

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 (H6)

(概念設計 その3)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1995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)
1995

~~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
東濃地科学センター
技術開発課



採鉱設計支援システムの開発

川北 徹*

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。

平成3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。平成5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、今後の採鉱設計支援システムの作成方針に関する概念と展望について述べた。第3章では、岩盤の評価法を含めた採鉱法選定プログラムに関してやや具体的に述べた。第4章では、従来のエキスパートシステムに岩盤評価をとりいれるとともに、アンケート調査の分析結果を踏まえて必要な改良を施した採鉱法の1次選定プログラムについて述べた。第5章では、今後のエキスパートシステムの構築に重要なかわりを持つ知識ベースに関して述べた。第6章は、まとめとし、本年度の研究結果、得られたことを簡略にまとめておいた。

本報告書は、(株)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：060D0216

事業団担当部課室および担当者：東濃地科学センター鉱床解析室室長 石堂 昭夫

※：(株)資源・素材学会 会長

Expert System on Mining Design and Development

Toru Kwakita *



A b s t r a c t

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 the fiscal year of 1993, 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.

In this fiscal year, rock mass evaluation/classification system was discussed again, and the obtained results was implemented to the expert system. The expert system was also modified through the detailed study of collected data of actual mines. Then, an advanced system, including knowledge base, for mine design and development was discussed.

In chapter 1, the object of this study and the outline of results in this year were stated. In chapter 2, concept of an advanced system was proposed. In chapter 3, an advanced system for mine design and development was discussed in detail. Also, items necessary for detailed design and development of mine were discussed. In chapter 4, implementation of rock mass/classification system to the expert system was stated. The expert system was also modified through the detailed study of collected data of actual mines. In chapter 5, possibility of knowledge base was discussed. Finally, in chapter 6, a brief summary of the results and the subjects to be studied in the next year described.

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

Contract Number 060D0216

PNC Liaison : Resources Appraisal Section Tono Geoscience Center ; Akio Ishido

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

目 次

1. はじめに	1
2. 採鉱設計支援システムの作成方針	3
3. 採鉱法 1 次選定プログラムの検討と改良	
3.1 Shrinkage 採鉱法の条件的選定について	7
3.2 Sublevel採掘法の条件的選定について	10
3.3 Room & Pillar 採掘法の条件的選定について	13
4. 従来の採鉱法選定プログラムの改良と試作	15
5. 知識ベースの収集と試作	
5.1 知識データベースの収集	37
5.2 知識ベースの例	37
6. まとめ	69

1. はじめに

資源の確保は我国にとって必須であり，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。

平成3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。

平成4年度は，『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。

平成5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。

本年度は，従来のエキスパートシステムに岩盤評価をとりいれるとともに，アンケート調査の分析結果を踏まえて必要な改良を施し，採鉱法の1次選定プログラムとしてはある程度満足できるものを完成させた。ついで，今後の採鉱設計支援システムの作成方針に関する概念と展望について検討した。さらに，今後のエキスパートシステムの構築に重要なかわりを持つ知識ベースに関して検討した。

平成6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（東京大学工学部地球システム工学科）
委員	萩野雅（住鉱コンサルタント株式会社）
	肝付兼弘（海外ウラン資源開発株式会社）
	小島康司（日鉱探開株式会社）
	南光宣和（三井金属鉱業株式会社）
	山富二郎（東京大学工学部地球システム工学科）
特別顧問	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. 採鉱設計支援システムの作成方針

F/S 段階、その中でも初期の Pre F/S 段階にある鉱山開発プロジェクトの設計支援を目的として、採鉱法選択の 1 次選別について議論を重ねた結果、昨年度までの採鉱法選定法(これを A 案と呼ぶ)を見直し、今年度は B 案と称するものを提案することにした。B 案を提案するのは昨年度までの A 案を決して否定するものではない。A 案は、基本的には点数制であり、鉱床形状・岩盤特性などの条件に対して、適合する採鉱法は○として“Good”と評価し、条件次第では適用可能となるものは△として“Fair”と評価し、適合しないものは“No (Good)”と評価し、-1 点の減点を与えるものである。結果として、減点の少ない採鉱法の順に候補者に順位をつける。その結果、昨年度の報告書(『採鉱設計支援システムの開発(概念設計その 2)』PNC ZJ7552 94-001)にあるように、70% の的中率を得た。今年度の研究委員会では、A 案では的中しなかった事例について詳細な検討を加えて、改良を行った。これについては、第 4 章で検討と改良の経緯が明らかにされ、改良した A 案、すなわち、A-3 次案が示される。

これは、そもそも、採鉱法の 1 次選定について議論を始めた時から問題とされていたことであるが、(1) 採鉱法をいくつかの基本となる採鉱法に分類することが難しく、また、基本的な採鉱法の定義自身にあいまいさが見られること、(2) 鉱体個々の地質学的自然条件に合わせて基本的な採鉱法の修正が行われるので、基本的な採鉱法に大きなバリエーションが加わらざるを得ないこと、(3) Pre F/S 段階における採鉱法選択を目的としているので、鉱床とこれを取りまく自然条件が明確とは限らないことが原因となって、はっきりと○×(適否)に分けることが一般には難しい。A 案では、×(選定表では無印)と判定されたものは減点の対象として、減点の少ないものを総合的に見て好ましい採鉱法としてきたが、B 案は、以下に示すような点が A 案と異なる特長である。

本年度検討した B 案を表 2-1 に示す。A 案と同様、適用可あるいは条件に適合している採鉱法には○が付けられる。一方、適用不可あるいは非適合と判定された採鉱法には×印が付けられる。しかし、B 案で使われる×印の意義と重みは A 案と大きく異なる。すなわち、A 案では×印(実際には無印)は減点の対象にすぎなかったが、B 案では×印は絶対的な無条件非適合を意味するものであって、一つでも×印が付いた採鉱法は選定の対象から外される。

また、B 案の△印は、○とも×とも判定できない中間領域を表し、将来詳細な検討の余地ありということを表す。△と判定される主な理由は、

- (1) 現状では判断が難しく、より詳細な地質情報・操業条件が付け加わることによって○ともなるし×ともなる可能性がある。Open Pit Mining の横欄の内、鉱体の深度が 100m ~ 500m の範囲が△となっているのは、Open Pit 法

の採算性が、鉱体の深度そのものよりも、剥土比(単位の鉱石を採掘するために取り除かなければならないズリと土砂の量)によって左右されるからである。剥土比が高くなれば、経済的な価値を持たないズリや土砂類の除去に要するコストが高くなって、採算性が損なわれる。剥土比は、採掘原価、カットオフ品位、鉱体の3次元的な形状、地形など様々な要因の影響を受けるので、鉱体の深度だけからは決められない。Pre F/S 作成時点では、これらに関する情報が揃っていない場合もあるので、要検討とした。

- (2) 基本的な採鉱法に適切なバリエーションを加えることによって適用可となる余地が残されている。例えば、Room and Pillar Mining が、鉱石価値が高い場合に△となっている理由は、基本的な Room and Pillar 法は鉱石価値の高い鉱床にはあまり適さないものと従来考えられてきたからである。鉱石価値の低い部分(貧鉱部)を Pillar として掘り残す場合が多く、鉱石価値の低い鉱床では、採掘コストを抑えるために Pillar を残して採掘実収率が悪くなくても止むを得ないと判断される場合が多い。しかし、鉱床が比較的緩傾斜の層状である場合には、Room and Pillar 法が坑内採鉱法の内、最も採用されやすい採鉱法であることを否定できない。そのため、鉱石価値が高い場合には、採掘跡を充填してもペイし得るので、充填を行い Pillar として掘り残した部分の鉱石も回収し、採掘実収率を上げる。このようなことがウラン鉱山では行われるので、要検討すなわち△とした。
- (3) Caving 法に見られるように鉱石や母岩の Cavability の評価が必要であるが、選定基準には含まれていないし Cavability の評価自身に議論の余地が残されている。表2-1 の Block Caving に適合する鉱床・母岩の力学的特性は存在せず、△か×のいずれかである。電研式岩盤分類による極めて硬く割れ目の発達していないAないしBクラスと軟弱岩盤と見なされる C_L と D クラスは明白に非適合となっているのに対し、C_{II} と C_M クラスに付いた△は、Cavability が良好であること(鉱石と母岩が自身の自重とその上載岩盤の重量によって、適度な大きさに壊れ、崩落現象がスムーズに伝播すること)が検討されなければならないことを示している。

などである。

鉱床が単一の鉱体のみから構成されていることもあるが、複数の鉱体によって構成されている場合が多いので、採鉱法選択は個々の鉱体ごとに行われるべきであるという立場を明確にした。そのため、表 2-1 の B案では、採鉱法選択が単一の鉱体ごとに行われることを前提としている。したがって、B案の採鉱法選択表の横軸は、単一鉱体が持っている特性を指している。

また、今年度提案した B案と A案とでは、採鉱法選択表の横軸の項目の並び方と分け方が異なる。すなわち、鉱体の形状に関して、A案では、脈状あるいは

は層状の形状を持っている時に、傾斜と厚みの組み合わせを判定要素に使っていた。しかし、B案では、鉱体の傾斜とその厚さは独立した判定要素となっており、しかも判定のランクも細かい—A案では、傾斜が4段階、厚みが3~4段階となっているのに対して、B案では、傾斜が6段階、厚みが7段階となっている。また、B案の鉱体規模のランク付けを見ても、6段階となっており、A案の4段階よりも区分が細かい。このように、B案において、細かい判定区分を設けた理由は、より細かな判定が可能であり、しかも、採鉱法の適否がA案で示したものよりも微妙に影響を受ける項目については細かくして、選択の精度向上を図った。このように分類が細かくなったので、A案で採用していた鉱床傾斜と厚みの2次元判定を止め、B案では、鉱体傾斜と厚みを独立した判定項目とした。

この他の横軸項目の相違点としては、鉱石価値の判定方式を上げることができる。すなわち、A案では、トン当たりの経済価値をもって判定していたが、B案では、単に高い・中位・安いと定性的な3段階評価とした。鉱石には複数の有用鉱物が含まれるので、その含有量=品位を基準に鉱石価値を判定するよりも、複数の有用鉱物が持つトン当たりの経済価値の合計によって判定する方が良からうということでA案にはこれを採り入れた。しかし、採掘時のズリ混入が大きかったり、可採率が低かったりする場合には、鉱石の持っている経済価値が目減りするであろう。また、現地の経済・社会情勢によっても経済価値が異なり、労務費の安い地域では鉱石の経済価値が見かけ上高くなるであろう。したがって、鉱石の経済価値を定量的に評価することには無理があると考え、B案では、高い・中位・低いと3段階定性的判定を採り入れることにした。

以上のような経緯によって、今年度の研究委員会では、B案を提案した。そして、3章で明らかにされるが、Room and Pillar Mining と Sublevel Stopping と Shrinkage Stopping の3採鉱法について、何故△印を付けたかを解説することにした。次年度以降では、順次他の採鉱法について、△印のついた理由を明らかにする。

冒頭にもふれたように、採鉱法の選択を行う際に、適否のどちらとも判定しにくい△印の判定に多く遭遇することも珍しくない。そのとき、判定を助けるものは経験であるが、経験と精度の高い情報を必要とするものである。特に、Pre F/S 段階の情報が限られている場合には難しく、経験への依存度が高くなる。Pre F/S 段階における採鉱設計支援のために、本研究委員会は組織されたわけであるが、A案あるいはB案に見られる採鉱法選択表を構築する一方で、今回のB案に見られる適否のどちらとも判定しにくい△印の存在を明確にし、その理由を明らかにすべく解説することは今後の採鉱設計支援システムの実際の運営に供するところが大きであると考えられる。

採掘法選定法（B案）

採 掘 法	鉞床の形状												単一鉞体の規模					鉞石価値			鉞床の位置 (深さ)			鉞床の力学的特性						母岩の力学的特性								
	塊 状	偏平（脈状・層状）											30万t以下	30万t～100万t	100万t～300万t	300万t～1000万t	1000～3000万t	3000万t以上	低い	中位	高い	100m以下	100m～500m	500m以上	A	B	C _H	C _M	C _L	D	A	B	C _H	C _M	C _L	D		
		傾斜						厚さ																														
		0°	30°	60°	90°	1m以下	1m～2m	2m～3m	3m～5m	5m～10m	10m～20m	20m以上																										
Open Pit Mining	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Room & Pillar min.	△	○	△	△	×	×	×	×	△	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	○	○	○	△	△	△	○	○	○	△	△	△	
Sublevel Stopping	○	△	△	△	○	○	×	×	△	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	○	△	×	×	○	○	○	△	×	×		
Overhand Cut & Fill Stop.	○	×	×	△	△	○	○	×	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	×	×	○	○	△	×			
Underhand Cut & Fill Stop.	○	×	×	△	○	○	○	×	○	○	○	△	△	△	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×	×	×	△	○	○	
Shrinkage Stop.	△	×	×	×	△	△	○	×	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	×	○	×	△	○	△	○	○	○	△	△	×	○	○	○	△	×	×		
Stull Stop.	×	×	×	△	△	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	△	×	×	△	○	○	△	○	△	○	○	○	△	△	×	○	○	○	△	×	×
Block Caving	○	×	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	○	○	×	△	○	△	×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	△	△	×	×	
Sublevel Caving	○	×	×	×	△	○	○	×	×	×	△	△	○	△	○	○	○	○	○	×	○	○	△	△	△	○	○	△	×	×	△	○	○	△	×			
Long wall Mining	×	○	△	×	×	×	○	○	○	△	△	×	×	×	×	×	○	○	○	○	△	○	○	×	×	△	○	○	○	×	×	△	○	○	△			

3. 採鉱法1次選定プログラムの検討と改良

2章で明らかにしたように、本年度は従来の採鉱法1次選定プログラム（A案と呼んでいる）に加えて、B案と称する選定法の提案を行った。その骨子は、適否どちらとも判定しにくいものには△印を付け、その理由を解説することにある。また、検討の結果選定表の横軸にも変更を加えたが、これらの理由は前章ですでに触れた。本章では、採鉱法1次選定プログラムのB案について、△印を付けた理由を明らかにする。本年度は、Room and Pillar Mining, Sublevel Stopping, Shrinkage Stoppingの3採鉱法について、△印を付けた理由を述べる。次年度以降、順次、その他の採鉱法について解説を行う予定である。

3. 1 Shrinkage 採鉱法の条件的選定について

Shrinkage 採鉱法は、①起砕鉱石で一時的に採掘鉱画内の上下盤を支持しながら、②切羽での足場として起砕鉱石を利用して採掘を実施する方法と定義されている。原則として人工的支保を必要としないか、殆ど必要としないのである。それ故、作業は穿孔、発破の単純なもので、熟練度は必要ではない。

これらの特色を活かすことにより、他の採鉱法より採算上有利になる場合に選定されるものである。

採鉱法選定法表における△印は、鉱床の自然条件のみにおいて採鉱法を選定する場合においても、特殊な目的での利用か、条件のいくつかの組み合わせを考慮して検討する必要があるか、何らかのバリエーションを必要とするものである。

一般的に言って、Shrinkage 採鉱法の選定と競合する採鉱法はSublevel stopingとover hand cut & fill, stull stopingである。それ故、これらの採鉱法との優劣を最終的には検討することとなる。

以下、△印項目の選定条件について述べる。

1) 塊状鉱床

Shrinkage は本来比較的深さの方向に安定した形状を有する急傾斜の脈状、層状鉱床に適用されるものである。しかし、塊状鉱床でsublevel caving やsublevel stopingが選定されるとき、最初の自由面を形成するのにshrinkage が適用されることがある。また稀にCavabilityの悪い鉱床でblock cavingを採用するとき、アーチングの形成を防止するため

にその境界面を幅狭い shrinkage により縁切りして崩落を容易にすることがあった。

2) 傾斜 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$

安息角以上の傾斜があれば、碎石鉱石の体積増加部分はドロポイントにより抜鉱すると、重力により落下し、足場の形成は可能である。しかし、脈の傾斜角が緩やかになると、抜鉱により破碎鉱石の上面は上盤から下がっていく。このため、上盤の露出面が広くなる。また、碎石鉱石上面は上盤側が低くなるため、穿孔のための足場は不安定となる。Shrinkage の特色である破碎鉱石の盤押さえ、掘さく足場作りの効果が著しくそがれる。緩傾斜の場合は足場作りの調整が容易な低脈幅 (3.5m以下) に適用される。また、緩傾斜になる程、破碎鉱石と下盤との摩擦力が増え、落下力が減少するため、粘土質を含む鉱石は中吊を起こしやすくなる。理想的な傾斜は 75° 以上となろう。

3) 脈幅 1.0 ~ 2.0 m

脈幅が狭いと破碎鉱石による中吊りが抜鉱中に起こりやすい。さらに、発破孔の burden spacing を小さく取らざるを得ないため、過粉碎が起こり、破碎鉱石がセメンテーションをおこし、中吊りとなる確率が高くなる。酸化しやすい鉱物を含む鉱床や、粘土鉱物を含有する鉱床、地下水の流入のある切羽、盤圧の強大な切羽等は中吊りの危険性が一層増大するため、十分な検討を要する。

また、脈の形状がイレギュラーであるとき、上下盤中を穿孔することになり、ずり混入率が増加する。

4) 脈幅 5.0 m以上

脈幅が広くなると、掘さく時、露出天盤が大きくなり簡単な天盤囲いが出来なくなり、亀裂の多い鉱脈には保安上問題を生ずる。

また、碎石鉱石足場の調整に多くの労力を要し、効率低下をもたらす。

通常、脈幅が20m以上に適用するときは、鉱床を横断する形でパネル状に、パネルピラーを残しながら、ピラーと交互に採掘することになる。ピラーは品位により採算性を勘案の上、回収するか、放棄するか決定されるのが一般的である。

