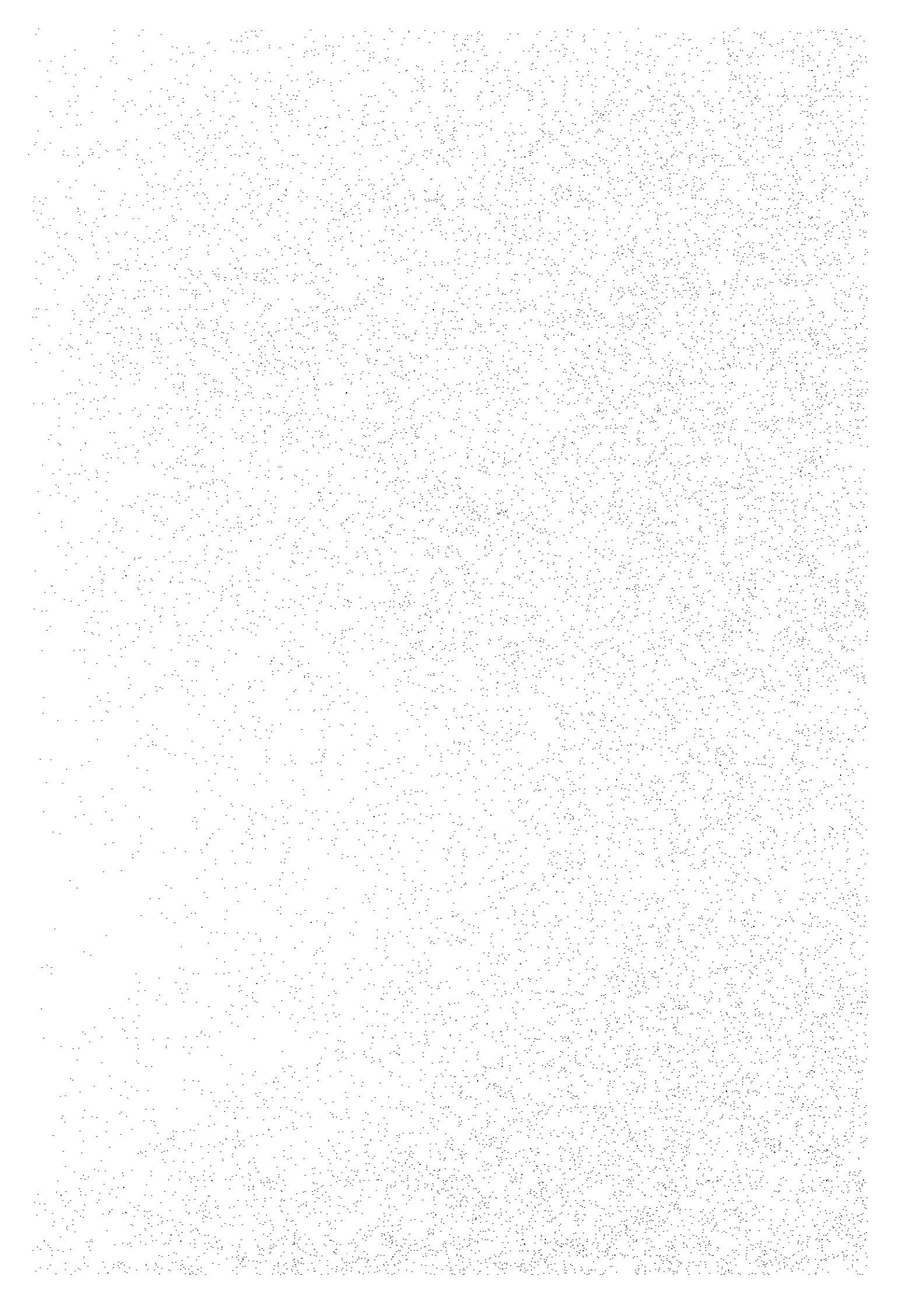


第4章 工場建設用地の選定



第4章 工場建設用地の選定

薄板工場建設用地を選定する初期の段階で、1997年3月GOFIはサファガ地区3ヶ所、スエズ地区3ヶ所、アレキサンドリア地区2ヶ所の計8ヶ所を工場建設候補地として提案してきた。調査団は1997年3月に第1次現地調査を実施した結果、これら8ヶ所はいずれも製鉄所建設用地として適していないと判定し、GOFIに対して、上記以外の新しい候補地を選定するよう依頼した。

第2次現地調査に先立ちGOFIは調査団の協力を得て、スエズ地区のアダビヤフリーゾーンおよびビル・オデイブ、アレキサンドリア地区のエル・ディケーラを薄板工場の建設地として改めて提案してきた。

この提案にしたがい、調査団はGOFIのメンバーと共にカイロ、スエズ、およびアレキサンドリア地区にある下記の関係部署を訪問し薄板工場建設の可能性について調査した。

スエズ	: スエズ県庁 紅海港湾局
アレキサンドリア	: アレキサンドリア県庁 アレキサンドリア港湾局
他の関係部署	: GAFI、GASCO、NOPWASD等

第1次および第2次現地調査による工場建設用地選定についての結論を以下に示す。

4-1 工場建設用地の立地条件

4-1-1 計画立案とフェージング

製鉄所の建設地として適した場所を選定する場合、以下に示す3段階の手順に分類できる。

- 第1段階：製鉄所用地としてサイトが具備すべき立地条件と地形的条件を明確にすること。
- 第2段階：最終的確定地が含まれる広範囲の地域を選定すること。
- 第3段階：建設確定地を選定すること。

今回の調査では、薄板工場建設地としてGOFIより第2次調査で提案された2ヶ所の候補地について、調査と評価に基づいて選定を行なった。

4-1-2 工場立地の重要性

年産 100 万トン規模の薄板工場を建設する場合、膨大な建設投資額が必要となる。さらに、薄板工場に必要なインフラストラクチュア、たとえば、港湾施設、道路、電力、天然ガス、工業用水等の供給施設、排水施設、住宅などを同時に建設しようとするれば全体の投資額は工場建設費のほぼ 2 倍に達する。

工場の操業のあらゆる局面で地域的および地形的な影響を受ける。

工場は広大な敷地と良好な地盤を必要とする。

原材料の鉄鉱石やスクラップを荷揚げし、製品を出荷するための港湾施設やこれらを運搬するための良好な道路が整備されていることが重要な条件である。

電力、天然ガス、工業用水、下水道などエネルギー供給施設やユーティリティ施設は工場の操業に欠くことのできないものである。

さらに、工場建設と工場の操業により、雇用の増大をもたらし、関連都市施設についても周辺地域に非常に大きなインパクトを与えることになる。工場の操業には専門的管理者、技術者と多数の熟練工が必要である。

薄板工場の建設や操業は、関連工業の新たな発展を促進する。

工場の建設と操業によって環境がより汚染されることなく、また、生態系に悪影響を及ぼすことのないように保証されることが必要である。

インフラストラクチュアに要する費用がすべて薄板工場に負荷されるとすれば、薄板工場が経済的にフィージブルとならないことは明らかである。地域的な開発計画とインフラストラクチュアの整備スケジュールの調査は、最も適した工場建設地を選定するに際しての必須条件である。

4-1-3 薄板工場の概要

(1) 製品および生産量

- 製品： 薄板（熱延鋼板、冷延鋼板、めっきコイル、およびシート）

- 生産量：

第 1 期： 年産約 100 万トン

第 2 期： 年産約 200 万トン

(2) 製造工程および従業員数

- 製鉄工程 : 直接還元鉄プラント
- 製鋼工程 : 電気炉およびスラブ連铸機
- 圧延工程 : 熱延工場
: 冷延工場
- 従業員数 : 第1期 約1,500人
: 第2期 約2,000人

(3) 建設工程

- 第1期 : 2002 - 2005年
- 第2期 : 2015年以降

4-1-4 薄板工場立地条件

(1) 用地

薄板工場建設用地として必要な面積は理想的には、第1期で80万 - 100万㎡、第2期で120万 - 150万㎡程度の面積を必要とするが、最終的に決定された用地によってある程度縮小することも可能である。

