

インド バンプール 製鉄所  
近代化計画  
調査報告書  
(要約)

1987年 6月

国際協力事業団

工 計 鉦
JR
87 - 75





JICA LIBRARY



1013831C17



インド バンブール 製鉄所

近代化計画

調査報告書

(要約)

1987年6月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日	'87. 6. 12	107
登録 No.	16557	66-4 MPI

# 目 次

	頁
1. 調査の概要	1
2. BURNPUR製鉄所の現状と問題	5
3. BURNPUR製鉄所の近代化	8
4. 財務分析	15
5. 経済分析	18
6. 結論と勧告	21





# 1. 調査の概要

## 1-1 調査の目的および経緯

○ 本調査は、インド政府の要請に応じて、インド鉄鋼公社 (SAIL) 傘下のインド製鉄会社 (IISCO) BURNPUR 製鉄所の近代化のために、その現状を調査し、技術的および財務・経済的な検討を加えて、近代化計画を策定することを目的として実施したものである。

そして本調査は、既存設備の改修、操業のアドバイスを目的としたものではなく、既存設備の有効利用をはかりつつ、隣接地での新規設備の導入により、IISCO・BURNPUR 製鉄所の近代化をはかることにある。

○ 1985年11月ラジブ・ガンジー首相が訪日した際に、インド鉄鋼業の近代化について日本政府に対して協力要請がなされた。

これを受けて国際協力事業団 (JICA) は、1986年2月予備調査団をインドに派遣し、インド政府との間で、BURNPUR 製鉄所近代化についてのフィージビリティ・スタディ (F/S) 実施のための Scope of work (S/W) に署名した。

○ JICA は、本 F/S の実施を (社) 日本鉄鋼連盟に委託した。

日本鉄鋼連盟は、15名の専門家による調査団を編成し本 F/S を実施した。

調査団は、1986年6月から7月にかけて約1カ月間、BURNPUR 製鉄所を中心とする工場設備、サイト等についての現地調査ならびにインド側関係機関との協議を行ない、帰国後は、現地調査により得た資料・情報をもとに約3カ月間、国内検討作業を実施した。現地調査期間および国内検討作業期間とも通常の F/S を行う期間としては極めて短いものであった。

○ 調査団は、1986年11月来日したインド側関係者との間で6日間にわたり F/S の内容に関する中間協議を行なった。

この協議におけるインド側の強い要望により、限られた資金で投資効率を最大限にすると観点から設備投資の見直し等のための検討作業を、調査団は再度実施することとなった。

○ 本 F/S 報告書は、1986年11月から1987年2月にかけての再検討作業の結

果を、最終報告書としてとりまとめたものである。

ドラフトファイナルレポートの説明のため、JICAは1987年3月18日から25日にかけてミッションをインドに派遣した。ミッションはインド大蔵省、鉄鋼鉱山省ならびにSAILに対して詳細にレポートの説明を行い、3月24日SAILおよび鉄鋼鉱山省との間でミニッツを締結し、1987年6月末までにファイナルレポートをインド側に提出することを日印双方で合意した。

JICAは、本報告書がIISCO・BURNPUR製鉄所の近代化のために貢献できることを期待する。

## 1-2 調査の範囲

- 本F/Sの対象範囲については、1986年2月25日から13日間インドに派遣されたJICA予備調査団が、インド政府との間で署名したS/Wに定められている。
- IISCO・BURNPUR製鉄所については、原料、製鉄、製鋼、圧延にわたる全工程を調査対象とし、製鉄所の近代化計画を策定するための調査を行なった。

IISCO・GUA 鉱山については、BURNPUR製鉄所近代化との関連で必要となる鉄鉱石の粉鉱処理のみを対象とした。

### 1-2-1 現地調査

IISCO・BURNPUR製鉄所については、原燃料、製鉄、製鋼、圧延の全生産工程、さらには機器整備、ユーティリティ等の各分野について、設備・機器の現状、操業の状況および組織、要員、財務等の現状について調査を行なうとともに必要なデータを入手した。

なお、今回のF/SはBURNPUR製鉄所のみを対象としたものであり、周辺の鉄道、道路、township等の周辺インフラは調査の対象としなかった。

調査団は、近代化計画策定の参考とするために、インドにおいて操業中のSAILのBHILAI、BOKARO、DURGAPURの製鉄所、IISCO・KULTI 鑄造工場およびTATA製鉄所等を視察した。

また、インドにおける鉄鋼需給の現状と見通し等関連する資料・情報の収集を行

なった。

IISCO GUA 鉱山については、粉鉱処理関係の現地調査を行なった。

現地調査中に調査団が面談したインド側関係者は、SAILおよびIISCOのカウンターパートをはじめ180余名に及ぶ。

現地調査の実施にあたってご協力いただいた方々に対して、JICAは深く感謝申しあげたい。

### 1-2-2 国内検討作業

現地調査で得た資料・情報をもとに、各分野の技術専門家が生産技術、設備、工場レイアウト、要員等について検討し、各分野の近代化案を策定した。

また、それらについて製鉄所レイアウト、マテリアルバランス、エネルギーバランス、設備投資額等について全体的な調整を行ない、総合的近代化計画を策定した。

さらに、この近代化計画を基に財務分析、経済分析を実施した。

以上の国内検討作業を行なうにあたっては、次の諸点を前提条件として検討を進めた。

(1) 製鉄所の規模については、JICA予備調査団がインド側と協議した結果を基に、粗鋼生産能力200～250万トン/年を目指すこととし、生産方式は高炉、転炉方式を検討することとした。

