

#### 4-5 棒鋼の市場価格

オマーンの国内棒鋼の、現状の供給は、第4-1項、第4-2項で示されたように、ほとんど輸入に依存している。オマーンの棒鋼の国内消費量は小さく、次章で述べられるように、今回の鉄鋼プロジェクトの遂行のためには、かなりの数量が輸出されなければならない。

このようなことを配慮して、現状のオマーン内外の棒鋼の市場価格は各種のデータに基づいて以下のように述べられる。

オマーンの国内の市場価格は、オマーンの通関統計によりその輸入価格が、海外の市場価格は、国際価格の基準となっているアントワープの輸出価格と湾岸国での最大の輸入国である UAE の輸入価格が、それぞれ参考とされる。それらの1991～1997年の実績は Table 4-5-1 と Figure 4-5-1 の通りである。

Table 4-5-1 Bar Price in 1991 - 1997

Year	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Average		91-97	
								91-97	95-97	max.	mini
Oman	365	336	315	310	334	346	336	335	339	365	310
Dubai	379	318	348	307	317	306	297	325	307	379	297
Antwerp*	310	289	301	306	317	290	319	305	309	319	289
Average*	351	314	321	308	323	314	317	321	318	351	308

Source : Oman and Dubai are from these Custom Statistics. Antwerp is from "Metal Bulletin".  
 Note : Based on CIF. Average\* is among Oman, Dubai and Antwerp. Antwerp\* is added freight.  
 Bar is based on re-bar.

これらのデータによれば、オマーンの輸入価格は 310～365US\$/ton、輸出関連の価格は 289～379 US\$/ton の中で推移している。

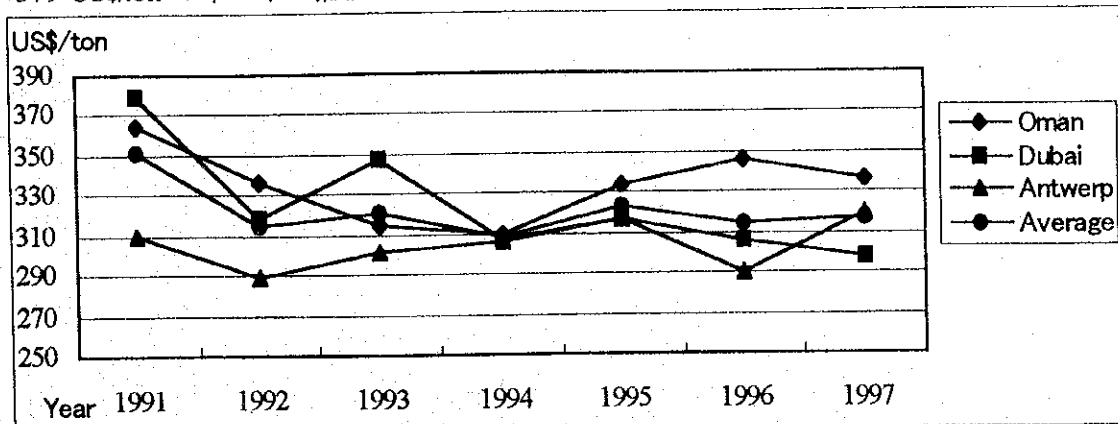


Figure 4-5-1 Trend of Bar Price in 1991 - 1997



## 4-6 オマーン国の棒鋼のターゲット市場

ここでは、棒鋼について、このプロジェクトのオマーンの内外のターゲット市場が述べられる。

### 4-6-1 国内のターゲット市場

#### (1) 分野別

オマーンにおける棒鋼市場は、そのほとんどが建設関連分野である。建設分野の中では、住宅、一般ビルディング、工場等の建物と、道路、港湾、発電所等のインフラストラクチャやユーティリティの土木用構造物である。棒鋼需要では、建物関連需要は相対的に小規模需要で件数が多い。一方、インフラストラクチャやユーティリティ構造物関連需要は大規模需要であり需要期間も長いという特徴を持っている。このため、棒鋼需要分野として、国家プロジェクトを中心に今後のインフラストラクチャやユーティリティの分野を注視しなければならない。

#### (2) 地域別

第5次五ヶ年計画では、地域開発計画が盛り込まれ、その地域別投資金額が示されている。また、総資本形成の推計も地域別に示されている。それらが Table 4-6-1 に纏められる。これによると以下のことが明らかである。

国家プロジェクト以外で、今後5年間に多くの投資がなされ、また、インフラストラクチャに向けられる投資金額が多い地域は、Muscat、Al Batinah、Adh Dhaira、Ad Dakhliyah、Ash Sharqiyah である。それ以降の地域別の投資関連資料はないが、以上にあげた地域は引き続き投資がなされる可能性が高いと想像される。

したがって、棒鋼の地域別の重要市場は、先にあげた地域となる可能性が高い。

Table 4-6-1 Total Investments and Gross Capital Formation in the Fifth Five Year Plan  
by Major Sectors and Regional Share

(Unit : million O. R. ; %)

Governorate/ Region	Investments		Investments		Gross Capital Formation	
	Infrastructure	%	Total	%	Total	%
Muscat	26	10.8	98	10.3	229	3.1
Al Batinah	15	6.2	89	9.5	777	10.6
Musandam	4	1.6	14	1.5	14	0.2
Ad Dhaira	26	10.8	71	7.5	111	1.5
Ad Dakhliyah	19	7.9	113	11.9	187	2.6
Ash Sharqiyah	11	4.6	73	7.7	2489	34.0
Al-Wusta	5	2.1	21	2.3	27	0.4
Dhofar	14	5.8	52	5.4	147	2.0
National Projects	121	50.2	416	43.9	3340	45.6
Total	241	100.0	947	100.0	7321	100.0

Source : The Fifth Five Year Plan

#### 4-6-2 輸出のターゲット市場

このプロジェクトの生産量を年産116万トンと仮定すると、国内向け、輸出向けの量は、Table 4-6-2 のように纏められる。国内向けは、Table 4-3-7 により、輸出向けは、その差で2005年に76万トン2010年に59万トンとなる。

Table 4-6-2 Delivery of Bars for Domestic and Export Markets  
under this Project

(Unit : 1000 tons)

Year	2005	2010
Domestic	400	570
Export	764	594
Total production	1,164	1,164

この輸出向けのターゲット市場は、Table 4-4-1 から Table 4-4-12 までの市場データ等が参考にされ、特に市場の棒鋼輸入量、オマーンからの輸送距離などが勘案されて検討される。

ターゲット市場は、この結果、次のように纏められる。

- ・輸出市場は、GCC 各国及びイエメンを中心としたものとなる。特に GCC では、隣国 UAE が中心となる。
- ・その他の輸出市場は、他の中近東諸国、東アフリカ諸国、南アジアそしてアセアン5の国々である。

その結果と見方の根拠が Table 4-6-3 に取りまとめられる。

Table 4-6-3 Imports of Steel Bar and Wire Rod in Countries around Oman and Exports of Steel Bar from Oman

(Unit : 1000 tons)

Country/Year	1995**	1996**	2005	2005*	2010	2010*
UAE	970	1,026	2,060	470(30%)	2,630	395(15%)
Kuwait	323	442	680	34(5%)	790	40(5%)
Bahrain	81	86	90	10(10%)	90	5(5%)
Saudi Arabia	246	314	310	30(10%)	310	10(3%)
Yemen	207	-	420	130(30%)	540	105(20%)
Jordan	117	-	120	5(5%)	120	4(3%)
Syria	204	-	200	10(5%)	200	6(3%)
Kenya	18	-	20	1(5%)	20	1(5%)
Tanzania	9	-	10	1(5%)	10	1(5%)
Pakistan	33	-	50	3(5%)	50	2(3%)
ASEAN 5	3,515	3,603	3,600	70(2%)	4,000	25(0.6%)
Total	5,723	-	7,560	764	9,600	594

Source : \*\* IISI, GOIC Data Bank.

Note : \* Exports from Oman. ( ) is share of Oman. Share in 2005\* and 2010\* in UAE is in accordance with the figure minus the production of 500,000 tons indicated in Table 4-4-9.

Table 4-6-3 の主要な国別輸入量の予測の考え方は、以下の通りである。

- ・UAE は、1991 年から 1996 年まで、15.6 %の年率伸びで拡大。1996 年から 2005 年までの伸率を過去の半分の 8 %とする。2005 年から 2010 年は 5 %の伸率とみる。
- ・クウェートは、1993 年から 1996 まで、年率 20.4 %で拡大。1996 年から 2005 年までは 5 %、2005 年から 2010 年までは年率 3 %の伸率とみる。
- ・バーレーンは 1993 年から 1996 年まで横這いで推移。今後は現状の横這いの 9 万トン

とみる。

- ・ サウジアラビアは、国内供給力があり、輸入はこれまでかなり変動。今後は、現状の横這いの30万トンで推移するとみる。
- ・ イエーメンは、足下急増している。この国は人口1,500万人もあり、近年天然ガスも発見され、その有効利用と経済開発に意欲的である。もともとこの国は、10年以上前はかなりの鉄鋼輸入をしていた。国の分裂を経験し、政治的に混乱していたが、また、一つの国に戻り、ようやくそれも安定化の方向をとりつつある。今後については、輸入量は、1995年から2005年の年間に倍増(年率7.2%)とみる。その後は伸率年平均5%とみる。
- ・ アセアン5の棒鋼輸入市場は、Table 4-4-6に示されるように非常に大きい。しかしながら、1997年と1998年のこの市場は、1997年の経済危機によって、大幅に落ち込んだものとみられる。これらを考慮して、この地域の輸入は、2005年には1996年の水準にまで回復し、その後は2005年まで年率約2%の伸びとなるとみる。

## 第 5 章 製鉄所の概念設計

### 5-1 最適生産規模

国際競争力および適切な設備規模を考慮して、特に、天然ガスを使用する製鉄所での製鉄／製鋼プロセスにおける基幹生産プロセスである直接還元鉄工場の高利用率の観点より、年間約 120 万トンの鉄筋コンクリート用棒鋼の生産が最適な生産規模として提案される。

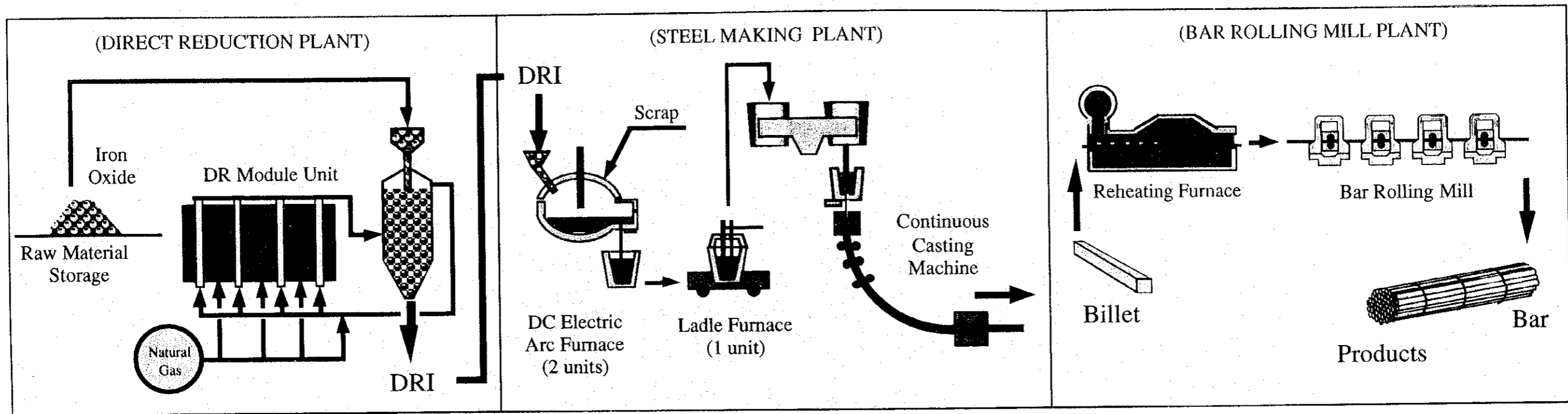
ここで検討されるべき製鉄所は、添付の Figure 5-1-1“Process Flow of Steel Complex”に示される以下の主要生産設備より構成される：

- 製鉄プロセス                   : 直接還元鉄工場 (DRP)
- 製鋼/鑄造プロセス           : 製鋼プロセスに対する電気炉 (EAF)  
                                  および連続鑄造機
- 圧延プロセス                 : 棒鋼圧延工場









MIDREX MEGAMOD Module  
Capacity : 1,300,000 tons/year

2- DC type Electric Arc Furnace  
Capacity : 150 tons/heat each,  
DRI charging system  
1- Ladle Furnace  
1- Continuous Casting Machine with 8 strands

1- High Speed Rolling Mill with Multi Slit  
Rolling  
Capacity : 1,164,000 tons/year

Figure 5-1-1 Process Flow of the Steel Complex

## 5-2 製品構成

- (1) 第 5-1 項に記載の如く、製鉄所で生産される最終製品は鉄筋コンクリート用棒鋼とする前提の基で検討を行う。これは、本計画は輸出志向型計画であり、棒鋼製品が板製品よりはより魅力的であるとの第 4 章での調査事実も考慮したものである。

製鉄所で生産される鉄筋コンクリート用棒鋼の主要寸法範囲は  $\phi 10\text{mm} - \phi 32\text{mm}$  と想定される。

- (2) なお、高い生産能率で主に鉄筋コンクリート用棒鋼を生産する為に計画される棒鋼圧延工場においても、若干の設備の追加により、鉄筋コンクリート用棒鋼に加えて、同等サイズのアングル、チャンネル、平鋼等の形鋼製品も圧延可能である。しかしながら、かかる形鋼製品の生産能率（即ち、圧延能率）は鉄筋コンクリート用棒鋼の生産能率より大幅に低下する。

### 5-3 マテリアルフロー

鉄鉱石より始まり最終製品である鉄筋コンクリート用棒鋼迄の主要設備に対する検討用のマテリアルフローおよびバランスを、添付の Figure 5-3-1“**The Steel Complex Material Flow and Balance Sheet**”に示す。





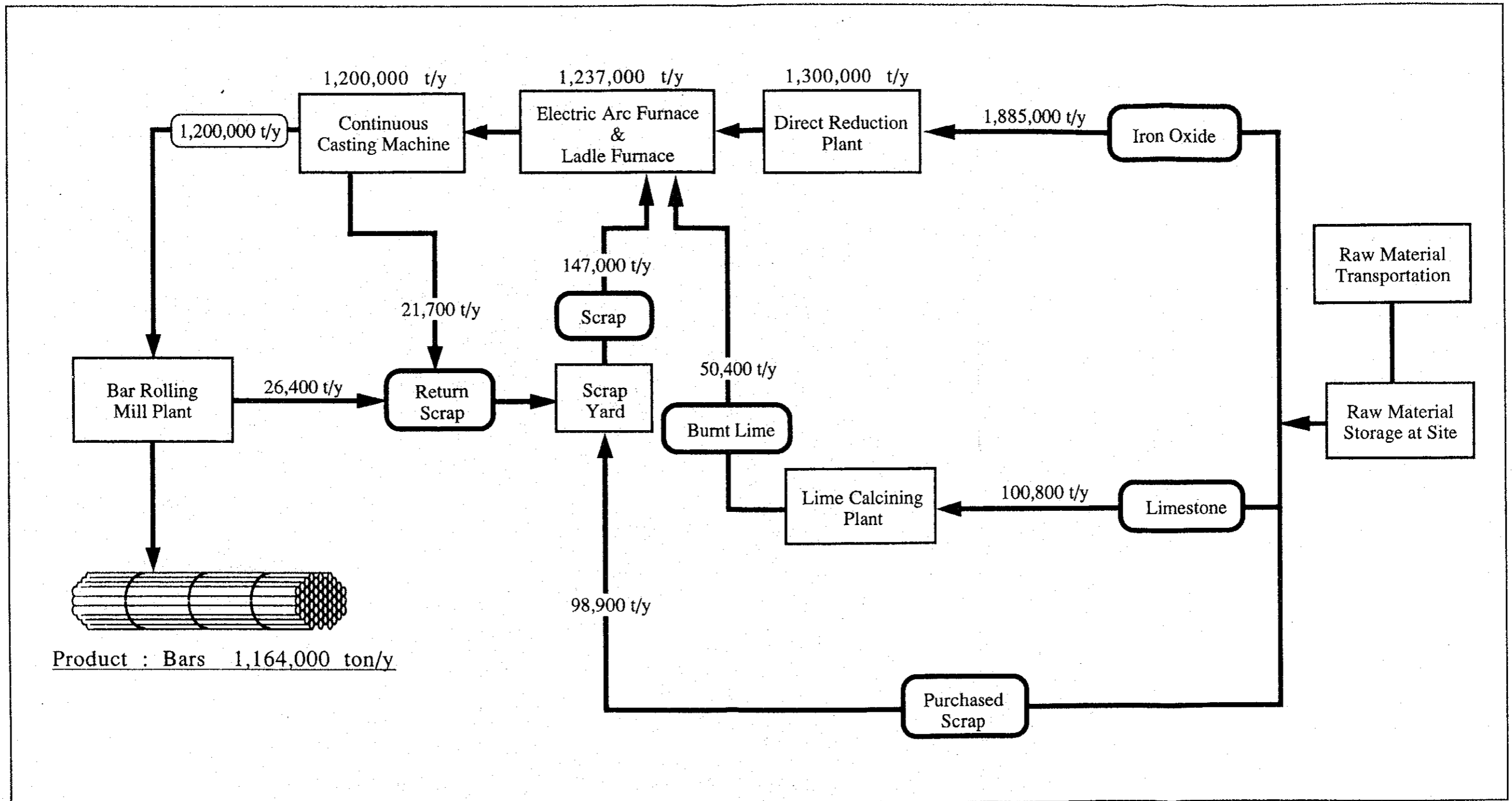


Figure 5-3-1 The Steel Complex Material Flow and Balance Sheet





## 5-4 工場用地およびインフラストラクチャ

提案される製鉄所の実施に必須の工場建設候補地および同インフラストラクチャに関する必要条件は、以下の如く予想される：

### (1) 工場用地の面積

提案される製鉄所の建設用地として必要な総面積は約 120 万 m<sup>2</sup> ( 800 m x 1,500 m) である。

### (2) 天然ガス

必要な天然ガスは以下の如く推定される：

- 年間消費量 : 約 396,000,000 Nm<sup>3</sup>/y  
(14,700,000 MMBTU/y)
- 時間当たり最大消費量 : 約 66,000 Nm<sup>3</sup>/h  
(2,500 MMBTU/h)

天然ガスは製鉄所内の天然ガス受け入れ設備で約 4 kg/cm<sup>2</sup>G の圧力で受け入れられ、直接還元鉄工場、電気炉、連続鋳造機、棒鋼圧工場等へ供給される。

