する技術の確立と実規模施工による技術の実証を行う。

(4) モデル化のためのメカニズム研究に関連したデータの取得

岩盤および人工バリアの水・力・熱・化学現象のメカニズム解明に必要とされるデータを、地層処分システム設計のためのモデル構築に資するとともにその検討を行う。

本調査は、上記目的を達成するための各種状況調査と処分技術開発計画の提案を行うものである。

I. 調査の概要

I-1 調査名

釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査

I-2 調査目的

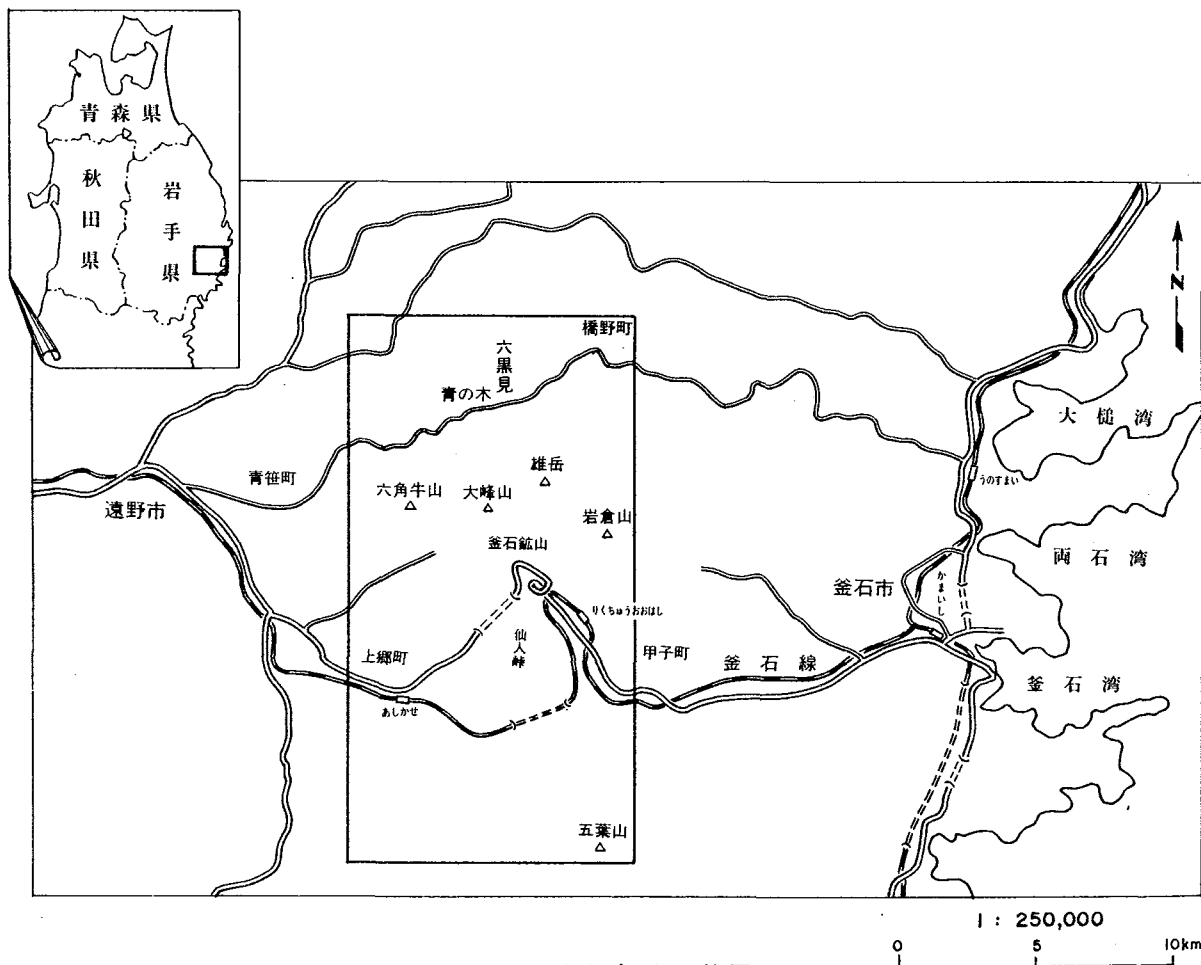
鉱山周辺の地形・地質・坑道・水理・岩石物性状況等に関する資料の蒐集と、一部調査とを実施する。更にこれらを基に既存空洞およびその周辺での、今後の処分技術開発計画の提案を行う。

I-3 調査箇所

I-3-1 位置・交通

釜石鉱山とその周辺

岩手県釜石市甲子町・同市橋野町・遠野市上郷町・同市青笹町の2市4町に亘り、調査の中心となる釜石鉱山大峰鉱床北部は上記4町の境界部に当る。



I-3-1 図 調査対象地区位置図

釜石鉾山の鉾床群へは国鉄釜石線陸中大橋駅より北東方直距約3Kmを国道283号線に沿って鉾山採鉾事務所に至り、それより坑内を通じ達することができる。調査の中心となる大峰北部へは坑内を通じて地表下400～700mへ250m坑、550m坑により至ることができる。また、地表部へは遠野市と鶴住居を結ぶ道路の途中青の木部落より二又沢を約3Km遡上することにより至ることができる。

I-3-2 鉾山の操業者その他

1) 鉾山の操業者

釜石鉾山は日鉄鉾業(株)の100%子会社である新釜石鉾山(株)により操業されている。
新釜石鉾山株式会社

本社 岩手県釜石市甲子町第1地割80番地

電話 釜石(0193)59-2221(代表)

社長 吉田 慧

2) 土地・鉾業権

鉾山付近の土地は、佐比内鉾床から新山鉾床さらに鉾山事務所に至る甲子川流域のかなりの範囲に亘り、日鉄鉾業の所有地となっている。他に若干の民有地があるが、周辺は国有地が広い。そしてそれらの大半が水源涵養保安林を主とする各種の保安林に指定されている。調査対象地区内の早瀬川流域には国有地が広く、二又沢流域は民地と国有地とよりなる。前者はかなりの範囲が保安林に指定されているが、後者には保安林はそう多くないものと推定される。詳細には別途調査を要する。

なお、第II-1-2図鉾山付近の地質図に示した範囲には一部を除き日鉄鉾業グループの鉾区が全域的に出願設定されている。

I-4 調査期間

昭和61年12月1日～昭和62年3月31日

I-5 調査の範囲

- 1) 鉾山周辺地域の地形、地質状況
- 2) 鉾山周辺地域の坑道の位置、構造状況
- 3) 鉾山周辺地域の広域調査用試錐位置、地質柱状
- 4) 大峰鉾床北部の試錐位置、地質柱状
- 5) 大峰鉾床北部の坑内外水理状況

- 6) 鉾山内の排水，通気，軌道状況
- 7) 鉾山内の岩石物性状況
- 8) 鉾山内における処分技術開発計画（提案）

I-6 調査の内容と方法

- 1) 鉾山周辺地域の地形図地質図 1/25,000
昭和45年度から同54年度にかけて金属鉾業事業団により実施された遠野地域広域調査・精密調査の結果と，鉾山に蓄積された資料を基に作成した。
- 2) 鉾山周辺地域の地質断面図 1/25,000（6断面）
同 上
- 3) 鉾山周辺地域の地質平断面図 1/5,000（4断面）
鉾山で実施した坑道探鉾・試錐探鉾の成果を総合作成した。
- 4) 鉾山周辺地域の坑道位置構造図 1/5,000（8レベル）
鉾山資料を総合補正して作成した。
- 5) 鉾山周辺地域の広域調査試錐位置図 1/50,000
金属鉾業事業団による広域調査資料を総合作成した。
- 6) 鉾山周辺地域の広域調査試錐地質柱状図 1/500
同 上
- 7) 大峰鉾床北部の試錐位置図 1/5,000
鉾山，および金属鉾業事業団が精密調査として実施した試錐を総合して作成した。
- 8) 大峰鉾床北部の試錐地質柱状図 1/500
同 上
- 9) 大峰鉾床北部の坑内外水理状況図（割目，湧水，水質）1/500
本調査は，鉾山の保有する資料の蒐集・総合解析と，現地調査とよりなる。
前者として，大峰鉾床北部の250m坑道，550m坑道の坑道地質資料の総合と，それから抽出した断裂系の解析を行った。
後者としては，大峰鉾床北部の坑内外地下水の現地状況調査を実施した。
- 10) 鉾山内全域の出水湧水量変化表
鉾山の坑口排水量資料をまとめた。
- 11) 鉾山内通気排水軌道関係図 1/5,000
鉾山の資料を総合した。
- 12) 鉾山内岩石物性値表
鉾山の資料を総合した。

13) 大峰鉾床北部の年間維持管理上の人員，経費概算

鉾山の資料に基づき，前提条件をもうけて計算した。

14) 試験開始前の準備作業と設備経費概算

同上

15) 処分技術開発計画の提案

上記諸資料情報を勘案したうえで作成した。

I-7 担当者の氏名

実施責任者	森 田 宏	日鉄鉾業(株)
技術責任者	浜 辺 修 二	〃
調 査 員	干 瀧 修 一	日鉄鉾業(株)
〃	長 久	〃
〃	黒 崎 尚 武	新釜石鉾山(株)
〃	山 本 忠 善	〃

II. 調 査

II-1 鉾山周辺地域の地形・地質状況

II-1-1 地形の状況

新釜石鉾山(株)により操業されている釜石鉾山は、行政的には岩手県釜石市甲子町大橋，同市橋野町青の木，遠野市上郷町佐比内，青笹町の2市4町に亘って存在し，地理的には中部北上山地東部の脊稜部に位置している。

鉾山付近で，脊稜は海拔800-1,300mの略南北に走る尾根を形成しており，その最高峰は雄岳の海拔1,313.2mである。

鉾山付近の水系は，脊稜を境に東に流れ直接太平洋に入る甲子川と，橋野川，そして西に流れる北上川の支流の早瀬川の3水系に分れる。そしてそれぞれの流域は釜石市甲子町，同市橋野町，遠野市上郷町の区分と一致している。

地形的にみると，雄岳(1,313.2m)，天狗森(1,184m)，仙人峠(921m)，土倉峠(985m)を結ぶ尾根の東部は急峻な壮年期の地形を示し，尾根の西部は東部に比しやや緩やかな斜面をなしている。また橋野町青の木部落付近の橋野川流域は比較的平坦な地形を示す部分が多い。

地形を地質との関連でみると青の木一笛吹峠付近の平坦地形が栗橋花崗閃緑岩体の分布域と一致していること，雄岳，雌岳，蟹岳と本調査域に突出した山塊が蟹岳複合岩体の分布とほぼ一致していること等，火成岩体と地形との関連が目立っている。

鉾山付近の地被・植生は水系ごとに大別することができる。すなわち，甲子川と早瀬川流域は樺・檜・岳樺の雑木粗林よりなり，根曲り竹がその間を埋めている。

橋野川の支流二又沢流域の笛吹峠付近は伐開され杉の幼年木植林地となっている。

II-1-2 地質の状況

1) 地質の概要

鉾山周辺の地質・構造については盛合，1961，1963，吉田(1961)，NAKAZAWA et al (1966)，MURATA (1966)を始め多くの研究がな

されているが、金属鉱業事業団により釜石鉱山を中心に実施された広域調査（南部ほか、1970-1974）および精密調査（南部ほか、1973-1978）により、従来の資料が総括されるとともに新しいデータが多数加えられた。本報告はこれら諸資料に釜石鉱山の保有する資料を加えてまとめた。

地質図類としては、釜石鉱山周辺地域の概略地質図を第Ⅱ-1-1図に、同地質図、地質断面図を第Ⅱ-1-2図、第Ⅱ-1-3図にそれぞれまとめた。また、大峰鉱床以北のレベル別地質断面図を第Ⅱ-1-4図にまとめた。

北上山地は早池峰-五葉山構造帯により、石灰岩相の卓越する南部型とチャート相の卓越する北部型に分けられる（小貫、1969）が、釜石鉱山は南部北上山地の北部北上山地にごく接近した地区に位置する。

鉱山周辺の地質は古生界石炭系・二疊系および中生界白亜系に属する堆積岩類と、これら貫く超塩基性-塩基性-酸性の各種火成岩とにより構成されている。

古生層はほぼ南北の走向を示し、地質構造的には凡そ六黒見鉱山-蟹岳-土倉を結ぶ線を軸とする複背斜構造をなしており、その軸部蟹岳付近に閃緑岩、花崗閃緑岩等で構成される蟹岳複合岩体が貫入している。

2) 層 序（第Ⅱ-1-1表）

(1) 古 生 層

イ. 土 倉 層

標式地：国鉄釜石線陸中大橋駅南方約2Km，土倉峠付近

分 布：土倉峠から南北に幅2-3Kmで連続する部分と、蟹岳複合岩体の周辺を取りまくように所々にまとまって分布する従来仙人坊岩と呼ばれていた部分とよりなる。

岩相・岩質：いわゆる輝緑凝灰岩と呼ばれるもので、主に安山岩質凝灰岩、同質凝灰角礫岩、安山岩溶岩等よりなる。

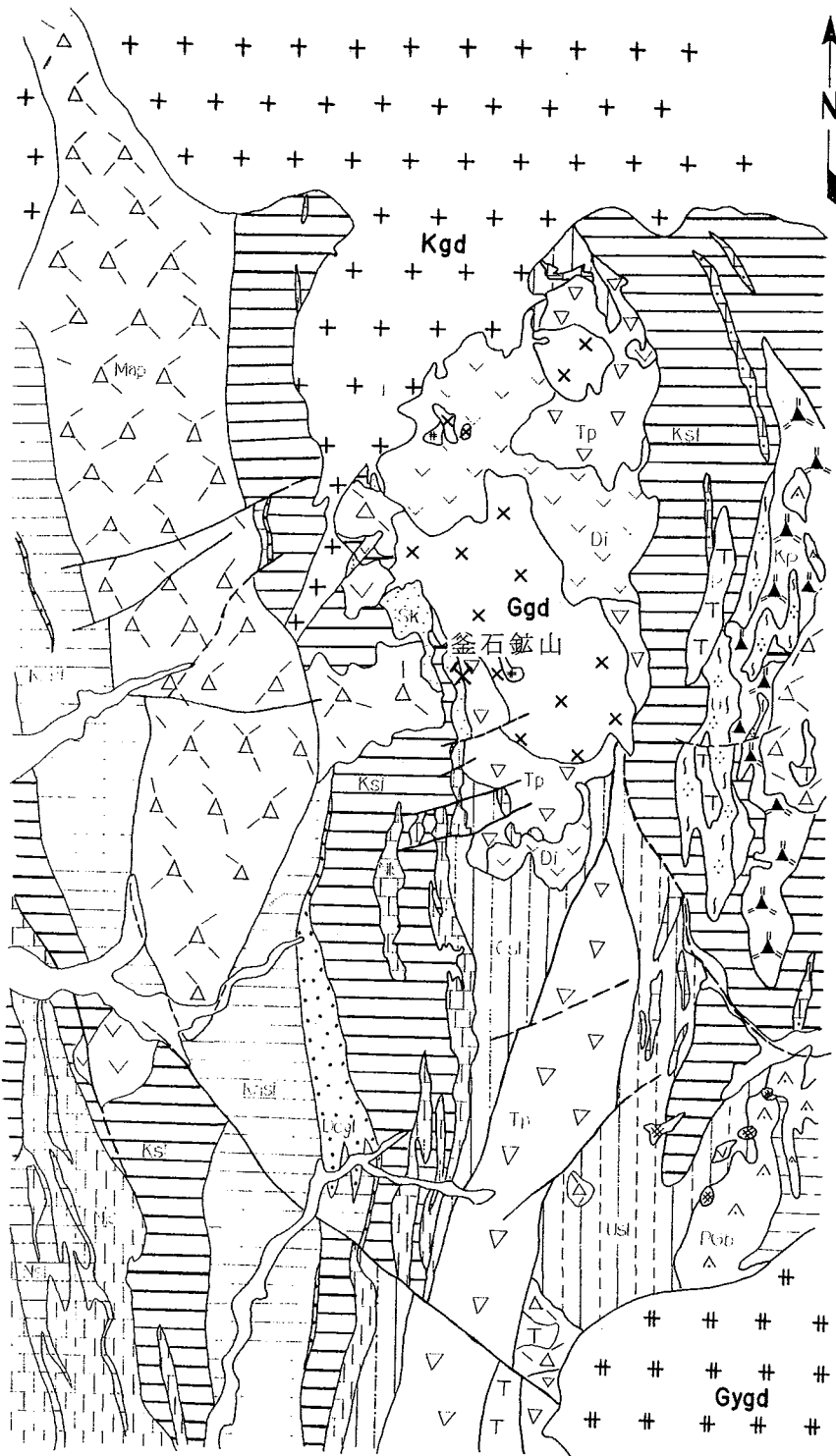
層 厚：本層は本地区における最下部層であるため明らかでないが層厚は600m以上に達するものと推定される。

層 位：MURATA（1966）は南部からの地層の追跡で本層を白亜系大船渡層群に対比している。しかし、本層の主要部からは化石を産生しないが石炭系中部貝層にほぼ整合的に覆われていることから石炭系下部の横田層群に対比できるものと考えられる。

ロ. 大 橋 層

標式地：大洞鉱山-土倉峠間の気仙川沿い。

分 布：地表では標式地付近に南に閉じる三角形に東西およそ1.5Km，南北



凡 例

時代	地層名	岩 相	略号
古 生 代	馬木の内層	石英安山岩 - 安山岩質火砕岩類	Mgp
		粘板岩類	Kns
	金山層	礫岩(大洞礫岩)	Dcl
		砂岩・粘板岩	Msl
	松倉層	安山岩質火砕岩類	Kp
		粘板岩類	Ksl
	甲子層	石灰岩	Kls
		粘板岩	Usl
	唄貝層	石灰岩	Uls
		砂岩・粘板岩	Nsl
	長岩・鬼丸層	石灰岩	Nls
		粘板岩類	Osl
	大橋・寒倉層	石灰岩	Ols
		安山岩質火砕岩類	Tp
土倉層	花崗閃緑岩	Kgd	
	花崗閃緑岩	Ggd	
栗橋岩体	斑 禰 岩	Gb	
	閃緑岩・閃緑玢岩	Dj	
蟹岳岩体	花崗閃緑岩	Ggd	
	花崗斑岩	Gp	
五葉山岩体	玢 岩 類	P	
	斑 禰 岩	PgB	
その他の火成岩類	超塩基性岩	U	
	スカルン	SK	

—— 断 層
- - - 推 定 断 層

1:10,000
0 3000

第II-1-1図 釜石鉾山周辺地域の概略地質図

第II-1-1表 釜石鉾山周辺地域の地質層序表(浜辺・野納, 1976)

時代	標準層序	西 部			東 部			火成活動	主な構造運動
		地層	層厚	岩相	地層	層厚	岩相		
白亜系	下部 大船渡層群	馬木の内層	+700m	石英安山岩 ~安山岩質 火砕岩 砂岩、粘板岩 礫岩	馬木の内層	+250m	安山岩質 火砕岩 砂岩、礫岩	栗橋・蟹岳等 深成岩類の 貫入 石英安山岩~ 安山岩の活動	宮城変動
		金山層 大洞礫岩	1,100m	粘板岩 砂岩 礫岩					
二畳系	上部 登米層 倉屋層	金山層 大洞礫岩	1,100m	粘板岩 砂岩 礫岩				石英安山岩~ 安山岩の活動	世田米変動
	下部 坂本沢層	甲子層	800m	粘板岩、砂岩 凝灰岩 石灰岩 粘板岩、砂岩	甲子層	+900m	粘板岩 安山岩質 凝灰岩 石灰岩 礫岩、粘板岩		
石炭系	上部 長岩丸層	長岩丸層	200~300m	石灰岩	唄貝層	600m	粘板岩 石灰石	安山岩類の 噴出	清水変動
	下部 横田層群	大橋層	+700m	砂質粘板岩 凝灰岩	土倉層	+600m	安山岩質 火砕岩		

約4 Kmの間に分布するのみであるが、地下では長岩・鬼丸層の下位層として新山・佐比内付近にまで分布が認められている。

岩相・岩質：主に珪質粘板岩・砂質粘板岩よりなり、石灰岩・酸性凝灰岩の薄層を挟んでいる。

層 厚：600～700 m

層 位：本層は新山深部で土倉層と指交しており、先鬼丸期の地層で横田層群の一部に対比されるものと考えられる。

ハ．長岩・鬼丸層

標式地：国鉄釜石線上有住駅大洞鉾山付近

分 布：大洞鉾山の南北に良く連続して分布している。釜石鉾山では鉾化作用と重要な関係を持ち、日峰鉾床北部まで存在が認められている。

岩相・岩質：一般に灰白色～黒色の石灰岩である。

層 厚：200～400 m

層 位：釜石鉾山付近では一連の石灰岩相であり、化石により層準判定ができるにすぎないので長岩・鬼丸層を一括しているが、北上山地の標式地である世田米地方では長岩層、鬼丸層として別々の地層として区分されている。中部石炭系の代表的地層の一つである。

ニ．唄 貝 層

標式地：釜石市甲子町唄貝部落西方

分 布：主に土倉層分布域の東側に分布している。

岩相・岩質：石灰岩と粘板岩との互層を主とする。

層 厚：600～700 m

層 位：石灰岩中の化石により、土倉背斜西翼に発達する長岩・鬼丸層と同一層準であることが判明している。

ホ．甲 子 層

標式地：国道283号線ぞいの仙人トンネル西口から金山沢付近にかけて。

分 布：本層は鉾山周辺のほぼ全域に広い分布を示している。

岩相・岩質：主に砂岩・粘板岩の互層よりなり、石灰岩薄層を数枚挟在する。最下部に薄い基底礫岩が、また上部には安山岩質凝灰岩が挟まれている。

層 厚：800～900 m

層 位：本層は化石により二疊系坂本沢層に対比されている。下位の長岩・鬼丸層とは軽微な不整合で接している。

ヘ．大洞礫岩

標式地：大洞鉾山の西方約 1 Km

分 布：上記標式地から日峰鉾床西方まで南北によく連続して分布している。

岩相・岩質：花崗岩類・粘板岩・チャート・石灰岩等の円礫よりなる薄衣型礫岩である。

層 厚：最大 3 0 0 m

層 位：本層は次に記す金山層の下部層であるが，特徴的な岩質なため大洞礫岩として区分した。甲子層と金山層とは連続的な地層であり，本礫岩の出現をもって金山層の下限としている。

ト．金山層

標式地：国道 2 8 3 号線沿い沓掛・金山沢付近

分 布：甲子層の分布域の西方に広く分布。

岩相・岩質：大洞礫岩を除くと主に砂岩・粘板岩の互層よりなる。

層 厚：1, 0 0 0 m +

層 位：二疊系叶倉層上部から登米層下部に対比されている。

(2) 中生層

馬木の内層

標式地：釜石鉾山佐比内鉾床の西方 3 ~ 5 Km 付近

分 布：分布は大きく二つに分けられ，一つは上記標式地のもので東西約 2 Km，南北約 1 5 Km の舟形の地溝状に分布するもので，他は大峰山・天狗森の頂部等の地形的高所に比較的緩傾斜で分布しているものである。

岩相・岩質：天狗森付近で本層は下部より基底礫岩，粘板岩，砂岩，石英安山岩質溶岩—火砕岩と重なっている。地溝状部には上部層の安山岩質火砕岩類が広く分布している。

層 厚：7 0 0 m +

層 位：本層は化石により下部白亜系大船渡層群に対比されており，鉾山周辺では下位層を全て不整合で覆っている

3) 火成岩類

(1) 概 要

北上山地の白亜紀花崗岩類については数多くの研究がなされている。

これら研究のうち，鉾山周辺に分布する遠野・栗橋・蟹岳・五葉山の岩体についてなされたものも少ない。

岩体別の鉾物容量比については石原・鈴木（1974）の研究があり，化学成分については小野・曾屋（1974）が総括している。K・Rb・Sr・Th・U およ

び帯磁率等については金谷(1974), 片田・金田(1980)等の研究がある。年代測定については河野・植田(1965)の研究がある。

また岩体の内部構造・定置形態・貫入機構については加納ら(1978)が従来の研究を総括している。遠野・栗橋岩体の物理探査報告としては安達・内山(1971), 乗富ら(1972)がある。鉾床付近の火成岩については浜辺・桑畑(1976)の研究がある。

釜石鉾山周辺に産する火成岩は深成岩から半深成岩・岩脈類と, また化学組成的には超塩基性岩から塩基性岩・酸性岩と多岐に亘っている。

これらを分類すると, 以下のごとくになる。

- イ. 早池峰—五葉山構造帯沿いに岩脈状に貫入した岩石: 超塩基性岩・変斑礫岩～変輝緑岩
- ロ. 蟹岳付近を中心に複合岩体を形成するもの: 蟹岳花崗閃緑岩・モンゾニ岩・閃緑岩～閃緑玢岩・斑礫岩・玢岩
- ハ. 栗橋花崗閃緑岩体に伴う岩石: 栗橋花崗閃緑岩・アプライト・ペグマタイト
- ニ. その他の岩石: 花崗斑岩(I)・花崗斑岩(II)

以上の分類を釜石鉾山のスカルン化作用・鉾化作用との関係でみると, イは鉾化前の貫入岩, ロは鉾化に関係のある貫入岩, またハは鉾化後の貫入岩である。ニの花崗斑岩(II)は鉾化後の貫入岩であるが, 花崗斑岩(I)は変輝緑岩に囲まれて産する特異な岩石である。

(2) 早池峰—五葉山構造帯沿いに貫入した岩石

イ. 超塩基性岩

大橋東方桜沢付近から岩倉山にかけて東西幅約1 Km, 南北約7 Kmの規模で分布し, 主にダンかんらん岩・輝石かんらん岩よりなるが岩体のほとんどは蛇紋岩化している。本岩体は早池峰—五葉山構造帯沿いに貫入した超塩基性岩中その最西端に位置し, 二畳系甲子層中, 桜沢向斜軸部付近に貫入している。周辺の岩石とは断層で接触し, 熱変成作用を与えておらず, 固体貫入岩と考えられる。

ロ. 変斑礫岩—変輝緑岩

大松部落を中心に南北約10 Km, 東西幅最大1.5 Kmの規模で貫入している。大松以北では変斑礫岩が, 以南では変輝緑岩が優勢であるが, 両者は混在し漸移的である。変斑礫岩は暗緑色部と帯緑白色部とが縞状をなし流理構造を示している。岩石は単斜輝石角閃石斑礫岩であるが全体に変質が著しく, 緑泥石化・ソシユール石化をうけている。本岩脈は超塩基性岩より大きな構造線に沿い, 固体貫入し

た岩体と考えられる。K-Ar年代は 291×10^6 年(南部ほか, 1974)である。

(3) 蟹岳複合岩体とこれに伴う岩石

蟹岳およびその周辺にNNW-SSE方向に延びたいびつな楕円状で長径約5 Km・短径約3 Kmの分布を示す火成岩体は、花崗閃緑岩が中心部を占め、周辺を閃緑岩～閃緑玢岩・モンゾニ岩等が取り囲む。他に斑斨岩岩株・玢岩・煌斑岩岩脈を伴うが、成因的に一連の岩石で、これらを一括して蟹岳複合岩体としている。

イ. 蟹岳花崗閃緑岩

蟹岳複合岩体のほぼ中央におよそ4 Km×2 Kmの長楕円形をなす部分と、その北方、片羽山の西斜面の径約1 Kmの小岩体とよりなる。

岩石は黒雲母角閃石花崗閃緑岩で、一般に新鮮であるが、岩体周辺部、特に西列鉱床付近では有色鉱物の緑泥石化・カリ長石および曹長石の増加・二次的黒雲母の生成等の熱水変質をうけている。また大峰以北では脈状または塊状に柘榴石スカルン化をうけた個所が、広範囲に亘って認められる。全域的に粒度、岩質等の変化に富んでいる。

ロ. 閃緑岩～閃緑玢岩

本岩石はその分布により大きく三分できる。

第1は蟹岳花崗閃緑岩の北半分を取り囲むように分布する部分で、花崗閃緑岩と密着し、所によって岩相も漸移的である。一般に暗緑色中粒の岩石で、少量の黒雲母と多量の角閃石を含有し、斑斨岩-石英斑斨岩-閃緑岩-石英閃緑岩と岩相変化に富んでいる。花崗閃緑岩貫入の先駆的部分を構成している。

第2は大峰・佐比内・新山各鉱床周辺の古生層中衝上断層沿いに貫入した岩体で、猫川・日峰-大峰間を中心に南北に延びる数条の岩脈として存在する。地表では上記猫川北部に径数100 mの分布を示すのみである。岩脈状をなす部分は最大幅約100 mに達するが、周辺部は斑状組織を示す。岩石は暗緑色中-細粒で、輝石黒雲母角閃石石英閃緑岩-閃緑岩-閃緑玢岩等と岩相変化に富み、後期に貫入した花崗閃緑岩の影響により二次的黒雲母を多量に生じ、またスカルンの原岩として重要な役割をはたしている。

第3は蟹岳花崗閃緑岩からおよそ1 Kmほど離れて、鬼ヶ沢付近に東西2 Km, 南北0.5 Kmほどの分布を示す岩体である。岩石は中-粗粒の角閃石閃緑岩で、前者に比して長石類が多く、色指数が低い。

ハ. モンゾニ岩

中の沢から鬼ヶ沢にかけ南北約3 Km・最大幅500 mで岩脈状に細長く貫入している。

岩石はカミングトン閃石・黒雲母・普通輝石含有角閃石モンゾニ岩で、全体に珪化・カリ長石化を主とする変質をうけており、かなり黄鉄鉱・黄銅鉱の鉱染が認められる。

ニ. 斑 斨 岩

ここで斑斨岩としてあつかう岩石は花崗閃緑岩、閃緑岩～閃緑玢岩中に小岩株状をなして貫入しているもので、仙人トンネル入口栃の洞付近・青の木北東方の東又沢流域その他2・3の個所に存在する。仙人トンネル入口の岩株は暗緑色細粒で新鮮な普通輝石含有黒雲母角閃石石英斑斨岩で花崗閃緑岩中に貫入している。東又沢流域の岩株は暗緑色中～細粒のカミングトン閃石含有角閃石斑斨岩で、閃緑岩中に貫入しており、蟹岳花崗閃緑岩の熱変成作用を受け黒雲母を生じている。

ホ. 各種岩脈

成因的に蟹岳複合岩体の一員と考えられる岩脈類には玢岩と煌斑岩が存在する。玢岩にはスカルン化をうけたものと、スカルン・鉱石を切るものがある。煌斑岩は全てスカルン・鉱石を切っている。いずれも脈幅5 m以下で、EWまたはNSに走るものが多く、脈幅に比してその連続の長いのが特徴である。

(4) 栗橋花崗閃緑岩体とこれに伴う岩石

イ. 花崗閃緑岩

栗橋花崗閃緑岩は、北上山地の花崗岩体中で最大の分布を示す遠野岩体の東に接して存在する約 $15 \times 14 \text{ Km}^2$ の岩体で、蟹岳複合岩体とはその南端部で接している。また本岩体はその南西端からSSW方向に幅50～400 mで約2.5 Kmほど岩脈状に延び、日峰鉱床の西限を画している。

岩石は中～細粒の角閃石黒雲母花崗閃緑岩で、全般的に新鮮で安定した岩相を示している。

主岩体部では弱い流理構造を示す部分があり、周辺部には捕獲岩が多い。日峰鉱床の西を画している岩脈状の花崗閃緑岩は鉱石やスカルンを捕獲している。

ロ. 各種岩脈

栗橋花崗閃緑岩体に伴う岩脈としてはアプライトとペグマタイトが存在する。いずれも栗橋岩体内部、またはそれから1 Km以内の大峰・日峰鉱床付近に多く、N-S系を主とする最大幅3 m程度の小岩脈である。

(5) 花崗斑岩

釜石鉱山周辺の花崗斑岩は特別な規則性を持たずに小岩体をなして数個所に存在し、大きく二分できる。花崗斑岩(I)は釜石鉱山枯松沢ダム右岸に $0.3 \times 1 \text{ Km}^2$ の小岩株をなして変輝緑岩中に存在し、細～微粒でごく弱い流理を示す基質中に長石と六角板状の黒雲母を斑状に含む岩石で、黄鉄鉱・磁硫鉄鉱の鉱染を強くうけている。

K-Ar年代は 388×10^6 年を示している。(南部ほか, 1974)。本岩体は周辺岩石とは断層で接している。

花崗斑岩(III)は東列420m坑・笹山試錐・250m構造坑道その他の試錐等で認められたもので露頭は認められない。優白色細-微粒で新鮮な角閃石黒雲母花崗閃緑斑岩で、径200m以下の岩株状をなして種々の岩石中に貫入している。いずれも多量のFe-S系鉱物の鉱染を強くうけている。

(6) 火成岩類の鉱物組成と化学成分

イ. 鉱物容量

鉾山周辺の花崗岩類の鉱物容量を、石原・鈴木(1974)から抜粋し、第II-1-2表と第II-1-3表および第II-1-5図にまとめた。

これによれば鉾化作用に関係のある蟹岳花崗閃緑岩が、内部での変化は大きい平均すると最も石英・正長石に富み色指数も低い。

栗橋岩体は岩体の周縁相を除くと、全体的に鉱物容量・色指数ともに安定している。

遠野岩体・五葉山岩体は栗橋岩体と似た鉱物組成・色指数を示すが、内部での変化が大きく岩相変化に富むことを示している。

ロ. 化学成分

小野・曾屋(1974)により総括された主要化学成分とノルム値および金属鉾業事業団精密調査(1972-1973)の部分分析値と試料、採取位置を第II-1-4表、第II-1-6図に、金谷(1974)による K_2O , Th, U帯磁率の平均値, 岩体別頻度分布図, 一覧表および試料採取位置を第II-1-5表, 第II-1-7図, 第II-1-6表, 第II-1-8図に示した。

また、柴田秀賢(1967)による遠野岩体の微量成分分析値を第II-1-7表に載せた。

鉾山周辺の花崗岩中のClとFについて第II-1-9図の如く浜辺・桑畑(1977)が報告している。それによると、Cl平均含有量は蟹岳岩体中の閃緑岩類が810 ppm, 花崗閃緑岩が683 ppmでこれに次ぎ、栗橋花崗閃緑岩が290 ppmと低い。F含有量についてはいずれも200~800 ppmの間にあり、平均値で大差ない。

村松・南部(1983)は、蟹岳と栗橋の両花崗閃緑岩の石英中に含まれる多相包有物が前者には多いが後者にはごく僅かしか含まれていないこと、流体包有物も量的に前者中には後者中より多く観察されることを報告しており、Cl含有量の多寡は多相包有物の量によるものであろう、と述べている。又、この石英中の

第Ⅱ-1-2表 花崗岩体別鉱物容量平均値 (モード)
(斑斨岩・閃緑岩・捕獲岩・岩脈類を除く)

(石原・鈴木, 1974)

	栗 橋	蟹 岳	五 葉 山	遠 野		
				北 部	南 部	全 体
試料数	10	8	18	27	62	*
石 英	23.1%	25.5%	23.8%	24.9%	19.7%	24.1%
正長石	6.5	14.8	9.5	7.2	5.5	7.0
斜長石	51.3	46.2	46.6	54.8	54.4	54.7
黒雲母	10.5	6.2	9.3	7.2	10.5	7.7
角閃石	8.1	5.6	10.2	5.2	8.7	5.7
輝 石	none	none	0.2	tr	0.6	0.1
そ の 他	0.5	1.7	0.4	0.7	0.7	0.7
計	100	100	100	100	100.1	100
色 指 数	19.1	13.5	20.1	13.1	20.5	14.2

* 北部と南部との面積比で計算。

第Ⅱ-1-3表 花崗岩類モード分析一覽表(石原・鈴木, 1974)

Filing Nos.	Sample Nos.	Pl	Qz	Kf	Hb	Bt	Mt	Others	Color Index	Qz+Kf	Measured pts.
Kurihashi (栗橋)	1 Suzuki-12	51.2	24.6	11.1	2.6	10.1	n.d.	0.4	13.1	35.7	
	2 -15	58.5	12.4	—	13.8	15.1	n.d.	0.2	29.1	12.4	
	3 -16	48.4	24.6	7.3	9.9	9.2	n.d.	0.6	19.7	31.9	
	4 -18	47.0	26.5	10.5	5.5	10.3	n.d.	0.2	16.0	37.0	
	5 -20	49.1	25.7	8.8	8.3	8.1	n.d.	tr	16.4	34.5	
	6 -25	58.8	20.2	5.7	6.4	8.3	n.d.	0.6	15.3	25.9	
	7 -27-1	46.2	26.7	6.1	6.6	13.4	n.d.	1.0	21.0	32.8	
	8 -27-2	48.9	28.5	5.6	9.3	6.8	n.d.	0.9	17.0	34.1	
	9 70K-72	53.6	21.4	2.4	9.7	12.3	0.6	—	22.6	23.8	2280
	10 70K-73	51.6	20.4	7.3	8.7	11.2	0.7	0.1	20.7	27.7	2207
Ganidake (蟹岳)	1 Suzuki-116	51.8	24.3	13.5	4.5	3.0	n.d.	2.9	10.4	37.8	
	2 -118	51.9	27.5	10.6	4.0	5.6	n.d.	0.4	10.0	38.1	
	3 -119	40.7	11.3	—	39.8	6.4	n.d.	1.8	48.0	11.3	
	4 -114	50.9	24.4	11.9	6.8	4.2	n.d.	1.8	12.8	36.3	
	5 -115	52.1	29.4	9.1	3.0	5.6	n.d.	0.8	9.4	38.5	
	6 -121	40.7	27.6	9.1	9.1	7.8	n.d.	5.7	22.6	36.7	
	7 -122	55.6	15.9	2.0	13.1	12.4	n.d.	1.0	26.5	17.9	
	8 -124	31.0	9.3	—	53.1	5.5	n.d.	1.1	59.7	9.3	
	9 -125	43.7	28.0	22.4	none	5.7	n.d.	0.2	5.9	50.4	
	10 -170	39.4	15.5	21.3	15.5	6.5	n.d.	cpx 0.8 1.0	23.8	36.8	
	11 -176	39.5	27.2	20.3	1.6	11.0	n.d.	0.4	13.0	47.5	
Goyosan (五葉山)	1 -43	43.3	24.0	5.4	19.0	8.3	n.d.	0.0	27.3	29.4	
	2 -44	44.6	21.6	3.0	18.4	11.9	n.d.	cpx 0.4 0.1	30.8	24.6	
	3 -46	54.3	18.5	6.7	13.3	7.1	n.d.	0.1	20.5	25.2	
	4 -47	45.3	19.1	2.9	19.4	13.1	n.d.	0.2	32.7	22.0	
	5 -50	54.9	14.7	0.2	11.0	14.7	n.d.	cpx 4.5 0.0	30.2	14.9	
	6 -51	34.2	22.4	31.9	2.7	8.7	n.d.	0.1	11.5	54.3	
	7 -53	52.0	29.9	5.8	3.5	8.4	n.d.	0.4	12.3	35.7	
	8 -57	51.0	30.6	9.1	2.9	5.5	n.d.	0.9	9.3	39.7	
	9 -58	48.3	25.0	13.1	5.8	7.8	n.d.	0.0	13.6	38.1	
	10 -59	45.3	19.9	5.1	15.8	11.6	n.d.	cpx 2.1 0.2	29.7	25.0	
	11 -60	39.1	23.0	11.9	13.6	11.6	n.d.	cpx 0.4 0.4	26.0	34.9	
	12 -68	48.8	20.1	9.0	13.9	7.8	n.d.	0.3 0.1	22.1	29.1	
	13 -69	40.8	28.7	22.1	2.6	5.6	n.d.	cpx 0.1 0.2	8.5	50.8	
	14 71K-265	46.2	25.6	13.7	6.1	8.2	0.1	0.1	14.5	39.3	2223
	15 71K-272	45.3	25.1	12.7	7.9	8.2	0.7	0.1	16.9	37.8	2405
	16 71K-275	51.9	27.0	7.3	5.3	7.3	1.0	sph 0.2	13.8	34.3	2266
	17 71K-276	38.4	31.2	15.4	5.6	9.2	0.2	tr	15.0	46.6	2639
	18 71K-303	47.6	22.0	9.9	10.9	9.5	0.1	tr	20.5	31.9	2541
	19 71K-308	40.9	22.1	17.9	8.5	10.4	0.1	0.1	19.1	40.0	2464

Filing Nos.	Sample Nos.	Pl	Qz	Kf	Hb	Bt	Mt	Others	Color Index	Qz+Kf	Measured pts.
Tono North (遠野岩体北部)	1 Suzuki- 3	54.0	29.5	9.4	—	6.5	n.d.	0.6	7.1	38.9	
	2 - 6	61.4	17.5	2.1	12.3	6.1	n.d.	0.6	19.0	19.6	
	3 - 8	55.1	23.3	4.4	11.2	6.0	n.d.	tr	17.2	27.7	
	4 -10	51.8	25.4	0.9	13.4	8.3	n.d.	0.2	21.9	26.3	
	5 -13	50.5	24.7	10.5	6.4	7.2	n.d.	0.7	14.3	35.2	
	6 -14	49.2	30.7	0.5	15.0	4.3	n.d.	0.3	19.6	31.2	
	7 -31	62.7	27.8	6.2	—	2.1	n.d.	1.2	3.3	34.0	
	8 -32	62.1	27.4	2.8	—	6.4	n.d.	1.3	7.7	30.2	
	9 -34	57.9	27.4	5.5	1.7	6.6	n.d.	0.9	9.2	32.9	
	10 -36	57.4	25.5	10.4	—	5.4	n.d.	1.3	6.7	35.9	
	11 -38	63.9	22.4	8.4	—	4.8	n.d.	0.5	5.3	30.8	
	12 -39-1	60.6	28.7	9.1	—	1.5	n.d.	0.1	1.6	37.8	
	13 -39-2	62.5	29.1	2.6	—	5.5	n.d.	0.3	5.8	31.7	
	14 -40	57.6	27.2	6.1	—	8.0	n.d.	1.1	9.1	33.3	
	15 -41	48.5	34.3	14.7	—	2.1	n.d.	0.4	2.5	49.0	
	16 -42	62.1	23.3	8.2	—	5.7	n.d.	0.7	6.4	31.5	
	17 70K-46	48.9	17.4	3.2	10.4	19.2	0.8	cpx 0.1	30.5	20.6	2589
	18 70K-47	67.4	9.2	3.7	9.3	9.5	0.7	cpx 0.2	19.7	12.9	2451
	19 70K-48	51.4	12.4	—	19.1	14.4	2.0	cpx 0.7	36.2	12.4	2617
	20 70K-49	49.2	24.6	9.5	9.0	7.2	0.5	tr	16.7	34.1	2672
	21 70K-51	55.5	26.4	4.2	4.0	9.4	0.5	—	13.9	30.6	2685
	22 70K-52	45.2	24.7	12.7	9.6	6.8	1.0	—	17.4	37.4	2761
	23 70K-76	54.6	24.5	7.4	5.9	6.9	0.7	—	13.5	31.9	2193
	24 70K-77	48.1	24.1	6.8	9.1	11.2	0.7	—	21.0	30.9	2583
	25 70K-78	45.1	29.4	16.1	1.6	7.4	0.3	0.1	9.4	45.5	2428
	26 70K-79	40.2	32.2	20.9	0.0	6.5	0.2	—	6.7	53.1	2604
	27 70K-80	56.9	24.8	7.5	2.3	8.2	0.2	0.1	10.8	32.3	2662
Filing Nos.	Sample Nos.	Pl	Qz	Kf	Hb	Bt	Others	Color Index	Qz+Kf		
Tono South (遠野岩体南部)	1 Suzuki- 2	49.2	26.7	6.9	6.3	9.7	1.2	17.2	33.6		
	2 - 4	46.8	23.5	11.0	6.6	11.6	0.5	18.7	34.5		
	3 - 6	53.6	24.2	6.9	2.0	13.0	0.3	15.3	31.1		
	4 - 7	45.2	16.6	18.0	9.5	10.0	cpx 0.1 0.6	20.2	34.6		
	5 -10	52.2	18.6	1.9	20.1	5.5	cpx 0.7 1.0	27.3	20.5		
	6 -11	50.0	22.6	10.9	7.9	7.8	cpx 0.1 0.7	16.5	33.5		
	7 -12	60.0	20.7	4.6	6.8	7.3	0.6	14.7	25.3		
	8 -14	52.0	22.0	6.2	11.5	6.5	cpx 0.8 1.0	19.8	28.2		
	9 -15	55.5	18.6	5.6	6.2	13.7	0.4	20.3	24.2		
	10 -17	51.7	19.7	5.0	10.2	12.2	1.2	23.6	24.7		
	11 -18	53.5	24.7	11.6	3.9	6.1	0.2	10.2	36.3		
	12 -20	48.3	20.0	20.1	6.8	4.8	—	11.6	40.1		
	13 -21	65.0	22.2	4.8	1.5	6.4	0.1	8.0	27.0		
	14 -22	55.2	20.7	2.6	7.7	13.1	cpx 0.1 0.6	21.5	23.3		
	15 -25	56.2	17.1	12.9	5.5	7.0	1.3	13.8	30.0		
	16 -27	43.2	22.0	10.8	13.0	9.6	cpx 0.5 0.9	24.0	32.8		
	17 -28	60.9	20.1	7.1	9.3	1.9	0.7	11.9	27.2		
	18 -30	52.8	28.7	4.4	5.4	7.9	0.8	14.1	33.1		
	19 -31	54.4	28.0	3.4	5.5	8.5	0.3	14.3	31.4		
	20 -32	58.2	18.7	0.9	7.1	14.7	0.3	22.1	19.6		

