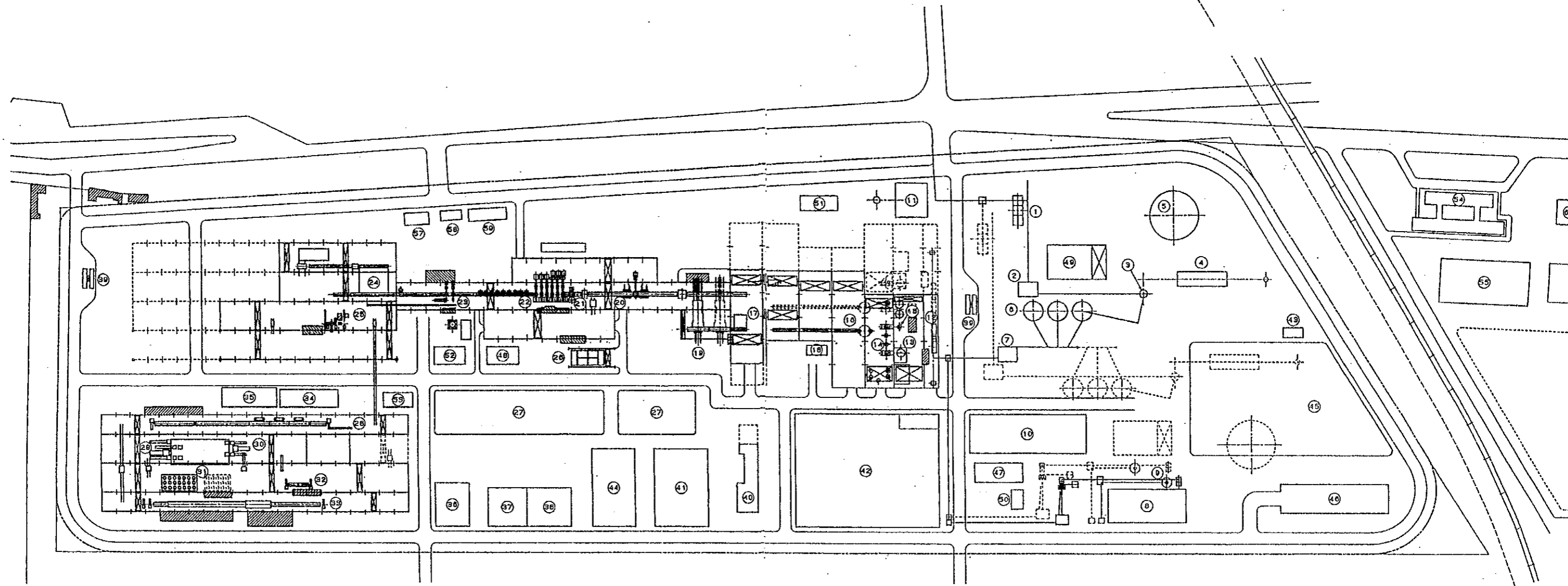


5-4 全体設備配置

薄板工場の全体設備配置を図5-4-1と図5-4-2に示す。

主たる生産設備は、原料運搬が最小になるよう計画されている。ペレットと鉄鉱石の貯蔵ヤードは原料岸壁のすぐ隣にあり、コンベアで直接還元鉄工場（DRP）へ送られる。直接還元鉄（DRI）と焼石灰もまたコンベアで製鋼工場（SMP）へ送られる。スクラップヤードは薄板工場敷地内にあり、ダンプにより製鋼工場内のスクラップバケットへ運ばれる。製鋼工場と熱延工場は効率よく配置されており、受配電用サブステーションは大電力消費工場である製鋼工場と熱延工場の近くに位置している。廃棄物ヤード、廃液処理場、検査・分析設備も配置図に示されている。管理事務所、レストラン、保全場、倉庫は鉄道を越えた東側の敷地内に配置されている。出入トラックに必要な秤量器は薄板工場敷地内に配置されており、工場事務所、救急設備、消防設備、守衛所、車両整備場等も薄板工場敷地内に配置されている。

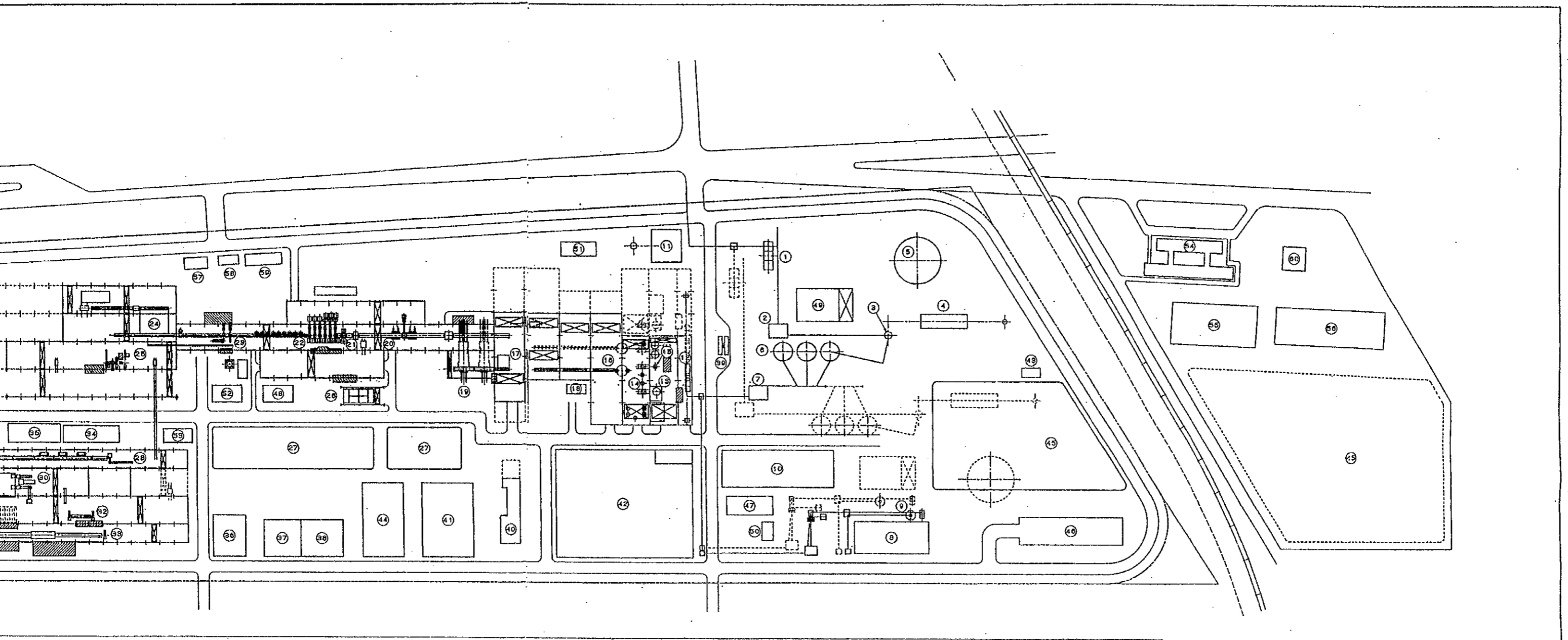
工場と事務所周りの大規模な植樹と緑化により、良好な環境を確保すべく景観と緑化を考慮し、騒音・埃の発生防止と適温確保に努めている。



Note

① OXIDE PELLET STORAGE BIN	⑪ DUST COLLECTOR	⑳ COIL BOX	㉓ BATCH ANNEALING FURNACE	④① RAW WATER RECEIVING STATION	⑤① SMP OFFICE
② OXIDE PELLET SCREEN	⑫ MATERIAL HANDLING SYSTEM	㉑ FINISHING MILL	㉔ RECOILING LINE	④② MAIN SUBSTATION	⑤② HSM OFFICE
③ REDUCTION FURNACE	⑬ ELECTRIC ARC FURNACE	㉒ DOWN COILER	㉕ HOT DIP GALVANIZING LINE	④③ NATURAL GAS RECEIVING STATION	⑤③ CRM OFFICE
④ REFORMER	⑭ LADLE TRANSFER CAR	㉓ PLATE LINE	㉖ ACID REGENERATION	④④ SEWAGE TREATMENT STATION	⑤④ MAIN OFFICE
⑤ CLARIFIER	⑮ LADLE FURNACE	㉔ SKINPASS MILL	㉗ UTILITY PLANT	④⑤ SCRAP YARD	⑤⑤ MAINTENANCE SHOP
⑥ DRI STORAGE BIN	⑯ SLAB CASTER	㉕ SCALE PIT FOR HSM	㉘ WATER TREATMENT FOR CRM	④⑥ SLAG YARD	⑤⑥ REFRACTORIES WAREHOUSE
⑦ DRI SCREEN	⑰ SLAB CONVEYOR	㉖ WATER TREATMENT FOR HSM	㉙ OIL STORE	④⑦ ADDITIVE WAREHOUSE	⑤⑦ GUARD OFFICE
⑧ LIME STONE STORAGE YARD	⑱ SCALE PIT FOR CCM	㉗ PICKLING LINE	㉚ WASTE STORE	④⑧ LABORATORIES	⑤⑧ CLINIC
⑨ LIME CALCINING PLANT	⑲ REHEATING FURNACE	㉘ REVERSING MILL	㉛ TRUCK SCALE	④⑨ DRP OFFICE	⑤⑨ FIRE FIGHTING STATION
⑩ WATER TREATMENT FOR SMP	⑳ ROUGHING MILL	㉙ TEMPER MILL	④⑩ AIR COMPRESSOR ROOM	⑤⑩ LCP OFFICE	⑥⑩ RESTAURANT

0 50 100m



Note: Future expansion plan is shown by dotted lines.

11	DUST COLLECTOR	21	COIL BOX	31	BATCH ANNEALING FURNACE	41	RAW WATER RECEIVING STATION	51	SMP OFFICE
12	MATERIAL HANDLING SYSTEM	22	FINISHING MILL	32	RECOILING LINE	42	MAIN SUBSTATION	52	HSM OFFICE
13	ELECTRIC ARC FURNACE	23	DOWN COILER	33	HOT DIP GALVANIZING LINE	43	NATURAL GAS RECEIVING STATION	53	CRM OFFICE
14	LADLE TRANSFER CAR	24	PLATE LINE	34	ACID REGENERATION	44	SEWAGE TREATMENT STATION	54	MAIN OFFICE
15	LADLE FURNACE	25	SKINPASS MILL	35	UTILITY PLANT	45	SCRAP YARD	55	MAINTENANCE SHOP
16	SLAB CASTER	26	SCALE PIT FOR HSM	36	WATER TREATMENT FOR CRM	46	SLAG YARD	56	REFRACTORIES WAREHOUSE
17	SLAB CONVEYOR	27	WATER TREATMENT FOR HSM	37	OIL STORE	47	ADDITIVE WAREHOUSE	57	GUARD OFFICE
18	SCALE PIT FOR CCM	28	PICKLING LINE	38	WASTE STORE	48	LABORATORIES	58	CLINIC
19	REHEATING FURNACE	29	REVERSING MILL	39	TRUCK SCALE	49	DRP OFFICE	59	FIRE FIGHTING STATION
20	ROUGHING MILL	30	TEMPER MILL	40	AIR COMPRESSOR ROOM	50	LCP OFFICE	60	RESTAURANT

Figure 5-4-1

FLAT PRODUCT PROJECT OF EGYPT			
TITLE	PLANT GENERAL LAYOUT		
DWG NO. EFP-PGL-001			
DATE	JUL.31.1997	SCALE	

0 50 100m

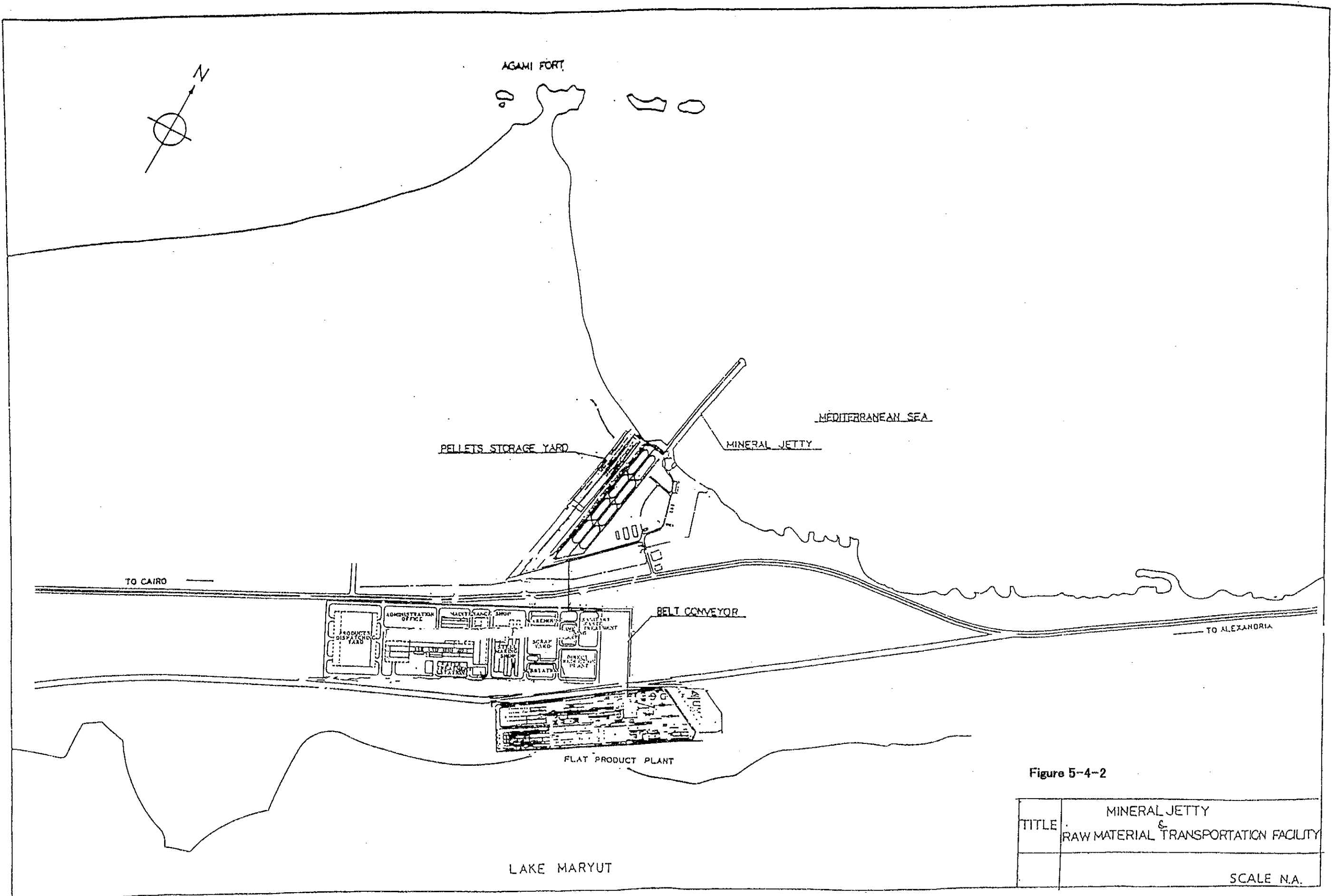


Figure 5-4-2

TITLE	MINERAL JETTY & RAW MATERIAL TRANSPORTATION FACILITY
	SCALE N.A.

5-5 基本設計データ

検討に適応すべき基本設計データは、下記とする。

5-5-1 一般

(1) 適用すべき法律、規則、規格および基準

下記に関連する法律、規則、規格および基準への準拠を考慮すること。

- － エジプトの法律、規則、規格および基準
- － 国際規格および基準ならびにこれと同等の規格および基準
- － 一般仕様書および技術仕様書において、機器、材料、あるいは作業者に対して最低限の品質レベルを定義付けるために、引用した特別な規格類、協会規準類、もしくは商品名

(2) 単位および言語

度量衡の単位はメートル法とし、使用言語は英語とする。

5-5-2 サイトの条件

(1) サイトの位置

- － マリユート(Maryut)湖北西部

(2) 気象データ

1) 気温(°C)

－ 年間平均	:	20.1
－ 年間最高平均	:	24.2
－ 年間最低平均	:	16.3
－ 既往最高記録	:	40.6
－ 既往最低記録	:	4.0

2) 相対湿度 (%)

－ 年間平均	:	68
－ 年間最高	:	73

- 年間最低 : 64
- 3) 降雨量 (mm)
 - 年間合計 : 168.0
- 4) 降雨日数 (≥ 1.0 mm)
 - 年間合計 : 23.4 日
- 5) 風
 - 卓越風の方向 :

春	北西から北東
夏	北西
秋	北から北東
冬	南西から北西
 - 平均風速 : 年間平均 : 9.3 ノット
- 6) 地震
 - UBC 規格 (Uniform Building Code 最新版) で規定する Zone 2A に対する規準に準拠すること。

(3) 地形データ

以下の条件を仮定する。詳細については、プロジェクト実施の準備段階でなされる表層の土質調査および水準測量の結果に基づいて決定されるものとする。

1) 土質条件

代表的な表層の土質の様相を、図 4-3-5 に示す。

(a) 地耐力

- $q = 0.15 - 0.25 \text{ kg/cm}^2$: (基準高 (E. L.) -1.5 m から -9.5 m に対して)
- $q = 1.5 - 3.0 \text{ kg/cm}^2$: (基準高 (E. L.) -9.5 m から -19 m に対して)

(b) 表層の土層 (代表例) ; 層厚 (m)

- 埋め立てスラグ層 : 2 - 4
- 破砕貝殻混じり砂質粘土層 : 1 - 2
- 極軟弱粘土層 : 4 - 6
- シルト質粘土混じり砂層および砂質粘土層 : 3 - 4
- 締まった砂質粘土および固結砂層 : 2 - 3
- 基準高 (-17 m から -19 m) 以深 : 固結砂層

(c) 地下水位 : 平均海水面 (MSL) ±0m

2) 地盤高

(a) 既存想定地盤高

- スクラップヤード供用域 (面積: 7 万 m²) : 基準高 (E. L.) +3.8 m
- スラグ埋め立て域 (面積: 23 万 m²) : 基準高 (E. L.) +1.5 m
- 未利用域 (面積: 30 万 m²) : 基準高 (E. L.) -2.0 m

(b) 計画仕上げ地盤高 : 基準高 (E. L.) +4.5 m

3) 水 位

- 高水位 : 基準高 (D. L.) +0.52 m
- 平均水位 : 基準高 (D. L.) +0.33 m
- 低水位 : 基準高 (D. L.) +0.11 m

(出典: 海事報告および海図)

(4) 輸 送

1) 最寄りの荷揚げ港

- エルディケーラ港
- アレキサンドリア港

2) 内陸輸送

(a) 道路

建設地周辺の道路状況は概して良くかつ保全されている。

(幹線ルートについて、下表 5-5-1 参照)

Road condition			
	Length(km)	Width(m)	Remarks
Cairo/Alex (desert)	220	7.5 + 2.0	Dual carriage way
Cairo/Alex (Agricultural)	205	7.5 to 10.5 + 2.0	Dual carriage way
Traffic safety measures; Well prepared			
Max. allowable loads on bridges; 70 tons			

(b) 鉄道

- エジプト国有鉄道 (ENR) の利用が可能である。
- 最大貨車容量 : 75 トン
- 軌間 : 1,435 mm
- 政令 (1980 年発効、特別規則 152 条) に準拠すること。

5-5-3 ユーティリティ計画条件

各工場におけるユーティリティ計画条件はつぎの通り。

(1) 天然ガス

供給圧力 (工場取り合い点) : 6.0 kg/cm²
 熱量 : 最低 9,000 kcal/Nm³
 : 平均 9,450 kcal/Nm³
 : 最高 10,000 kcal/Nm³

