

梅垣 邦一^{*2} 竹蓋 久仁男^{*3} 末永 直^{*4} 秋月 英美^{*5} 渡辺 清司^{*6} 坂本 勝^{*7}

Tubarão Steel Work Project and It's Construction

Kuniichi Umegaki, Kunio Takefuta, Choku Suenaga, Hidemi Akizuki, Seiji Watanabe, Masaru Sakamoto

要旨

1983年11月30日、ツバロン製鉄所は、ブラジル国大統領臨席のもとに、盛大に開所式が行われ、本格稼働に入った。スラブ年産能力 300 万 t、南北アメリカ最大の高炉を有する新鋭製鉄所に火がともったわけである。

本プロジェクトは、日本（川崎製鉄グループ）、ブラジル（SIDERBRAS グループ）、イタリア（FINSIDER グループ）の三国合弁で遂行された。製鉄所の主要設備仕様は下記の通りである。

コークス炉：49 門×3 炉団（炉高 6.5 m）

高炉：1 基、内容積 4 415 m³

製鋼プラント：280 t 転炉×2 基

分塊プラント：ユニバーサル型分塊圧延機×1 基

Synopsis:

On the 30 th of November, 1983, the inaugurating ceremony of Tubarão Steel Works was held with the honorable presence of the President of the Federative Republic of Brazil, and the newly-built steel works, with an annual production capacity of 3 000 000 t of slabs and the largest blast furnace in North and South America, went into successful operation.

This project has been carried out with the tripartite close cooperation of Brazil's SIDERBRAS group, Italy's FINSIDER group and Japan's Kawasaki Steel group. Main equipment of the steel works is as follows:

Coke oven: 49 ovens×3 batteries

Blast furnace: Inner volume of 4 415 m³×1 unit

Steelmaking plant: 280 t converter×2 units

Slabbing mill: Universal type rolling mill×1 unit.

This report describes the outlines of the progress of the project and the equipment and operational conditions of the works.

1 緒 言

1983年11月30日、ブラジル国大統領はじめ、日・伯・伊三国関係者臨席の下に、ツバロン製鉄所の開所式（Photo 1）が盛大に挙行され、第一高炉に待望の火が入れられた。日本の川崎製鉄グループ、ブラジルの SIDERBRAS (Siderurgia Brasileira S. A.)、イタリアの FINSIDER (Societa Finanziaria Siderurgica) の三者合弁による国際プロジェクトが完成し、スラブ年産能力 300 万 t、南北アメリカ最大の高炉をもつ新鋭製鉄所がいよいよ本格稼働を開始した。

1970 年代初期、ブラジル政府は、鉄鉱石の輸出増大と安定市場の確保を基本戦略とする一方、更に一段と付加価値を高めて輸出する努力を進めていた。当時の世界的な鉄鋼需要の拡大とブラジル国内の需要増を背景として、輸出及び国内需要に応ずる半成品の製造をめざした一貫製鉄所をナショナル・プロジェクトとして建設する構想が、ブラジル政府の鉄鋼長期政策の一環として浮上し、1973 年はじめに、当社に対し本プロジェクトへの参加打診がなされた。その後若干の経緯をへて、当社はプロジェクトへの参加を決定し、すでに参加を表明していたイタリアの FINSIDER 社とブラジルの三者による合同プロジェクトが成立、同年 5 月からは企業化予備調査が着手された。

本プロジェクトの基本構想の中で、きわだって斬新な点は、高炉方式による一貫製鉄所でありながら、厚板・コイル・シートなどの通常の鉄鋼ミルの製品ではなく、スラブという半成品の生産を目的



Photo 1 Opening ceremony of Tubarão Steel Works

としていることである。半成品の場合は、鉄資源としての販路が期待されるばかりでなく、資金・技術の負担軽減もはかれることなどが、本構想の打ち出された背景としてあった。また、当社が本プロジェクトに参加した意義としては、長期的な展望のもとでの日伯経済協力の促進、鉄鋼資源確保の多様化の他、社内に蓄積された技術と人的資源を有効活用し、国際化への新たな展開をはかることがあげられる。

以下に、ツバロン製鉄所の建設までの経緯、設備概要、初期の操業状況について報告する。

* 1 昭和59年5月15日原稿受付

* 2 本社ツバロンプロジェクト協力本部技術部部長

* 3 本社ツバロンプロジェクト協力本部企画調整部部長

* 4 本社ツバロンプロジェクト協力本部技術部主査（部長）

* 5 本社ツバロンプロジェクト協力本部技術部主査（部長）

* 6 本社ツバロンプロジェクト協力本部技術部主査（課長）

* 7 本社ツバロンプロジェクト協力本部技術部主査（課長）

2 プロジェクトの概要

2.1 沿革

1973年1月の参加打診と、その後の企業化予備調査を経て、1974年3月には、日・伯・伊三国の合意にもとづき、パイロット・カンパニーが設立された。パイロット・カンパニーでは、株主間の合意にもとづき、以下の5つの活動項目が設定され、直ちにその活動を開始した。

- Act. 1: 企業化調査の実施及び報告書の作成
- Act. 2: 原料、油、電力、水に関する交渉と、地方のサービス提供者の利用と能力に関する調査の実施
- Act. 3: 建設予算の見積りと財政問題の検討
- Act. 4: 労働力及びインフラストラクチャーの調査・検討
- Act. 5: 基本エンジニアリングの実施

パイロット・カンパニー内には、各活動分野ごとに5つの専門委員会が設置され、各株主から派遣された人々によって業務が開始された。企業化調査の基礎となる基本エンジニアリングは作業量が膨大なため、日・伯・伊三国で業務を分担し、パイロット・カンパニーと三国株主との間でエンジニアリング契約を締結、1974年3月より業務を開始した。同時に、株主間の合意にもとづき、資金、資機材の調達、新会社の組織と要員など、種々の問題についても、調査及び検討が開始された。

企業化調査は、1974年11月に完了、直ちに株主間でプロジェクト実行の可否についての検討に入ったが、折りあしく第1次石油危機にぶつかって、設備計画・資金計画等の全面的見直しを余儀なくされた。日・伯・伊三国の当事者によって、基本構想の見直しや建設計画の再構築が行われた後、新たな基本戦略が確立され、1976年3月、ようやく本プロジェクトの実行が三国間で合意された。1976年6月、パイロット・カンパニーを新会社「ツバロン製鉄(株)」に移行した後、同年9月より建設予定地の伐採工事、11月よりボーリング調査を開始、さらに1978年4月には土地造成工事も着工され、現地工事は本格化した。

