住友赤平礦における 深部開発について*

(昭和38年度渡辺賞牌受賞)

正 会 員 上 村 敏 夫**

On the Development of Rationalization for Exploiting its Deep Area in Sumitomo Akabira Coal Mine

Toshio UEMURA

Due to its natural conditions the original exploiting features in Akabira Coal Mine were as follows.

1. Combination of shaft and belt conveyor.
2. Expansion of adjacent area by means of blind inclined shaft system.
3. Origination of special car-coupler which can be used for both shaft and inclined shaft.

Besides, many preceding technical rationalization and adoption of the new calculating method of standard amount of labour. Now, we have fully accomplished the rationalization of operation. The present capacity of production is 2,000,000 tons/year and its efficiency is 60 tons/head/month.

緒 言

日本の炭鉱はおのこの独自の特色を持つてゐる。特に当住友赤平礦は固有な自然条件と歴史を持つてゐる。したがつてその新しい区域である深部を展開するに当つても、従来の公式的なやり方でなく独創が必要であつた。揚炭ばかりでなくすべての部分をバランスを取りつつ大量出炭させるためには当鉱なりのものが必要であつた。それは新しい開坑法である。以下それについて述べる。

1. 立坑と斜坑の組合せによる深部展開

1-1 概 述

赤平礦の深部展開の特色は、従来の「大陸式開坑法」すなわち「縦と水平」による骨組構造から脱却して(i)立坑と斜坑を併用した点にある。すなわち中央巻上げ立坑と中央ベルト斜坑を併用する他にメインの材料巻斜坑を温存すると共に(ii)レフィヤーの展開は盲立坑によらず盲斜坑によつた点が従来の行き方と根本的に異なる。

当鉱の場合その特色は次のように要約できる。

- i) 中央立坑はケージとスキップの併置を避けてオールケージとした。
- ii) 巻能力の不足は、従来あつたスキップ斜坑をベルト斜坑によることにより補つた。
- iii) 材料巻の斜坑として従来あつた斜坑を温存すると同時に、レフィヤー展開は盲立坑を排して盲斜坑によつた。
- iv) この場合最大の問題となる炭車の連結装置を、立

坑にも斜坑にも適するよう改造した。

1.2 「深部展開」の意味

赤平礦の従来の坑内断面図を概念的に示すと第1図のようになる。稼行に耐える0.6m以上の炭層は23枚で、平均山丈2.15m、約18km²の鉱区内にある炭量は-1,200mまで推定され、JISの算定法で約4億tである。従来は第1図のように大部分は-350L上にあり、一斜坑だけが-350~-550Lを稼行していた。この区域は約10年前に合併した上歌志内鉱である。

さて、-350L上の炭量が少なくなつたこと、またこれから拡大生産するために新しいレフィヤーを作るために、-350L以下への展開が必要になつてきた。-350~-550Lの垂直200m間をわれわれは「深部」と呼び、昭和24年に深部開発委員会がすでに発足し、この区域の合理的開発計画の作成に当つた。

当鉱自体で行なつた計算によると経済的実収炭量が-550L以上に37,000,000tあり、将来200万t/年として20年近い寿命であることを考えて、この-550Lを最初の「深部」の底に決めたのである。

この垂直200m間を盲斜坑によつてレフィヤー展開する。その最終方針決定をみたのは昭和33年、中央立坑の完成は昭和38年3月、中央ベルト斜坑の完成は昭和38年9月である。

1.3 ケージ、スキップの併置を避けてオールケージにした理由

(1) 中央立坑設備概要：中央立坑の概要を第2図(b)および第3図に示す。

複式ケーベ巻とし、1組は-350Lに、他の1組は-550Lに合つてゐる。

* 昭和39年4月24日受理

** 住友石炭鉱業株式会社取締役赤平鉱業所長兼北海道技術研究所副所長

槽はH型の槽を採用した。最近の技術である多綱式を採用したかったが、4本ロープは槽上シーブの関係で、塔上機となる。われわれは地震を警戒して塔を嫌い、2本ロープにした。H型にしないでA型にするとロープの坑外部分の振れが激しく互いに触れ合うためH型にしたのである。その他巻上機関係の諸元をまとめると第1表のようになる。