### (3) 電力

必要な電力は以下の如く推定される：

- 平均需要電力 : 約 170 MW
- 最大需要電力 : 約 200 MW

工場設備、特に、電気炉 (EAF) は工場建設用地への電力供給に多大な影響を受ける。電気炉は電力変動消費型設備であり、フリッカーの問題が生じる。この現象を防止する為には静止形フリッカー補償装置が設けられなければならない。同様に、調和波形対策用としての高調波フィルターも設置されなければならない。

工場建設用地へ給電される電力の電圧は 132kV と予想される。132kV の受電端の短絡容量は少なくとも 1,500 MVA が必要である。

#### (4) 工業用水（淡水）および海水

工業用水（淡水）の必要量は以下の如く推定される：

- 年間平均消費量 : 約 1,200,000 m<sup>3</sup>/y
- 時間当たり最大消費量 : 約 200 m<sup>3</sup>/h

淡水は製鉄所内に設置される淡水化設備で造水され、以下の如く配水される：

- 直接還元鉄工場 : 循環冷却水システムの補給水
- 電気炉 : 循環冷却水システムの補給水
- 連続鑄造機 : 循環冷却水システムの補給水
- 棒鋼圧延工場 : 循環冷却水システムの補給水
- 建物 : 飲料水／試験用水
- その他 : 消火用水等

製鉄所での淡水消費量を出来るだけ少なくする為に、蒸発による冷却塔方式の代わりとして、海水を冷媒とし熱交換器によって冷却される循環冷却水システムに海水を使用する。

海水の必要量は以下の如く推定される：

- 年間平均消費量 : 約 184,000,000 m<sup>3</sup>/y
- 時間当たり最大消費量 : 約 25,000 m<sup>3</sup>/h

#### (5) 港湾および港湾施設

港湾および港湾施設の仕様計画に於いては海洋船の大きさを考慮する必要がある。国際貿易に於いては、輸送費用が低減できることより、通常では、7 - 10 万 DWT の海洋船が鉄鉱石の運搬用として使用されている。

よって、港湾および港湾施設は 10 万 DWT の鉄鉱石船が接岸出来るように計画されるべきである。同様に、港湾および港湾施設は最終製品の鉄筋コンクリート用棒鋼の輸出も考慮されるべきである。

したがって、約 700 m の長さのバースの建設が必要である。又、16 m、アプローチチャンネルは 16 m 以上の浚渫工事が必要となる。

推奨される港湾および港湾施設の仕様を以下に記載する：

- 1) 港湾アプローチチャンネルの水深 : 16 m 以上
- 2) バース
  - 延長さ : 約 700 m (1 基の鉄鉱石船と 2 基の貨物船に対し)
  - 水深 : 16 m (鉄鉱石船用) および 12 m (貨物船用)
- 3) アンローディング : アンローダ (1,000-t/h) 2 基
- 4) ローディング : ガントリークレーン (20-ton) 2 基

注記 : 上記推奨される港湾および港湾施設の仕様は下記前提による：

(a) 取扱貨物量

- a) 鉄鉱石 : 約 2,000,000 t/y (アンローディング)
- b) スクラップ : 約 100,000 t/y (アンローディング)
- c) 副資材等 : 約 80,000 t/y (アンローディング)
- d) 棒鋼製品 : 約 340,000 t/y (ローディング)

(b). 船の大きさ

- a) 鉄鉱石用 : 100,000 DWT 鉄鉱石船、250 m 長さ
- b) スクラップ、棒鋼製品、 : 10,000 - 20,000 DWT 貨物船、140 - 165 m 長さ  
その他

検討用の港湾および港湾施設のレイアウトを Figure 5-4-1“General Layout of Port Facilities” に示す。また、製鉄所用地の推奨場所を添付の Figure 5-4-2 “Sohar New Port Plan and Steel Complex Site” に示す。

(6) 廃棄物の投棄場所

製鉄所の操業においては、所内の各プロセスより大量の廃棄物が発生する。これらは出来る限り製鉄所に近接した製鉄所構外に投棄されねばならない。Table 5-4-1 に構外に投棄されるべき主要な廃棄物を示す。

Table 5-4-1 Waste Disposed Outside the Steel Complex

Waste	Amount (t/y)
Slag	200,000 (approx.)
Fine, Dust and Sludge	76,000 (approx.)
Scale	16,000 (approx.)
Waste bricks	1,600 (approx.)

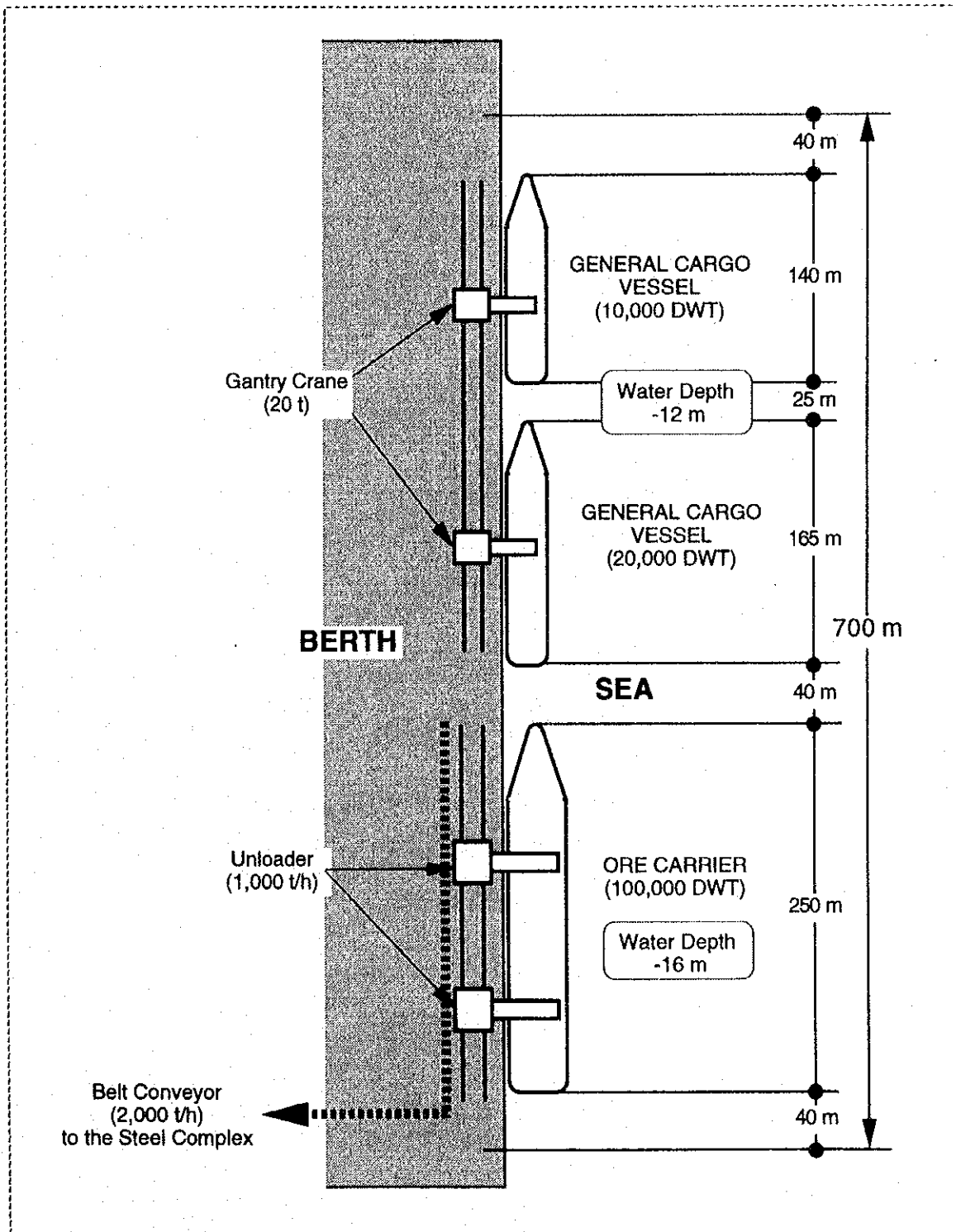


Figure 5-4-1 General Layout of Port Facilities





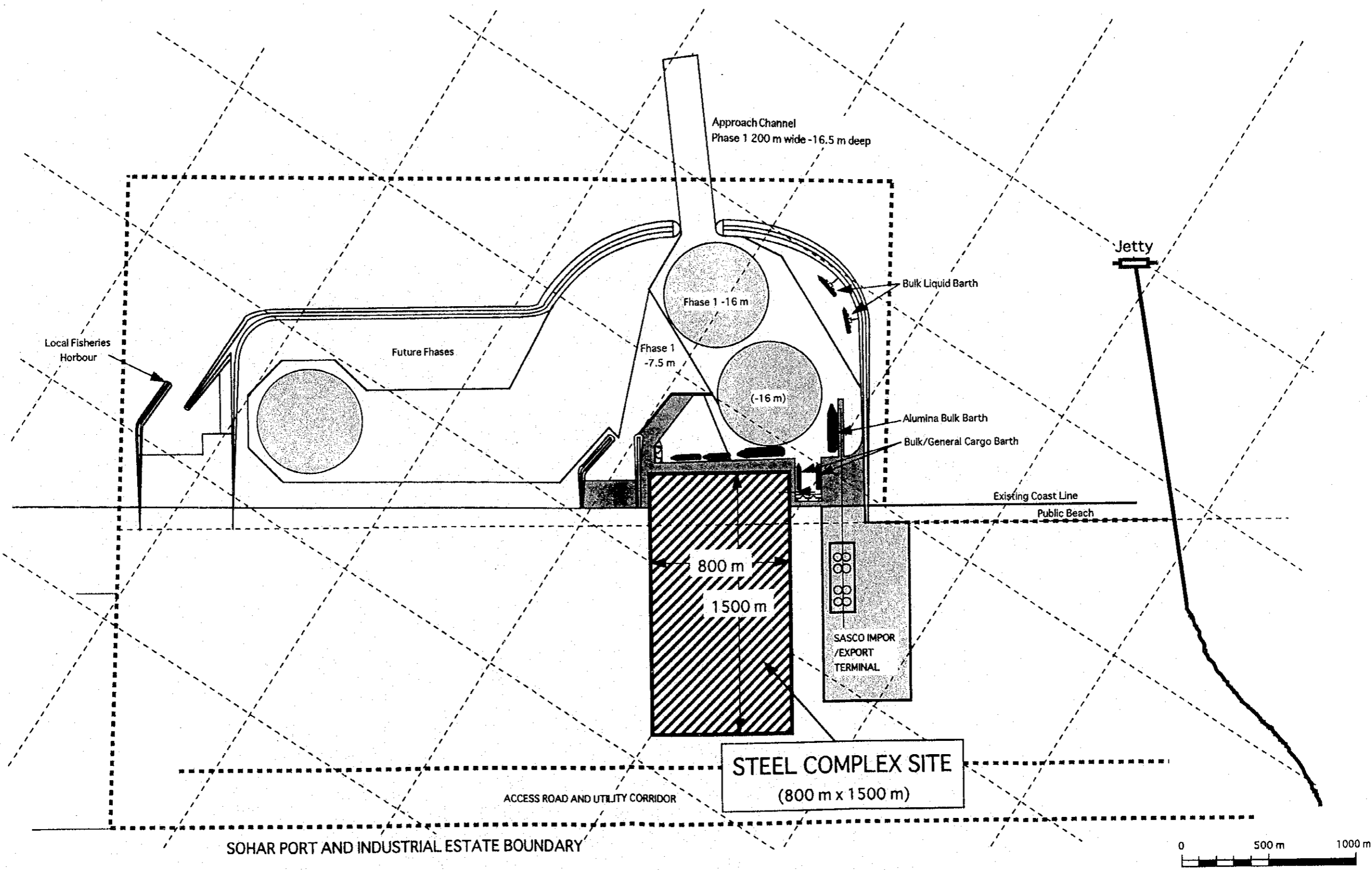


Figure 5-4-2 Sohar New Port Plan and the Steel Complex Site



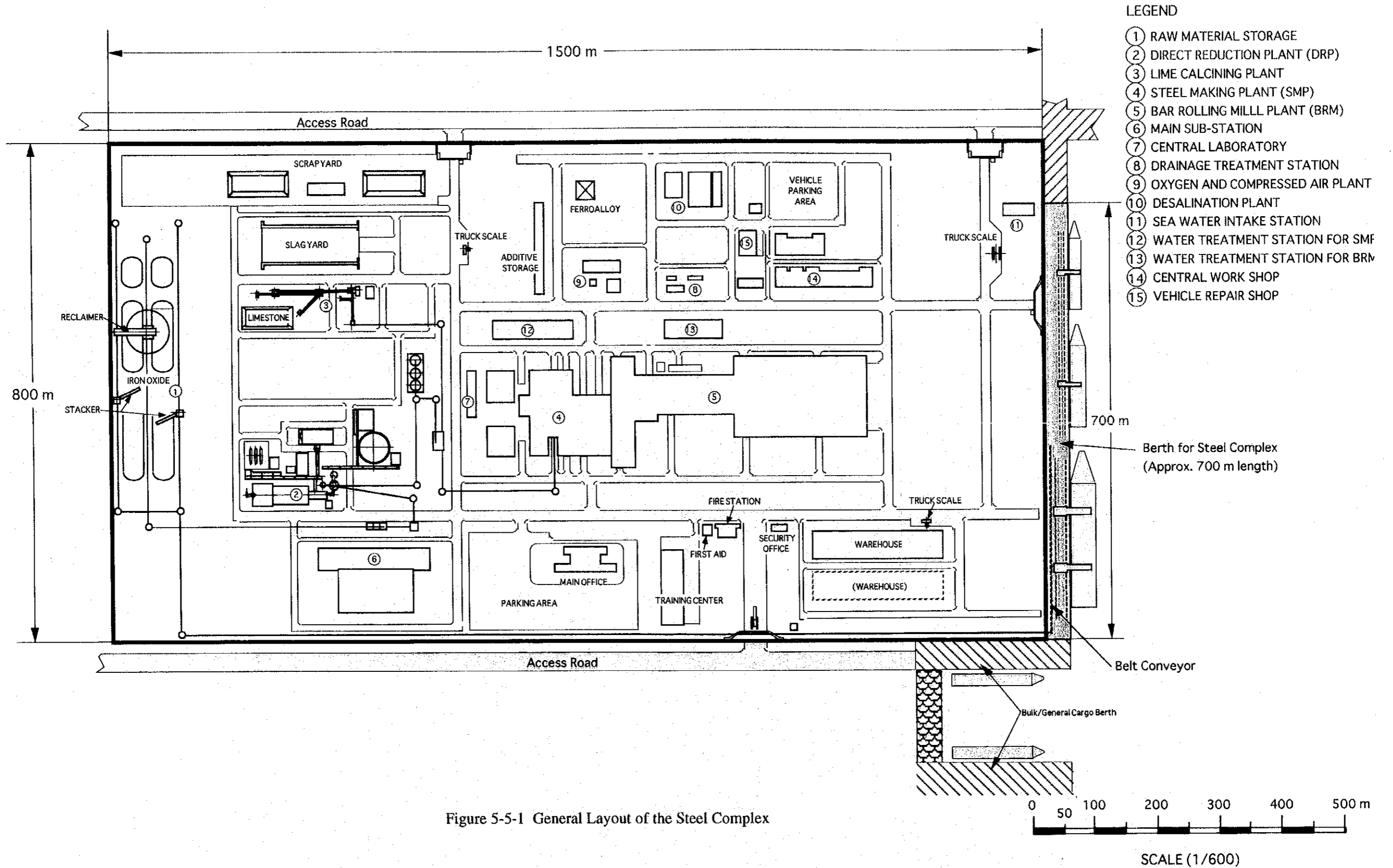


## 5-5 レイアウト

製鉄所の検討用レイアウトを添付の Figure 5-5-1“General Layout of Steel Complex” に示す。







LEGEND

- ① RAW MATERIAL STORAGE
- ② DIRECT REDUCTION PLANT (DRP)
- ③ LIME CALCINING PLANT
- ④ STEEL MAKING PLANT (SMP)
- ⑤ BAR ROLLING MILL PLANT (BRM)
- ⑥ MAIN SUB-STATION
- ⑦ CENTRAL LABORATORY
- ⑧ DRAINAGE TREATMENT STATION
- ⑨ OXYGEN AND COMPRESSED AIR PLANT
- ⑩ DESALINATION PLANT
- ⑪ SEA WATER INTAKE STATION
- ⑫ WATER TREATMENT STATION FOR SMF
- ⑬ WATER TREATMENT STATION FOR BRM
- ⑭ CENTRAL WORK SHOP
- ⑮ VEHICLE REPAIR SHOP

Figure 5-5-1 General Layout of the Steel Complex



## 5-6 エネルギーおよびユーティリティ消費量

主要設備のエネルギー消費量は、各々、Table 5-6-1“Electric Power Energy Consumption for Major Plants/Facilities”および Table 5-6-2“Natural Gas Energy Consumption for Major Plants/Facilities”に示される如く推定される。

Table 5-6-1 Electric Power Energy Consumption for Major Plants/Facilities

Plants/Facilities	Production (t/y)	Unit Consumption (kWh/t)	Annual Consumption (MWh/year)
Direct Reduction Plant	1,300,000	100	130,000
Lime Calcining Plant	50,400	50	2,520
Steel Making Plant	1,200,000	695	834,000
Bar Rolling Mill Plant	1,164,000	90	104,760

Table 5-6-2 Natural Gas Energy Consumption for Major Plants/Facilities

Plants/Facilities	Production (t/y)	Unit Consumption (kcal/t)	Annual Consumption (Gcal/year)
Direct Reduction Plant	1,300,000	2,500,000	3,250,000
Lime Calcining Plant	50,400	926,500	46,700
Steel Making Plant	1,200,000	30,600	36,720
Bar Rolling Mill Plant	1,164,000	280,000	325,920

上記の表において、記載の生産量および原単位は以下に基づく：

- (1) 直接還元鉄工場の製品は直接還元鉄(DRI)で、原単位は製品 DRI トン当たりの値を示す。
- (2) 石灰焼成工場の製品は石灰で、原単位は製品石灰トン当たりの値を示す。
- (3) 製鋼工場の製品は casting billets で、原単位は製品 billets トン当たりの値を示す。
- (4) 棒鋼圧延工場の製品は棒鋼で、原単位は製品棒鋼トン当たりの値を示す。

用水の消費量は Table 5-6-3“Water Consumption”の如く推定される。

Table 5-6-3 Water Consumption

Kind of Water	Unit Consumption	Consumption
Industrial Water	1.0 (m <sup>3</sup> /t-bar)	1,200,000 (m <sup>3</sup> /year)
Sea Water	165 (m <sup>3</sup> /t-bar)	192,000,000 (m <sup>3</sup> /year)
Potable Water	200 (liters/person-day)	200 (m <sup>3</sup> /day)

上記の表において、記載の原単位および年間／1日当たり消費量は以下に基づく：

- (1) 工業用水および海水に対する原単位は棒鋼製品トン基準であり、年間消費量は棒鋼年間生産量（約120万トン）に基づく。
- (2) 飲料水の原単位は1人1日当たり基準であり、1日当たり消費量は総人員数（約1000人）に基づく。