一方設備機器は、企業化調査に当たって行われた基本エンジニアリングをベースに基本仕様を確定、引き続き契約準備を進め、1978年10月、設備機器供給契約を締結、1979年5月契約が発効した。1980年5月には高炉の基礎工事に着工、土木工事が最盛期を迎える一方、設備機器の製作も順調に進み、同年10月に日本からの第一船が出港、高炉は1981年1月より現地掘削工事が開始された。現地工事と並行して、操業要員の採用やトレーニングなどの稼働準備が進められ、1983年11月30日、ツバロン製鉄所は無事操業を迎えるに至った。

2.2 ツバロン製鉄(株)の概要

ツバロン製鉄所は、第1期工事完了時点でスラブ年産300万tの能力をもつ半成品一貫製鉄所で、第2期工事が完了すれば600万t/y、将来は年産1200万tまで拡張できる余地を残している。生産されたスラブは、第三国への輸出及び株主への販売にむけられる。本プロジェクトは、日・伯・伊三国による合弁事業であるが、株式の過半数をブラジル側が保有し、ブラジル主体の会社という形態を取っている。資本構成は以下の通りである。

- シデルプラス: 72% (内議決権数の比率は51%)
- フィンシデルグループ: 14% (" 24.5%)
- 日本グループ: 14% (" 24.5%)

Table 1 Partition of the work

No.	Plant	Engineering	Equipment	Civil & erection
1	Ore yard	J, B	J, B	B
2	Sinter plant	J	J	B
3	Blast furnace	J	J	B
4	Power & blower	J	J	B
5	Air separation	J	J	B
6	Utility center	J	J	B
7	Power distribution system	J, B	J, B	B
8	Sea water system	J, B	J, B	B
9	Water system	J, B	B	B
10	Fuel distribution system	J, B	J, B	B
11	Business computer system	J	J	B
12	Mould & stool making plant	J	J	B
13	Coal yard	I, B	I, B	B
14	Coke oven plant	I	I	B
15	Steel making plant	I	I	B
16	Slabbing mill	I	I	B
17	Maintenance shop	B	B	B
18	Car dumper	B	B	B
19	Transportation equipment	B	B	B
20	Lime plant	B	B	B
21	BOF process computer	J, I	I	B

Note; J: Japan, B: Brazil, I: Italy

建設資金は総額31.3億ドル(内建設費23.6億ドル、操業前費用・建中金利など7.7億ドル)で、ブラジル側が14.8億ドル、フィンシデルグループが8.3億ドル、日本グループが8.2億ドルの資金を調達したが、ブラジル側の資金調達については、日本銀行団による「7億ドル融資契約」や日本シンジケート団による「コークス炉設備の購入ならびに割賦販売契約(5億ドル)」の実行など、日本側関係者の協力がきわめて大きかった。

ツバロン製鉄所の第1期設備稼働時の従業員は約6000人、このうち生産・技術部門の従業員は約5000人であるが、約40%はブラジル国内の鉄鋼各社の経験者を採用している。

本プロジェクトでは、建設にかかわる業務もできるだけ三国間で平等に担当する思想が貫かれている。日・伯・伊三国の持つ技術力や国内事情などを配慮しながら打合わせを重ね、最終的にTable 1の分担で建設を進めることが合意された。

3 立地及び原料条件

3.1 立地

ツバロン製鉄所は、ブラジルの旧首都リオ・デ・ジャネイロ市の北東約500kmにあるエスピリット・サント州の州都ヴィトリア市の郊外に立地している(Fig. 1)。ヴィトリア市は、大西洋に面する気候温暖な都市で人口は約24万人(周辺都市を含めると約87万人)、ブラジル有数の商業港をもつ大輸出基地であるとともに、エスピリット・サント州の政治・経済・文化の中心地として栄えてきた古い歴史をもつ都市である。

ヴィトリア市の郊外には、ブラジル最大の鉄鉱石輸出基地があり、ミナス・ジェライス州のいわゆる“鉄の四角地帯”から産出する鉄鉱石が集荷され、世界各国に輸出されている。ツバロン製鉄所は、この鉄鉱石輸出基地の隣接地に建設されている。前面を大西洋

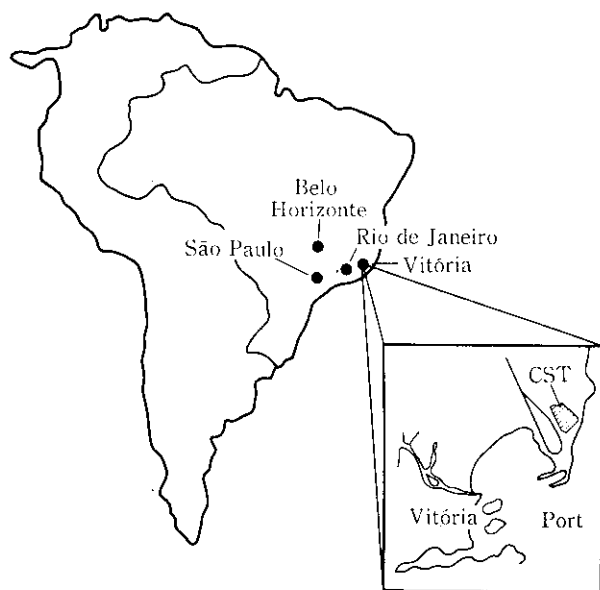


Fig. 1 Location of the site

に接する標高約 18 m の丘陵地で、製鉄所の建設地として非常にめぐまれた条件を有している。

ツバロン製鉄所の建設地は、当初からブラジル側が誘致場所として選定していた所であったが、その後、日・伯・伊のパートナー間で詳細調査を行った結果、製鉄所の用地として最適な条件をそなえていることが立証され、最終的に立地として確定された。その主な理由は以下の通りである。

