

本資料は 年 月 日付けで登録区分
変更する。

東濃地科学センター 【研究調整グループ】

採鉱設計支援システムの開発 (H5)

(概念設計 その2)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1994年3月

社団法人 資源・素材学会

本文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下さい。

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

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

©核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
1994

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。

本資料についての問い合わせは下記に願います。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺字園戸959-31

動力炉・核燃料開発事業団

- ・ 中部事業所
- ・ 技術開発課



~~限定資料~~

PNC¹J7552 94-001

1994年3月

採鉱設計支援システムの開発

増子 昇^{*}

要 旨

本研究委員会は、『放射線防護採鉱技術開発に関する研究』委員会の一部門として平成3年度より予備的な活動を開始していたが、平成4年度からは独立した研究体制で採鉱設計支援システムの開発に臨んだ。

初年度は、どのような採鉱法があるかの調査を行った。さらに通常行われる採鉱法の選定手順を簡略にまとめた上で、エキスパートシステムのプロトタイプを製作した。平成4年度には『採鉱法の選定とそれに係わる調査』について検討し、さらに『岩盤の評価』についても検討を開始した。また、既存の鉱山のデータを収集し、初年度に作成したエキスパートシステムを試用し、その結果を考慮して改良を加えた。

本年度は、まず岩盤の評価についての議論を進め、独自の評価・分類方法を提案した。また、既存の鉱山のデータを収集し、前年度改良を加えたエキスパートシステムを試用した。さらに、今後のデータベース、知識ベースはマルチメディア化される可能性が高いと考え、本研究に取り入れることの可否を検討した。最後に、次年度の研究準備として、採鉱法設計支援システムの詳細な設計に必要な項目について検討した。

報告書の第1章では、採鉱設計支援システムの意義と本年度の研究について述べた。

第2章では、岩盤の評価についての論議を進め、独自の評価・分類方法を提案した。昨年度までの検討で、現在発表されている岩盤の評価・分類方法では、必ずしも十分と言えないことがわかったためである。しかしながら、これを一挙に完成させるには無理があるので、本章で示したのは試案であり、次年度さらに詳細に検討することにした。

第3章では、採鉱法選定プログラムの検討結果について述べた。既存の鉱山のデータを収集し、前年度改良を加えたエキスパートシステムを試用した。その結果ヒット率（的中率）が70%と高率であり、ヒットしない場合も実際の採鉱法は次善の策として出力されたことより、本採鉱法選定プログラムは、かなり信頼性の高いものと考えられることを述べた。

第4章では、マルチメディア化に関する検討結果について述べた。採鉱法選定さらに、今後のデータベース、知識ベースはマルチメディア化される可能性が高いと考え、本研究に取り入れることの可否を検討した。その結果、長年培ってきた採鉱技術に関する蓄積を、単なる文字情報としてのみならず、画像、音声も含めたマルチメディアデータベースとして整理するのに適当な環境が整いつつあり、このような観点よりの活動を開始するのに絶好のタイミングであるとの結論を得た。

第5章では、採鉱法設計支援システムの詳細設計に必要な項目について列挙・検討した結果について記述し、次年度研究の準備とした。

第6章は、まとめとし、本年度の研究の結果、得られた事を簡略にまとめておいた。

本報告書は、(財)資源・素材学会が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：050D0260

事業団担当部課室および担当者：中部事業所鉱床解析室 石 堂 昭 夫

※：(財)資源・素材学会 会長

Expert System on Mining Design and Development

Noboru Masuko *

Abstract

Since the fiscal year of 1991, the activity has been started in a subsidiary working group of the committee for study on design and development of the mining technology for radiation protection. In the fiscal year of 1992, this committee was founded to develop an expert system for mine design and development.

In the fiscal year of 1991, preliminary study has been carried out. At first, various mining methods were surveyed and the distinctive features of them were discussed. Finally, a tiny expert system for selecting an appropriate mining method was proposed. In the fiscal year of 1992, a required investigation for mine development was examined. Special attention has been paid to rock mass classification. And also the tiny expert system was put to the test-run.

In this fiscal year, rock mass evaluation/classification system was discussed and a new evaluation/classification system was proposed. The precise and detailed data of mines were collected and test-run of tiny expert system was carried out for these mines. And, multi-media data base or knowledge base was discussed. Finally, items necessary for detailed designing and development of mine were discussed.

In chapter 1, the object of this study and the outline of results in this year were stated.

In chapter 2, rock mass evaluation/classification system for selecting and designing mine was discussed. And, a new evaluation/classification system was proposed.

In chapter 3, precise and detailed data of mines collected directly from experts who have worked in mines and know mines very well were compiled. And, the test-run of the tiny expert system was carried out. The expert system developed in the fiscal year of 1991 and modified in the fiscal year of 1992 performed quite well.

In chapter 4, possibility of multi-media data base or knowledge base was discussed and it was concluded that multi-media system is effective and strongly recommended for this study.

In chapter 5, items necessary for detailed designing and development of mine were discussed.

Finally in chapter 6, a brief summary of the results and the subjects to be studied in the next year are described.

Work performed by the Mining and Materials Processing Institute of Japan under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

Contract Number 050D0260

PNC Liaison : Resources Appraisal Section Chubu Works ; Akio Ishido

* : The Mining and Materials Processing Institute of Japan ; President

目 次

1. はじめに	1
2. 採掘法選定に関する岩盤評価法の検討	2
2.1 岩盤評価法試案	2
2.2 試案の性格とその適用例	4
3. 採鉱法選定プログラムの検討	8
3.1 適用鉱山概要	8
3.2 採鉱法選定プログラムの試用結果	8
表3-1 鉱山の概要	10
表3-2 各鉱山の岩盤の状況	24
表3-3 採掘法算定表（第2試案）	38
表3-4 採鉱法選定プログラムの試用結果まとめ	39
表3-5 採鉱法選定プログラムの出力例	43
4. マルチメディア化に関する検討	58
4.1 マルチメディア化の意義	58
4.2 使用システム	59
4.3 試用例	60
5. 採鉱法設計支援システムの詳細設計に必要な項目	71
5.1 まえがき	71
5.2 鉱山開発プロジェクトにおけるF/S	72
5.3 Pre F/S における検討項目と採鉱法の選定	73
5.4 1次選抜された採鉱法の詳細設計	75
5.5 Pre F/S の成果	80
5.6 まとめ	81
6. まとめ	82

1. はじめに

国内の鉱山は減少しつつあるが、経験者も次第に高齢化しつつある現在、専門家にとって替わるようなエキスパートシステムの確立は、今後の国内ならびに海外鉱山の開発や評価のため極めて有用との観点から、本研究は平成3年度より開始された。

初年度は、どのような採鉱法があるかの調査を行なった。さらに通常行なわれる採鉱法の選定手順を簡略にまとめた上で、エキスパートシステムのプロトタイプを製作した。

次年度（平成4年度）には、『採鉱法の選定とそれに係わる調査』について検討し、さらに『岩盤の評価』についても検討を開始した。また、既存の鉱山のデータを収集し、初年度に作成したエキスパートシステムを試用し、その結果を考慮して改良を加えた。

本年度は、まず岩盤の評価についての議論を進め、独自の評価・分類方法を提案した。また、既存の鉱山のデータを収集し、前年度改良を加えたエキスパートシステムを試用した。さらに、今後のデータベース、知識ベースはマルチメディア化される可能性が高いと考え、本研究に取り入れることの可否を検討した。最後に、次年度の研究の準備として、採鉱法設計支援システムの詳細設計に必要な項目について検討した。

平成5年度の本委員会の構成は下記の通りである。

委員長	大久保誠介（東京大学工学部）
委員	荻野雅（住鉱開発工事株式会社）
	肝付兼弘（海外ウラン資源開発株式会社）
	小島康司（日鉱資源工営株式会社）
	南光宣和（三井串木野鉱山株式会社）
	山富二郎（東京大学工学部）
	西松裕一（東京大学名誉教授）
	山口梅太郎（東京大学名誉教授）

2. 採掘選定法に関する岩盤評価法の検討

昨年度までの検討で採掘法選定のための鉱床・母岩の力学的特性の評価には、現在発表されている岩盤評価法では、不十分と思われる事もあるので、個有の評価法が望まれることとなった。しかしこれを一挙に作りあげるのは無理であるので、本年度は先ずたたき台的な試案を作り、これを稼行中又は過去に稼行された鉱山の状況と照し合せながら順次完成して行くこととしたい。

この方向で本年度は下記のような試案を作成した。

2. 1 岩盤評価法試案

(i) 中硬岩・軟岩の区分け

昨年報告書にも記した如く、先ず岩盤を中硬岩（悪くない）と軟岩（悪い）に大別することとする。

岩盤には花崗岩のように堅牢なものから第4紀の未固結層まで含まれる。そこで全ての岩盤を同じ評価基準で判定するより、分けて各々の評価基準を作る方がより実体に即したものが出来ると考えた。採掘法（サブレベルストーピング、シュリンケージ、サブレベルケービング等）の多くは、この“悪くない”岩盤でないと採用はむづかしく、一方“悪い”岩盤にはそれに特有の人工天盤を利用した下向充填法があるなど採掘法選定上も中硬岩、軟岩に分けることには意味がある。

この中硬岩・軟岩の境をどう決めるかであるが上記の採掘法との関係でいわゆる“悪くない”と“悪い”をどう判定したかに合わせて定めたいと考える。

すると“悪い”に相当する軟岩は

○第4紀等の未固結層

○膨潤等を伴う粘性液体に近い性質を示すもの。現場的な見方からは岩盤全体から支保に重荷重が加るもの

にかぎられるものとした。これは従来の岩級区分にあてはめると電中研方式では“D”，国鉄方式では“特S”“特L”等に相当する特殊地盤に相当することとなる。従って、ここでは中硬岩、軟岩という言葉を用いることとしたが、一般にはっきりした定義なしに用いられている“軟岩”の一部は、この分類では中硬岩に分類されることになる。

(ii) 中硬岩の評価方式

中硬岩の評価は2つの項目を用いた2次元的表示とする方向で考えることとした。

従来の岩盤評価法のうち、早期のものでは、Deere が提案したR Q Dが1つの数値を

用い、また電中研方式もA, B, C_H, C_M, C_L, Dと一次的に分ける。国鉄方式も岩種による区分けはあるが、弾性波速度等によってV_N, IV_N, III_N, II_N, I_N, I_S, I_L, 特S, 特Lと一列に分ける。RMRやQ値も多種の基準は採用するが、加減乗除で結んで結果は1つの数値で示されるというように一次的な表示であった。

これに対し、土研方式、本四公団方式、電発方式等は2つ又は3つ基準の組合を多次元的に用いている。

中硬岩に対しては、今回の目的では1つの項目で一次的に表わすのは無理であり、又RMRやQ値のように2つ以上の項目を簡単に加減乗除で統合することも無理であると考え後者の方式を取ることとした。

そこでこの項目として何を選ぶかであるが、上記3方式は次表のように強度、亀裂間隔、亀裂の状態、風化を選んでいる。

表2・1 従来の方式の評価項目

方 式	項 目
建設省土木研究所方式	強度的性質（強度）、割れ目（亀裂）間隔 不均一性（亀裂の状況等）
本州四国連絡橋公団方式	硬さ（強度）、割れ目（亀裂）間隔 割れ目（亀裂）状態
電 源 開 発 ㈱ 方 式	硬さ（強度）、亀裂間隔、風化

今回の試案では強度、亀裂間隔、亀裂の状態の3項目だけを選ぶこととした。

このうち強度は岩盤のインタクト部の力学的強度を示す。これを評価するのにRMR、Q値等外国の方式が、又我が国では、農水省の方式では岩石試験片の強度を用いているが、電中研、道路公団、本四、電発などの方式はハンマー打撃の打音、割れ方等の、経験的なやや勘に基づいた基準を採用している。

現状では、この強度を何らかの試験片強度的なもので表すことには経験より抵抗があり、本年度は、ハンマー打音を主とするもので表すこととしたい。

一方亀裂間隔、亀裂の状態については、従来は2つの項目として各々基準を定めてい

ないものが多い。しかし鉱山の経験では亀裂の状態がよい場合には、亀裂間隔が相当に密（例えば10cm間隔）であっても空洞の安定性に与える影響は少ない。そのような岩盤内に捲上機室やポンプ座等の大きな空洞がほぼ無支保で開削されている例は多い。それに対し滑り肌を持ったり粘土を挟んだりする亀裂は、たとえそれが粗であっても空洞の安定性が阻害されることを経験している。しかし、インタクト部分の他にこの2項目を独立させて、3次元的な分類を行うのは実用的でないので、この2つの項目を図3-1の左側のように統合して1つの項目（軸）とすることを試みることにした。以上の考え方で中硬岩の岩盤評価を図2-1の左側のようにまとめみることにした。

（Ⅲ）軟岩の評価方式

この試案で軟岩に区分けされる岩盤が、坑内採掘の対象となることは黒鉱鉱床等を除くと非常に稀なことと思われる。従って評価基準は黒鉱母岩のような粘性的挙動を示す岩盤のみを対象とすることも1つの方法と考えるが、後述する適用例に示すように硅砂がルームアントピラー法で採掘された例もあるので、未固結の砂（礫）質もこの試案の対象とすることにした。

ところがこの両者は力学的挙動が大いに異なる。砂質の未固結（層）は一般の状況では、ハンマー等で簡単にけずれるなどの特色もあるが、マスとしては普通の岩に近い挙動を示す。しかし国鉄方式の特Sの説明にもあるように圧力を持った水に合うとクイックサンドといわれる挙動を示す場合も起る。これに対し黒鉱鉱床の母岩や鉱石は掘削後時間と共に粘性的な挙動を示す。このように両者の力学的な挙動が異なることから、両者を評価する基準も異なるものとするにことにした。

砂（礫）質の未固結岩は固結度によって評価することにした。固結度という表現は細かい規定がないかなり曖昧なものである。これをより明確にするため土木関係等ではN値や切羽面の自立度等工夫されているが、採掘法の場合には現場例が少なく、これを調査し決定することがむずかしいことから、この試案では固結度という表現のままにしておくことにした。

一方粘性的な軟岩では黒鉱採掘の経験から、浸水崩壊性でほぼ岩盤としての力学的挙動の大きさが説明されることがわかっていることから浸水崩壊性で評価することにした。

以上の考え方で中硬岩および軟岩の評価法をまとめると図2-1のような試案とする。

2. 2 試案の性格とその適用例

上記の試案は従来の岩盤評価法に対し次のような特色がある。国鉄方式や道路公団方式での評価は、トンネルのある断面での支保決定等を主な目的としているため、その断

図 2 - 1 採掘法選定に関する岩盤評価法試案

中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるか粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多			強 ← 固結度 → 弱	砂質(礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

図 2 - 2 岩盤評価法試案の適用例

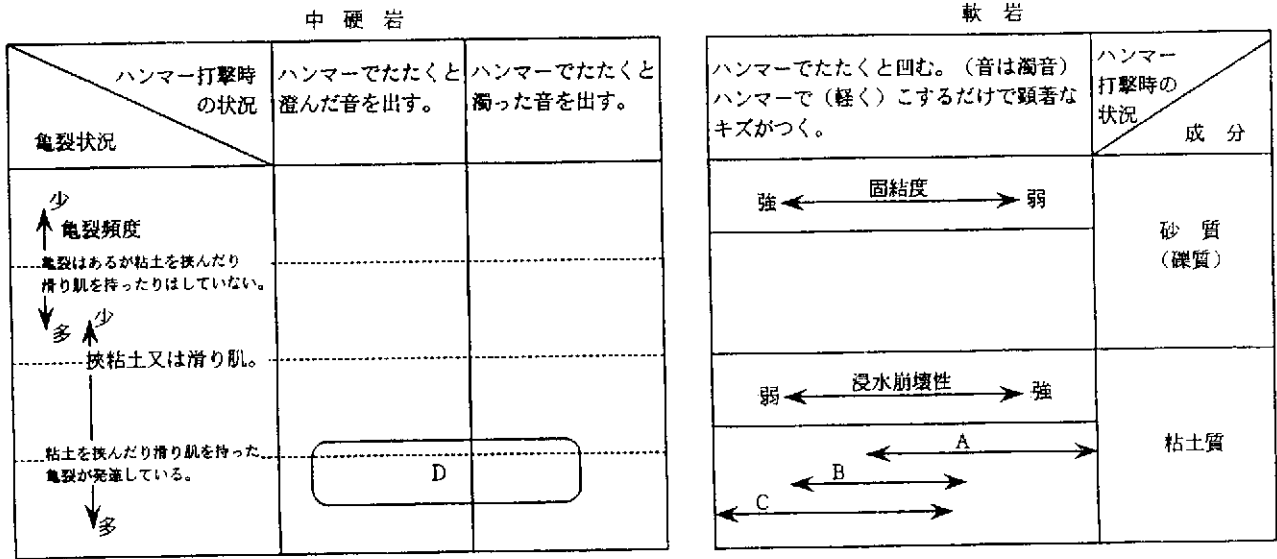
Room & Pillar.S

中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるか粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多			強 ← 固結度 → 弱 ← E →	砂質(礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

A: エリオットレイク、赤石 B: 藤ヶ谷 C: 河山 D: 精進川 E: ある硅砂採掘
L: 久慈 M: 菊間 N: 串木野

図 2-3 岩盤評価法試案の適用例

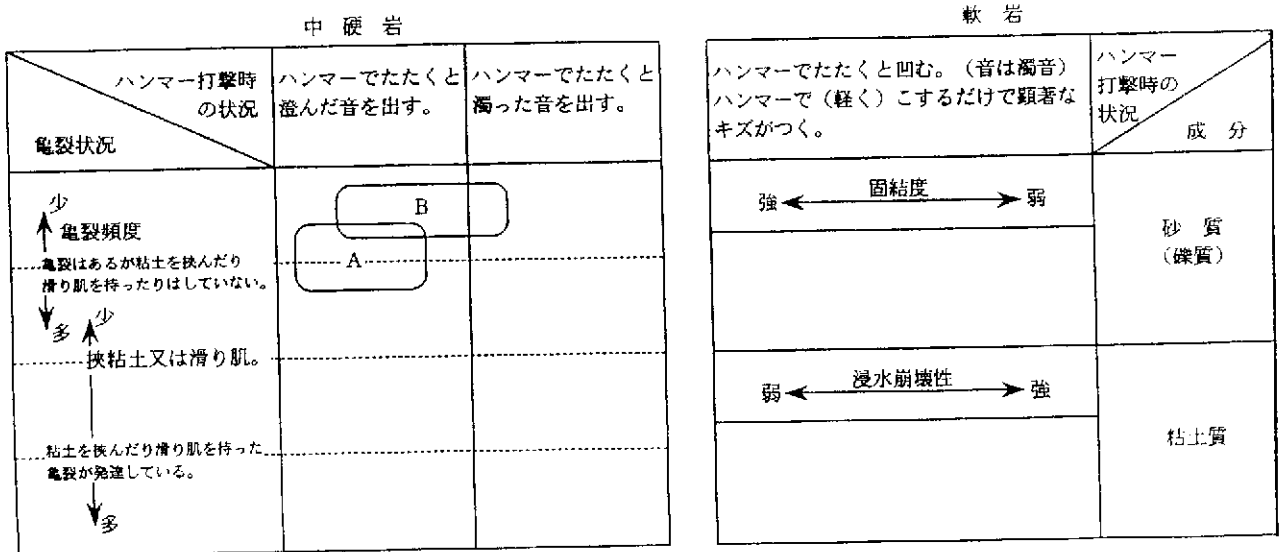
Underhand Cut & Fill.S



A : 釈迦内、松峰、鉛山 B : 花輪、深沢、古遠部 C : 吉野 D : 日立

図 2-4 岩盤評価法試案の適用例

Stull.S



A : 大谷、鐘打、日光 B : 白滝、佐々連

面部分等の狭い範囲の岩盤が各々評価の対象となる。これに対し採掘法選定のための岩盤評価では、対象の岩盤は1つの鉱床全体等の広い範囲を対象とする総合的判断である。この点に関し従来の経験的な選定では、対象となる鉱床の一番悪い場所の状況を想定して決定していたわけではないだろうが、平均より悪い方によった部分を判断の対象とした場合が多いであろう。いずれにしても今後の検討課題の一つとしたい。