5) 鉱床の深さ 100m以下, 500m以上

500m以上の深さになると、盤圧を念頭において、鉱画、充填、ピラーの配置等を決定せ

ねばならない。破碎鉱石の切羽内での滞留時間が長くなったり、採掘の進展による採掘跡面積が拡大すると盤圧により破碎鉱石の中吊りや上下盤の剝離や崩落によるずり混入率が大きくなる。

上下坑道間隔の短縮（開坑作業量の拡大）、ピラーの増加（実収率の低下）、採掘跡の充填（効率の低下）等の対策を検討し、他採鉱法との優劣を検討して選定をせねばならない。

また、逆に浅いところにある鉱床は、鉱床、母岩の風化による劣化、地表水の浸透、地表陥没等の可能性があり、中吊りやずり混入率の増加のためshrinkageの採用が不適になることがある。

6) 鉱床の力学特性 C_M , C_L

発破後の天盤直下で穿孔発破作業を行うため、これらのクラスの鉱床では、入念な浮石落しとともに、坑木により天盤囲いを必要とする。そのためには、脈幅は3.5 mが限度となる。また、鉱種や脈石の風化、変質度を十分にチェックし、破碎鉱が中吊りにならぬものでなければならない。

7) 母岩の力学特性 C_M

亀裂の程度、剝離性が問題であり、抜鉱時に上下盤の崩落によるずり混入増加をもたらす。細脈においては崩落岩盤による中吊りが起こり、抜鉱不能になったり、ドロポイントの閉塞を起こし、採掘能率の著しい低下を起こす。

上記の要検討項目△について、問題点となる条件を十分調整検討すべきである。

現在、世界的にみて、大型鉱床は坑内機械の発展により機械化されることが可能になったが、shrinkageは、基本的には機械化出来ない採鉱法であるため、採掘規模の小さな急傾斜の脈または層状鉱床に適用するのが一般的となっている。

3. 2 Sublevel採掘法の条件的選定について

Sublevel Stopping法は、急傾斜の鉱体または大規模な塊状鉱床の採掘に適した採掘法であり、中段坑道から長孔発破により鉱石を破碎する所に特長がある。また、一採掘区画の採掘が終了するまでは空洞のまま放置されるのが普通である。すなわち、Sublevel Stopping法は、長孔発破によって、比較的大規模に採掘することに有利性があるので、大空洞が容易に保持され、中石が少なく、鉱体の境界面がスムーズで側壁ずり混入の恐れが少い、比較的大規模鉱体の採掘に適した採掘法である。（放射線防護採掘技術開発に関する研究 PNC P J 7552 92-002 P. 91~95）

1) 傾 斜

鉱床の傾斜は、一般的には起砕鉱石が下盤に沿って落下することが必要であるので少なくとも 60° 以上あることが望ましいが、Fig のように、ドロポイントを下盤に設ける場合は、鉱床の厚さが十分に大きければ鉱床の傾斜に関係なく適用できる。

例えば鉱床の垂直厚さが10m以上もあれば十分である。

2) 厚 さ

Sublevel Stoppingは、前述したように、大型な岩機による長孔発破にその有利性があるので、鉱体巾（厚さ）は少なくとも5mできれば10m以上あることが望ましい。しかし5m未満でも能率を多少犠牲にすれば可能であるし、特に狭い場合は、硯と鉱石の区画がはっきりしておれば別々に採掘すれば可能である。また放射能その他の影響により、作業者が鉱床に近づけない場合に、鉱床外に中段穿孔坑道（室）を開きSublevel Stoppingを行うこともある。

穿孔パターンは、トラックレス・マイニング法を採用できれば、中段穿孔室の開きくは、比較的簡単、高能率にできるので、垂直平行型が有利である。したがって鉱床の厚さもそれに適したものがよい。

3) 単一鉱体の規模

一切羽の大きさは、10m巾×50m長×50m高（約80千t）もあれば十分であるし、それ以下でも十分可能である。一方鉱床母岩の岩質が十分堅ければ（例えばB以上）、水平最小スパンが40m、高さ60mでも問題はないが、それ以上の場合は、適宜鉱柱（水平、垂直）

を設ければよく、また場合によっては、上、下盤、天盤をlongアンカーボルトなどで補強することにより、多少軟弱岩盤でもかなり大規模採掘が可能になる。

4) 鉍石価値

鉍石価値（品位）が高い場合は、低能率でも実収率を高く、研混入率をできる限り低くする方が有利である（要は、採掘鉍石中の含有金属単位重量当りの採掘コストが最低となる採掘法がベストである）ので、大規模採掘を利点とするSublevel Stoppingより、例えばCut & Fill Stoppingの方が適している場合が多い。しかし、鉍体の境界面に凹凸が少なく、外側研混入や中石の少い均質な鉍体であれば、Sublevel Stoppingの適用は可能である。しかし高品位鉍床の岩質は軟弱な場合が多いのでSublevel Stopping法の適用には不利である。

5) 鉍床の位置（深さ）

地表からの深さが浅いと、風化が進んでいる場合が多いので、大空洞の保持が難しい。特に天盤の崩壊には注意を要する。（ほとんど前兆無しにチムニーケービングを起こすことがある。）一方深いと地圧が大きくなり、鉍柱や側壁が圧縮破壊されるようになり、時には山はねを起こすこともある。

6) 鉍床、母岩の力学的特性

Sublevel Stoppingは、一般に当該切羽の採掘が完了するまでは、空洞のまま放置されるの、かなりの期間その空洞が保持されることが必要である。したがって岩盤は十分強固でなければならない。しかし、 C_M 程度の岩盤であればLongアンカーボルトなどで補強することにより、また切羽の大きさを縮めるなどして適用可能となる。

Sublevel Stoppingは適用を誤ると、最悪の場合は大崩落を起こしたり、また採掘途中で問題が発生しても、他の採掘法への転換が困難な場合が多いので、最初は比較的小規模切羽から行い、十分経験を積んでから適正規模に移ることが重要である。

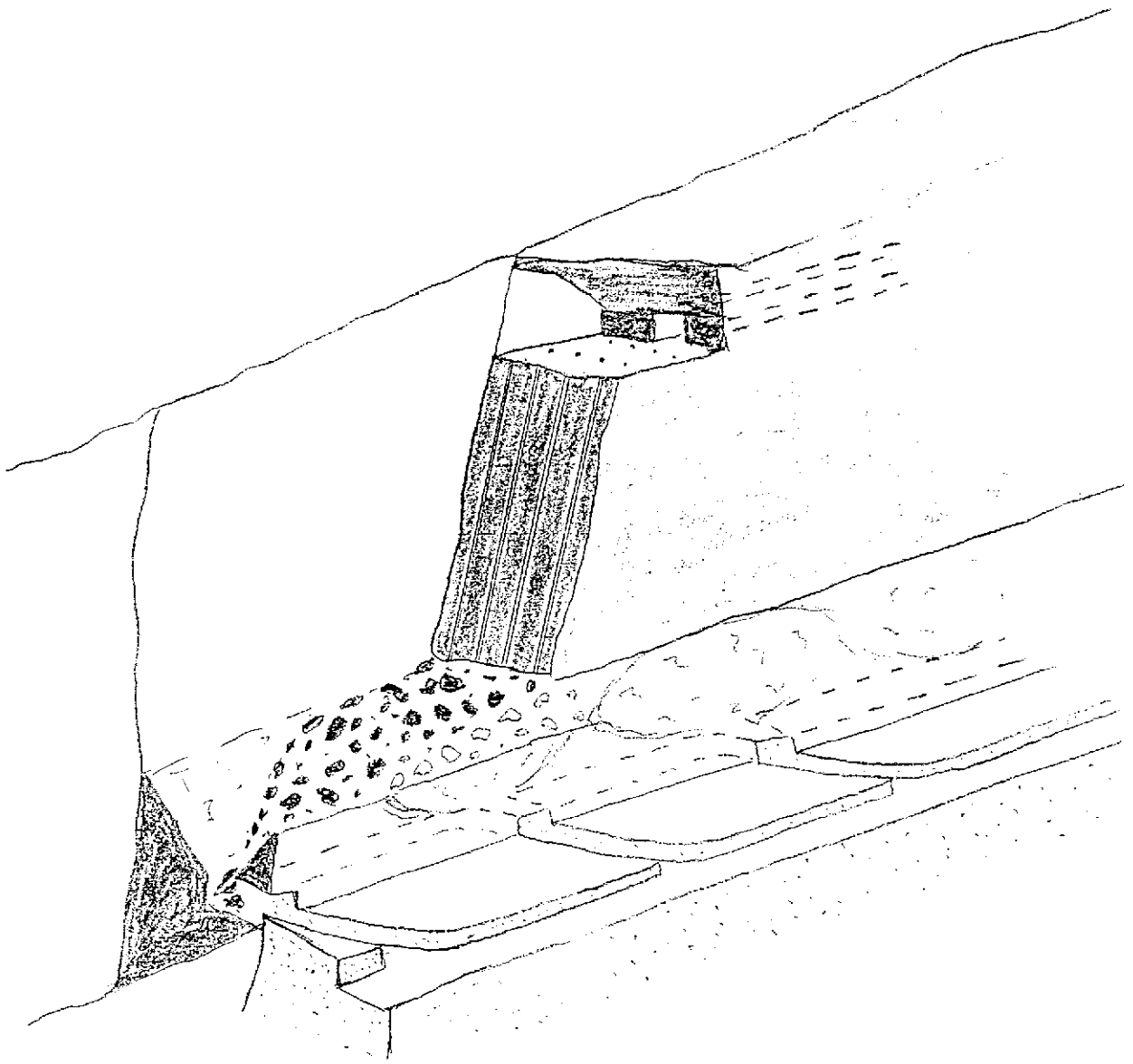


図 3.2.1 緩傾斜の鉱床に適用した Sublevel Stoping の例

3. 3 Room & Pillar 採掘法

Room & Pillar採掘法は、水平または緩やかな傾斜を持った板状、層状の鉱床に適用される取っつき易い採掘法で、採用されている例が最も多い採掘法である。

- 特徴 1) 多くの場合ピラーを残す。従って鉱石の実収率が低下する。
2) 採掘費は、比較的安価である。

以下に採掘法選定法（B案）の表に於ける△印のついた項目について述べる。

1) 鉱床の形状が塊状の場合

接触交代鉱床等では、形状を塊状と表現される鉱床が多いが、その中に層状、板状に近い形のものは、当然この採掘法が適用出来る。

2) 傾斜が急な場合

傾斜が $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ では、タイヤ走行の車両類が使用しづらく、機械化がむずかしい。スラッシャーの利用、Step Mining等の具体的計画とその実用性の可否の検討が必要。

3) 鉱床の厚さが小さい（1～2 m）場合

切羽の高さが低くなり、機械や作業員が入りづらくなる。

鉱石と を2段に分けて採掘する方法または大量の 混を容認する等の具体的計画とその実用性の可否の検討が必要。

4) 鉱床の厚さが厚い場合

鉱柱の高さが高くなり、その安定性の検討が必要となる。特に鉱床中に傾斜する亀裂が発達している場合など鉱柱の断面を大きくする。但し鉱石実収率は低下する。

5) 高品位の場合

Room & Pillar Mining は、本来低品位鉱床を廉価かつ低実収率で掘る採掘法であり、具体的計画とその実用性の可否の検討が必要である。

6) かぶりの浅い場合（特に50 m以下の場合）

天盤崩落（浅所陥没、チムニーケービング）の可能性が高くなる。その対応の検討が必要となる。

7) かぶりの深い場合

R & P Mining では、上部からの荷重は鉱柱で支持すると考えられている。従って深所での本採鉱法の採用には、鉱柱が地圧を支えられるか否かの検討が必要となってくる。但し、700 mを越える深さで地圧によるトラブル無しに高実収率をあげたElliot Lake 鉱山のウラン鉱床の例もあり、検討法を工夫すれば適用が可となる可能性はたかい。

8) 母岩、鉱床の強度

R & P Mining は、本来は堅牢な母岩、鉱床に対し適用する採掘法であるが、取っ

つき易い方法のため軟岩への適用例も多い。

日本でも洪積世，鮮新世中の亜炭，珪砂，集塊岩中の硫黄鉱床等、電中研区分ではC_LやDに入るべき岩質で適用される例は多い。

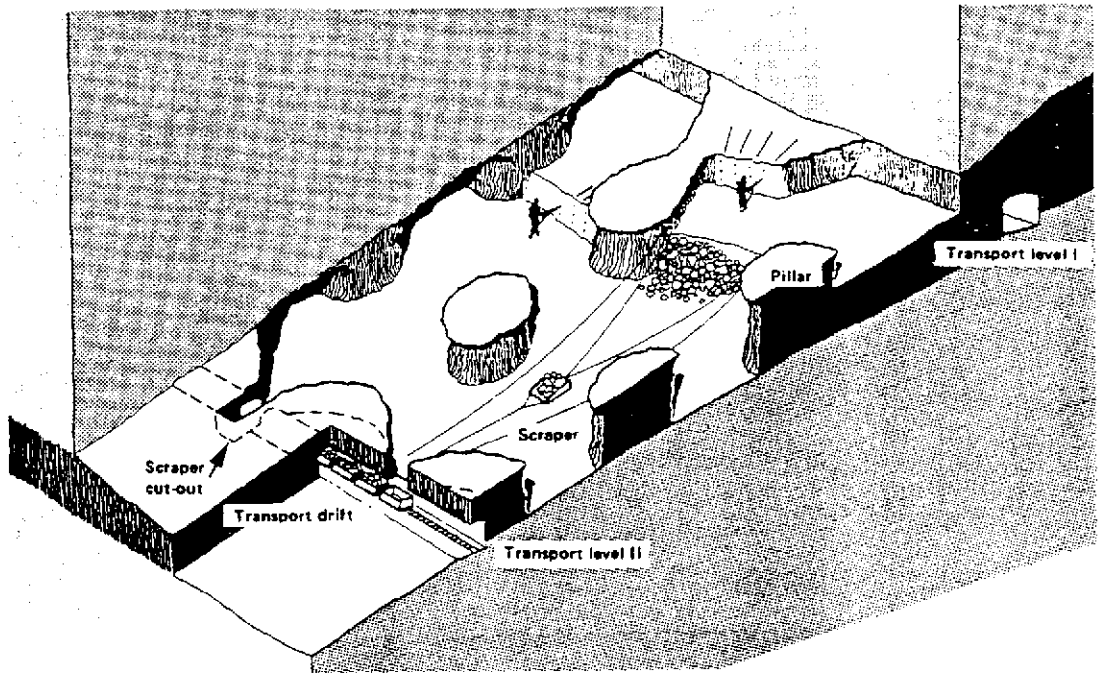


図 3.3.1 傾斜がある場合のルームアンドピラー法の例

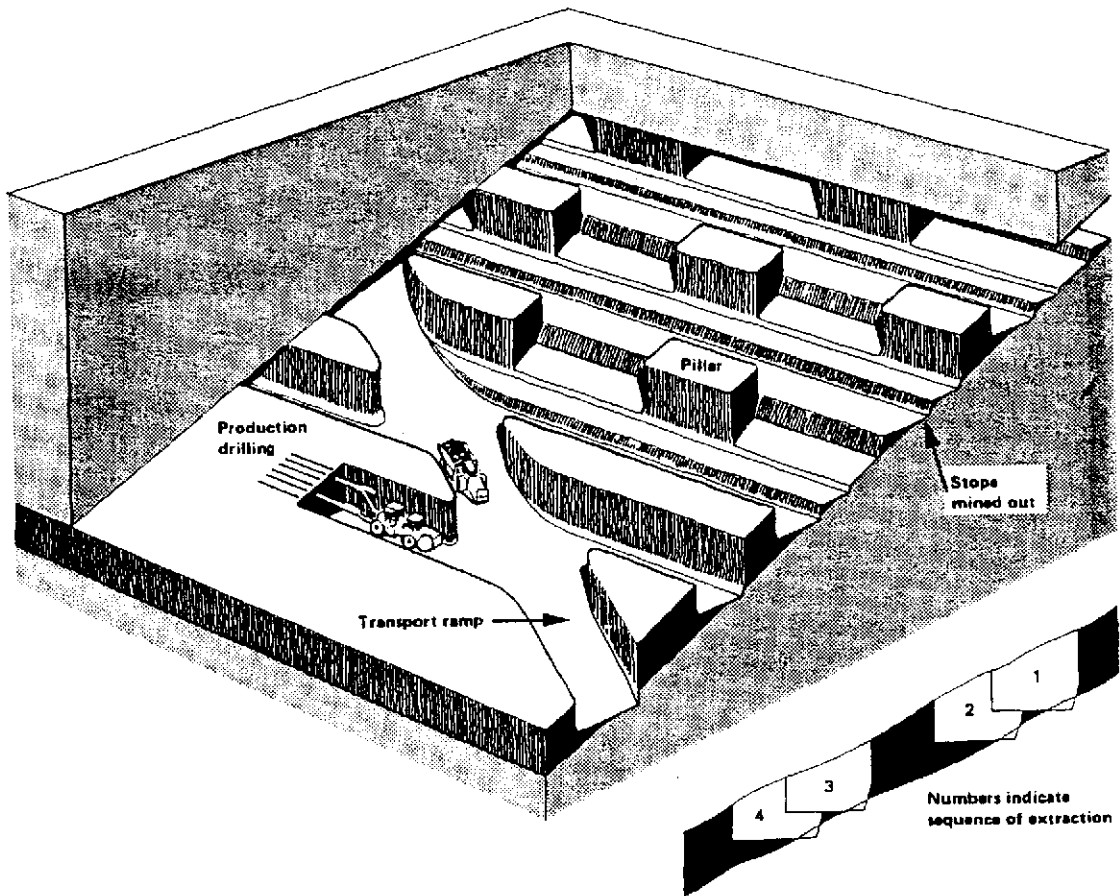


図 3.3.2 傾斜のある場合のルームアンドピラー法 ---- Step Mining 法の例

4. 従来の採鉱法選定プログラムの改良と試作

前年度（1993年度）行った採掘法選定プログラムの試行では実際に使用された採掘法とプログラムの選定した採掘法に次の12鉱山で不一致が生じた。

- 佐々連
- 別子筏津
- 別子本山上部西部その1
- " その2
- 余市（鉱脈）
- 神岡茂住
- 神岡栃洞その2
- 藤ヶ谷
- 徳瞬瞥
- Midwest Lake
- Key Lake
- 東濃