(2) オールケージにした理由：主な理由は次の3点である。

a. 坑外よりの充填ズリ搬入, b. 炭種別揚炭, c. 人員昇降の迅速化

a. 坑外よりの充填ズリ搬入の問題

当鉱の場合将来共払出炭の約60%は充填を要する急傾斜坑より出る。

年産200万tに見合う充填所要ズリは1,700車/日である(1車は2m³)。仮に掘進ズリ800車/日 見込んでも、約900車/日の水洗ズリを坑外より搬入する必要がある。

当鉱のように多量のズリを搬入するためには、ケージが間違いないという結論であつた。

スキップと併置したケージは第2図(b)に見るように、下のレベルと坑口に合わせられ、上のレベル——これがズリ搬入のレベルであるが——には片ケージとしてしか止まらない。

したがってこのケージは多量のズリを搬入する能力はない。上のレベルに合つたケージ、したがってオールケージが必要であつた。

b. 炭種別揚炭

当鉱では70%以上の原料炭と約30%の一般炭を産出する。原料炭の商品炭は6.5%の低灰分を保証品位として要求されるから原炭は従来、原料炭、一般炭原炭の2つに分けて洗炭してきた。将来のことを考え、更に低灰分のものを分けて3色洗炭も可能にしておきたかった。

スキップによつて炭種別揚炭することは不可能でないかもしれない。坑底にポケットをいくつか持ち時間別に揚げればよい。しかし、これはそうでなくとも複雑なスキップの坑底設備をさらに複雑にするし、坑底の炭車操作を合わせ考えると実際のなかつた。

c. 人員昇降の迅速化

第1図 地質断面図

1.3 で述べたように、ケージ、スキップの併置案では(第2図b)ケージは上段レベルに片ケージとしてしか止らないから、入昇坑時間にひまがかかる。これでは立坑の妙味が失なわれる訳である。

—350Lの坑底まで、斜坑人車では片道10分要したものが立坑では1分足らずですむのである。

1.4 ベルト斜坑

中央立坑は昭和38年3月より、斜坑ベルトは昭和38年9月より操業を開始した。

第4図で見るように従来はコース巻6、スキップ1であつた。各3交代操業をやつて年産換算コース巻は800,000t/年、スキップは640,000t/年、合計1,440,000t/年で

第1表 巻上機諸元

型 式	2本索ケーベグランドマシン シーブ径 5.5m
巻上速度	12m/s
駆動電動機	1,600kW直流 41.7rpm
直流交換設備	1,800kW電動発電機 600rpm
ロープ	メンロープ 直径 50mm 2本 テールロープ 幅 140mm 厚さ27.4mm 2本 (フラットアンドストランドロープ)
巻上能力	-350L側 150車 } ×1.25精炭t/車=350t/h -550L側 130車 } (2方操業 年間140万t)

第2図a ケージケージシステム 第2図b ケージスキップシステム
(赤平炭鉱) (奔別炭鉱)

第 2 表

	長	さ	1本当 (sec)		長	さ	1本当 (sec)
積	10 尺		90	荷	10 尺		30
	12 尺		110		12 尺		30
	15 尺		180		15 尺		50
	10m レール		180		10m レール		180
	5.5m パイプ、鉄棒		180		5.5m パイプ、鉄棒		50
込				卸

第3図 中央立坑断面配置図

第4図 37年下期運搬概念図（立坑完成前）

第5図 38年下期運搬概念図（立坑、ベルト斜坑完成後）

あり、この数多い巻上機を集約して坑内外の合理化を計る必要があつた。

立坑巻上能力は1,400,000t/年であるから揚炭を集約するためにその能力不足を補う必要があつた。たまたま1坑のスキップ斜坑は総コンクリートライニングの半永久坑道であつたのでこのスキップをベルトに切り替えた。ベルトの能力は1,400,000t/年であるから現在の巻揚能力は2方操業で2,800,000t/年（精炭）ある訳である（第5図参照）。このベルトはナイロン製ハイトンションベルトであつて、1,590m1段である点に特徴がある。なお、仕様を第6図に示す。

1.5 材料巻斜坑と盲斜坑——骨組構造

(1) 長材搬入の問題：当鉱は0.6m以上の炭層23枚の平均山丈が2.15mで厚層が多い。しかも払面断層があるため長材の使用が多い。10尺以上の比率は石数でいうと35%に及ぶ。これを本数でいうと600本/日になる。これがケージに入らない。