(2) 製鉄所近代化のために必要な工場用地は、IISCO所有の隣接地を活用するものとして考えた。

(3) 生産品種については、SAILから供与された需給見通しによってインド側と協議した結果、Non-Flat（条鋼類）中心に検討を進めることとした。

また、製鉄所のスペースの限界、さらには現有設備をなるべく活用するためにも、製鉄所の性格は現在と同様Non-Flat中心とするのがベターと考えた。

(4) 生産性と生産技術レベルはインドにおける他の製鉄所に劣らない(not inferior)レベルとし、かつ可能なかぎり国際水準に近づけることを目指すものとした。

(5) 輸入機器の価格の見積りは、日本国内調達価格に基づいて行なった。インド・ボーションの価格については、インド側から単価が得られたものはそれに基づいて見積り、得られないものについては、日本国内調達価格をもとに推計した。

- (6) 現地調査期間の制約等のため、F/Sに必要なデータ、情報を十分に得ることができなかつたので、国内検討作業のそれぞれの段階で幾つかの前提条件ないし仮定を設けてF/Sを行なつた。
- (7) 現在IISCOが抱えている累積赤字は、今回の財務計算に一切影響をおよぼさないものとして財務分析を行なつた。

## 2. BURNPUR 製鉄所の現状と問題点

### 2-1 概 要

— BURNPUR 製鉄所の歴史は古く、1922年に第1高炉が稼働したのに始まる。その後1939年に平炉および圧延設備が稼働することによって一貫製鉄所を確立した。しかし、1950年代以降製鉄技術の進歩する時代にあつてBURNPUR 製鉄所は、今日までの長い間、諸設備の大幅な更新、改造を図ることなく、しかも諸技術(ソフト)の導入が少なかったことから考朽化のはなはだしい製鉄所となつてしまった。

現在同製鉄所は公称能力100万T(粗鋼)/Yに対し、歩留りと生産性が悪いため実績50万T/Yという低い生産を余儀なくされ、その結果1986年3月時点のIISCOの累積赤字は39億5,830万ルピー(13.25円/IRS換算で524億円)もの巨額に達している。

— BURNPUR 製鉄所の既存の生産設備は、先進製鉄国においては既に使用されていない、例えばベッセマー転炉—平炉による二重精錬法、ブルオーバーミル等の極めて効率の悪い設備を未だ稼働させているほか、いまだ1930年代、40年代に稼働した古い設備が改造されない状態で操業している。

設備の古さに加え、生産性向上のために当然製鉄所として持たなければならない焼結設備等原料の事前処理設備を保有していないことも問題である。

さらに各工程に共通して云えることは、操業の実態を把握する計装機器が極めて不備であり、例え備えていても故障しているものもある。このため、装入原料の粒度管理、水分管理や製鋼段階の温度管理等が不十分な状態にある。また、圧延段階では電気設備が古く、各種制御機能が劣っている。

— 以上のような状況がBURNPUR 製鉄所の操業の悪さを招いているほか整備の悪さも低操業の大きな原因の一つとなっている。

## 2-2 各工程別の問題点

### 石炭・コークス部門

- コークス炉炉体の損傷が激しくコークス生産性、COG発生量、使用量に悪影響を与えている。
- コークス炉の付属機器はいづれも古く、その上補修が充分なされていない。

### 鉄 鉍 石

- クラッシングおよびスクリーニング設備を持たないため粒度管理ができていない。またベンディング設備がないため、均一な成分が得られない。
- 焼結工場を持たないため、高炉の生産性が低くコークス比が高い。

### 製 鉄 部 門

- 現有4基の高炉すべての出鉄比、コークス比、スラグ比が極めて悪い。
- この生産性の低さは、①装入鉍石がすべて末処理鉍 ②コークス灰分が高い ③ 粒度管理、水分管理が悪い ④高温・高圧操業ができない 等に起因している。
- 高炉の長期安定操業および生産性を得るためには老朽設備の一新と計装設備、集中管理システムの充実が不可欠である。

### 製 鋼 部 門

- 現在操業中の二重精錬法は生産性等あらゆる点で古すぎる設備である。また、操業の実体を把握する計装機器が不十分で、温度管理も行なわれていない。
- 整備・保全が長期間放置されたままである。
- 造塊においては、資材品質が悪く作業事故の頻発、鋼塊品質の低下をもたらしている。

### 圧 延 部 門

- 設備が古いのみならず、長期にわたって設備の改善がなされていない。とくに電気機器が古い。
- 近代化計画検討の対象期間中に休止する必要があるミルは、中形工場と薄板工場。

### ユーティリティ

- BURNPUR 製鉄所が低い稼働率を強いられている原因の一つに電力会社からの電力供給(17MW)が不安定であること、さらにCOG不足によるエネルギー需給バ

ランスの崩れがあげられる。

- 一方、自家発電設備については、設備自体が古く、しかも、石炭粉砕機的能力不足、石炭の質の悪さ、管理用計器の劣化がめだっている。

#### メンテナンス

- BURNPUR 製鉄所の現状においては、不完全な整備が設備機器の寿命の低下を招き、それが修理件数の増加をきたし、さらに不完全な整備を招くという悪循環がみられる。
- 組織と要員（約 8,500 人）の肥大が著しく、末端組織、作業者への適確な指示、命令が伝わらないことが懸念される。

### 3. BURNPUR製鉄所の近代化

#### 3-1 品種選定について

BURNPUR 製鉄所の近代化に当っての品種選定については、SAILとの協議によって策定したインドの2000年までの品種別需給バランス見通しによって決定した。今回インド側ができる限り早い時期にBURNPUR製鉄所の近代化を実施するという前提にたてば、近代化完了時点における需給バランスから判断して、棒鋼製品を能力拡張のための対象品種として選定することが適当である。因みに棒鋼の需給ギャップは1986/87年△62万T、89/90年△87万T、95/96年△160万T、2000年△363万Tと年々拡大していく見通しである。