- (1) 気候が温暖で、台風などの襲来がなく、天災の少い地域であること
年間降雨量: 1 238 mm 気温: 13°C~37°C (平均 24°C)
平均風速: 4.6 m/s (最大風速 18 m/s)
- (2) 地質条件が非常に良好で、地震の発生も皆無であること
- (3) 隣接地にバリ・ド・リオ・ドセ社の鉄鉱石の大輸出基地があり、原料の入手が容易であること
- (4) 工業用水、電力が豊富で入手しやすいこと
- (5) エスピリット・サント州の政治・経済の中心地ヴィトリア市に近く、住宅、病院、道路、鉄道、港湾などのインフラストラクチャーが整っていること
- (6) 労働力が豊富で質も高いこと
- (7) 工業に見るべきものの少ないエスピリット・サント州に製鉄所を誘致し、地域産業開発のテコをしたいというブラジルの政策に合致すること

ツバロン製鉄所は、将来の増設を見込んで約 1 360 万 m² の敷地が準備されているが、このうち、今回約 700 万 m² (2 期工事用の用地 200 万 m² を含む) を整地して使用している。

3.2 原料及びユーティリティの供給

3.2.1 鉄鉱石

製鉄所の主原料である鉄鉱石は、隣接地にあるバリ・ド・リオ・ドセ社から供給されている。主たる鉄鉱石は、ミナス・ジェライス州産の CAUE, CONCEICÃO, CAPANEMA, TIMBOPEBA で、既設の鉄道を利用して輸送されて来た後、カーダンパーで受け入れられる。第 1 期生産時における鉄鉱石原料使用計画は、焼結鉄約 85%、整粒鉄約 15% となっている。

3.2.2 石炭

ブラジルは製鉄用の強粘結炭の産出がなく、輸入炭の使用比率が

高い。当面はブラジルの石炭購入源を多様化するという政策もあり、アメリカ炭、ポーランド炭、カナダ炭、オーストラリア炭を主体に、ブラジル国内炭を約 10% 配合している。

3.2.3 副原料

石灰石、マンガン鉱、蛇紋岩等の副原料は、ブラジル国内のミナス・ジェライス州及びエスピリット・サント州で産出するものを現在使用している。

3.2.4 電力

ツバロン製鉄所第 1 期における電力使用量は、93 万 MWH/y の予定で、このうち 58 万 MWH/y を自家発電、不足分 35 万 MWH/y をエスピリット・サント州中央電力公社から供給を受けている。

中央電力公社から受電する電力は、周波数 60 Hz、電圧 138 kV で、製鉄所内部の使用電圧は、制御系統を別として 13.8 kV、3 300 V、440 V、220 V、110 V である。

3.2.5 工業用水

ツバロン製鉄所では、海水及び淡水を工業用水として使用している。海水は主として冷却用に用いられ、使用量は約 39 700 m³/h、製鉄所前面の大西洋から取水し必要プラントに配水している。使用海水の水質は、平均 ss 10 ppm、温度 max 28°C である。

工業用水として使用される淡水は、エスピリット・サント州水道公社が、製鉄所の近くを流れるサンタ・マリア川から取水して給水している。給水量は第 1 期で 71 000 m³/d (飲料水 11 000 m³/d、工業用水 60 000 m³/d)、第 2 期で 122 000 m³/d の予定である。水道公社は、浄化処理を行わない原水を供給しており、ツバロン製鉄所が設置した水処理設備で浄化された後、製鉄所内各所に配水される。原水の水質は pH 5.8~8.6、ss 20 ppm 以下、濁度 20 度以下である。

3.3 港湾

原料炭の受入れや製品の出荷に使用される港湾は、製鉄所の近接地のツバロン地区に、ブラジル政府が主体となって建設している。この港は、現在のヴィトリア商業港を補完する公共港として建設され、主として鉄鋼製品及び鉄鋼原料を取り扱う計画である。第 1 期工事完了時の設備は、概略下記の通りである。

石炭バース: 岸壁長さ 728 m, 水深 18 m

クレーン 1 800 t/h 2 基 (現在 1 基稼働中)

鉄鋼製品バース: 岸壁長さ 638 m, 水深 14.5 m

クレーン 35 t 4 基 (現在 2 基稼働中)

4 設備概要

4.1 工場全体配置及び生産フロー

ツバロン製鉄所の工場配置は、Fig. 2 に示す通り、大西洋側から石炭ヤード、コークスプラント、鉱石ヤード、焼結プラント、高炉プラント、製鋼プラント、分塊プラントが順次配置され、生産工程に沿って最も合理的に物が流れるよう、各プラントが有機的に配置されている。工場敷地は平均標高約 18 m、鉄鉱石や副原料は内陸から貨車で、また石炭は船で輸送されて来る。工場全体配置計画の立案に際し重視された点は、以下の通りである。

(1) 将来へのつながり

年産能力 600 万 t の第 2 期計画への拡張が容易に行えるとともに、将来 1 200 万 t/y の生産能力をもつ場合でも合理的な工場配置となるよう、第 1 期段階から配慮されている。また、各種の圧延設備を将来設置することもできるように、スペース及び物流の