## 第6章 製鉄所の適用技術

### 6-1 原料搬送設備

輸入される鉄鉱石（酸化ペレットおよび塊鉄石）は製鉄所の近くに位置する Sohar 港にて荷揚げされるので、埠頭から製鉄所へ鉄鉱石を輸送する原料搬送設備が設置されねばならない。

原料搬送システムは、埠頭のアンローダーから製鉄所の貯鉄ヤードに至るまでの複数のベルトコンベア（各々 2,000 t/h）や、貯鉄ヤードのスタッカー 2 基（各々 2,000 t/h）とリクレーマー 1 基（500 t/h）およびリクレーマーから直接還元鉄工場の貯鉄ビンまでの複数のベルトコンベアから構成されることになろう。

屋外型貯鉄ヤードの広さは 35m 幅のパイルが 2 列で全長 400m となろう。貯鉄能力は約 270,000 tons でこれは通常操業時の 50 日分に相当する。

原料搬送システムの概略フローシートを Figure 6-1-1 に示す。

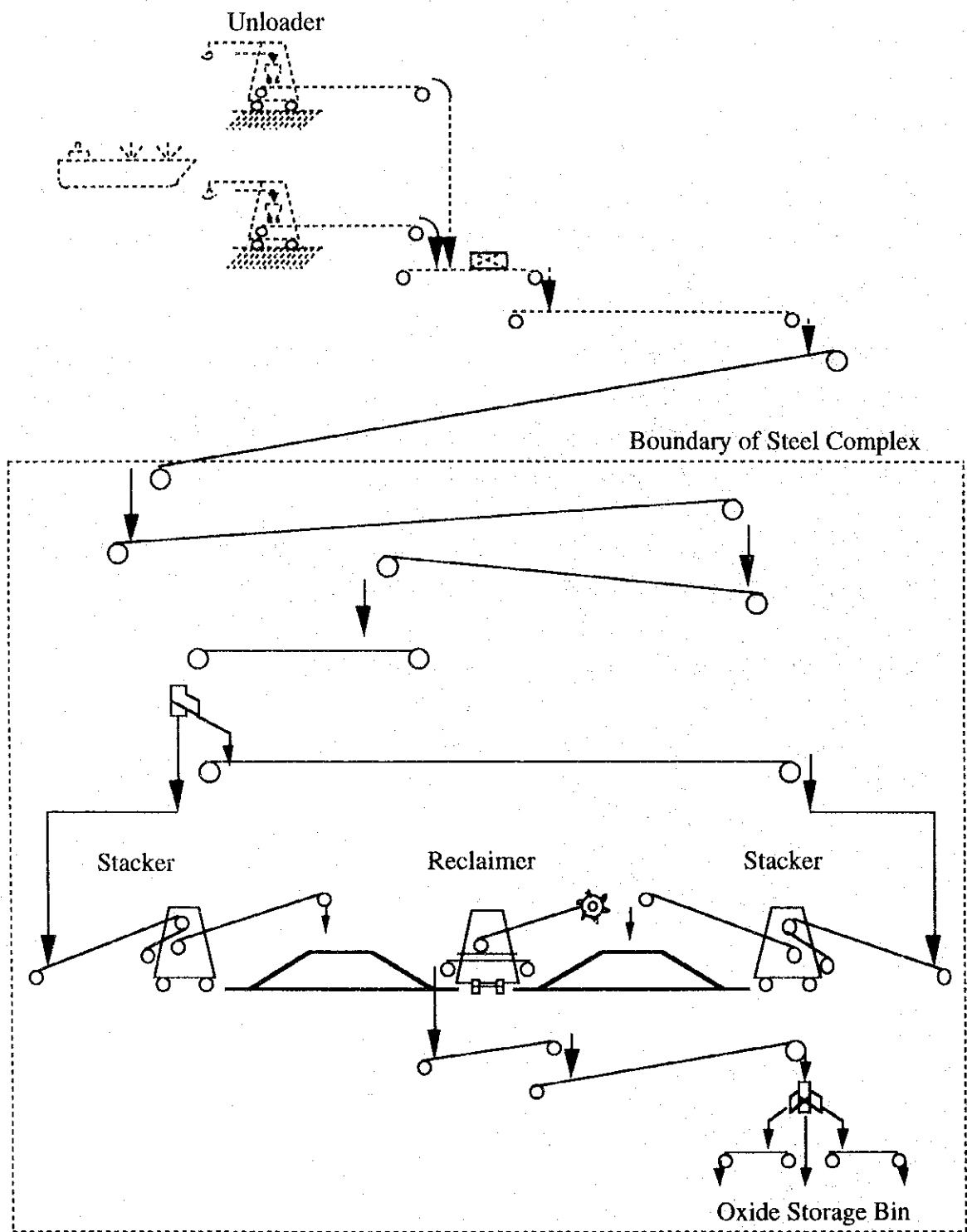


Figure 6-1-1 Schematic Flow Sheet for Raw Material Handling System

## 6-2 直接還元鉄工場

### 6-2-1 直接還元鉄工場適用プロセス

ガスによる直接還元-電気炉法による製鋼プロセスは、現在世界中の製鋼操業で 2 番目に大きなシェアを占めている。ガスによる種々の直接還元プロセスの中で次のプロセスが工業的に実証済みか商業的に利用されている。

- MIDREX プロセス
- HyL-III プロセス
- FINMET(従来の FIOR)プロセス
- IRON CARBIDE プロセス

これらの代表プロセスの主な特徴を比較して Table 6-2-1 に示す。

Table 6-2-1 Comparison of the Representative Process

	MIDREX	HyL-III	FINMET (former FIOR)	IRON CARBIDE
Status	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial
Iron source	Pellets Lump	Pellets Lump	Fines (Size: sinter feed)	Fines (Size: 0.1-1mm)
Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Atmospheric	5	11 - 12	0.8
Maximum plant capacity per one module (x 1,000 tons/y)	1,360 *	1,100 *	FINMET: 625 * (FIOR: 400)	330 *
Plant installed (modules) **	43	13	1	1
Total capacity installed (x 1,000 tons/y) **	23,190	6,970	400	300
Evaluation	Most widely used	Less plants than MIDREX	Only one industrial plant	Only one industrial plant
Commercial operation in Arabic countries	Yes	No	No	No

\* Plant under construction as of 12/31/1997

\*\* Status as of 12 / 31 / 1997

Table 6-2-1 に示す通り FINMET(従来の FIOR)および IRON CARBIDE 両プロセス共に、400,000 tons/y よりも大きな能力を有するプラントは今までのところ建設されていないし実証されてもいない。従ってこれらのプロセスは本スタディには適さない。たとえこれらのプロセスを本スタディに採用したとしても、複数モジュールのプラントが必要となり、このことは結果的には設備コストが高くつくであろうし、操業保全コストも高くつくと考えられるからである。(FINMET の 4 モジュールからなる年産 250 万トン規模のプラントは未だ実操業に入っていない。)

従って、MIDREX と HyL III の両プロセスが本製鉄所の直接還元鉄工場として適用可能であろう。しかしながら、次のような理由から本フィージビリティスタディの目的のためには MIDREX プロセスを適用することとする。

- 1) MIDREX プロセスは全世界で建設された商業プラントでその基数が最も多い。
- 2) MIDREX プロセスは全世界の直接還元鉄(DRI)の生産能力で最大能力を有する。
- 3) MIDREX プロセスはプラント 1 基当たりで DRI を 180-200 t/h で定常運転できることをメキシコの IMEXSA に建設されたプラントで初めて実証した唯一の直接還元プロセスである。
- 4) プラント 1 基当たり 1,000,000 tons/y 以上の能力を有する HyL III プラントは今までのところ運転された実績はない。

参考までに MIDREX と HyL III のプロセスの概要を以下に述べる。

#### (1) MIDREX プロセス

最初の MIDREX プラントは、米国 Midrand Ross Corp. により買収されていた Surface Combustion Co. の MIDREX 部門によって、1969 年に米国オレゴン州ポートランドに建設された。1974 年には Korf グループが同部門を買収し Midrex Corp. を設立したが、1980 年代初頭に Korf グループは資金面で行き詰まり、1983 年に Midrex を神戸製鋼に売却し現在に至っている。

MIDREX プロセスは (Figure 6-2-1 参照) 酸化鉄ペレットや塊鉱石を高純度の還元鉄 (DRI) もしくはホット・ブリケット (HBI) に転換するプロセスである。酸化鉄の還元は連続的に進行し、シャフト炉の炉頂から供給される酸化鉄が重力により下降しながら還元が進み、炉底部から DRI もしくは HBI となって排出される。還元ガスは化学量論の(stoichiometric) CO<sub>2</sub> リフォーマーで生成される。このリフォーマーは新規の天然ガスとシャフト炉から循環する炉頂ガスとの混合物を約 920°C で改質する。還元ガスは水素と一酸化炭素を 90 から 92%を含んでおり、平衡状態に近い状態でリフォーマーから出てくるので、クエンチングは必要とせず、直接シャフ

ト炉へ供給され約 850°C で還元が行われる。

シャフト炉排ガスの一部はリフォーマー・バーナーの燃焼用で使用され、残りはリフォーマーへ循環する。リフォーマーの熱効率は包括的な熱回収システムにより飛躍的に向上している。熱交換器がリフォーマーの煙道ガスから顕熱を回収しリフォーマー・バーナーで使用する燃焼用空気を 650°C まで予熱し、リフォーマーへ供給されるプロセス・ガス（炉頂ガスと天然ガスとの混合物）を 540°C まで予熱する。製造される還元鉄は常温で排出することもできるし、ホット・ブリケット状で排出もできる。ブリケットはクエンチ・タンクで冷却されるか散水で冷却される。シャフト炉は低圧で運転され、炉内には固体とガスとの接触を容易にするための多くの機械的な装置やフロー・エイド装置が内蔵されている。

MIDREX プロセスの大きな特徴はその製品品質にある。シャフト炉内の一様なガス分配は原料鉄石が変わった時でも一様な金属化率が得られることを確実なものにしている。

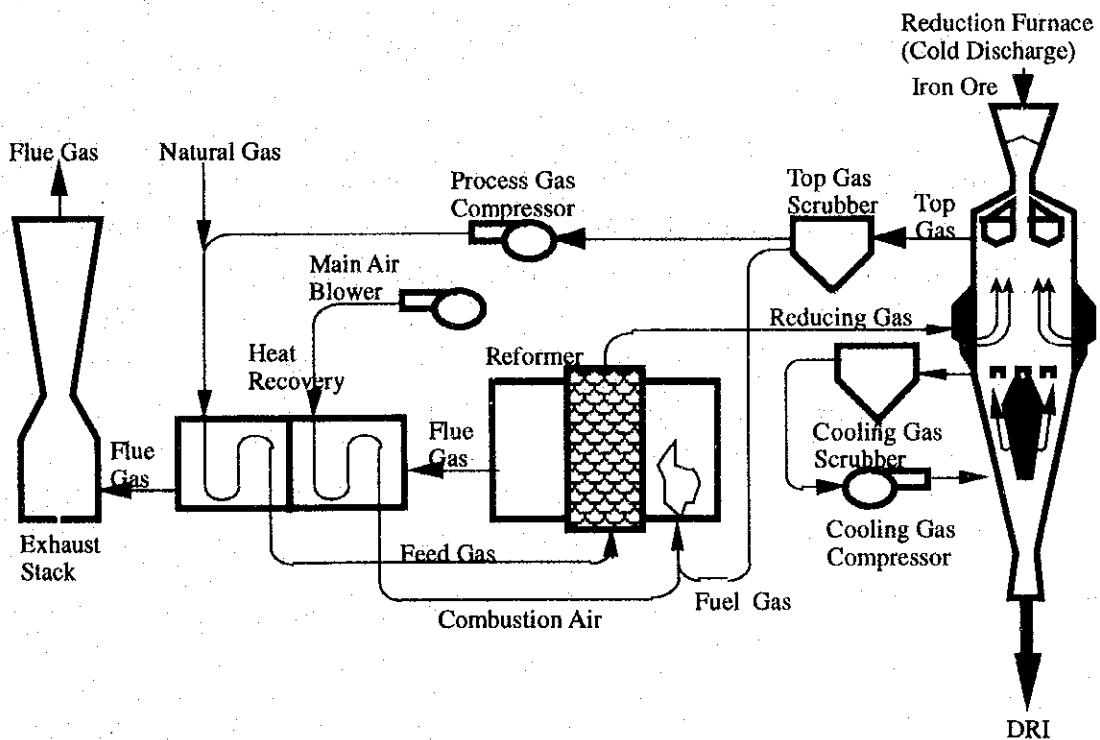


Figure 6-2-1 Midrex Process Chematic Flow

## (2) HYL-III プロセス

最初の HYL プラントは 1957 年にメキシコの Puebla に建設された。この技術は HYL-I として知られ、バッチ式に運転される 4 基の固定層リアクターを使用していた。1969 年には改良型バッチ式の HYL-II の開発が始まった。それと同時に HYL はシャフト炉を用いた連続プロセスである HYL-III の開発に着手し、最初の商業規模の HYL-III プラント 2M5 が 1979 年に運転を開始した。

HYL-III プロセスは (Figure 6-2-2 参照)、酸化鉄のペレットあるいは塊鉱石をシャフト型リアクターで還元するプロセスである。還元ガスは、還元プロセスの補給用としての水素と一酸化炭素を作る、水蒸気リフォーマーで生成される。改質されたガスはクエンチされて過剰の水蒸気が除去されてから再加熱される。

還元ガスは補給されたガスと循環ガスとの混合ガスから成る。還元サーキットの基本的構成はリアクター以外では (1) 還元ガスを 920℃まで加熱するためのガス・ヒーター (2) 炉頂ガスを除塵し冷却し H<sub>2</sub>O を除去するためのスクラバー (3) 循環ガス圧縮機 (4) CO<sub>2</sub> 除去装置から成り立っている。ここでは循環ガスの再利用をより効率的にするためにシステムから CO<sub>2</sub> が選択的に除去される。

電力ゼロ方式では発電用にスチーム・タービンを用いる。タービン用の蒸気は還元ガスをクエンチングする過程で得られる熱を利用して発生する。シャフト炉は高圧で運転され、炉の出口部にある“クラスター・ブレーカー”以外は炉内には機械的な装置やフロー・エイド装置などは内蔵されていない。

リアクター排出ガスは CO<sub>2</sub> が除去された後、循環して使用される。製造される DRI は常温で排出もできればホット・ブリケットにもできる。ブリケットはクエンチ・タンクで冷却される。

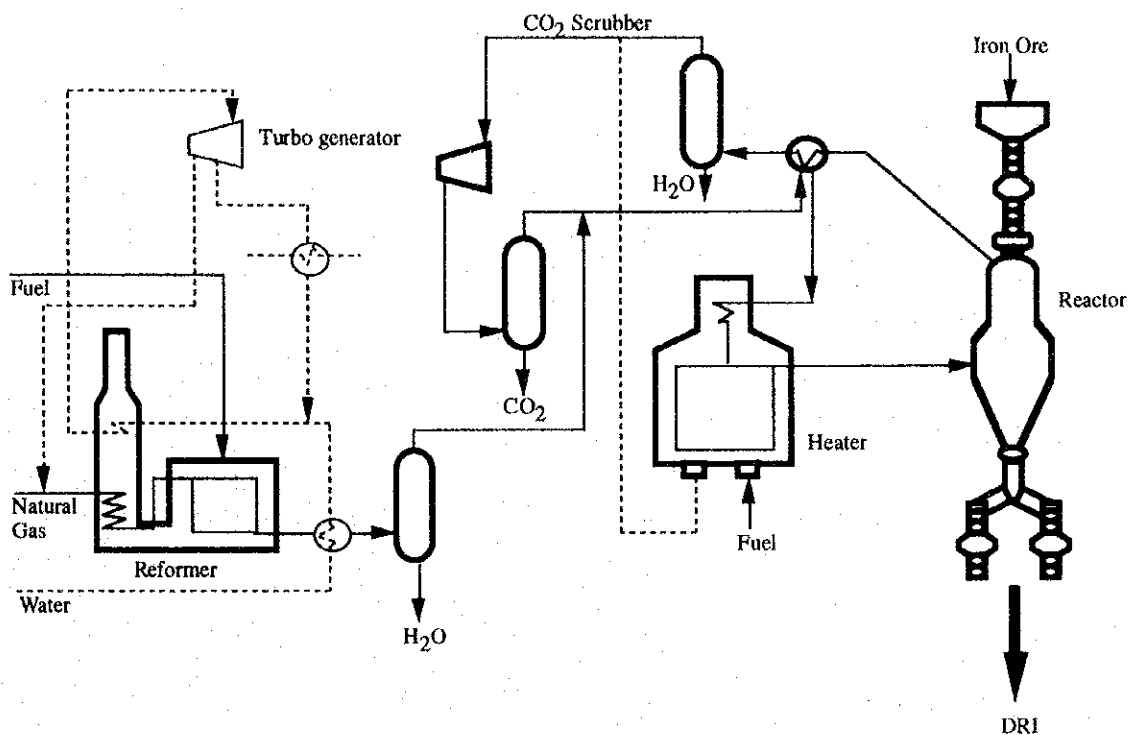


Figure 6-2-2 HyL-III Process Schematic Flow

## 6-2-2 工場規模

### (1) 直接還元鉄工場の基本計画

本製鉄所の直接還元鉄工場の基本計画として、ガスベース直接還元鉄プラントである MIDREX Megamod<sup>®</sup>を採用するものとする。

### (2) 生産計画

#### 1) 定格生産計画

定格生産計画は、年間 8,000 時間操業で、還元鉄 130 万トンである。

#### 2) 初期生産計画

操業開始の初期段階においては、実操業を通じての設備チェックを行ったり、操業員がプラントの運転および保守業務に不慣れであったりすることがある。したがって、生産量は操業初期から徐々に引き上げられ、やがて定格生産能力に至る。

生産量のスケジュールは、次のとおりである：

- 初年度 : 定格生産量の 70%
- 2 年度 : 定格生産量の 90%
- 3 年度以降 : 定格生産量の 100%

## (2) 生産能力と製品

### 1) 生産能力

直接還元鉄工場の生産能力は年間直接還元鉄 (DRI) で 1,300,000 ton である。

### 2) 製品仕様

還元鉄の主要な仕様は、次のとおりである。

- a) 鉄分 : 90-94 wt%
- b) 金属鉄分 : 83-89 wt%
- c) 金属化率 : 92-95 wt%
- d) 炭素含有率 : 1.0-2.5 wt%

## (3) 設備供給範囲

直接還元鉄工場は、次の設備により構成される。

- 1) 還元システム
- 2) ガス改質システム
- 3) プロセスガスシステム
- 4) 熱回収システム
- 5) シールガスおよびパージガスシステム
- 6) 非常用イナートガスシステム
- 7) マテリアル・ハンドリング・システム
- 8) 用水システム
- 9) 消火システム
- 10) ダスト回収システム