(2) 酸素

供給圧力 (工場取り合い点) : 15.0 kg/cm²
 純度 : 99.5 %

(3) 窒素ガス

供給圧力 (工場取り合い点) : 6.0 kg/cm²
 純度 : 99.99 %

(4) アルゴンガス

供給圧力（工場取り合い点） : 6.0 kg/cm²
純度 : 99.9 %

(5) 水素ガス

供給圧力（工場取り合い点） : 6.0 kg/cm²
純度 : 99.999 %

(6) 工場空気

供給圧力（工場取り合い点） : 6.0 kg/cm²
温度 : 常温
油分 : なし

(7) 蒸気

供給圧力（工場取り合い点） : 7.0 kg/cm²
温度 : 飽和温度

(8) 飲料水

供給圧力（工場取り合い点） : 2.0 kg/cm²
水質 : エジプト水道水基準による

(9) 補給水

供給圧力（工場取り合い点） : 2.0 kg/cm²
水質 :
pH : 7.6 - 7.8
総硬度 : 80 ppm（炭酸カルシウムとして）
塩素イオン : 38 - 67 ppm
濁度 : <2 NTU

5-5-4 電気基本データ

薄板工場の電気配電系統は単線結線図 6-6-1～6-6-3 を参照のこと。
適用電圧は下記とする。

(1) 受電電圧

- 3相、220、kV、50Hz

(2) 配電電圧

- 交流 33 kV、3相3線（中性点接地、100 オーム）
- 交流 6.6 kV、3相3線（直接接地）
- 交流 380V、3相3線（直接接地）
- 交流 380/220 V、3相4線（直接接地）

(3) 機器定格電圧

1) 交流電圧

- 6.6 kV： ≥ 200 kW の電動機
- 380V： < 200 kW の電動機
- 220V：保全用单相電源回路および電磁開閉器用制御電源
- 24V：安全灯

2) 直流電圧

- ≤ 750 V：圧延機用主電動機
- 440/220 V：可変電圧式補機電動機
- 220 V：一定電圧式補器電動機
- 110 V：開閉器制御電源

(4) 電圧および周波数変動

1) 電圧変動幅

- 220 kV： ± 10 %
- 33 kV： ± 5 %
- 6.6 kV： ± 5 %

2) 周波数変動幅

- 常用：50 Hz \pm 2 %
- 異常：50 Hz \pm 3 %

(5) 遮断容量

- 220 kV：最大 15,000 MVA、最小 4,000 MVA
- 33 kV：1,600 MVA、25 kA

(6) 非常用電源はその電源を必要とする工場へ工場内設置の主変電所より給電する。

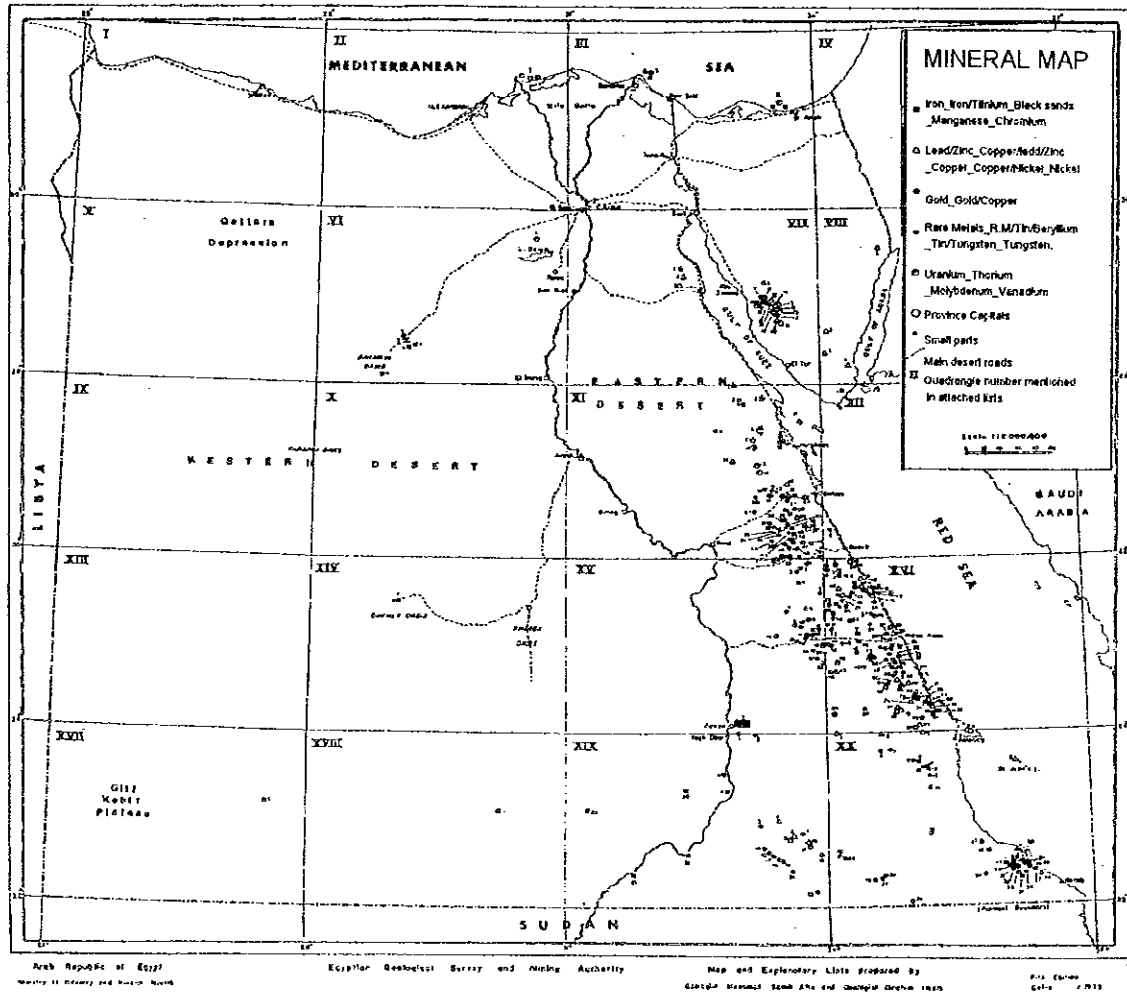
5-6 原 料

5-6-1 全 般

直接還元プロセス (DR) 及び電気炉 (EAF) 法による製鋼工場で使用される原料は、鉄鉱石類 (塊鉄鉱石および鉄鉱石ペレット) と、スクラップおよび、副原料である石灰石、合金鉄、アルミニウムと蛍石などである。

一般的に、企業化調査は、現地で産出・生産される原料を利用するという考えをベースに行われるが、本調査では、現状のエジプトにおける資源調査や資源開発の状況を考慮しつつ、原料を現地調達可能品と輸入品に分類することとした。エジプトにおける鉱物資源およびその産出分布を図 5-6-1 に示す。

Figure 5-6-1 Mineral Map of Egypt



Source: Egyptian Geological survey and Mining Authority

本調査の結果、原料を供給源により次の3つのカテゴリーに分類した。

- 1) 国内供給品
 - a) 石灰石
 - b) 蛍石
 - c) フェロシリコン
 - d) アルミニウム (shot および bar)

- 2) 国内供給品および輸入品
 - a) フェロマンガン
 - b) 炉内耐火物

3) 輸入品

- a) 塊鉄鉱石および鉄鉱石ペレット
- b) スクラップ
- c) 黒鉛電極

DR/EAF プロセスに必要な鉄鉱石類は、高品質（鉄含量 67%以上）でなければならない。現地鉄鉱石類の特性に関する諸データと、現地における他の工業および経済に及ぼす影響についても考慮して検討したが、本調査では鉄鉱石類は全量を輸入することとした。

エジプト国内で産出されているスクラップおよびフェロマンガンは、現地の諸工業に利用されているが、産出量は現在のエジプト鉄鋼業の需要を満たすに十分ではない。従って、これらの原料についても輸入することとした。

石灰石、蛍石、フェロシリコンおよびアルミニウムは、エジプト国内で産出されている。石灰石やフェロシリコンは、化学工業用途や製鋼用途に輸出されており、製鋼原料の中では供給能力についての問題はない原料である。

年産 100 万トンの薄板工場に必要な主原料の所要量を表 5-6-1 に示す。

Table 5-6-1 Main Raw Materials for Flat Product Plant

(Unit: tons/y)

Raw Materials		Quantity	Remarks
Iron ores	Lump ore	300,000	Mixing ratio of lump ore and pellets will be 20% and 80%, respectively
	Oxide pellets	1,200,000	
Scrap		170,000	Return scrap = 104,000 t/y Purchased scrap = 64,000 t/y
Limestone		80,000	
Ferro-alloys	Ferromanganese	3,500	
	Ferrosilicon	200	
Aluminum		600	
Fluorite		500	

5-6-2 鉄鉱石類

(1) 直接還元プロセスに用いる鉄鉱石類の性状

本調査で採用した直接還元プロセスに用いる原料は鉄鉱石類、いわゆる塊鉄石および鉄鉱石ペレットである。その鉄鉱石類の性状として大略次の様な項目が要求される。

1) 化学組成

直接還元プロセスでは、鉄鉱石類から脈石が分離されないため、鉄鉱石類の化学組成には特に厳しい条件が要求される。それは、本調査と同様に、殆どの場合、還元鉄が電気炉でのスクラップの代替品として考えられるからである。化学組成について主として要求されるものは、次の通りである。

Total Fe	: 67 % 以上 (推奨値)
P	: 0.03 %以下
S	: 0.025 %以下
$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{Fe} \times 100$: 5 %以下

脈石を多く含んでいる原料を電気炉に挿入するとき、大量のスラグができるが、これは製鋼効率に悪い影響を及ぼし、電力消費の増大にもつながる。これらを防ぐために脈石の少ない鉄鉱石類の使用が要求される。

最近の直接還元/電気炉プロセスでの実操業では、スラグ分/鉄分比を5%以下、すなわち $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{Fe} \times 100$ の値が5以下、の原料が許容できるとされている。P及びSが、製鋼上、品質面では有害なものであるということは周知のとおりであり、含有量については規制が設けられている。

2) 物理的性状

物理的性状について一般的に要求されるものは、次の通りである。

(a) 粒 度

ペレット : 9 mm - 16 mm が主要粒度区分

塊鉄鉱石 : 10 mm - 35 mm が主要粒度区分

(b) 圧潰強度 (Cold crushing strength)

250 kg/ペレット

(2) 供給源

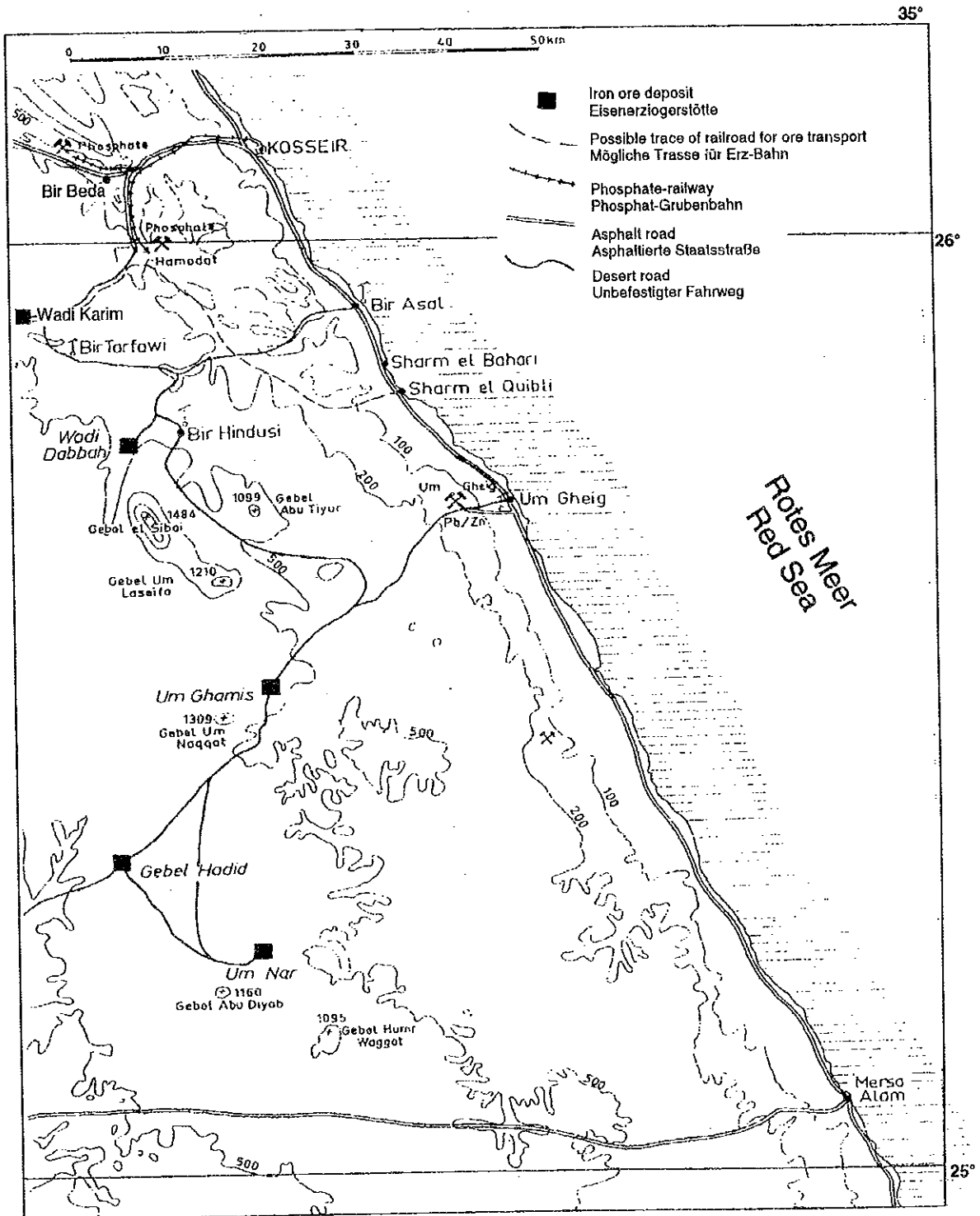
1) エジプトでの資源

エジプトにおける鉄鉱石の鉱床および、産出については工業・鉱物資源省工業化総局(GOFI)やエジプト地質学調査・鉱業局(EGSMA)の他、いくつかの現地組織によって報告されている。

(a) 東部砂漠地帯の鉱脈

主な鉄鉱床は、東部砂漠地帯に位置する。主鉱床の分布を図5-6-2に、また、

Figure 5-6-2 Map of Iron Ore Deposits of Eastern Desert



Source : The Iron Ore Deposits of The Eastern-Desert By Eng. ANWAR
H. BISHAY/EGSMA.

Table 5-6-2 Summary of Mines Data in Eastern Desert

Area Name of Deposit	Reserves (*1) (m.- tons)	Chemical Composition (wt %)							
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO+MgO	P	Mn	TiO ₂	S
Wadi Karim		42 - 45	23 - 24.5	1.6	9.5	0.29		0.10 - 0.19	
Wadi Dabbah		35 - 39.5	31 - 34	1.7	8.7	0.56		0.10 - 0.19	
Um Ghamis		41 - 46	26 - 29	2.6	7.4	0.39		0.10 - 0.19	
Gebel El Hadid		45.5	26.60	1.3	6.2	0.19		0.03 - 0.10	
Um Nar		40.5 - 45.5	27.5 - 32	0.8	4.5	0.22		0.03 - 0.10	
Total	33								
Average		42.55	28.02	1.60	7.26	0.33	0.03 - 0.12	0.11	(very small)

Source: The Iron Ore Deposits of The Eastern-Desert By Eng. ANWAR H. BISHAY / EGSMA

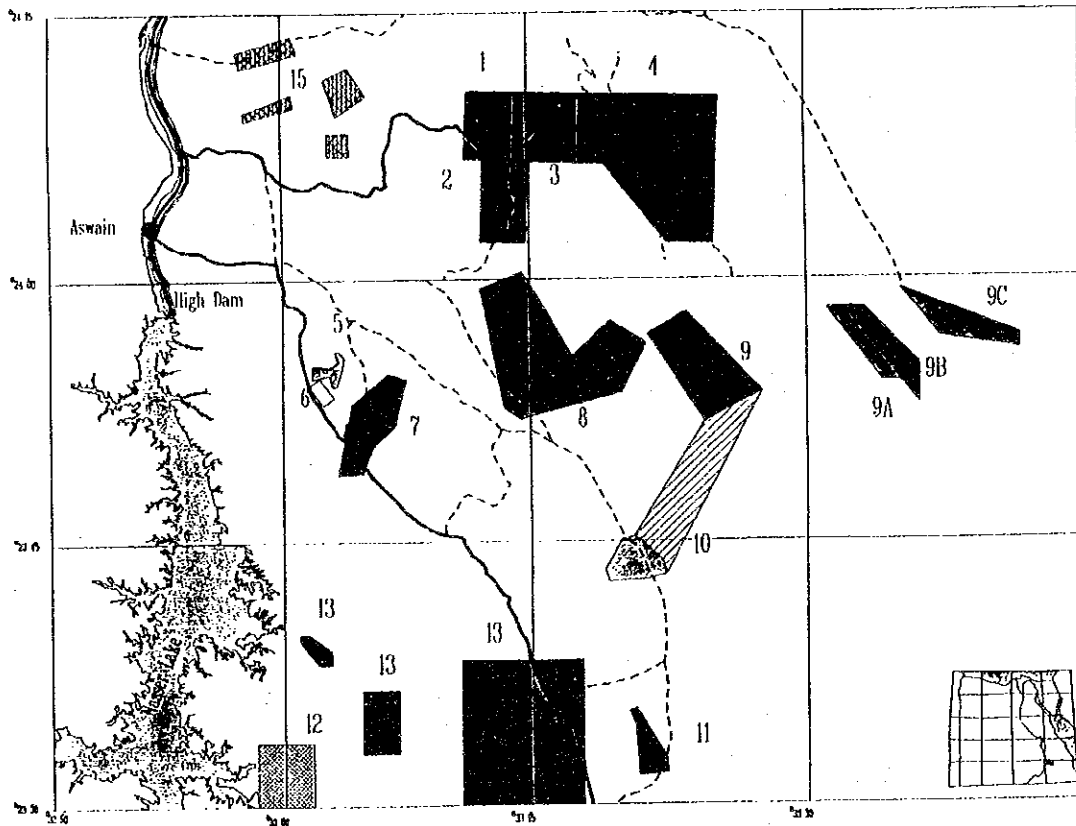
Note: (*1) Minable ore reserves excluding Um Nar

(b) 新鉱床

最近、工業・鉱物資源省は、アスワン地区南東部に鉄鉱石の埋蔵を新たに発見したと発表した。予想および確認された鉄鉱石の地質学上の埋蔵量は、それぞれ4億8,300万トン及び1億7,300万トである。しかし、それらの品質は直接還元プロセスに要求される鉄鉱石の品位を満足するものではない。

しかし、将来は、直接還元／電気炉法による製鋼・製鉄に使用するに十分な品位を有する現地産鉄鉱石類が発見または開発されるかもしれない。図5-6-3に鉱山の分布図を、また、報告された鉱山の調査データの概要を表5-6-3に示す。

Figure 5-6-3 Area Map of Reserves in South East Aswan



Source: GOFI (June 23, 1997)

- | | | |
|-------------------------|------------------------------------|---|
| 1-North of Aweisha | 6-Km 23 Aswan-AllagRoad | 10-East of Um Hebal |
| 2-South of Awairsha | 7-Km 29 Aswan-AllagRoad | 11-North of Barqat Tokharr |
| 3-Um Hoqbar | 8-Middle and north of wadi Al Arab | 12-End of Khor Rahmi |
| 4-Wadi Allaw | 9-East of wadi Al Arab | 13-Areas under Exploration |
| 5-Km 21 Aswan-AllagRoad | 9A and 9B-East and west of Dabaa | 14-Areas highly Promising under exploration |
| | 9C-Wadi Al Kabsh | 15-Old mines of Iron and Steel Company |