(2) 港湾施設

原料バース

- 鉄鉱石およびペレット用 : 120,000DWT級 鉱石船用
水深20m、バース延長320m
- スクラップ : 水深11m、バース延長200m

製品出荷バース

- 製品 : 水深7.5m、バース延長130m

(3) エネルギー、ユーティリティ

- 電力 : 200 MW
- 天然ガス : 55,000 Nm³/hr
- 工業用水 : 36,000 m³/day (補給水)
- 工場排水 : 24,000 m³/day

4-2 工場用地選定の経緯

薄板工場建設に関する第1次の現地調査を、1997年3月3日から3月19日まで実施しGOFIが提案してきた工場建設候補3地区8ヶ所の情報や資料を収集した。

上記の3地区は、カイロから約600km南方に位置する紅海沿いのサファガ地区、スエズ運河の南側入口に当たるスエズ工業地区、地中海沿岸のアレキサンドリア地区であった。

現地踏査と収集した情報、資料を分析した結果、GOFIが提案してきた3地区のいずれの候補地も、薄板工場建設地としての立地条件をかなり下回っていることが判明した。上記3候補地について、調査概要を以下に示す。

3地区のいずれの候補地も直接海岸線に接しておらず、また、既存の港湾施設あるいは将来の港湾施設建設予定地からかなり遠くに位置している。

原材料や製品のハンドリングコストを低減するため臨海立地は非常に重要な要素であり、工場建設地として適しているとは言えない。

サファガ地区、スエズ地区では、工場の操業に欠かすことのできない天然ガスおよび工業用水の供給計画は立てられているが完成時期が不明であった。

アレキサンドリアで指定された場所は狭小で薄板工場建設は不可能と判断された。

第1次の現地調査により、上記3地区の工場建設候補地が除外され、新しい候補地が選定されることになった。

最終的に、スエズ地区の アダビヤ・インダストリアルフリーゾーンおよびアレキサンドリア地区のエル・ディケーラが工場建設候補地として指定された。

4-3 建設候補地の現状

4-3-1 製鉄所および鉄鋼製品需要家の立地

製鉄所および需要家の立地と鉄鋼製品の消費量を図2-1-1および3-2-1に示した。調査団は、薄板製品の主要な需要家に関する調査を行なった。需要家の立地の概略は、次に様の通りである。

- 1) 薄板製品の需要家の約80%は、テンス・オブ・ラマダ市およびシックス・オブ・オクトーバ市を含むカイロ市、および、その近郊に集中している。

- 2) 残りの約 20 %の需要家は、ポートサイド、スエズおよびアレキサンドリアの市内にある。

アレキサンドリアおよびスエズは、何れもカイロより 250 km 以内の距離に有り、製品の輸送条件に関しては、両市共ほぼ同一の条件にある。

4-3-2 建設候補地の状況

(1) 敷地条件(位置および面積)

工場建設候補地の位置および特徴について以下に述べる。(図 4-3-1、4-3-2 参照)

1) スエズ

スエズはナイルデルタの南東側、スエズ湾の北西およびカイロの東、約 140 km に位置し、スエズ湾地区は、スエズ運河の一方の出入り口に当たり、船舶運行の重要拠点である。最近はエジプトにおける産業振興の拠点として、世界各地から魅力ある投資の対象地として認知されている。

スエズで薄板工場建設用地として提案された場所は、スエズ湾の西海岸沿いのスエズ市街中心地より約 12 km 南西のアダビヤ・インダストリアル・フリーゾーン(I.F.Z)として指定された地区である。図 4-3-1 参照。

アダビヤ I.F.Z は、スエズ湾岸開発地区として計画された場所の一つである。薄板工場建設用地として可能な面積は約 66 万 2,000 m²であり、アダビヤ港からは 4 - 5 km に位置している(この他にビジネスセンター地区、周辺道路地区の面積約 18 万 m²が付加される)。用地は幅 800 m、長さ 1,000 m の矩形形状である。アダビヤ I.F.Z はアタカ山の山麓一帯に広がっており、指定された場所は非常に急勾配な傾斜地で、敷地内の高低差は最も激しいところで約 30 m もある。

工場建設予定地は中小企業用のフリーゾーンとして割り当てられた場所であり、既に 8 ブロックに分割され整地されており、各ブロックの周囲には舗装道路が整備され、埋設排水管、電気・通信施設が完備している。

既存の港湾施設を薄板工場用に使用することは不可能である。紅海港湾局によれば、この地区に進出を予定している製鉄会社のために、アダビヤ港に製鉄所専用の港湾を建設することが決定しているとのことである。港湾施設事業主体の詳細、および、建設工法・工程については検討中である。

2) アレキサンドリア

アレキサンドリアは地中海沿岸に位置し、人口 300 万人を擁するエジプトにおけ

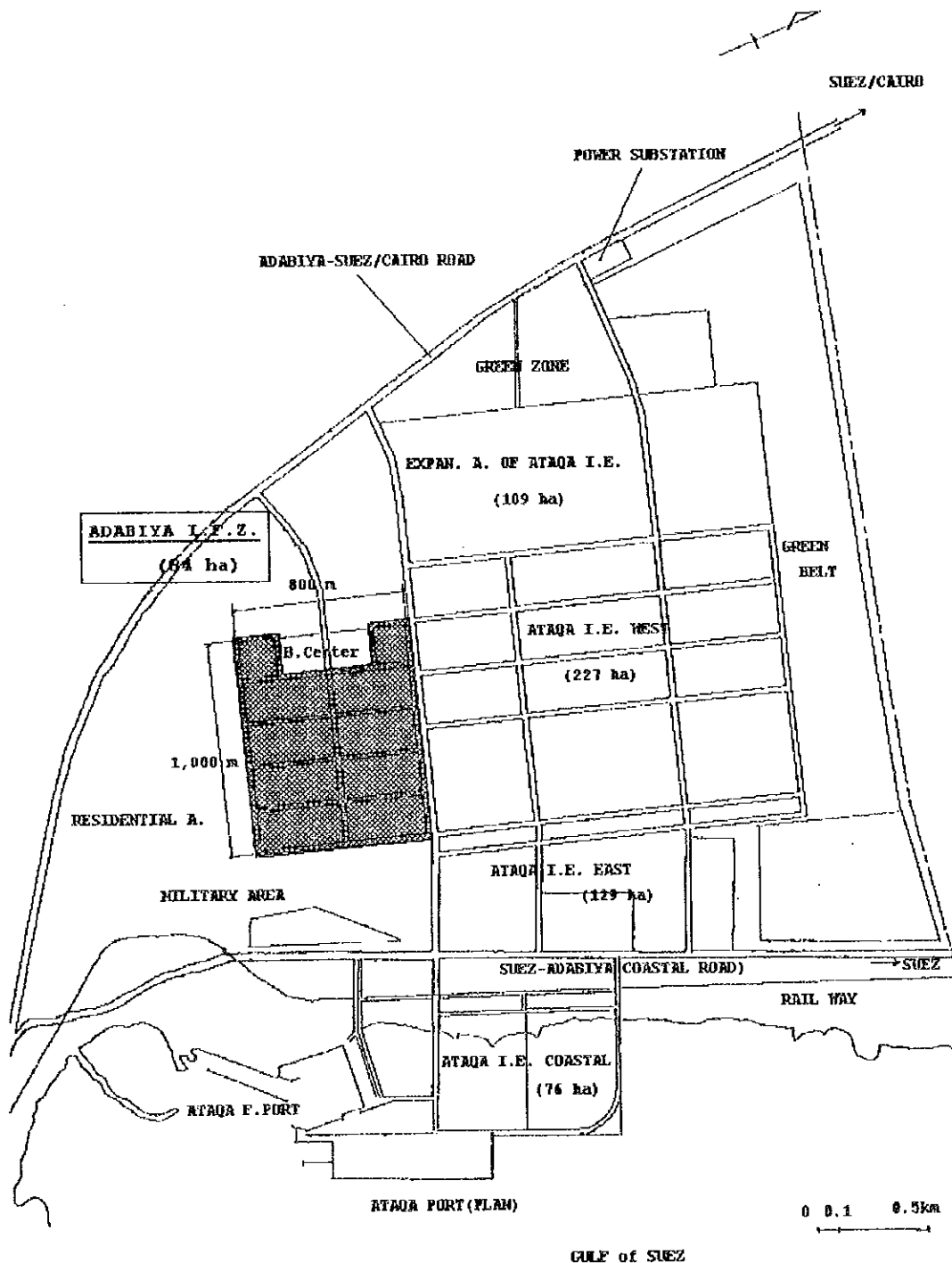
る工業化の中心地であり、農業、化学、鉄鋼業および観光業はいまだに発展中である。市内の公的施設や、道路・鉄道・港港施設などへの接続、天然ガス・工業用水・電力などのインフラストラクチャの利用も非常に容易である。