Filing Nos.	Sample Nos.	Pl	Qz	Kf	Hb	Bt	Others	Color Index	Qz+Kf
21	-34	60.8	24.4	0.1	5.4	9.0	0.3	14.7	24.5
22	-35	55.1	12.3	0.1	23.8	7.5	cpx 0.1 1.1	32.5	12.4
23	-37	52.5	16.4	9.2	6.3	15.0	0.6	21.9	25.6
24	-39	53.3	20.1	3.9	6.0	15.8	0.9	22.7	24.0
25	-41	49.2	25.4	11.0	6.3	8.1	—	14.4	36.4
26	-42	55.8	22.1	2.6	8.3	10.5	0.7	19.5	24.7
27	-44	59.3	16.9	6.9	7.6	8.8	cpx 0.1 0.4	16.9	23.8
28	-45	45.0	26.3	4.3	10.8	13.0	cpx 0.1 0.5	24.4	30.6
29	-47	50.2	21.3	5.7	6.4	16.3	0.1	22.8	27.0
30	-48	58.2	20.0	6.6	6.8	8.0	0.4	15.2	26.6
31	-50	50.3	36.1	5.5	1.0	6.7	0.4	8.1	41.6
32	-51	70.5	13.2	8.8	1.3	5.0	1.2	7.5	22.0
33	-53	55.8	30.9	6.2	2.7	3.6	0.8	7.1	37.1
34	-54	47.9	26.0	0.2	6.7	18.6	cpx 0.1 0.5	25.9	26.2
35	-55	50.2	23.7	5.1	10.9	10.0	0.1	21.0	28.8
36	-62	65.1	18.4	—	7.4	9.1	—	16.5	18.4
37	-67	51.1	29.7	2.5	9.7	6.7	0.3	16.7	32.2
38	-69	47.1	19.4	15.2	11.2	6.5	0.6	18.3	34.6
39	-71	45.8	23.5	0.8	13.0	16.5	0.4	29.9	24.3
40	-72	50.1	25.0	9.9	4.8	9.8	0.4	15.0	34.9
41	-74	50.4	23.1	10.7	6.7	8.2	cpx 0.1 0.8	15.8	33.8
42	-76	60.5	19.6	0.4	15.3	3.7	cpx 0.3 0.2	19.5	20.0
43	-77	50.0	19.6	1.7	18.1	10.3	0.3	28.7	21.3
44	-79	60.9	6.7	—	20.5	9.1	cpx 0.1 2.7	32.4	6.7
45	-81	54.0	21.7	3.5	13.6	5.7	cpx 0.1 1.4	20.8	25.2
46	-84	50.6	21.6	4.2	7.1	15.2	1.3	23.6	25.8
47	-85	46.9	24.5	11.7	10.7	5.7	cpx 0.3 0.2	16.9	36.2
48	-87	57.8	17.3	0.5	18.3	5.9	0.2	24.4	17.8
49	-91	44.8	22.3	19.3	7.9	4.7	1.0	13.6	41.6
50	-95	59.6	17.4	3.7	10.1	8.1	1.1	19.3	21.1
51	-96	66.5	10.6	0.5	11.4	10.9	0.1	22.4	11.1
52	-100	54.7	10.7	9.1	12.5	11.9	cpx 0.6 0.5	25.5	19.8
53	-101	60.9	10.1	3.7	6.9	16.3	cpx 1.6 0.5	25.3	13.8
54	-102X ?	60.8	—	—	25.4	5.3	cpx 5.3 3.2	39.2	0.0
55	-105	54.3	11.2	1.3	12.6	19.4	cpx 0.6 0.6	33.2	12.5
56	-106	56.6	8.6	—	3.7	17.5	cpx 11.8 1.8	34.8	8.6
57	-108	83.2	8.7	1.0	0.1	5.4	cpx 0.8 0.8	7.1	9.7
58	-111	47.7	15.5	—	16.1	11.6	cpx 6.3 2.8	36.8	15.5
59	-113	46.4	18.2	0.9	6.2	22.8	cpx 3.9 1.6	34.5	19.1
60	-115	55.4	24.4	0.6	0.0	19.3	0.3	19.6	25.0
61	-117	70.8	5.6	0.4	8.0	13.5	cpx 1.1 0.6	23.2	6.0
62	-119	52.6	7.3	2.0	13.2	22.5	cpx 2.0 0.4	38.1	9.3
63	-132	52.9	9.3	1.1	14.4	19.7	cpx 2.3 0.3	36.7	10.4

Tono South (遠野岩体南部)



第 II - 1 - 5 図 花崗岩類モード分析試料の採取位置図 (石原・鈴木, 1974)

第II-1-4 表-1

鉾山周辺地域の花崗岩体の化学成分表

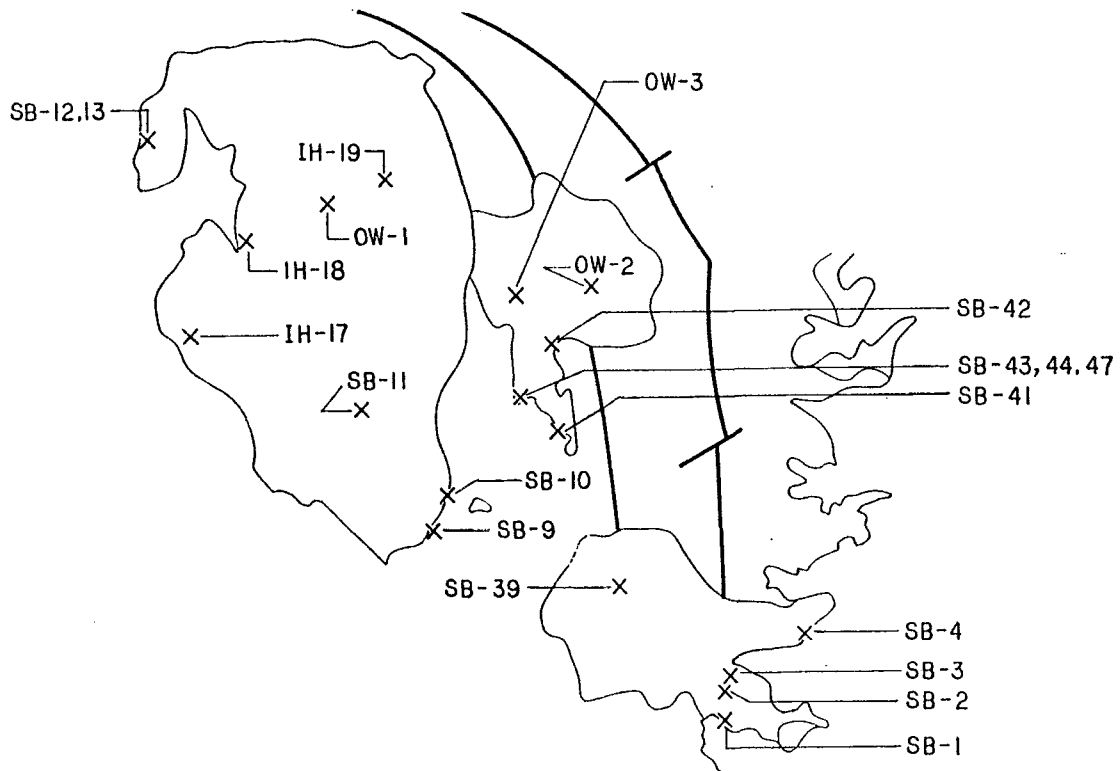
岩体		橋																								
試料番号		SB-42	SB-43	SB-44	SB-47	OW-2	OW-3																			
化学成分	SiO ₂	69.28	63.57	57.84	58.10	65.32	60.72																			
	TiO ₂	0.14	0.24	0.62	0.83	0.50	0.62																			
	Al ₂ O ₃	15.39	16.88	18.15	16.91	16.21	17.16																			
	Fe ₂ O ₃	0.87	1.70	2.73	1.66	1.87	2.54																			
	FeO	1.75	1.95	2.65	5.01	2.85	3.70											4.73	5.86	5.89	6.08	5.97	6.18	5.39		
	Σ FeO	2.53	3.48	5.11	6.50	4.53	5.99	5.23	5.24	5.28	5.31	5.28	5.26	12.29	4.98	4.60	4.26	5.27	5.30	5.47	5.37	5.56	4.85	6.10	5.88	5.21
	MnO	0.08	0.08	0.12	0.16	0.09	0.09										0.09	0.10	0.11	0.10	0.11	0.12	0.11	0.13	0.12	0.09
	MgO	0.94	1.40	2.02	3.69	2.09	3.22	2.43	2.53	2.50	2.49	2.44	2.39	5.72	2.64	2.22	1.77	2.31	2.58	2.44	2.59	2.75	2.50	3.12	2.71	2.50
	CaO	2.62	4.61	5.32	6.84	4.53	6.06	5.53	5.41	3.82	4.12	5.24	5.14	4.47	4.26	5.64	5.15	5.29	3.04	5.11	5.10	3.39	2.08	6.81	5.93	5.54
	Na ₂ O	3.75	3.35	3.60	3.38	3.15	3.24	3.43	3.25	4.52	3.19	4.13	3.42	1.70	3.67	3.40	3.84	3.44	3.82	3.29	3.27	3.75	4.71	3.60	3.50	3.37
	K ₂ O	2.50	2.15	2.65	1.70	2.36	1.56	1.87	1.83	1.97	2.04	2.01	1.99	2.83	1.83	1.60	1.47	1.77	2.46	2.20	2.20	2.55	2.60	1.60	1.82	1.87
	P ₂ O ₅	tr.	0.04	0.10	0.20	0.11	0.14																			
	H ₂ O+	2.07	2.63	3.14	1.67	0.53	0.69																			
	H ₂ O-	0.49	0.88	0.82	0.30	0.08	0.14																			
計	99.88	99.48	99.76	100.45	99.69	99.88																				
ノルム値	Q	29.79	23.13	11.85	10.71	24.07	17.08																			
	C	1.75	0.76	0.00	0.00	0.50	0.00																			
	or	14.77	12.70	15.66	10.05	13.95	9.22																			
	ab	31.73	28.35	30.46	28.60	26.65	27.42																			
	an	13.00	22.61	25.54	25.95	21.75	27.67																			
	wo	0.00	0.00	0.08	2.79	0.00	0.62																			
	en di	0.00	0.00	0.06	1.55	0.00	0.39																			
	fs	0.00	0.00	0.02	1.14	0.00	0.19																			
	en	2.34	3.49	4.97	7.65	5.21	7.63																			
	fs hy	2.41	1.93	1.79	5.62	3.03	3.65																			
	fo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
	fa ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
	mt	1.26	2.46	3.96	2.41	2.71	3.68																			
	il	0.27	0.46	1.18	1.58	0.95	1.18																			
ap	0.00	0.09	0.23	0.46	0.25	0.32																				
採取地							TK-1孔 13.7m	TK-1孔 85.3m	TK-1孔 112.8m	TK-1孔 223.8m	TK-1孔 305.7m	TK-1孔 354.2m	TK-1孔 365.6m	TK-1孔 634.7m	TK-1孔 643.3m	250m構 造坑道 1824m	TK-13孔 29.9m	TK-13孔 31.3m	TK-13孔 116.7m	TK-13孔 202.8m	TK-13孔 320.8m	TK-13孔 403.3m	TK-13孔 573.6m	TK-21孔 6.1m	TK-21孔 94.0m	
著者		柴田 1967				大和 1956		金属鉱業事業団 1972								金属鉱業事業団 1974						金属鉱業事業団 1981				
分析者		柴田				川野,大森		蟹沢								蟹沢		蟹沢								
番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

注1. Q-石英, C-カ-ボランダム, or-正長石, ab-曹長石, an-灰長石, wo-珪灰石, en-頑火輝石, fs-鉄珪輝石, di-透輝石, hy-紫蘇輝石, fo-苦土カンラン石, fa-鉄カンラン石, ol-カンラン石, mt-磁鉄鉱, il-チタン鉄鉱, ap-磷灰石
 注2. 番号 1~6, 26, 35~48 は小野,曾屋(1974)より引用, 7~25, 27~34 は金属鉱業事業団,精密調査報告書(1972~1981)より引用
 注3. 小野,曾屋(1974)より引用した分析値の試料採取位置は第II-1-2-6 図に示す。

第II-1-4 表-2

鉾山周辺地域の花崗岩体の化学成分表

岩 体		蟹 岳								五 葉 山					遠 野										
試料番号		SB-41								SB-1	SB-2	SB-3	SB-4	SB-39	SB-9	SB-10	SB-11	SB-12	SB-13	OW-1	IH-17	IH-18	IH-19		
化 学 成 分	SiO ₂	62.34								55.96	61.94	65.18	66.77	63.59	56.07	60.93	68.35	54.28	56.35	68.95	54.22	63.20	72.41		
	TiO ₂	0.47								0.72	0.54	0.51	0.39	0.55	0.54	0.58	0.37	0.80	0.82	0.33	1.02	0.38	0.17		
	Al ₂ O ₃	16.94								16.03	15.45	15.36	14.34	14.98	18.73	17.74	16.98	18.64	16.97	15.77	18.14	16.71	14.65		
	Fe ₂ O ₃	2.28								1.73	1.69	1.88	3.05	1.29	2.32	2.37	1.79	1.54	2.26	1.50	2.07	1.88	0.80		
	FeO	2.38								6.59	4.57	3.69	3.03	3.82	5.64	3.72	1.50	6.92	5.55	1.28	6.05	2.98	0.86		
	ΣFeO	4.43	4.69	5.40	4.11	4.50	6.08	5.51	4.67	4.08	8.15	6.09	5.38	5.77	4.98	7.73	5.85	3.11	8.31	7.58	2.63	7.91	4.67	1.58	
	MnO	0.14									0.08	0.05	0.03	0.04	0.13	0.05	0.05	tr.	0.07	0.15	0.07	0.16	0.10	0.04	
	MgO	1.72	2.46	2.48	1.80	1.98	1.91	2.17	1.87	1.65	4.58	3.14	2.19	2.03	2.20	3.90	3.01	1.33	4.09	4.66	1.31	4.49	2.53	0.72	
	CaO	4.23	5.75	5.43	4.55	4.83	2.94	4.98	4.44	4.38	8.14	6.52	4.58	4.02	5.42	7.19	6.48	4.17	7.81	6.09	3.57	7.69	5.30	2.48	
	Na ₂ O	3.95	3.82	3.25	3.19	3.47	3.65	3.22	3.19	3.23	3.05	3.40	3.15	3.15	3.60	2.64	2.99	2.99	1.94	2.10	4.10	3.32	3.69	3.60	
	K ₂ O	1.95	2.68	2.50	2.56	2.98	2.75	2.25	3.37	3.54	1.44	1.82	2.37	2.46	2.10	1.45	1.00	1.40	0.54	0.73	2.14	1.71	2.17	3.30	
	P ₂ O ₅	0.02									0.19	0.05	0.06	0.09	0.02	n.d.	n.d.	n.d.	0.22	0.26	0.09	0.28	0.13	0.04	
	H ₂ O+	2.51									0.93	0.82	0.67	0.97	1.80	0.77	0.64	0.74	3.01	4.38	0.55	0.57	0.61	0.42	
	H ₂ O-	0.69									0.30	0.23	0.27	0.34	0.93	0.33	0.16	0.07	0.24	0.01	0.20	0.02	0.04	0.16	
計	99.62									99.74	100.22	99.94	100.68	100.43	99.63	99.67	99.69	100.10	100.33	99.86	99.74	99.72	99.65		
ノ ル ム 値	Q	19.43								7.47	16.13	23.19	26.87	19.15	10.61	19.54	34.38	14.05	18.78	27.25	3.80	17.70	32.24		
	C	0.69								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.96	1.19	2.28	0.43	0.00	0.00	0.74		
	or	11.52								8.51	10.75	14.00	14.54	12.41	8.57	5.91	8.27	3.19	4.31	12.65	10.10	12.82	19.50		
	ab	33.42								25.81	28.77	26.65	26.65	30.46	22.34	25.30	25.30	16.42	17.77	34.69	28.09	31.22	30.46		
	an	20.85								25.80	21.52	20.77	17.72	18.51	34.97	32.03	20.69	37.31	28.51	17.12	29.54	22.62	12.04		
	wo	0.00								5.57	4.38	0.65	0.68	3.44	0.29	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	2.83	1.18	0.00		
	en di	0.00								2.93	2.36	0.35	0.43	1.72	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1.58	0.72	0.00		
	fs	0.00								2.48	1.87	0.28	0.21	1.65	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.40	0.00		
	en	4.28								8.48	5.46	5.11	4.63	3.76	9.56	7.47	3.31	10.19	11.61	3.26	9.60	5.58	1.79		
	fs hy	1.97								7.16	4.32	4.15	2.26	3.63	7.52	3.99	0.66	10.24	7.25	0.70	6.88	3.08	0.71		
	fo	0.00								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	fa ol	0.00								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	mt	3.31								2.51	2.45	2.73	4.42	1.87	3.36	3.44	2.60	2.23	3.28	2.17	3.00	2.73	1.16		
	il	0.89								1.37	1.03	0.97	0.74	1.04	1.03	1.10	0.70	1.52	1.56	0.63	1.94	0.72	0.32		
ap	0.05								0.44	0.12	0.14	0.21	0.05	0.00	0.00	0.00	0.51	0.60	0.21	0.65	0.30	0.09			
採取地		TK-2孔 484.6m	TK-2孔 505.4m	TK-2孔 611.4m	TK-2孔 734.9m	TK-2孔 775.8m	TK-2孔 816.3m	TK-7孔 785.0m	TK-7孔 886.9m																
著者	柴田 1967	金属鉱業事業団 1972						金属鉱業事業団 1973		SHIBATA,etal 1954					柴田 1967	SHIBATA,etal. 1954			SHIBATA,etal. 1956		大和 1956	石原 1974			
分析者	柴田	蟹沢						蟹沢		OKADA					岡田	OKADA			SHIMODA		川野,大森		OHTA,TERASHIMA		
番号	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48		



第 II - 1 - 6 図 花崗岩体の分析試料採取位置図

SB SHIBATA, H. et al. (1954, 1955, 1956, 1958, 1960), 柴田秀賢 (1967)

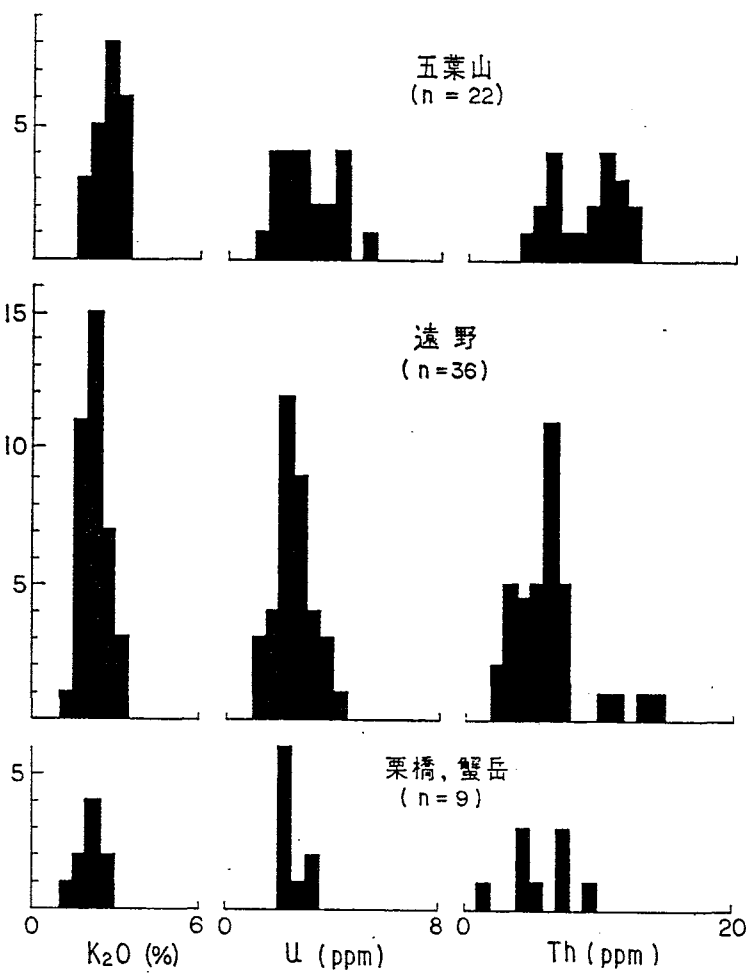
OW 大和栄次郎 (1956)

IH 石原舜三 (1974)

第 II - 1 - 5 表 岩体別 K₂O, Th, U 帯磁率の平均値

(金谷, 1974)

岩体名	n	K ₂ O(%)	Th(ppm)	U(ppm)	K/Th ×10 ³	K/U ×10 ³	Th/U	帯磁率 emu10 ⁻⁶
五葉山岩体	22	2.59	10.3	2.9	2.1	7.4	3.6	258
遠野岩体	36	2.21	6.2	2.0	3.0	9.1	3.1	492
栗橋岩体	5	2.01	5.6	1.7	3.1	9.7	3.2	561
蟹岳岩体	4	2.23	5.8	2.0	3.8	9.5	2.7	884



第 II - 1 - 7 図 岩体別 K₂O, U, Th の頻度分布図
(金谷, 1974)

第 II - 1 - 6 表 K₂O, Th, U 帶磁率一覽表 (金谷, 1974)

五葉山岩体 (Goyosan)

Filing No.	Sample No.	K ₂ O(%)	Th (ppm)	U (ppm)	K/Th ×10 ³	K/U ×10 ³	Th/U	帶磁率 emu10 ⁻⁶
1	K-271	3.05	9.3	3.4	2.7	7.4	2.7	347
2	-272	3.00	10.7	3.6	2.3	6.9	3.0	594
3	-273	3.12	12.2	4.2	2.1	6.2	2.9	197
4	-275	2.68	11.3	4.1	2.0	5.4	2.8	776
5	-276	3.03	13.0	3.2	1.9	7.9	4.1	213
6	-300	1.86	4.2	1.5	3.7	10.3	2.8	38
7	-301	2.43	4.8	1.5	4.2	13.4	3.2	27
8	-147	2.43	10.1	2.9	2.0	7.0	3.5	122
9	-148	2.73	9.3	2.6	2.4	8.7	3.6	284
10	-299	3.08	25.3	4.1	1.0	6.2	6.2	352
11	-149	2.34	6.3	2.1	3.1	9.2	3.0	843
12	-277	2.62	11.7	4.0	1.9	5.4	2.9	51
13	-150	3.19	11.4	2.4	2.3	11.0	4.8	264
14	-303	2.78	11.1	4.0	2.1	5.8	2.8	69
15	-304	2.76	7.7	2.0	3.0	11.5	3.9	26
16	-305	2.54	10.1	2.8	2.1	7.5	3.6	26
17	-306	2.66	8.7	2.7	2.5	8.2	3.2	88
18	-307	6.16	15.5	5.0	3.3	10.2	3.1	17
19	-308	2.55	24.4	5.5	0.9	3.8	4.4	15
20	-309	1.63	5.6	1.5	2.4	9.0	3.7	355
21	-287	1.94	6.7	1.6	2.4	10.1	4.2	86
22	-288	2.27	6.5	1.6	2.9	11.8	4.1	513
23	-289	2.18	6.5	2.1	2.8	8.6	3.1	396

遠野岩体 (北部) (Tono)

Filing No.	Sample No.	K ₂ O(%)	Th (ppm)	U (ppm)	K/Th ×10 ³	K/U ×10 ³	Th/U	帶磁率 emu10 ⁻⁶
1	K-564	1.55	3.2	1.8	4.0	7.1	1.8	412
2	-565	1.85	2.6	1.1	5.9	14.0	2.4	424
3	-566	2.51	6.4	1.9	2.3	11.0	3.4	501
4	-567	2.22	5.3	1.5	3.5	9.7	3.5	545
5*	-568	0.47	0.7	0.4	5.6	9.8	1.8	1767
6*	-569A	4.04	12.2	3.7	2.7	9.1	3.3	191
7*	-569B	3.63	12.8	4.3	2.4	7.0	3.0	256
8	-570	2.14	7.9	3.4	2.2	5.2	2.3	266
9	-571	2.16	5.9	2.1	3.0	8.5	2.8	482
10	-572	2.60	7.5	2.4	2.9	9.0	3.1	492
11	-573-1	3.12	11.7	3.9	2.2	6.6	3.0	467
12	-49	2.25	4.6	2.6	4.1	7.2	1.8	812
13	-51	2.50	7.4	2.8	2.8	7.4	2.6	556
14	-52	2.42	3.6	2.3	5.6	8.7	1.6	465
15*	-53	5.13	21.2	11.1	2.0	3.8	1.9	
16	-54	2.04	5.0	2.4	3.4	7.1	2.1	525
17*	-55	4.89	18.1	5.4	2.2	7.5	3.4	151
18	-56	1.79	2.6	0.9	5.7	16.5	2.9	550
19	-70	2.24	6.0	2.4	3.1	7.7	2.5	27
20	-71	1.99	4.6	2.3	3.6	7.2	2.0	465
21	-75	1.42	4.1	0.5	2.9	23.6	8.2	572
22	-76	2.72	7.1	1.9	3.2	11.9	3.7	492
23	-77	2.57	10.1	3.1	2.1	6.9	3.3	468
24	-78	3.20	14.5	2.9	1.8	9.2	5.0	345
25	-79	3.45	13.8	3.3	2.1	8.7	4.2	186
26	-80	2.13	6.1	1.7	2.9	10.4	3.6	540
27	-81	1.70	3.3	0.9	4.3	15.7	3.7	526
28	-40	1.86	3.5	1.3	4.4	11.9	2.7	305
29	-46	2.31	7.7	2.6	2.5	7.4	3.0	829
30	-47	1.77	5.0	1.9	2.9	7.7	2.6	1117
31	-48	1.86	4.2	1.5	3.7	10.3	2.8	1625

遠野岩体 (南部) (Tono)

Filing No.	Sample No.	K ₂ O(%)	Th (ppm)	U (ppm)	K/Th ×10 ³	K/U ×10 ³	Th/U	帯磁率 emu 10 ⁻⁶	
	34	K-32	2.30	6.0	1.6	3.2	11.9	3.8	382
	35	-33	2.16	6.1	1.5	2.9	12.0	4.1	748
	36	-34	2.26	6.9	1.6	2.7	11.7	4.3	608
	37	-35	1.96	5.0	1.0	3.3	16.3	5.0	589
	38	-36	1.57	3.8	1.7	3.4	7.7	2.2	614
	39	-37	2.29	6.0	1.3	3.2	14.6	4.6	184
	40	-38	1.84	6.2	1.9	2.5	8.0	3.3	482
	41	-39	2.88	6.9	2.3	3.5	10.4	3.0	20
	42	K-576	2.02	6.9	2.3	2.4	7.3	3.0	25
	43	-577	2.07	6.4	2.2	2.7	7.8	2.8	50

栗橋岩体 (Kurihashi), 蟹岳 (Ganidake)

Filing No.	Sample No.	K ₂ O(%)	Th (ppm)	U (ppm)	K/Th ×10 ³	K/U ×10 ³	Th/U	帯磁率 emu 10 ⁻⁶	
栗橋	1	K-72	1.69	4.2	1.6	3.3	8.8	2.6	545
	2	-73	1.92	7.7	1.7	2.1	9.4	4.5	475
	3*	-45	0.82	0.6	0.4	11.3	17.0	1.5	341
	4	-41	2.19	4.6	1.7	4.0	10.7	2.7	506
	5	-43	2.18	7.0	2.0	2.6	9.0	3.5	632
	6	-44	2.06	4.6	1.6	3.7	10.7	2.9	646
蟹岳	7	-42	2.16	5.1	1.8	3.5	10.6	2.8	959
	8	-83	1.19	1.7	1.0	5.8	9.9	1.7	1031
	9	-82	2.83	9.3	2.8	2.5	8.4	3.3	767
	10	-84	2.75	7.1	2.5	3.2	9.1	2.8	777

注：*および岩脈類は平均値に入れない。

第II-1-7表 五葉山・遠野岩体微量化学成分表

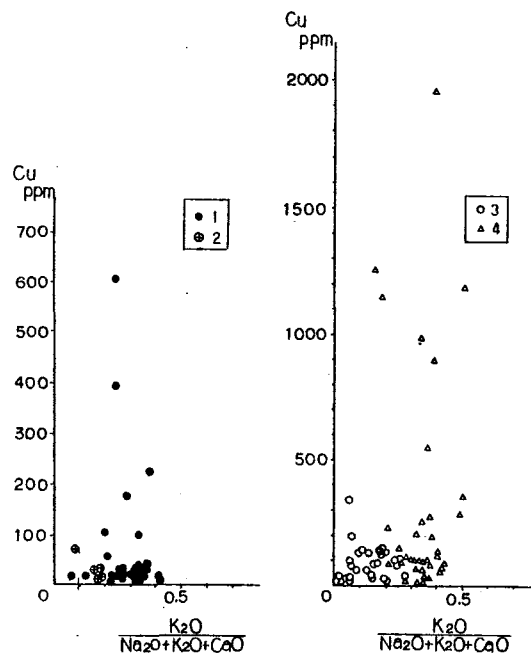
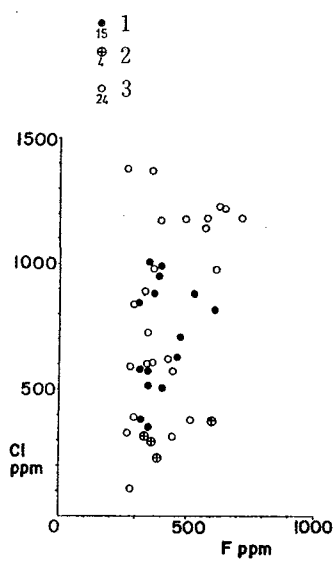
岩体名	番号	岩石名	産地	微量化学成分 (PPM)											著者	分析者	
				Ba	Sr	B	Ga	V	Pb	Sn	Cr	Ni	Co	U			
五葉山	35	石英閃緑岩	三陸町浪坂	480	100	70	17	140	13	440	150	3	12	H. SHIBATA et al. (1954)	岡田		
	36	石英閃緑岩	三陸町羅生峠	440	0	32	22	175	10	0	130	3	6			H. SHIBATA et al. (1954)	岡田
	37	花崗閃緑岩	三陸町横石	660	200	32	27	260	0	0	120	3	6			H. SHIBATA et al. (1954)	岡田
	38	花崗閃緑岩	三陸町千歳	660	350	37	21	125	0	0	32	3	0			H. SHIBATA et al. (1954)	岡田
	39	石英閃緑岩	五葉山	870	150	52	15	245	0	20	160	18	6			柴田 (1967)	岡田
遠野	40	花崗閃緑岩	遠野市赤羽根峠	1500	2700	160	65	450	10	0	130	3	14	5	H. SHIBATA et al. (1955)	岡田	
	41	花崗閃緑岩	遠野市岩崎	340	800	48	50	200	38	0	150	7	8	H. SHIBATA et al. (1955)	岡田		
	42	花崗閃緑岩	遠野市打越	620	800	7	30	120	10	0	30	3	3	7	H. SHIBATA et al. (1955)	岡田	

注：番号は第II-1-4表-2の番号に相当する。



第 II - 1 - 8 図 K_2O , Th, U 帯磁率測定試料採取位置図

(金谷, 1974)



第Ⅱ-1-9図 釜石鉾山周辺火成岩のCl-F図. 第Ⅱ-1-10図 Cu-K₂O/(Na₂O+K₂O+CaO)関係図

数字は分析試料数を表わす.

1. 蟹岳花崗閃緑岩
 2. 栗橋花崗閃緑岩
 3. 閃緑岩～閃緑玢岩
 4. モンゾニ岩
- (浜辺・桑畑(1977)による)

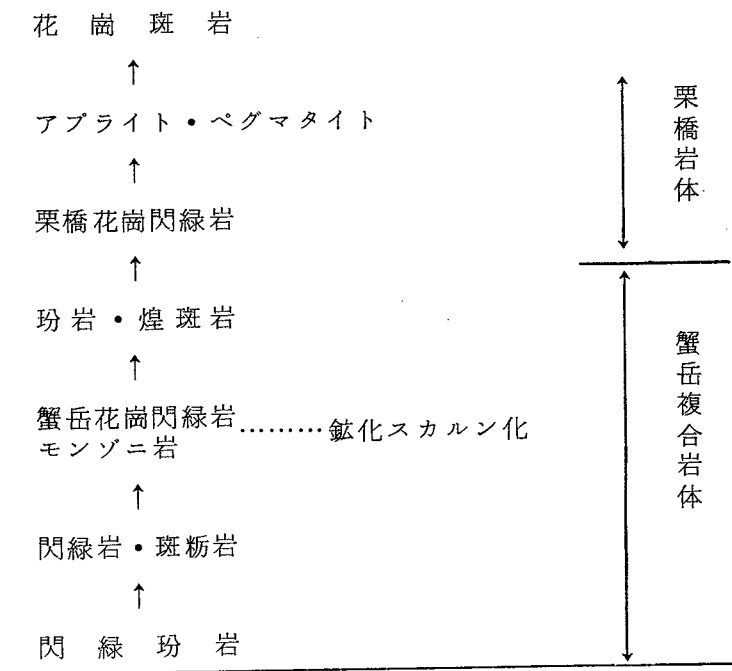
多相包有物の平均充填温度は蟹岳岩体で321℃、栗橋岩体で313℃と前者が後者より若干高い温度を示している。

Cu含有量についても第Ⅱ-1-10図に示した如く蟹岳岩体のモンゾニ岩、花崗閃緑岩、閃緑岩と低くなり、栗橋花崗閃緑岩が最も低い値を示している。

(7) 火成岩類の貫入順序

鉾山周辺に存在する火成岩の貫入順序を第Ⅱ-1-8表にまとめた。

第Ⅱ-1-8表 鉾山周辺における火成岩の貫入順序



超塩基性岩・変斑斨岩—変輝緑岩は構造線に固体貫入した岩石と考えられており、白亜紀前期の鉾化前後の一連の火成活動とは別で、ここでは一応切り離して考える。

蟹岳複合岩体で最も早期に貫入したのは、西列衝上断層沿いの閃緑玢岩で、北部に広い分布を示す閃緑岩・斑斨岩がこれに次いでいる。これらに次いで花崗閃緑岩・モンゾニ岩が貫入し、それ以前に貫入した諸岩石を広くスカルン化すると同時にそれ自体も若干のスカルン化作用と変質作用を受けている。玢岩・煌斑岩等のスカルン・鉾石を切る岩脈は、その分布が蟹岳岩体の周辺に限られていること等から同岩体末期の産物であると考えられる。

栗橋花崗閃緑岩体は、上記のスカルンや鉾石を切っており、また捕獲岩としており、蟹岳岩体より後期に貫入したことを示している。アプライト・ペグマタイトは蟹岳岩体とその周辺には殆んど認められず、栗橋岩体内部とその周辺に岩脈として存在することから、栗橋岩体末期の産物であろう。

(8) 主要岩体の年代測定

北上山地の花崗岩類の年代については河野・植田(1965)の研究があり、遠野・栗橋・五葉山および蟹岳岩体については計15試料で黒雲母によるK-A年代を測定している。

その大部分の値は、略 120×10^6 年、すなわち下部白亜紀の後期に貫入したことを示している。

遠野岩体では中心部で114, 114, 119×10^6 年、周辺部で119, 120, 122×10^6 年を示し、栗橋岩体では120, 122, 122×10^6 年を示している。五葉山岩体では南部で107, 116×10^6 年を、北部で128, 128×10^6 年を示している。蟹岳岩体からは 119×10^6 年とあり、栗橋岩体より若い年代を示している。これは前項で述べた野外の観察から考えられている火成岩類の貫入順序と矛盾している。これは測定サンプルがその後の変質作用等で若返ったことによる可能性もあり、再測定を要する。

(9) 火成岩体の磁性と帯磁率

1968年に蟹岳岩体を中心に栗橋岩体の一部を含む鉾山周辺 162 km^2 に亘り空中磁気探査が実施された(安達・内山, 1971)。第II-1-11図に示したように、蟹岳岩体と岩倉山-桜沢の超塩基性岩、そして栗橋岩体にもなだらかではあるが大きな正磁気異常が認められた。蟹岳岩体は斑岩・閃緑岩・花崗閃緑岩と岩相変化に富み、磁性も強く大きな異常となっている。

第II-1-12図(金属鉾業事業団, 1972)は蟹岳岩体と栗橋岩体との接解部付近で実施した地表磁気探査図であるが、栗橋岩体は内部の岩相変化の乏しさを反映して、蟹岳岩体に比し磁気変化に乏しい。この傾向は第II-1-13図(金谷, 1974)の岩石の帯磁率からもうかがうことができる。

4) 鉾化作用とスカルン化作用

釜石鉾山における鉾化作用に関しては多くの研究・報告がなされているが概論的には浜辺(1979, 1981)によりまとめられている。

釜石鉾山の鉾床は本邦最大の高温交代銅鉄鉾床である。

鉾床の形成は白亜紀初期に進入した蟹岳複合岩体に深い関連があり、鉾床は同岩体の周辺に存在する石灰岩とその他の岩石との間に生成したスカルン帯中に胚胎している。スカルン化作用は同岩体の外縁からおよそ1.5 km以内の区域において強い。

スカルン鉾物としてはグラウンドイト系柘榴石・緑簾石および灰鉄輝石を主としている。



第 II - 1 - 1 3 图 带磁率分布图 (金谷, 1974)
 单位 $\gamma (\times 10^{-6})$

鉍石鉍物としては磁鉄鉍・黄銅鉍・キューバ鉍・磁硫鉄鉍および黄鉄鉍を主として
いる。

鉍床は蟹岳岩体の東西両翼に各一列がほぼ南北方向に配列し、それぞれ東列鉍床群、
西列鉍床群と呼称されている。前者は全般的に小規模で、操業は主に後者中で行われた。

西列鉍床群には北から青の木・大峰・日峰・佐比内・新山・天狗森・滝の沢・沓掛
・大仙等の鉍床が属し、南北約5 Kmに亘り分布している。

鉍床の賦存範囲、規模、形状等を第Ⅱ-1-9表にまとめた。

鉍床は鉍石鉍物の組合せにより、鉄鉍体、鉄銅鉍体、銅鉍体に分けられる。

一般に鉄鉍体は蟹岳岩体に近接して柘榴石スカルン中に、銅鉍体はその西方石灰岩に
接した灰鉄輝石スカルン中に胚胎している。鉄銅鉍体はその中間に位置する。

このような鉄鉍体と銅鉍体のペアリングは西列鉍床の北から大峰-日峰、佐比内-
8 D、新山-2~4 Dに明瞭に認めることができる。

5) 地質構造

(1) 概 要

古生層の基本構造は六黒見と蟹岳を結ぶ南北線を軸とする複背斜構造と、これと
対をなし、その東方およそ3 Kmに位置する岩倉山-桜沢-唄貝を結ぶ南北線を軸と
する複向斜構造である。

蟹岳複合岩体は前者の、超塩基性岩は後者のそれぞれ軸部に貫入している。

中生層は古生層の構造と関係なく比較的緩傾斜で分布している。

これら中・古生層の基本的構造は、中生層堆積後で、蟹岳複合岩体貫入前の構造
運動により次の5つの単位にブロック化されている。

- a. 中の沢-甲子川断層の北東区域
- b. 甲子川断層の南西~土倉断層以東の区域
- c. 土倉断層以西~新山・大洞以東の区域
- d. 新山-大洞線以西~中生層地溝帯まで
- e. 中生層地溝帯

なお、釜石鉍山周辺の地質構造図を第Ⅱ-1-14図に示した。

(2) 古生層の構造

釜石鉍山周辺における最下部層である土倉層は、土倉背斜の軸部に露出している。
この地層は新山付近で西方に急激にその層厚を感じ、粘板岩を主とする大橋層に移
行しており、南北方向に比し東西には比較的狭く分布している。

土倉層を軽微な不整合で覆ってその上位に堆積する唄貝層および長岩・鬼丸層は
それぞれ土倉層の東と西に分布するが、その岩相をかなり異にする。長岩・鬼丸層

第II-1-9表 釜石鉱山主要鉱床一覽表

	スカルン帯			鉱						床					その他															
	規模			スカルンの種類	鉱体名	鉱種	規模			上下の賦存範囲	形状	産量	品位			火成岩からの距離	スカルン帯中における位置	鉱床の位置的上限の状態	鉱床の位置的下限の状態											
	延長	幅	上下				延長	幅	上下				T. Fe%	Cu %																
西 列 鉱 床 群	大 峰	1000	250	m 850 ~ 0	Ga (Cpx)	本鉱体 N260	鉄	m 240	m 100	m 250	mL 830~550	不規則塊状	B	33	0.1	GGd 0~100m	上半, 火成岩側	Ga 中シャープに尖滅	Ga 中鉱染状に分散	550, 630, 680, 725 865m坑道で開発										
								180	20	120	mL 850~725										不規則塊状	C	33	0.2	SK帯頂部火成岩側	角礫 SK 中網状に尖滅	同 上			
	日 峰	600+	150	800 ~ 100	Diop Ga	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄ D ₅	銅	100	20	500	mL 830~380	偏平パイプ状	B	-	1.2	KGd 0~50	ほぼ中上部	高品位露頭	Ga SK 中鉱染分散	180, 250, 430, 680 m等の坑道で開発										
								120	30	580	mL 710~170	脈状~レンズ状					-	1.1	Di 0~50		中~下半部	SK 中に分散	不 明							
								150	30	80	mL 320~220	板 状					-	1.3	GGd 300~400		Ls と SK 帯の境界	Ls の上30mで Cpx の減少に伴い Ga 中に分散	Ls と Ga 直接し尖滅不明							
								120	20	130	mL 280~150	塊~板 状					-	1.6												
	佐比内	1100	400	950 ~	Ga (Cpx)	本鉱体 赤 岩	鉄	600	40	400	mL 930~530	板 状	A	32	0.1	GGd or Di 0~30	中~上部火成岩側	露 頭	下盤火成岩が緩傾斜となる部分で層厚減し尖滅	550, 610, 670, 725, 800m坑道で開発										
								150	10	150	mL 760~610										D	30	0.1							
	新 山	1500	200 ~ 10	800 ~ 0	Ga (Ep. Cpx. Cal)	新山鉄 1 D 6 D EN-1 -2 -3 -4 7 D	鉄 鉄銅 鉄 鉄銅	660	100	450	mL 770~320	厚板状~塊状	逡A	30	0.1	GGd 150~200 Di-Dp 0~20	上~下部 Gd 側	露頭 (少量のスカルンと高品位塊状鉱)	SK 化の減少とともに尖滅	250mから 550mまで 50m間隔の 坑道により開発										
								100	80	200	mL 470~270	塊 状									C	29	0.4	GGd 200	中下部	SK 中シャープに尖滅	Di-Dp 中 SK とともに尖滅			
														150	70	150	mL 450~300	塊 状	C	39	0.02	GGd 50~150	ほぼ中央部	新山鉄に連続	Ga 中尖滅					
													100		100+	mL 360~250	アメーバー状	31								0.02			不 明	
													100	30	80	mL 500~420	レンズ状	34								0.3	Di-Dp 0~50		SK 中シャープに尖滅	SK 化の減少に伴い尖滅
													50	20	60	mL 440~380	塊 状	34								0.02			SK 中低品位化分散	
														500	15	400	mL 700~300	板 状	B	36	0.6	Di-Dp 0~20	上下部火成岩側	SK 中シャープに尖滅	層厚減じ尖滅					
											Hd (Qt. Cal)	2 D 3 D 4 D 8 D	銅	500	10	190	mL 540~350	板 状	C	-	3.8	GGd 200~300 Di-Dp 30~50	Ls との接触部 Hd, SK 中	Ls 頂部で2.3D連続 Ga 中に急激に貧化 Hd あるが徐々に貧化	Hd の発達乏しくなりそれに伴い劣化					
																150	5									110	mL 540~430			
																900	10									150	mL 550~400			
						100	5	200	mL 340~150	不規則板状				D	-	1.6	Di-Dp 30~100 GGd 700									Hd 中 Ls との接触部	Hd の発達とともに貧化	不 明	180, 250, 300, 350 m坑道で開発	
天狗森	700	300	30	Hd (Ga. Cpx)	銅	鉄銅			5	mL 930~860	板 状	D	-	2.3	GGd 600~800	Ls の上盤 Hd 中	Ga 中低品位化尖滅	Ls との接触部でストップ	860, 900, 950m 坑道で開発											
													350	80		mL 950~860	不規則塊状	D		16	0.8	同 上	SK 帯中, 下盤側	Ga 中に分散	Ga 中に分散					
滝ノ沢	400	100	500+	Ga (Cpx)	No. 1	鉄銅	100	10	120	mL 770~640	塊~レンズ状	D	20	0.5	GGd 500~800	上半火成岩側	Ga 中に分散	Ga 中に分散												
							No. 2	鉄	100	20	150	mL 790~640	塊 状	D	30	0.3														
東 列	細 越 前 山	200 200	10 50	150	Ga	鉄	100	10	30	mL 940~910	レンズ状	D	48	0.1	GGd 1000	中 部	露 頭	SK とともに尖滅												
							100	30	100	mL 450~350	塊 状	D	35	0.1	Mz 0~100	中 部(?)	露 頭	不 明												

KGd 栗橋花崗閃緑岩 GGd 蟹岳花崗閃緑岩 Di-Dp 閃緑岩~閃緑玢岩 Qt 石英, Cal 方解石, SK スカルン,
Mz モンゾニ岩 Ga 柘榴石 Hd 灰鉄輝石 Ls 石灰岩, A 1,000万 t 以上 B 1,000~500万 t C 500~100万 t D 100万 t 以下
Diop 透輝石 Cpx 単斜輝石 Ep 綠簾石

は南北20数kmに亘り連続する石灰岩を主とし、その間岩相変化に乏しい。一方土倉層を挟み東にあり、長岩・鬼丸層の同時異相と考えられる唄貝層は、石灰岩のほか多量の粘板岩を伴っている。このような南北方向への岩相の連続性の良さに対して東西方向への岩相変化の激しいことの原因は、下位の土倉層の分布とも関係があるろう。これに対し、以上の石炭系を薄い基底礫岩をもって覆う二畳系甲子層は、土倉背斜軸の東西で大きな岩相変化を示さない。

古生層の基本構造は褶曲により形成されている。仙人トンネル付近において長岩・鬼丸層の石灰岩は3層に分かれているが、これらは同一層が褶曲しその頂部付近が露出したもので、大きく乱されることなく南北にトレースできる。この石灰岩の褶曲構造は衝上断層を伴い、蟹岳複合岩体周辺では衝上断層沿いに閃緑玢岩等火成岩が貫入している。