また、当鉱は比較的掘進の延が多い。現在、将来とも沿層、岩石合わせて120m/日を下らないであろう。そのために回収して坑外に出さず再び使つても次の作業に用する資材は搬入を要しよう。

10mレール12本/日、5mパイプ20本/日、鉄棒60枚/日、これらの長材を立坑で運ぶ場合は5m以内は普通坑口でケージの屋根をはねて1本1本ケージの中に積み込みロープにしばつて降す。坑底でまた、1本1本おろして台車に積み換える。10mレールはケージの下にワイヤで1本1本吊す。そして立坑内に垂らし、テールロープに結んでおろす。坑底でまた、1本1本同じ操作をしなくてはならない。レフィヤの盲立坑の場合は中段におろさんするとまた同じことを繰り返さねばならない。しかも当鉱では中段の掘進が案外多いのである。このことを実際試験してみると第2表のようになる。これは炭車に積んだものを7m離れたケージ（横型）に3人で積み込む。また荷卸した場合のタイムスタデーである。

このデータから10尺以上600本/日のみを積卸す場合、ケーベ巻の時は荷卸時間は積込時間内であるので、これを除き平均所要時間を100sec/

本とすると、16hr/日を要することとなる。これよりみても上述の長材の数量はとても3番方、公休ではさばき切れない。しかも立坑は3番方は補修点検のためできるだけ空けておくべきである。

たまたま1坑本卸は(第4図)非常に維持の容易な斜坑であつた。枠内断面13m²鉄枠斜坑で16°の傾斜、長さ1,700m、急傾斜の岩層に対して逆盤に掘つたものであるが、湧水が全然なく長年の間ほとんど手の掛らない斜坑である(当鉱は水がなく維持は一般に容易である)。そこで、これを利用して長材を搬入することにした。

このことは必然的に盲立坑を排して盲斜坑にせよとの要求を生んだ。坑口で積んだ長材は従来と同じように積んだまま坑底に下る。そしてそのまま盲斜坑を通つて切羽に至る。

(2) 中段レベルのズリ資材の搬出入: 盲立坑は普通物を大量に運ぶのには極めて不便である。したがつて石炭はスパイラルシュートで下に落すのが通例である。当鉱の場合は中段レベルの出ズリが案外多い。これは充填能率を上げるため、また自然発火防止対策のため、必ずクラッシュヤのあるレベルまで上げて破砕しなくてはならない。充填ズリは逆に搬入することになる。クラッシュヤが下のレベルにあるとどうしても中段まで巻き上げなくてはならない。ズリの他、自然発火対策上の岩粉等資材を中段に搬入する場合が案外多いからこれらのために盲斜坑は大変有利である。盲立坑に運搬能力を持たせることは、いたずらに設備を過大にするばかりである。

1.6 立坑、斜坑兼用炭車連結装置の考案

立坑と斜坑を併用する場合、一番問題になるのは炭車である。さらに精しくいうならば、炭車の連結装置である。斜坑専用炭車の連結装置の特色は、

i) 斜坑を列車で巻くからリンクはそれだけの強度を持つたものでなくてはならない。ii) 突き上げがないためにバッファは細長い。iii) 片側はピンを備え、反対側はリンクを備える、いわゆる「雌雄」があるため「逆ドロ」を極度に警戒しなくては行けない。

これに反し、立坑用炭車の連結装置は

i) 坑底でループ坑道を循環させるから雌雄のあるのは行けない。ii) 幅狭く長いものはプッシャーで押込む際突き上げを行なつてうまく入らない。短かく厚い幅のものがよい。iii) 1車1車連結、切離しを行なうのだから、その容易なものでなくては行けない。