中近東でもっとも近代的で最大規模の一貫製鉄所、ANSDK はアレキサンドリア市の中心から約 15 km 西にある。

薄板工場用地として提案された場所はマリユート湖の北側で ANSDK とは道路を隔てて隣接している。工場建設予定地はエル・デイケーラ港に近く、敷地は矩形で、面積は約 60 万 m² である。

現地盤高は非常に低く、付近の地形から見てマリユート湖を埋立てた土地であると考えられる。地表上部の地層は軟弱なシルト質粘土で、地盤耐力は低く、重量機械や建築物の基礎は杭基礎が必要となる。

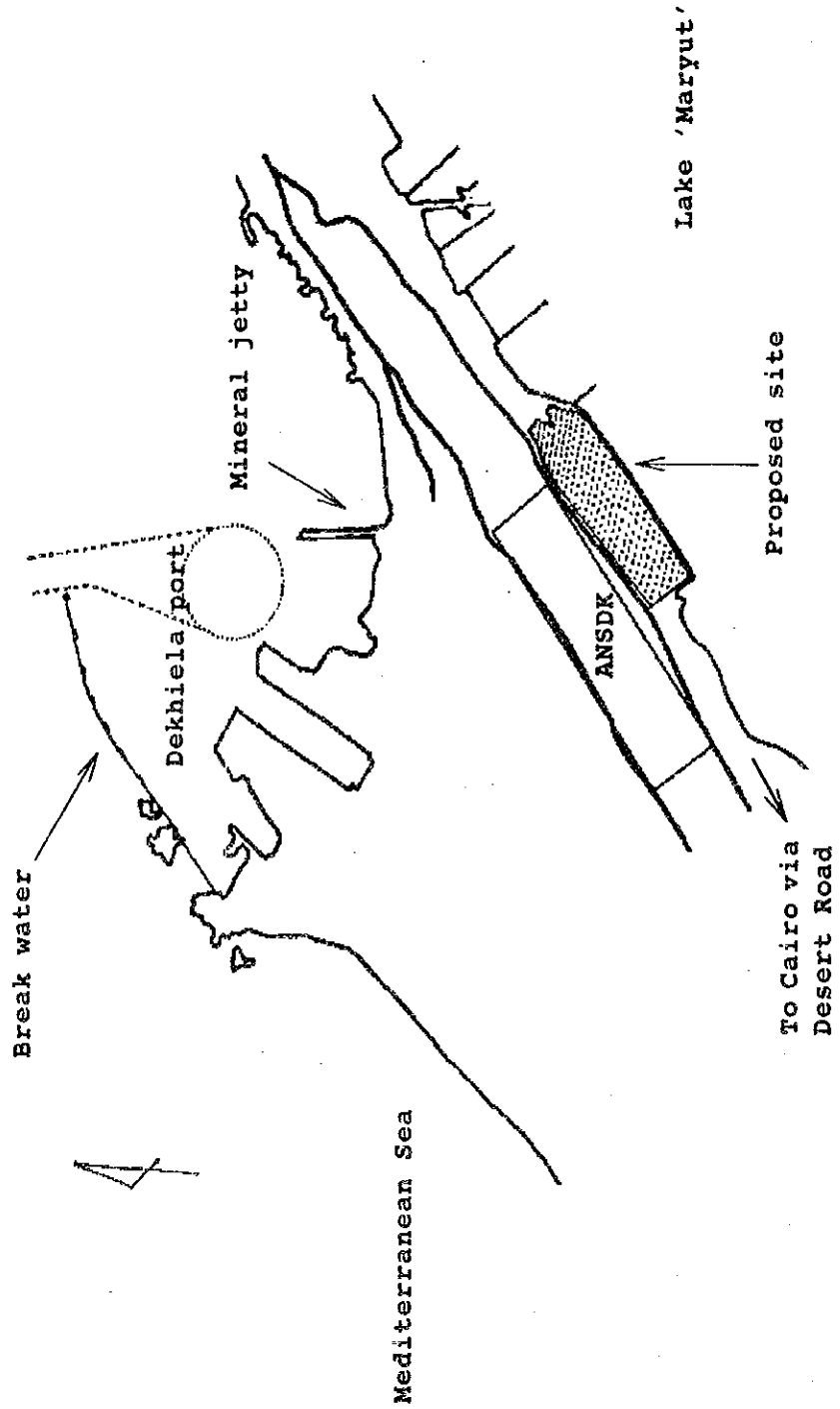
Figure 4-3-1 Location Plan (Adabiya I.F.Z.)



Source: JICA Report of the Suez bay coastal area development, 1993

Figure 4-3-2 Location Plan (El Dekhiela)

(Non-scale)



(2) 自然条件

1) 気象条件

気象条件は、一般的に他のサイト条件に比較して特に暴風時の港湾管理に対するインパクトを除けば、必ずしも重要な要因ではない。経済性および環境的な側面からは平穏且つ安定した気象条件がのぞましい。文献によれば、各々の地域の気象条件について、以下のような概略報告がされている（詳細については、付属資料 4A-1 参照）。

(a) スエズ（アダビヤ）地区

a) 気温（℃）

年間平均	:	22.5
年間最高平均	:	29.0
年間最低平均	:	16.0
既往最高記録	:	45.6
既往最低記録	:	0.0

b) 相対湿度（%）

年間平均	:	67
年間最高	:	73
年間最低	:	58

c) 降雨量（mm）

年間合計	:	23.6
------	---	------

d) 降雨日数（ ≥ 1.0 mm）

年間合計	:	5.1 日
------	---	-------

e) 風向

卓越風	:	北風
-----	---	----

f) 地震 ^{*)}	:	顕著ではない
---------------------	---	--------

(b) アレキサンドリア（エルディケーラ）地区

a) 気温（℃）

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
b) 相対湿度 (%)		
年間平均	:	68
年間最高	:	73
年間最低	:	64
c) 降雨量 (mm)		
年間合計	:	168
d) 降雨日数 (≥1.0 mm)		
年間合計	:	23.4 日
e) 風向		
卓越風	:	北西
f) 地震	:	「紅海北部からスエズ湾, カイロおよびアレキサンドリアに至るクリスミットトレンド」の地域に属する。 ^{*1}

注記 ^{*1}: ルシュディ・サイド著「エジプトの地質」参照。

2) 地形条件

薄板工場の用地は、洪水時の最高水位および最高潮位等を考慮の上、水平な平面に開発造成されねばならない。進入道路および鉄道を含めて土地の開発造成工事の為には、土地がこれに適した地形（土地の起伏および傾斜等）であることも重要である。