この不一致の多くは採掘法選定法（A-2案）の不備に原因があると思われる。そこでA-2案について次の部分の変更を考察してみた。

①Room & Pillar 及び Overhand Cut & Fill の鉱床の形状の塊状を○又は△とする。

交代鉱床等の形状は一般に塊状と表現されることが多いが、その形状によってRoom & PillarないしOverhand Cut & Fill が採用される。この変更により神岡茂住・神岡栃洞その2・藤ヶ谷・徳瞬瞥（不一致2ヶ所中1ヶ所）の不一致は解消される。

②Sublevel Stoping の鉱床形状『脈状傾斜35°～70°厚さ2m～5mと5m以上』を△とする。

起砕鉱が切羽内で流れ落ちる条件下で Sublevel Stoping は可能となる。傾斜45°～70°では鉱質・脈中の条件がよければ起砕鉱は流れ落ちる。この変更で佐々連の不一致は解消する。

③採掘法に Short Wall を追加しその適用性を表4-1のようにする（Long Wallとの違いは鉱床の規模のみ）

Short Wall を使用した個所で Long Wall を使用したとしてプログラムを作動させたため鉱床の規模に不一致が生じた。この変更で別子筏津・東濃の不一致は解消する。

④ Overhand Cut & Fill の鉍石及び母岩の力学的特性中の▲の範囲を拡げる。
(電中研区分で $C_M \rightarrow C_L$ に)

小規模の Overhand Cut & Fill では切羽に木枠を使用する等で C_L 程度でも採用可である。この変更で別子本山上部西部その1・その2・余市(鉍脈)の不一致は解消する。

⑤ Room & Pillar の深度100m以下を△とする。

この変更で徳瞬警の深さでの不一致が解消する。他方、Room & Pillar を100m以下の深度で採用する際の検討対象の Chimney Caving が、徳瞬警では生じており、この欄が○ではなく△であることを立証することとなっている。

A-2案にこれらの変更を行うと表4-1のA-3案のようになる。

なおこれらの変更後も Midwest Lake, Key Lake の2鉍山では不一致の部分が残ることとなるが、この2鉍山は高品位ウラン鉍床で放射能対策上、経済性を犠牲にしても被ばく量を低くおさえる採掘法を選定することから生ずる不一致でこのままに残しておく方が適当と考える。特に Midwest Lake は計画だけで実行に移されたわけではない。

表4-2に改良後の採鉍法選定プログラムの使用結果のまとめを、表4-3に採鉍法選定プログラムの出力例を示す。

表4-3には、実際の採鉍法を矢印(←)にて示した。岩盤条件で不適となったのは、通し番号2の別紙別子筏津のみである。この場合、直接天盤は強固な quartz schist であったが、数10cm上部に graphite schist があり、見かけより崩落し易かったためと思われる。

なお、従来の採鉍法選定プログラム(A案)の本格的な検討は今年度をもって終了するが、2度の改良を加えたA-3案は、ある程度信頼性の有るものになったと考える。

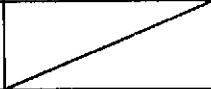
表4-1 採掘法選定法 (A-3次案)

採掘法	塊状	鉱床の形状										鉱床の規模			品位 (t当り割合)			鉱床の位置 (深さ)			鉱石の力学的性質				母岩の力学的性質												
		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	100m以下	100m~500m	500m以上	e _{x1} C S I RのR M R	e _{x2} N G IのQ値	e _{x3} 電中研の岩級区分	備考	e _{x1} C S I RのR M R	e _{x2} N G IのQ値	e _{x3} 電中研の岩級区分	備考								
		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
		"	"	"	"	"	"	"	"																												
Open Pit Min	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				特になし									特になし				
Room & Pillar min	△	○	○	○	○	○	○														●60以上 ▲50 "	●7以上 ▲5 "	●C _h 以上 ▲C _m "		●65以上 ▲50 "	●10以上 ▲5 "	●C _h 以上 ▲C _m "										
Sublevel S.	○							△	△		○	○	○	△	△	○					●65以上 ▲40 "	●10以上 ▲2 "	●C _h 以上 ▲C _l "		●65以上 ▲50 "	●10以上 ▲5 "	●C _h 以上 ▲C _m "										
Overhand Cut & Fill S.	△						△	○	○	△	○	○	○	○	△	○					●65以上 ▲40 "	●10以上 ▲2 "	●C _h 以上 ▲C _l "		●65以上 ▲40 "	●10以上 ▲2 "	●C _h 以上 ▲C _l "										
Underhand Cut & Fill S.	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									特になし	●40以下 ▲65 "	●2以下 ▲10 "	●D以下 ▲C _h "									
Shrinkage S.							△	△	△	△	○	○	○	○	○	○					●50以上 ▲40 "	●5以上 ▲2 "	●C _m 以上 ▲C _l "		●65以上 ▲50 "	●10以上 ▲5 "	●C _h 以上 ▲C _m "										
Stull S.							△	△		○	△						○	△	○	○					特になし	●60以上	●7以上	●C _h 以上									
Block Caving	○									△						○	○								ケーバリティの評価									ケーバリティの評価			
Sublevel Caving	○										△					○	○	○	○						"												
Long wall Min		○	○	△	○	○											○	○	○	△	○	○			機械掘削が望ましい	●50以下 ▲60 "	●5以下 ▲7 "	●C _l 以下 ▲C _m "									
Short wall Min		○	○	△	○	○										△	○	○	△	○	○					●50以下 ▲60 "	●5以下 ▲7 "	●C _l 以下 ▲C _m "									

* Long wall Min は切羽面長30m以上, Short wall Min は30m以下

表 4 - 2 採鉱法選定プログラムの
使用結果のまとめ

通 し 番 号	鉬 山 名	採 掘 法	エキスパート システムがリ コメンドする 採鉬法とその 評点	鉬 床 の 形 状											鉬床の規模				品位 (t当り価格)			鉬床の位置 (深さ)			鉬 石 の 分 類	母 岩 の 分 類		
				偏 平 (脈状・層状)											3 0 0 万 t 以 下	3 0 0 万 t ~ 1 5 0 0 万 t	1 5 0 0 万 t ~ 1 5 0 0 万 t	1 5 0 0 万 t 以 上	1 0 千 円 以 下	1 0 千 円 ~ 3 0 千 円	3 0 千 円 以 上	1 0 0 m 以 下	1 0 0 m ~ 5 0 0 m	5 0 0 m 以 上				
				傾斜 0° ~10°	" "	" "	" 10° ~35°			" 35° ~70°			" 70° ~90°															
							" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "													" "	" "
塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊	塊
厚さ	2 m 以下	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
2 m ~ 5 m	5 m 以上	2 m 以下	2 m ~ 5 m	5 m 以上	2 m 以下	2 m ~ 5 m	5 m 以上	2 m 以下	2 m ~ 5 m	5 m 以上	1 m 以下	1 m ~ 3 m	3 m ~ 10 m	10 m 以上	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				
1	佐々連	Sublevel	同 左								○				○				○					○			CH	CH
2	別子筏津	Short wall	Room & Pillar				○									○				○				○			CH~CM	×CH
3	八総	Over C & F	同 左							○		○	○		○									○			CL,CM	CL,CM
4	別子本山 (上部、西部)	Over C & F	同 左							○	○					○				○				○			CL CM	CL CL
5	別子本山 (東部中深部)	Shrinkage	同 左							○	○					○				○				○			CM	CM
6	別子本山 (深部)	Under C & F	同 左								○					○				○				○			CL	CL
7	北見	Shrinkage	同 左							○						○				○				○			CH	CH*
8	鴻の舞	Shrinkage	同 左													○				○				○			B	B
9	余市 鉬脈	Over C & F	同 左											○		○								○			CL	CL*
10	余市 黄金山	Shrinkage	同 左													○				○				○			B	CH*

通 し 番 号	鉱 山 名	採 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 (t当り價格)			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				100m以下 100m~500m 500m以上																								
				傾斜 0°~10°			" 10°~35°			" 35°~70°			" 70°~90°																															
				塊	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	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															
11	平瀬	Stull	同 左																								○	○	CH	CH														
12	藤ヶ谷	Room & Pillar	同 左	○																											○	○	B*	B*										
13	徳舜瞥	Room & Pillar	同 左	○																														○	○	CM*	CM*							
14	大江	Over C & F	同 左																																	○	○	CM*	CM*					
15	鐘打	Stull	同 左																																		○	○	B*	B*				
16	大谷	Over C & F	同 左																																			○	○	B*	B*			
17	茂住	Over C & F	同 左	○																																			○	○	Ch以上	Ch以上		
18	栃洞	Sublevel Over C & F	同 左 同 左	○ ○																																				○	○	A B	A B	
19	串木野	Over C & F	同 左																																					○	○	Ch	B	
20	Moyeuver	Room & Pillar																																							○	○	Ch*	Ch*

通 し 番 号	鉤 山 名	採 掘 法	エキスパート システムがリ コメンドする 採鉤法とその 評点	鉤床の形状											鉤床の規模				品位 (t当り価格)			鉤床の位置 (深さ)			鉤 石 の 分 類	母 岩 の 分 類														
				塊 状	偏 平 (脈状・層状)											3 0 0 万 t 以 下	3 0 0 万 t ~ 1 5 0 0 万 t	1 5 0 0 万 t ~ 1 5 0 0 万 t	1 5 0 0 万 t 以 上	1 0 千 円 以 下	1 0 千 円 ~ 3 0 千 円	3 0 千 円 以 上	1 0 0 m 以 下	1 0 0 m ~ 5 0 0 m			5 0 0 m 以 上													
					傾斜 0° ~ 10°		" 10° ~ 35°		" 35° ~ 70°		" 70° ~ 90°																													
					厚 さ	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"																									
21	Midwest	Sublevel	Over C & F	○												×																	○	○		CL*	CH*			
22	Stanleigh	Room & Pillar	同 左		○													○		○																B*	B*			
23	Key Lake	Open Pit	Under C & F 他	○												○																		×		CM*	CM*			
24	Rbbit Lake	Open Pit	同 左	○												○																					○	○	CM*	CM*
25	豊羽	Sublevel	同 左																	○																	○	○	CH*	CH*
26	東濃	Short wall	同 左		○											○																					○	○	CM*	CM*

表 4 - 3 採鉱選定法プログラムの
出力例

これをまとめたものが表 4 - 2 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 鉱脈
- 10, 余市 黄金山
- 11, 平瀬
- 12, 藤ヶ谷
- 13, 徳舜警
- 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
- 21, M i d w e s t
- 22, S t a n l e i g h
- 23, K e y L a k e
- 24, R b b i t L a k e
- 25, 豊羽
- 26, 東濃

1 鉦山：佐々連，採鉦法：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	Fair	Fair	Good	Good	Fair	Fair	OK ←
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
Shortwall	NO	Good	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

Press Any Key?

2 鉦山：別子筏津，採鉦法：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
Shortwall	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

Press Any Key?

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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

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	Fair	Fair	OK ←
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
Shortwall	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

Press Any Key?

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	Fair	OK ←
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
Shortwall	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

Press Any Key?

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
Shortwall	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

Press Any Key?

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	Fair	Good	Good	Good	Fair	NO	-1
Over C & F	Good	Good	Good	Good	Fair	Fair	OK
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
Shortwall	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

Press Any Key?

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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

8 鉦山：鴻の舞，採鉦法：Shrinkage

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	Fair	Fair	Good	Good	Good	Good	OK
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
Shortwall	NO	Good	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

Press Any Key?

9 鉦山：余市 鉦脈，採鉦法：Over 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	Fair	Fair	OK ←
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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

1 0 鉱山：余市 黄金山，採鉱法：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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

1 1 鉱山：平瀬，採鉱法：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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

1 2 鉾山：藤ヶ谷，採鉾法：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	Fair	Good	Fair	Good	Good	Good	OK ←
SubLevel	Good	NO	Fair	Good	Good	Good	-1
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

1 3 鉾山：徳舜警，採鉾法：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	Fair	Good	Good	Fair	Fair	Fair	OK ←
SubLevel	Good	NO	Good	Fair	Fair	Fair	-1
Over C & F	Fair	Good	Good	Fair	Fair	Fair	OK
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
Shortwall	NO	Fair	Good	Fair	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

Press Any Key?

1 4 鉾山：大江，採鉾法：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
Shortwall	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

Press Any Key?

1 5 鉾山：鐘打，採鉾法：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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

16 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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

17 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	Fair	Good	Good	Good	Good	Fair	OK
SubLevel	Good	NO	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	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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

18 鉱山：栴洞 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	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
SubLevel	Good	Fair	Good	Good	Good	Good	OK ←
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
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
Shortwall	NO	Good	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

Press Any Key?

18 鉱山：栴洞 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	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
SubLevel	Good	NO	Good	Good	Good	Good	-1
Over C & F	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK ←
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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

1 9 鉾山：串木野，採鉾法：O v e r C & F

Input	10	1	1	2	2	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	Fair	NO	Good	Good	Fair	Good	-1
Over C & F	Good	Good	Good	Good	Fair	Good	OK ←
Under C & F	Good	Good	NO	Good	Good	NO	-2
Shrinkage	Fair	Good	Good	Good	Good	Good	OK
Stull	NO	Good	Fair	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
Shortwall	NO	Fair	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

2 1 鉾山：Midwest，採鉾法：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	Fair	Good	Fair	Good	NO	Fair	-1
SubLevel	Good	NO	Fair	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	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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

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
Shortwall	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

Press Any Key?

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	Fair	Good	Fair	Good	Fair	Fair	OK
SubLevel	Good	NO	Fair	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	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
Shortwall	NO	Fair	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

Press Any Key?

2 4 鉾山 : R b b i t L a k e , 採鉾法 : O p e n P i t

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	Fair	Good	Good	Fair	Fair	Fair	OK
SubLevel	Good	NO	Good	Fair	Fair	Fair	-1
Over C & F	Fair	Good	Good	Fair	Fair	Fair	OK
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
Shortwall	NO	Fair	Good	Fair	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

Press Any Key?

2 5 鉾山 : 豊羽 , 採鉾法 : S u b l e v e l

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	Fair	Good	Fair	-1
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
Shortwall	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

Press Any Key?

26 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
Shortwall	Good	Fair	Good	Good	Good	Fair	OK ←

OK : 不適な条件が見当たらない

Point : 不適な条件(NO)の数

Press Any Key?

5. 知識ベースの収集と試作

5. 1 知識データベースの収集

昨年度までの研究活動において、簡単なエキスパートシステムを試作するとともに、いくつかの鉱山に関するデータを収集してきた。その結果、エキスパートシステムに直ちに盛り込める経験、知識は比較的整理されたものであり、限られたものであることが判明した。エキスパートシステムを構築、改良する際の議論や、鉱山に関するデータの収集の段階で、実に様々な経験談が語られたが、それらを直ちにエキスパートシステムに組み込むことは難しいが、極めて貴重な事項であることは間違いない。そこで、できる限り種々の経験談、経験則を収集し、とりあえず文字型データとして残すことにした。

具体的には、各委員に依頼し、下記のような方針にて知識を収集することにした。

○できれば次のフォーマットに則ることが望ましい。

1. 通し番号
2. 提出年月日
3. 提出者
4. 知識、金言、格言など
5. 適用例ないし適用範囲
6. 根拠
7. その他

○知識の書き方は自由とする。短くても長くてもよい。

○知識の題材は、採鉱法、鉱山機械など鉱山、資源にかかわることならなんでもよい。

○矛盾した知識が提案されても調整は当面しない。

○図、表が加わってもよい。当面、コピーの形で残すが、近日中にスキャナーで計算機に取り込む予定である。

5. 2 知識ベースの例

(1) 1

(2) 1994. 9. 13

(3) 西松 裕一

(4) 柱房式採掘法は、鉱石を機械で採掘できるときは、生産性が高く、設備費があまりかからない。

(5) 天盤は強固なことが望ましい。

(6)

(7) 発破が必要なときは、生産性が落ちる。

(1) 2

(2) 1994. 11. 9

(3) 西松 裕一

(4) 長壁式採掘法では、天盤の地層が強固で厚いときは、山はねや大落盤をもたらす危険がある。採掘跡では天盤がクリープあるいは崩落によって、なるべく早く下盤に再び支持されるようになるのが望ましい。

(5)

(6) 南アの金山、ルールの炭坑などに例あり。文献としては例えば、

J. F. Curtis: Rockburst in the gold mines of the Witwatersrand - A review, Trans. I. M. M., Vol. 90 (1981), pp. A163-176.