#### (4) 操業

##### 1) 操業シフト

操業シフトは、一日、4直3交代である。

##### 2) 操業時間

直接還元鉄工場の年間操業時間は、製鉄所の年間生産計画に基づき、8,000 時間とした。

#### 6-2-3 原料

直接還元鉄工場の原料は鉄鉱石ペレットと塊鉄鉱石との混合物で、使用量は設計ベースで年間 188 万 5 千トンである。

原料の標準的な混合比は、次のとおりである：

- 1) ペレット : 100-70 wt%
- 2) 塊鉄鉱石 : 0-30 wt%

#### 6-2-4 プロセスの説明

直接還元鉄プラントの主要システムの設備とプロセスについて、詳細な説明を以下に述べる。

##### (1) 還元システム

還元炉は、MIDREX の特許である直径 6.65m のシャフト炉である。鉄鉱石類は上部シールレグよりシャフト炉へ挿入され、対称的に配置された複数の供給配管により、ストックライン上に均質に分配される。

鉄鉱石は、還元ゾーン（炉上部）において、降下していく鉄鉱石と対向して流れる水素および一酸化炭素を含んだ高温ガスと接触することにより、金属鉄に還元される。還元ガスは、特別に設計されたガスの入口（羽口）により、均質な流れとなる。

還元ゾーンの下流には、炉内挿入物の速度分布を均質にするバーデンフィーダが設置される。

MIDREX シャフト炉の下部において、還元鉄は循環冷却ガスにより大気温度まで冷

却される。

還元鉄は上部シールレグと同様に運転される底部シールレグを通してシャフト炉から排出される。シャフト炉からの製品排出量は、振動式排出フィーダにて制御される。製品は製品排出コンベアに排出される。還元鉄は、製品排出システムにより、排出フィーダから製品貯蔵ビンへ移送される。

## (2) ガス改質システム

MIDREX リフォーマは、煉瓦張りの鉄骨密閉構造物である。炉内には触媒で満たされた耐高温合金製チューブが垂直に支持され、平行に6列配置されている。据え付け作業の簡素化および将来の増設に対応するため、リフォーマは「ベイ」と呼ばれるモジュールで構成されている。

リフォーマチューブは天井で支持され、熱膨張によりリフォーマの床を通して下方に伸長する。各チューブの底部はリフォーマ燃焼領域への空気の流入を防ぐため、フレキシブル・エキスパンジョンシールにて密封されている。

除塵、加圧されたプロセスガスと天然ガスの混合ガスは、予熱され、各リフォーマチューブ下部へ入り、触媒を通過して上方へ流れる。天然ガスは、プロセスガスに含まれる二酸化炭素と水により化学量論的に過不足なく改質（リフォーム）され、高温の水素ガスと一酸化炭素ガスを生成する。

改質されたガスは、3つのヘッダー（各々は2列のリフォーマチューブに接続されている）から排出され、1本の煉瓦張り集合管内に集められ、還元炉の羽口へ直接供給される。

リフォーマは、チューブ列間および外側チューブと炉壁との間に設けられた主バーナにより加熱される。主バーナの燃料は、天然ガスと還元後のガスを炉頂ガススクラバーにより清浄冷却した余剰炉頂燃料ガスとの混合ガスである。主バーナ燃焼用空気は主エアブローアにより供給される。天然ガスを燃焼する補助バーナが、リフォーマ内温度を維持するために設置されている。これは、工場が一時停止の際、再起動時間および、リフォーマチューブの熱サイクルを最小にするためである。

燃焼廃ガスは、炉内よりリフォーマ長手方向の両壁面上部に沿って設置された2つの燃焼廃ガスヘッダーへ導かれる。リフォーマ長手方向の温度分布を均質にするため、リフォーマの各ベイは個々に燃焼廃ガスヘッダーに接続されている。

これらの廃ガス接続口は、リフォーマ各ベイの天井直下の壁面に設置されている。

廃ガスヘッダは煉瓦張りで、熱膨張を緩和するため各セクション間に伸縮継手が設けられている。また、熱膨張を緩和するため、リフォーマ・ストラクチャーはその中央部が固定され、どの方向にも自由に伸長できるようになっている。スライディング・プレートにより、柱は、水平方向に自由に動けるようになっている。

最終的に、炉内から排出された燃焼廃ガスは廃ガスヘッダを通り、廃熱を回収する熱回収システムへ送られて行く。

### (3) プロセスガスシステム

プロセスガスシステムは、シャフト炉で還元反応を行った後のガスを清浄、冷却、加圧するために必要な直接水接触式スクラバーと圧縮機より構成される。

反応後のガスは、シャフト炉から排出され、先ず、炉頂ガススクラバーへ入る。ガスはスクラバー内で2つの区分されたプロセスゾーンを通過する：

- 1) 高温ガスは、最初にスクラバー・ベンチュリー部を通過、急速に冷却され、固体粒子は湿らされて除去される。
- 2) 次に、暖ガスは2つの流れに分配され、スクラバー内の2つの平行な充填層および2セットのスピンベーン（水滴の除去のため）を通過するガスは、充填炉内でさらに冷却され、除湿される。

除塵、冷却された後、清浄な炉頂ガスの約 2/3 は、プロセスガスとしてプロセスガス・コンプレッサー入口へ送られて行く。

続いて、プロセスガスは予熱された天然ガスと混合され、フィードガス予熱設備に入る。そして、予熱されたフィードガスは触媒が充填されたリフォーマチューブ内を通過し、その中でリフォーマ主バーナによる十分な熱によって改質されるとともに、還元に必要な温度まで加熱される。

清浄な炉頂ガスの残りの 1/3（炉頂燃料ガスとなる）は、少量の天然ガスと混合され、リフォーマ主バーナの混合燃料となる。そしてこの燃料は、ミストエリミネータにより水滴を除去され、炉頂燃料ガス余熱設備に送られる。

リフォーマより出た後の改質されたプロセスガス（改質ガスとなる）は、そのままバsslルガスとして直接還元炉に吹き込むには温度が高すぎる。したがって、適切な温度にするため、高温の改質ガスを調節冷却することが必要となる。

少量取り出された改質ガスは改質ガス冷却機にて冷却され、残りの高温の改質ガスと混合されることにより適切なバsslガス温度になる。この改質ガス冷却器は充填層で冷媒としてプロセス水をスプレーし、ガスと直接接触させる方式である。

#### (4) 熱回収システム

リフォーマから排出される燃焼廃ガスはリフォーマの主燃焼用空気、フィードガス、主バーナー用燃料および、プロセス用天然ガスの予熱に使用される。熱回収システムの総合的な役割は、リフォーマ能力の増大とプラントのエネルギー原単位を 1969 年設計の第一世代 MIDREX プラントから 25-30%向上させることである。そのシステムは、燃焼用空気熱回収設備、フィードガス予熱設備、主バーナー燃料用炉頂ガス予熱設備、プロセス用天然ガス予熱設備、送風機および、煙突から構成される。

煙突は、高温の燃焼廃ガスをリフォーマから熱回収システムを通して煙突に引き込む強制通風方式（ベンチュリータイプ）である。送風機によるベンチュリー効果によって高温のリフォーマ燃焼廃ガスは煙突内に引き込まれる。

燃焼用空気熱回収設備は U バンド方式の熱交換機で、煉瓦張りのリフォーマ燃焼廃ガスダクト内に設置されている。その熱回収設備は燃焼用空気を 2 段階で摂氏 675 度に予熱するよう設計されている。

天然ガスは摂氏 370 度に予熱された後、プロセスガス（フィードガス）と混合されて更に 100 度以上昇温する。フィードガス予熱設備はプロセスガスと天然ガスの混合ガスを第 1 パスで摂氏約 400 度、第 2 パスで摂氏 580 度に昇温して予熱を完了させる。U バンド方式のフィードガス予熱設備が、燃焼用空気熱回収設備の下流にある煉瓦張りのリフォーマ燃焼廃ガスダクト内に、設置されている。

燃料用炉頂ガス予熱設備も、天然ガス予熱設備の下流側にある煉瓦張りのリフォーマ燃焼廃ガスダクト内に設置される U バンド方式の熱交換機である。燃料用炉頂ガス予熱設備は主バーナー用燃料を摂氏約 290 度に予熱するよう設計されている。

#### (5) マテリアル・ハンドリング・システム

##### 1) 原料輸送システム (Figure 6-2-3 参照)

直接還元鉄工場の原料輸送システムは、各 2,000 トン容量の 3 基の原料貯蔵ビンから始まる。この原料ビンの下部には秤量ベルトフィーダーがあり原料をビンから配合しながら切り出す。秤量フィーダーは原料を貯蔵ビン排出コンベヤへ供給し、

さらに 2 床式篩いの 2 台の原料スクリーン (1 台運転、1 台予備) へ供給され-3mm の粉鉱が除去される。

スクリーン・オーバーサイズ (+6mm) はトランスファー・コンベヤによって還元炉供給コンベアへ輸送される。原料スクリーンで篩われた中間サイズ (-6+3mm) を供給するために、このトランスファー・コンベヤに沿ってピンとフィーダーが設置される。リメット (再度金属化される原料) は還元炉の近くに仮置きされ、回収されて還元炉へのフィードとして原料スクリーンに供給される。

還元炉供給コンベヤは原料を炉頂へ運びチャージホッパーへ排出する。チャージホッパーはレベル制御器で運転され、運転者がホッパー内の原料量を把握できるようになっている。原料ピン排出フィーダー、-6+3mm 粉鉱のフィーダー、リメット・フィーダーはチャージホッパー内のレベルを制御するために、制御器によって自動的に停止、始動される。

## 2) 製品輸送システム (Figure 6-2-4 参照)

還元炉から排出され金属化された製品は、製品貯蔵ビンに送られ不活性雰囲気のもとに貯蔵される。これらのビンは 21,000 トンの容量があり、製鋼の 5 日分に充分見合う量である。

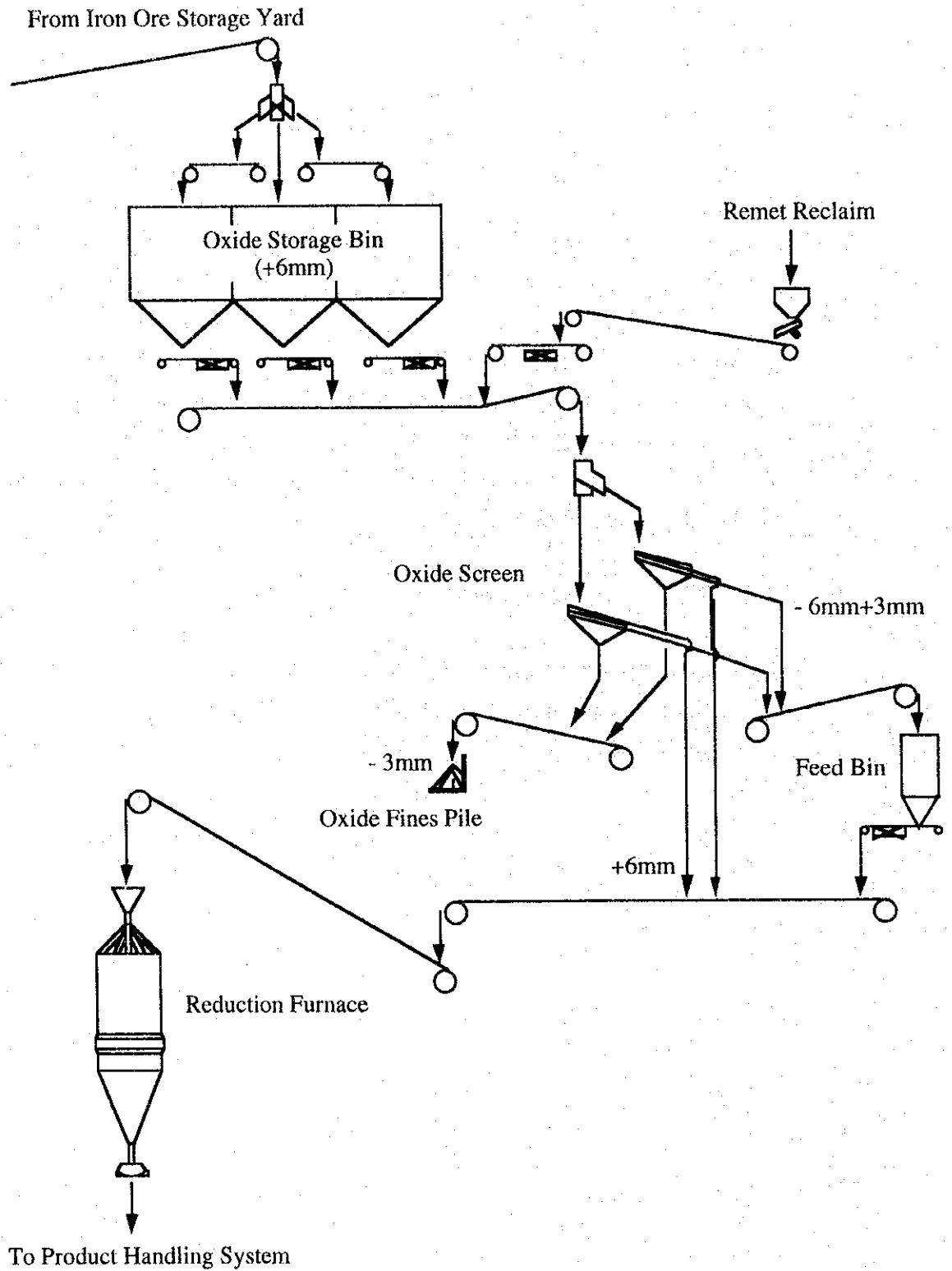


Figure 6-2-3 Schematic Flow Sheet for Oxide Handling System

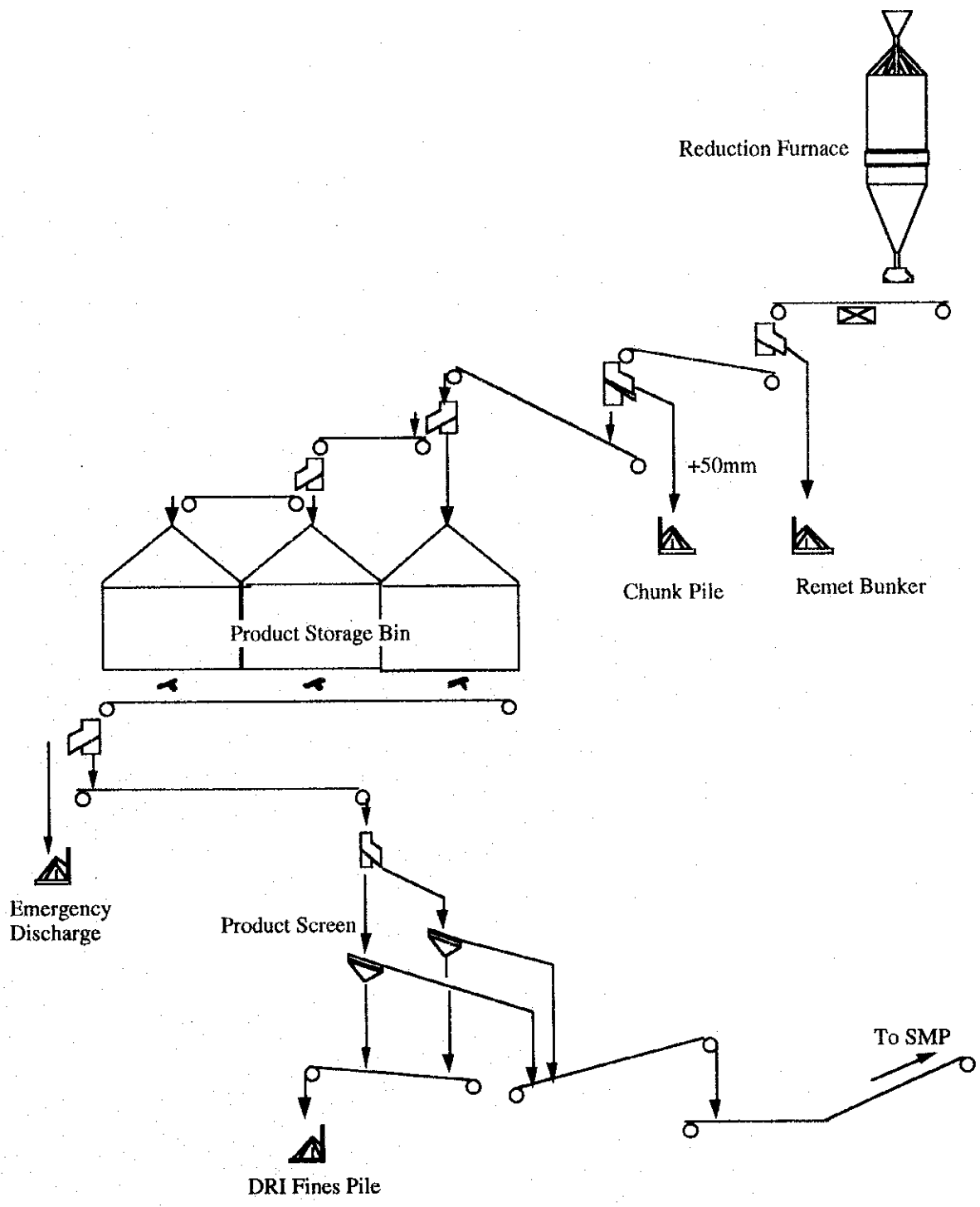


Figure 6-2-4 Schematic Flow Sheet for Product Handling System of DR Plant

## 6-2-5 全体配置図

Figure 6-2-5 に直接還元鉄工場の全体配置図を示す。



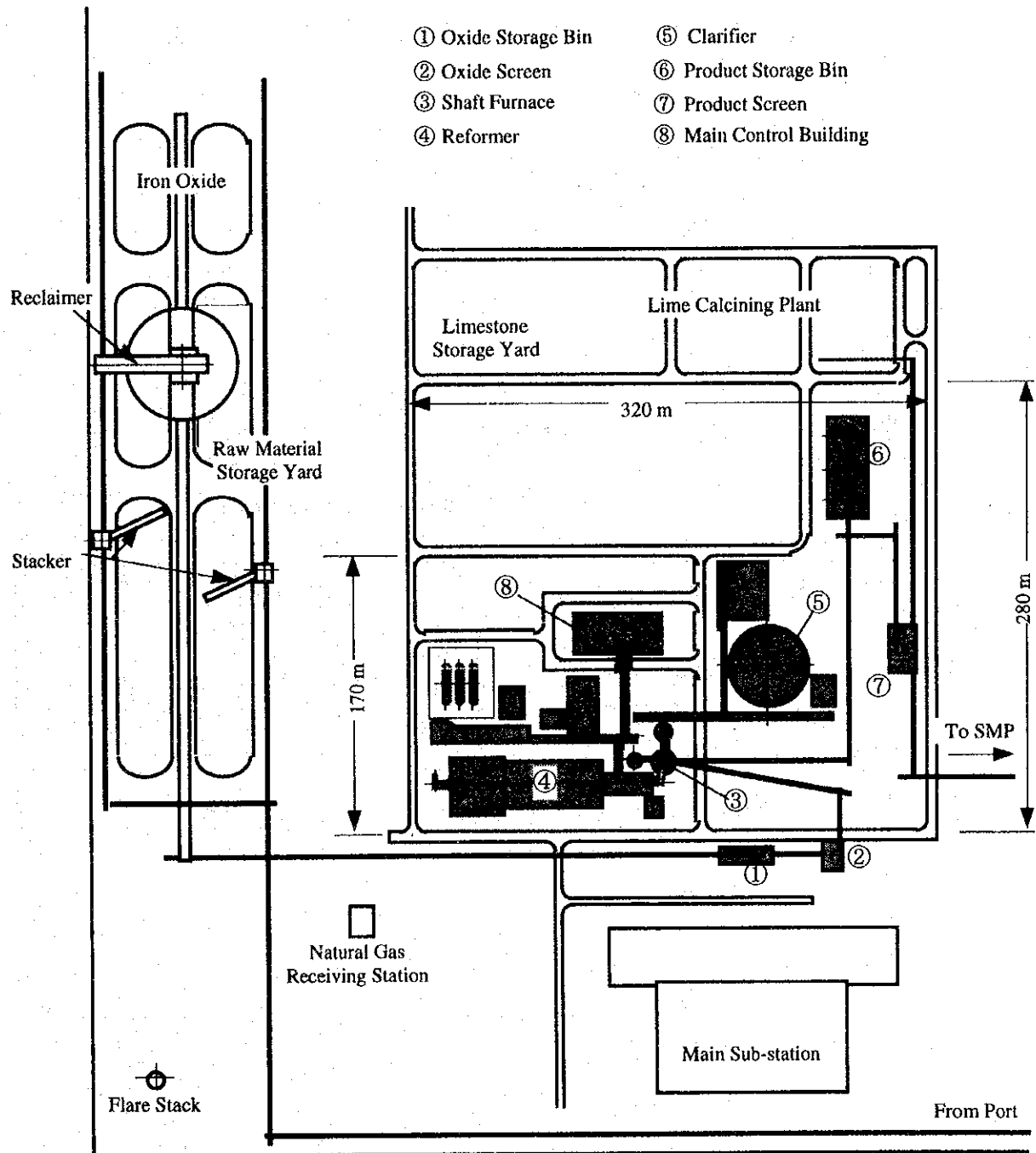


Figure 6-2-5 General Layout of Direct Reduction Plant

#### 6-2-6 原単位

MIDREX Megamod®プラントの原単位（製品トン当たり）は、期待値で、次のとおりである。

- 1) 鉄鉱石 : 1.45 t
- 2) 天然ガス : 2.50 Gcal (LHV)
- 3) 電力 : 100 kWh
- 4) 水 : 0.3 m<sup>3</sup>

