

JNC TN7450 2000-019

鉾山開発に係わる技術者への アンケート結果（資料集）

鉾山開発に係わる技術者へのアンケート結果



JNC TN7450 2000-019

これは東濃 図書室の報告書です。
利用後は返却して下さい。

2000年11月

核燃料サイクル開発機構

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

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

Inquires 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)
2000

鉍山開発に係わる技術者への アンケート結果（資料集）

笹尾 英嗣*・大久保誠介**

要 旨

日本国内では、操業中の鉍山の減少が著しく、これに伴って鉍山技術者の数も減少している。このため、これまでに培われた鉍山開発に係わるノウハウなどの貴重な情報が次第に失われる懸念がある。そこで、技術者個人が有するノウハウや様々な情報を収集することを目的として、鉍山開発などの実務に携わる技術者を対象にしたアンケートを実施した。本報告書はこのアンケート結果をとりまとめたものである。

アンケートの実施に当たっては、平成6年から平成9年に社団法人 資源・素材学会に委託して実施した「採鉍設計支援システムの開発」に携わった鉍山技術者に依頼し、採鉍法、鉍山機械など鉍山開発に関する内容を題材として、知識、適用例、適用範囲などの情報の提供を受けた。

提供された情報を次ページ以降に記すが、情報提供者の意向を最大限活かすために原文のまま掲載した。また、掲載にあたっては内容を問わず、記入年月日の順に掲載した。

* 東濃地科学センター

** 東京大学大学院 新領域創成科学研究科（元採鉍設計支援システムの開発に係わる研究委員会委員長）

1. アンケートの目的・内容

日本国内では、操業中の鉱山の減少が著しく、これに伴って鉱山技術者の数も減少している。このため、これまでに培われた採鉱法の選定や坑道掘削など、鉱山開発に係わるノウハウなどの貴重な情報が次第に失われる懸念がある。そこで、技術者個人が有するノウハウや様々な情報を収集することを目的として、鉱山開発などの実務に携わる技術者を対象にしたアンケートを実施した。

アンケートの実施に当たっては、平成6年から平成9年に社団法人 資源・素材学会に委託して実施した「採鉱設計支援システムの開発」に携わった鉱山技術者に依頼し、採鉱法、鉱山機械など鉱山開発に関することを題材として、知識、適用例、適用範囲などの情報の提供を受けた。

アンケートでは、鉱山開発に係わる情報について以下の様式で記入を依頼した。

- (1) 記入年月日
- (2) 知識（長さ、形式自由）、鉱山に係わるものであれば、内容は問わない。
- (3) 適用範囲
- (4) 文献、参考資料
- (5) その他特記事項、形式は自由。

今回のアンケートでは、鉱山開発に係わる各分野について、75件の情報が提供された。

2. アンケート結果

アンケート結果は、下記の順に記した。

通し番号

記入者、記入年月日

- (1) 知識
- (2) 適用範囲
- (3) 文献, 参考資料
- (4) その他特記事項

提供された情報については、アンケート記入者の意向を最大限活かすために原文のまま掲載した。また、掲載にあたっては分野・内容を問わず、記入日の順に掲載した。

No. 1

A、1994.9.13

- (1) 柱房式採掘法は、鉦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。
- (2) 天盤は強固なことが望ましい。
- (3)
- (4) 発破が必要なときは、生産性が落ちる。

No. 2

A、1994.11.9

- (1) 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。
- (2)
- (3) 南アの金山、ルール炭坑などに例あり。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.
- (4)

No. 3

A、1994.9.13

- (1) 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。
- (2)
- (3) 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
- (4)

No. 4

A、1994.11.9

- (1) 発破孔の削孔には、ドラッグビットは用いない方がよい。
- (2) 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。
- (3) 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、鉱山、33巻8号(1980) pp. 48-55.
- (4)

No. 5

A、1994.11.9

- (1) 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。
- (2) ドラグライン、削孔機等を除く。
- (3) カッタ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。
- (4)

No. 6

A、1994.12.6

- (1) 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。
- (2) ホーベルを除く採炭機、掘進機、打撃式を除く作孔機。
- (3) 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減少する。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、日鉱誌、87巻995号(1971) pp. 65-74.
- (4)

No. 7

B、1994.11.1

(1) 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。

(2)

(3)

(4)

No. 8

B、1994.11.1

(1) 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。

(2)

(3)

(4)

No. 9

B、1994.11.1

(1) 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。

(2)

(3)

(4)

No. 10

B、1994.11.1

(1) 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。

(2)

(3)

(4)

No. 11

B、1994.11.1

(1) 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。

- (2)
- (3)
- (4)

No. 12

C、1995.2.10

(1) 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。

(2) 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 × 4.17倍)		

(3)

(4) 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。

No. 13

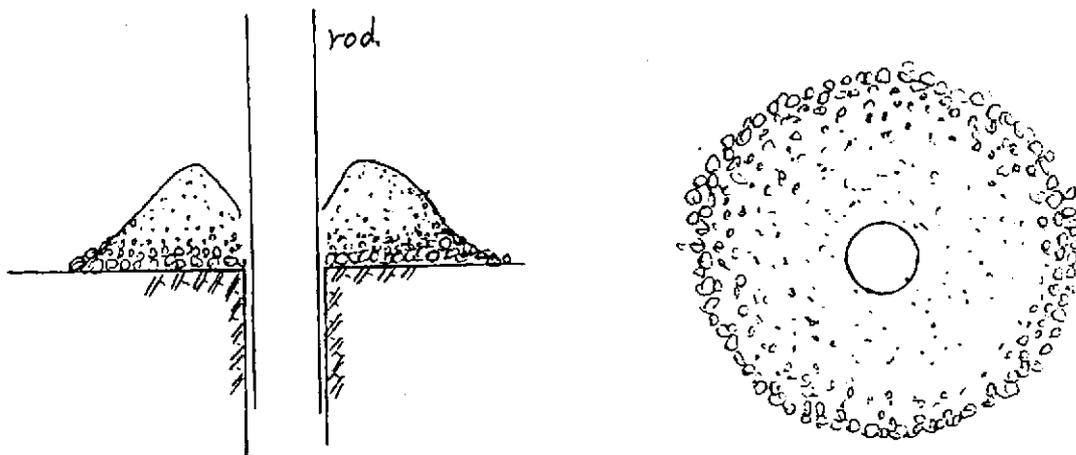
C、1995.2.10

(1) 露天掘の穿孔線粉サンプリング

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、その線粉の分析により、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

鉍計画が立てられる。発破についても、鉍石、ずり同時発破、区別発破等がある。このため、線粉のサンプリング法は極めて重要である。先ず第一にsub-durill分の線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線粉の山の上にビニールシートを掛ける等の方法により、それ以外の線粉を分離せねばならない。

次に線粉はドリル孔の周囲に円錐状に積み上げられていく。当然線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。

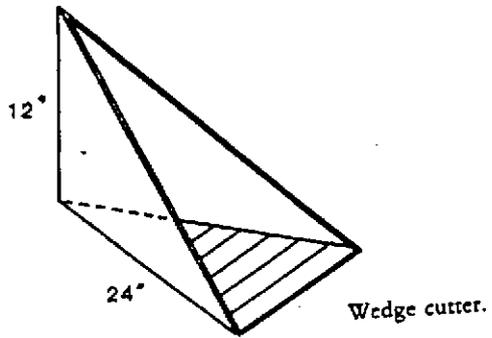


(2) 1孔当たりの線粉量例

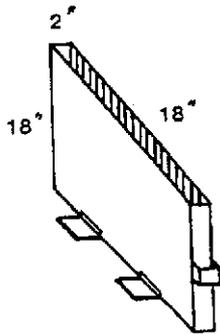
ビット径 (インチ)	ベンチ高さ (フィート)	重量(t) (Tonnage factor 2.60t/m ³)	容積(m ³) (Swell factor 20%)
6 3/4	25'	0.45	0.2
9 7/8	40'	1.53	0.71
12 1/4	50'	2.96	1.37

大量の線粉から少量の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鉍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。

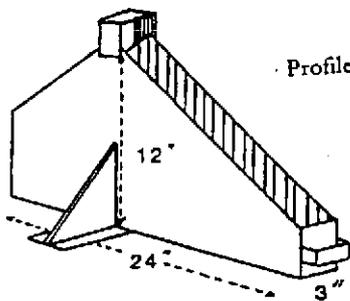
サンプリング器具の例を示す。(次頁)
Mineral Deposit Evaluation (A. E. Annels)より引用



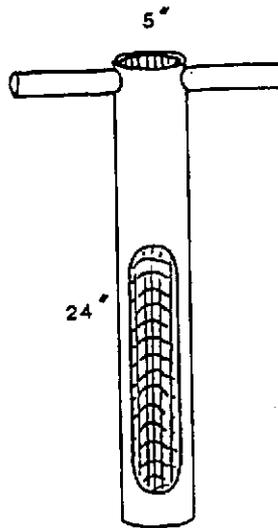
Wedge cutter.