(7)

(1) 3

(2) 1994. 9. 13

(3) 西松 裕一

(4) 階段式採掘法（露天掘）の階段高さは、斜面安定の立場よりも、機械の寸法や発破法規などから決まることが多い。

(5)

(6) 西松裕一・小林秀男：昭和59年秋季大会分科研究会資料K-3

(7)

- (1) 4
- (2) 1994. 11. 9
- (3) 西松 裕一
- (4) 発破孔の削孔には、ドラッグビットは用いない方がよい。
- (5) 石炭など、石英含有量がきわめて少ない岩石については、この限りではない。
- (6) 岩石の磨耗能は、石英含有量に大きく左右される。文献としては例えば、
西松 裕一：掘削機械の選択と評価の基準、鉦山、33巻8号(1980) pp.48-55.
- (7)

- (1) 5
- (2) 1994. 11. 9
- (3) 西松 裕一
- (4) 機械で掘削できる岩盤の強度の上限は、刃物の掘削抵抗よりも、掘削機械の機械剛性（機械振動の振幅）によって、決まることが多い。
- (5) ドラグライン、削孔機等を除く。
- (6) カッターヘッドのトルクを大きくすることは簡単だが、ドラムや機械フレームの剛性を大きくするのは、簡単ではない。
- (7)

- (1) 6
- (2) 1994. 12. 6
- (3) 西松 裕一
- (4) ドラッグビットを用いる掘削機械では、刃物速度（回転数）を小さく、切り込み深さ（推力ないしフィード）を大きくした方がよい。
- (5) ホーベルを除く採炭機、掘進機、打撃式を除く作孔機。
- (6) 掘削中のビット温度は刃物速度に比例して上昇する。したがって、刃物速度が上昇すれば、少なくとも刃物寿命は現象する。文献としては、西松 裕一：掘削機械の刃物速度に関連する2、3の問題について、日鉦誌、87巻995号(1971) pp. 65-74.
- (7)

- (1) 7
- (2) 1994. 11. 1

(3) 南光 宣和

(4) 岩盤強度が十分（例えば圧縮強度1000kg/cm²以上）であっても、鏡肌や粘土の介在した亀裂が交錯している場合は、無充填採鉱の適用は困難である。

(5)

(6)

(7)

(1) 8

(2) 1994. 11. 1

(3) 南光 宣和

(4) 岩盤強度が十分でなくても、長尺ロックボルト（ケーブルボルト）による補強によって、無充填採鉱が可能な場合がある。

(5)

(6)

(7)

(1) 9

(2) 1994. 11. 1

(3) 南光 宣和

(4) トラックレスマイニングの普及により岩盤の強弱に関係なく（極端な硬、軟岩を除く）、メカナイズドC. F. の適用範囲は広がった。

(5)

(6)

(7)

(1) 10

(2) 1994. 11. 1

(3) 南光 宣和

(4) 地下水の汲み上げによる地表沈下の範囲は想像以上に広範囲である。

(5)

(6)

(7)

(1) 11

(2) 1994. 11. 1

(3) 南光 宣和

(4) 品位のバラツキが大きい鉱床や中石の多い鉱床の採掘には、カットアンドフィル採鉱法は有利である。

(5)

(6)

(7)

(1) 12

(2) 1995. 2. 10

(3) 荻野 雅彬

(4) 露天掘鉱山の設計について（寒冷地）

冬期、岩石の亀裂内の水分が凍結を起こすような寒冷地においては、日光の照射を受ける側のピットの傾斜はできるだけ緩傾斜になるよう設計時に配慮する。これは岩盤の亀裂内の水分が凍結、融解を繰り返し、亀裂を大きくし、浮石を発生させるためである。

鉱床の形態を考え、日光照射側の斜面をできるだけ緩傾斜になるよう設計する。このためには、Berm（大走り）の幅を大きくすること、または同傾斜面の道路長を長くするよう設計する。Bermの幅が大きくなったり、道路長が長いと浮石発生時に浮石の除去が容易となる。浮石の除去にはダンプトラックに一端を結び付けた命綱に身体をくくりつけ、スケール棒で除去する方法、クレーン車にドロップホールを取り付けて叩く方法、ショベル、バックホウでスケーリングする方法等があるが、これらの重機を置くには道路または幅広いバームが必要となる。

(5) ユーコン州ニューインペリアル鉱山、その他寒冷地鉱山

架空のピット設計をMed systemで作成し、ピット勾配を 45° と仮定してfinal pit slope と比較した。

道路2回するとき 38°

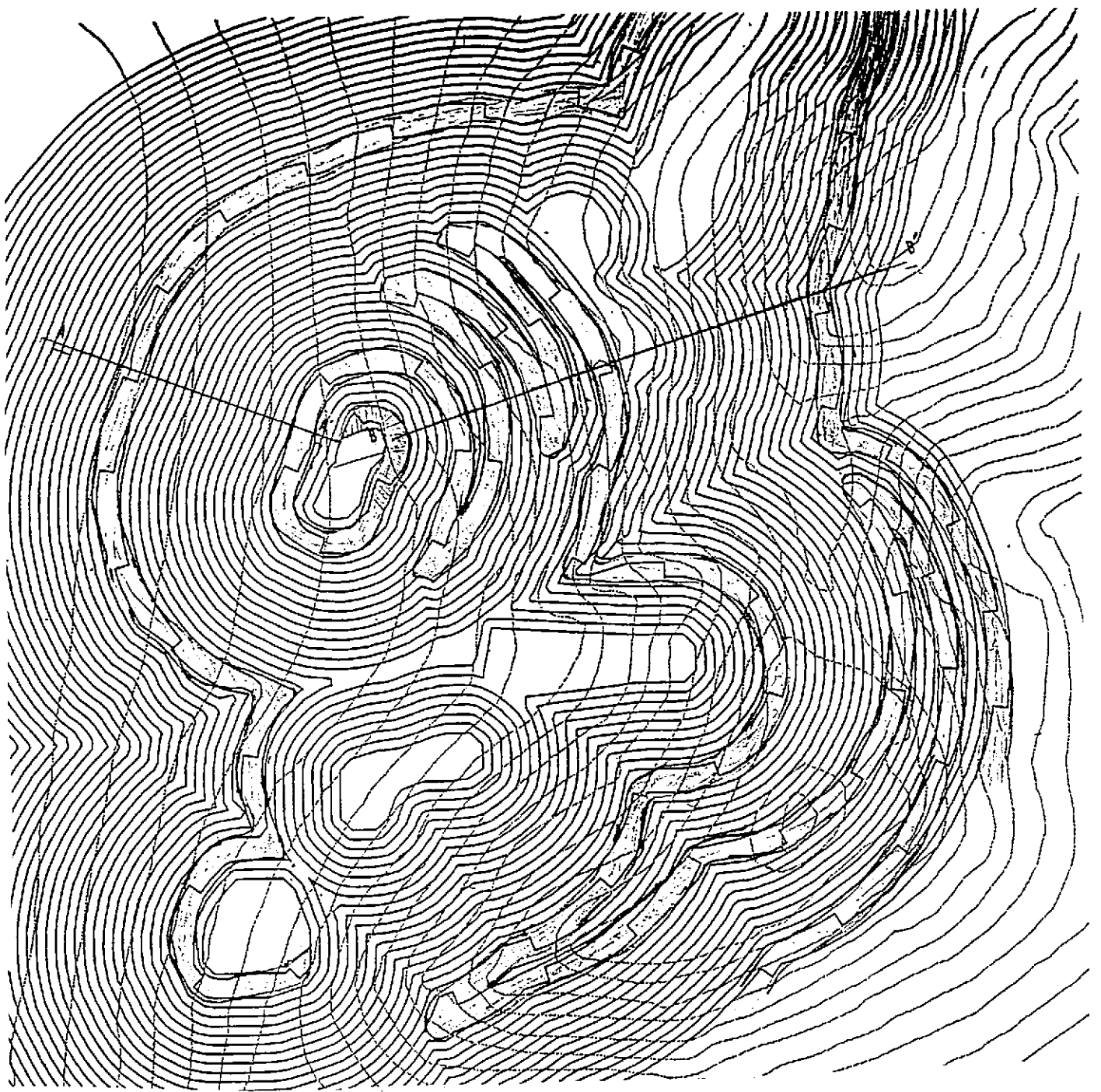
道路5回するとき 32° となった。

(道路幅 = ベンチ \times 4.17倍)

(6)

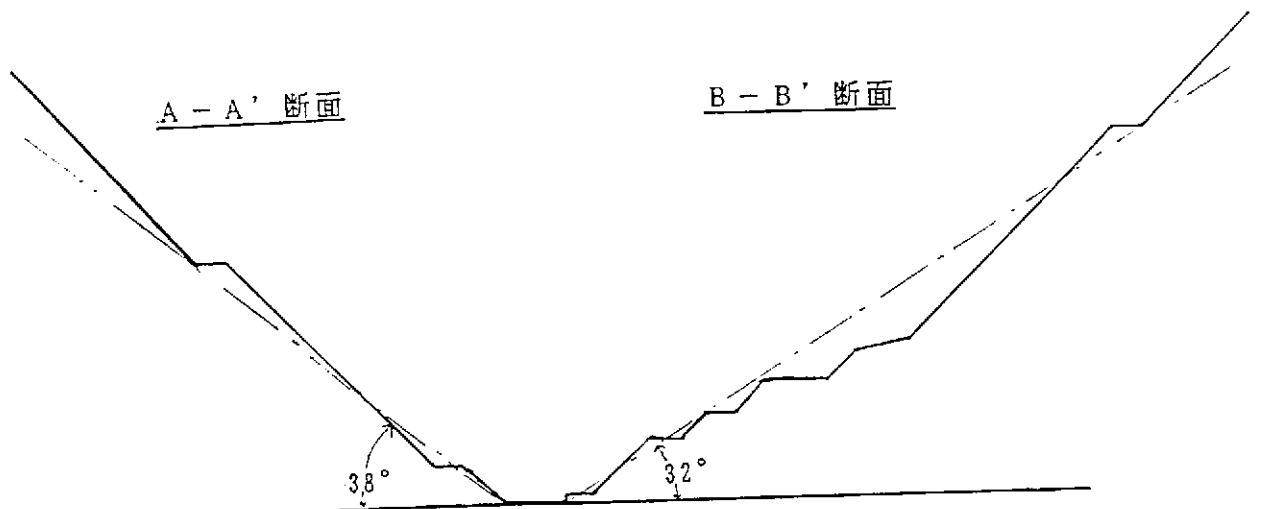
(7) 問題点

道路にスイッチバックを入れると、急カーブとなり、トラック走向がスムーズでなくなったり、トラックの走向が道路のtoe側、crest側と交互に来るため安全上不利となる。



A - A' 断面

B - B' 断面

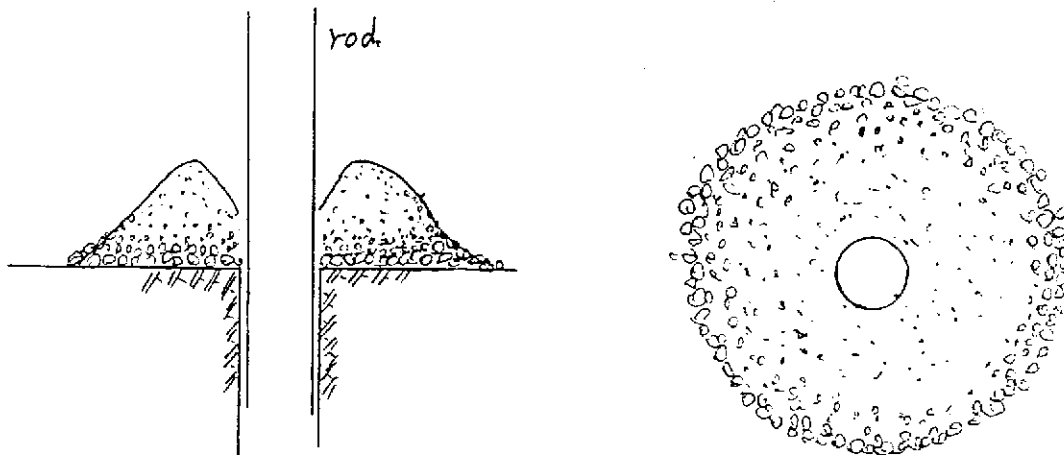


ピット断面

- (1) 13
- (2) 1995. 2. 10
- (3) 荻野 雅彬
- (4) 露天掘の穿孔繰粉サンプリング

通常、金属鉱山における露天掘においては、発破のための穿孔はDown-the hole drill またはRotary drillにより垂直孔を穿孔する。Dry 穿孔であり、その繰粉の分析により、採掘計画を立てる。通常、週間計画、月間計画等はこれらの分析結果を用い、鉱石、臨界鉱石（マージナル鉱石）、ずりに分け、発破計画、品位コントロール、出鉱計画が立てられる。発破についても、鉱石、ずり同時発破、区別発破等がある。このため、繰粉のサンプリング法は極めて重要である。先ず第一にsub-drill分の繰粉を除去せねばならない。そのためには、予定ベンチ高さまで掘さくが完了すると繰粉の山の上にビニールシートを掛ける等の方法により、それ以外の繰粉を分離せねばならない。

次に繰粉はドリル孔の周囲に円錐状に積み上げられていく。当然繰粉は円錐形成過程で比重、粒度により分級が行われる。それ故、どの部分をどのようにサンプリングするかが極めて重要である。



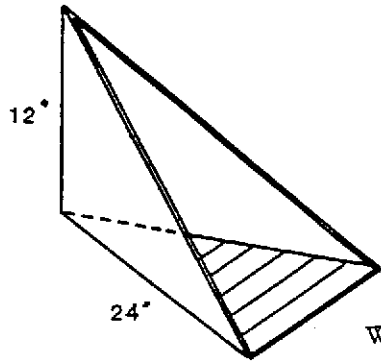
(5) 1孔当たりの繰粉量例

ビット径 (インチ)	ベンチ高さ (フィート)	重量(t) (Tonnage factor 2.60t/m ³)	容積(m ³) (Swell factor 20%)
6 3/4	25'	0.45	0.2
9 7/8	40'	1.53	0.71
12 1/4	50'	2.96	1.37

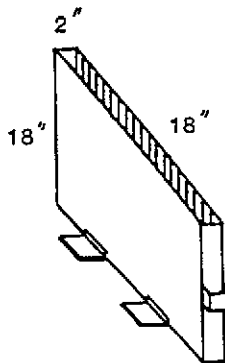
大量の繰粉から少量サンプルを取るため、サンプリング法は精度と簡便性を考慮して工夫される。Mo, AuなどがCu鉱床に含まれるときは、含有形態により、特に工夫を必要とする。

サンプリング器具の例を示す。

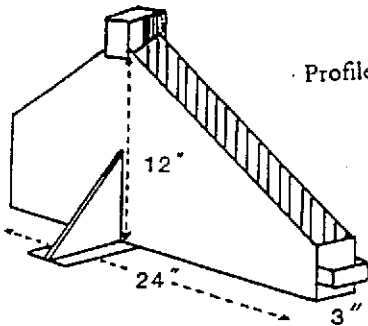
Mineral Deposit Evaluation (A. E. Annels) より引用



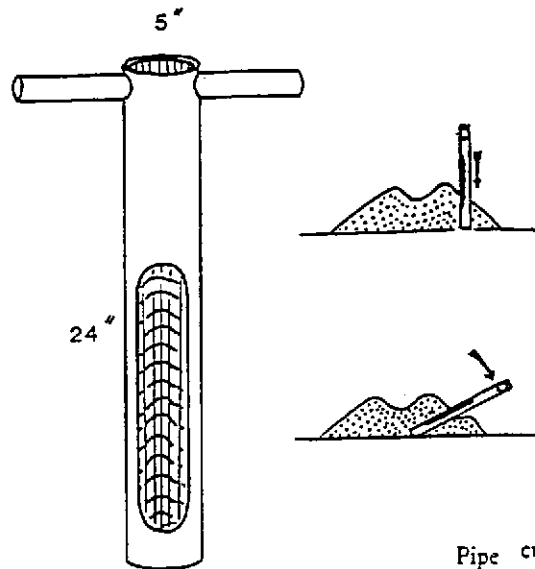
Wedge cutter.



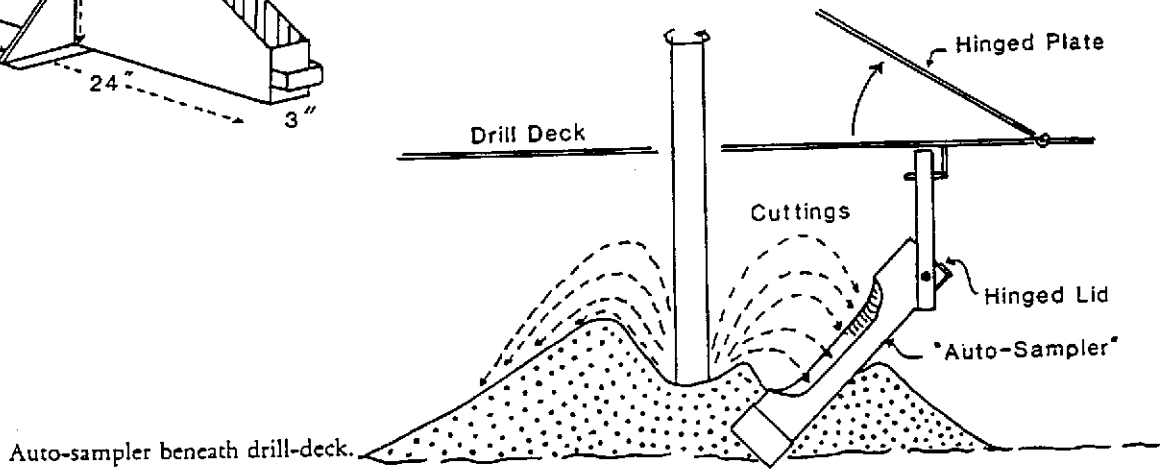
(b) Box cutter.



Profile cutter.