#### 6-2-7 組織と要員

Table 6-2-2 は直接還元鉄工場の標準的な組織と要員を示したものである。

Table 6-2-2 Organization and Personnel for DR Plant

Description	Per Day	Per Shift (*1)	Total
Section Manager	1	0	1
Assistant Section Manager	1	0	1
Process & Operations / Engineer	2	0	2
Water Treatment / Engineer	1	0	1
General Foreman	1	0	1
Shift Foreman	0	1	4
Control Room Operators	0	3	12
Field Operators	0	7	28
Process / Laboratory Technician	0	1	4
Total	6	12	54

Note 1. (\*1) : Three shifts by four crews per day.

#### 6-2-8 主要機器リスト

A6-2-1 に直接還元鉄工場の主要機器リストを添付する。

## 6-3 製鋼工場

### 6-3-1 概要

#### (1) 基本概念

製鋼工場は、鉄筋コンクリート用棒鋼向けビレットを製造するために、150 トン直流電気炉 2 基、150 トンレードルファーネス 1 基、8 ストランドのビレット連铸機 1 基および付属設備より構成するものとする。

電気炉の主原料は、スクラップおよび還元鉄とする。

#### (2) 生産量および製品

##### 1) 生産量

製鋼工場の生産量を Table 6-3-1 に示す。

Table 6-3-1 SMP Production

Unit: t/y	
Item	SMP
Molten steel	1,237,000
Billet	1,200,000

##### 2) 製品および鋼種

製鋼工場の製品および鋼種を Table 6-3-2 に示す。

Table 6-3-2 Products and Steel Grades

Item	SMP
Products	Billet: 150 mm square x 16 m long
Steel grade	36 kg class steel 52 kg class steel

#### (3) 設備範囲

##### 1) ハンドリング設備

: 1 式

- 2) 電気炉設備 : 直流型、150 トン 2 基
- 3) 集塵設備 : 1 式
- 4) レードルファーネス設備 : 160 トン 1 基
- 5) クレーン設備 : 1 式
- 6) 電気設備、コンピュータシステム、制御設備 : 1 式
- 7) ビレット連铸設備 : 8 ストランド 1 基

## 6-3-2 基本計画

### (1) 全般

#### 1) 主原料

直接還元鉄工場の還元鉄生産量年産 130 万トン considering 還元鉄/スクラップ比率および使用量は Table 6-3-3 に示す通りである。

Table 6-3-3 DRI/Scrap Ratio and Consumption

Material	Ratio	Amount
DRI	90 %	1,300,000 t/y
Scrap	10 %	147,000 t/y

#### 2) 操業シフト

操業シフトは 4 組 3 交替とする。

#### 3) 操業

2 基の 150 トン電気炉の製鋼時間は、レードルファーネス操業を伴う 108 分操業とし、1 基の 8 ストランドビレット連铸機の铸込みは 49 分で、4 連々铸とする。

Figure 6-3-1 に電気炉、レードルファーネス、連铸機の操業パターンの概要を示す。

#### 4) 年間稼働日

年間稼働日は、310 日とする。

#### 5) 製鋼工場の生産能力

生産能力はビレットの生産量、年間稼働日数、製鋼時間、铸込み時間、トランス容量、ビレット寸法、ビレット歩留などを総合的に勘案して決めた。

溶鋼 : 150 トン/ヒート x 310 日/年 x 13.3 ヒート/日 = 1,237,000 トン/年  
ビレット : 1,237,000 トン/年 x 97% = 1,000,000 トン/年

(2) 電気炉の設備および操業諸元

- |                |                               |
|----------------|-------------------------------|
| 1) 電気炉         | : EBT (偏心炉底出鋼方式) 付直流電気炉 x 2 基 |
| 2) 容量          | : 150 トン (30 トン残湯付)           |
| 3) トランス容量      | : 88 MVA                      |
| 4) 還元鉄/スクラップ比率 | : 90/10                       |
| 5) 酸素原単位       | : 溶鋼トン当り 30 Nm <sup>3</sup>   |
| 6) 電力原単位       | : 溶鋼トン当り 610 kWh              |
| 7) 日間ヒート数      | : 13.3 ヒート                    |
| 8) 製鋼時間        | : 108 分                       |

出鋼所要時間	: 3 分
補修時間	: 6 分
装入時間	: 2 分
溶解/精練時間	: 97 分 (*1)
製鋼時間	: 108 分

\*1: 溶鋼は、電気炉出鋼後レードルファーネス処理するものとする。

(3) レードルファーネスの設備および操業諸元

- |           |                   |
|-----------|-------------------|
| 1) 処理容量   | : 150 トン x 1 基    |
| 2) トランス容量 | : 22 MVA          |
| 3) 電力原単位  | : 溶鋼トン当り 50 kWh   |
| 4) 日間ヒート数 | : 13.3 ヒート        |
| 5) 処理時間   | : ヒート当り 20 - 40 分 |

(4) 連続鋳造機の設備および操業諸元

- |           |                       |
|-----------|-----------------------|
| 1) 連鋳機    | : 8 スtrand ビレット連鋳機    |
| 2) ビレット寸法 | : 150 mm 角 x 16 m 長さ  |
| 3) 鋳込み速度  | : 毎分 2.2 m、最大毎分 3.0 m |
| 4) 鋳込時間   | : ヒート当り 49 分          |
| 5) 連々鋳    | : 4 ヒート               |

### 6-3-3 プロセスの説明

製鋼工場の操業フローの概要を Figure 6-3-2 に示す。

#### (1) スクラップ装入

スクラップは、屋外スクラップヤードにおいてスクラップローダでダンプカーに積み込み、秤量所で秤量後電気炉ヤードに運搬し、ピットに置いたスクラップバケットに直接投入する。

そして、スクラップバケットのスクラップは、装入クレーンで電気炉に装入する。

スクラップバケットは、クラムシェルタイプである。

スクラップ装入クレーンは、110/30 トンとする。主巻はスクラップ入りバケットを吊り上げ、補巻は雑作業用である。

#### (2) 還元鉄および石灰の装入

直接還元鉄工場および石灰焼成工場で、それぞれ生産された還元鉄および石灰は、ベルトコンベアによって還元鉄ヤードの貯蔵槽に運搬する。この運搬は遠隔自動運転である。

貯蔵槽の還元鉄および石灰は、コンベアと投入シュートにより電気炉に連続装入する。この装入作業は溶解手順に基づく遠隔自動運転である。

還元鉄/石灰貯蔵設備には、中継塔、コンベア、貯蔵槽と、還元鉄や石灰を貯蔵槽に分配するシャトルコンベアがある。還元鉄/石灰装入設備には貯蔵槽下の秤量切り出し装置、還元鉄/石灰コンベアがある。

#### (3) 溶解操業

電気炉では、バケットによって装入されたスクラップおよび連続装入された還元鉄を、溶解手順によって電気で溶解し、迅速溶解とフォーミースラグ（泡立ちスラグ）生成のための炭粉吹込みとあわせて酸素吹込みを行なう。溶鋼の目標温度と成分に溶解後、取鍋輸送台車上の取鍋に EBT（Eccentric Bottom Tapping System、偏心炉底出鋼方式）を通して出鋼する。この際、約 30 トンの溶鋼（ホットヒール）を炉内に残す。

出鋼中、石灰および合金鉄を遠隔自動運転により取鍋に投入する。必要があれば出鋼前に、炉内に投入する事ができる。

取鍋は、受鋼前に天然ガスバーナで予熱しておく。

電気炉は、150トン容量の直流電気炉2基でトランス88MVA、製鋼時間は108分である。

第7-3節に述べるように、オマーンの電力網は必ずしも十分整っているとはいえない。このことと電気炉での短絡によって生じるフリッカ問題を考慮して、交流電気炉よりもフリッカに有利な直流電気炉を採用することにした。

#### (4) レードルファーネス操業

出鋼終了後、溶鋼はレードルヤードのレードルファーネスにクレーンで運ぶ。

レードルファーネスでは、電気による温度調整、および合金鉄の添加と取鍋の底のポーラスプラグを通しての不活性ガスの攪拌による成分調整という冶金的処理を行なう。

ついで、溶鋼はレードルクレーンでビレット連铸機に運び、ビレットに铸込む。

レードルファーネスは、また、電気炉とスラブ連铸機間の操業時間の調整も行なう。

レードルファーネスは、処理量150トン、トランス容量22MVAで処理時間は40分以内とする。

#### (5) 添加材の貯蔵および装入

添加材の貯蔵設備は、還元鉄ヤードにある。添加材は添加材倉庫からダンプカーによって運び、受入槽、コンベア、シャトルコンベアを通して貯蔵槽に貯蔵する。貯蔵した添加物は自動投入システムによって、出鋼前の電気炉、出鋼中の取鍋、レードルファーネスに投入する。

#### (6) 連続铸造操業

レードルファーネス処理後、溶鋼はレードルクレーンでビレット連铸機のターレットに運ぶ。取鍋の溶鋼は、タンディッシュカー上のタンディッシュ、および水冷モールドを通してビレットとして铸込む。铸込みに際しては、湯面制御、铸型振動を行なう。