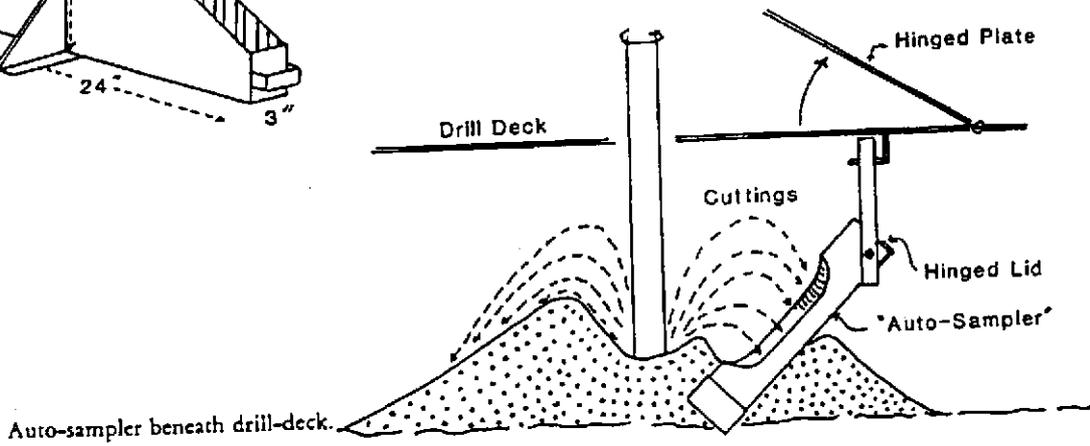
(b) Box cutter.



Profile cutter.



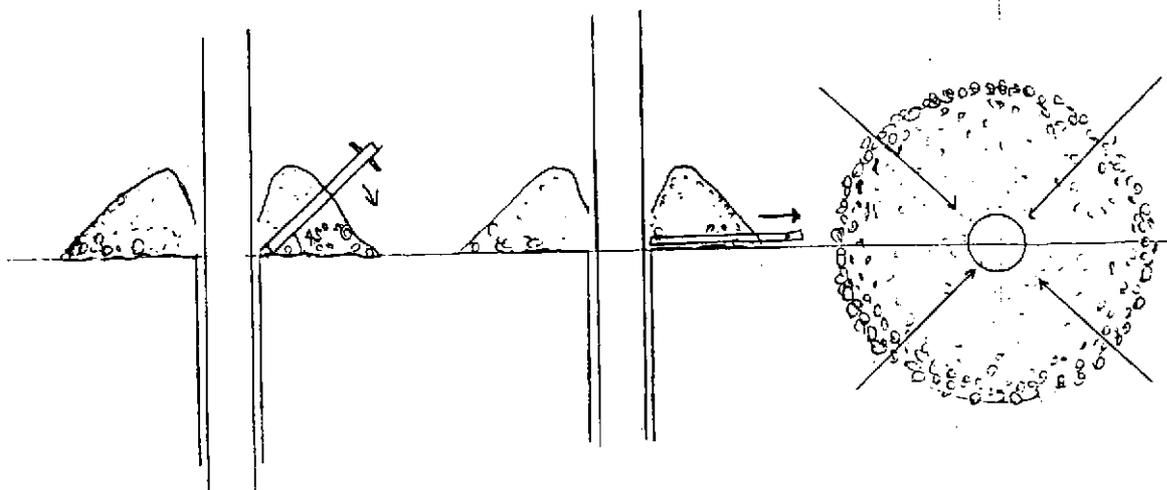
Pipe cutter.



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。



(3)

(4)

No. 14

C、1995.2.10

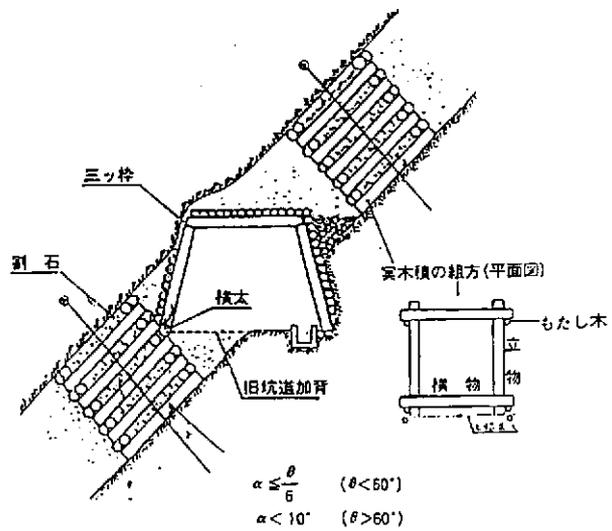
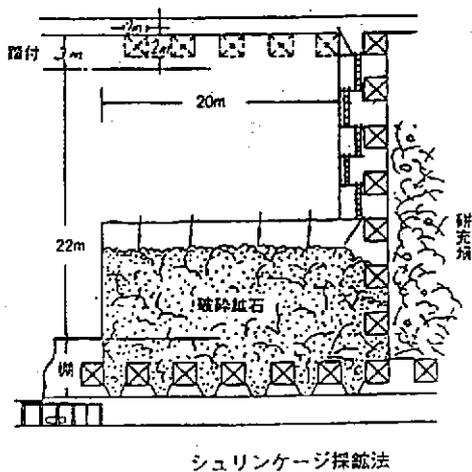
(1) 筏組（木積、crib）について

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still 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4m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。

(2) B鉱山においては、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。

以下（次頁）に、木積の使用例を示す。



- (3)
- (4)

No. 15

C、1994.9.20

- (1) 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。
- (2) B 鉱山他
- (3) 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。(ただし、脈幅4m以下)
- (4)

No. 16

C、1994.9.30

- (1) 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。
- (2) B 鉱山、S 鉱山他
- (3)
- (4)

No. 17

C、1994.9.30

- (1) 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。
- (2) B 鉱山他
- (3) 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、ずりの巻き込が起こりやすい。
- (4)

No. 18

C、1994.9.30

- (1) 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。
- (2) C 鉱山他
- (3) brow部の強度または補強の検討が重要。
- (4)

No. 19

D、1994.11.1

- (1) 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。

$$S_r = S_{Dr} + S_{ir} \quad S_{Dr} = ax$$

S_r 地表 r 点の沈下量

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

S_{ir} 間接沈下 (量)

x 採掘量

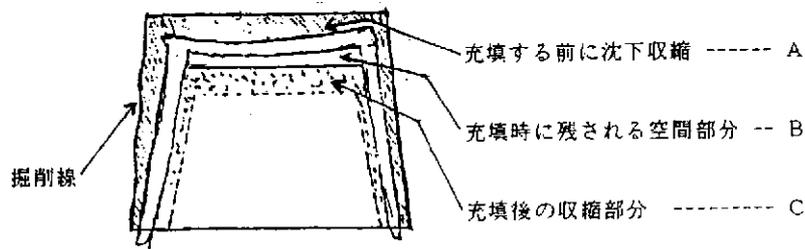
a 係数 (沈下係数)

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)

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。)

$a = 0.3 \sim 0.5$ 下記の切羽の状況と一致



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

- (2)
- (3)
- (4)