次にこの委員会の目的から言えば、採掘法の選定を採鉱の初期段階に行うための岩盤評価法が問題になる。このような条件下では評価に用いることの出来る資料には制限がある。従来民間企業が行っていた場合、この資料としては、それまでの採鉱の得られた試錐コアのほか同じ鉱床タイプの稼行鉱山や、当該鉱床の母岩の地層上の延長が近くの谷間などで露頭となって表れた部分等も参考としていた。この手法は踏襲されるものとしてよいであろう。

本年度は以上のような試案を作り、各委員がその試案に各々の経験した鉱山の例を適用してみるところまで作業を進めた。(その結果は第3章に示す。)しかしその適用に際し気づいた問題点を持ち寄って検討整理するところまでは進めなかった。

従って本年度は委員間で議論が充分なされた結果としての適用例を示すことは出来ない。そこでここでは個人的経験に片寄るが比較的問題のない適用例を若干上げるにとどめることとし、ルームアンドピラーS、アンダーハンドカットアンドフィルS、スタルSに対する適用例を図2-2~2-4に示した。

なお、ルームアンドピラーSの中には土木工事であるが、地下空間の作り方に類似したところのある資源エネルギー庁が行った国家石油備蓄の中の久慈、菊間、串木野の地下備蓄基地を参考として挙げておいた。

以上本年度は岩盤評価法のたたき台を作るまでに留まってしまったが、来年度はこの試案を充分検討された成案とするよう努めたい。

特に実際の鉱山のほとんどが集中する中硬岩に関する部分の横軸と縦軸の説明を充実させることを検討したい。又縦軸を亀裂間隔と亀裂の状態を1つの軸に統合し得た理由である亀裂間隔は、密であっても亀裂の状態がよい場合は、空洞の安定に大きな影響を与えていないという経験的事実等についての事例の収集も必要と考えている。

3. 採鉱法選定プログラムの検討

3. 1 適用鉱山の概要

本年収集した鉱山の概要をまとめて表3-1に示す。これは、本委員会の委員より提供されたものを整理した結果で全部で26件ある。それらの内の一部は、昨年度に収集した鉱山と重なるが、表に示したデータは、新たに見直しを行なうとともに新たな項目を追加したものである。また、表3-2には、各鉱山の岩盤の状況を示す。整理の方法は、今年度新たに提案した方法に則った。表3-1、表3-2とも、各委員より提出された原稿を出来る限り忠実に清書したものであり、用語の統一などは最小限にとどめた。ここに集められた結果には、各委員の長年の経験が凝集されており、その多くは各委員が実際に訪れた鉱山、場合によっては職場であった鉱山に関するデータであり、この点を勘案すると、示された結果は極めて貴重なものであると言える。

3. 2 採鉱法選定プログラムの試用結果

使用したプログラムは、昨年度と全く同じものである。プログラムに組み込まれた論理も昨年度と同一であり、これを表3-3に示す。なお、この表は昨年度の報告書の表3-3を再掲したものである。表3-4に、プログラムの試用結果をまとめて示す。また、表3-5には、プログラム（エキスパートシステム）の出力を参考までに示した。表3-4は表3-5をまとめたものと言える。

表3-4に関し、まず下記の点を断っておく。

- データの欠落などあったのでこれを委員長の責任において可能な限り補った。
- 殊に、鉱石と母岩の分類については、欠落データが多かった。委員長の責任で補ったものについては、右肩に*を付しておいた。
- 岩盤の分類・評価は検討段階にあるので、表3-4では、鉱石と母岩の分類は評価していない。

表3-4を少し詳しく見ていくことにする。まず、最も左に通し番号（整理番号）を示し、次に鉱山名称を記した。次に、実際の採鉱法とエキスパートシステムが最適とする採鉱法を記した。Sublevel(-1)の様に採鉱法の後ろに示した数字は、この採鉱法に対して不適な項目の数を示している。鉱床の形状、規模、品位、位置については、対応する箇所には○あるいは×を記した。○とした場合には、実際採用されている採鉱法にこの項目の条件が適していることを示し、逆に不適な場合には×を記した。

表に示したのは、通し番号で26番までであるが、この内4番と18番については、2つに分けて評価した。また、20番はデータ不足のため評価出来なかった。従って、評価の対象の総数は27例である。表3-4の結果を見ると、実際の採鉱法とエキスパートシステムの推奨する採鉱法が一致した場合が19例、一致しなかったのが8例で、ヒット率は70%であった。これは、まずまずの結果

と言えよう。一致しなかった8例でも、実際に採用された採鉱法は例外なく次善の採鉱法とされた。例えば、通し番号2番の別子筏津では、Room & Pillarが最適な方法として出力された。この場合には、不適な条件はない。他方、実際の採鉱法であるShort Wallでは鉱床の規模が不適とされ、エキスパートシステムでは次善の方法となった。

ヒット率が70%と高率であり、ヒットしない場合も実際の採鉱法は次善の策として出力されたことより、本採鉱法選定プログラムは、かなり信頼性の高いものとの印象を受けた。これ以上の改良には、極め細かい検討が必要と思われるが、エキスパートシステムの試用を通じて感じた問題点を一応下記にまとめておく。

- 採鉱方法を若干追加した方が良い。例えば、Short Wallなどの追加は比較的簡単で有用と考えられる。

- 通し番号17番と18番（その2）では、鉱床の形状が不適とされた。これは、Over C & Fは塊状鉱床に不向きと判断されたからである。この点は、次年度検討したい。

- 細かい点の検討は残っているが、本エキスパートシステムの完成度は比較的高いと思われる。ただし、技術的進歩や社会環境の変化により変わるものであり、微妙な調整は今後とも必要と考える。この点は、データベースとか知識ベースと同様に、エキスパートシステムの宿命である。

表 3 - 1 鉾山の概要

- 1 , 佐々連
- 2 , 別子筏津
- 3 , 八総
- 4 , 別子本山 (上部、西部)
- 5 , 別子本山 (東部中深部)
- 6 , 別子本山 (深部)
- 7 , 北見
- 8 , 鴻の舞
- 9 , 余市 鉾脈
- 1 0 , 余市 黄金山
- 1 1 , 平瀬
- 1 2 , 藤ヶ谷
- 1 3 , 徳舜營
- 1 4 , 大江
- 1 5 , 鐘打
- 1 6 , 大谷
- 1 7 , 茂住
- 1 8 , 栃洞
- 1 9 , 串木野
- 2 0 , M o y e u v e r
- 2 1 , M i d w e s t
- 2 2 , S t a n l e i g h
- 2 3 , K e y L a k e
- 2 4 , R b b i t L a k e
- 2 5 , 豊羽
- 2 6 , 東濃

1. 佐々連

鉱山名称:	佐々連鉱山(金砂ひ)主鉱脈
オペレータ and/or オーナ:	
採鉱法:	サブレベルストーピング
鉱床のタイプ(熱水鉱床等):	キースラーガー
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等):	層状
寸法(厚さ等):	1m~8m 平均3.00m
鉱床の傾斜(°):	50° ~80°
鉱床の規模(およその埋蔵量):	4,508千 t (金砂ひのみ)、200m×3,000m×3.0m
品位(トン当たり単価 and/or 含有率):	Cu 1.65% S 20%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等):	700m~1,500m 平均1,100m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類:	塊状、縞状、含銅硫化鉄
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
母石の力学的・物理的性質	
種類:	母岩、上下盤:緑色片岩
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
支保:	部分的に三つ枠支保
その他特記事柄:	

2. 別子筏津

鉱山名称:	別子鉱山 筏津坑 (1 鉱床)
オペレータ and/or オーナ:	住友金属鉱山(株)
採鉱法:	Short wall Mining (Long wall Mining ?)
鉱床のタイプ(熱水鉱床等):	キースラーガー
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等):	層状
寸法(厚さ等):	平均1.20m上
鉱床の傾斜(°):	0° ~25°
鉱床の規模(およその埋蔵量):	3,149千 t、250m×4,000m×1.2m
品位(トン当たり単価 and/or 含有率):	Cu 1.49%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等):	600m~900m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類:	塊状及び縞状含銅硫化鉄鉱
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
母石の力学的・物理的性質	
種類:	直上下盤:珪質片岩1.00m上、その他上下盤:泥質片岩
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
支保:	部分的に三つ枠支保
その他特記事柄:	地圧により採掘跡が水平方向に広がるが大炭鉱に類似する。

3. 八総

鉱山名称：	八総鉱山(主鉱脈4)
オペレータ and/or オーナ：	住友金属鉱山(株)
採鉱法：	上向充填採鉱法、細脈部と安定部はストリップング
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	含銅(鉛・亜鉛)緑泥石石英脈
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	脈状(細脈、枝脈、網状脈)
寸法(厚さ等)：	0.55m、接触幅1.25m(ストリップング) 0.7m~1.30m(上向充填採鉱)
鉱床の傾斜(°)：	60° ~85°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	1,549千t(全出鉱量ベース)、1,200m×500m×1.3m 580m×270m×1.0m 520m×200m×0.8m etc
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	Cu 1.78%(脈品位：4.05%)
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	0m~500m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	主鉱石：黄銅鉱、黄鉄鉱 脈石：石英緑泥石、方解石等
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	凝灰岩、凝灰質砂岩、礫岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	
その他特記事柄：	鉱床を胚胎する断層破壊帯は全体に弱い変質を受けており、珪化作用、粘土化作用の著しいのは鉱脈の上下盤とも1~2mである。変質は上部は珪化作用、下部は緑泥石化作用。

4. 別子本山(上部、西部)

鉱山名称：	別子鉱山 本山坑 上部及び西部
オペレータ and/or オーナ：	
採鉱法：	上向充填採鉱法
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	層状
寸法(厚さ等)：	1.5m~2.8m
鉱床の傾斜(°)：	43° ~65°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	29,900千t(出鉱量)、1,100m×3,000m上×2.5m
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	0.8~1.5%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	250m~500m(二代採鉱部分) 1,000m~1,300m(西部)
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	塊状、縞状含銅硫化鉄鉱床、母岩：グリーンシスト
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	上下盤 0.10m 薄い珪質片岩、又泥質片岩(西部)
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	二次採鉱は上下盤に二次的な亀裂が発達している。
その他：	
支保：	
その他特記事柄：	二代掘は採掘後、低品位鉱を充填したものを再採掘したもの。

5. 別子本山(東部中深部)

鉱山名称:	別子鉱山 本山坑 東部中深部
オペレータ and/or オーナ:	住友金属鉱山(株)
採鉱法:	シュリンケージ法
鉱床のタイプ(熱水鉱床等):	
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等):	
寸法(厚さ等):	1.0m~2.5m、採鉱厚さ1.5m~2.8m
鉱床の傾斜(°):	55° ~60°
鉱床の規模(およその埋蔵量):	29,940千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率):	Cu 2.36%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等):	地表下1,000m~1,500m 平均1,250m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類:	塊状、縞状含銅硫化鉄鉱床、母岩:グリーンシスト
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
母石の力学的・物理的性質	
種類:	石英片岩
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
支保:	主として三つ枠(坑木、鋼枠)
その他特記事柄:	東部は上下盤石英片岩厚い

6. 別子本山(深部)

鉱山名称:	別子鉱山 本山坑(深部)
オペレータ and/or オーナ:	
採鉱法:	下向充填採鉱法(シールド採鉱法)
鉱床のタイプ(熱水鉱床等):	キースラーガー
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等):	層状
寸法(厚さ等):	1,400m~300m
鉱床の傾斜(°):	60° ~75°
鉱床の規模(およその埋蔵量):	29,940千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率):	平均2.36%、深部1.1%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等):	1,400m~1,900m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類:	塊及び縞状含銅硫化鉄鉱、脈石:グリーンシスト(緑泥片岩又は塩基性片岩)
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
母石の力学的・物理的性質	
種類:	直上下盤:石英片岩(0.05m~1.00m)、上下盤:石墨片岩(泥質片岩)
強度:	
岩盤分類:	
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
支保:	H鋼支保
その他特記事柄:	地圧のため、上下盤破壊されている。山鳴り発生あり。

7. 北見

鉱山名称：	北見鉱山(主鉱脈3)
オペレータ and/or オーナー：	住友金属鉱山(株)
採鉱法：	シュリンケージ
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	第3紀中新世の含銅・鉛・亜鉛脈(主に3脈)
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	脈状
寸法(厚さ等)：	平均0.50m～1.0m
鉱床の傾斜(°)：	60°～70°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	454千t(出鉱量)、900m×250m×0.7m 550m×250m×0.5m 350m×150m×1.0m
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	Ag 34g/t、Cu 0.79%、Pb 1.18%、Zn 1.35%、S 8.15%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	50m～300m 平均200m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	脈石：石英、緑泥岩、絹雲母(方解石)
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	砂岩、砂質頁石(先白亜紀)、珪化し、石英、緑泥石が大部分
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	殆どない、一部三つ枠
その他特記事柄：	

8. 鴻の舞

鉱山名称：	鴻の舞鉱山(倶知安内5号ひ東部)(主鉱脈は4)
オペレータ and/or オーナー：	
採鉱法：	シュリンケージ
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	新第3紀層中新世の浅熱水性含金石英脈
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	層状
寸法(厚さ等)：	平均10m
鉱床の傾斜(°)：	55°～60°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	11,500千t、73t Au(生産量実績) 5号ひ：2,100m×600m×10m
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	Au 4.2g/t、Ag 93g/t
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	30m～500m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	浅熱水性含金石英脈
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	凝灰岩、頁岩、礫岩(第三紀中新世層)
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	一部三つ枠等施枠
その他特記事柄：	珪化が強く範囲が広い

9. 余市 鉍脈

鉍山名称：	余市鉍山 鉍脈鉍床(Cu系)(主に5脈)
オペレータ and/or オーナ：	住友金属鉍山(株)
採鉍法：	上向充填採鉍法 Cut & fill
鉍床のタイプ(熱水鉍床等)：	第三紀中新世 裂か充填鉍床(Cu,Pb,Zn)
鉍床の形状(塊状,脈状,層状等)：	脈状
寸法(厚さ等)：	0.3m~4.5m (平均1.0m~2.0m)
鉍床の傾斜(°)：	70° ~85°
鉍床の規模(およその埋蔵量)：	1,192千t、850m×350m×0.5m 750m×350m×0.6m 250m×345m×0.4m 100m×200m×4.5m
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	Cu 1.2%、Pb 0.6%、Zn 3.5%、S 10%
鉍床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	50m~400m 平均300m
鉍石の力学的・物理的性質	
種類：	含銅、鉛、亜鉛石英脈 脈石：石英、緑泥岩、カオリン(少)、方解石(少)
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	小断層、亀裂多し
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	変形安山岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	母岩、小さな断層多く斜交している。粘土を咬んでいる。
その他：	
支保：	三つ留、アーチ枠
その他特記事柄：	

10. 余市 黄金山

鉍山名称：	余市鉍山 黄金山鉍床(主鉍体3) Pb,Zn
オペレータ and/or オーナ：	住友金属鉍山(株)
採鉍法：	シュリンケージ
鉍床のタイプ(熱水鉍床等)：	第3紀中新世、裂か充填鉍脈鉍床
鉍床の形状(塊状,脈状,層状等)：	脈状(レンズ状)
寸法(厚さ等)：	1m~10m 平均5m
鉍床の傾斜(°)：	75° ~80°
鉍床の規模(およその埋蔵量)：	出鉍量：4.4万t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	Pb 1.2%、Zn 7.6%、S 10%
鉍床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	50m~370m(平均300m)
鉍石の力学的・物理的性質	含鉛、亜鉛、石英脈
種類：	
強度：	
岩盤分類：	CII
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	珪化低品位脈
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	
その他特記事柄：	レンズ状鉍脈鉍床であり、レンズ体の内部の高品位部を採掘している。従って、母岩は鉍体の低品位部分であり堅固である。

1 1. 平瀬

鉱山名称：	平瀬鉱山(脈数 8)
オペレータ and/or オーナ：	住友金属鉱山(株)
採鉱法：	上向階段法
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	含モリブデン石英脈
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	脈状
寸法(厚さ等)：	0.20m~0.40m
鉱床の傾斜(°)：	80°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	148,426 t (生産量)、300m×300m×0.4m 40m×80m×0.4m 100m×120m×0.2m 60m×110m×0.3m etc
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	MOS ₂ 0.6~5.4%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	150m~800m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	石英(輝鉛鉱のフレーク)
強度：	
岩盤分類：	Ch
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	黒雲母花崗岩
強度：	
岩盤分類：	Ch
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	断裂帯、部分的に坑道支保
その他特記事柄：	

1 2. 藤ヶ谷

鉱山名称：	藤ヶ谷鉱山
オペレータ and/or オーナ：	鐘打鉱業(株)
採鉱法：	残柱式空洞堀
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	交代鉱状
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	鉱状の集合
寸法(厚さ等)：	
鉱床の傾斜(°)：	
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	100万 t 以下
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	WO ₃ 平均0.7~1.0%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	100mから300m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	
その他特記事柄：	

1 3. 徳舜營

鉱山名称： 徳舜營鉱山
オペレータ and/or オーナ： 日鉄鉱業(株)
採鉱法： 柱房式充填採掘法
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)： 鉱染交代硫黄鉱床
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)： 塊状
寸法(厚さ等)： 900m×120m×50m
鉱床の傾斜(°)： ほぼ水平
鉱床の規模(およその埋蔵量)： 150万 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)： S 40%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)： 50m～100m