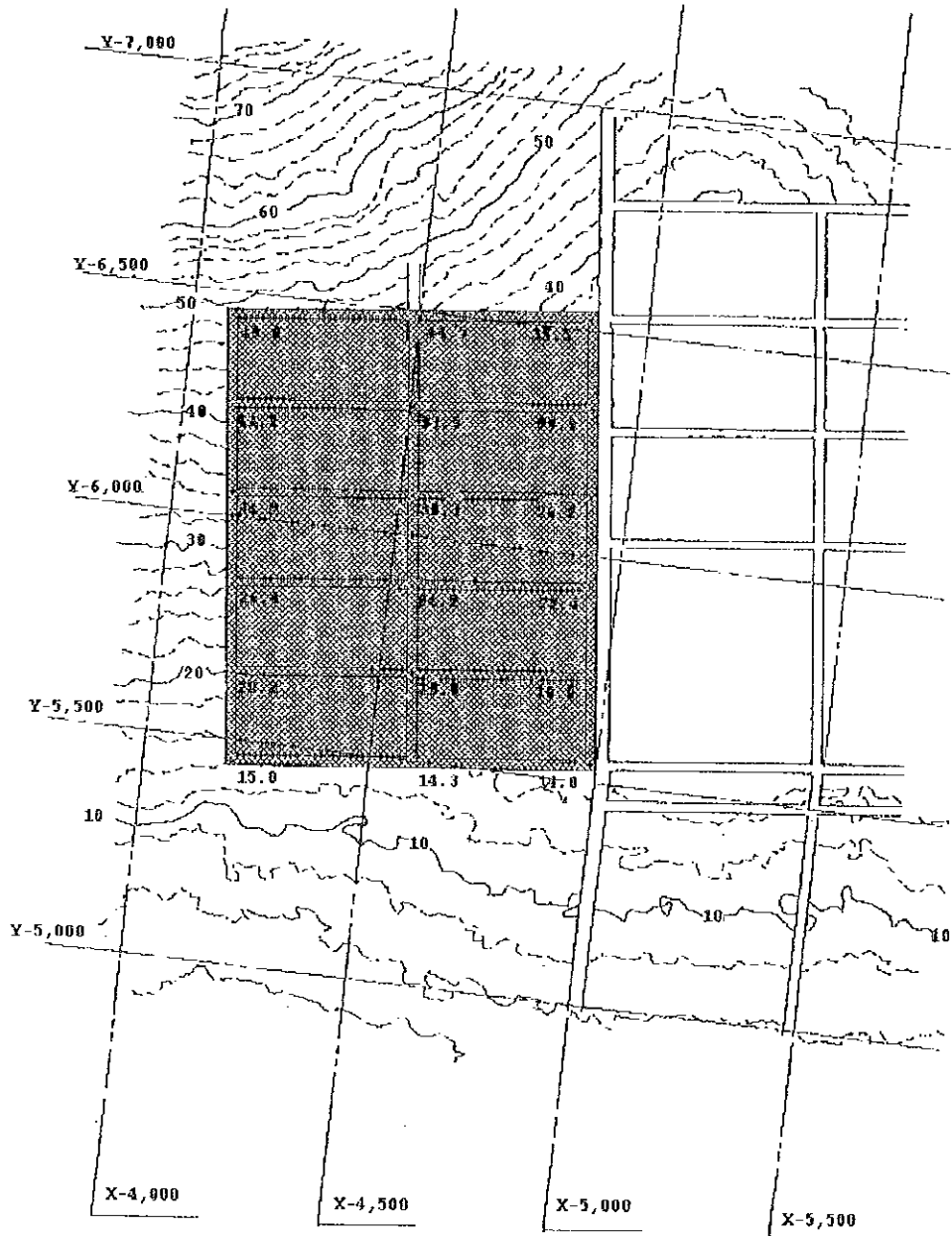
(a) スエズ（アダビヤ自由工業地区）

薄板工場計画用地として示された土地は、1993年に発行された JICA 報告書の勧告に基づいて、既に開発造成工事を完了している。造成後のその土地の地盤高は、海拔約 15 m から 50 m まで変化しており、その傾斜度はおよそ 2.2% から 3.4% である。したがって、薄板工場用地として 1 つないし 2 つの広大かつ水平な平坦地を確保するためには、膨大な土工事（切り土工事および盛り土工事）ならびに既に建設済みの道路、排水システムおよび建物等、諸設備の再配置が必要である（図 4-3-3 参照）。

(b) アレキサンドリア（エルディケーラ地区）

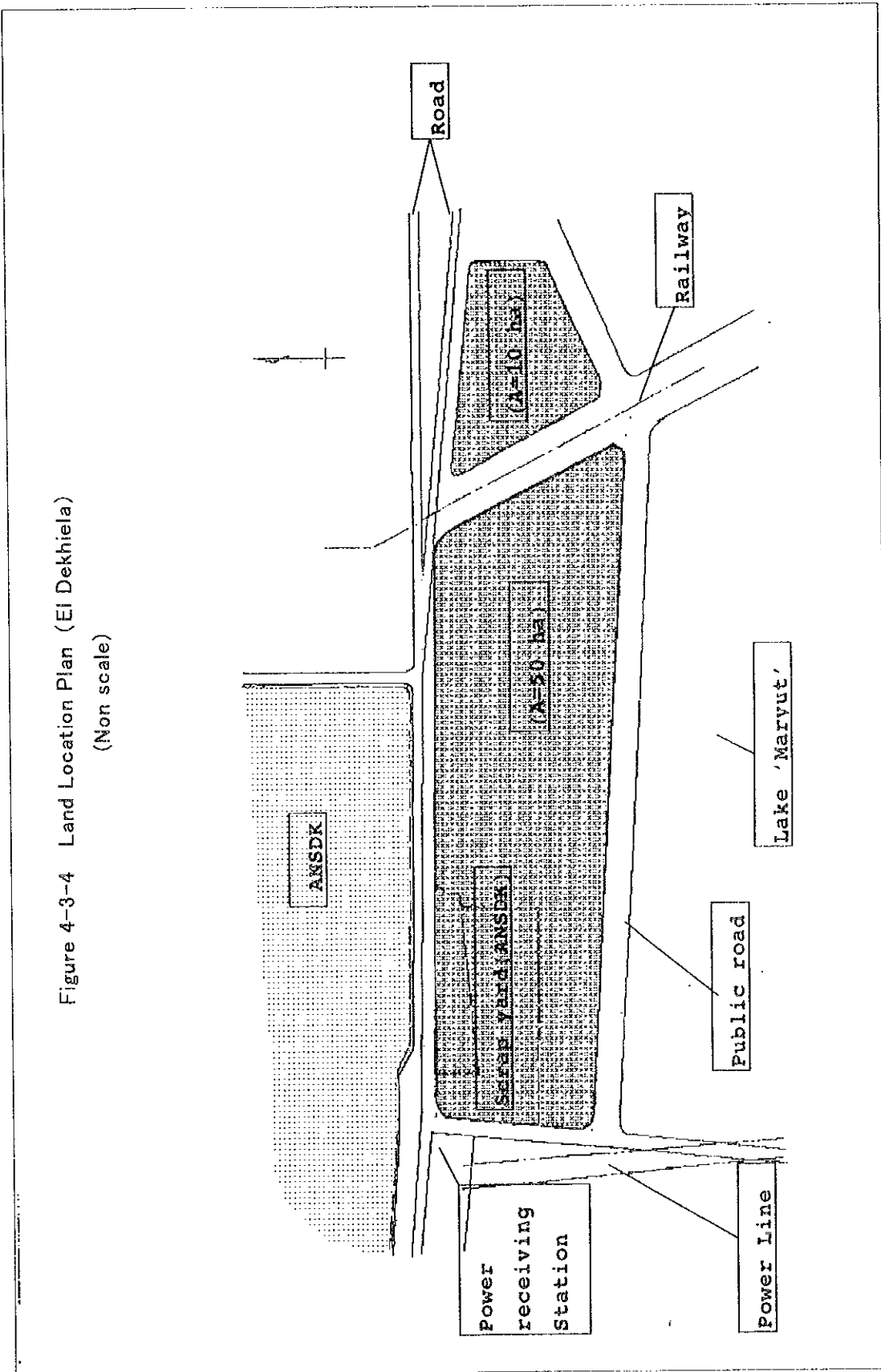
薄板工場計画用地として示された土地は低地であり、その地盤高はマリュート湖の水位にほぼ同じかわずかに高い程度である。ただし、西側の部分は或る量の製鋼スラグで湖水面より約 0.5 m から 3.5 m 程度迄高く埋め立てられており、部分的にスクラップ置き場として利用されている。残りの東側部分は自然の障害地（湖水面）となっている。したがって、土地造成の為には大量の盛り土と築堤および造成に不具合な湖の底質堆積物ないし廃棄スラグを良質な盛り土材料と置き換えることが必要である。またプロジェクト実施の際の周囲の公共道路からのアクセスおよび基礎工事のやりやすさを考えるならば、仕上げ地盤高さは湖水面から約 4 m ないし 5 m の高さに仕上げることを考慮すべきである（図 4-3-4 参照）。

Figure 4-3-3 Topography of ADABIYA I.F.Z.