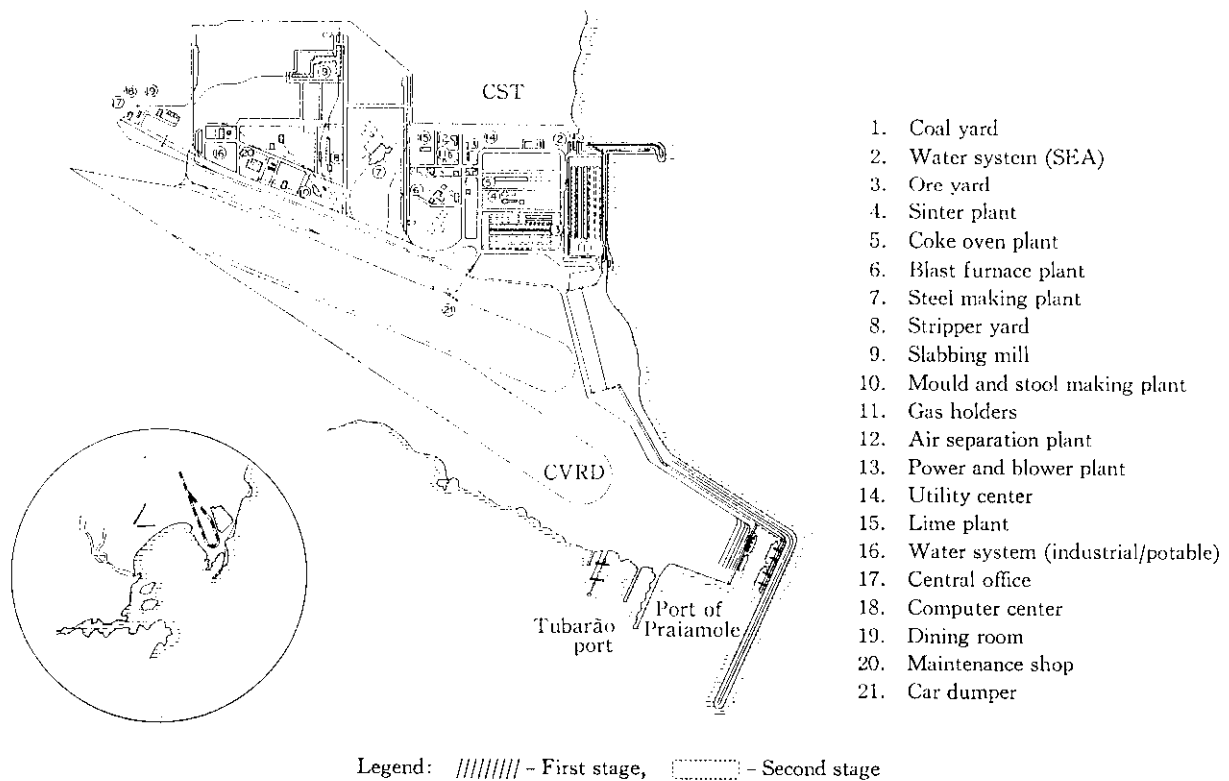


Fig. 2 General layout

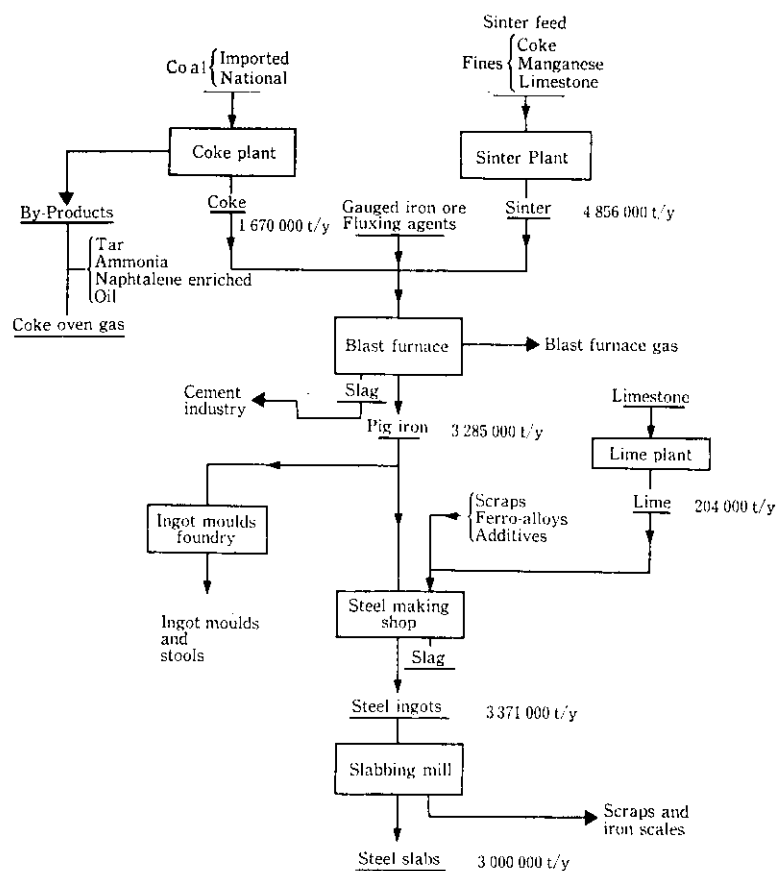


Fig. 3 Materials flow

面で十分考慮するなど、将来の多様な要求に対応できる工場配置が考えられている。

(2) 物流への対応

前述の通り、製鉄所敷地は標高約 18 m で、港湾地区とは約 11 m の標高差がある。生産されたスラブは鉄道で港まで運ばれるが、14 m の標高差があると鉄道の許容勾配から見て約 4 km の距離が必要となる。一方、大量の原料炭は港から搬入されて来るが、輸送距離が長いと輸送コストも増大してしまう。この二つの要因を考え、大西洋側より順次内陸部へ物が流れるレイアウトを採用した。

(3) 敷地条件と地盤強度への配慮

製鉄所の敷地は、日本の臨海製鉄所のような埋立地ではなく、自然の台地を整地して造成しているため、丘陵地の部分の他、川や沼であった所もあって、地盤支持強度は場所によって大きく異なっている。工場全体配置決定に当たっては、基礎荷重の大きい主要設備は全て地盤強度の大きい切土部へ配置するとともに、プラント間の接続と物流距離の短縮化も考慮し、建設コストの低減がはかられている。

設備計画の基本となる生産フローは、Fig. 3 のように計画されている。製鋼プラントで使用するスクラップは、全量場内発生スクラップでまかなわれる。

4.2 設備概要

4.2.1 全 般

ツバロン製鉄所は、第 1 期として高炉 1 基、転炉 2 基、分塊 1 基の設備を保有し、スラブ年産 300 万 t の能力をもつ最新鋭の半成品一貫製鉄所である。各プラントは、操業及び保守、環境保全、製造コスト低減、将来への拡張余地など種々の面で配慮がなされる一方、ブラジル国の製鉄技術レベルやスラブの多様な販路を考慮して、以下の考え方を基本として計画されている。

(1) 各プラントは、最新の設備及び技術を導入することを基本とするが、ブラジルで操業することを配慮し、計画時点で確立されていた技術にもとづくものであること

(2) 多様な品種、寸法のスラブが生産できる設備であること

(3) 生産効率が良く、また労働生産性に優れた設備であること

(4) 環境管理に十分な配慮を行うこと

主要設備の概要を Table 2 に示す。

4.2.2 石炭ヤード、コークスプラント

石炭ヤードは、800 m 長×45 m 幅のヤード 3 面を有している。ベルトコンベアで港から輸送されて来た石炭は、スタッカーで受け入れられてヤードに貯蔵された後、リクレーマーで払出され、配合槽によって均一な品質に配合されてコークス炉に送られる。