Table 5-6-3 Summary of Mines Data in South East Aswan

Sample No.	Area Name of Deposit	Reserves (* Calculate) (m. - tons)	Chemical Composition (wt %)															
			Fe %	CaO	MgO	Mn	MnO	P2O5	Al2O3	SiO2	Fe2O3	SO3	S	TiO2	Na2O	K2O	Cl-	L.O.I.
1	Awarisha																	
a	North of Awarish (without intercalations)	14	60.90															
b	North of Awarish (with intercalations)	16	46.20															
2	North of Awarish (with intercalations)	12	45.97															
	South of Awarish (without intercalations)	12	60.98															
3	South of Awarish (with intercalations)	13	46.79															
	Um Hadban (without intercalations)		60.86															
4	Um Hadban (with intercalations)	34	45.51															
	Allawi (without intercalations)		81.00															
5	Allawi (with intercalations)	3	47.42															
6	KM 21 Aswan-Allaqi Road	12	50.39															
7	KM 23 Aswan-Allaqi Road	9	51.34															
8	KM 29 Aswan-Allaqi Road	10	51.46															
9	Middle and North of Wadi Al Arab	88	49.60															
A	East of Wadi Al Arab	75																
B	East and west of Dabaa																	
C	East and west of Dabaa																	
	Wadi Al Kabsh	30																
10	East of Um Hebal	64	50.58															
A1	East of Um Hebal		50.79															
1/1	East of Um Hebal		56.49															
1/2	East of Um Hebal		53.86															
2/3	East of Um Hebal		54.58															
2/4	East of Um Hebal		58.82															
3/5	East of Um Hebal		54.56															
4/7	East of Um Hebal		58.76															
4/8	East of Um Hebal		56.30															
11	Barqat Tokham	7	52.34															
12	Khor Rahmi	11	48.75															
	Total	483																
	Average		53.36															

Source: GOFI (June 23, 1997)

Note: (*) Geologically estimated ore reserves

(c) 鉄鉱石ペレットの製造

鉄鉱石の選鉱および造粒の事業計画が、アスワン鉄鉱石を対象にして工業・鉱物資源省によって検討されている。しかし、現在まで、鉄鉱石ペレットの国内生産はない。

(d) 鉄鉱石統計データ

エジプト国内における鉄鉱石類の統計データを Central Agency For Public Mobilization and Statistics (CAPMAS)から収集した。集計値にばらつきがあるが、それは統計上、元のデータや情報のいくつかが欠落しているものと思われる。参考として、それらデータの概要を表5-6-4および、表5-6-5に示した。

Table 5-6-4 Summary of Statistic Data of Lump Ore in Egypt

Description	Unit	Year									
		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996 (*1)
1) Domestic production	t/y		2,112	2,562	2,400	2,192	2,207	2,229	2,077	2,690	
2) Import (External trade)	t/y			545,694	1,005,073	907,150	1,391,972	1,045,732	599,049	639,228	333,636
3) Main foreign suppliers (Country)											61,030
(1) (Arab Emirat Country)	t/y										
(2) (Austria)	t/y				81,470						
(3) (Brazil)	t/y			422,534	409,093	307,242	690,657	751,787	539,049	385,996	772,696
(4) (France)	t/y				27,154						
(5) (Germany, Rep. of)	t/y				2		31				80
(6) (India)	t/y										
(7) (Italy)	t/y							3			
(8) (Malaya)	t/y				16,316		32,377				
(9) (Netherland)	t/y			41				274			
(10) (Norway)	t/y					121,545	19,643				
(11) (Singapore)	t/y				16,500						
(12) (Sri Lanka)	t/y						62,301				
(13) (Sweden)	t/y			123,099	407,222		364,366	229,207		243,150	
(14) (Trinidad Tobago)	t/y					17,639					
(15) (U.K.)	t/y					122,316	69,000	64,431			
(16) (U.S.A.)	t/y					268,141	120,057				
(17) (Venezuela)	t/y				27,292	70,269	37,123				
(18) (Yugoslavia)	t/y				10						
(19) (Imported from Suez port)	t/y			21	10						
4) Price											
(1) Domestic market price	\$/t		4	4	6	6	8	9	0	9	
(2) Import price (CIF) --- Average	\$/t			48	51	73	56	47	41	49	62

Source: CAPMAS, 1997 March

Note (*1): From January (1) to October (10)

Table 5-6-5 Summary of Statistic Data of Oxide Pellets in Egypt

Description	Unit	Year									
		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996(*1)
1) Domestic production	t/y										
2) Import (External trade)	t/y			545,873					514,626		410,070
3) Main suppliers (Country)											
(1) (Belgim)	t/y								101		
(2) (Brazil)	t/y			422,534					283,484		272,570
(3) (Netherlands)	t/y			41							
(4) (Spain)	t/y								3		
(5) (Sweden)	t/y			123,098					132,830		137,500
(6) (U.S.A.)	t/y								118,208		
4) Price											
(1) Domestic market price	LE/t										
(2) Import price (CIF) --- Average	\$/t			48					39		57

Source: CAPMAS, 1997 March

Note (*1): From January (1) to October (10)

2) 海外の供給源

世界中で、直接還元プラントに供給しているか、もしくはその目的で実験室規模でテストされた鉄鉱山や、それら鉄鉱石類の供給者の一覧表を表 5-6-6 に示す。表 5-6-6 は、直接還元プラントへの適応性と供給可能性について検討し、その結果を示したものである。

Table 5-6-6 DR Grade Iron Ores of Major Existing Mines

Country	Brand Name	
	Pellets	Lump Ores
Bahrain	GILC	
Brazil	CVRD Samarco	Ferteco MBR(Mutuca)
Chili	CMP	
India	Kudremukh	
Peru	Hierro Peru	
Sweden	LKAB	

(3) 供給源の選定

高炉法製鋼工場を持つヘルワン製鉄会社 (Egyptian Iron Steel Co., 略称 EISCO)) は、アスワン産鉄鉱石およびバヘリオ (Bahario) 産鉄鉱石を使用して操業しているが、それらの鉄鉱石に含有される全鉄分 (Total Fe) はそれぞれに 45 %、53% である。エジプトで唯一直接還元/電気炉法製鋼工場を持つ Alexandria National Iron &

Steel Co.(ANSDK)は、ブラジル、スウェーデンおよびその他の海外の供給者から輸入した鉄鉱石類を使用している。

供給源として、国産と輸入の鉄鉱石類を調査・検討したが、本調査の結果としては、品質の点から、国内産の鉄鉱石を使用することは、現実的な見通しとしては難しいと云える。したがって、本調査では、鉄鉱石類は全量輸入するということとした。

(4) 輸 送

鉄鉱石類のように大量重量物貨物を購入する場合、その輸送費（海上輸送費）を大きく左右する要素が2つある。一つは大量重量物貨物を受け入れるための大型港湾と設備が整っているかということである。鉄鉱石運搬船を受け入れるために必要な港の低潮位時の水深（LTWD）は次の通りである。

鉄鉱石運搬船の種類	容量	LTWD
a) ケープサイズ	125,000 トン以上	16 - 20 m
b) パナマックス	80,000 トン以下	10 - 16 m

もう一つの要素は荷揚げ港の立地条件である。海上輸送費は、鉄鉱石類を荷揚げした船が次の積み荷や帰りの積み荷を積むための港が、荷揚げ港の近くにあるか、そして同時に、それらの港で次の積み荷や帰りの積み荷がが頻繁にあるか否かに大きく影響される。

本調査では、鉄鉱石運搬船のサイズと輸送費は、プラントサイトと港の条件から ANSDK の実績資料を採用することとした。

しかし、最適な運搬船のサイズと輸送費は、来たるべき鉄鉱石類の供給契約の条件決定の中で、詳細に検討されるであろう。

5-6-3 スクラップ

(1) エジプトにおけるスクラップの供給

エジプト国内で発生するスクラップは、CAPMAS (Central Agency for Public Mobilization and Statistics)の統計資料にはないが、ANSDK (Alexandria National Iron and Steel Co.)によると、年間15 - 20万トンと推定されている。

この数量は、表5-6-10に示すように、ANSDKがすでに年間約10万トンの輸入スク

ラップを使用していることを考えると、エジプト鉄鋼にとって十分ではない。年産百万トンの第1期では、薄板工場に必要なスクラップは年間約17万トンで、そのうち10万6,000トンは自家発生スクラップ、6万4,000トンは購入である。したがって、年間6万4,000トンは輸入しなければならない。

CAPMASの資料によると、輸入スクラップは表5-6-7に示すように、合金鋼やステンレス鋼のスクラップを含めて年間10万トン程度で、極くわずかである。

1994年82,064トン、1995年92,163トン、1996年57,145トンと表5-6-7に示すような輸入スクラップ（合金鋼およびステンレス鋼のスクラップを除く）と1994年113,440トン、1995年84,900トン、1996年104,880トンと表5-6-10に示すようなANSDKの輸入スクラップを比較して見ると、CAPMASの資料の方がANSDKよりいくらか少ない。この差は、統計の処理によって生じたものであろう。

Table 5-6-7 Imported Scrap in Egypt

Kinds of scrap	Unit: t		
	1994	1995	1996
(1) Waste & Scrap of Stainless Steel	123	2	144
(2) Waste & Scrap of Other Alloy Steel	23,479	5,327	36,940
(3) Waste & Scrap of Tinned Iron or Steel	1,632		250
(4) Waste & Scrap of Cast Iron	480	5,065	3,649
(5) Turnings & Milling Waste Sawdust Filing & Trimming	144		
(6) Other Ferrous Waste & Scrap	78,016	85,832	53,246
(7) Remelting Scrap Ingots	1,792	1,166	
Total =(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)	105,666	97,492	94,229
Total =(3)+(4)+(5)+(6)+(7)	82,064	92,163	57,145

Source: CAPMAS

スクラップは、ヨーロッパ、CISからの輸入である。スクラップの輸入先国を例として、炭素鋼のスクラップの大部分を占める分類「他のスクラップ」について、表5-6-10に示す。

輸入スクラップの価格は例えば、1996年の分類「他のスクラップ」について表5-

6-9 に示すように、輸入先および量によって異なっている。

Table 5-6-8 Origin of Imported Scrap in Egypt
(On "Other ferrous waste and scrap")

Unit: ton/y

Origin Country	1994	1995	1996
Republic of Iraq			1
Yemen Arab Republic		4,503	3,240
Republic of Lebanon	6,249	1,768	477
Rumania	12,988	7,856	13,054
Russian Federation	169		3,299
Republic of Ukraina			26,769
Republic of Belarus	532	520	632
Republic of Bosnia and Hercegovina			1
Italy		150	2,535
Federal Republic of Germany	90		42
France			50
Kingdom of Jordan		40	
Turkey	9,347	3,081	
United Kingdom		64,996	
Gabon		2,850	
Libyan Arab Republic	547		
Bulgaria	999		
Switzerland	45,616		
Singapore	149		
Uganda	20		
Foreign Ship Supply	1,038	60	3,135
Passengers Dutiable Luggage by Ship			12
Investment Authority (Free Area)	700		
Other Free Areas	50		
Total	78,494	85,824	53,246

Source: CAPMAS

Table 5-6-9 Price of Imported Scrap in Egypt

(In "Other ferrous waste and scrap" in 1996)

Origin country	Value (US\$)	Quantity (t)	Unit price (US\$/t)
Republic of Iraq	901	1	901.0
Yemen Arab Republic	504,432	3,240	155.7
Republic of Lebanon	49,297	477	103.3
Rumania	2,197,783	13,054	168.4
Russian Federation	545,090	3,299	165.2
Republic of Ukraina	1,479,332	26,769	55.3
Republic of Belarus	68,453	632	108.3
Republic of Bosnia and Hercegovina	712	1	712.0
Italy	397,315	2,535	156.7
Federal Republic of Germany	10,209	42	243.1
France	9,011	50	180.2
Foreign Ship Supply	541,439	3,135	172.7
Passengers Dutiabie Luggage by Ship	1,325	12	110.4
Total	5,805,229	53,246	109.0

Source: CAPMAS

(2) ANSDK におけるスクラップの購入

エジプト最大のスクラップ消費者である ANSDK は、表 5-6-10 に示すように、国内市場および海外からスクラップを購入している。加えて、4 - 5 万トンの自家発生スクラップを毎年消費している。

主な購入先は、輸入スクラップはヨーロッパ、CIS、輸入銑鉄はロシア、インド、に求めている。

国内スクラップは市場から 20 トントラックで運搬し、輸入スクラップは 5,000 トン - 2 万トンクラスの船で輸送している。

Table 5-6-10 ANSDK Scrap Procurement

Unit: t

	1994	1995	1996
Domestic			
1) Scrap	128,220	168,400	200,370
2) Pig iron	36,870	8,710	0
Imported			
1) Scrap	113,440	84,900	104,880
2) Pig iron	133,820	95,870	104,920
Total			
1) Scrap	241,660	253,300	305,250
2) Pig iron	170,690	104,580	104,920

Source: ANSDK

(3) スクラップの品質

ANSDKによると、スクラップおよび銑鉄の品質は表5-6-11の通りである。

Table 5-6-11 ANSDK Scrap Quality

	Domestic scrap (Heavy)	Import scrap	Pig iron
C content (%)			3.5 min.
P content (%)			0.35 max.
S content (%)			0.05 max.
Cu content (%)	0.2 max.	0.2 max.	
Ni content (%)	0.01 max.	0.01 max.	0.1 max.
Cr content (%)	0.01 max.	0.01 max.	0.1 max.
Thickness (mm)	3 min.	6 min.	
Width (mm)	500	500	
Length (mm)	1,200 max.	1,200 max.	

Source: ANSDK

5-6-4 主要な副原料

(1) 石灰石

電気炉では、石灰石を焼成した石灰を使用する。年産百万トン程度の薄板工場に必要な石灰は約8万トンである。石灰石は、国内で十分購入出来る。

1) 石灰の鉱床

EGSMA (Egyptian Geological Survey and Mining Authority) の出版物*1によると、エジプトには、国内での使用または世界各国への輸出のための、開発に適した商品化可能な数多くの石灰石鉱床がある。最も可能性のある石灰石鉱床はナイルバレー (Nile Valley)、キャナル県 (Canal Governorrates)、アレキサンドリ西方 (Western Alexandria)、シナイ (Sinai) である。

例として、ナイルリバーの石灰石鉱床の化学組成を表 5-6-12 に示す。

Table 5-6-12 Chemical Analysis of Nile Valley Limestone Deposits

Location	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	L.O.I	SO ₃	P ₂ O ₅	R ₂ O ₃
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Wanina	55.36	0.32	0.04	0.32	0.08		44.22	0.1		
Sidi Saleh	55.46	0.29	0.11	0.32	0.42		44.16	0.11		
Hammania	55.29	0.30	0.007	0.29	0.027		44.19	0.11		
Khashaba	55.24	0.3	0.003	0.33	0.06		44.16	0.11		
Beni Khalid	54.71	0.50		0.22	0.12		43.78	0.17		
Zawiet Sultan	55.34	0.41		0.13	0.04		43.02	0.13		
Tuna El Gebel	54.83	0.54	0.1	0.48	0.14		43.61	0.12		
Gebel El Gir	46.76	0.73	3.37	6.91	1.60		38.38			
Kom Ombo	44.69	1.36	2.01	8.80	0.98		39.10	0.13	0.24	1.73
Sharama	46.60	1.27	1.40	7.66	1.05		38.75	0.74		
Wadi Sannur	55-65	0.04- 0.05								
Helwan area										
G. El Abiad	51.23	0.97		3.1		1.78				
Shag El Tebbin	50.33- 51.0			2.63-4.29		0.88- 1.93				

Location	CaO %	MgO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ %	L.O.I %	SO ₃ %	P ₂ O ₅ %	R ₂ O ₃ %
G. El Mowasla	53.5	0.5		2.1-7.2		1.3- 2.25				
G. El Rifai	51.24- 55.00	0.62- 2.81		1.01- 1.72		0.23- 0.85				
Batn El Baqara	49.7- 52.7	0.66- 2.98		1.47- 3.47		1.8- 4.05				
Athar El Nabi	50.95- 53.05	0.52- 0.70		1.59-6.8		2.04- 2.25				
Gebel Degla	53.53- 54.51	0.63- 1.14		1.05- 1.56		0.60- 2.04				
Gebel Tura	50.12- 53.86	0.56- 1.97		2.24- 18.8		0.27- 1.94				
Helwan	47.65- 55.03	0.4- 3.86		0.50- 5.44		0.12- 3.32				
Unit I	44.68- 51.52	0.57- 2.06	1.01- 2.05	3.36- 8.16	0.61- 1.06		34.71- 40.97	0.12- 1.74		
Unit II	32.72- 37.82	0.54- 2.32	4.81- 7.71	18.80- 30.90	1.93- 3.56		22.45- 32.01	0.14- 3.16		
Unit III	46.59- 51.12	0.50- 1.86	1.05- 1.86	4.10- 7.05	0.48- 0.84		37.81- 40.53	0.07- 0.32		

Source: GOFI based on literature published by EGSMA

ワニナ (Wanina)、シディ・サレー (Sidi Saleh)、ハマミア (Hammamia)、ハシャバ (Khashaba)、ベニ・ハリド (Beni Khalid)、ザイト・スルタン (Zawiet Sultan)、ツナ・エル・ガベル (Tuna El Gabel) の石灰石は、化学成分の点では製鋼用として適していよう (しかし、製鋼用の石灰石としての使用については、化学組成だけでは決められるのではない。他の性質、例えば圧下強度も考慮されなければならない)。

*1 「Limestone and Dolomite in Egypt」

A Commodity Package, Minerals, Petroleum and Groundwater Assessment Program, USAID Project 263-0105, Cairo, Egypt, January 1986

2) エジプトにおける石灰石の生産

エジプトにおける、工業分野で使用する石灰石の生産は表 5-6-13 に示すように、年間 60 - 90 万トンである。先述の通り、エジプトは豊富な石灰石埋蔵量に恵まれており輸入する事はない。

Table 5-6-13 Production of Limestone in Egypt

Unit: ton

Year	Production
1987/88	689,574
1988/89	704,083
1989/90	779,248
1990/91	749,421
1991/92	718,119
1992/93	891,074
1993/94	
1994/95	652,631

Source: CAPMAS

3) ANSDK における石灰石の購入

ANSDK における石灰石の購入量を、表 5-6-14 に示す。ANSDK はギザのクアリコ (Quarico) とローダ (Roda) から購入している。

Table 5-6-14 Quantity of ANSDK Purchased Limestone

Year	Quantity (t)
1994	127,550
1995	117,660
1996	103,770

Source: ANSDK

4) ヘルワン製鉄所の石灰石

ヘルワン製鉄所は、カイロの南 250 km のベニ・ハリド (Beni Khalid) にある、自社採掘所の石灰石を使用している。

5) 石灰石の品質

ANSDK によると、石灰石の品質は次の通り。

石灰分 (CaO)	: 48 % 以上
シリカ分 (SiO ₂)	: 3 %以下
リン酸物 (P ₂ O ₅)	: 0.1 %以下
硫黄 (S)	: 0.08 %以下

(2) フェロマンガン

フェロマンガンは、電気炉で合金鉄添加材として使用されるもので、年産百万トンクラスの薄板工場に必要なフェロマンガンは、年間約 3,500 トンである。フェロマンガンの国内調達が可能であろうが、その使用は、供給と国内全製鋼での需要による。

1) エジプトの現状

エジプトにおけるフェロマンガンの生産は、最近 1994 年に始った。生産量は、94/95 年 23,857 トン、95/96 年 26,630 トンであるが、依然輸入されている。表 5-6-15 およ表 5-6-16 に、その輸入量と輸入先国を示す。

1994 年 16,002 トン、1995 年 8,396 トン、1996 年 12,013 トンと表 5-6-15 に示すような輸入フェロマンガンと 1994 年 17,020 トン、1995 年 19,000 トン、1996 年 15,000 トンと表 5-6-17 に示すような ANSDK の輸入フェロマンガンを比較して見ると、CAPMAS の資料の方が ANSDK より少ない。この差は、統計の処理の仕方によって生じたものであろう。

Table 5-6-15 Imported Ferro-manganese in Egypt

	Fe-Mn C % > 2 (t)	Fe-Mn C % < 2 (t)	Fe-Mn (t)	Total (t)	Value (US\$)	Unit price (US\$/t)
1989			7,962	7,962	5,417,828	680
1990			17,844	17,844	10,894,866	611
1991			26,260	26,260	17,232,741	656
1992			15,472	15,472	8,082,186	522
1993			22,774	22,774	11,588,926	509
1994	7,757	8,245		16,002	7,578,531	474
1995	5,151	3,245		8,396	5,024,776	598
1996	5,508	6,505		12,013	7,824,103	651