Source; JICA Report of the Suez bay coastal area
development, 1993

Figure 4-3-4 Land Location Plan (El Dekhiela)
(Non scale)



3) 土質条件

薄板工場建設用地の土質条件は、工場建設に必要な多種多様な基礎および地下構造物の設計ならびに建設の為の重要な要素である。剛性および安定性の高い重量機械用基礎ならびに構造物を建設したり、また大量の原料および製品の貯蔵や運搬の為の安定したストックヤードの底盤を造成する為には、表層部分の土質は安定した密度の高い砂層もしくは砂質土層であることがのぞましい。もし軟弱層がある場合には、基礎および構造物の沈下に対する問題を極力少なくするために、良質土での軟弱層の置き換え、あるいは或る種の地盤改良を考慮しなければならない。各々の建設候補地の代表的な土質柱状図を図 4-3-5 に示す。

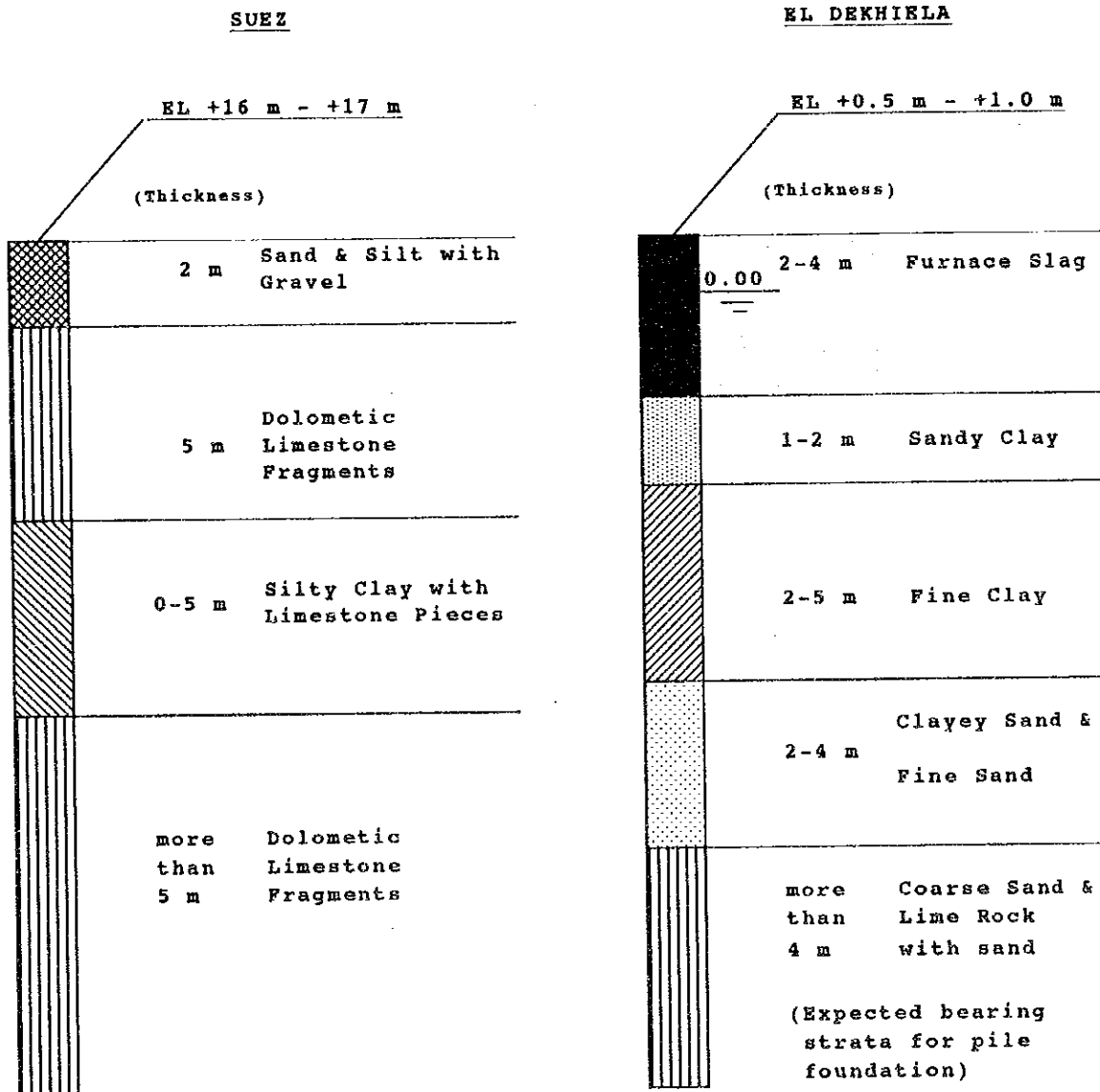
(a) スエズ (アダビヤ自由工業地区)

1993 年に発行された JICA 報告書によれば、当該域の表層土質は安定かつ硬い砂、砂礫およびドロマイト (白雲石) の各層からなっている。さらに各層の N 値は 50 以上となっており、地下水は全く観測されていない。

(b) アレキサンドリア (エルディケーラ)

候補地は ANSDK 製鉄所の後背地でマリユート湖岸に位置している。当該域西側部分の土質調査レポートおよび現地観測によれば、表層土質性状は次のような特徴を有している。すなわち最上層は 2 m - 4 m 厚さのスラグ層であり、その下に 4 m - 8 m 厚さの非常に軟らかい砂質粘土および微細粘土層が存在し、さらにその下に安定で締まった砂層および石灰岩層が続いている。

Figure 4-3-5 Soil Profile (Typical)



(Source; JICA Report of the Suez bay coastal area development '93)

Note: The profile represents the data of 12-borings executed at the western part of the proposed site.

(source; ANSDK)

4) 海象条件

港湾建設が必要な場合は、たとえば潮位、潮流、波高、水深、底質、漂砂、等の自然海象条件について、さらには既存港湾施設に対しては、建設時にその港湾運営に起因する、もしくはその運営に影響を与えかねない港湾の輻輳状況等について、十分な考慮が払われなければならない。海事レポートおよび海図によれば、各々の地区の海象条件は、次のとおりである。

(a) スエズ地区

a) 潮位

- 高潮位 : 基準高 + 1.55 m
- 平均潮位 : 基準高 + 0.26 m
- 低潮位 : 基準高 - 1.15 m

b) 潮流

- 流速 (メートル/秒) : 0.1 - 0.2
- 方向 : 南東および北西

c) 波高

- 波高 (メートル) : 1.5 - 2.5
- 周期 (秒) : 4.0

d) その他

- 底質および漂砂 : 不明

(a) アレキサンドリア地区

a) 潮位

- 高潮位 : 基準高 + 0.52 m
- 平均潮位 : 基準高 + 0.33 m
- 低潮位 : 基準高 + 0.11 m

b) 潮流

- 流速 (メートル/秒) : 0.08 - 0.23
- 方向 : 東ないし東南東および
北西ないし北北西

c) 波高

- 波高 (メートル) : 0.2 - 0.5 (東ないし東南東方向
から) および
1.0 - 1.4 (北西ないし北北西
方向から)
- 周期 (秒) : 8.5 - 9.2

d) その他

- 底質および漂砂 : 不明

(3) 社会的条件

調査団は二つの提示されたプラント・サイトに関連する社会的条件を調査した。社会条件には、地域開発計画や、労働力、住居、優遇策、法律、規制、支援産業が含まれる。

1) 地域開発計画

開発計画は政府によって行われる総合的な開発計画である。政府はこれまで3次にわたる五ヶ年計画（1982-1997年度）を遂行してきた。その地域開発計画によれば、政府は今日までカイロおよびアレキサンドリアの開発計画を示してきていない。それは、これらの2地域における人口の過密化や大型産業の増加を懸念しているためと思われる。

スエズは1967年の戦争での疎開により人口が大きく減少した。そのため政府は2000年に百万人の都市に拡大すべく、第2次五ヶ年計画（1988-1992年度）から工業開発のためのインフラ整備計画を組んできた。また、スエズには1987年にパブリック・フリーゾーンが設定され、そして「スエズ湾岸開発計画」により徐々にインフラが整備されつつある。