鉱石の力学的・物理的性質
種類：
強度：
岩盤分類：
亀裂の性状・間隔：
その他：

母石の力学的・物理的性質
種類：
強度：
岩盤分類：
亀裂の性状・間隔：
その他：

支保：
その他特記事柄：

1 4. 大江

鉱山名称： 大江鉱山
オペレータ and/or オーナ： 北進鉱業(株)
採鉱法： 充填式上向段欠法
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)： 浅熱水性裂か充填鉱床
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)： 脈状
寸法(厚さ等)： 0.7m～19m 平均3.6m
鉱床の傾斜(°)： 平均80°
鉱床の規模(およその埋蔵量)： 脈延長2,500m 800万 t ?
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)： Pb 1%、Zn 3%、Mn 15%程度
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)： 50m～500m

鉱石の力学的・物理的性質
種類：
強度：
岩盤分類：
亀裂の性状・間隔：
その他：

母石の力学的・物理的性質
種類：
強度：
岩盤分類：
亀裂の性状・間隔：
その他：

支保：
その他特記事柄：

15. 鐘打

鉱山名称： 鐘打鉱山
オペレータ and/or オーナ： 鐘打鉱業(株)
採鉱法： 上向打柱採掘法
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)： 裂か充填鉱床
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)： 脈状
寸法(厚さ等)： 10cm~40cm
鉱床の傾斜(°)： 35° ~70°
鉱床の規模(およその埋蔵量)： 50万 t ?
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)： 平均WO₃ 0.5~0.7%

鉱石の力学的・物理的性質

種類：

強度：

岩盤分類：

亀裂の性状・間隔：

その他：

母石の力学的・物理的性質

種類：

強度：

岩盤分類：

亀裂の性状・間隔：

その他：

支保：

その他特記事柄：

16. 大谷

鉱山名称： 大谷鉱山
オペレータ and/or オーナ： 大谷鉱山(株)
採鉱法： シュリンケージ 上向充填掘
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)： 裂か充填鉱床(含金石英脈)
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)： 脈状
寸法(厚さ等)： 平均10cm~60cm
鉱床の傾斜(°)： 70° ~90°
鉱床の規模(およその埋蔵量)： 100万 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)： 平均品位 5~8g/t
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)： 0m~500m

鉱石の力学的・物理的性質

種類：

強度：

岩盤分類：

亀裂の性状・間隔：

その他：

母石の力学的・物理的性質

種類：

強度：

岩盤分類：

亀裂の性状・間隔：

その他：

支保：

その他特記事柄：

17. 茂住

鉱山名称:	神岡鉱山(茂住鉱)
オペレータ and/or オーナ:	神岡鉱業(株)
採鉱法:	カットアンドフィル
鉱床のタイプ(熱水鉱床等):	熱水交代鉱床(スカルン鉱床)
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等):	塊状
寸法(厚さ等):	L50m×W15m×H150m
鉱床の傾斜(°):	50°～60°
鉱床の規模(およその埋蔵量):	約10百万t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率):	Pb 0.8%、Zn 7.0%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等):	50m～700m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類:	灰鉄輝石を主とするスカルン
強度:	圧縮強度:約600kg/cm ²
岩盤分類:	B～Ct
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
母石の力学的・物理的性質	
種類:	片麻岩
強度:	圧縮強度:約1,500kg/cm ²
岩盤分類:	B～Ct
亀裂の性状・間隔:	
その他:	
支保:	ルーフ・ボルト
その他特記事柄:	

18. 栃洞

鉱山名称:	神岡鉱山(栃洞鉱)
オペレータ and/or オーナ:	神岡鉱業(株)
採鉱法:	サブレベル・ストーピング、カットアンドフィル
鉱床のタイプ(熱水鉱床等):	熱水交代鉱床(スカルン鉱床)
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等):	塊状
寸法(厚さ等):	最大L300m×W60m×H500m
鉱床の傾斜(°):	70°～80°
鉱床の規模(およその埋蔵量):	約50百万t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率):	Zn 4.3%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等):	50m～450m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類:	灰鉄輝石を主とするスカルン
強度:	圧縮強度:約800kg/cm ²
岩盤分類:	A
亀裂の性状・間隔:	断層帯およびその付近以外には顕著な亀裂は無い。
その他:	
母石の力学的・物理的性質	
種類:	片麻岩、石灰岩
強度:	圧縮強度:約2,000kg/cm ² (片麻岩)、約1,500kg/cm ² (石灰岩)
岩盤分類:	A
亀裂の性状・間隔:	鉱石部と同じ
その他:	
支保:	無し
その他特記事柄:	

19. 串木野

鉱山名称：	串木野鉱山
オペレータ and/or オーナ：	三井串木野鉱山(株)
採鉱法：	カットアンドフィル
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	熱水鉱床
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	脈状
寸法(長さ等)：	L2,600m×W3~60m×450m
鉱床の傾斜(°)：	35°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	約5百万 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	Au 6g/t
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	50m~400m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	含銀方解石石英
強度：	圧縮強度：約400kg/cm ²
岩盤分類：	C _H
亀裂の性状・間隔：	亀裂面に沿って風化、15cm~20cm
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	安山岩
強度：	圧縮強度：約1,000kg/cm ²
岩盤分類：	B
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	ルーフ・ボルト、一部鋼柱(三つ留)
その他特記事柄：	

20. Moyeuivre

鉱山名称：	Moyeuivre(Lorraine)
オペレータ and/or オーナ：	Wendel-Sidclor
採鉱法：	2層の追掛け絵ばらし式柱房採掘法
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	堆積型
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	層状
寸法(長さ等)：	3.80m~4.70mと2.80m~3.00mで、その間のはさみ6.5m
鉱床の傾斜(°)：	3%
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	28%~36%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	125m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	石灰質砂岩及び珪質砂岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	石灰質砂岩及び珪質砂岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	合成樹脂ボルト及び拡張式ボルトによるリーフ・ボルト ディングで、1.5m間隔にて5本ずつ(坑道幅6m)
その他特記事柄：	

2 1. Midwest

鉱山名称：	Midwest (CANADA)
オペレータ and/or オーナ：	Cogema
採鉱法：	NEVPとBench (Non-Entry Vertical Panel)
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	不整合関連型
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	塊状
寸法(厚さ等)：	200m×150m×(2~20)m
鉱床の傾斜(°)：	
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	361千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	U ₃ O ₈ 4.5%(COG 0.5%)、価格：10\$/lb
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	190m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	閃ウラン鉱、コフィン石不規則な断層があり粘土を30% 含む軟弱である。
強度：	190~507kg/cm ²
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	砂岩、礫岩層があり鉱体に近づくとき珪質基質が減少し、 軟弱である。膨潤性はない。
強度：	274~830kg/cm ²
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	
支保：	ロックボルト吹付と鋼柱支保
その他特記事柄：	湧水が多い(680m ³ /h)、湖の下に鉱体が賦存する。

2 2. Stanleigh

鉱山名称：	Stanleigh (CANADA)
オペレータ and/or オーナ：	Rio Algom
採鉱法：	ルームアンドピラー (トラックレス方式)
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	石英礫岩
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	層状
寸法(厚さ等)：	6,000m×1,500m×(3~4)m
鉱床の傾斜(°)：	0° ~12°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	39,473千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	U ₃ O ₈ 0.073%、価格：10\$/lb
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	1,150m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	閃ウラン鉱、ブランチル石黄鉄鉱
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	亀裂はあるが堅固である。
その他：	
母石の力学的・物理的性質	
種類：	礫岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	鉱石に比べて亀裂があるが堅固である。
その他：	
支保：	ロックボルト支保(100%)
その他特記事柄：	鉱石、母岩ともに堅牢である。採掘幅は18m

23. Key Lake

鉱山名称：	Key Lake (CANADA) Deilman Pit
オペレータ and/or オーナ：	Cameco
採鉱法：	露天掘り
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	不整合関連型
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	塊状
寸法(厚さ等)：	1,270m×198m×183m
鉱床の傾斜(°)：	
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	2,467千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	U ₃ O ₈ 2.22%(COG 0.2%)、価格：10\$/lb
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	183m
鉱石の力学的・物理的性質 種類：	閃ウラン鉱、コフィン、石黄鉄鉱
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	粘土を含むが堅固である。
母石の力学的・物理的性質 種類：	砂岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	粘土成分を含み風化しやすい。
支保：	
その他特記事柄：	断層体がありピット壁面から水抜きをしている。湧水が多い(1,050 m ³ /h)

24. Rabbit Lake

鉱山名称：	Rabbit Lake (CANADA) Collins Bay B Pit
オペレータ and/or オーナ：	Cameco
採鉱法：	露天掘り
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	不整合関連型
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	塊状
寸法(厚さ等)：	915m×90m×30m
鉱床の傾斜(°)：	
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	2,587千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	U ₃ O ₈ 0.72%、価格：10\$/lb
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	45m
鉱石の力学的・物理的性質 種類：	閃ウラン鉱、コフィン石
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	粘土を含むが堅固である。
母石の力学的・物理的性質 種類：	砂岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	比較的堅固である。
支保：	
その他特記事柄：	

25. 豊羽

鉱山名称：	豊羽鉱山
オペレータ and/or オーナ：	日鉱金属(株)
採鉱法：	サブレベル・ストーピング
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	浅熱水性裂か充填型
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	脈状
寸法(厚さ等)：	走行延長8,000m、傾斜延長600m、幅1m~30m(平均2.5m)
鉱床の傾斜(°)：	50° ~80°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	22,000千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	Ag 144g/t、Zn 7.6%、Pb 2.5%
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	30m~800m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱
強度：	一軸圧縮強度：1,500~2,200kg/cm ²
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	堅固である。(一部粘土体もある)
母石の力学的・物理的性質	
種類：	凝灰岩、安山岩、玄武岩、流紋岩、泥岩
強度：	一軸圧縮強度：700~1,600Kg/cm ²
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	鉱脈に平行な卓越した亀裂がある。
その他：	
支保：	ロックボルト支保(80%)、三つ留支保(20%)
その他特記事柄：	高温岩盤温度(最高は140℃)。鉱脈が40以上あり、交差、分岐している。

26. 東濃

鉱山名称：	東濃鉱山
オペレータ and/or オーナ：	動力炉核燃料開発事業団
採鉱法：	短壁式
鉱床のタイプ(熱水鉱床等)：	砂岩型(基盤型)
鉱床の形状(塊状,脈状,層状等)：	層状
寸法(厚さ等)：	1,900m×300m×(1~3)m
鉱床の傾斜(°)：	3° ~6°
鉱床の規模(およその埋蔵量)：	1,016千 t
品位(トン当たり単価 and/or 含有率)：	U ₃ O ₈ 0.13%(COG 0.07%)、価格：10\$/lb
鉱床の深さ(上限,下限,平均深さ等)：	120m~170m
鉱石の力学的・物理的性質	
種類：	閃ウラン鉱、コフィン石、燐灰ウラン石
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	礫岩層中で粘土を含み軟弱である。
母石の力学的・物理的性質	
種類：	砂岩、礫岩、炭質けつ岩
強度：	
岩盤分類：	
亀裂の性状・間隔：	
その他：	断層帯もあり軟弱である。
支保：	ロックボルト支保(10%)、三つ留支保(90%)
その他特記事柄：	

表 3 - 2 各 鉦 山 の 岩 盤 の 状 況

- 1 , 佐 々 連
- 2 , 別 子 筏 津
- 3 , 八 総
- 4 , 別 子 本 山 (上 部 、 西 部)
- 5 , 別 子 本 山 (東 部 中 深 部)
- 6 , 別 子 本 山 (深 部)
- 7 , 北 見
- 8 , 鴻 の 舞
- 9 , 余 市 鉦 脈
- 1 0 , 余 市 黄 金 山
- 1 1 , 平 瀬
- 1 2 , 藤 ヶ 谷
- 1 3 , 徳 舜 誓
- 1 4 , 大 江
- 1 5 , 鐘 打
- 1 6 , 大 谷
- 1 7 , 茂 住
- 1 8 , 栃 洞
- 1 9 , 串 木 野
- 2 0 , M o y e u v e r
- 2 1 , M i d w e s t
- 2 2 , S t a n l e i g h
- 2 3 , K e y L a k e
- 2 4 , R b b i t L a k e
- 2 5 , 豊 羽
- 2 6 , 東 濃

岩級区分

1. 佐々連

中硬岩	
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況
<p>↑ 少 亀裂頻度</p> <p>亀裂はあるか粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。</p> <p>↓ 多</p> <p>↑ 少 挟粘土又は滑り肌。</p> <p>↓ 多</p> <p>粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p>	<p>ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。</p> <p>○</p>

軟岩	
成分	ハンマー打撃時の状況
砂岩 (礫質)	<p>ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)</p> <p>ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。</p> <p>強 ← 固結度 → 弱</p>
	<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>
粘土質	

岩級区分

2. 別子筏津

中硬岩	
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況
<p>↑ 少 亀裂頻度</p> <p>亀裂はあるか粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。</p> <p>↓ 多</p> <p>↑ 少 挟粘土又は滑り肌。</p> <p>↓ 多</p> <p>粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p>	<p>ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。</p> <p>○</p>

軟岩	
成分	ハンマー打撃時の状況
砂岩 (礫質)	<p>ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)</p> <p>ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。</p> <p>強 ← 固結度 → 弱</p>
	<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>
粘土質	

岩級区分

3. 八総

中硬岩		軟岩	
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。		○	成分 砂岩 (礫質) 粘土質
			強 ← 固結度 → 弱 弱 ← 浸水崩壊性 → 強

中硬岩		軟岩	
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。		○	成分 砂岩 (礫質) 粘土質
			強 ← 固結度 → 弱 弱 ← 浸水崩壊性 → 強

岩級区分

4. 別子本山(上部、西部)

中硬岩		軟岩	
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。		○	成分 砂岩 (礫質) 粘土質
			強 ← 固結度 → 弱 弱 ← 浸水崩壊性 → 強

中硬岩		軟岩	
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。		○	成分 砂岩 (礫質) 粘土質
			強 ← 固結度 → 弱 弱 ← 浸水崩壊性 → 強

岩級区分

5. 別子本山(東部中深部)

中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多		○	強 ← 固結度 → 弱	砂岩(礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

6. 別子本山(深部)

中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多			強 ← 固結度 → 弱	砂岩(礫質)	
		○	弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

7. 北見

中 硬 岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと濁った音を出す。
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。		○

軟 岩		成分
ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)
	弱 ← 浸水崩壊性 → 強	粘土質

岩級区分

8. 鴻の舞

中 硬 岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと濁った音を出す。
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。		○

軟 岩		成分
ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)
	弱 ← 浸水崩壊性 → 強	粘土質

岩級区分

9. 余市 鉾脈

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多			強 ← 固結度 → 弱		砂岩 (礫質)
			○		

岩級区分

10. 余市 黄金山

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↑ 少 ↓ 多 挟粘土又は滑り肌。 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多		○	強 ← 固結度 → 弱		砂岩 (礫質)

岩級区分

11. 平瀬

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多		○	強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

12. 藤ヶ谷

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。 ↓ 多		○	強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

13. 徳舜磐

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。			強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

14. 大江

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音)ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。			強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

15. 鐘打

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。			強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

16. 大谷

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。			強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)	
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

17. 茂住

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
<p>↑ 少 亀裂頻度</p> <p>亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を保持してはしていない。</p> <p>↓ 多</p> <p>狭粘土又は滑り肌。</p> <p>↑ 少</p> <p>粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p> <p>↓ 多</p>			<p>強 ← 固結度 → 弱</p>	砂岩 (礫質)	
			<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>		粘土質

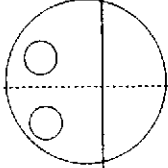
岩級区分

18. 栃洞

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
<p>↑ 少 亀裂頻度</p> <p>亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を保持してはしていない。</p> <p>↓ 多</p> <p>狭粘土又は滑り肌。</p> <p>↑ 少</p> <p>粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p> <p>↓ 多</p>			<p>強 ← 固結度 → 弱</p>	砂岩 (礫質)	
			<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>		粘土質


岩級区分

19. 串木野

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
<p>↑ 少 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。</p> <p>↓ 多 ↑ 少 挟粘土又は滑り肌。</p> <p>↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p>			<p>強 ← 固結度 → 弱</p>		砂岩 (礫質)
			<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>		粘土質

岩級区分

20. Moyeuve

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
<p>↑ 少 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。</p> <p>↓ 多 ↑ 少 挟粘土又は滑り肌。</p> <p>↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p>			<p>強 ← 固結度 → 弱</p>		砂岩 (礫質)
			<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>		粘土質

岩級区分

2 1. Midwest

中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。			強 ← 固結度 → 弱		砂岩 (礫質)
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

2 2. Stanleigh

中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。			強 ← 固結度 → 弱		砂岩 (礫質)
			弱 ← 浸水崩壊性 → 強		粘土質

岩級区分

23. Key Lake

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。				強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)
				弱 ← 浸水崩壊性 → 強	粘土質

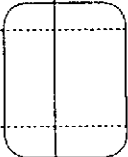
岩級区分

24. Rabbit Lake

中硬岩			軟岩		
亀裂状況	ハンマー打撃時の状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマー打撃時の状況	成分
少 ↑ 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。 ↓ 多 ↓ 少 ↑ 多 挟粘土又は滑り肌。 ↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。				強 ← 固結度 → 弱	砂岩 (礫質)
				弱 ← 浸水崩壊性 → 強	粘土質

岩級区分

25. 豊羽

中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
<p>↑ 少 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。</p> <p>↓ 多 ↓ 少 挟粘土又は滑り肌。</p> <p>↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p>			<p>強 ← 固結度 → 弱</p>		砂岩 (礫質)
			<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>		粘土質

岩級区分

26. 東濃

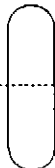
中 硬 岩			軟 岩		
亀裂状況	ハンマーでたたくと澄んだ音を出す。	ハンマーでたたくと濁った音を出す。	ハンマーでたたくと凹む。(音は濁音) ハンマーで(軽く)こするだけで顕著なキズがつく。	ハンマー打撃時の状況	成分
<p>↑ 少 亀裂頻度 亀裂はあるが粘土を挟んだり滑り肌を持ったりはしていない。</p> <p>↓ 多 ↓ 少 挟粘土又は滑り肌。</p> <p>↓ 多 粘土を挟んだり滑り肌を持った亀裂が発達している。</p>			<p>強 ← 固結度 → 弱</p>		砂岩 (礫質)
			<p>弱 ← 浸水崩壊性 → 強</p>		粘土質