ビレットは冷却ゾーンで水冷して、引抜設備で引き抜き、切断機で所定の長さに切

断して直接、棒鋼圧延工場に送るか冷却床で冷却する。冷却したビレットはビレット輸送台車で棒鋼圧延工場に送る。

#### 6-3-4 レイアウト

Figure 6-3-3 にレイアウトを示す。

#### 6-3-5 原単位

Table 6-3-4 に製鋼工場の原単位、副産物、廃棄物を示す。

#### 6-3-6 組織と要員

Table 6-3-5 に製鋼工場の組織と要員を示す。

#### 6-3-7 主要機器リスト

A6-3-1 に主要機器リストを示す。



Tapping		Fettling		Charging		Melting/Refining	
3		6		2		97	

Detail of tap-to-tap time

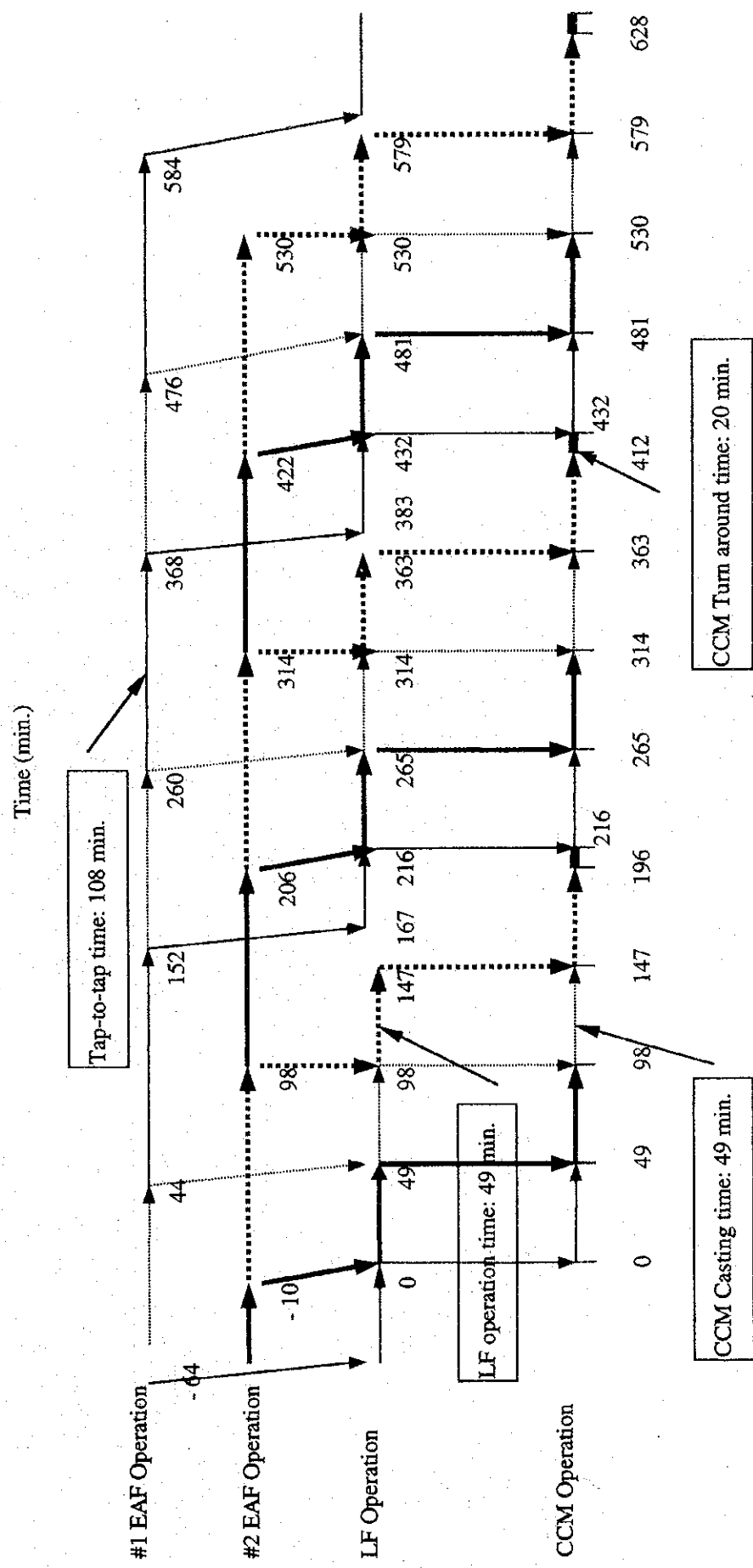


Figure 6-3-1 Operating Sequence of EAF, LF and CCM

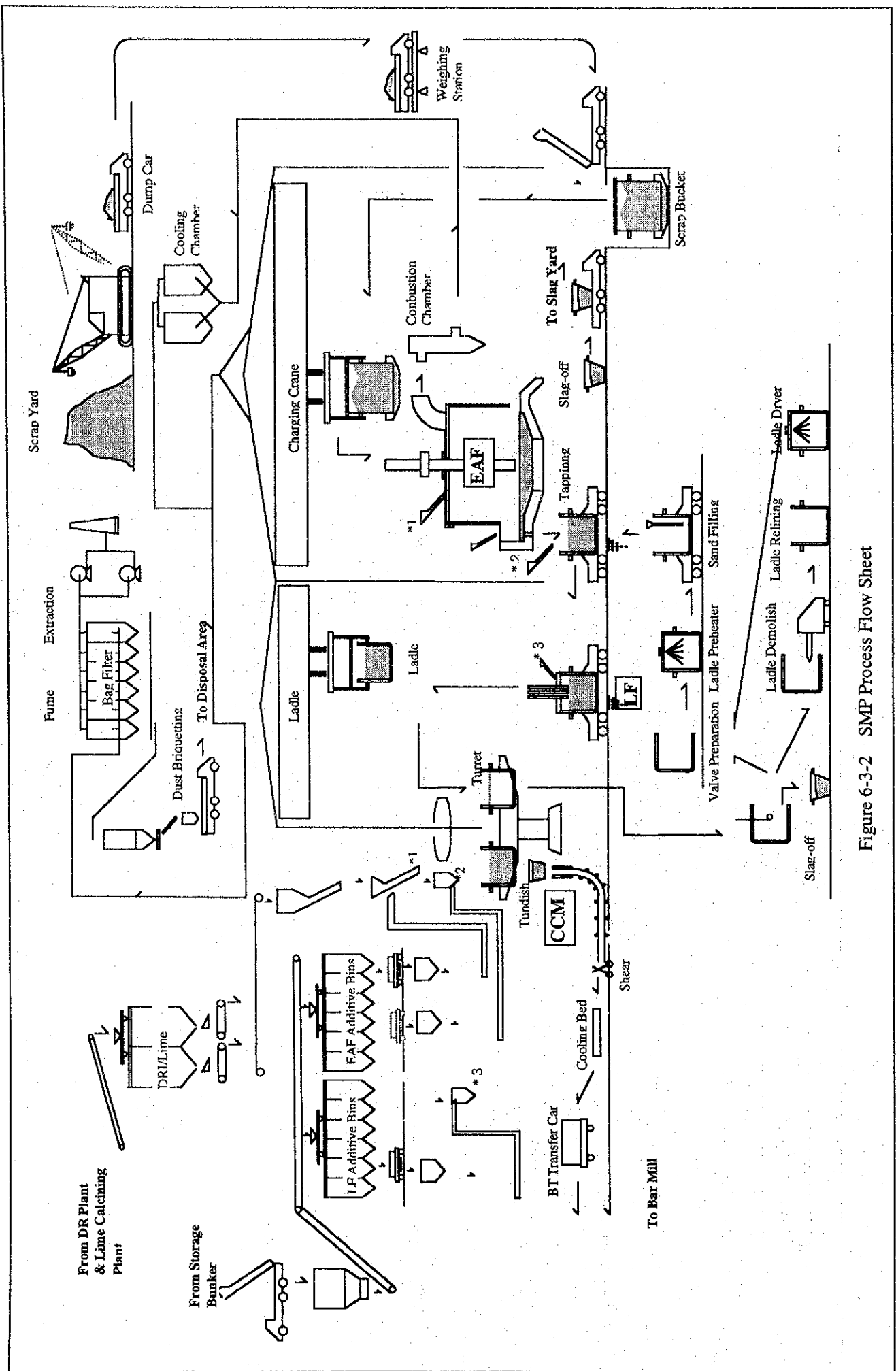
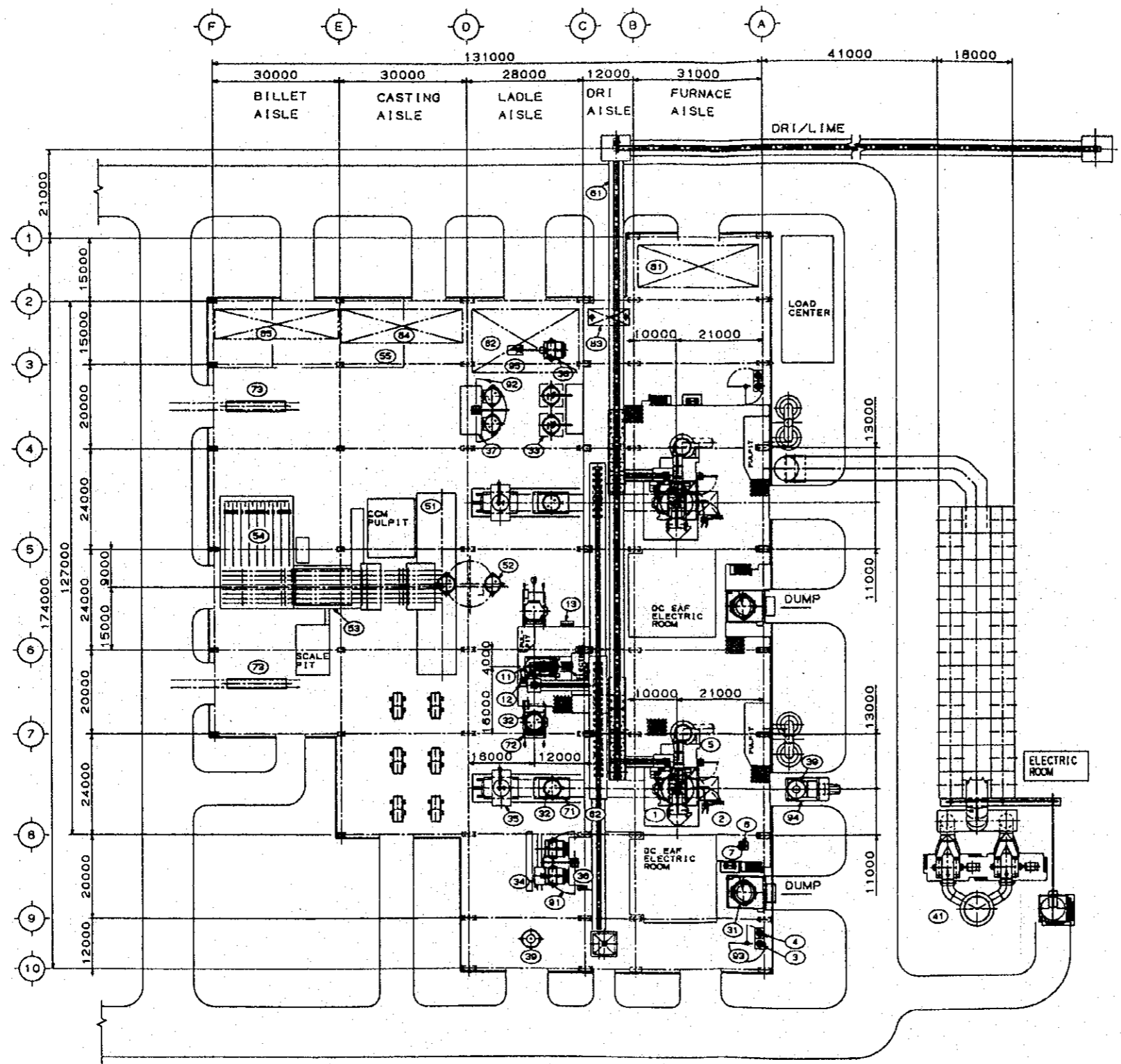


Figure 6-3-2 SMP Process Flow Sheet



REVISION			
NO.	DESCRIPTION	BY	DATE
△			



NO.	MAJOR EQUIPMENT	Q'TYS	REMARKS
①	ELECTRIC ARC FURNACE	2	
②	OXYGEN AND CARBON LANCE MANIPULATOR	2	
③	CARBON INJECTION SYSTEM - STORAGE HOPPER AND INJECTION VESSEL	2	
④	GUNNING SYSTEM - STORAGE HOPPER AND INJECTION VESSEL	2	
⑤	GUNNING SYSTEM - ROTATING GUN	2	
⑥	ELECTRODE NIPPLING DEVICE FOR EAF	1	
⑦	ELECTRODE STAND FOR EAF	2	
⑪	LADLE FURNACE	1	
⑫	TEMPERATURE, OXYGEN MEASURING AND SAMPLING DEVICE FOR LF	1	
⑬	ELECTRODE STAND FOR LF	1	
⑳	110m <sup>3</sup> SCRAP BUCKET	2	
㉑	150t LADLE	8	
㉒	LADLE DRYER (VERTICAL)	2	
㉓	LADLE PREHEATER (HORIZONTAL)	1	
㉔	LADLE COVER WITH BURNER	2	
㉕	LADLE VALVE MAINTENANCE STATION	1	
㉖	LADLE RELINING STATION	1	
㉗	LADLE DISMANTLING STATION	1	
㉘	18m <sup>3</sup> SLAG POT	8	
㉚	DEDUSTING SYSTEM	1	
㉛	CONTINUOUS CASTING MACHINE	1	
㉜	LADLE TURRET	1	
㉝	RUNOUT TABLE	1	
㉞	COOLING BED	1	
㉟	MOLD REPAIRING AREA	1	
㊱	DRI/LIME HANDLING SYSTEM	1	
㊲	ADDITIVE HANDLING SYSTEM	1	
㊳	LADLE TRANSFER CAR FOR EAF	2	
㊴	LADLE TRANSFER CAR FOR LF	2	
㊵	BILLET TRANSFER CAR	2	
㊶	110/30t SCRAP CHARGING CRANE	1	
㊷	250/50t LADLE CRANE	1	
㊸	10/5t MATERIAL HANDLING SERVICE CRANE	1	
㊹	80/20t CCM CRANE	1	
㊺	30t BILLET HANDLING CRANE	1	
㊻	2t LADLE VALVE MAINTENANCE STATION JIB CRANE	1	
㊼	2t LADLE RELINING STATION JIB CRANE	1	
㊽	2t SUB-MATERIAL HANDLING JIB CRANE	2	
㊾	95t SLAG POT CARRIER CAR (TO BE SUPPLIED BY OTHERS)	2	
㊿	DIG OUT MACHINE	1	

Figure 6-3-3 General Layout of Steel Making Plant

This drawing is the property of NKK CORPORATION (NKK). The information contained herein shall not be reproduced, copied, sold, or otherwise disposed of without written consent of NKK. Any use for any purpose other than that for which it is furnished.

JOB NO.	CUSTOMER
APPROVED	PROJECT
CHECKED	TITLE
DESIGNED	FIGURE 6-3-3
DRAWN	GENERAL LAYOUT OF STEEL MAKING PLANT
DESIGN SECTION	(PLAN)
IRON & STEEL ENGINEERING DIV.	
SCALE 1:500	3 ANGLE STD DWG NO.
NKK CORPORATION	AJ-0110-P80-01







Table 6-3-4 SMP Unit Consumption, By-products and Waste

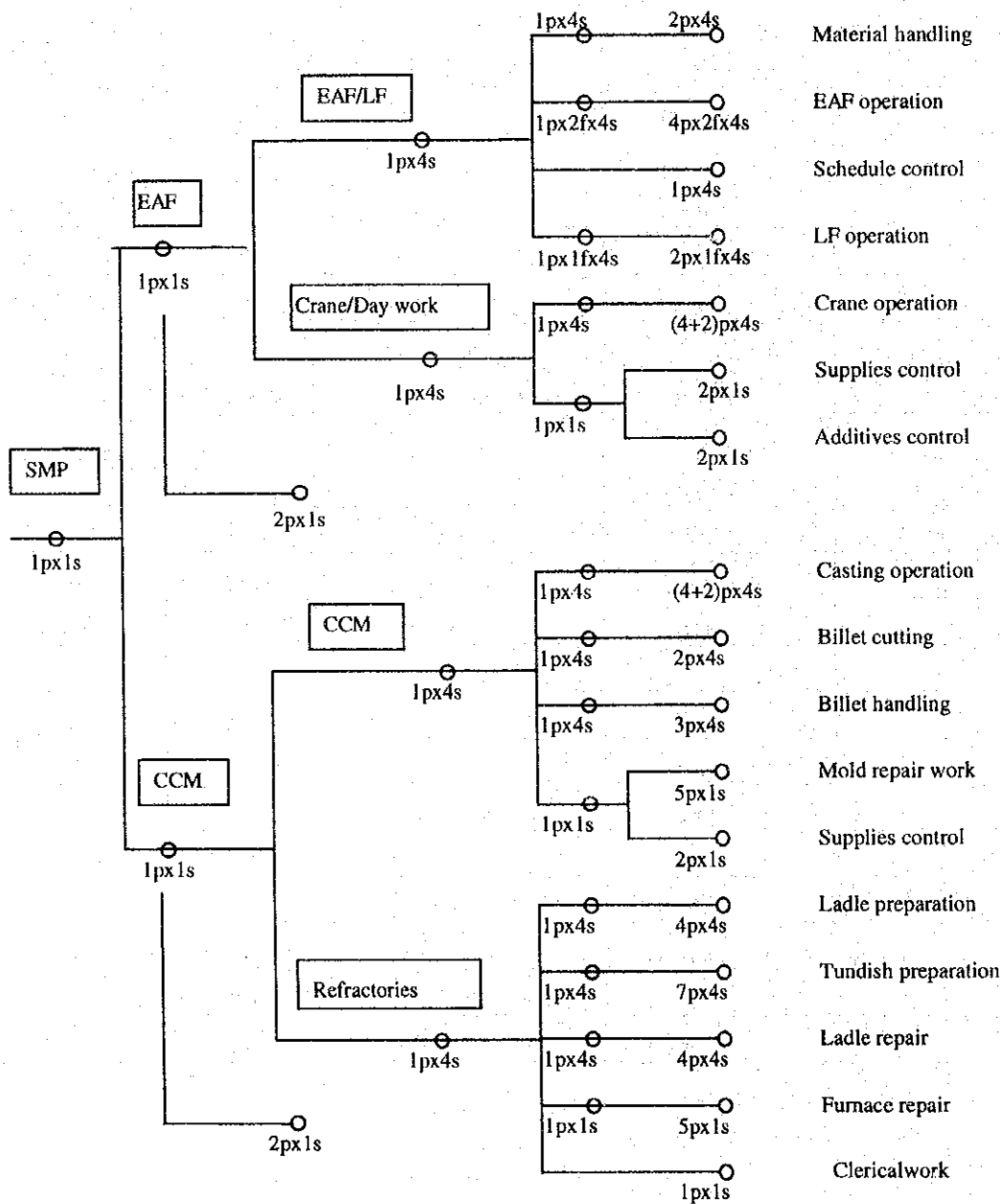
Item	Unit consumption	Materials Required		
		Per year	Per month	Per day
1 DRI	1,083.3 kg/t-BT	1,300,000 t	108,330 t	4,194 t
2 Scrap	122.5 kg/t-BT	147,000 t	12,250 t	474 t
3 Burnt Lime	42.0 kg/t-BT	50,400 t	4,200 t	163 t
4 Fluorspar	0.1 kg/t-BT	120 t	10 t	0.4 t
5 Fe-Mn	10.2 kg/t-BT	12,200 t	1,020 t	39.4 t
6 Fe-Si	4.4 kg/t-BT	5,300 t	442 t	17.1 t
7 Al	0.1 kg/t-BT	120 t	10 t	0.4 t
8 Coke Lump/Breeze	35.0 kg/t-BT	42,000 t	3,500 t	135 t
9 Furnace Brick	0.9 kg/t-BT	1,100 t	92 t	3.5 t
10 Fettling Materials	9.1 kg/t-BT	10,900 t	910 t	35 t
11 Ladle Brick	4.0 kg/t-BT	4,800 t	400 t	15.5 t
12 Electrode	1.9 kg/t-BT	2,300 t	190 t	7.4 t
13 Tundish Brick	1.3 kg/t-BT	1,600 t	130 t	5.2 t
14 Slag	170 kg/t-BT	204,000 t	17,000 t	658 t
15 Dust	17 kg/t-BT	20,800 t	1,730 t	67 t
16 Scrap	18.1 kg/t-BT	21,700 t	1,810 t	70 t
17 Waste Brick	1.3 kg/t-BT	1,600 t	130 t	5 t
18 Scale	5.0 kg/t-BT	6,000 t	500 t	19.4 t
19 Electric power	695 kWh/t-BT	834,000 MWh	69,500 MWh	2,690 MWh
20 Make-up Water	0.4 m <sup>3</sup> /t-BT	504,000 m <sup>3</sup>	42,000 m <sup>3</sup>	1,626 m <sup>3</sup>
21 Compressed Air	3.1 Nm <sup>3</sup> /t-BT	3,720,000 Nm <sup>3</sup>	310,000 Nm <sup>3</sup>	12,000 Nm <sup>3</sup>
22 Natural Gas	3.3 Nm <sup>3</sup> /t-BT	3,960,000 Nm <sup>3</sup>	330,000 Nm <sup>3</sup>	12,774 Nm <sup>3</sup>
23 Oxygen Gas	32.9 Nm <sup>3</sup> /t-BT	39,480,000 Nm <sup>3</sup>	3,290,000 Nm <sup>3</sup>	127,355 Nm <sup>3</sup>
24 Nitrogen Gas	6.4 Nm <sup>3</sup> /t-BT	7,680,000 Nm <sup>3</sup>	640,000 Nm <sup>3</sup>	24,774 Nm <sup>3</sup>



Table 6-3-5 SMP Organization and Personnel

Section Manager	Asst. Section Manager	Engineer	Foreman	Asst. Foreman	Worker	Remarks
-----------------	-----------------------	----------	---------	---------------	--------	---------

Note: (1) p: person (2) s: shift (3) f: furnace (4) Right hand figure in parenthesis: relief



1	2	4	16	47	197	Total 267
---	---	---	----	----	-----	-----------

## 6-4 棒鋼圧延工場

### 6-4-1 概要

#### (1) 基本概念

棒鋼圧延工場 (BRM) は、製鋼工場の連続鋳造機で生産されたビレットを素材として、年間約 120 万トンの鉄筋コンクリート用棒鋼を生産する為に建設される。

棒鋼圧延工場の計画ベースは以下の通り：

- a) 生産能力 : 年産約 120 万トン  
(即ち、年産 1,164,000 トン)
- b) 製品 : 鉄筋コンクリート用棒鋼  
(主要寸法  $\phi 10 \text{ mm} - \phi 32 \text{ mm}$  の範囲)
- c) 素材 : 連続鋳造ビレット (供給はビレット連鋳機より)
- d) 必要圧延能率 : 時間当たり能率 190 - 200 t/h (推定)

計画される棒鋼圧延工場は下記の主要プロセス設備より構成される：

- a) ビレットの受け入れおよび保管
- b) ビレットの加熱
- c) 圧延および熱間切断
- d) 棒鋼の冷却および切断
- e) 棒鋼の精整 (結束、計重等も含まれる)
- f) 棒鋼製品の保管

#### (2) 圧延プロセス技術

計画される棒鋼圧延工場において、適用されるべき圧延プロセスに関する主要技術を以下に述べる。

##### 1) 細径サイズの棒鋼製品に適用される高速スリット圧延プロセス

スリット圧延は、 $\phi 16 \text{ mm} - \phi 20 \text{ mm}$  以下の細径サイズの鉄筋コンクリート用棒鋼の圧延能率を向上する為に、大量生産の棒鋼圧延工場において現在一般的に適用されている技術である。

スリット圧延プロセスの代表的な機構を添付の Figure 6-4-1 に示す。

計画される棒鋼圧延工場は、細径サイズの棒鋼（即ち、最小φ10 mm）の生産が必要となるばかりでなく、高い圧延能率（即ち、190 - 200 t/h の時間当たり平均圧延能率）が求められる。よって、年産 100 万トン以上を 1 つの工場で圧延する計画の実現の為には、高速仕上圧延との組み合わせによるスリット技術（高速スリット圧延）の適用が必須であると考えられる。

その上、かかる高速スリット圧延プロセスの適用によって、計画される棒鋼圧延工場の圧延能率(t/h)は全サイズの圧延に亘って概ね同一となることより、連続鋳込操業で連続鋳造機より供給されるビレットよりの熱間/温間装入圧延の連続性が促進される。

一方、かかる高速スリット圧延プロセスを適用しない従来圧延設備の場合、年産 100 万トン以上の生産を満足する為には 2 つの工場の建設が必要となるであろう。

## 2) 熱間/温間装入圧延プロセス

エネルギー節約の観点より、連続鋳造機と圧延設備間の熱間/温間装入圧延プロセスが考慮されるべきであろう。この熱間/温間装入圧延プロセスでは、ビレットの熱損失を最小にする為には熱間/温間ビレットは冷却されず、ローラーテーブル、コンベヤー等の搬送設備を介して直接加熱炉に供給される。

## 3) 形鋼圧延の可能性

高い圧延能率で主に鉄筋コンクリート用棒鋼を生産する為に計画される棒鋼圧延工場に於いて、主に切断および精整プロセスラインでの一部関連設備の追加により同等サイズのアングル、チャンネル、平鋼等の形鋼製品の生産も可能となる。