一方、熱延コイルの供給不足は95年段階にでてくるものの、その不足量は45万Tであり、BURNPUR製鉄所拡張の対象品種としては需要不足である。また、2000年段階では260万Tの供給不足が見込まれるが、その時点で熱延ミルを完成させるスケジュールを前提にすると、その時点までBURNPUR製鉄所の近代化を待たなければならず、しかも冷延ミル等の後工程設備を考慮すると棒鋼ミルに比べ投資金額も膨大なものになり、製鉄所の経営立て直しは困難にならざるを得ない。

#### 3-2 近代化計画の概要

##### 3-2-1 近代化される製鉄所の姿

近代化される製鉄所の姿は以下の通りである。

生産規模はNon-Flat製品を生産すること、新規設備建設のための利用可能面積(既存製鉄所の隣接地)が150万 $m^2$ と限られていること、さらに最大限の量産効果をねらうことを前提に、現在の100万T/Y(粗鋼ベース)能力(ただし実生産は50万T/Y)を215万T/Yに引き上げる。

石炭ヤード、石炭運搬設備、コークス炉、一部圧延機等将来においても利用できる既存設備はできる限り利用し、投資金額を可能な限り少なくする。しかし、焼結設備の新規導入、既設高炉の全面的な更新、二重精錬法から転炉法への全面転換、



連続鑄造設備の導入、さらには圧延設備の追加新設等能力拡張のためにはなくてはならない設備については新設ないし更新する。また、インドにおける電力供給の不安定性に対処するため自発発電所を新鋭のものに更新する。これら採用される新しい設備と技術については、インドの操業技術レベルに沿し、かつ世界的に確立された設備・技術を採用したつもりである。なお、新設備の建設は、既存設備の生産を停止することなく進めていくことになる。

一方、環境汚染から周辺住民を守ることを考慮し、必要な汚染防止対策を講ずることとした。

製鉄所のマテリアル・バランスは別表の通りである。

### 3-2-2 建設スケジュール

建設スケジュールを策定するに当って留意すべきことは、現在のような BURNPUR 製鉄所の操業状況が続けば、累積赤字が年々増大していくため、早く近代化を進め採算の採れる製鉄所にしなければならないという点である。このためできる限り早期に建設を開始するという前提で、建設スケジュールを組むと以下の通りとなる。

まず、早期に建設を進めるか否かの決定を行ない、オーナーコンサルタントを選定する。設備機械メーカー（サプライヤー）の選定は 89 年 3 月末までに行ない、さらに土地造成については 88 年までに開始し、89 年 9 月末までにほぼ完成しておく必要がある。

なお、215 万 T/Y 体制を達成するまでの通過点として 100 万 T/Y 体制（Step-1）が組まれるが、その期間はインド側の希望を入れ 1 年間とした。この Step-1 の期間は、設備立ち上げのための習熟期間となるが、新鋭設備と稼働中の既存設備の関係を保ちながらの生産開始、立ち上げといった難しい問題を内包しており、事前の準備は万全をきす必要がある。

### 3-2-3 工程別の近代化計画の概要

#### 石炭、コークス部門：

- CHASNALLA 洗炭工場の改造が BURNPUR 製鉄所の近代化計画が実施されるまでに完成し、灰分 17% の精炭 120 万 T/Y を使用できるものとする。
- 石炭使用量の増加に伴い、石炭新ヤードを建設する。

- コークス炉については、 $\#8$  炉団の次に  $\#9$  炉団が IISCO 側で再建され、近代化計画のための一つの戦力となる必要がある。

以上の前提の下で、100万T体制においては、既設の $\#8$ 、 $9$ 、 $10$  コークス炉団とその化成設備で対応する。また、 $\#5$  高炉へ塊コークスを搬送するコンベアーを新設する。

215万T体制では、再建済みの $\#8$ 、 $9$  コークス炉団に加え新設の大型 $\#11$  炉団の2地区で操業し、 $\#11$  炉団に対応する化成設備、コークス整粒設備、石炭ヤードおよび配合設備を新設する。また、受入れヤードから新ヤードへ原料炭を搬送するコンベアーを新設する。

#### 鉄 鋳 石、 焼 結：

- 鉄鋳石については、高炉装入原料としての適正粒度（ $10 \sim 30 \text{ mm}$ ）を確保するため、整粒設備を設置する。塊鋳石は30%の高品位鋳（購入鋳）と70%の一般鋳（GUA & CHIRIA）を使用する。粉鋳石はGUA鋳石を主体に配合する。塊の状態で入荷する石灰石やドロマイトのために破碎設備を設置し、焼結工場で使用する粒度（ $3 \text{ mm}$  アンダー）に破碎する。また、原料の品質を安定させるため、オアベディングシステムを導入する。
- 焼結設備を導入し、自溶性焼結鋳を生産し高炉の安定操業を図る。（第1焼結工場：92年、第2焼結工場：93年、各々稼働）

#### 製 鉄 部 門：

- 高炉の近代化は種々の案が考えられるが、長期的観点からみた最も望ましい近代化計画案は以下の通りである。

既設の4基の高炉が1993～1996年前後に巻替え期間を迎えることを前提に、まず93年に新 $\#5$  高炉（ $2,250 \text{ m}^3$ ）を火入れし、粗鋼100万T/Y体制に対応させる。次に1994年に新 $\#6$  高炉（ $2,250 \text{ m}^3$ ）を火入れし、 $\#5$  および $\#6$  の2基で粗鋼215万T/Y体制に対応させる。高炉の合計内容積は $4,500 \text{ m}^3$ 、操業度1.41、年間出鉄量220万T/Yとなる。既設の4基の高炉は1992年末または1993年頭初めに休止する計画である。

