

塚本 八郎*2 米田 崇夫*3 伊藤 晴敏*4 新村 和規*5 熊谷 直照*6

Development of CAPANEMA Iron Ore Mine, BRAZIL

Hachiro Tsukamoto, Takao Yoneda, Harutoshi Ito, Kazunori Niimura, Naoteru Kumagai

要旨

カパネマ鉄鉱山はブラジル共和国、ミナスジェライス州に位置し、当社を中心とした日本グループ8社とブラジル、リオドセ社を株主とするMSG社が所有する埋蔵量およそ3億6千万トンの鉱山であり、1982年8月操業を開始した。開発に伴い、日本から5名の技術者が派遣されブラジル人と共同で、アクセス道路、クラッシャー、ブレンディングヤード、長距離ベルトコンベアーなど諸設備のディテールエンジニアリングから施工管理まで一連の建設工事に携わった。

本報告は、当鉱山の内容を紹介するとともに、鉱山の特徴となっている鉱石輸送用の長距離ベルトコンベアーの建設を主体に報告するものである。

Synopsis:

Capanema Iron Ore Mine, situated in the State of Minas Gerais, Brazil, commenced its commercial operation on Aug. 5, 1982 after three years' construction work. The mine is owned and operated by Minas da Serra Geral S.A., a joint venture company between Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) and eight Japanese companies headed by Kawasaki Steel Corporation.

The mining facilities are designed to produce 10,500,000 tons per year of hematite ore with a grade of minimum 60% Fe. Crude ore is put through primary and secondary crushers to reduce the top size to below 4' and is stockpiled at the mine-site blending yard to homogenize the quality. Blended ore is then hauled to the Timbopeba area by a long distance belt conveyor which has a total length of about 11 km and constitutes a characteristic feature of this mine.

At Timbopeba, ore is delivered to CVRD's ore dressing plant and is screened, crushed and wet-classified to make final products of washed lump ore and sinter feed. All products are loaded to railway wagons at the Timbopeba terminal and are hauled to Vitoria via the CVRD railway for shipping to various consumers.

This report describes the outline of this mine, laying emphasis on the long distance belt conveyor.

1. 緒言

ブラジル共和国、ミナスジェライス州 (Minas Gerais) に存在するカパネマ鉄鉱山の開発プロジェクトは、1969年、当時の鉱業権者から当鉱山の一括売却の提案を受けた時に始まる。その後、サンプルテスト、予備調査等を経て、1974年、当社を含む日本グループ5社により、鉱業権を保有しているMSG社 (Minas da Serra Geral) の買収が実行された。続いて、ブラジル側の有力パートナー候補であるリオドセ社と共同で、開発を目的としたフィージビリティ・スタディを実施した。折から、ツバロン製鉄所の建設決定もあって、本プロジェクトの経済性が十分確認されたため、1976年、リオドセ社をブラジル側パートナーとし、日伯共同での開発が決定された。この時点で、日本側グループは8社となり、当社、野村貿易(株)、三菱鉱業セメント(株)、川鉄商事(株)、川鉄物産(株)、日商岩井(株)、伊藤忠商事(株)、船トーメンで構成された。これにリオドセ社を加えた9社を株主とするMSG社を鉱山開発母体として改組し、日伯双方から役員等が派遣され、活動を開始した。

1977年、開発のベーシックエンジニアリングを実施し、この

結果、生産1050万トン規模による開発の基本構想が決定された。1979年には日本より技師4名が派遣され(後に5名となる)ブラジル側技師と共同で、ディテールエンジニアリング、工事発注、機材発注等の準備作業、さらに、引き続いて、建設工事に携さわることとなった。

建設は1979年9月より、鉱山へのアクセス道路工事から着手され、2年10ヶ月の工期と1億2千万ドル余の資金を費し、1982年7月末完了した。

本報は、この鉱山の内容を紹介するとともに、本鉱山の特徴となっている鉱石輸送用の、長距離ベルトコンベヤの建設について報告するものである。

2. 鉱山概要

2-1 位置、交通

カパネマ鉄鉱山はブラジル、ミナスジェライス州鉄四角地帯のほぼ中央、南緯20度11分、西経43度38分に位置し、州都ベロ・オリゾンテ (Belo Horizonte) の南東50 km、道路では国道を

*1 昭和58年2月9日原稿受付

*2 エンジニアリング事業部製鉄エンジニアリング技術部フロント技術室主任(部長補)

*3 東京本社資源調査室主任(課長)

*4 東京本社購買企画室主任(課長)

*5 エンジニアリング事業部土木技術部土木技術室主任(課長)

*6 川鉄鉱業(株) (MSG社勤務) 部長

60 km, 鉱山開発に作られた道路を18 km, 合わせて約80 kmの位置にある。ベロ・オリゾンテから鉱山までは自動車ですべて約1時間10分で到達できる (Fig. 1, Fig. 2 参照)。

2・2 鉱 床

カパネマ鉱床は北西から南東に走る Ouro Fino 山脈の東斜面にあり, その最高点は Alto do Monge の1754 m である。鉄四角地帯の大部分の鉄鉱床と同じく, カパネマ鉄鉱床も先カンブリア時代のいわゆるスベリオル湖型の縞状鉄鉱層が風化により富化した部分である。鉱床の走向は山脈の走向とほぼ一致し, その延長は約3200 m, 傾斜は北東に10°~40°である。鉱石は地表から鉱床内部へ向かって Weathered Hematite, Hematite A, Hematite B, Soft Itabirite の4種に分けられるが, カンガ(Canga)が表面を覆っている部分もある。鉱石はイタピラ地区の緻密なものとは異なり, 気孔が多く, また, 熱割れ性も低い。主な鉱石鉱物はヘマタイト (Hematite) とゲーサイト (Goethite), 主な脈石鉱物は石英とギブサイト (Gibbsite) である (Fig. 3 参照)。

鉱量は3億6千万t, 品位は61% Fe, 6% SiO₂, 2% Al₂O₃, 剥岩比は0.043 t/t である。

2・3 採鉱, 選鉱, 輸送

採掘は露天階段掘りで, ベンチ高さは13 m である。硬いカンガ部を除いては, 穿孔爆破は殆んど不要である。鉱石はパワーショベルによりトラックに積込まれ, 一次破砕機へ運ばれる。破砕された鉱石は篩により100 mm 以上と100 mm 以下に分けられ, 100 mm 以上は二次破砕機により100 mm 以下に破砕の上で篩下と一緒に, スタッカーによってブレンディング・ヤードに積上げられる (photo. 1 参照)。

