ケ所で実施されている。本プロジェクトで必要とする品質，量の調達にはなんら問題はない。

注）本スタディでは新設工場内に焼成プラントを併設し，石灰石を購入して構内焼成を実施することになっている。一方同じアレキサンドリア地区にある The Egyptian Copper Works は，至近距離から生石灰を工場着渡し，トン当り 11 エジプトポンド（15.7 US$／t）で調達している，焼成工場には，なおかなりの余力があり，当プロジェクトへの供給は十分可能であるとの情報もある。

5.3.5　コークブリーズ

コークスは，Helwan にあるプラントで製造されており，隣接する製鉄所へ供給されている。国内平電炉メーカーはブリーズを同プラントから調達しており，本プロジェクトも所要量を同様なる条件で調達可能とした。

5.3.6　アルミニウム

エジプトにおけるアルミ精錬は，The Alminium Company of Egypt で行なわれており，アルミナはオーストラリアから輸入している。

同社は，国内唯一のメーカーでありその製品は，大半が輸出され一部が国内加工メーカーに販売されている。

本プロジェクトの所要量の年間 400 トンは，量的には小さいものであり，国内調達についてはなんら問題がない。調達先としては前記精錬メーカーか，有力加工業者になろう。

5.4　電　極

本プロジェクトで採用する電極UHP 20 の需給は，世界的にタイトであり，特にヨーロッパにおいてその傾向が強い。しかしながら日本，アメリカ，西独に供給余力があり，必要量は充分調達可能である。価格は，生産コストのみではなくその需給関係に大きく左右される傾向がある。現在の価格レベルは，トン当りFOB価格 US$ 2,200 前後，これは 12 ケ月前に比較して約 US$ 1,000 高いが，生産コストを考えると現在が正常レベルとみるべきである。

一般的には，調達ソースとして 2，3 ケ国を選定することが，リスク分散および需給の現状から必要である。

本スタディでは，調達業務を円滑に進めることに主眼を置き，成約，船積が確実に行なわれる日本品の比率を約 80 %とした。

5.5 所要原料の価格および需給

本スタディにて採用した原料価格を表5.5－1に示す。また生産計画にもとずき算出した購入量，消費量，在庫量を表5.5－2に示す。

表5.5－1　原料価格

（単位：US$／MT）

品目		輸入国内別	価格		
			CIF	トランスポーテーションコスト	計
鉄鉱石	ペレット（CVRD）	輸入	37.29		
	ペレット（LKAB）	輸入	35.21		
	塊鉱（ハマスレー）	輸入	25.64		
スクラップ		輸入	143.00		
フェロシリコン		国内	—	—	492.00
フェロマンガン		輸入	426.00	18.20	444.20
螢石		輸入	228.00	18.20	246.20
石灰石		国内	—	—	2.90
コークブリーズ		国内	112.20（工場渡し）	8.60	120.80
アルミニウム		国内	1,300.00（工場渡し）	8.60	1,308.60
電極		輸入	2,361.00	18.20	2,379.20

表5.5－2　年度別購入量・消費量・在庫量

（単位：MT）

年度 / 品目	0	1			2			3			4		
	購入（在庫）	購入	消費	在庫	購入	消費	在庫	購入	消費	在庫	購入	消費	在庫
鉄鉱石	80,000	562,900	477,900	165,000	994,700	989,700	170,000	1,029,800	1,024,800	175,000	1,027,000	1,027,000	175,000
（ペレット）	80,000	562,900	477,900	165,000	994,700	989,700	170,000	723,100	768,100	125,000	719,000	719,000	125,000
（塊鉱）	—	—	—	—	—	—	—	306,700	256,700	50,000	308,000	308,000	50,000
スクラップ	50,000	68,400	86,200	32,200	133,800	128,600	37,400	149,500	149,500	37,400	149,500	149,500	37,400
フェロシリコン	160	2,122	1,962	320	3,868	3,848	340	4,050	4,050	340	4,050	4,050	340
フェロマンガン	600	2,903	2,353	1,150	4,688	4,618	1,220	4,860	4,860	1,220	4,860	4,860	1,220
螢石	260	1,026	786	500	1,580	1,540	540	1,620	1,620	540	1,620	1,620	540
石灰石	2,700	67,378	65,078	5,000	127,680	127,680	5,000	135,000	135,000	5,000	135,000	135,000	5,000
コークブリーズ	130	1,700	1,570	260	3,089	3,079	270	3,240	3,240	270	3,240	3,240	270
アルミニウム	15	194	177	32	386	383	35	410	410	35	410	410	35
電極	490	2,432	1,960	962	3,886	3,848	1,000	4,050	4,050	1,000	4,050	4,050	1,000

第6章　製鉄所設備計画

6.1　立地条件

6.1.1　立地条件

製鉄所の立地条件が製品コストに及ぼす影響は非常に大きい。したがって建設用地の選定に際しては，製品コストに及ぼす要因を総合的に検討し，決定しなければならない。

特に主原料を海外に依存する製鉄所にとって，これらの材料を受け入れることのできる港湾施設を確保することが，第一の条件となる。

次に製鉄所は広大な用地と重量構築物を支持することのできる良好な地盤を必要とする。

第三には水，電力，燃料などが安定供給でき，かつ安価であることが要求される。

このほか，道路，鉄道などの陸上交通の便，労働力の供給能力，消費地との関連，居住環境なども立地に際しての重要な要因である。

本プロジェクトが実施される予定のエルディケイラは地中海沿岸にあり，人口３００万人を擁するアレキサンドリア市からは西方約１５kmに位置する。

エルディケイラ地区は，エジプト国における工業化計画の拠点となる場所であり，既に実施された調査により，製鉄所の建設地としても最適地であるとの結論が得られている。サイトが具備している立地条件の主なものは下記のとおりである。

1）ディケイラ湾に建設される港湾施設により，原料等を受け入れることができる。

2）サイトの北方約４５kmの Abu Qir 沖に産出する天然ガスを主燃料として利用できる。

3）ナイル川の支流に近く，十分な水量を確保できる。

4）土質条件が良好であり，また無震地帯に属しているため，重量構造物の建設が容易である。

5）気候温和で居住環境が良好である。

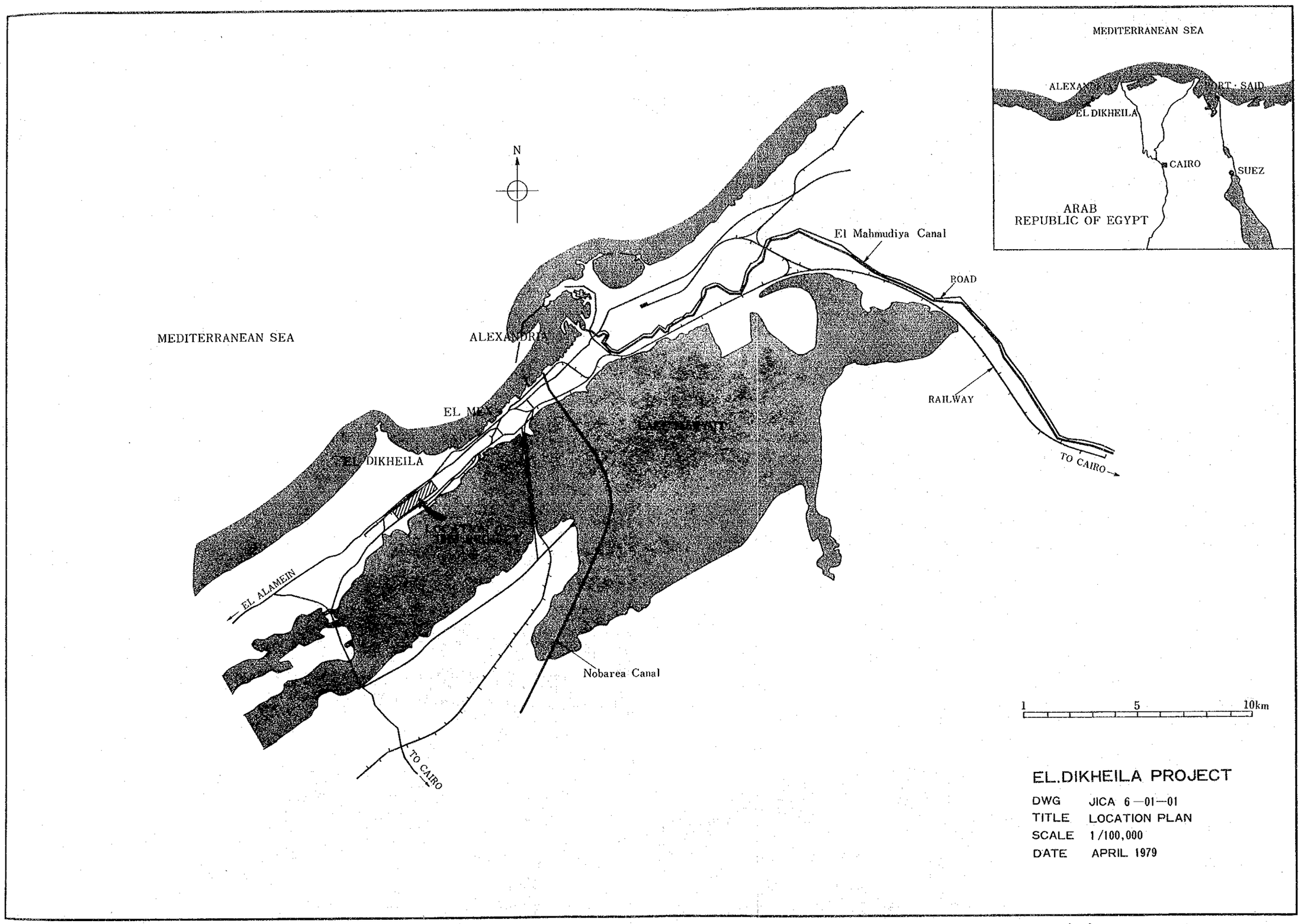
6）アレキサンドリアに近く，労働力の確保が容易であり，又専用の居住施設の建設が不要である。

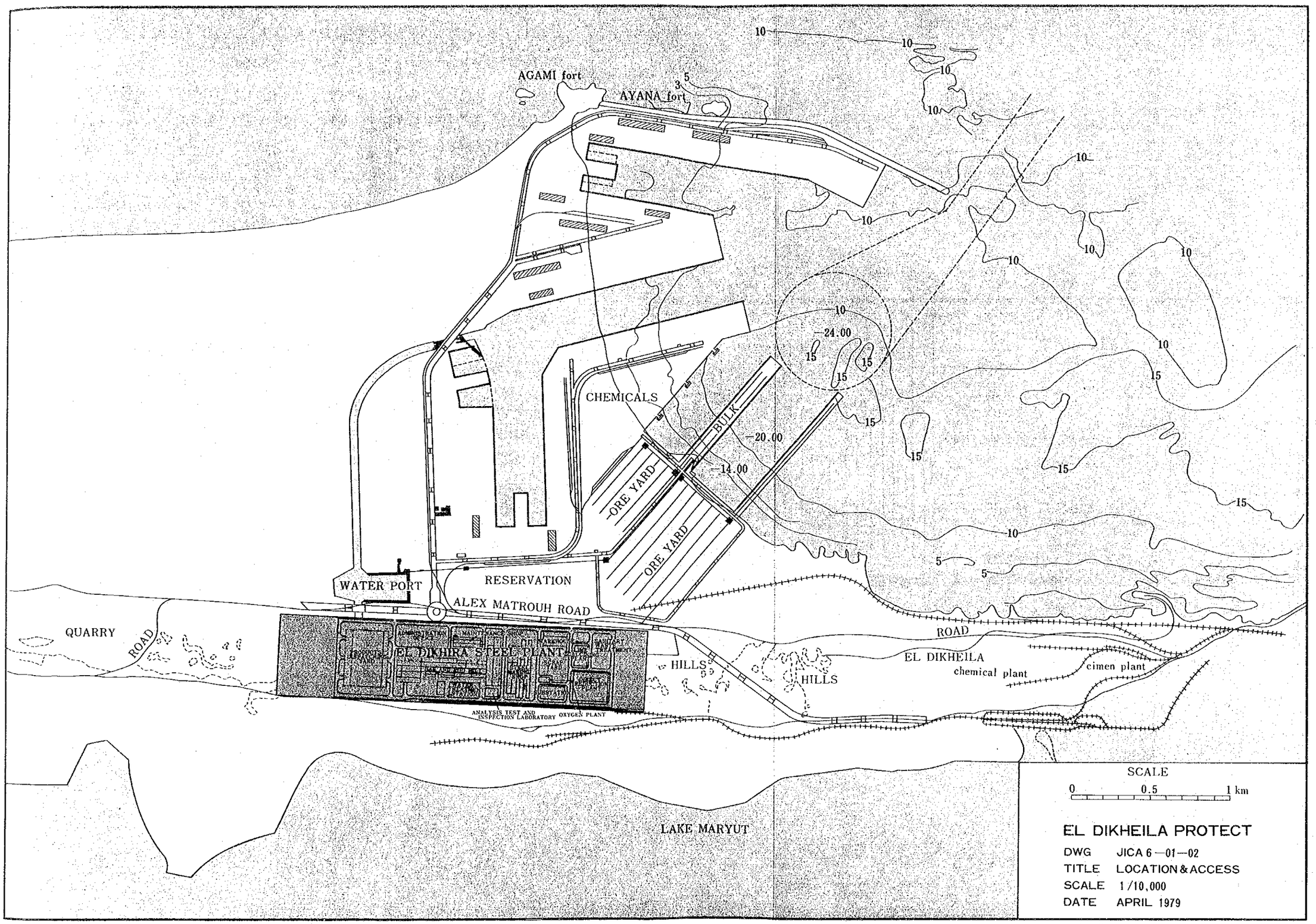
7）鉄鋼製品の消費地に近く，既存の道路，鉄道との接続も容易である。

サイトの位置図を D.W.G No. 6－01－01 に示す。

6.1.2　地形及地質

ディケイラ地区は地中海がディケイラ湾を形成する海岸線と，Maryut 湖間にあり，東西に細長く横たわっている。ディケイラ地区のほゞ中央には Alexandria～Merusa Matrouh 道路が縦貫しており，この道路を境界に地形，地質ともかなり異なる。


MEDITERRANEAN SEA
ALEXANDRIA
PORT SAID
EL DIKHEILA
CAIRO
SUEZ
ARAB
REPUBLIC OF EGYPT
N
El Mahmudiya Canal
ROAD
MEDITERRANEAN SEA
ALEXANDRIA
EL MEX
EL DIKHEILA
RAILWAY
TO CAIRO
EL ALAMEIN
Nobarea Canal
TO CAIRO
1
5
10km
EL.DIKHEILA PROJECT
DWG JICA 6—01—01
TITLE LOCATION PLAN
SCALE 1/100,000
DATE APRIL 1979


AGAMI fort
AYANA fort
CHEMICALS
BULK
ORE YARD
ORE YARD
WATER PORT
RESERVATION
ALEX MATROUH ROAD
QUARRY
ROAD
EL DIKHIRA STEEL PLANT
HILLS
HILLS
EL DIKHEILA
chemical plant
cimen plant
ROAD
ANALYSIS TEST AND INSPECTION LABORATORY
OXYGEN PLANT
LAKE MARYUT
SCALE
0 0.5 1 km
EL DIKHEILA PROTECT
DWG JICA 6—01—02
TITLE LOCATION & ACCESS
SCALE 1/10,000
DATE APRIL 1979

北側地区は地盤もM.S.L（Mean Sea Level）＋1.0 mと低く，平坦であり，地表面はシルト，又はシルティクレイ等の海成土砂が堆積している。この地区には港湾施設及び原料ヤードの建設が計画されている。

南側地区の，道路～湖間には石灰岩が露出し，ひとつの山なみをなしており，Abu. Sir. ridge とも呼ばれている。この地区は長期にわたる石灰岩の無秩序な採掘の結果，非常に起伏が激しく地盤高もM.S.L＋2.0 m～M.S.L＋30.0 m の範囲に及んでいる。製鉄所は，この南側地区を整地，造成して建設される予定であるが，整地工事には大量の土砂の移動と，土砂の捨場が必要となるであろう。

こゝの基盤を構成する石灰岩は１２～４０Kg／cmの圧縮強度を有しており，重量構造物の支持地盤として十分期待できる。石灰石の採掘屑によって緩く埋戻された地盤は支持力も小さく，圧縮性も高いと思われるので基礎の構築に際しては十分注意しなければならない。室内試験によれば締め固め後の平均変形係数（modulus of deformation）は E＝２５０Kg／cmである。したがってこのような地盤に対しては，締め固めあるいは置換えなどの対策を講ずることによって重量構造物の建設が可能である。

6.1.3 気　　象

ディケイラ地区における気象データーを表6.1.3－1～表6.1.3－7に示す。データーはエジプト気象庁のディケイラ地区（北緯31°08′，東緯29°48′，地盤高0.9 m）における観測結果である。

このデーターからもわかるようにこの地区は年間を通じて降雨量が少く，平均気温も１３℃～２６℃の間にある。建物の設計あるいは港の稼動に影響を及ぼすと思われる強風の出現頻度も少く，風速１５m／sec 以上について見ても年間に１～２回程度であり，気候には恵まれた地域であるといえる。

Table 6.1.3-1 Frequency of wind direction in Dikheila

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period
No wind	1.1	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7	0.4	0.3	0.7	0.9	1.9	1.3	1958 ∿ 1970
Variance	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	"
Wind direction													
345° ∿ 14°	7.4	12.8	1.33	20.8	24.8	31.2	44.7	43.6	40.1	21.4	16.5	9.0	"
15° ∿ 44°	4.8	8.9	9.5	13.3	18.1	13.8	7.3	11.7	19.8	18.7	17.5	6.0	"
45° ∿ 74°	3.0	5.9	6.7	9.4	9.5	6.4	1.0	1.8	5.5	13.8	14.2	5.2	"
75° ∿ 104°	3.0	5.5	5.3	6.5	4.4	2.5	0.2	0.4	1.2	6.4	7.3	6.1	"
105° ∿ 134°	4.8	5.4	6.9	7.4	5.1	2.7	0.1	0.2	1.2	5.6	5.1	6.2	"
135° ∿ 164°	5.9	6.5	6.3	6.8	5.3	2.7	0.3	0.3	1.3	5.5	3.2	8.1	"
165° ∿ 194°	7.0	6.2	4.7	3.5	2.4	1.6	0.3	0.2	1.7	4.5	4.2	6.5	"
195° ∿ 224°	9.3	6.6	4.2	2.0	1.2	1.0	0.4	0.8	1.6	3.4	5.0	11.3	"
225° ∿ 254°	15.1	8.3	4.3	1.6	1.2	0.9	0.7	0.7	1.2	2.5	5.5	15.7	"
255° ∿ 284°	14.8	8.4	6.8	3.1	2.3	1.7	1.3	0.9	1.2	2.3	3.9	10.1	"
285° ∿ 314°	12.1	9.8	12.3	8.9	7.2	8.6	10.7	6.6	5.1	3.6	5.3	6.2	"
315° ∿ 344°	11.6	14.9	18.7	15.9	17.7	26.1	32.6	32.5	19.3	11.3	10.2	8.1	"

Table 6.1.3-2 Frequency of wind velocity in Dikheila

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period
Wind velocity													
1 ∿ 3 knots	17.0	17.3	10.9	11.0	14.4	11.8	8.7	11.6	15.0	20.6	23.2	20.1	1958 ∿ 1970
4 ∿ 6	21.7	22.9	17.4	18.4	21.6	18.7	16.7	19.4	22.2	24.3	24.7	22.6	"
7 ∿ 10	27.8	27.4	31.5	37.0	36.4	39.1	41.6	42.4	39.9	35.7	30.4	26.9	"
11 ∿ 16	22.6	23.5	29.5	29.6	24.9	28.5	31.0	24.9	21.4	17.8	16.8	21.2	"
17 ∿ 21	6.6	5.3	7.4	2.9	1.8	1.2	1.6	1.4	0.8	0.7	2.2	5.3	"
22 ∿ 27	2.8	2.4	2.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.3	"
28 ∿ 33	0.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	"
34 ∿	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	"
Average wind velocity (knots)	8.8	8.7	9.7	9.0	8.0	8.6	9.0	8.5	7.7	7.0	7.1	8.3	1957 ∿ 1970
Max. wind velocity (knots)	57	66	57	46	48	43	33	31	44	51	56	52	1958 ∿ 1970

Table 6.1.3-3 Atmospheric pressure in Dikheila

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period
Average atmospheric pressure (mbs)	1017.4	1017.9	1015.3	1013.8	1013.3	1011.9	1009.1	1009.3	1012.9	1015.6	1017.5	1017.4	1957 ∿ 1970
Max. atmospheric pressure (mbs)	1031.4	1031.1	1026.8	1024.6	1022.9	1019.6	1015.0	1016.2	1021.8	1024.0	1029.1	1028.5	"
Min. atmospheric pressure (mbs)	998.2	1000.9	995.3	995.6	1000.9	1002.2	1002.4	1003.7	1002.0	1002.8	1001.5	997.7	"

Note: Values are modified on the basis of M.S.L. (mean seal level)

Table 6.1.3-4 Atmospheric temperature in Dikheila

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period
Average max. atmospheric temperature (°C)	18.0	18.5	20.9	23.2	25.3	27.9	28.9	29.7	28.7	26.8	23.6	20.2	1957 ∿ 1970
Average min. atmospheric temperature (°C)	9.5	10.2	12.0	14.2	16.9	20.8	22.6	23.4	22.0	18.6	15.5	11.1	"
Average temperature (°C)	13.6	14.4	16.1	18.3	21.9	24.1	25.7	26.4	25.2	22.7	19.7	15.5	"
Max. temp. (°C)	28.1	35.6	39.7	43.4	42.4	45.6	37.1	39.7	39.8	35.4	37.3	28.0	"
Min. temp. (°C)	3.5	5.6	6.1	7.2	11.0	13.9	17.4	17.0	15.4	11.1	8.2	4.2	"

Table 6.1.3-5 Humidity in Dikheila

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period
Average relative humidity (%)	66	65	61	63	67	70	71	70	66	67	68	65	1957 ∿ 1970
Max. relative humidity (%)	100	100	98	100	100	96	99	97	100	100	100	100	1961 ∿ 1970
Min. relative humidity (%)	5	11	3	8	6	11	39	16	24	22	18	9	"

Table 6.1.3.6 Rainfall in Dikheila

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period
Average rainfall/month (mms)	58.0	24.8	10.7	1.7	1.6	0.0	0.0	0.0	2.0	15.2	24.9	40.3	1957 ∿ 1970
Max. rainfall/day (mms)	40.2	41.4	14.7	7.3	17.9	0.0	0.0	0.0	21.6	38.2	42.8	63.3	"

Table 6.1.3-7 Average abnormal weather days in Dikheila

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Period
Rainy day (rainfall of more than 0.1mm)	10.8	6.4	4.4	1.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	3.6	4.6	6.6	1957 ∿ 1970
Cloud of dust (visibility of more than 1000m)	0.5	0.7	1.6	1.3	1.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	1.6	"
Sandstorm (visibility of less than 1000m)	0.4	0.3	0.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	"
Fog (visibility of more than 1000m	0.4	0.7	0.4	0.8	0.9	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	1.5	1.1	"
Fog (visibility of less than 1000m)	0.8	0.6	0.1	0.6	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.7	1.1	1.4	"
Strong wind (wind velocity of more than 34 knots)	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	"
Thunderstorm	1.0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	0.6	0.7	"

Note: 1 knot = 1.85 km/hr.