表3-3 採掘法選定法（第2次案）

採 掘 法	鉱床の形状								鉱床の規模				品位			鉱床の位置			鉱石の力学的特性			母岩の力学的特性												
	塊 状	平（脈状・層状）								300万t 以下	300万t ～1500万t	1500万t ～15000万t	15000万t 以上	10千円 以下	10千円 ～30千円	30千円 以上	100m 以下	100m ～500m	500m 以上	ex1 CSIRのRMR	ex2 NGIのQ値	ex3 電研の岩級区分	ex1 CSIRのRMR	ex2 NGIのCOE	ex3 電研の岩級区分									
		傾斜 0°～10°	10°～35°	35°～70°	70°～90°	300万t 以下	300万t ～1500万t	1500万t ～15000万t	15000万t 以上																	10千円 以下	10千円 ～30千円	30千円 以上	100m 以下	100m ～500m	500m 以上			
		厚さ 2m以下	2m ～5m	5m 以上	2m以下	2m ～5m	5m 以上	2m以下	2m ～5m																	5m 以上	1m以下	1m ～3m	3m ～10m	10m 以上				
Open Pit Min	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○				×	特になし				×	特になし								
Room & Pillar Min		○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	△	○	△		×	●60以上 ▲50"	×	●7以上 ▲5"	×	●Cw以上 ▲Cu"		×	●65以上 ▲50"	×	●10以上 ▲5"	×	●Cw以上 ▲Cu"			
Sublevel S.	○									△	○	○	○	○	△	○	○		×	●65以上 ▲40"	×	●10以上 ▲2"	×	●Cw以上 ▲Cu"		×	●65以上 ▲50"	×	●10以上 ▲5"	×	●Cw以上 ▲Cu"			
Overhand Cut & Fill s.							△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○		×	●65以上 ▲50"	×	●10以上 ▲5"	×	●Cw以上 ▲Cu"		×	●65以上 ▲50"	×	●10以上 ▲5"	×	●Cw以上 ▲Cu"			
Underhand Cut & Fill s.	○							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				×	特になし				×	●40以下 ▲65"	×	●2以下 ▲10"	×	●D以下 ▲Cu"			
Shrinkage S.							△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○		×	●50以上 ▲40"	×	●5以上 ▲2"	×	●Cw以上 ▲Cu"		×	●65以上 ▲50"	×	●10以上 ▲5"	×	●Cw以上 ▲Cu"			
Stull S.							△	△		○	△			○	△	○	○				×	特になし				×	●60以上 ▲50"	×	●7以上 ▲5"	×	●Cw以上 ▲Cu"			
Block Caving	○							△			○	○	○	○	○	○	○																?	ケーバビリティの評価
Sublevel Caving	○							△			○	○	○	○	○	○	○																?	
Long wall Min		○	○	△	○	○					○	○	○	○	○	△	○																?	やわらかく 機械掘削が望ましい

表 3 - 4 採鉱法選定プログラムの
試用結果のまとめ

通し 番号	鉱 山 名	探 掘 法	エキスパート システムがリ コメンドする 採鉱法とその 評点	鉱床の形状								鉱床の規模				品位 (1当り 品位)			鉱床の位置 (深さ)			鉱 石 の 分 類	母 岩 の 分 類				
				偏平 (脈状・層状)								300万t 以下	300万t ~ 1500万t	1500万t ~ 15000万t	15000万t 以上	10千円 以下	10千円 ~ 30千円	30千円 以上	200m 以下	200m ~ 500m	500m 以上						
				塊	傾斜				厚さ																		
					0° ~ 10°	10° ~ 35°	35° ~ 70°	70° ~ 90°	2m以下	2m ~ 5m	5m以上													5m ~ 10m	10m 以上		
1	佐々連	Sublevel (-1)	Over C & F (0) Shrinkage (0) Stull (0)																					○	CH	CH	
2	別子筏津	Short wall (-1)	Room & Pillar (0)													×									○	CH~CM	CH
3	八総	Over C & F (0)	同 左					○							○										○	CL, CM	CL, CM
4	別子本山 (上部、西部)	Over C & F (0)	同 左						○	○								○	○						○	CL CM	CL CL
5	別子本山 (東部中深部)	Shrinkage (0)	同 左						○	○								○							○	CM	CM
6	別子本山 (深部)	Under C & F (0)	同 左							○								○							○	CL	CL
7	北見	Shrinkage (0)	同 左						○																○	CH	CH*
8	鴻の舞	Shrinkage (0)	同 左								○														○	B	B
9	余市 鉱脈	Over C & F (0)	同 左												○										○	CL	CL*
10	余市 黄金山	Shrinkage (0)	同 左											○											○	B	CH*

通し番号	鉤山名	採掘法	エキスパートシステムがリコmendする採鉤法とその評点	鉤床の形状											鉤床の規模	品位(1当り價格)	鉤床の位置(深さ)			鉤石の分類	母岩の分類											
				偏平(脈状・層状)													300万t以下	300万t~1500万t	1500万t~15000万t			15000万t以上	10千円以下	10千円~30千円	30千円以上	200m以下	200m~500m	500m以上				
				傾斜0°~10°			" 10°~35°			" 35°~70°			" 70°~90°																			
				塊状	厚さ 2m以下	" 2m~5m	" 5m以上	" 2m以下	" 2m~5m	" 5m以上	" 2m以下	" 2m~5m	" 5m以上	" 1m以下															" 1m~3m	" 3m~10m	" 10m以上	
11	平瀬	Stull (0)	同 左																								CH	CH				
12	藤ヶ谷	Room & Pillar (-1)	同 左	○																									B*	B*		
13	徳舜管	Room & Pillar (-2)	Sublevel (-1) 他	○																							×	CM*	CM*			
14	大江	Over C & F (0)	同 左													○													○	○	CM*	CM*
15	鐘打	Stull (0)	同 左							○																			○	B*	B*	
16	大谷	Shrinkage (0) Over C & F (0)	同 左														○												○	B*	B*	
17	茂住	Over C & F (-1)	Under C & F (0)	×													○												○	CH以上	CH以上	
18	栃洞	Sublevel (0) Over C & F (-1)	同 左 同 左	○ ×														○											○	○	A B	A B
19	串木野	Over C & F (-1)	Room & Pillar (0)														○												○	CH	B	
20	Moyeuver	Room & Pillar			○																								○	CH*	CH*	

通し 番号	鉾 山 名	採 掘 法	エキスパート システムがリ コメンドする 採鉾法とその 評点	鉾床の形状										鉾床の規模				品位 (t当り價格)			鉾床の位置 (深さ)			鉾石の分類	母岩の分類						
				塊 状	偏平(脈状・層状)										300 万t 以下	300 万t ~1500 万t	1500 万t ~15000 万t	15000 万t 以上	10千円 以下	10千円 ~30千円	30千円 以上	200m 以下	200m ~500m			500m 以上					
					傾斜 0°~10°	10°~35°	35°~70°	70°~90°	厚さ 2m 以下	2m ~5m	5m 以上	2m 以下	2m ~5m	5m 以上													1m 以下	1m ~3m	3m ~10m	10m 以上	
21	Midwest	Sublevel (-1)	Under C & F (0)	○											×							○	○				CL*	CH*			
22	Stanleigh	Room & Pillar (0)	同 左		○												○	○						○			B*	B*			
23	Key Lake	Open Pit (-1)	Under C & F (0)	○												○							○	×			CM*	CM*			
24	Rabbit Lake	Open Pit (0)	同 左	○												○							○	○			CM*	CM*			
25	豊羽	Sublevel (0)	同 左														○						○	○	○		CH*	CH*			
26	東濃	Short wall (-1)	Room & Pillar (0)		○											×							○				CM*	CM*			

表 3 - 5 採鉱法選定プログラムの
出力例

これをまとめたものが表 3 - 4 である

- ①, 佐々連
- ②, 別子筏津
- ③, 八総
- ④, 別子本山 (上部、西部) その 1、その 2
- ⑤, 別子本山 (東部中深部)
- ⑥, 別子本山 (深部)
- ⑦, 北見
- ⑧, 鴻の舞
- ⑨, 余市 鉦脈
- ⑩, 余市 黄金山
- ⑪, 平瀬
- ⑫, 藤ヶ谷
- ⑬, 徳舜誓
- ⑭, 大江
- ⑮, 鐘打
- ⑯, 大谷
- ⑰, 茂住
- ⑱, 栃洞 その 1、その 2
- ⑲, 串木野
- ⑳, M i d w e s t
- ㉑, S t a n l e i g h
- ㉒, K e y L a k e
- ㉓, R b b i t L a k e
- ㉔, 豊羽
- ㉕, 東濃

① 鉾山：佐々連、採鉾法：S u b l e v e l

Input	9	2	1	3	2	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Fair	Good	Fair	-1
SubLevel	NO	Fair	Good	Good	Fair	Fair	-1
Over C & F	Good	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	NO	Good	Good	Fair	-1
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Stull	Fair	Fair	Fair	Good	Good	Good	OK
Block Caving	NO	NO	Good	NO	Good	Good	-3
Sub L Caving	NO	NO	Good	NO	Good	Good	-3
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

② 鉾山：別子筏津、採鉾法：S h o r t w a l l

Input	5	2	2	3	2	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	Good	Good	Good	Fair	Good	Fair	OK
SubLevel	NO	Fair	Good	Good	Fair	Fair	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Fair	Fair	-1
Under C & F	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
Shrinkage	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
Stull	NO	Fair	Good	Good	Good	Good	-1
Block Caving	NO	NO	Good	NO	Good	Good	-3
Sub L Caving	NO	NO	Good	NO	Good	Good	-3
Longwall	Good	NO	Good	Good	Good	NO	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

③ 鉾山：八総、採鉾法：O v e r C & F

Input	8	1	1	2	3	3	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Fair	Fair	-1
SubLevel	NO	NO	Good	Good	Fair	Fair	-2
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	NO	Good	Good	Fair	-1
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Stull	Fair	Good	Fair	Good	Good	Fair	OK
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	Fair	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

④ 鉾山：別子本山（上部、西部）その1、採鉾法：O v e r C & F

Input	8	3	2	2	4	4	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	NO	NO	-3
SubLevel	NO	Good	Good	Good	Fair	NO	-2
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	NO	NO	-2
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Fair	NO	-1
Stull	Fair	Fair	Good	Good	Good	NO	-1
Block Caving	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

④ 鉾山：別子本山（上部、西部）その2、採鉾法：O v e r C & F

Input	8	3	2	3	3	4	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Fair	Fair	NO	-2
SubLevel	NO	Good	Good	Good	Fair	NO	-2
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Fair	NO	-1
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	NO	-1
Stull	Fair	Fair	Good	Good	Good	NO	-1
Block Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Longwall	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

⑤ 鉾山：別子本山（東部中深部）、採鉾法：S h r i n k a g e

Input	8	3	2	3	3	3	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Fair	Fair	Fair	-1
SubLevel	NO	Good	Good	Good	Fair	Fair	-1
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Stull	Fair	Fair	Good	Good	Good	Fair	OK
Block Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Longwall	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

⑥ 鉱山：別子本山（深部）、採鉱法：U n d e r C & F

Input	9	3	2	3	4	4	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Fair	NO	NO	-3
SubLevel	NO	Good	Good	Good	Fair	NO	-2
Over C & F	Good	Good	Good	Good	NO	NO	-2
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Fair	NO	-1
Stull	Fair	Fair	Good	Good	Good	NO	-1
Block Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Longwall	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

⑦ 鉱山：北見、採鉱法：S h r i n k a g e

Input	8	1	2	2	2	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
SubLevel	NO	NO	Good	Good	Fair	Fair	-2
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Stull	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

⑧ 鉦山：鴻の舞、採鉦法：S h r i n k a g e

Input	10	2	2	2	1	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
SubLevel	NO	Fair	Good	Good	Good	Good	-1
Over C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	NO	-1
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Stull	NO	Fair	Good	Good	Good	Good	-1
Block Caving	Fair	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	Fair	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

⑨ 鉦山：余市 鉦脈、採鉦法：O v e r C & F

Input	12	1	1	2	4	4	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	NO	NO	-3
SubLevel	Good	NO	Good	Good	Fair	NO	-2
Over C & F	Good	Good	Good	Good	NO	NO	-2
Under C & F	Good	Good	NO	Good	Good	Fair	-1
Shrinkage	Good	Good	Good	Good	Fair	NO	-1
Stull	Fair	Good	Fair	Good	Good	NO	-1
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

⑩ 鉦山：余市 黄金山、採鉦法：S h r i n k a g e

Input	13	1	2	2	1	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
SubLevel	Good	NO	Good	Good	Good	Fair	-1
Over C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Stull	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

⑪ 鉦山：平瀬、採鉦法：S t u l l

Input	11	1	3	2	2	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Fair	Good	Good	Fair	-1
SubLevel	NO	NO	Fair	Good	Fair	Fair	-2
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Fair	Good	NO	Good	Good	Fair	-1
Stull	Good	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Block Caving	NO	NO	NO	Good	Good	Good	-3
Sub L Caving	NO	NO	NO	Good	Good	Good	-3
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 2 鉱山：藤ヶ谷、採鉱法：R o o m & P i l l a r

Input	1	1	3	2	1	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Fair	Good	Good	Good	-1
SubLevel	Good	NO	Fair	Good	Good	Good	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	NO	-1
Shrinkage	NO	Good	NO	Good	Good	Good	-2
Stull	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Block Caving	Good	NO	NO	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	Good	NO	NO	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 3 鉱山：徳舜警、採鉱法：R o o m & P i l l a r

Input	1	1	1	1	3	3	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Room & Pillar	NO	Good	Good	NO	Fair	Fair	-2
SubLevel	Good	NO	Good	Fair	Fair	Fair	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Fair	Fair	Fair	-1
Under C & F	Good	Good	NO	Good	Good	Fair	-1
Shrinkage	NO	Good	Good	NO	Good	Fair	-2
Stull	NO	Good	Fair	Fair	Good	Fair	-1
Block Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	NO	Good	Fair	Good	Fair	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 4 鉱山：大江、採鉱法：O v e r C & F

Input	12	2	2	2	3	3	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Fair	Fair	-1
SubLevel	Good	Fair	Good	Good	Fair	Fair	OK
Over C & F	Good	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Stull	Fair	Fair	Good	Good	Good	Fair	OK
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	Fair	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 5 鉱山：鐘打、採鉱法：S t u l l

Input	8	1	2	2	1	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
SubLevel	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	NO	-1
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Stull	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 6 鉱山：大谷、採鉱法：Shrinkage

Input	11	1	2	2	1	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Fair	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
SubLevel	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	NO	-1
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Stull	Good	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 7 鉱山：茂住、採鉱法：Over C & F

Input	1	1	2	2	2	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
SubLevel	Good	NO	Good	Good	Fair	Fair	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Fair	Fair	-1
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
Stull	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Block Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 8 鉱山：栃洞 その1、採鉱法：Sublevel

Input	1	2	1	2	1	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
SubLevel	Good	Fair	Good	Good	Good	Good	OK
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Under C & F	Good	Good	NO	Good	Good	NO	-2
Shrinkage	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Stull	NO	Fair	Fair	Good	Good	Good	-1
Block Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 8 鉱山：栃洞 その2、採鉱法：Over C & F

Input	1	1	1	2	1	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
SubLevel	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Under C & F	Good	Good	NO	Good	Good	NO	-2
Shrinkage	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Stull	NO	Good	Fair	Good	Good	Good	-1
Block Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

① 9 鉦山：串木野、採鉦法：O v e r C & F

Input	7	1	1	2	2	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	Good	Good	Good	Good	Good	Good	OK
SubLevel	NO	NO	Good	Good	Fair	Good	-2
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Fair	Good	-1
Under C & F	NO	Good	NO	Good	Good	NO	-3
Shrinkage	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Stull	NO	Good	Fair	Good	Good	Good	-1
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

② 1 鉦山：Midwest、採鉦法：Sublevel

Input	1	1	3	2	4	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Fair	Good	NO	Fair	-2
SubLevel	Good	NO	Fair	Good	Fair	Fair	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Good	NO	Fair	-2
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	NO	Good	NO	Good	Fair	Fair	-2
Stull	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Block Caving	Good	NO	NO	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	Good	NO	NO	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	NO	-3

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

(2 2) 鉱山 : S t a n l e i g h 、採鉱法 : R o o m & P i l l a r

Input	3	3	1	3	1	1	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	Good	Good	Good	Fair	Good	Good	OK
SubLevel	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Under C & F	NO	Good	NO	Good	Good	NO	-3
Shrinkage	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Stull	NO	Fair	Fair	Good	Good	Good	-1
Block Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	Good	Good	NO	Good	Good	-2
Longwall	Good	Good	Good	Good	Good	NO	-1

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

(2 3) 鉱山 : K e y L a k e 、採鉱法 : O p e n P i t

Input	1	1	3	2	3	3	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	NO	Good	Fair	Good	Fair	Fair	-1
SubLevel	Good	NO	Fair	Good	Fair	Fair	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Fair	Fair	-1
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	NO	Good	NO	Good	Good	Fair	-2
Stull	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
Block Caving	Good	NO	NO	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	Good	NO	NO	Good	Good	Good	-2
Longwall	NO	NO	Good	Good	Good	Fair	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

② ④ 鉾山：Rabbit Lake、採鉾法：Open Pit

Input	1	1	2	1	3	3	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Room & Pillar	NO	Good	Good	NO	Fair	Fair	-2
SubLevel	Good	NO	Good	Fair	Fair	Fair	-1
Over C & F	NO	Good	Good	Fair	Fair	Fair	-1
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	NO	Good	Good	NO	Good	Fair	-2
Stull	NO	Good	Good	Fair	Good	Fair	-1
Block Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	NO	Good	Fair	Good	Fair	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

② ⑤ 鉾山：豊羽、採鉾法：Sublevel

Input	12	3	2	1	2	2	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Room & Pillar	NO	Good	Good	NO	Good	Fair	-2
SubLevel	Good	Good	Good	Fair	Fair	Fair	OK
Over C & F	Good	Good	Good	Fair	Fair	Fair	OK
Under C & F	Good	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
Shrinkage	Good	Good	Good	NO	Good	Fair	-1
Stull	Fair	Fair	Good	Fair	Good	Good	OK
Block Caving	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Sub L Caving	NO	Good	Good	Good	Good	Good	-1
Longwall	NO	Good	Good	Fair	Good	NO	-2

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

② 6 鉦山：東濃、採鉦法：Short wall

Input	3	1	1	2	3	3	
	Shape	Size	Value	Depth	Ore	Rock	Point
Open Pit	Good	Good	Good	NO	Good	Good	-1
Room & Pillar	Good	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
SubLevel	NO	NO	Good	Good	Fair	Fair	-2
Over C & F	NO	Good	Good	Good	Fair	Fair	-1
Under C & F	NO	Good	NO	Good	Good	Fair	-2
Shrinkage	NO	Good	Good	Good	Good	Fair	-1
Stull	NO	Good	Fair	Good	Good	Fair	-1
Block Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Sub L Caving	NO	NO	Good	Good	Good	Good	-2
Longwall	Good	NO	Good	Good	Good	Fair	-1

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

4. マルチメディア化に関する検討

4. 1 マルチメディア化の意義

人は情報を収拾するのにいわゆる五感を最大限に使用する。五感とは、もちろん視、聴、嗅、味、触である。鉱山においても、経験を十分に積んだ技術者は、この五感を十分に働かせて、坑内の状況を把握し適切な対処をしていると考えられる。しかしながら、データベースとか知識ベースは、主として文字情報を蓄えるのみであった。これは、従来の計算機の処理速度とか記憶容量から考えて、やむおえないことであった。

