化が著しいため粗鉱品位維持のため必然的に切羽が分散する傾向にある。これらを反映して切羽の集約や運搬系統の簡素化を問題としている鉱山が多い。この対策としては採掘工程の向上を計り単一切羽からの出鉱量を増加することにつぎるが、このことはいいふるされてすでに長く、鉱脈鉱山にとってその実現がいかにむずかしいかを物語っている。以下今後開発すべき方向について私見を述べると、岩盤の比較的堅硬な広幅鉱脈に対してはすでに対州、鴻之舞、豊羽等で試験されているサブレベル・ストーピング法は今後保安面からも推進する余地があり、採掘準備節減のためベンチの選定とガマの多い鉱脈中の長孔穿孔発破の研究が必要であろう。

次に脈傾に変化の少ない高品位極細脈についてはかつて足尾で試験され、今回鐘打からも提案されている大口径さく孔による繰粉採取法も有効であり、また傾斜一定の粘土質軟質鉱脈には切削採掘も開発の余地がある。

低品位鉱や残鉱に対する遺利回収法としては酸性水によるリーチングも今後普及すると思われるが、有効な浸透方法すなわち鉱脈の細砕方法は今後の研究課題である。

日本における

層状鉱床の採掘

Mining of Bedded Deposits in Japan

正 会 員 天 野 勲 三*

Kunzō AMANO

層状鉱床の採掘法は第1表に示すように鉱床条件によって種々の採掘法が採用されているが、一般的な傾向としては、急傾斜で脈幅の厚い鉱床条件の鉱山では充填式水平段欠採掘法が、また緩傾斜で薄層の鉱床条件の鉱山ではバーチカルスライス法が採用されている。その他上向階段掘、地並掘、残柱式下向採掘法、シールド枠採掘法などを採用している鉱山もある。

充填式水平段欠採掘法

層状鉱床の鉱山ではこの採掘法がもつとも広く採用されている。母岩および鉱床が比較的堅硬な切羽では上向水平段欠法が、また周囲の岩盤がもろく落盤浮石の懸念がある切羽では下向水平段欠法が採用されている。下向段欠法は上向段欠法に比し、保安上の問題および跡前に鉱石が残らないなどの点では有利であるが、坑木、爆薬

以上は比較的特殊な場合で、わが国脈状鉱床の大部分を占める脈幅1m以下の高品位でない鉱脈の採掘については、大型機械の切羽内導入にも自ら制約があり、穿孔発破、支保ないし浮石外し、鉱石掻出しを繰返す従来の方法では大幅な工程向上を期待することはむずかしい。かつて試験された長孔発破採掘も採掘準備に手間がかかるわりに鉱量が少なく、折角さく孔した長孔が鉱脈からはずれて発破に失敗する等成功をみずに終わっているが、AN-FOの普及した今日、大江、鐘打両山からの半長孔発破採掘の提案も含めてもう一度とりあげてみる必要がある。坑道地並からの大型さく岩機による長孔発破に成功すれば下盤切替からの大型機械による積み込みも可能であり、また上盤の崩落しやすい切羽には上下坑道間の上盤を一定間隔で長孔により結び、これにワイヤ・ロープを通して緊ていする方法も開発されよう。

最後に現在の坑内作業全般を反省すると、諸外国や他産業に比べて就業時間と切羽実働時間に大幅な差が認められるので、今後作業環境の改善と切羽往復時間の短縮のために設備投資を行ない、切羽実働時間の延長を計る余地はありそうである。

の使用量が多少増加する点、緩傾斜、細脈、不規則鉱体にはむかないなどの欠点がある。

採掘区画は鉱床の条件、切羽運搬機の種類などによって異なるが、上下間隔25~40m、鉱体延長方向30~60mを1採掘区画としている鉱山が多く、適宜の位置に上下連絡の掘上りを開さくし人道および鉱石坑井の枠を上げてスライム充填をしている。最近鉱石坑井に直径1m前後の鉄製シュートを使用する傾向が多いようである。