No. 20

D、1994.11.1

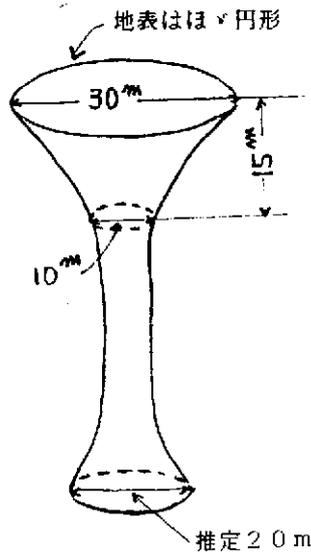
(1) T鉱山のチムニーケーピング

1) 概況

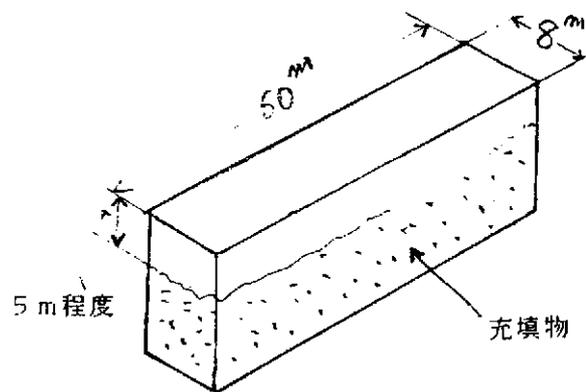
- T鉱山は洞爺湖の北東方の標高650～700mのところにある硫黄鉱山である。
- 最初は褐鉄鉱（山麓部にあり）を露天掘で採掘していたが、昭和31年から硫黄鉱石167万トン（全硫黄43%）を出鉱した。
- その間の年間の生産規模は6～20万トンで、硫黄精錬を行うことなく鉱石として売鉱された。
- 硫黄鉱床は安山岩および集塊岩を鉱染交代したもので、1鉱体である。鉱体は地表から50～100mの深さのところに存在し、鉱床規模は延長900m、幅100～150m、厚さ平均50mである。
- 山麓部分に褐鉄鉱床があり、採掘法は中段柱房式で、採掘後の空洞は上砂および火山灰等で充填した。

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、水を含んだ破壊が坑道に押し出されていた。地表にまわって見ると下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。

3) まとめ

- 大雨のあと突然起こった。
- 岩は安山岩のSn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

- (2)
- (3)
- (4)

No. 21

D、1994.11.1

(1) ブロックケービングに於けるエアブラスト

- ブロックケービング採掘においてアンダーカット後、ケービ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、この速度より早くドロワーイングを行うと、まだケービ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、アーチが一旦に崩落し、大きな衝撃を与えることが起こる。これが、エアブ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、ドロワーイングをゆっくりケービング現象の上方に伝達する速度に合わせて行かない。ケービ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、開山時に始めてのブロックケービングがなかなか発生せず苦心をしているとき、始めて起こるケービングは、特に大規模なエアブラストを発生させる。

(2) 例 1

場所；アメリカ U 鉱山

場所；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、300×450ft

文献；SME Mining Engineering Handbook

例 2

場所；チリ U 鉱山

鉱石；ジェラ紀～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まで起砕したものの。

(3) L.R. Carpenter and B.R. Woolfe. Underfround Copper Operation high in the Andes produces 3.5 million ton/year ore by Block Caving Methods. Mining Magazine, May 1972.

(4)

No. 22

E、1995.2.10

(1) 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）。

(2) 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。

(3) 常識。

(4) 最近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。

No. 23

E、1995.2.10

(1) 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掘削する。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、残柱の圧縮強度として、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。

・充填した後に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

鉱石トン当た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トン当た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トン当たりコストと残柱採掘による鉱石トン当た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、総ばらしの先進線を、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よい。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。

実際の繰業では、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盤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、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、坑道支保として杵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・ボルトの長さには制限がある時は、それが逆に坑道幅決定の一要素となる。

(2) 水平な層状鉱床のすべてに適用可能。

(3)

(4)

No. 24

E、1995.2.10

(1) 長（短）壁式採掘の片盤坑道の設計

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

現在は、鉦柱を残して2本の片盤坑道を設ける方式がとられる。これにより、片盤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。

- ・片盤坑道に完全な充填を施せば、次の鉦画の採掘時に鉦柱部分を採掘して、100%の採掘実収率を確保することも出来る。この場合、鉦柱部分の払面には局部通気が必要である。
- ・片盤坑道を充填したにも拘らず、鉦柱部分の天盤が損傷して全体の作業の支障となるような場合には、鉦柱の採掘を諦めれば良い。
- ・充填コストをかけるよりも、鉦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。

(2) 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。

(3) 常識。

(4)

No. 25

E、1995.2.10

(1) 岩盤予想図による開坑設計

鉦量計算プログラムを用いて、ボーリング・コアから岩盤予想図を作成し、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鉦量計算プログラム（距離の逆二乗法、クリーニング法）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盤強度に関する数値を割当てる。

岩盤強度を数値化するに当っては、一般に用いられている岩盤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の岩盤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盤で、地質構造上の乱れのない岩盤”または“A鉦山のB坑道と同程度の岩盤”などとして、このカテゴリーに入る岩盤は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。

- ・ 鉍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、ブロック毎の岩盤強度に関する数値が得られる。試錐探鉍の段階にて、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盤予想図が得られる。
- ・ 鉍山の開坑方式は、岩盤強度以外の多くの要素から決められるが、この岩盤予想図によって、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。

(2) 岩石の変質などにより岩盤強度の変化が激しく不規則な鉍山の開坑設計に適用可能。

(3)

(4)

No. 26

E、1995.2.10

(1) 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、価値も高いので、穿孔m当りビット・コストについては一概に言えない。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すむ上に、穿孔速度も数倍速いのが普通である。

(2) 岩石の穿孔に適用可能。

(3) C社によるテストなど。

(4)

No. 27

E、1995.2.10

(1) 鉍石選別

製錬コストを節減するために、ウラン鉍山では鉍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、露天掘鉍山においても坑内掘鉍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。

- (2) ウラン鉱山にて実施、且つ適用可能。
- (3) 常識。
- (4)

No. 28

E、1995.2.10

(1) 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	0.34 kg/m ³
水	240 kg/m ³

の充填材を用いて、コンクリート・ポンプ（100バール）により充填切羽に圧入することにより、天盤の凹凸にも応じて完全に天盤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、また人工天盤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バールもあれば良い。最終的圧密沈下量が10%を超すことはない。

ポンパビリティーを保つために、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整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・ヘアリングだけで坑口から懸垂するのが良い（A 鉱山の実績では260mの内径198mm、肉厚10mmの銅管の寿命380,000ton）。

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。

(2) 支保として必要とするあらゆる充填材に適用可能。

(3) 常識。

(4) 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。

No. 29

E、1995.2.10

(1) 保安、放射線防護

Airstreamは、吸入空気中の $0.5\mu\text{m}$ 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。

(2) A 鉱山。あらゆる粉塵発生作業に適用可能。

(3) G社によるテスト。

(4)

No. 30

E、1995.2.10

(1) 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。

(2) 砂岩型鉱床のウラン鉱山に適用可能。

(3) C社によるテスト。

(4)

No. 31

F、1994.8.30

- (1) 大型の鉱山機械は、固有振動数より高い振動数で使用されている。
- (2) ロードヘッド、ブームヘッド。
- (3) 主として数値解析。
- (4) 発電用タービン、大形船舶の船尾管軸受けも同じ。

No. 32

F、1994.8.30

- (1) 削岩機のロッド継手での弾性波の損失は、波頭で見て4～5%である。
- (2) 圧縮波の場合。
- (3) 計測結果による。
- (4) 引張波が通過する時の方がエネルギー損失が大きく重要との考えがあるが、現象が複雑であり未だ解明されていない。

No. 33

F、1995.6.9

- (1) 各種の磨耗試験の内、結果の再現性が格段に良いのは、テーバ磨耗試験である。
- (2)
- (3) 筆者の経験による。
- (4) 特に岩石のみならず、コンクリート、モルタル、鉄など広い範囲の材料に適用できることが重要である。

No. 34

F、1995.6.9

- (1) 3次クリープにおいて、歪速度は残存寿命に反比例する。
- (2)
- (3)
- (4) 同様の考えが、斜面崩壊の予測に応用された事例有り。

No. 35

F、1995.6.9

- (1) サーボ試験機の決め手はサーボバルブの応答性と安定性である。
- (2)
- (3)

(4)

No. 36

F、1995.9.9

- (1) 強度破壊点より除荷した時の応力-歪曲線の傾きは、ヤング率より大きい。
- (2) 三城目安山岩では約2倍となる。
- (3)
- (4) おそらく圧密が進行しているためと思われる。

No. 37

F、1994.9.9

- (1) 熔融高分子を高速で引っ張ると見事な脆性破壊をおこす。
- (2)
- (3)
- (4) Melt Fractureと呼ばれる現象と密接な関連がある。プラスチック製品を使用しても条件によっては脆性破壊をおこす場合がある。特に衝撃荷重が加わる場合などは十分に注意をする必要がある。関西大地震の際なども、通常は延性破壊をする構造部材が脆性破壊をしている。盲点になりやすいので注意が必要。