Source: CAPMAS

Table 5-6-16 Origin of Imported Ferro-manganese in Egypt

Unit: ton

Country	Fe-Mn C % > 2			Fe-Mn C % < 2		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
France			2,502	5,024		
South Africa		21	3,006		3,006	4,307
Austria		21				
United Kingdom	3,006	3,004		1,059		
F. R. of Germany		2,048		42	75	2,014
Switzerland	730	15		2,001		
EEC		42				
Malaya	4,021					
Spain				78	123	165
USA				40		19
Russian Federation					21	
THAILAND					21	
CANADA					0	
Total	7,757	5,151	5,508	8,245	3,245	6,505

Source: CAPMAS

2) ANSDK におけるフェロマンガンの購入

ANSDK におけるフェロマンガンの購入量を、表 5-6-17 に示す。現在は、フランス、ドイツおよび南アフリカより輸入している。

Table 5-6-17 Quantity of ANSDK Purchased Ferro-manganese

	Quantity (t)
1994	17,020
1995	19,000
1996	15,000

Source: ANSDK

(3) フェロシリコン

フェロシリコン (シリコン (Si) 含有量 : 75 %) は、電気炉で合金鉄添加材として使用されるもので、年産百万トンクラスの薄板工場に必要なフェロシリコンは、年

間約 200 トンである。これは、エジプト国内で調達出来る。

1) エジプトの現状

フェロシリコンは、エジプト国内で生産されており、輸出もされている。
次の三つの表に、フェロシリコンの含有量別の生産量と輸出/輸入量を示す。

Table 5-6-18 Production of Ferro-silicon (Si 75 %) in Egypt

Unit: ton

Year	Production
1987/88	7,806
1988/89	6,907
1989/90	7,922
1990/91	7,596
1991/92	6,725
1992/93	7,246
1993/94	6,955
1994/95	4,214
1995/96	7,199

Source: CAPMAS

Table 5-6-19 Import/Export of Ferro-silicon (Si % > 55) in Egypt

	Export		Import	
	Q'ty (t)	Value (LE)	Q'ty (t)	Value (US\$)
1994			99	199,050
1995	37,591	24,732,232	3,041	1,931,618
1996	24,511	18,377,465	182	232,710

Source: CAPMAS

Table 5-6-20 Import/Export of Ferro-silicon (Si % < 55) in Egypt

	Export		Import	
	Q'ty (t)	Value (LE)	Q'ty (t)	Value (US\$)
1994	2,616	1,364,528	281	206,224
1995	3,750	1,758,789	938	1,394,409
1996	1,780	788,574	1,051	1,154,267

Source: CAPMAS

2) ANSDK におけるフェロシリコンの購入

ANSDK におけるフェロシリコンの購入量を、表 5-6-21 に示す。ANSDK はアスワンのキマ (Kima) とアスワン近くのエドフォ (Edfo) のエファコ社 (EFACO) から購入している。

Table 5-6-21 Quantity of ANSDK Purchased Ferro-silicon

Year	Quantity (t)
1994	3,350
1995	6,380
1996	4,800

Source: ANSDK

3) フェロシリコンの品質

ANSDK によると、フェロシリコンの品質は次の通り。

シリコン分 (Si)	: 68 %以上
炭素 (C)	: 0.2 %以下
燐 (P)	: 0.05 %以下
硫黄 (S)	: 0.02 %以下

(4) アルミニウム

アルミニウムは、電気炉で脱酸剤として添加され、年産百万トンクラスの薄板工場に必要なアルミニウムは、年間約 600 トンである。これは、エジプト国内で調達出来る。

1) エジプトの現状

製鋼に使用するアルミニウムの調達は、国内で出来る。表 5-6-22 はエジプトでの生産量と価格を示す。

Table 5-6-22 Production and Price of Aluminum in Egypt

Year	Production (t)	Value (1,000 LE)	Unit price (1,000 LE/t)
1987/88	173,460	617,373	3.6
1988/89	180,931	808,652	4.5
1989/90	179,167	674,727	3.8
1990/91	177,707	748,905	4.2
1991/92	177,838	743,550	4.2
1992/93	178,477	789,243	4.4
1993/94	180,236	799,035	4.4
1994/95	181,061	1,137,809	6.3
1995/96	179,774	1,167,622	6.5

Source: CAPMAS

2) ANSDKにおけるアルミニウムの購入

ANSDKにおけるアルミニウムの購入量を表5-6-23に示す。ANSDKはアレキサンドリアのエジプシャン・カッパー・ワークス (ECW) から購入している。

Table 5-6-23 Quantity of ANSDK Purchased Aluminum

Year	Quantity (t)
1994	164
1995	73
1996	115

Source: ANSDK

3) アルミニウムの品質

ANSDKによると、アルミニウムの品質は次の通り。

重さ : 5 kg
Al : 99.9 %

(5) 蛍石

蛍石は、スラグの性質を改善するために、電気炉でときどき使用するものであり、年産百万トンクラスの薄板工場に必要な蛍石は、年間約500トンである。これは、

エジプト国内で調達出来る。

1) エジプトの現状

製鋼に使用する蛍石の調達は、国内で出来る。表 5-6-24 はエジプトでの生産量と価格を示す。

Table 5-6-24 Production and Price of Fluorspar in Egypt

Year	Production (t)	Value (1,000 LE)	Unit price (LE/t)
1987/88	1,849	311	168
1988/89	1,611	268	166
1989/90	1,249	225	180
1990/91	1,526	351	230
1991/92	981	232	236
1992/93	521	120	230
1993/94	514	141	274
1994/95			
1995/96			

Source: CAPMAS

(6) 黒鉛電極

黒鉛電極は電気炉で使用するもので、年産百万トンクラスの薄板工場に必要な黒鉛電極は、年間約 2,500 トンである。ウルトラハイパワー用黒鉛電極はエジプト国内では調達出来ない。

1) ANSDK における電極購入

表 5-6-25 に ANSDK の電極購入量を示す。購入先はヨーロッパ、日本である。

Table 5-6-25 Quantity of ANSDK Purchased Electrode

Year	Quantity (t)
1994	4,820
1995	4,120
1996	4,110

Source: ANSDK

(7) 耐火物

製鋼用耐火物は、高温使用で炉体および取鍋に使用されるもので、年産百万トンクラスの薄板工場に必要な耐火物は、年間約 5,000 トンである。製鋼用として、ある種類のいくらかは国内調達ができるだろう。

1) エジプトの現状

エジプトにおける、工業分野で使用する耐火物の生産を表 5-6-26 に示す。

Table 5-6-26 Production and Price of Refractories in Egypt

Year	Production (t)	Value (1,000 LE)	Unit price (LE/t)
1987/88	164,521	35,458	216
1988/89	181,113	50,968	281
1989/90	168,633	47,218	280
1990/91	156,050	55,859	358
1991/92	147,911	64,705	437
1992/93	115,044	55,646	484
1993/94	131,850	60,937	462
1994/95	115,000	49,850	433
1995/96	111,702	57,169	512

Source: CAPMAS

カイロに、耐火物製造のエジプト耐火物会社 (Egyptian Co. for Refractories) があり、この会社は中近東、北アフリカ、地中海沿岸、バルシャ湾岸で最大規模を誇り、エジプトで 80 %のシェアを占めている。この会社はすでに製鋼用として吹き付け補修材を供給しており、ある種類のいくらかの量は国際価格で供給出来るだろう。

2) ANSDK の耐火物購入

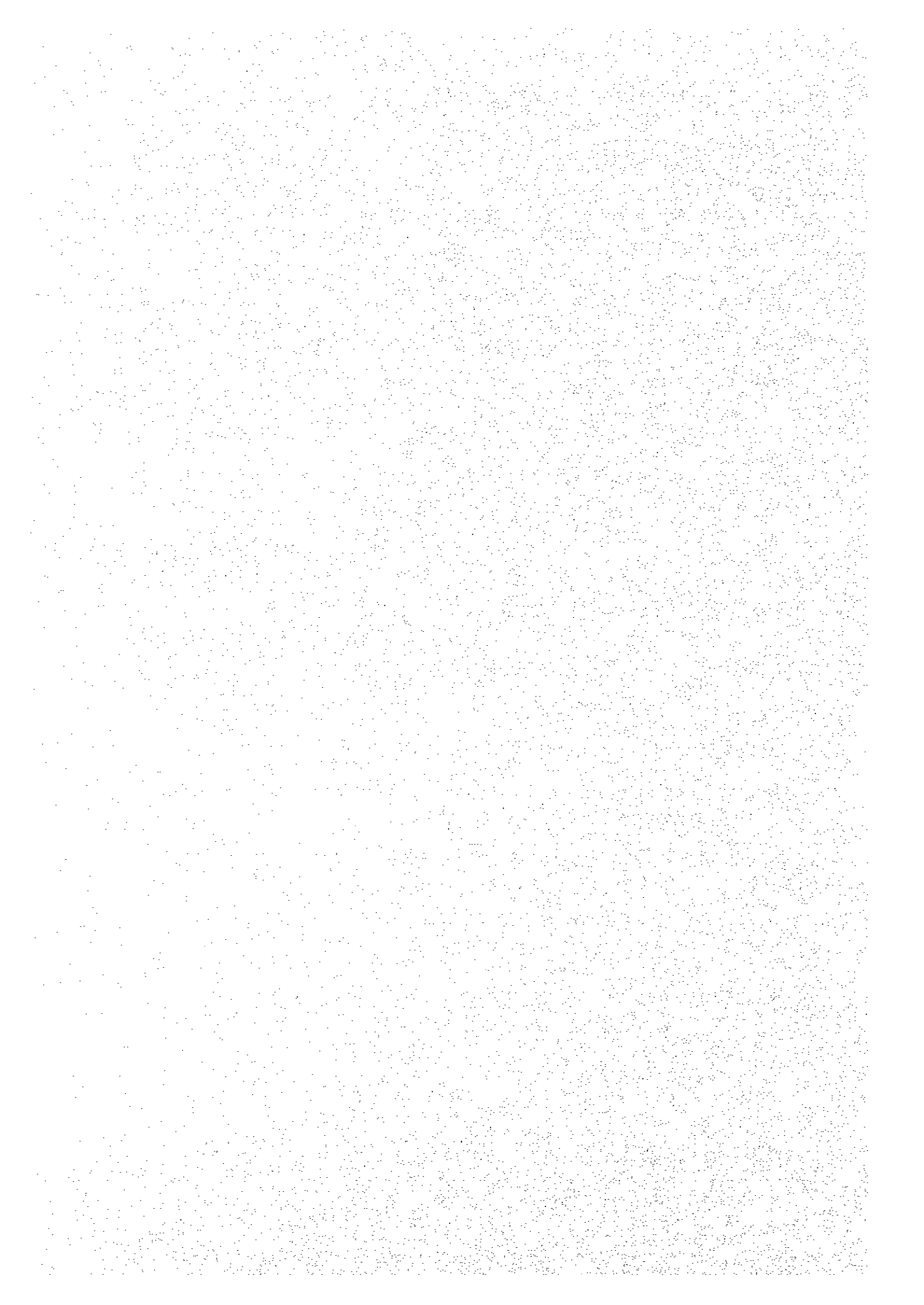
表 5-6-27 に ANSDK の耐火物購入量を示す。煉瓦は、ヨーロッパから輸入している。

Table 5-6-27 Quantity of ANSDK Purchased Refractories

	Quantity (t)
1994	20,490
1995	25,840
1996	28,710

Source: ANSDK

第6章 設備計画



第6章 設備計画

本章では、本レポートの第5-1-1項で述べたとおり、2005年（第一期）の薄板工場の操業開始で、年間生産能力100万トンに必要な設備について記述する。

6-1 直接還元鉄工場

6-1-1 概要

(1) 直接還元鉄工場の基本計画

薄板工場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®を採用する。

(2) 生産および製品

1) 生産能力

直接還元鉄工場の生産能力は、年産100万トンである。

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。

- a) 還元システム
- b) ガス改質システム
- c) プロセスガスシステム
- d) 熱回収システム
- e) シールガスおよびパージガスシステム
- f) 非常用イナートガスシステム
- g) 用水システム

- h) 消火システム
- i) ダスト回収システム

6-1-2 基本計画

(1) 原料

直接還元鉄工場の原料は塊鉄鉱石と鉄鉱石ペレットの混合物で、使用量は設計ベースで年間150万トンである。

原料の標準的な混合比は、次のとおりである。

- a) 塊鉄鉱石 : 20-30 wt %
- b) ペレット : 80-70 wt %

(2) 操業

1) 操業シフト

操業シフトは、一日、3直4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、薄板工場の年間生産計画に基づき、7,500時間とした。

(3) 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。

- a) 原料 : 1.5 トン
- b) 天然ガス : 2.5 Gcal (LHV)
- c) 電力 : 125 kWh
- d) 水 : 1.5 m³

6-1-3 生産計画

(1) 定格生産計画

定格生産計画は、年間7,500時間操業で、還元鉄100万トンである。

(2) 初期生産計画

操業運転開始初期においては、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。

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

6-1-4 プロセスと設備

直接還元鉄プラントの主要設備の設備概要は次のとおりである。

(1) 還元システム

還元炉は、MIDREX の特許である直径 6.65 m 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、鉄鉱石と還元鉄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。シャフト炉からの還元鉄排出量は、振動式排出フィーダにて制御される。還元鉄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、排出フィーダから還元鉄サイロへ移送される。

(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。廃ガスヘッダーは煉瓦張りで、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、廃ガスヘッダーを通り、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、プロセスガスは余熱された天然ガスと混合され、フィードガス余熱設備に入る。そして、余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、そのままではバッス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ッスルガス温度になる。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

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、チューブバンドル方式の熱交換機で、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。チューブバンドル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チューブバンドル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。

6-1-5 組織および要員

表 6-1-1 は直接還元鉄プラントの組織と要員計画を示したものである。

Table 6-1-1 Organization and Personnel for DR Plant

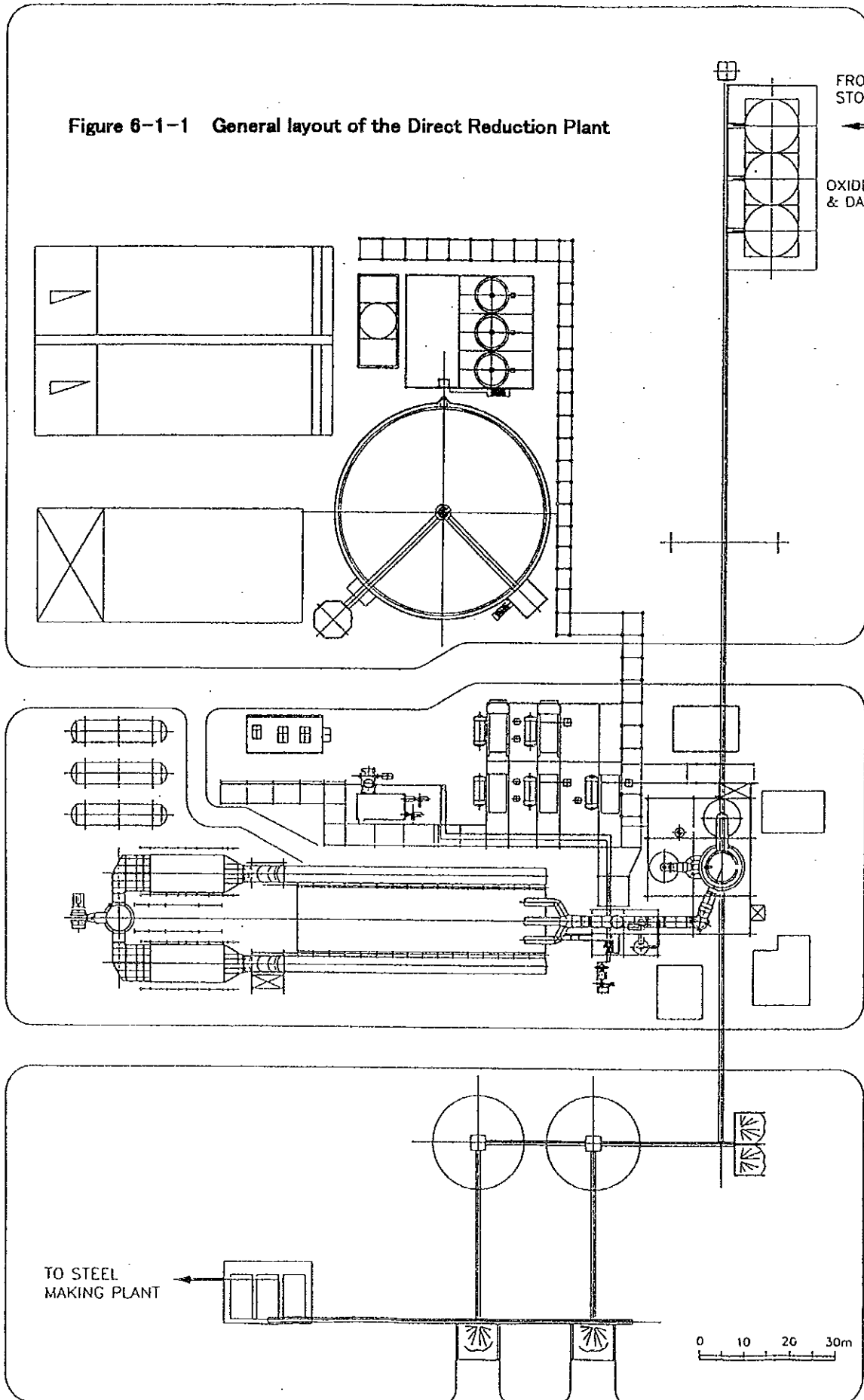
Description	Per Day	Per Shift(*1)	Total
Section	1	0	1
Assistant Section Manager	1	0	1
Process & Operations / Engineer	2	0	2
Water Treatment / Engineer	1	0	1
Shift Foreman	0	1	4
Control Room Operators	0	4	16
Field Operators	0	8	32
Material Handling Supervisors	1	0	1
Material Handling Operator	0	0	0
Process / Laboratory Technician	0	1	4
Total	6	14	62

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

6-1-6 図面および機器リスト

- (1) 直接還元鉄工場配置図
図 6-1-1 参照。
- (2) 機器リスト
附属資料 6A-1-1 参照。
- (3) 図面
附属資料 6A-1-2 参照。

Figure 6-1-1 General layout of the Direct Reduction Plant



6-2 製鋼工場

6-2-1 概要

(1) 製鋼工場の基本概念

製鋼工場は、薄板用スラブを製造するために、160トン直流電気炉1基、160トンレードルファーンズ1基、1ストランドのスラブ連続鑄造機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表 6-2-1 に示す。

Table 6-2-1 SMP Production

Item	Unit: ton/y	
	SMP	
Molten Steel	1,026,000	
Slab	1,000,000	

2) 製品および鋼種

製鋼工場の製品および鋼種を表 6-2-2 に示す。

Table 6-2-2 Products and Steel Grade

Item	SMP		
Products	Slab: 210 mm thickness x 800 - 1,600 mm width x 5,000 - 10,900 mm length x 28.0 t weight		
Steel grade	DIN	st 12, 13, 14	: 36 %
		st 33	: 4 %
		st 37	: 54 %
		st 44, 50, 52	: 6 %

(3) 設備範囲

- 1) ハンドリング設備 : 1 式
- 2) 電気炉設備 : 直流タイプ、160 トン 1 基
- 3) 集塵機設備 : 1 基
- 4) レードルファーネス設備 : 160 トン 1 基
- 5) クレーン、ジブクレーン : 1 式
- 6) 電気設備、コンピュータシステム、制御設備 : 1 式
- 7) スラブ連铸機 : 1 ストランド 1 基
- 8) 予備品、消耗品 : 1 式