穿孔は一般にエアーレッグ方式のさく岩機が使用され1.0~1.8mの孔深の孔が水平方向にさく岩され、発破にはAN-FOの使用が増加しつつある。

切羽支柱は岩盤の堅硬な一部の鉱山を除き木支柱が施されているが、日立鉱山では坑木の代替支保材として鉄柱を使用している。

切羽での積込方法は手積、10~20HP電動スラッシャ、バケットあるいはタイヤローダなどで行なっており、機

* 本会採鉱専門委員、住友金属鉱山株式会社鉱山部

第1表 層状鉱床の採掘法一覽表

鉱山名	出鉱量 (t/月)	出鉱品位(%)			生産性(t/月人)		採掘方法	鉱床条件		
		Cu	S	Zn	坑内	全山		脈幅(m)	傾斜(°)	母岩の性状
下川 之峰 河別	22,248	2.52	25.16	—	53.4	31.6	充填式水平段欠法	5~30	50~70	上盤、鉱体軟弱
	50,972	1.16	17.52	0.54	50.4	36.8	ク	2~4	70	比較的軟弱
	12,429	1.26	9.33	—	60.0	30.5	ク	3.5	45~70	層状剝離性
	7,022	0.62	14.52	1.15	64.4	36.4	ク	4	45	節理面発達
	4,968	0.93	18.61	—	51.7	24.6	バーチカルスライス	0.5	20~30	剝離性に富む
	24,349	0.50	16.85	0.82	109.0	55.0	残柱式下向採掘	5	5~30	比較的堅固
山子	46,578	1.04	8.35	—	47.0	35.0	シールド枠採掘	2.5	40~70	比較的軟弱
							バーチカルスライス	0.5	25	
佐々連	18,846	1.41	16.43	—	69.0	36.0	充填式上向階段	0.3~4	45	比較的堅硬
							バーチカルスライス	—	—	
白久瀧	10,832	1.09	15.69	0.19	43.0	23.0	上向段欠法	0.36	20~30	富鉱部の賦存が不規則
	3,841	1.48	—	—	27.4	18.4	地並私上向階段	—	—	
田老	22,267	0.29	17.90	5.85	62.0	39.0	充填式水平段欠法	7	60	上下盤軟弱
				Pb 2.09						
野田玉川	3,073	—	—	Mn 33	31.4	16.9	充填式上向水平段欠法	1~2	75~85	
	1,647	0.78	—	WO ₃ 0.71	60.2	27.8	地並私、中段採掘	—	30~40	

(注) 生産量および生産性は41年度実績

械積込による出鉱比率が増加している。

充填はほとんどの鉱山で選鉱廃石を分級したサンドスライム充填が実施されているが、一部の鉱山では探鉱ズリを充填材として使用しているところもある。下川鉱山では探鉱ズリを粗砕して水力充填を実施している。

生産性は鉱山の生産規模、鉱床条件などによって異なるが坑内人員1人1ヵ月あたり50~60t、全山1人1ヵ月あたり30~40t程度である。

バーチカルスライス法

緩急斜、薄層の鉱山で採用されており、傾斜方向に30~50mの切羽面をとり、エヤーレグ方式のさく岩機で水平方向に重ねくりを行ない、破碎された鉱石はスラッシュにより傾斜方向に搔下される。切羽支柱は坑木打柱のほか、ルーフボルトを使用している鉱山もあり、採掘跡は実木積またはズリ充填を実施している。

別子鉱山筏津坑ではこの採掘法の一変形と見られる半長壁式鉄柱採掘を採用し切羽の集約大型化に努めている。

すなわち、バーチカルスライス法の坑木打柱のかわりに水圧鉄柱を傾斜方向に0.5m、走向方向に2.0~2.5m間隔に2列に立柱し、切羽面が2.0~2.5m進行すると後列の鉄柱を移動して跡バラシを行なっている。

その他の採掘法

河山鉱山では鉱床の規模が大きく母岩が比較的堅固であるので残柱式無充填下向採掘法が採用されており、また残柱式採掘法の欠点である採掘実収率の低下を補うため、選鉱廃石から分級されたサンドに10%のセメントを加えたセメントモルタルを充填し、残柱の二次採掘を行なっている。

別子鉱山では切羽の深部移行にともなう盤圧の増大、切羽温度の上昇に対処するためシールド枠採掘法の試験を実施し操業化につとめている。この採掘法は採掘区画

の上部に鑢押坑道を開さくし、垂直60m下の坑道と鑢押切上りで結び、上部鑢押坑道にシールド枠を設置し下向きに穿孔発破を行ない、切羽の進行にしたがつてパワーユニットの操作によりシールド枠を下降建付して、採掘跡は自然崩落させる方法である。試験段階では枠間から落石防止が最大の問題点であつたが、これは枠と枠を6mm径のワイヤロープで網状に結ぶことにより解決した。

その後、岩盤不良な切羽では鉱石シュートの保持が困難であることがわかつたので、レイズボラを導入し直径1m前後の円形シュートを開さくする計画をたてている。

問題点および将来の計画

層状鉱床は一般に平行脈の存在がすくなく、また走向延長方向よりも鉱床落し方向への連続性が大であるため、採掘切羽が深部に移行する速度が速い。切羽が深部に移行すると、盤圧の増大、切羽温度の上昇、運搬コストの増加、実働時間の短縮などの問題がおこってくる。たとえば別子鉱山では地表下2,000mの26番坑道で山鳴り現象が現われており、また岩盤温度も次第に上昇して最下底部の32番坑道では54℃に達している。