6.1.4 アクセス

1) 港湾設備

ディケイラ湾には160,000D.W.T級の鉱石船が接岸することのできるミネラルジェッテイ（水深19m×延長400m）が建設される予定で，鉄鉱石（あるいはオキサイドペレット）は，こゝで荷役されたのち，原料ヤードにストックされる。原料ヤードと製鉄所はコンベヤによって接続される。

ミネラルジェッテイからは輸入スクラップ，耐火レンガ，合金鉄等の副原料，資材も荷役される。

2) 道路および鉄道

Aixandria ～ Mersa Matrouh 道路は構内道路と接続されることにより，副原料ならびに製品の輸送路，労働者の通勤路として活用される。またディケイラ新港までのアクセス道路が港湾施設の一部として建設される。

構内鉄道はMaryut湖に沿って敷設されている既設鉄道と接続することによって，エジプト国内におけるすべての鉄道との接続が可能になる。鉄道は主として製品輸送に使用される。

D.W.G No. 6－01－02に港湾並びに周辺交通計画の関連図を示す。

6.1.5 土地造成

製鉄所の建設に必要な敷地の面積は100万m²（500m×2,000m）である。建設予定地は周辺より地盤が高く，また石灰石の採掘により起伏が激しいため，建設工事に先立ち土地造成が必要である。

土地造成計画は次の前提条件にもとずいて行った。

(1) 工場地盤高は製鉄所として十分機能が発揮し得る高さであること。

(2) 土地造成計画に当ってはI.M.Cが1978年に作成した測量図によった。

(3) 工場内の道路及鉄道と接続が予定されている周辺の道路はM.S.L＋7.0m付近に，また鉄道はM.S.L＋5.0m付近に設置される。

(4) 土地造成工事に伴い，発生する余剰土は工場敷地外に搬出し，工事開始時までに土砂の投棄場が確保されているものとする。（尚土砂の有効活用を計るため余剰土は原料ヤードの盛土工事，防波堤工事などに使用することが望ましい）

以上の条件にもとずいて今回のFSではA案として工場地盤高をM.S.L＋7.0mにした場合及びB案として工場地盤高をM.S.L＋9.0mにした場合とについて比較検討を行った。その結果を以下に示す。

(1) 施工土量の比較

	掘　　削	埋　　戻	余剰土量
A案（GL＝M.S.L＋7.0 m）	5,250,000 m³	750,000 m³	4,500,000 m³
B案（GL＝M.S.L＋9.0 m）	3,700,000 m³	1,400,000 m³	2,300,000 m³

注：土量は１９７８年に実施された地形図より算定したものであり，いずれの場合も概略の数量である。

(2) 工　　期

本プロジェクトの建設工程はエンジニアリングの開始から，操業開始まで５０ケ月であり，整地工事は基礎工事が開始されるまでに完了させなければならない。基礎工事の開始時期は各々の工場によって異なるが通常のルールに従って整地工事が開始されたとして，整地工事完了までに割当てた期間はA・B案とも１４ケ月とした。

A案（GL＝M.S.L＋7.0 m）

工　　期　　１４ケ月（稼動日　３５０日）

掘削土量　　約１5,０００ m³／日

外部への搬出土量　　約１3,０００ m³／日

B案（GL＝M.S.L＋7.0 m）

工　　期　　１４ケ月（稼動日　３５０日と推定）

掘削土量　　約１0,６００ m³／日

外部への搬出土量　　6,６００ m³／日

（A案と同一規模の施工機械を使用するとすれば整地工事に必要な工期は約9.5ケ月に短縮される）

(3) 周辺道路，鉄道との接続

A案（GL＝M.S.L＋7.0 m）

好適であり，問題ない。

B案（GL＝M.S.L＋9.0 m）

道　　路　　公道（道路々面高 M.S.L＋7.0 m）と構内道路とを接続するため道路勾配を4％としても５０ mのアプローチ区間が必要となる。アプローチを平面的に確保するか，あるいは立体的に確保するかは，相互の位置関係，道路構造などにより更に詳細な検討が必要

である。1例として，平面的に確保すれば108,000m²（54m×2,000m）のデッドスペースが発生する。

鉄　　道　　道路と同様な検討が必要となるが勾配を2.5％として，アプローチ区間はA案に比し80m長くなる。

原料コンベヤ　　問題ない。

(4) 工　　費

A案（GL＝M.S.L＋7.0m）　　3,150,000千円

B案（GL＝M.S.L＋9.0m）　　2,220,000千円

注：こゝに計上した工事費は，整地工事分のみであり，道路，鉄道等を接続するための工事費は含まれていない。

(5) 総合評価

A案，B案ともそれぞれ長所と短所を有しており，いずれを採用するかは，今後の詳細な検討結果によって決定されるべきであるが我々は現段階では次の理由によりA案を推せんする。

a) B案は道路，鉄道等の接続が困難で，この接続工事に関してかなりの出費が予想される。更にB案では盛土部分に建設される構造物が多くなり，この点でも工事費の増加が予想される。

b) 整地工事によって発生する余剰土は他の工事に有効活用することができる。

従って，本プロジェクトの土地造成費の予測はA案に基いて行なった。

6.2　製鉄所配置図

6.2.1　本プロジェクトの敷地はアレキサンドリア新港に隣接し，南北の境界で道路に接した南北５５０ｍ，東西約2,２００ｍである。敷地の北にはアレキサンドリア新港と，原料ヤードが計画され，南には Lake Maryut が有る。

6.2.2　地盤レベルは，Mean sea level に対し新港の原料ヤードが約＋２ｍ，北側の Alex Matrough Road が＋７ｍ，敷地が＋7m, Lake Maryut 側の道路が約＋２ｍとなる。よって主要ゲートは Alex Matrough Road に設置する。又鉄道レールは一般的には，こう配が2.５％以下が望ましく，地形，既設鉄道を考慮して，敷地南側に設置する事とした。又エジプト政府の Alex new port project の原料ヤードからのオキサイドペレット輸送はプラント敷地までベルトコンベヤーで輸送される。主なユーティリティである電力は Lake Maryut を横断した送電線でサイト南側に供給される。以上の周辺条件を考えてレイアウトは作成した。

6.2.3　レイアウト作成にあたって当面の生産前提は，製品７２３,０００ t/y であるが将来の拡張時の生産体制として，出鋼量1,２００,０００ t/y の場合と，1,６００,０００ t/y の２つのケースを考えて，それぞれ作成した。

6.2.4　一般に製鉄所のレイアウトを考える場合，構内の原料，副原料，半製品のハンドリングコストを低減する為にハンドリング回数，量を最小に出来る様に考える必要がある。このプロジェクトの場合先に述べたように，敷地の南北距離が５００ｍと狭いので一直線配置が最適である。一直線配置にする事によってハンドリングの効率を高めた効果的なレイアウトとなる。

6.2.5　DWG－JICA　6－2－01に将来の出鋼量1,２００,０００ t/y を考慮したレイアウトを示すが，この特長を挙げると次の通りである。

1）DR Plantは，主原料のオキサイドペレット，製品スポンジアイアン共に，ベルトコンベヤーでハンドリングされる為，原料ヤードと製鋼工場の中間に効率的に配置した。また当面は１ユニット，将来は２ユニットとなるが鉱石ビン，スポンジアイアン貯蔵ビンで共通使用出来る設備が多いので，水処理設備を含めコンパクトに集合させた。

2）製鋼工場は石灰焼成工場，スクラップヤードと効率的に配置した。ハンドリング量の多いスポンジアイアンはベルトコンベヤーで搬入される。石灰焼成工場では原料の石灰石の貯蔵ヤードを敷地内にもち，ショベルローダーで装入される。製品の生石灰は貯蔵ビンより専用ダンプで受けとり，スポンジアイアン用のベルトコンベヤーにローディングするダン

プトラック用ホッパーから製鋼工場内に搬送する。スクラップ輸送は，ダンプトラックによる為，スクラップヤードは工場に隣接して設置した。電気炉スラグは専用のセルフローダーによって下水処理敷地へ運搬し処理される。製品のビレットはBar & Rod Millとの間を専用電動台車によって結ぶ事により効率的なハンドリングが出来る。

将来1,200,000 T/Y 出鋼の場合には建屋を延長出来るようにスペースを取ってある。

3) Bar & Rod Millは製鋼工場と電動台車で効率的にジョイントされているために，設備的にはホットチャージが可能となるようにレイアウトした。

1,200,000 t/y 出鋼時にはBar and Rod combination Millの加熱炉を1基追加してBar and Rod separate Millに変更出来るように効果的に配置した。製品は専用トレーラーで製品出荷ヤードに輸送される。

4) 製品出荷ヤードは圧延スケジュールにしたがって保管されたBar and Rod Millよりトレーラーで搬入され需要家別に仕別された後，車輛で出荷される為仕上げラインの近くに配置した。

5) スクラップ，石灰石，製品の輸送がスムースに行なえるように主要道路及び主ゲートの位置を計画している。鉄道は出荷作業用線路とEgypt Railway Authorityの機関車用の操車場を配置し主要道路にそってフォークリフトによって貨車出荷作業が出来るよう配置した。

6) 電気室は送電されてくるLake Maryutに面し，主な電力消費工場である製鋼工場に隣接して配置した。

7) 下水処理設備はDR Plantでは単独にプラント側に設置したが製鋼工場とBar & Rodmillは集合して処理する事により運転の一元管理が出来るようにした。

8) 酸素工場で作られる酸素の消費は主として製鋼工場であり窒素はDR Plantで消費する。よってこの中間に配置することにより配管距離を最少にしてある。

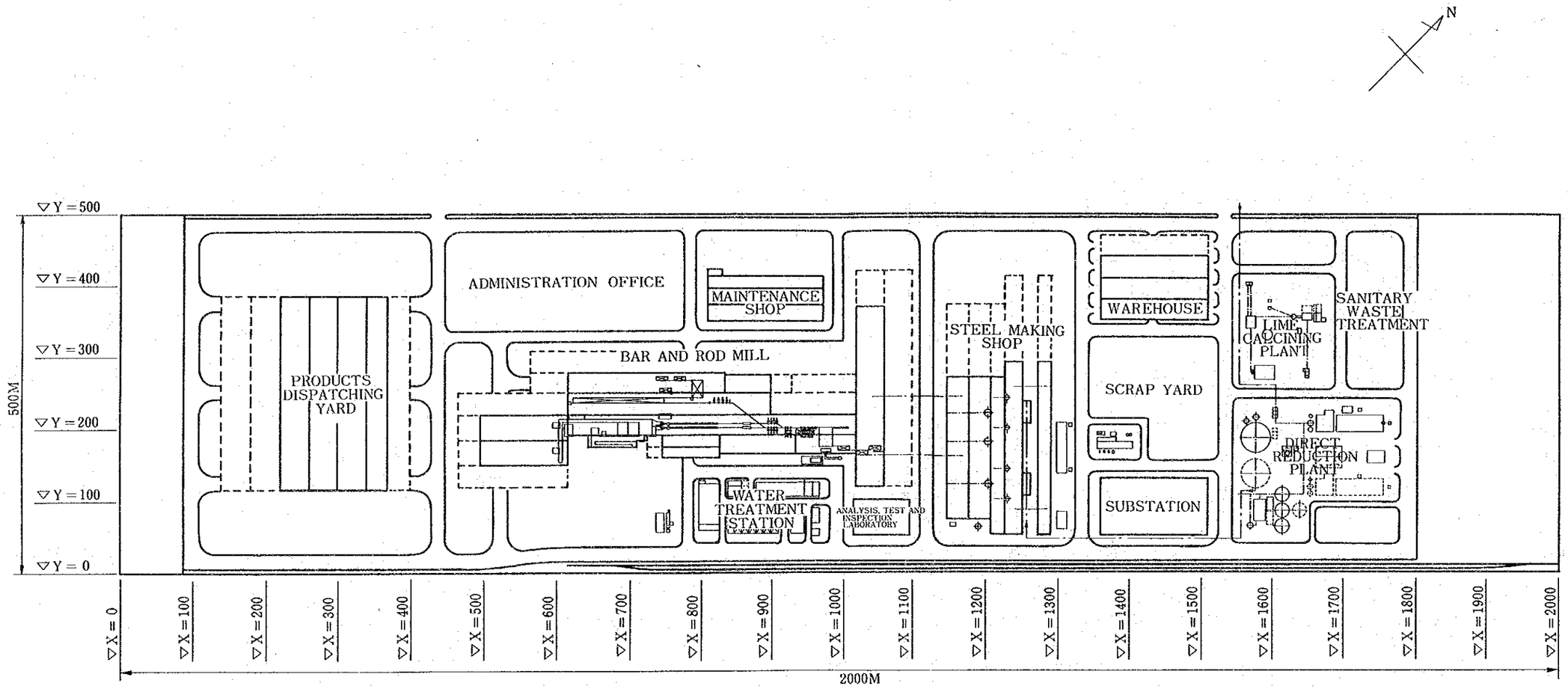
9) 資材倉庫は主として製鋼工場で使用するレンガ，合金鉄の使用率が多い為，製鋼工場に隣接させた。

10) 検査分析は製鋼工場とBar & Rod Millの為に使用するのがほとんどである。特に製鋼工場の分析は時間の短い事が要求される為，気送管の設置を考慮して計画した。

以上のように将来1,200,000 t/y のレイアウトはstage I, stage IIを通してスムーズな物流となり，stage IIへの移行も最小の投資で実施可能であるので最も良い案と考える。

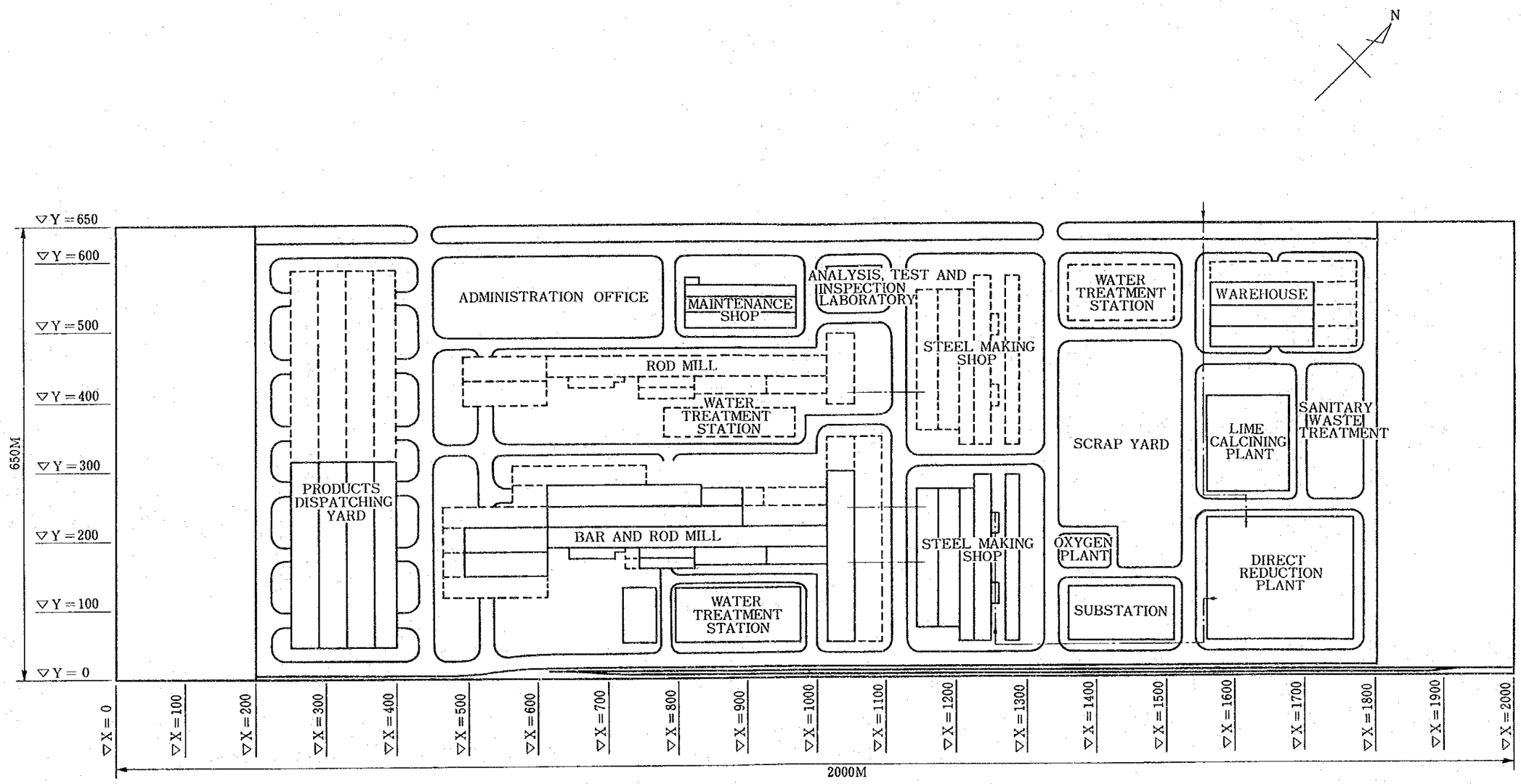
6.2.6 DWG. JICA－6－2－02には将来1,600,000 t/y 出鋼の場合のレイアウトを示

す。この案では生産量から，Bar and Rod Mill と Rod Millの２工場となり，その生産比率は約１２：４となってRod millは最近のミルの能力から考えて効率的ではない。また，製鋼工場も 1,600,000 t/y の能力では炉ブタ修理工場等の設置場所を考えると２工場となり効率的には生産比率を８：８としたい。よって製鋼工場と Bar & Rod Millのビレット輸送が電動台車だけでは不可能でトレーラーでの輸送が約 400,000 t/y 発生する。このように stage Ⅰ及び stage Ⅱを通して効率的な物流とはならない。また，stage Ⅰの土地造成費の増加，stage Ⅱへの移行時の投資も大きくなる等総合的に見て効率的でないと判断する。



EL DIKHEILA PROJECT

DWG. NO.	JICA-6 - 2 - 01
TITLE	GENERAL LAYOUT
SCALE	1 /2000
DATE	APRIL 1979



EL DIKHEILA PROJECT

DWG. NO.	JICA-6-2-02
TITLE	GENERAL LAYOUT
SCALE	1/2000
DATE	APRIL 1979

6.3 直接還元プラント

6.3.1 プロセス選定

本章で検討する直接還元プロセスは，ABU－QIRガス田より産する天然ガスを，還元剤として利用するもので，ガス還元プロセスに限定して検討を加える。

直接還元プロセスとして，工業化実績があり，且つ商業ベースに乗っているものの中で，最適のプロセスを選定しなければならない。

表6.3－1は，1978年現在の世界各地における各プロセスの生産能力，及び1980年度の予測生産能力を示す。

表6.3－1で明らかなように，現時点では，2つのプロセスが，ガス還元の分野で他を圧倒している。これは，この2つのプロセス，即ちMidrexプロセスとHyLプロセスが，技術的に実証されており，商業ベースに乗っていることを示す。従って，本F／Sでは，MidrexとHyLを，検討の対象として選出し，以下に述べる通り，詳しく検討し比較してみる。

表6.3－1　　世界各国の直接還元プラント

（単位：1,000t／y）

プロセス	1970	1975	1978	1980
Midrex	400	1,600	3,690	9,255
HyL	915	1,635	3,255	8,752
Purofer	150	150	860	860
ArmCo	－	330	330	330
※その他	1,785	3,668	4,782	4,982
合計	3,250	7,383	12,917	24,179

※注記：　固体還元剤（石炭）使用のプロセスも含む

6.3.1.1 Midrexプロセス

Midrex プロセスは1965年に開発された。種々の工業化試験を行った後，1969年オレゴン州ポートランドに，年産20万tのプラントが，2基建設された。本プロセスは，元来Midland－Ross社により開発されたが，現在は，米国Midrex社の所有となっている。1978年末迄に，稼動開始したプラントの稼動開始年，及び生産能力を次頁に示す。

U.S.A	Gilmore	1969	200,000 t/y × 2
U.S.A	Georgetown	1971	400,000 t/y
West Germany	Hamburg	1972	400,000 t/y
Canada	Sidbec №1	1973	400,000 t/y
Argentina	Dalmine	1976	300,000 t/y
Venezuela	Sidor	1977	300,000 t/y
Canada	Sidbec №2	1977	600,000 t/y
Qatar	QASCO	1978	400,000 t/y
Argentina	Acindar	1978	400,000 t/y

この他に現在建設中のものがいくつかある。Midrexプロセスは，連続式のシャフト炉型プロセスであり，ペレット又はペレットと塊鉱の混合物は，シャフト炉内で約800°Cの温度で，還元される。還元ガスは，炉頂ガス（$CO_2 + H_2O$）の一部と天然ガスを触媒を介して改質する事によりつくられる。還元された製品は，シャフト炉下部にてガスにより冷却される。※製品の金属化率は，92～95%（平均93%）で，この時の製品1t当りの天然ガス消費量は，平均2.8 GCalである。図6.3.－3に，本プロセスの簡単なフローシートを示す。

$$※\ 金属化率 = \frac{製品中の金属鉄}{製品中の全鉄} \times 100\%$$

本プロセスの主な特色を以下に記す。

1) シャフト炉を用い，原料と還元ガスの向流接触により還元が行われる連続プロセスである。

2) 酸化鉄より発生する酸素は，炉頂ガス中に$CO_2 + H_2O$として存在し，これが還元ガスを作る為の改質に供される。（本プロセスは，閉循環システムを採用しており，炉頂排ガスの大半は循環し，再び還元炉に供給される。）

3) H_2O改質だけでなく，CO_2改質も同時に行われる。

上述の特色による利点は，次の通りである。

1) プラントの全体効率が高い。

2) 天然ガス消費量が少ない。

3) 水の消費量が少ない。

4) 製品の品質が均一で安定している。

5) 製品の金属化率が高い。

一方，本プロセスは次の欠点がある。

1) 原料の銘柄にもよるが，シャフト炉内でクラスター（塊成物）を生成しやすい。又，この為に還元ガスの温度をあまり高く出来ない。

2) 電力消費量が少し高い。

3) 原料鉱石中の硫黄分の制限が比較的厳しい。

6.3.1.2 HyLプロセス

HyLプロセスの開発は1950年代に着手された。1957年には，メキシコMonterreyに年産95,000 tの最初のプラントが建設された。

本プロセスは，HyL SA社とKellogg社により共同で開発されたが，現在販売所有権はPullman社にある。

1978年末現在，稼動中のプラントは次の通りである。

Mexico	Monterrey №1. HyLSA	1957	95,000t/y
Mexico	Monterrey №2. HyLSA	1960	270,000t/y
Mexico	TamSa	1967	235,000t/y
Mexico	Puebula №1. HyLSA	1969	315,000t/y
Brazil	USIBA	1974	300,000t/y
Mexico	Monterrey №3. HyLSA	1974	420,000t/y
Venezuela	Sidor	1976	420,000t/y
Mexico	Puebula №2. HyLSA	1977	700,000t/y
Indonesia	Krakatau №1.	1978	500,000t/y

上記の他に現在建設中のものがある。現在稼動中のプラントは，ほとんど中南米に位置する事は，特記すべきであろう。

本プロセスでは，ペレットの還元は固定層リアクター内で，4つの過程，即ち，排出・充填，予備還元，冷却を経て行われ，還元温度は870℃～1,030℃である。金属化率は80～92％（平均85％）で，製品t当りの天然ガス消費量は平均3.2GCalである。図6.3－1に本プロセスの簡単なフローシートを示す。