No. 38

F、1995.6.9

- (1) 一軸圧縮と一軸引張の完全応力-歪曲線はほぼ相似形である。
- (2)
- (3)
- (4) 長い間、引張応力下での破壊は脆性的と考えられてきた。しかし、これは慎重な実験結果によるものではない。最近、一軸引張試験が高精度で実施できるようになり、かなり多くの岩石で、上記の事項がいえることが判明した。

No. 39

F、1995.6.10

- (1) 載荷速度が10倍となると強度は、3～6%上昇する。
- (2) 硬岩、中硬岩の場合。
- (3)
- (4) この事実は、岩盤内構造物の長期安定性と関係が深い。

No. 40

F、1995.6.10

- (1) 完全応力-歪曲線を求めるときは、球座を使用してはならない。
- (2)
- (3) 著者の経験による。
- (4)

No. 41

F、1995.6.10

- (1) 閉鎖空間における内空変位の経時変化は、対数クリープに従う。
- (2) 極めて脆性的な物質を除く。
- (3)
- (4) 物質の性質に殆どかわりなく成り立つ。

No. 42

F、1995.6.10

- (1) 気乾状態と湿潤状態での応力-歪曲線は相似形である。
- (2)
- (3)
- (4) 基本的な変形、破壊機構は両状態で変わらないため。

No. 43

F、1995.6.10

- (1) 荷重軸と直角する引張亀裂が複数並行していることがある。
- (2) 一軸引張試験などでよく観察される。
- (3)
- (4) 並行して発達する断層と、基本的な発生機構は似ている可能性がある。

No. 44

F、1995.6.10

- (1) 坑道、トンネルの弾性解を求めるとき、坑道中心より境界までの距離は半径3～5倍でよい。しかし、破壊を表現できる構成方程式を使用して数値解析するときは、距離を十分大きくする必要がある。
- (2) 特に強度破壊点以降で負荷能力が急激に低下するときは十分注意する必要がある。
- (3)

(4)

No. 45

F、1995.6.10

(1) 載荷速度を10倍とした時の強度増加の絶対値は、気乾と湿潤状態で等しい。また、周圧が変わってもあまり変化しない。

(2)

(3)

(4) この結果の意味するところは重大である。説明すると長くなるが、簡略に注意点のみ述べると、「湿潤状態におかれた岩石・岩盤では長期安定性がそこなわれ易い」、となる。

No. 46

F、1995.6.10

(1) 載荷速度を10倍となると強度が $\Delta\sigma$ だけ増加する。このとき、クリープ応力を $\Delta\sigma$ 下げるとクリープ応力は10倍となる。

(2)

(3)

(4)

No. 47

B、1995.11.30

(1) 地下1,000mの大深度、高い応力状態の下でも、長尺ロックボルトとしてのケーブルボルトやスチールファイバー入り吹付けコンクリートを採用したNATM工法による支保でかなりな大空洞（神岡の例では40.0 ϕ m \times 57.6mH 69,000m³）の掘削が可能である。

(2) 鶴見憲二・藤井伸一郎・中川哲夫：スーパーカミオカンデの空洞掘削について：資源と素材 Vol. 111 (1995) No. 6 pp. 381-386

(3)

(4)

No. 48

B、1995.11.30

(1) ある程度の軟弱岩盤（例えば電研式岩盤分類 CL）でも、長尺ロックボルトの打設により、掘場空洞側壁や立坑側壁の崩壊を防止することができる。

- (2) 南光宣和・斉藤修二・米田 寿・北川嘉昭・平林 豊：ロックボルト工法導入による岩盤補強工事：日本鉱業会誌 Vol. 96 (1980) No. 1106 pp. 182-184
- (3)
- (4)

No. 49

B、1995.11.30

- (1) LHDによる積込の場合の導入口設計では、下図に示すように、導入口に向ってマイナス傾斜（ -5° 程度）、積込時にはLHD機が曲らないよう直線部を設ける。
- (2)
- (3) マイナス傾斜にすることにより突込み力が大きくなる。また、積込機が折れ曲がっていると、突込み力が弱くなる上、無理な力がかかり機械の故障の原因となる。
- (4)

No. 50

C、1995.11

- (1) 漏斗口またはドロポイントでの鉱石抜込みにおける鉄砲水による事故。
切羽またはオアシュート内に坑内水または使用水が流入しているとき、長時間鉱石を動かしていないで、急に鉱石を動かした場合、大災害を発生する危険がある。鉱石が粘土鉱物を含む場合または切羽やオアシュート長が長く、鉱石抜込みにより鉱石間の摩滅により微粒子が発生している場合、十分な注意を払わなければならない。粘土や微粒子が漏斗口やドロポイント口で詰まっており、流入水のヘッドが高くなっている。それを一気に抜くと、その水圧により破碎鉱石が押し出され、漏斗を吹き飛ばしたり、場合によっては坑道面の支保まで逸流物により吹き飛ばし、大災害を起こすことになる。漏斗口やドロポイントで水が流れているのが止まっているときは要注意である。そのような場合は、鉱石を動かさず、吹かし棒等を用いてエアブローにより、粉鉱や粘土を徐々に取り除き、水を抜いてから鉱石を動かす。
- (2) B鉱山、H鉱山等で事故発生。重要災害が発生した例もある。
また、多雨地帯のブロックケービング鉱山等も要注意。B M鉱山では、泥流で運搬坑道が埋まり、再開に長期間を要している。
- (3)
- (4) 河川で発生する鉄砲水と同じ原理であるが、鉱山の場合は、ほぼ垂直に水が貯まるので、ヘッドが急激に上昇し、その水圧は予想をはるかに超えるものがある。

No. 51

C, 1995.11

(1) 凍結湖面でのボーリング等作業の危険性

通常、緯度の高い寒冷地で、湖沼の下の探鉱は、厳冬期の湖面の凍結時を利用し、ボーリングを行うのが常である。湖沼面が完全凍結し、重機類の搬入や固定が容易であるからである。しかし、湖沼面が完全に凍結しているように見えても、湖沼面への水の流出口は水が常に動いており、その地帯は結氷が薄く、重機物の重量に耐えられない場合が起こり、事故の原因となる。

(2) カナダ、V鉱山

2月の厳冬期にハイランドバレーの湖でボーリング中、機材運搬のため、ブルドーザを使用していたとき、突然氷が割れ、ブルドーザが水没した。ヘルパーは飛び下りて逃げたが、ドライバーはブルドーザと共に湖底に沈み死亡した。

(3)

(4) 湖沼で完全に厚く結氷していると外観は見えても、氷面下水の動いている場所は温度が高く、結氷は薄くなっている。

No. 52

C, 1995.11

(1) 厳冬地帯のFine ore bin

通常、Fine ore binは建屋内に設けるが、暖房をしない場合が多い。厳寒地においては、これが凍結する。一旦凍結すると、抜き出し口から突き棒で落としてもアーチを形成して取り崩すのは容易ではない。処理量が多い鉱山では、Fine ore binは暖房地域内に構築すべきである。

ただし、vein typeで処理量が少ない鉱山では、凍結時に外側からボーリングして落させることができるよう、木製の槽を組み、Fine ore binとすることにより起業費を節約できる。

(2) N鉱山 (カナダ、ユーコン州)

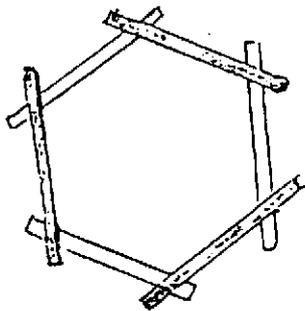
ベルトコンベア上のFine ore bin抜き取り口上で凍結し、ボーリング、トーチランプ等種々の方法を講じたが、解決に長期間を要して減産となった。

木積によるFine ore binは、J鉱山 (Cu-Ni vein、ブリティッシュコロンビア州) で露天に構築されていた。凍結して、アーチができると木積の間からボーリングして落とす。

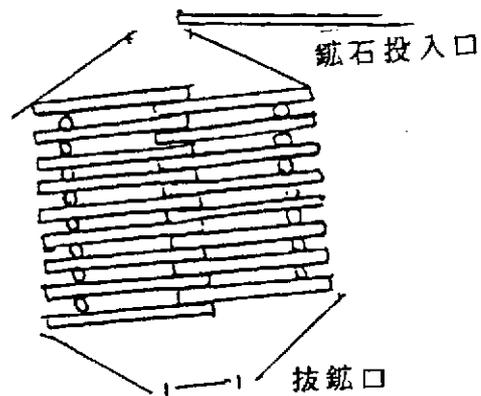
(3)