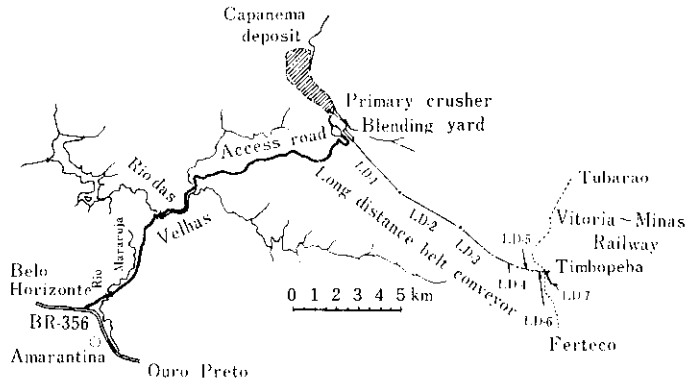


Fig. 2 General arrangement of Capanema Mine

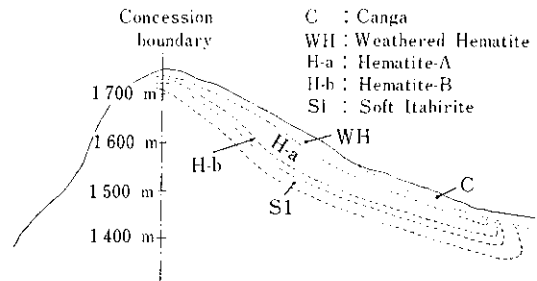


Fig. 3 Schematic geological section of Capanema deposit

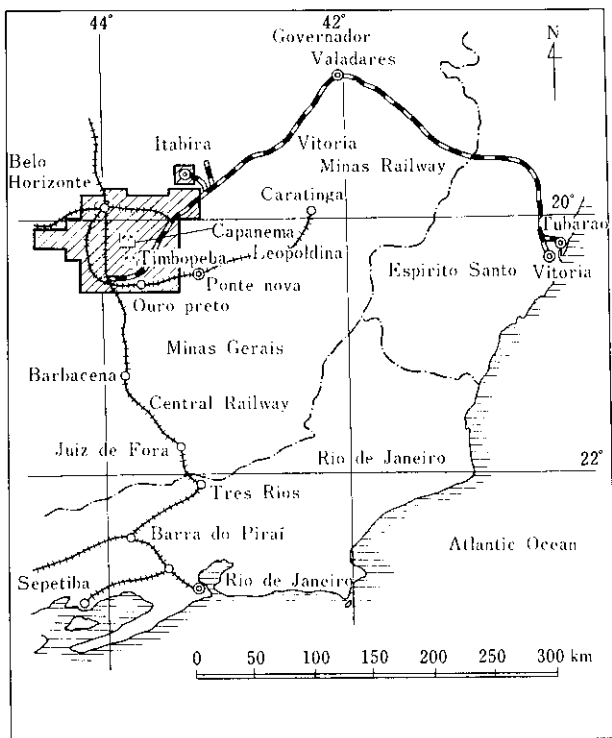


Fig. 1 Location of Capanema Iron Ore Mine



Photo. 1 A bird's-eye view of the industrial area (June, 1982)

ブレンディング・ヤードで均質化された鉱石はダブルホイール・ブリッジ型リクレーマーにより払い出され, 延長11 km の長距離ベルト・コンベヤ (以下 BC と略す) に載せられる。長距離 BC は, 幅1067 mm, 速度240 m/min, 能力は2850 t/h である。この BC で運ばれた鉱石は, リオドセ社のティンボペバ (Timbopeba) 鉱山のカパネマ鉱石粗鉱パイルへ落とされ, ここで鉱石はリオドセ社へ売渡される。鉱石のフローを Fig. 4 に主要設備, 機器の仕様を Table 1, 2 にそれぞれ示す。

年間生産能力は1050~1150万 DMT (Dry Metric Ton) である。なお, 従業員数は本社も含めて559名である。

Table 1 Main equipment

No.	Type	Quantity	Maker	Model	Capacity
1	Shovel	3	P & H	1900 AL	10 yd ³ (7.6 m ³)
2	Dump truck	11	WABCO	120 C	120 t, 1000 HP, Diesel-Electric
3	Gyratory crusher	1	Fago (Allis-chalmers)	54-74	500 HP
4	Apron feeder	1		1.67×9.5	100 HP
5	Screen	2		8'×16'	Aperture 100 mm, 40 HP
6	Cone crusher	1		17-84	400 HP
7	Yard conveyor	TC-1	Villares	60°, 229 m, 133 m/min, 200 HP, 2 850 t/h	
8		TC-2		48°, 41 m, 200 m/min, 75 HP, 2 850 t/h	
9		TC-3		48°, 40 m, 34 m/min, 25 HP, 360 t/h	
10		TC-4		48°, 876 m, 190 m/min, 2×300 HP, 2 850 t/h	
11		TC-5		48°, 199 m, 190 m/min, 200 HP, 2 850 t/h	
12		TC-6		48°, 577 m, 190 m/min, 2×200 HP, 2 850 t/h	
13		TC-7		48°, 574 m, 190 m/min, 300 HP, 2 850 t/h	
14	Stacker	1	Isomonte	Boom 42.2 m, 2 850 t/h	
15	Reclaimer	1		Double wheel, Bridge type, 2 850 t/h	
16	Long distance belt conveyor (LDBC)	LD-1	FMC do Brasil	42°, 3 249 m, 240 m/min, 2×500 HP*1+300 HP*2, 2 850 t/h	
17		LD-2		42°, 3 152 m, 240 m/min, 2×500 HP+300 HP, 2 850 t/h	
18		LD-3		42°, 2 012 m, 240 m/min, 500 HP, 2 850 t/h	
19		LD-4		42°, 1 175 m, 240 m/min, 300 HP, 2 850 t/h	
20		LD-5		42°, 728 m, 240 m/min, 2×500 HP, 2 850 t/h	
21		LD-6		42°, 503 m, 240 m/min, 2×500HP, 2 850 t/h	
22		LD-7		60°, 176 m, 108 m/min, 100 HP, 2 850 t/h	
23	Front end loader	2	Marathon	L-800	10yd ³ (7.6m ³)
24	Bulldozer	4	Caterpillar	D-8	
25	Tire dozer	1		824 C	
26	Crawler drill	5	Chicago Pneumatic	Bit dia. 3"	
27	Compressor	5	Atlas-Copco	XA-350 sd	