釜石鉾山周辺には上記衝上断層のほか、大小様々な断層が存在している。これらを時代的に整理して検討してみる。

中生層堆積前の断層：西列の衝上断層は長岩・鬼丸層とともに上位の甲子層をも切っており、天狗森付近で下部白亜系馬木の内層により不整合に覆われている。甲子層は上位の金山層とは整合的に重なっている。従って西列衝上断層の形成は中上部二畳系金山層の堆積以後で、下部白亜系馬木の内層の堆積前と考えられる。

中生層堆積後、蟹岳複合岩体の貫入前の断層：天狗森付近で認められるように下部白亜系は、蟹岳複合岩体貫入に伴うスカルン化・鉍化をうけている。地溝状に分布する下部白亜系は、その北端を蟹岳複合岩体に引続き貫入した栗橋岩体により貫かれている。従ってこの地溝帯の形成は下部白亜系堆積後、蟹岳岩体貫入前であろう。中の沢-甲子川断層、土倉断層、新山断層等についてもほぼ同時期のものと考えられる。

これらの断層は垂直または 60° 以上の傾斜の正断層で周辺地域をブロック化している。

蟹岳岩体貫入後（鉍化後）の断層：鉾山周辺でスカルンと鉍床を切る断層は、滝の沢断層等EW系を主としている。これらと蟹岳岩体貫入前の断層とはスカルンを切っているか否かのみで識別され、スカルン化の及んでいない地域における両者の識別は困難である。

(3) 中生層の構造

馬木の内地溝帯を除くと、中生層は大峰・天狗森・愛染山等現在の標高900m以上の高所に断片的に分布し、その構造について詳細は明らかでない点が多い。

地溝帯に分布する馬木の内層は、地表の資料のほか磁探・電探の結果を併せて解

析すると、全体として緩い舟底形の比較的単純な形態をしているようである。

中生層を切る断層としては馬木の内地溝帯を形成するもののほか、天狗森鉞床を切る東西性の断層が存在する。前者はすでに記した本地区をブロック化させた断層と同時期のもので、後者は滝の沢断層と同時期のものと考えられる。

(4) 火成岩類の形態

遠野岩体をはじめ南部北上山地の主要火成岩体の形態に関しては、加納ほか(1978)が総括している。それによると南部北上山地に貫入している遠野・栗橋・人首・千厩等の花崗閃緑岩体は、いずれもしずく状・ラッキョー形をしており、各岩体によりその削剥レベルが異なるとされている。

遠野・栗橋・五葉山岩体の構造、定置形態を第Ⅱ-1-15図に示した。

イ. 蟹岳複合岩体の形態

蟹岳複合岩体の形態については鉞山の資料によりかなり詳しく解析されている。特に西列においては坑道と試錐により上下1,000m以上に亘り、また東列中の沢一細越付近においても同じく1,000m以上に亘り追跡されている。

a. 花崗閃緑岩：本岩体は地下およそ1,000mに至るまで下方に拡がる形をしている。東西両翼では 60° ～ 75° と急傾斜を示すが、北部では 30° ～ 45° とやや緩い傾斜で閃緑岩の下へ突込んで行く、南部については資料に乏しいが急傾斜で下部に拡がって行くようである。

b. 閃緑岩～閃緑玢岩：花崗閃緑岩の北半分を覆うように分布する閃緑岩部は地表北端部で栗橋岩体に切られている。花崗閃緑岩の西方、猫川上流に分布する閃緑玢岩は西列衝上断層沿いに南北に貫入している。これらの岩脈は全体として、花崗閃緑岩から1,000m以上離れては存在しない。

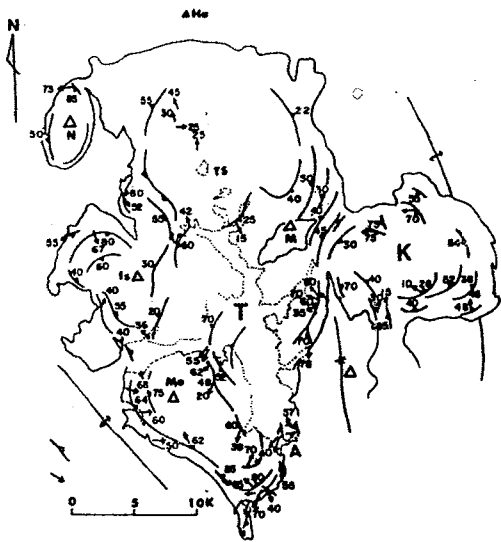
ロ. 栗橋花崗閃緑岩体の形態

東西約1.4km・南北約1.5kmの栗橋岩体の全体的形態については加納ほか(1978)の研究でしずく型であることが知られている。本岩体は南部に凸出した東西約3km・南北約3kmの部分と、更にその南端部から南西方へ延びた部分とからなる。これらの部分についても弱い流理構造が認められ、その解析から本体同様下にすぼむ形が推定されている。南西方へ延び日峰鉞床の西側を隔している岩脈状部は、上下1,000m以上に亘りほとんどその形態を変えない。

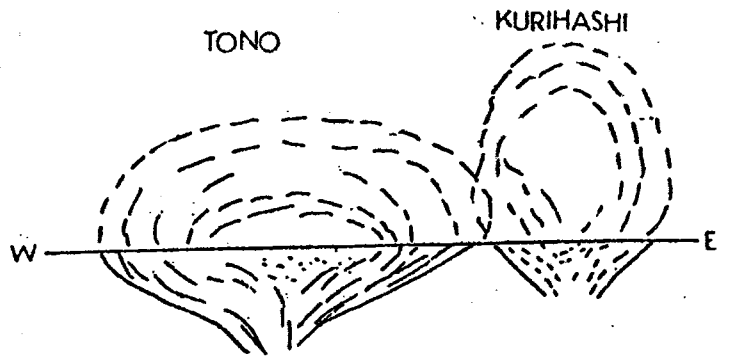
大峰鉞床北部の栗橋花崗岩体の地下等高線を第Ⅱ-1-16図に示した。

(5) 活断層

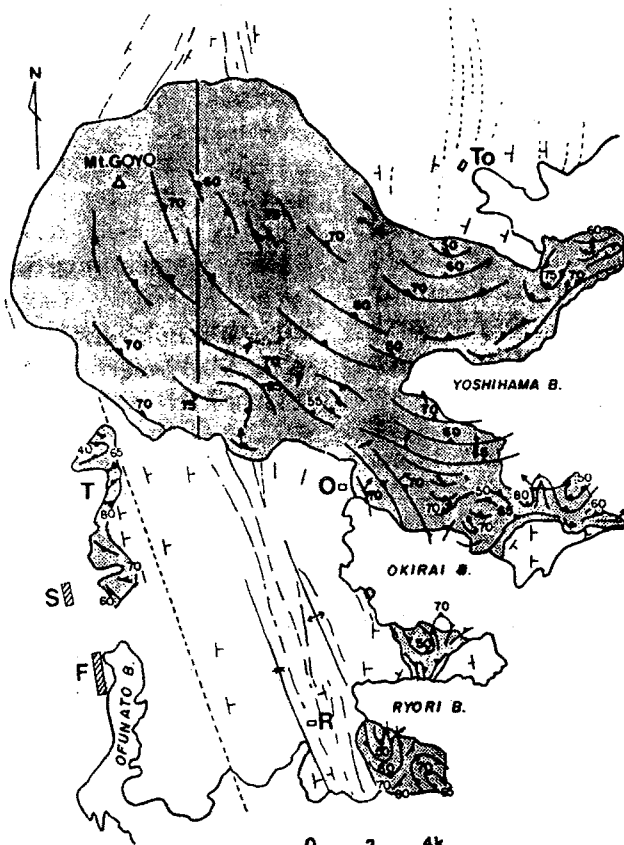
地質調査所編(1978)の日本の活断層図(200万分の1)には鉞山周辺に活断層は記載されていないが、藤田ほか(1980)は「日本の活断層」に、「北



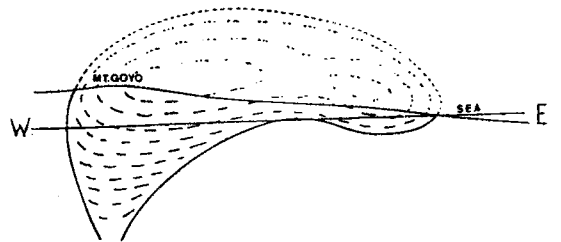
A



B



C



D

第 II - 1 - 15 図 遠野・栗橋・五葉山花崗岩体の構造

A : 遠野・栗橋岩体の構造図 (平良, 1968 MS)
 T 遠野岩体, K 栗橋岩体, Mo 物見山, Is 石上山, N 猫山, M 耳切山, Ts 附馬牛, A 赤羽根峠, R 六角牛山, Ha 早池峯山。

B : 遠野・栗橋岩体の定置形態 (加納ほか, 1967)
 C : 五葉山岩体の構造図 (松浦, 1968 MS)
 *D : 五葉山岩体の定置形態 (加納ほか, 1978)

上山地には顕著な活断層は見出されず、数多く発達する南北、北北西—南南東方向のリニアメントのうちいくつかに活断層の疑いがあるだけである」としたうえで、第Ⅱ—1—17図の如く確実度Ⅲの活断層を何本か記載している。

確実度Ⅱの活断層とは、「活断層の可能性はあるが、変位の向きが不明であったり、他の原因の考えられるもの、たとえば川や海の浸食、あるいは断層に沿う浸食作用による地形の疑いの残るもの」と定義され、確実度「ⅡとⅢとの区別は、Ⅲは活断層でない可能性が大きいということでⅡと区別され、一応その境を活断層である可能性が半ば以上であるか、それ以下であるかにおく」とし、また「確実度Ⅲとそれ以外の活断層の疑いのないリニアメント（明らかに層理、節理などに由来するものを除く。たとえば、古い時期の断層の存在にもとづく浸食作用による線状構造）との区別には個人差が残る」としている。

鉾山付近で認められたものは、15 Km × 14 Kmのほぼ円状に分布する栗橋岩体の東端部付近からNE—SW方向に走る5条と略中央をNSに走る1条で、その延長は2—4 Kmである。大峰北部までの直近のもので約6 Km離れている。これらが活断層であるか否かの判定には現地調査を必要としよう。

遠野岩体内にも確実度ⅡからⅢの活断層が数条記載されているがいずれも小規模である。

蟹岳岩体・五葉山岩体には活断層は認められていない。

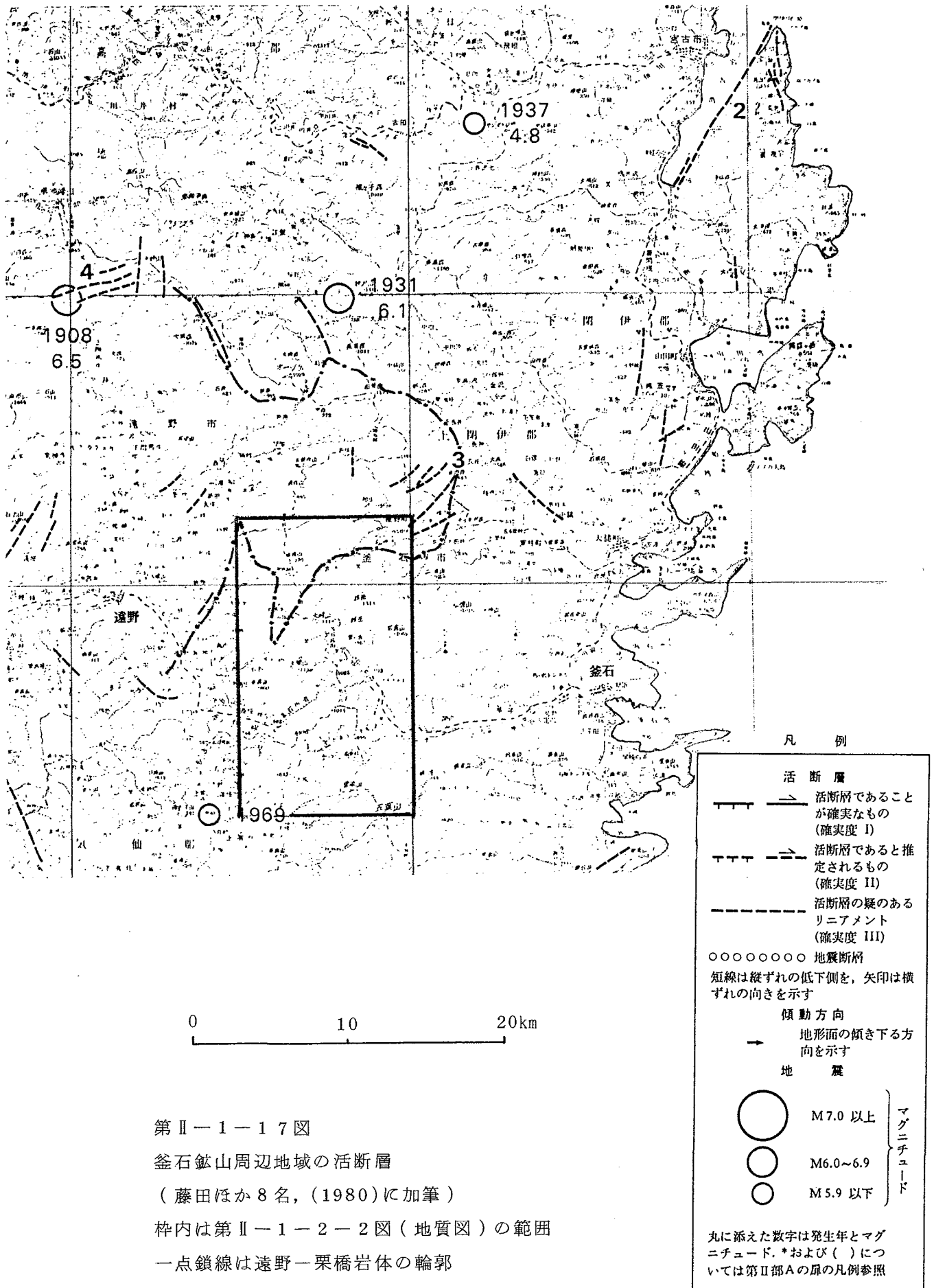
(6) 栗橋花崗閃緑岩体とその周辺の花崗岩体との比較

釜石鉾山周辺地域に分布する栗橋・遠野・蟹岳・五葉山の4花崗岩体について、本文のⅡ—1項で述べた地形をはじめとする各項目を要約して第Ⅱ—1—10表にまとめ、比較対照した。

当表より栗橋岩体は、地表形態的には中規模のしずく状岩体の下半部が緩い高原状の地形を呈して分布していること、岩質、鉾物容量、化学成分、帯磁率等は他の3岩体に比し変化の少ない安定した岩体であること等が分る。

大峰鉾床北部の坑内の断裂系および地表の活断層についても載せたが、これらは今後の詳細な調査を待たねば明確なことはいえない。

また、各岩体の水文・水理特性、力学特性に関する研究例は知られておらず、岩体の全貌を把握するには、それらに関し調査・試験を行う必要がある。



第 II - 1 - 10 表 花崗岩体別各種特性比較表

岩体名		遠野岩体	栗橋岩体	蟹岳岩体	五葉山岩体
地表形態	長径X短径	35 Km X 21 Km	14 Km X 10 Km	5 Km X 3 Km	20 Km X 9 Km
	面積	615 Km ²	135 Km ²	13 Km ²	175 Km ²
	地形	盆地状	高原状	急峻な山岳	独立した山塊
	周辺からの比高	400 m ~ 500 m	400 m ~ 500 m	400 m ~ 500 m	400 m ~ 500 m
絶対年代	中心部 114~119X10 ⁶ 年 周辺部 119~122X10 ⁶ 年	120~122X10 ⁶ 年	119X10 ⁶ 年 ? 変質作用による若返り	北部 128X10 ⁶ 年 南部 107~116X10 ⁶ 年	
岩体形態	北半部は緩いトーム構造 南半部は非対称的バースン構造 (北に向かって上昇, 膨らんだしずく状)	南端に岩脈部を持つバースン構造 (しずく状の下半部)	トーム構造 (しずく状の頂部)	北に傾いたバースン(板状)構造 (東側に倒れたしずく状下半部)	
岩質	中心相	花崗閃緑岩 ~ 優白質花崗閃緑岩	岩体全般に新鮮で安定した中~細粒花崗閃緑岩	花崗閃緑岩	花崗閃緑岩 ~ 花崗岩 (アパタイト岩)
	周辺相	石英閃緑岩 ~ モンツォニ閃緑岩	周辺岩石の捕獲岩が多い中~細粒花崗閃緑岩	閃緑岩 ~ 閃緑玢岩 ~ モンツォニ閃緑岩	主にトーム岩 一部石英閃緑岩
鉱物容量	北半部は色指数低く石英正長石が多い 南半部は色指数高く石英正長石が少ない	全体に鉱物容量・色指数が安定し, 平均値でみると遠野・五葉山岩体に似る	もっとも石英, 正長石に富み色指数が低い	岩体内部のバウツキが多い石英, 正長石は中心部で多く, 周辺部で少ない	
石英中の流体包有物 (多相) 平均充填温度		少ない 313°C (260°C~370°C)	多い 321°C (290°C~380°C)		
化学成分	Cl, F, Cu (平均含有量)		Cl値は290PPMと少ない F値は200PPM~800PPM Cu値は蟹岳岩体より低い	Cl値は閃緑岩810PPM, 花崗閃緑岩は683PPM F値は栗橋岩体と同程度 Cu値はモンツォニ岩 > 花崗閃緑岩 > 閃緑岩の順	
	K ₂ O, Th, U, 帯磁率	K ₂ O, Th, U値, 帯磁率とも4岩体の平均的値を示す	K ₂ O, Th, U値は他の3岩体より低く安定 帯磁率は遠野岩体とほぼ同じで安定	K ₂ O, Th, U値はほぼ遠野岩体に近い 帯磁率は884X10 ⁻⁶ emuと特に高い	K ₂ O, Th, U値は4岩体でもっとも高い 帯磁率は258X10 ⁻⁶ emuと特に低い
鉱化作用 変質	既知鉱脈鉱床数箇所あり 変質に関しては詳細不明	小規模バグマタイト脈あるも 移行実績なし 変質に関しては詳細不明	閃緑岩は熱変質による黒雲母化や鉱化によるスカン化, 花崗閃緑岩は部分的にスカン化, 熱水変質を受ける	小規模バグマタイト脈あるも 移行実績なし 変質に関しては詳細不明	
坑内の断層系 (大峰鉱床北部)		集中域 走行 N 80°E 傾斜 80°N~75°S	集中域 走行 N 70~75°E 傾斜 90°~75°S		
活断層 (藤田ほか, 1980)	岩体全体でNE-SW系を中心に約14本 いずれも確実度Ⅲ	岩体東部にNE-SW系5本 岩体中央部にN-S系1本 いずれも確実度Ⅲ	記載なし	記載なし	

II-2 釜山周辺地域の坑道の位置・構造

釜石釜山の坑道は東列釜床群と西列釜床群とに別れて存在する。

東列釜床群の坑道は中の沢の東岸をほぼ北に向け約1,566m, 細越峠以北にまで達する420m坑が探鉱のため掘さくされている。途中, 東西方向への立入坑道が3箇所計1,571m掘さくされている。坑口は1個所で現在は崩落水没している。

釜石釜山の現在の維持坑道約140kmは全て西列釜床の採掘, 探鉱のため掘さくされたものである。この坑道は大峰北部から大仙に至る南北7,500m, 東西約1,500m, 上下は950m¹~180m¹の770m間に展開されている。

本釜山における坑道は上下50m間隔を基本に展開されており, 大仙680m坑, 滝の沢770m坑・820m坑・870m坑等の一部の坑道を除き, 殆んど全ての坑道が立坑, 斜坑, スパイラル坑道等により坑内で連結されている。

坑口は, 新山で250m坑, 350m坑, 500m坑, 550m坑に, 佐比内・大峰で725m坑, 800m坑, 865m坑, 880m坑に, 日峰で530m坑, 680m坑に, 天狗森で900m坑, 950m坑に, そして大仙・滝の沢に数坑ある。

これらのうち, 地表近くの坑道や, 短い坑道を除き, 地下深所で相当規模で展開された坑道で坑口を有するのは新山の250m坑, 350m坑, 500m坑, 550m坑と日峰530m坑, 680m坑の6坑である。

主要坑道平面図, 南北坑道縦断面図を第II-2-1図~第II-2-2図にまとめた。一レベルにおいて最も長い坑道は250m坑の坑口から構造坑道N押引立までの8,700mである。

8D-日峰間に存在する180m坑は本釜山において掘下りで展開した唯一の坑道である。

大峰釜床以北に栗橋花崗閃緑岩とその周辺に展開する250m坑・550m坑と地表との関係図を標式的に第II-2-3図にまとめた。

注. 経緯線の整合について

釜石釜山では新山675m坑々口付近に測量原点を設け, 経線の北も独自のものを使用してきた。

釜石北と磁北との差は $5^{\circ}24'$, 磁北と真北との差は $7^{\circ}10'$ であり, 釜石北は真北の $12^{\circ}34'W$ となる。本調査における基本図は国土地理院の2万5千分の1地形図であり釜山で実施した坑道・試錐等の位置は, これにより補正した。

大峰釜床以北の250m坑, 550m坑はいずれも開放トラバー測量であり, 若干の誤差を含むものと考えられる。

II-3 鉾山周辺地域の広域調査用試錐

昭和46年度から同48年度に亘り、金属鉾業事業団により鉾山周辺地域で実施された広域調査用試錐を第II-3-1表に、概略柱状図を第II-3-3図に、また柱状図を第II-3-4図にまとめた。

第II-3-1表 広域調査用試錐一覧表

坑内外	個所	孔名	位置			傾斜	深度
			X	Y	標高		
坑外	遠野市上郷町佐比内	46 EATN-1	-77,385	+72,410	630m	-90°	1,451 m
	釜石市甲子町枯松沢	47 EATN-1	-83,580	+77,760	190	-90°	1,000.6
	釜石市橋野町大平小屋	47 EATN-2	-75,900	+77,410	570	-90°	1,250.1
	釜石市甲子町中川目	48 EATN-1	-77,200	+80,230	320	-90°	1,200.1

注：広域調査用試錐位置は実測していないため、XY座標は2万5千分の1地形図から概略計算した。

46 EATN-1孔、47 EATN-2孔、および48 EATN-1孔はいずれも若干の火山岩類を挟在する堆積岩中を錐進した。47 EATN-1孔は384 mまで堆積岩中を、それ以深は孔底まで変斑岩中を錐進した。

広域調査用試錐は口元孔径NXまたはHXで、最終孔径はBQ（外径59.7%）で実施した。

II-4 大峰鉾床北部の試錐

大峰鉾床北部では、550 m坑で21孔、計8,772.3 m、250 m坑で15孔、計4,976.5 m、坑外で9孔、計6,511.8 m、合計45孔、計20,260.6 mの試錐が実施された。

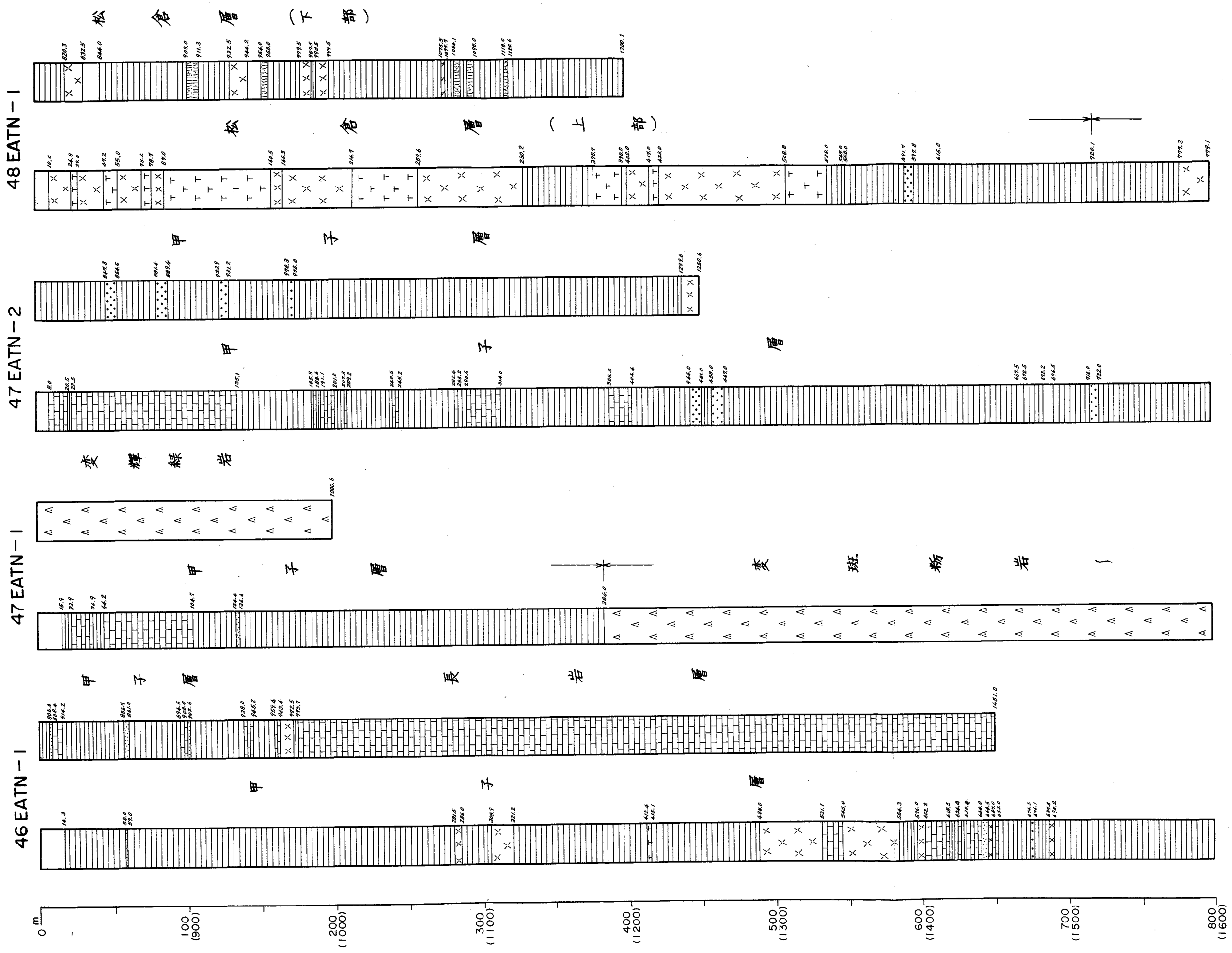
これら試錐位置を第II-4-1図に、概略柱状を第II-4-3図に、また、地質柱状を第II-4-4図にまとめた。

上記試錐の殆んどが蟹岳複合岩体の花崗閃緑岩と閃緑岩、または栗橋花崗閃緑岩の内部またはその接触部付近で実施されている。

なお、栗橋岩体を最も深く連続錐進したのは、TK-1の787 mで、TK-5の700 mがこれに次いでいる。

岩石名	岩相	略号
第四紀堆積物	河床礫	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
	砂礫層	△ △ △ △
堆積岩	砂岩	● ● ● ●
	礫岩	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
	粘板岩・砂岩互層	● ● ● ● | | | | ● ● ● ●
	粘板岩	| | | | | | | | | | | |
	シルト岩	— — — — — — — —
	チャート	| | | | | | | | | | | |
	石灰岩	| | | | | | | | | | | |
	凝灰岩	× × × × | | | | × × × × | | | |
	角礫凝灰岩類	△ △ △ △ △ △ △ △
火成岩類	安山岩	V V T T V T
	変質安山岩	^ ^ T T ^ T
	玄武岩～超塩基性岩	▲ ▲ | | | | ▲
	滑石化玄武岩	□ □ □ □ □ □ □ □
	玢岩	┌ ┌ ┌ ┌ └ └ └ └
	変斑析岩	# # ^ ^ # ^
その他	スカルン	● ● ● ● ● ● ● ●
	鉱染作用	▲
	化石	β

第 II-3-2 図 広域調査用試錐柱状図凡例

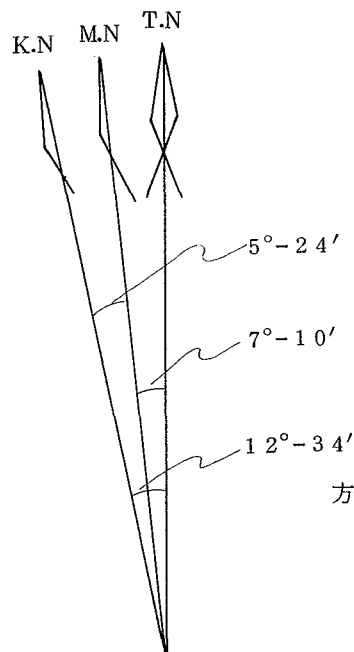


第II-3-3 図 広域調査用試錐概略柱状図

第Ⅱ-4-1表 大峰鉱床北部試錐一覽表

種別	坑内外	個所	試錐座	孔名	位置			方位	傾斜	深度	備考
					X	Y	標高				
精外	坑	笛吹牧場		TK-1	-74.118.2 ^m	+72,479.0 ^m	896.08 ^m		-90°	901.0	孔底S4°E ^180m 孔底S26°E ^57m 孔底S26°E ^21.4m 孔底S70°E ^18m 孔底S45°E ^46m 孔底S26°W 61m
		東又沢		-2	-74,644.2	+73,690.4	766.95		-90°	850.4	
		笛吹牧場		5	-73,963.1	+72,053.5	932.20		-90°	700.5	
		"		-6	-74,422.9	+73,076.6	914.20		-90°	950.6	
		東又沢		-7	-74,058.4	+74,221.9	933.24		-90°	905.0	
		西又沢		-13	-75,022.1	+72,814.2	801.89		-90°	601.1	
		"		-14	-74,899.9	+73,146.7	769.42		-90°	601.4	
		笛吹牧場		-30	-73,493.3	+71,379.0	801.57	E	-30°	551.0	
		"		-31	-73,963.1	+72,052.2	933.29	W	-45°	450.8	
		小計			9孔					6,511.8	
密試錐内	坑	250m坑N押	9座	TK-21	-75,459.2	+72,284.5	259.06	S85°W	-30°	480.1	→W門
			10座	-22	-75,119.3	+72,213.9	260.23	S85°W	-30°	400.4	
			"	-23	-75,119.9	+72,212.3	260.20	S85°W	-70°	351.0	
		550m坑N押	8座	-24	-75,735.6	+72,349.1	257.63	N85°E	-30°	301.1	
			14座	TK-33	-75,239.7	+72,994.6	573.69		-90°	350.1	
			"	-34	-75,239.0	+72,995.8	573.69	N50°W	-70°	400.1	
			"	-35	-75,240.6	+72,995.6	573.69	S50°E	-70°	302.3	
			"	-36	-75,242.0	+72,994.8	573.85	S5°E	-50°	251.0	
			"	-37	-75,241.8	+72,991.9	575.01	S55°W	±0°	201.5	
			15座	TK-38	-74,915.0	+73,140.4	575.86	S85°W	-60°	500.3	
		16座	TK-39	-74,545.1	+73,139.4	577.96		-90°	350.3		
		"	-40	-74,544.7	+73,140.8	577.96	S85°W	-50°	501.5		
		"	-41	-74,545.4	+73,138.3	577.96	N85°E	-60°	401.1		
	小計			13孔					4,790.8		
	計			22孔					11,302.6		
日鉄	坑内	250m青の木坑道	2座	No. 1	-75,080.6	73,117.9	257.4	S85°W	±0°	304.1	→W門
			"	2	-75,077.3	73,119.3	257.4	N35°W	±0°	277.6	
			"	3	-75,075.9	73,120.8	257.4	N5°W	±0°	276.4	
		250m坑N押	8座	No. 7	-75,738.8	72,347.2	257.63	S65°E	-30°	343.2	
			"	8	-75,738.8	72,347.2	257.63	S65°E	-20°	364.3	
			9座	No. 6	-75,459.2	72,284.5	259.06	N85°E	±0°	347.1	
			10座	No. 1	-75,132.5	72,216.0	260.20	N25°E	±0°	265.1	
"	2	-75,134.2	72,217.4	260.20	N55°E	±0°	380.6	ℓ/分			

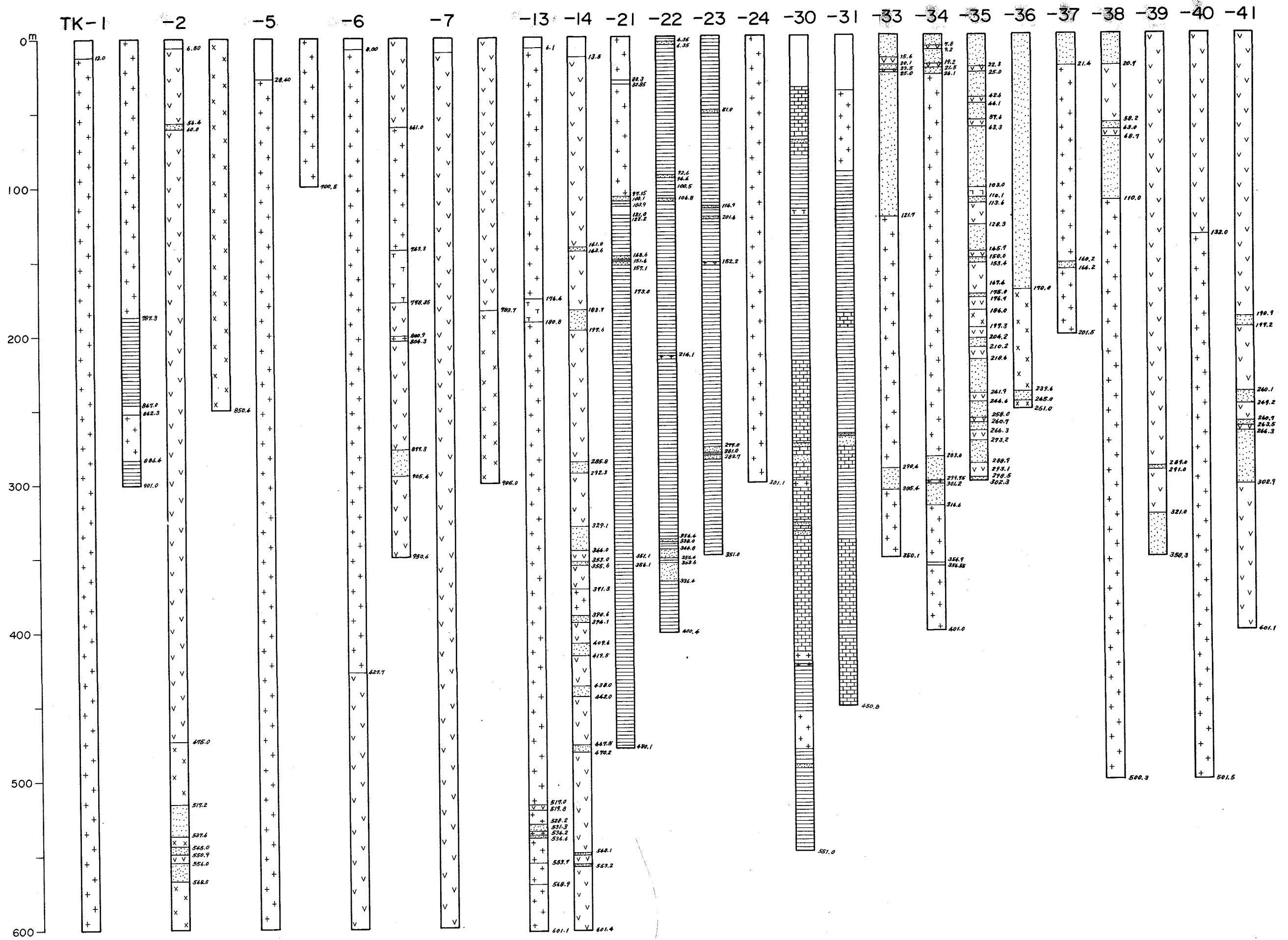
種別	坑内外	個所	試錐座	孔名	位置			方位	傾斜	深度	備考
					X	Y	標高				
企業 探 内 鉞	250m坑N押	10座	No. 3	-75,133.0 ^m	72,216.8 ^m	260.20 ^m	N35°E	± 0°	320.7	100ℓ/分	
			" 4	-75,136.0	72,217.8	260.20	N85°E	± 0°	321.8	400ℓ/分 孔底湧水	
	550m坑NW押	1座	No. 5	-75,132.1	72,204.8	260.20	N7-10E	± 0°	243.0	600ℓ/分	
			No. 1	-74,950.4	72,619.0	575.9		-90°	486.1		
			" 2	-74,950.9	72,617.4	575.9	S85°W	-30°	500.1		
			" 3	-74,947.9	72,621.4	575.9	N25°E	-57°	503.4		
			No. 1	-74,808.8	+72,464.2	577.0	S85°W	-53°	432.8		
			" 2	-74,809.3	+72,464.4	577.0	S85°W	-70°	405.3		
			" 3	-74,809.6	+72,463.4	577.0	S85°W	-35°	539.2		
			" 4	-74,809.9	+72,461.9	577.0	S85°W	± 0°	539.9		
" 5	-74,807.6	+72,462.4	577.0	N50°W	± 0°	366.3					
" 6	-74,808.0	+72,462.8	577.0	N50°W	-25°	479.6					
" 7	-74,807.2	+72,462.9	577.0	N35°W	± 0°	457.8					
" 8	-74,807.6	+72,463.1	577.0	N35°W	-20°	411.1					
" 9	-74,808.6	+72,462.4	577.0	N65°W	-20°	392.5					
	計		23孔						8,958.0		
合計			45孔						20,260.6		



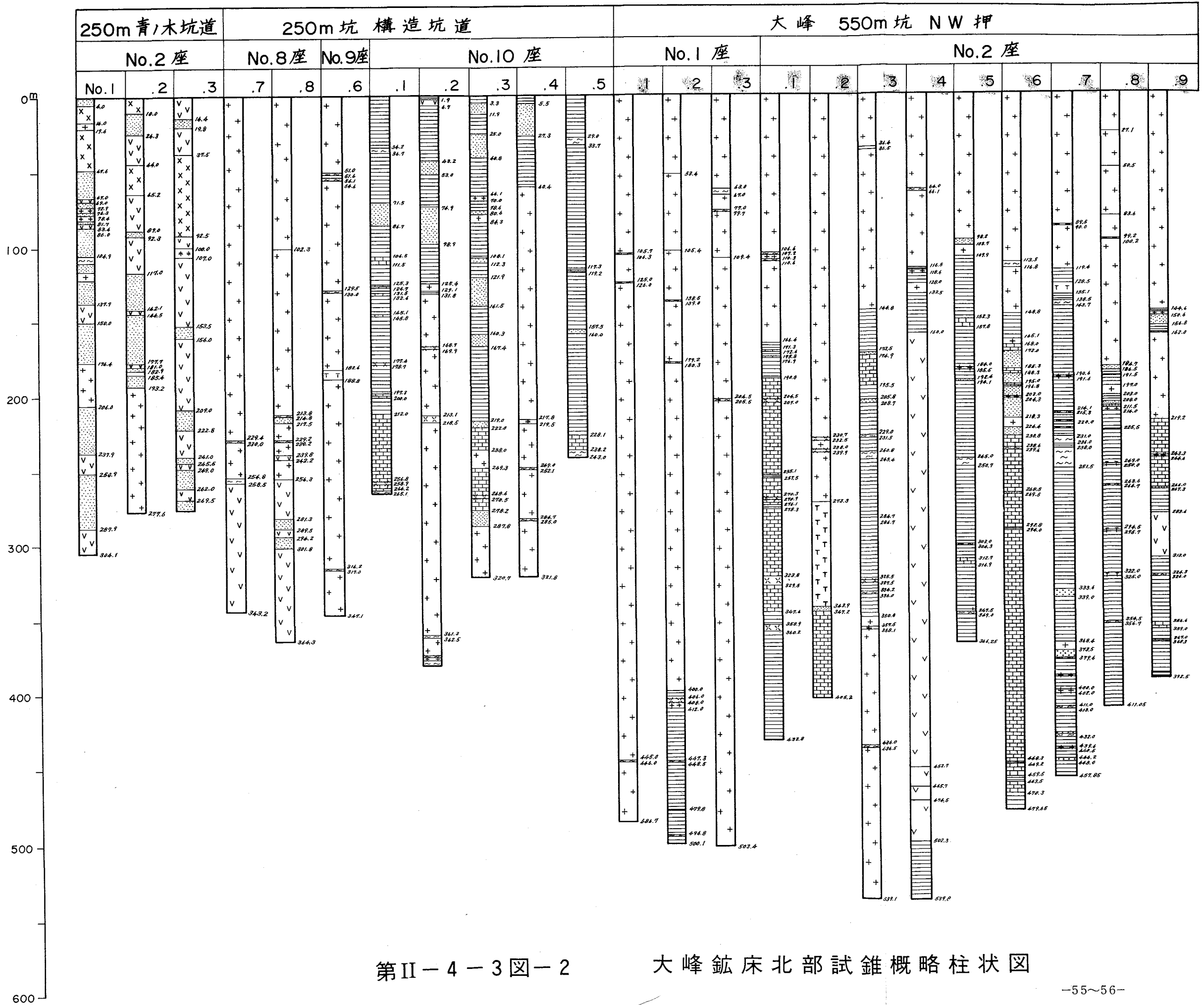
方位及び孔曲り測定は磁斜

岩石名 (岩体名)	岩相	略号
堆積岩	凝灰岩	× × × × × × ×
	粘板岩類	
	礫岩	● ● ● ● ● ● ● ●
	石灰岩	
栗橋岩体	花崗閃緑岩	+ + + + + + +
	アプライト	L L L L L L L
蟹岳岩体	花崗閃緑岩	× × × × × × ×
	モンゾニ岩	∟ ∟ ∟ ∟ ∟ ∟ ∟
	アダメロ岩	* * * * * * *
	閃緑岩 ~ 閃緑玢岩	V V V V V V V
その他の火成岩類	玢岩類	T T T T T T T
	変斑析岩	△ △ △ △ △ △ △
	ランプロファイヤー	キ キ キ キ キ キ キ
	超塩期性岩	
	玄武岩	▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲
鉱床	スカルン	
	Fe, Cu 鉱床	
	破砕帯	~ ~ ~ ~ ~ ~
	亀裂	

第II-4-2図 大峰鉱床北部試錐柱状図凡例



第II-4-3图-1 大峰鉱床北部試錐概略柱状图



第II-4-3图-2

大峰鉱床北部試錐概略柱状图

Ⅱ-5 大峰鉾床北部の坑内外水理状況

Ⅱ-5-1 断 裂 系

坑内外の水理状況を知るうえで、岩盤内の断裂系を解析することは重要と考えられる。大峰鉾床北部の250m坑、550m坑の断裂データを第Ⅱ-5-2図にローズダイヤグラムで、第Ⅱ-5-3図にシュミットネットでまとめた。

1) 断裂データの選択

大峰鉾床北部の250m構造坑道、250m青の木坑道、550m構造坑道、550mNW押坑道の坑道延長計5,190mに於いて鉾床探査の為に作成された第Ⅱ-5-1図の地質スケッチより、走向傾斜の明確な1,850個の断裂データを採用する。

この頻度は2.8m坑道長1個になる。

これらの断裂は銅鉄鉾床探査を目的に記載されたもので、断裂ぞいにスカルン化・脱色化・粘土化等の変質を伴うもの、明瞭な転移の認められるもの等である程度以上の規模を有するものを取り上げている。従って水理状況を解析するうえで必要十分なものではないかも知れないが、各岩体および個所における定性的断裂傾向を知ることはできる。

2) 断裂データの解析方法

(1) ローズダイヤグラム

各坑道の100m区間ごとの断裂の走向データを角度10°刻みで分類し、各区間のデータ総数あたりの百分率でローズダイヤグラムに表示する。

(2) シュミットネット

各坑道の断裂データを栗橋花崗閃緑岩、蟹岳花崗閃緑岩、閃緑岩、粘板岩及び石灰岩に分けてシュミットネットのデータとする。シュミットネットは下半球に投影し、1%、5%、10%、20%、40%のコンターで表示する。

3) 各岩体ごとの解析結果

(1) 栗橋花崗閃緑岩

栗橋花崗閃緑岩は坑道にみられる長さが250m坑で1,515m、550m坑で805m、計2,320mと各岩体の内で最も長く、断裂個数は867である。断裂の分布状況は250m坑、550m坑とも集中域の周囲を囲んでよくまとまっているが地下深部の250m坑より300m上部の550m坑の方がNS側に若干断裂の分布範囲が広がっている。

一方、断裂の集中域をみると250 m坑、550 m坑とも同じで走向N 80°E、傾斜80°N~75°S付近に集中する。

(2) 蟹岳花崗閃緑岩

蟹岳花崗閃緑岩は550 m構造坑道に於いて坑道長265 mで断裂数166個を解析している。

本岩体中の断裂はほぼ集中域の周囲に広く分布する。断裂の集中域は走向N 75°E、傾斜75°S付近で、走向N 55°E、傾斜60°N付近にも若干認められる。

(3) 閃緑岩

釜石鉾山の閃緑岩はスカルン化していることが多く、ここでは閃緑岩にそれを原岩とするスカルンを含くめ解析した。

閃緑岩には蟹岳花崗閃緑岩の北半部を取り囲むように分布する岩体と、古生層中の衝上断層沿いに貫入する岩体とがある。

前者は250 m青の木坑道、550 m構造坑道に広く分布する。解析は坑道延長1,490 m、断裂数405個を行った。

解析結果をみると250 m青の木坑道と550 m構造坑道の断裂分布状況がよく一致しており、断裂の分布域はややバラツキはあるものの集中域の周囲にまとまっている。その集中域は走向N 70°E、傾斜90°~85°S前後にある。この2坑道の高差は300 mあるが、同一岩体で断裂も同じ傾向を示している。