(4)

(平 面 図)



(正 面 図)



木積サイロの図

No. 53

C、1995

(1) Powder factorの需要性

Open pit採鉱は石灰岩の露天掘りと同じで、土木作業であり、極めて技術的にも単純であるとの間違った認識がある。露天掘りは、一般的にも低品位、大量処理により、利潤を発生させるものであり、品位コントロールやセント単位のコスト節減が極めて大きな意味をもつ。

切羽における品位コントロールは、発破孔の穿孔線粉の品位分析結果を用い、ore、marginal、wasteとその地域を分割する。発破については、①各ゾーンを分離発破する。②総合発破をして、発破後のmuckの上に各ゾーンをflagやテープで分離して示す。一般的に②の場合が多い。そのためには、破碎は鉱石やずりを飛散させてはならない。破砕片が飛散するとgathering costが上がるばかりでなく、wasteのdilutionを起こしたり、鉱石のextractionに影響を与える。発破は岩石を破壊して前方に原形に近い形で動かすようにしなければならない。発破作業の上手、下手が採鉱効率や損益に影響を与えるのである。そのためには、岩石の状態（強度、節理、断層等）をチェックしながらpower factorを決めなければならない。また打掛け発破や適切な雷管の段別使用法も考慮する必要がある。

(2) 各露天掘り鉱山

N鉱山で断層の存在で、約1,000m以上発破により大塊が飛散し、選鉱場の近くに落下したことがある。

(3)

(4)

No. 54

C、1995

(1) Road maintenanceの重要性

露天掘りにおいては、トラックによる輸送費は採鉱コストの大きな部分を占める。直接費としてはタイヤのコストが大きい。また近年、坑内掘りにおいてもトラックレスマイニングが採用され、坑内でLHDやトラックが盛んに使用されるようになった。これらの費用のうち直接費としては、タイヤの外に修理費、間接費としては耐用年数の長短が経費に大きな影響を与える。

これらの費用の節減については、road maintenanceが極めて重要である。一般的にroad maintenanceの費用について、欧米人は欧米を100とすると日本は60、発展途上国は30の割りで支出していると称している。F/S段階において、グレーダやブルドーザの購入、およびその操業費を十分見積もっておかなければならない。

(2) 米、カナダの鉱山では、露天掘りでは常時グレーダによる道路整理を行っており、トラックの速度維持および振動によるトラックの部材疲労破壊の防止につとめ、コスト削減を図っている。

また、トラックレス鉱山においても、坑内にグレーダやブルドーザを投入し、路面の平滑化に努めている。

(3)

(4) H鉱山では、ポータブルのコンクリートパッドを路面に敷設し、路面の安定を図っている。開発時、コンクリートパッドを使用するまでは路面の凹凸化が激しく路面が泥寧化し、大量のスライムを発生、その処理の過大なシクナの設備を余儀なくされた。また重機の寿命にも影響を受けた。

降雪地帯では、降雪時の露天掘りにおけるトラック輸送費がもっとも安く、路面の整備も簡単で、その点では歓迎されている。

No. 55

C、1995.11

(1) エスケープ道路

山岳地帯の露天掘り鉱山では、大型トラックやトレーラーを使用し、急な斜面道路を荷積み下降する場合がある。道路はしばしば急なスイッチバックを必要とし、急カーブ箇所の設定を余儀なくされる。トラックのブレーキが甘くなったり、故障したりすると、载荷大型トラックはしばしば制御できなくなり、大事故を起こす原因となる。

スイッチバック箇所には事故防止のため、所々エスケープ道路を設ける。

(2) 露天掘り鉱山の重大トラック事故はほとんど上記の事故である。法的規制があるかどうか分からないが、外国鉱山ではエスケープ道路はよく見かける。

(3)

(4)

No. 56

B

- (1) 岩盤内を伝播する弾性波の伝播速度変化、弾性波の伝播にともなう振幅の減衰状態の変化を測定・検討することによって、岩盤内の新たな亀裂の発生および既存のき裂の幅の変化を推定することができる。すなわち弾性波を利用することにより、鉦柱や天盤の安全性を確認でき、坑内掘場の大崩落を未然に防止することが可能である。
- (2)
- (3) 佐々宏一・南光宣和・渋谷隆雄：弾性波を利用する岩盤監視：日本鉱業会誌 Vol. 98 (1982) No. 1135 pp. 927-931
- (4)

No. 57

B

- (1) 坑道や掘場の天盤の崩壊を事前に予知するにはその周辺の亀裂の時間的変化量を詳細に観察することにより推定出来る。
- (2) 亀裂にクサビを打ち込みその緩み具合をチェックするとか、天盤と踏前の距離の変化量を詳細にチェックするための簡単な方法として、細い木柱（例えばタルキ）で打柱しその撓みの時間的変化を予測するのに有効である。
- (3)
- (4) 鉦柱の崩壊時期の予測にも有効である。

No. 58

C、1996.9

(1) 課題

バーンカットおよびコロマントカット法について

バーンカット法は大口径のバーンホール（空孔）を初期自由面とし、その周囲に発破孔を平行せん孔し、芯抜孔とするものである。コロマントカット法はバーンホールとして57mmφピットを用い、2回せん孔し、スロット状の空孔を作り、その空孔を利用して芯抜孔パターン用の治具を固定する（図を参照、次頁）。周辺孔はこの治具によりレッグ削岩機で正確に平行孔をせん孔するので、未熟練者でもミスのないように企画されている。

共に発破原理は同じであり、小加背の坑道掘進（Vカットを用いると掘進長は加背の大きさに制限される）で1発破当たりの掘進長を大きくすること、および作業員の熟練度の程度に左右されずに進行を確実にすることを目的としている。

この方法を導入したときは、しばしば芯抜発破に失敗し、平均して予定長5～6割しか進行できなかった。

それ故、芯抜発破について、1孔毎に発破試験を行い、その原因究明に当たった。

その結果、失敗の原因として、以下の結論に達した。

- ①バーンホールの大きさに対し、その周辺平行孔の最小抵抗線が小さく、かつ孔長が大きいと、強力な火薬では破碎岩による岩粉の排出が十分行われず、孔底近くでは焼結状態がおき、閉塞されて払孔に対する自由面の役を果たさなくなる。
- ②通常抱き合わせ芯抜のような装薬長率を適用すると、しばしば空発の状態となり、孔口が眼鏡状に残り、奥部の発破孔が排出されない。それ故、払孔の効果が制約される。

以上の実験の結果から、

1. 芯抜用の爆薬は静的効果が大きい（ガス圧の大きい）が、動的効果が小さい（破壊力の小さい）ものが適しており、低比重爆薬を使用する。
2. 装薬は孔口近くまで行うか、デッキチャージの形をとり、装薬密度を下げながら孔口近くまで装薬する。

B 鉱山では、2.2m×2.3m加背で実験において1発破3m近くの掘進長をとることは可能であった。しかし、実操業では、積込等のサイクルを考え、せん孔長を押さえた。これらの方法は初期投資もほとんどなく、せん孔、発破の信頼性の高い芯抜法であったので、操業に導入した。結果は以下の通りであった。

- (2)
- (3)
- (4)

CカットとVカットの能率比較

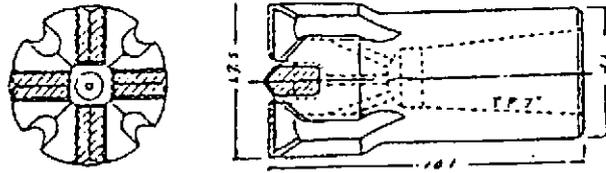
	I 坑 18L、20Lの例				H坑 24Lの例		
	掘進長 m/払	掘進長 m/工	爆薬 kg/m	雷管 ヶ/m	掘進長 m/払	爆薬 kg/m	雷管 ヶ/m
Cカット	1.83	0.46	10.0	16.4	1.40	14.5	26.7
Vカット	1.19	0.30	12.6	26.3	1.00	17.5	38.9
C/V	1.54	1.53	0.79	0.62	1.40	0.83	0.69