しかしながら、かかる形鋼では高速或いはスリット圧延の適用は実際的でないことより、鉄筋コンクリート用棒鋼に比べて形鋼圧延の生産性(t/h)は大幅に低下する。

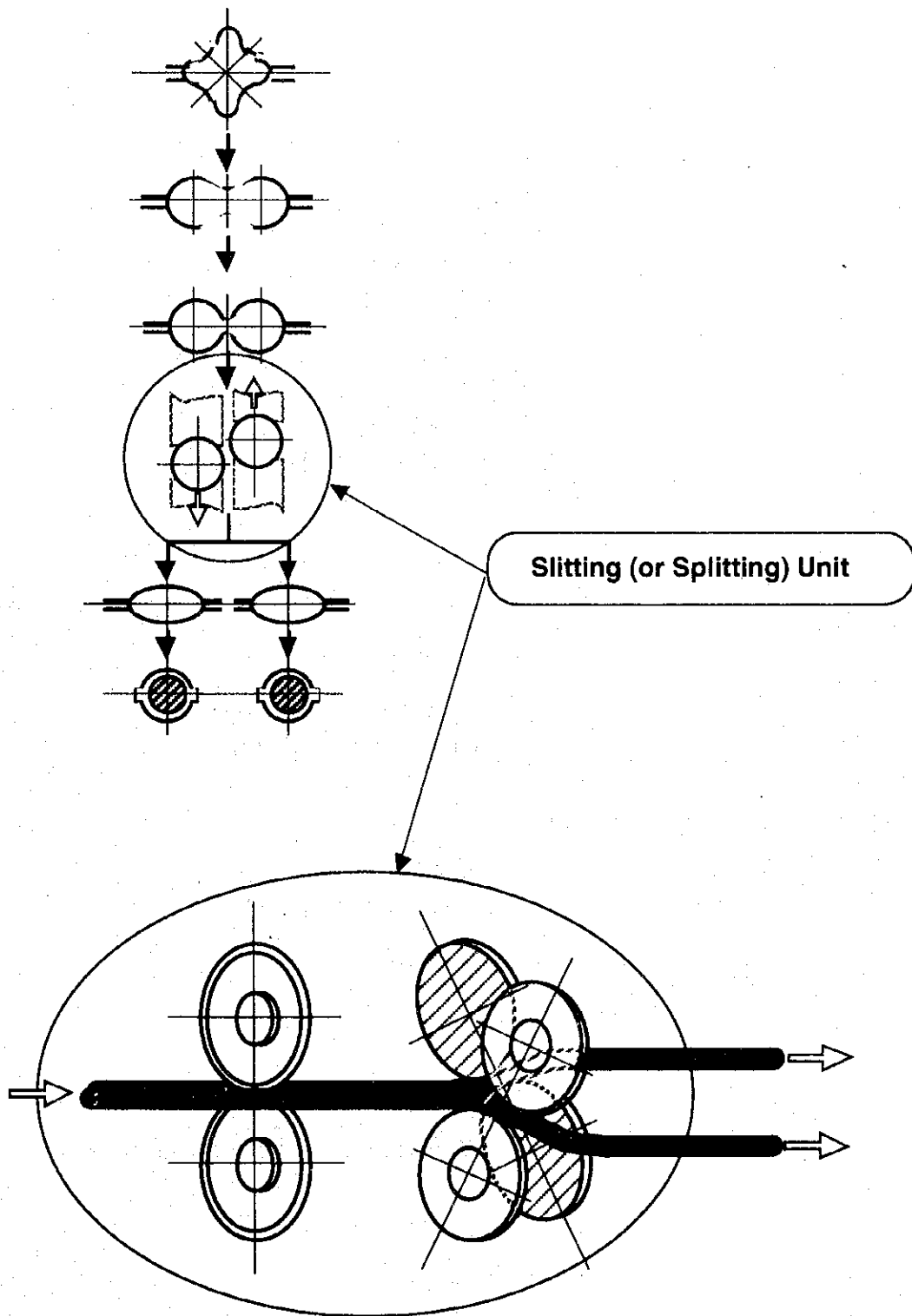


Figure 6-4-1 Typical Mechanism for Slit Rolling

## 6-4-2 基本計画

### (1) 素材

- 1) 素材 : 連続鋳造ビレット
- 2) 鋼種 : 鉄筋コンクリート用棒鋼向け炭素鋼  
(および同類似鋼種)
- 3) ビレット寸法
  - 断面 : 150 mm 角
  - 長さ : 16,000 mm (標準)
  - 重量 : 約 2,700 kg (標準として)

### (2) 生産計画

#### 1) 品質および製品寸法

- 製品品質 : 鉄筋コンクリート用棒鋼
- 製品寸法 : D10 - D32 (異形直棒鋼)

#### 2) 製品棒鋼長さ (即ち、最終棒鋼長さ)

- 棒鋼切断長さ範囲 : 3.5 m - 13 m
- 棒鋼切断標準長さ : 8 m (設備生産計画基準値として)

#### 3) 製品結束 (即ち、最終棒鋼結束)

##### 大結束重量

- 最大重量 : 約 4,000 kg
- 標準重量 : 約 2,000 kg (設備生産計画基準値として)

#### 4) 年産約 120 万トンに対する寸法別製品生産割合

製品の輸出志向型計画を考慮した、年産約 120 万トン (即ち、1,164,000 トン) の鉄筋コンクリート用棒鋼に対する寸法別製品生産割合の想定を下表に示す。

Table 6-4-1 Size-wise Product Mix of BRM

Product size	Proportion ratio (%)	Annual production (t/y)	Kind of products
D10	13.0	151,320	Deformed steel bars for concrete reinforcement
D12	23.0	267,720	
D14	10.0	116,400	
D16	25.0	291,000	
D18	5.0	58,200	
D20	10.0	116,400	
D22	2.0	23,280	
D25	7.0	81,480	
D28	1.0	11,640	
D30	1.0	11,640	
D32	3.0	34,920	
Total	100.0	1,164,000	

寸法別製品生産割合の参考として、既存の類似棒鋼圧延設備での代表的な事例を下表に示す：

Example for Size-wise Product Mix ("Case-A")

Product size	Proportion ratio (%)	Annual production (t/y)	Kind of products
D10	13.0	72,800	Deformed steel bars for concrete reinforcement
D12	23.0	128,800	
D14	10.5	58,800	
D16	25.2	141,120	
D18	5.1	28,560	
D20	9.7	54,320	
D22	2.0	11,200	
D25	7.1	39,760	
D28	0.9	5,040	
D30	0.6	3,360	
D32	2.9	16,240	
Total	100.0	560,000	

Example for Size-wise Product Mix ("Case-B")

Product size	Proportion ratio (%)	Annual production (t/y)	Kind of products
D10	12.0	81,600	Deformed steel bars for concrete reinforcement
D12	24.0	163,200	
D14	14.0	95,200	
D16	25.0	170,000	
D18	3.0	20,400	
D20	8.2	55,760	
D22	1.5	10,200	
D25	7.0	47,600	
D28	0.2	1,360	
D30	0.1	680	
D32	2.5	17,000	
Others	2.5	17,000	
Total	100.0	680,000	

Example for Size-wise Product Mix ("Case-C")

Product size	Proportion ratio (%)	Annual production (t/y)	Kind of products
D10	45.0	450,000	Deformed steel bars for concrete reinforcement
D13	30.0	300,000	
D16	15.0	150,000	
D19	0.0	0	
[Sub-total]	(90.0)	(900,000)	
R10 - R16	10.0	100,000	Bar-in Coil
Total	100.0	1,000,000	

5) 立ち上がり生産計画

設備の立ち上がり初期は、操業を通じて設備のチェックを行ったり、作業員がプラントの運転に不慣れであったりすることがある。したがって、生産量は操業初期から徐々に引き上げられ、やがて定格生産能力に至る。

立ち上がり生産スケジュールは製鋼工場のピレット生産の立ち上がりとの関連において以下の如く推定される：

- a) 1年目 : 定格生産量の約 70%
- b) 2年目 : 定格生産量の約 91%
- c) 2年目以降 : 定格生産量の約 100%

### (3) 生産能力

#### 1) 有効圧延時間

添付の Figure 6-4-2 Operational Time Balance を参照。

Figure 6-4-2 Operational Time Balance に示す有効圧延時間は、下記の定修時間および圧延時間休止率より推定されている。

- 操業シフト : 4組3交代
- 歴時間 (Tc) : 年間 8,760 時間 (= 24 時間/日 x 365 日/年)
- 定修時間 (Ts) : 年間 480 時間 (表 6-4-2 を参照)
- 実稼働時間 (To) : 年間 8,280 時間  
(To = Tc - Ts) (= 8,760 h/y - 480 h/y)
- 圧延時間休止率 (Tf) : 25% - 20% (推定)
- 圧延休止時間 (Td) : 年間 2,070 時間 - 1,650 時間 (推定)  
(Td = To x Tf) (= 8,280 h/y x 0.25 to 0.20)
- 有効圧延時間 (Tr) : 年間 6,210 時間 - 6,624 時間  
(Tr = To - Td) (= 8,280 h/y - 2,070 to 1,656 h/y)

Table 6-4-2 Maintenance Schedule

Item	Scheduled Down Hours
Major Repairs	10 days/year (= 5 days/time x 2 times/year)
Monthly Repairs	10 days/year (= 1 day/time x 10 times/year)



## 2) 圧延プロセス

添付の Figure 6-4-3 Rolling Process に示される下記圧延プロセスが適用される：

- D10 - D14 の圧延プロセス : 高速/4-スリット圧延プロセス  
(スリット以降は 4 ストランド圧延)
- D16 - D20 の圧延プロセス : 高速/2-スリット圧延プロセス  
(スリット以降は 2 ストランド圧延)
- D25 以上の圧延プロセス : 1 ストランドの従来圧延

## 3) 圧延能力

### (a) 推定圧延能率および年間必要圧延時間

添付の Table 6-4-3 Calculation of Rolling Rate and Annual Rolling Time Required を参照。

添付の表に示される各製品寸法毎の推定圧延能率 (M:製品ベース t/h)は下記の式より計算されている：

$$M (\text{製品ベース t/h}) = K \times L$$

ここで

- M (製品ベース t/h) : 製品ベースの推定圧延能率
- K (ピレットベース t/h) : ピレットベースの推定圧延能率  
[5 秒のピレット間ギャップおよび  
理論と実際の圧延能率間効率 (J=95%)  
を根底とする]
- L (= 97%) : 製品歩留り

年産約 120 万トン (即ち、1,164,000 トン) の生産に必要な推定年間圧延時間は、前述の Table 6-4-1 に示す寸法別製品生産割合に基づいて計算されている。

### (b) 圧延能力

推定年間圧延能力は以下の如く計算される：

$$\begin{aligned} \text{年間圧延能力 [P (t/y)]} &= P_e \times T_r \\ &= 191.7 (\text{t/h}) \times [6,210 - 6,624 (\text{h/y})] \\ &= 1,190,000 - 1,270,000 (\text{t/y}) \end{aligned}$$

ここで

-  $P_e$  (= 191.7 t/h) : 寸法別製品生産割合に基づいた製品ベースの平均推定圧延能率 (Table 6-4-3 Calculation of Rolling Rate and Annual Rolling Time Required を参照)

-  $Tr$  (= 6,210 - 6,624 h/y) : 年間有効圧延時間 (Figure 6-4-2 Operational Time Balance を参照)

上記の圧延能力の計算において、加熱炉の最大必要能力は時間当たり 210(t/h)である。

[Operational Time Balance]

CALENDER HOURS (Tc)  
 $Tc = \frac{8,760}{365} \text{ (h/y)}$   
 (= 24 h/d x 365 d/y)

ACTUAL OPERATING HOURS (To)  
 $To = Tc - Ts$   
 $= \frac{8,280}{365} \text{ (h/y)}$

SCHEDULED DOWN HOURS (Ts)  
 $Ts = 480 \text{ (h/y)}$

- Holidays 0 (d/y)
- Major Repairs 10 (d/y) (= 5 d/time x 2 times/y)
- Monthly Repairs 10 (d/y) (= 1 d/time x 10 times/y)

AVAILABLE ROLLING HOURS (Tr)

$Tr = To - Td$  x 75 to 80 % (\*)  
 $= \frac{6,210}{365} \text{ to } \frac{6,624}{365} \text{ (h/y)}$

ESTIMATED OPERATIONAL DOWN HOURS (Td)

$Td = To \times 25 \text{ to } 20 \% \text{ (*)}$  : Operational down ratio  
 $= \frac{2,070}{365} \text{ to } \frac{1,656}{365} \text{ (h/y)}$

- Stand/Roll Change
- Pass/Caliber Change
- Mill Setting
- Furnace Delay for Soaking
- Unexpected Mechanical Delay
- Unexpected Electrical Delay
- Cobbles
- Other Delay

Figure 6-4-2 Operational Time Balance

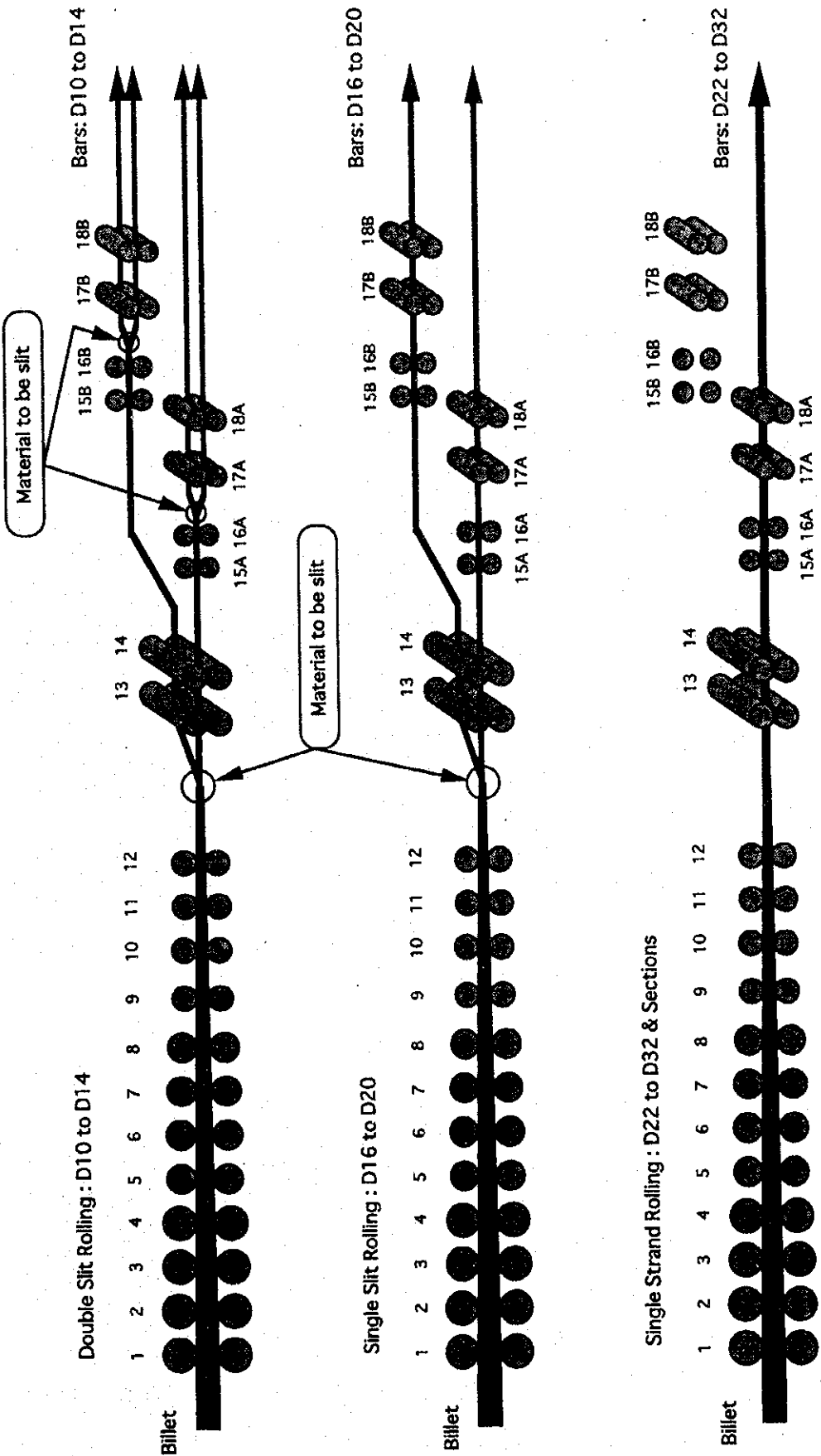


Figure 6-4-3 Rolling Process





Table 6-4-3 Calculation of Rolling Rate and Annual Time Required

Billet : 150 mm sq. x 16 m ( 2,700 kg)

Shape	Product		Billet		Number of Slit Strands [C]	As-rolled Length (m) [D] = (B/A/C)	Finish-Rolling Speed (m/sec.) [E]	Rolling Time (sec.) [F] = (D/E)	Pause (sec.) [G]	Rolling Cycle Time (sec.) [H] = (F+G)	Theoretical Rolling Rate (Billet Basis) (t/hr.) [I] = {3600x8/(Hx1000)}	Capacity Utilization (%) [J]	Expect Rolling Rate (Billet Basis) (t/hr.) [K] = (IxJ/100)	Yield (Expected) (%) [L]	Expected Rolling Rate (Product Basis) (t/hr.) [M] = (KxL/100)	Annual Production Amount		Expected Rolling Time (hr./y) [O] = (N/M)	
	Size	Unit weight (kg /m) [A]	Size (mm sq. x m)	Weight (kg) [B]												(t/y) [N]	(%)		
Deformed Bars	D	10	0.617	150 x 16	2700	4	1094.0 x 4	25.0	43.8	5	48.8	199	95	189	97.0	183	151,320	13.0	827
	D	12	0.888	150 x 16	2700	4	760.1 x 4	18.4	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	267,720	23.0	1,380
	D	14	1.21	150 x 16	2700	4	557.9 x 4	13.5	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	116,400	10.0	600
	D	16	1.58	150 x 16	2700	2	854.4 x 2	20.7	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	291,000	25.0	1,500
	D	18	2.00	150 x 16	2700	2	675.0 x 2	16.4	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	58,200	5.0	300
	D	20	2.47	150 x 16	2700	2	546.6 x 2	13.2	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	116,400	10.0	600
	D	22	2.98	150 x 16	2700	1	906.0	18.0	50.3	5	55.3	176	95	167	97.0	162	23,280	2.0	144
	D	25	3.85	150 x 16	2700	1	701.3	17.0	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	81,480	7.0	420
	D	28	4.83	150 x 16	2700	1	559.0	13.6	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	11,640	1.0	60
	D	30	5.55	150 x 16	2700	1	486.5	11.8	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	11,640	1.0	60
	D	32	6.31	150 x 16	2700	1	427.9	10.4	41.3	5	46.3	210	95	200	97.0	194	34,920	3.0	180
	<b>TOTAL</b>																ΣP = 1,164,000	100	ΣQ = 6,071
Average Expected Rolling Rate (t/hr.) (Product Basis)																Pe = ΣP/ΣQ = 1,164,000/6,071 = 191.7 t/hr.			