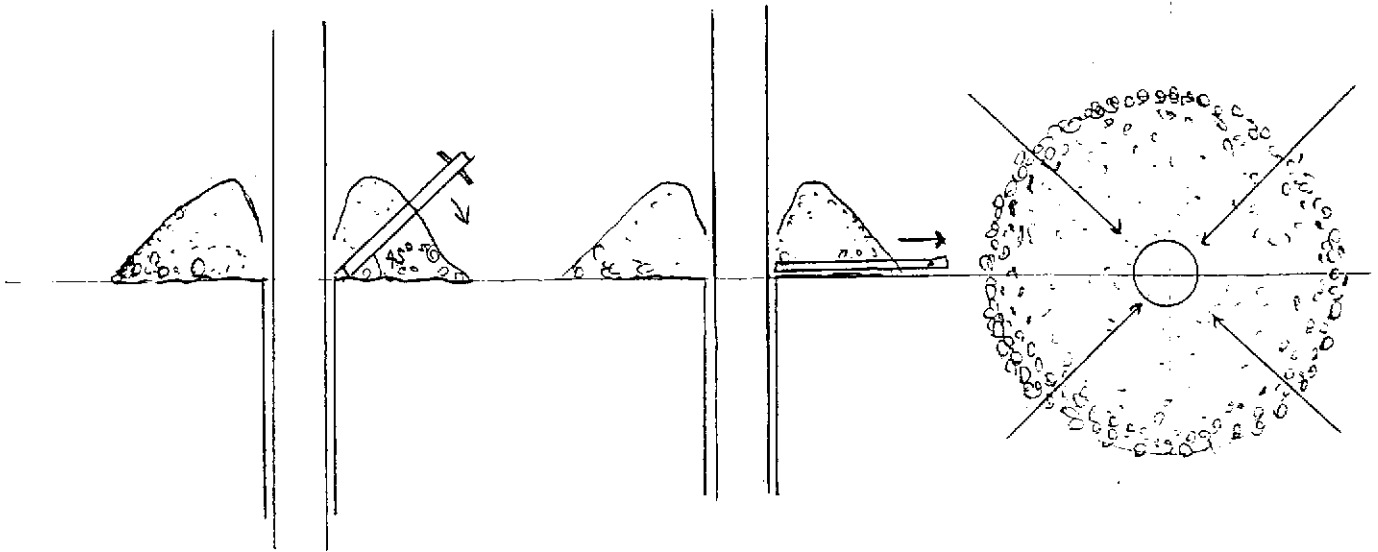
Pipe cutter.



Auto-sampler beneath drill-deck.

ベスレヘム鉱山例

4ヶ所より放射線状に単純パイプサンプラーによって採取していた。



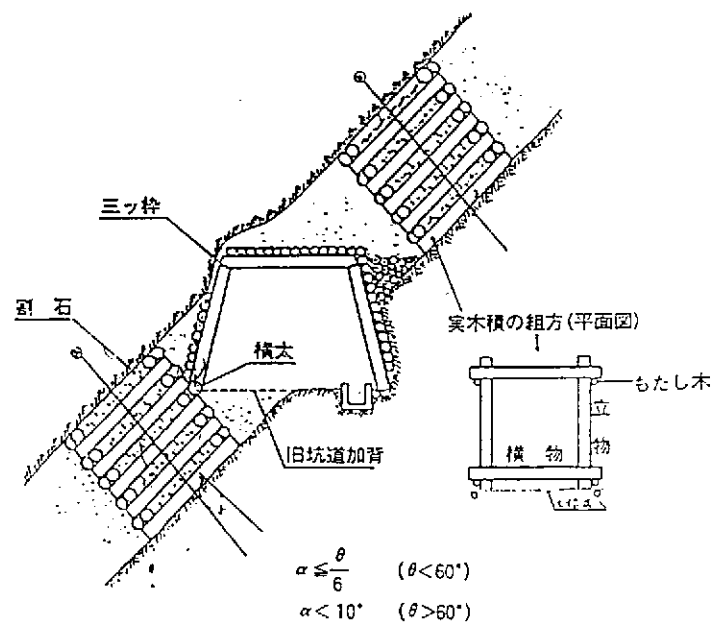
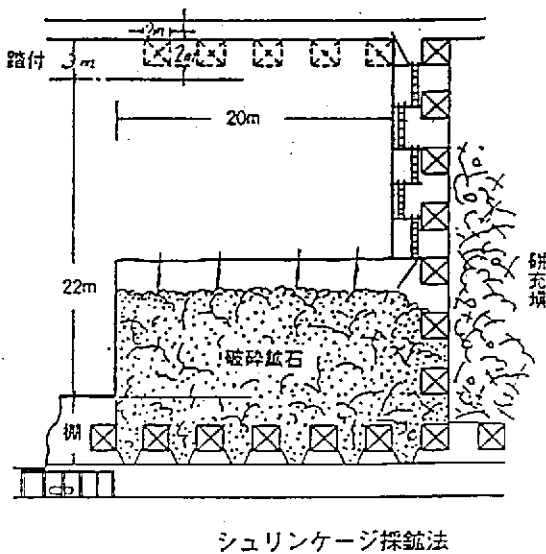
- (1) 14
- (2) 1995. 2. 10
- (3) 萩野 雅彬
- (4) 筏組 (木積、crib) について

木積は、平面的な支保として、ピラーの代用として採用される。鉱石価値の比較的高い脈や、坑木が容易に入手できる場所ではdraw pointにおけるsill pillar, crown pillar, side pillar の代用としてしばしば用いられる。Room and pillar, shrinkage, sub level stoping, stull stoping, long wall 等の採鉱法に適用可能であり、傾斜に関係ないが、脈幅は4 m以下の場所で採用される。

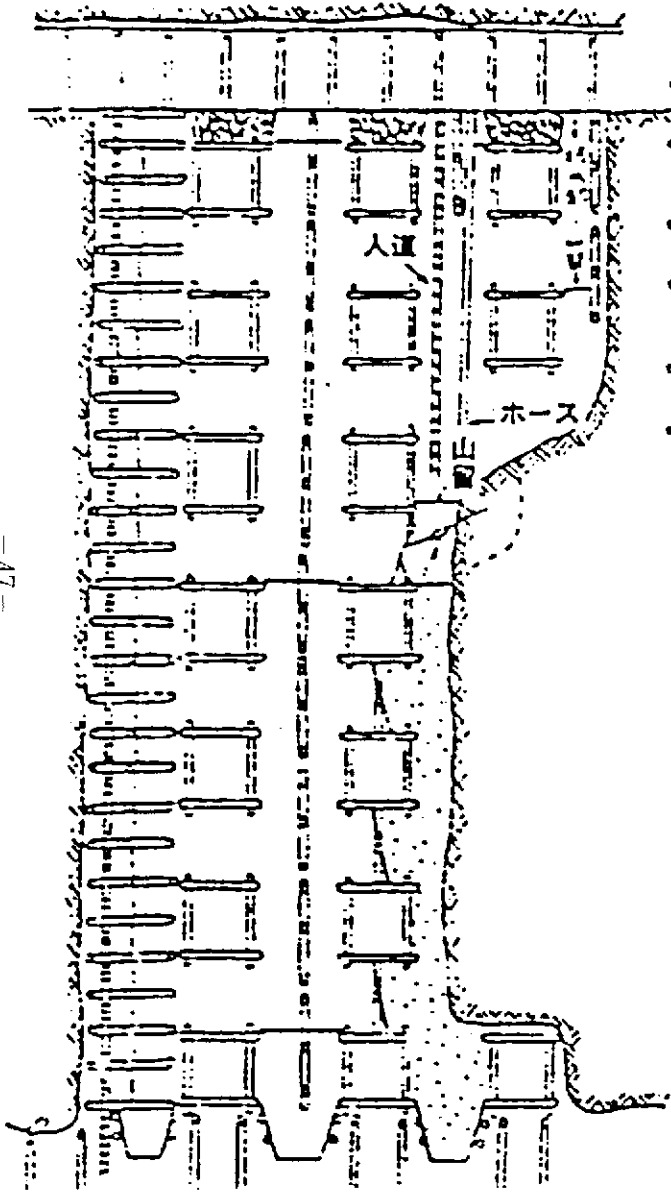
坑木費が必要であるが、作業効率は慣れてくると2人の労務者で木積1ヶは容易に設置でき、ピラーを残すより安価であり、且つ実収率が向上する。盤圧については適度に発生するところに適するが、深部で強大になり、木積の支持力を大幅に越えると崩落を起こした例が稀にある。実木積では、その岩盤支持力が大きく異なるので、盤圧、切羽保持期間を考えて効率よく採用せねばならない。

(5) 別子においては、上部の二代採鉱 (過去に低品位鉱を充填剤として使用した鉱脈の採鉱) で上下盤の傷んでいるところから、地表下 1,500m以上の切羽でも採用している。但し、西部の上下盤がgreen schist, graphite schistで強度は小さく、地表下 1,000m位の所で崩落した例が1件あった。その他の鉱山でも、脈状ではsill pillar として採用している。

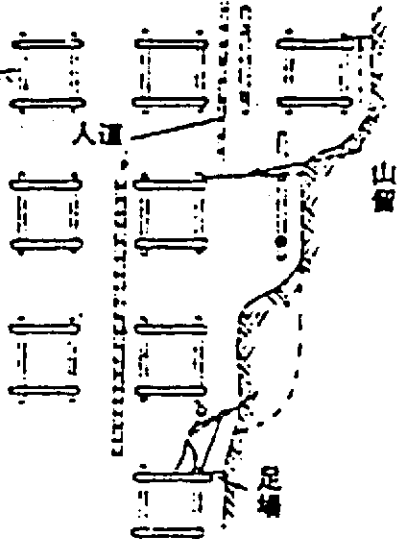
次に、木積の利用例、空木積及び実木積の作成方法、強度比較及び木積切羽の大崩落例を示す。



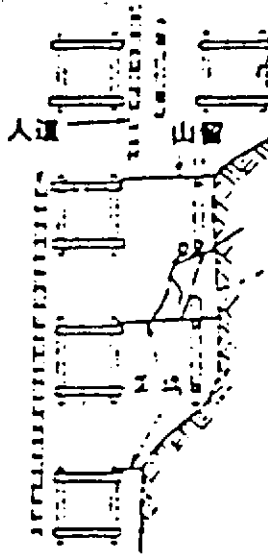
下 割 図



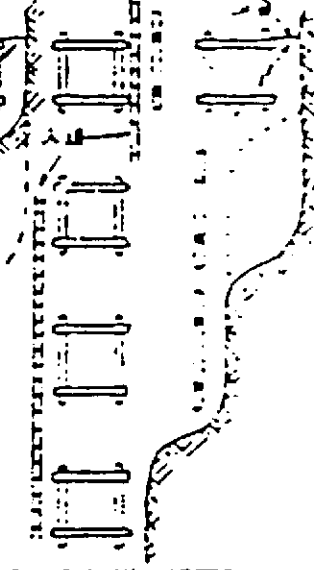
① 足場掛と穿孔



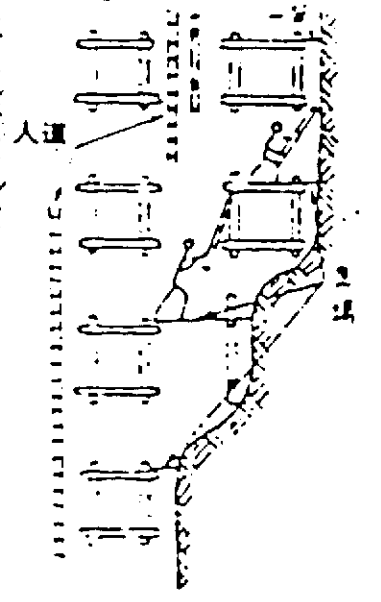
④ 足場掛と穿孔



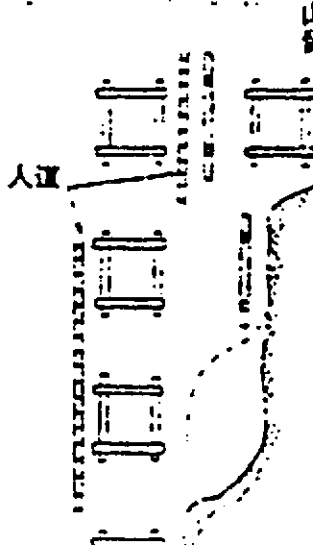
⑤ 足場外しと突破



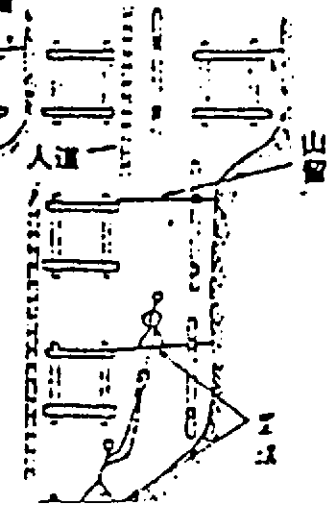
⑦ 既組



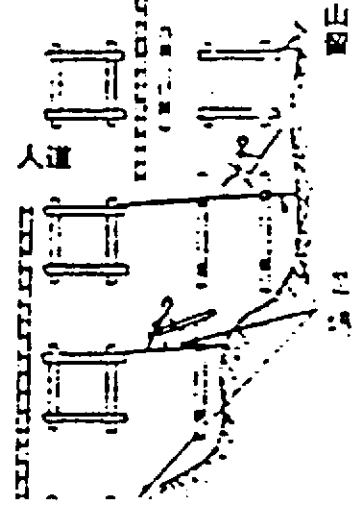
② 足場外しと突破



③ 足場掛、浮石取
底入、もたせ入



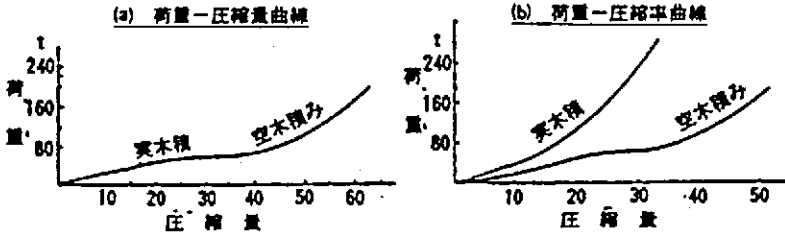
⑥ 足場掛、浮石取
底入、もたせ入



筏割下採鉱法

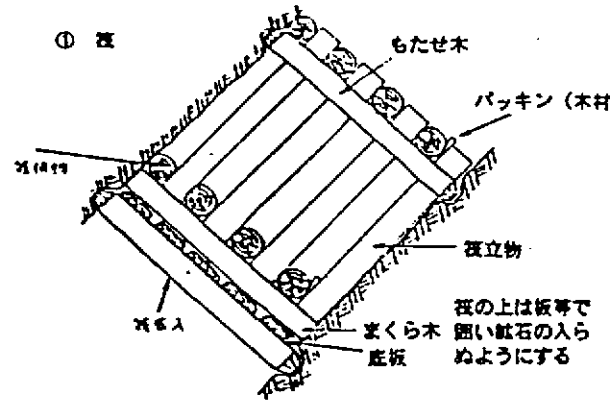
筏は磐圧が強く打柱や横木では支え切れない所に組んで広い面積を受ける。筏は坑木を横に使用するので柱のように折れることがないが坑圧が小さいので50%まで圧縮される。次に空木積と実木積との比較試験結果が出ているので記すと筏の高さ1.25M、坑木の長さ150Mのもので組み圧縮した時に大体160tで空木積は約60cm下り実木積の方は35cm位下がっていることから約2倍の強度があることになるので筏には出来るだけ中に充填することがのぞましい

圧縮試験結果比較図

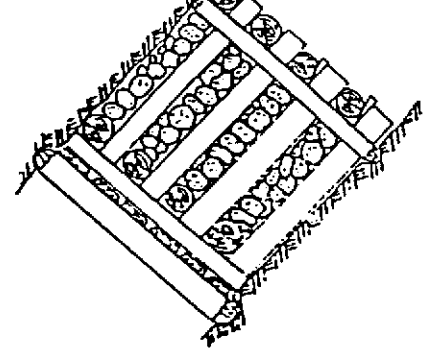


筏の組み方

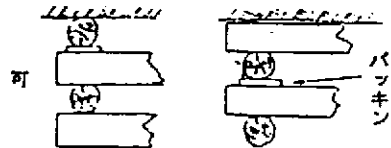
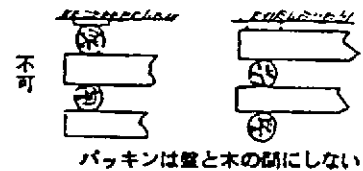
- イ 筏の下磐に接する坑木は傾斜に沿って敷く。傾斜に直角に敷くと滑ることがある
- ロ 筏の丸太と丸太の間隔にはなるべく石か古木をつめ込みなさい。筏の強さを増す
- ハ もたし木は余分に大きくないものがよい。不必要に大きいと磐圧のため横物を押し上げ又は立材を変化させることがある
- ニ 筏の中心線は傾斜の急な所では両磐に直角とし、傾斜が緩い所では両磐の直角線と垂直線との二等分線に合せる
- ホ 筏を締め付けるには必ず坑木と坑木の間楔（パッキン）を入れる。坑木と磐の間に楔を入れるのは効果がない
- ヘ 空筏で鉱石を打ち掛ける所では筏の上を板や背板で囲い鉱石が入らぬようにする

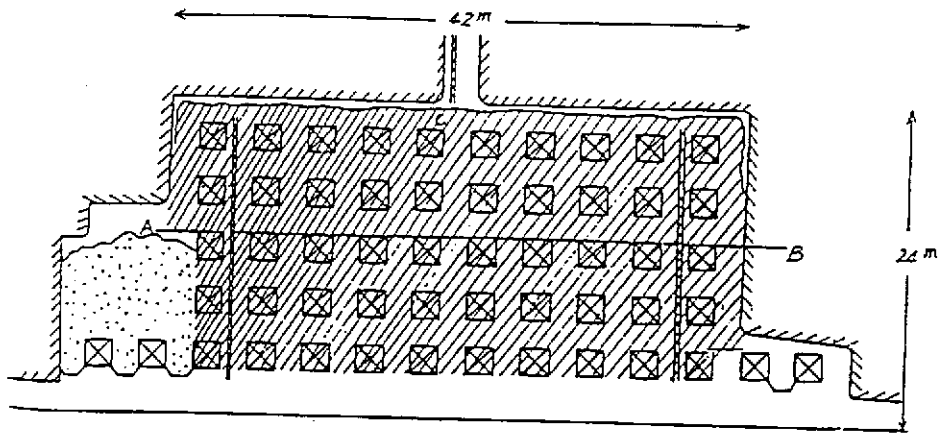


② 充填した筏

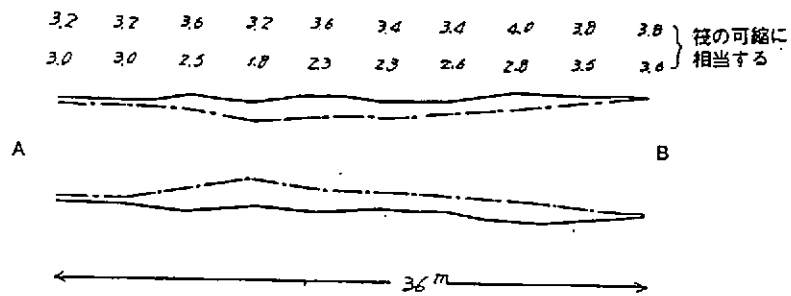


③ 筏の締付方

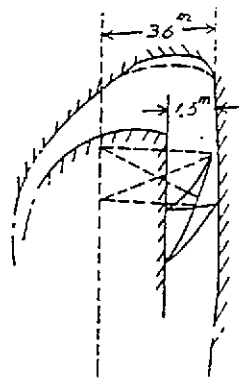




崩壊した筏探鉱 (下部坑16LE 2号D.)