2) 労働力

エジプトの現状の労働市場は供給過剰である。

中央銀行と統計局（CAPMAS）のデータによれば、エジプトの現在の人口と雇用、失業は表4-3-1の通りである。1994/95年の分野別の雇用者数のウェイトは商品分野53.6%、生産サービス分野16.4%、社会サービス分野30.0%である。商品分野53.6%をより詳細にみると、農業31.9%、鉱業/製造業13.7%、その他8.0%である。一般的にいて、商品分野、特に製造業が新規の雇用吸収力を持っているのだが、エジプトでは製造業のそのウェイトが非常に小さく、社会サービス分野のそれが非常に高い。これらの事実はエジプトでは社会サービス分野と農業が多くの過剰雇用をかかえていることを示している。

エジプトの総人口に対する雇用者数の1996年の比率は先進国のそれ（日本52%、アメリカ48%、1996年）と比較して25%と非常に低い。1995年6月時点のエジプト人の海外出稼ぎ労働者数は267万人と多かった。この事実は、エジプトの雇用機会が少ないことに起因している。

製造業の雇用拡大は予想以上に低い。このことは、産業が民営化の遅れのために成長して来なかったように思われる。大学の卒業生は毎年約10万人であるが、これまで彼らは社会サービス分野での雇用を保証されてきた。しかし、最近の民営化推進により、この分野での雇用が困難になりつつある。

Table 4-3-1 Population, Employment and Unemployment

unit: thousand, %

	1994/95		1995/96	
Population	58,978	---	60,236	---
Labor force	16,452	---	16,925	---
Number of employees	14,879	100.0	15,340	100.0
In commodity sectors	7,968	53.6	8,171	53.3
- Agriculture	4,744	31.9	-	-
- Mining & manufacturing	2,031	13.7	-	-
In production service sectors	2,450	16.4	2,553	16.6
In social service sectors	4,461	30.0	4,616	30.1
Number of the unemployed	1,573	---	1,585	---
Unemployment ratio %	9.6	---	9.4	---

Source: Central Bank of Egypt, CAPMAS. Notes:-- not available

CAPMASによれば、スエズとアレキサンドリアの1996年の人口は、各々20万4,000人、348万4,000人である。2001年ではそれらは61万1,000人、392万6,000人となる。両地域においても、高賃金を支払える新しい鉄鋼企業が、薄板プロジェクトに必要な1,600人程度の雇用を確保するのはたやすいことであろう。人口の規模から推定すれば、このプロジェクトのワーカーの採用は、スエズよりアレキサンドリアの方がよりたやすいであろう。

3) 住 宅

エジプトでは住宅の供給は政府にとって社会政策上重要と見なされてきた。住宅は質的にはともかく量的には満たされている。

1986年のセンサスによれば、スエズとアレキサンドリアの住居はそれぞれ8万1,849戸、78万8,134戸であった。その時のそれらの空家率はそれぞれ16.2%、11.9%であった。全エジプトのそれは16.6%、全都市行政区のそれは13.2%であった。第3次五カ年計画において、社会サービス分野の投資の増加率はGDPの伸び率を上回る設定となっている。そして、1992/93年から1995/96年の住宅投資実績は社会サービス分野で32%のシェアを示した。しかしながら、建設された住宅戸数はこの数年は減少している。それは人口増加率の減少による。

今後のスエズとアレキサンドリアの住宅事情は、「スエズ湾岸地域開発計画」のような社会政策により、スエズの方がアレキサンドリアより幾分優位性を持っている。

4) 優遇策、法律、規制

政府は、カイロとアレキサンドリアの大規模中核地域から離れたところに「New Communities」として、12のニュータウン建設を行っている。非常に大きな優遇策がこれらのニュータウンへの投資に引きつけるために利用できるといわれている。例えば、10年間の税免除、安い土地価格、労働条件、手続きの簡素化などである。そして、免税期間は自己資金拡大や、子会社設立を通じて、なお延長され得る。しかしながら、スエズはこのNew Communitiesに含まれていない。

政府は1974年にカイロやアレキサンドリアのような大都市にある製造業を拡大させ、活性化させるために、「フリーゾーン」を設立した。この投資システムは優遇策の面ではNew Communitiesほど魅力あるものではない。それは「投資法8号(1997年)」として改定された。それは輸出を通して雇用機会を生み出し、外貨獲得を生み出すことを目的としている。フリーゾーンに設立された企業は、外国の企業と同じ条件で操業することができる。それは企業が輸出入関税や一般の税などのような各種の税の免除を受けることができることを意味している。しかしながら、企業がエジプト内で自分自身の製品を取引するときには、これらの特別の特権や保証を失うことになる。フリーゾーンの二つのタイプが投資庁(GAFI)によって設定された。ひとつは複合プロジェクトのためのパブリック・フリーゾーンで、他は特定の立地要求の単一のプロジェクトのためのプライベート・フリーゾーンである。

薄板工場用に提案されたサイトのひとつは、スエズのパブリック・フリーゾーンにある。しかしながら、このプロジェクトは薄板製品を主に国内市場に販売することを意図しており、したがって、フリーゾーン内でのサイトは必ずしも有利なものとはならない。

5) 支援産業

エジプトでは、New Communitiesとパブリック・フリーゾーンが製造業を振興するために設立された。そして、種々の分野の投資がアレキサンドリアやスエズ、ナスルシティ、ポートサイド、カイロ周辺地域で、増加しつつある。

投資庁はコンサルタント調査団に1996年6月時点のフリーゾーンの投資データを示した。それによると、総計650のプロジェクトが認可され、出資額で52億1,200万LE、投資金額で138億1,600万LEである。フリーゾーンでの認可された数はアレキサンドリアでは291、スエズで82、カイロで127、ポートサイドで126、イスマイリアで16、ダミエッタで8である。アレキサンドリアとスエズの詳細は表4-3-2に示されている。

Table 4-3-2 Free Zones Projects in Alexandria and Suez

Unit: million L.E. and %

	Alexandria	Suez	Total
Approved			
1) Number of Projects**	291(45)	82(13)	650(100)
2) Equity*	1,223(23)	2,172(42)	5,212(100)
3) Investment*	3,644(26)	6,920(50)	13,816(100)
In Operation			
1) Number of Projects**	162(46)	40(11)	349(100)
2) Equity*	688(41)	90(5)	1,667(100)
3) Investment*	1,478(53)	107(4)	2,770(100)
Under Implementation			
1) Number of Projects**	129(43)	42(14)	301(100)
2) Equity*	535(16)	2,082(59)	3,545(100)
3) Investment*	2,166(20)	6,813(62)	11,046(100)

Source: GAFI

Note: Till June 30,1996. * Number, **Price.

この表によると、アレキサンドリアとスエズでのプロジェクト数は多く、将来スエズで多くの大規模なプロジェクトが集中している。このように、アレキサンドリアとスエズでの産業は拡大過程にあると見られる。

製鉄所は一般的に多くの製品を必要とするが、それらは事務用機器、建設資材、生産関連物資や、機械にまで及んでいる。また、その建設段階においては、国内企業が建築、土木請負契約者として使用される。エジプトでは、大規模な国内支援企業はカイロに多く、アレキサンドリアでは部分的で、スエズは非常に少ない。将来はスエズにおいても多くの新規企業が設立されようが、薄板工場にたいする能力ある、経験を積んだ供給者になるには、非常に多くの年月が必要であろう。

(4) 建設要求事項

製鉄所の建設に際しては、大量の建設資材、労働力および建設機械の確保を必要とし、これらは経験豊富な建設マネジメントによって運営管理がなされなければならない。特に製鉄所が建設される地域内においてこれらの建設資材、労働力、建設機械が、プロジェクトの要求に見合って、十分な供給能力が確保され得ることが、重要である。建設に必要なこれらの現況についての要約を、付属資料 4A-2 から 4A-5 に示す。

- 付属資料 4A-2 代表的建設材料のオペラビリティ
- 付属資料 4A-3 代表的建設労働力のオペラビリティ
- 付属資料 4A-4 代表的建設機械のオペラビリティ
- 付属資料 4A-5 土木および建築工事の代表的建設請負業者

1) スエズ

既存の港湾施設の活用を念頭においた各工業分野での幾多のプロジェクトが計画され実施されている。現時点の建設行為としては、アタカ工業開発地域の南側地区において土地開発造成のプロジェクトが完成の段階にある。上記付属資料からも参照できる様に、建設工事に必要な供給能力は十分のようである。