#### 製 鋼 部 門：

近代化のための設備は、転炉工場の基本設備の他に新鋭工場として具備すべき付帯設備としてOG設備、サブランス設備、自動煉瓦積設備を持つことになる。

転炉工場は100万T段階で130T炉2基整備1基稼働、215万T段階同3基整備2基稼働とする。

また、転炉の主要な副原料である生石灰は、その使用量と品質上の問題を考え、現在のシャフト炉を廃止し、大容量のシャフト炉を新設して直接供給できるようにした。

#### 連続鋳造設備：

100万T/Y段階ではブルーム連鋳1基（3ストランド、モールドサイズ300×400mm）、ビレット連鋳1基—Billet 1（8ストランド、モールドサイズ100mm SQ）を設置、連鋳比率は48.5%となる。

215万T/Y段階ではさらにビレット連鋳2基—Billet 2&3（6ストランド、モールドサイズ150mm SQと180mm SQ）を増設し連々鋳を実施、連鋳比率を86.2%までに高める。

なお、以上の連鋳はすべて最も普及している湾曲型を採用する。

#### 圧延設備：

既設の圧延設備は可能な限り設備の改善により活用していくことを基本にし、量の拡大に対応するものとして№1棒鋼工場（能力60万T/Y）と№2棒鋼工場（能力70万T/Y）を新設することとする。既設の圧延工場のうち、分塊工場、ビレットミル、大形工場、小形工場は第Ⅰ期（100万T/Y体制）、第Ⅱ期（215万T/Y体制）に対応できるように改造を加えて活用することとした。しかし、設備が古く、改造による近代化が困難である中形工場とシートミルは各々第Ⅰ期、第Ⅱ期時点で休止、廃棄とし生産計画から除外した。

なお、新設棒鋼ミルのプロダクトミックスはインドおよびBURNPUR製鉄所の丸棒と異形棒鋼の生産実績をもとに以下の通りとした。

新№1および新№2棒鋼工場のプロダクトミックス

Mill	Size of products (mm)	Quantity of product Unit : × 10 <sup>3</sup> T (ratio %)				Total
		10-12	14-22	25-38	40-80	
№1 Bar and section mill	10-32	180 (30)	300 (50)	120 (20)	—	600
№2 Bar and section mill	20-80	—	210 (30)	370 (53)	120 (17)	700
Total	10-80	180 (14)	510 (39)	490 (38)	120 (9)	1,300

## 整 備：

整備部門の新規設備投資については、100万 T 段階では行なわず、215万 T 段階において保全修理工場の集中化のほか、仕上げ工場、鍛造工場、電気修理工場等の更新、新設をはじめとする新規投資を行なうこととする。

なお、製鉄所近代化後の整備作業の範囲は以下の通りとする。

- ① 機器修理は原則として製鉄所内で行なう。
- ② 加熱炉の修理は全面改修を除き製鉄所要員が行なう。
- ③ 製鉄所構内線路および製鉄所が管理する線路の保線業務は製鉄所要員が行なう。
- ④ 構造物や建屋は部分的な修理を除き外部業者に発注する。

## ユーティリティ：

現状において操業維持のための電力供給が不安定なことから、製鉄所サイドとしては是非とも近代化計画において自家発電設備を建設したいとの強い要望が JICA ミッションに対して出された。

同要望を考慮し製鉄所内の自家発電所を建設することとした。その規模は第 2 期段階のガスバランスからみて 12 万 kW と定め、建設については第 1 期段階で 60 MW×1 基、第 2 基段階でさらに 60 MW×1 基、合計 2 基とする。

以上の電力供給設備のほか、エネルギー供給設備として、ガス、蒸気供給設備のほか、酸素設備を新・増設する。

## 土 木 建 築：

近代化に必要な新規設備建設用地は、工場廃棄物によって埋め立てられた用地および製鉄所敷地内の緑地に限定される。それらの総面積は約 220 万 m<sup>2</sup>であるが、複雑な敷地境界や地下の石炭鉱脈による制限を考えると、利用可能面積はせいぜい 150~180 万 m<sup>2</sup>程度と考えられる。

主な新設備の配置は以下の通り。

- 鉱石ヤード： DAMODAR 駅により近い製鉄所の南西部
- コークス関連設備： 主要な設備は新しい造成地に新設する。
- 圧延工場： 既存圧延工場に近い区域
- 製鋼・連鋳工場： 新圧延工場の位置と造成用地の形状を考慮して新圧延工場の南西側

- 高 炉：製鋼工場への溶銑の輸送、焼結、コークス工場からの原料受入れ、さらに既設のスラグ粉砕設備、スラグピット等の位置を考慮して配置
- 発電・受配電設備：DVCからの電力が既存工場地区から供給されること、および新設備への配電を考慮して既存工場と新設工場地区の間に配置

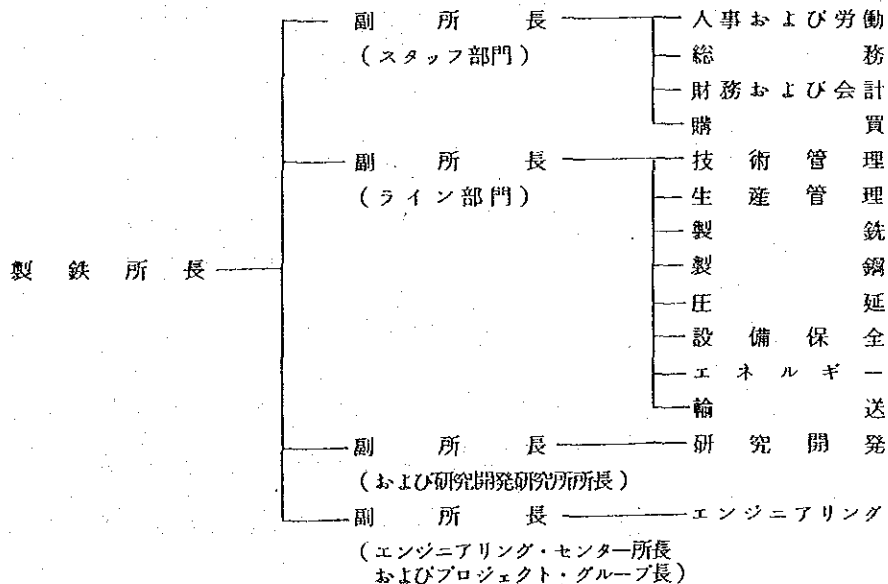
なお、土地造成にあたっての造成地域の地盤高は、上記配置計画に基づき最少の切土量および盛土量で新設の配置に必要な面積が得られるように計画した。