最近になって、計算機の処理速度や記憶容量が飛躍的に増し、画像とか音を蓄え、再生することが安直に出来るようになった。殊に小型のパーソナルコンピュータの進歩は目覚ましく、数年前の大型機と肩を並べる程の処理能力を持つようになってきており、今後もその発展は続くと思われる。このような情勢のもとに、マルチメディア化が色々な分野で検討されている。しかしながら、五感の内、取り扱えるのは、画像と音であり、臭い、味、触覚などの記憶、再生はかなり先のことと思われる。また、実用段階になった画像と音声に関しても、膨大な記憶容量を要するので、その有効性を疑う意見もある。文字情報について考えると、数字やアルファベットなら1文字当たり1バイト、漢字なら1文字当たり2バイトを要するのみであり、鉱山の概要などは数10kバイト程度でかなり詳しく記述できる。他方、ほんの1枚の写真を画像情報としてデジタル化して計算機に記憶させると、効率の良いデータ圧縮方法を採用したとしても数10kバイトにすくなくなってしまう。音声データにしても、ほんの数秒間の音声の記憶に数10kバイトを要する。このようなことから判断すると、従来より使用されてきた文字情報がいかに効率的なものであるかと言うことが再認識できる。

しかしながら、岩盤の性状を言い表すのに、経験を積んだ技術者は、『ハンマで打撃して、少し濁った音のするときは、～』とか『鏡肌となっている時には～』、といった表現をする。彼らは前にも述べたように、五感を最大限に働かせ、色々な経験を積んできたはずであるので、こうした画像とか音声に関する情報が頭の中に記憶されているのは、当然と言えよう。それを言葉で表すと、経験者同士の間でのコミュニケーションは不思議なことにきちんと成り立つが、未経験者にとって理解出来ない話となってしまう。従来の貴重な経験を後世に伝え、それを有効に利用しつつさらなる発展を図るには、やはり画像とか音声に関する情報をも、出来る限り保存しておくのが望ましいと考える。

以上のように、画像とか音声を含んだデータベースや知識ベース、またこれらを包含した採鉱法選定プログラムは、望ましいものと思われるが、マルチメディア化は一般的に言って、まだまだ発展段階であり、その費用と手間がかなりのものとなる可能性も否定できない。本研究委員会は、ソフトウェアオリエンティドなものではないはずであり、本来の枠内で可能なことかどうか危惧された。そこ

で、本年度は、マルチメディア化について次のような問題意識を持って検討することにした。

○比較的費用と手間がかからず実現できるか。

○保存した情報は、今後のOSの変化などにも追従できるか。

4. 2 使用システム

画像とか音声の処理は膨大な量のデータを扱わねばならず、従来は比較的大型機でしかできなかった。現在でも専用のワークステーションなどにより行なわれている例が多いと言えよう。その場合の費用は1セット数千万となることが普通である。また、このようなハードとソフトを十分に働かせるには、多少計算機を知っている技術者が片手間に行なうのは無理で、専従者が必要となる。このような形態は、少なくとも、本研究委員会の主旨には合致しないと考え、また、極く最近のダウンサイジングの風潮にもそぐわないと考えたので、いわゆるパーソナル計算機にて、目的が達成できないかどうかを中心に検討した。

パーソナル計算機は各種あるが、世界的にみて、メジャーな機種がやはり望ましいと思われた。これは、保存したデータを将来無駄にしないためには重要なことと思われる。即ち、今後も計算機の発展は続くと思われるが、それに伴う種々の変遷の過程で、見捨てられないような機種をあらかじめ選んでおくのが得策と思われる。このような観点からすると、台数において圧倒的であるIBM PC-A Tと、マルチメディア化において実績のあるマッキントッシュが有力な候補である。どちらにするかについては、迷ったが結局今回は、マッキントッシュを使用することにした。恐らく両者の間の損得を勘案するとほぼ互角で、たまたまマッキントッシュを選んだにすぎない。

使用した、計算機システムの全景を図4-1に示した。本体はクワドラ700であり、周辺機器としてCRT、プリンタ、スキャナなどが用意されている。購入したのは、1年ほど前であるが、現在の実勢価格でいうと、全部で100万円程度である。また、図4-1の下には携帯用のパワーブック145Bを示した。実勢価格はメモリ等を増設しても20万円ほどである。携帯機で音声データの採取や机上でのちょっとした作業を行ない、クワドラにて本格的な作業をおこなった。

良く知られているように、マッキントッシュにはマルチデータベース用のソフトウェアである、ハイパーカード、ハイパートークが、サブセットながら添付されている。よって、特別なソフトを購入する必要はさしあたっては無い。今回も、安価なPDSを若干購入しただけで、用が足りた。ハイパーカードは、1980年代の後半より流通し始めたもので、必ずしも大規模なマルチメディア関連のソフトウェア開発に向いているとは思えないが、今回の検討にはもちろん十分であるし、中規模までのソフトウェアの開発にも十分対処できると思われる。このハイパーカードは、パーソナル計算機分野では、最も実績のあるものであり、既

に100万本以上のこれを利用したソフトウェアが発表されている。ハイパーカードの特長は、画像データや音声データを比較的簡単に扱えること、及びデータ構造が比較的任意に選べることであり、他のマッキントッシュ関連のソフトウェアと同様に処理過程における効率が必ずしも良いとはいえない欠点を持つ。ユーザに許される自由度と効率は、相反する目的であり、両者を同時に要求するのは難しい。若干の欠点はあるものの、実績があり既存のソフトウェアの中では総合点はおそらく一番良いと考え、ハイパーカードを使用することに決めた。

4. 3 試用例

岩盤分類をワーキンググループにて議論する内に、ハンマーで試験片を打撃した時の打撃音は、従来よりインタクトな岩石片の性質を知るための手段として広く使用されてきた、との話がでてきた。これは、鉱山技術者のみならず土木技術者においても、共通な事項といえよう。ハンマーにて試験片を打撃してどの程度有効な情報が得られるかの議論は一先ずさておいて、比較的簡単に実行できる例として取り上げることとし、この音声情報を記録するのにどの位の手間がかかるかを中心に検討した。

試験片をハンマーで叩き、その音を携帯式計算機に取り込み、その岩石の一軸圧縮強度、圧裂引張強度などとともに、ハイパーカードを利用して記録することを試みた。この作業を依頼したのは、20代前半の男性で、マッキントッシュの使用経験はある程度あるものの、ハイパーカードの使用ははじめてである。最初標準で添付されてきた、簡単なマニュアルを見ていたがそれだけでは、不十分らしく、本屋で2冊さほど厚くない書籍を購入し、それに基づいてハイパーカード用のスタックを作成。その結果を図4-2に示した。依頼してからハイパーカードの極く初歩的な使用方法を覚えるのには、数日あれば十分と言うことがわかった。この点からすると、ハイパーカードは比較的インタラクティブに設計されており、計算機の使用経験さえあれば、簡単に修得できるものであることがわかった。

図4-2に例を示す。写真と応力-歪み曲線はスキャナで読みこみ、その他はキーボードより打ち込んだが、計算機に入力するだけならば、1枚あたり5~10分程度であり、まずまず効率的であることもわかった。音声は、本体にマイクを付け直接録音すればよくこれもなんら問題なくおこなわれた。図4-2に示した結果は、あくまでも計算機の使用経験はあるが、ハイパーカードは使用したことがないという、実際にもありがちな条件下での進捗状況を客観的に把握するための最初のステップであり、そのものには不出来な点もあるが、作成に専従者は特に必要なく、データ收拾や入力も比較的短時間でおこなえることがわかったことに意義があると感じる。

次に、試験片より発する打撃音は、その試験片をどのような設置状況のもとで打撃するかにより大いにことなるとの意見が出された。そこで、図4-3に示す

ような4つの場合について検討してもらった。この場合も、必要な物品を用意するのに時間がかかっただけで、データの收拾と入力は極く短時間で終了した。打撃に当たってどのような設置の仕方が望ましいかの検討結果は、極めて明瞭であり、出来る限り試験片を浮かせた状況が望ましいことがわかった。試験片を、木片の上に置いて叩けば、当然のことながら、木片を叩いた時と同じような音が主となり、これは試験片の特長を引き出すには不適當である。図4-3に示したうちでは、ダンボール上に置いた場合が、最も良好であった。なお、興味深いことに、図4-3に示した場合について、実験に全くたずさわらなかった学生に、それぞれの場合の打撃音を聞かせたところ、どの音がどの場合に対応するかを明瞭に聞き分けた。計算機用の極く安価な小型マイクロフォン（直径5cm程度）にて録音し、計算機本体に標準で装備されている小型スピーカにて再生しても、ある程度質の良い音質となっていると言って良からう。

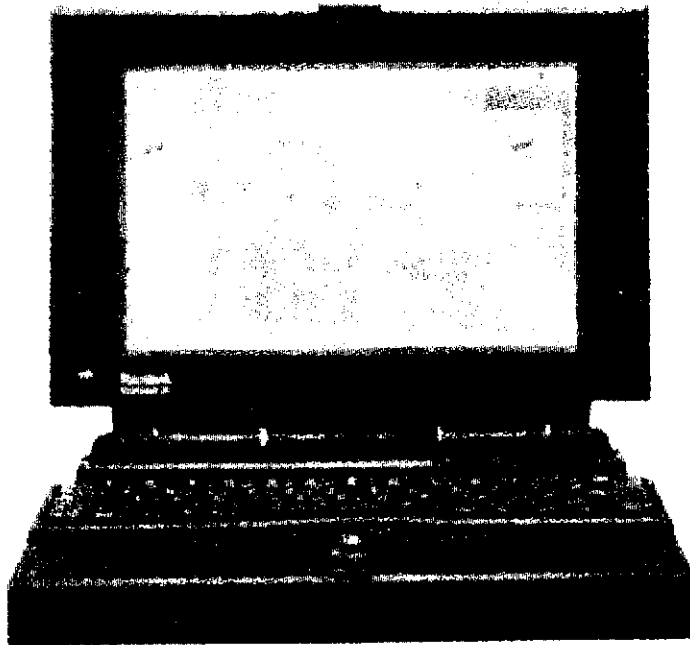
4.4 マルチメディア化の費用算定と今後の課題

マルチメディア化は時代の趨勢であり、本委員会に置いては是非取り上げるべきとの声があったが、他方、かなりの手間と費用がかかり、費用対効果の観点より考えると時期尚早かも知れないとの意見もだされた。そこで、簡単でかつ本研究委員会の目的に沿った例を選び、検討してみた。その結果をまとめてみると、意外と思われるほど簡単にかつ安価に実現出来る環境が整いつつあることがわかった。すなわち、音声データに関する限り、収録と再生に必要な最小システムは、計算機本体のみで済む。本体価格は、安価なものを選べば20万円程度で済む。静止画像データに関しては、あとスキャナーを追加すれば良く、この値段は15万円程度でも購入できる。また、収録の手間もさしてかからず、操作も簡単なので、専従者などは必要ないこともわかった。

長年培ってきた採録技術に関する蓄積を、単なる文字情報としてのみならず、画像、音声も含めたマルチメディアデータベースとして整理するのに適当な環境が整いつつあり、このような観点よりの活動を開始するのに絶好のタイミングと考える。



(a)

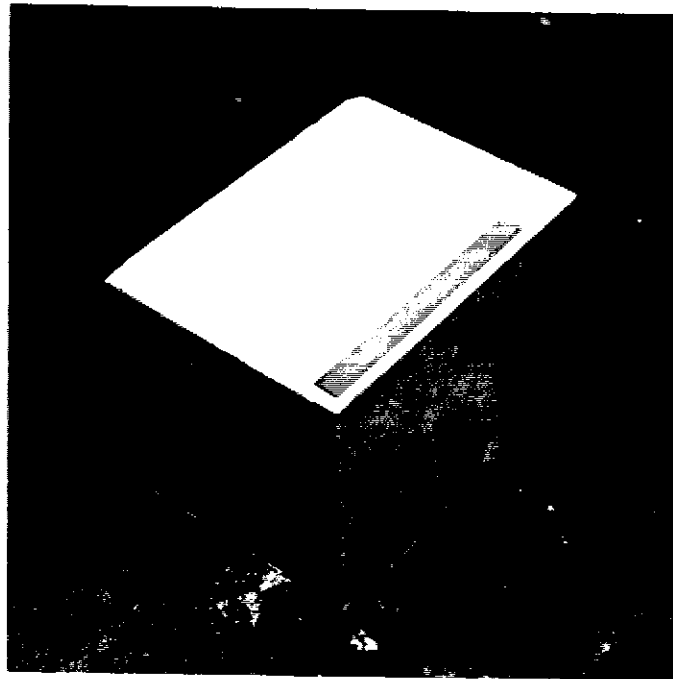


(b)

図 4 1 使用した計算機

(a) M a c i n t o s h クワドラ 7 0 0 と周辺機器

(b) M a c i n t o s h パワーブック 1 4 5 B



No.1
岩石名：秋芳大理石
産地：山口県美禰郡秋吉台地方
主要鉱物：方解石
一軸圧縮強度：89.8
(MPa)
圧裂引張強度：8.6
(MPa)
ヤング率：15.6
(GPa)
ポアソン比：-
概要：
参考文献：

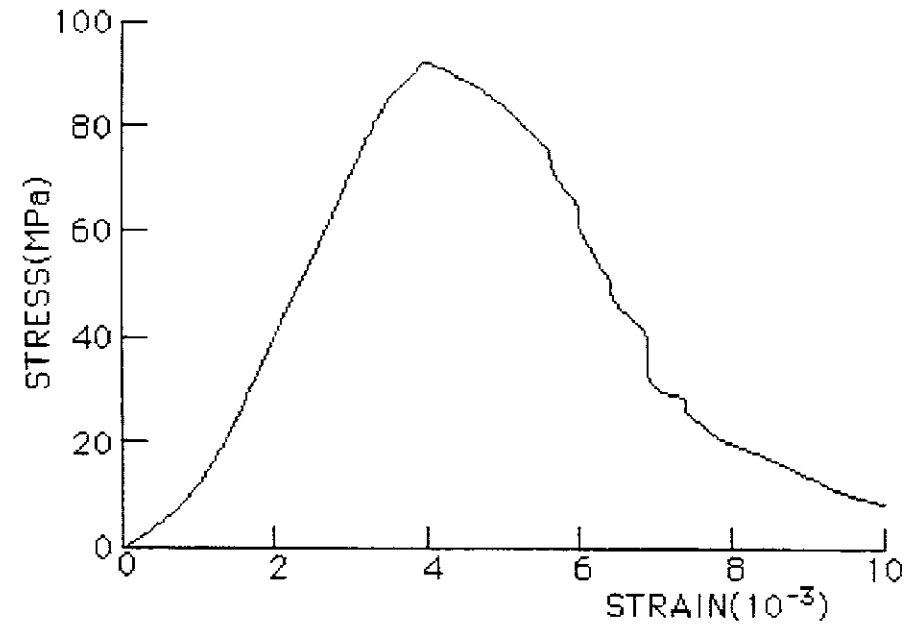
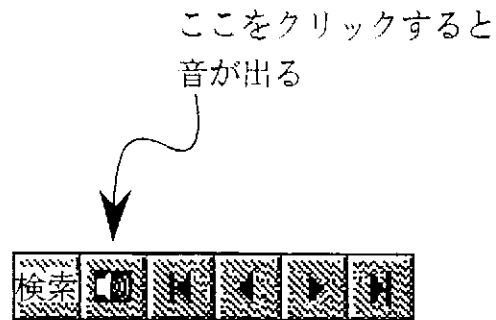
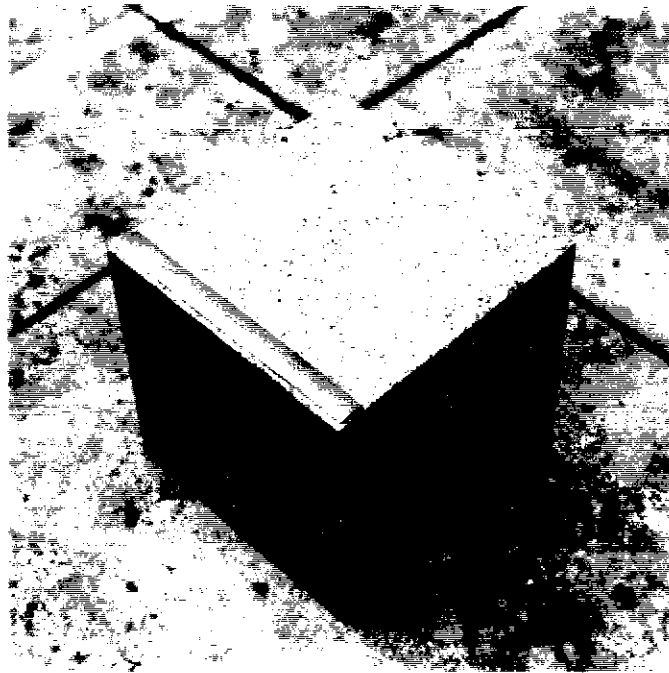


図4-2-1 ハイパーカードを利用した岩石のデータベースの例（秋芳大理石）



No.2

岩 石 名 : 稲田花崗岩
 産 地 : 茨城県笠間市
 主 要 鉱 物 : 黒雲母、長石、石英
 一軸圧縮強度 : 168.9
 (MPa)
 圧裂引張強度 : 9.9
 (MPa)
 ヤ ン グ 率 : 32.4
 (GPa)
 ポアソン比 : 0.21
 概 要 :
 参 考 文 献 :

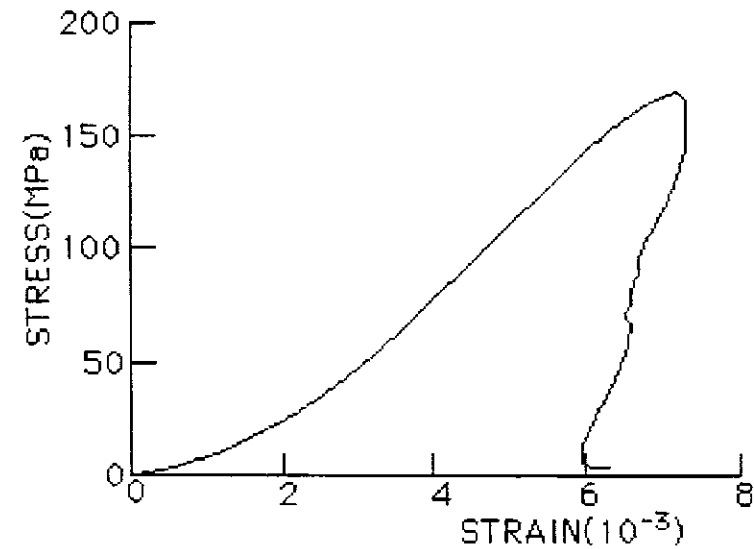


図 4 - 2 - 2 ハイパーカードを利用した岩石のデータベースの例 (稲田花崗岩)