本プロセスの特色を以下に記す。

1) 本プロセスは，4つの固定層リアクターを周期的に用いるバッチ式のプロセスである。

2) リアクターより排出されるガスはプロセス系を循環せず，単にバーナー燃料として用いられる。

3) 還元ガスの製造は水蒸気改質により行われる。

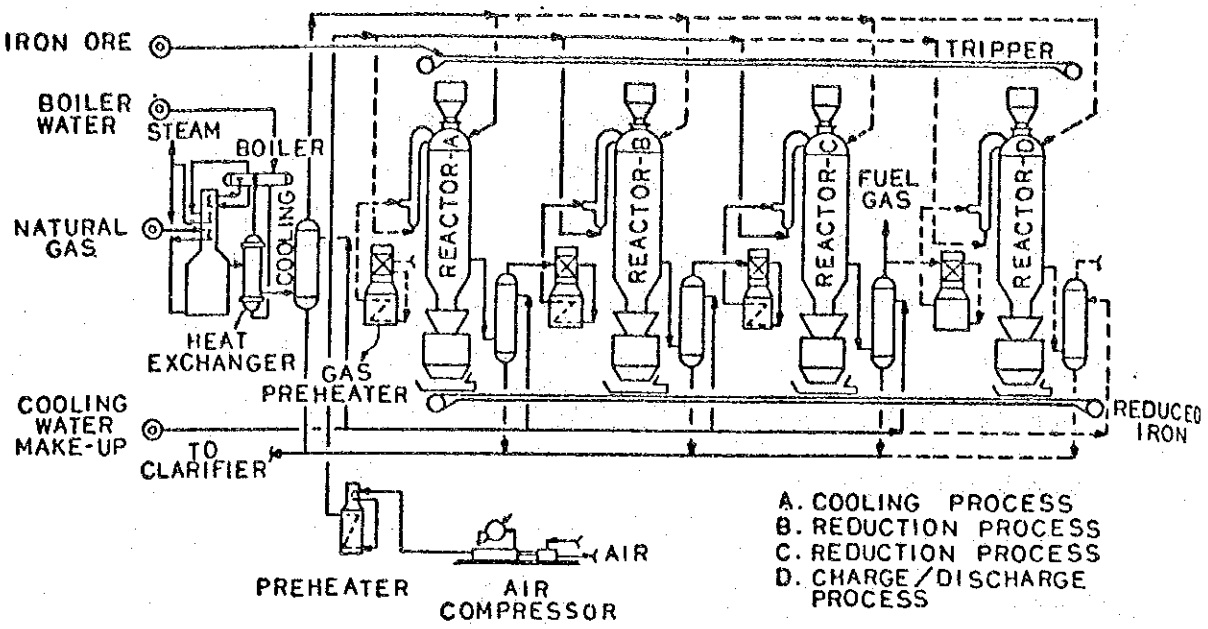


図6.3－1　　HyL プロセス・フローシート

以上の特色による利点は次の通りである。

1）生産の全面停止をせずに，リアクターの補修ができる。

2）電力消費量が少ない。

3）クラスターの生成が少ない。

4）原料中の硫黄分許容量がMidrexの場合より幾分高い。

一方，本プロセスは以下の欠点を有す。

1）天然ガス消費量が多い。

2）製品品質に，即ち，金属化率と炭素含有量にかなりのバラツキがある。

6.3.1.3　両プロセスの比較

Midrexプロセス と HyLプロセスの比較を行う為，それぞれの標準操業データを用い表6.3－2に比較表を作成した。この比較は両プロセス共，60万t／y 規模のプラントに基いたものである。表6.3－2で明らかなように，標準操業時の各プロセスの金属化率は大きく違う（Midrexプロセス：93％，HyLプロセス：85％），従って，同じレベルで比較する為，Midrexプロセスの85％金属化率の時の予想数値を，括弧内に示す。この場合，同一規模のプラントで，20％の生産増加が見込まれる。

Table 6.3-2 Comparison Sheet

Item	Midrex Process	HyL Process
a) Product		
Form	Sponge	Sponge
Degree of metallization	92 - 95% (85%)	80 - 92%, average 85%
Carbon content	Changeable within the range of 0.8 - 2.7%	Stable at approx. 2.2% and unchangeable
Apparent specific gravity	Approx. 3.2 (Approx. 3.1)	Approx. 3.1
Discharge temp.	60°C or below	60°C or below
b) Raw material	Pellets and/or lump ore	Pellets and/or lump ore
	Sulfur is the only important constituent for which there exists a limitation for the operation of Midrex plants. For the standard flowsheet, sulfur in the ore should not exceed 0.01% on the average. In the modified flowsheet an average maximum sulfur content of 0.02% is acceptable.	
c) Unit consumption	All figures indicate consumption per ton of product (songe iron).	
Iron ore (+6 mm) (Theoretical value at 67% Fe)	1.35 t (1.32 t)	1.32 t
Natural gas	2.8 (2.4) Gcal	3.2 Gcal
Electric power	135 (113) kWH	73 kWH
Water	0.2 - 1.5 m^3	1.9 m^3
d) Reduction furnace		
Type	Moving-bed shaft furnace	Fixed-bed retort
Reducing gas blowing temperature	760 - 900°C	1,000 - 1,100°C
e) Reformer furnace		
Type	Tube & box type	Tube & box type
Reforming process	CO_2 & H_2O reforming	Steam reforming
Reforming temp.	960°C	840°C

6.3.1.4　プロセスの選択

Midrex，HyL両プロセスを比較，検討した結果は次のように要約できる。

1) Midrexプロセスでは，製品であるスポンジアイアンは，連続的に，且つ安定した品質で産出される。又，製品の金属化率も高く，炭素含有量も調整できる。これはスポンジアイアンを製鋼原料として見た場合，Midrexプロセスが，より有利であると考えてよかろう。

2) 原料の点から見た場合，2つのプロセスは，塊鉱石，ペレットについて，硫黄分以外はほぼ同程度の品質を必要とする。しかし乍ら実績としては，HyLプロセスでは，ARDAZA, CVRDといった数種のペレットしかないのに対し，Midrexプロセスは，LKAB, CVRD, Carol Lake，Hiltonといった10～11種のペレットに加え，塊鉱石を単味で，又はペレットに配合して使用した実績がある。

3) 総エネルギー消費量（天然ガス＋電力）は，HyLプロセスよりMidrexプロセスの方が少ない。

これらの事を考え合わせると，本プロジェクトではMidrexプロセスが最も適していると考えてよかろう。

従って，本F／Sでは，技術的，経済的ベースを，このプロセスの諸数値を用いて検討する事にした。

しかし乍ら，本プロジェクトに，Midrexプロセスを限定するものではなく，最終的には，入札後の詳細評価により決定されるべきであろう。

6.3.2　生産計画

6.3.2.1　基本設計諸数値

本F／Sは，表6.3－3に示す設計値を基に行われるものとする。

Table 6.3－3 Gaseous Direct Reduction Basic Design Data

(1) Plant Capacity	703,000t/y
(Nominal)	(600,000t/y)
Total Fe of Sponge Iron	92.7%
Metllization, Nominal	93 %
(Range)	(92－95%)
Carbon Content, Nominal	1.5%
(Changeable range)	(0.8－2.7%)
Product Fe	651,000t/y

(2)	Plant Availability		312.5 days/y
	(Rated oper.)		(7,500h/y)
	(Expected)		333.3 days/y
			(8,000h/y)
(3)	Average Production Rate	Hourly ……	93.8 t/h
		Daily ……	2,250 t/d
(4)	Oxide Feed	Hourly ……	135.3 t/h
	to oxide screen	Daily ……	3,248 t/d
	(Total Fe:67.96%)	Yearly ……	1,015,000 t/y
	Oxide Screen Undersize		4% max.
	(−3mm)		(=41,000 t/y)
	Furnace Feed		974,000 t/y

6.3.2.2 生産計画

本プラントの能力は，表6.3.3に示す通り，703,000t/yである。この703,000t/yを100%とすると，立上り初月度は50%能力，以後漸次増加し，1年後には，100%の能力を発揮するものとする。又，原料には，初年度，2年度は運転技術に習熟する為，使用実績の多いペレットのみを使用し，3年目より，30%程度の塊鉱石の配合を考える。

6.3.2.3 マテリアル フロー/バランス

直接還元プラントの，平面図，側面図を，それぞれ図面No.JICA−6.3−01，6.3−02に示す。

原料ヤードより送られてくるペレット及び塊鉱石は，鉱石貯蔵ビンに一旦貯蔵される。このビンの容量は，約3,600tで，これはほぼ24時間分に相当する。ビンより定量切り出しされた原料は，スクリーンに依り細粉を除去された後，還元炉頂部へ供給される。（鉱石のふるい下粉は，セメント工場の原料添加剤かもしくは製鉄所の焼結工場用原料として外販可能である。）

還元炉より産出される製品は，製品貯蔵ビンへ送られ，不活性雰囲気下で貯蔵される。このビンの容量は，約18,000tで，これは，ほぼ8日分の製鋼原料に相当する。

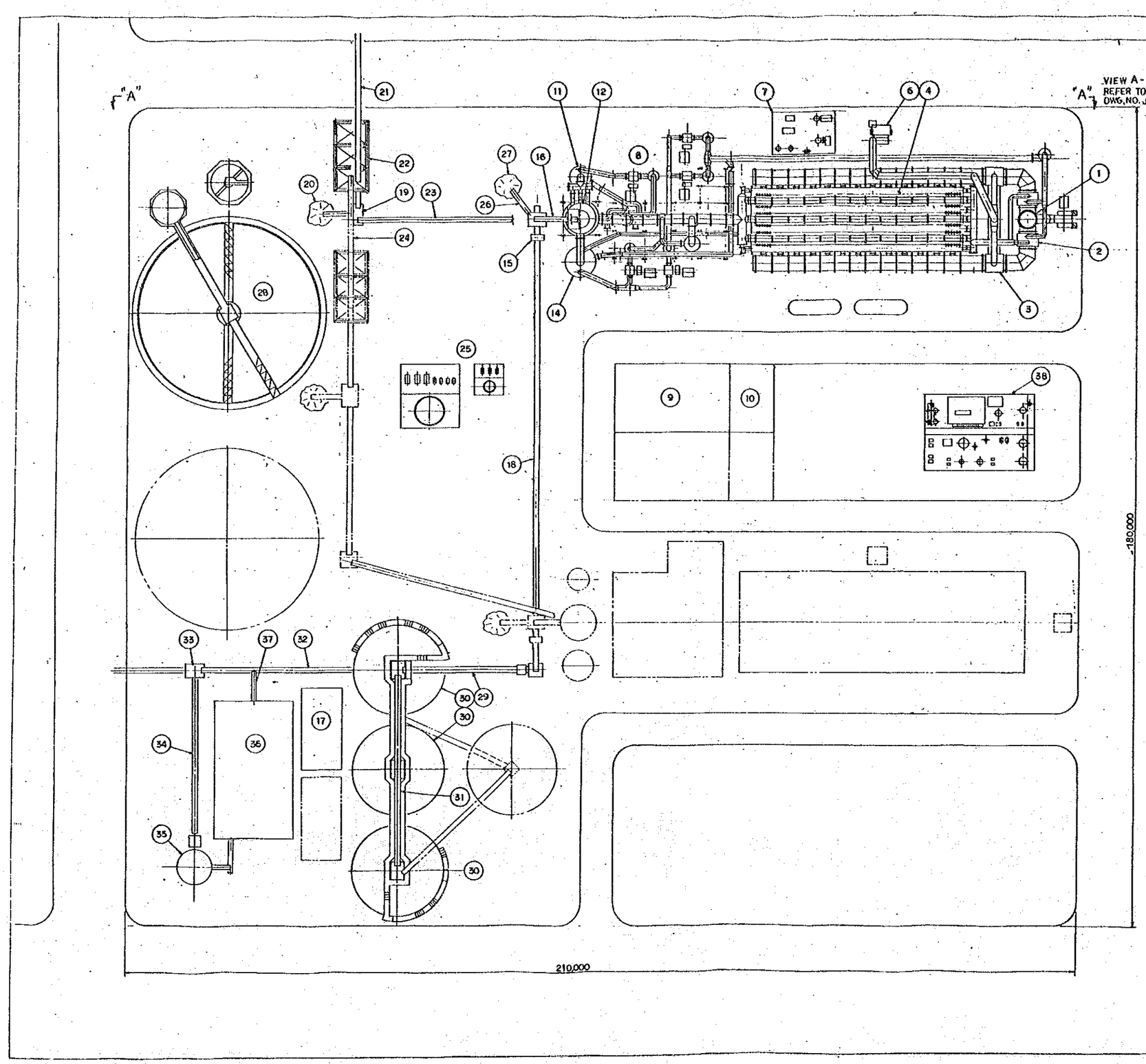
貯蔵ビンより切り出された製品は，スクリーンにて篩分けられ，そのアンダーサイズはブリケットにされる事で粒度が整えられた後，スクリーン篩上の製品と合せて製鋼設備へ送られる。

図6.3－2に，直接還元プラントのマテリアル・バランスを示す。

6.3.2.4　拡張計画

本プロジェクトの拡張計画については，第4章5－2項でふれているが，代替案（粗鋼生産120万t）の場合，公称40万tのDRプラントを一基増設すればスポンジアイアンの需要は十分まかないきれる。

しかし，予備品の互換性，スクラップの配合率を下げる事による輸入スクラップの削減，又余剰のスポンジアイアンをエジプト国内の製鋼工場へ販売できるという観点から，そしてフレキシビリティに富んだ操業ができるという事から，40万tプラントの代りに60tプラントの増設を推奨する。

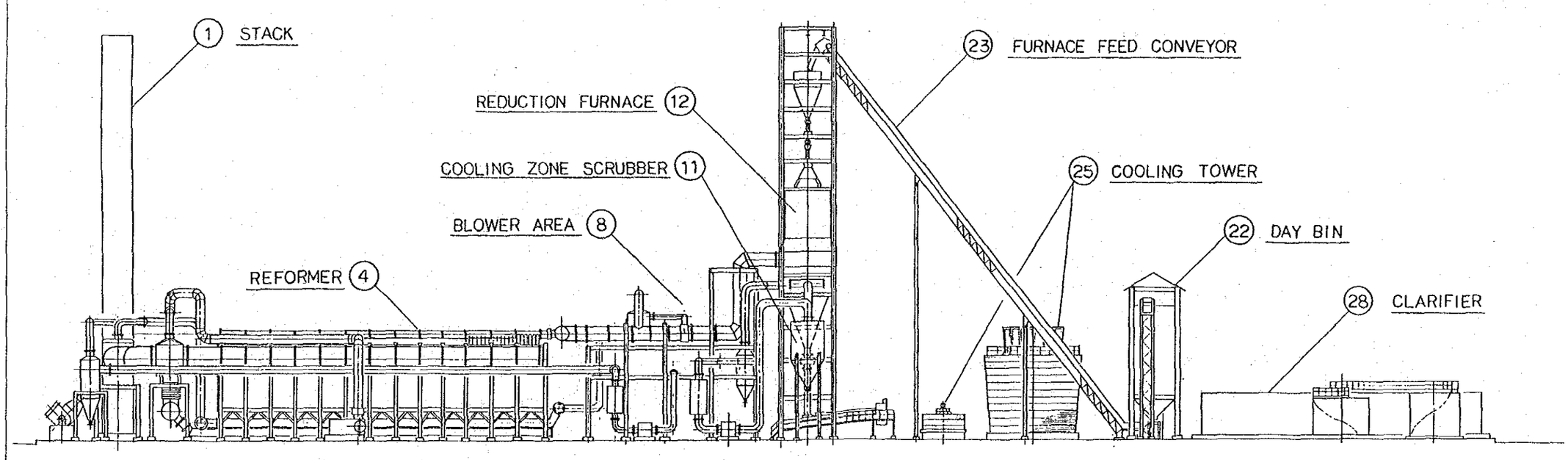


LEGEND

1 STACK
2 PROCESS GAS PREHEATERS
3 RECUPERATORS
4 REFORMER
5
6 MAIN AIR BLOWER
7 COMPRESSOR BUILDING
8 BLOWER AREA
9 CONTROL ROOM
10 TRANSFORMER AREA
11 COOLING ZONE SCRUBBER
12 REDUCTION FURNACE
13
14 TOP GAS SCRUBBER
15 PRODUCT SCALE
16 FURNACE DISCHARGE CONVEYOR
17 DUST COLLECTION FACILITY
18 PRODUCT TRANSFER CONVEYOR
19 OXIDE SCREEN
20 OXIDE FINES PILE
21 OXIDE DAY BIN CONVEYOR
22 DAY BIN (1200 T × 3)
23 FURNACE FEED CONVEYOR
24 OXIDE TRANSFER CONVEYOR
25 COOLING TOWER AREA
26 POTABLE REMET CONVEYOR
27 REMET PILE
28 CLARIFIER
29 SURGE BIN FEED CONVEYOR
30 6000 M.T. SURGE BIN × 3
31 STORAGE BIN TRANSFER CONVEYOR
32 PRODUCT LOAD OUT CONVEYOR
33 PRODUCT SCREEN
34 PRODUCT FINES CONVEYOR (BRIQUETTING)
35 PRODUCT FINES BIN
36 BRIQUETTING FACILITY
37 BRIQUETTE DISCHARGE CONVEYOR
38 DESULFURIZING FACILITY

---------- FUTURE

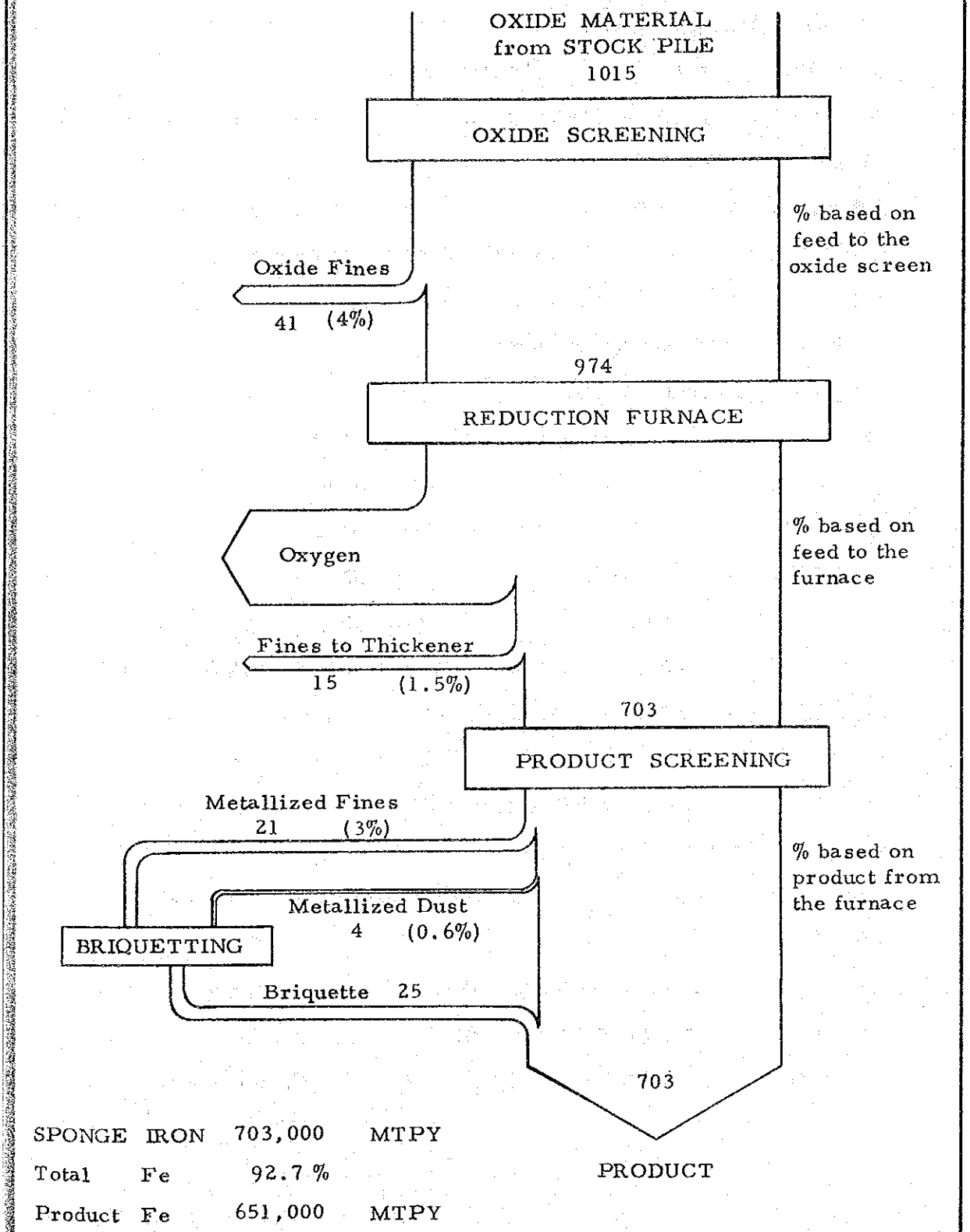
ELDIKHEILA PROJECT	
Dwg. No. JICA-6.3-01	
DIRECT REDUCTION PLANT GENERAL LAYOUT	
Scale	
Date	April, 1979



VIEW "A ~ A"

ELDIKHEILA PROJECT	
Dwg. NO. JICA-6.3-02	
DIRECT REDUCTION PLANT ELEVATION	
Scale	
Date	APRIL , 1979

Fig. 6.3 - 2 MATERIAL BALANCE OF DR PLANT



SPONGE IRON 703,000 MTPY

Total Fe 92.7 %

Product Fe 651,000 MTPY

x 1,000 MTPY

701. 8. 047 D

6.3.3 プロセス及び機器の概要

Midrex直接還元プロセスは，ペレット及び塊鉱石の形状の酸化鉄を，製鋼原料として最適な高還元率のスポンジアイアンに変換する。この還元プロセスは，還元ガスを用いて，酸化鉄中の酸素を化学的に取り除き，還元された製品を浸炭する事により行われる。

図6.3－3に，簡単なフローシートを示す。

還元反応は，原料の溶融温度以下で行われる。改質炉でつくられた，水素及び一酸化炭素を主成分とするガスは，成分，温度を調整された後，還元炉に吹き込まれる。炉内を，上昇する高温ガスは，下降してくる原料を加熱し，酸化鉄と水素及び一酸化炭素を反応させる事により，金属化率の高い製品を産出する。Midrex直接還元プロセスで行われる主な化学反応は，次の通りである。

1) 還元反応　$Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$

$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$

2) 浸炭反応　$3Fe + 2CO \rightarrow Fe_3C + CO_2$

3) 改質反応　$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$

$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$

還元炉より排出される排ガス（炉頂ガス）の大半は，炉頂ガス集塵器により除塵，冷却され，天然ガスを添加された後，予熱器で予熱され，改質炉へ送られる。改質反応は，レンガ張りの改質炉内で，間接的に加熱された触媒層を介して行われる。改質反応は約30%ガス容積を増大させる。予熱器に，改質炉で炊くバーナーの高温排ガスを用いる事により，プラントの熱効率を上げている。

余剰の炉頂ガスと天然ガスは，予熱された燃焼用空気と共に，改質炉バーナの燃料に供される。

還元炉の下部では，冷却ガスが循環しており，製品を排出前に冷却する。冷却帯を出た冷却ガスは，冷却ガス集塵器により除塵，冷却され，加圧された後再び還元炉に供給される。このMidrex直接還元プラントを構成している，主な機器，装置を表6.3－4に列記する。