*1 Head *2 Tail

2.4 建設の規模

2年10ヵ月を要したカバネマ鉄鉱山の開発費および主な工事の規模は次のとおりである。

- ① 開発費総額：1億2500万 u.s.ドル
- ② 開発直接投資額：1億200万 u.s.ドル
- ③ 工事対象面積：約1000万 m²
- ④ 掘削上量：約700万 m³
- ⑤ 道路延長：約50 km
- ⑥ ベルトコンベヤ総延長：約14 km
- ⑦ 設備機器総重量：約11000 t

3. 建設

3.1 建設の特徴

鉱山開発のための建設工事は、鉱山へのアクセス道路の造成に始まる(Photo. 2,3 参照)。つづいてこの道路により建設資機材、大型施工機械などを搬入し、採鉱・選鉱設備や長距離 BC などの主要設備をはじめ、事務所、修理工場や取水ダムその他給水設備などのインフラ関連をも建設する一大プロジェクトであった。Photo. 4 (a), (b)にダムサイトからの鉱山の建設着工前、完成後の状況を示す。

気候風土・言葉や宗教のちがいはいうまでもなく、特殊な経済事情・労働事情のもとでの建設資機材の調達や優れた技術者の採用も重要な課題であった。また、臨海工業地帯の軟弱で平坦な埋立地盤での建設とは異なり、標高900 m から1750 m にお

Table 2 Main facilities

Name	No.	Specifications
Sub-station	1	138 000 V, 15 000 kVA, 60 Hz
Control center	1	
Electrical room	10	
Dam	1	
Pump station	1	
Water treatment	1	
Magazine	3	78 m ²
General office	1	939 m ²
Mine office	1	223 m ²
Maintenance shop	2	Main (4 380 m ²), Auxiliary (212 m ²)
Laboratory	1	388 m ²
Mess hall	1	802 m ²
Rest room	1	328 m ²
Ambulance	1	
Ware house	1	
Gas station	1	242 m ²
Car wash	1	893 m ²
Parking area	1	

よぶ山岳地帯の特殊な地形・地質や熱帯特有の気象条件のもとで、ブラジルでは初めて、かつ、世界的にも例の少ない長距離 BC の建設が本プロジェクトの特徴である。

3.1.1 地形と気象

アクセス道路建設ルートは国道から鉱山まで比較的ゆるやかな丘陵地帯であるが、長距離 BC ルートは Serra Geral 山脈の南斜面を走り、地形は起伏が激しく、とくに LD-3 以降(Fig. 2 参照)は急傾斜面となる。地質は表層20~30 m は千枚岩(Phyl-

lite) や珪岩 (Quartzite) の風化した土砂や軟岩となっており、それ以深は比較的硬質の岩盤である。

Fig. 5 は1980年から1982年にかけて標高1450 mの現場事務所で観測した月間降雨量を示したものである。熱帯地方特有の乾季と雨季が明確で10月から3月の6箇月間に年間の93%が集中しており、かつ、短時間に集中豪雨となる傾向がある。一方、風化した軟岩は非常にもろく、掘削・転圧後は微粒子と化し、乾季においては砂ほこりとなり、雨季にはいわゆるヘドロの状態になる。このため雨季における排水対策が掘削斜面の安定や道路の維持管理上非常に重要なファクターである。

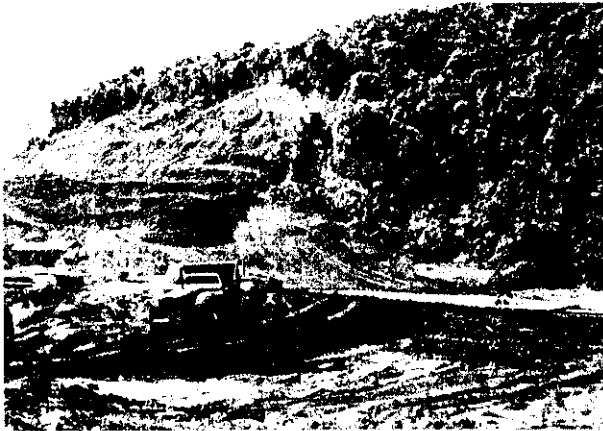


Photo. 2 Access road (Under construction)



Photo. 3 Concrete bridge of Rio Maracuja (Under construction June, 1980)

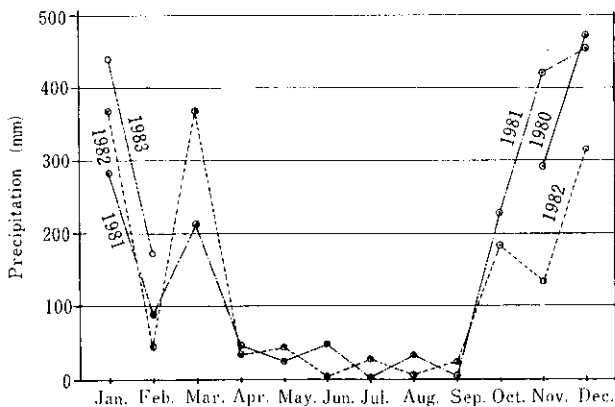


Fig. 5 Precipitation at CAPANEMA

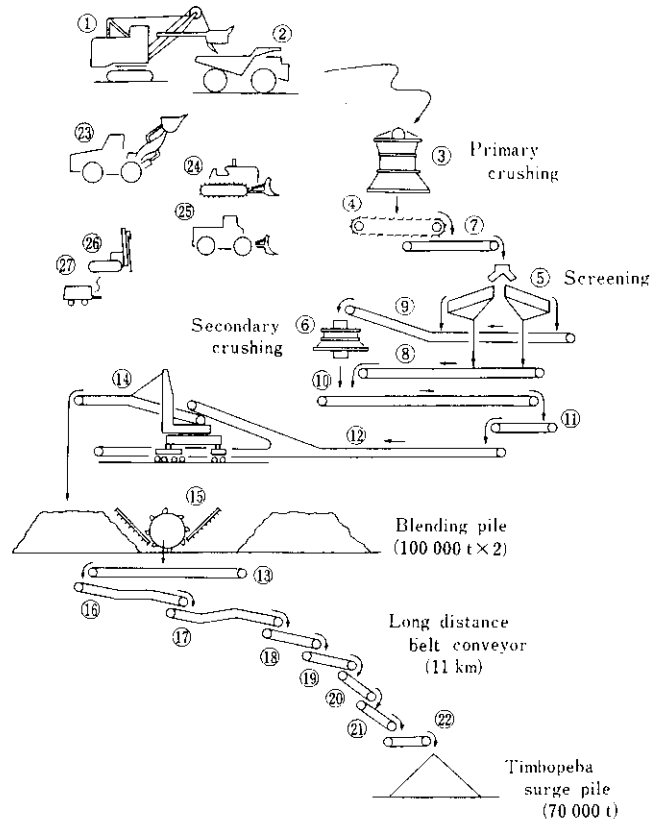


Fig. 4 Flow sheet of Capanema Mine



(a) Before construction (Feb., 1980)