No.3

岩石名：三城目安山岩
産地：福島県西白河郡矢吹町字三城目
主要鉱物：輝石、斜長石
一軸圧縮強度：95.2
(MPa)
圧裂引張強度：5.8
(MPa)
ヤング率：10.8
(GPa)
ポアソン比：0.21
概要：
参考文献：

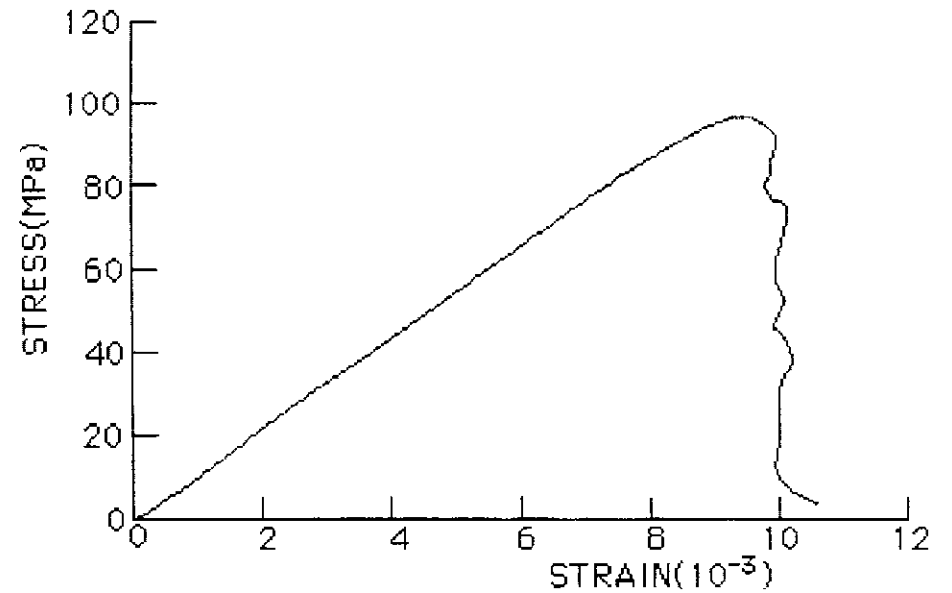
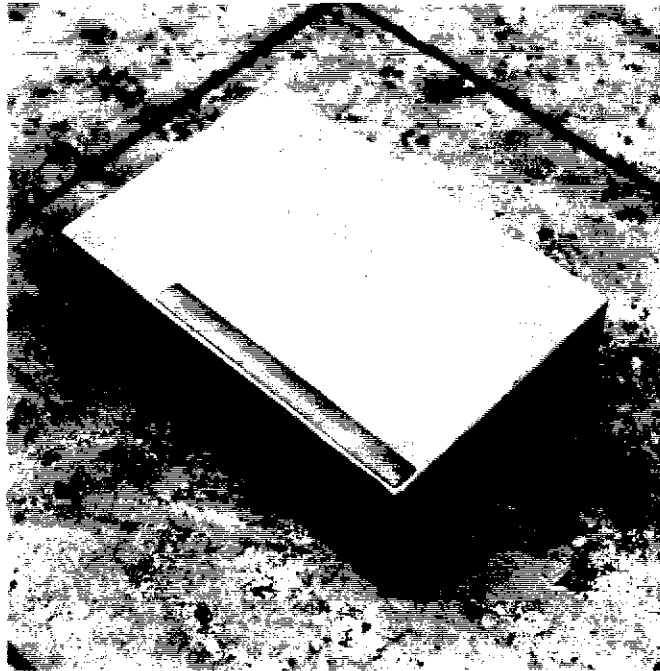


図4-2-3 ハイパーカードを利用した岩石のデータベースの例（三城目安山岩）



No.4

岩石名：河津凝灰岩
産地：静岡県賀茂郡河津町沢田
主要鉱物：
一軸圧縮強度：39.1
(MPa)
圧裂引張強度：5.2
(MPa)
ヤング率：7.7
(GPa)
ポアソン比：-
概要：
参考文献：

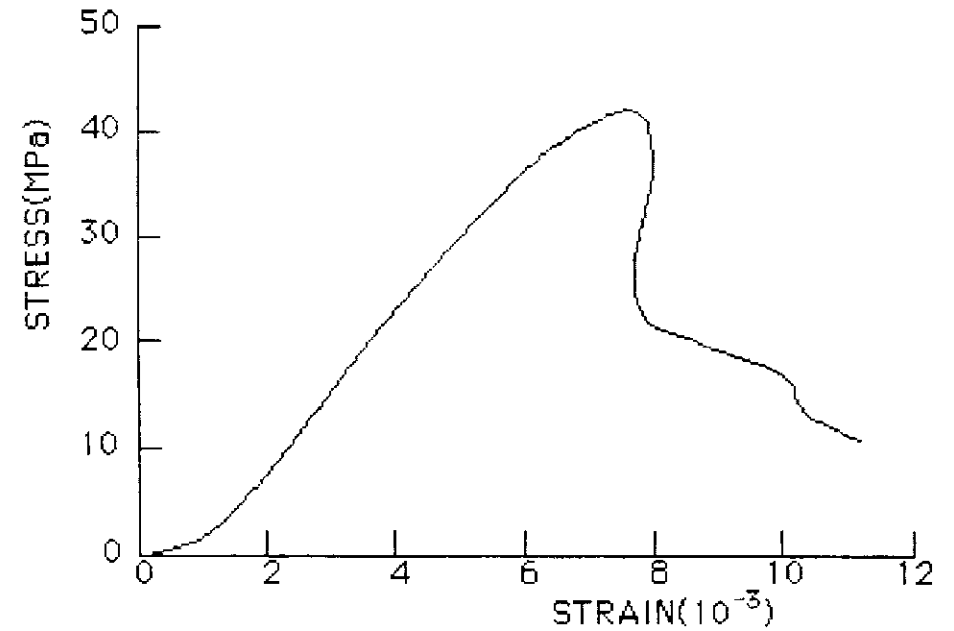
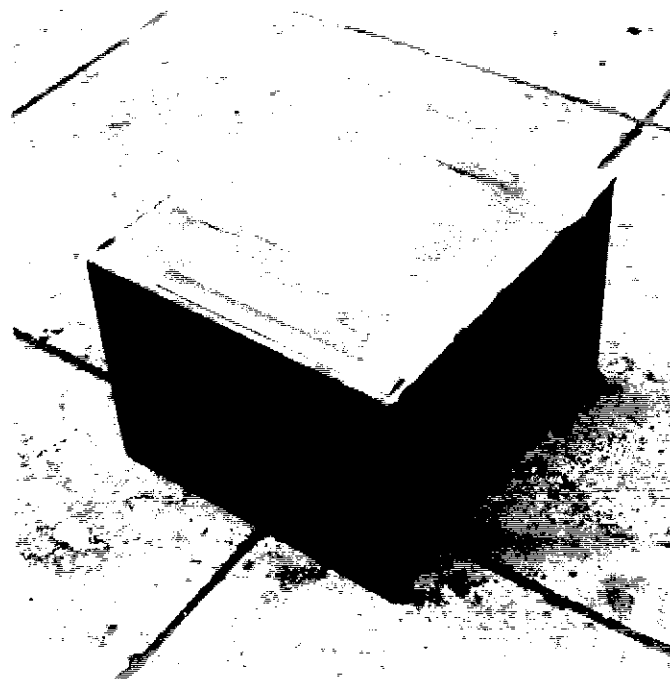


図4-2-4 ハイパーカードを利用した岩石のデータベースの例（河津凝灰岩）



No.5
岩石名：和泉砂岩
産地：大阪府泉南郡岬町淡輪
主要鉱物：石英、曹長岩、方解石、絹雲母、緑泥岩
一軸圧縮強度：202.0
(MPa)
圧裂引張強度：12.3
(MPa)
ヤング率：4.5
(GPa)
ポアソン比：-
概要：
参考文献：

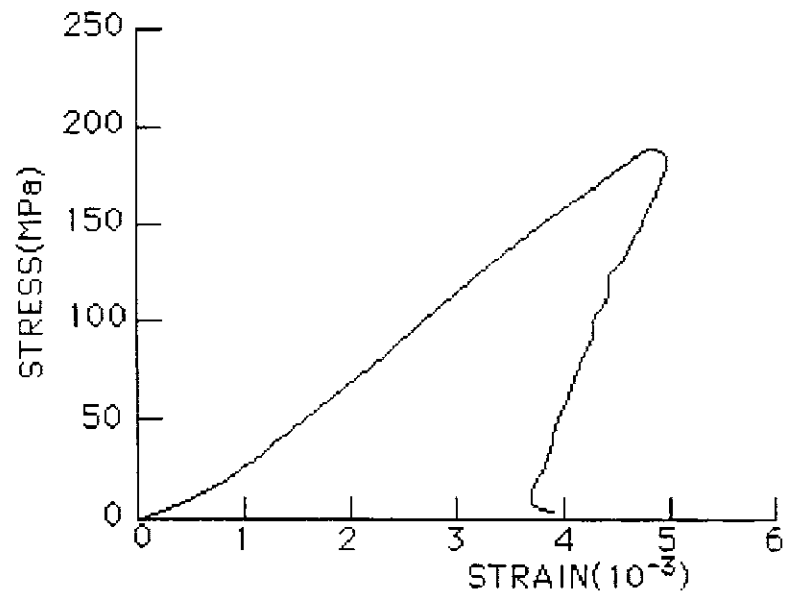
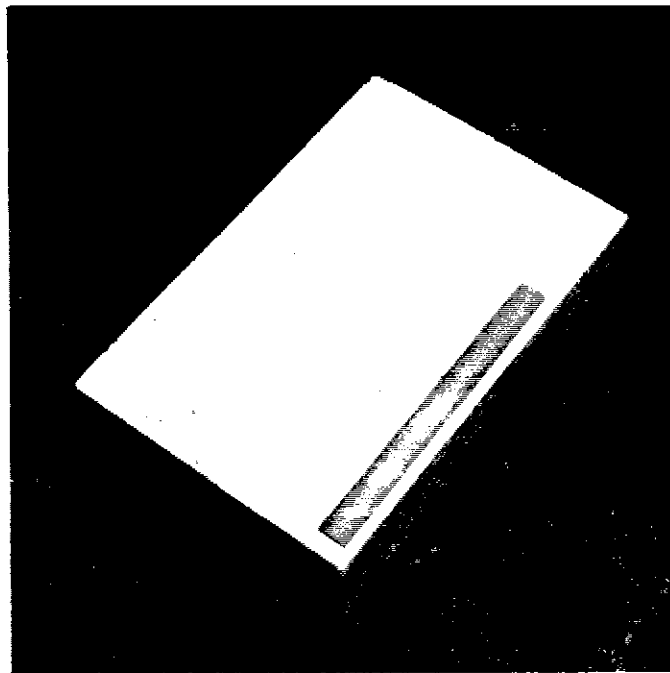


図4-2-5 ハイパーカードを利用した岩石のデータベースの例（和泉砂岩）



No.6

岩石名：田下凝灰岩
産地：栃木県宇都宮市田下町
主要鉱物：
一軸圧縮強度：16.1
(MPa)
圧裂引張強度：1.5
(MPa)
ヤング率：3.6
(GPa)
ポアソン比：-
概要：
参考文献：

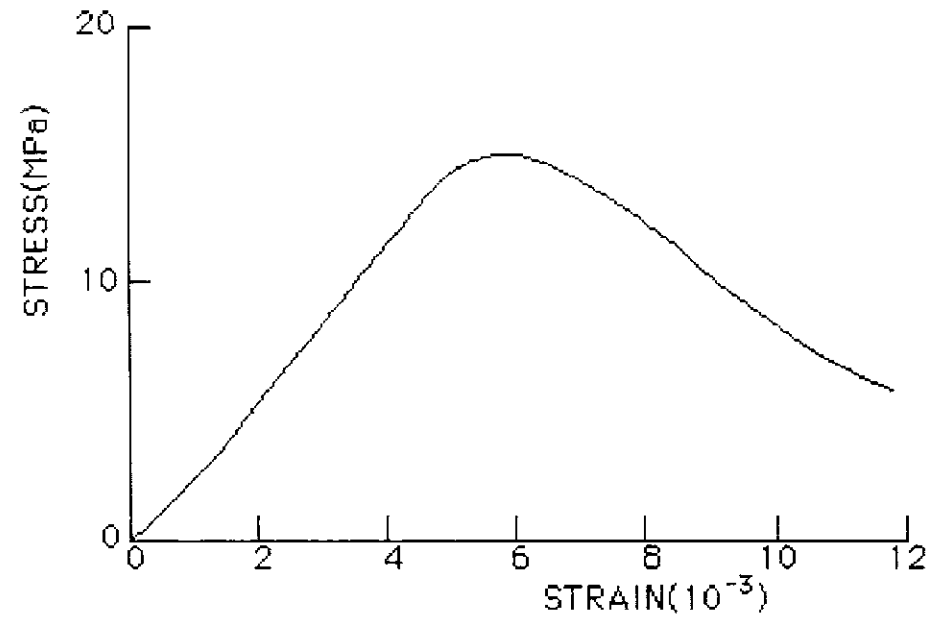
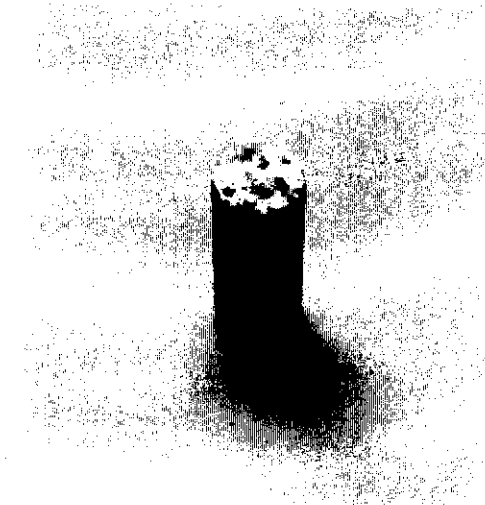


図4-2-6 ハイパーカードを利用した岩石のデータベースの例 (田下凝灰岩)

稲田花崗岩

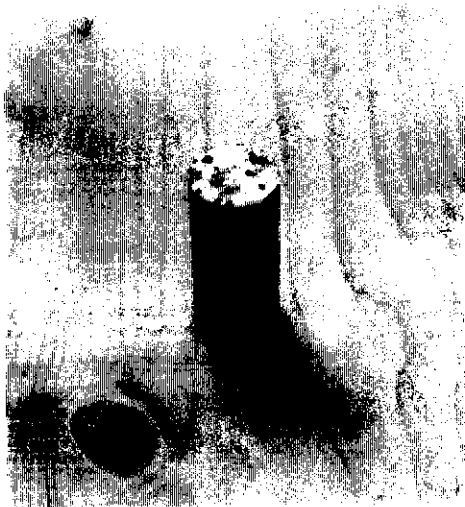


実験場所：ダンボールの上



図4-3-1 設置場所を変えた時の打撃音の変化（ダンボールの上）

稲田花崗岩

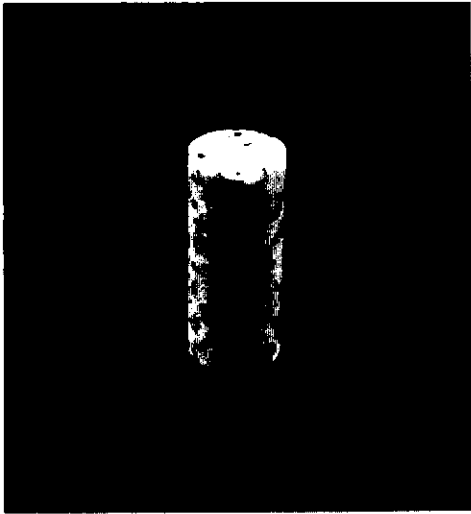


実験場所：木の上



図4-3-2 設置場所を変えた時の打撃音の変化（木の上）

稲田花崗岩



実験場所：定盤の上



図4-3-3 設置場所を変えた時の打撃音の変化（定盤の上）

稲田花崗岩



実験場所：床の上



図4-3-4 設置場所を変えた時の打撃音の変化（床の上）

5. 採鉱法設計支援システムの詳細設計に必要な項目

5.1 まえがき

1992年に世界の主要な鉱山会社が採鉱事業に対して投資したとされる金額は、価格の不振と需要の低迷によって、前年よりも1億2300万ドルほど減少して、約17億ドルであったと推定されている。その内、52%が金鉱床の採鉱に投資されたとされている。また、地域的に見ると、アメリカが21%、オーストラリアが19%、カナダが18%、ラテンアメリカが15%を占め、以下、南アフリカ(8.8%)、西太平洋地域(7.4%)が続く。また、採鉱事業を積極的に進めた企業グループのトップは、RTZグループであり(この中にはKennecottとCRAも含まれる)、2億900万ドルの予算を計上している。これに続く、企業グループとしては、Anglo America(2億800万ドル)、Noranda(1億1800万ドル)、MIM/Metallgesellschaft/Teck/Comincoグループ(1億300万ドル)、BHP Mineral(8800万ドル)、Placer Domeグループ(6800万ドル)、Western Mining(5600万ドル)、Inco(4200万ドル)などがある。いささか、古い数字ではあるが、採鉱プロジェクトの内どれほどが実際に操業される鉱山となるかを示した数字があるので、紹介する。カナダの鉱山会社であるComincoは、1970年までの40年間に1000件以上の採鉱プロジェクトに関与したが、その内、78のプロジェクトだけが有望と認められた。しかし、78件の内、60件は鉱量不足のため開発に至らなかった。残った18件のプロジェクトは開発・生産へと進んだが、収益を生み出した鉱山はその内の僅か7鉱山のみであった。このように、多くの資金を新規鉱床の採鉱事業に投資しても、鉱山開発プロジェクトが実りを結ぶことは少ない。

図5-1は、あるオーストラリアの鉱山会社が露天掘鉱山を開発する際に行った作業段階と投資した金額の推移を参考として描いたものである。一般に、鉱山事業は、鉱床の探査から始まり、鉱量と品位を把握するための探鉱(Exploration)、鉱体へのアクセス・地表設備やプラントの建設・インフラの整備などを行う開発(Development)、そして、実際に鉱床から鉱石を採掘・選鉱して出荷する操業(Operation)あるいは生産(Exploitation)の4つの段階に分けて考えることができる。探査結果から有望な新規鉱床を見つけ出すことは勿論重要なことではあるが、先のComincoの例にもあるように、ボーリングなどで鉱床の規模と品位がある程度判明したならば、開発・生産のプロセスに進むべきか否かの意志決定を行う必要がある。それは、図5-1の時間の経過に対する投下資金量の蓄積曲線(右上がりの太線)が、開発から生産開始の初期段階にかけて急増するからである。全体で、4億豪ドル弱がこのプロジェクトに投資されているが、そのおよそ9割が開発段階以降に発生している。したがって、プロジェクトを採鉱段階から開発段階へと移行すべきか否かの最終的な意志決定をこのときに行う。地域社会に対する社会経済的な貢献度も考慮して、プロジェクトの採算性を調査し、経済性評価の資料を作成する作業をフィージビリティ・スタディ(Feasibility Study、以下ではF/Sと略する)と呼び、その成果である報告書をフィージビリティ・レポート(Feasibility Report)と呼ぶ。