(注) C ; コロマントカット V ; V字カット

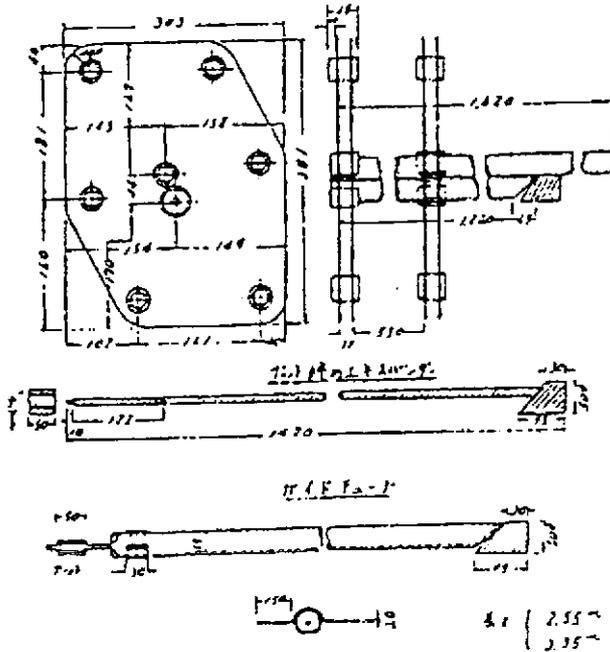
払 ; 発破 爆薬 ; C芯抜には新桂、V芯には新桐を使用

I坑の例 ; 加背 2.2×2.3m ASD-317 LD、ローダー積込み手押し運搬

H坑の例 ; 加背 2.2×2.3m TYF-145×2ジャンボ、太空、600型ローダー
バッテリーロコ使用



コロマントカット用ビット



治具 (穿孔型板等)



穿孔型板写真

コロマントカット用ビット、治具

No. 59

C、1996.9

(1) 塊状硫化鉱の粉鉱引火による火災

坑道支保の坑木枠の笠木や矢木上に、以前に塊状硫化鉱を掘進したときの硫化粉が薄く積もっていた。続いてせん孔発破したときに硫化粉に引火し、支保が延焼した。幸い岩盤が堅固であったため支保密度が粗く、無支保の部分もあったため、大きな坑内火災には至らなかった。硫化粉については着火することがあるので注意を要する。発生は硫黄鉱山で、pyriteが多く、硫黄分は50%近くあったのではないと思われる。硫黄分の高いpyrite、marcasite、pyrrhotiteの多い塊状鉱の掘削発破には、着火のことも念頭に置いておくべきである。岩塵爆発と同様、硫化粉の濃度（通気状況にも関係がある）や、粉のサイズにも関係があると思われるが、不明である。

- (2)
- (3)
- (4)

No. 60

C, 1996.9

(1) 酸欠ガス

① ラテライト鉱床中での酸欠

ニッケル探鉱のためラテライト層中、手掘りで立坑を掘り下げた。通常は14～15mの深度で風化帯に当たり、それ以上掘り下げることが困難であったが、局所的には30m以上も掘り下げ可能な部分があった。30m以上掘り下げ中の坑で作業員が頭痛を訴えたので、裸火を持って降りて行ったところ、30m付近で火が消えた。通気の関係か、ラテライト中に酸化されやすいものが含まれていたのか不明。酸欠は深部に行くにつれた徐々に進んだと思われる。(フィリピンP島)

② 気圧変動による高濃度酸欠ガスの突出

通気をとってない切羽で作業中、気象が高気圧から低気圧に変動し、岩盤割れ目から、高気圧中に封じ込められていた高濃度の酸欠ガスが噴出し、酸欠による重要災害が発生した。岩盤の割れ目内に酸素を消費しやすい鉱物が含んでいるとき、酸欠ガスが発生し、それが外部の気圧により平常は閉じこめられている。気圧が急変すると突出する危険性がある。凝灰岩中の脈状K鉱山にて発生。

③ 旧坑道による酸欠

江戸時代に手掘りで掘進した坑道を調査した。旧坑道には松明の燃え跡や腐食した坑木の一部が見られた。通洞から奥まった坑道であり、空気の流れは感知されなかった。坑道を深部に進むにつれ、ライターの火が小さくなり消えた。気流の動きのない旧坑には十分に注意を払わなければならない。福島県I鉱山。

(2)

(3)

(4)

No. 61

C, 1996.9

(1) 金鉱探鉱におけるサンプリングについて

① 金以外の金属鉱物はほとんど肉眼やルーペで観測される。しかし、金の場合は逆に肉眼やルーペで観測されないのが普通である。昔から、山師といわれる者に鉱区買山でごまかされることが多いのは金鉱床である。サンプル採取中に高品位の金鉱粉を煙草の中に入れ、その灰を落とされたり、手に着けてサンプルをさわられたりして、大きく品位が狂わされることがある。買山時の金鉱サンプルは昼夜厳重な監視をする必要がある。戦後も以上のような詐欺に会った例があり、今後海外においても金のサンプルには注意を払わなければならない。

② 金は自然金の微粒子の存在により、品位の変動が激しい場合が多い。金は展性があるため、鉱石を微粉碎しても、単体に分離が困難で、縮分するとどちらかの一方に入り、縮分サンプルの品位のバラツキが大きい。極端な例では、縮分の一方向はトン

当たりkg単位であるが、一方では0ということも起こりうる。鉱量評価には、サンプル数等統計的に十分な検討を要する。バリオグラムでも、無限に近接した点でも同品位にならず、これらをナゲット効果と称している。

- (2)
- (3)
- (4)

No. 62

C、1996.9

(1) 金属鉱山でのメタンの発生

石墨片岩中を切り上がり作業を実施していた。突然爆発を起こし、重大災害が発生した。ビットと岩石との間で衝撃時に火花が発生し、点火したのか、その原因は不明であるが、その後、S鉱山はガス指定鉱山となった。古生代の変成岩中に常識的にはメタンガスの発生はないと考えられていた。

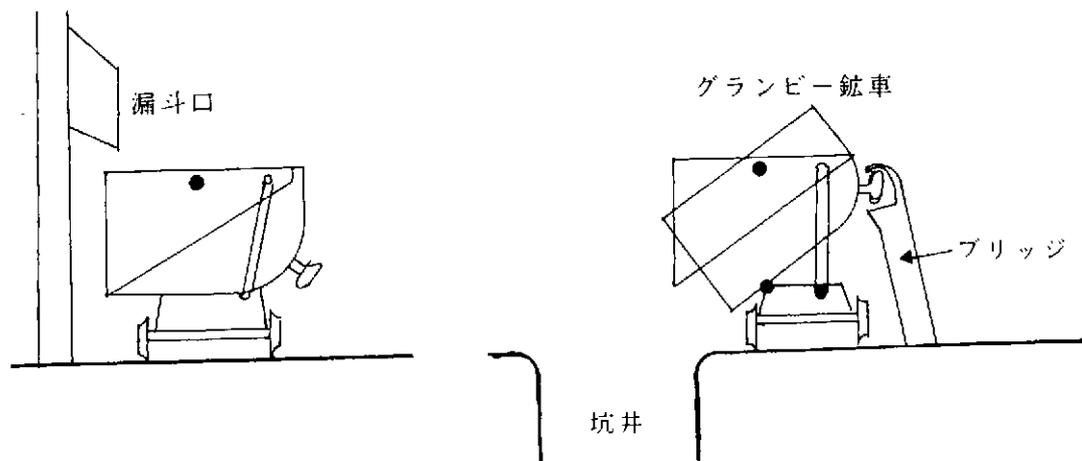
- (2)
- (3)
- (4)

No. 63

B、1997.1.21

(1) グランビー鉱車により鉱石（土砂）運搬する場合の積込漏斗及び投入坑井の位置関係について

(2) 同一レベルにおいては、積込漏斗は、鉱車の扉側に位置するように設ける。もしローラー側にあると鉱石（土砂）の積込時に、鉱石（土砂）の落下の衝撃により扉が開くことがある。また投入坑井は、漏斗と同じ側に開口させる。



- (3)
- (4)