(b) After completion (May, 1982)

Photo. 4 Comparison of the construction stage at Capanema

3.1.2 長距離ベルトコンベヤの採用と特徴

建設工事の最大の問題点は、採掘した鉱石を鉱山よりリオドセ鉄道までの約11 kmにおよぶ海拔1400 mの山岳地帯をいかに輸送するかにあった。

輸送方法については、以下の方法が検討された。

- (a) 道路を建設し、大型ダンプ、トラックによる方法
- (b) 索道による方法
- (c) 鉄道による方法
- (d) BCによる方法

(a), (b)については、輸送量が2850 t/hと大量であるので、検討の対象外とされ、(c), (d)についてのみコストの比較が行われた。

計算によると、投資額では長距離BCが2640万U.S.ドル、鉄道は4000万U.S.ドルとなり、トン当たり輸送コストは、前者が0.17 U.S.ドルに対し、後者は1.5 U.S.ドルとなった。この結果より長距離BCの採用が決まり、ブラジルとしては初めての試みとなった。

(1) ベルトコンベヤの特長

Fig. 6にBCのレイアウトとプロフィールを示す。

この長距離BCは単位長さが長い事は当然であるが、その他の特徴としては

- (a) 上地造成のための移動土工量を最少にするため、Fig. 6に示すようなかなりのうねりのあるプロフィールをもつ、
- (b) LD-5, 6は延べ機長1200 mに対し、高低差210 mであり、下り勾配175/1000の急傾斜となる、
- (c) 下り勾配コンベヤを含め、起動時のショックが、非常に少なくなる装置、制御方法を採用した。

ことなどである。単位機長の長いことに対しては、以下の項目を配慮した。すなわち、①落鉱処理作業を無くするために、ベルトコンベヤのヘッド部とテール部で、ベルト面を180度反転し、リターン側ではベルトのきれいな面が、リターンローラと接触するようにした。②自動調心ローラは使用せず、キャリアー、ローラ、リターンローラとも1.5度前傾させたものを採用した。③コンベヤフレームは連続型とせず、1スパン

12 mの分割フレームとし、据付工事の簡素化およびストリンガー部の事故の場合でも被害を最小限にし、補修取替がかんたんにできるように配慮した。(Photo. 5 参照)。

また、前述の(a)に対する配慮として、移動土工量を勘案しながら、ベルトコンベヤ、プロフィールの谷部の最少曲率半径を1000 m以上とし、ベルトの浮き上がり、ならびに蛇行を防止した。

頂部の曲率半径については、理論的には100 m以上であれば良いが、鉄鉱石のベルトコンベヤとしては、比較的速い240 m/minの速度であるので安全をとって200 m以上とした。

さらに、(b), (c)に対しては、ブレーキ内蔵の湿式多板変速機を採用した。この型式の変速機については、未だ長距離BCの駆動装置として世界でも殆んど使用されていないので、概略の説明を加えることとする。

なお、BCに通常採用され、当BCにも採用したマルチドライブ方式、スピードセンサー、蛇行検出、シュートセンサー等の方式や設備は、型式も特に変わったものではないので説明を省略する。

(2) 駆動装置と制御方法

湿式多板変速機は、駆動モーターと減速機の上にセットし



Photo. 5 Stringar type BC under erection (Sept., 1981)

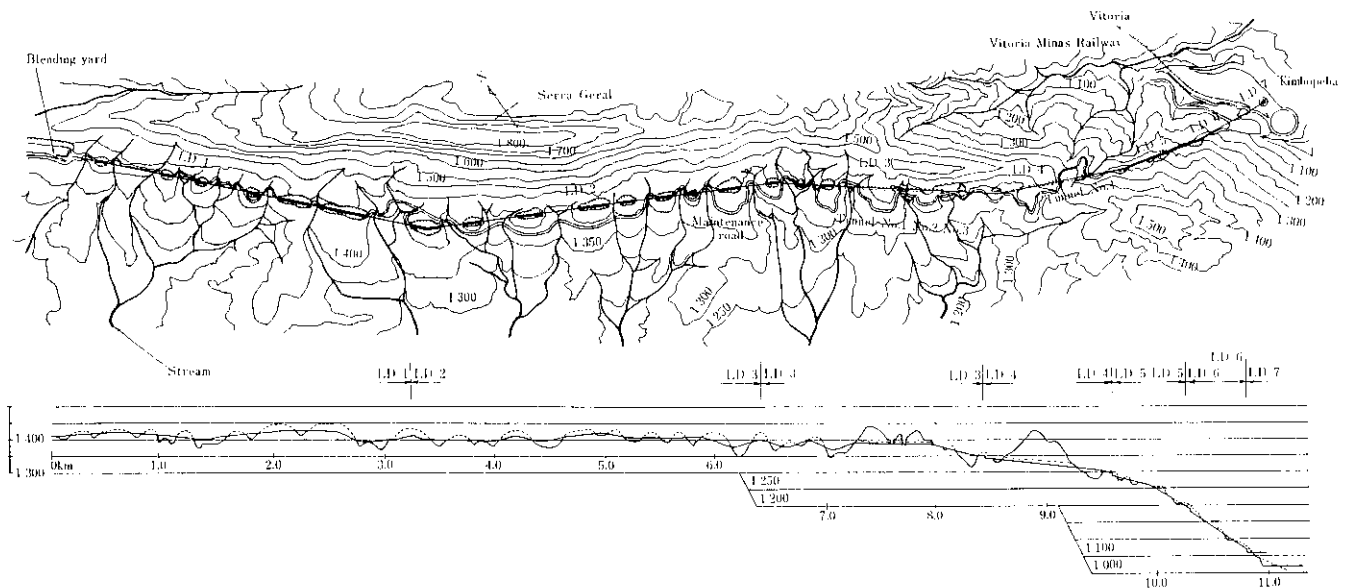


Fig. 6 Layout and profile of LDBC

(Photo. 6 参照), 零から最大の回転数まで直線的に変速でき, 最大の型式では, 伝達動力は15 000 kW, 回転数は3 600 rpmである。また, 駆動モータと減速機の直結運転も可能なので, 流体継手より効率が良い。