コークス炉は、カールスチール式で炉高 6.5 m、炉長 16.9 m、49 門×3 炉団合計 147 門という世界最大級の設備である。コークスの消火設備としては、乾式消火方式を採用し、コークス顕熱の有効活用化とコークスの品質向上がはかられている。また、廃水処理として活性汚泥処理方式が採用されている。

4.2.3 鉱石ヤード

鉱石ヤードは 2 面、各 640 m 長×50 m 幅である。貯鉱能力は、日本の場合に比しかなり少ないが、これは高品質の鉄鉱石を随時安定して供給を受けられるという立地条件によるものである。鉱石は 7 槽の配合槽と 2 面のブレンディングヤードで均一な品質に配合され、焼結工場に送られる。

4.2.4 焼結プラント

焼結機は、有効吸引面積 440 m² のルルギードワイトロイド式大型焼結機で、生産率 33~37 t/m²・d、最大 500 mm の高層厚操業が可能である。主排風機は 2 基（1 基による片肺運転も可）、熱焼結鉱の冷却は円形押込式、集塵機は電気集塵方式が採用されている。また、操業管理のため、プロセスコンピュータも装備され、操業の安定化がはかられている。

Table 2 Principal specification of the plant

Plant	Main specification	Plant	Main specification
Coal yard	Number of yard: 3 yards Stacker: 2 500 t/h × 2 units Reclaimer: 750 t/h × 2 units	Steel making	Converter: 280 t × 2 units Inner volume of converter: 490 m ³ each Desulfurization equip.: torpedo car desulfurization type Production capacity: 3 371 000 t/y
Ore yard	Primary yard: 2 yards Blending yard: 2 yards Stacker/reclaimer: 3 600 t/h/2 500 t/h × 2 units Blending stacker: 2 500 t/h × 1 unit Blending reclaimer: 1 500 t/h × 1 unit	Slabbing mill	Soaking pit: 140 t × 30 pits Rolling mill: universal type Production capacity of slab: 3 000 000 t/y
Coke oven	49 ovens × 3 battery Height: 6.5 m Quenching equip.: dry quenching	Power & blower	Blower: 49 000 kW × 2 units Generator: 54 000 kW × 2 units Turbine: 66 000 kW × 2 units Boiler: 250 t/h × 2 units
Sinter	Type: Lurgi Df. sinter strand Effective grate area: 440 m ² Pallet width: 5 m Productivity: 33~37 t/m ² /d	Air separation	Air separation unit: 2 units Production capacity of oxygen: 21 000 Nm ³ /h each Production capacity of nitrogen: 18 000 Nm ³ /h each
Blast furnace	Inner volume: 4 415 m ³ Hearth diameter: 14 m Height: 110 m Production capacity: 3 285 000 t/y Casting machine: 3 000 t/d Torpedo car: 450 t	Mould & stool making	Type: Furan process type Production capacity: 4 000 t/m (ingot, mould) 12 000 t/m (stool)
		Others	Computer: FACOM M160 AD type × 2 units Lime plant: rotary kiln type × 2 units Gas holder: 150 000 m ³ × 1 unit 40 000 m ³ × 1 unit

4.2.5 高炉プラント

高炉は内容積 4 415 m³、南北アメリカで最大、世界でも 12 番目という大型高炉で、計画出鉄量は 3 285 000 t/y である。

出鉄口は 4 箇所、炉体冷却はステープ方式、炉頂装入装置には 2 ベル 1 バルブ連続旋回シュート式が採用されている。熱風炉はコッパース外燃式 4 基、付帯設備として水淬設備及び鋳鉄機を備えている。また、操業及び設備管理用としてプロセスコンピュータを装備した他、当社の開発した Go-Stop システムも導入、操業の安定化に大きく寄与している。

4.2.6 製鋼プラント

製鋼プラントは、280 t 純酸素上吹転炉 2 基により、年産 3 371 000 t の能力を有している。また、ATH 方式による溶銑トビード脱炭装置や操業管理及び転炉の吹練制御のためのプロセスコンピュータを装備し、高品質で効率的な生産が維持できるよう配慮されている。集塵器は、バームコ式 1 次集塵及びバグフィルター式 2 次集塵が設置されている。

4.2.7 分塊プラント

分塊プラントは、ユニバーサル型分塊ミルをもち、年産能力 3 000 000 t、スラブ最大幅 2 m、最大単重 35 t まで製造可能である。精整設備は、チェーンコンベア上下スプレイ型スラブクーラーと、全長 117 m の手入れコンベアが連結され、連続的にスラブが処理できるよう配慮されている。また、将来ホットストリップミルが設置された場合は、ダイレクトチャージも可能となるようレイアウト上配慮されている。

4.2.8 コンピュータ

製鉄所の生産管理及び事務管理用として、大型コンピュータ 2 台 (FACOM-M 160AD 型) を設置している。

5 建設工事

5.1 製作及び出荷

設備機器供給契約は、1978 年 10 月 31 日、ブラジル大統領臨席のもとに調印され、その後各国政府機関の諸認可を経て 1979 年 5 月、契約が発効した。日本側は前述の通り、高炉、焼結、送風発電、酸素、直銑、中央コンピュータ、燃料配給設備、受配電設備、ユーティリティセンター、海水設備、鉬石ヤード等の設備機器及び製鋼プロセスコンピュータのソフトウェアなどの供給を分担、ツバロン製鉄所との契約が締結された後、直ちにメーカーとの契約作業に入った。設備機器の製作は、契約発効と同時に着手され、1980 年 10 月には出荷第一船が出航する運びとなった。日本側の製作は順調に進捗し、1982 年 8 月をもって全ての出荷を完了したが、この間に日本から出荷した設備機器は約 244 000 freight ton (約 87 000 k・t) また、イタリア分担設備は、1980 年 12 月に第一船を出荷、総輸送重量は約 116 000 k・t である。

日本から出荷する貨物は、集中管理によるコスト・ダウンと海上運賃低減をはかるため、当社の千葉・水島両製鉄所に集荷し、定期船に満船ベースで積載して出荷を行った。この結果、約 14 億円の運賃節約ができる一方、船会社も効率的な輸送が可能となって、双方に大きな利益をもたらした。設備機器の設計・製作に当たって特に留意した点は、現地の特長条件 (気象、環境、その他) への配慮と、予備品・消耗品はできるかぎりブラジルで入手可能なものを選択するという点であった。