2) アレキサンドリア

当該域内においては、ANSDK 社において、ほぼ過去 10 年の間に直接還元鉄工場、電気炉製鋼工場、圧延工場等、同規模の製鉄所の建設を経験していること、ならびにその拡張プロジェクトを継続的に実施している例があり、このことからみて製鉄所の建設に必要な要件の供給能力は十分であることは実証済みである。

4-3-3 輸送および港湾施設

(1) 港湾施設

1) スエズアダビヤ港

アダビヤ港は 製鉄所建設の候補地としてのアダビヤ工業指定地区 (ADABIYA Industrial Free Zone) から約 5 km 南のスエズ湾奥の海岸に位置し、その概要は次のとおりである。

－ 総商業埠頭数	: 10 埠頭
－ 商業埠頭総延長	: 2,140 m
－ 埠頭水深(最大水深)	: 13 m
－ 港湾年間貨物取扱量	: 630 万トン
－ 総貨(穀)物保管容量(面積)	: 1 万 5,000 m ²

また延長 1,000 m、水深 14.5 m の新コンテナ埠頭の建設の計画があり、近く工事開始される予定である。製鉄所用の鉾石岸壁の建設を考える場合には、この延長 1,000 m の新コンテナ埠頭の内の 400 m を使って埠頭を建設することが考えられるが、本件については、詳細な検討および確認が必要であろう。

2) エルディケーラ港

エルディケーラ港は地中海沿岸アレキサンドリア港の西方 15 km に位置し、一般貨物の荷揚げおよび ANSDK 社向け鉄鉱石ならびに EISCO 社向け石炭の荷揚げの機能を担っている。

－ 総商業埠頭数	: 13 埠頭
－ 商業埠頭総延長	: 3,510 m
－ 埠頭水深(最大水深)	: 20 m
－ 港湾年間貨物取扱量	: 840 万トン
－ 総貨物保管容量(面積)	: 86 万 9,000 m ²

エルディケーラ港の鉱石岸壁の詳細は次のとおりである。

－ バース	: 水深 14 m、バース延長 300 m
	: 水深 20 m、バース延長 300 m
－ アンローダ	: 時間当たり容量 1,000 トン 2 基
－ スタッカー	: 時間当たり容量 1,000 トン 2 基
－ リクレーマ	: 時間当たり容量 800 トン 2 基

(2) 道路と鉄道

陸上輸送は一国の経済開発において非常に重要な役割を果たす。それは原料輸送から最終製品の目的の市場への配送まで生産に対し、大きなインパクトを持っている。鉄鋼工場は良好な輸送システムによる経済的なコストで、原料の可能な限り最短の輸送を確保されなければならない。また、最終製品はできる限り敏速に、経済的に最終目的地まで安全に輸送されなければならない。

エジプトでは輸送は主に道路と鉄道でなされている。貨物輸送では、道路が 90 % 以上のシェアを持ち、鉄道のシェアは 10 % 以下である。エジプトでの陸上輸送の特徴を纏めると、以下の通りである。

1) 道路輸送

エジプトの道路は 4 万 5,000km あり、そのうち 1 万 7,000km は都市間のもので比較的良好である。カイロはアレキサンドリアやスエズ、イスマイリア、ポートサイド、他のデルタ都市、そしてハイダムのあるアスワンのような都市それぞれと道路で連結されている。そして、それらの道路は良好な状態にある。都市間の舗装道路は 1981 年の 8,365km から 1995 年には 1 万 8,770km に増加した。表 4-3-3 に舗装道路の長さが示されている。

舗装道路は1981年の8,365kmから1995年には1万8,770kmに増加した。表4-3-3に舗装道路の長さが示されている。

Table 4-3-3 Length of Paved Roads in Main Governorate

Unit: km

Governorate	Width of Road (m)			Total
	- 7.5	7.5 - 12	12 - double	
1) Cairo	-	338	233	571
2) Alexandria	97	-	132	229
3) Suez	60	309	378	747
4) Port Said	-	19	78	97
5) Red Sea	736	888	16	164
Total	6,692	9,885	2,193	18,770

Source: CAPMAS (As of 1995)

スエズでは一般的に道路状況は良好である。エジプトの道路交通手段は表4-3-4に示すように様々である。

Table 4-3-4 Road Traffic (in-movement licensed vehicles)

Unit: 1,000

Type of Vehicle	Number
Passenger cars	1,306
Busses and Coaches	39
Lorries	429
Trucks	46
Motorcycles	402

Source: CAPMAS (As of 1995)

民間部門が陸上輸送では大きな役割を果たしている。そのシェアは90%で、5つの公営企業のシェアは10%である。政府は、これらの公営企業を将来は民営化する計画である。

2) 鉄道輸送

エジプトには主要都市を結ぶ5,300kmの鉄道がある。鉄道輸送は主に旅客用に使用されている。エジプト国有鉄道 (Egyptian National Railways) は公営企業で、鉄道輸送を独占している。エジプト国有鉄道は7万人以上の要員を抱えており、慢性的な赤字に悩まされている。鉄道による貨物輸送は、道路輸送と比べ

エジプト国有鉄道は原料と製品の貨物輸送を行っていて、例えば、ウェスタン・デザート (Western Desert) にあるバハリヤ (Bahariya) 鉱山から燐鉱石と鉄鉱石を運び、アレキサンドリア港から輸入石炭をヘルワン製鉄会社に輸送している。しかし、他の殆どの鉄鋼ミルは原料と製品の輸送に鉄道を使用していない。それらはヘルワン製鉄会社のように工場内に引き込み線を持っていない。

3) 薄板工場の国内輸送計画

リストラ過程にあるエジプト国有鉄道が民営鉄鋼会社のために新たな路線に投資するのは困難であるので、薄板工場原料および製品の国内輸送は道路輸送のみを検討した。エジプトでの石灰石はナイル河の西側に多く埋蔵されている。鉄鋼にとって良質な石灰石は二つの鉱山、ベニハリド (Beni-Khalid) とリファイ (Rifaie) から生産され、そこからヘルワン製鉄会社と ANSDK に輸送されている。前者はカイロから南へ 250 km のところにあり、後者はギザの近くにある。薄板製品の地域別消費は表 3-2-4 に示されている。コンサルタント調査団は代表的な私的輸送代理店から主要な道路輸送の運賃を調査した。それらは以下の通り。

・スエズ - カイロ	: 16 - 18LE/トン (134 km)
・アレキサンドリア - カイロ	: 16 - 18LE/トン (221 km)
・スエズ - テンス・ラマダン	: 18 - 20LE/トン (170 km)
・アレキサンドリア - テンス・ラマダン	: 18 - 20LE/トン (284 km)
・アレキサンドリア - スエズ	: 20 - 21LE/トン (355 km)

これらは必ずしも距離に比例した運賃とならないことを示している。帰りの積荷の可能性が運賃の大きなインパクトになっている。通常、トラックがその日の帰りの荷を容易にピックアップできるかどうかは運賃の決め手となっている。カイロとアレキサンドリアの間では多くの種類の物資が大量に移動している。スエズはまだ物資の移動の少ないところである。このように、薄板工場にとっては、スエズは距離の上ではアレキサンドリアより有利であるが、トラックがカイロからアレキサンドリアの帰る場合の積荷の利便性を考えると、両サイトは殆ど同じ条件のもとにある。

4-3-4 用水の供給、生活排水および工場排水処理

(1) 用水の供給

検討中の薄板工場には多量の淡水が必要とされ第 1 期工事における必要量は次の通りである。

淡水 : 日量 36,000 m³(毎時 1,500 m³)

飲料水 : 日量 1,000 m³

1) 用水源

公共事業・水資源省から GOFI が得た情報によると、主として取水源は運河か地下水または海であり運河からの取水については次の取り決めがある模様である。

ケース-A: 運河から直接薄板工場に導水する場合

- 管轄は公共事業・水資源省となり、取水設備の建設費用は薄板工場が持つことになる。

ケース-B: 運河から浄水施設を経由して薄板工場に導水する場合

- 管轄は水道局となり薄板工場までの導水管は水道局が持つこととなる。(例として、ケース-B は ANSDK に適用されている)