変速制御の方法は, 出力側シャフトの回転数をスピードセンサーで検出し, その信号で多板に加える作動油圧を自動的に変化され, 直線的に零から最大の回転数まで予かじめセットした時間内に変速する。カバネマでは, 試運転の時のグラビティテークアップの上下の振れ具合からこの時間を60秒にセットして, 非常にスムーズな起動状態を得ている。

通常の長距離 BC に採用されている変速制御は, ベルト張力をパワーテークアップにより検出して巻線型モータに連動させる制御方法である。これを湿式多板変速機による制御方法と比較すると, 多板方式の場合テークアップの機構及び制御方法を非常に簡単にできる。すなわち, 2 箇所以上にかかわる複雑な電氣的制御が不要で, テークアップも単なるグラビティテークアップ, それもテークアップストロークの比較的短いもので良い (Photo. 7 参照)。

更にこの変速装置は, 駆動側と対称の被駆動側に, 同じ機構で多板を固定するのみのブレーキ装置とし, それを内蔵することができる。

したがって, 駆動モーター停止の信号を, 作動油装置に送ること, 自動的に作動油の流れが駆動側からブレーキ側に移り, ブレーキをかける事ができる。

停止までの時間は, 油量によって調整可能である。このため別にメカニカル, ブレーキを必要としない。特に下り勾配コンベヤの場合は, 通常の方法のような複雑な連動制御が不要である。すなわち, 駆動側多板に加える油圧とブレーキ側多板に加える油圧を被駆動側にあるスピードセンサーの信号によって自動的に調整するだけの単純な制御方法となる。

したがって, 起動所要時間をセットするのみで, 直線的に最大の回転数にすることができる。ゆえに, 基本的には変速制御方式は, BC の勾配の如何にかかわらず同一型式にできる利点がある。

3・2 長距離ベルトコンベヤの建設

Fig. 7 は BC ルートの伐採・測量・調査等の事前工事から完成に至る建設工事のフローを, また, Photo. 8 に現場踏査の状況を示す。

3・2・1 工事用道路の建設と用地造成工事

大型土工機械の仮設進入路造成につづいて, 本格的な建設資

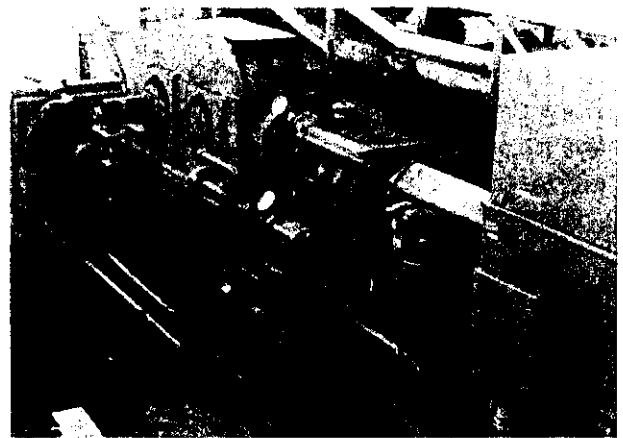


Photo. 6 Driving unit of the long distance conveyor

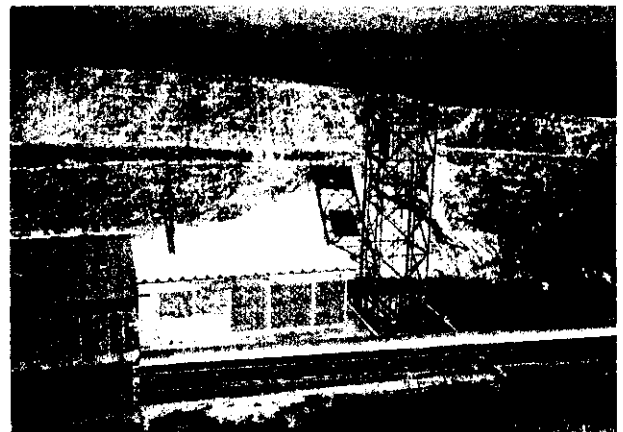


Photo. 7 Gravity take-up for LD-1



Photo. 8 Site survey (June, 1980)

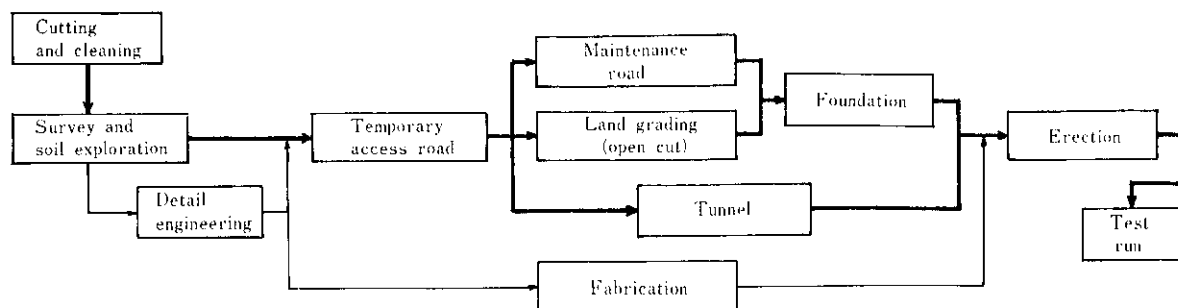


Fig. 7 Flow chart of LDBC construction procedure

材搬入のための工事用道路を建設した。これはブレンディングヤードから長距離 BC 沿いにティンボベ鉱山へ至る延長16 km で、BC 操業時にはそのメンテナンス道路となる。これと相前後して、BC ルートおよび中継基地の用地造成を行った。**Fig. 8** に代表的な断面の1例を示す。用地造成にともなう掘削土は、前述のように、地形や土質、あるいは雨季などの特殊な条件を考慮し、すべて BC ルート周辺に捨土盛土し、建設資機材置場やコンクリートバッチャープラントなどの仮設ヤードに利用した (**Photo. 9** 参照)。