6-2-2 基本計画

(1) 一 般

1) 主原料

還元鉄工場の還元鉄生産量年産百万トンを考慮して、還元鉄/スクラップ比率は、表 6-2-3 に示す通りである。

Table 6-2-3 EAF DRI/Scrap Ratio

Unit: %

Material	Ratio
DRI	86.3
Scrap	13.7

2) 操業シフト

操業シフトは 4 組 3 交替である。

3) 操業

160 トン電気炉の製鋼時間は、レードルファーネス操業を伴い 70 分操業とし、スラブ連铸の铸込み 57 分で 8 連々铸とする。

4) 年間稼動日

年間稼動日は、310 日とする。

予防保全および故障による年間非稼動時間を表 6-2-4 に示す。

Table 6-2-4 Non-operating Hours

Items	Hours	% *1
(1) Periodical maintenance	16 hr x 1 time/w = 832 hr	9.5
(2) Mechanical maintenance	96 hr x 2 time/y = 192 hr	2.2
(3) Refractory & electrical maintenance	144 hr x 1 time/2y = 72 hr	0.8
(4) Total scheduled maintenance = (1)+(2)+(3)	1,096 hr	12.5
(5) Un-expected shut-downs	224 hr	2.6
(6) Total non-operating hours = (4)+(5)	1,320 hr = 55 days	15.1

*1 : Percentage for 365 days

5) 製鋼工場の生産能力

生産能力はスラブの生産量、年間稼働日数、製鋼時間、鑄込み時間、トランス容量、スラブ重量、スラブの歩留などを総合的に勘案して決めた。

溶鋼 : 160 トン/ヒート x 310 日/年 x 20.7 ヒート/日 = 1,026,000 トン

スラブ : 1,026 千トン x 97.5 % = 1,000,000 トン

(2) 電気炉の設備及び操業の要素

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| 1) 型式 | : EBT 付直流電気炉 |
| 2) 容量 | : 160 トン (20 トンホットヒール付) |
| 3) トランス容量 | : 133 MVA |
| 4) 還元鉄/スクラップの比率 | : 86.3/13.7 |
| 5) 酸素原単位 | : 溶鋼トン当り 30 Nm ³ |
| 6) 電力原単位 | : 溶鋼トン当り 542 kWh |
| 7) 日間ヒート数 | : 20.7 ヒート |
| 8) 製鋼時間 | : |
| 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	: 59分*1
製鋼時間	: 70分

注*1 溶鋼は、電気炉出鋼後レードルファーンレス処理するものとする。

(3) レードルファーンレスの設備及び操業の要素

1) 型式	: 交流3相型
2) 取鍋容量	: 160トン
3) トランス容量	: 23 MVA
4) 電力原単位	: 溶鋼トン当たり 25 kWh
5) 日間ヒート数	: 20.7
6) 処理時間	: ヒート当たり 20 - 40分

(4) 連続鋳造機の設備及び操業の要素

1) 型式	: 垂直多点曲げタイプ多点矯正方式
2) スラブ	:
厚み	: 210 mm
巾	: 800 - 1,600 mm、平均 1,200 mm
長さ	: 5,000 - 10,900 mm
重量	: 28トン (PIW=1,000)
3) 鋳込み速度	:
最大	: 毎分 2.0 m
平均	: 毎分 1.4 m
4) 鋳込み時間	: ヒート当たり 57分
5) 連々鋳	: 8ヒート

6-2-3 生産計画

(1) 標準生産計画

表 6-2-5 に示す。

Table 6-2-5 SMP Production Plan

Unit: t/year

Product	Annual production	Monthly production	Daily production
Molten steel	1,026,000	85,500	3,310
Slab	1,000,000	83,330	3,226

(2) 立上り生産計画

立上り初期は、操業を通じて建設した設備のチェックを行ない、作業員は機器および操業に馴染むようにするものとし、その後徐々に生産量を増やし、立上り1年後にフル生産になるものとする。

1年目	溶鋼	: 615,400 トン
	スラブ	: 600,000 トン
2年目以降	溶鋼	: 1,026,000 トン
	スラブ	: 1,000,000 トン

(3) マテリアルバランス

図6-2-1にフル生産時のマテリアルバランスを示す。

(4) 原単位、副産物、廃棄物

表6-2-6に示す

Figure 6-2-1 SMP Material Balance at Full Production

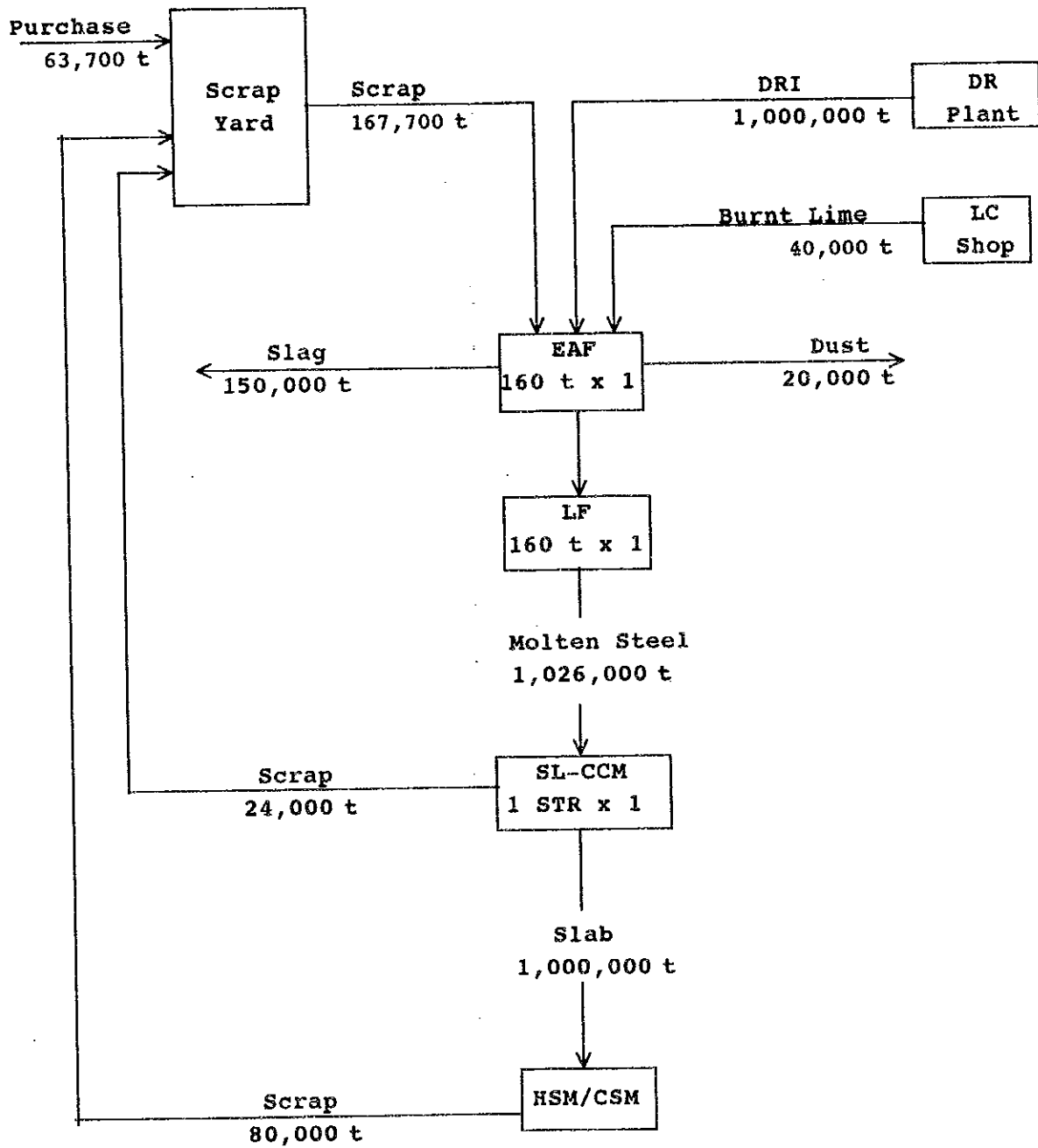


Table 6-2-6 SMP Unit Consumption, By-products and Waste

Item	Unit consumption	Materials Required		
		Per year	Per month	Per day
1 DRI	1,000.0 kg/t-SL	1,000,000 t	83,330 t	3,226 t
2 Scrap	167.7 kg/t-SL	167,700 t	13,980 t	541 t
3 Burnt Lime	40.0 kg/t-SL	40,000 t	3,330 t	129 t
4 Fluorspar	0.5 kg/t-SL	500 t	42 t	1.6 t
5 HC/Fe-Mn	1.7 kg/t-SL	1,700 t	140 t	5.5 t
6 MC/Fe-Mn	0.8 kg/t-SL	800 t	67 t	2.6 t
7 Fe-Si	0.2 kg/t-SL	200 t	17 t	0.6 t
8 Fe-Nb	0.1 kg/t-SL	100 t	8 t	0.3 t
9 Al	0.6 kg/t-SL	600 t	50 t	1.9 t
10 Fe-Cr	0.4 kg/t-SL	400 t	33 t	1.3 t
11 Coke Lum/Breeze	35.0 kg/t-SL	35,000 t	2,920 t	113 t
12 Furnace Brick	0.8 kg/t-SL	800 t	67 t	2.6 t
13 Fetting Materials	7.0 kg/t-SL	7,000 t	580 t	23 t
14 Ladle Brick	2.8 kg/t-SL	2,800 t	230 t	9.0 t
15 Electrode	1.8 kg/t-SL	1,800 t	150 t	5.8 t
16 Tundish Brick	1.4 kg/t-SL	1,400 t	120 t	4.5 t
17 Slag	150 kg/t-SL	150,000 t	12,500 t	484 t
18 Dust	20 kg/t-SL	20,000 t	1,670 t	65 t
19 Scrap from CCM	24.0 kg/t-SL	24,000 t	2,000 t	77 t
20 Waste Brick from EAF *1	4.0 kg/t-SL	4,000 t	330 t	13 t
21 Waste Brick from CCM	1.0 kg/t-SL	1,000 t	80 t	3.2 t
22 Scale	1.0 kg/t-SL	1,000 t	80 t	3.2 t
23 Electric power for EAF *2	607 kWh/t-SL	607,000 MWh	50,583 MWh	1,958 MWh
24 Electric power for CCM	10 kWh/t-SL	10,000 MWh	833 MWh	32 MWh
25 Make-up Water for EAF *3	0.8 m3/t-SL	800,000 m3	66,700 m3	2,581 m3
26 Make-up Water for CCM	1.0 m3/t-SL	1,000,000 m3	83,300 m3	3,226 m3
27 Compressed Air for EAF *3	13.0 Nm3/t-SL	13,000,000 Nm3	1,083,000 Nm3	41,935 Nm3
28 Compressed Air for CCM	29.0 Nm3/t-SL	29,000,000 Nm3	2,417,000 Nm3	93,548 Nm3
29 Natural Gas for EAF	0.8 Nm3/t-SL	800,000 Nm3	66,700 Nm3	2,581 Nm3
30 Natural Gas for CCM	3.2 Nm3/t-SL	3,200,000 Nm3	266,700 Nm3	10,323 Nm3
31 Oxygen Gas for EAF	30.0 Nm3/t-SL	30,000,000 Nm3	2,500,000 Nm3	96,774 Nm3
32 Oxygen Gas for CCM	2.0 Nm3/t-SL	2,000,000 Nm3	167,000 Nm3	6,452 Nm3
33 Nitrogen Gas for EAF	4.0 Nm3/t-SL	4,000,000 Nm3	333,000 Nm3	12,903 Nm3
34 Argon Gas for EAF *3	0.2 Nm3/t-SL	200,000 Nm3	17,000 Nm3	645 Nm3
35 Argon Gas for CCM	0.5 Nm3/t-SL	500,000 Nm3	42,000 Nm3	1,613 Nm3

Note *1 including ladle
 *2 including LF and auxiliary
 *3 including LF

SL Annual Production 1,000,000 t
 Operating days 310 d/y

6-2-4 プロセスと設備

(1) スクラップ装入

スクラップは、屋外の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、コ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。

スクラップローダ、ダンプとラック、秤量所は別の節の運搬設備を参照の事。

(2) 還元鉄および石灰の装入

還元鉄工場および石灰工場で、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トリッパがある。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、20 トンの溶鋼（ホットヒール）を炉内に残す。スクラップと還元鉄の溶解後、必要があれば合金鉄自動投入設備により合金鉄を電気炉に投入する事ができる。

電気炉は、160 トン容量の直流電気炉でトランス 133 MVA、製鋼時間は 70 分である。

(4) レードルファーンネス操業

出鋼終了後、溶鋼はレードルヤードのレードルファーンネスにクレーンで運ぶ。出鋼中に石灰と合金鉄を添加する。取鍋は、受鋼前に天然ガスバーナで予熱しておく。レードルファーンネスでは、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スラブ連铸機に運び、スラブに铸込む。レードルファーンネスは、また、電気炉とスラブ連铸機の間での操業時間の調整も行なう。

レードルファーンネスは、処理量 160 トン、交流型、トランス容量 23 MVA 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、トリッパ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、レードルファーンネスに投入する。

(6) 連続铸造操業

レードルファーンネス処理後、溶鋼はレードルクレーンでスラブ連铸機に運ぶ。取鍋の溶鋼は、タンディッシュカー上のスライドゲート付きのタンディッシュ、および水冷モールドを通してスラブとして铸込む。铸込みに際しては、タンディッシュノズル制御、モールド巾調整、密閉铸造、铸型振動などを行なう。

スラブは冷却ゾーンで水冷して、引抜設備で引き抜き、トーチカッタで所定の長さに切断して次工程へ送る。

6-2-5 組織および要員

表 6-2-7 に示す。

Table 6-2-7 SMP Organization and Personnel

Section Manager	Asst. Section Manager	Engineer	Foreman	Asst. Foreman	Worker	Remarks		
SMP	EAF/LF operation			1 x 4	2 x 4	Raw material handling		
	EAF			1 x 4	4 x 4	EAF operation		
	1 x 1	1 x 1	1 x 4		1 x 4	Scheduling		
				1 x 4	2 x 4	LF operation		
	Crane/Day work			1 x 4	7 x 4	EAF crane operation		
				1 x 4	2 x 4 + 2	CCM crane operation		
				1 x 1	2 x 1	Supplies control		
				1 x 1	3 x 1	Additives control		
				1 x 1	6 x 1 + 1	Small repair work		
	1 x 1	CCM operation			1 x 4	3 x 4 + 3	CCM operation (& relief)	
				1 x 4	2 x 4	Slab cutter		
				1 x 1	10 x 1	Mold/segment repair work		
	CCM					2 x 1	Supplies control	
	1 x 1	1 x 1	Refractories			1 x 1	4 x 1	Furnace
				1 x 4	1 x 4	5 x 4	Ladle preparation	
					1 x 4	6 x 4	Tundish preparation	
					1 x 4	3 x 4	Ladle relining	
					1 x 1	Clerical work		
1	2	3	16	37	174	Total 233		

6-2-6 図面および機器リスト

(1) 製鋼工場の配置図

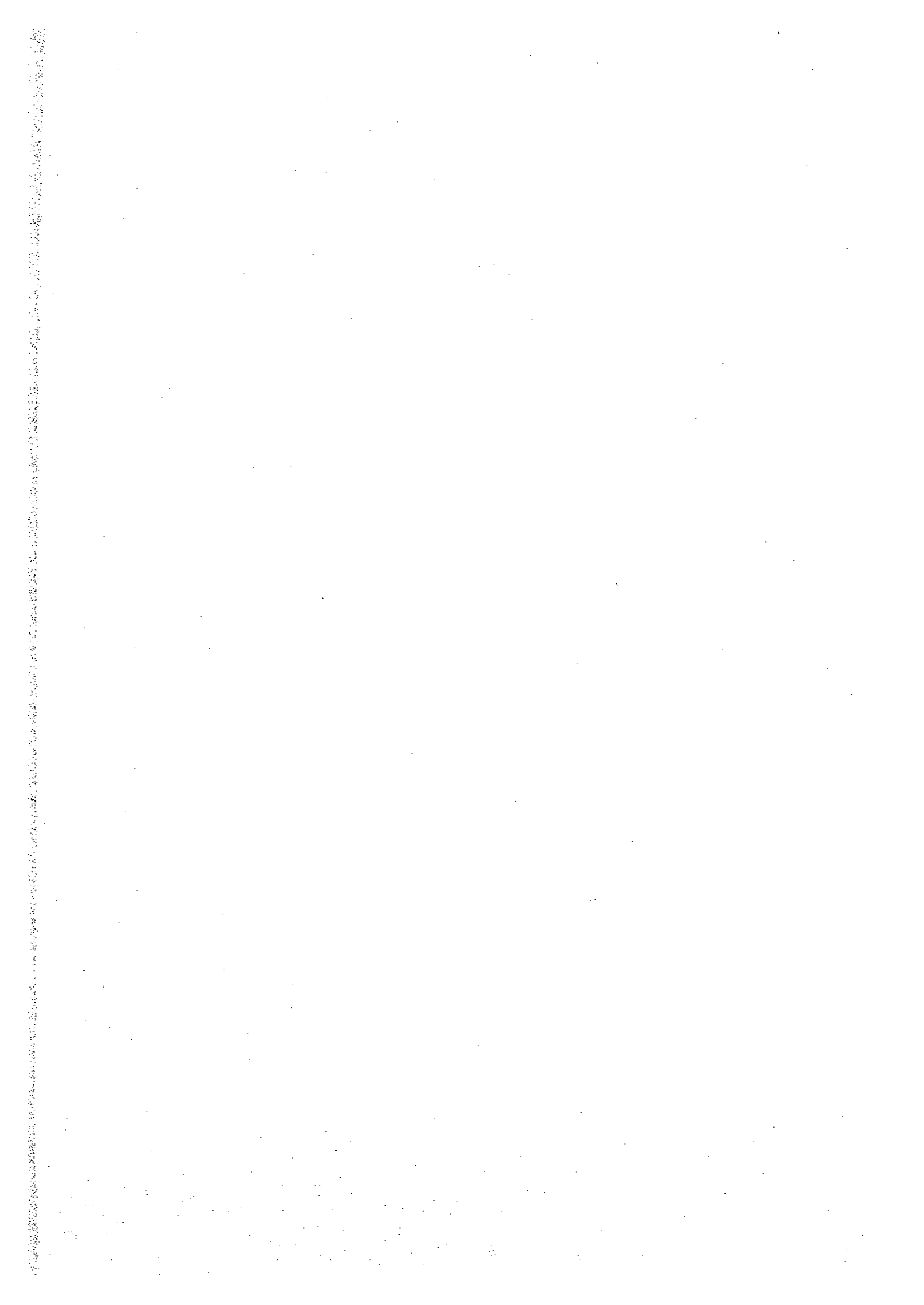
図 6-2-2 に示す。

(2) 機器リスト

附属資料 6A-2-1 を参照のこと。

(3) 図面

附属資料 6A-2-2 を参照のこと。



6-3 熱延工場

6-3-1 概 要

(1) 熱延工場の基本概念

熱延工場 (Hot Strip Mill Plant、略称 HSMP) は加熱炉、粗圧延機、仕上圧延機、ダウンコイラー、スキンパスミル、厚板精整ラインで構成されており、熱延コイルと厚板を製造する。

熱延コイルは需要家近くのサービスセンターで切板、スリットコイルに加工されると仮定している。(5-1-4 節参照)

製造能力は年間約 100 万トンと設定した。

(2) 生産量および製品

熱延工場における製品は熱延コイルと厚板である。

製品の寸法構成と規格構成を第 5-1 節の表 5-1-6、表 5-1-9 に示す。

(3) 設備範囲

熱延工場は次の主設備で構成されている。

熱延工場

- 加熱炉
- 粗圧延機
- 仕上圧延機
- ダウンコイラー

コイルと厚板精整ライン

- スキンパスライン
- 厚板精整ライン

6-3-2 基本計画

(1) 設計概念

1) スラブ

厚さ	: 標準 210 mm 最小 140 mm (返しスラブ)
巾	: 650 - 1,600 mm (650 - 800 mm 巾スラブは、倍 巾鋳造後切断して製造)
長さ	: 5,000 - 10,900 mm
重量	: 最大 28 トン
スラブ手入れ	: 全体の 5 %
ホットチャージ比率	: 60 %