5.2 土木工事

製鉄所予定地の伐採工事は、1976 年 9 月に着工され、引き続き測量、ボーリングによる土質調査、高炉予定地の載荷テスト等が本格的に開始された。これらの調査結果をふまえて、主要設備の最終位置及び土地造成工事の詳細計画を確定、1978 年 4 月から土地造成工事に着工、1980 年 5 月には高炉基礎工事が着工され、土木工事は最盛期を迎えることとなった。

主要設備を配置した丘陵部分は、風化した第 3 紀層に属し、粘性土層の分布する地盤で地耐力が非常に高い。主要設備の基礎構造は、工程への影響が大きいきりばかりでなく、経済性の面でも大きな影響を与える。当社の技術陣は、工程短縮及びコスト最小化を狙って、ボーリングデータ、載荷テストデータ、水タンクによる荷重テストデータ等の詳細な解析をもとに基礎構造の検討を重ね、最終的に基礎抗なしの構造とすることを決定した。特に高炉基礎については、post tension 工法の採用とフィードバック機能をもった observational construction control system (OCC システム) による施工管理を実施し、安全・工程・経済性などの面で非常に大きな効果をあげることができた。参考に、本工法によって施工された高炉プラントの基礎沈下状況を Table 3 に示すが、高炉本体と熱風炉の基礎の相対沈下量は最大でも 3 mm 以下で、非常に良好な状態であることがわかる。

Table 3 Settlement of blast furnace plant's foundation

	Foundation of blast furnace proper		Foundation of hot stove		Relative settlement (mm)
	Intensity of load (t/m ²)	Settlement (mm)	Intensity of load (t/m ²)	Settlement (mm)	
Mar. 1982	19.0	1.6—2.6	14.9	1.7—2.3	0.1—0.9
Sept. 1982	22.4	3.7—5.4	20.8	3.9—5.3	0.2—1.6
Nov. 1983	25.9	5.3—7.9	23.2	6.0—7.1	0.2—1.9
Jan. 1984	28.6	5.0—7.9	23.2	5.3—7.1	0.3—2.6

Note: Basic level (zero point) for the above settlement is foundation level of erection work starting date.

土木工事は、ブラジルが得意とする分野で、技術力・施工能力とも相当高いレベルにあるが、工程管理技術は日本の力が要求された面であった。土木工場の遅延は、建設全体工程に大きな影響を与えるので、当社から土木部門と工程管理部門に出向した技術者が中心となってきめ細い工程管理を導入、その結果、主要工事はほぼ予定通り完了することができた。第 1 期工事で実施された土木工事は、土地造成工事の土量約 14 000 000 m³、基礎及び構造物への打設コンクリート量約 710 000 m³ となっている。

5.3 据付工事

設備機器の据付工事は、コークス炉が 1980 年 12 月、高炉が 1981 年 1 月より着工され、約 3 年弱の歳月をかけて行われ、1983 年 11 月、製鉄所の本格稼働を迎えるに至った。Photo 2 に完成した製鉄所の全景を示す。この間据付工事に携わった作業員は延 730 万人・日、据え付けられた設備機器の総重量は 350 000 t におよぶが、その内訳は概略下記の通りである。

機械設備 : 104 000 t
耐火物 : 116 000 t
電気・計装品 : 15 000 t
鉄鋼構造物 : 89 000 t

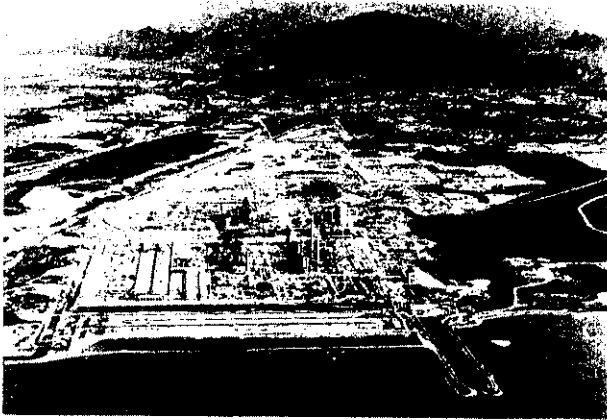


Photo 2 General view of Tubarão Steel Works

配管材料他 : 26 000 t

合 計 : 350 000 t

当社が納入した設備機器は、大きなトラブルもなく順調に据付工事が進捗し、焼結プラントは1983年2月、高炉プラントは同年3月、無負荷テストを完了した。その後、若干の工事中断を経て負荷テストを再開、各プラントは順次稼働に入った。以降各プラントは、非常に順調に稼働している。以下に据付工事の経過・内容につき特徴的なことを中心に説明する。

5.3.1 工事管理と据付工事指導

据付工事は、日、伊及び伯の設備供給者が派遣した据付工事指導員（スーパーバイザー）の技術指導のもとに、ブラジル据付業者によって行われた。第1期工事に関係した据付業者は、大部分がブラジル内の有力業者であり、施工技術面ではかなりのレベルをもっている。当社は工事管理・工程管理面を重点に協力を行った。ツバロン製鉄（株）に出向している当社の技術者及びスーパーバイザーが、当社がこれまでの建設を通して培ってきた工程及び工事の管理技術をベースに指導を行った結果、当社分担設備については、品質的にも日本国内のそれと比べても劣らない良好な据付がなされた。なお、日本から派遣されたスーパーバイザーは、延490名、4049人・月となっている。据付工事契約は、ブラジルの製鉄所建設で一般的に採用されているコスト・プラス・フィー方式ではなく、ユニット・プライス方式が採用された。ユニット・プライス方式は、工事を細目に分類し、各分類作業単位ごとに単価を決めるもので、据付業者に広範囲の責任をもたせることによって工事費の低減がはかれるが、一方、入札までに多量の図面やデータを準備しなければならない。当社の建設経験と蓄積データを活用して強力にバック・アップを行い、前記方式による契約が実現した。