盤圧の増大に対処するためにはまず盤圧理論の解明が必要であり、それによつて山鳴り現象の発生機構も明らかとなり、これによつて予知、防止対策などの手掛りが得られるであろう。坑内温度の低下のためには通気量の増大、安価な坑内冷却装置の開発、切羽の集約化などが必要となるであろう。また運搬コストの増大、実働時間の低下などに対処するためには、坑内構造の合理化、斜・立坑巻上速度および電車運行速度のスピード化などが必要となるであろう。

若手労働者の確保、坑内作業員の老令化の問題は年を追うにしたがつてますます深刻化するものと思われる。これが問題解決のためには坑内作業環境の改善、坑内作

業の機械化、自動化などの必要性がより一層増大するものと思われる。

坑木価格も引続き高騰するものと思われるので、支保材の鉄化、コンクリート化の推進も必要となるであろう。

日本における

塊状鉱床の採掘

Mining of Massive-ore Deposits in Japan

正 会 員 奥 平 浩*

Hiroshi OKUDAIRA

1. 序

わが国の塊状鉱床として分類されている鉱床には、接触交代鉱床に属する赤金鉱山の磁硫鉄鉱、磁鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱を主体とする鉱床、大峰鉱山の黄銅鉱を主とする鉱床、釜石鉱山の磁鉄鉱、黄銅鉱鉱床、都茂鉱山の黄銅鉱、閃亜鉛鉱鉱床、神岡、中竜両鉱山の閃亜鉛鉱、方鉛鉱鉱床、秩父鉱山の磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱を主成分とする鉱床、熱水性交代鉱床に属する赤谷鉱山の雲母鉄鉱（赤鉄鉱を主とし、少量の菱鉄鉱、磁鉄鉱を伴う）、黄銅鉱を主成分とする鉱床、柵原鉱山の磁硫鉄鉱、含銅硫化鉄鉱を主成分とする鉱床、虻田鉱山の硫化鉄鉱床、徳舜瞥、松尾、吾妻の硫黄鉄床等がある。

これらの鉱山で行なわれている採掘法は、それぞれの鉱山の鉱床の規模、鉱石および上下盤の性状等の稼行条件に応じて、サブレベル・ストーピング、サブレベル・ケーピング、シュリンケージ、カットアンドフィル、無充填地並払等、多岐にわたり、各鉱山の特徴を生じた設計がなされている。

各鉱山の埋蔵鉱量には大きな相違がある。鉱山の埋蔵鉱量は人力の及ばざる天与のものであり、決して無限のものではない。経済的に、安全に、しかも有限の鉱量の中からできるだけ多くの有用金属量を選鉱場に供給することが、採鉱関係業務にたずさわるものの使命である。

採掘によつて発生する空洞の大きさは、周囲の岩石または鉱石の強度に充分耐えうる範囲内でなければならず、上下盤および鉱石の強度がさして堅牢でなく、採掘中に発生する空洞を保持し得ない場合には、充填（採掘鉱石の切羽内への一時的な充填を含む）を伴う採掘法が採用されている。

採掘によつて発生する空洞が自立できる場合でも、周囲岩石または鉱石の強度に応じてその拡大しうる範囲には自ら限界がある筈であり、一定間隔に一定大きさの鉄

柱を残すことが必要になる。而してこの鉄柱の大きさ、間隔は鉱石、岩盤自体の強度の他、2次採掘を実施するか否かにも左右される。

以上のいかなる方法をとるにせよ、採掘空間、採掘幅と鉱柱幅の決定が経済性、保安上に果す役割は大きい。

このため岩石の強度に関する研究、検討の必要性が認識され現場においては光弾性を応用した応力の測定装置、ストレン・ゲージ等による応力の測定、解析がなされている他、地山内に掘さくしたボーリング孔から採取したコアを使つての基礎試験がなされ、採掘区画、採掘幅と鉱柱幅の決定の指針とされている。

2. 最近の新しい傾向について

生産コストは、生産活動に必要な工数、各物品等の各必要要素の原単位と単価の相乗積で表わされる。したがつてこれら原単位の引下げと単価の安い資材への切替によるコストダウンに、各鉱山とも懸命な努力を続けている。

塊状鉱床における採鉱関係各単位作業について、その主なものをあげると次のとおりである。

2.1 採 掘

a) **AN-FO** の使用: 多少の原単位の上昇は避けられないが、低価格のため大幅な爆薬費の節減になり、採掘費のコストダウンに大きく貢献している。

粉状で大量処理が可能であることも、大型装填機の使用、運搬機と装填機をかねたタンク車の導入を可能にし、装填能率の向上に役立っている。

b) **さく岩機の大形化**: 独立した回転機構を備えた大型ドリフター、回転はライフル・バーで駆動されるが、回転力を強力にした強力回転型ドリフター、各種操作装置を集約した大型さく岩機2台を乗架したリグ等を使つた1マン・2ドリル方式の採用、クローラーまたはワゴンに登載された大型さく岩機の使用による機動力の増大等によつて、穿孔能率は飛躍的に増大している。

* 本会採鉱専門委員、日鉄鉱業株式会社採鉱部