2) 製品寸法と重量

- 熱延コイル

厚さ	: 1.60 - 13.0 mm
巾	: 610 - 1,600 mm
コイル重量	: 最大 28 トン
重量比	: 最大 17.8 kg/mm (PIW = 1,000)
コイル外径	: 1300 - 1,900 mm
コイル内径	: 標準 762 mm

- 厚板

厚さ	: 13.0 - 24.0 mm
巾	: 1,300 - 1,600 mm
長さ	: 5,000 - 15,000 mm
板重量	: 最大 4.5 トン

(2) 熱延工場の能力

1) 熱延工場の稼働時間

熱延工場の稼働時間は、表 6-3-1、表 6-3-2 に示すように調査団によって決められた稼働率と保守時間から求められる。

- 暦時間	: 24 時間 x 365 日=8,760 時間
- 定期補修	: 714 時間

- 稼働時間 : 8,046 時間 x 0.85 = 6,839 時間

バックアップロール組替時間は定期補修時間の内に含まれている。

Table 6-3-1 Effective Rolling Hour Ratio

Item	HSM (%)
Effective rolling hours ratio	85.0
Operational shut down	
Roll change	5.0
Miss roll	2.0
Equipment Shut Down	
Mechanical	4.0
Electrical	2.0
Other shut down	2.0
Shut down total	15.0

Table 6-3-2 Maintenance Schedule

Item	HSM
Major repair	192 hr (8 days per year)
Minor repair	120 hr (5 days per year)
Periodical repair	402 hr (16 hours per 2 weeks)
Total	714 hr

2) 熱延工場の圧延能率

加熱炉、粗圧延機、仕上圧延機毎の能率を表 6-3-3 に示す。熱延工場の圧延能率は、低能率の場合は加熱炉の能力によって決定される。本プロジェクトの場合、年間生産量百万トンを確保するための加熱炉能力は 150 トン毎時になる。

Table 6-3-3 Estimated Hot Strip Mill Rolling Rate

Strip		Slab				Furnace	R mill		F mill		HSM
t	W	t	W	L	Weight	(t/hr)	sec	t/hr	sec	t/hr	t/hr
2.3	750	210	750	10.9	13.5	150	180	270	140	347	150
3.8	750	210	750	10.9	13.5	150	180	270	120	404	150
6.0	750	210	750	10.9	13.5	150	180	270	110	441	150
2.3	1050	210	1050	10.9	18.9	150	180	377	140	485	150
3.8	1050	210	1050	10.9	18.9	150	180	377	120	566	150
6.0	1050	210	1050	10.9	18.9	150	180	377	110	617	150
2.3	1300	210	1300	10.9	23.4	150	180	467	140	601	150
3.8	1300	210	1300	10.9	23.4	150	180	467	120	701	150
6.0	1300	210	1300	10.9	23.4	150	180	467	110	764	150
3.8	1500	210	1500	10.1	28.0	150	180	538	120	807	150
6.0	1500	210	1500	10.1	28.0	150	180	538	110	880	150
10.0	1500	210	1500	10.1	28.0	150	170	570	140	692	150

3) 熱延工場の生産能力

熱延工場の能力は次のように計算される。

$$6,839(\text{時間/年}) \times 150 (\text{トン/時間}) = 1,026,000 \text{ トン/年}$$

4) スキンパスラインの生産能力

スキンパスラインの能力は表 6-3-4 に示されている。スキンパスラインの生産能力は年間 500,000 トン以上もあり、稼動時間は必要な生産量によって決まる。

Table 6-3-4 Skinpass Line Capacity

Item	Capacity (Average)
Average size	Thickness : 2.3 mm
	Width : 1,240 mm
	Coil Weight : 22.3 ton
	Coil Length : 1,000 m/Coil
Rolling rate (t/hr)	Rolling Speed : 100 mpm
	Rolling Rate(t/hr) : 135 t/hr
Operation	Necessary working hours : $170,000(t/y)/135(t/hr) = 1,260 \text{ hr/y}$ → One shift operation will be enough.

5) 厚板精整ラインの生産能力

厚板精整ラインの生産能力は表 6-3-5 に示されている。生産能力は生産量に応じたガスカット作業の要員によって決まる。

Table 6-3-5 Plate Finishing Line Capacity

Item	Capacity (Average)
Average size	Thickness : 20.0 mm
	Width : 1,450 mm
	Length : 9,000 mm
	Weight : 2.0 ton
Operation & Capacity	Capacity of Plate Finishing Line is decided by gas cutting capacity (15t/hr with 1 gas cutting area). - Required production : 97,000 t/y - Necessary working hours : $97,000 \text{ t/y} / 15 \text{ t/hr} = 6,470 \text{ hr/y}$ → 4 crew three shift operation

5) 必要な在庫ヤード面積

必要な在庫ヤード面積は表 6-3-6 に示されている。

Table 6-3-6 Necessary Stock Yards Area of Hot Strip Mill Plant

Stock yard	Production (335 days/y)	Stock days	Capacity (t/m ²)	Necessary area
Slab yard	1,000,000 t/y = 2,990 t/day	5	5	3,000 m ² = 30 m x 100 m (Plus 600 m ² for Slab Conditioning yard)
Coil cooling yard for SKL	180,000 t/y = 540 t/day	5	5	540 m ² = 25 m x 22 m
As rolled Coil stock yard	363,000 t/y = 1,080 t/day	15	5	3,240 m ² = 25 m x 130 m (open space)
Skinpassed coil stock yard	178,000 t/y = 530 t/day	15	3	2,650 m ² = 25 m x 106 m (open space)
Cooling yard for plate	102,000 t/y = 300 t/day	3	2	450 m ² = 25 m x 18 m
Plate stock yard	97,000 t/y = 290 t/day	15	2	2,180 m ² = 25 m x 87 m (open space)
Hot rolled coil yard for CRMP	440,000 t/y = 1,310 t/day	15	5	3,900 m ² = 25 m x 156 m (open space)

6-3-3 生産計画

- 物流と物流バランスは第5章、図 5-1-4、図 5-1-5 に示す。
- 歩留まりは表 6-3-7 に示す。
- 立ち上がり曲線は第5章、表 5-1-10 に示す。

Table 6-3-7 Hot Strip Mill and Skinpass Line Yield

(%)

Line	Yield	
HSM	Yield of HSM	98.5
	Scale loss	1.0
	Miss roll	0.2
	Crop loss	0.3
SKL	Yield of SKL	99.0
	Scrap loss	1.0
PFL	Yield of PFL	95.0
	Scrap loss	5.0

6-3-4 プロセスと設備

1,600 mm ホットストリップミルはコンパクトに設計されている。

1 台の加熱炉、1 台のエッジャー付粗圧延機、1 台のコイルボックス、1 台の走間ク
ロップシャー、5 スタンド仕上圧延機、1 台のコイラー、1 台のスキンプスミル、1
台の厚板精整ラインとロールショップで構成されている。

熱延工場の全体図を図 6-3-1 に示す。

(1) スラブヤードとスラブ装入

連続鋳造の後、スラブは天井クレーンにより運ばれスラブヤードに保管される。約
60 %のスラブは 12 時間以内に約 500-600 °C の温度で加熱炉へ装入される（これを
ホット・チャージド・ローリングとよぶ）。約 5 - 10 %のスラブは人手によるガス・
スカーフィングで表面欠陥の除去が行われる。その他のスラブと、この手入れ済み
スラブはスラブヤードで 1 日から 10 日の間、熱延工場のスケジュールが出来るまで
保管される。平均スラブ保管期間は 3.5 日である。

スラブは天井クレーンにより装入コンベアに移動され、コンベアで搬送され、コン
ベアの終点で移載機により加熱炉装入テーブルに載せられる。

テーブル上のスラブはスラブ装入場所まで移動し、自動的に停止する。次にスラブ
チャージャーが加熱炉のウォーキングビームまでスラブを押し込む。

(2) 加熱炉とスラブ抽出

ウォーキングビーム機構によりスラブは自動的に加熱炉の出側へ移動するとともに、それぞれのゾーンで計算機制御により必要な温度まで加熱される。バーナーは天然ガスで燃焼している。

スラブが圧延できる温度まで加熱されたのち、スラブエキストラクターにより加熱炉出側へ抽出され、出側テーブルの上に置かれる。

エキストラクターのストロークはスラブ巾と位置を考慮し計算機により自動設定されているので、全てのスラブは自動的にテーブル中央に置かれる。

(3) 粗圧延機

抽出されたスラブは高圧水のデスクレーヤーにより表面、裏面のスケールを除去され粗圧延機入口へ搬送される。スラブはエッジャー噛込みの前に粗圧延後の板の曲りを少なくするため、入側サイドガイドで強制的にテーブル中央に揃えられる。スラブは標準で5パスの可逆圧延により圧延される。高圧水デスクレーイングが入側、出側に装備されている。エッジャーは奇数パスの時スラブ巾殺し圧延を行なう。

巾殺しは次の条件により制約をうけている。スラブが厚い時はモーターパワーと噛込み角度、スラブが薄くなるとバックリングが制約条件となる。一般的に巾殺しが大きくなると、スラブ先後端の巾落ちとともにフィッシュテールが大きくなり製品の歩留まりが低下する。一般的な圧延機ではスラブ巾から製品巾への変更範囲は最大約 50 mm である。

ロール組替時には、粗圧延機のワークロールは自動的に油圧シリンダーにより引き出され、新しいワークロールが圧延機に装入される。使用済みのワークロールは天井クレーンとロール台車によりロールショップに移動される。

(4) コイルボックス

コイルボックスはコンパクトホットストリップミルの主要設備でありその理由を以下に記す。

コイルボックスは

- 粗圧延後の板をコイルリングすることにより、粗圧延機と仕上圧延機の間の距離を減少することができること、

- 粗圧延後の板をコイルリングすることにより、表面からの放射熱を減少することができること、
- 粗圧延後の板の後端を逆に先端にすることができ、全長に亘り均一な温度を確保できること、
- クレードルを2台持てば巻取りと巻き戻し作業が同時にできるので、生産性に対する緩衝の役を果たすことができる。

上記の特徴を持っているので、コイルボックスは次の利点がある。

- 板厚の薄い材料でも少ないスタンド数で圧延できる。
- コイル状態による自己均熱性のため、加熱炉のスキッドマークを小さくすることができる。
- 定速度圧延により圧延機の動力が節減ができる。(加速圧延の動力の必要性は無い)
- 定速度圧延による均一温度圧延が可能
- 全投資金額の節約が可能
- 操業費の節減が可能

粗圧延機での最終パスのときには(通常5パス)、粗圧延板の先端部がコイルボックスに到達したとき、後端部はまだ粗圧延機で圧延されている状態いわゆる同時運転を行なう。

コイルボックスは粗圧延板が35 mm以上を除いて全量使用される。

コイルボックス不使用モードは粗圧延板が巻取られること無く通過する厚板製品に適用される。

(5) クロップシャー

粗圧延板の先端部は巻き戻し操作中自動的に切断される。先端部は仕上圧延の通板がスムーズにできるよう曲線刃で切断される。後端部は別の刃物で歩留まりを良くするよう反対方向の曲線になるよう切断される。

二つのバケットがクロップピットの下に置かれてあり、シリンダー操作のゲートでバケット切り替えができる。クロップバケットは天井クレーンで取り替えられる。

クロップシャードラムはロール組替えと同じように油圧シリンダーでシャーフレーム一体で引込みでき、刃物の取替えとギャップ調整はスペアードラムを使って停止時間なしで可能である。

(6) 仕上げ圧延機

板の先端が仕上げスケールブレイカー(FSB)に入り最終デスクーリングが行われ仕上げ圧延機に進む。

仕上げ圧延機の全スタンドのロール間隔と圧延速度は、計算機システムにより自動的に設定される。

F-1からF-5のメインモーターは同一の高速度応答性を有するACドライブモーターである。

ロール間隔の設定はプッシュアップシリンダーと呼ばれる油圧シリンダーで操作される。

自動板厚制御 (AGC) 用油圧シリンダーが全スタンド設置されており、電動スクリュウダウン機構は設置されていない。ワークロールの径差補正とロール間隔設定はシリンダーによって行われるが、バックアップロールの径差補正はバックアップロール組替え時に下部プレート进行调整することにより行われる。

強力ワークロールベンダーとワークロールシフトが F1-F5 に装着されており形状制御とスケジュールフリーローリングに使われる。

高品質の板厚と板中を確保するため、高速 AGC の仕上げ速度制御に高応答するよう低慣性ルーバーが F-1 から F-5 のスタンド間に設置されている。

もうひとつの重要な部分はワークロール組替え装置である。一对の上下ワークロールはドライブサイドに設置された電動ラムにより圧延機から押し出され圧延機の横に移動され、新しい一对のロールが圧延機の中に引込まれる。ワークロールの組替えに際し、ホースの取外し、取付けの必要はなく、全スタンド組替え時間は 10 分である。

バックアップロールの組立品は全ての圧延機で互換性を持って使えるよう設計されている。

(7) ランナウトテーブルとストリップ冷却

仕上げ圧延機を出たストリップはランナウトテーブルを通過してダウンコイラーへ導入される。ランナウトテーブルは薄物ストリップの通板が問題なくできるよう設計されている。ストリップ冷却システムがランナウトテーブル上下に設置されており、上部はサイホンタイプのラミナーフローヘッダーで下部はスプレータイプのヘッダーである。高ストリップ巻取り温度制御のため3つの細分割バンクが設置されており、全部で8つのバンクに分れている。サイドスプレーも設置されている。ランナウトテーブルの速度は、ストリップの先端がダウンコイラーへ達するまでのリード速度と後端が仕上げ圧延機を抜けた後のラグ速度を自動的に調整される。

(8) ダウンコイラー

筒コイルの発生防止のため、油圧タイプのサイドガイドがダウンコイラー入口に設置されている。ストリップの先端はピンチロールを通過して油圧タイプダウンコイラーへ導かれる。油圧自動ジャンピング制御により 高品質熱延製品が製造される。マンドレルは2重拡大機能を持った差し込みタイプである。巻取り速度、ピンチロール間隙、ピンチロール押付圧、ラッパロール間隙、ラッパーロール押付圧はコイラー設定プログラムにより自動設定される。厚物、高強度材に対し仕上げ圧延抜け後のテンション確保のためプレッシャーロールがピンチロールの前に設置されている。

コイル尾端は自動的に設計点に停止し、コイルはコイルストリッパーカーにより横置き状態でウォーキングビームタイプのコンベアーへ移載される。梱包機、秤量機、マーキングマシンがコンベアーの途中に設置されている。コイルは冷却または保管のため天井クレーンでコイルヤードへ置かれる。

コイルの表面検査が巻取り後直ちに行なえるようコイル検査ラインが設置されている。たとえば、仕上げ圧延機に尾端が絞り込みになった場合ワークロール組み替えが必要かどうか直ちに次のコイルの表面検査をする必要がある。

(9) ロールショップ

ロールショップは圧延機のロール、チョック、ベアリングの研磨と保守を行うため、圧延機ヤードの近くに設置され、ロール台車が圧延機ヤードとロールショップをつないでいる。

(10) ホットスキンパスライン

ホットスキンパスラインではコイルの形状を修正し機械的性質を改善する。もちろん顧客要求に応じた重量にあわせてコイル分割もおこなう。

熱間圧延された後ホットコイルはコイルコンベアで運ばれコイルヤードに保管され、約3日かけて室温まで冷却される。その後冷却されたコイルは天井クレーンで運ばれコイルカー、ペイオフリール、スキンパスミル、テンションリールを通過する。

スキンパスミルの後、コイルは自動梱包・表示され、需要家への出荷までコイルヤードで保管される。

(11) 厚板精整ライン

仕上げ圧延の後 13 mm 以上の板厚の厚板はホットレベラーを通過して厚板精整ラインへ行く。熱延された厚板は 30 m の長さにディバイディングシャーで切断された後 600 °C まで厚板クーリングベッドで冷却される。これらの 30 m 長さの厚板はマグネットクレーンで厚板ヤードで一旦保管される。冷却された後これらの厚板はコールドレベラーで形状修正された後、半自動ガスカッターで需要家の要望に応じて切断され、出荷までの間、厚板ヤードで保管される。

(12) コイル保管ヤード

スキンパスライン用コイル冷却ヤードは 5 日分の熱延コイルが保管できる。出荷前の熱延製品（厚板とコイル）は保管ヤードに保管される。保管ヤードは、屋根無し
の保管場所を含めて 15 日分の熱延製品を保管できる大きさを持つ。

6-3-5 組織および要員

組織および要員を表 6-3-8 に示す。

Table 6-3-8 Organization and Personnel of Hot Rolling Mill Plant

SM	ASM	Engineer	Foreman	Assistant foreman	Worker	Remarks
1	Hot Strip mill 1 x 1	2 x 1	1 x 4	1 x 4	3 x 4	Crane & Slab yard
				1 x 4	4 x 4	Furnace & Roughing
				1 x 4	3 x 4	Finishing Mill
				1 x 4	3 x 4	Down Coiler
			(16)	(52)		
	Hot coil finishing 1 x 1		1 x 1	1 x 4	5 x 1	Roll Assembling
				1 x 4	4 x 4	Roll Grinding
			1 x 1	1 x 4	3 x 4 4 x 1	Crane & Coil yard
				1 x 4	4 x 4	Plate Finishing
				1 x 1	4 x 1	Skinpass line
				1 x 1	4 x 1	Delivery
	(2)	(18)	(61)			
1	2	2	6	34	113	Total 158

6-3-6 図面および機器リスト

(1) 熱延工場配置図

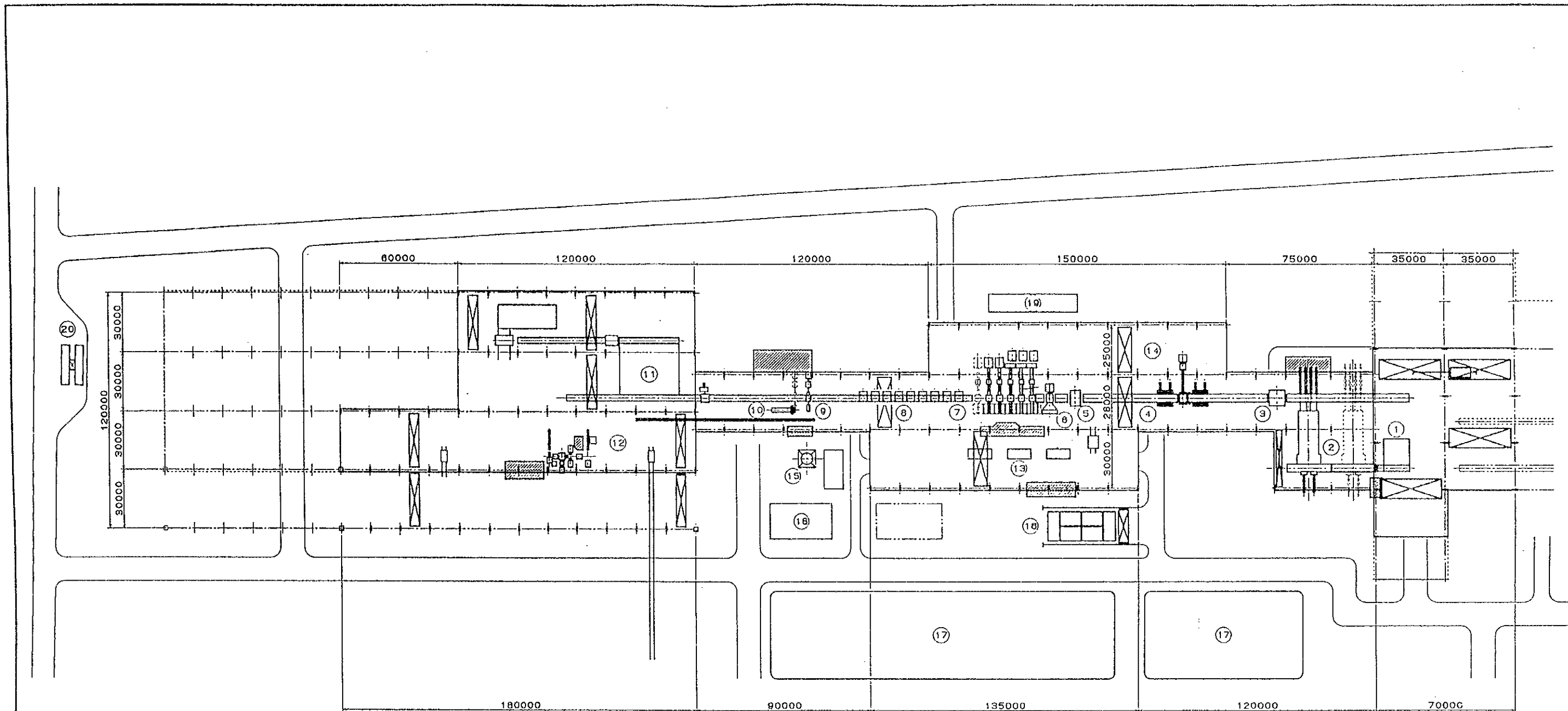
図 6-3-1 に示す。

(2) 機器リスト

附属資料 6A-3-1 参照のこと。

(3) 図面

附属資料 6A-3-2 参照のこと。



① SLAB CONVEYOR	⑥ CROP SHEAR	⑪ PLATE LINE	⑯ SCALE PIT
② REHEATING FURNACE	⑦ FINISHING MILL	⑫ SKINPASS MILL	⑰ WATER TREATMENT
③ HYDRAULIC SCALE BREAKER	⑧ RUNOUT COOLING	⑬ ROLL SHOP	⑱ HSM OFFICE
④ ROUGHING MILL	⑨ DOWN COILER	⑭ MOTOR ROOM	⑲ HSM SUBSTATION
⑤ COIL BOX	⑩ COIL INSPECTION	⑮ RUN OUT WATER PIT	⑳ TRUCK SCALE