切羽の巾減少の状況 (上図A-B断面)



崩壊後の切羽上線亀裂

(1) 15

(2) 1994. 9. 20

(3) 荻野 雅彬

(4) Room & Pillar, 高品位、低脈幅の場合、実収率を上げるためピラーの代わりに木積を実施する。木積は、実木積、少なくとも井桁、坑木間の間隙は充填する必要がある。木積強度は実木積により大幅に増加する。

(5) 別子筏津坑他

(6) 急傾斜の上向き、下向き階段掘りにおいても上盤の悪いところは利用できる。(但し、脈幅4m以下)

(1) 16

(2) 1994. 9. 30

(3) 荻野 雅彬

(4) Shrinkage は理論的に安息角以上の傾斜では可能であるが、傾斜が緩い程、脈幅の大きい脈には適用できない。足場とbackを調整するのが困難である。

(5) 別子本山、佐々連他

(1) 17

(2) 1994. 9. 30

(3) 荻野 雅彬

(4) Shrinkage 傾斜が緩くなる程、ずり混入率の増大が実収率の低下を招く。盤の悪いところは要注意

(5) 別子他

(6) 破碎鉱石と下盤との摩擦抵抗が大であるため、一律に抜鉱出来ず、ずりの巻き込みが起こりやすい。

(1) 18

(2) 1994. 9. 30

(3) 荻野 雅彬

(4) Sub-level Caving 上盤を十分に崩落させなければならない。崩落の形状と採鉱切羽における穿孔傾斜角の関係が採鉱実収率、ずり混入率に大きな影響をもたらす。

(5) クレイモント鉱山他

(6) brow部の強度または補強の検討が重要。

(7)

- (1) 19
- (2) 1994. 11. 1
- (3) 小島 康司
- (4) 徳舜警鉱山のチムニーケービング

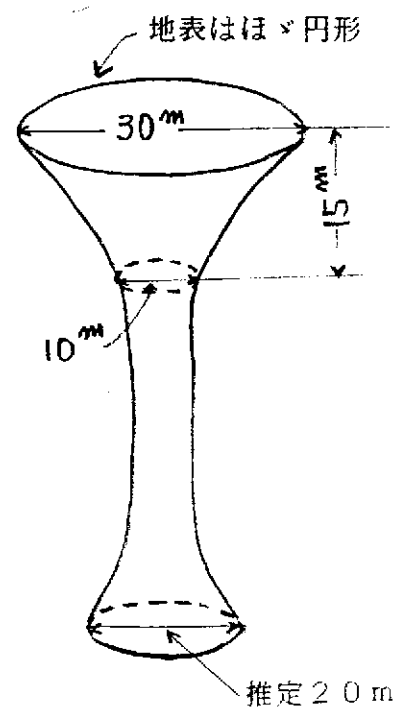
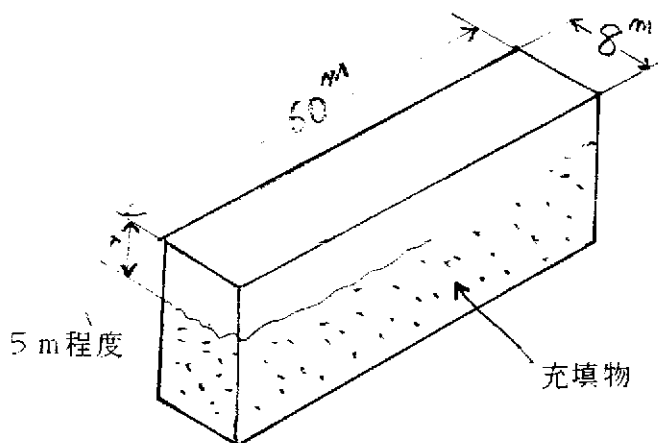
1) 概況

- 徳舜警鉱山（日鉄鉱業kk）は洞爺湖の北東部、有珠郡大滝村の標高650～700mのところにある硫黄鉱山である。
- 最初は褐鉄鉱（山麓部にあり）を露天掘で採掘していたが、昭和31年から硫黄鉱石167万トン（全硫黄43%）を出鉱した。
- その間の年間の生産規模は6～20万トンで、硫黄精錬を行うことなく鉱石として売鉱した。鉱業権者は日鉄鉱業kkである。
- 硫黄鉱床は安山岩および集塊岩（第4期）を鉱染交代したもので、1鉱体である。鉱体は地表から50～100mの深さのところに存在し、鉱床規模は延長900m、幅100～150m、厚さ平均50mである。
- 山麓部分に褐鉄鉱床があり、採掘法は中段柱房式で、採掘後の空洞は土砂および火山灰等で充填した。

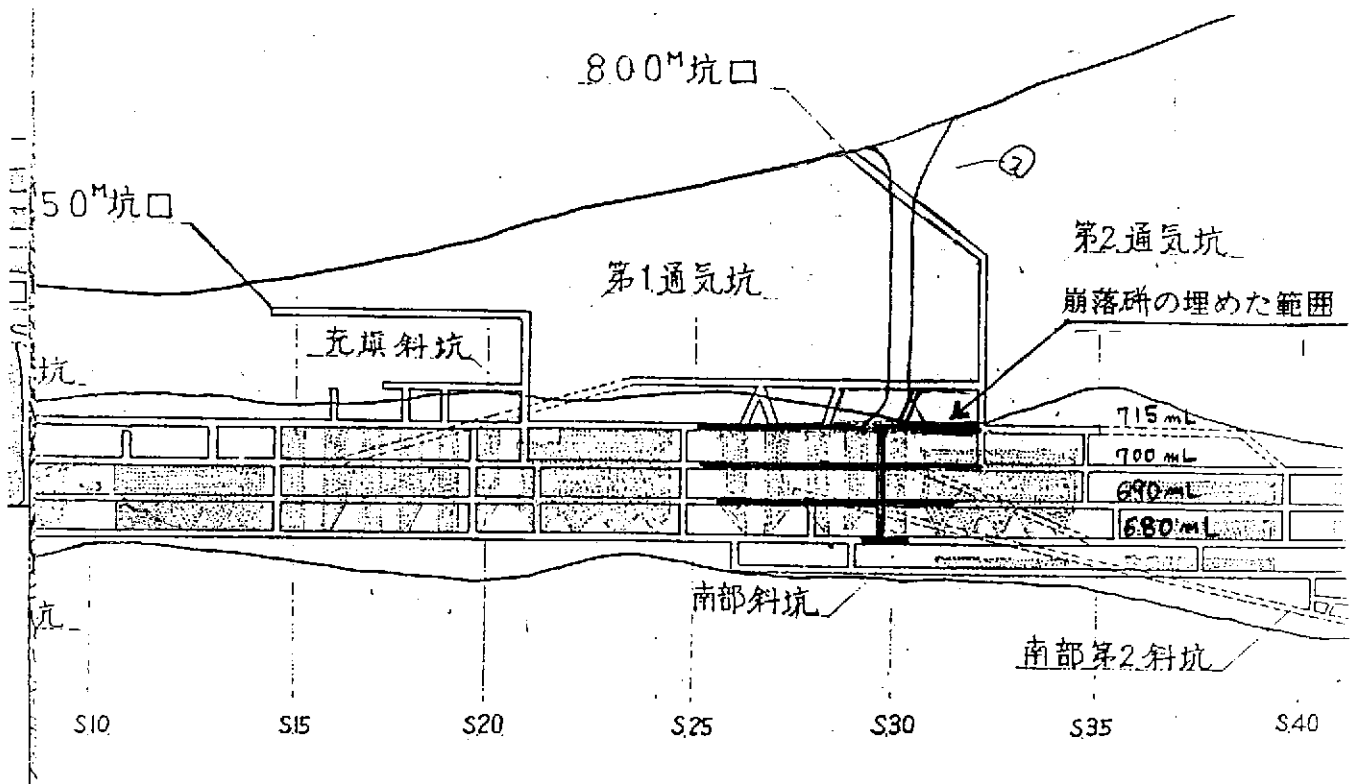
2) 崩落の状況

- 崩落は、昭和42年5月、大雨のあと夜間に起こった。（操業は、1ノ方制であり誰も見ていない）朝、水を含んだ破壊物が坑道に押し出されていた。（範囲は、図面の部分）
地表にまわって見ると右図のように円錐形に地表が陥没していた。

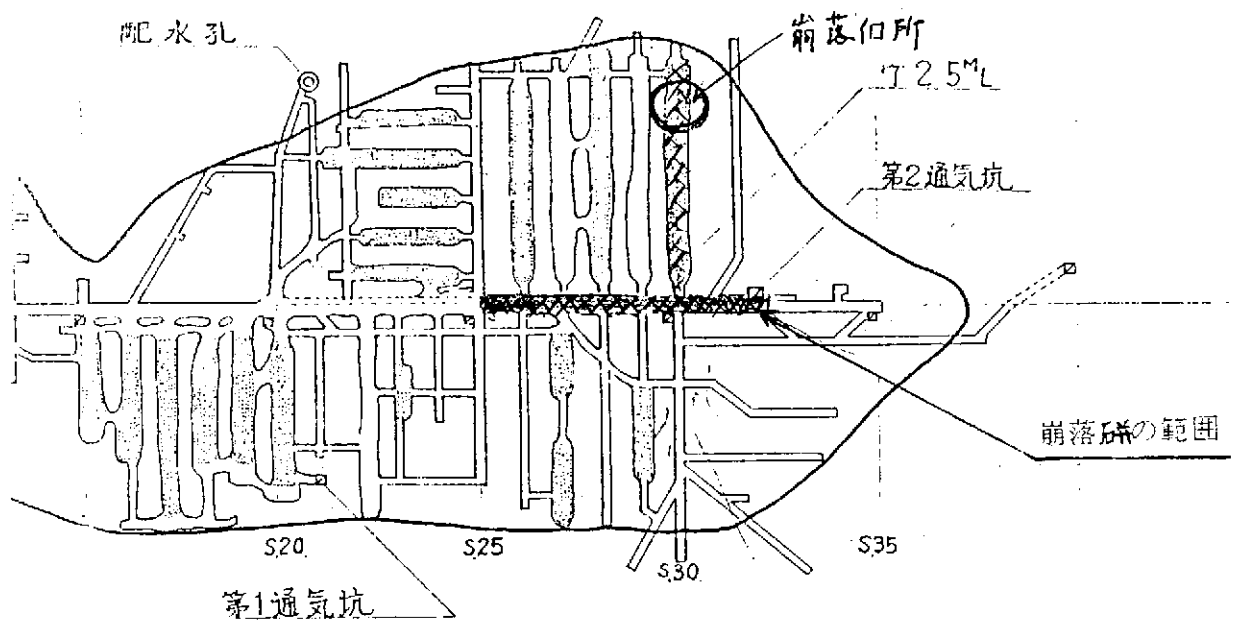
- 崩落時残されていた柱房の寸法

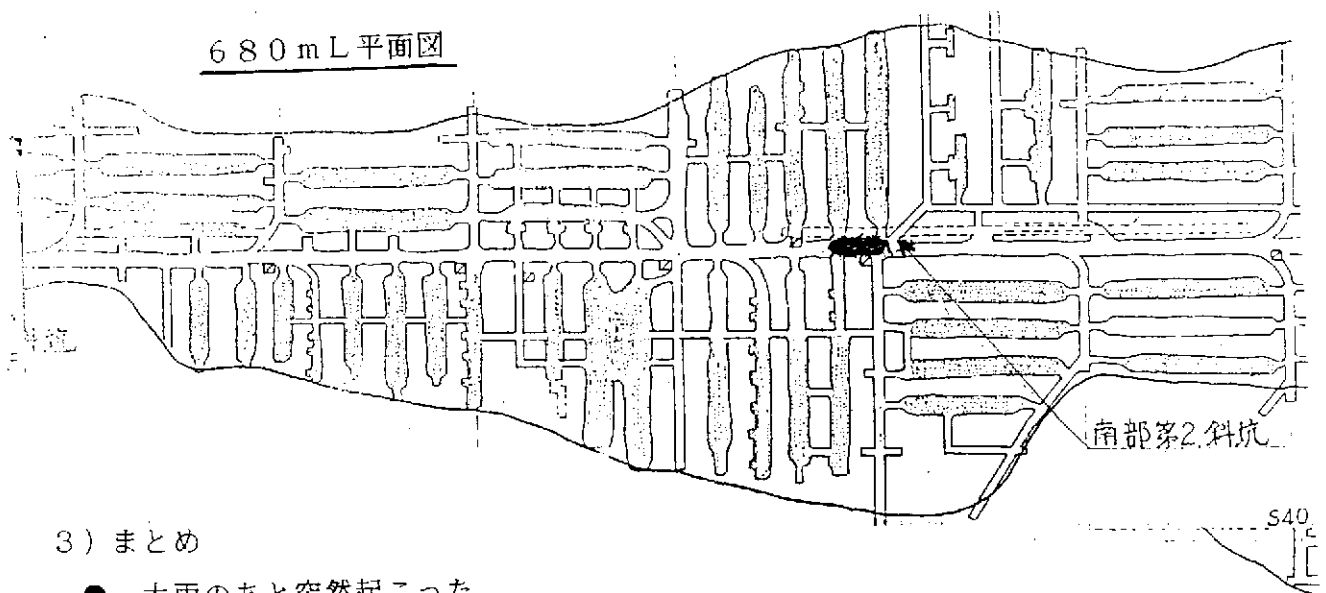
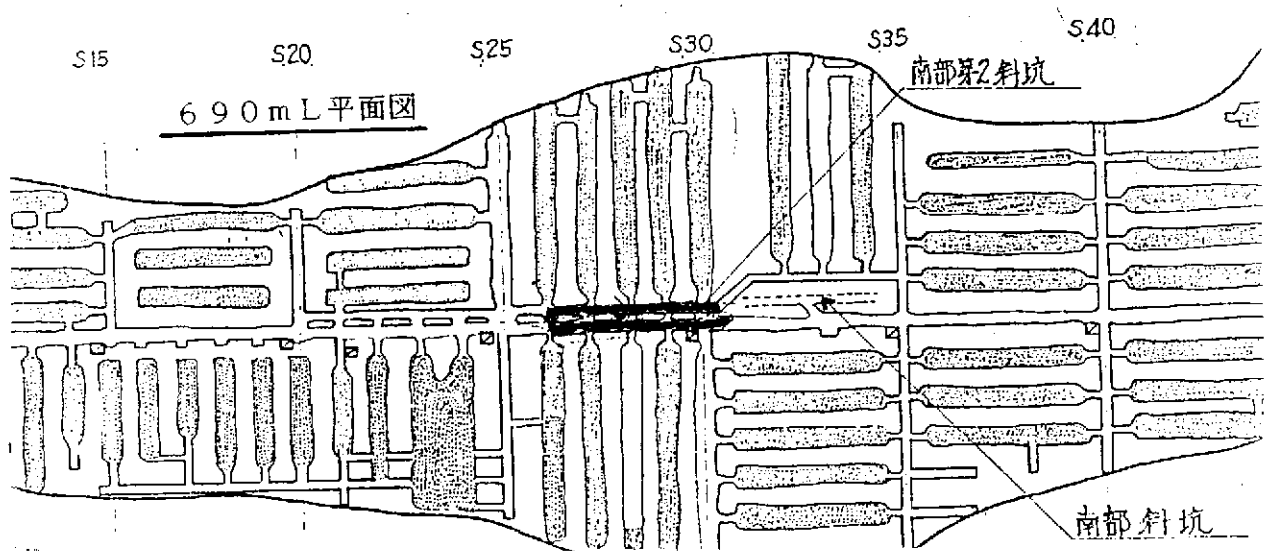
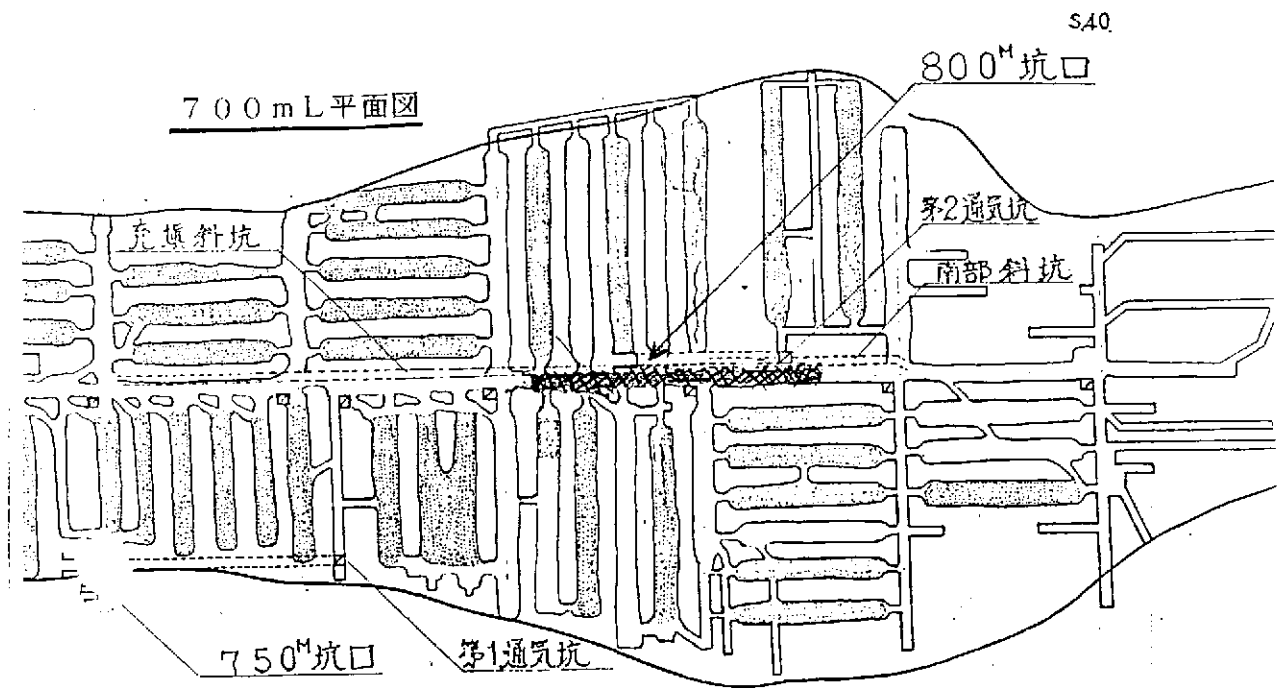