3・2・2 トンネル

LD-3 以降は地形も急峻をきわめた。このためオープンカットによる土工量の増加や掘削斜面の安定性あるいはメンテナン

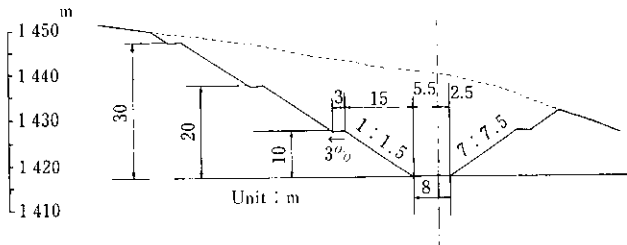


Fig. 8 Standard open-cut section of LDBC

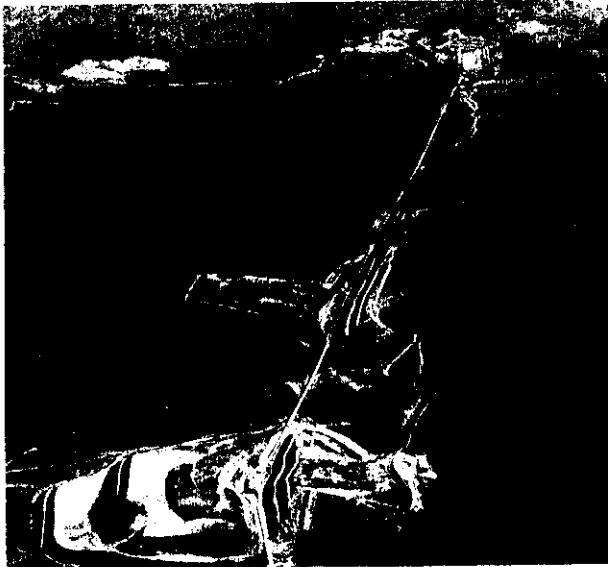


Photo. 9 A bird's-eye view of LD-1

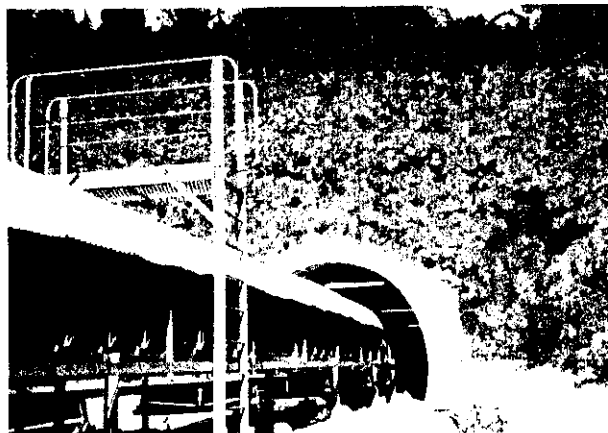


Photo. 10 Entrance of Tunnel

ス上の問題を考慮して、LD-3 と LD-4 ルートに 4 箇所 のトンネルを建設した。

トンネルの計画・設計にあたっては、地震探査、ボーリング・地下水調査などの事前調査を行った。この結果、トンネル構造は坑口附近の上砂あるいは風化岩層では鉄筋コンクリートライニングを施し (**Photo. 10** 参照)、安定した岩層では **Fig. 9** に示すようなセメント吹き付けによるシンプルな断面とした。

工事は、トンネル両端から掘削を進め工期短縮をはかった。**Table 3** はトンネルの延長その他施工実績を示したものである。

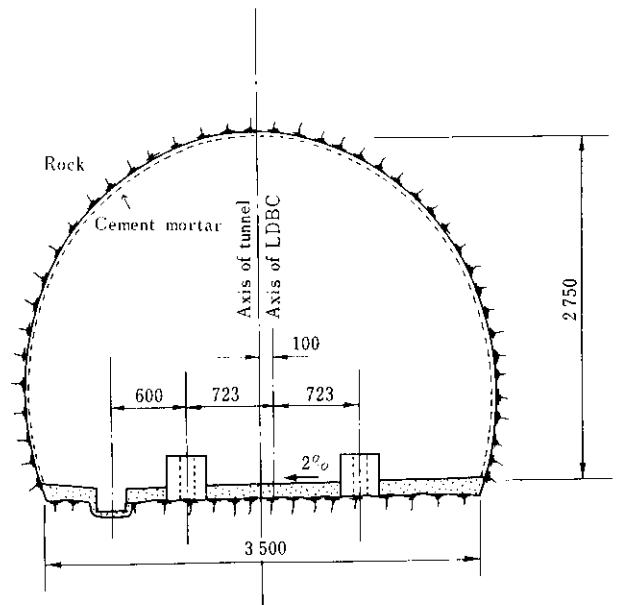


Fig. 9 Typical tunnel section at rock layer

Table 3 Tunnel list

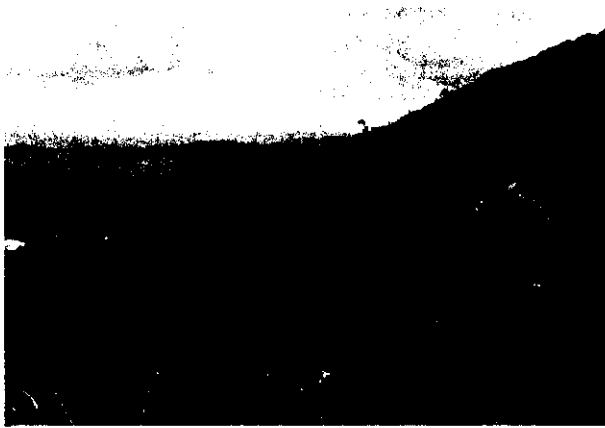
Tunnel No.	LDBC	Length (m)	Execution Period
1	LD-3	324	Aug.1980 ~ Dec.1980
2	LD-3	47	Oct.1980 ~ Dec.1980
3	LD-3	308	Sep.1980 ~ Dec.1980
4	LD-4	623	Jul.1980 ~ Jan.1981