一方、後者の古生層の衝上断層沿いに貫入した閃緑岩は250 m構造坑道で近接して2個所でみられる。解析は坑道延長680 m、断裂数310個について行った。

解析結果をみると断裂の分布域は坑道南側の閃緑岩では集中域を中心にまとまっている。その集中域は走向N 75°E、傾斜65°S~75°Sの付近にある。一方、日峰鉾床近くの蟹岳複合体本体より続く部分も断裂の分布域は集中域を中心としており、その集中域は走向EW、傾斜90°である。

閃緑岩中の断裂全体についてみると、古生層中の衝上断層沿いの閃緑岩も蟹岳花崗閃緑岩の北部に分布する閃緑岩とほぼ同様の断裂方向性を示している。

(4) 粘板岩及び石灰岩

粘板岩及び石灰岩は250m構造坑道の南にみられるものと、同じ250m構造坑道の北端の引立付近にみられる粘板岩の2箇所がある。解析した坑道延長は435mで断裂個数は122個である。

解析結果をみると構造坑道の南の粘板岩及び石灰岩の断裂はややまとまりを欠いて分布し、その集中域はあまり明確でないが $N10^{\circ}E\ 85^{\circ}N$ 、 $N30^{\circ}E\ 80^{\circ}S$ 、 $N75^{\circ}E\ 70^{\circ}S$ 付近にみられる。この分布は周囲の火成岩類の断裂と傾向を異にし、釜石鉱山周辺の堆積岩類の南北性の構造を示しているものと考えられる。

栗橋花崗閃緑岩の貫入の影響を強く受けてホルンフェルス化した250m構造坑道引立付近の粘板岩は、付近の栗橋花崗閃緑岩とほぼ同じ断裂傾向を示す。

4) 解析結果のまとめ

大峰鉱床北部の火成岩類の断裂系は走向 $N60^{\circ}E\sim N85^{\circ}E$ 、傾斜 $60^{\circ}N\sim 90^{\circ}\sim 75^{\circ}S$ の部分に集中域があり、各岩体ともほぼ同じ傾向を示す。これは浜辺、桑畑(1977)が蟹岳花崗閃緑岩の北半分についてNE-SW系の断裂系が多いことを指摘していることと符合する。また、II-1-2の活断層の項で述べた様に、确实度IIIの确实性の低い活断層が栗橋岩体の東端付近からNE-SW方向に5条示されているが、これらともほぼ一致する方向性を示す。

これらのNE-SW系の断裂系は第II-1-14図に示した釜石鉱山周辺地域のNS系やEW系の構造とは異なり、栗橋花崗閃緑岩の貫入後の断裂活動に伴うものであることを示すものと推定される。

今回調査した断裂データはいずれも、低角度の断裂を欠いている。これはスケッチの精度によるものと考えられ、栗橋花崗閃緑岩を中心として坑内外の断裂系の精査と解析が望まれる。

II-5-2 降水量と気温

釜石鉱山 550 m 採鉱事務所坑外における気温と、350 m 鉱山本部事務所に
おける降水量を、釜石鉱山の気象データとして第 II-5-1 表、第 II-5-4 図
にまとめた。

降水量は過去 13 年間で 2,137 mm/年が最高で、923 mm/年が最低であり、平
均 1,510 mm/年となっている。これを理科年表昭和 60 年版の盛岡、宮古の降
水量 1,282 mm/年、1,278 mm/年（1951 年から 1980 年までの平均値）
と較べると、鉱山付近は 17~18% だけ降水量が多い。これは鉱山付近が急峻
な山地であることによるものかも知れない。

II-5-3 水 質

釜石鉱山の水質データとしては、鉱山の主要坑内で毎月 1 回測定されてきた
流量、pH、濁度および水温に関するデータと、250 m 坑・550 m 坑で構
造坑道掘進時に採水分析したデータ、さらに本調査時に採水・分析したデー
タがある。

本調査で採水・分析した結果については次章で報告する。

1) 主要坑口における水質

250 m 坑、350 m 坑、500 m 坑、550 m 坑、日峰 530 m 坑、日峰 680
m 坑の各坑口からの流出量、pH、濁度、水温等の測定位置と測定値表、変化図を第
II-5-6 図、第 II-5-2 表および第 II-5-7 図に示した。

pH については、日峰での 7.1~7.4 に対し、新山では 7.4~7.9 と高い値を示す。
しかし、日峰で流量の少い 12 月~3 月で若干 pH が下がるが、全体的に季節的変化は
少い。

濁度についてはいずれも特定の傾向を示さず坑内の作業状況による影響が大きいも
のと考えられる。

水温については夏季に高く、気温の影響が現われている。

2) 構造坑道掘進時の水質

日峰 250 m N 押構造坑道と、大峰 550 m N 押構造坑道掘進時重金属を対象に毎
月 1 回採水し水質調査を実施した。結果は第 II-5-3 表の如くである。

pH は 250 m 坑で平均 8.2 程度で、坑口で測定した値より若干高くなっている。

Cd は全てを通じ検出されなかった。Cu は、8 D 銅鉱体付近の採取個所 B では最
高 0.08 ppm を検出したが、その他は 0.01 ppm 以下であった。Zn、Mn につい
てもそれぞれ最高 0.19 ppm 0.27 ppm で Cu と同じ傾向を示した。

As は 1 点で 6 ppm という異常値を示したが他は 0.04 ppm 以下である。T・Fe

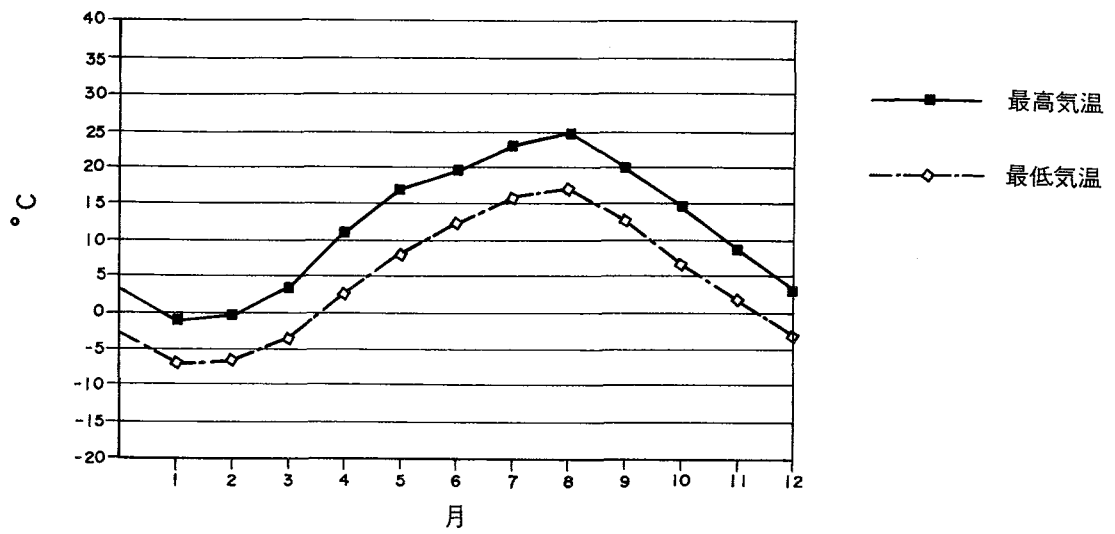
第II-5-1表 釜石鉾山の気象データ

年	1月		2月		3月		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		年間
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	
49	-1.2	-6.9	-0.4	-6.7	1.5	-4.7	10.6	-4.7	19.5	9.1	19.6	12.7	21.6	15.0	26.4	18.0	20.3	13.0	14.2	7.3	-0.4	10.7	-0.4	26.4	-6.9
50	-0.9	-5.7	-0.3	-6.6	2.4	-3.3	12.0	-3.3	16.0	8.8	18.5	12.8	24.1	17.2	26.6	18.0	22.7	14.4	13.6	10.0	3.2	10.7	3.2	26.6	-6.9
51	0.0	-6.3	1.4	-4.5	3.9	-2.7	11.0	-2.7	17.8	8.3	18.1	11.9	23.0	15.2	21.0	14.9	18.2	12.5	14.0	7.7	0.0	10.7	0.0	23.0	-6.9
52	-2.6	-8.5	-1.0	-6.7	4.8	-1.9	10.7	-1.9	15.0	6.7	18.6	12.0	23.5	16.1	22.1	16.6	19.0	12.1	15.1	10.1	3.4	10.7	3.4	27.8	-8.5
53	-1.1	-6.3	-2.4	-8.5	4.8	-3.4	9.6	-3.4	14.3	9.2	22.4	14.6	27.8	19.1	25.9	18.7	19.0	12.9	16.0	10.1	1.8	10.1	1.8	24.7	-8.5
54	0.8	-5.4	-2.2	-7.7	4.8	-2.9	11.1	-2.9	17.2	6.0	18.4	11.2	25.0	18.2	24.0	16.0	19.3	12.7	14.1	10.5	3.3	10.5	3.3	24.7	-7.7
55	-0.2	-6.8	-1.2	-7.8	2.7	-4.4	10.1	-4.4	19.7	9.9	22.2	13.9	21.6	14.9	20.5	16.0	18.7	12.9	16.0	10.1	2.1	10.1	2.1	25.0	-7.8
56	-2.4	-8.2	-1.0	-7.2	4.8	-3.9	11.5	-3.9	17.2	6.0	18.7	11.2	22.2	15.0	24.0	16.5	19.3	12.7	13.6	10.5	3.3	10.5	3.3	25.0	-8.2
57	0.0	-5.0	-0.9	-7.0	4.8	-2.2	10.7	-2.2	14.6	6.6	17.8	9.6	20.5	13.6	23.5	17.1	18.7	12.2	16.1	10.1	0.8	10.1	0.8	24.7	-7.0
58	-2.5	-8.1	-2.3	-8.6	3.2	-4.0	12.1	-4.0	16.4	7.7	17.7	10.4	23.8	16.3	26.1	17.3	19.1	12.4	13.1	10.1	1.4	10.1	1.4	26.1	-8.1
59	-2.4	-9.4	-1.2	-8.4	3.0	-3.9	10.9	-3.9	16.4	7.7	17.7	11.0	20.1	13.0	26.1	17.3	19.1	12.4	13.1	10.1	3.4	10.1	3.4	29.0	-9.4
60	0.0	-5.0	-2.5	-8.6	4.8	-6.6	15.3	-6.6	19.7	9.9	20.2	13.3	27.1	19.1	29.0	19.3	19.3	12.4	14.3	10.1	7.4	10.1	7.4	26.1	-6.6
61	-2.4	-9.4	-1.2	-8.4	3.0	-3.9	10.9	-3.9	16.4	7.7	17.7	11.0	20.1	13.0	26.1	17.3	19.1	12.4	13.1	10.1	3.4	10.1	3.4	29.0	-9.4
平均	-1.2	-7.0	-0.4	-6.7	3.3	-3.7	10.9	-3.7	16.8	8.0	19.5	12.2	22.8	15.7	24.6	17.0	19.9	12.7	14.3	8.5	1.4	8.5	1.4	25.3	-7.6

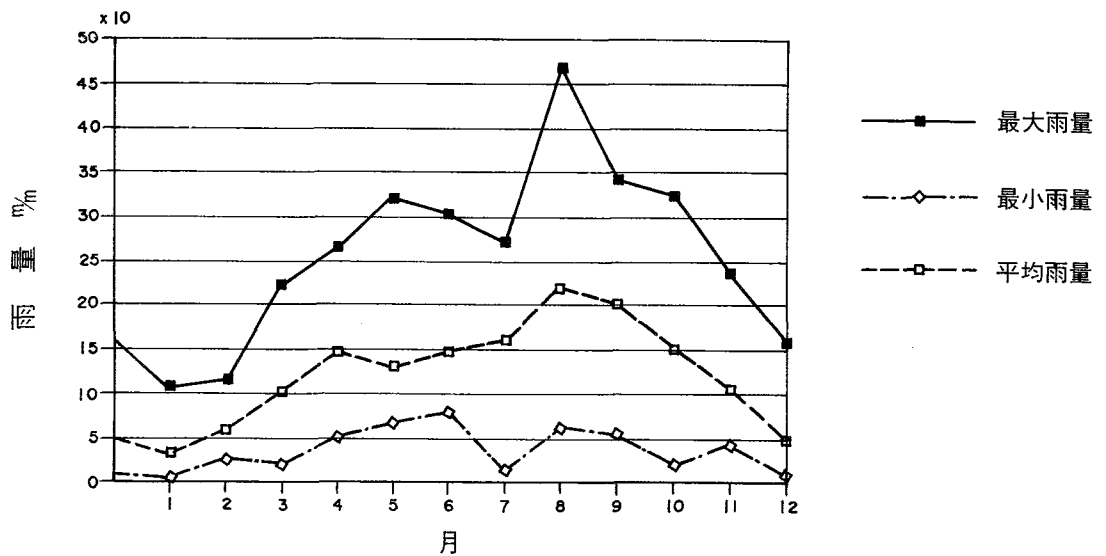
注) 測定箇所 550m採鉾事務所
各月の最高、最低気温は1箇月の日データの最高、最低気温のそれぞれの平均値

年	1月		2月		3月		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		年間	
	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量	回数	雨量		回数	雨量
49	6	23.0	5	17.0	18	99.0	15	194.2	7	85.5	19	302.5	15	248.0	16	69.2	19	260.5	11	54.0	6	553.0	7	34.5	145	1442.7
50	10	39.0	11	59.0	16	224.5	13	51.0	12	85.0	13	114.5	11	143.0	4	62.0	10	263.5	13	110.0	13	236.5	8	14.0	132	1193.8
51	10	23.5	13	114.5	8	55.0	7	101.0	10	68.0	17	145.5	8	81.0	19	263.5	19	343.5	15	280.0	10	94.5	18	75.0	160	1645.0
52	3	5.0	17	53.5	10	136.5	14	104.0	11	322.0	9	148.0	12	161.0	16	248.0	8	225.5	8	21.5	12	169.0	7	76.0	121	1670.0
53	13	49.5	13	44.5	14	109.5	7	107.0	9	112.0	14	115.0	3	14.5	10	126.0	14	83.5	15	296.5	11	43.5	11	28.5	158	2137.1
54	10	107.0	13	172.0	10	113.5	18	210.5	12	235.0	13	80.5	15	151.5	15	369.5	10	268.0	16	203.5	16	211.5	10	48.0	164	1689.0
55	12	43.0	10	25.0	15	117.5	14	135.5	13	121.5	7	86.0	20	272.5	15	469.0	10	86.5	12	168.0	10	69.5	22	159.0	146	1833.5
56	7	38.0	15	49.0	13	89.5	13	266.0	12	186.0	18	176.0	15	150.0	15	469.0	9	183.5	12	168.0	9	44.0	8	14.5	135	1946.5
57	7	43.5	6	10.5	14	120.5	11	242.5	12	177.0	11	177.5	11	103.0	11	307.5	11	276.5	11	324.5	12	118.0	14	45.5	135	1594.0
58	6	15.5	12	57.5	13	101.5	7	144.0	9	106.5	12	177.0	9	96.0	19	261.5	15	284.5	13	96.0	11	87.5	7	9.5	111	1258.5
59	6	15.5	5	14.5	7	20.0	5	188.0	9	110.5	9	96.0	18	269.5	8	73.0	10	254.0	12	140.5	10	35.0	14	42.0	111	1258.5
60	8	15.5	12	89.0	15	83.0	13	107.5	11	80.5	13	180.0	14	85.5	16	299.5	6	61.5	12	175.5	16	175.5	12	20.5	152	1137.5
61	11	13.5	11	55.0	13	69.5	7	74.5	7	17.5	10	135.5	10	160.0	16	160.0	9	299.5	13	162.5	14	126.0	11	79.5	130	1244.5
平均	8.3	32.7	11	58.5	12.8	103.0	11.3	148.1	10.3	131.3	12.7	148.8	13.6	161.6	12.2	221.3	13	203.4	12.3	151.0	10.7	107.0	11.2	49.7	139.5	1516.5

注) 測定箇所 鉾山本部事務所



第II-5-4図 釜石鉱山の年間気温図
(S49.01 ~ S61.12)



第II-5-5図 釜石鉱山の年間降水量図
(S49.01 ~ S61.12)

第 II - 5 - 2 表 釜石鉱山の水質データ

年月	流 量					単位 m ³ /min.			中の沢
	250m坑	350m坑	日峰530m坑	日峰680m坑	計(1)	500m坑	550m坑	計(2)	
1	4.4	2.2	1.3	0.6	8.5				3.8
2	3.4	2.1	1.5	0.6	7.6				3.4
3	3.6	1.7	1.1	1.1	7.5				5.9
4	4.8	2.8	1.2	1.4	10.2				11.6
5	4.6	3.3	1.6	1.2	10.7				9.7
6	4.6	3.4	2.1	1.1	11.2				7.2
7	4.7	3.8	1.5	1.0	11.0				8.9
8	4.9	3.2	2.5	1.0	11.6				7.3
9	4.9	3.8	2.4	1.5	12.6	3.3	2.4	18.3	13.1
10	4.3	3.4	1.6	1.3	10.6	2.4	2.5	15.5	10.3
11	4.5	2.7	1.6	1.0	9.8	3.2	0.5	13.5	7.2
12	3.9	2.8	1.5	0.9	9.1	3.1	1.9	14.1	7.9
平均	4.4	2.9	1.6	1.0	10.0				8.0

注1) 250m坑~日峰680m坑はS51.01~61.12迄の月別平均値,500m坑,550m坑はS61.09~61.12迄の値
 注2) 計(1)は250m坑~日峰680m坑の各坑口流量合計値
 注3) 計(2)は計(1)に500m坑,550m坑の坑口流量を併せた値

年月	p H						中の沢
	250m坑	350m坑	日峰530m坑	日峰680m坑	500m坑	550m坑	
1	7.6	7.6	7.3	7.2			7.6
2	7.6	7.5	7.4	7.3			7.5
3	7.6	7.5	7.3	7.2			7.6
4	7.6	7.6	7.4	7.1			7.5
5	7.5	7.6	7.4	7.2			7.5
6	7.6	7.6	7.4	7.3			7.6
7	7.6	7.6	7.4	7.2			7.6
8	7.6	7.5	7.4	7.3			7.6
9	7.6	7.6	7.4	7.3	7.6	7.9	7.5
10	7.6	7.6	7.4	7.2	7.4	7.4	7.5
11	7.6	7.6	7.4	7.3	7.5	7.5	7.5
12	7.6	7.6	7.3	7.2	7.4	7.4	7.5

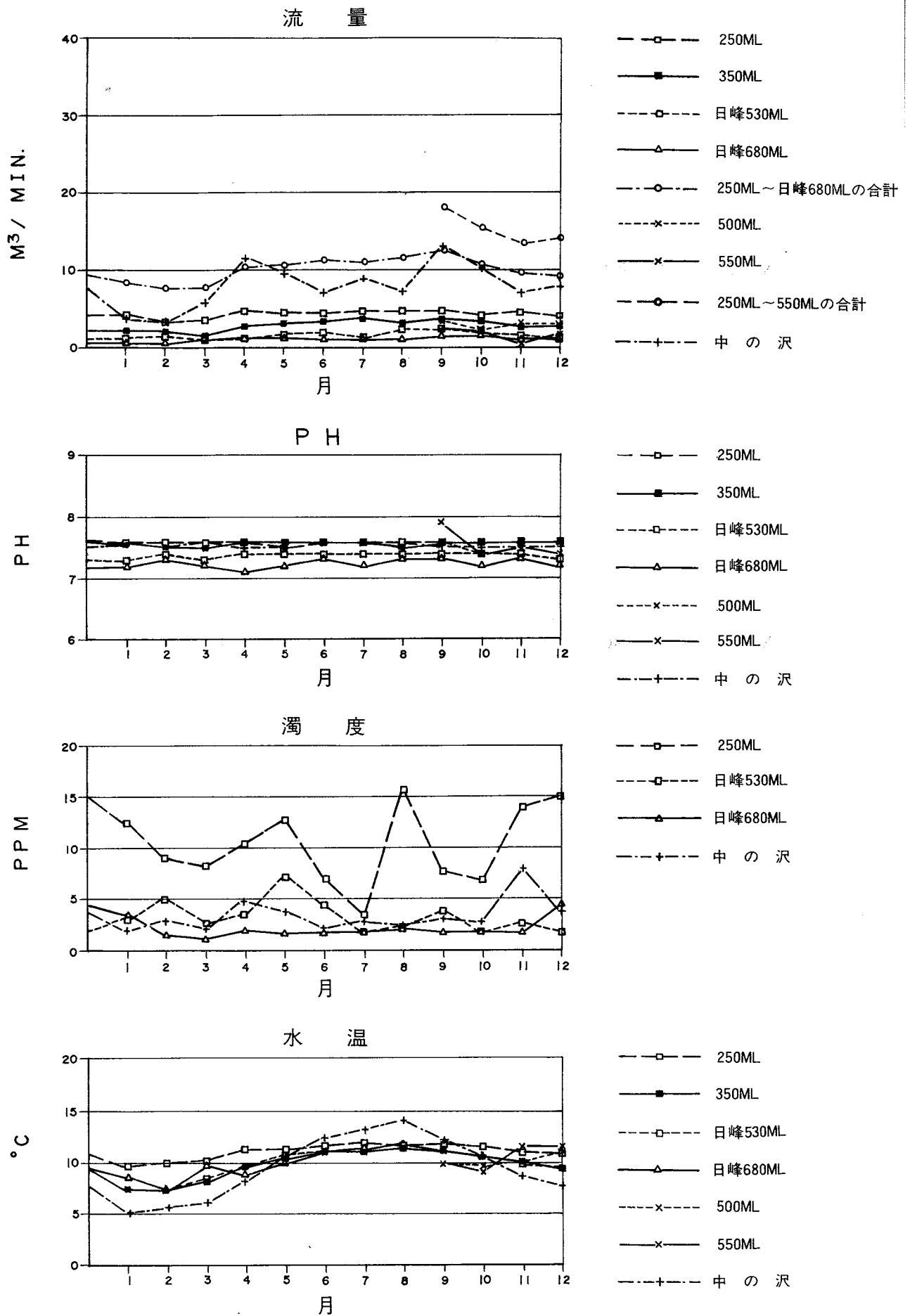
注1) 250m坑~日峰680m坑はS51.01~61.12迄の月別平均値,500m坑,550m坑はS61.09~61.12迄の値

年月	濁 度						中の沢
	250m坑	350m坑	日峰530m坑	日峰680m坑	500m坑	550m坑	
1	12.5		3.0	3.5			2.0
2	9.0		5.0	1.7			3.0
3	8.2		2.8	1.2			2.3
4	10.3		3.5	2.0			4.8
5	12.7		7.2	1.8			3.8
6	7.0		4.3	1.8			2.2
7	3.3		1.8	1.8			3.0
8	15.7		2.2	2.2			2.5
9	7.7		3.7	1.8			3.2
10	6.8		1.8	1.8			2.7
11	13.8		2.5	1.8			8.0
12	15.0		1.7	4.5			3.7

注1) 250m坑~日峰680m坑はS51.01~61.12迄の月別平均値,500m坑,550m坑はS61.09~61.12迄の値

年月	水 温						中の沢
	250m坑	350m坑	日峰530m坑	日峰680m坑	500m坑	550m坑	
1	9.6	7.3	7.3	8.6			5.1
2	10.0	7.3	7.4	7.4			5.6
3	10.2	8.0	8.4	9.7			6.0
4	11.3	9.6	9.5	8.8			8.2
5	11.3	10.3	10.8	9.8			10.5
6	11.7	11.0	11.2	10.8			12.3
7	11.9	11.0	11.1	11.4			13.1
8	11.5	11.3	11.2	11.8			14.0
9	11.8	11.0	11.1	11.1	10.0	10.0	12.1
10	11.5	10.5	10.6	10.9	9.5	9.0	10.5
11	10.9	10.0	9.6	9.9	10.0	11.5	8.6
12	10.7	9.1	9.4	9.5	11.0	11.5	7.7

注1) 250m坑~日峰680m坑はS51.01~61.12迄の月別平均値,500m坑,550m坑はS61.09~61.12迄の値



第II-5-7図 釜石鉱山の水質変化図

第Ⅱ-5-3表 釜石鉱山構造坑道掘進時の水質表

採取月日	採取箇所	分 析 成 分								備 考
		PH	SS	Cd	CU	Zn	Mn	As	T.FeO	
48.08.05	A(250ML)	8.00	無測定	-	-	0.02	-	0.001	0.18	水量0.02M ³ /m.掘進 0.0m
48.09.06	A(250ML)	8.40	50	-	-	-	-	0.002	0.40	水量2.00M ³ /m.掘進 83.7m
48.10.01	A(250ML)	8.20	13	-	tr.	-	-	0.026	0.30	水量2.08M ³ /m.掘進 199.3m
48.10.27	A(250ML)	8.25	5以下	-	tr.	-	-	0.012	0.15	水量1.94M ³ /m.掘進 325.8m
48.12.04	A(250ML)	8.20	5以下	-	tr.	-	-	0.052	0.08	水量2.02M ³ /m.掘進 541.8m
49.01.10	A(250ML)	8.05	5以下	-	-	0.04	-	0.008	0.10	水量1.98M ³ /m.掘進 669.9m
49.02.13	A(250ML)	7.60	6	-	-	0.03	-	0.033	0.11	水量1.60M ³ /m.掘進 825.4m
49.02.27	A(250ML)	7.80	6	-	-	0.01	-	6.000	0.84	水量1.75M ³ /m.掘進 887.7m
49.03.29	A(250ML)	8.35	5以下	-	-	tr.	-	0.045	0.30	水量1.33M ³ /m.掘進1000.0m
49.05.13	A(250ML)	8.60	5以下	-	-	-	tr.	0.020	0.07	
49.07.31	A(250ML)	8.40	5以下	-	-	tr.	-	0.011	0.09	
49.08.27	A(250ML)	8.10	5以下	-	-	-	-	tr.	tr.	
49.09.27	A(250ML)	8.25	5以下	-	-	tr.	-	tr.	0.41	
48.10.25	A(250ML)	8.60	7	-	0.01	0.02	-	0.031	0.30	
49.11.29	A(250ML)	8.50	5以下	-	-	-	-	0.017	0.15	
50.01.13	A(250ML)	7.50	5以下	-	tr.	0.04	-	0.032	1.28	
50.01.28	A(250ML)	7.85	5以下	-	0.02	0.19	-	0.032	0.88	
50.02.26	B(250ML)	7.50	99	-	0.05	0.16	0.27	0.018	15.50	
50.03.31	B(250ML)	8.50	82	-	0.06	0.16	0.20	0.056	8.00	
50.04.25	B(250ML)	9.00	23	-	0.01	0.05	-	0.008	0.61	
50.05.26	B(250ML)	8.50	144	-	0.08	0.02	0.21	0.044	10.50	
50.06.27	B(250ML)	8.20	27	-	0.01	0.10	-	0.030	0.90	
50.07.30	B(250ML)	8.90	9	-	tr.	0.09	-	0.001	0.13	
50.08.27	B(250ML)	8.00	7	-	0.04	0.06	-	0.003	0.76	
50.09.29	B(250ML)	8.00	25	-	0.01	0.06	tr.	0.003	2.10	
50.10.16	B(250ML)	7.40	27	-	0.02	0.12	0.01	tr.	1.25	
50.11.06	B(250ML)	8.30	8	-	0.02	0.13	-	0.005	0.60	
50.12.10	B(250ML)	8.60	6	-	0.02	0.05	0.01	-	0.82	
51.01.08	B(250ML)	8.70	5以下	-	0.01	0.03	tr.	-	0.33	
51.02.11	B(250ML)	8.30	5以下	-	tr.	0.06	tr.	-	0.15	
51.03.10	B(250ML)	8.30	5以下	-	tr.	0.15	0.01	-	0.23	
52.11.30	C(550ML)	7.20	5以下	-	-	tr.	-	-	0.09	
53.01.13	C(550ML)	7.90	5以下	-	-	-	-	-	0.15	
53.02.08	C(550ML)	7.60	5以下	-	tr.	0.01	-	tr.	0.04	
53.03.07	C(550ML)	8.30	5以下	-	-	0.01	-	0.003	0.08	
53.06.20	C(550ML)	7.50	5以下	-	-	0.06	-	0.010	0.04	
53.08.19	C(550ML)	9.70	5以下	-	tr.	0.02	-	0.010	0.06	
53.12.07	C(550ML)	7.20	5以下	-	0.01	0.03	-	0.004	0.16	

注) 1. SS以下の単位はPPM, -は検出せず, tr.は微量

2. SSの値が高い時は掘進作業中

も 8 D 銅鉱体付近で 8.0 ~ 15.5 ppm と高い値を示したが、他は 1 ppm 以下である。

全体としてみると、Cd は全域に認められない。As は鉱化の及んだ範囲からは微量ではあるが溶出している。

Cu, Zn, Mn については鉱床部からは微量溶出しているが、その他花崗閃緑岩等からは殆んど溶出していない。

II-6 鉱山全域の出水・湧水量変化

釜石鉱山の坑口は II-2 に記したが、これらのうち定常的に水の流出しているのは 725m 以下の坑道の坑口からで、その主なものは 250m 坑, 350m 坑, 500m 坑, 550m 坑 (以上, 新山), 日峰 530m 坑, 日峰 680m 坑 (以上, 日峰) の 6 坑口である。

これら坑口からの流量についてみると第 II-5-2 表の如く、250m 坑からの流量が最も多く、350m 坑, 500m 坑がこれに次ぎ、下部坑からより多く流出している。これは坑内が各所で立坑・斜坑等で連絡しており水が下部に集中しやすいこと、250m 坑が単一坑道として最も奥部にまで掘進され集水区域が大きいこと等によるものと考えられる。

また、一般に最下底坑道の断裂帯や試錐孔には湧水の認められることが多いが、一レベルすなはち 50m 下部に坑道が掘さくされると急激に湧水が止まり、周辺の水が下部に引き落とされる現象が認められ、下部坑道に出水の集中することが説明しやすい。

250m 坑の出水量の経年変化をみると、坑道が逐次展開されているにも拘らず、減少傾向を示し、坑道掘進後数年である程度安定することが分る。

流量の季節的变化をみると、降水量の多い 8-10 月に流量も多いが、降水量の季節変化に較べて、その幅が狭い。

なお、坑内で観察される湧水個所は相当規模の断裂帯と試錐孔とが主であるが、個々の湧水量については測定データがない。

II-7 鉱山内の排水・通気・軌道状況

II-7-1 排水

釜石鉱山における排水は基本的には自然排水であるが、8D-日峰間の 250m 坑以下に展開された 200m, 180m の坑道からの湧水は 250m 坑まで揚水排出している。従って揚水を中止すると 250m 坑道以下は湛水することになるが、250m 坑以上の坑道については将来とも現状が維持されることになる。

全体的な排水系統を第Ⅱ-7-1図の南北縦断面図にまとめた。

Ⅱ-7-2 通 気

坑内通気には、第Ⅱ-7-2図に示したごとく夏型と冬型とがある。これは自然通気によるものであるが、各坑口とそれを結ぶ主要坑道、立坑、斜坑、スパイラル坑道、坑井の間で成立するもので、それらから離れた立入等では殆んど通気の動きは無くなる。

従って自然通気では坑内作業個所で通気量の確保が困難になる場合があり、必要に応じ風門や扇風機を設置して強制通気を行っている。鉾山の通気系統は自然通気と強制通気とを併せた半ば人為的なものである。

強制通気を廃止した場合、坑内のかなりの個所で空気の動きがなくなり、岩石中に含まれる硫化鉍物や枕木・レール等の酸化による酸素欠損になる可能性がある。

大峰北部の250m坑、550m坑ともに盲坑道であり、通気確保には強制通気を必要とする。

Ⅱ-7-3 軌 道

鉍体採掘のための中段坑道や近年盛んになったトラックレス採鉍法で掘さくされた坑道を除き、全ての坑道は軌道が敷設されていた。しかし、探鉍作業等終了し近い将来使用する予定のない個所からはレール・枕木等を撤去し転用している。250m坑、350m坑、550m坑における軌道の敷設状況を第Ⅱ-7-3図に示した。

大峰北部についてみると、250m N押構造坑道は日峰との連絡坑道以北引立までの間約1,370m レール・枕木が撤去されている。550m坑については引立まで軌道が敷設されている。

Ⅱ-8 鉾山内の岩石物性状況

1) 既存資料

鉾山内に属する岩石の物性については、必要に応じ部分的な試験はなされているが、系統的試験は行われていない。

比重・岩石強度・磁性・弾性波速度・ヤング率・見掛比抵抗につき、既存データを第Ⅱ-8-1表と第Ⅱ-8-1図にまとめた。

第Ⅱ-8-2図で本邦岩石の一般的物性値と鉾山内の岩石の物性を対比したが、鉍

山内の玢岩・粘板岩・閃緑岩は一軸圧縮強度で高い値を示している。蟹岳花崗閃緑岩と石灰岩とは、ほぼ平均的な値を示している。

2) 栗橋花崗閃緑岩の強度試験

岩石の一般的物性値のうち、鉾山のデータには項目としては孔隙率・透水係数・熱的物性・硬度等に関するデータが、対象岩石としては栗橋花崗閃緑岩に関するデータが欠けている。

栗橋花崗閃緑岩は本調査の主要対象岩石であり、その凡その強度を知るため、一軸圧縮強度と圧裂引張強度を測定した。

(1) 試料：大峰鉾床 550 m 坑NW押引立

(2) 供試体：一軸圧縮試験 直径 49.2 mm 直径：高さ = 1 : 2

圧裂引張試験 直径 49.2 mm 直径：高さ = 1 : 2

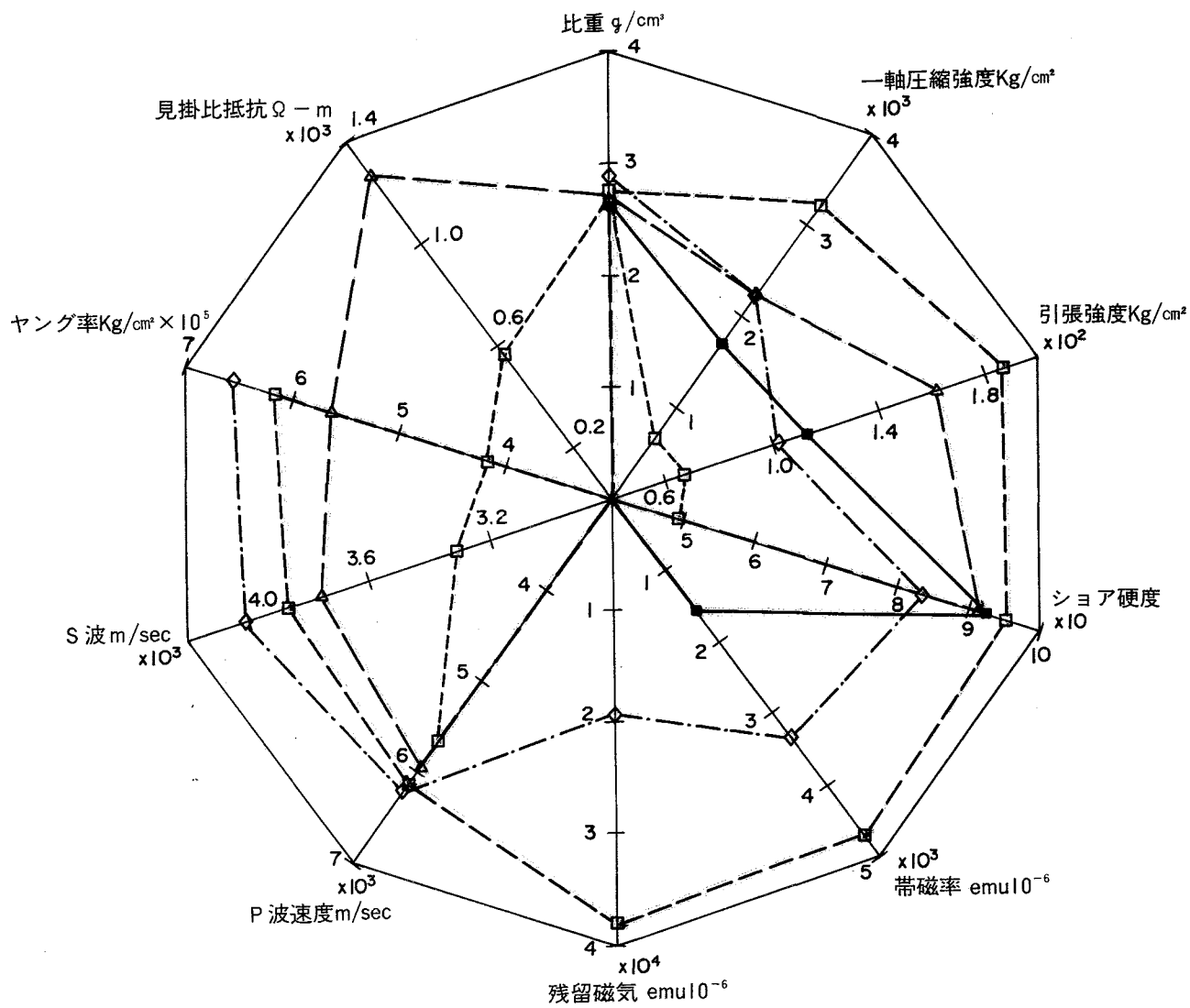
同一試料から5供試体を作成。

(3) 試験結果：一軸圧縮試験および圧裂引張試験の結果を第Ⅱ-8-2表，第Ⅱ-8-3表に示す。栗橋花崗閃緑岩の岩石強度は本邦の花崗岩類の岩石強度の範囲内に入るが，蟹岳花崗閃緑岩に較べると，いく分低い値を示す。これは栗橋の供試体が直径 49.2 mmであるのに対し，蟹岳のそれが直径 35.0 mmと小さいことも影響していると考えられる。

第II-8-1表 釜石鉱山内の岩石物性値表

		比重 g/cm ³	強 度			磁 性		弾 性 波		ヤング率 Kg/cm ² x10 ⁵	見掛比抵抗 Ω-m	備 考
			一軸圧縮強度 (A) Kg/cm ²	引張強度 (B) Kg/cm ²	ショア硬度 平均	$\frac{(B)\bar{x}}{(A)\bar{x}}$	帯磁率 emu10 ⁻⁶	残留磁気 emu10 ⁻⁶	P 波 m/sec				S 波 m/sec
花崗閃緑岩 (主に蟹岳 岩体)	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	2.71 2.62 2.67 0.03 2.61~2.73 9	2285.0 1076.9 1699.9 357.8 984.3~2415.5 9	158.1 77.8 112.5 27.6 84.9~167.7 6	107 70 92.3 2.7 86.9~97.7 9	$\frac{1}{15.1}$	1549	128				
閃 緑 岩 (蟹岳岩体)	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	2.92 2.86 2.89 0.02 2.85~2.93 9	2521.0 1440.6 2219.5 331.6 1556.9~2882.9 9	152.0 76.1 101.7 25.5 50.7~152.7 6	101 63 83.7 2.6 78.5~88.9 9	$\frac{1}{21.8}$	3355	19401	6650 5850 6218 323 5572~6864 6	4330 3700 4013 287 3439~4587 6	7.77 4.50 6.55 1.13 4.29~8.81 6	
珩 岩	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	2.79 2.71 2.74 0.03 2.68~2.80 9	3671.3 2549.0 3210.2 334.4 2541.4~3879.0 9	221.9 117.1 187.0 34.4 118.2~255.8 6	106 82 95.3 2.3 90.7~99.9 9	$\frac{1}{17.2}$	4698	38075	6530 5710 6135 298 5539~6731 6	4410 3150 3875 350 3175~4575 6	8.00 4.40 6.16 1.12 3.92~8.40 6	3.0 1.3 2.0 0.73 0.54~3.46 3
粘 板 岩	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	2.75 2.71 2.73 0.02 2.69~2.77 8	2772.7 1564.7 2242.6 367.1 1508.4~2976.8 8	187.0 116.2 161.9 27.5 106.9~216.9 5	102 61 91.3 4.1 83.1~99.5 8	$\frac{1}{13.9}$	66	1	6040 5820 5950 94 5762~6138 3	3810 3720 3757 39 3679~3835 3	6.93 4.17 5.64 1.13 3.38~7.90 3	4671 200 1261.3 1185.7 0~3632.7 12
石 灰 岩	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	2.71 2.61 2.67 0.02 2.63~2.71 8	839.2 508.7 658.2 130.4 397.4~919.0 8	97.7 36.6 67.3 21.7 23.9~110.7 6	68 32 49.6 3.2 43.2~56.0 8	$\frac{1}{9.8}$			6110 5260 5682.7 270.4 5141.9~6223.5 15	3810 2910 3312 285.4 2741.2~3882.8 15	6.93 2.17 4.18 1.42 1.34~7.02 15	1317 248 570.5 433.8 0~1438.1 4
ザクロ石 スカルン	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	3.59 3.24 3.35 0.11 3.13~3.57 7	2930.0 500.0 1926.2 642.6 641.0~3211.4 21	185.0 66.0 114.0 31.5 51.0~177.0 21		$\frac{1}{16.9}$			6800 4220 5940 519 4902~6978 21	4390 3190 3734 333 3068~4400 20	8.81 3.60 5.84 1.27 3.30~8.38 21	
鉄 銅 鉱 石	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	4.79 4.69 4.74 0.05 4.69~4.79 2	2250.0 1200.0 1760.0 377.5 1005.0~2515.0 6	116.0 62.0 88.2 22.5 43.2~133.2 6		$\frac{1}{19.9}$			5680 5410 5573 98 5377~5779 6	3390 3010 3190 132 2926~3454 6	7.83 4.13 5.99 1.12 3.75~8.23 6	
銅 鉱 石	最大値 最小値 平均値 \bar{x} 母標準偏差 σ $\bar{x} \pm 2\sigma$ サンプル数	3.48 3.00 3.19 0.14 2.91~3.47 7	2600.0 715.0 1840.3 474.1 892.1~2788.5 21	276.0 106.0 155.7 39.3 77.1~234.3 21		$\frac{1}{11.8}$			6190 5160 5740 291 5158~6322 21	3930 2680 3533 264 3005~4061 21	7.72 3.23 5.88 1.00 3.88~7.88 21	

弾性波速度測定に供した試料は直径35.0±0.2mm、高さ70.0±0.3mmの円筒形試料を作製使用した。
ザクロ石スカルン、鉄銅鉱石、銅鉱石の圧縮強度測定にも同一試料を使用した。
ザクロ石スカルン、鉄銅鉱石、銅鉱石の引張強度には直径35.0±0.2mm、高さ18.0±0.2mmの試料を使用した。



- 花崗閃緑岩 (蟹岳)
- ◇— 閃緑岩 (蟹岳)
- 玢岩
- △— 粘板岩
- 石灰岩

第II-8-1図 釜石鉱山内の岩石物性値図

岩石の種類	比重	強度			磁性		弾性波		ヤング率	見掛比抵抗	
		一軸圧縮強度	引張強度	シヨア硬度	帯磁率	残留磁気	P波	S波			
		g/cm ³	x 10 ³ kgf/cm ²	x 10 ² kgf/cm ²	x 10	emu	emu	x 10 ³ m/sec			x 10 ³ m/sec	x 10^{5} kg/cm^{2}	kg-m
20 2.5 3.0	0 2 3	1 2	5 10	10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶	10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶	0 2 3 4 5 6 7 0	0 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6 7 8	10 10 ² 10 ³ 10 ⁴ 10 ⁵		
花崗岩～ 花崗閃緑岩	本邦	⑤	②	③		④		⑤	②	②	⑥
	釜石 (蟹岳) (栗橋)	○	○	○	---	x	x			○	
閃緑岩	本邦	⑤	①			④		①		x ^②	⑥
	釜石 (蟹岳)	○	---	---	---	x	x	---	---	---	
玢岩	本邦	⑤	①					①			
	釜石	○	---	---	---	x	x	---	---	---	
粘板岩	本邦	②	②			④		②	②	②	⑥
	釜石	○	---	---	---	x	x	---	---	---	
石灰岩	本邦	⑦	⑦	⑦		④		⑦	②	①	⑥
	釜石	○	---	---	---			---	---	---	

注1) ×は平均値, ○は試料1個より作製した5供試体の平均値

注2) 本邦岩石の物性値は以下による ①:土木学会「土木技術者のための岩盤力学」 ②:土木学会「土工学ハンドブック」 ③:採石ハンドブック編集委員会「採石ハンドブック」
 ④:物理探鉱技術協会「物理探鉱第十一巻第四号」 ⑤:日本鉱業協会物探データ処理研究委員会報告「岩石鉱物の物性と物理探査データ処理」
 ⑥:日本鉱業協会物探委員会「鉱山物探化探便覧1964年」 ⑦:石灰石鉱業協会「石灰石の用途と特性」

第II-8-2図 本邦岩石と釜石鉱山の岩石物性値比較図

第Ⅱ-8-2表 栗橋花崗閃緑岩の物性—一軸圧縮強度

供試体番号	高さ (mm)	直径 (mm)	重量 (gf)	単位体積重量 (gf/cm ³)	一軸圧縮強度 σ_s (kgf/cm ²)	弾性係数 E_{50} (kgf/cm ²)	ポアソン比 ν_{50}
KGU-1	101.85	49.20	528.29	2.728	1140	559000	0.29
KGU-2	102.25	49.20	531.21	2.733	1068	538000	0.30
KGU-3	102.20	49.20	532.06	2.738	1131	564000	0.29
KGU-4	102.05	49.20	533.59	2.750	1068	561000	0.26
KGU-5	102.50	49.20	530.69	2.735	1228	576000	0.30
平均値				2.737	1127	560000	0.29

第Ⅱ-8-3表 栗橋花崗閃緑岩の物性—圧裂引張強度

供試体番号	高さ (mm)	直径 (mm)	破壊荷重 (tonf)	圧裂引張強度 σ_t (kgf/cm ²)
KGT-1	51.63	49.20	3.682	92.28
KGT-2	51.73	49.20	3.246	81.19
KGT-3	52.75	49.20	3.083	75.63
KGT-4	52.55	49.20	3.200	78.79
KGT-5	54.30	49.20	3.928	93.60
平均値				84.30

参 考 文 献

- 安達幸夫・内山久男（1971）：釜石鉾山における空中磁気探査，物理探鉱，24，26～35.
- 藤田和夫他8名，活断層研究会（1980）：日本の活断層，東京大学出版会
- 浜辺修二・野納敏展（1976）：岩手県釜石鉾山付近の地質構造，鉾山地質，26，93～104.
- 浜辺修二・桑畑和則（1977a）：釜石鉾山の探鉱，とくに関係火成岩について，鉾山地質，27，73～86.
- 浜辺修二・桑畑和則（1979）：岩手県釜石鉾山日峰鉾床の地質およびスカン化作用について，鉾山地質，29，161～174.
- 浜辺修二（1981）：釜石鉾山の地質鉾床と探査の展開，日本鉾山地質学会30周年記念「日本の鉾床探査」第1巻，71～112.
- 平山 昭（1966）：釜石鉾山における探査，日本鉾業会・鉾山地質学会秋季大会資料，15～19.
- 伊吹喜市・多田 実・大山徳雄・武藤矩清（1965）：大峰鉾山の探鉱とその経緯，鉾山地質，15，227～233.
- 石原舜三・鈴木淑夫（1974）：北上山地の白亜紀花崗岩類Ⅲ，鉾物容量比，地調報告，251，23～29.
- 梶谷雄司（1977）：北上山地五葉山花崗岩質岩体について，Magma，no. 49・50，9～15.
- 金谷 弘（1974）：北上山地の白亜紀花崗岩類Ⅴ，カリウム・トリウム・ウランおよび帯磁率，地調報告，251，91～103.
- 加納 博・他5名（1967）：遠野・栗橋花崗岩体の物理探査，UMP-A連絡紙，8，21～35.
- 加納 博・秋田大花崗岩研究グループ（1978）：花崗岩プルトンの構造岩石学(I)－北上山地のしずく形プルトン，岩鉾，73，97～120.
- 片田正人・大貫 仁・蟹沢聡史・小野千恵子・吉井守正（1971）：北上山地，白亜紀花崗岩質岩類の帯状分布，岩鉾，65，230～245.
- 片田正人・吉田守正・石原舜三・鈴木淑夫・小野千恵子・曾谷龍典・金谷 弘（1974）：北上山地の白亜紀花崗岩類－岩石記載と帯状分布－地調報告，第251.
- 片田正人・金谷 弘（1980）：北上山地白亜紀深成岩類のK，Rb，Sr，Th，Uについて，岩鉾，75，173～185.