この両者の要求を満たすものを検討すること2年近く、結局豊平式TS型車両連結器に結論を得た。

これは第7図に示すように、連結器本体(1)、差しピン(2)、補助ピン(3)、操作ハンドル(4)、スタットリ

$$T_1 = 42.7 \text{ t}, T_2 = 21 \text{ t}, T_3 = 11.3 \text{ t}$$

項 目	仕 様
搬入量	500t/h
傾斜度	1,590m・16°
ベルト幅	1,050mm
速度	150m/min
電動機	350kW×3台=1,020kW(巻線型)
最大ベルト張力	43t
使用ベルト	1,050mm×6P×表面6裏面4.2ゴムカバー 難燃性コンベヤーベルト 保証破断力 700kg/cm・P 試験破断力 740kg/cm・P
ベルト安全装置	保証破断力 10.25, 試験破断力 10.88 斜面台車重錘式
ベークアップ装置	1.2m, 1.5m, 1.8m, 2.0m,
キャリヤビッチ	3.0m
リターンローラビッチ	キャリヤおよびリターンとも 150mごとに
蛇行	リミットスイッチ取付

第6図a 水平坑斜坑ベルトコンベヤ設備概要

第6図b ナイロンベルト断面図

ンク(5) からなつてゐる。連結を切つた状態では操作ハンドル(4)を横倒しするとスタットリンクは連結器本体の内部に入り込んで格納された状態になる。連結するには相手連結器(1')に接近させてから操作ハンドル(4)を垂直にまで回転させると(1')の口の中に押込むから、次に相手側の差しピン(2')を差し込めば連結は完了する。補助ピン(3)は直立した状態では差しピン同様スタットリンクの引張力を受ける働きをするから差しピン(2)は引き上げたままの姿勢で置かれる。

この連結装置の考案は当鉱の開発計画を容易にするための最も大きな役割を果たした。

2. 深部開発計画を有効にした合理化

2.1 概 述

前章で当鉱深部展開の特色を述べたが、これを生かすためにはそれに連なる諸要素がバランスを取って合理化されていなければならない。どんな立派な立坑やベルト斜坑を作ってもこれだけでは高能率化は期せられない。どんなよい骨組構造を持ってもそれに連なる切羽力があるか、獲得炭量は十分かというような全体のバランスを取った合理化が必要であろう。

2.2 従来生産を阻害してきた自然条件とその克服

当鉱は炭量、炭質に恵まれ、坑内湧水が少なく坑道維持が容易であるという利点を持っているが、反面悪い要素があつた。それは断層とガスと自然発火である。この克服が増産への第1段階であつた。

(1) 断層：当鉱にはほぼ南北に走る落差 200mに及ぶ大きな 4 本の断層と派生した無数の大小の断層がある。このために従来採炭が遅れ、まとまった炭量の獲得が困難であつた。また、採炭切羽は走向が長く続かず、寿命が短かく、切羽作りに追われた。また断層は切羽の「やま」を悪くし、無炭区域を生ぜしめ、機械化を阻んだ。

これを克服する要点の第1は岩石掘進の能率向上、安定炭量の獲得であつた。これは後述するように成功した。それと併せて坑内の P.6、P.4 というような手軽なボーリング機械を普及させ、石層調査班を設置して地質精査、石層の対比を行なわせた。当鉱が今日のように大量出炭できるようになった陰にはこれらの成果がひそんでいる。

(2) ガス：当鉱のガス湧出量は $300\text{m}^3/\text{min}$ 、出炭 t 当り 100m^3 におよび、これが従来坑内の電化、機械化を阻んできた。また、このために長い間石炭に発破を掛けることを禁じてきた。

この悩みを解放したものは通気系統の確立と共に、ガス抜き輝かしい成功である（第8図参照）。当鉱のガス抜き法は採掘の擾乱を利用して採掘層の上下未採掘層から抜くのが主であつたが、最近になって坑道密閉法、あらかじめ地山より抜く方法等を行なうようになった。

これにより炭層の発破、切羽電化、機械化が可能になった。吸出量は昭和38年末現在 $100\text{m}^3/\text{min}$ 純メタンであつて、6,000kWの自家発電設備を設置し、39年1月以降運転を開始した。