本章は、鉱山開発プロジェクトにおけるF/Sの特長を明らかにするとともに、ある程度探鉱結果がまとまり、採鉱法を選定して、プロジェクトの最初の経済性評価を行うF/Sの初期段階において、検討されるべき項目を整理し、採鉱法の詳細設計に必要な項目を列挙して、本研究委員会の主目的である採鉱法設計支援システムの構築に寄与しようとするものである。

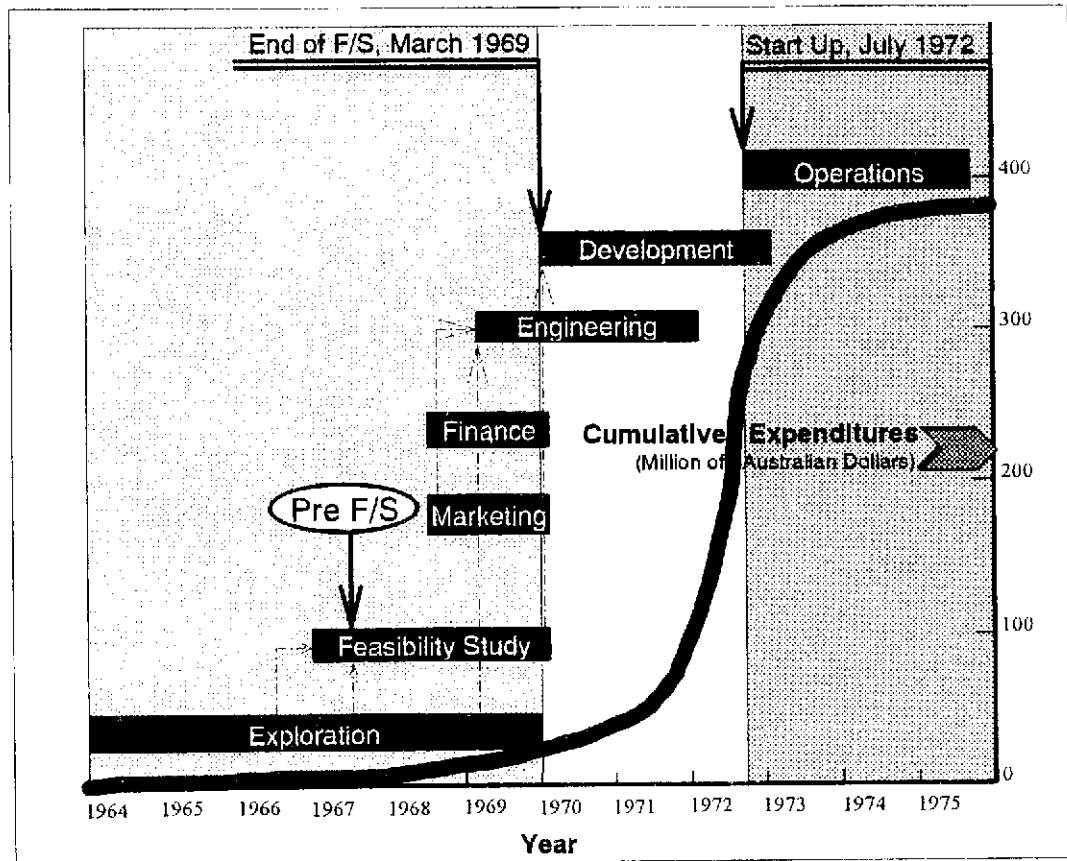


図 5-1 ある露天掘鉱山の開発プロジェクトにおいて行われた作業段階と投下資金量の変化

5.2 鉱山開発プロジェクトにおける F/S

F/S による鉱床評価は、3つの基本的な要素から構成されている。すなわち、技術的要素、経済的要素、そして社会経済的(Socio-Economic)要素の3つである。鉱床の規模と品位を把握することは鉱床評価の基本であるが、そのための探鉱データの解析には、地質学・地球化学・地球物理学を主体とした学問分野の知識と理論を動員する。対象となる鉱床が既に生産の始まった鉱床と類似した特長を有するか否かを調べ、鉱床の地質学的なモデルを構築し、探鉱プログラムの更新を行って探鉱結果の精度向上に努める。さらに、鉱床を取り巻く自然・地質・地理的条件を考慮して、技術面から開発と採鉱のマスタープランを作成する。しかし一方では、鉱床評価には、経済的な側面も必要となる。すなわち、鉱石を採掘して、選鉱、場合によっては精錬も行って得られる収入を予想し、これが、探鉱・開発・生産段階に発生する経費を上回り、投資家を満足させ得るものであるか否かを見積もる必要がある。そのため、開発に要する起業費ならびに操業費を予想するとともに、市場調査と販売計画(Marketing)、投資環境の調査と資金計画の策定(Finance)などを行う。また、F/Sの後半では、特にそのプロジェクトに政府が関与しているときに比重を増す傾向があるが、鉱床の開発が、国や地域社会にいかなる社会経済的な波及効果をもたらす可能性があるのかを評価する必要性が生じる。

F/Sは3つの基本要素から構成され、プロジェクトに対する技術的評価・経済的評価・社会経済的評価が行われる。しかし、これらは互いに独立したものではなく、相互に関連性を持っている。技術的な評価結果が経済的評価の入力データとして重要であり、技術的な評価と経済的な

評価の結果が揃って、社会経済的な評価を始めることが可能となる。また、F/S の途中では、2 つ以上の評価が同時に平行して行われることも希ではない。いずれの評価も、1 回きりの評価で終わるものではなく、探鉱データの追加など新しい情報が加わると、再評価が行われる。近年、鉱山開発プロジェクトを取り巻く環境は厳しさを増し、生産開始までのリードタイムが長くなるとともに、F/S に必要とされる項目も複雑多岐にわたるようになった。そこで、F/S も予備的なものから最終的なものまで数回行われるケースが多く、各 F/S のレポートがまとまった時点で、それ以上プロジェクトを進行させるかそこで中断させるかの判断を行い、最終 F/S を行って、開発の最終的な意志決定を行う。

探鉱プログラムは、広域的な地質構造を調査することから始まって、目標を徐々に絞り込み、鉱体の輪郭を明らかにして、ターゲットとなる有望地域に賦存する鉱量と鉱種・品位などを求める。探鉱プログラムの前半である広域調査あるいは概略調査(Reconnaissance Exploration)の段階では、可能性の少ない地域をはずして、より詳細な調査を必要とする地域を限定することを主目的とし、後半の精密調査(Detailed Exploration)とターゲットの評価(Target Evaluation)の段階では、鉱床の持つ経済価値を求めることを主目的とする。探鉱プログラムは、概査から精査へと進むにしたがって、より多くの情報が集まるので精度も向上するが、同時に、ボーリングをはじめとした探鉱費用も増加する。それ故、それまでに集まった情報を基に、より詳細な調査に進むか、現段階までに収集されたデータを見直すか、それとも、探鉱プロジェクトを放棄するかかの決定が数度にわたって行われる。特に、遠隔地にあって、開発コストがかさむと予想されるプロジェクトでは、評価規準が厳しくなる。

ターゲットとなった鉱床の有望性は、単に地質学的規準のみから評価されるべきものではなく、工学的・経済的規準からも検討される必要がある。勿論、鉱床の地質学的特性は、工学的・経済的評価を行う基礎データとして欠かすことができないが、工学的・経済的規準の重要性は探鉱プログラムの後半になるほどその重要性が増す。探鉱がある程度進んで、探査技術者による 3 次元的な鉱床モデルが出来上がると、鉱床の持つ経済的なポテンシャルを評価する作業が探鉱及び選鉱技術者、財務担当者も参加して始まる。これを 1 次 F/S あるいは Pre F/S (Pre-feasibility Study)と呼ぶ。その中で、鉱床についてこの段階までにわかっていることをまとめ、どのようにして鉱床を開発するかといったマスタープランの提案、プロジェクトの持つ経済性の初期評価を行って、報告書として提出する。

5.3 Pre F/S における検討項目と探鉱法の選定

鉱床の持つ経済的価値が初めて評価される Pre F/S では、開発コストや操業コストの見積もりが行われる。探鉱結果に基づいて、可採鉱量と平均品位の見積もりを行って、鉱床の持つ経済的価値を推定するが、鉱量や品位は、開発コストや操業コストによって変化し、鉱産物価格変動の影響も受ける。推定には不確定な要素も含まれているので、様々なリスクを伴うが、地質学的・工学的・経済学的な分析によって、初めて、数字として鉱床の経済価値を表現する。そして、これに基づき、さらに精密な調査プログラムを実施して、詳細な F/S を行うか、あるいは、プロジェクトをこの時点で放棄するか否かの意志決定の資料とする。そのため、以下に示すような項目について検討を加える。

- (1) 鉱床の自然的・地理的条件 …… 鉱山を開発し操業するとした場合に当然問題となる一般的な情報、インフラの整備を始めとした開発コストの算定に大いに関係する条件、例えば、ターゲットとなる地域の地理・地形、位置と標高、気候(温度・降水量・地震・雷)、植生・自然環境、水利などを検討する。
- (2) 鉱床の地質学的賦存条件 …… 鉱床を取り巻く地質条件一般(地質概況、地質年代、地質構造、岩相、岩質・岩種、断層・破碎帯および岩脈、湧水・地熱条件)と採鉱に關与する鉱床の特性(鉱床成因、鉱床の規模・深さ・形態および連続性(鉱床平面図・鉱床断面図)、溶脱帯・酸化帯・二次富鉱帯・初期鉱帯、鉱種、母岩、表土の種類と厚さ)について検討する。
- (3) 埋蔵鉱量と品位 …… 単に、地質学的な鉱量と品位ではなく、現在の経済条件の下で、採掘可能な鉱石の量と品位を求めなければならない。そのためには、鉱産物の市場価格を予想し、採鉱・選鉱に要するコスト、ズリ処理のコストを勘案して、カットオフ品位を設定する。また、必要な場合には、鉱量を確定鉱量(Proved Ore Reserve)・推定鉱量(Probable Ore Reserve)・予想鉱量(Possible Ore Reserve)に分類し、鉱量算定の精度・確かさに応じて重みを付けて3つの鉱量を調整した可採鉱量を試算する。
- (4) 操業規模と採鉱法 …… 経済的に効率よく操業される適切な規模は、鉱床の規模と品位、採鉱・選鉱の技術レベルにより変化する。経済的なスケールメリットにより、一般に、生産物トン当たりの操業コストは生産規模の増加に対して減少するが、ある規模を越えると、出鉱量の増加に要する資本コストが急騰する。それ故、トン当たりのトータルコストと年間出鉱量の関係をグラフに表すとU字形のグラフとなり、最適な操業規模である出鉱量トン当たりのトータルコストが最も低くなる操業規模を求める必要がある。また、採鉱法によって、それに適した操業規模がことなり、採鉱コストもことなる。採鉱法の選択にエキスパートシステムの適用を計るのが本研究委員会の大きな課題であるが、ふさわしい採鉱法が、鉱床の地質学的賦存条件などを選択規準とする1次選択によって選ばれる。選ばれた採鉱法について、操業規模を設定し採鉱コストの見積りを行う。
- (5) 採鉱条件・選鉱条件 …… 鉱石と母岩の力学的物性値(密度・強度・変形係数など)、亀裂の状態と間隔、穿孔能率(Drillability)、爆薬原単位(Powder Factor)、ズリ混入率(Dilution)、採掘実収率(Recovery)、増石率(Swell Factor)、ビット・爆薬・燃料等の消耗品費、重機類の運転経費などは、採鉱の操業条件とコストに影響を及ぼす。また、鉱石の物理化学的性質、副産物も含めた選鉱実収率、精錬実収率などは、選鉱・精錬コストに影響を持つ。
- (6) その他 …… 電力利用の可否、現地労働力の質・量・単価、資材・修理部品入手の難易度などが検討される。

Pre F/S の段階では、得られる情報の量と信頼度に限りがあるので、プロジェクトの収益やコストの見積もり、キャッシュ・フロー分析も、第一義的にはオーダーを推定すること(Order-of-Magnitude Estimate)を目的とし、詳細な調査が今後必要であるか否かをすばやく判断することにある。本研究委員会が目指している採鉱法設計支援システムは、Pre F/S の段階において使用されるものであることを前提としている。採鉱法が決まらなければ、採鉱に要するコストを見積もることは不可能であり、Pre F/S の経済評価も不可能となることは言うまでもないが、Pre

F/S の段階では、限られた情報に頼って、ふさわしいと考えられる採鉱法を選択し、採鉱法と採鉱計画のマスタープランを策定することになる。平成2年度報告書(PNC PJ7552 92-002)の中では、鉱床の賦存条件を選定規準として主な採鉱法の中からふさわしい採鉱法を選び出すエキスパートシステムの提案を行った。また、昨年度の報告書(PNC ZJ7552 93-001)の中でその第2次案を提案するとともに試験運用の結果を報告し、ほぼ満足のいく結果が得られたことを示した。今年度も引き続き採鉱法選択エキスパートシステムの改良を行っており、特に、鉱山開発に適した鉱石と母岩の力学的特性の評価法の提案とそれに基づく主な採鉱法の適用範囲について検討を行い、本報告書の「第2章 採鉱法選定に関する岩盤評価法の検討」にその成果を記した。本年度までの採鉱法選択エキスパートシステムは、

- (1) Pre F/S に利用できる情報量は不十分であり、その精度に対する信頼性も限られていること
- (2) 鉱床の賦存条件のみでは最適な採鉱法を選び出すことはできず、経済的な要因(コストの比較)を行う必要があること
- (3) いずれの採鉱法も何らかのバリエーションを持っており、他の採鉱法と組み合わせるなどの可能性を持っていること

等を考慮して、択一選抜を避け、余程ふさわしくないものは除くとしても、複数の採鉱法が候補者として残るように設計されており、言わば、採鉱法の1次選択を行うことを目的としている。

そこで、次の課題として、上記(2)と(3)項に関係することであるが、1次選択で選ばれた採鉱法について、コスト計算を行ってその優劣を比較するとともに、優位とされた採鉱法を適用するに当たっての問題点、低位に位置づけられた採鉱法に可能なバリエーションあるいは他の採鉱法との組み合わせの可能性など、これらの採鉱法の持つ長所を生かすことができないか否かなどを検討することを、“採鉱法設計支援システムの詳細設計”と称することにした。

5.4 1次選抜された採鉱法の詳細設計

平成2年度報告書(PNC PJ7552 92-002)に示されているように、以下の10種類の採鉱法を主たる採鉱法として選び、Pre F/S II時に検討されるべき採鉱法とした。

- | | |
|--|----------------|
| (1) Open Pit Mining | (露天掘採鉱法) |
| (2) Room & Pillar Mining | (ルームアンドピラー採鉱法) |
| (3) Sublevel Stopping | (サブレベルストーピング法) |
| (4) Overhand Cut & Fill Stopping | (上向充填採鉱法) |
| (5) Underhand Cut & Fill Stopping | (下向充填採鉱法) |
| (6) Shrinkage Stopping | (シュリンケージ法) |
| (7) Stull Stopping | (打柱採鉱法) |
| (8) Block Caving | (ブロックケービング法) |
| (9) Sublevel Caving | (サブレベルケービング法) |
| (10) Longwall Mining | (長壁式採鉱法) |

各採鉱法の特徴と採用した理由は前記報告書の「5.2 節 採鉱法について」の中に記載されてい

る。これらの採鉱法について、鉱床の持つ自然条件との適合性を検討して、表 5-1 に示すような「採鉱法選定法(第2次案)」を提案した。

表 5-1 採鉱法の1次選定のための委員会案(第2次案)

採 鉱 法	鉱床の形状													鉱床の規模				品位			鉱床の深さ				
	塊	扁平 (脈状・層状)																(トン当り価値)							
		傾斜			厚さ																				
		0~10°	10°~35°	35°~70°	70°~90°	2m以下	2m~5m	5m以上	2m以下	2m~5m	5m以上	1m以下	1m~3m	3m~10m	10m以上	300以下	300~1500	1500~15000	15000以上	10千円以下	10~30千円	30千円以上	100m以下	100m~500m	500m以上
OP	○	○	○	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
RP		○	○	○	○	○									○	○	○	○	○	○	△		○	△	
SS	○											○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	○	○	
OC							△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	○	○	
UC	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	
SH							△	△	△	△	○	○	○	○	○	○			○	○			○	○	
ST							△	△		○	△			○	△	△			△	○	○	△	○	○	
BC	○								△				○			○	○	○	○	○		○	○		
SC	○								△				○			○	○	○	○	○		○	○		
LW		○	○	△	○	○										○	○	○	○	○	○	△	○	○	

この表では、鉱石・母岩の力学的特性が選定規準に加えられていないが、これについては、今年度も検討が続けられており、その結果が本報告書の第2章で述べられている。この表で、○印の付いた採鉱法は適していることを、△印の付いた採鉱法は不適というわけではないが適用に当たっては注意を要するというを表している。10種類の主な採鉱法について、(1) 鉱床の形状(塊状であるか扁平であるか)、(2) 鉱床の傾斜、(3) 鉱床の厚さ、(4) 鉱床の規模、(5) 鉱石の品位(鉱石が複数の有価鉱物を含んでいることを考慮して、鉱石の経済価値によって表示してある)、(6) 鉱床の深さ、そしてこの表には示されていないが、(7) 鉱石と母岩の力学的特性を規準として、適した採鉱法を選ぶ。7つの条件に対して、○印の多く付いた採鉱法ほど、適した採鉱法であり、2・3の採鉱法が候補者として残るように工夫されている。しかし、傾斜や厚さ、あるいは、深さを区切る境界の値については議論の余地も残っており、品位の表現法にも検討の余地が残っている。1次選択によって選ばれた採鉱法は Pre F/S の中で取りあげて、採掘コストを見積もり鉱床の持つ経済的価値を試算するのに使用される。しかし、1次選抜によってつけられた順位は鉱床の自然条件のみが評価の基準となっているので、それだけでは不十分な場合もあり得る。以下では、研究委員会のこれまでに行われた討議において、採鉱法の詳細設計として検討すべき項目として指摘されたものの主なものを示す。これら検討項目の内容につ