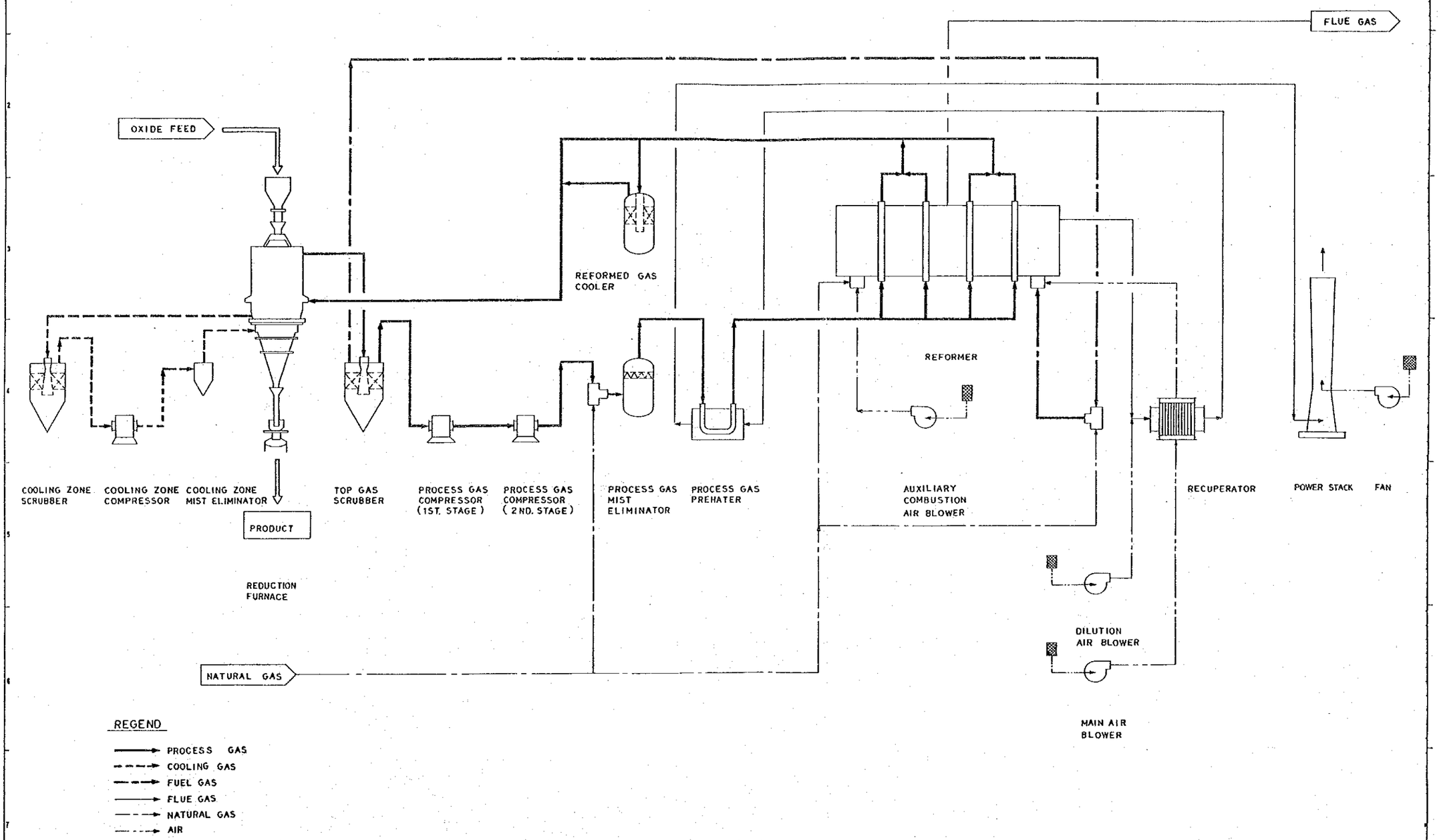


Fig. 6.3-3 Flowsheet of Midrex Process

Table 6.3-4 Major Equipment List

	Equipment or System	Q'ty	Description
1	Direct Reduction Furnace	1	Shaft Furnace (Nominal capacity 600,000 t/y) equiped with Charge Hopper, Slide Gates, Burden Feeders and Wiper Bar
2	Reformer	1	200 mm dia. Tubes with Catalyst
3	Top Gas Scrubber	1	Venturi and Packed Tower Type
4	Cooling Zone Scrubber	1	- ditto -
5	Reformed Gas Cooler	1	Packed Tower Type
6	Seal Gas Cooler	1	Packed Tower Type
7	Preheater	2	Shell & Tube Type Heat Exchanger
8	Recuperator	2	Shell & Tube Type Heat Exchanger
9	Stack	1	Height: Approx. 50 m
10	Process Gas Compressor	4	Positive Displacement Type Rotary Lobe Compressors
11	Cooling Zone Compressor	1	- ditto -
12	Main Air Blower	1	Centrifugal Air Blower

Equipment or System	Q'ty	Description
13 Auxiliary Air Blower	1	Centrifugal Air Blower
14 Dilution Air Blower	1	Centrifugal Air Blower
15 Seal Gas Compressor	2	Rotary Lobe Compressors
16 Mist Eliminator	3	for Process Gas, Cooling Gas & Seal Gas
17 Piping System	1 set	including Valves and Fittings
18 Dust Collection System	1 set	composed of Cyclones, Venturi Scrubbers, Fans and Dust Storage Bin
19 Compressed Air System	1 set	composed of Plant Air Compressor, Instrument Air Compressor and Dryer
20 Briquetting System	1 set	Capacity: 20 MT/H
21 Water System	1 set	composed of Clarifier, Cooling Towers and Pumps
22 Electrical and Instrumentation System	1 set	Max. Capacity: 22 MVA
23 Product Storage Bin	3	Capacity: 6,000 MT x 3 equiped with Feeders
24 Oxide Day Bin	3	Capacity: 1,200 MT x 3 equiped with Feeders
25 Material Handling System	1 set	composed of Screens, Cluster Mill, Belt Scalts and Belt Conveyors

6.3.4 原 単 位

スポンジアイアンt当りの原単位は，以下の通りである。

(1)	酸化鉄	1,444 t
(2)	天然ガス (9,070 Kcal/Nm³-Net)	309 Nm³ (2.8 Gcal-Net)
(3)	電 力	135 KWH
(4)	工業用水	1.5 m³
(5)	窒 素	3.1 Nm³
(6)	要 員(工場長他スタッフ要員) (15名)	0.044人・時
	(運転要員) (41名)	0.122人・時
(7)	予備品，消耗品，薬剤等	3.5米$

6.3.5 要員計画

本プラントを円滑に運転する為，工場長，他スタッフ要員15名，運転要員41名の人員が必要である。

詳細は表6.3－5に示す。

Table 6.3－5 Man Power Requirements

General Administration (工場長，他スタッフ要員)

Plant Manager	1
Process Engineer	2
Plant Engineer	2
Assistant Plant Engineer	3
Operating Superintendent	1
Assistant Superintendent	4
Secretary	1
Clerk	1
Total	15

Operating Labor (運転要員)

General Foreman	1
Shift Foreman	4
Assistant Shift Foreman	4

Plant Operators	12
Operators' Helpers	8
Loadout Operators	4
Laborers	8
Total	41

6.3.6　脱硫設備

ＡＢＵ－ＱＩＲガス田より供給される天然ガスは，表6.10－8に示されるように75ppm.（Vol.）の硫黄分を含んでいる。しかし，天然ガスの中の硫黄分には，使用上許容限界制限がある。もし，ガスの中の硫黄が5ppm以上あれば，改質炉チューブ内にある触媒に悪影響を及ぼし，改質能力の低下につながる。従って，本F/Sでは，天然ガス中の硫黄分を除去する脱硫設備をも検討の対象とし，本プラントに含めている。

数ある脱硫プロセスの中で以下に述べる理由により，本F/Sでは，ストレットフォードプロセスを採択した。

本プロジェクトの天然ガス中の硫黄分は，主に硫化水素の形で存在し，有機硫黄は2ppm以下としている。ストレットフォードプロセスを適用する事により，硫化水素を1ppm以下迄脱硫する事ができる。従ってガスの中の硫黄分は有機硫黄を合わせて3ppm以下迄脱硫できる事になる。本プロセスは，単独のプロセスとしては，硫黄分を3ppm以下に下げられる唯一のプロセスである。他のプロセスとして，アミンプロセスと酸化亜鉛プロセスの複合プロセスが考えられるが，本プロジェクトの場合，設備コストが高くなるので不適当であろう。従って，本F/Sでは，ストレットフォードの技術的，経済的数値を用いる事にする。

尚，原単位，要員等は，前述の6.3.4，6.3.5項に既に含めている。

6.3.7　スポンジアイアン及び溶鋼の概略コスト比較（参考）

Midrex及びHyLの各プロセスによるＤＲプラントの操業コスト並びにそれぞれのスポンジアイアンを使用した場合の溶鋼コストを試算した結果を参考までに表6.3－6，表6.3－7にそれぞれ示す。Midrexプロセスの場合は本フィージビリティスタディの数値をそのまま使用したが，HyLプロセスの場合は，近年公表されたデータをもとに，一部の数値はMidrexとの比較を公平にする為計算により補正した。なお，HyLの公表データには原単位の不明な項目が多いので，これらについてはMidrexの場合と同等と想定して計算

した。

さらに，使用原料鉱石はHyLの場合もMidrexの場合と同一の原料を使用するものとした。

なお，以下のコストは，本プロジェクト開始後8年目の，エスカレーションを無視した，又設備の減価償却，金利等を含まない現時点での操業コストである。

6.3.7.1　スポンジアイアンコスト

表6.3－6に示すように，HyLの場合エネルギー原単位が高いためMidrexの場合と比較して操業コストは若干高くなる。HyLで金属比率を90％とする場合にはこの差が顕著になっている。なお，HyLの実操業データの中で電力量がゼロとあるのはPuebla №2プラントでは，プロセスを通じて発生させたスティームにより電力を起し，プラント内の所要電力を賄うよう設計されているためである。

6.3.7.2　溶鋼コスト

表6.3－7に示すコスト計算は次の前提条件，補正を考慮したものである。

a）スクラップ配合率：全鉄分乾重量基準でスポンジアイアン75％，スクラップ25％とした。

b）全鉄分歩留：いずれの場合もスポンジアイアン中のFeOの50％がスラグ中に逃げるものとし，副原料中のFeは無視した。この場合の歩留は次の通り，

金属化率：	93％	90％	85％
歩　留：	93％	91.9％	90％

実操業においては，Midrex，HyLいずれの場合も全鉄分歩留は，本計算に用いた値よりもそれぞれ2～4％多い値を好条件下では達成していると思われるが，ここでは安全サイドを考慮した本プロジェクトの値に準じた。

c）電力原単位：　HyLは電力原単位を640KWH／t－溶鋼と発表しているが，これは電気炉のみの原単位であり，付帯設備の電力量を含んでいないので，これを30KWH／t－溶鋼と想定して加算し，670KWH／t－溶鋼とした。

なお，金属化率90％のスポンジアイアンを使用した電気炉操業データは発表されていないので理論計算によりこれを，640KWH／t－溶鋼と想定した。因みに本プロジェクトの場合の700KWH／t－溶鋼は操業条件の変動（スララップ水分の変動等）を考慮して若干余裕ある値を採用している。

以上の条件，補正をもとに計算した結果は表6.3－7に見るごとくHyLの操業コストは金属化率が低くなるにつれ高くなっている。

最も大きい要因は歩留の差であり，これはスポンジアイアンのFeOの含有量の差に起因している。

Table 6.3-6 Brief Comparison of Sponge Iron Production Cost

	Q'ty Unit	Unit Price (U.S.$)	Expected Figures in F/S Report				*1 Actual Figures in Puebla No.2 (1977)			
			Midrex (Metallization 93%)		HyL (Metallization 85%)		HyL (Metallization 90%)		HyL (Metallization 85%)	
			Q'ty	Cost($)	Q'ty	Cost($)	Q'ty	Cost($)	Q'ty	Cost($)
Variable Cost										
Iron Ore	MT	36.200/MT	1.436	51.983	*2 1.396	50.535	*2 1.415	51.223	*2 1.396	50.535
Natural Gas	Nm^3	0.087/Nm^3	309	26.883	353	30.711	*3 416	36.192	*3 384	33.408
Electric Power	KwH	0.025/KwH	135	3.375	73	1.825	0	0	0	0
Water	m^3	0.327/m^3	1.5	0.491	1.9	0.621	2.02	0.661	1.85	0.605
Nitrogen	Nm^3	0.055/Nm^3	3.1	0.171	3.1	0.171	3.1	0.171	3.1	0.171
Operating Expendables	-			0.210		*4 0.210		*4 0.210		*4 0.210
Intra-Mill Transportation	MT	0.732/MT	0.078	0.057		0.057		0.057		0.057
Fixed Cost										
Employees Wages	M-H	1.398/M-H	0.166	0.232	0.12	0.168	0.13	0.182	0.12	0.168
Benefits	-			0.060		0.043		0.047		0.043
Maintenance	-			3.390		3.390		3.390		3.390
Factory Overhead	-			0.082		0.082		0.082		0.082
Others (Royalty)	-			2.000		2.000		2.000		2.000
Sponge Cost/MT				88.934		89.813		94.215		90.669
Total Fe in Sponge	(%)		91.0%		88.4%		89.6%		88.4%	
Fe Cost/MT				97.730		101.598		105.151		102.567

* Note:
1. Source; Stahl und Eisen, 1978, No.23
2. Theoretically calculated based on same premise as Midrex. (Original: 1.32, 1.35)
3. Corrected based on Natural Gas calolific value. (Original: 382, 414)
4. Corrected, because original figures seem too large. (Original: 0.9, 0.99)

Table 6.3-7 Brief Comparsion of Molten Steel Production Cost

	Q'ty Unit	Unit Price (U.S.$)	Expected Figures in F/S Report		*1 Actual Figures in Monterrey			
			Midrex (Metallization 93%)		HyL (Metallization 90%)		HyL (Metallization 85%)	
			Q'ty	Cost($)	Q'ty	Cost($)	Q'ty	Cost($)
Variable Cost								
Sponge	MT		0.8827	78.503	*2 0.9108	85.811	*2 0.9425	85.456
Scrap	MT	153.2/MT	0.2716	41.609	*2 0.2720	41.670	*2 0.2778	42.559
Fe-Mn/Fe-Si	Kg	0.446/Kg	11	5.123				
Lime	Kg	0.028/Kg	75	2.122	*3 40	1.120	*3 40	1.120
Coke Breeze	Kg	0.121/Kg	4	0.484	0	0	0	0
Fluorspar/Al	Kg	0.458/Kg	2.5	1.146				
By-Product Scrap	MT	-153.2/MT	0.01	-1.532				
Natural Gas	Nm^3	0.087/Nm^3	2	0.174				
Electric Power	KwH	0.025/KwH	700	17.500	*4 640	16.000	670	16.750
Water	m^3	0.327/m^3	3.4	1.112				
Oxygen	Nm^3	0.055/Nm^3	2	0.110	*5 2	0.110	*5 1.2	0.066
Compressed Air	Nm^3	0.004/Nm^3	15	0.060				
Furnace/Ladle Brick	Kg	0.590/Kg	11.5	6.785				
Refractory of Repairing	Kg	0.375/Kg	11	4.125		3.190		3.190
Electrode	Kg	2.379/Kg	5	11.895	5.3	12.609	5.3	12.609
Miscellaneous	-			3.991				
Intra-Mill Transportation	MT	0.732/MT	0.5907	0.432				
Fixed Cost								
Employees Wages/Benefits	-			1.063				
Maintenance				3.625				
Factory Overhead	-			0.299				
Molten Steel Cost/MT				178.626		182.788		184.028

* Note:
1. Source: Equivalent Metallization of Sponge Iron, ILAFA Congress, Oct., 1976
2. Calculated based on scrap ratio of 25%. (Original: 0.8423, 0.3191)
3. Corrected because original figure seems too small. (Original: 5.7)
4. An additional electricity consumption is theoretically 6 KwH/MT of molten steel per each 1% less metallization of sponge. (Original: No data)
5. Calculated based on carbon balance. (Original: No data)
6. Blank figures in the HYL column are affected with the Midrex figures.

6.4 電気炉工場

6.4.1 炉容の決定

粗鋼年産810,000t生産するための電気炉容量は，炉の生産能力から単純に計算すると，300t／heat炉では1炉，150t／heatの場合は2炉で充分である。しかしWorksとして最適な炉容の決定は

- ○次工程に於ける鋳造方法
- ○操業性
- ○経済性

を考慮して，行なわなければならない。

本プロジェクトは最終成品を丸棒としているため鋳造方法は，経済性を考えるとビレット連鋳を採用するのが最も望ましい。ビレット連鋳を使用する場合，8ストランド，6ストランドのビレット連鋳で操業を行っているところも多々あるが，その操業結果は一部の先進国を除き，一般的には公称能力に達せずビレット連鋳がボトル・ネックとなって生産性を低下しているのが実情である。

本プロジェクトでは操業性に検討のポイントを置き最も効果的な操業が可能な4ストランドビレット連鋳を採用することとして，炉容の検討を行った。ビレット寸法は，後述6．7 Bar and Rod Millで検討されている如く，圧延条件から130×130mmφとしたため，4ストランドビレット連鋳が約1時間で鋳造可能な炉容を検討した。連鋳メーカーが保証している130×130mmφビレットの鋳造速度は，Max 2,600mm/minであるが，鋳造開始時の絞り鋳造及び鋳造末期の調整を配慮すると2,200mm/minが平均鋳造速度となるため炉容は，〔60min/heat×{(0.13×0.13)×2.2 M/Miv×7.8}〕×4 str's ≒ 69.6 T/heat≒70T/heatから電気炉の炉容は70T/heatとした。

6.4.2 生産計画

本工場で採用する電気炉の容量は，70T/heatである。70T炉でスポンジアイアンを使い年間810,000tを生産するために必要とする基数，稼動率及び炉の生産性は次の通りである。

6.4.2.1 電気炉の稼動率

各種修理，作業上の事故及び作業上発生する非製鋼時間をTable 6.4.−1に示す如く推定して炉の稼動月を年間300日とした。

Table 6.4.−1 炉稼動率

Item	Frequency and time	total hours peryear
Roof Change	1 time/100 heats × 3 hrs	86.6 hrs/Y
Wall Repair	1 time/120 heats × 25 hrs	601.2 〃
Overhaul Repair	1 time/2 years × 7 days	84.0 〃
Periodical Repair	1 time/1 week × 8 hrs	417.1 〃
Ajusting (waiting) time	EAF: 1.7%×8.760 hrs/Y	148.9 〃
Accidents or troubles	CC注1. 1.83%×8.760 hrs/Y	160.3 〃
total		1498.1 〃
		(=62.4 day/Y)

365−62.4=302.6 days ⟶ 300days

注1.：連鋳の鋳造タイミング調整のための待時間1.1%を含む。

6.4.2.2 電気炉基数

年間の生産量810,000 tに対して，炉の稼動率を考慮した日産生産量は2,700 tである。一方スポンジアイアンを使った電気炉の生産性は平均で製鋼時間180min/heat〜200min/heat,最も能率のよい実績で150min/heatである。

本プロジェクトでは，現時点に於ける世界最高の水準である製鋼時間平均150min/heatで計画した。

製鋼時間150min/heatの場合一炉当りの生産量は

(1440÷150)×70=672 t/炉

となり，必要基数は

(810,000÷300)÷672=4.02炉⟶4炉となる。

tadle 6.4−2に電気炉の生産計画を示す。

tadle 6.4−2 生産計画

	Molten steel Production	Number of Heats
Annual production	810,000 tons	11,571 heats
Monthly	67,500 〃	2,964 heats
Daily	2,700 〃	338.57heats(9.64 heats/炉)

6.4.3　生産歩留および原単位

6.4.3.1　溶鋼歩留

購入スクラップ及びスポンジアイアン中のFe分をそれぞれ95%，92.6%と推定し溶鋼歩留は93%とした。推定根拠は以下の通りである。

Feo in slag ＝15%（Fe 12%）

slag volume ＝12%

loss of Iron＝1.2×0.12＝1.44%

Dust ＝1%

Evaporation in arc ＝1.5%

Others ＝2.06%

Skull ＝1%　→Home scrap

Total＝7%

6.4.3.2　原　料

Tablle 6.4－3　Raw Materials

Raw Materials	Metallic Fe Content	Quantity(Fe)	specific gravity
Sponge iron	92.6 %	651,000Tons	－
Home scrap	100 %	78,000 〃	1.4
Purchased scrap	95 %	142,000 〃	0.6

6.4.3.3　副原料およびユーティリティ使用量

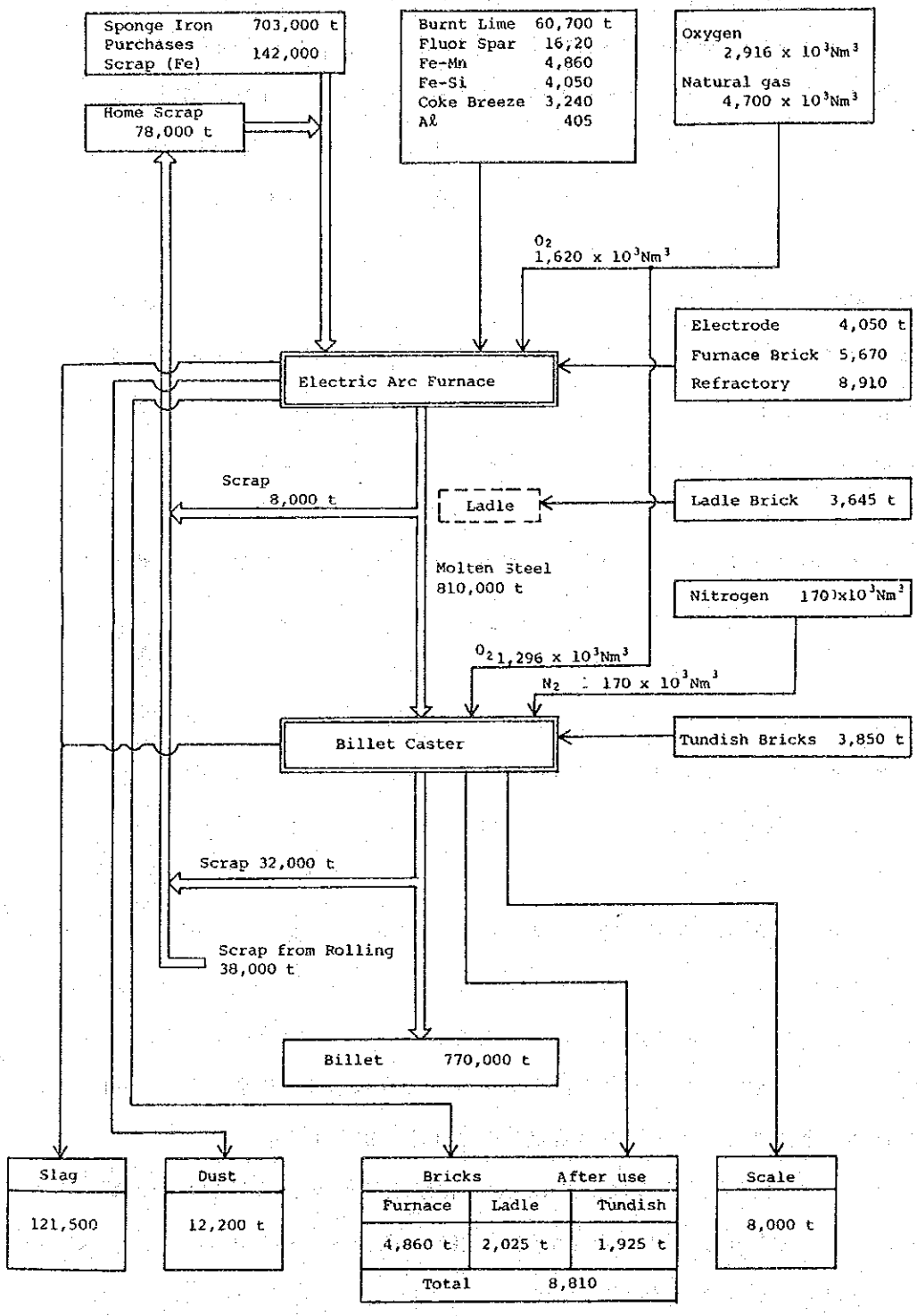
Table　6.4.－4　Flaxes and others

	Unit	Quantity (Tons)		
	Consumption	Annual	Monthly	Daily
Burnt lime	75　kg/t	60,700t	5,058	202.5
Fluorspar	2	1,620	135	5.4
Fe－Mn	6	4,860	405	16.5
Fe－Si	5	4,050	338	13.5
Coke－breeze	4	3,240	270	10.8
Al	0.5	405	34	1.35
Furnace brick	7	5,670	473	18.9
Refractory Repairing	11	8,910	743	29.7
Ladle brick	4.5	3,645	304	12.2
Electrode	5	4,050	338	13.5