(3) 自然発火：昭和7年以降、当鉱は33回の自然発火を経験した。1件当りの放棄炭量は3万t、放棄坑道は1件当り1,200mに及んだ。その被害は大きく、その対策の成否は直接当鉱の発展を左右するほどの要因であつた。しかしここ10年来払跡よりの自然発火は跡を絶つた。その対策は次のようである。

i) 充填ズリとしては全部クラッシャ・ズリかまたは水洗ズリを使用する。このため各レフィヤーに1ヵ所ずつ全坑で5ヵ所クラッシャを坑内に設置してある。ク

豊平式連結器の断面図

従来のセンターバップアーと連結した状況

豊平式連結器のスタットリンクを出した状態

豊平式連結器の連結状況

第7図 立坑、斜坑両用炭車連結図

第8図 ガス抜き量、ガス湧出量と出炭の関係

ラッシャ・ズリには粉分が、水洗ズリには粘土分が多量に含まれているし、ズリそのもののサイズも細かいから採内の自然発火防止に有効であった。

ii) 4~10mの厚層採炭法は興味ある変遷を経た。すなわち、4mの厚層を長尺材を用いて扱う1段採、ストライキ向に扱う水平分層——これは空気充填機を用いて充填しながら下から掘り昇った——、下炭先行傾斜分層、そして現在行なっている上炭先行のスライシング法に落ち着いた。そしてこれで厚層も「完全採掘」ができるようになった。

iii) 現在問題なのは坑道冠炭の亀裂に生ずる自然発火とガス抜きボアホールから短絡する場合の自然発火とであるが、これはCO検知器による「監視の徹底」によって未然に防いでいる。

2.3 総合的通気系統の確立

立坑完成後の増産に備えて昭和37年8月に通気の改革を行なった。従来当硯は2坑を除く4つのレフィヤーは3台の扇風機によって連合運転が行なわれていた。これを中央に位する南総排気立坑に公称出力940HPのプロペラファン2台を並列につけて排気とし、外郭の4つの斜坑と3つの立坑を全部入気とする方法であった。

このため排気立坑への貫通口は-200Lおよび-345L2ヵ所であったが、-250Lおよび-370Lをも貫通させて各レフィヤーの通気区画を明確にした。通気変更の直前、直後と比較すると第2表のようになる。

風量27%増に対し、その3乗に比例すべき原動機入力には23%しか増していないのは通気の総合による等積孔の増大および機械効率の上昇によるものである。なお現在まで翼ピッチ6段で運転しているが、さらに負圧を上げ25,000m³/minまでこのままの態勢で増風が可能である。

2.4 岩石掘進の成功

i) 従来1つのさく岩機に2人ついて2台使用していたものを、サポータ付きさく岩機を使用「ワンマンドリル」とし、3~4台一度に使用した。

第9図 岩石掘進推移

第3表 通気変更前後の諸元

	変 更 前				変 更 後		備 考
	南排気立坑	1坑連卸	3坑主扇	合計	南総排気主扇		
風 量 m ³ /min	3,200	3,256	2,522	18,970	21,387		27%増
負 圧 mm	148	108	163		160		
原動機入力等	425	102	99	626	772		23%増
孔	6.87	1.98	1.25		10.61		

ii) アイムコ型のロッカーショベルローダを普及させた。

iii) 後方運搬にフランスで使用していた簡易トラバナーサーを使つた。これにより掘さく断面10m²の坑道で月延150~250mが常時可能となつた。第9図がその成功を伝えている。

2.5 採炭作業の合理化——注水発破と機械化

既述のように当硯は最近までオールピック採炭であつた。ガス炭じんを警戒して発破採炭を禁止し、切羽電化と機械化が長い間できなかった。これを解放したのはガス抜き成功である。まず発破は注意深く「注水発破」を採用した。この方法は長さ約60cmの特殊ゴム製のパッカーを用いて8~30kg/cm²の圧力水を孔中に満し膨れたパッカーで発破孔口元を締めながら発破する方法である。

8~30kg/cm²という水压制限の意味は8kg/cm²はパッカーを膨張させる限界圧、30kg/cm²は雷管と爆薬に対する安全限界を示す。

この発破法の長所は、

i) 石炭は飛散せず、人に安全（爆発エネルギーが炭壁の亀裂を抬げることと、水を瞬間的に気化することに費される）

ii) 炭じんおよび跡ガスの発生が少ない。

iii) 塊炭が多い。

原料炭を主とする当硯では、塊炭は必要ではない。保安上の理由からのみこれを使用している。最初に適用した切羽の注水発生による能率向上と炭じん抑制の状況を表示すると、第4表aおよびbのようである。注水発破