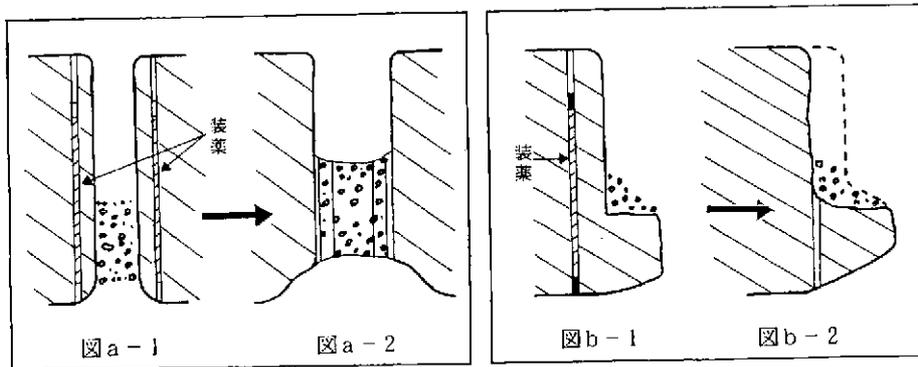
No. 64

B、1997.1.21

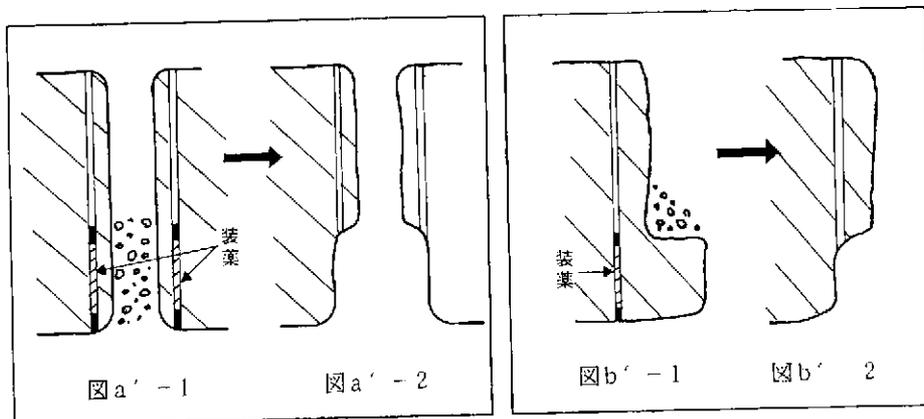
(1) Sublevel Stoppingの中段採掘時のスロット切上りを拡大する場合の留意事項

(2) スロット切上りの拡大の初期の段階で、しばしば破碎鉱石が図a-1のように宙づり状態に詰まることがある。この宙づり状態を開放するために普通追切孔を穿孔、発破するが、通常の追切発破は、よく図a-2のように上部が拡大するだけで宙づり状態を解放することができない場合がよくある。

また、ある程度拡大した後でも図b-1のように中段の下部が腰掛け状に残る場合がある。この場合も最小抵抗線を若干小さくして次の採鉱発破をかけることがよく行われるが、この場合も腰掛けが広がるだけで、腰掛けを落とすことができない場合がよくある。(図b-2)。



以上のような結果を防ぐためには、まず最初の追切発破では図a'、図b'のように装薬部分を決して破碎鉱石の詰った部分より上にならないようにすることが重要である。発破の破壊力は、常に抵抗の弱い部分に重点的に働く。



- (3)
- (4)

No. 65

B、1997.1.21

(1) 残留爆薬へのくり当て爆発災害を防止するには、スラリー爆薬およびAN-FO爆薬の使用が有効である。

残留爆薬に、さく岩機でくり当てた場合の爆薬種別の爆発率は、試験結果では次のとおりである。

カーリット	100%
杉ダイナマイト	22%
AN-FO	0% (ただし発煙する場合あり)
スラリー爆薬 (チタゲル)	0%

(2)

(3) 高多久明・南光宣和・小松 弘・七島喜久夫・水口 進：栃洞鉱におけるスラリー爆薬の現場試験：日本鉱業会誌 Vol. 92 (1976) No. 1058 pp. 244-250

南光宣和：栃洞鉱におけるスラリー爆薬の導入について：工業火薬 Vol. 38 (1977) pp. 121-130

(4)

No. 66

B、1998.1

(1) 盤圧の大きい個所の坑道の保坑には、支保とNATM工法を併用すると非常に有効である。

(2) 工法としては、通常の支保の枠間から2m前後の全面接着型ルーフボルトを坑道断面に放射状に適当本数打設する。

(3) 筆者の経験による。

(4)

No. 67

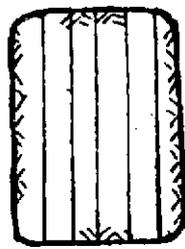
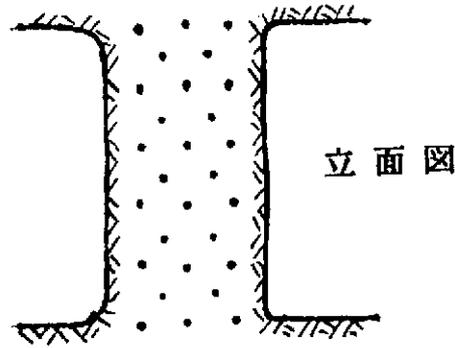
B、1998.1

(1) 荷重のかかっている垂直ピラーを外す時は、発破孔を a 図のように単純ではなく、b 図のように複雑に交さくさせなければならない。a 図の場合、中心部が柱状に残ることが多い。

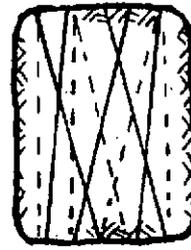
(2)

(3) 筆者の経験による。

(4)



平面図



No. 68

B、1998.1

- (1) 上部に充填物が乗っているなど荷重のかかっている水平鉦柱を回収する場合、サブレベル・ケーピング法によるのが一般的である。この場合、最初の採掘面を切り拡げる段階で、その周辺の水平鉦柱のかなりな範囲にわたって崩落することがあるので注意が必要である。
- (2) 周辺固定の平板の一部固定部分が解放されるので、強度が低下するためと思われる。
- (3)
- (4)

No. 69

B、1998.1

- (1) 坑井（鉦石、土砂）の中吊状態をもます（開放）時は、坑井内に溜水が無いことを確認してから行うことが重要である。坑井下部で、漏斗や積込機で積込む時も同様である。溜水の突出により重大災害を起す可能性がある。
- (2) 坑内鉦山や露天採石場などで多数例がある。
- (3)
- (4)

No. 70

B、1998.1

- (1) overhand cut & fillの採掘作業サイクルは、通常、削孔、発破、鉱石積込、ずり充填、削孔・・・・であるが、この場合、充填後の空間が狭いため、大型さく岩機の導入は困難であるが、岩盤が良ければ（支保が不要又は、ルーフボルトだけで可）、発破、鉱石積込、削孔、ずり充填、発破・・・・のサイクルに一部変えることにより、大型さく岩機の導入が可能となり、採掘能率の向上が計れる。
- (2)
- (3)
- (4) 発想の転換による。

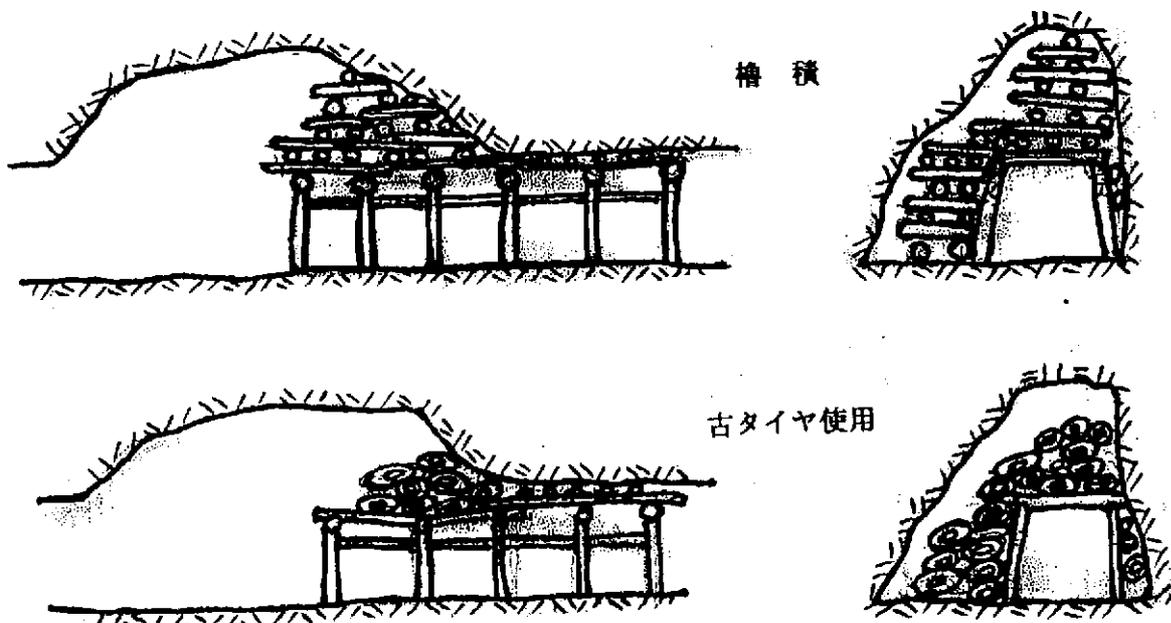
No. 71

C、1998.1

(1) 坑内坑道崩落拡大部の補修

軟弱岩盤帯や断層帯が高バレしたり、側壁部が大きく抜け落ちる場合がある。これらの部分を取明け補修されることが要求される。通常補修枠を設け、その上や側壁部には坑木で櫓を組んで岩盤を押さえる方法をとるが、これらの作業は極めて危険である。これらの櫓の代わりに支保の天井上に古タイヤを放り投げて空間を埋めたり、側壁部を詰める。完全に空間を詰め込まなくても、ゴムタイヤであるため、落石の衝撃はクッションでその力を吸収し、坑枠を保護することができる場合が多い。作業が安全で安価にできる。