Tablle　6.4－5　Utilities

	Unit Consunrption
Electric power	700　kWh/t
Make up water	3.4　m^3/t
Compressed Air	15　Nm^3/t
Natural Gas	2　〃
Oxygen	2　〃

6.4.3.4 Material flow for steelmaking (annual value)



6.4.4. 主要設備の概要

6.4.4.1 スポンジアイアンおよび生石灰の処理設備

スポンジアイアン用バンカーは，各々の炉に2 shift 分のスポンジアイアンを貯蔵出来る50 m^3×4を設備する。各バンカーは貯蔵量検出装置を設置して，バンカー中のスポンジアイアンが減少した場合，自動的にDirect Reduction plantの成品バンカーから供給を受ける方式を採用した。バンカーから炉への装入は，連続装入出来る設計とした。
生石灰もスポンジアイアンと同じベルトコンベヤーを使用しバンカーに供給され，又炉への装入もスポンジアイアンと同様にして行う。生石灰用バンカーは各炉50 m^3×1を設備する。

6.4.4.2 スクラップの処理設備

製鋼の配置図（DWG No. JICA－6－4－01）Ⓐ－Ⓑ間をスクラップ処理ヤードとして，雨期の水切りを配慮して約4日分のスクラップが置けるように計画した。その他スクラップ装入バケットでスクラップと同時に生石灰の装入が行えるよう，1日分の生石灰用の置場も考慮した。スクラップの炉への装入は，スクラップ装入バケットで行うものとする。バケットは，内容積4.5 m^3のものを4ケ用意した。スポンジアイアンを使用する平常作業に於けるスクラップの装入量は，

（70t／heat ÷0.93）×25%≒19t／heat

である。スクラップの比重が0.5の場合，必要内容積38 m^3，前述の如く工場発生スクラップと購入スクラップを混合した場合，比重は0.8～0.9となるため充分である。
但し，Direct Reduction Plant の稼動前は，スクラップ装入のみとなるため，スクラップの装入は3回となる。
スクラップは，秤量機上に置かれたバケットに10T／5Tマグネットクレーンで装入され，2台のスクラップカーで電気炉ヤード（Ⓑ－Ⓒ）に運ばれて炉に装入される。

6.4.4.3 合金鉄およびその他添加物の装入設備

2炉の中間に6 m^3のバンカー9ケ，合計18ケを作業床上に配置，Fe－Mn，Fe－Si，Fe－Cr等の合金鉄を約2～3日分貯蔵出来るように計画した。
その他加炭剤，Al及び炉体の補修材は，炉の作業床に保管する。工場外の倉庫からは，1 m^3の搬送用ビンで搬入し，炉への装入は装入機で，取鍋へは投入シュートで装入する。
なお，秤量機は，Max 3 tを2台用意した。

6.4.4.4　電気炉炉体

炉の寸法は，4,250 mm × 5.8 m φ で変圧器は次項で説明する如くUltra high powerを採用した。炉体の設計は，エジプトの耐火物製造能力を考慮して，炉壁の水冷率を約60％として，煉瓦の使用を最少となるようにした。天井も70～80％の水冷化を計り，電極廻りのみは不定形耐火物を使用する設計とした。

電極の事故及び電力の効率対策として，Auto－Arc－ systemを採用した。

6.4.4.5　炉用変圧器，定格容量の決定

出鋼量70tを得るための消費電力量は溶解電力原単位を620 KWH／Melt－tonとして，43,400KWH必要となる。これに対応する電力レベルは溶解時間を84分とすれば，

$$P_1 = 43{,}400\ \mathrm{KWH} \times \frac{60}{84} = 31{,}000\ \mathrm{KW}$$

この数値を電力投入効率で除すると

$$P2 = \frac{31{,}000}{0.91} = 34{,}066\ \mathrm{KW}$$

この電力レベルをショートアーク（力率0.68）で得るための皮相電力は

$$P3 = \frac{34{,}066}{0.68} = 50{,}096\ \mathrm{KVA}$$

故に炉用変圧器の定格容量は

$$P4 = \frac{50{,}096}{1.2} = 41{,}747\ \mathrm{KVA}$$

よって，42,000KVAとした。

6.4.4.6　フリッカ補償装置

6.8電力の項で記述する如く本プロジェクトは，電力的に問題があり，フリッカ補償装置の決定については，次の如く特に詳細な検討を行った。

a）フリッカ制御原理

フリッカ対策として，信頼性，過去の実績を考慮し，サイリスタによるリアクトル制御方式のフリッカ制御装置を採用する。以下にこのリアクトル制御方式のフリッカ補償装置のフリッカ制御原理について述べる。

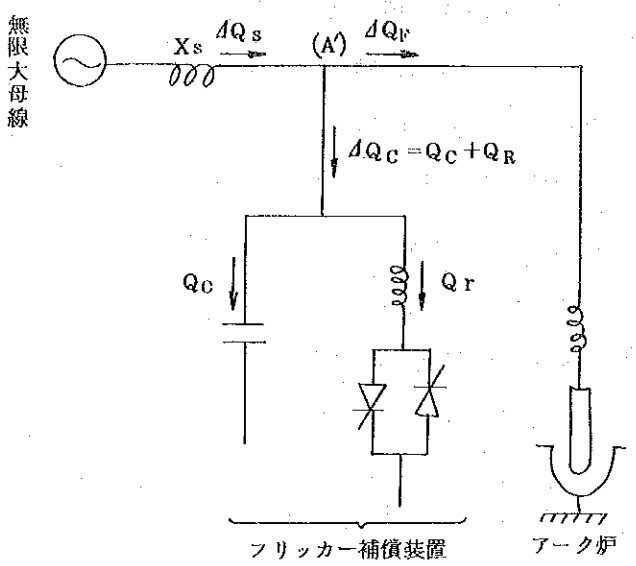


Fig 6.4－1 電力系統図

6.4－1図において送電線に無効電力ΔQsが流れた時に，受電点(A)に生じる電圧変動は，

$$Vd = \Delta Qs \cdot \frac{Xs}{10}$$

であり，フリッカ補償装置を設けない場合には，アーク炉に流れる無効電力ΔQLと送電線に流れる無効電力ΔQ_Lとは等しいため，(A)点に生じる電圧変動Vd_1は

$$Vd1 = \Delta Q_L \cdot \frac{Xs}{10}$$

となる。これに対して，フリッカ補償装置を接続した場合は，サイリスタにより制御されたΔQLに相当する進相無効電力ΔQcが，フリッカ補償装置側に流れるので送電線を流れる無効電力は，

$$\Delta Qs = \Delta QL - \Delta Qc$$

となるため(A)点に生じる電圧変動Vd2は

$$Vd2 = Xs \cdot \frac{(\Delta QL - AQc)}{10}$$

となり，フリッカ補償装置を設けない場合に比較して$\Delta Qc \cdot \frac{Xs}{10}$だけ電圧変動が小さくなる。

例えば，無効電力がFig 6.4－2に示されるQLのように変動している場合，進相コンデンサーで一定の進相無効電力Qcを取り，さらにサイリスタ制御によりリアクトルの遅相無効電力QrをFig 6.4－2図に示すように制御すると（Qc＋Qr）が同図の点線で示すようになり，QLと打消し合って電源側の無効電力Qsの変動が補償され，その結果

電圧変動Vdが抑制される。

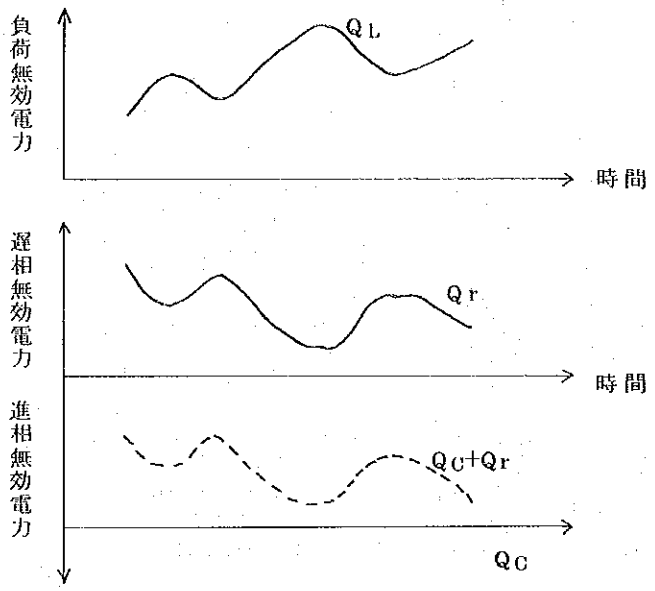


Fig 6.4 − 2　無効電力補償方法

また下記理由により，このフリッカ補償装置は力率改善にも寄与する。アーク炉が平常運転の場合，遅相無効電力は$\frac{Qr}{2}$となるように制御しており，その時の進相無効電力はQcである。

またQc＝Qrであるため，平常運転時において平均的に$\frac{Qr}{2}$すなわち$\frac{Qc}{2}$が力率改善に寄与する。

b）高調波電流

アーク炉はその負荷の特性上，高調波電流を発生する。またフリッカ補償装置もサイリスタによりリアクトルを位相制御するために，高調波電流を生じる。このため，フリッカ補償装置はリアクトルと並列に設けるコンデンサを高調波フィルタとして使用する。

c）フリッカ補償装置容量の決定

(1)　設計条件

6.4 − 3図の系統図及び下記の設計条件に基づいてフリッカ補償装置の検討を行なう。フリッカ補償装置の容量は，U.K基準P 7／2に適合して算出する。

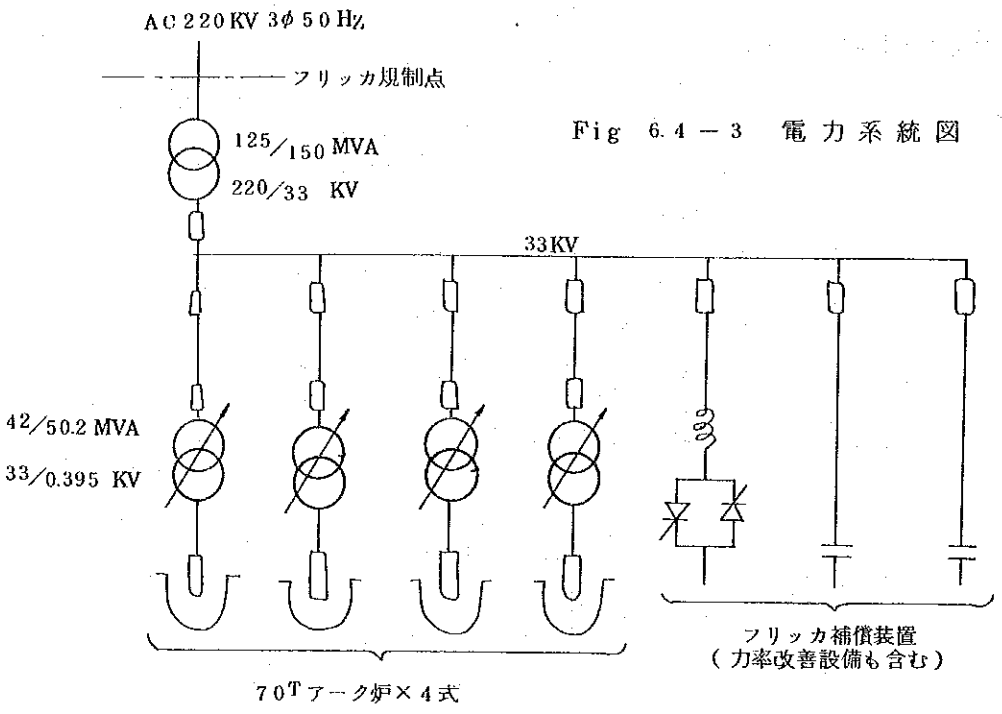


Fig 6.4－3 電力系統図

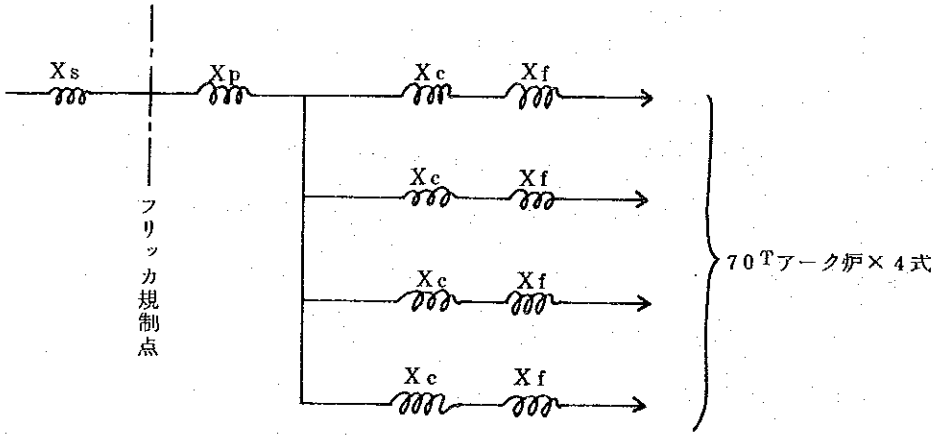
フリッカ規制点における短絡容量：2500 MVA

フリッカ規制条件：炉内短絡時における電圧変動を2％に抑制する

改善後力率　　：Cos φ2 ＝ 0.9

(2) フリッカ補償装置容量の算出

インピーダンスマップ（10 MVAベース）



Xs ：規制点における系統リアクタンス

$$Xs = \frac{10}{2500} \times 1000 = 0.4\%$$

Xp ：150MVA変圧器のリアクタンス

$$Xp = 14.9 \times \frac{10}{150} = 0.993\%$$

Xc ：33 KV ケーブルのリアクタンス

$$Xc = \frac{10 \times 0.12}{30^2} \times 100 = 0.133\ \%$$

Xf ：炉及び炉用変圧器のリアクタンス

$$Xf = \frac{10^7 \times 3.3 \times 10^{-3}}{495^2} \times 100 = 13.468\ \%$$

1炉による炉内短絡時の電圧変動は

$$Vt = \frac{Xs}{Xs + Xp + Xc + Xf} \times 100 = 2.67\%$$

この時の無効電力は，

$$Qmax = \frac{10}{Xs + Xp + Xc + Xf} \times 100 = 66.7\,MVAR$$

4炉による炉内短絡時の合成電圧変動は

$$Vtr = Vt \times 1.4 = 3.74\%$$

この時の無効電力は

$$Qmaxr = Qmax \times 1.4 = 95.4\ MVA$$

フリッカ改善率は

$$K = \frac{Vtr - 2.0}{Vtr} = 0.465$$

フリッカ補償装置の補償率αは

$$\alpha = 0.49$$

従ってフリッカ補償装置の容量は

$$QFc = Qmaxr \times \alpha = 45.8\ MVA$$

故に50 MVAとする。

(3) 力率改善用コンデンサ容量の算出

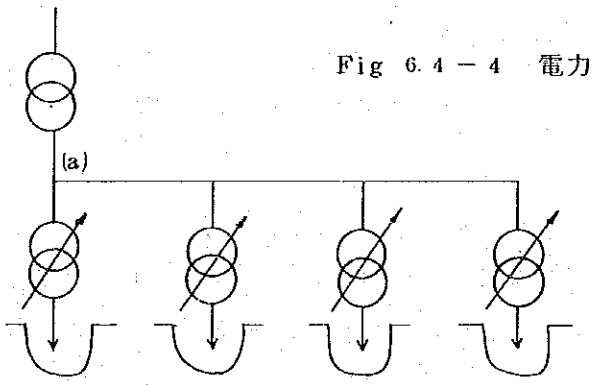


Fig 6.4－4 電力系統図

Fig 6.4－4図において，(a)点の力率を0.9にするための所要コンデンサ容量は

$$Qsc = (P1 \times 3 + P2) \times (\tan\phi_1 - \tan\phi_2)$$

$$= 69.8\ \mathrm{MVA} \approx 70\ \mathrm{MVA}$$

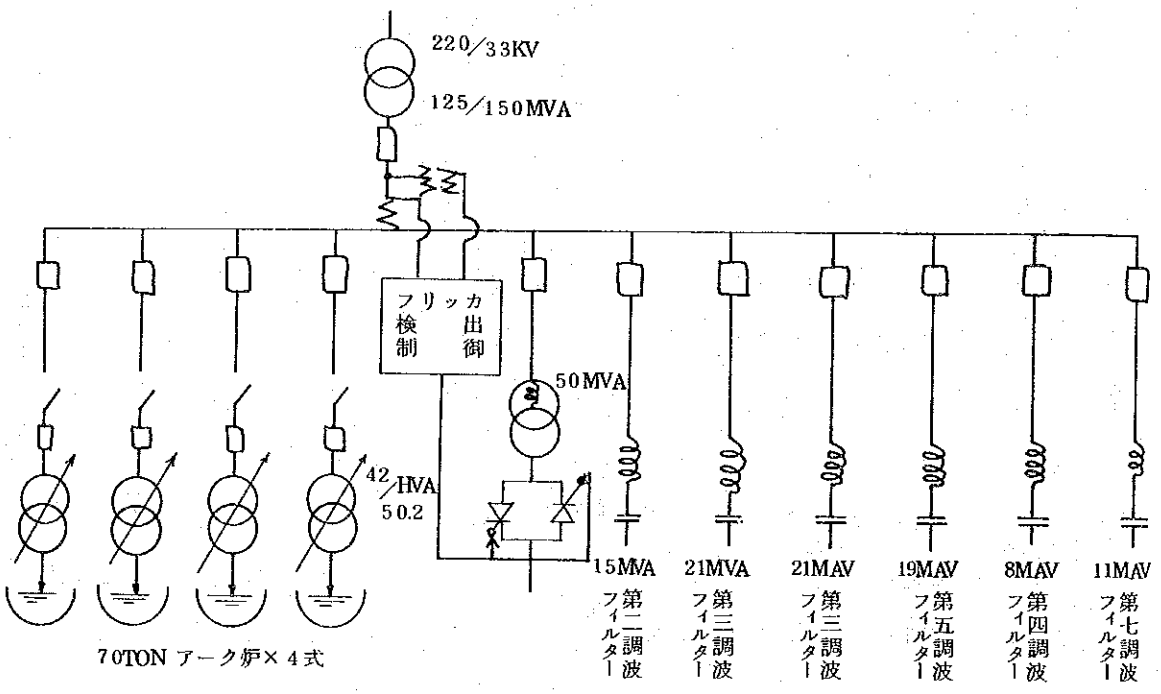
ただし　P1 ：溶解期の電力

P2 ：精練期の電力

となる。但し，フリッカ補償装置より寄与する進相分が25MVAであり，45MVAを設置すればよい。従って進相コンデンサの合計容量は95MVAとなる。

d）フリッカ補償装置の構成

フリッカ補償装置及び力率改善コンデンサ設備の構成は下図のようになる。



6.4.4.7　取　鍋

a．鍋容量及び基数

鍋容量は，"70Tの溶鋼＋約3tのスラグ"を推定して決定した。

基数は，次の理由により12基とした。

使　用：3鍋

連々鋳用：2〃

煉瓦修理：3〃

保　　熱：2鍋

事 故 用：1〃（ＣＣに事故が発生した場合ＥＡＦにもどす）

修　　理：1〃

計　　：12鍋

b．レードルバルブ

本工場には，従来のストッパーノズル方式の代りに，機械的に開閉を行うレードルバルブ－ロータリーノズルを採用した。本方式は，従来の方法に較べ，大巾に溶鋼の漏洩事故を減少させ，ＣＣの稼動率向上に大きく寄与するものである。

c．鍋の修理

Ⓖ－Ⓔ間に4鍋修理出来る修理場を用意して，常昼で修理を行う。修理は鍋の使用サイクルについて煉瓦全部の総取替を含め3回の修理を行う計画とした。使用中の中間修理の第1回目は，スラブラインと敷煉瓦及び敷煉瓦から3～4段の壁煉瓦の取替を行い，第2回目は第1回で交換しなかった部分の煉瓦の取替を行う。

第1回修理　　15～20回

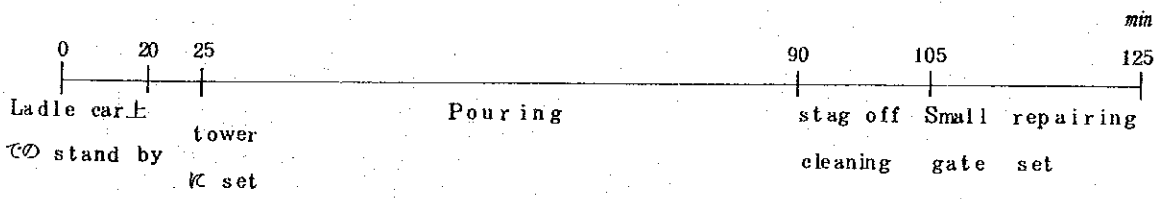
第2回修理　　25～30回

総使用回数33～38回　→大修理

d．鍋の作業フロー

電気炉から出鋼された溶鋼は，炉下に設備された取鍋台車上に用意された鍋に受け，取鍋台車でⒹ－Ⓔ間に移動する。そこで鍋は130／50／20ｔレードル・クレーンで吊上げ，連鋳のスイングタワーに運ばれる。約60分の鋳造が終了后，鍋は滓返しされ，鍋スタンドに置かれる。スタンド上の鍋は煉瓦に附着した地金及び滓を取り除き，ロータリー・ノズルを取付けて，次の受鋼準備を終了する。