- 現在は、この陥没跡は埋められており、山側（東側）のガレ（自然のもので陥没とは関係ないとのことである）下から浸出した水が地表を流れている。



715mL平面図





3) まとめ

- 大雨のあと突然起こった。
- 岩は安山岩のS n 鉱染交代鉱床。
- 崩落跡は、横方向にも流れた。
- 崩落 体積 / 崩落前体積 = 1.05 ~ 1.10

- (1) 20
- (2) 1994. 11. 1
- (3) 小島康司
- (4) ブロックケーピングに於けるエアースラスト

- ブロックケーピング採掘においてアンダーカット後、ケーピング現象が上方に伝わって行くには、ある時間を必要とし、この速度より速くドロージングを行うと、まだケーピングを起こすにいたっていない鉱石（岩石）部分がアーチを形成し、その下に空間を生ずるようになる。この空間が大きくなると、アーチが一挙に崩落し、大きな衝撃を与えることが起こる。これが、エアースラストと呼ばれている現象である。
- このため、アンダーカット直後は、ドロージングをゆっくりケーピング現象の上方に伝達する速度に合わせて行かない、ケーピング現象が地表に達した後、その速度を速めることが行われている。比較的ケーブしにくい鉱石の鉱山で、開山時始めてのブロックケーピングがなかなか発生せず苦心をしているとき、始めて起こるケーピングは、特に大規模なエアースラストを発生させる。

(5) 例 1 場所 ; U.S.A. Urad 鉱山

鉱石 ; 細粒の Rhyolite Porphyry および粗粒花崗岩

時期 ; 1968年 10月

状況 ; アンダーカットレベルの上を、起砕された鉱石が、厚さ60~75mで覆っていたにも拘らず、これを貫き人間を打ち倒すほどのものであった。(このときは、一度に150万m以上のものが崩落している。)

崩落空間面積は、300×450 ft

文献 ; S M E Mining Engineering Handbook より

Urad 鉱山 崩壊前および崩壊後の模式状況図

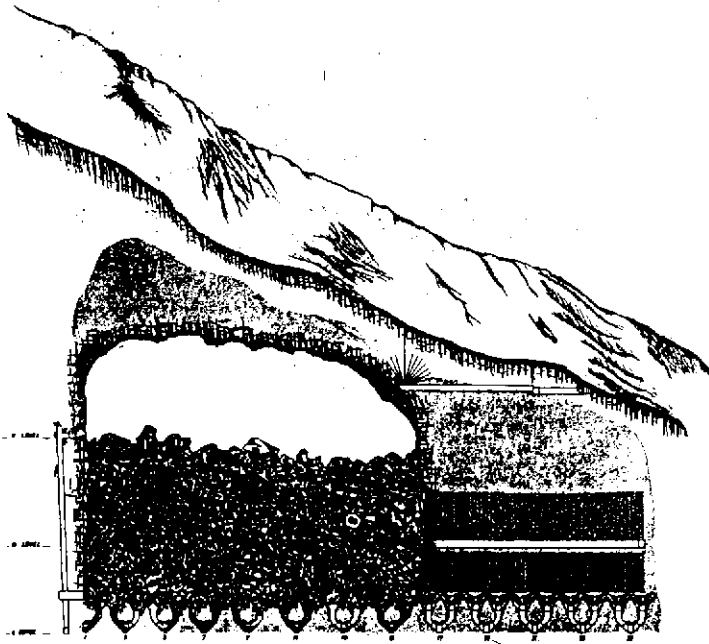


Fig. 12-202—Arch before failure, Urad mine.

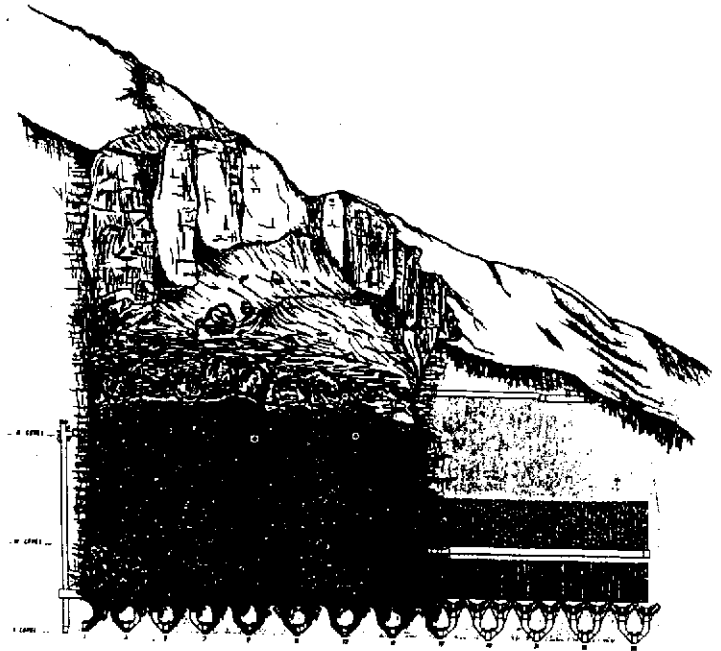


Fig. 12-203—Arch after failure, Urad mine.

例 2 場所 ; チリー Rio Blanco 鉱山


鉱石 ; ジュラ紀～白亜紀の安山岩脈

時期 ; 1971年 5月

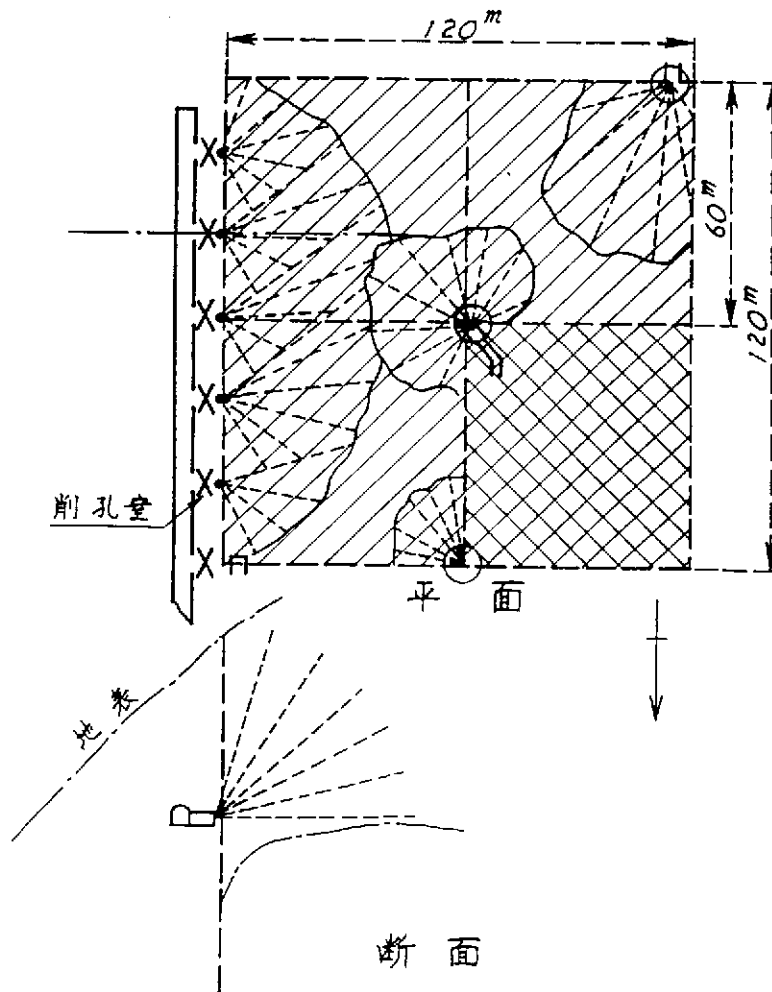
状況 ; 平均40mの厚さで起砕鉱がクッションの役割を果たしていたにもかかわらず、5名に切傷および打撲傷を与え（当日は日曜日で就労者は少なかった）下部のレベルにあったポータブルコンプレッサーが吹き飛ばされている。

崩落量は、約200万 ton

経過 ;  アンダーカット済み

 の左半分をアンダーカットした時崩落

グリズリーレベルの上を覆っていた起砕鉱は、対策として行われた削孔室から長孔発破で起砕したもの。



文献 ; Underground Copper Operation high in
 the Andes produces 3.5 Million Ton/Year
 Ore by Block Caving Methods.

揭 載 誌 : Mining Magazine
 May 1972

著 者 : L.R. Carpenter and B.R. Woolfe

(1) 21

(2) 1994. 11. 1

(3) 小島 康司

(4) 北鹿地区の黒鉱採掘による地表沈下

沈下は次のように表われた。

$$S_r = S_{Dr} + S_{ir} \quad S_{Dr} = a x$$

S_r 地表 γ 点の沈下量

S_{Dr} 直接沈下(量) …… $\gamma = 45^\circ$ $T = 1$ 年程度

S_{ir} 間接沈下(量)

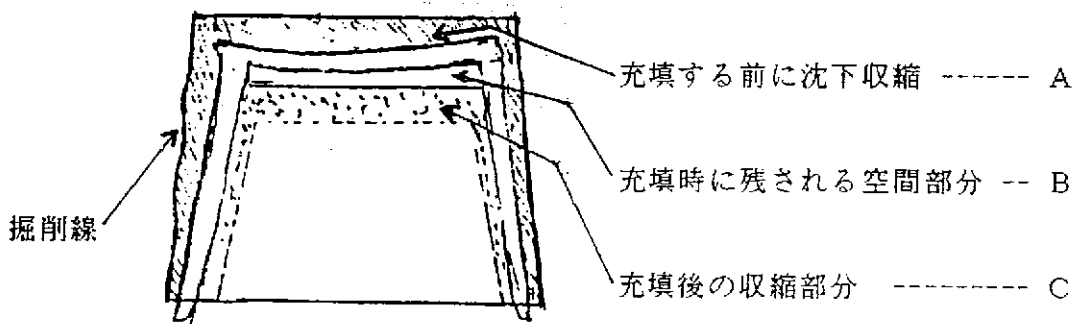
x 採掘量

a 係数(沈下係数)

直接沈下 比較的狭い範囲(限界角 45° 程度)に表れ、時間的な漏れ(1年程度で全量表れる。)はあるが、直接沈下の沈下盆体積が採掘体積に比例する(比例定数が a)

$a = 0.3 \sim 0.5$ 下記の切羽の状況と一致

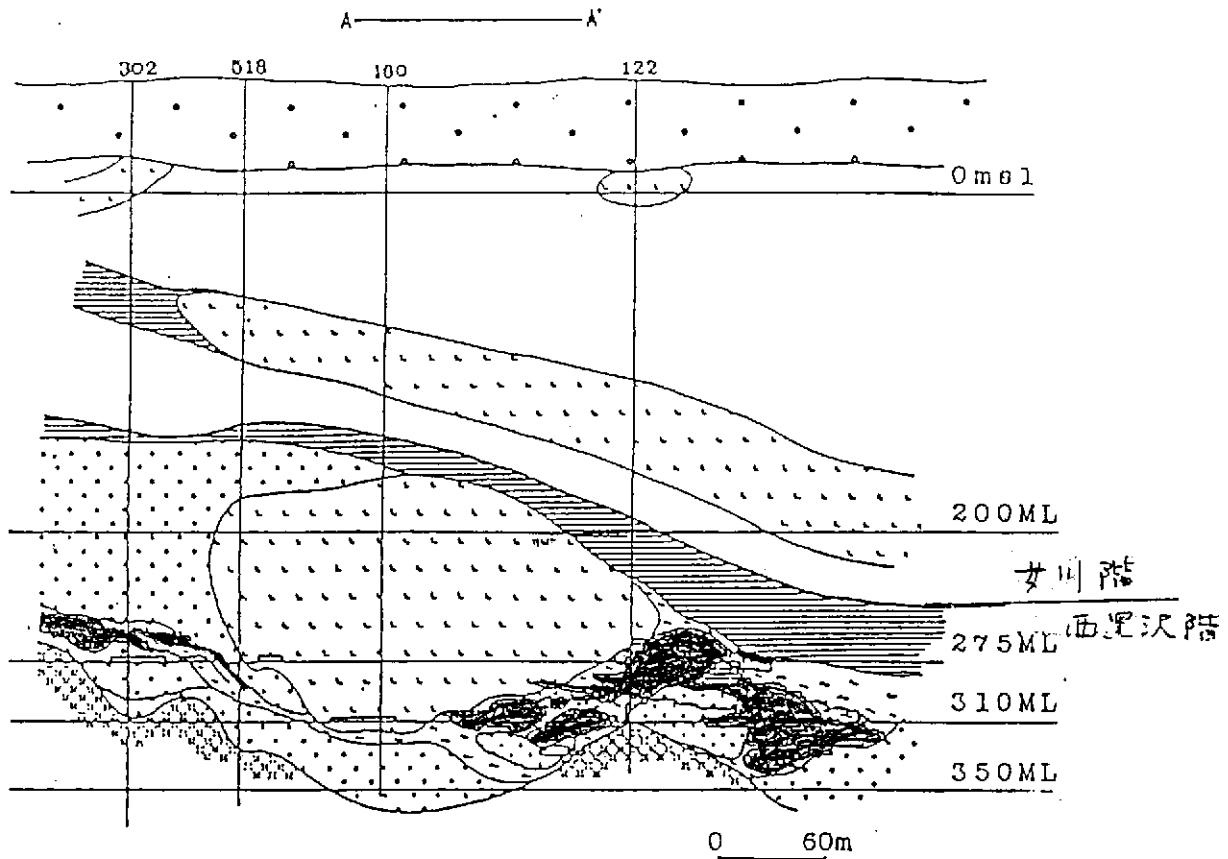
間接沈下 採掘初期1~2年で広く浅く表れる。(採開坑掘削でほぼ表れる。)



$A + B + C$ ----- 合計の体積が直接地表沈下として出る。

注) セメントモルタルによる人工天盤を利用した
下向充填採掘法の採掘跡

地質鉍床断面図



砂礫層 沖積層 (下向川伏流域)



石英安山岩 第3紀 中新統女川階 (貫入岩) 堅牢



凝灰岩 第3紀中新統女川階 やや軟弱



“ “ 西黒沢階 軟弱~極く軟弱



同上 粘土化帯 極く軟弱



石英安山岩 第3紀 中新統西黒沢階 (基盤となっている。) やや堅牢 鉍床近くは軟弱部分あり



鉍床 (黒鉍 黄鉍 硫化鉍)



泥岩 第3紀 中新統 女川階及び西黒沢階 やや堅牢

(1) 22

(2) 1995. 2. 10

(3) 肝付兼弘

(4) ウラン低品位鉱に関する設計概念

カットオフ品位以下にてずりとして廃棄される低品位鉱に関して、従来は、たとえば充填材として坑内にて使用したり、放置しておくことは、多少なりとも作業員の被曝源になったり、または通気コストの増加の原因になるので、避けるべきであるとの思想があった。