Figure 6-3-1 General Layout of Hot Strip Mill Plant

FLAT PRODUCT PROJECT OF EGYPT			
TITLE	HSM GENERAL LAYOUT		
DWG NO. EFP-HSM-001			
DATE	JUL.31.1997	SCALE	1/1000

6-4 冷延工場

6-4-1 概 要

(1) 冷延工場の基本概念

冷延工場は酸洗ライン、冷間圧延機、バッチ焼鈍炉、テンパーミル、溶融亜鉛めっきラインおよびリコイルラインより構成され、冷延コイルと亜鉛めっきコイルを生産する。

生産能力は、おおよそ年産 29 万 5,000 トンとなる。

(2) 生産方法および製品

冷間圧延製品は以下のような構成となる。

冷延コイル	: 年産 22 万 4,000 トン (約 76 %)
亜鉛めっきコイル	: 年産 7 万 1,000 トン (約 24 %)

冷延工場内の製品の流れは下記のようになる。

図 6-4-1 に示すように、熱延コイルは、冷延工場第 1 棟にある酸洗ライン入側コイルヤードまで、コイル運搬台車によって運ばれて来る。そのコイルは酸洗ラインに装入後、巻きほぐされラインの中を図の右から左へと流れ、その間にストリップ表面のスケールは除去される。酸洗ラインを通ったコイルは、次にコイル台車により第 2 棟まで運ばれる。第 2 棟でそのコイルは、レバースミルにより冷間圧延され板厚が目標値まで減じられる。その後そのコイルは第 3 棟までコイルコンベアで運ばれ、そこでアップエンドの状態に反転される。第 3 棟でそのコイルは段積みされ、シングルスタック焼鈍炉の中で焼鈍される。焼鈍後、そのコイルは再びダウンエンドの状態に反転されコイルコンベアによって再び第 2 棟へ運ばれる。第 2 棟でそのコイルは調質圧延され、機械的性質、形状および表面性状が改善される。その後そのコイルは再び第 3 棟へ戻され、リコイルラインの中を通される。リコイルラインでは、あるコイルは再検査され有害な欠陥があれば除去される。また、あるコイルはエッジトリムされたりスリットされたりする。また、あるコイルは客先の要求に応じて分割される。リコイルラインの出側には冷延コイルの置き場を有する。

一方、溶融亜鉛めっき製品用コイルはレバースミル出側から第 4 棟まで直接コイル台車によって運ばれる。第 4 棟ではそのコイルは図の溶融亜鉛めっきライン中を左から右に流れる。溶融亜鉛めっきライン中ではコイルはアルカリ洗滌され、焼鈍さ

れ、亜鉛めっきされる。製品コイルは溶融亜鉛めっきライン出側に保管される。

(3) 設備範囲

冷延工場は以下のような設備から構成されている。

- プッシュプル式酸洗ライン(Push-pull pickling line、略称 PPL)
- レバースミル(Cold reversing mill、略称 RCM)
- シングルスタック焼鈍炉(Single stack annealing furnaces、略称 BA)
- テンパーミル(Temper mill、略称 TM)
- リコイルライン(Recoiling line、略称 RCL)
- 溶融亜鉛めっきライン(Continuous galvanizing line、略称 CGL)

6-4-2 基本計画

(1) 素 材

1) 冷延コイル用素材

(a) 板厚

現地調査の結果で示したように(表 3-2-6 参照)、エジプトでは極薄材の需要はなく、最小板厚の要求は 0.5 mm、最大板厚の要求は 3.0 mm である。2.5 mm を超える板厚について言えば日本では酸洗コイルが好んで使われる。そこで推奨する板厚範囲は下記のごとくなる。

$$0.5 \text{ mm} \leq \text{板厚} \leq 2.5 \text{ mm}$$

(b) 板 巾

現地調査の結果から(表 3-2-6 参照)エジプトでは 1,250 mm を超える広巾材の需要は殆どないことがわかっている。1,250 mm を超える広巾冷延材は普通、乗用車の外板材として用いられる。現在、エジプトでも乗用車の組立工場が何社かあるけれども、いずれの場合も生産規模が小さく外板材は全て輸入に頼っている。プレスラインの経済性を考えれば、この傾向はエジプトでは今後もしばらく続くといえる。そこで推奨する板巾範囲は下記のごとくなる。

$$610 \text{ mm} \leq \text{板巾} \leq 1,250 \text{ mm}$$

(c) 材 質

図 3-2-2 で示したように、家電製品と金属家具とが冷延製品の用途の大半を占

めている。普通、一般材 (St12) がそういった用途の殆ど全てに対して適応可能であるが、本プロジェクトでは家電製品の特殊な部品や自動車の内板の受注も狙って、絞り材 (St13) と深絞り材 (St14) の生産も考えておく。

材 質： St12
 St13
 St14

2) 溶融亜鉛めっき用素材

(a) 板 厚

現地調査の結果で示したように (表 3-2-6 参照)、最小板厚に対する要求は 0.3 mm で、最大板厚に対する要求は 1.5mm であった。最終用途とレバースミルの仕様を考えると、以下のような板厚範囲が適当と言えよう。

$$0.4\text{mm} \leq \text{板厚} \leq 1.6 \text{ mm}$$

(b) 板 巾

現地調査の結果では最大板巾に対する要求は 1,300 mm であるが、この用途は建設用波板である。エジプトでの需要に関する限り、この用途に対しては 1,250 mm 巾で十分である。そこで冷延製品と同一巾の範囲が適当と考える。

$$610 \text{ mm} \leq \text{板巾} \leq 1,250 \text{ mm}$$

(c) 材 質

現地調査の結果では、溶融亜鉛めっき製品の最大用途は建設部門である。多くの溶融亜鉛めっきコイルが波板、エキスパンドメタルあるいは軽量型鋼などに成形加工され使用される。そういった用途にはそれほど厳しい成形加工性は要求されない。したがって一般材と絞り材が生産されればじゅうぶんと言える。

材 質： St12
 St13

(d) 要約表

冷延工場の各設備の素材および製品寸法を表 6-4-1 に示す。

Table 6-4-1 Materials to be Handled in Cold Strip Mill Plant

Items	PPL	CRM	BA	TM	CGL
Entry strip	Hot rolled coil	Pickled coil	Cold rolled coil	Cold rolled coil	Cold rolled coil
- Thickness	2.0-5.0 mm	2.0-5.0 mm	0.5-2.5 mm	0.5-2.5 mm	0.4-1.6 mm
- Width	610-1,250 mm	610-1,250 mm	610-1,250 mm	610-1,250 mm	610-1,250 mm
- I. Diameter	762 mm	762 mm	610 mm	610 mm	610 mm
- O. Diameter	1,900 mm max.	1,900 mm	1,900 mm max.	1,900 mm max.	1,900 mm max.
- Weight	22 ton max.	22 ton max.	22 ton max.	22 ton max.	22 ton max.
	Pickled coil	Cold rolled coil	Cold rolled coil	Cold rolled coil	Cold rolled coil
	2.0-5.0 mm	0.4-2.5 mm	0.5-2.5 mm	0.5-2.5 mm	0.4-1.6 mm
	610-1,250 mm	610-1,250 mm	610-1,250 mm	610-1,250 mm	610-1,250 mm
	762 mm	610 mm	610 mm	610 mm	610 mm
	1,900 mm	1,900 mm	1,900 mm max.	1,900 mm max.	1,900 mm max.
	22 ton max.	22 ton max.	22 ton max.	22 ton max.	22 ton max.

(2) 冷延工場の生産能力

1) 冷延工場の稼働時間

稼働時間は下記のように想定される。

- 暦時間 : 24 時間 x 365 日 = 年間 8,760 時間
- 計画修理時間 : 年間 714 時間
- 可能稼働時間 : 年間 8,046 時間
- 実稼働率 : 85 %
- 実稼働時間 : 8,046 x 0.85 = 年間 6,839 時間

2) 必要焼鈍炉基数

(a) 生産量 : 年間 26 万 3,000 トン (実需要 x 1.07)

(b) 品種構成 :

Table 6-4-2 Annealed Product Mix

Grade	Production (ton/year)	Rate (%)
DIN 1623 - St12	197,000	75
DIN 1623 - St13	40,000	15
DIN 1623 - St14	26,000	10
Total	263,000	100

- (c) 焼鈍方法： 水素 100 % シングルスタック焼鈍炉
- (d) 炉設計容量： 4 段積み 76.8 トン (平均コイル重量 1 コイル当たり 19.2 トン)
- (e) 平均処理能力および処理時間：

Table 6-4-3 Average Outputs and Processing Times

Grade	Furnace (ton/h) outputs	Heating time (hours)	Cooling time (hours)	Charge /purge time (hours)
St12	4.2	17.5	20	2
St13	3.3	22.5	26	2
St14	2.7	27.5	26	2

- (f) 平均加熱能力： 時間 3.830 トン
- (g) 平均加熱時間： 1 装入当たり 20.5 時間
- (h) 平均冷却時間： 1 装入当たり 21.5 時間
- (i) 各ベース時間： 1 装入当たり 43.55 時間
- (j) 稼働時間：
- 暦時間 : 8,760 時間
 - 年間修理時間 : 336 時間
 - 週間修理時間 : 416 時間
 - 可能稼働時間 : 8,008 時間

(k) ベース対加熱炉比率： ベース時間／炉時間=2.172

(l) 必要生産能力：

実稼働率を 90 %と考慮して

$263,000 / 8,008 / 0.9 =$ 時間当たり 36.49 トン

(m) 必要加熱炉基数： $36.49 / 3.830 = 9.53$ ----- 10 炉

(n) 必要ベース数： $9.53 \times 2.172 = 20.7$ ----- 21 ベース

(o) 設置設備：

- 加熱炉 : 10 基

- 冷却カバー : 11 基

- ベース : 21 基

3) 冷延工場の予測生産能力

酸洗ライン、レバースミル、バッチ焼鈍炉、溶融亜鉛めっきラインの予測生産能力を表 6-4-4 にまとめて示す。

Table 6-4-4 Estimated Production Capacity of Cold Strip Mill Plant

Items	PPL	CRM	BA	TM	CGL
Production	340,000 t/y	323,000 t/y	246,000 t/y	246,000 t/y	74,000 t/y
Average strip size	30x1,000mm	Entry: 30x1,000mm Exit: 10x1,000mm	10x1,000mm	10x1,000mm	09x1,000mm
Line speed	Max. 90 mpm	Max. 1,200 mpm	(21 bases)	Max. 1,000 mpm	Max. 90 mpm
Estimated average ton/h	55 ton/hour	55 ton/hour	1.8 ton/hour per one base	100 ton/hour	15 ton/hour
Estimated capacity	55 x 6,839 = 376,000 t/y	55 x 6,839 = 376,000 t/y	1.8 x 21 x 7,207 = 272,000 t/y	100 x 6,839 = 684,000 t/y	15 x 6,839 = 103,000 t/y
Operating shifts/crews	3 shifts / 4 crews	3 shifts / 4 crews	3 shifts / 4 crews	2 shifts / 2 crews	3 shifts / 3 crews

Note: Temper mill has much surplus capacity and so it will be designed as combination mill in preparation for future shortage of cold rolling capacity.

4) 必要コイル置き場面積

必要コイル置き場面積は表 6-4-5 に示した通りである。

Table 6-4-5 Necessary Area of Coil Stock Yards of Cold Strip Mill Plant

Stock Yard	Monthly production (ton/year)	Stock days (days)	Required area per coil (ton/m ²)	Necessary area (m ²)
Entry of PPL	340,000	1	4.5	270
Entry of CRM	323,000	1	4.5	250
Entry of BAF	246,000	3	4.5	570
Entry of Temper Mill	246,000	3.5	4.5	670
Entry of RCL	241,000	2	4.5	370
RCL Stock Yard	241,000	15	2.5	3,100
Entry of CGL	71,000	6	4.5	350
CGL Stock Yard	71,000	15	2.5	960
Total				6,540

6-4-3 生産計画

- 材料の流れ及びそれぞれの処理量は、第5章の図5-1-4および図5-1-5に示してある通りである。
- 製品の歩留まりについては表6-4-6に示した通りである。
- 設備立ち上げ後の生産量推移予測は5章の表5-1-10に示した通りある。

Table 6-4-6 Cold Rolling Mill and Coil Finishing Line Yield

Equipment	Contents	Yield (%)
PPL	Yield of PPL	95.0
	Scale loss	2.0
	Side trimmer	2.5
	Crop loss	
CRM	Yield of CRM	99.0
BAF	Yield of BA	100.0
TM	Yield of TM	98.0
RCL	Yield of RCL	93.0
	Side trimmer	2.0
	Scrap	5.0
CGL	Yield of CGL	96.0
	Scrap	7.0

Note : CGL yield includes "coated zinc weight".

6-4-4 プロセスと設備

冷延工場の配置図は図6-4-1に示す通りである。
板巾1,250 mmの冷延工場がコンパクトに配置されている。

(1) 酸洗ライン

このラインは下記のような設備諸元に基づいて機能する。

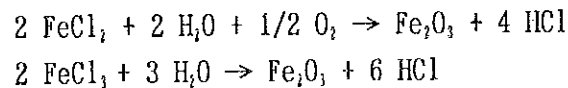
生産量 : 年間37万6,000トン
 型式 : プッシュプルタイプ
 素材 : 熱延低炭素鋼
 ラインスピード : 毎分10~90 m (DC可変速)

板 厚	: 2.0~5.0 mm
板 巾	: 610~1,250 mm
酸洗溶液	: 塩酸 18 重量パーセント

(2) 塩酸回収設備

型式： スプレーロースタ方式

この設備は、濃縮塩酸溶液の処理を行うとともに塩化鉄の熱分解を行って酸化鉄を生成する。酸洗処理工程から発生した廃酸は、ベンチュリスクラバタイプの予濃縮器により濃縮される。濃縮された廃酸溶液はロースタの頂上で霧化された後、加熱ガスの中を通過して落下する。この溶液は蒸発しその後下記のような反応を起こす。



(3) 冷間圧延機

冷間圧延機は下記のようなライン諸元にしたがって酸洗後の低炭素鋼の圧延を行う。

生産量	: 年産 37 万 6,000 トン
型 式	: シングルスタンドレバーシングミル
素 材	: 酸洗後の熱延低炭素鋼
圧延速度	: 毎分 0~450/1,200 m
圧 下	: 油圧圧下
板 圧	: 2.0~5.0 mm (入側) 0.4~2.5 mm (出側)
板 巾	: 610~1,250 mm

油圧圧下ロール位置制御装置が圧延のためのロールギャップを制御し、手動でも自動でも目標とする板圧が得られる。

上下ワークロールを一式同時に交換する装置が備わっている。ワークロールの交換は自動で行われるが、バックアップロールの交換は手動で行う必要がある。

(4) バッチ焼鈍炉

年産 27 万 2,000 トンの冷延鋼板を処理するための 100 %水素焼鈍炉設備が計画されている。

生産量	: 年間 27 万 2,000 トン
型式	: 100 %水素シングルスタック焼鈍炉
素材	: 冷間圧延低炭素鋼
加熱炉数	: 10 基
冷却カバー数	: 11 基
ベース数	: 21 基
板厚	: 0.4~2.5 mm
板巾	: 610~1,250 mm

レバースミルで冷間圧延され硬くなったストリップは、成形加工とか絞り加工とかには適していない。適度な延性、降伏点伸び、柔らかさ、絞り加工性を持たせるために、コイルは加熱炉の中で 620~730℃の温度で熱処理され、その後冷却カバーの中で 100℃程度まで冷却される。

(5) テンパーミル

テンパーミルは常温でストリップに 0.5~2.0%程度の伸びを与え、品質を改善するために設けられる。

このテンパーミルは将来、冷延製品の需要が著しく伸び、レバースミル能力が不足したとき冷間圧延能力を補えるようコンビネーションミルとして設計されている。

生産能力	: 年産 68 万トン (調質圧延のみの時)
型式	: 4-Hi コンビネーションミル (ウエット圧延)
素材	: 焼鈍後の冷間圧延低炭素鋼
圧延速度	: 毎分 1,000 m
板巾	: 0.4~2.5 mm
板厚	: 610~1,250 mm

レバースミルとテンパーミルのロールおよび軸受の保守管理は、ロールショップで行われる。

ロールショップは下記のような区分で構成される。

- 研磨・洗滌場
- 組立場
- ロールグラインダ
- ショットブラストマシン

(6) 溶融亜鉛めっきライン

このラインは3つのセクションと2つの横型ルーバーから成り立っている。
すなわち、

- 入側セクション
- 入側ルーバ
- 中央プロセスセクション
- 出側ルーバ
- 出側セクション

2つのルーバ（入側および出側）は、入側および出側セクションでコイルを装入および抽出している間、プロセスセクションのライン速度を一定に保つために使われる。

プロセスセクションは、洗滌設備、炉設備、溶融亜鉛めっき機および化成処理設備より構成される。

生産量	: 年産 10 万トン
型式	: 横型無酸化炉
素材	: 冷間圧延低炭素鋼
ライン速度	: 最大毎分 90 m
板厚	: 0.4~1.6 mm
板巾	: 610~1,250 mm

ストリップ洗滌設備は、冷間圧延機を通ったストリップ上の残留物を確実に完全除去するために必要とする全ての設備を含んでいる。

炉設備は無酸化炉、均熱ゾーン、冷却ゾーンから成り、ストリップは適度の延性、降伏点伸び、柔らかさおよび絞り性を得るために炉内で 620~730℃の温度で熱処理される。

溶融亜鉛めっき機は、誘導加熱亜鉛釜、気体絞り装置および冷却ゾーンからなる。焼鈍炉から出てきたストリップが、溶融亜鉛釜に入り溶融亜鉛釜を通り抜けた後、ストリップ表面の溶融亜鉛はその表面に吹き付ける常温の圧縮空気により払拭される。亜鉛付着量は、ライン速度に応じて付着量計からのフィードバックにより自動制御される。

溶融めっき機の後方にはテンパーミルとテンションレベラとがあり、機械的性質と

ストリップの形状とを制御している。この後方には横型のスプレーヘッドタイプの化成処理設備がある。

(7) リコイルライン

有害な欠陥の除去、オーダ重量に対するコイル分割、あるいはまた耳カットのためにリコイルライン1基が設けられる。

生産量 : 年産 30 万トン
 ライン速度 : 最大毎分 300 m
 素材 : 焼鈍後の冷間圧延低炭素鋼または溶融亜鉛めっき鋼板
 板厚 : 0.4~2.5 mm
 板巾 : 610~1,250 mm