3・2・3 基礎

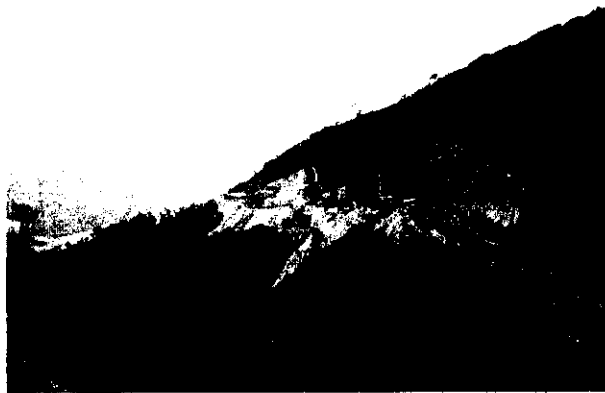
基礎構造の設計にあたっては、外力に対して十分な耐力を有する支持地盤へ定着させることはいままでのないが、地形の変化の激しい山岳地帯ではとくに基礎地盤の洗掘に対して十分考慮しなければならない。また **Fig. 10** に示すように高架式 BC (**Photo. 11 (c)** 参照) の柱脚はシンプルなパイプ構造となっているため、風による振動の悪影響を考慮し左右の基礎の一体化をはかった。**Fig. 11** に BC 基礎のタイプを示す。

同図において、タイプ A は切通し部のストリンガー式 BC の基礎で、数も約1200個と多いため、プレハブ式コンクリート枕木タイプとし施工のスピード化と品質の均一化をはかった。

柱脚基礎は総計168基でその代表的なタイプを B から F に示す。タイプ B, C は標準的な基礎構造であるが、支持力が不十分な地盤やあるいは急斜面で将来洗掘される恐れのある地盤では D, E などのようなクイ基礎とした。また、F は岩盤上の特殊な例である。



(a) Just after the construction started



(b) Under construction



(c) After completion

Photo. 11 Comparison of the construction stage of LDBC (L.D-4, L.D-5)



Photo. 12 Stock pile at Timbobebe

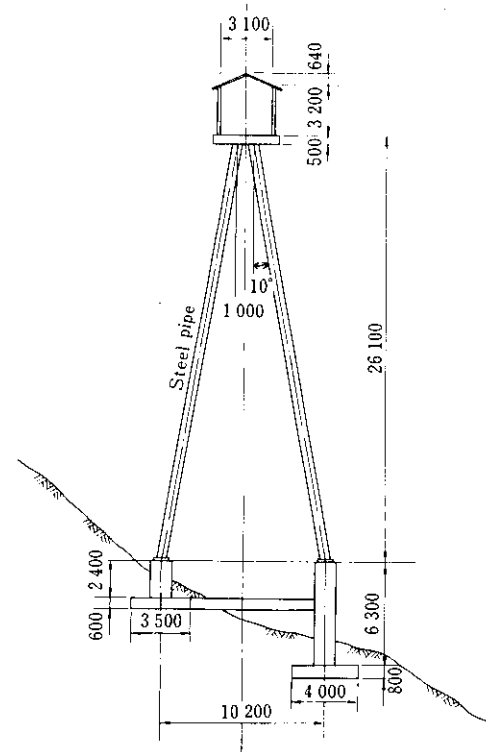


Fig. 10 Typical section of LDBC

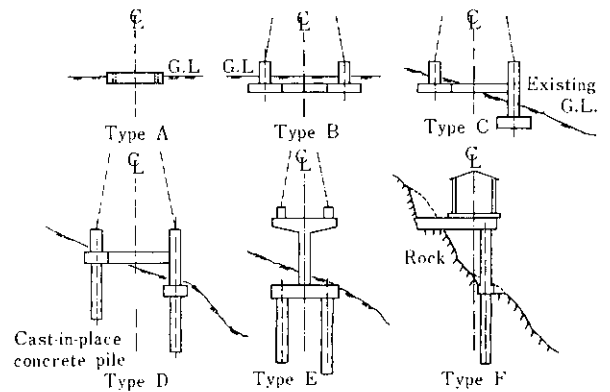


Fig. 11 Typical section of foundation

3・2・4 設備据付

BCの構造物はすべてサンパウロ市で工場加工したものを、仮設ヤードに仮置きし、据付箇所まで地組みして100tおよび40tの2台のクレーンで上架した。高架のコンベヤはH形鋼を主要部材としたプラットトラス構造(Pratt truss)でスパンは36mおよび24mからなっている。Photo. 11 (a), (b), (c)はLD-4, 5の着工前、建設中および完成後の状況を示す。

Photo. 12は長距離BC終点の粗鉱パイルを示したものである。

3・3 工程

3・3・1 管理組織

工程管理は従来のように施工管理部門が行うのではなく全て

工程管理部で一元コントロールすることとし、毎週1回各施工業者ごとに担当のコーディネーター及び現場監督者を交えて工程会議を開催した。

施工業者に対する工程の指示には Fig. 12 に示したように必ず工程管理部からの直接指示のみとし、コーディネーター、現場監督者にはこの権限は一切付与しない組織とした。

工程管理部は長を日本人技術者とし、その下にエンジニアリング会社より、土木、機械、電気の各担当を含め、5名のブラジル人技師を配置した。

この人員で各担当エリアの現在情報の収集、図面、機器製作、資材購入状況のチェック及び建設月報の作成を行った。

Fig. 13 に実績工程表を示す。

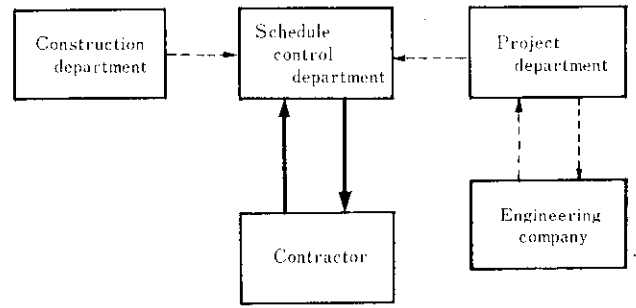


Fig. 12 MSG's control organization for construction schedule

4. 鉱山の採算性

4.1 投資コスト

一般に鉱山の建設は山元鉱山設備以外に鉄道、港湾、タウンサイト等のインフラ設備に多額の投資を要する。例えば、同じブラジルで現在建設工事が進められているカラジヤス鉄鉱山(年産当初3500万トン)の場合、約890 kmの鉄道建設と28万トン型船舶が入港可能な港湾を作ることになっており、総投資額(固定投資のみ)に占める各部門の内訳は次のとおりである。