最近では、このような低品位鉱の坑外における管理、特に閉山後の処理及び管理が厳格に義務づけられるようになったので、充填材などとして坑内にて処理した方が良いという考え方に変わってきている。

低品位鉱のヒープ・リーチングは、粉碎コストの節減を通常低い浸出実収率にて相殺してしまうので、通常の製錬工程による kgU 当り製錬コストより安くなることは余りない。資源愛護の観点から低品位鉱からのウラン回収を考えるのであれば、ヒープ・リーチングを行うよりもカットオフ品位を下げた方が良い（如何なる平均品位の鉱石についてであれ、kgU 当り製錬コストは通常の製錬工程による方が、ヒープ・リーチングによるよりも多くの場合安い）。

(5) ウラン鉱山の設計に関して考慮すべき一つの要因である。

(6) 常識

(7) 最近ではカットオフ品位が高くなり、廃棄される低品位鉱の平均品位も高くなっている。

(1) 23

(2) 1995. 2. 10

(3) 肝付兼弘

(4) 柱房式採掘の設計

柱房式採掘においては、先ず主要坑道から鉱床端に向って前進式に格子縞状の沿層坑道を掘さくすることによって鉱石を採掘し、次いで後に残った鉱柱を後退式にて採掘する。この坑道採掘パターンの設計に当たって留意すべきことは次の点である。

・残柱の支保能力：

300m程度までの深さであれば、一次坑道採掘の分を含めた採掘区域の全面積の地表までの岩層の重量が、残柱の全面積に等分布荷重にてかかるものとして、残柱の圧縮強度と比較の上、一次坑道採掘面積/残柱採掘面積の比、すなわち残柱の大きさを決定することで充分である。

圧縮強度として弾性限度を用いるのが良いが、破壊強度を用いる場合は1.5～3.5の安全率を考慮しなければならない。

岩層毎の特性が判っている場合には、有限要素法によって計画された坑道採掘パターンが、許容範囲に入っているかチェックするのが良い。たとえば、同じ坑道採掘パターンでも、切羽が高く残柱の細長比が大きい場合は水平応力が大きくなるので、弱い岩層の水平方向の弾性限度を超えることもある。

・充填した後残柱を採掘する充填式柱房採掘を行う計画であれば、残柱採掘による鉱石屯当りコストは充填コストを含む分だけ高くなるので、一次坑道採掘/残柱採掘の比が大きい程、残柱採掘による鉱石屯当りコストは高くなる。

従って、早期に投下資本を回収しようと思う場合には、残柱を小さくするのが良く（但し残柱の支保能力に注意）、また一次坑道採掘による鉱石屯当りコストと残柱採掘による鉱石屯当りコストとのアンバランスを小さくしようと思う場合には残柱を大きくするのが良い。

・総ばらし式柱房採掘を行う計画であれば、総ばらしの前進線を、格子縞に対して斜めに設定するのが残柱採掘切羽へのアクセス上都合が良い。また最終小割を残柱の中央に設定出来るように、残柱のアクセス側の幅は採掘坑道幅の3倍弱（最終爆破残柱の幅による）にするのが良い。

実際の操業では、一辺の長さが採掘坑道幅の3倍の正方形の残柱として、天磐の状

況を見ながら最終残柱の壁払いを行うのが实际的である。

- ・ 充填を行わずに残柱の一部を放棄する計画であれば、残柱の中央に小割坑道を設定して、小割坑道の掘さく後にその両側の壁払いを天磐の許す限り行うのが最善と思われるので、残柱のアクセス側の幅は採掘坑道幅の3倍にするのが良い。
- ・ 一次坑道採掘の展開中に天磐の状況を実際に見た後で、残柱採掘の方法を決定しようとするならば、一辺の長さが採掘坑道幅の3倍の正方形の残柱としておけば、すべての方法にとって最適ではないにしても、いかなる方法にも対応出来る。
- ・ 充填式柱房採掘の採掘実収率は100%である。総ばらし式柱房採掘と非充填式柱房採掘の実収率は通常70~90%で、前者の実収率の方が後者の実収率より大きいのが、実際の数値は天磐の強度による。
- ・ 保安上は充填式柱房採掘、非充填式柱房採掘、総ばらし式柱房採掘の順にて優れている。総ばらし式柱房採掘は、切羽後退線の速度管理に高度な技術を要する。
- ・ 充填式柱房採掘は他の2方式と比べて充填コスト分だけ余計にコストがかかるが、採掘実収率が良いので、方式の選択には単位鉱石量当りの全体のコストの比較検討が必要である。

採掘坑道の幅は、鉱層の厚さ、すなわち切羽（坑道）の高さによって決まる使用重機（穿孔用ジャンボ、天井点検用ジャンボ、ボルト・セッター、LHD など）の大きさから決まる。これらの重機の円滑な運行のために、坑道支保として枠を用いるのは好ましくなく、出来ればルーフ・ボルトが良い。

坑道支保は坑道の直接天磐の崩落を防ぐものであるから、有限要素法により一次坑道採掘または残柱採掘により生ずる露出天磐内の引張り応力が働く範囲を求めて、ルーフ・ボルトの長さを決定する。ルーフ・ボルトの長さに制限がある時は、それが逆に坑道幅決定の一要素となる。

(5) 水平な層状鉱床のすべてに適用可能。

(1) 24

(2) 1995. 2. 10

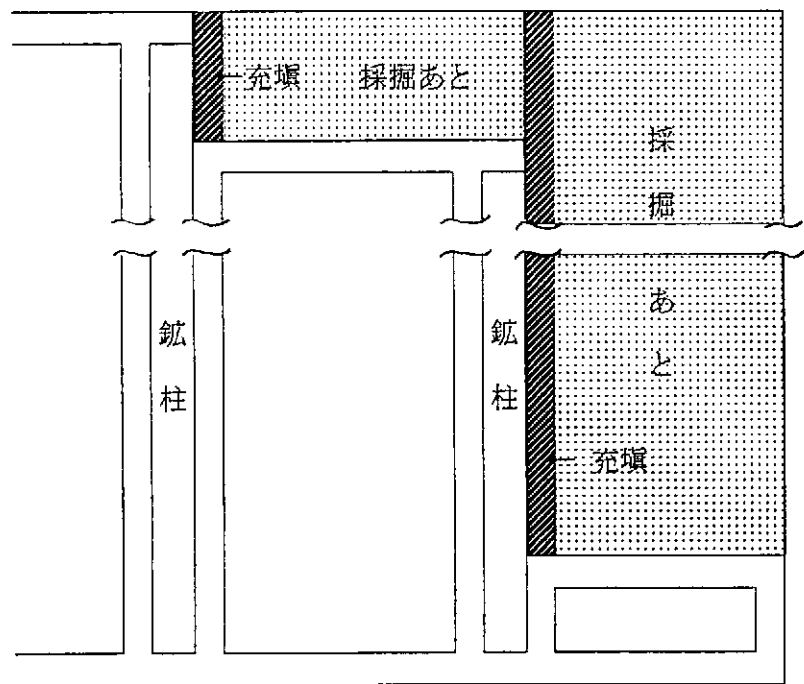
(3) 肝付兼弘

(4) 長(短)壁式採掘の片磐坑道の設計

従来、長(短)壁切羽の片磐坑道(アクセス坑道と入気坑道)は、隣接する長(短)壁切羽の片磐坑道(排気坑道)として二度利用する方式がとられてきたが、片磐坑道を保存するための充填の不完全さと相まって、長(短)壁切羽通過後の片磐坑道の維持に苦勞する場合が多かった。

現在は、鉸柱を残して2本の片磐坑道を設ける方式がとられる。これにより、片磐坑道の掘進そのものが容易になるだけでなく、次のようないろいろな選択肢が可能になる。

・ 図に示すように、片磐坑道に完全な充填を施せば、次の鉸画の採掘時に鉸柱部分を採掘して、100%の採掘実収率を確保することも出来る。この場合、鉸柱部分の掘面には局部通気が必要である。



・ 片磐坑道を充填したにも拘らず、鉸柱部分の天磐が損傷して全体の作業の支障となるような場合には、鉸柱の採掘を諦めれば良い。

・ 充填コストをかけるよりも、鉸柱を放棄した方が採算上有利であれば、最初からそのような計画のもとに長(短)壁式採掘を円滑に進めることが出来る。

(5) 此処10年来、内外の長(短)壁式採掘にて採用されている。すべての長(短)壁式採掘に適用可能。

(6) 常識

(1) 25

(2) 1995. 2. 10

(3) 肝付兼弘

(4) 岩磐予想図による開坑設計

鉱量計算プログラムを用いて、ボーリング・コアから岩磐予想図を作成し、開坑設計に役立たせることが出来る。対象範囲内を三次元に小さく区分したブロック毎に数値が求められる鉱量計算プログラム（距離の逆二乗法、クリージング法）が用いられる。

その手法および用法は次の通りである。

- ・各ボーリング・コアをブロックの設定標高に合わせて区分し、各区分毎のコアに岩磐強度に関する数値を割当てる。

岩磐強度を数値化するに当っては、一般に用いられている岩磐分類法を用いる必要は全くない。コアから観察出来る範囲内にて決めた適当な基準によって、4~5の岩磐強度カテゴリーを設け、カテゴリー順に一連の数字を割当てる（たとえば、“自立性があり、新鮮若しくは若干変質した岩磐で、地質構造上の乱れのない岩磐”または“A鉱山のB坑道と同程度の岩磐”などとして、このカテゴリーに入る岩磐は10~20とするなど）。各区分毎のコアを観察して、主観的な判断によって、このような数字区分に従ったコア毎の数字を決めれば良い。

- ・鉱量計算プログラムを用いれば、これらの各区分毎のコアの数字を化学分析値と同様に処理することが出来るので、ブロック毎の岩磐強度に関する数値が得られる。試錐探鉱の段階にて、断層などによる岩層の不連続が予想される場合には、そのような地質条件を入れて計算結果をマニュアルにて修正する。
- ・カテゴリー毎、またはより小さな数字の範囲毎に、支保の種類及び密度を想定する。
- ・上記の数字の範囲を色分けすると、各ブロックの色が決まり、支保に関する情報を含んだ三次元の岩磐予想図が得られる。
- ・鉱山の開坑方式は、岩磐強度以外の多くの要素から決められるが、この岩磐予想図によって、決められた開坑方式による坑道掘進の最適な位置を選定することが出来る。
- ・坑道掘進の位置が決まると、支保の種類及び密度毎の坑道長を求めることが出来、坑道掘進費の算出に役立つ。

(5) 岩石の変質などにより岩磐強度の変化が激しく不規則な鉱山の開坑設計に適用可能。

(1) 26

(2) 1995. 2. 10

(3) 肝付兼弘

(4) 発破穿孔

油圧穿孔用ジャンボの機械コスト（特に消耗物品費を除いた維持補修費）は、回転式穿孔の方が回転打撃式よりも一般的に安く、稼働率も一般的に前者の方が後者よりも高い。従って、穿孔対象の岩石の研磨性（石英含有量）と硬度が許す限り、回転式穿孔を採用するのが良い。

回転式穿孔用のオーガビットについては、ダイヤモンド・ビットの寿命は炭化タングステン・ビットの寿命よりも数10倍長いですが、価格も高いので、穿孔 \square 当りビット・コストについては一概に云えない。しかしながら、ダイヤモンド・ビットの場合は、ビットの取替回数が少なくてすむ上に、穿孔速度も数倍速いのが普通である。

(5) 岩石の穿孔に適用可能。

(6) COMINAKによるテストなど。

(1) 27

(2) 1995. 2. 10

(3) 肝付兼弘

(4) 鉱石選別

製錬コストを節減するために、ウラン鉱山では鉱石選別は重要である。カットオフ品位毎に起砕物を分けるために、露天掘鉱山においても坑内掘鉱山においても必要があれば選別発破が行われる。ウラン鉱床は通常肉眼による判別が不可能か、または困難であるので、発破孔の放射能検層によって発破区分が行われる。

また、露天掘鉱山のトラックの荷台毎、または坑内掘鉱山のLHDのバケット毎、立坑のスキップ毎などにスキャナーによって γ 線強度が測定され、内容物の行き先が決められる。

(5) ウラン鉱山にて実施、且つ適用可能。

(6) 常識

(1) 28

(2) 1995. 2. 10

(3) 肝付兼弘

(4) 充填

粗骨材（乾燥重量にて 66%）

細骨材（乾燥重量にて 30%）

セメント（乾燥重量にて 4%）

可塑剤 0.43 kg/m³

水 240 kg/m³

の充填材を用いて、コンクリート・ポンプ（100パール）により充填切羽に圧入することにより、天磐の凹凸にも応じて完全に天磐に密着した充填が可能である。

切羽高さ 6mまでの場合、充填箇所に隣接して坑道掘さくを行っても、露出した充填材の壁面の損傷または充填材の鉱石中の混入は全く認められない。

鉱層が更に厚い場合、セメント混入量を増加して金網にて補強した充填を行えば、高さ12mまでの充填材の自立性が保たれ、また人工天磐の役目を果して充填材の下の坑道掘進も可能である。

充填箇所に隣接した坑道掘さくの空間によって開放面が出来ても、直ちにその空間は充填されて充填材は完全に閉塞されるので、圧縮強度は 12日強度で 10パールもあれば良い。最終的圧密沈下量が10%を超すことはない。

ポンパビリティを保つために、充填材は次のような粒度曲線に適合しなければならない。

- 超微粉（< 0.08mm）> 10%
- 微粉（< 0.25mm）> 25%
- 最大粒度：充填パイプの内径の 30%
- 最大粒度の半分の粒度以上の骨材を出来るだけ 40%

しかしながら、この粒度曲線はセメント混入量の抑制と抵触するので、現場に応じた工夫が必要である。

充填材を坑外にて調製して坑内に搬入する場合、通常ボーリング孔に通したパイプ内を落下させるが、完全に垂直なボーリング孔は不可能であるので、パイプ内面の一部に片寄った摩耗によってパイプの寿命を縮めるのが普通である。これを防ぐには一体物に

溶接したパイプをスラスト・ベアリングだけで坑口から懸垂するのが良い（COMINAKのアクータ鉱山の実績では 260mの内径 198mm、肉厚 10mmの鋼管の寿命 380,000 ton）。

コンクリート・ポンプ設置作業、パイプ布設作業、充填仕切り作業などの作業や、パイプ詰まりによるトラブルを避けるために、機械的充填を行いたい場合には、切羽高が 3mまでであれば上記の充填材を固練りしたものをブレード（例えば LHDに取付けた）にて押込むことによっても、完全な充填材の天井付けが可能である。

(5) 支保として必要とするあらゆる充填に適用可能

(6) 常識

(7) コンクリート・ポンプによる充填法により、ジェット・ボーリング採掘法による採掘あとの空間の充填を、下部のボーリング孔から行うことも可能である。但し、この場合には、空間の上端に開口する空気抜きのパイプを入れておくことが必要である。

(1) 29

(2) 1995. 2. 10

(3) 肝付兼弘

(4) 保安、放射線防護

Airstreamは、吸入空気中の 0.5 μ 以上の粉塵を 90%以上濾過する。従ってウラン鉱山では特に威力を発揮し、放射性粉塵を約 90%、また浮遊粉塵に付着するラドン娘核種を 80%以上除去し、内部被曝量の減少に大きく貢献する。

フィルターの交換は月に 1 回である。

(5) COMINAKのアクータ鉱山。あらゆる粉塵発生作業に適用可能。

(6) COGEMAによるテスト

- (1) 30
- (2) 1995. 2. 10
- (3) 肝付兼弘
- (4) 放射線防護

砂岩型ウラン鉱床内の定置式作業部署における外部被曝に対する防護措置として、以下のような措置が可能である。

- ・厚さ 3～7cmのコンクリート吹付け（普通のコンクリート）により、被曝量は 10～15%減少する。
- ・厚さ 40cmのコンクリート・ライニング（普通のコンクリート）、または厚さ 10mmの鉄板による遮蔽により、被曝量は 30～40%減少する。
- ・厚さ 10mmの鉄板 + 厚さ 40～50cmのコンクリート・ライニングにより、被曝量は 50%減少する。

- (5) 砂岩型鉱床のウラン鉱山に適用可能
- (6) COMINAKによるテスト

6. まとめ

本年度は、懸案となっていた岩盤の評価法に関して再度議論をおこなった。その結果、既存の岩盤分類法にできる限り沿った分類法を使用して、各採鉱法における岩盤の適・不適を判断してみることにした。まず、従来の採鉱法選定プログラムに岩盤条件の判断を追加した。さらに、昨年度までに収集した鉱山のデータを詳しく検討し、その結果を勘案して、採鉱法選定プログラムを改良した。その結果、データを収集した鉱山に関する限り、選定プログラムの薦める採鉱法と、実際に採用された採鉱法とが、ほとんど一致するようになった。

今後は、採鉱法の選定をよりきめ細かに行なえるとともに、鉱山の設計支援もある程度可能なシステムの開発が必要であると考え、本年度は、このようなシステムの概念について述べるとともに、3種類の採鉱法に関してはやや詳細な検討をおこなった。

エキスパートシステムを構築、改良する際の議論や、鉱山に関するデータの収集の段階で、実に様々な経験談が語られたが、それらを直ちにエキスパートシステムに組み込むことは難しいが、極めて貴重な事項であることは間違いない。そこで、できる限り種々の経験談、経験則を収集し、とりあえず文字型データとして残すことにした。将来は知識ベースとして整理しなおす予定であるが、本年はとりあえず、知識の収集の基本方針と、収集した知識の例を示した。