土木建築工事については、設備や構造物の基礎は直接基礎形式を採用、建物は製鉄所の建物について通常インドで適用している仕様を採用する。なお、重要な基礎あるいは重量のかかる基礎については、地盤改良をほどこした上で直接基礎形式を採用する。

組 織：

BURNPUR製鉄所の組織については、①組織の簡素化 ②技術進歩への対応 さらに ③管理面 の3つの観点から組織を見直した。

まず、現在の複雑な組織を徹底的に簡素化する。技術進歩への対応としてはソフト技術面の向上を図る意味でのR&Dの組織とシステムを確立するほか、より良い設備の導入を促進するためにエンジニアリング・センターを設置し、さらに経営・管理面では以下の組織が必要であろう。



要 員：

近代化を進めるにあたっての要員設定については、日本のシステムを前提にした。その結果、現状の BURNPUR 製鉄所の 7 直 3 交替制の勤務体制を 4 直 3 交替制とし、製鉄所の要員数を以下の通り設定した。因みに 1 人当り労働生産性は現在の 20～30 T/Man-Y が 215 万 T/Y 段階では 152 T/Man-Y に改善される。

製鉄所長 (1)	—	副 所 長 (1)	ス タ ッ フ 部 門 ( 570)	
	—	副 所 長 (1)	ラ イ ン 部 門 (13,254)	
	—	副 所 長 (1)	研 究 開 発 部 門 ( 189)	
	—	副 所 長 (1)	エ ン ジ ニ ア リ ン グ 部 門 ( 121)	
合 計 (1)	+	(4)	+	(14,134人)

## 4. 財 務 分 析

### 4-1 総投資額（第1 Stepと第2 Stepの合計）

総投資額は第1 Step 129,153 Rs.in Lakhs、第2 Step 115,713 Rs.in Lakhs、合計244,866Rs.in Lakhsである。

その内国内調達額は156,052Rs.in Lakhs(64%)、輸入調達額は88,814 Rs.in Lakhs(36%)である。

Table 4.1.1 総投資額内訳

(Unit:Rs.in Lakhs)

項 目	金 額	構 成 比 (%)
直 接 建 設 費	167,485	68.4
関 税 お よ び 税 金	45,872	18.7
エンジニアリング・フィー	7,396	3.0
教育訓練および操業指導	771	0.3
開 業 準 備	370	0.2
予 備 品	3,425	1.4
コンテインジェンシー	8,373	3.4
建 中 金 利	11,174	4.6
総 投 資 額	244,866	100

(見積り基準)

1) 見積り時点および使用通貨

国 内 分：1986年7月……ルピー

輸 入 分：1986年12月……円

2) 為替レート：1 Rupee = 13.25円(1986年7月)

3) 物価変動：織り込まず

4) 輸入品に対する関税率：5.5%

## 4-2 製造原価

第1 Step 良鋼100万トンベース、第2 Step 良鋼215万トンベースそれぞれの正常操業時における製造原価を変動原価、全部原価ごとに見積った。

製造原価の構造を認識し、併せて Sensitivity Analysis を行なった。

Table 4.2.1 製造原価(第2 Step 正常操業時)

(Unit: Rs./ton)

品 種	変動原価	全部原価	品 種	変動原価	全部原価
Sinter	201	324	Billet(№2,3CC)	1,401	2,522
Coke	981	1,416	Bloom(existing)	1,522	2,916
Hot metal	773	1,593	Billet( " )	1,615	3,257
Cold pig iron	775	1,650	Merchant products	1,555	3,061
Molten metal	1,327	2,345	№1 Bar "	1,488	3,057
Ingot casting	1,521	2,645	№2 Bar "	1,494	3,093
Bloom(№1CC)	1,402	2,598	H S M "	1,587	3,399
Billet(№1CC)	1,429	2,663	Saleable products	1,516	3,117

Table 4.2.2 製造原価の構造  
(第2 Step 正常操業時)

Item	Rs./ton
Iron ore (incl.fine)	204
Coking coal	778
Scrap( purchased)	168
Reused by-products	623
By-products	(-) 814
Depreciation	841
Fixed material cost	304
Others	1,013
Saleable products cost	3,117

Table 4.2.3 Sensitivity Analysis

要 素	変 化 率	影響Rs/t
< Base >	-	<3,117>
(1)投 資 額	± 10%	± 105
(2) Coking coal 単価	± 10%	± 78
(3)購入 Scrap 単価	± 10%	± 17
(4)鉄 鉱 石 単 価	± 10%	± 20
(5)操 業 度	- 10%	+ 178



### 4-3 財務分析の結果

Base Case の結果

Table 4.3.1 損益および資金バランス

(Unit: Rs. in Crores)

年	損	益	資金バランス	年	損	益	資金バランス
1		1	(-) 22	11		84	186
2		47	86	12		91	221
3		50	124	13		92	217
4		53	111	14		132	219
5		57	116	15		167	181
6		61	120	16		134	113
7		65	123	17		134	142
8		34	79	18		168	190
9		37	95	19		168	177
10		75	147	20		168	177

Table 4.3.2 投資効率(内部利益率)

ROI (税引後) : 7.112 %/年
ROI (税引前) : 9.845 %
ROE (参考) : 7.253 %

(財務分析の前提)