平常作業に於ける取鍋使用サイクルは次の通りである。



6. 4. 5　計算機制御システム

操業のガイダンス，一部設備の自動制御及びデータロギングを行うために，小容量計算機の設置を計画した。制御項目は次の通りである。

6. 4. 5. 1　制御機能

a．データロギング

原料から製品までの過程についてデータのトラッキングを行い，総合した情報の形式で印字出力し，生産管理の目的に供するものである。

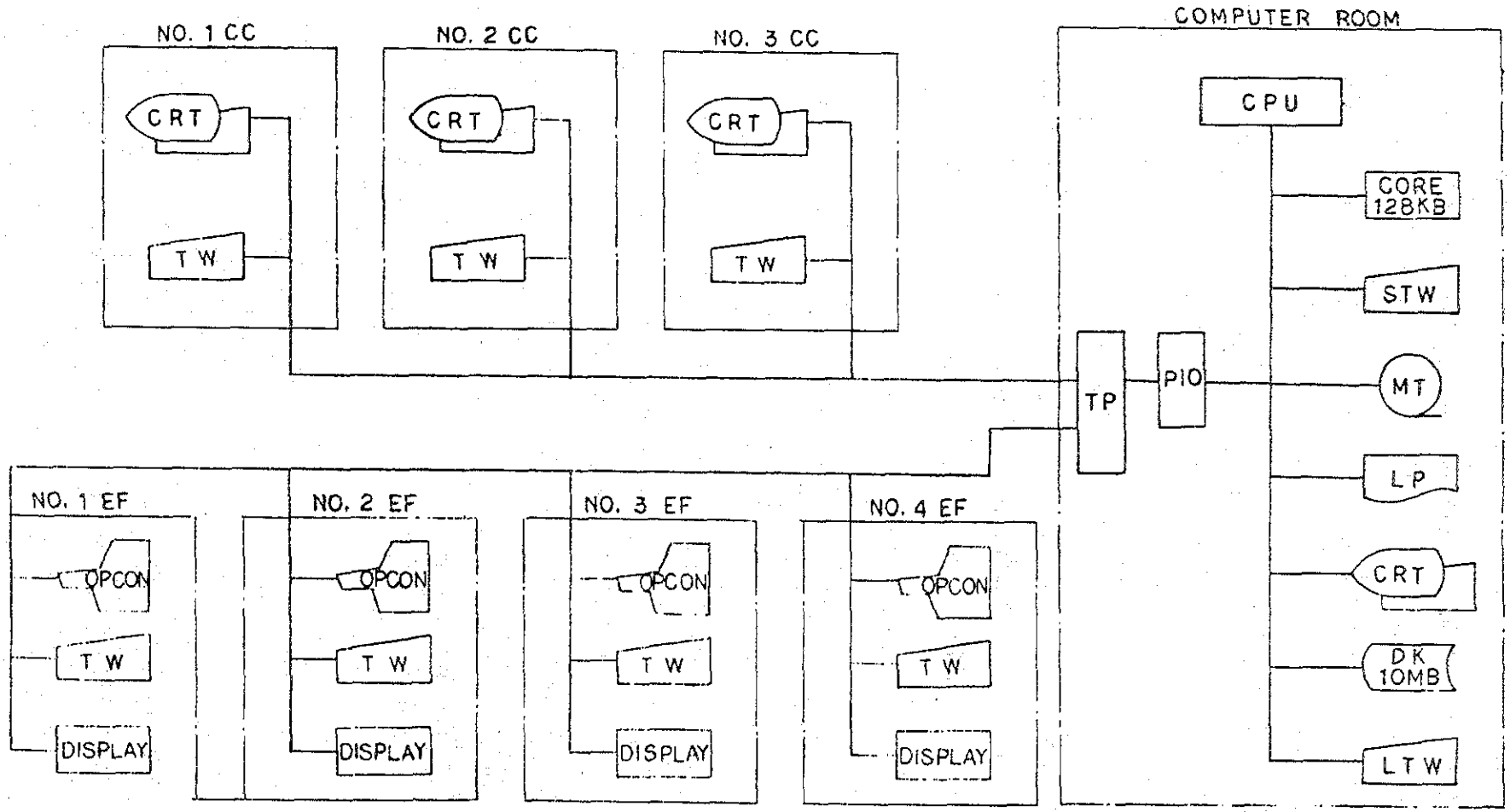
b．オペレーションガイダンス

設定値或いは演算結果とプロセスデータとを比較して境界条件をチェックし，正常な状態にあるよう制御し，また警報を発する。

c．自動制御

アーク電力を制御して，電力量デマントと溶解過程の自動運転制御を行う。

次ページにFlowを示す。


NO. 1 CC
CRT
TW
NO. 2 CC
CRT
TW
NO. 3 CC
CRT
TW
COMPUTER ROOM
CPU
CORE 128KB
STW
MT
LP
CRT
DK 10MB
LTW
TP
PIO
NO. 1 EF
OPCON
TW
DISPLAY
NO. 2 EF
OPCON
TW
DISPLAY
NO. 3 EF
OPCON
TW
DISPLAY
NO. 4 EF
OPCON
TW
DISPLAY

6. 4. 5. 2　機　　器

製鋼設備すなわち電気炉と連続鋳造設備において上述の制御機能を果すために，中央演算処理装置を設ける。

計算機は，空調付きの計算機室に設置するものとし，運転操作用の端末器や検出装置は，操作室や各関連のあるコントロールルームに配置する。

6. 4. 5. 3　電気炉制御用応用ソフトウエア

a．データロギング

データ収集

以下のデータを収集する。

a）原料消費量

b）還元鉄，石灰，合金鉄用ホッパー内の貯蔵用レベル

c）エネルギー消費量

d）時間データ

e）溶鋼温度

f）溶鋼分析値

b．電気炉のオペレーション・ガイダンス

データ収集及び演算結果により以下のデータを通知する。

ガイダンスデータは，操作机上の数字表示器やランプにより表示する。

s）ホッパー内の各銘柄毎の貯蔵量，レベル

b）溶解，精錬過程の進捗

c）主原料消費量

d）所要電力量

e）電力消費量

f）溶鋼温度

g）還元鉄装入速度

h）溶解分析値

i）警　　報

c．自動制御

操作机上の選択スイッチの切替により，自動・手動の運転モードを変えることができる。

以下の機能を自動的に制御する。

a） 溶解プロセスの電力投入

b） 還元鉄の連続装入速度

c） 全電気炉の電力デマンド

6.4.5.4　連続鋳造設備応用ソフトウエア

a．データロギング

データ収集

以下のデータを収集する。

a） 取鍋内及びタンディッシュ内の溶鋼温度

b） 取鍋内溶鋼重量

c） モールド及びスプレイの冷却水量

d） モールド及びタンディッシュの冷却水圧力

e） 鋳造速度

f） 切断長及びビレット本数

g） 取鍋内及びタンディッシュ内での溶鋼温度

h） 取鍋内及びタンディッシュ内での溶鋼重量

i） 鋳造速度及びビレットサイズの目標値

j） 警　　報

6.4.6　要員と組織

電気炉係，連続鋳造係及び石灰焼成係を製鋼工場とし，組織及び要点は，Table 6.4－6に示す。

6.4.7　機器リスト

電気炉工場に関する，主機器リストを Fig 6.4－5に示す。

6.4.8　配置図

配置図はDWG 6－4－01に示す。

Table 6.4-6 Man Power and Organization

Plant	Branch	Work Group		Man Power				
				Super-intendent	Assist. Super-intendent	Engineer	Office Staff	Worker
Steel-making	Furnace	Furnace	Day time		1	3		6
			Shift work					148
		Refractory	Day time					20
			Shift work					44
	Casting	Casting	Day time		1	3		6
			Shift work					136
		Crane	Day time					4
			Shift work					76
	Lime Calcining		Day time		1	1		1
			Shift work					40
	Total			1	3	7	8	483

Fig. 6.4-5 Specification Plan of Main Facilities

No.	Facility	Q'ty	Specification
1.	Electric Arc Furnace		
1-1	Mechanicals		
(1)	Furnace platforms, rockers and pedestals	4 sets	
(2)	Furnace shells	4	Type: Non-split, Inside dia.: 5,800 mm, Height: 4,250 mm
(3)	Water cooled panels for shell	4	Area: approx. 60%
(4)	Pouring spouts	4	
(5)	Furnace doors and door hoisting devices	4	For deslagging and feeding ferro-alloys Driving by hydraulic cylinder
(6)	Access platforms	4	
(7)	Swing bed and roof support beams	4	
(8)	Roof lift devices	4	Driving by hydraulic cylinder
(9)	Roof swing devices	4	Driving by hydraulic cylinder
(10)	Roof rings and additional roof rings	8	Outer dia.: 6,100 mm
(11)	Water cooled panels for roof	8	Area: 70%
(12)	Tilt lock and swing lock devices	4	Driving by pneumatic cylinder
(13)	Tilting devices	4	Motor drive, forward tilt: 45°, backward tilt: 15°, with tilt back system under own weight
(14)	Electrode hoisting devices	4	Mech.: motor drive
(15)	Electrode holding devices	4	Mech.: pneumatic cylinder drive
(16)	Economizer	4	

No.	Facility	Q'ty	Specification
(17)	Secondary conductor and secondary bus tube	4 sets	
(18)	Hydraulic power system	4	
(19)	Centralized lubricating system	4	
(20)	Piping for water cooling system	4	
(21)	Piping for compressed air system	4	
(22)	Anchor bolts and liners	4	
			1-1 Total weight : 900 T
1-2	Electrical		
(1)	Furnace transformer	4 units	3 phase, 42/50.2 MVA, 30 kV/F 495V ∿ R395V ∿ 195V, 25V step 13 taps, secondary 61390A, OFWF
(2)	Furnace circuit switch & others		
	1) Furnace circuit switch	4 pcs.	3PST, vacuum, heavy duty type, with cubicle, rated 30kV, 1,200A, rup. cap. 350 MVA
	2) Disconnecting switch	4 pcs.	3PST, rated 30kV, 1,200A
	3) PT, power fuse & arrestor	4 sets	
(3)	Secondary flexible cable	48 pcs.	Water cooled type, 2,500 sqmm, 10m
(4)	Electrode regulating system		
	1) Electrode hoisting motor	12 pcs.	Totally enclosed, forced air cooled, wound rotor induction type, AC380V, 3 phase, 45kW, 6P, with secondary resistor, brake, etc.

	Facility	Q'ty	Specification
	2) Blower for above	4 pcs.	Multi-wing type, motor rating AC380V, 3 phase, 11 kW, 4P
	3) Electrode regulating panel	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting magnetic contactor, thyristor, control unit, etc.
(5)	Control panels		
	1) Centrizing supervisory panel	1 set	For EF, calcining, handling, fume extraction, CCM, power distribution, etc., enclosed, self standing type, mounting graphic, indicating meter, control switch, annunciator, etc.
	2) Metering panel	4 sets	For EF, fume extraction, enclosed, self standing type, mounting indicating meter, protective relay, etc.
	3) Motor control center	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting MCCB, magnetic contactor, control switch, control transformer, etc.
	4) Auxiliary control panel	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting magnetic contactor, auxiliary relay, etc.
	5) Control desk	4 sets	For EF, handling, fume extraction, enclosed, self standing type, mounting control switch, indicating meter, indicating lamp, etc.
	6) Control post for furnace tilt	4 pcs.	Enclosed, pipe standing type, mounting master controller, push button switch, etc.
	7) Control post for hydraulic unit	4 pcs.	Enclosed, wall mounted type, mounting push button switch, etc.
(6)	Battery charging device	1 set	Enclosed, self standing type, alkaline storage battery, 120 AH/5 hour rate, with charger
(7)	Instrument		
	1) Furnace bath temperature measurement	4 sets	Recorder, removable immersion type thermo couple
	2) Furnace bottom temperature measurement	4 sets	Recorder, thermo couple

No.	Facility	Q'ty	Specification
	3) Roller lever type limit switch	100 pcs.	
	4) Cam type limit switch	4 pcs.	
	5) Water flow switch	24 pcs.	
(8)	Tilting motor	4 units	Totally enclosed, wound rotor type, AC380V, 3 phase, 45kW, 6P, 40%, ED, with secondary resistor & brake
1-3	Flicker and Power Factor Compensation Equipment		
(1)	Transformer with reactor	1 unit	3 phase, 30/1.2 kV, 50 MVA
(2)	Thristor	1 set	50 MVA, de-ionized water cooled
(3)	Cooling device for above	1 set	Heat exchanger
(4)	Higher harmonic filter (second)	1 bank	Rated 15 MVA, 30kV, with series reactor (L=25%)
	Higher harmonic filter (third)	2 banks	Rated 21 MVA, 30kV, with series reactor (L=11.1%) and discharging coil
	Higher harmonic filter (fourth)	1 bank	Rated 8 MVA, 30kV, with series reactor (L=6.25%)
	Higher harmonic filter (fifth)	1 bank	Rated 19 MVA, 30kV, with series reactor (L=4%) and discharging coil
	Higher harmonic filter (seventh)	1 bank	Rated 11 MVA, 30kV, with series reactor (L=2.04%) and discharging coil
	Control panels		
	1) Thyristor control panel	1 set	Enclosed, self standing type, mounting reactive power detecting unit, phase control unit, etc.

No.	Facility	Q'ty	Specification
	2) Supervisory panel	1 set	Enclosed, self standing type, mounting indicator, control switch, etc.
	3) Auxiliary control panel	1 set	Enclosed, self standing type, mounting MCCB, magnetic contactor
1-4	Refractory	4	
1-5	Graphite Electrodes		
(1)	Graphite electrodes	4	
(2)	Nipples	4	
2.	Handling Facilities		
2-1	Steel Handling Facilities		
(1)	Steel ladles	12	Capacity: 70 T
(2)	Ladle valve	12	With preparation and off-line system
(3)	Ladle transfer cars	4	Type: electric self-travelling car with wound cabtyre cable
(4)	Refractories for ladle	12	
2-2	Scrap Handling Facilities		
(1)	Scrap charging buckets	4	Type: clam-shell, Capacity: 45 m^3

No.	Facility	Q'ty	Specification
(2)	Scrap transfer cars	2	Type: electric self-travelling car with wound cabtyre cable
(3)	Track weighbridge	2	Type: load cell, with digital indication on site
2-3	Sponge Iron and Burnt Lime		
(1)	Storage system		Excluding control system
(2)	Belt conveyors	5	Type: stringer, Capacity: 300 T/h
(3)	Junction house	3	
(4)	Shuttle conveyors	2	
(5)	Receiving hopper for lime	1	Capacity: 30 m^3
2-4	Feeding System		
(1)	Storage bunkers for sponge iron	16	Capacity: 50 m^3 with level detector
(2)	Discharging equipment below storage bunkers for sponge iron	16	Type: vibrating feeder, Capacity: 100 T/h
(3)	Storage bunker for lime	4	Capacity: 50 m^3 with level detector
(4)	Discharging equipment below storage bunkers for lime	4	Type: vibrating feeder, Capacity: 60 T/h
(5)	Weigh hoppers for sponge iron	8	Type: load cell, Capacity: 8 T
(6)	Discharging equipment below weigh hopper for sponge iron	8	Type: vibrating feeder, Capacity: 70 T/h
(7)	Weigh hopper for lime	4	Type: load cell, Capacity: 6 m^3

No.	Facility	Q'ty	Specification
(8)	Discharging equipment below weigh hopper for lime	4	Type: vibrating feeder, Capacity: 10 T/h
(9)	Conveyor	8	Type: stringer type, Capacity: 80 T/h
(10)	Bucket conveyors	4	Type: bucket (IB conveyor), Capacity: 80 T/h
(11)	Swing chute	4	Type: Swing-aside single-feed pipe, Driving by pneumatic air cylinder
(12)	Charging chute	4	Fixed on the roof and water cooled
2-5	Ferro-Alloy and Additives Handling Facilities		
(1)	Charging boxes	24	Capacity: 0.25 m^3
(2)	Charging machines	4	Capacity: 2 T, Driving by diesel engine
(3)	Benches for charging boxes	4	
(4)	Portable weighing machines	2	Capacity: 3 T
(5)	Portable bins for filling the ferro-alloy	16	Capacity: 1 m^3
(6)	Storage bunkers	18	Capacity: 6 m^3 with vibrating feeder
(7)	Lorry cars	2	Capacity: 3 T
(8)	Vibrating hopper for ladle addition	4	Capacity: 1 m^3
2-5	Electrical		
(1)	Power distribution board	1 set	Enclosed, self standing type, mounting MCCB

No.	Facility	Q'ty	Specification
(2)	Control panels		
	1) Motor control center for transportation system	1 set	Enclosed, self standing type, mounting MCCB, magnetic contactor, control switch, etc.
	2) Motor control center for feed system	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting MCCB, magnetic contactor, control switch, etc.
	3) Feeder control panel	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting MCCB, magnetic contactor, adjuster, etc.
	4) Programmable controller	1 set	Micro computer
	5) Auxiliary control panel	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting auxiliary relay, etc.
	6) Control post	19 sets	Enclosed, wall mounted type, mounting push button switch & indicating lamp
	7) Level detector panel	2 sets	Enclosed, wall mounted type, mounting MCCB
	8) Termination station panel	2 sets	Enclosed, self standing type
(3)	Instrument & sensors		
	1) Level detector	60 pcs.	
	2) Speed switch	20 pcs.	
	3) Chute plug-up detector	16 pcs.	
	4) Limit switch	100 pcs.	

No.	Facility	Q'ty	Specification
3.	Arc Furnace Fume Extraction System		
3-1	Mechanical		
(1)	Bag filter	4	
(2)	Accessories of bag filter	4	Two way damper, Reverse damper, Double damper, Manhole, etc.
(3)	Filter bags and accessories	1,488	ø292 x 10,000 mℓ, glass filter
(4)	Elbow and sleeve	4	ø800 x ø1,000, water cooled
(5)	Slide motor	4	
(6)	Slide duct and motor	4	
(7)	Combustion chamber	4	ø2,600 x ø2,800 x 1,000, water cooled
(8)	Water cooled duct	4	ø1,200 x ø1,350 x 185,000
(9)	Air-cooled duct	4	ø1,350 x (10,000 x 20,000)
(10)	Stack	2	ø2,000 x 20,000
(11)	Chain conveyor	6	2 T/h x 22,000, 4 T/h x 10,000
(12)	Bucket conveyor	2	4 T/h x 25,000
(13)	Dust bunker	2	
(14)	Pelletizer	2	2 T/h x 7.5 kW
(15)	Fan	4	2,000 m^3/min. x 700 mm H_2O at 220°C
(16)	Motor	4	470 kW x 4P
			Total: - 1,167 T

No.	Facility	Q'ty	Specification
3-2	Electrical		
(1)	3 kV switchboard		
	1) HT motor starter panel	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting power fuse, HT contactor, starting compensator, control switch, etc.
(2)	Control panels		
	1) Motor control center	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting MCCB, magnetic contactor, control switch, etc.
	2) Auxiliary control panel	4 sets	Enclosed, self standing type, mounting auxiliary relay, etc.
	3) Control post	12 pcs.	Enclosed, wall mounted type, mounting push button switch, indicating lamp, etc.
(3)	Instrument & sensors		
	1) Bag filter temperature measurement	4 sets	Indicator, thermocouple
	2) Flow switch	16 pcs.	
	3) Pressure switch	20 pcs.	
	4) Limit switch	40 pcs.	
	5) Differential pressure switch	4 pcs.	
(4)	AC motor		
	1) HT motor for IDF	4 pcs.	Totally enclosed, cage rotor type, AC 3 kV, 550 kW

No.	Facility	Q'ty	Specification
4.	Slag Handling Facilities		
4-1	Slag Pots	28	Capacity: 8 m^3
4-2	Mobile Slag Pot Carriers	3	Capacity: 30 T, Self loading type
5.	Preparation Facilities		
5-1	Ladle Preparation Facilities		
(1)	Nozzle preparation stand	2	Stationary type
(2)	Ladle relining pit	1	Capacity: 4 ladles
(3)	Ladle driers	6	Vertical type, Fuel: Natural gas
5-2	Electrode Stands	2	
5-3	Roof Breaking and Lining Facilities		
(1)	Roof breaking equipment	2	
(2)	Steel and concrete template	4	
5-4	Shell Lining Decks	2	

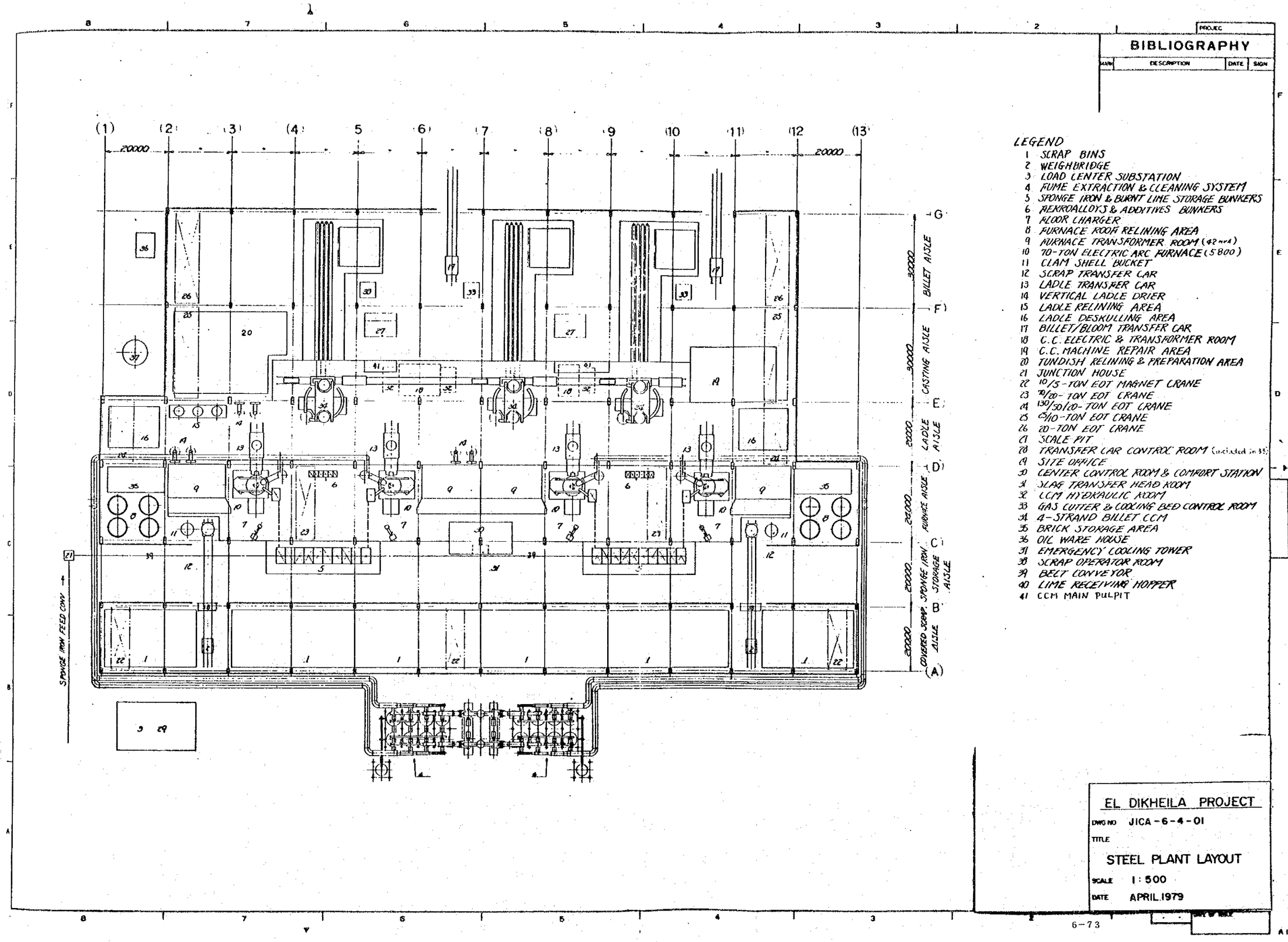
No.	Facility	Q'ty	Specification
6.	Miscellaneous Items		
6-1	Wet Guns	4	Capacity: 2.2 m^3
6-2	Dry Guns	4	Capacity: 2.2 m^3
6-3	Motor Mixers	4	
6-4	Immersion Pyrometer System	8	
7.	Cranes and Hoist		
7-1	10/5-ton EOT crane	3	Srap aisle, 20m span, with magnet of 1,800ø
7-2	70/20-ton EOT crane	2	Furnace aisle, 24m span
7-3	130/50/20-ton EOT crane	2	Ladle aisle, 20m span
7-4	25/10-ton EOT crane	2	Casting aisle, 30m span
7-5	20-ton EOT crane	2	Billet aisle, 30m span
7-6	Hoist		
(1)	10-ton	4	Lift 30m
(2)	5-ton	2	Lift 30m
(3)	1-ton	1	Lift 6m