6-4-5 組織および要員

冷延工場に必要な組織と要員は表 6-4-7 に示す通りである。

Table 6-4-7 Cold Strip Mill Organization and Personnel

Equipment	Section Mmanager	Asst. Section Manager	Engineer	Foreman	Asst. Foreman	Worker
Pickling line	1	CPL & Rolling 1	2	1 x 1	1 x 4	6 x 4
Cold rolling mill				1 x 1	1 x 4	4 x 4
Temper mill				1 x 1	1 x 2	4 x 2
Roll shop					1 x 4	4 x 4
(Sub total)		(1)	(2)	(3)	(14)	(64)
Batch annealing		Cold coil finishing 1	2	1 x 1	1 x 4	4 x 4
Galvanizing line				1 x 1	1 x 3	6 x 3
Recoiling line				1 x 1	1 x 4	3 x 4
Crane & Coil yard				1 x 1	1 x 4	9 x 4
Waste w. treatment						
(Sub total)		(1)	(2)	(4)	(15)	(86)
Total	1	2	4	7	29	150
Grand total	193					

6-4-6 図面および機器リスト

(1) 図 面

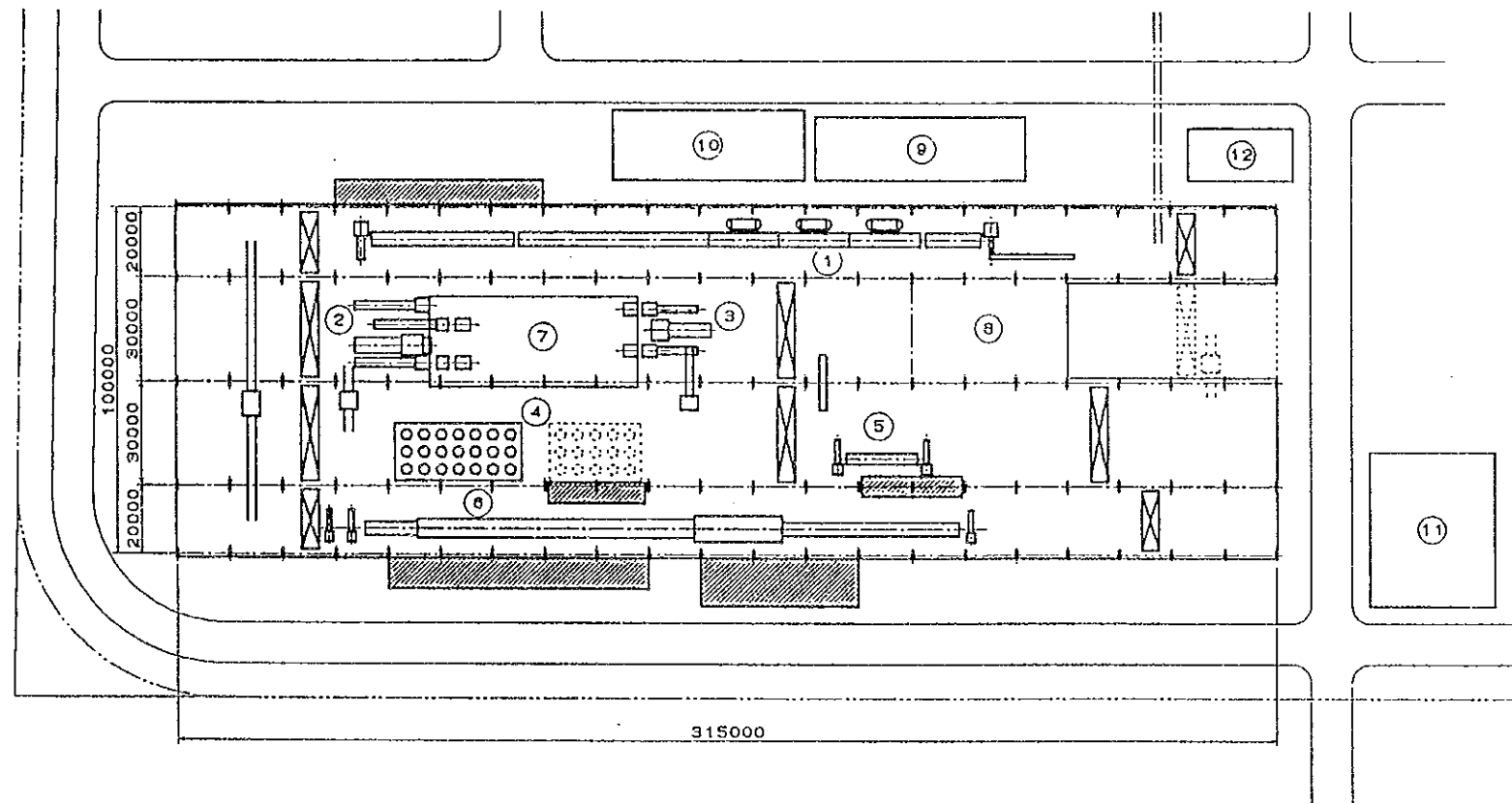
図 6-4-1 冷延工場配置図

以下、附属資料 6A-4-2～6A-4-7 を参照のこと。

- 図 6-4-2 プッシュプルライン構成図
- 図 6-4-3 レバーミル構成図
- 図 6-4-4 シングルスタック焼鈍炉構成図
- 図 6-4-5 テンパーミル構成図
- 図 6-4-6 溶融亜鉛めっきライン構成図
- 図 6-4-7 リコイルライン構成図

(2) 機器リスト

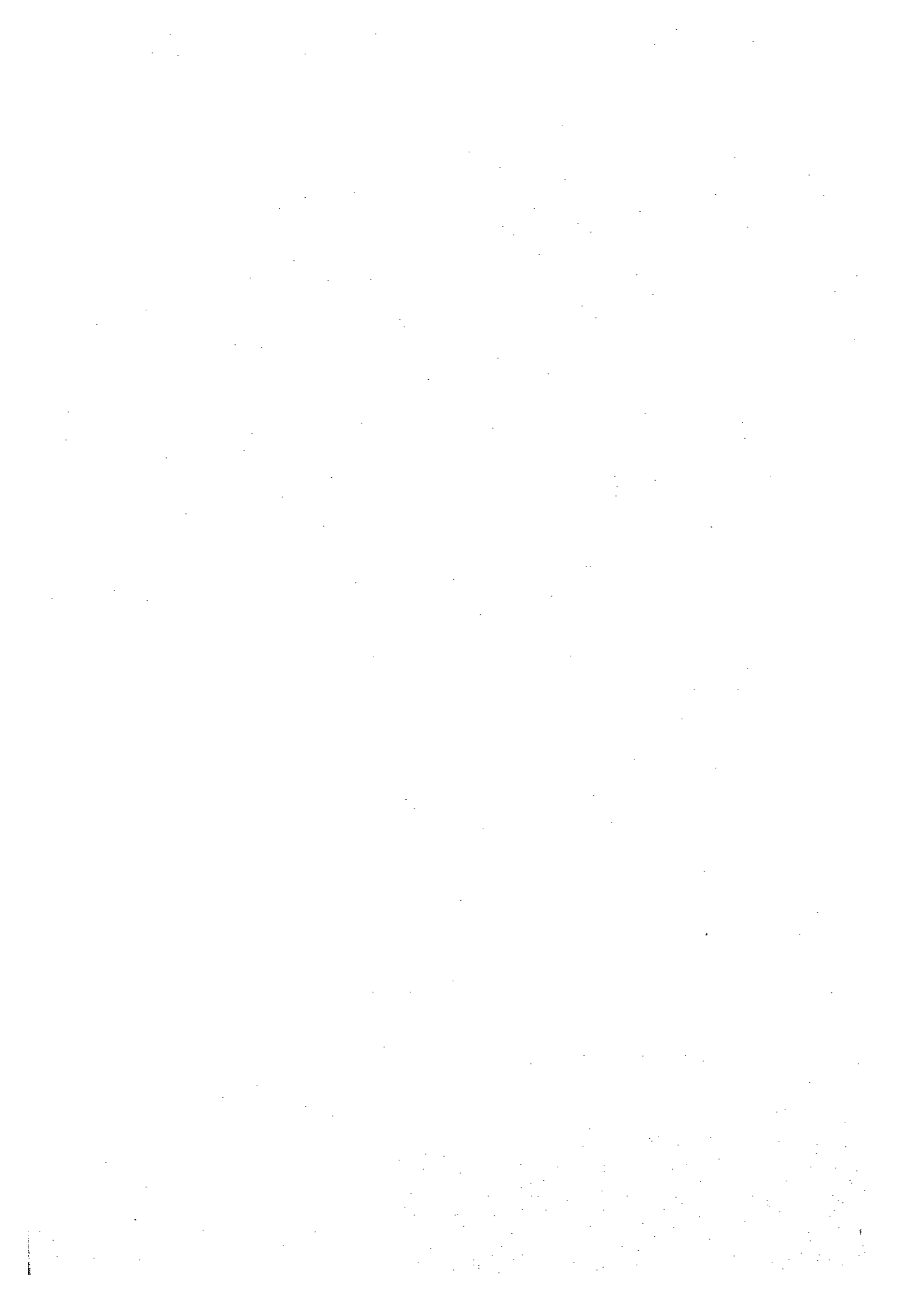
附属資料 6A-4-1 を参照のこと。



NO	EQUIPMENT
①	PICKLING LINE
②	REVERSING MILL
③	TEMPER MILL
④	BATCH ANNEALING FURNACE
⑤	RECOILING LINE
⑥	HOT DIP GALVANIZING LINE
⑦	MOTOR ROOM
⑧	ROLL SHOP
⑨	ACID REGENERATION PLANT
⑩	UTILITY PLANT
⑪	WATER TREATMENT
⑫	CRM OFFICE

Figure 6-4-1 General Layout of Cold Rolling Mill

FLAT PRODUCT PROJECT OF EGYPT			
TITLE	CRM GENERAL LAYOUT		
DWG NO. EFP-CRM-001			
DATE	JUL.31.1997	SCALE	1/1000



6-5 石灰焼成工場

6-5-1 概要

この石灰焼成工場は、製鋼工場で使用される焼石灰を供給するために建設されるものである。焼石灰は非常に活性度の高い物質であり、空気中の水分との接触により化学変化をおこし水酸化カルシウムへと変化しやすく、電気炉でのスラグ化に問題をきたす。このため石灰焼成工場は、必要に応じて必要量の焼石灰を供給できることが重要であることから、製鋼工場に近接して設置される。

6-5-2 基本計画

- 年間生産量 : 52,800 トン (330 日/年 x 24 時間/日稼働)
- 日産生産量 : 平均 1,600 トン/日 (1 日 24 時間稼働)
- 時間生産量 : 平均 6.67 トン/時
- 製品の品質
 - 残留 CO₂ : 最大 3 %
 - 反応性 : 最小 350 ミリリットル
(4N-HCl、50 g、10 min)
 - サイズ : 40 - 5 mm
- 石灰石サイズ : 50 - 20 mm
- 燃料の種類 : 天然ガス

6-5-3 生産計画

(1) 生産

製鋼工場での焼石灰の年間必要量は、2005 年は 24,000 トン、それ以降は 40,000 トンと予想される。2006 年以降は、石灰焼成工場の生産能力である年間 52,800 トンを生産することになるが、その余剰分は国内のマーケットへ販売することになるであろう。

(2) 主原料 (石灰石)

エジプト国内で豊富に生産される石灰石を、この石灰焼成工場用の主原料として用いる予定である。主原料の使用量は、製品 (焼石灰) 1 トン当たり 2.0 トンが必要である。また石灰石の粉率は、約 10 %程度となるものと推定される。

(3) ユーティリティ原単位

石灰焼成工場の各種ユーティリティ原単位は、プラント稼働後以下のように推定される。

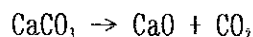
- 電気	: 50 kWh/t
- 天然ガス	: 100 Nm ³ /t
- 冷却水	: 0.02 m ³ /t
- 圧縮空気	: 55 Nm ³ /t

6-5-4 プロセスと設備

石灰焼成工場の主原料である石灰石は、屋外の石灰石貯蔵場に保管され、ここからダンプトラックで石灰石受入ホッパまで運搬される。受入ホッパからは、コンベアで石灰石貯蔵ビンにまで運ばれここで一旦貯蔵される。この石灰石貯蔵ビンの貯蔵用量は約3日間の必要量分をもたせている。

貯蔵ビンから排出された石灰石は、スクリーンによってふるわれ20 mmメッシュ以下の物が除去された後、石灰焼成炉の炉頂部計量ホッパへ装入される。

石灰石は石灰焼成炉内で加熱されて、焼成された後冷却される。焼成炉内で加熱された石灰石は、以下に示す化学反応式により焼石灰へと変化する。



石灰焼成炉は2つの焼成炉より構成されており、片側の焼成炉で焼成作業を行っている時は、他方の焼成炉ではその排ガスを利用して蓄熱作業を行うようになっており、これらの焼成作業と蓄熱作業が交互に行われ高い熱効率が得られる構造を採用している。焼成作業と蓄熱作業の切り替え周期は約120回/日である。焼成炉は上部から、加熱帯、焼成帯、冷却帯に分けられる。石灰石は、焼成炉内で下方に下がるにつれ上述の化学反応式により焼石灰へと変化する。

その他補助設備の大きなものとしては、燃焼エア用ブロア、天然ガス燃焼設備、油圧機器、ダスト集塵設備等々がある。

焼成炉から排出された焼石灰は、コンベアに乗った後計量されて製品スクリーンの位置まで搬送される。このスクリーンで焼石灰は、40 mm以上のサイズと5 mm以下のサイズにふるわれる。40 mmを越える塊はジョークラッシャによって粉砕された後、製

品スクリーンに返送されて再度ふるわれる。5 mm 以下の粉は、ブリケッティングマシンによって固められた後製品貯蔵庫に直接搬送される。5 mm から 40 mm の間のサイズの焼石灰は、そのまま直接ベルトコンベアによって製品貯蔵庫に搬送される。

製品貯蔵庫から振動フィーダによって排出された焼石灰は、計量された後ベルトコンベアによって製鋼工場へと送られる。

ダスト集塵設備は、ダストが発生し易い主原料搬送ライン、石灰焼成炉、製品搬送ラインにおいて最も集塵が効率的に行える位置に設置されている。ダスト集塵設備によって集められた製品ダストは、ブリケッティングマシンによって固められた後製品貯蔵庫へおくられる。

6-5-5 組織および要員

石灰焼成工場の組織と要員を、表 6-5-1 に示す。

Table 6-5-1 Lime Calcining Plant Organization and Personnel

SM	ASM	Engineer	Foreman	A.Foreman	Worker	Remarks
	1	1	1 x 4	1 x 4	3 x 4	Shift Crew
				1 x 1	4 x 1	Day Crew
	1	1	4	5	16	Total 27

6-5-6 図面および機器リスト

(1) 石灰焼成工場配置図

図 6-5-1 参照。

(2) 機器リスト

付属資料 6A-5-1 参照。

(3) 図 面

付属資料 6A-5-2 参照。

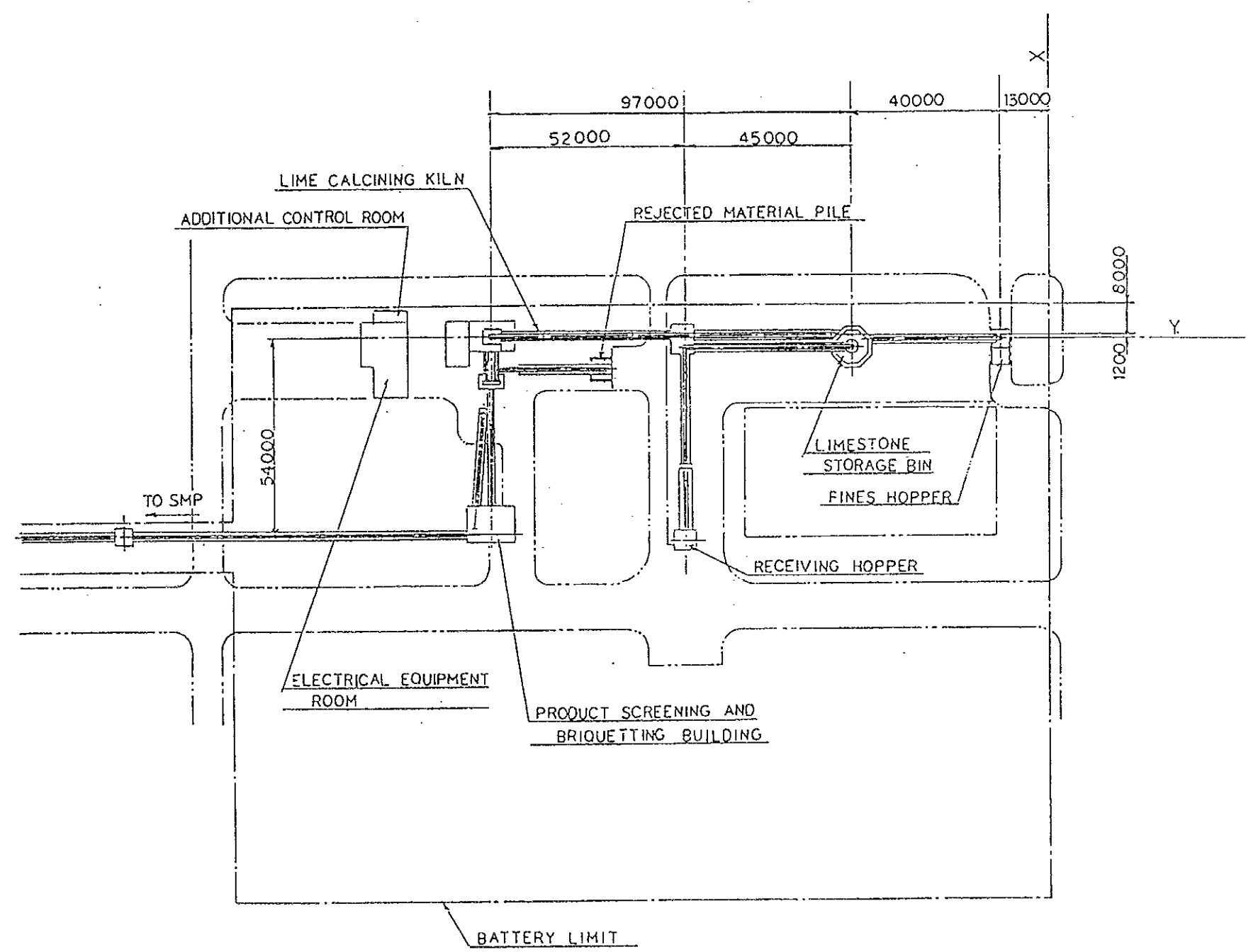
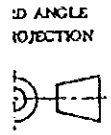


Figure 6-5-1 General Layout of Lime Calcining Plant

FG-010-003ECT(1) 8906

		KOBE STEEL, LTD. ENGINEERING & MACHINERY DIVISION	
<small>THE DRAWING(S) AND THE INFORMATION CONTAINED HEREIN ARE THE PROPERTY OF KOBE STEEL, LTD. THEY SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE PRIOR WRITTEN CONSENT OF KOBE STEEL, LTD.</small>			
TITLE <h2 style="text-align: center;">LIME CALCINING PLANT GENERAL LAYOUT (PLAN)</h2>			
JOB NO.	AREA	DRAWING NO.	REV.
		D 6-51	◇

		19	/	/	/	/	/	/	SCALE 1/1000
		19	/	/	/	/	/	/	ISSUED BY
		19	/	/	/	/	/	/	
		19	/	/	/	/	/	/	O. NO.
		1977	H. M.	/	/	/	/	/	T. NO.
REV. NO.	REVISION NOTE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	REVIEWED			2-	
ENGINEERING DEPARTMENT									