- 1) 予測期間 1987~2012年  
内営業期間 20年
- 2) 資本金による資金調達  
総投資額の 50% (IDC 不含)
- 3) 長期借入金調達条件
  - ① SDF Loan 金利 8.0%  
(返済期間 net 13年間)
  - ② EXIM Loan 金利 5.6% (10年間)
- 4) 短期借入金金利 14%
- 5) 法人所得税率 50%

Table 4.3.3 Sensitivity Analysis

ケース	内 容	税引後 ROI	税引前 ROI
1	立ち上がり時操業度 down	6.57 %	8.90 %
2	関 税 ゼ ロ	8.30	11.78
3	機械装置耐年 10年	7.34	9.85
4-1	変動原価 10% up	6.37	8.72
4-2	" 10% down	7.83	10.92
5-1	操業固定費 10% up	6.84	9.44
5-2	" 10% down	7.38	10.25
6-1	総投資額 10% up	6.44	8.81
6-2	10% down	7.89	11.04

## 5. 経 済 分 析

インド経済における資源の最適配分を実現するために、世界銀行と同様の経済分析の方法で、BURNPUR 製鉄所の近代化プロジェクトの経済性を、インドの国民経済的観点から分析評価した。

分析方法は基本的には「UNIDO Method」の輸入代替モデルをベースとし、経済価格によるプロジェクトの費用・便益分析を試みた。

評価の基準としては、「経済価格による内部収益率 (Economic Internal Rate of Return)」を採用し、過去あるいは現存するインドのプロジェクトの経済性を相互に比較し(参考表参照)、インドの工業プロジェクトに優劣を付けることによつて、立ち上げるべきプロジェクトを国の立場から選択するための相対的判断基準として位置付けた。

以下が、財務分析 (Financial Analysis) との比較における計算結果である。

(Case Base)

a) Capital Cost	<u>Financial</u> lacs	<u>Economic</u> lacs
Investment	233,692	207,524
Old plant	8,588	4,596
	242,280	212,120
b) Operating Cost (Step 2)		
Variable	49,370	30,555
Fixed	* 10,877	10,337
	60,247	40,892
* excluding depreciation and interest on loan		
c) Sales (Step 2)		
(Net Cash Flow)	95,061	86,825
	34,814	45,933)
d) Internal Rate of Return		
	9.845% (before tax)	15.397%

試算結果は、インドにおける資本の機会費用 (Opportunity Cost of Capital) が12%前後と云われていることを考慮すると、インドの国民経済における資源の最適配分のための最低限の要求は満たしており、一応の経済性を有していると考えられるが、国の立場からはより高度な慎重な判断を必要としよう。

感度分析については、財務分析と同様の条件で計算を試みた。結果は以下の通り。

Sensitivity Cases	Prerequisites to Tests	Economic I.R.R. (%)	Financial I.R.R. (before tax) (%)
a) Case 1	Slowdown of production level during the starting period (1993-1995)	14.036%	8.895%
b) Case 2	No tariffs	-	11.781%
c) Case 3	Shortening depreciation term for machinery & equipment from 13 years to 10 years	-	9.845%
d) Case 4	Variable cost changes		
4-1	10% up	14.372%	8.723%
4-2	10% down	16.390%	10.920%
e) Case 5	Fixed cost changes (excl. BF relining)		
5-1	10% up	15.036%	9.439%
5-2	10% down	15.755%	10.245%
f) Case 6	Investment cost changes		
6-1	10% up	14.134%	8.806%
6-2	10% down	16.843%	11.037%

(参考表) インドの鉄鋼プロジェクトの経済性比較

	<u>Financial</u>	<u>Economic</u>
Tata(Phase I)	17.5 %	26.5 %
Nagarjuna Steel	16.7 %	21.4 %
Bharat Forge	<u>?</u>	33 %
Bokaro(Expansion)	6.98%	<u>?</u>
Bhilai(Expansion)	negative I.R.R.	7.85%
Bihar (Sponge Iron)	<u>?</u>	16.1 %
Tata (Phase II)	14.9 %	17.3 %

## 6. 結論と勧告

6-1 我々 JICA F/S 調査団は、BURNPUR 製鉄所近代化プロジェクトについて、以上に報告した様に各方面にわたる詳細な検討を行なった。検討に当っては、現地調査等により得られたデータ、情報を活用すると共に、幾つかの前提ないし仮定を設けて検討、作業を進めた。

我々調査団の検討結果は次の通りである。

- (1) BURNPUR 製鉄所を粗鋼年産 215 万 T 規模の新鋭製鉄所として近代化することは技術的には充分可能である。
- (2) 財務および経済分析の結果は、第 8 章、第 9 章に示す通りである。我々の結論は、本プロジェクトは必ずしも充分な収益性と経済性を有するとは言えないが、IISCO 自身の努力およびインド政府の強力な支援があればフィージビリティなしとは言えない。
- (3) 従って、本プロジェクトを実施するかどうかについては、インド政府の政策的尺度による判断が加えられて決定されるべきものと考えられる。

6-2 本プロジェクトを実施に移す場合には是非とも必要と考えられる事項およびプロジェクトの経済性に大きく影響を与えると思われる主要な事項を以下に列挙する。

- (1) 新しい設備と技術によって近代化された製鉄所を計画通り操業するためには、従業員（技術者、技能者）に対する各種の方策を活用した事前の徹底した教育訓練が必要不可欠である。

これはまた、順調な立ち上がりに影響し、このプロジェクトの経済性にも影響する。従って、工事計画と同時に早い時期に教育訓練計画を策定して実行する必要がある。

- (2) 新しい設備と技術を駆使して歩留の向上、効率の高い操業を安定的に維持するためには、適確な指揮命令の伝達を確保するため、簡素な一貫管理組織を形成する必要がある。