No.	Facility	Q'ty	Specification
8.	Common Electrical		
8-1	Power Distribution System		
(1)	3 kV switchboard	1 set	Enclosed, self standing type, mounting CB (rated 3 kV, 600A rup. cap. 250 MVA) protective relay, indicating meter, control switch, etc.
(2)	Transformer	3 units	3P4W, 3/0.38/0.22 kV, 1,000 kVA, with bus duct
(3)	Transformer	1 unit	3P4W, 3/0.38/0.22 kV, 1,500 kVA, with bus duct
(4)	Load center for EF	1 set	Enclosed, self standing type, with CB (rated 3 kV, 600A rup. cap. 250 MVA) protective relay, indicating meter, control switch, etc.
(5)	Load center for handling & others	1 set	same as above
(6)	Load center for lighting, air conditioning/ ventilator & small power	1 set	same as above
(7)	Load center for crane	1 set	Enclosed, self standing type, with CB (rated 3 kV, 600 ∿ 1,200A, rup. cap. 250 MVA), protective relay indicating meter, control switch, etc.
(8)	Power distribution board for miscellaneous & others	2 sets	Enclosed, self standing type, with MCCB
(9)	Battery and charging device	1 set	Enclosed, self standing type, alkaline storage battery 120 AH/5 hours rate, with charger
(10)	Inverter	1 set	Enclosed, self standing type, 10 kVA, alkaline storage battery 120 AH/5 hours rate, with charger

No.	Facility	Q'ty	Specification
8-2	Lighting and Small Power		
(1)	Sub-power distribution board	6 pcs.	Enclosed, self standing type, with MCCB MCCB: 225AF x 6
(2)	Lighting power distribution board	40 pcs.	Enclosed, self standing type, with MCCB MCCB: Incoming 225AF x 1 Outgoing 50AF x 12
(3)	Sodium vapour lamp for high-bay	400 pcs.	Projector type, bulb 400W, 220V, with blaster
(4)	Incandescent lamp for high-bay	40 pcs.	Projector type, bulb 1,000W, 220V
(5)	Incandescent lamp for walking-way	50 pcs.	Bracket type, bulb 100W, 220V
(6)	Fluorescent lamp for low-bay	650 pcs.	
(7)	Fluorescent lamp for low-bay	200 pcs.	
(8)	Fluorescent lamp for low-bay	280 pcs.	
(9)	Fluorescent lamp for emergency	120 pcs.	
(10)	Fluorescent lamp for emergency	60 pcs.	
(11)	Fluorescent lamp for emergency	60 pcs.	
(12)	Mercury vapour lamp for outdoor	60 pcs.	
(13)	Battery charging device	1 set	Enclosed, self standing type, 80 AH/5 hour rate, with charger
(14)	Outlet socket	30 pcs.	380V, 100A, 4P, with interlocked switch
(15)	Outlet socket	30 pcs.	220V, 16A, 3P, with interlocked switch

No.	Facility	Q'ty	Specification
8-3	Intercommunication		
(1)	Despatcher system		
	a) Main control device	1 set	Enclosed, dust-proof type, mounting amplifier, relay, calling push button switch, signal lamp, etc., lime capacity: 50 lime
	b) Battery charging device	1 set	Enclosed, self standing type, 36 AH/10 hour rate, DC 50V
	c) Telephone	18 pcs.	Dust proof, non-dialing type
(2)	Loudspeaker system		
	a) Main control device	4 sets	Enclosed, dust proof type, mounting amplifier, power source unit, signal lamp, etc., 12 channel
	b) Main control device	1 set	Enclosed, dust proof type, mounting amplifier, power source unit, signal lamp, etc., 24 channel
	c) Operator station	60 sets	Table mounted type, mounting mic., speaker, selector switch, indicating lamp, etc.
	d) Terminal box	5 sets	
(3)	Radio communication system		
	a) Main control device	5 sets	Handset type, receiver, mic., speaker, selector switch, etc.
	b) Stationary station	10 sets	Crane top type, receiver, mic., speaker, selector switch, etc.
	c) Mobile station	3 sets	Portable type, receiver, mic., speaker, selector switch, etc.
	d) Portable station	1 set	Camera, monitor

No.	Facility	Q'ty	Specification
(4)	T.V. for supervisory		
	a) Camera	9 pcs.	Fixed type with wide angle lens and dust proof case.
	b) Video monitor	6 pcs.	Monochrome, 17 inch type
	c) Power unit and amplifier	1 set	Automatic voltage regulator, wire compensating amplifier, video changer and accessories.
9.	Ventilation/Air Conditioning		
9-1	Ventilation for Furnace Electric Room		
(1)	Air filter	4 pcs.	Roll-O-Matic, 2,000 m^3/min.
(2)	Blower	4 pcs.	40 mmAq, 2,000 m^3/min., motor 37 kw
(3)	Exhaust fan	40 pcs.	
(4)	Starter panel	4 sets	Enclosed, self standing type, with MCCB conductor
(5)	Duct	180 m	
9-2	Air Conditioning for Control Room and Others		
(1)	Air conditioner	6 pcs.	Air cooling, package type, 9,000 Kcal/H
(2)	Air conditioner	4 pcs.	Air cooling, package type, 12,000 Kcal/H
(3)	Air conditioner	19 pcs.	Air cooling, package type, 18,000 Kcal/H
(4)	Air conditioner	29 pcs.	Air cooling, package type, 24,000 Kcal/H
(5)	Power distribution board	4 sets	Enclosed, self standing type, with MCCB, etc.


BIBLIOGRAPHY
LEGEND
1 SCRAP BINS
2 WEIGHBRIDGE
3 LOAD CENTER SUBSTATION
4 FUME EXTRACTION & CLEANING SYSTEM
5 SPONGE IRON & BURNT LIME STORAGE BUNKERS
6 FERROALLOYS & ADDITIVES BUNKERS
7 FLOOR CHARGER
8 FURNACE ROOF RELINING AREA
9 FURNACE TRANSFORMER ROOM (42 nos)
10 70-TON ELECTRIC ARC FURNACE (5800)
11 CLAM SHELL BUCKET
12 SCRAP TRANSFER CAR
13 LADLE TRANSFER CAR
14 VERTICAL LADLE DRIER
15 LADLE RELINING AREA
16 LADLE DESKULLING AREA
17 BILLET/BLOOM TRANSFER CAR
18 C.C. ELECTRIC & TRANSFORMER ROOM
19 C.C. MACHINE REPAIR AREA
20 TUNDISH RELINING & PREPARATION AREA
21 JUNCTION HOUSE
22 10/5-TON EOT MAGNET CRANE
23 70/20-TON EOT CRANE
24 130/50/20-TON EOT CRANE
25 25/10-TON EOT CRANE
26 20-TON EOT CRANE
27 SCALE PIT
28 TRANSFER CAR CONTROL ROOM (included in 35)
29 SITE OFFICE
30 CENTER CONTROL ROOM & COMFORT STATION
31 SLAG TRANSFER HEAD ROOM
32 CCM HYDRAULIC ROOM
33 GAS CUTTER & COOLING BED CONTROL ROOM
34 4-STRAND BILLET CCM
35 BRICK STORAGE AREA
36 OIL WARE HOUSE
37 EMERGENCY COOLING TOWER
38 SCRAP OPERATOR ROOM
39 BELT CONVEYOR
40 LIME RECEIVING HOPPER
41 CCM MAIN PULPIT
BILLET AISLE
CASTING AISLE
LADLE AISLE
FURNACE AISLE
STORAGE AISLE
COVERED SCRAP, SPONGE IRON
SPONGE IRON FEED CONV
20000
30000
EL DIKHEILA PROJECT
DWG NO JICA-6-4-01
TITLE
STEEL PLANT LAYOUT
SCALE 1:500
DATE APRIL 1979

6.5 連続鋳造工場

6.5.1 概　　要

ビレット連続鋳造工場（連鋳工場）は，４ストランド連鋳機３基から構成されており，前述の電気炉工場内で溶解，精錬された溶鋼を連続的に鋳造し，線材，棒鋼用ビレットを７７０,０００ｔ／Ｙ生産する。

6.5.2 生産計画

6.5.2.1 稼働日数

本連鋳工場は，３Shift/4 crewで年間３３０日稼働するものとする。

6.5.2.2 生産能力

電気炉工場から供給された溶鋼は，連続的にビレットに鋳造され，ビレットの年間生産量は，７７０,０００ｔである。生産されるビレットの鋼種は，中低炭素鋼である。

本連鋳工場の設計計算上の能力は，表６，５－１の通りである。本表は，連鋳機１基当りの理論的な生産能力を示す。

表6. 5－1　連鋳機生産能力

1	鋳片単重量	１３０Kg／m（１３０mm角）
2	鋳造速度	2.2 m/min
3	１基当り毎分理論生産能力	１３０Kg／m×2.2 m／min×4 strands=1.144 Kg/min
4	生産割合	鋳造時間÷１チャージ鋳造サイクル＝６２÷１０２＝約0.61
5	歩留り	約0.95
6	１基当り生産能力	1.144 t／min×60 min／h×0.61×0.95＝約39.8 t／h 39.8 t／h×24 h×330 days＝約315,000 t／Y

6.5.2.3 製造原単位

鋳造製品１トン当りの計算原単位を，表６，５－２に示す。

表6. 5－2　製造製品トン当り原単位

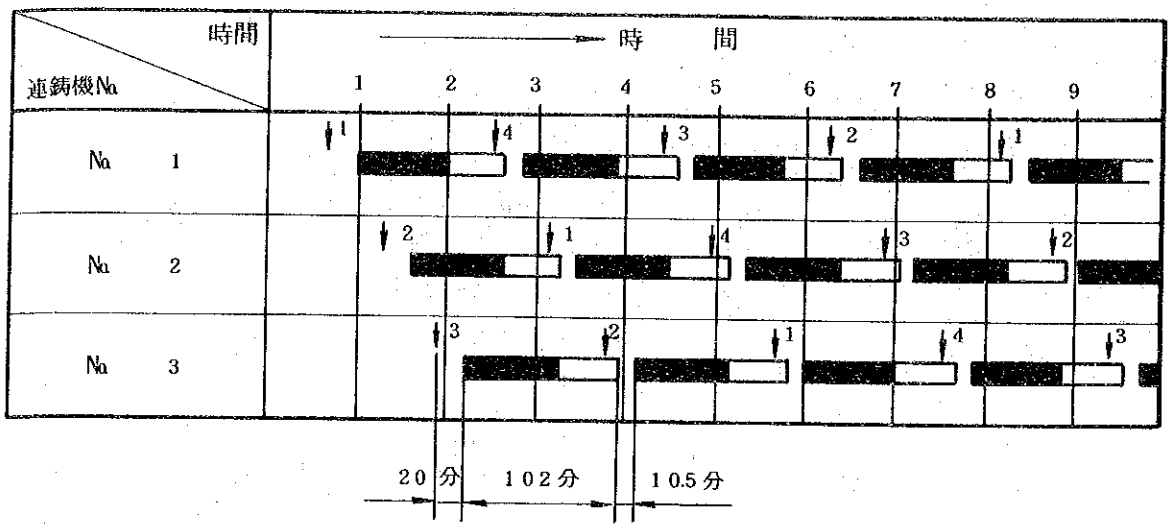
	項　　目	原　単　位
1	電　　力	20 KWh
2	工業用水	0.5 m^3
3	圧縮空気	25 Nm^3
4	窒　　素	0.22 Nm^3
5	天然ガス	4 Nm^3
6	酸　　素	1.6 Nm^3
7	鋳型潤滑油	0.2 Kg
8	その他潤滑油	0.02 Kg
9	アルミ線	95 g
10	耐火物	5 Kg
11	鋳型（銅製チューブ）	1 g
12	ロール	0.022 Kg

備考：上記工業用水は，メークアップ水を示す。

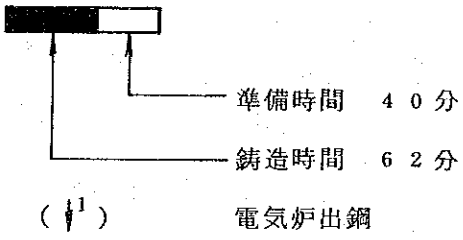
6.5.2.4　操業計画

本工場の鋳造計画は，表6，5－3に示すとうりである。

表6. 5－3 鋳造計画表



記号



備考：

1 電気炉基数： 4

2 電気炉出鋼量： 70トン

3 連鋳機基数： 3

4 ストランド数： 4

5 ビレットサイズ： 130㎜角

6 出鋼間隔： 37.5分

7 鋳造サイクル時間： 102分

8 準備時間： 40分

6.5.2.5　マテリアルバランス及びフローシート

本連鋳工場のマテリアルバランスは，図6，5－1に示す。またマテリアルフロー

図6，5－2に示す。

Fig. 6. 5－1　マテリアルバランスシート

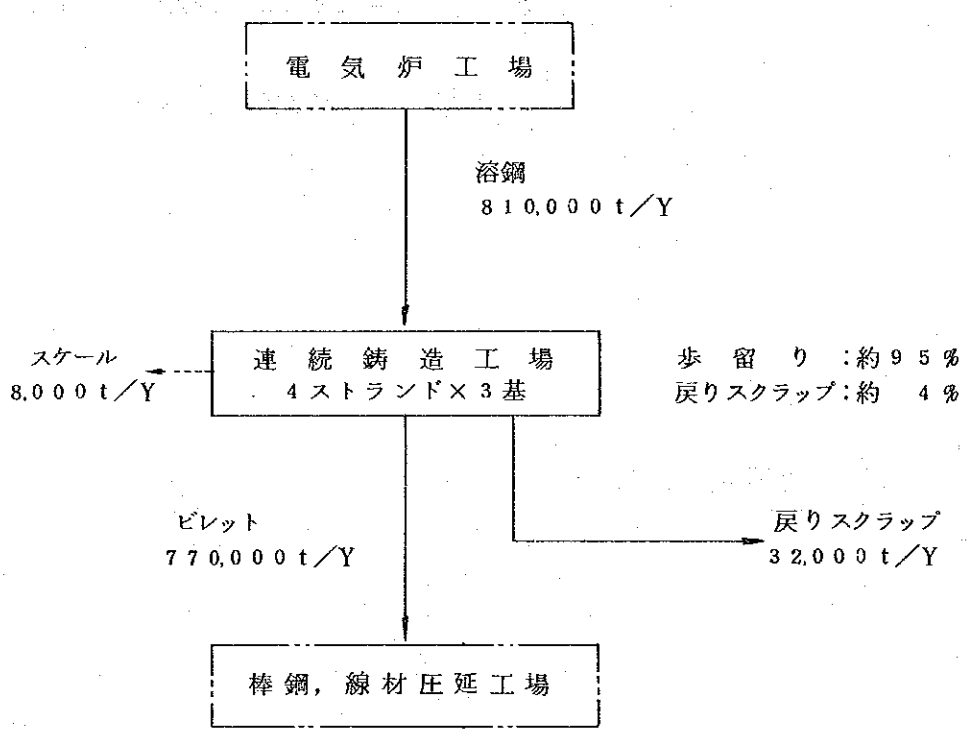
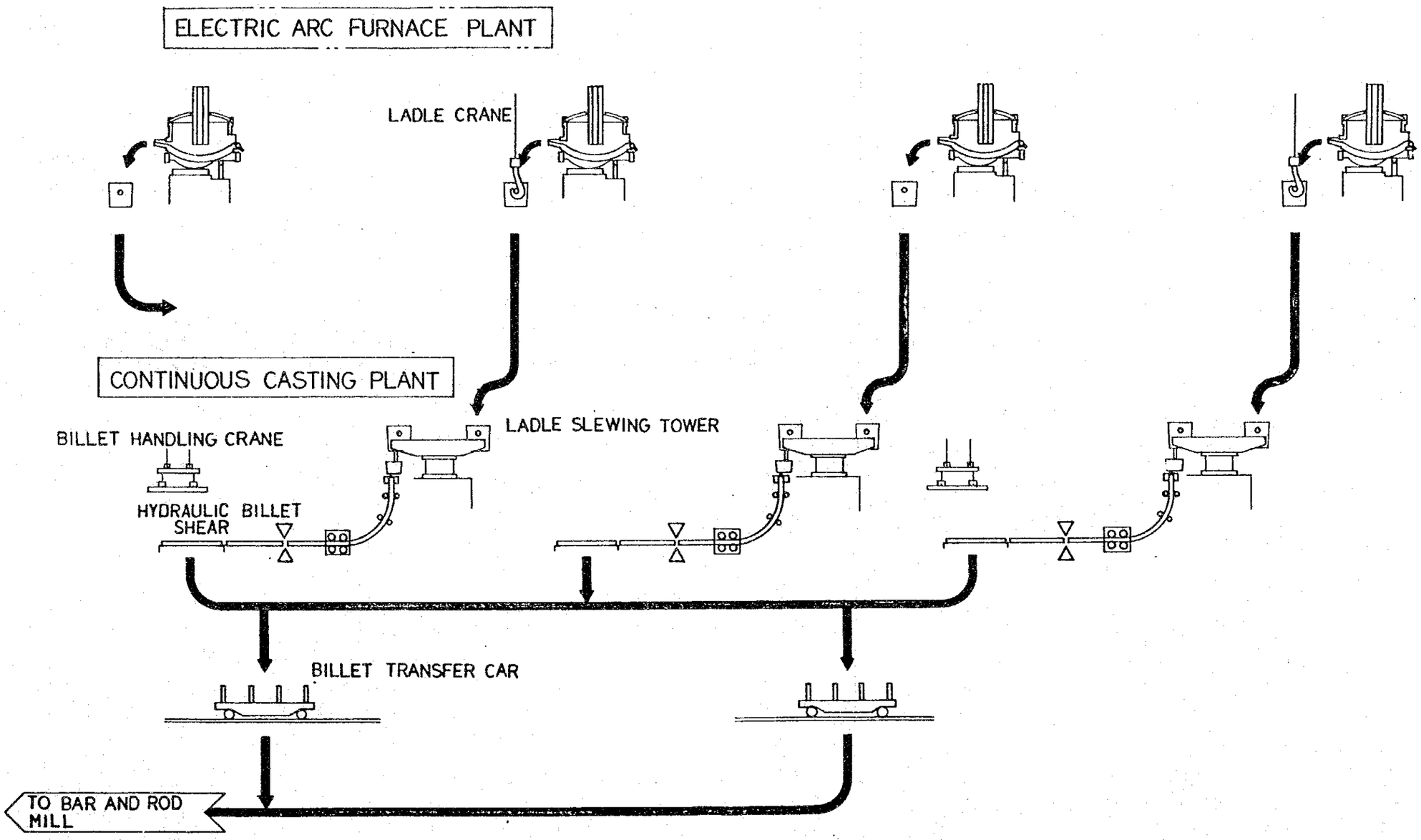


Fig. 6. 5. 2 MATERIAL FLOW SHEET



6.5.3 連続鋳造工場の仕様

6.5.3.1 レイアウト

電気炉工場の取鍋操作棟と本連鋳工場の鋳造棟は，別個に位置しており，2棟間での取鍋の受渡しは，取鍋操作棟の天井走行クレーンと，2棟間に設置された取鍋旋回装置によって行なわれる。それ故，取鍋及びタンディッシュの取替は，他の連鋳機の操業を妨げることなく行われ，連，連鋳操業が容易に行なえるよう計画されている。

連続鋳造作業の概略を以下に述べる。

電気炉より受鋼した取鍋は，取鍋操作棟の天井クレーンにより取鍋旋回装置のアーム上に載せられ，その旋回により鋳造棟へ運ばれる。

取鍋内の溶鋼は，タンディッシュ内に注入され，そして，予めダミーバがセットされている鋳型内に供給される。溶鋼が鋳型内の所定位置まで注入されるとダミーバの引抜と鋳型の振動が開始される。鋳片は，引抜矯正ロール装置で連続的に引抜かれ，油圧式切断機により所定の長さに切断される。

切断鋳片は，切断装置後面テーブル，ダミーバ保持テーブル及び搬出テーブルを通って冷却床に搬送される。搬出テーブル後端で各鋳片は，ビレットマーカによってストランド毎に鋳造番号と切断番号を自動的に刻印される。冷却床上で冷却された鋳片は，吊り用マグネット付の天井走行クレーンによってビレット搬送台車に積まれ線材棒鋼工場に運搬される。

連続鋳造機の主な仕様を，表6，5－4に示す。また，レイアウトは，図番JICA－6.4－01，JICA－6.5－0.1およびJICA－6.5－0.2に示す。

表6. 5－4 連続鋳造機主仕様

1	連鋳設備型式	垂直鋳型ラジアル型
2	連鋳設備基数	4ストランド×3基
3	溶製炉	70トン電気炉4基
4	基準面曲率半径	6,500 mm
5	鋳片寸法	
	断面	130×130mm（標準） （100×100～150×150mm）
	長さ	最大16,000 mm
6	単重	最大 2t
7	運転速度	
	鋳造時	3 m／min（最大）
	ダミーバ挿入時	4.5 m／min

6.5.4 要員計画

本工場の操業要員を表6，5－5に示す。これは3shift／4crew制に基いている。

表6. 5－5 要員計画

	職種	人員	常昼者	交替要員
	連鋳操業要員			
	管理者	1	1	
	技術員	4	4	
	組長	4		1／shift×4crew
	班長	24		2／shift×4crew×3基
	作業員	108		9／shift×4crew×3基
	合計	141	5	136