- 河野義礼・植田良夫 (1965) : 本邦産花崗岩 K-Ar datig(II), 北上山地の花崗岩類, 岩
鋳, 53, 143~154.
- 宮沢俊弥 (1956) : 本邦の主な接触交代鋳床の特異性について, 鋳山地質, 6, 44~45.
- 宮沢俊弥 (1977) : 接触交代鋳床の研究, 宮沢俊弥教授退官記念会
- 盛合禱夫 (1961) : 釜石鋳山周辺の層序と探鋳方針, 鋳山地質, 11, 7~15.
- 盛合禱夫 (1963) : 釜石鋳山地域の地質構造, 鋳山地質, 13, 121~134.
- 村松容一・南部松夫 (1982) : 釜石鋳山の高温交代銅鋳床および周辺火成岩中の流体包有
物に関する研究(I), 火成岩中の流体包有物, 岩鋳, 77, 7-17.
- MURATA, M. (1966) : New Evidence for classification of so-called Permian
Termian in the South of Kamaishi Mine, Iwate Prefecture, Japan. 齊藤報恩会,
35, 43~51.
- NAKAZAWA, K. and MURATA, M. (1966) : On the Lower Gretaceous fossils
found near the Omine Mine, Iwate Prefecture, Northeastern Japan. Univ.
Kyoto Coll. Sci. Mem., Ser. B, 32, 303~333.
- 鍋谷裕夫・加納 博・乗富一雄・高木章雄・鈴木将之・藤木幸雄 (1972) : 北上山地にお
ける花崗岩体の重力構造 (その1 遠野地域), 物理探鋳, 25, 9-23.
- 南部松夫ほか (1970, 1971, 1972, 1973, 1974) : 昭和44, 45, 46, 47,
48年度広域調査報告書遠野地域, 金属鋳業事業団.
- 南部松夫ほか (1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978) : 昭和47, 48, 49,
50, 51, 52年度精密調査報告書遠野地域, 金属鋳業事業団.
- OCHIAI, K. (1977) : The behavior of elements and local equilibrium in the
skarn of the Nippon ore deposit of Kamaishi Mine, northeastern Japan. Jour.
Japan. Assoc. Mineral. Petro. Econ. Geol., 72, 299~321.
- 小野千恵子・曾屋龍典 (1974) : 北上山地の白亜紀花崗岩類IV. 化学成分, 地調報告,
251, 43-47.
- 小貫義男 (1969) : 北上山地地質誌, 東北大地質古生物報, 69, 1~236.
- 柴田秀賢編 (1967) : 日本岩石誌II, 深成岩(2)花崗岩類, 朝倉書店.
- 竹内常彦・南部松夫 (1957) : 釜石鋳山のウラン鋳床の発見について, 鋳山地質, 7,
242.
- 竹内常彦・山岡一雄 (1964) : 岩手県大峰鋳山の鋳床と成因について(I), (II). 岩鋳,
52, 39~54, 90~101.
- 田中良雄・吉田 広・藤岡展价 (1973) : 釜石鋳山付近の航空写真地質学的研究, 鋳山地
質, 23, 387~398.

地質調査所編 (1978) : 日本の活断層図 (200万分の1) , 地質調査所

TSUSUE, A. (1961) : Contact Metasomatic iron and copper deposits of the
Kamaishi minig district, Northeastern Japan. Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo,
Ser. II. 13, part 2, 133~179.

内山久男 (1959) : 釜石鉱山における坑内磁気探鉱について, 第6回現場担当者会議講演
集, 135~138.

内山久男 (1969) : 釜石鉱山における試錐孔磁気検層, 物理探鉱, 22, 4, 16~21.

UENO, H. (1967) : Studies on the magnetic properties of the Kamaishi iron a
and copper ore deposits, Northeastern Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. III,
X, 183~227.

WATANABE, T. (1952) : Genesis of the contact metasomatic iron ore deposits
in Japan, with special reference to those of the Kamaish Iron Mine. Congres
Geol. Inter. Fenders de La Dix-Neuviemesession Alger 51~61.

吉田 尚 (1961) : 五万分の1地質図幅釜石および同説明書, 地質調査所.

Ⅲ．釜石鉱山大峰鉱床北部の坑内外地下水状況調査

Ⅲ－１ 調査方法

岩手県釜石市の釜石鉱山の既存坑道北端部に展開している岩盤（蟹岳花崗閃緑岩，スカルン化閃緑岩，栗橋花崗閃緑岩，古生層等）内の地下水挙動の状況を調査するため，上記岩盤を貫く坑道に湧出する主要湧水および地表水を採取し，水質分析を実施した（第Ⅲ－１－１図）。

Ⅲ－２ 調査実施期間および工程

昭和61年12月1日～4日

- | | | |
|----|-------|----------------------------|
| 工程 | 12月1日 | 現地打合わせ，採水地点の予備検討 |
| | 12月2日 | 鉱山周辺の地表水の採取 |
| | 12月3日 | 坑内採水（大峰550mNW押坑道およびN押構造坑道） |
| | 12月4日 | 坑内採水（日峰250m構造坑道） |

Ⅲ－３ 調査内容

分析項目 Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, HCO₃, SiO₂, D, ¹⁸O, ³H

現地測定項目 水温, pH, RpH, 電気伝導度, HCO₃, 水圧（ボーリング孔口より湧出するもので計れるもののみ），流量観測

Ⅲ－４ 採水地点

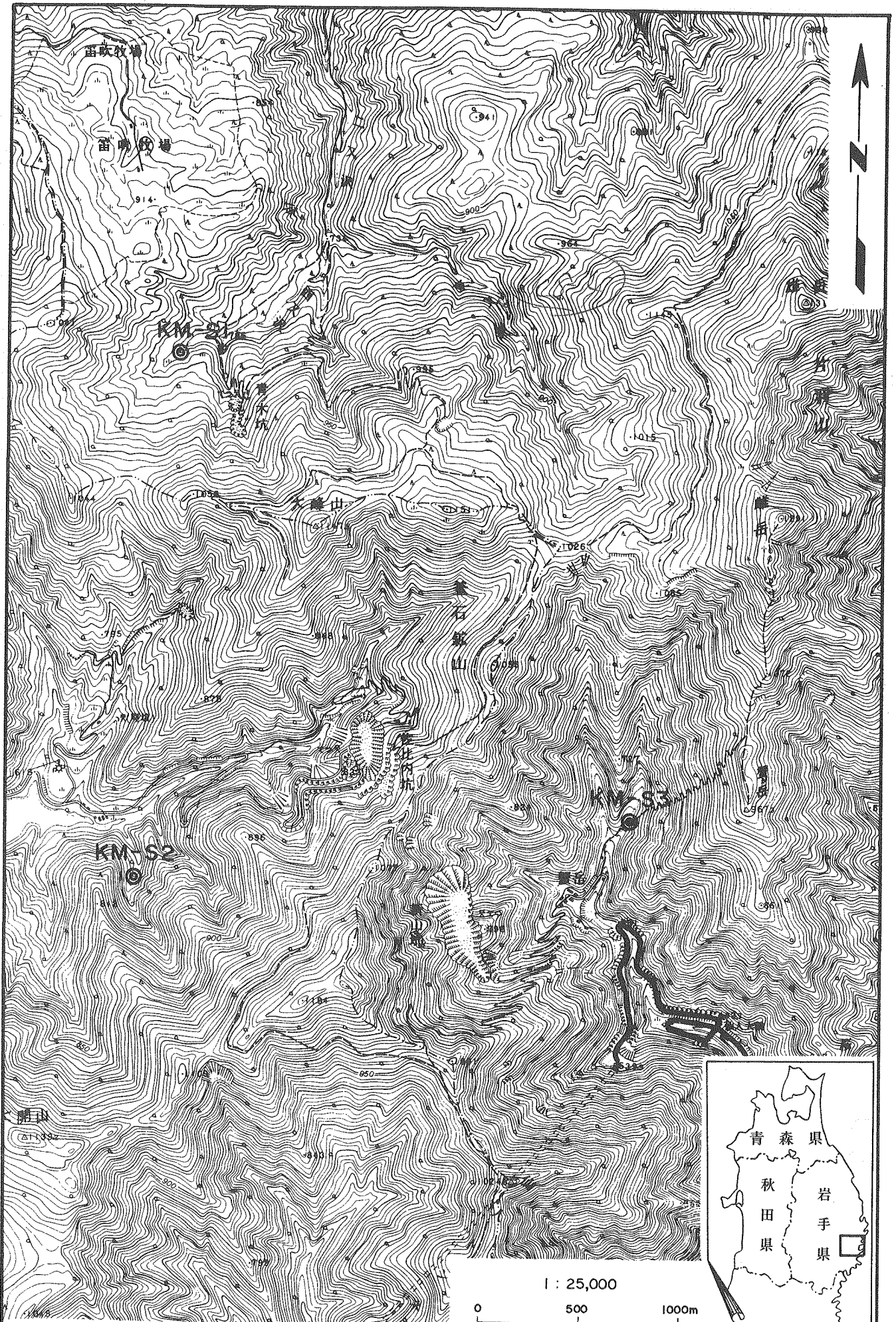
(1) 地表水：当該地域の岩盤を構成する代表的な地質を三種類選出し，それらの基盤岩によって形成されている流域に対し採水を行う（第Ⅲ－４－１図）。

- ① 栗橋花崗閃緑岩流域，KM-S1
- ② 古生層流域，KM-S2
- ③ 蟹岳花崗閃緑岩流域，KM-S3

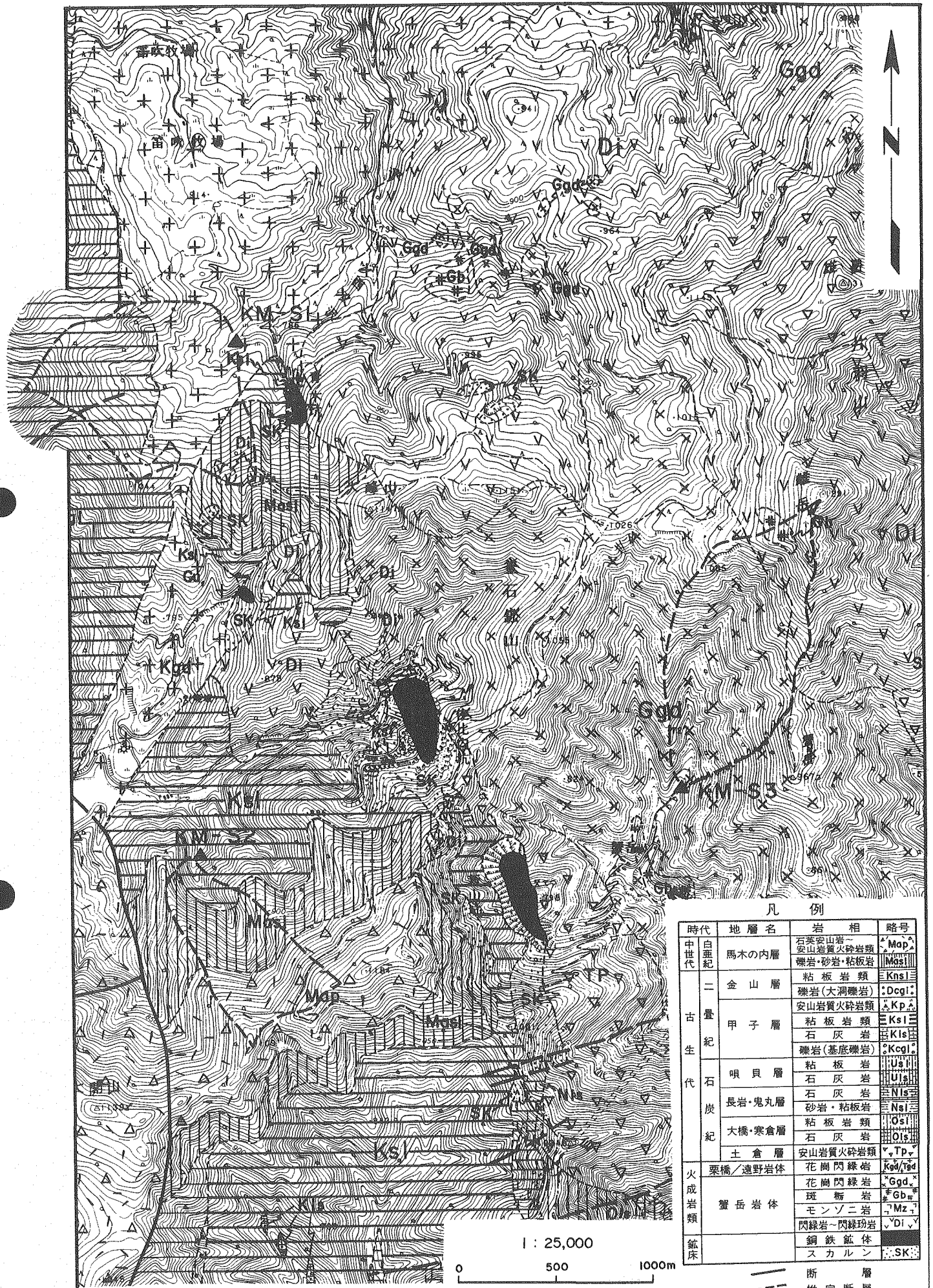
(2) 大峰550m：550mレベルの坑道沿いに展開する三種類の岩体を貫くボーリング孔および坑道天盤・側壁部からの湧水を採水する（第Ⅲ－４－２図）。

- ① 蟹岳花崗閃緑岩，KM-1, 1
- ② スカルン化閃緑岩，KM-3, 4
- ③ 栗橋花崗閃緑岩，KM-2, 5, 6, 7, 8, 9, 10

(3) 日峰250m：250mレベルの坑道沿いに展開する栗橋花崗閃緑岩を貫くボーリング孔および坑道天盤・側壁部からの湧水を採水する（第Ⅲ--4-3図）。

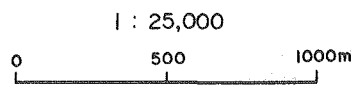


第Ⅲ-1-1図 調査地点図

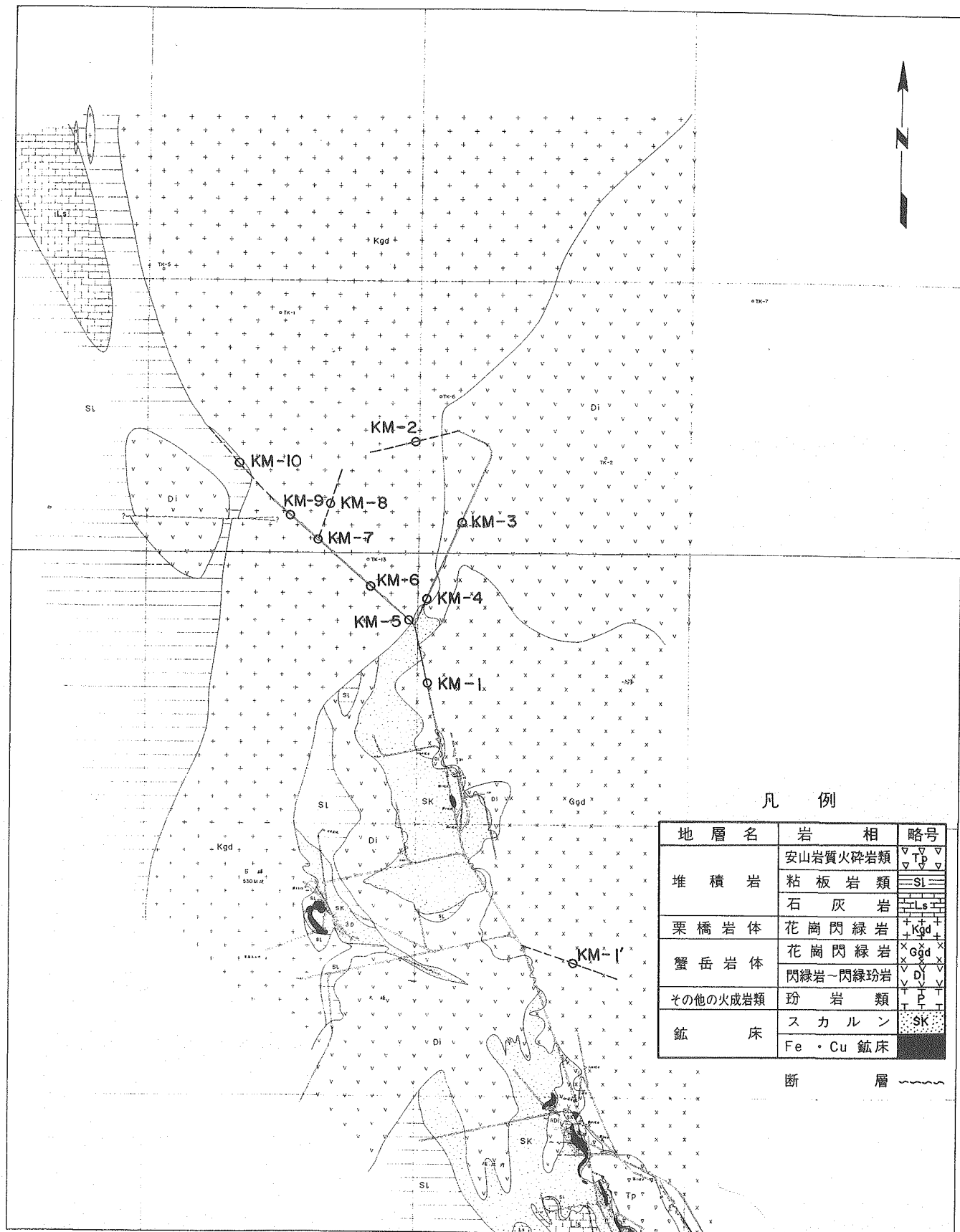


凡例

時代	地層名	岩相	略号
中世代	白亜紀	石炭安山岩	Mop
		馬木の内層 安山岩質火砕岩類 礫岩・砂岩・粘板岩	Masi
古生代	二畳	粘板岩類	Knsi
		礫岩(大洞礫岩)	Dcgl
	甲子層	安山岩質火砕岩類	Kp
		粘板岩類	Ksi
		石灰岩	Kls
		礫岩(基底礫岩)	Kcgl
石炭	粘板岩	Us	
	石灰岩	Uls	
炭紀	長岩・鬼丸層	Nls	
	砂岩・粘板岩	Nsl	
	大橋・寒倉層	Os	
	粘板岩類	Ols	
火成岩類	栗橋/遠野岩体	安山岩質火砕岩類	TP
		花崗閃綠岩	Kgd/Tgd
	蟹岳岩体	花崗閃綠岩	Ggd
		斑輝岩	Gb
		モンゾニ岩	Mz
鉢床	閃綠岩-閃綠玢岩	Di	
	鋼鉄鉢床	SK	



第III-4-1図 地表採水地点図



凡 例

地 層 名	岩 相	略号
堆 積 岩	安山岩質火砕岩類	Tp
	粘板岩類	Sl
	石灰岩	Ls
栗橋岩体	花崗閃緑岩	Kgd
	花崗閃緑岩	Ggd
蟹岳岩体	閃緑岩-閃緑玢岩	Di
	玢岩類	P
その他の火成岩類	玢岩類	P
	スカルン	SK
鉱 床	Fe・Cu 鉱床	SK

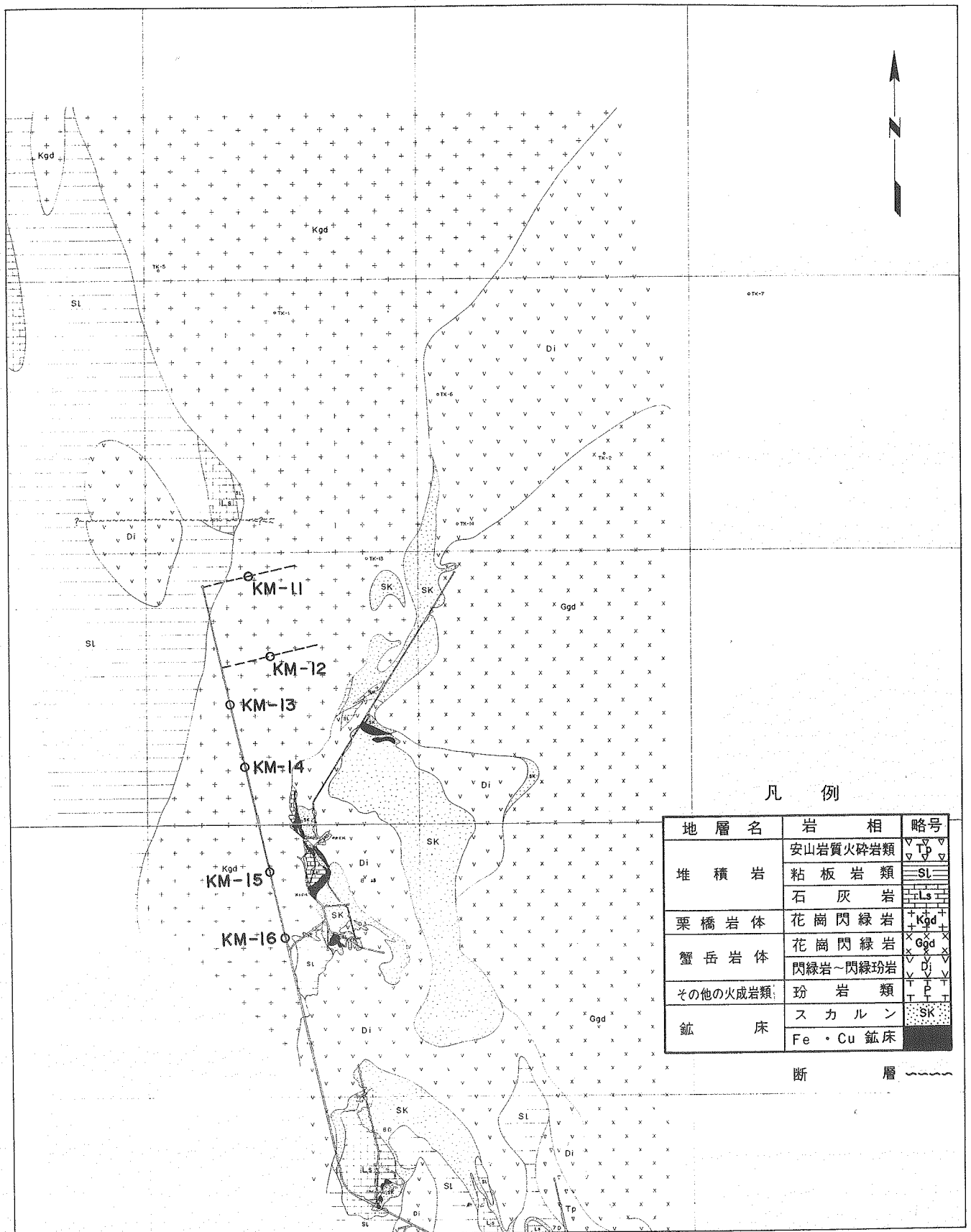
断 層

1 : 20,000

0 500 1,000m

第III-4-2図

坑内採水地点図 (550m)



第Ⅲ-4-3図 坑内採水地点図 (250m)

KM-11, 12, 13, 14, 15, 16

以上の採水点の一覧を第Ⅲ-4-1表に示す。

Ⅲ-5 分析結果

現地での測定結果を第Ⅲ-5-1表に、また分析結果を第Ⅲ-5-2表(mg/l表示)、第Ⅲ-5-3表(meg/l表示)にそれぞれ示す。³H, D, ¹⁸Oの分析結果については、後日追加報告する。

なお、分析は一般水質を玉野総合コンサルタントで、また³H, D, ¹⁸Oを富山大学地球科学水谷研究室にそれぞれ依頼した。

第Ⅲ-4-1表 採水地点一覧

地点名	採水位置
K M - S 1	坑外沢水 二又沢支流 西又沢 (青の木 橋野高炉跡奥)
S 2	" 蛇野上沢 オハナノ沢 砂防ダム上流
S 3	" 新釜石鉱山(株) 550m採鉱事務所入口 反対側沢口
1	大峰550m坑
1'	" (水平ボーリング孔 $l = 358.5m$)
2	" (N押) 最奥部 傾斜ボーリング孔 TK-40 (孔名) - 50° (傾斜) $l = 501.5m$ (錐進長)
3	" (N押)
4	" (N押)
5	" (NW押)
6	" (NW押)
7	" (NW押) 垂直ボーリング孔 1座 1孔 (-90°) $l = 486.1m$
8	" (NW押) 傾斜ボーリング孔 1座 3孔 (-57°) $l = 503.4m$
9	" (NW押)
10	" (NW押) 引立 傾斜ボーリング孔 2座 8孔 (-20°) $l = 411.05m$
K M - 1 1	日峰250m坑 (N押) 引立 水平ボーリング孔 10座 4孔 (0°) $l = 321.8m$
1 2	" (N押) 水平ボーリング孔 9座 6孔 (0°) $l = 347.1m$
1 3	" (N押)
1 4	" (N押)
1 5	" (N押)
1 6	" (N押)

第Ⅲ-5-1表 現地測定結果

	地点名	採水日	水温 (°C)	pH	RpH	伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	備考
1	KM-S 1	12/2	1.2	6.3	6.6	26	栗橋 GD 水量 39.6 l/秒
2	S 2	"	3.6	6.3	6.7	27	古生層 水量 7.1 l/秒
3	S 3	"	2.8	6.3	6.5	30	蟹岳 GD 水量 9.6 l/秒
4	KM- 1	12/3	8.2	7.9	7.6	55	蟹岳 GD
5	1'	"	8.9	7.8	7.5	63	蟹岳 GD
6	2	"	10.9	7.9	7.7	97	栗橋 GD
7	3	"	8.5	7.8	7.6	71	スカルン化閃緑岩
8	4	"	9.4	7.8	7.6	63	栗橋 GD~スカル ン化閃緑岩
9	5	"	9.4	7.9	7.5	72	栗橋 GD
10	6	"	9.6	7.9	7.7	69	栗橋 GD
11	7	"	11.4	7.9	7.6	78	栗橋 GD
12	8	"	11.6	7.9	7.6	80	栗橋 P = 0.5Kg/cm ² GD
13	9	"	11.3	8.0	7.4	85	栗橋 GD
14	10	"	11.3	7.9	7.1	90	栗橋 P = 17Kg/cm ² GD
15	KM-11	12/4	13.8	7.9	7.8	75	栗橋 P = 4Kg/cm ² GD~古生層
16	12	"	13.7	7.9	7.8	74	栗橋 P = 32Kg/cm ² GD
17	13	"	14.4	7.9	7.8	75	栗橋 GD
18	14	"	13.9	7.9	7.8	95	栗橋 GD
19	15	"	14.3	7.9	7.5	66	栗橋 GD
20	16	"	13.9	7.9	7.4	73	栗橋 GD

第Ⅲ—5—2表 水質分析結果(1)

	地点名	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)
1	KM-S1	2.20	0.31	2.30	0.40	1.27	0.20	12.5	3.1
2	S2	2.15	0.23	2.90	0.27	2.15	0.86	11.2	2.5
3	S3	2.10	0.34	2.65	0.35	2.87	1.81	8.55	2.7
4	KM-1	2.10	0.24	6.70	0.64	2.00	1.97	24.4	3.7
5	1'	2.60	0.15	8.50	0.44	1.95	4.90	24.4	3.2
6	2	16.4	0.25	4.05	0.01	1.95	10.6	39.0	3.9
7	3	3.00	0.67	9.40	1.00	1.92	2.80	34.1	4.9
8	4	2.80	0.32	8.90	0.38	1.70	1.39	33.5	3.8
9	5	3.75	0.27	10.8	0.23	6.12	6.97	24.4	3.6
10	6	4.50	0.27	9.50	0.12	1.42	5.13	31.1	3.7
11	7	6.25	0.32	9.20	0.02	1.65	10.2	29.2	2.9
12	8	8.45	0.30	8.50	0.02	1.80	8.30	33.5	3.0
13	9	5.15	0.33	12.5	0.08	2.05	8.81	36.6	3.0
14	10	3.75	0.80	13.0	0.58	2.85	6.37	39.0	3.9
15	11	11.2	0.20	4.90	0.08	1.57	5.30	34.1	3.3
16	12	11.6	0.30	4.10	0.06	1.42	2.90	36.6	3.4
17	13	12.2	0.25	3.45	0.01	1.50	3.02	35.3	3.9
18	14	13.2	0.19	5.65	0.01	2.00	15.0	29.8	5.1
19	15	3.40	0.52	9.40	0.08	1.35	4.60	30.5	3.2
20	16	5.00	0.31	9.25	0.24	1.75	5.30	33.2	3.3

第Ⅲ-5-3表 水質分析結果(2)

No	分析項目	me/l	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	TOTAL-C	TOTAL-A	C+A	Rate	%
1	(KM-S1)	0.0957	0.0079	0.1148	0.0329	0.0358	0.0042	0.0000	0.2049	0.2513	0.2449	0.4962	1.0261	2.5	
2	(KM-S2)	0.0935	0.0059	0.1447	0.0222	0.0606	0.0179	0.0000	0.1836	0.2663	0.2621	0.5284	1.0160	1.6	
3	(KM-S3)	0.0913	0.0087	0.1322	0.0288	0.0809	0.0377	0.0000	0.1401	0.2610	0.2587	0.5197	1.0089	0.9	
4	(KM-1)	0.0913	0.0061	0.3343	0.0526	0.0564	0.0410	0.0000	0.3999	0.4843	0.4973	0.9816	0.9739	-2.7	
5	(KM-1')	0.1130	0.0038	0.4242	0.0362	0.0550	0.1020	0.0000	0.3999	0.5772	0.5569	1.1341	1.0365	3.5	
6	(KM-2)	0.7131	0.0064	0.2021	0.0008	0.0550	0.2207	0.0000	0.6392	0.9224	0.9149	1.8373	1.0082	0.8	
7	(KM-3)	0.1304	0.0171	0.4691	0.0822	0.0541	0.0583	0.0000	0.5589	0.6988	0.6713	1.3701	1.0410	3.9	
8	(KM-4)	0.1217	0.0082	0.4441	0.0313	0.0479	0.0289	0.0000	0.5491	0.6053	0.6259	1.2312	0.9671	-3.4	
9	(KM-5)	0.1631	0.0069	0.5389	0.0189	0.1726	0.1451	0.0000	0.3999	0.7278	0.7176	1.4454	1.0142	1.4	
10	(KM-6)	0.1957	0.0069	0.4741	0.0099	0.0400	0.1068	0.0000	0.5097	0.6866	0.6565	1.3431	1.0458	4.4	
11	(KM-7)	0.2718	0.0082	0.4591	0.0016	0.0465	0.2124	0.0000	0.4786	0.7407	0.7375	1.4782	1.0043	0.4	
12	(KM-8)	0.3674	0.0077	0.4242	0.0016	0.0508	0.1728	0.0000	0.5491	0.8009	0.7727	1.5736	1.0365	3.5	
13	(KM-9)	0.2239	0.0084	0.6238	0.0066	0.0578	0.1834	0.0000	0.5999	0.8627	0.8411	1.7038	1.0257	2.5	
14	(KM-10)	0.1631	0.0205	0.6487	0.0477	0.0804	0.1326	0.0000	0.6392	0.8800	0.8522	1.7322	1.0326	3.2	
15	(KM-11)	0.4870	0.0051	0.2445	0.0066	0.0443	0.1103	0.0000	0.5589	0.7432	0.7135	1.4567	1.0416	4.0	
16	(KM-12)	0.5044	0.0077	0.2046	0.0049	0.0400	0.0604	0.0000	0.5999	0.7216	0.7003	1.4219	1.0304	3.0	
17	(KM-13)	0.5305	0.0064	0.1722	0.0008	0.0423	0.0629	0.0000	0.5786	0.7099	0.6838	1.3937	1.0382	3.7	
18	(KM-14)	0.5739	0.0049	0.2819	0.0008	0.0564	0.3123	0.0000	0.4884	0.8615	0.8571	1.7186	1.0051	0.5	
19	(KM-15)	0.1478	0.0133	0.4691	0.0066	0.0381	0.0958	0.0000	0.4999	0.6368	0.6338	1.2706	1.0047	0.5	
20	(KM-16)	0.2174	0.0079	0.4616	0.0197	0.0494	0.1103	0.0000	0.5441	0.7066	0.7038	1.4104	1.0040	0.4	

Ⅲ-6 調査結果より推定される地下水の賦存状況

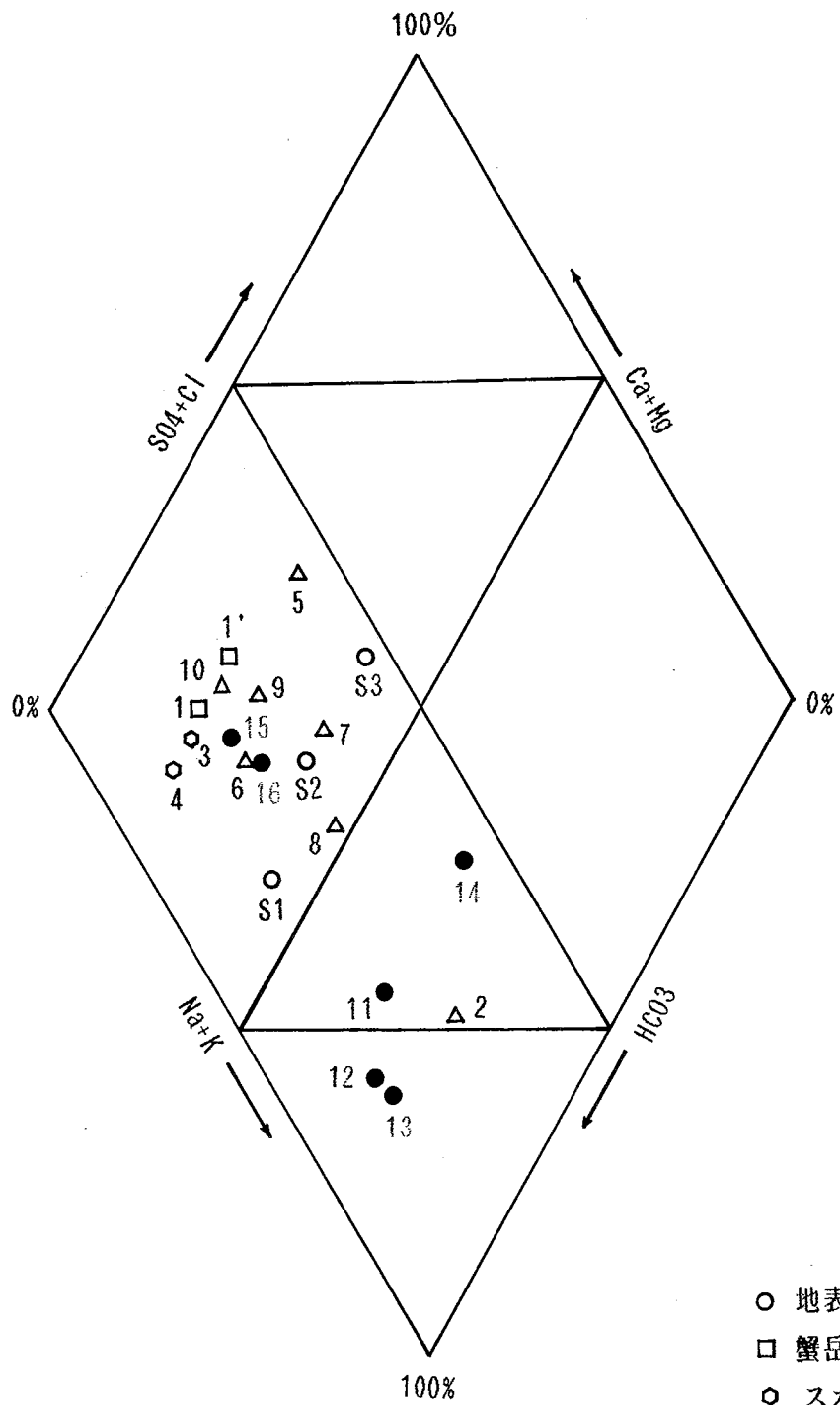
Ⅲ-6-1 キーダイヤグラムによる分類

水質の主要成分の量的関係を明かにして水質タイプ区分を容易にすることをねらって、陽・陰イオンをそれぞれ二成分系として表示するキーダイヤグラムがある。第Ⅲ-6-1図は当該地域の地下水サンプルを同ダイヤグラムに表示したものであるが、地表水、550 mレベルの蟹岳花崗閃緑岩およびスカルン化閃緑岩はいずれも Ca-HCO_3 タイプの浅層地下水系に分類されるのに対し、250 mレベルの栗橋花崗閃緑岩中の地下水は、循環系の地下水としてはより滞留時間が経過していると考えられる Na-HCO_3 タイプの深層被圧地下水系に分布している。ただし、同じ250 mレベルの栗橋花崗閃緑岩でも、KM-15、16は花崗岩体の分布幅が相対的に薄いためか周辺のスカルン化閃緑岩～古生層系岩盤中の地下水と同類の浅層地下水タイプ (Ca-HCO_3) に分類されている。また、550 mレベルの栗橋花崗閃緑岩中、KM-2については深部の Na-HCO_3 タイプに属しており、これは-50度の傾斜ボーリングからの採水サンプルで228～550 mにわたる地下水が含まれている可能性があるため、結果として孔内水を構成する主要湧水が250 mレベルに近かったものと考えられる。

Ⅲ-6-2 パターンダイヤグラムによる分類

水質組成の違いや濃度の高低を比較するのに適しているパターンダイヤグラムを第Ⅲ-6-2図に示す。まず相対的に溶存物質の少ない地表水は、ダイヤグラムのパターンが小さく地下水とは歴然と区分される。この傾向は電導度によっても顕著であり、地表水が $30 \mu\text{S}/\text{cm}$ 付近であるのに対し、地下水は $60 \sim 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ に分布している。またPHに関しては、地表水はいずれも6.3で微酸性であるのに対し、坑内の地下水は7.8～8.0でいずれも微アルカリ性の被圧地下水系の特徴を呈している。

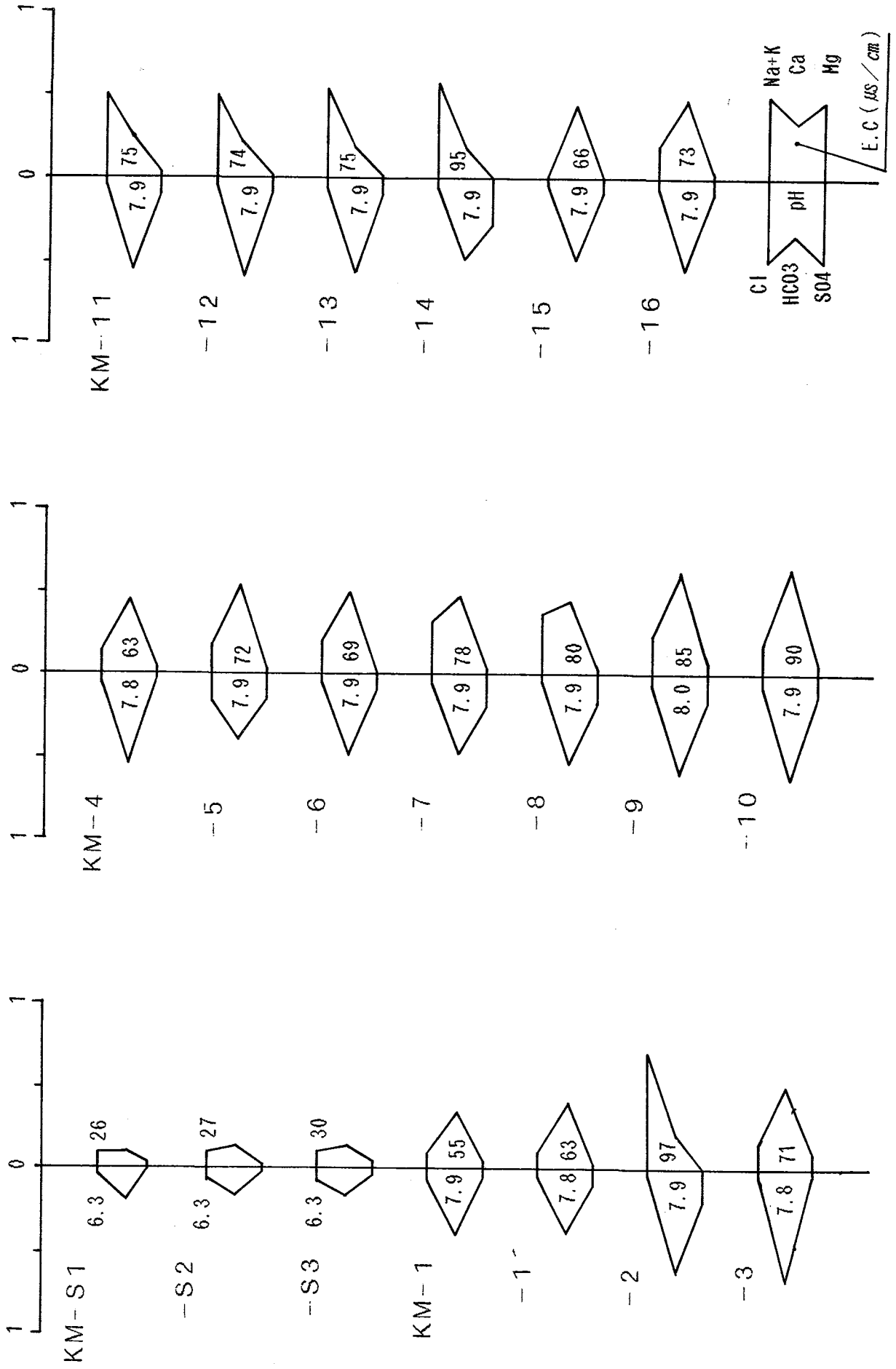
溶存成分の構成比は、地表水に関しては流域の地質の違いは反映されず、いずれも類似したパターンであるのに対し、坑内水に関してはキーダイヤグラムの分類と同じく Na+K-HCO_3 タイプの栗橋花崗閃緑岩 (250 mレベル) が顕著に分離される。また550 mレベルにありながら、KM-2に関しては250 mレベルのKM-11～14と同類になることもキーダイヤグラムと同じである。Na+KとCaの存在量から考えて Ca-HCO_3 タイプと Na+K-HCO_3 タイプの中間域に存在しているものとして、KM-7と8が考えられる。



- 地表水
- 蟹岳GD
- ◇ スカルン化閃緑岩
- △ 栗橋GD550mレベル
- 栗橋GD250mレベル

第Ⅲ-6-1図 分析結果のキータイヤグラム表示

(m/l)



第Ⅲ-6-2図 分析結果のパターンダイヤグラム表示 (me/l)

その他に関しては、いずれも Ca-HCO_3 タイプの領域に分布しており KM-15 と 16 を除き主として 550 m レベルの湧水で、地質による差異はあまり見られない。