また、長期的な設備保全計画の策定と、設備保全の実施体制の整備が必要である。これらがないと、せっかくの新鋭設備も数年を経ないうちに老朽化してしまふ。

- (3) 製鉄所の部品製作、機械修理のための関連企業を育成するようインド政府は必

要な施策を講ずべきである。

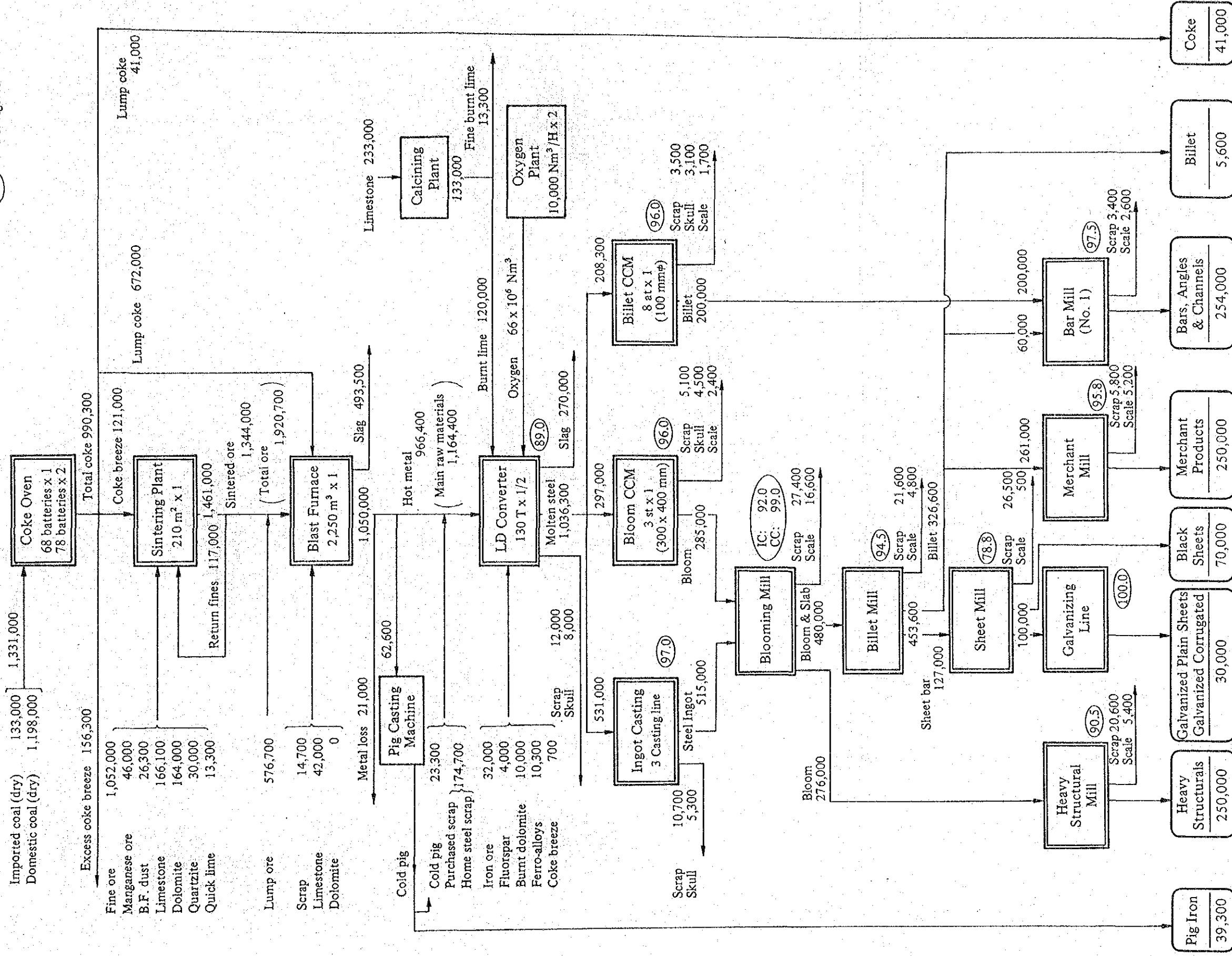
- (4) 現在の I I S C O の膨大な累積赤字と、建設期間中における古い既存設備の稼働を考慮し、建設の開始時期についてはできるだけ早期が望ましく、従って、本プロジェクトの決断は早期になされる必要がある。
- (5) 建設中のコストオーバーランは、本プロジェクトの収益性を悪化させるので、工期の遅れを防ぎ、計画通りの施行を保証できるよう建設発注に当って留意する必要がある。
- (6) 輸入する設備機器に対する関税は、設備費負担を加重し、本プロジェクトの収益性を悪化させる要素ともなっているため、インド政府において何らかの関税減免措置を講ずることが望ましい。
- (7) 実行計画を策定する際には、建設予定地について十分な土地調査（ボーリングによる）と地形測量を行なう必要がある。

Year	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Remarks
Annual production								1 MT	2.15 MT	2.15 MT	2.15 MT	
Feasibility study												<p>—— 1st step</p> <p>---- 2nd step</p>
Basic & detailed engineering												
Basic engineering												
Technical specification												
Inquiry												
Evaluation of proposals & contracting												
Contract award												
Earth moving & improving												
Detailed engineering												
Foundation & building												
Manufacturing of equipment												
Erection												
Commissioning												
Hot run & commercial operation												

Basic construction schedule

(Unit : T/Y)