注記：

○クレーン運転要員は，上記の表には含まれていない。

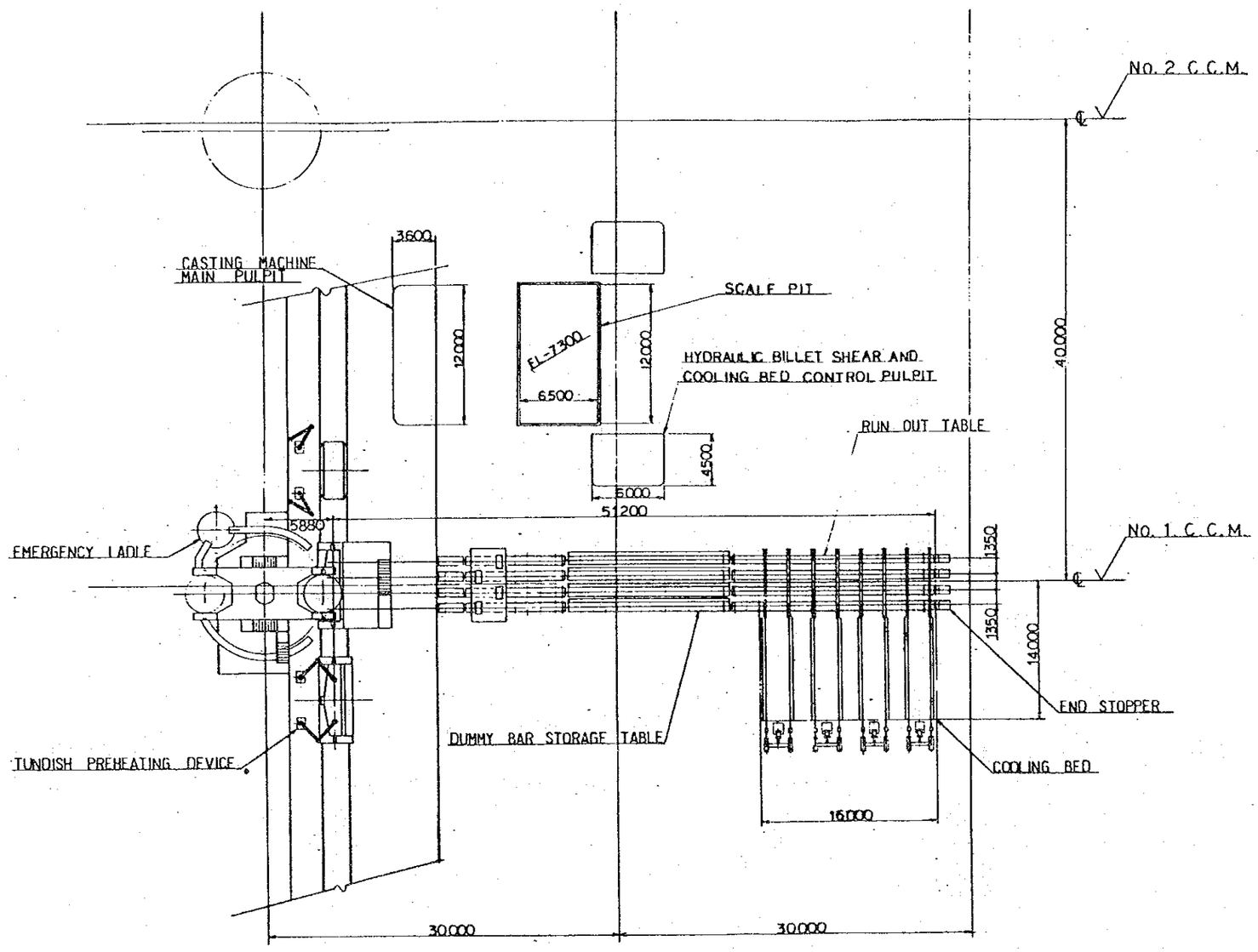
6.5.5 機器リスト

本連鋳工場の機器を表6，5－6に示す。

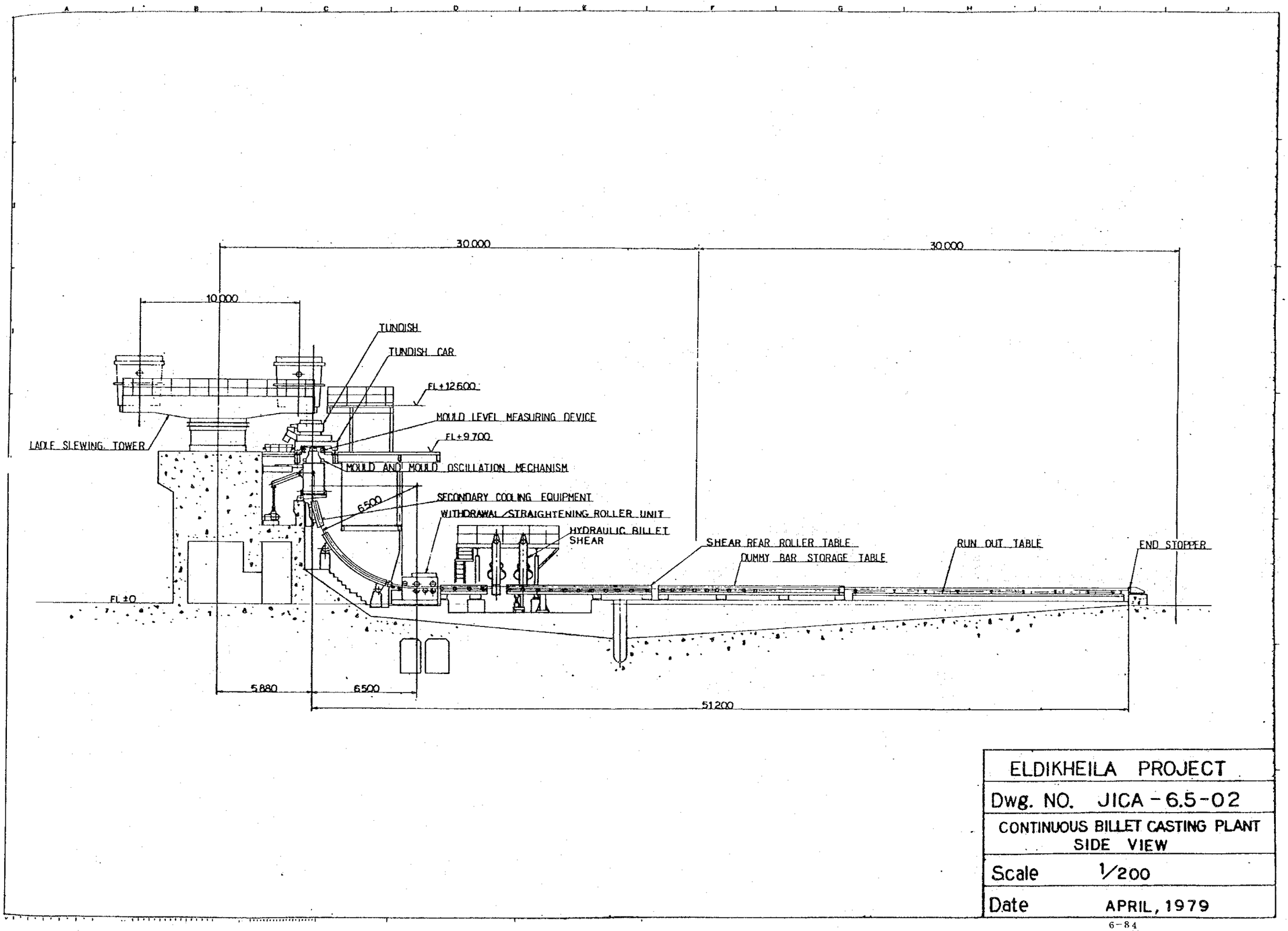
Table 6.5-6 Equipment List

Equipment	Q'ty	Description
1 Molten Steel Handling Equipment	1 set	Ladle slewing tower: 3 Tundish with cover : 18 Tundish car : 6
2 Continuous Casting Machine	1 set	Mould assembly : 12 Mould centering device : 12 Secondary cooling equipment : 12 Steam exhausting system: 3 Withdrawal/straightening roller unit : 12 Dummy bar : 12
3 Discharging Equipment	1 set	Hydraulic billet shear : 12 Shear front table : 12 Shear rear table : 12 Dummy bar storage table: 12 Run out table : 12 Dummy bar storage : 12 Billet marker : 6 Cooling bed : 3 Billet transfer car : 2
4 Hydraulic System	1 set	
5 Lubrication System	1 set	

Equipment	Q'ty	Description
6 Interconnecting Piping	1 set	Cooling water, compressed air, oxygen gas, potable water piping, etc.
7 Repair and Assembly Equipment	1 set	Mould maintenance deck, roller apron aligning stand, etc.
8 Tundish Preparation Equipment	1 set	Tundish cooling stand, tundish nozzle setting stand, tundish drying device, etc.
9 Water System	1 set	Scale pit water pump : 6 Scale sluice circulation water pump : 3 Booster pump for mould cooling water : 6
10 Auxiliary Matter	1 set	Refractories, hydraulic oil, lubricant, etc.
11 Steel Structure	1 set	
12 Electrical Equipment	1 set	
13 Instrumentation	1 set	



ELDIKHEILA PROJECT	
Dwg. NO.	JICA-6.5-01
CONTINUOUS BILLET CASTING PLANT LAYOUT PLAN	
Scale	1/400
Date	APRIL, 1979



ELDIKHEILA PROJECT	
Dwg. NO.	JICA-6.5-02
CONTINUOUS BILLET CASTING PLANT SIDE VIEW	
Scale	1/200
Date	APRIL, 1979

6.6 石灰焼成工場

6.6.1 プラントの概要

電気炉工場が，溶鋼810,000 t／Yの生産を行うために必要とする生石灰は，

75Kg／T×810,000＝60,750 t／Y

となる。生石灰を製造する焼成炉は，シャフト炉とロータリーキルンに大別されるが本プロジェクトでは，次の理由によりシャフト炉を採用した。

- ○熱　効　率　　ロータリーキルンに比し150％良い。
- ○建　設　費　　ロータリーキルンの70％
- ○品　　質　　蒸気バーナーの使用により，ロータリーキルンとほぼ同等

炉容は，年間稼動率330日から，180T／D（60,750÷330≒185T／D）を1基設置する。2nd stageには，本炉に隣接して，もう1基の炉が配置可能なるよう計画する。

原料の石灰石は，水洗なしで搬入されるため，本プラントは，石灰石の水洗設備を設置して，シャフト炉に装入するための予備処理を行い，炉に装入する。製造された生石灰は，5～40㎜のEAFへの装入サイズに破砕され，製品篩によって，5㎜以下は分離し，ブリケットとして成品槽に貯蔵する。5～40㎜のサイズは同じく成品槽に貯蔵する。

6.6.2 設備計画上の前提条件

6.6.2.1 原　　石

a．粒　　度　　40～90㎜（－40㎜　10％）

b．化学成分　　CaO　：　52％以上

SiO_2　：　1.5％以下

6.6.2.2 石灰焼成炉の生産計画は，Table 6.6－1の通りである。

Table 6. 6.－1

	生　産　量
EAF 使用量	60,750 t／Y
石灰焼成部生産量　年	60,750 t
〃　月	5,063 t
〃　日	184 t

6.6.2.3　歩留及び操業条件

歩留は，Table 6.　6－2に，操業条件は，Table 6.　6－3に示す。

Table 6.　6－2　歩　留

工　　程	歩留
原石水洗歩留 （原石槽石灰石／水洗石灰石×100）	90%
原石槽篩歩留 （焼成炉装入石灰石／水洗石灰石×100）	82.5%
焼成歩留 （成品生石灰／水洗石灰石×100）	45%

Table 6.　6－3　操業条件

		計画値
稼動日数	年間稼動日数	330 day
	月間稼動日	27.5 day
炉休止	年間休止日数	35 day
稼動率		90.0　%
焼成炉能力	平均焼成能力	180 t／day
	最高焼成能力	220 t／day

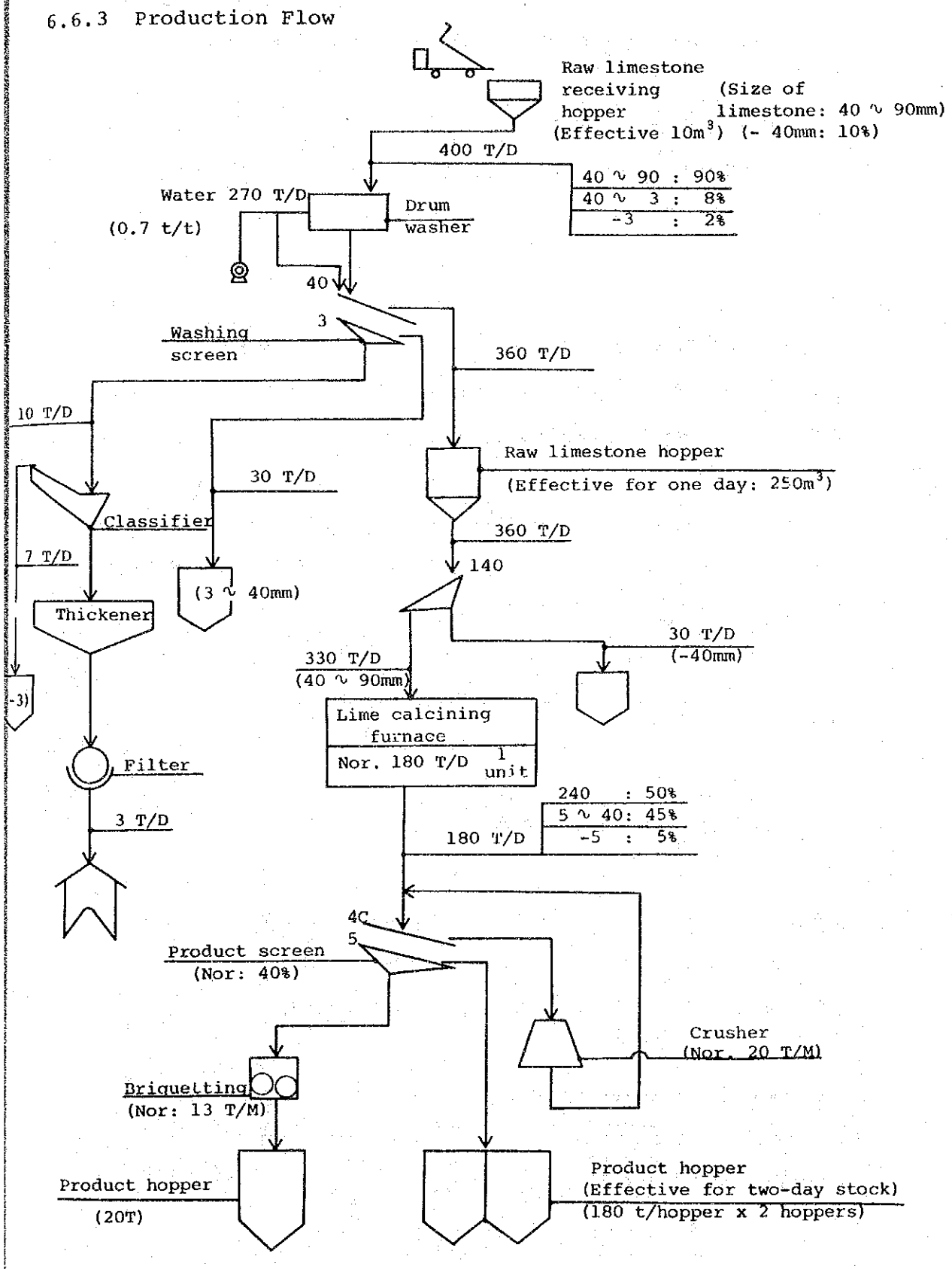
6.6.2.4　Utility Consumption

Utilities の Consumption を Table 6.6.4 に示す。

Table 6.　6－4　Utility

Item	Consumption
Fuel Natural Gas	Pressure 4Kg/cm²
熱原単位　KCal／kgCaO	950 KCal/KgCaO
KCal／TCaO	950×10³ Kcal/TCaO
年間Natural	6,363×10³ Nm³
Make up Water	1m³/TCaO
Steam (4～7Kg/cm²)	230Kg/hr
Compressed Air (4～7Kg/m²)	82Nm³/TCaO
Electric Power	55KWH/TCaO

6.6.3 Production Flow



6.6.4　主要設備の概要

6.6.4.1　原石の受入れ及び水洗設備

原石は，Works siteから十数Km離れた所からダンプ・トラックで搬入する。

Works内の原石ヤードは，約15日分　5,000tが貯蔵可能なスペースを計画した。

ヤードから水洗設備の原石受入槽への受入は，シャベル・ローダで行う。水洗用ドラム・シャフトの能力は400～450T／dayとした。水洗後の原石は水洗篩を通り40～90㎜は原石槽に貯蔵する。－40㎜の篩下は，クラシフィャ→シックナを通り廃却する。

6.6.4.2　原　石　槽

水洗篩から原石槽までは30T／hrベルトコンベヤーにより搬送する。原石槽の貯蔵能力は250㎥，約360tである。原石槽と焼石炉間に篩をもうけ，40～90㎜を炉に装入する。－40㎜の篩下は廃却する。

6.6.4.3　焼　成　炉

焼成炉の平均能力は180t／Dとして計画した。焼成炉の炉修，事故及びEAFの生産計画に対処するために，150～220t／Dの範囲で低及び過負荷操業が要求されても成品品質が維持可能な焼成炉を計画した。

又，Vertical typeの成品は，Rotary Kilnに較べ，一般的に反応性が若干低下する。これを避けるため本計画では，炉内にLanceを使いSteamをJetすることを計画した。本炉に使用されるLanceは，19本，JetされるSteam量は230Kg／hrで計画した。

6.6.4.4　成品搬送及び貯蔵設備

成品は40t／hrのベルトコンベアで搬送するが，その中間に，20t／hrのクラッシャを設置して，EAFでの使用サイズ5～40㎜とする。－5㎜／sizeは，1.3T/hのブリケッテング機でブリケットし，成品槽に搬送する。

成品槽は，180㎥×2，20㎥×1，約2日分を計画した。

6.6.4.5　Lay-out

石灰焼成工場のLay-outは，DWG 6.6－01に示す。

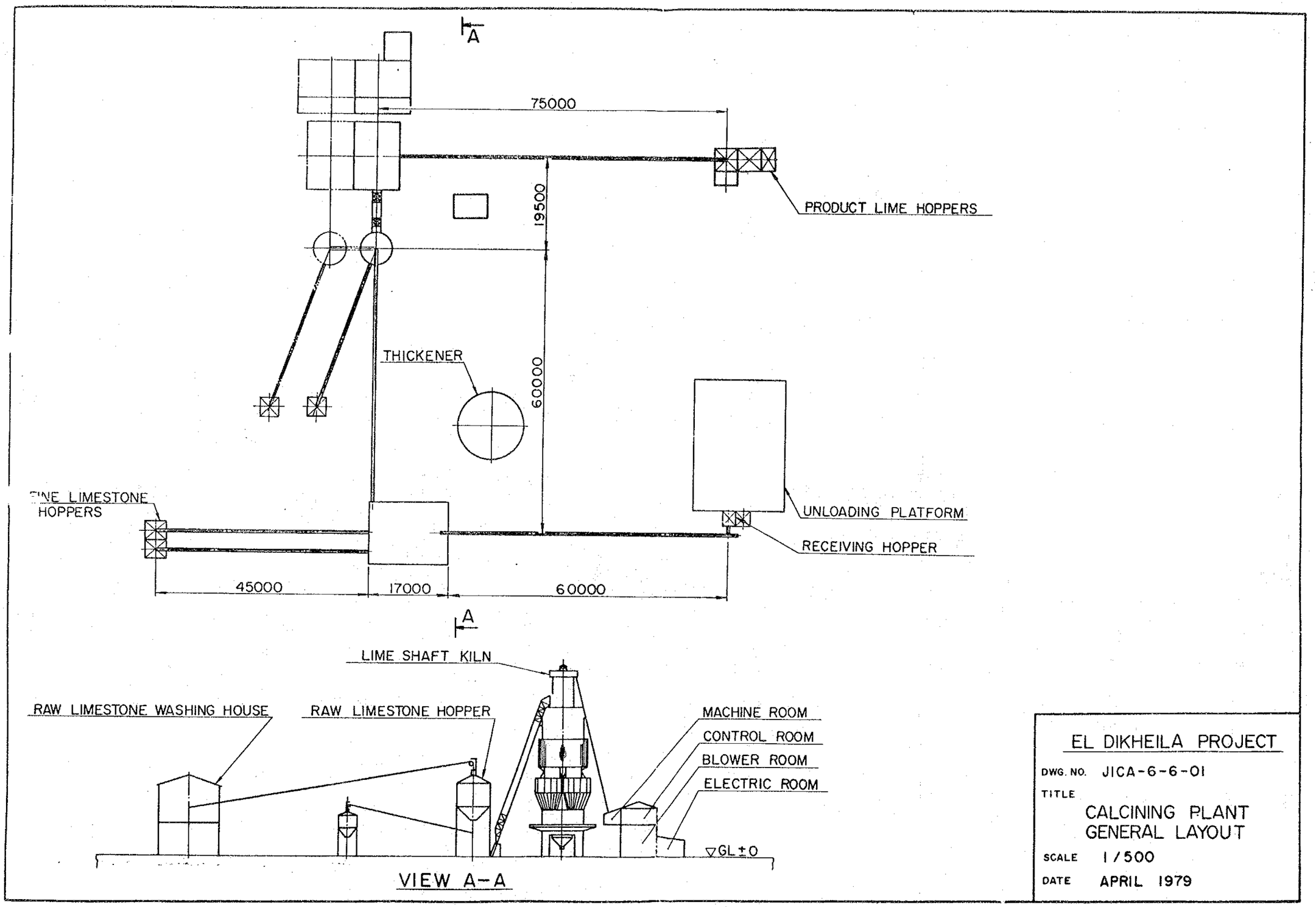
6.6.4.6　設備リスト

主要設備の仕様は，Fig 6.6－1に示す。

Fig. 6.6-1 Facility List

No.	Facility	Q'ty	Specification
1.	Raw Limestone Receiving System		
1-1	Receiving hopper	1	Capa. : 10 m^3
1-2	Belt feeder	1	Capa. : 80 t/h
1-3	No.1 Belt conveyer	1	Capa. : 160 t/h
2.	Raw Limestone Washing System		
2-1	Building	17m x 13m	
2-2	Drum washer	1	Capa. : 160 t/hr
2-3	Washing screen	1	Capa. : 160 t/hr
2-4	Classifier	1	Capa. : 10 t/hr
2-5	Thickener	1	Size : $14m^{\phi}$ x $3m^{H}$ steel structure
2-6	Filters	2	Size : $2.4m^{\phi}$ x 2.4^{L}
2-7	Dust hoppers	2	Capa. : 30 m^3
2-8	Conveyers	3	Capa. : 30 t/h 10 t/hr 5 t/hr
3.	Raw Limestone Charging System		
3-1	Limestone hopper	1	Capa. : 250 m^3
3-2	Dust hopper	1	Capa. : 30 m^3
3-3	Belt conveyers	2	Capa. : 40 t/h, 10 t/h

No.	Facility	Q'ty	Specification
4.	Lime Calcining Kiln	1	Capa. : 180 T/day Type : Vertical with gas lance Lance 19 P.S.
5.	Product Handling System		
5-1	Product hoppers	3	Capa. : 180 m^3 x 2, 20 m^3 x 1
	Screen	1	Capa. : 40 t/hr
	Crusher	1	Capa. : 20 t/hr
	Belt conveyers	3	Capa. : 40 t/hr, 20 t/hr x 2
	Bucket conveyer	1	Capa. : 20 t/hr
6.	Kiln Service System		
6-1	Boiler	1	Capa. : 1 t/hr
6-2	Blower room, control room		
7.	Product Briquetting		
	Briquetting machine	1	Capa. : 1 t/hr
	Belt conveyer	1	Capa. : 2 t/hr


A
75000
19500
PRODUCT LIME HOPPERS
THICKENER
60000
FINE LIMESTONE HOPPERS
UNLOADING PLATFORM
RECEIVING HOPPER
45000
17000
60000
A
LIME SHAFT KILN
RAW LIMESTONE WASHING HOUSE
RAW LIMESTONE HOPPER
MACHINE ROOM
CONTROL ROOM
BLOWER ROOM
ELECTRIC ROOM
▽GL±0
VIEW A-A
EL DIKHEILA PROJECT
DWG. NO. JICA-6-6-01
TITLE
CALCINING PLANT
GENERAL LAYOUT
SCALE 1/500
DATE APRIL 1979