5.3.2 据付工事工程

各プラントの据付工事工程実績は Fig. 4 に示す通りである。日本側の分担設備は、当社から出向している技術者、スーパーバイザー、ツバロン製鉄所建設担当者との間の緊密な協力関係と、工程及び工事管理面での適切な指導とによって、ほぼ当初に予定した工程で試運転を完了させることができた。工程推進に効果の大きかった要因としては、上記の関係者及びメーカー各社によって実施された以下の点が考えられる。

- (1) 製作工程管理を厳密に行い、納期遅れが出なかったこと
- (2) 船積・輸送に十分な対策を取り、輸送中の破損を最小限に抑えたこと
- (3) 基礎工事工程・据付工事工程・製作工程間の調整が的確に行われたこと

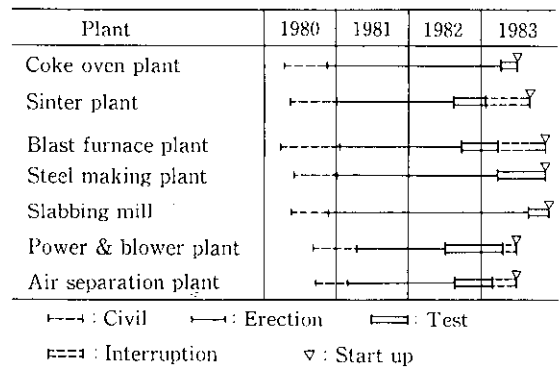


Fig. 4 Construction time schedule

6 操 業

6.1 ツバロン製鉄（株）運営のための人材派遣

ツバロン製鉄（株）は、重役5名だけのパイロット・カンパニーより出発し、順次人員の採用を行っていった。しかし、生産活動を開始していない新会社という性格上、人員の採用は極力押えざるをえないし、経験者の採用もなかなかむずかしい。設備計画や建設の段階では、設備の基本仕様や操業基本方針を検討し、ツバロン製鉄所としての意志を具現化していくのはもちろんのこと、機器供給者の提出する設備仕様も検討しなければならない。しかし、経験者が少なく人員も少数では、おのずと限界が生じて後々問題を残しかねない。このような状況のもとで建設と操業を円滑に進めるためには、製鉄所の建設・操業・運営に十分な知識と経験をもつ社員を、株主である当社と FINSIDER から派遣することが必要とされ、両者よりツバロン製鉄所に出向者を派遣し、組織の要所要所に配置することとした。ツバロン製鉄所の社員としてブラジル人社員を指導し助言し、あるいは自ら取り組んで問題の早期解決をはかるためである。

1977年3月、外国人雇用に関する基本協定（出向協定）を締結し、各部門へ社員の派遣を開始した。

ツバロン製鉄（株）の重役は、社長・資金担当・建設担当をブラジル、生産技術担当を日本、経理担当をイタリアが分担している。建設担当重役のもとには、工程企画本部、設計技術本部、工事本部、購買契約本部があり、各々の下に2つの部が配置された。各本部には、日・伯・伊が1名ずつ人を派遣、本部長・部長のポストを分けあうトロイカ方式がとられた。当社は、建設部門の組織の長として

Table 4 Loaned employee from Kawasaki Steel and FINSIDER to Tubarão Steel

	78/E	79/E	80/E	81/E	82/E	83/E
From Kawasaki Steel						
Construction division	5	10	13	14	14	10
Production & technical division	2	6	11	14	16	17
Personnel & general affairs dept.	1	1	2	2	2	2
Accounting dept.	2	2	2	2	2	2
Total	10	19	28	32	34	31
From FINSIDER	6	6	16	20	19	15

本部長1名、部長3名を派遣、日本流の建設管理を浸透させるのに役立った。当社派遣の役員が担当する生産技術部門は、指示の徹底と情報収集の的確化をはかるため、ブラジル人管理職を補佐する出向者を、全範囲に網羅的に配置した。

一方、特定の問題解決のため、1977年4月に専門技術者の役務に関する契約（パートタイマー契約）を締結、問題発生ごとに専門技術者を短期間派遣し、出向者やブラジル人社員の業務を補完することとした。現在までの当社派遣パートタイマーは、合計300人・月である。また、出向者派遣状況をTable 4に示す。

6.2 トレーニング

ツバロン製鉄所は、円滑なスタートアップと安定した操業ができるよう、鉄鋼業及び類似職種の経験者の採用に努めるとともに、社内、ブラジル国内、海外にわたる大規模なトレーニングを計画・実施した。採用の結果は、生産・技術部門の在籍（1984年4月）4946名のうち、(1) 三大ミル（USIMINAS, CSN, COSIPA）経験者619名、(2) 三大ミル以外の鉄鋼業経験者1320名、(3) 類似職種経験者1623名を確保することができ、未経験者は1384名となった。

ブラジル国内のトレーニングは、前記(2)、(3)の採用者のうち1400名を対象に、大半が三大ミルにおいて、運転・整備の実機訓練を主体に3箇月間行われ、一貫製鉄所での実務未経験者を戦力化する上で大きな成果をあげた。

海外でのトレーニングは、設備機器の供給区分に従って、当社とイタリアにおいて、各職種の中心となる技術者の技術水準向上を目的として平均4箇月実施された。当社には114名、イタリアには132名が派遣されている。

当社でのトレーニングは、1978年10月に訓印されたトレーニング役務協定にもとづき、高炉、焼結、発電送風、計測、システムなどの職種を対象に、千葉・水島両製鉄所で実施された。研修生の構成は、管理者24名、技師53名、監督者クラス37名で、その75%が三大ミル出身者であった。研修の主眼は、研修生が未経験の大型設備を対象に、その操業・整備の固有技術と管理技術の習得におかれたが、研修生の技術習得の意欲はきわめて高く、満足すべき成果をおさめた。研修生は、研修の成果を技術標準書にまとめて持ち帰り、これがスタートアップ前の各種標準の整備を進めるうえでの要となった。また、この研修のトレーナーが、後述の操業指導員の中核として派遣されたことにより、操業指導をきわめてスムーズに展開することができた。

6.3 操業指導

新鋭製鉄所の円滑な稼働のため、前述のトレーニングとあわせて、株主の協力による操業指導の必要性が討議され、1983年6月、操業指導契約が締結された。また、一部の設備については、必要に応じてパート・タイマーとして技術者を派遣することも合意され、実質的には1983年1月から操業指導が開始された。