○ : Yield figures

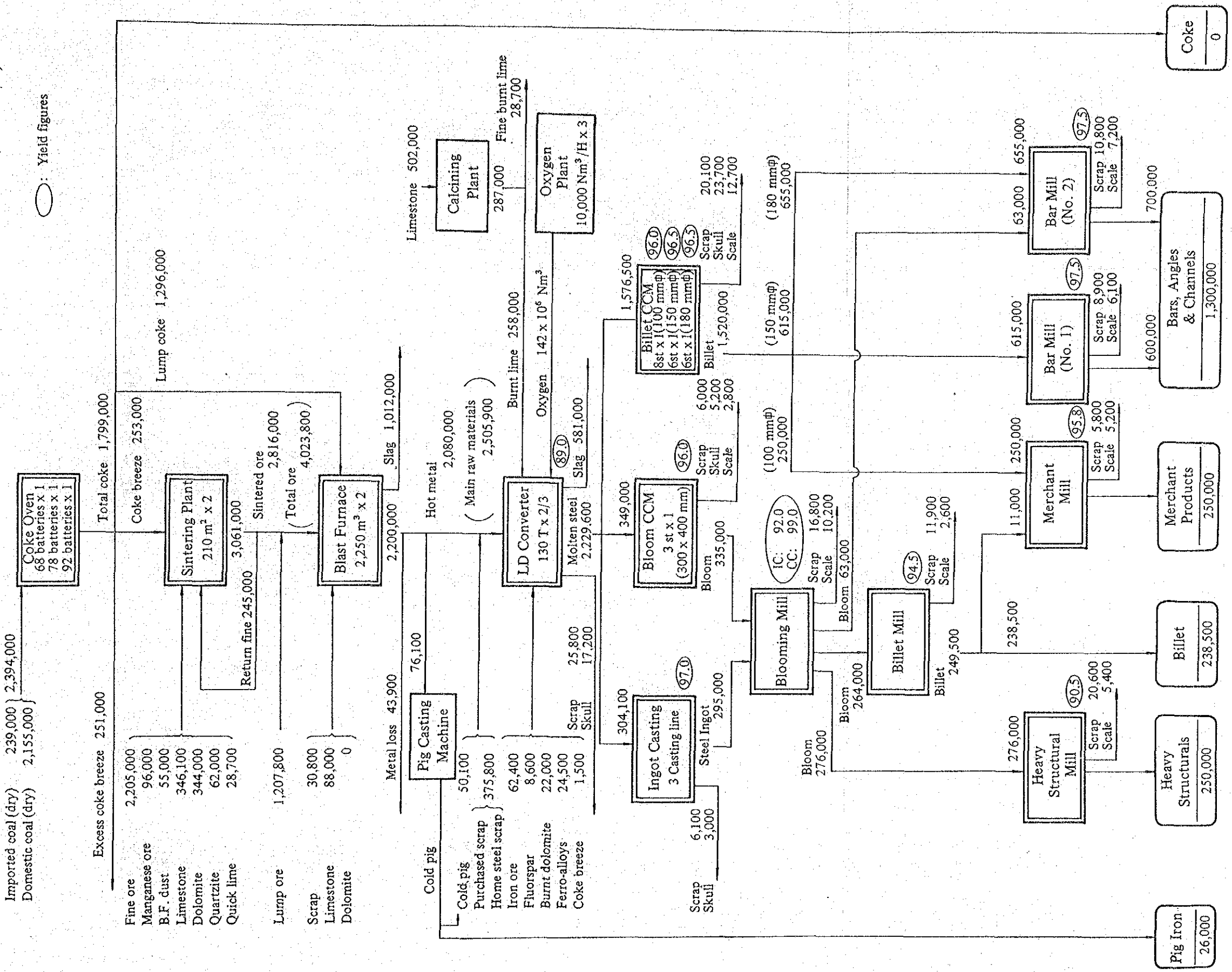


Material flow and material balance  
(Step-1: steel 1.0 MT/Y)



(Unit : T/Y)

○ : Yield figures



Material flow and material balance (Step-2: steel 2.15 MT/Y)

BURNPUR 製鉄所の現状と近代化後の比較

	現 状 公称能力100万T/y、(85/86年Ingot生産:56.5万T)	第 1 期<92年末完成> (100万T/y体制)	第 2 期<93年末完成> (215万T/y体制)
コークス	№7、8、9、10のコークス炉4基(228門うち127門稼働)、№8は改修中	№8、9、10コークス炉	№8、9と新しく№11(92門)コークス炉を設置
焼結設備	なし	№1焼結機(210m <sup>2</sup> )新設	№2焼結機(210m <sup>2</sup> )新設
高 炉	500m <sup>3</sup> BF×2基、1,170m <sup>3</sup> BF×2基	既存高炉4基すべて休止 №5BF(2,250m <sup>3</sup> )を新設(1基稼働)	№6BF(2,250m <sup>3</sup> )新設(2基体制)
製 鋼	二重精錬法による操業 ペッセマー炉(25T×3基)、平炉(225T×6基)	・転炉(130T)新設(2基整備1基稼働) ・生石灰焼成炉1基新設	・転炉(130T)増設(3基整備2基稼働) ・生石灰焼成炉1基増設(2基体制)
連続铸造設備	なし	ブルームCC1基(3ストランド、300×400mm) ピレットCC1基(8ストランド、100%SQ) } 新設	ピレットCC2基(6ストランド、150%SQと180%SQ)増設
圧 延 設 備	ブルームミル×1、ピレット&シートバーミル×1 大形ミル×1、中形ミル×1 小形ミル×1、シートミル×1 亜鉛メッキライン×1	・既存中形ミルを休止・廃棄 ・残る既存のブルームミル、ピレットミル、大形ミル 小形ミルは改造を加えて活用 ・新棒鋼ミル№1を新設(60万T/y) ・シートミルは第1期のみ操業	・シートミルを休止 ・新棒鋼ミル№2を増設(70万T/y)
自家発電設備	60MW1基(実発電量12MW)	60MW1基新設(既設発電設備は予備として残す)	60MW1基増設(2基体制:12万kw)
敷地面積	260万m <sup>2</sup> (既存工場敷地)	新規設備建設のための利用可能面積:150~180万m <sup>2</sup>	
要 員	24,323名		14,134人(製鉄所構内のみ)
生産性	20~30T/man-y		152T/man-y
投資額		総投資額:129.2億ルピー	総投資額:115.7億ルピー