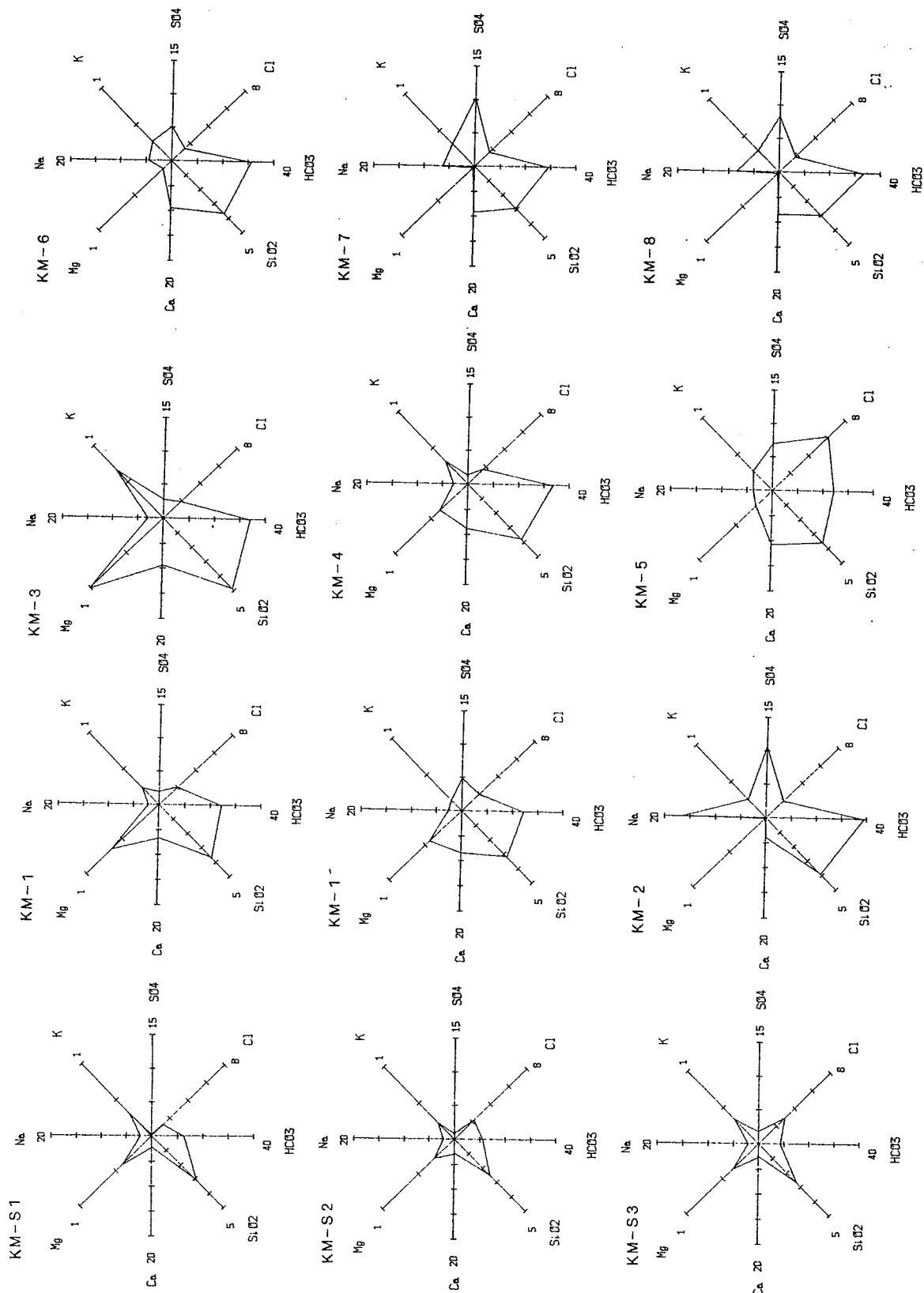
Ⅲ-6-3 オクタダイアグラムによる分類

オクタダイアグラムは、基本的には前述したパターンダイアグラムと同じく溶存成分の構成比を検討するために用いられるものであるが、分析した全ての項目について個別に比較するため Minor な成分の特性が把握される特徴がある。第Ⅲ-6-3 図の各サンプルを比較してみると、栗橋花崗閃緑岩系のサンプルはいずれも Mg が少ないことが明瞭である。

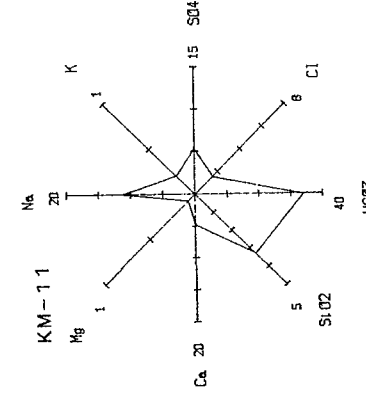
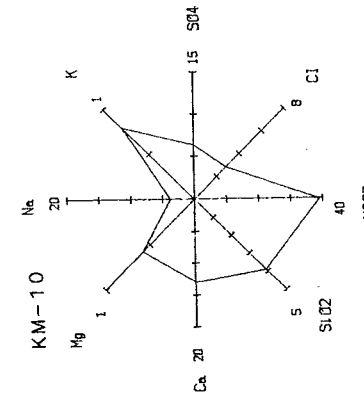
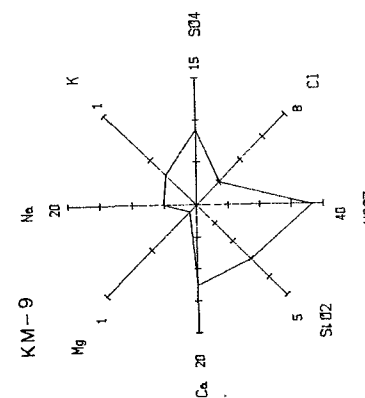
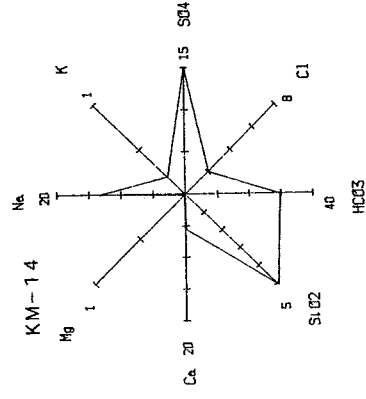
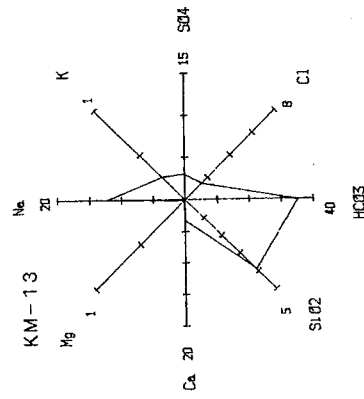
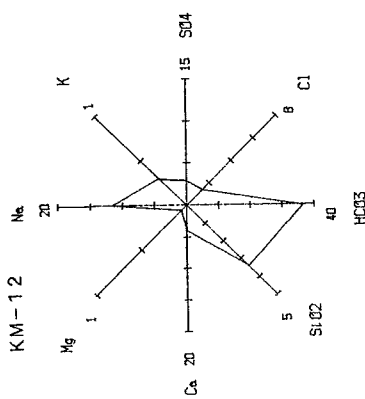
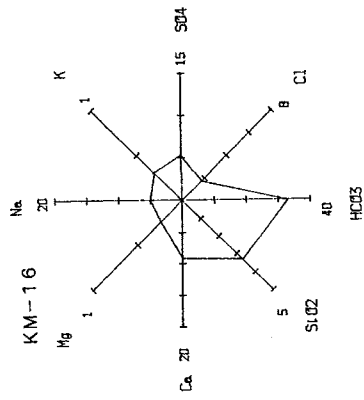
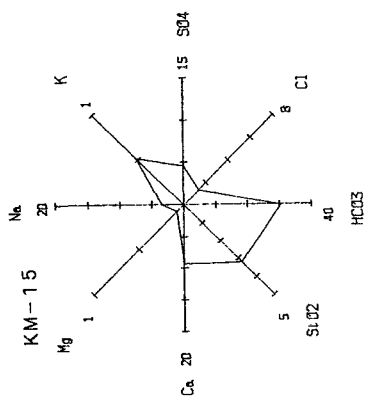
この特性をより明確にとらえるため、第Ⅲ-6-4 図に示す Mg/Ca と $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{陽イオン-Cl}$ との関係調べてみた。その結果 $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{陽イオン-Cl}$ からはキーダイアグラムと同じく 550 m レベルの栗橋花崗閃緑岩を主体とする深層地下水系 (0.2~0.4) と 250 m レベルの浅層地下水系 (0.55~1.0) が区分された。また同じ 250 m レベルに属する浅層地下水系の中でも栗橋花崗閃緑岩中の地下水 (0.55~0.8, KM-5 を除く) は、蟹岳花崗閃緑岩およびスカルン化閃緑岩中の地下水 (0.85~0.9) と比べて深層地下水系に近く、同じレベルでも地質によって地下水の循環様式が異なっていることが示唆された。また Mg/Ca からは、蟹岳花崗閃緑岩およびスカルン化閃緑岩中の地下水は 0.07~0.18 の範囲にあるのに対し、栗橋花崗閃緑岩では 550 m および 250 m のいずれのレベルにおいても全て 0.05 以下で明らかに異なる範囲に分布している。蟹岳花崗閃緑岩および栗橋花崗閃緑岩中の Mg/Ca 比はそれぞれ、0.57, 0.72 であることから、第Ⅲ-6-4 図に見られた地下水中の Mg/Ca 比の違いはスカルン化閃緑岩による影響が反映されているのかも知れない。

Ⅲ-6-4 鉱物安定図による分類

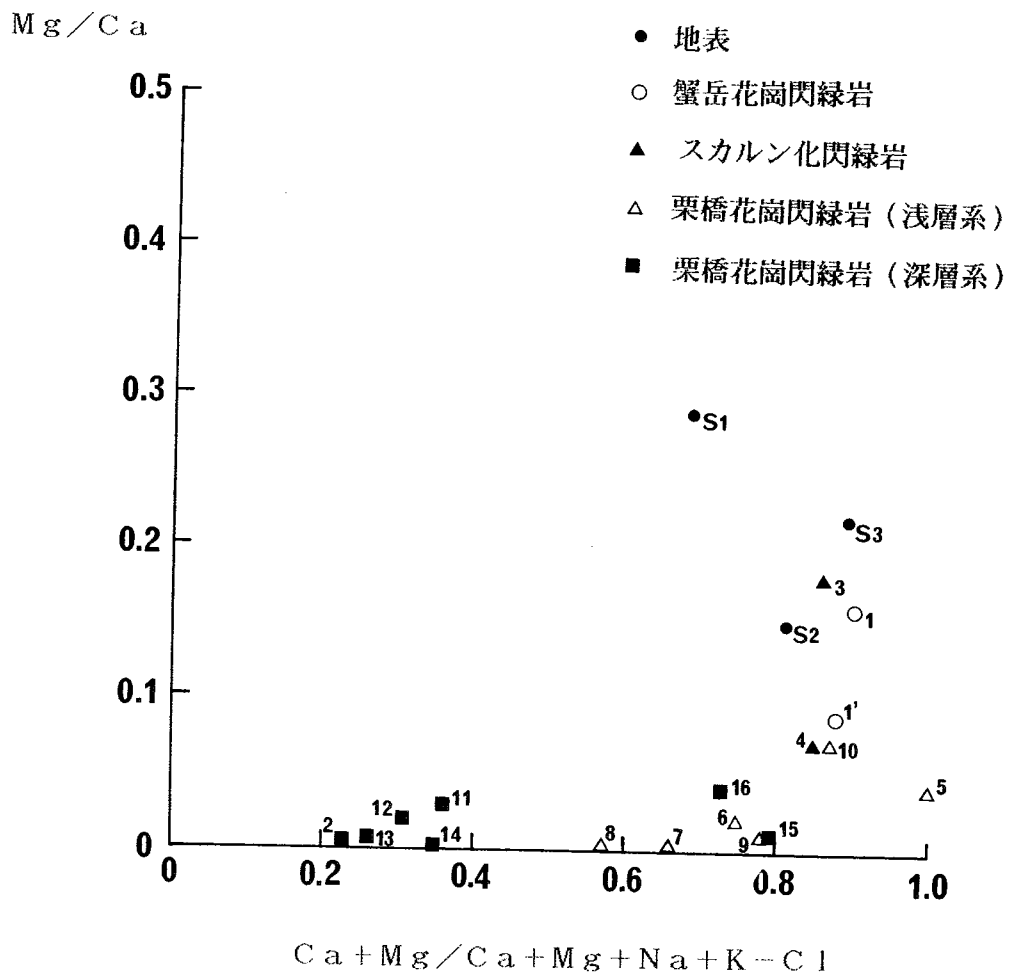
Garrels (1967) による結晶質岩系の地下水中の粘土鉱物の平衡状態に基づく地下水の分類を本地域の地下水に適用してみると、第Ⅲ-6-5 に示すように KM-2 および KM-11~14 は、モンモリロナイト系と平衡関係にある深層地下水系の特性を示している。一方 550 m レベルの栗橋花崗閃緑岩中にある KM-5, 6, 9 および 250 m レベルの KM-15, 16 はカオリナイト系が主体の浅層地下水系に、また蟹岳花崗閃緑岩およびスカルン化閃緑岩



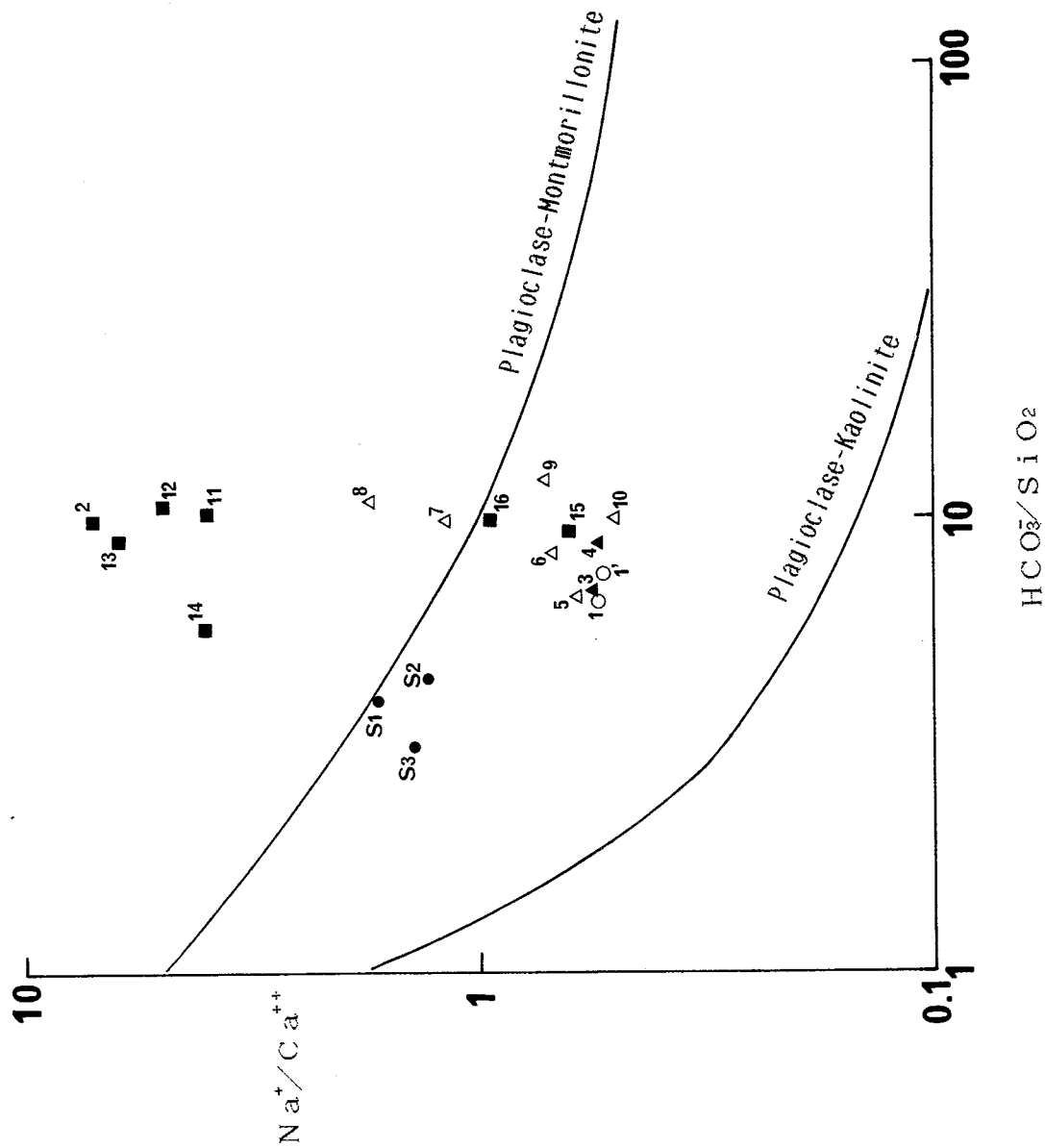
第Ⅲ—6—3 図—1 分析結果のオクタダイグラム表示 (mg/l)



第Ⅲ-6-3 図-2 分析結果のオクダイグラム表示 (mg/l)



第Ⅲ-6-4図 主要陽イオン成分に基づく水質の分類



- 地表
- 蟹岳花崗閃綠岩
- ▲ スカルン化閃綠岩
- △ 栗橋花崗閃綠岩 (浅層系)
- 栗橋花崗閃綠岩 (深層系)

第Ⅲ-6-5 図 結晶質岩系地下水と平衡状態にある粘土鉱物に基づく水質の分類

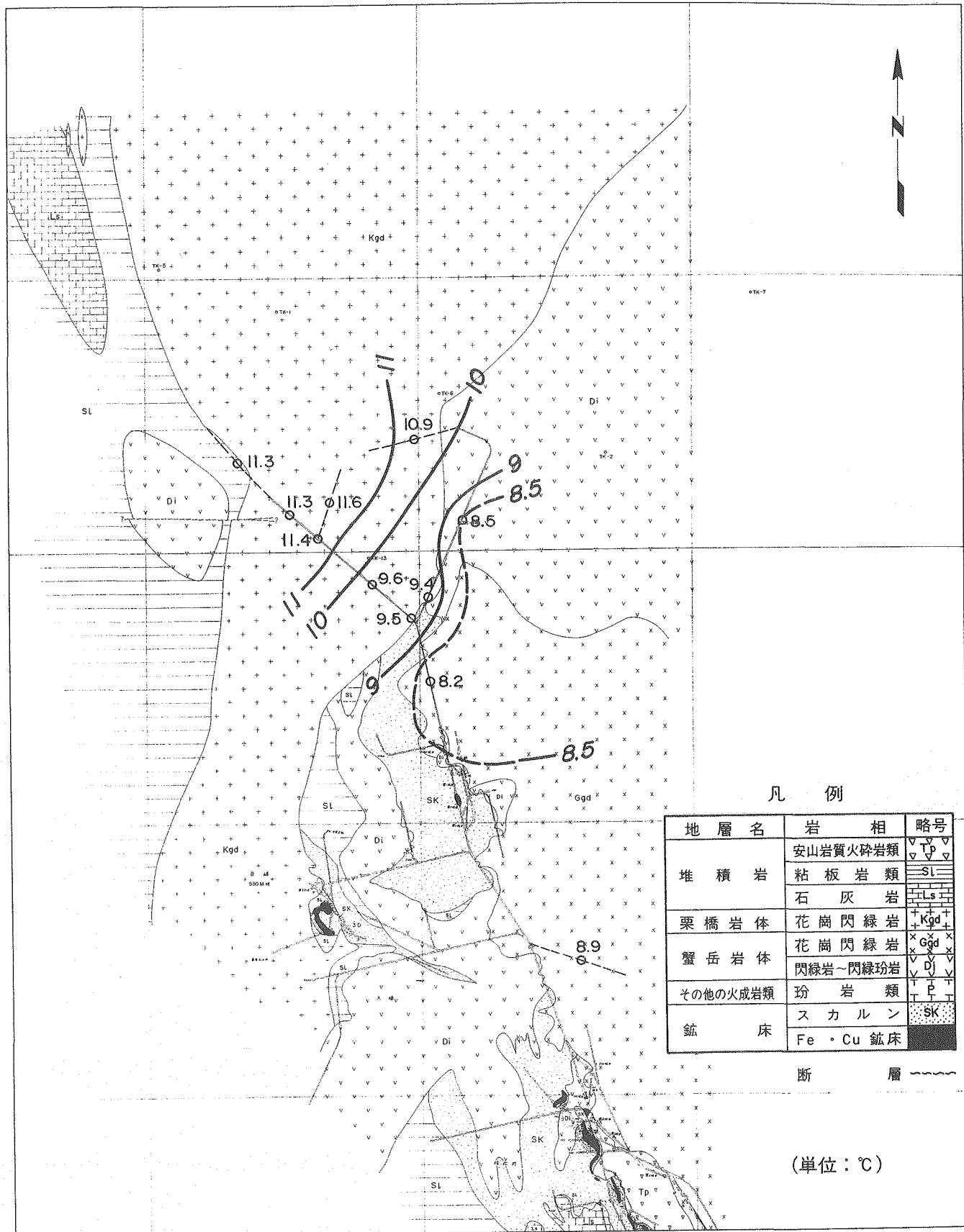
中の地下水はよりモンモリロナイト系が卓越した浅層地下水系に区分されている。550 mレベルの栗橋花崗閃緑岩中岩体の中心付近にあるKM-7, 8はカオリナイト～モンモリロナイト漸移領域に分布している。これらの特徴は、前述したキーマイアグラムやオクタマイアグラムによって把握された分類と一致している。

Ⅲ-6-5 地下水温

第Ⅲ-6-6図および第Ⅲ-6-7図にそれぞれ550 mおよび250 mレベルでの採水時に測定された地下水温を示す。250 mレベルでは、13.7～14.4℃と比較的一様の温度分布を示すのに対し、550 mレベルでは、8.2～11.6℃まで大きく変化している。地質との関係でとらえてみると、蟹岳花崗閃緑岩～スカルン化閃緑岩の地下水は、8.2～8.9℃と相対的に低いのに対し、同じ550 mレベルの栗橋花崗閃緑岩中の地下水は9.6～11.6℃と相対的に高くなっている。これらの岩体の中間領域では、8.5～9.5℃の漸移的な温度分布を呈している。

550 mレベルの坑道に湧出する地下水の平均的なかん養高度は、1000～1200 m程度と考えられ、当地の550 m坑口における年平均気温は8.9℃であることから、かん養高度での年平均気温は気温減率を6.5℃/1000 mとすると、4.7～6℃となる。一般に、地表付近の浅層地下水の水温は、年平均気温+1～2℃であるから、かん養地下水温は6～8℃程度と推察される。今、蟹岳花崗閃緑岩～スカルン化閃緑岩中の地下水温(8.2～8.9℃)は、予想されるかん養地下水温に比べて温度上昇が小さく、相対的にかなり速い地下水の循環状態に有ることが示唆される。これは多分に、坑道掘削に伴う人工的な地下水の流れによる可能性が高い。

また栗橋花崗閃緑岩中の地下水に対する550 mレベルの平均水温11.4℃と250 mレベルの平均水温14.0℃から見込まれる地下水温の昇温率は、0.8℃/100 mであり、我が国の地下水の昇温率の最頻値2～3℃/100 mに比べかなり低い。この栗橋花崗閃緑岩中の地下水に対しても同様にそのかん養高度を1000～1200 m付近、かん養地下水温6～8℃と仮定すると、実測された地下水温の昇温率0.8℃/100 mから見込まれる550 mレベルでの水温は9.6～13.2℃であり、実測された栗橋花崗閃緑岩中の地下水温9.6～11.6℃はその範囲内にある。一般に地温の上昇率は、岩石の熱伝導率と地殻熱流量によって決まるもので、当該地域付近はⅢ-6-8図に示すよ



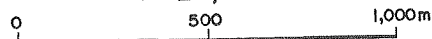
凡 例

地 層 名	岩 相	略号
堆 積 岩	安山岩質火砕岩類	Tp
	粘板岩類	Sl
	石 灰 岩	Ls
栗橋岩体	花崗閃緑岩	Kgd
蟹岳岩体	花崗閃緑岩	Ggd
	閃緑岩~閃緑玢岩	Di
その他の火成岩類	玢 岩 類	P
鉱 床	スカルン	SK
	Fe・Cu 鉱床	

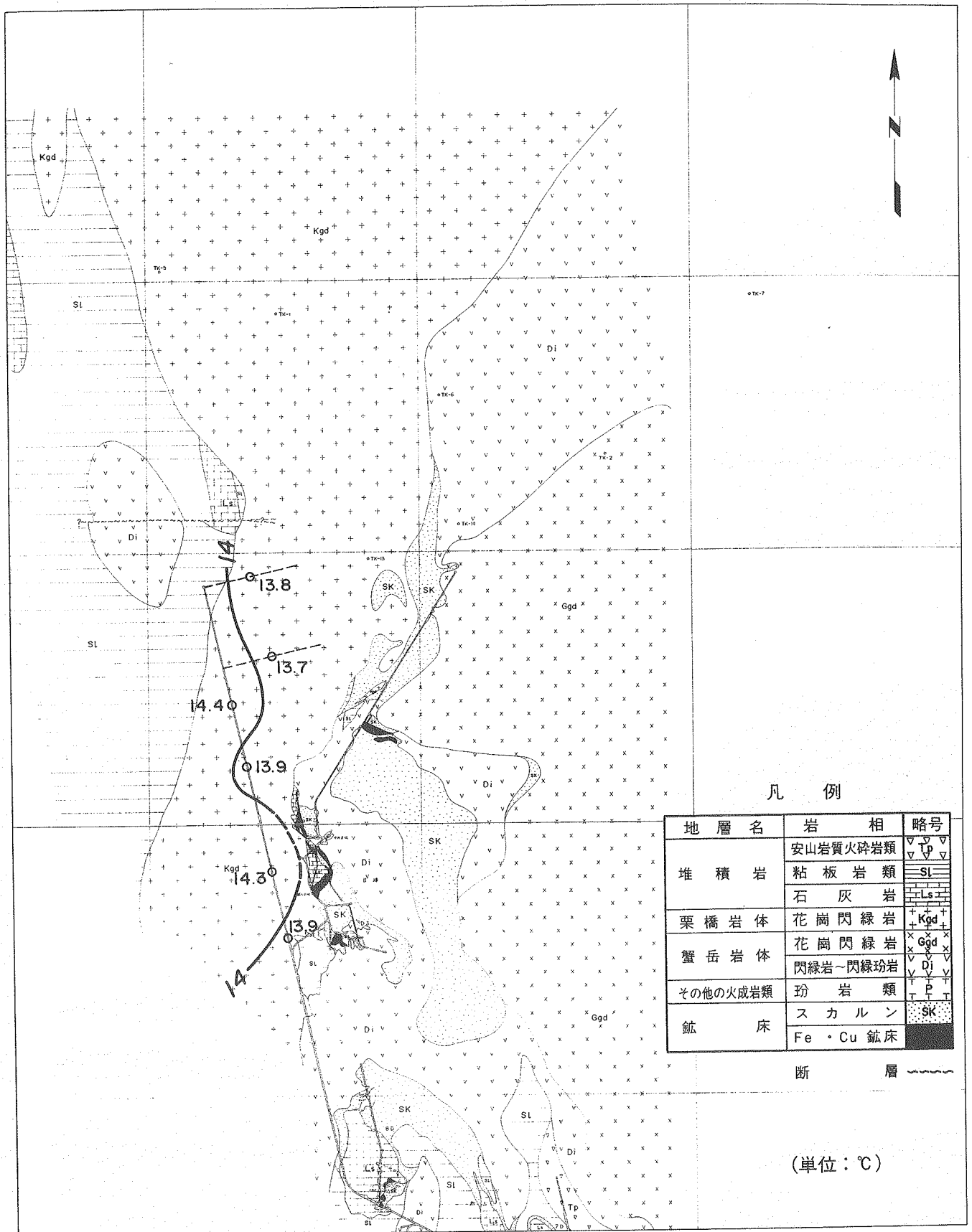
断 層

(単位：℃)

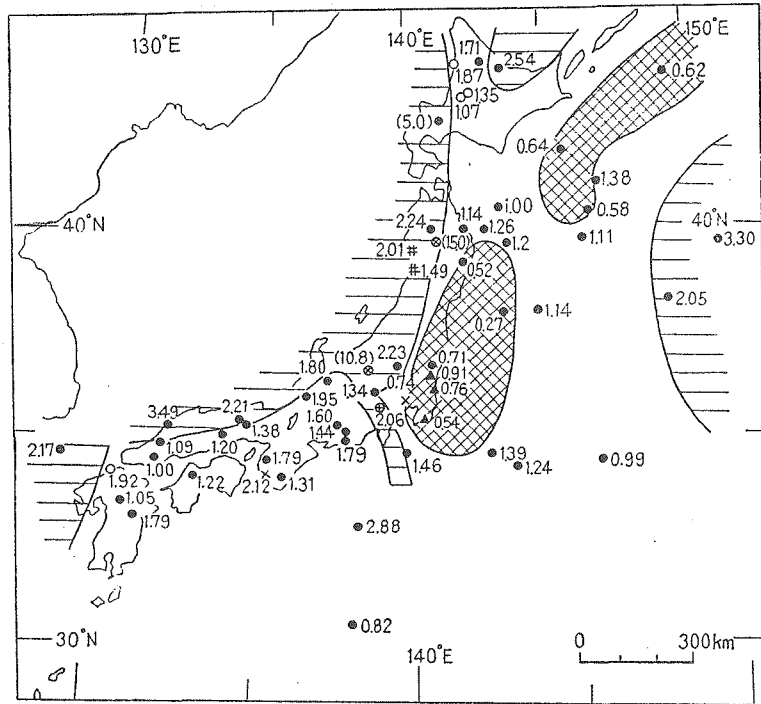
1 : 20,000



第Ⅲ-6-6図 坑内の地下水温分布図 (550m)



第Ⅲ-6-7図 坑内の地下水温分布図 (250m)



●---金属鉱山 ○---炭 鉱 #---油田 ▲---ガス田
 ⊕---トンネル ⊗---地熱地帯 ×---その他

第Ⅲ-6-8図 日本およびその周辺の地殻熱流量分布 (単位: $10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$)

うに我が国の中では相対的に低い地殻熱流量分布域にあり、今仮に、当地の地殻熱流量を $q = 0.52 \times 10^{-6}$ (cal/cm²·sec) とし、花崗岩の熱伝導率を $K = 7 \times 10^{-3}$ (cal/cm·sec·°C) とすると、 $q = K \cdot a$ (a は地下増温率) から $a = 0.74$ °C/100m と求まる。このことから、栗橋花崗閃緑岩中の地下水昇温率の実測値 0.8 °C/100m は当該地域の地殻熱流量から考えて妥当なものであり、蟹岳花崗閃緑岩～スカルン化閃緑岩系の地下水のような坑道掘削の影響は著しくないようである。

参考文献

- Garrels, R.M. (1967): Genesis of groundwater from igneous rocks. Researches in Geochemistry. Vol II, 405~420.

IV. 経費等の概算

廃棄物処分技術開発5カ年計画の提案に係る大峰鉱床北部の関係坑道の維持管理と、試験開始前の準備作業とに関し、人員・経費・設備等につき概算する。

IV-1. 大峰鉱床北部の年間維持管理上の人員・経費概算

ここでいう維持管理とは大峰鉱床北部の250m、550mの両坑道のどの地点にも自由に到達でき、そこで随時調査・試験等の行為ができる状態に保つことをいう。

1) 計算条件

(1) 維持管理の範囲

休・閉山時の場合と併せ第IV-1-1図に示す。

(2) 維持の内容

通気の確保（酸欠防止、温度の維持）

排水の確保（側溝整備）

坑道の維持（浮石点検・除去、小規模支保作業）

電気系統の維持管理（特高受電）

用水の確保

移動手段の確保（6tバッテリー、上記作業に係る範囲内）

(3) 稼働日数

年間250日

(4) 工数と単価と作業内容

所要工数のうち、保安係員は1名を専任し、その他の作業には必要時に鉱山労働者を従事させることとしてその工数を計上する。

保安係員 250工/年、単価 ■■■■■ 円/工

鉱山保安法に基づき一作業日一回巡回。

巡回は第IV-1-1図の範囲。

作業内容は坑道・軌条・側溝の点検、酸欠防止、作業の監督等。

採鉱員 28工/年、単価 ■■■■■ 円/工

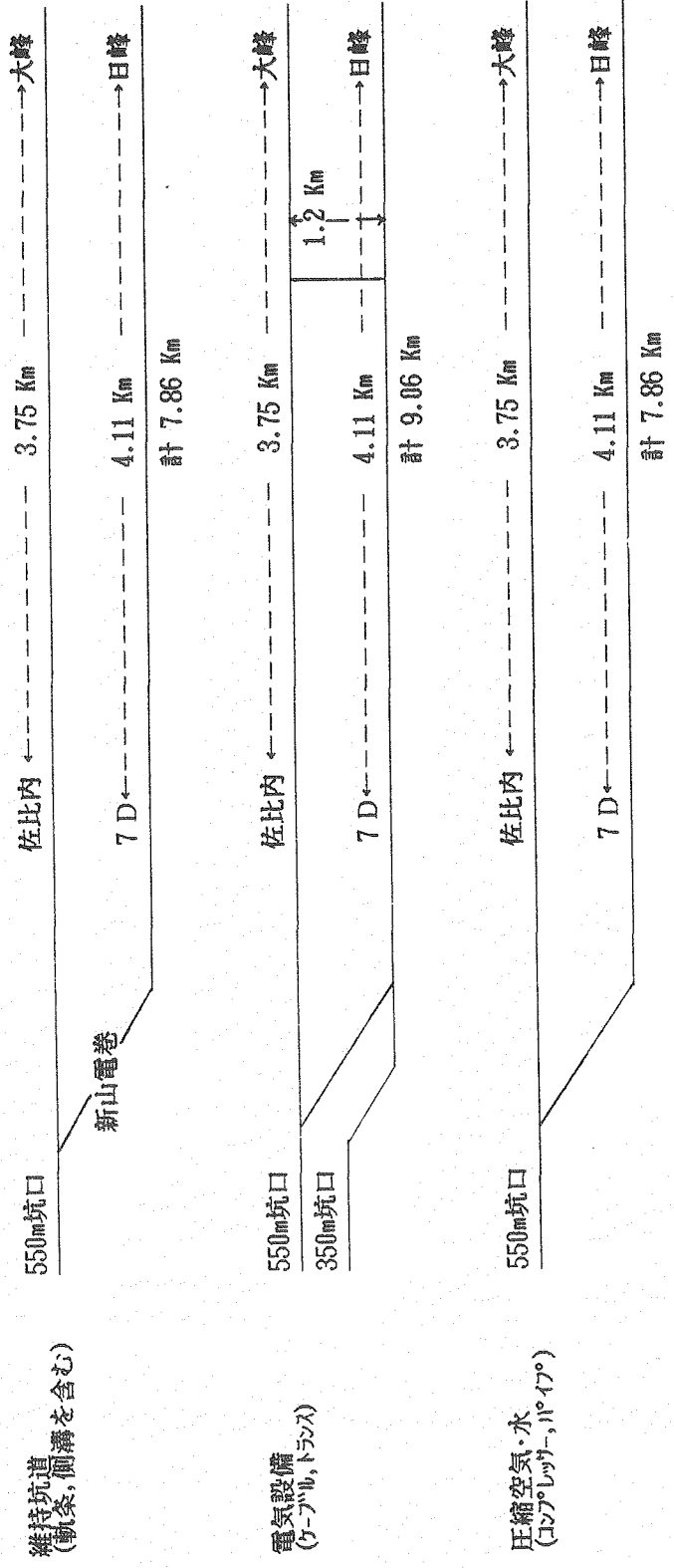
坑道の浮石点検。

電気員 6工/年、単価 ■■■■■ 円/工

電気設備点検・補修（1回/2カ月）

保全員 28工/年、単価 ■■■■■ 円/工

軌条、側溝整備



維持坑道
(軌条, 側溝を含む)

電気設備
(ケーブル, トランス)

圧縮空気・水
(コンプレッサ, パイプ)

第IV-1-1-1図 大峰鉱床北部の坑道維持管理の範囲

機械員 2工/年, 単価 [REDACTED] 円/工
コンプレッサー運転(酸欠防止)

(5) 物品費

昭和62年2月の単価を使用

維持管理に要する物品とは, 6tバッテリー充電機部品, 通気配管, 電気設備・軌条等補修用部品, 器具・工具である。

2) 維持管理費

大峰鉾床北部の坑道維持管理費を第IV-1-1表にまとめた。

IV-2. 試験開始前の準備作業と設備経費概算

試験開始前の準備作業とは, 大峰鉾床北部の250m, 550mの両坑道のどの地点へも人・資材の運搬が円滑にでき, また試験とそのための工事が自由に行なえる状態にするための工事を言い, ここでは, 水・エアパイプの延長, 軌条敷設, 照明・坑内休息場の整備等につき計算する。

1) 必要とする設備と工事

250m坑の水・エアパイプ延長	1,370m
250m坑の軌条敷設	1,370m
550m坑の照明敷設	1式
250m, 550m両坑の休息場整備	2箇所

2) 計算条件

坑道, 軌条, 各種設備等の維持に係わる費用は, IV-1項の年間維持管理費用でみる。

3) 経費概算

準備作業工事費を第IV-2-1表にまとめた。

第Ⅳ-1-1表 大峰鉱床北部の坑道年間維持管理費

1) 人件費				
職 種	単 位	数 量	単 価 (円)	金 額 (円)
保安係員	工	250	■	■
採鉱員	工	28	■	■
電気員	工	6	■	■
保全員	工	28	■	■
機械員	工	2	■	■
計	工	314		■
2) 物品費				
種 類	単 位	数 量	単 価 (円)	金 額 (円)
設備部品一式	式	1	■	■
3) 経費				
種 類	単 位	数 量	単 価 (円)	金 額 (円)
新山電巻使用料	年	0		0
電気設備使用料	m	9,060	■	■
15Kg レール 損料	m	7,860	■	■
コンプレッサー 損料	日	12	■	■
6t ハッテリー 損料	日	34	■	■
キャップランプ使用料	式	0		0
電力料	KWH	0		0
計				■
4) 現場管理費				金 額 (円)
1)~3)x5%				■
5) 一般管理費				金 額 (円)
1)~4)x15%				■
合 計				金 額 (円)
				■

注) 合計は100,000円未満切捨

第Ⅳ－２－１表 試験開始前の準備作業費

(1) 作業費	単 位	数 量	単 価 (円)	金 額 (円)
種 類				
パイプ延長	m	1,370	■■■■	■■■■
軌条敷設	m	1,370	■■■■	■■■■
照明ケーブル敷設	式	1	■■■■	■■■■
休息場整備	式	2	■■■■	■■■■
計				■■■■
(2) 現場管理費				金 額 (円)
1) x5 %				■■■■
(3) 一般管理費				金 額 (円)
1)~2) x15 %				■■■■
合 計				金 額 (円)
				■■■■

注) 合計は100,000円未満切捨

V. 釜石鉱山における処分技術開発計画

V-1 釜石鉱山において実施すべき調査・試験

地層処分とは、地下数百メートルより深い地層中に廃棄物の処分を行い、天然バリアと人工バリアを組み合わせた多重バリアによって、廃棄物中の放射能が減衰して、環境汚染あるいは放射能の影響のおそれが十分軽減されるまで、長時間にわたり人間環境から隔離しようとするものである。地層処分システムでは、人工バリアだけでなく、深く厚い地層という天然バリアが存在するので、廃棄物中に含まれる放射性核種の隔離性能は非常に高いものになることが期待できるが、この処分システムにおいても隔離性能を評価する上での問題として、次のような現象を考えておく必要がある。

- ① 地下水が廃棄物中の放射性核種を地表の人間環境まで移動させる能力に関する問題
- ② 高レベル放射性廃棄物は処分時にも若干発熱するので、処分した廃棄物周囲の人工バリアや岩盤、地下水が加熱されることによる影響の問題
- ③ 処分施設を地下深部に建設する際に、空洞を掘削することによって岩盤の天然バリアとしての性能が劣化する問題

これらの問題は、いずれも天然に賦存する地下水や岩盤等と密接な関係にあることから、現象そのものの機構解明のための研究と並行して、同時に、その背景をなす深部岩体の各種特性を把握する調査・試験を実施し、性能評価手法の研究開発を進める必要がある。

上記の問題に対処する上での技術課題を示すと次のようである。

- ① 地層処分システムの性能を評価し、設計に反映させる技術の開発と、このために必要とされるデータの収集
- ② 岩盤をできるだけ劣化させずに処分施設を建設し、施設の安定性を確保する技術の開発
- ③ 天然に存在する小断層部分や施設の建設に伴い劣化した岩盤部分を改良し、さらに、施設の処分空洞を埋め戻して閉鎖する技術の開発

また、この課題に対し、実施すべき調査・試験項目の概略を次に示す。

- ① 水文特性に関する調査・試験
 - ・ 深地層における地下水賦存状況の調査
 - ・ 深部岩盤内の水理機構の調査
 - ・ 岩盤の透水性に関する試験
 - ・ 地下水挙動に対する熱の影響に関する試験

- ② 岩盤の核種収着能に関する試験
- ③ 建設技術と岩盤の安定性に関する調査・試験
 - ・岩盤の各種特性に関する調査
 - ・掘削に伴う岩盤の劣化に関する試験
 - ・施設の長期健全性に関する観測
- ④ 人工バリアに関する試験
 - ・廃棄物パッケージ材料の耐久性試験
 - ・埋戻し材，プラグ，グラウト等の性能試験
- ⑤ 地震観測

以上の調査・試験項目の内，実核種を用いなければならない試験や材料開発のための試験等は室内で実施することを前提に，原位置で行うべき調査・試験で，釜石鉾山において実施可能なものを，分野ごとにより詳細に記したのが，第V-1-1表である。同表に示した調査・試験項目には，深地層における地下水賦存状況の調査と掘削（立坑，水平坑道の）に伴う地下水挙動の調査に関する既存空洞を利用する場合には実施不可能ないくつかの調査を除き，地層処分システムを確立する上で必要とされるほとんどすべての調査・試験項目が盛り込まれている。

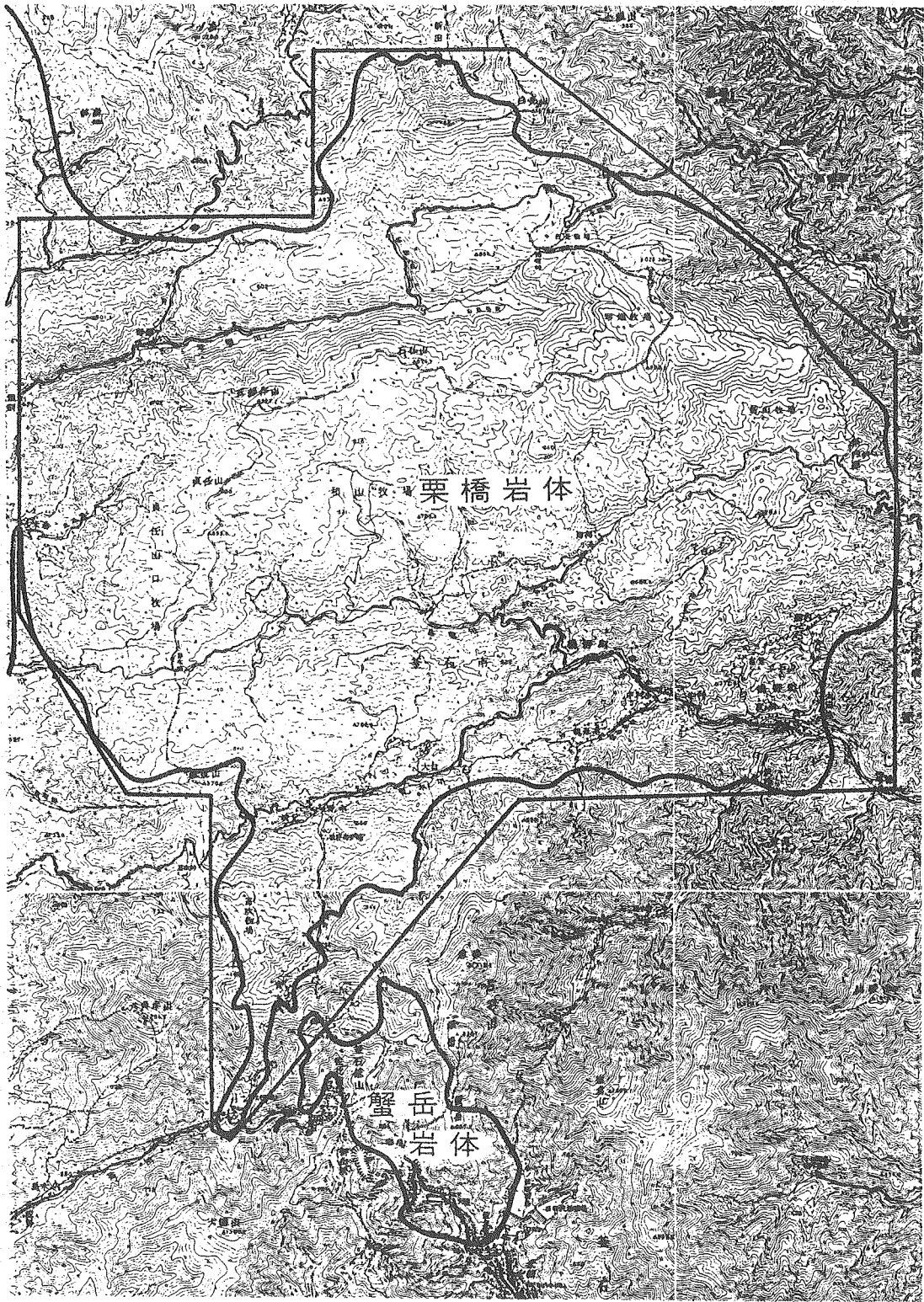
次ページ以降に，今回提案した釜石鉾山において実施すべきと考えられる調査・試験項目について，次のような手順で記述する。