第4表 注水発破能率向上と粉じん抑制効果

a. 採炭能率

	採炭能率			採炭能率	
	車/人	%		車/人	%
37年4月	3.362	100	37年10月	8.024	126
7月	8.103	127	11月	8.103	127
8月	7.894	124	12月	8.078	127
9月	7.937	125	39年1月	8.400	140

採炭能率には採炭夫のみ、注水夫を含まない。

b. 粉 じ ん 比 較

	ビック採炭	採炭(発破併用)
総炭じん量 (g/方)	4,129	875
出炭1車当り炭じん量 (g/車)	59	10
(%)	100	17
ビック台数	8	10

第10図 赤平砒 日産車数及び人員能

とほとんど前後してカッターを導入した。ドラムカッター1台とベンドジブカッター1台で能率を上げつつある。

2.6 基準作業量算定方式の決定

当砥では直接夫はほとんど全請負作業である。したがって上述のような合理化が矢継ぎ早やに行なわれる場合、その成果がスローダウンに費されないために、または砥員に適正な作業量を与えてやるために、何等かの科学的な算定方式が必要であつた。当砥における従来のやり方は、組合側代表の生産委員と会社側坑口主任、副主任との間で原案を討議し、未決定のものは組合常任と会社側係長とからなる上部査定機関に持ち込まれる。従来は現場の実態に応じて、大体手取賃金を見越して決めるから、逆算的に作業量が決められる嫌いがあつた。作業量を左右するファクターが多いこと、また現場状況の変化が多いことのために、合理的に作業量を算定することは困難であつたが、それを克服してまとめ上げたのがこの「基準作業量算定方式」である。

いまもつとも厄介な急傾斜採炭に例をとつて説明すると、この場合の基準作業量 (W) は

$$W = \frac{T}{t} \cdot C \cdot \frac{m}{m+n}$$

で表わされる。

ここで T (直接作業時間) = 約束時間 - 間接作業時間

$$\text{間接作業時間} = \text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}$$

- ①：交替時間
- ②：食事，休憩時間
- ③：空車待，その他時間
- ④：作業待機，社内歩行時間

$$t \text{ (m}^3\text{当り作業時間)} = \textcircled{5} + \textcircled{6} + \textcircled{7} + \textcircled{8}$$

- ⑤：m³当りピック掘作業時間，
 =炭層別ピック掘作業時間×採掘丈係数×掘

り難さ係数×圧気圧係数×天盤その他条件係数。

- ⑥: m^3 当り炭掻, 炭流し作業時間
⑦: m^3 当り材料運搬作業時間
⑧: m^3 当り支柱時間=炭層別支柱作

業時間×上, 下盤炭壁条件係
数

C:地山炭層 1m³ の車数換算値
=0.77(2m³ 炭車)

m : 払ピックマン人員

n : 運搬積込夫人員

この方式により、ある急傾斜払の運搬積込夫を含む1人1方当りの基準作業量は、車/人の形で定められる。

これらの各要素，係数については過去の300回に及ぶタイムスタデー

を基盤として、組合との長期に亘る談合により定められたものである。

間接作業時間では、入昇坑時間、空車待時間等が変化すると自動的に修正され、また m^3 当り作業時間もその条件の変化に対応し、いわゆる労働則賃金の態勢をつくり上げることができた。

これは全く、労資の協調の結果に外ならない。

以上のように、切羽の条件、合理化の条件に応じて、自動的に作業量が修正されるからスローダウンすれば手取り賃金の下る。事実立坑完成前に比し、完成後は運搬の合理化がこの算定方式に折り込まれて標作は37%上った。実績もそれに近くついて上ったのである。以上のように合理化の過程では、この方式の決定は重大であり、高く評価されてよい。

結 言

以上当山の深部開発の特徴を述べた、それを有効に生かすべく行なつた1連の合理化について述べた。それは各分野のバランスを保ちつつよくこの山の特徴を生かした計画であつたと信ずる。

それを第10図に示すような実績の中に見ることができ
 と思う。昨年末は年産に換算して140万t、月能率43t/
 人であつたものが、現在175万tで、月能率57t/人にあ
 る。

立坑とベルトを中心とした骨組構造は完成した。末端の合理化はまだまだこれからである。基幹施設を更に有効に生かすことが、我々のこれからの使命である。

年産 200万 t，月能率60 tは間近である。このようにしてエネルギー革命を乗り越えるべく，日々努力をして行きたい。