いては、平成6年度以降に具体的な検討を行うこととし、本年度はその項目を列挙するにとどめる。

(1) 露天掘採鉱法について……表 5-1 において、露天掘採鉱法(OP)の適用範囲が 100m 以下となっている点に関しては、注釈が必要である。露天掘採鉱法は、比較的鉱床の深度が浅い場合に適しているのは当然であるが、それは、剥土比が小さくて、ズリを処理するコストが深度が浅いほど少ないと考えられるからである。鉱床の規模が大きい程、露天掘採鉱法のスケールメリットが生かされて、採鉱コストが低廉となるので、小規模な鉱床よりも大規模な鉱床の方が、適用の限界深度は深くなるであろう。鉱石の持っている経済価値、鉱石の採鉱コスト、ズリの処理コストを見積もって、露天掘採鉱法とその他の坑内掘採鉱法の経済的優位性を比較して、どこまで、露天掘採鉱法が有利であるかを検討する必要がある。また、場合によっては、鉱床の浅部は露天掘採鉱法、深部は坑内掘採鉱法というように、両者の組み合わせを検討する必要がある。

採鉱コスト、選鉱コストの見積もりは、アメリカ鉱山局のハンドブックを使って行うことができるが、大まかに言えば、採鉱コストは操業規模と採掘深度によって変化し、選鉱コストは操業規模と原鉱の物理化学的性質・品位によって変化する。したがって、操業規模を設定したならば、ハンドブックを使って、鉱石の採鉱・選鉱コストとズリの採鉱・処理コストを計算して、カットオフ品位をまず求める。カットオフ品位以上の鉱石の量とその平均品位が定まるので、選鉱コストを見直す。もう一度、カットオフ品位を計算し直して、鉱量と平均品位を計算し直す。これを、2・3 回繰り返せば、露天掘採鉱法のカットオフ品位が定まる。

鉱床の形状が単純であったり、その規模が小さい場合には、露天掘採鉱法によってプラスの収益をもたらす鉱石とズリの採掘範囲、すなわち、ピットの形状を手計算と若干の試行錯誤により求めることも可能であるが、最近では、コンピュータを使ったピット設計を行うのが普通である。これには、Positive Moving Cone 法あるいは Floating Cone 法と呼ばれるアルゴリズムが使われている。鉱床とその母岩を適当な大きさのブロックに分割し、一つ一つのブロックに、採鉱データを内挿した品位を割り付ける。品位がカットオフ品位以下のものはズリのブロックと見なし、このブロックを採取しズリ堆積場に運搬し処理したときに発生するコストをマイナスの経済価値として、ズリのブロックに与える。一方、カットオフ品位以上の品位を持つブロックは鉱石のブロックと見なし、ブロックに含まれる有価鉱物を販売したときに得られる収入(選鉱・精錬の実収率を考慮して割り引く必要があるが)から、採鉱コスト、選鉱・精錬コストを差し引いたものをこのブロックが持つ経済価値と考え、鉱石のブロックに与える。後は、前記のアルゴリズムを組み込んだコンピュータプログラムによって、ピット形状が求まり、露天掘採鉱法が適用可能な最大深度が求まる。また、坑内掘採鉱法のコスト計算・カットオフ品位の試算・坑内開坑に要する投資額の見積もりを行うことにより、露天掘と坑内掘を組み合わせた場合に、トータルの収益が最大となる露天掘採鉱法から坑内掘採鉱法への切替えレベルを求めることも可能となる。

鉱床および上下盤のマスとしての力学的安定性は、ピットの傾斜角に決定的な影響を持ち、ピットの傾斜角は剥土比、したがって露天掘採鉱法の採算性を支配する。それ故、露天掘採鉱

法を検討する場合には、コストの試算のみならず斜面の安定性を保証するピット傾斜角を合理的に見積もることが重要である。その他、露天掘採鉱法に関する検討項目としては、ズリ捨て場、酸化鉱の処理ヤード、鉱石の特性(溶脱帯・酸化帯・2次富鉱帯・初期鉱帯)、地下水位・岩盤の透水性などがある。

(2) ケービング法に属さない坑内掘採鉱法に関して……上記のような露天掘採鉱法に関する詳細設計を行うことによって、露天掘採鉱法を採用するか坑内掘採鉱法を採用するかの判断が可能となる。坑内掘採鉱法のうち、ルームアンドピラー法、サブレベルストーピング法、充填採鉱法、シュリンケージ法、打柱採鉱法、長壁式採鉱法は、充填あるいは坑木などによる人工的な支保あるいはピラーを残すことによって採掘空間の天盤と側壁を支持しながら採鉱を進める(長壁式採鉱法は、炭坑の場合、天盤を崩落させることによって切羽に加わる地圧を緩和させようとする意図があるので、長壁式採鉱法をケービング法に分類するか否かは議論の分かれるところである)。同じ充填採鉱法でも、上向充填採鉱法と下向充填採鉱法では適用条件に大きな違いが見られるし、上向充填採鉱法の中でも、機械化充填採鉱法と鉱脈型鉱床に採用されている従来型の充填採鉱法では様相が異なる。機械化充填採鉱法は、従来ならば、シュリンケージ法あるいはサブレベルストーピング法を採用していた鉱床に適用されるようになってきているが、それは充填採鉱法がより柔軟な採鉱法であって、採掘実収率が高く、ズリ混入率が低いという特色をメリットと考えているからである。

ルームアンドピラー法は坑内掘採鉱法の中で、最も多く採用されている採鉱法であろうが、鉱床の地質・岩盤条件に適合したバリエーションの幅も最も広い採鉱法であろう。比較的傾斜の緩やかな鉱床を、天盤を支えるために鉱石の一部をピラーとして掘り残しながら、採掘を進めるというのがルームアンドピラー法の原型である。加わる地圧の大きさと鉱石の強度から残柱率を決めてピラーを規則正しく残す場合もあるが、金属鉱山で見られるように貧鉱部をピラーとして残す場合もある。天盤が傷んでいたりピラーの劣化が見られる場合には、ロックボルト・金網・モルタル吹付あるいは木積など人工的な軽度の支保を施す。ルームアンドピラー法が広く用いられている理由は、(1) 機械化を導入し易いために、生産性が比較的高く、採鉱コストが比較的安いこと、(2) 切羽選別が容易であり、柔軟性があること、ズリ混入も少ないこと、(3) 開坑準備期間が短く、起業費も相対的に少ないことなどが挙げられる。しかし、岩盤条件が悪くなると、残柱率を高くしなければならないので、高品位鉱石の場合には採掘実収率の低下は問題であり、天盤の維持管理が難しくなるという保安上の問題も発生する。特に、厚い鉱床の場合には、採掘跡の天盤が高くなるので、浮石落し・支保がやっかいとなる。

採掘実収率を上げるために、ピラーの一部を回収し、場合によっては採掘跡天盤の崩落を許すことが、炭坑では見られるが、100%の採掘実収率を目的として、採掘跡をセメントで強化した充填物によって完全充填するバリエーションも採用される。これは、ルームアンドピラー法の本来の姿から逸脱するものであるが、先に述べたルームアンドピラー法の長所を生かすために取られたバリエーションである。したがって、表 5-1 の採鉱法の1次選択の表を使った場合に、ルームアンドピラー法の得点が低くなる場合でも、充填のバリエーションを導入することによって適用可能となる鉱床条件もあり得る。このようなバリエーションは他の坑内掘採鉱法

にもあり、特に、採掘空洞の充填を行うバリエーションはその例が多く存在する。ルームアンドピラー法あるいはサブレベルストーピング法に充填を取り入れた場合、本来の充填採掘法における充填との違いは、充填を採掘のサイクルに加えて採掘と充填を繰り返す行いか否かの違いしかなく、その意味でこれら充填を取り入れた坑内掘採鉱法は、“Mining with Backfill”と呼ぶべきなのであろう。

坑内掘採鉱法は多様性に富み、その適用範囲はオーバーラップする部分が多い。そこで、坑内掘採鉱法を取捨選択する際には、鉱床の自然条件から適用可能とされる候補者を選び、採鉱コスト・採掘実収率・ズリ混入率と起業費の大小・出鉱準備期間の長短を基にして経済性の比較を行う必要がある。ケービング法に属さない坑内掘採鉱法に関して、その他の検討すべき項目としては、鉱床の中の品位分布、鉱脈幅の変化の度合い・不規則さ、ズリ発生量と処理条件、切羽選別の必要性、ピラーの寸法あるいは必要な支保の量と様式、採掘空間の維持期間、機械化採鉱の可能性、現地労働力の質と量などがある。

(3) ブロックケービング法とサブレベルケービング法に関して …… これら二つの採鉱法は他の坑内掘採鉱法と際だった相違点を持っているので、その検討内容も異なる。サブレベルケービング法は鉱石を発破によって破碎し、上盤の岩石の崩落を許しながら鉱石の抽出を行うのに対して、ブロックケービング法は上盤の岩石のみならず鉱石もその上部にある鉱石と岩盤の重みによって崩落させて破碎し抽出する。したがって、鉱石と上盤の岩石が抽出の際に問題となるような大塊を発生せずに適当な大きさに破碎され、破碎された鉱石・岩石の流動がスムーズに起きることが適用に当たっての最大の条件である。鉱石や上盤の岩石が上載岩盤の重量によって破碎され、しかも適当なサイズの大きさに砕かれる尺度を“ケーバビリティ(Cavability)”と呼んでいる。また、両者とも、採掘の影響が地表に伝わって、地表陥没を起こさせるものであるから、地表にはダメージを受けては困る河川・湖沼や人工構造物が存在しないことも重要な適用条件である。これら二つの採鉱法が1次選抜によって選ばれたとしたならば、(1) ケーバビリティが良好であること(ブロックケービング法の場合は、鉱石と母岩のケーバビリティ、サブレベルケービング法の場合には母岩のケーバビリティ)、(2) 地表の陥没が許されるか否か、がまず検討されなければならない。

ブロックケービング法は、第1次世界大戦後、アメリカ南西部の大規模な低品位銅鉱床の開発を可能にした坑内掘採鉱法であり、コストと出鉱量の両面において露天掘採鉱法に匹敵し得る可能性を持った唯一の坑内掘採鉱法である。ブロックケービング法の場合、ケーバビリティが鉱山の死活を左右する。鉱画底部のアンダーカット(Undercut)によって、崩落を誘起させるのであるが、ケーバビリティは破碎した鉱石の抽出口におけるサイズと自己持続的な崩落を保証するアンダーカットの幅によって決まる。もし、鉱石の破碎粒度(Fragment Size)が粗いとアンダーカットの幅を広げる必要があり、場合によっては、抽出口が詰まって出鉱が阻害され、小割発破に要する経費と人手がかかって、生産性・採掘能率を低下させる。ケーバビリティが決まれば、抽出口の間隔、抽出坑道に施すべき支保の程度、地表陥没の範囲などを予想することができる。したがって、ケーバビリティを見積もることがブロックケービングの詳細設計にとって欠かすことができない。鉱石と岩石の壊れ易さに影響する亀裂頻度あるいは RQD によって

ケーバビリティの尺度とする定量化が試みられているが、ケーバビリティを見積もることは実際には、非常に難しく、多くの経験とノウハウが必要である。また、ブロックケーピング法では、抽出口の間隔を設定することも重要な検討項目であるが、一般に、鉱石と上盤岩石の破碎粒度と抽出レベルのピラー強度によって変化し、破碎粒度が細かいほど抽出口の間隔を狭くとした方が良いとされている。また、上盤岩石の破碎粒度の方が鉱石の破碎粒度よりも細かい場合には、ズリ混入が起きやすいので抽出口の間隔を狭くした方が良いとされている。

一方、サブレベルケーピング法の場合にも、上盤岩石のケーバビリティが同様に問題となり、発破によって壊された鉱石をスムーズに押し出すように上盤が崩落する必要がある、穿孔－発破－積込を高度にシステマティックに機械化したこの採鉱法の生産性を左右する。また、採鉱作業を行うサブレベル坑道の大きさと必要な支保、坑道の垂直間隔と水平間隔の決定もキーファクターである。もしサブレベル坑道に大きな荷がかかるようであると、サブレベル坑道の支保に手間がかかり、サブレベルケーピング法のメリットを損なう可能性がある。サブレベル坑道の垂直間隔は穿孔機の性能に支配されるが、水平間隔は破碎した鉱石の流動範囲の縦横比に影響されるとされている。そのため、破碎した鉱石と上盤岩石がどのような挙動を示すかが鍵となる。

ケーピング法の詳細設計に関しては、ケーバビリティの予測が最重要課題となるが、理論的に予測することは困難であり、海外の鉱山の実例を見ても互いに矛盾するような事例も報告されている。ケーバビリティは破碎粒度と採掘能率に影響するのみならず、ケーバビリティの悪い岩盤はアーチを形成しやすく、保安面でも深刻な問題を発生させる。アーチの形成は、自己持続的な崩落が止まることによって操業の支障となるばかりでなく、アーチが崩壊したときに発生する圧風(Air Burst)が鉱山操業に大きなダメージを与える可能性があるからである。ブロックケーピング法では、ケーバビリティの次に重要な評価項目は、ズリ混入と鉱石実収率の低下を避けるためのドローコントロール(Draw Control)と抽出口の適切な配置である。抽出によって生まれる鉱石の重力流動圏が途切れることなく互いに接することが理想とされる。抽出口の間隔が広すぎると鉱石の実収率が低下し、間隔が狭すぎるとズリの混入が増加する。一方、サブレベルケーピング法でも、サブレベル坑道からの鉱石の抽出は、鉱石とズリの流動特性、重力流動圏の3次元的な形状に支配され、ズリ混入と鉱石の抽出ロスがうまく折り合うよう、抽出の中止をいつ行うか、抽出作業中に鉱石とズリの識別をどのようにして行うかと言った課題がある。ともかく、ケーピング法はかなりの経験とノウハウが必要であることは間違いなからう。その他、ケーピング法に関しては、地表が陥没を許す条件となっているか、崩落を起こしやすい鉱床の形状(塊状鉱床か急傾斜の厚い層状鉱床)となっているか、特にブロックケーピング法の場合には、崩落に必要なアンダーカットの幅を取ることができるか否かが重要なポイントとなるらう。

5.5 Pre F/S の成果

Pre F/S の成果は、レポートの形にまとめられ、より詳細な鉱床の評価のために、探鉱プログラムを進め、市場調査と資金調達計画、より具体的な採鉱のマスタープランの策定、すなわち、より詳細な F/S を今後も行う必要があるのか否かの決定を行う資料として使われる。典型的な

Pre F/S のレポートに記載される事項としては次のものがある。

- (1) プロジェクトの概況: 地理概況、現地へのアクセスルート、地形、気候・気象、プロジェクトの経緯、鉱区・探鉱権・採掘権の有効期間、開発スケジュール
- (2) 地質: 周辺地域の地質概況、プロジェクト地域の詳細な地質、予備的な鉱量計算結果、今後の詳細な探鉱プログラムの計画
- (3) 探鉱: 鉱体の幾何学的形状、予定される探鉱法と探鉱計画およびこれらの代替え案、必要なプラントと機械類
- (4) 選鉱: 鉱石と精鉱の特性、選鉱設備
- (5) その他操業に必要となるもの: エネルギー・水・予備部品・資材(ディーゼル油・爆薬・交換部品類など)の調達とその難易度
- (6) 輸送: 道路・滑走路・橋・港湾・鉄道などの輸送設備
- (7) タウンサイト: 従業員の住宅、従業員子弟のための学校、医療施設、社屋
- (8) 労働力: 労働力の推定、熟練労働者の募集、近隣に住む労働者の採用
- (9) 環境保護: 環境に対するダメージを減らし最小化するためのプラン、関係する環境保護の法令
- (10) 法律: 鉱山法、税制、海外からの投資規制、政治的なリスク
- (11) 経済性分析: プラント・機械類・インフラ・資材の購入と建設のためのコストと人件費その他の見積もり、関係する鉱産物も含めた生産・消費・価格動向に関する市場分析、予想される出鉱量と価格の下での収入予測、キャッシュフロー分析と NPV・DCF-ROR の計算、感度分析

などが含まれる。

Pre F/S が終了してゴーサインが下されると、より詳細な鉱床評価が行われる。探鉱に投下される資金額は、それまでの概略調査と初期鉱床評価に投じられた金額の数倍となるが、調査の重点は、次第に、地質調査から技術調査・経済調査に移り、政治・法制などの調査も行われる。詳細な F/S には、鉱床の地質学的特性、探鉱・選鉱計画、建設・開発工事のスケジュール、投資のタイミング、市場販売計画、全コストの見積もりとキャッシュフロー分析、資金計画などが含まれる。本質的には、Pre F/S と調査項目は変わらないが、より詳細に大規模に行う点が異なる。そして、企業主と融資グループを納得させ得る完全なものでなければならない。

5.6 まとめ

本章では、Pre F/S 実施時に必要となる探鉱法の選定に関し、現在開発中のエキスパートシステムによって選ばれた 1 次選択の探鉱法に必要な詳細設計の項目を述べた。探鉱法を、露天掘探鉱法、ケーピング法に属さない坑内掘探鉱法、ケーピング法に分けて、それぞれのグループで検討すべき項目を列挙した。その主なものは、(1) 露天掘探鉱法に関しては、その適用深度の限界を定めるためにはコスト計算を行って、ピット形状を求め坑内掘探鉱法と比較する必要があること、(2) ケーピング法以外の坑内掘探鉱法に関しては、バリエーションを考慮する必要があること、(3) ケーピング法に関しては、ケーバビリティの評価が欠かせないこと、などであった。これらの項目の中身については、来年度以降の委員会で検討されることになろう。

6. まとめ

本年度は、まず岩盤の評価についての議論を進め、独自の評価・分類方法を提案した。昨年度までの検討で、現在発表されている岩盤の評価・分類方法では、必ずしも十分と言えないことがわかったためである。しかしながら、これを一挙に完成させるには無理があるので、本年度は試案を作り次年度詳細に検討することにした。

また、既存の鉱山のデータを収集し、前年度改良を加えたエキスパートシステムを試用した。その結果、ヒット率（的中率）が70%と高率であり、ヒットしない場合も実際の採鉱法は次善の策として出力されたことより、本採鉱法選定プログラムは、かなり信頼性の高いものとの印象を受けた。次年度においては、的中しなかった30%の鉱山に関する検討、新たなデータによるエキスパートシステムの試用を通じ、より良きものを目指す考えである。

さらに、今後のデータベース、知識ベースはマルチメディア化される可能性が高いと考え、本研究に取り入れることの可否を検討した。その結果、長年培ってきた採鉱技術に関する蓄積を、単なる文字情報としてのみならず、画像、音声も含めたマルチメディアデータベースとして整理するのに適当な環境が整いつつあり、このような観点よりの活動を開始するのに絶好のタイミングであるとの結論を得た。

最後に、採鉱法設計支援システムの詳細設計に必要な項目について列挙・検討し、次年度の研究の準備とした。