Note :

- 1) Symbols of products  
D : Deformed bars
- 2) Rolling process :  
D10 to D14 : 4-slit rolling  
D16 to D20 : 2-slit rolling  
Others : Single strand rolling

Average Expected Rolling Rate (product base) [Pe] = 191.7 (t/h)

Furnace Capacity (max.) = 210 (t/h)

Average Expected Rolling Rate (product base) [Pe] : 191.7 (t/h)  
Annual Available Rolling Hours [Tr] : 6,210 (hrs/y) to 6,624 (hrs/y)  
(Refer to "Operational Time Balance")

Expected Annual Production [P] : 1,190,000 (t/y) to 1,270,000 (t/y)

Calendar Hours	[ 8,760 (hrs/y) ]	= 365 (days/y) x 24 (hrs/day)
Scheduled Down Hours	[ 480 (hrs/y) ]	= 20 (days/y)
(Holidays)	[ 0 (d/y) ]	
(Major Repairs)	[ 10 (d/y) ]	2 (times/y) x 5 (days/time)
(Monthly Repairs)	[ 10 (d/y) ]	1 (days/time) x 1 (times/m) x 10 (m/y)

Actual Operating Hours [ 8,280 (hrs/y) ] = 345 (days/y)

Operational Down Hours [ 2,070 (hrs/y) to 1,656 (hrs/y) ] (Ratio = 25% to 20%)

Annual Available Rolling Hours [ 6,210 (hrs/y) to 6,624 (hrs/y) ] (Ratio = 75% to 80%)









#### (4) 形鋼製品の圧延

高い圧延能率でもって鉄筋コンクリート用棒鋼を生産する為、計画される本棒鋼圧延工場において形鋼製品の圧延も可能である。

しかしながら、形鋼製品に対しては高速或いはスリット圧延の適用が实际的でないことより、添付の表 6-4-4 Calculation of Rolling Rate for Typical Section Products に示される如く、その生産性(t/h)は鉄筋コンクリート用棒鋼に比べて、大幅に（概ね半分以下に）低下する。

なお、形鋼製品の生産では、切断および精整プロセスラインで下記設備の追加が必要となる：

- a) 矯正設備
- b) 段積設備
- c) 結束設備
- d) 製品出荷設備、等





Table 6-4-4 Calculation of Rolling Rate for Typical Section Products

Billet : 150 mm sq. x 16 m ( 2,700 kg)

Shape	Product		Billet		Number of Slit Strands [C]	As-rolled Length (m) [D] = (B/A/C)	Finish-Rolling Speed (m/sec.) [E]	Rolling Time (sec.) [F]=(D/E)	Pause (sec.) [G]	Rolling Cycle Time (sec.) [H]=(F+G)	Theoretical Rolling Rate (Billet Basis) (t/hr.) [I]=(3600x8/(Hx1000))	Capacity Utilization (%) [J]	Expect Rolling Rate (Billet Basis) (t/hr.) [K]=(IxJ/100)	Yield (Expected) (%) [L]	Expected Rolling Rate (Product Basis) (t/hr.) [M]=(KxL/100)	
	Size	Unit weight (kg /m) [A]	Size (mm sq. x m)	Weight (kg) [B]												
Section Bars	A	40 x 3	1.83	150 x 16	2700	1	1,475.4	10.0	147.5	5	152.5	64	95	61	95.0	58
	A	40 x 5	2.95	150 x 16	2700	1	915.3	10.0	91.5	5	96.5	101	95	96	95.0	91
	A	50 x 5	3.77	150 x 16	2700	1	716.2	8.0	89.5	5	94.5	103	95	98	95.0	93
	C	40 x 35	4.87	150 x 16	2700	1	554.4	6.0	92.4	5	97.4	100	95	95	95.0	90
	F	32 x 4.5	1.13	150 x 16	2700	1	2,389.4	10.0	238.9	5	243.9	40	95	38	95.0	36
	F	32 x 9	2.26	150 x 16	2700	1	1,194.7	10.0	119.5	5	124.5	78	95	74	95.0	70
	F	38 x 4.5	1.34	150 x 16	2700	1	2,014.9	10.0	201.5	5	206.5	47	95	45	95.0	43
	F	38 x 9	2.68	150 x 16	2700	1	1,007.5	10.0	100.7	5	105.7	92	95	87	95.0	83
	F	44 x 4.5	1.55	150 x 16	2700	1	1,741.9	10.0	174.2	5	179.2	54	95	51	95.0	48
	F	44 x 9	3.11	150 x 16	2700	1	868.2	9.5	91.4	5	96.4	101	95	96	95.0	91
	F	50 x 4.5	1.77	150 x 16	2700	1	1,525.4	10.0	152.5	5	157.5	62	95	59	95.0	56
	F	50 x 9	3.53	150 x 16	2700	1	764.9	8.5	90.0	5	95.0	102	95	97	95.0	92

Note :

1) Symbols of products

- A : Angles
- C : Channels
- F : Flat bars

2) Rolling process : Single strand rolling









### 6-4-3 プロセスの説明

#### (1) 設備構成

計画される棒鋼圧延工場の設備構成は、添付の Figure 6-4-4 General Layout of Bar Rolling Mill に示される。

計画される棒鋼圧延工場は下記の主要設備より構成される：

- a) ビレット受入れおよび搬送設備
- b) 加熱炉設備
- c) 粗圧延設備
- d) 中間圧延設備
- e) 仕上圧延設備
- f) クロップコブルシャー
- g) 分割シャー
- h) 冷却床設備
- i) 切断機設備
- j) 小結束設備
- k) 大結束設備
- l) 製品出荷搬送設備
- m) 乱尺材用切断設備

#### (2) 設備の基本諸言

- 1) ミル形式 : 全連続式ミル
- 2) 圧延ストランド数 : 固定パスラインでの1ストランド（但し、D10-D14のスリット圧延での仕上スタンドを除く）
- 3) 加熱炉 : 天然ガス燃焼、ウオーキングビーム式  
時間当たり最大能力 210 (t/h)
- 4) ミルスタンド台数 : 合計 22  
(各ライン4台の2仕上ライン、即ち、仕上ライン合計8台を含む)

5) ミルスタンド型式 : (Table 6-4-5 "Mill Data of BRM"を参照)

6) 最大圧延速度

-スリット圧延の場合 : 25 m/sec.

-スリット圧延でない場合: 18 m/sec.

7) 棒鋼冷却床設備

- 数量 : 2 ラインの冷却床設備

- 型式および長さ : 110m 長さ、ウォーキングビーム式

8) 冷間切断機設備

- 数量 : 2 ラインの冷間切断機設備

- 型式および能力 : 350 トン、ダウンカット式

9) 棒鋼精整ライン設備

- 数量 : 2 ラインの棒鋼精整設備

- 構成 : 棒鋼トラバーサー/コンベヤー、棒鋼計数/結束  
および集積設備等 (乱尺処理ライン設備を含む)

Table 6-4-5 Mill Data of BRM

TRAINS	STAND DATA				Mill Motor Power (kW)	Remarks
	Stand No.	Type	Roll Size (mm)			
			Diameter	Barrel		
Roughing	1	H	450	400	600	
	2	V	450	400	1,000	
	3	H	450	400	1,000	
	4	V	450	400	1,000	
	5	H	400	350	1,100	
	6	V	400	350	750	
	7	H	400	350	1,100	
	8	V	400	350	1,000	
Intermediate	9	H	380	700	1,400	
	10	V	380	700	1,100	
	11	H	380	700	1,400	
	12	H/V	340	700	1,100	
	13	H/V	340	700	1,000	
	14	H	340	700	1,000	
Finishing	15A	H/V	340	700	750	
	16A	H	340	700	600	
	17A	V	340	700	600	
	18A	H	340	700	750	
	15B	H/V	340	700	750	
	16B	H	340	700	600	
	17B	V	340	700	600	
	18B	H	340	700	750	
Remarks	<p>1) For mill type  H : Horizontal type mill  V : Vertical type mill  H/V : Combination type mill (convertible to horizontal and vertical type)</p> <p>2) Total power of mill motors from No.1 to No.18 stands is 19,950 kW.</p>					

### (3) プロセスの説明

#### 1) ビレットの受入/保管

製鋼工場の連続鋳造機で生産された 150 mm 角ビレットは、以下に述べる (a) 熱間装入プロセスおよび (b) 冷間装入プロセスの 2 つのプロセスで棒鋼圧延工場に引き渡される。

##### (a) 熱間装入プロセス

連続鋳造機で鋳造されたビレットは、ビレットヤードに保管されず熱間或いは温間状態のまま棒鋼圧延工場に引き渡され、ローラーテーブル、コンベヤー等の搬送設備を介して加熱炉に装入される。

##### (b) 冷間装入プロセス

連続鋳造機で鋳造されたビレットは冷却された後ビレットヤードに引き渡され、保管される。ビレットヤードに保管された冷間ビレットはビレット受入テーブルに載せられ、ローラーテーブルを介して加熱炉に装入される。  
通常操業では、ビレットヤードでのこれら冷間ビレットの運搬は天井クレーンで行われる。

#### 2) ビレットの加熱

ビレット加熱炉は連続ウオーキンビーム式加熱炉である。装入された後、ビレットはウオーキンビーム機構によって出側に移動されながら、熱間圧延プロセスに必要な所定の温度 (約 1,050℃ - 1,150℃) に炉内で加熱/均熱される。  
炉内で加熱/均熱されたビレットは一本ずつ炉内より加熱炉の出側に位置する最初のミルスタンドへ抽出される。

#### 3) 圧延および熱間切断

圧延設備ラインは 1 列の粗圧延機、1 列の中間圧延機および 2 列の仕上圧延機のグループに分割され、各列には下記の如くミルスタンドが配置される：

- 粗圧延機列 : 8 ミルスタンド  
(No.1 to No.8)

- 中間圧延機列 : 6 ミルスタンド  
(No.9 to No.14)
- 仕上圧延機列 : 1列当たり 4 ミルスタンド  
(No.15A to No.18A and 15B to 18B)

加熱炉より一本づつ最初のミルスタンド（即ち、No.1 スタンド）に抽出された後、加熱/均熱されたビレットは、Figure 6-4-3 Rolling Process に示す所定の圧延スケジュールにしたがって、粗圧延機列から仕上圧延機列を介して各々の製品サイズに圧延される。

スリット圧延プロセスによる細径サイズ棒鋼製品の圧延に於いては、Figure 6-4-1 Typical Mechanism for Slit Rolling に示す如きスリットユニットによって圧延中の所定の位置で圧延材はスリットされる。

製品の最終サイズに圧延された棒鋼は、フライング式熱間切断機によって冷却床の長さに対し妥当な長さで、且つ、倍数となる所定の長さに分割される。

圧延材のクロップ/コブル切断および棒鋼分割切断の為に、5 台のフライング式熱間切断機が下記の位置に配置される：

- No.8 と No.9 ミルスタンド間 : No.1 クロップ/コブルシャー
- 各仕上圧延機列前面 : No.2 (A & B) クロップ/コブルシャー
- 各仕上圧延機列後面 : 分割シャー (各仕上ラインに1台)

#### 4) 棒鋼の冷却および切断

分割シャーによって所定の長さに分割された棒鋼は、ランイン誘導装置を介して冷却床に搬出される。なお、ランイン誘導装置はトラフ式とローラーテーブル式の 2 つの方式より構成され、下記の如く製品のサイズに対応する。

(a) ランイントラフ方式は高速スリット圧延が行われる細径サイズの棒鋼圧延に対し使用される。

分割され最終ミルスタンドを離れた棒鋼は、ランイントラフを介して冷却床に引き渡される。ランイントラフにおいて、走行している各棒鋼はピンチロールによって減速され、最終的には機械式制動装置によって冷却床前面の適切な位置に停止される。

(b) ローラーテーブル方式はスリット圧延が行われない太径サイズの棒鋼圧延に対し使用される。

分割され最終ミルスタンドを離れた棒鋼は、ランインローラーテーブルを介して

冷却床に引き渡される。ローラーテーブルにおいては、ローラー間に配置されるリフティングプレートが持ち上げられ、走行している各棒鋼はこのリフター上を滑ることによって減速され、最終的に冷却床前面の適切な位置に停止される。

冷却床はウォーキンピーム機構によるレイク式冷却床である。冷却床の前面に停止された棒鋼は、冷却床のレイク上に取り込まれ自然冷却されながらウォーキンピーム機構で搬出側へ移動される。

レイクの末端部に於いて、冷却されたレイク上の棒鋼は集積装置によって冷間切断機で同時に切断される本数のグループに集められ、グループの状態でランアウトローラーテーブル上に移載される。そして、グループの状態でランアウトローラーテーブル上に移載された棒鋼は冷間切断機に移動され切断機によって最終製品長さに切断される。

#### 5) 棒鋼の精整

最終製品長さに切断された棒鋼はコンベヤー、ローラーテーブルを介して結束場所迄搬送される。ここでは、グループの状態で搬送されてきた棒鋼を留めたり、本数を数えたりして小結束或いは大結束単位の数に分離し、最終的には棒鋼を大結束単位の束に結束する。大結束された後、それらの棒鋼の束は計重機に送られ1束毎に計重される。計重された後、各棒鋼の束は出荷コンベヤーに引き渡され、そこから天井クレーンで製品保管ヤードに運搬される。

一方、異なった長さを有する冷間切断機で最後に切断されるグループの棒鋼は、乱尺棒鋼処理ラインに取り出される。

#### 6) 棒鋼製品の保管

出荷コンベヤーより運搬される棒鋼の束は製品ヤードに保管され、そこからトラック、トレーラー等の道路運搬設備によって搬出される。

通常操業では、製品ヤードでのこれら棒鋼束の運搬は天井クレーンで行われる。

### 6-4.4 レイアウト

棒鋼圧延工場のレイアウトを Figure 6-4-4 に示す。





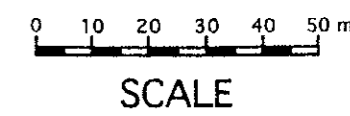
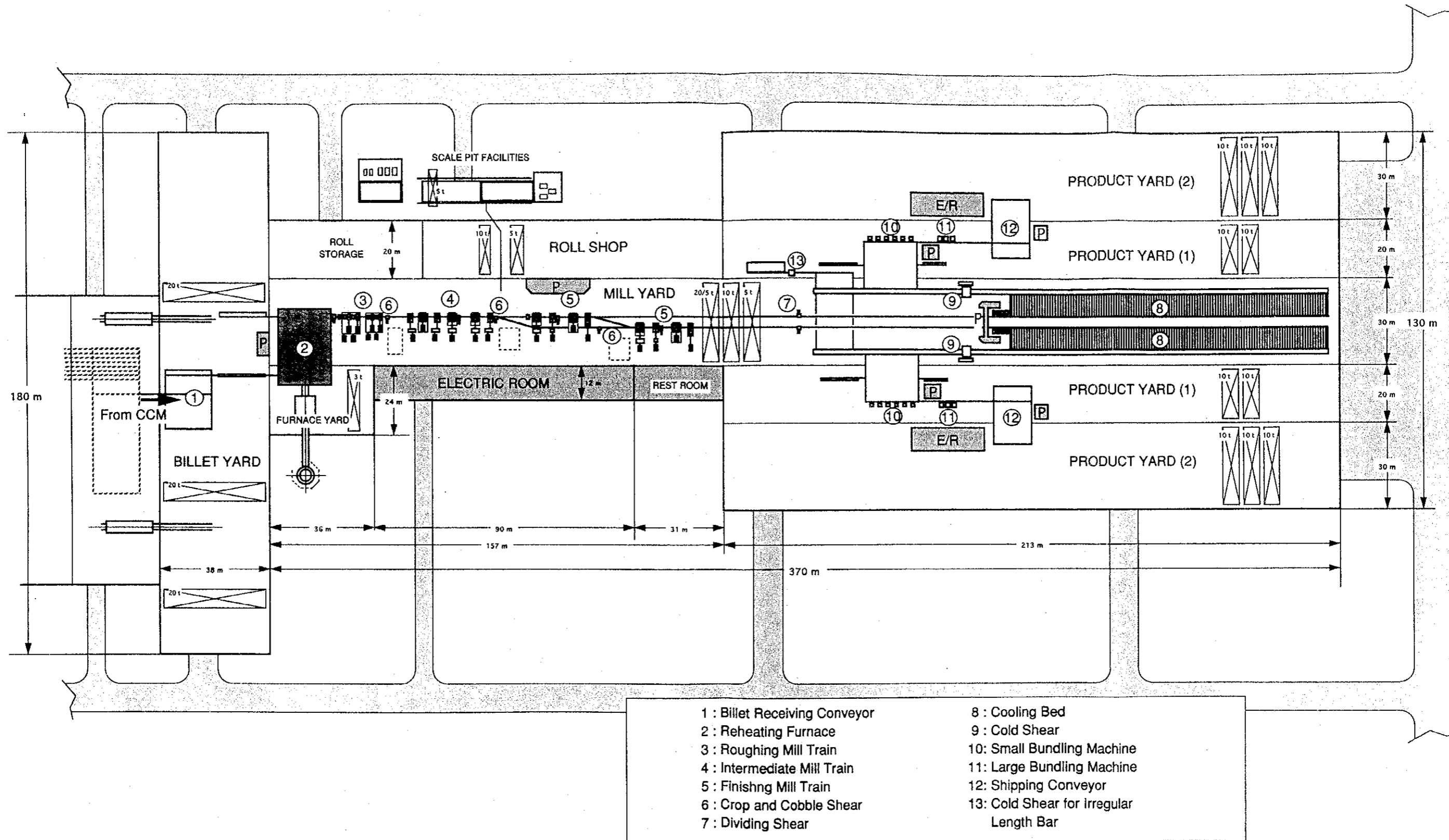


Figure 6-4-4 General Layout of Bar Rolling Mill Plant







#### 6-4-5 原単位

原単位（素材、ロール、ユーティリティ）および副産物、廃棄物発生割合を Table 6-4-6 に示す。

Table 6-4-6 Unit Consumption, By-Products and Wastes of BRM

Item	Unit Consumption	Remarks
[Raw Material]		
1) Cast Billet	1,031 kg/t-bar	
[Consumables]		
2) Roll	0.270 kg/t-bar	
[Utilities]		
3) Electricity	90 kWh/t-bar	
4) Water (Industrial)	0.05 m <sup>3</sup> /t-bar	As make-up water
5) Natural Gas	280,000 kcal/t-bar	
[By-products & Wastes]		
6) Scrap	22.7 kg/t-bar	As return scrap
7) Scale	8.25 kg/t-bar	

備考: 原単位および副産物、廃棄物発生割合は製品棒鋼トン当たり基準。

#### 6-4-6 組織と要員

予想される組織および要員を Table 6-4-7 に示す。

Table 6-4-7 Organization and Personnel of BRM

Section Manager	Assistant Section Manager	Engineer	Foreman	Assistant Foreman	Worker	Remarks
1 x 1	1 x 1	3 x 1	1 x 4	1 x 4	7 x 4	Billet yard & furnace operation
				1 x 4	10 x 4	Rolling mill line
				1 x 4	16 x 4	Bar cutting/finishing line
				1 x 4	12 x 4	Product yard
				1 x 4	15 x 4	Crane operation
			1 x 1	1 x 1	6 x 4 + 7	Roll shop work
1	1	3	5	21	247	Total : 278

#### 6-4-7 主要機器リスト

付属資料「A6-4-1」を参照。