- (1) 試験No.，調査・試験名
- (2) 実施項目
- (3) 目的
- (4) 方法
- (5) 期間
- (6) コスト
- (7) 今後の課題

第V-1-1表 釜石鉱山において実施すべき調査・試験項目

分野	試験No.	調査・試験名	実施項目
地質・ 構造地質	G-1	地表地質調査	地表踏査, 割れ目調査
	G-2	物理探査	重力探査, 電磁探査
	G-3	ボーリング調査	コアオリエンテーション, コア観察, ボアホールTV・テレビア観察
	G-4	孔内検層	速度検層, 電気検層, 温度検層, 密度検層, 自然放射能検層, ディップメータ検層, キャリブ検層
	G-5	コアの室内試験	コアサンプルの物理試験, 力学試験, 地質鉱物学的試験
	G-6	坑内地質調査	割れ目調査, 岩石サンプル採取・室内試験
	G-7	孔内物理探査	ジオトモグラフィ, 孔内レーダー, 孔内弾性波探査
水理地質	H-1	地表水文調査	気象観測, 河川水量調査
	H-2	地下水理調査	ボーリング孔内の水圧測定, 透水性試験, 採水・分析, 坑内湧水調査
	H-3	大規模透水性試験	空洞排水試験, 不飽和岩盤透水性試験, 水室試験, 熱応力状態下の透水性試験
地球化学	C-1	化学分析	ボーリング孔内と坑内湧出水の採水・分析, 岩石と割れ目充填物の採取と分析
	C-2	核種移行試験	流動地下水系移行試験, ヒーター周辺の拡散・対流系移行試験
岩盤力学	R-1	掘削試験	掘削に伴う岩盤挙動と物性変化の測定, 建設方法の差異と掘削損傷の評価
	R-2	初期地圧測定	水圧破碎法, オーバーコアリング法, AE法, DSCA法
	R-3	原位置岩盤試験	平板載荷試験, 原位置せん断試験, (水室試験)
	R-4	原位置加熱試験	原位置熱物性試験, シングルヒーターテスト, マルチヒーターテスト
	R-5	フラットジャッキテスト	岩盤の加熱変形試験, 割れ目の変形・強度試験, 割れ目の高温下透水性試験
地球物理	P-1	地震観測	地震動と空洞の地震時挙動の観測
閉鎖技術	S-1	グラウト試験	断層破碎帯へのプレグラウトの遮水性能確認試験, 透水性に関する長期安定性試験
	S-2	緩衝材, 埋戻し材の施工試験	施工技術の確認試験, 吸水速度・物理特性変化の測定
	S-3	立坑シール試験	埋戻し・フラグ・グラウトの3成分立坑シール技術の確立と性能試験, 透水性に関する長期安定性試験
	S-4	ボアホールシール試験	施工技術の確認試験, オーバーコアリングと室内性能試験
	S-5	埋戻し空洞加熱試験	バッファーマステスト

試験No.	G-1	調査試験名	地表地質調査
実施項目	1) 地表踏査 2) 割れ目調査		
目的	1) 原位置試験実施領域周辺に賦存する栗橋花崗岩体の形態ならびに大規模および中規模の割れ目の分布状況を把握する。 2) 同領域の地質学的，土木地質学的，鉱物学的情報を収集する。		
方法	1) 既存資料に基づき，釜石鉱山周辺地域の地質概況を把握する。 2) 第V-1-1図に示す原位置試験実施領域周辺の約140km ² について空中写真を判読し，フォトリニエーションを測定して，岩体の大規模な割れ目の分布状況を把握する。 3) 同領域の約140km ² について地表踏査を実施し，岩体の分布状況，岩相・岩質の変化，中規模の割れ目の走向，傾斜，断層・褶曲構造の分布状況，風化・変質の程度等の情報を把握して，5000分の1の詳細地質図を作成する。 4) 顕微鏡観察による岩石鑑定や化学分析，X線回折に基づく岩石や断層粘土等の鉱物学的，地球化学的情報を収集する。		
期間	3ヶ月		
コスト	900万円		
課題	なし		

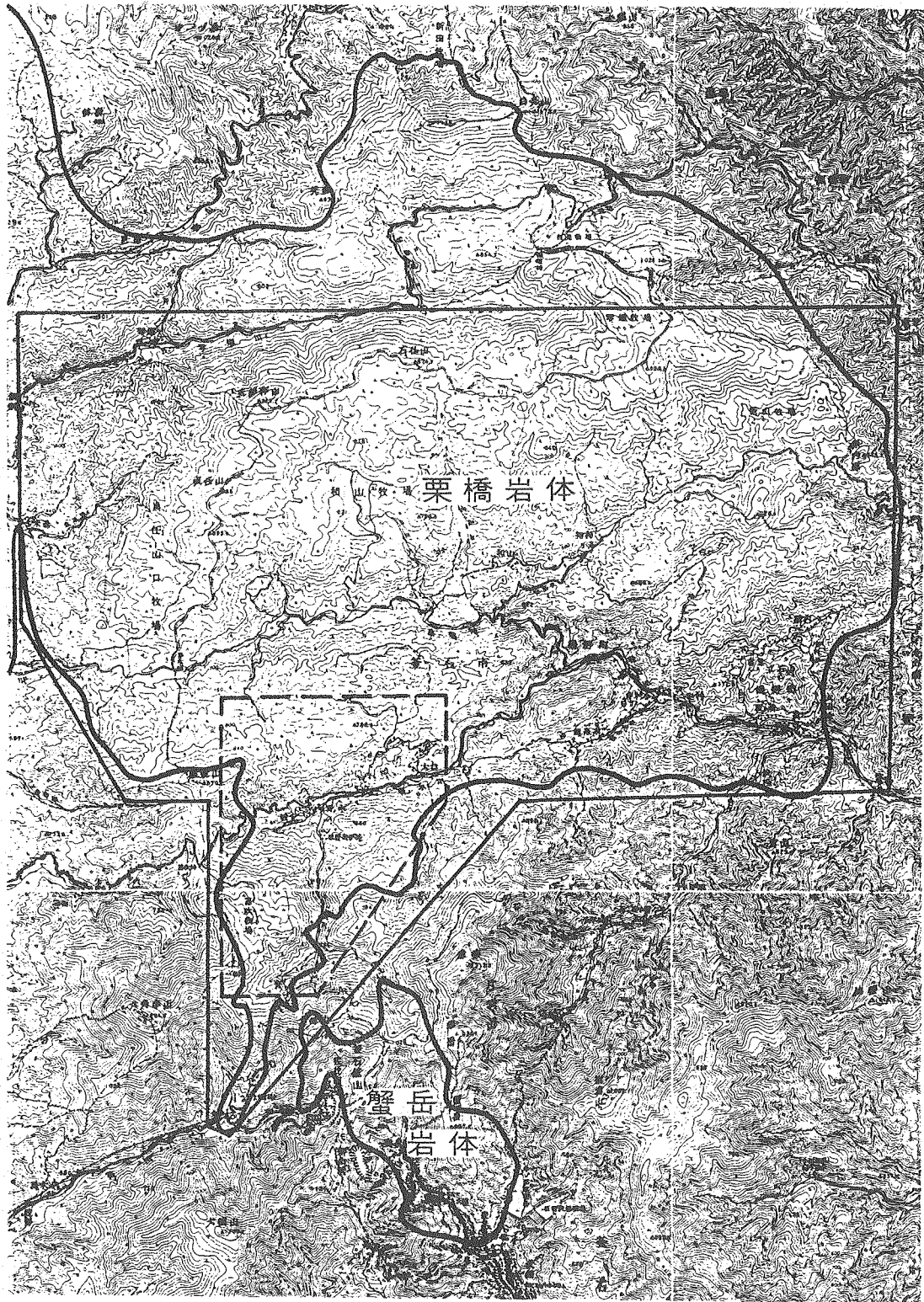


0 1 2 3 4km

—— 地表地質調査範囲

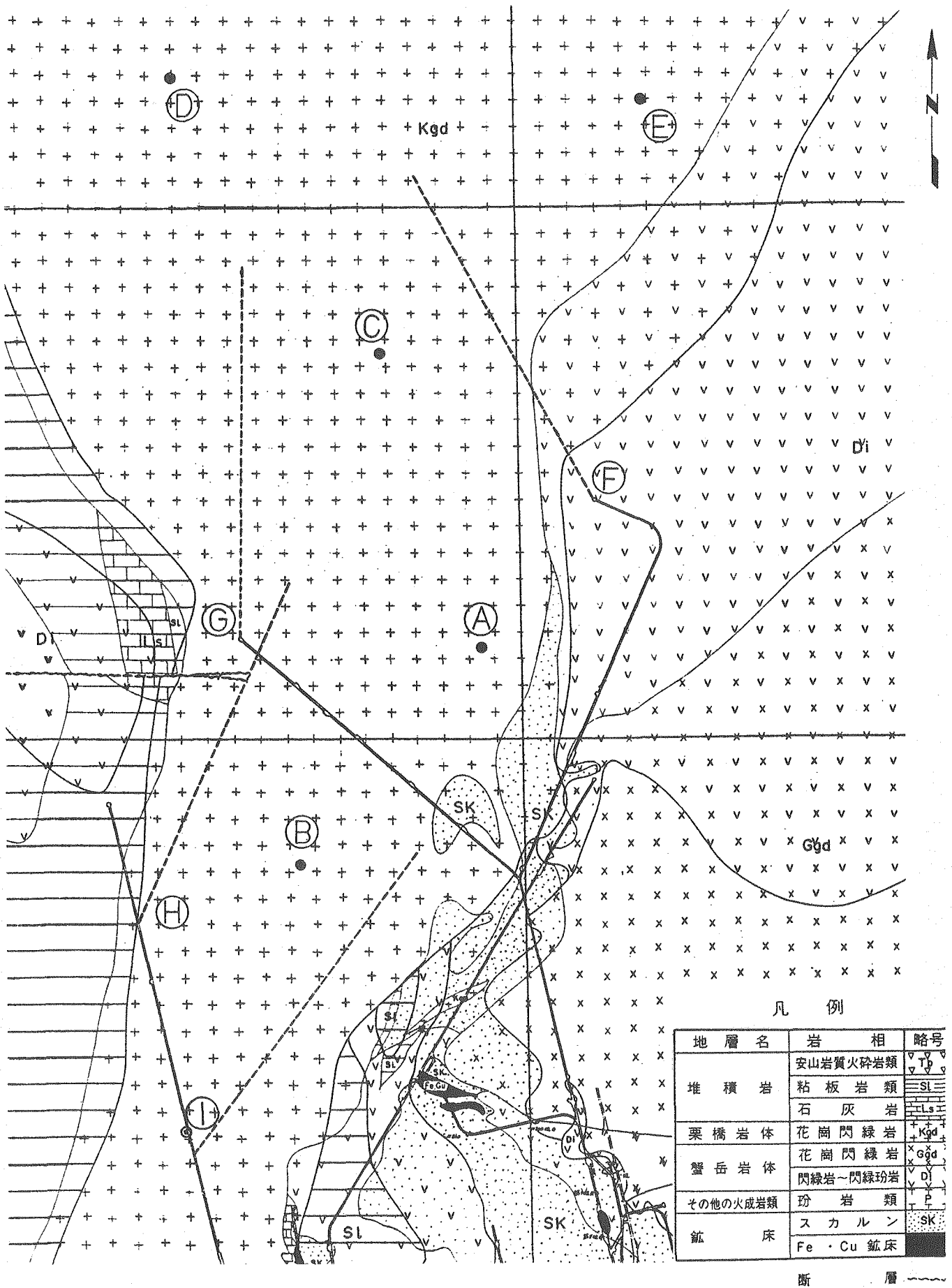
第V-1-1図 地表地質調査実施範囲

試験No.	G-2	調査試験名	物理探査
実施項目	1) 重力探査 2) 電磁探査		
目的	1) 原位置試験実施領域周辺に賦存する栗橋花崗岩体の形態ならびに大規模および中規模の割れ目の分布状況を把握する。		
方法	1) 重力探査により、第V-1-2図に示す120km ² の領域に分布する栗橋岩体の形態および大規模な割れ目（主要構造線）の分布状況を把握する。 2) CSAMT法の電磁探査により、第V-1-2図に示す約12km ² の領域の比抵抗値を精密に測定し、岩体中の大規模および中規模の割れ目（断層や破碎帯）の分布状況を立体的に予測する。		
期間	8ヶ月		
コスト	4700万円		
課題	なし		



第V-1-2図 物理探査実施範囲

試験No.	G-3	調査試験名	ボーリング調査
実施項目	1) コアボーリングとコアオリエンテーション 2) コア観察 3) ボアホールTVあるいはボアホールテレビュアによる孔内観察		
目的	1) 花崗岩中の割れ目位置と割れ目の性状を把握し、岩体内の割れ目分布状況を把握するとともに、物理探査結果の精度を確認する。 2) 室内岩石試験用のコア試料を採取する。 3) 各種検層用ならびに地下水理調査用の観測孔を穿孔する。		
方法	1) 第1次地表ボーリング調査 既存空洞周辺部の情報取得を目的として、第V-1-3図のA地点に300m、B地点に1000m、C地点に1000mのボーリングを行い、方位の確認可能なコアを採取する。 2) 第2次地表ボーリング調査 既存空洞から離れた地点の地表から地下深部までの情報取得を目的に、第V-1-3図のD、E地点に地表より1000mのボーリングを行い、方位の確認可能なコアを採取する。 3) 坑内ボーリング調査 第V-1-3図のF、Gに示す550mレベル最奥部と、H、Iに示す250mレベル坑道より、700mの水平ボーリングを行うとともに、I地点からは1000mの鉛直ボーリングを行い、最深部の情報を入手する。 4) 地表ボーリングでは、地表部、-300m、-600m、-1000m付近の各100m区間を、坑内ボーリングでは、代表的な100m区間を孔内観察し、岩体の割れ目情報を収集する。 5) それぞれのボーリング孔は、各種検層および地下水理調査に利用する。 (G-4、H-2参照)		
期間	2.5年 { 第1次ボーリング 1年, コア観察 0.5年, 第2次ボーリング 1年, 孔内観察 1年, 坑内ボーリング 1年, 並行作業 }		
コスト	53500万円 (第1次ボーリング13000万円, 第2次ボーリング11500万円, 坑内ボーリング23000万円, コア観察・孔内観察6000万円)		
課題	なし		



凡例

● 地表ボーリング

○ 坑内ボーリング

第V-1-3図 ボーリング調査実施位置

試験No.	G-4	調査試験名	孔内検層
実施項目	1) 速度検層，電気検層，温度検層，密度検層，自然放射能検層，キャリパー検層 2) 孔曲がり測定，ディップメータ測定		
目的	1) 花崗岩中の割れ目の位置と方向，湧水位置，透水箇所状況，岩質の変化等の岩体構造および岩盤物性に関連した情報を把握すると共にボーリング調査結果を補完・確認する。		
方法	1) 第V-2-3図のA孔（穿孔深度300m）ならびにD孔（穿孔深度1000m）の全長にわたり，速度，電気，温度，密度，自然放射能，キャリパー検層，孔曲がり測定，ディップメータ測定を行う。		
期間	5ヶ月		
コスト	3000万円		
課題	なし		

試験No.	G-5	調査試験名	コアの室内試験
実施項目	1) 室内物理試験 2) 室内力学試験 3) 地質鉱物学的試験		
目的	1) 岩体を構成する岩石の基本的な物理的性質，力学特性，地質鉱物学的情報を把握する。 2) 物理的性質および力学特性については，中規模ないし大規模な岩盤試験で得られるデータと比較し，サイズ効果，割れ目の影響等を調べる。		
方法	1) 室内物理試験としては，比重・密度・含水比・吸水率・間隙率・超音波伝播速度・電気的性質・磁氣的性質，透水性・熱的性質に関する試験を行う。 2) 室内力学試験としては，一軸圧縮，三軸圧縮，圧裂引張り，破壊靱性，硬度の各試験を実施する。 3) 地質鉱物学的試験としては，顕微鏡観察，X線回折，年代測定を行う。 4) 密度・含水比・間隙率・超音波伝播速度の測定，透水性試験，一軸・三軸圧縮試験，圧裂引張試験，顕微鏡観察，X線回折に関しては，地表ボーリングコアでは全長にわたり50m当り3供試体，坑内ボーリングコアでは100m当り3供試体，また，上記以外の試験については，550mレベルおよび250mレベル坑道深度付近のコアについて，10供試体程実施する。		
期間	2年		
コスト	4000万円		
課題	なし		

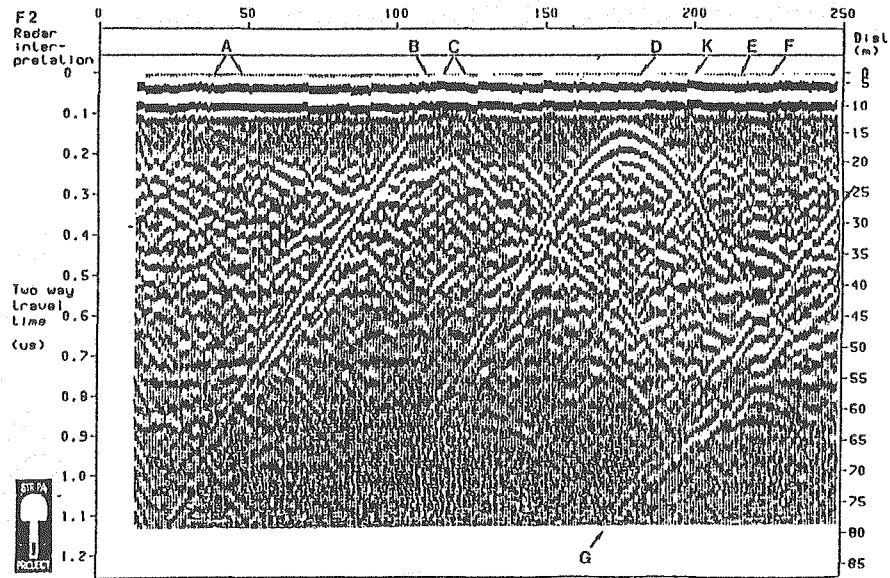
試験No.	G-6	調査試験名	坑内地質調査
実施項目	1) 割れ目調査 2) 岩石試料採取, 室内試験		
目的	1) 深部岩盤内の地質構造と割れ目分布状況を把握すると共に, 物理探査, ボーリング調査, 孔内検層等に基づき推定した割れ目情報の精度を確認する。 2) ボーリングコアで不足する地点の岩石の基本的な物理的性質, 力学特性, 地質鉱物学的情報を把握する。		
方法	1) 550mレベル坑道で1600m区間, 250mレベル坑道で1200m区間, 新規掘削坑道で約500mの区間について, 坑壁の割れ目観察を行い, 20分の1の坑道展開図を作成する。 2) 550mレベル坑道, 250mレベル坑道および新規掘削坑道において岩石ブロックを採取し, 15地点計45供試体程度の室内試験を実施する。室内試験内容はコアの室内試験(G-5)に準じる。		
期間	8ヶ月		
コスト	1600万円		
課題	なし		

試験No.	G-7	調査試験名	孔内物理探査
実施項目	1) ジオ・トモグラフィー 2) 孔内レーダー 3) 孔内弾性波探査		
目的	1) 岩盤内の詳細な割れ目分布状況を把握する技術を確立する。		
方法	<p>1) ジオ・トモグラフィー ボーリング孔間あるいは坑道間で、弾性波探査、電磁探査（レーダー）等を行い、トモグラフィ解析によって孔間や坑道間の領域内に分布する詳細な割れ目分布図を作成する。一例として、ボーリング孔間における弾性波探査の実施状況を、第V-1-4図に示す。トモグラフィ解析技術の向上と孔内計測用発・受振器の開発が必要とされる。</p> <div data-bbox="448 1126 1316 1877" data-label="Diagram"> </div> <p>第V-1-4図 孔間弾性波探査の実施状況</p>		

2) 孔内レーダー

ボーリング孔内で反射法によるレーダー観測を行い、割れ目を検出する。レーダーの可探深度の増大と、分解能の向上が必要とされている。ストリップサイトで実施された結果の一例を第V-1-5図に示す。

方
法



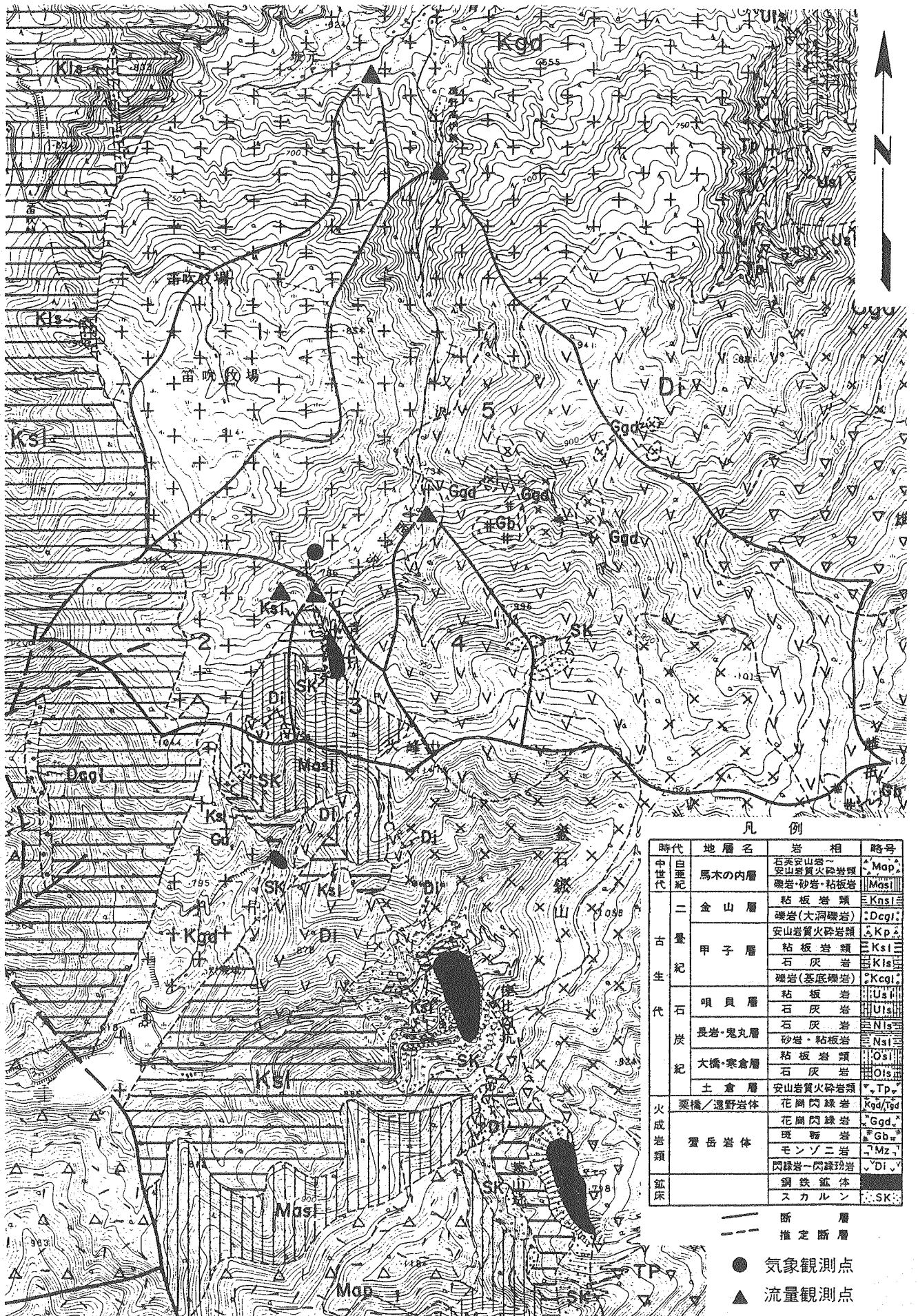
第V-1-5図 孔内レーダー反射図

3) 孔内弾性波探査

チューブウェーブ等により指向性の高い波を用いた反射法による探査を行い、詳細な割れ目を検出する。発・受振器のハードの開発が必要である。

期 間	2年以上（技術開発課題を含むため2年以上継続する必要があると考えられる。）
コスト	8000万円
課 題	孔内計測用機器（発・受振器等）の開発 データ解析技術の向上

試験No	H-1	調査試験名	地表水文調査
実施項目	1) 気象観測 2) 河川水量調査		
目的	1) 岩体の水収支を把握する。		
方法	1) 気象観測 地下水の水収支を求めるために、降水量および蒸発量を観測する。それぞれ自記雨量計、自記蒸発計（蒸発皿方式）により自記観測する。観測点は、西又沢中流の青ノ木坑坑口付近に設定する。なお、ペンマンおよびソーンズウェイト法によって蒸発散量を推定する方法もあるが、気象観測項目が多岐にわたるのでその精度を維持することに難があり、費用の観点からも付近の気象観測点（釜石等）による実測データを利用して当該地域の蒸発散量の推定を行い蒸発計蒸発量と比較検討の上使用するのが良いと思われる。		
	2) 河川水量調査 栗橋花崗岩体上の西又沢、二又沢、笛吹牧場周辺の第V-1-6図に示す5つの流域において継続的な流量観測を行い、基底流量の把握と流出解析を行う。具体的には、設定した5つの流域の流出部に堰を設け、流量に対応したノッチ等を付設して、その水位変動を自記記録させる。		
期間	3.5年以上（観測点の設置 6ヶ月、 観測 3年以上）		
コスト	3000万円（観測点の設置費用のみ、維持・管理費、解析費は別途）		
課題	なし		



凡 例

時代	地層名	岩 相	略号
中世代	白亜紀	石英金山層 安山岩質火砕岩類	Map
	馬木の内層	礫岩・砂岩・粘板岩	Mas
二 壘 生	金山層	粘板岩類 礫岩(大洞礫岩)	Kns Dcgl
	甲子層	安山岩質火砕岩類 粘板岩類	Kp Ksl
		石灰岩	Kls
		礫岩(基底礫岩)	Kcgl
代 石 炭 紀	唄貝層	粘板岩	Us
		石灰岩	Uls
	長岩・鬼丸層	石灰岩	Nls
		砂岩・粘板岩	Nsl
	大橋・寒倉層	粘板岩類	Osl
	石灰岩	Ols	
	土倉層	安山岩質火砕岩類	TP
火成岩類	栗橋/遠野岩体	花崗閃綠岩	Kgd/Tgd
		花崗閃綠岩	Ggd
	雲岳岩体	斑 輝 岩 モンソニ岩	Gb Mz
		閃綠岩-閃綠玢岩	Di
鉱床		銅鉄鉱体	SK
		スカルン	SK

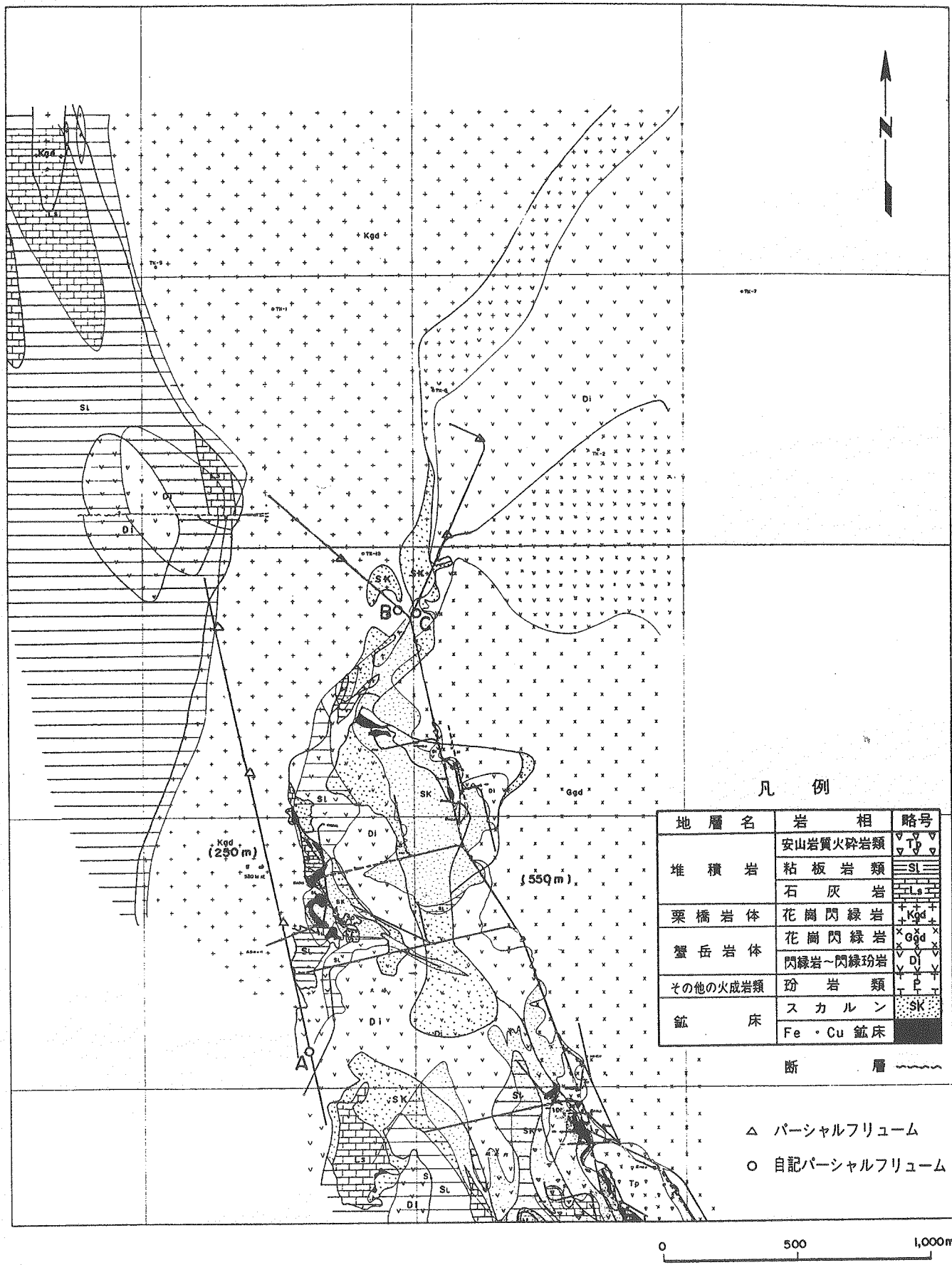
- 断 層
- - - 推定断層
- 気象観測点
- ▲ 流量観測点

0 500 1000m

第V-1-6図 河川流量調査および気象観測地点

試験No.	H-2	調査試験名	地下水理調査
実施項目	1) ボーリング孔内の地下水圧測定 2) ボーリング孔内透水性試験 3) 深部地下水の採水と分析 4) 坑内湧水量調査		
目的	1) 岩体の深部地下水挙動を把握するために、岩体内の地下水ポテンシャル分布、透水性、水質による水体の広がり、連続性に関するデータを収集する。 2) 透水性の比較的低い岩盤における孔内透水性試験法の有効性を確認する。		
方法	1) 第1次地表ボーリング調査 (G-3参照) 既存空洞近傍の地下水流れの内、地表～550mレベルに対する情報を取得するために、第V-1-3図のA、Cのボーリング孔を利用し、透水性試験地下水圧測定、採水・分析を行い、さらに長期的に地下水圧を観測する。 2) 第1次坑内ボーリング調査 坑内の栗橋花崗岩中に穿孔されている既存のボーリング孔を利用し、孔内にパッカーを50～100m間隔で設置し、各区間の地下水圧を長期的にモニターするとともに、定期的に採水・分析を行う。第V-1-7図にパッカーシステムを示す。		
	<p style="text-align: center;">第V-1-7図 ボーリング孔内の区間地下水圧測定 および採水用パッカーシステム</p>		

<p style="text-align: center;">方 法</p>	<p>3) 第2次地表および坑内ボーリング調査 (G-3, 第V-1-3図参照) 既存の坑道端部より 700~800m離れたD, EのボーリングとBのボーリングを利用し, 1)と同様の測定を行う。また, F, G, H, Iの4本の坑内ボーリングを利用して, 2)と同様の調査を行う。ただし, ここではパッカー間隔を 100~150mとする。 ここに示した地上および坑内の一次, 二次のボーリング調査により, 第V-1-3図に示した範囲の花崗岩体中の地下水挙動の全貌が把握されると思われる。仮に, 調査の結果, 坑道の影響がこの調査範囲全体にわたっていることがわかった場合には, 乱されていない地下水賦存状態を把握するためにさらに広い範囲でのボーリング調査を計画する必要がある。</p> <p>4) 坑内湧水量調査 主として, 栗橋花崗岩中の 550mおよび 250mレベルの地下坑道への湧水量を継続的に測定し, その時間変化を把握することにより地表水との連続の実態をとらえる。また, 前述の坑内ボーリング孔による地下水圧の測定結果と共に総合的に解析することによって, 岩体のマスとしての透水性を把握することができる。 第V-1-8図に示した坑内の坑道沿いの側溝にパーシャルフリューム等の流量観測用の設備を設け, 週一回程度手動で測定するとともに, 図中のA, B, Cの3ヵ所には自記録計を設置する。</p>
<p>期間</p>	<p>4年以上 { 第1次地表ボーリング調査 3ヶ月, 第1次坑内ボーリング調査 0.25ヶ月, 長期観測 3年以上, 第2次ボーリング調査 4.5ヶ月 }</p>
<p>コスト</p>	<p>14500万円 (初期調査・パッカー等設置費用のみ, 長期観測・解析費用は別途)</p>
<p>課題</p>	<p>長孔 (~1000m) 用の透水性試験装置, 水圧測定装置, 採水器, パッカーシステムの改良・開発。</p>



凡 例

地層名	岩 相	略号
堆 積 岩	安山岩質火砕岩類	Tp
	粘板岩類	SL
	石 灰 岩	LS
栗橋岩体	花崗閃緑岩	Kgd
	花崗閃緑岩	Ggd
蟹岳岩体	閃緑岩~閃緑玢岩	Di
	玢 岩 類	P
鈹 床	玢 岩 類	P
	スカルン	SK
	Fe・Cu 鈹床	

断 層 ~~~~~

- △ パーシャルフリーユーム
- 自記パーシャルフリーユーム

0 500 1,000m

第V-1-8図 坑内湧水量観測位置図

試験No.	H-3	調査試験名	大規模透水性試験
実施項目	1) 空洞排水試験 2) 水室試験 3) 不飽和透水性試験 4) 熱応力状態下の透水性試験		
目的	1) 坑道規模の巨視的な平均飽和・不飽和透水係数と透水係数の温度依存性を把握する。 2) 透水性におけるスケール効果ならびにボアホール透水性試験結果との関係を把握する。 3) 空洞排水試験技術ならびに熱応力状態下の透水性試験技術を確立する。		
方法	1) 空洞排水試験（ベンチレーションテスト） 比較的透水性の低い大容量の岩盤の平均的な透水性を求める方法として、空洞排水試験がある。第V-1-9図に示すような設備を用いて、空洞周辺の間隙水圧分布と空洞内排水量を求め、周辺岩盤の透水性を把握する。岩盤の透水性が低く、空洞からの排水量が著しく少ない場合にも、換気による空洞内の水蒸気の回収によって、透水性の評価が可能である。今回提案する試験では、透水性におけるスケール効果を評価するため、排水空洞を複数個設けるものとする。 試験手順の概略は以下のようである。 ① 試験坑道予定位置にボアホールを穿孔し、孔内透水試験を実施する。 ② 試験坑道予定位置周辺にボアホールを穿孔し、間隙水圧計、地圧計、ひずみ計等を設置する。 ③ 試験坑道をできるだけいねいに掘削し、掘削に伴う周辺岩盤の地圧挙動、間隙水圧変化を測定する。 ④ 隔壁により試験坑道に、直径2 m、長さ5 mの5ヶの排水空洞を設け、第V-1-9図に示したベンチレーション設備を配置する。 ⑤ ベンチレーション系を作動させ、周辺の間隙水圧の変化が小さくなり、試験坑からの排水量がほぼ一定になるまで試験を継続する。 ⑥ 平衡時の周辺の間隙水圧分布から求めた平均動水勾配と排水量から各排水空洞ごとの平均透水係数を求め、スケール効果を調べると共に、試験坑道掘削前に得たボアホール透水試験結果との比較も行う。		
	2) 水室試験 一般に、ルジオンテストのような加圧透水試験では、岩盤の持つ本来の透水性よりも大きな値を得ることになると言われている。水室試験では、坑道規模のルジオンテストを行い、空洞排水試験結果と比較することで加圧の影響を評価する。また、透水性のスケール効果やボアホール透水試験との関係についても検討を加える。 試験方法としては、坑道にバルクヘッドとなるプラグを設置して、直径2 m、長さ5 mの加圧空洞を5ヶ作り、ルジオンテスト同様の加圧透水試験を実施すると共に、周辺岩盤の加圧時の挙動をモニタする。		
	3) 不飽和透水性試験 一般に不飽和状態の透水性は、飽和透水係数に比べて小さいことから、処分空洞掘削により周辺岩盤が不飽和状態になれば埋戻し後、人工バリアである埋戻し材中の地下水の侵入が遅くなるというメリットを期待できる可能性がある。そこで不飽和透水係数を求めるために、ベンチレーション法による大規模透水性試験を行う。		

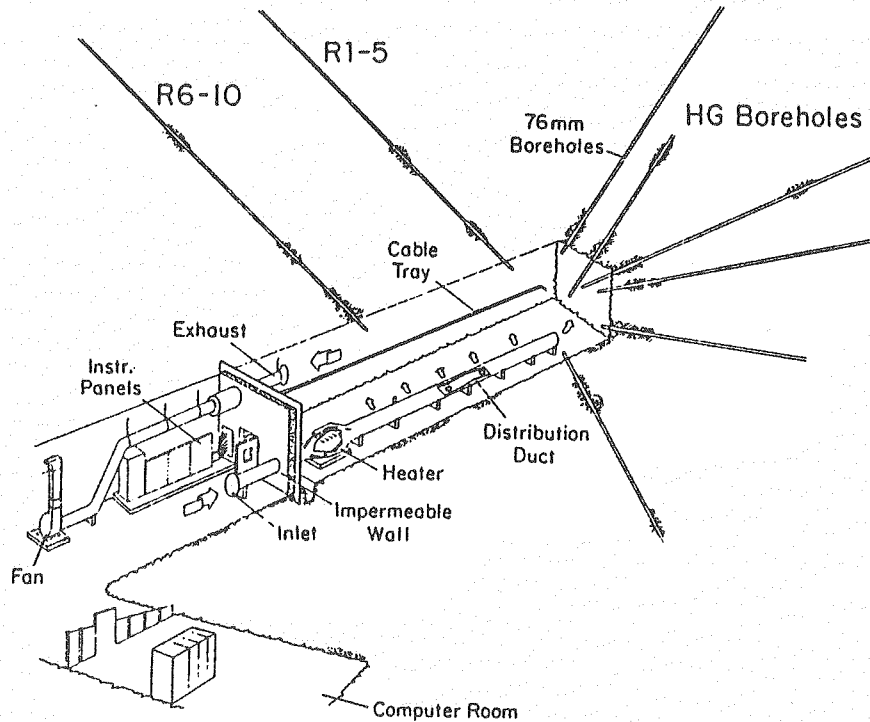
試験には、空洞排水試験終了後の空洞を用い、周辺岩盤内に水分計（中性子水分計、電導式水分計）を追加埋設する。試験空洞週へ岩盤を不飽和にするため、空洞内を加熱、減圧し、岩盤中の水分量から不飽和状態になったことが確認されてから、ベンチレーション系を作動させ、空洞排水試験同様の試験を実施する。

4) 熱応力状態下の透水性試験

処分場に廃棄物を埋設し、閉鎖した段階での地下水挙動をモデル化する上で必要とされる熱負荷が地下水の透水性に与える影響を調べるために熱応力状態下の透水性試験を行う。

試験には水室試験を実施した空洞を用い、試験坑道周辺の観測孔には、温度、間隙水圧、地圧・ひずみ変化の計測機器を埋設する。試験空洞内を自然地下水で充填し、水温を100℃まで上昇させることにより、加熱による透水性の変化を調査する。測定項目は、周辺岩盤内の間隙水圧、地圧・ひずみ、温度分布等と、試験坑道内の水温、湧水量、湧出水の水質等で数ヶ月以上試験は継続する。その後、試験坑道からの湧水の排出を止め、周辺岩盤内の間隙水圧が平衡状態となるところで、周辺岩盤内の水の挙動を調査する。

方
法

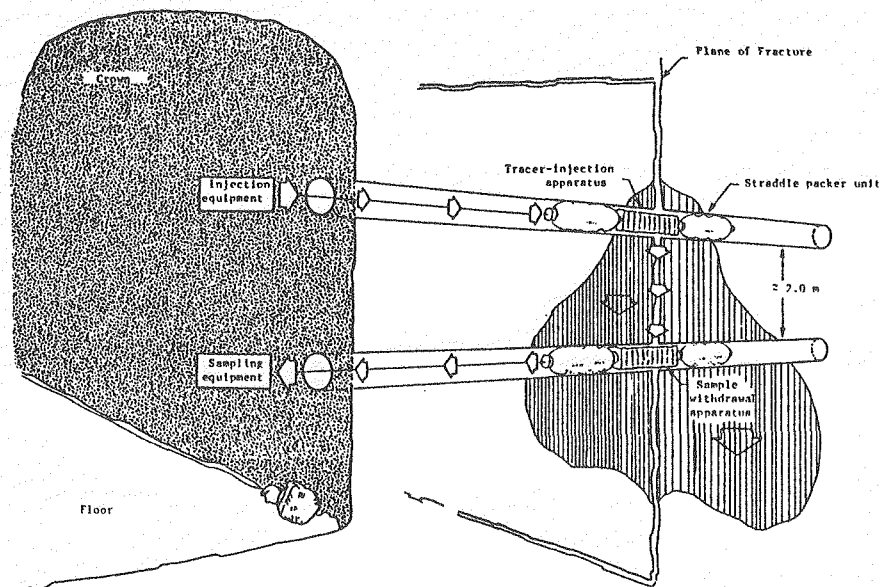


第V-1-9図 ベンチレーション法による空洞排水試験の概念

期 間	2年以上 { 空洞排水試験 2年以上, 水室試験 1年, 不飽和透水性試験 2年以上, 熱応力状態下の透水性試験 2年以上, 重複作業 }
コスト	4億円 { 空洞排水試験 15000万円, 不飽和透水性試験 7000万円, 水室試験 14000万円, 熱応力状態下の透水性試験 4000万円 }
課 題	

試験No.	C-1	調査試験名	化学分析
実施項目	1) ボーリング孔内水と坑内湧出水の採水と分析 2) 岩石と割れ目充填物の採取と分析		
目的	1) 地下水理調査，核種移行試験，グラウト・シール試験等に関する地下水，岩石，割れ目充填物の化学組成，科学的性質を把握する。		
方法	1) 地下水関連の化学分析は，地下水理調査の一部として実施する。（H-2参照） 2) 岩石と割れ目充填物の化学分析は，コアの室内試験および坑内地質調査の実施項目に含まれる地質鉱物学的試験として実施する。（G-5，G-6参照）		
期間	H-2，G-5，G-6に含まれる。		
コスト	H-2，G-5，G-6に含まれる。		
課題	なし		

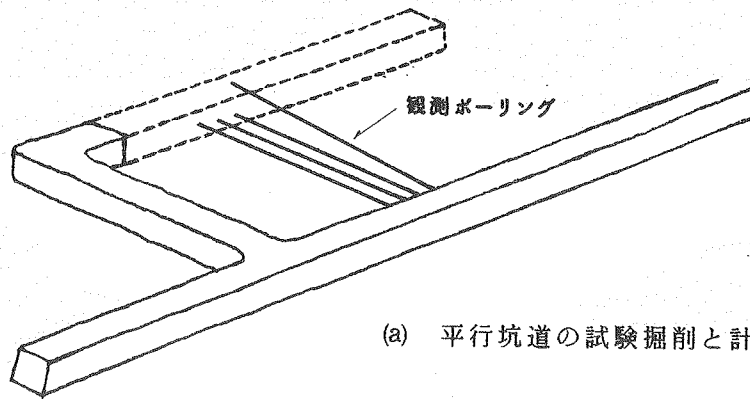
試験No.	C-2	調査試験名	核種移行試験
実施項目	1) 流動地下水系における移行試験 2) ヒーター周辺の拡散・対流系における移行試験		
目的	1) 花崗岩中の各種の割れ目の収着性能 (K_f ファクターと分配係数) を把握する。 2) 原位置で得られる結果と室内コラム試験結果との関係を調べる。 3) 埋戻し材, 割れ目, 岩石中の拡散ならびに埋戻し材と岩盤の境界における移行の特性を把握する。		
方法	1) 流動地下水系における移行試験 流動地下水系における試験方法としては, 2つの種類が考えられる。第1は, 中央にトレーサー注入孔を設け周辺に放射状に配置した観測孔で移行状況をモニターするものである。第2は主要な割れ目を対象に, 第V-1-10に示すような, 割れ目と交わる2孔間で移行試験を行うものである。前者は比較的大規模な岩盤の移行特性を把握できる可能性があるが, 多数の割れ目が交わる岩盤内の移行問題を扱うので解析が難しい。一方, 後者の方法では条件が単純で, 種々の特徴を持った個々の割れ目の移行特性を求めることができ, 室内コラム試験と比較することができる。そこで今回は, 後者の試験法を提案する。試験は空洞の影響の少ない飽和地下水状態の割れ目を対象に実施したい。		



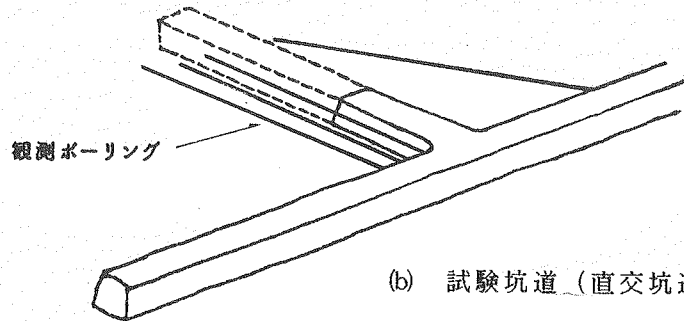
第V-1-10図 流動地下水系移行試験の概念

<p style="text-align: center;">方 法</p>	<p>2) ヒーター周辺の拡散・対流系における移行試験 本試験はシングルヒーターテストの1部分として実施する。ヒーター部分にトレーサーを注入し、加熱に伴う移行を、加熱の各段階において埋戻し材および岩盤からコアサンプルを採取して評価する。(R-4参照)</p>
<p>期 間</p>	<p>2年以上 (流動地下水系移行試験 2年以上, (ヒーター周辺の移行試験 1.5年以上, 重複作業)</p>
<p>コスト</p>	<p>6000万円 (流動地下水系移行試験3400万円, ヒーター周辺の移行試験 2600万円)</p>
<p>課 題</p>	