- (2) T鉱山（福岡県）、H鉱山（福島県）等。
- (3)
- (4)



No. 72

C、1998.1

(1) 坑道掘進における発破後の浮石取り

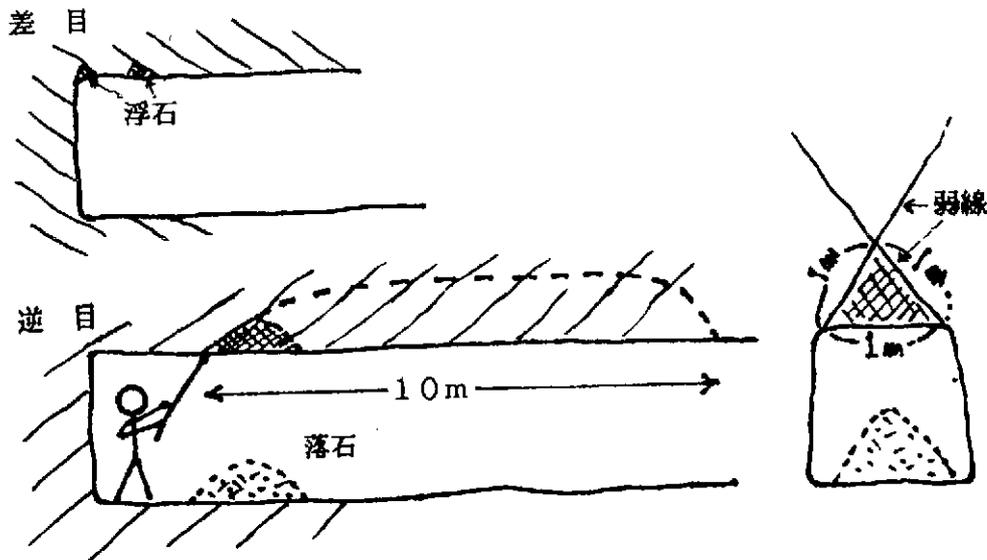
坑道掘進においては、各発破ごとに天盤側壁の浮石取りを行わねばならない。切羽の浮石は差目の方向で節理や断層が発達しているときは、小さな浮石があるだけでその作業は安全である。

しかし、逆目の場合は十分な注意が必要である。特に坑道内にピラミッドやプリズムを形成するような節理や断層等の弱線が発達しているときは大事故が発生する危険がある。弱線を十分に読んでおくこと、切羽で浮石落としのための天盤を小尖（スケール棒）で突いた瞬間、後方10mにわたり1m×1m×1mの浮石が落下したことがある。後方にいた係員に重大事故が起こるところであった。

(2) B鉱山（愛媛県）

(3)

(4)



No. 73

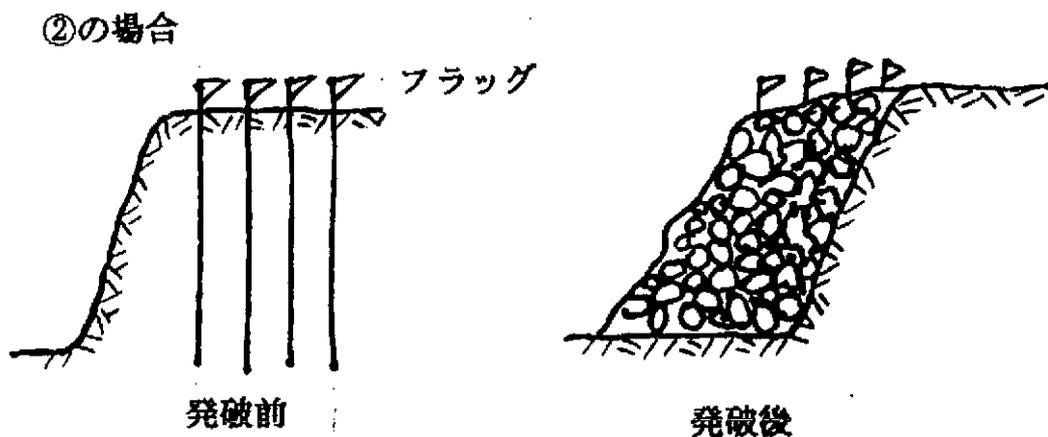
C、1998.1

(1) 露天掘りによる品位コントロール

鉱山において、切羽より搬出される岩石は通常、鉱石、マージナル鉱石、ズリの3種に分けられる。それらの品位分布は鉱量計算の段階で、各レベルごとに作成されている。しかし、これらの品位分布は、粗い間隔の探鉱ドリル結果から作成されたもので、操業段階で使用できない。操業段階では、No. 13に述べたような方法で、発破孔の穿孔線粉により品位を決定し、上記3つのカテゴリーに分けた。そのベンチにおける品位分布を明示する。現地では色分けテープやフラッグ等を各穿孔口に立て範囲を決定する。品位コントロールには、これらの分布範囲を2種類の発破方法によって行

う。品位分布の形態や採掘規模により、① 3つのカテゴリーに分けられた範囲をカテゴリー毎に個別に発破し、その都度岩石は搬出される。② 3つのカテゴリーの分布している範囲を同時に発破し、積込搬出の時に分類して行う。②のときは発破孔の装薬密度や発破順序等が重要であり、発破により破壊範囲の岩石が飛散せず、発破されたままで平行移動に近い移動をし、表面テープ（又はフラッグ）がそのまま移動して残っていることが要求される。

- (2)
- (3)
- (4)



No. 74

F、1998.1

(1) 岩石破碎時の電磁波放射による山はねの予測

(2) 岩石が破碎するとき電磁波が放射されることが、1933年Stepanovによって発見された。当時この現象はさほど注目されなかったが、基礎的な室内試験はその後ほそほそと続けられた。1970年代に入ると地震予知に関連して、この現象は注目を集めるようになった。特に日本と旧ソ連において多くの研究がおこなわれ、地震の前に電磁波がさかんに放射される場合のあることがわかってきた。また、何故電磁波が放射されるかを解明するための実験的、理論的研究も多くおこなわれたが、その結果、電磁波の放射は圧電現象とは趣を異にしており、亀裂の発生と密接な関係があることがわかった。この点で、電磁波放射はAE (Acoustic Emission) と似ており、実験室ではAEと同時に観測されることが多い。しかしながら、肝心の発生機構については未だ不明な点が多い。これまでの研究結果から、電磁波は応力の高い部分より多く放射されることがわかり、山はねの予知に適用可能であることがわかった。今後鉱山坑道、トンネル、地下空間の破壊予知にも応用できる可能性がある。

(3) V. Frid : Rockburst Hazard Forecast by Electromagnetic Radiation Excited by Rock Fracture, Rock Mechanics and Rock Engineering (1997) Vol. 30 No. 4 pp.

229-236

(4)

No. 75

B、1998.1

(1) 坑井の中吊状態をもます場合、一般には坑井下部からのもまし発破によるが、どうしてももめない場合、中吊りの個所が坑井上部から20～30m以内であれば、坑井内の鉱石（ずり）内に長孔削孔し、中吊個所まで貫通させ、ロッドの水孔にピアノ線を通し、坑井下部まで降し、ピアノ線下部端に爆薬を取りつけ、中吊りの個所まで引き上げ、発破してもますことができる。

(2)

(3) 筆者の経験によれば、坑井内の鉱石中の削孔は案外容易であった。

(4)