操業指導の目的は、ツバロン製鉄所が円滑なスタートアップ・操業・保全を達成できるよう指導することにある。操業指導契約の締結に先立って、指導分担が協議され設備供給分担と操業経験を勘案し、Table 5の分担と派遣者数が決定された。当社は、ヨークス乾式消火設備（CDQ）・鉬石ヤード（保全関係）・焼結・高炉・製鋼（操業関係）・送風発電・水設備・配電設備・燃料設備・生産管理技術等を担当することになった。CDQ及び製鋼はイタリア納入設備であるが、製鋼は当社の操業技術が高く評価されたため、またCDQは当社しか操業経験がなかったため、当社が操業指導を行うことに決ったものである。操業指導に派遣された人員は、総計279名（当

Table 5 Number of engineers for operation guidance

No.	Plant	KSC	FIN	SID
1	Coal yard and coke oven	—	9	7
2	Coke dry quenching	7	—	—
3	Ore yard and sinter	6	1	8
4	Blast furnace	22	—	19
5	Steel making plant	23	9	24
6	Slabbing mill	—	17	15
7	Maintenance shop	—	—	11
8	Refractories	—	—	7
9	Mould and stool making plant	—	—	4
10	Power & blower plant	11	—	—
11	Air separation plant	—	—	11
12	Water systems	5	—	3
13	Power distribution system	2	—	—
14	Fuel distribution system	6	—	—
15	Production control	10	—	5
16	Instrumentation and others	15	16	3
17	Chief superintendent	1	1	1
Total		108	53	118

KSC: Kawasaki Steel

FIN: FINSIDER

SID: SIDERBRAS

社108名、ブラジル118名、イタリア53名)で、派遣期間は高炉火入れ数箇月前から火入れ後約8箇月までである。

当社からの指導員派遣は、1983年1月より開始され、各プラントの操業開始の準備作業の指導に入った。

操業開始直後の指導方針は、「致命的な設備上の事故を防止すること」を最重点としたが、これも約1箇月後にはほぼ達成され、2箇月目以降は早くも「生産量の確保と製品の品質向上」に指導要点を移すことができた。その結果、本年初めにブラジルの製鉄会社であるUSIMINAS及びCSNで行ったスラブのテスト圧延では、ブラジル国内で最高の品質という評価を得ることができた。その後、「コスト低減」についても強力に指導したので、その効果もあらわれるものと期待される。一方、電気、計測及び機械保全部門においても、長期にわたる地道な努力が要求される保全業務について、その基本的考え方及び具体的な実施方法について重点的に指導を行ったので、徐々にその効果があらわれてくると予想される。指導に当

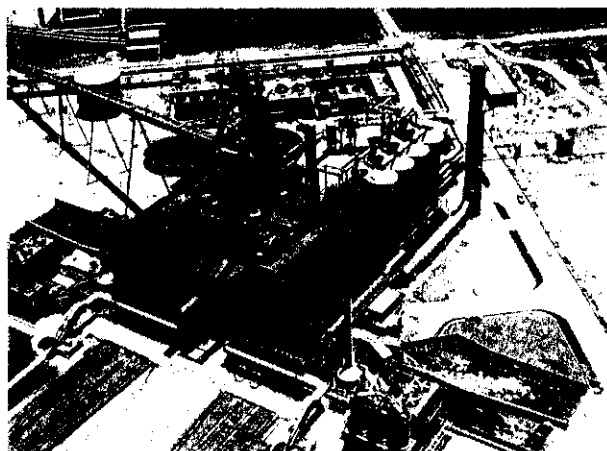


Photo 3 General view of No. 1 blast furnace

たっては、言語・習慣の差が大きな壁であった。当社側もツバロン製鉄所側もその解決に多大な努力を払ったが、結局、お互いに協力しあいながら相互理解に努めるという姿勢が問題を解決し、支障なく操業指導を完了することができた。

Table 6 Actual operation data

	Items	April '84	May '84
Production volume	Coke	105 503 t	131 318 t
	Sinter	340 183 t	380 455 t
	Hot metal	193 926 t	220 923 t
	Ingot	177 228 t	201 558 t
	Conditioned slab	154 768 t	182 922 t
Main data	Productivity of iron	1.5 t/d m ³	1.6 t/d m ³
	Si in hot metal ($\bar{x}$)	0.44%	0.53%
	S in hot metal ($\bar{x}$)	0.023%	0.027%
	Mn in hot metal ($\bar{x}$)	0.78%	0.66%
	P in hot metal ($\bar{x}$)	0.103%	0.099%
	Hot metal desulfurization ratio	91.2%	98.5%
	Hot metal ratio	89.9%	90.3%
	Steel yield	94.5%	94.9%
	Slabbing yield (after scarfing)		
	Open rimmed steel	86.8%	87.4%
	Capped steel	90.3%	91.5%
	Semi-killed steel	90.9%	83.6%

6.4 操業状況

ツバロン製鉄所は、稼働以来順調な操業を続けている（高炉全景を Photo 3 に示す）。1984 年 4 月及び 5 月度の生産実績を Table 6 に示すが、4 月は、一部プラントの性能テスト及び製品スラブの客先での品質確性テスト等を実施したため、生産量をかなり抑えながら操業していたことを付記しておきたい。販売に先立って実施されたテスト圧延では、各規格仕様を全て達成する好成績をおさめ、品質の良好なスラブであることが立証されている。ツバロン製鉄所は、順調な設備稼働状況及び技術の習得状況から見て、世界でも最高水準の操業を維持できるものと期待される。

7 結 言

本プロジェクトは、建設費総額 31 億ドルというビッグプロジェクトで、また、日・伯・伊三国合弁という特殊性をもつプロジェクトであったため、それなりに幾多の障害も発生し、長い期間を費やすことにもなった。しかし、プロジェクトの当初から操業に至るまで、一貫して協調の精神を保持し、関係者が熱意をもって事に当たったことが、プロジェクト成功の鍵であったと考えられる。鉄鋼需給の不安定な時期に稼働したツバロン製鉄所ではあるが、世界的な経済立ち直りもあって、鉄鋼市況にも明るさが見えはじめている。順調な操業と経営の安定を期待してやまない。

最後に、本プロジェクトに対し、常に温かい御支援と御協力をいただいた政府関係機関をはじめ、金融機関、商社、メーカー各社の方々に、心から感謝の意を表する次第である。