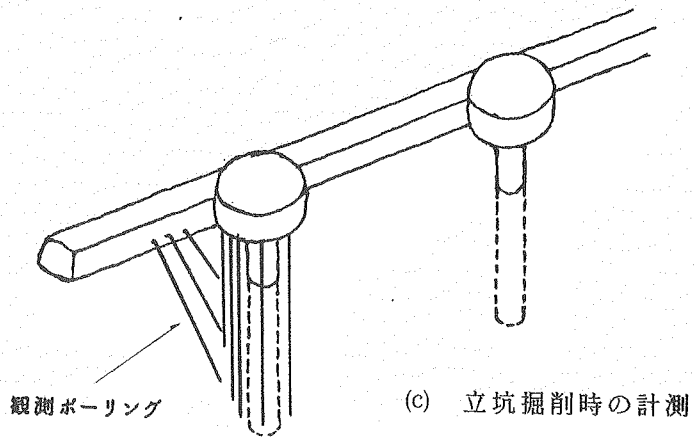
試験No.	R-1	調査試験名	掘削試験
実施項目	1) 掘削に伴う岩盤挙動と物性変化の測定 2) 建設工法の差異と掘削損傷の評価		
目的	1) 立坑および水平坑道の掘削に伴い生じる岩盤挙動を把握し、岩盤の変形特性を理解する。 2) 掘削前後の岩盤の透水性、変形性、小規模割れ目の分布状況等の変化を把握し、これに基づき、掘削損傷の評価方法を確立する。 3) 掘削方法の差異による岩盤挙動の変化を把握し、これに基づく最適な掘削方法を選定する。		
方法	1) 立坑あるいは坑道掘削前に、第V-1-11図に示すような観測孔を配置し孔内透水試験、孔内載荷試験、孔内超音波速度測定、ボアホールTV観察、ボーリングコア観察等を実施し、透水係数、変形特性、小規模割れ目分布状況を把握する。同時に観測孔に地圧計、ひずみ計、変位計、AEセンサー、間隙水圧計あるいは水分計等を埋設する。 2) 立坑あるいは坑道を掘削し、これに伴う岩盤挙動、水文挙動を計測する。 3) 掘削終了後、再度、孔内透水試験、孔内載荷試験、孔内超音波速度測定、ボアホールTV観察を行い、掘削によって岩盤の透水性、変形性、小規模割れ目の分布状況がどの様に変化したか把握する。 4) 以上の計測を異なる掘削工法（発破掘削、無発破掘削、機械掘削）に対してくり返し実施し、掘削方法の差異による岩盤挙動の変化を把握すると共に掘削損傷の差異を調べて、評価方法を確立する。 掘削試験は地圧の影響を顕著に受けるので、550mレベルおよび250mレベルの両深度において実施することが望ましい。そこで第1回掘削試験として、同時に両レベルにおいて、一連の試験掘削と計測を実施する。		
期間	2年（第1回掘削試験 0.5年、 それ以降、試験坑道の掘削と併行して実施する 約1.5年）		
コスト	25400万円（第1回掘削試験 10800万円 第1回のみ掘削費用含む。 試験坑道掘削時の計測費用 2200万円/回×5回、 立坑掘削時の計測費用 3600万円）		
課題	孔内小区間透水性試験装置、孔内超音波速度測定器、等の改良・開発		



(a) 平行坑道の試験掘削と計測



(b) 試験坑道（直交坑道）掘削時の計測



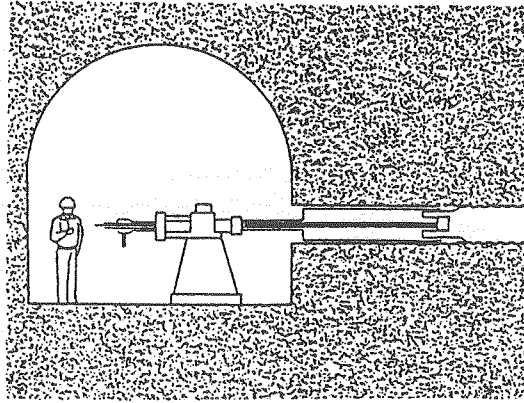
(c) 立坑掘削時の計測

第V-1-11図 掘削試験における観測孔の配置例

試験No.	R-2	調査試験名	初期地圧測定
実施項目	1) 水圧破碎法 2) オーバーコアリング法 3) AE法, DSCA法		
目的	1) 初期応力の分布状況を把握する。 2) 各種地圧測定法で得た結果を比較し、それぞれの測定精度を調べる。		
方法	1) 水圧破碎法 (第V-1-12図参照) 地表ボーリング孔を利用し、水圧破碎時に記録される圧力から初期地圧を推定する方法である。測定は、ボーリング調査で穿孔したボアホールを利用し、550mレベル、250mレベルならびに地表下1000m位置で実施する。		
第V-1-12図 水圧破碎実施状況			

2) オーバーコアリング法 (第V-1-13図参照)

地下の試験坑道で行う測定方法で、現時点では、完全な3次元応力状態を決定できる唯一の方法である。測定には8素子孔底ひずみセルあるいは球面孔底ひずみセルを用いる。550mレベルならびに250mレベルの坑道において測定を行い、水圧破碎法の結果と比較する。



第V-1-13図 オーバーコアリング作業実施状況

方
法

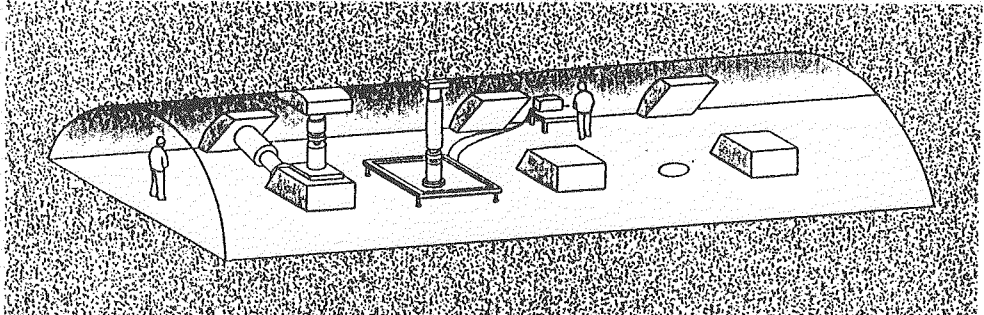
3) AE法, DSCA法

これらの方法は採取したコアを室内試験することにより、初期地圧を推定しようとするもので、方位のわかっているコアさえ入手できれば簡易に測定することが可能である。

AE法とは、岩石供試体を一軸圧縮するとき、応力が初期地圧レベルに達するとAE活動度が急増することを利用するもので、DSCA法は測定原理と方法はAE法と同様であるが、AE活動の代わりに、ひずみ変動に着目する方法である。

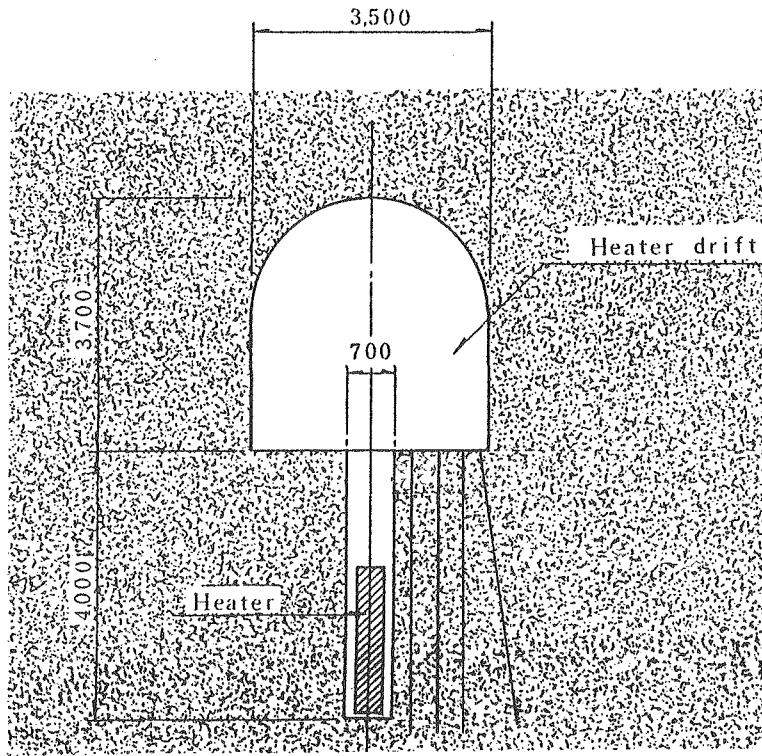
測定は、550mレベル、250mレベルならびに地表下1000m位置のボーリングコアを利用して行う。

期 間	2年 { 水圧破碎法 1年, オーバーコアリング法 1年, AE法, DSCA法 1年, 重複作業 }
コスト	5600万円 (水圧破碎法2100万円, オーバーコアリング法2600万円, AE法・DSCA法900万円)
課 題	なし

試験No.	R-3	調査試験名	原位置岩盤試験
実施項目	1) 平板載荷試験 2) 原位置せん断試験 3) 水室試験		
目的	1) 平板載荷試験および原位置せん断試験により，原位置の中規模な岩盤の変形，強度特性を把握する。 2) 水室試験により，坑道サイズの大規模な岩盤の変形特性を把握する。 3) 以上の結果と岩石試料を用いた室内試験の結果（小規模岩盤）を比較し，主に割れ目の影響と考えられる岩盤の変形特性のサイズを調べる。		
方法	1) 平板載荷試験および原位置せん断試験の方法は，土木学会岩盤力学委員会の指針に準拠する。平板載荷試験における加圧面はできるだけ大きくとり50～80mとする。また，せん断試験は，ロックせん断とする。試験位置は，当該花崗岩を代表するような箇所に選定し，3組程度実施する。第V-1-14図に実施状況の模式図を示す。 2) 水室試験は坑道をバルクヘッドで閉塞し，水圧を加えると同時に，種々の断面で変形を測定することで坑道規模の岩盤の変形特性を求めるものである。通常は，コンクリートライニングにより水密な水圧室を作るが，ここでは，透水試験と変形試験を同時に行うライニングなしの水室試験を提案したい。（H-3参照）		
			
期間	2年 { 平板載荷試験 0.5年， 原位置せん断試験 0.5年， 水室試験 1年，試験空洞の掘削は含まない。 }		
コスト	3500万円 (平板載荷試験 1700万円，水室試験はH-3に計上。 原位置せん断試験1800万円，試験空洞掘削費はR-1に含まれる。)		
課題	なし		

試験No.	R-4	調査試験名	原位置加熱試験
実施項目	1) 原位置熱物性試験 2) シングルヒーターテスト 3) マルチヒーターテスト		
目的	1) 原位置岩盤の温度依存性、異方性を考慮した熱物性を把握する。 2) 加熱に伴う原位置岩盤の熱応力・変形特性ならびに透水性の温度依存性を把握する。 3) 試験結果に基づき数値モデルの検証を行うとともに、室内試験結果との関係を調べる。		
方法	<p>1) 原位置熱物性試験 点熱源と3点の温度センサを用いると一方向の温度伝導率が容易に求められる。この測定法によれば、温度依存性と3次元の異方性を考慮した温度伝導率が測定でき、また、理論的には、熱伝導率、熱容量の同時測定も可能である。試験方法としては、第V-1-15図に示すように、岩盤内に点熱源を埋設し、3次元的に温度センサーを配置して、温度変化を測定する。</p> <div data-bbox="427 1037 1369 1563" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">第V-1-15図 原位置熱物性試験実施状況</p> <p>2) シングルヒーターテスト (第V-1-16図参照) 単一のヒーターを埋設し、周辺岩盤の熱挙動を把握するもので、数値モデルとの対比が容易に行なえる。試験手順としては、試験空洞床面から直径70cm深さ4m程度の実物大の処分ピットを掘削し、キャニスターを模した電気ヒーターを埋設する。同時にピット周辺に観測孔を穿孔し、応力、ひずみ、温度等のセサーを設置する。実際のキャニスターに等しい熱出力でヒーターを一定期間加熱し、周辺の熱挙動をモニタするとともに、観測孔を用いて透水性を調べ、その温度依存性を把握する。 試験終了後も加熱を続け、ヒーター近傍にトレーサーを注入し、ヒーター周りの移行試験を実施する(C-2参照)。</p>		

方
法



第V-1-16図 ヒーター設置状況

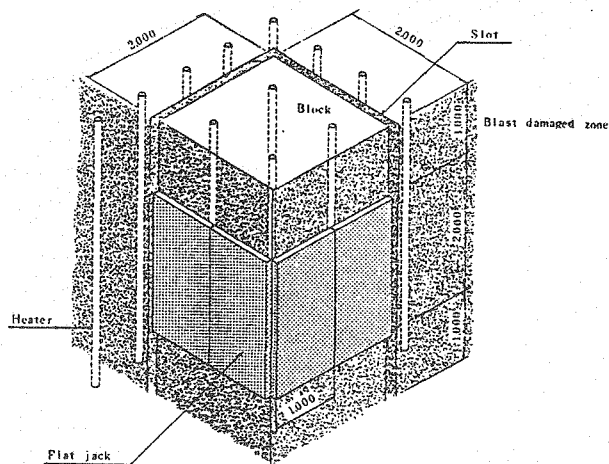
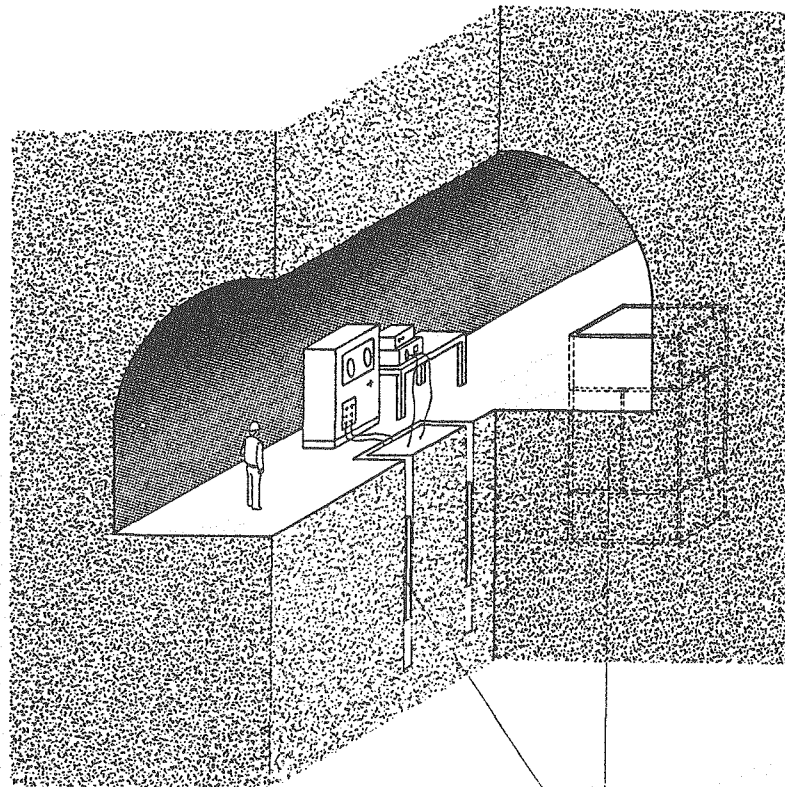
3) マルチヒーターテスト

複数のヒーターを用い、隣接キャニスターの影響を模擬して実際の処分場と等しい熱源密度を得ようとする試験である。数値モデルとの対比は、シングルヒーターテストよりも複雑になるが、より実際的な状況で検証できる。テスト終了後の試験坑道は、埋戻し材施工試験（S-1）、埋戻し空洞加熱試験（S-5）に用いる。

期間	2年 { 原位置熱物性試験 3ヶ月, シングルヒーターテスト 1.5年, マルチヒーターテスト 1年, 重複作業 }
コスト	2億円 { 原位置熱物性試験1100万円, シングルヒーターテスト4700万円, マルチヒーターテスト 14000万円 }
課題	高温用測定機器の開発 温度伝導率, 熱伝導率, 熱容量の同時測定法の確立

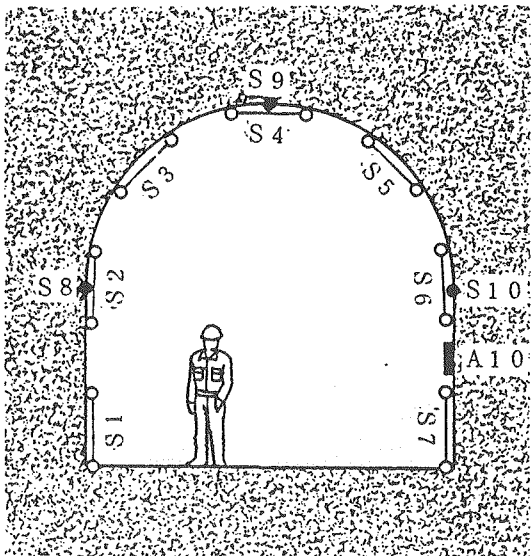
試験No	R-5	調査試験名	フラットジャッキテスト
実施項目	1) 岩盤ブロックの加熱変形試験 2) 割れ目の変形・強度試験 3) 割れ目の高温下透水性試験		
目的	1) 岩盤ブロック（割れ目を含むもの、含まないもの）の変形特性とその温度依存性を把握し、岩盤の変形機構を調査する。 2) 岩盤ブロックに含まれる割れ目の変形・強度特性とその温度依存性を把握する。 3) 割れ目の透水性の温度依存性を把握する。		
方法	<p>フラットジャッキテストは、原位置岩盤にスロット掘削によって大型のブロックを形成し、スロットに挿入したフラットジャッキによって、ブロックに任意の応力を作用させ、ブロック岩盤の諸特性を把握する試験である。供試体となるブロックの成形はスロッチングのみであり、比較的大型のブロックを試験できるので、乱されていない天然の割れ目を複数含む岩盤の試験が可能である。また、ブロックという限られた容積を対象とするので、任意の温度条件を設定することも容易である。従って、フラットジャッキテストでは、天然の割れ目を含んだ岩盤の熱的・力学てき試験、割れ目の高温下透水性試験等、メカニズムを研究する上で、興味深い試験を実施することができる。</p> <p>試験の手順は次のようである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 試験予 positioning に、スロット作成前に、応力計・ひずみ計・変位計・AEセンサー等を設置し、透水試験孔、ヒーター埋設孔等を穿孔する。 ② スロットドリリングにより1辺2m、深さ3m程度の正四角柱を切り出す。この時に、スロッチングによるひずみ解放量を測定する。 ③ 4辺のスロット内にフラットジャッキをセットし、電気ヒーターを配置する。まず、フラットジャッキによりスロッチング時の解放ひずみが回復するまで加圧し、この圧力からスロッチング前の地圧状態を把握する。次にフラットジャッキとヒーターによってブロックに任意の応力と温度状況を設定し、各種試験を実施する。 <p>フラットジャッキテストにおける試験項目は以下の通りである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 岩盤の変成性の応力・温度依存性を求めるための加熱変形試験 ② 割れ目の垂直・せん断変形特性、強度特性ならびに、その温度依存性を調べる割れ目の変形・強度試験 ③ 加圧・加熱条件下における岩盤の熱応力・ひずみならびに弾性波伝播速度特性の測定 ④ 加圧・加熱条件下における割れ目の透水性試験 <p>試験の実施状況を第V-1-17図に示す。</p>		

方
法

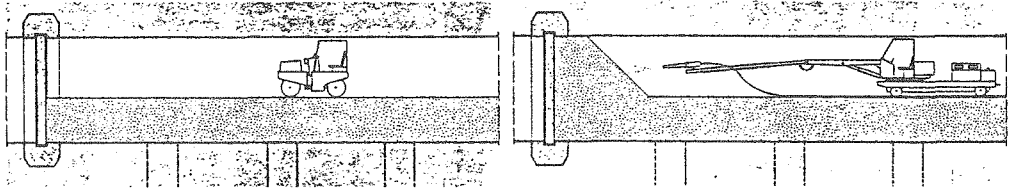


第V-1-17図 フラットジャッキテスト実施状況

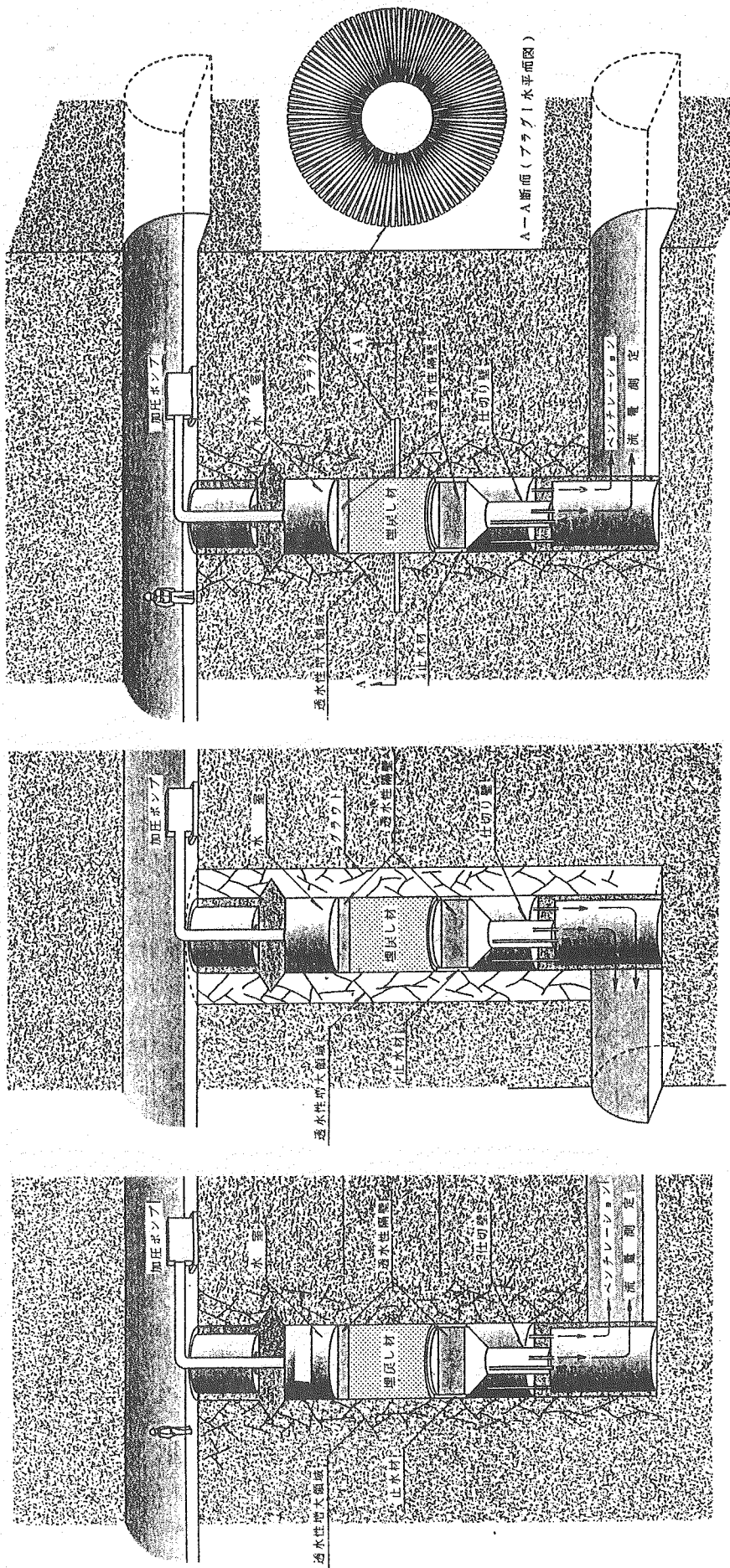
期 間	3.5年
コスト	11700万円
課 題	高温用測定機器、小型高精度測定機器の開発

試験No.	P-1	調査試験名	地震観測
実施項目	1) 岩盤内での地震動観測 2) 岩盤空洞の地震時挙動の観測		
目的	1) 岩盤の地震動特性を把握する。 2) 空洞の地震時の変形挙動を把握する。		
方法	<p>岩盤内での地震動を測定し、振幅、周波数、増幅等の特性を把握する。また、岩盤内および空洞における地震動特性を求めることで、動的解析に用いる入力データを得ると同時に、解析手法の妥当性を調べる。</p> <p>具体的には、550mレベルおよび250mレベル（可能であれば他のレベルや斜坑・立坑等）において、加速度とひずみ計を用いた地震観測を行う。加速度計は、異なる深度の空洞壁および岩盤内に10点程度設置し深さによる加速度の増幅傾向と、岩盤内と空洞内での地震動特性の違いを把握する。ひずみ計は、550mレベルおよび250mレベルの坑道に、第V-1-18図に示すように配置し地震時のひずみ特性と、ひずみと加速度との相関を捉える。</p>		
			
	第V-1-18図 坑道断面へのひずみ計の配置		
期間	4.5年以上（観測網の設置 0.5年、 観測 4年以上）		
コスト	5300万円（観測網の設置と解析1件の費用のみ、維持・管理費およびデータの蓄積にかかる人件費は別途）		
課題	なし		

試験No.	S-1	調査試験名	グラウト試験
実施項目	1) 断層破碎帯のプレグラウトの遮水性能確認試験 2) 遮水性に関するグラウト材の長期安定性試験		
目的	1) 断層破碎帯や割れ目帯に対するプレグラウトの透水性改善効果を確認する。 2) 遮水性に関するグラウト材の長期安定性を確認する。		
方法	1) 探査ボーリングによって断層破碎帯あるいは割れ目帯（湧水を伴うものが望ましい）を確認し、この部分において孔内透水性試験を実施し、割れ目帯の透水性を求める。 2) 確認された割れ目帯に対し、セメント系、樹脂系等の数種のグラウト材を用いて、プレグラウトを行う。 3) 一定期間放置後、コアボーリングによりグラウト部のサンプルを採取すると同時に、このボーリング孔をボアホールTVで観察し、グラウト状態を確認する。 4) グラウト部において孔内透水性試験を実施し、グラウト施工前の割れ目帯の透水性と比較することで、プレグラウトの透水性改善効果を確認する。 5) 1～2年毎に透水性試験を実施し、透水性に関するグラウト材の長期安定性を調査する。また、対象とした割れ目帯が湧水を伴うものであった場合には、グラウト部に間隙水圧計を設置し、間隙水圧の変化から遮水性に関するグラウト材の長期安定性を確認する。 以上の試験を数種のグラウト材について実施するためには、比較的均質な十分広い面積の割れ目帯を対象とする必要がある。		
期間	1.5年以上（施工試験と第1回の性能試験 1.5年、 （第2回以降の安定性試験 3ヶ月/回））		
コスト	7200万円以上（（施工試験と第1回性能試験2900万円、2回目以降の安定性試験700万円）/1グラウト）		
課題			

試験No.	S-2	調査試験名	緩衝材，埋戻し材の施工試験
実施項目	1) 施工技術の確認試験 2) 吸水速度，物理特性の変化等の測定		
目的	1) 緩衝材，埋戻し材の施工技術を確立する。 2) 緩衝材，埋戻し材の原位置における諸特性データを入手する。		
方法	1) マルチヒーターテスト（R-4参照）を実施した試験坑道において，緩衝材，埋戻し材の試験施工を行う。緩衝材はマルチヒーターテスト用のヒーター埋設時に施工する。埋戻し材はヒーターテスト終了後，図に示す様な手法で施工する。試験終了後，この埋戻し坑道は，バッファーマステスト（S-5参照）に利用される。 2) 試験施工時に，緩衝材，埋戻し材中に，水分計・間隙水圧計・温度計・圧力計（土圧計）等を設置し，施工終了後の材料の原位置における諸特性データを入手する。 3) 一定期間放置後，埋戻し材のサンプリングを行い，室内試験で物理特性の変化を把握する。なお，サンプリングによって生じた空隙は，バッファーマステストに備え，埋戻す。		
			
	第V-1-19図 埋戻し材の施工概念		
期間	1年以上 { 試験施工削試験 3ヶ月， 施工後の観測 1年以上， サンプリングと室内試験 3ヶ月/回 }		
コスト	11600万円		
課題			

試験No.	S-3	調査試験名	立坑シール試験
実施項目	1) 埋戻し，グラウト，プラグの3成分の立坑シール施工試験 2) 立坑シールの遮水性能試験 3) シール材の遮水性に関する耐久性試験		
目的	1) 立坑に対する埋戻し，グラウト，プラグの施工技術を確認する。 2) 立坑シールと周辺岩盤の透水性を把握し，立坑シールの遮水性を確認する。 3) シール材の原位置環境下における耐久性を確認する。 4) 以上の結果に基づき，合理的な立坑のシール方法を確認する。		
方法	1) 試験立坑を掘削し，第V-1-20図に示すように，埋戻し，グラウト，プラグの試験施工を行う。 2) 一定期間放置後，立坑シールと周辺岩盤の透水性を把握する実規模試験を実施する。立坑上部から下部への水の浸透は微量であることが予想されるので，第V-1-20図中に示したようなベンチレーション法によって流量を測定する。 3) 時間経過に伴うシール材の性能変化や耐久性を調べるために，試験は1年以上の長期にわたって実施する。		
期間	3年以上	立坑掘削と第1次試験施工 第2次試験施工（グラウト・プラグ） 性能試験 耐久性試験	1年， 0.5年， 1.5年， 3ヶ月／回
コスト	3億円（立坑掘削と透水試験設備施工 11800万円，計測・解析 5200万円，埋戻し，プラグ，グラウト施工 13000万円）		
課題			



第V-1-20図 立坑シールの遮水性性能試験の概念

(左: 埋戻し材, 中央: 埋戻し材+グラウト, 右: 埋戻し材+プラグ)

試験No.	S-4	調査試験名	ボアホールシール試験
実施項目	1) 施工技術の確認試験 2) 遮水性能試験 3) シール材の耐久性試験		
目的	1) ボアホールシールの施工技術を確立する。 2) ボアホールシールの性能を確認する。 3) シール材の長期にわたる耐久性を確認する。		
方法	1) 坑内の既存のボーリング孔（できるだけ鉛直孔が望ましい）を利用し、粘土系・セメント系等の数種の候補材料を用いて、ボアホールシールの試験施工を行う。 2) 一定期間放置後、オーバーコアリングによって各候補材料の詳細なサンプリングを行い、岩盤との付着状況、充填状況、バラツキ等を観察する。 3) 採取深度に相当する拘束圧を加えた封圧下の透水性試験を行い、シール性能を確認する。 4) 1～2年毎にオーバーコアリングによるサンプリングと封圧下の透水性試験を行い、シール材の長期の耐久性を調べる。 以上の試験を実施するためには、各候補材料ごとに数本のボアホールを用いた試験施工を行う必要がある。また、施工方法に改善点が生じた場合には第2回、第3回の試験施工が必要とされる場合も考えられる。		
期間	1.5年以上（試験施工と第1回の性能試験 第2回以降の耐久性試験） 1.5年、 3ヶ月／回		
コスト	8200万円（シール施工・サンプリング・室内透水試験 4100万円／1材料×2材料）		
課題			

試験No.	S-5	調査試験名	埋戻し空洞加熱試験
実施項目	バッファーマステスト		
目的	<p>実際の処分状況とほぼ同等の地圧・水圧・温度条件下における緩衝材・埋戻し材の工学バリア，天然バリアとしての岩盤，ならびに地下水の挙動を把握し，総合的なNear-Fieldの現象について，予測モデルを比較，検証する。</p>		
方法	<p>1) 緩衝材，埋戻し材の施工試験（S-2参照）終了後，この埋戻し坑道を用い，マルチヒーターの加熱試験を行う。温度上昇時の周辺岩盤内の応力・ひずみ・温度・間隙水圧等の変化ならびに埋戻し材中の温度・圧力・水分量変化等を観測する。</p> <p>2) 実際の処分状況とほぼ同等の温度条件となったならば，トレーサーを注入し，Near-Fieldの地下水流動挙動を観測する。この観測は，温度，圧力，水分等の測定とともに数年間継続する。</p> <p>3) 最終的にはヒーターを切って温度を下げ，埋戻し空洞を再掘削し，トレーサーの流動や各種変化を調査する。</p>		
	<p>第V-1-21図 バッファーマステストの実施概念</p>		
期間	数年以上		
コスト	9600万円以上（トレーサー，観測装置等7500万円， 観測・解析2100万円/年，再掘削は別途）		
課題			

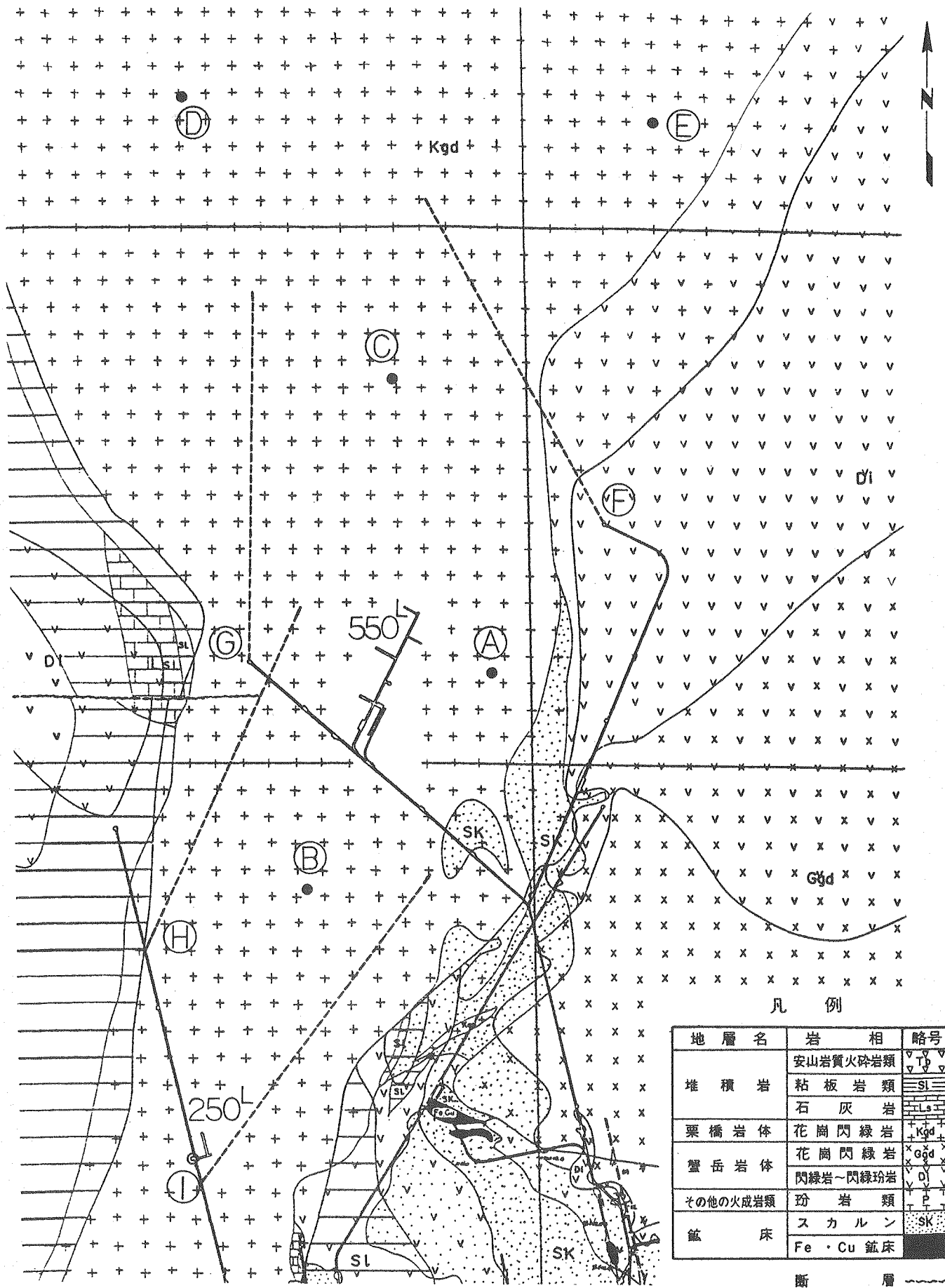
V-2 原位置試験場の設計

地表ボーリングおよび坑内ボーリングの新規穿孔位置ならびに 250mレベルと 550mレベルの試験空洞の配置をまとめて、第V-2-1図に示す。

地表ボーリングは、A（深度 300m）、B・C・D・E（深度1000m）の合計5本である。坑内ボーリングは、550mレベルにおいて、F・G（水平 700m）の2本を、また250mレベルでは、H・Iから 700mの水平ボーリングを、Iから1000mの鉛直ボーリングを、それぞれ穿孔する。

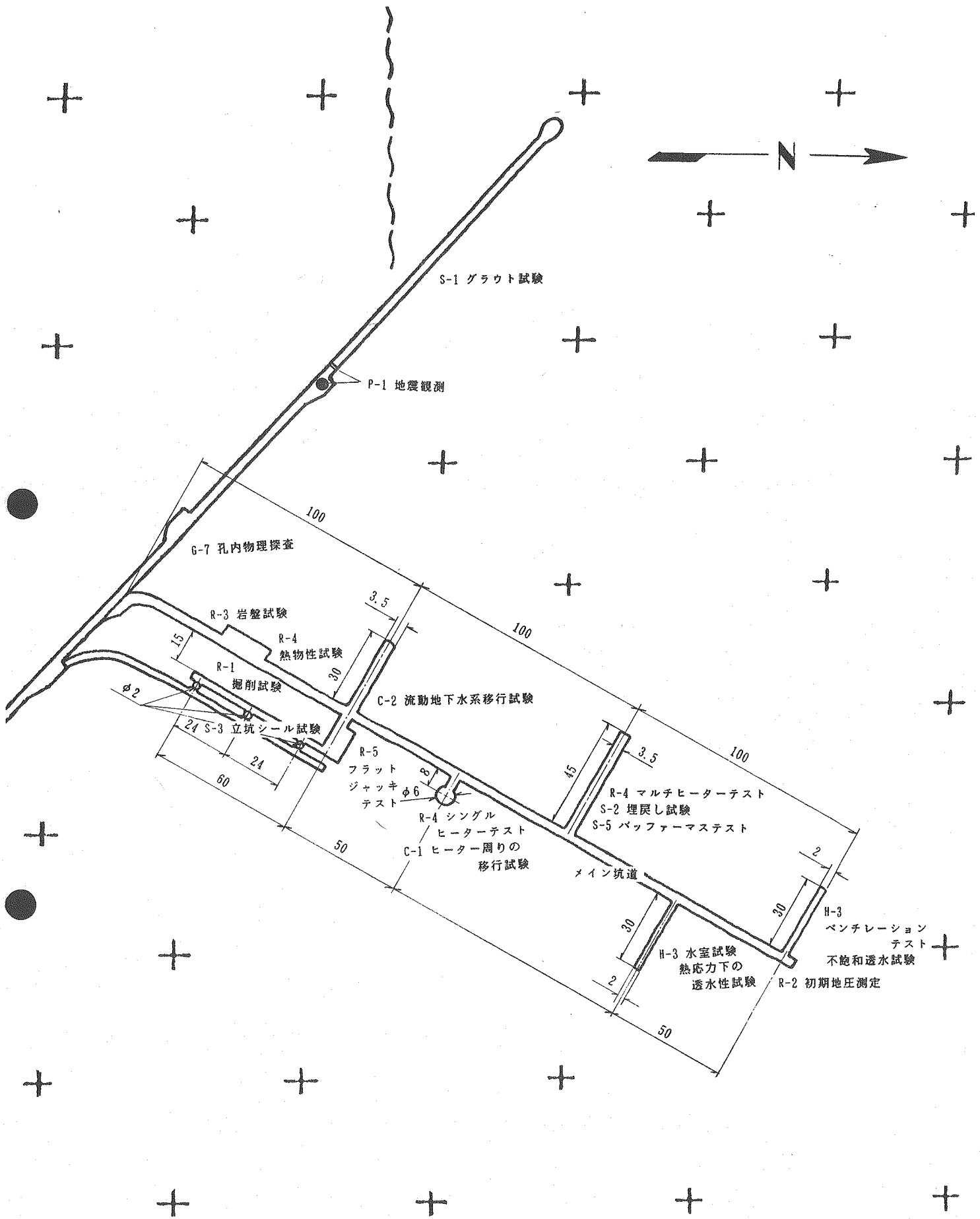
試験空洞は、250mレベルと 550mレベルに設置するが、運搬系統の不便さ等を考慮して、250mレベルにおいては、掘削試験（R-1）と初期地圧測定（R-2）のための坑道を設置するにとどめ、主要な試験場は 550mレベルに展開する。

550mレベルの試験空洞の配置を、第V-2-2図に示す。試験空洞の設置方向は、既存の割れ目に関する試料に基づき定めたが、試験空洞の詳細な配置や方向は、坑内試験調査（G-6）によって明らかになる岩盤状況や断層・割れ目帯の位置を考慮して、最終的に決定するべきものとする。



- 地表ボーリング
- 坑内ボーリング
- 新規掘削空洞

第V-2-1図 原位置試験場の配置



第V-2-2図 550L原位置試験場の空洞配置 (単位: m)

V-3 調査・試験の実施スケジュールとコスト

釜石鉱山における調査・試験の実施スケジュールを第V-3-1表に、また、予想されるコストの概算を、第V-3-2表に示す。

第V-3-1表 釜石鉱山における調査・試験のスケジュール

試験No.	調査・試験名	第1年次		第2年次		第3年次		第4年次		第5年次	
G-1	地表地質調査	地表踏査	割れ目調査								
G-2	物理探査	重力探査	電磁探査								
G-3	ボーリング調査		地表ボーリング 坑内ボーリング	コア観察, ボアホールTV観察							
G-4	孔内検層			各種検層							
G-5	コアの室内試験			コアサンプル試験							
G-6	坑内地質調査	既存坑道の 割れ目調査		新規掘削坑道調査		新規掘削 立坑調査					
G-7	孔内物理探査			弾性波トモグラフィ		孔内レーザ, 孔 内弾性波探査					
H-1	地表水文調査	観測点設置		気象その他の観測							
H-2	地下水理調査		坑内湧水の 調査・分析	坑内ボーリン グ調査	地表ボーリン グ調査		各種透水性試験, 水質分析等				
H-3	大規模透水性試験			ベンチレーション テスト	水室試験		熱応力状態下の透水性試験 不飽和透水性試験				
C-1	化学分析			坑内採取サンプルの分析・地表ボーリングより採取したサンプルの分析							
C-2	核種移行試験				流動地下水系移行試験		ヒーター周りの移行試験				
R-1	掘削試験		(メイン坑道) (岩盤試験坑道) (シフレーション空洞) (水室) 坑道掘削試験 (シングルヒーター坑道) (マルチヒーター坑道)		立坑掘削試験						
R-2	初期地圧測定			オーバーコアリング法	AE・DSCA法 水圧破碎法						
R-3	原位置岩盤試験			平板載荷・原位置せん断 (水室試験)							
R-4	原位置加熱試験			熱物性測定	シングルヒーター設置 マルチヒーター設置	加熱 加熱	冷却 冷却				
R-5	フラットジャッキテスト			変形試験, 加熱変形試験, 割れ目の変形強度・加熱試験				加熱透水試験			
P-1	地震観測		観測網設置		地震動と空洞の地震時挙動の観測						
S-1	グラウト試験				断層のプレグラウト施工	性能評価					
S-2	緩衝材, 埋戻し材施工試験						材料特性観測 施工				
S-3	立坑シール試験					プラグ・シール施工	性能評価	ポストグラウト	性能評価		
S-4	ボアホールシール試験					ボアホールシール 施工(1)	室内性能試験	ボアホールプラグ 施工(2)	オーバーコアリング	室内性能試験	
S-5	埋戻し空洞加熱試験								加熱	観測	

第V-3-2表 調査・試験コストおよび建設コスト

試験No.	調査試験名	コスト(× 10 ⁴ 円)	摘要
G-1	地表地質調査	900	140km ² の1/5000詳細地質図作業
G-2	物理探査	4700	120km ² の重力探査, 12km ² の電磁探査
G-3	ボーリング調査	53500	8100mのボーリング
G-4	孔内検層	3000	1300mの検層
G-5	コアの室内試験	4000	159ヶの標準試験, 20ヶの特殊試験
G-6	坑内地質調査	1600	3300mの1/20坑道展開図, 45ヶの室内試験
G-7	孔内物理探査	8000	弾性波トモグラフィによる割れ目探査, 孔内レーダー・弾性波発受振器開発
H-1	地表水文調査	3000	水収支観測装置の設置
H-2	地下推理調査	14500	坑内・ボーリング孔内地下水調査
H-3	大規模透水性試験	40000	4種の大規模透水性試験, 2試験空洞掘削費を含む
C-1	化学分析	—	H-2, G-5, G-6 に含まれる.
C-2	核種移行試験	6000	2孔間トレーサテストとヒーター周りのトレーサテスト, シングルヒーターテストの一部として後者は実施する.
R-1	掘削試験	25400	550L, 250Lにおける掘削試験と試験空洞掘削時の計測を含む.
R-2	初期地圧測定	5600	水圧破砕法3レベル, オーバーコアリング法2レベル, AB・DSCA法各30ヶ
R-3	原位置岩盤試験	3500	平板載荷, 原位置せん断試験3組, 空洞掘削費はR-1に計上.
R-4	原位置加熱試験	20000	熱物性試験は, メイン坑道側壁で実施, ヒーターテスト費用は試験空洞掘削費を含む.
R-5	フラットジャッキテスト	11700	1供試ブロックに対する費用, 設備費が大きいので, 2供試ブロック以降の費用は小さい.
P-1	地震観測	5300	既存の坑内を利用し, 観測網を設置, 維持管理費, 日常のデータ解析費は別途.
S-1	グラウト試験	7200	1回の試験施工と性能評価の費用. できれば数回実施したい.
S-2	緩衝材, 埋戻し材施工試験	11600	マルチヒーターテスト坑道の埋戻し試験施工
S-3	立坑シール試験	8200	3本の立坑掘削(計60m)と3種のシール方法の試験施工・性能試験
S-4	ボアホールシール試験	8200	250mボアホール2本のシール施工とキャリング・室内性能試験を2種の材料で実施
S-5	埋戻し空洞加熱試験	9600	R-4(マルチヒーターテスト), S-2を実施した試験空洞と設備を利用する.
	メイン坑道掘削	5700	掘削試験坑道を除くメイン坑道の掘削費
	総計	283000	