- 鉱山……14%
- 鉄道……48%
- 港湾……6%
- その他……22%
- 予備費……10%

カバネマ鉱山の場合、既存の鉄道と港湾を保有するリオドセ社とのジョイントベンチャーであり、本鉱山の成品輸送と船積は全てこれ等のインフラを利用できるという利点がある。更に、鉱山の位置も、ブラジル第3の都市、ペロ・オリゾンテから至近であり、大規模タウンサイトの建設も不要かつ所要の電力も公共電力を受電できるという利点がある。したがって、本プロジェクトとしては、鉱山設備の他は、既存の国道から鉱山に至る18 kmのアクセス道路、鉱石をリオドセ鉄道の接続地点まで運ぶための長距離BCの建設にかぎることができた。

以上の理由でプロジェクトの総開発費は1億2千5百万U.S.ドル(うち直接投資約1億ドル)と年産1000万t級の鉱山としてはきわめて投資額の小さいものとなった。投資の内訳は以下のとおり。

設備機器等	54	百万U.S.ドル
土地・土木工事	27	"
道路	3	"
エンジニアリング等	9	"

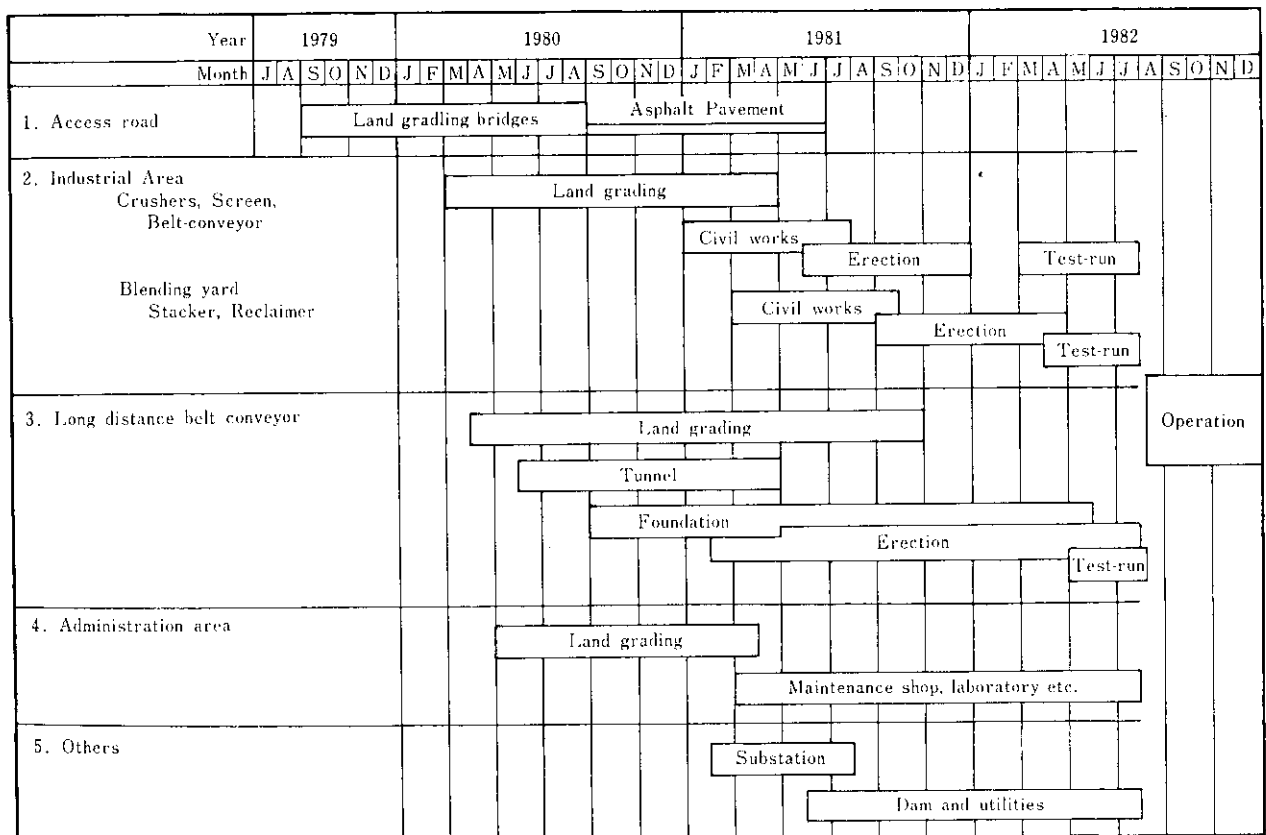


Fig. 13 Actual stage of the construction work

操業前費用、運転資金	18	百万 U.S. ドル
建設金利、その他	14	"
合計	125	"

固定投資の部門別内訳は、鉱山設備44.1%、長距離 BC, 41.4%、アクセス道路3.3%、その他インフラ等11.2%である。

4.2 操業コスト

本鉱山の直接操業のコスト（償却、金利、管理費を除く）の部門別割合は次のとおりである。

鉱山、採掘	50.3%
選 鉱	13.6%
長距離 BC	15.2%
メンテナンス	20.9%
合計	100%

鉱山採掘部門が全体の半分を占め、続いてメンテナンス部門のコストが大きい。メンテナンスの大部分は人件費であり、これは職能別に細分化されたブラジルの制度もあり190名あまりの人員を要することによる。

長距離 BC による輸送費は全体の15%で鉄道やトラック輸送に較べかなり合理化されたものとなっている。

鉱山全体としての採算性は、前述のとおり投資額が最小限となっていること、成品輸送をベルトコンベヤで合理化したこと、また、鉱山の採掘条件も剥上比が少なくかつ軟岩で火薬使用量が少ない、など良い条件がととのっているため、損益分岐点は約65%操業となっており、新規鉱山としては、きわめて安定していると言える。

5. 結 言

本鉱山の建設は日伯共同の努力のもとに行われた。設計、施工、工程管理等につき、双方の長所をとり入れた新しい方式が随所で試みられた。この結果、工事は順調に計画どおり完了し、又その後今日にいたるまで、問題なくスムーズな操業が続いている。これも日伯双方の関係各位の御協力のたまものであり、深く感謝申し上げたい。なお、技術面では特に三菱鉱業セメント（株）の全面的な協力をいただいた事を付記する。