2) 用水および飲料水の供給施設

現地調査の期間中に 2 カ所の候補地において用水および飲料水の供給施設の現況調査を行った結果を以下に概説する。

(a) スエズ

現存する供給管 (径 200 mm) の能力は日量 11,000 m³ であり、さらに新しい供給管 (径 800 mm または 1,000 mm) が自由貿易地区 (フリーゾーン) に計画されているが、これらはいずれも市民生活または軽工業用であり、現状では薄板工場用の原水としてサイトには存在しない。原水は、サイトから 17 km の距離にあるスエズ淡水運河 (スエズ・スイートキャナル) にあり、スエズ県庁の話によると、サイトまでの施設はスエズ水道局が準備するケース-A と明言している。

(b) アレキサンドリア

アレキサンドリアの候補地には、既設の供給管径は 700mm であり飲料水と工業用水に使用されており、管径 700mm は鋼板工場用として十分な給水能力を有する。

両候補地における供給施設を表 4-3-5 および表 4-3-6 にとりまとめた。

Table 4-3-5 Supply Facilities of Potable Water

Proposed sites	Pipe line	Capacity m ³ /d (future)	Result
Suez	1,000 mm	11,000 (30,000)	Available
Alexandria	700 mm	30,000	Available

(Requirement for flat project: 1,000 m³/d)

Table 4-3-6 Supply Facilities of Raw Water

Proposed sites	Pipe line	Result
Suez	Pipe line is not available	Future plan exists
Alexandria	Pipe line is available	Available

(Requirement for flat project :36,000 m³/d)

3) 原水の水質

薄板工場に要求される水質を表 4-3-7 に示す。

Table 4-3-7 Required Quality of Raw Water for Flat Product Plant

Service	Quality
Direct cooling water DR (Direct reduction plant) HSM(Hot strip mill)	Chloride : < 70 mg/l Total dissolved Solid : (< 300 mg/l) (Preferable) Total hardness as CaCO ₃ : < 90 mg/l
Washing water CSM(Cold strip mill)	

(a) スエズ

スエズ淡水運河の原水水質を表 4-3-8 に示す。

塩素イオンが要求水質よりかなり高く薄板工場の要求を満たすには、脱塩装置が不可欠である。

Table 4-3-8 Raw Water Quality from Suez Sweet Water Canal

Items	unit	Quality(max)
Turbidity	NTU	18
pH		8.27
Total dissolved solid	mg/l	733 (900)
Total hardness as CaCO ₃	mg/l	224
Total alkalinity	mg/l	174
Chloride	mg/l	500
Iron	mg/l	nil

Source : NOPWASD

(b) アレキサンドリア

アレキサンドリアにおいて得られる原水水質を表 4-3-9 に示す。

塩素イオンはほぼ要求値と同程度であり、脱塩装置は不要である。全硬度は要求値の約 3 倍近くあり、硬水軟化装置のみでよい。

Table 4-3-9 Raw Water Quality Available in Alexandria

Items	unit	Quality
Turbidity	NTU	-
pH		7.6 - 7.8
Total dissolved solid	mg/l	245 - 344
Total hardness as CaCO ₃	mg/l	150 - 220
Total alkalinity	mg/l	160
Chloride	mg/l	38 - 67
Iron	mg/l	0.05 - 0.2

Source : ANSDK, 1996

4) 用水単価

工業用水および飲料水の単価を表 4-3-10 に示す。

Table 4-3-10 Unit Price of Raw Water and Potable Water

Site	Raw water (LE/m ³)	Potable water (LE/m ³)
Suez	Not yet set up	Inside city : 0.75 Out side city(Adabiya) : 1.25
Alexandria	1.02	1.02

Source : Suez = Suez Governorate , Alexandria = ANSDK

(2) 生活排水および工場排水

薄板工場からの生活排水および工場排水の排出量を予測すると、次の通り。

生活排水 : 日量 1,000 m³
工場排水 : 日量 24,000 m³ (毎時 1,000 m³)

1) 生活排水および工場排水に関するエジプト法および規制

「法第 4 号 (1994 年)」を GOFI より受領した。この法によると、排出物質の排出基準は排出先毎にそれぞれ次の法に定められている。

法第 4 号 (1994 年) : 海域への排出
法第 48 号 (1984 年) : ナイル河への排出
法第 93 号 (1962 年) : 公共下水道への排出

2) 生活排水および工場排水施設

両候補地における生活排水および工場排水施設について調査を行った。各サイトにおける施設を次に概説する。

(a) スエズ

日量 55,800 m³ の公共下水処理場が候補地に隣接している。工場排水もここで処理される。公共下水処理場への排出基準「法第 93 号」に基づき排出されねばならない。

(b) アレキサンドリア

工場排水および生活排水処理施設は現在存在し、薄板工場内で処理したのち海域への排出が可能である。

ANSDK 内にある海域への排出装置の能力は毎時 1,860 m³ で現在毎時 170m³ が使用されており、薄板工場が使用しても十分な排出能力がある。

本薄板工場の水処理設備で処理された循環水からの排水の水質は、「法第4号（1994年）」で規定されている海域への排出基準よりも、非常に優れた水質である。

4-3-5 天然資源およびエネルギー

(1) 電力

1) 必要な電力

薄板工場用必要電力は下記に示す。

- 最大需要電力：約 200 MW
- 供給電力容量（バックパワー）：1,000 MVA

2) 電力供給網

エジプトの電力は超高圧 500kV、220kV および 132kV に区分し相互接続されている。アスワンで発電した電力は主な消費地方であるナギ・ハマディ、アレキサンドリア、デルタの電力需要家へ供給されている。

3) エジプトの電力統計年度報告書

電力・エネルギー省（Egyptian Energy Authority、略称 EEA）は昨年（1996年）よりエジプトの電力・エネルギーの増進・伸長に関する年度統計を発表している。その年度統計報告書（95/96年）より抜粋した重要なデータは下記を参照のこと。

- a) 1995/1996 年度における各地域の火力発電容量（油）：表 4-3-11
- b) 1995/1996 年度における各地域の変電容量：表 4-3-12
- c) 1992/1996 年度における電力消費量：表 4-3-13
- d) 次 2 年間の発電所建設計画：表 4-3-14
- e) 次 2 年間の変電所建設計画：表 4-3-15
- f) 1994/95 - 2005/06 年度間の発電所建設中期計画：表 4-3-16

4) 各サイトの電力供給

(a) スエズ

次の電力を受電できる。

- 電圧：220 kV

- 回線：2回線
- 供給可能電力容量：1,531 kW
- 余剰電力量：690 kW
- 停電状況：0.1 - 0.5 秒位の月間数回の瞬停あり、5 - 15 分程度の停電が2 - 3年に1度ある。

(b) アレキサンドリア

エル・ディケラへの送電系統は図4-3-11を参照のこと。
次の電力を受電できる。

- 電圧：220 kV
- 回線：2回線
- 供給可能電力容量：1,441 kW
- 余剰電力量：691 kW
- 停電状況：0.1 - 0.5 秒位の月間数回の瞬停あり、5 - 15 分程度の停電が2 - 3年に1度ある。

5) 電力供給に関するまとめ

アレキサンドリアおよびスエズ共に適当な電力を受電できる。
各サイトの電力供給に関する比較は表4-3-17を参照のこと。

Table 4-3-11 Nominal Capacity and Fuel Used by
Power Station during 1995/1996

Power station	Installed capacity(MW)	Fuel type	Remarks
Shoubrah (st)	1,260	Mazout/NG	
Cairo West (st)	350	Mazout/NG	
Cairo West (ext)	660	Mazout/NG	
Cairo South (comb 1)	570	Solar/NG	
Cairo South (comb 2)	165	Solar/NG	
Wadi Hof	100	Solar/NG	
El Tebbin (gas)	46	Solar/NG	
El Tebbin (st)	45	Mazout	
Demitta (comb)	1,125	Solar/NG	
Talkha (comb)	283.5	Solar/NG	
New Talkaha (st)	90	Mazout	
Talkaha 210 (st)	420	Mazout/NG	
Kafr el Dawar (st)	440	Mazout/NG	
Mahmoudia (gas)	180	Solar/NG	
Mahmoudia (comb)	308	Solar/NG	
Damanhour 300 (st)	300	Mazout/NG	Alex
New Damanhour (st)	195	Mazout/NG	Alex
Old Damanhour (st)	30	Mazout	
Damanhour (comb)	153	Solar/NG	
Abu Kir (st)	900	Mazout/NG	Alex
Siuf (st)	113	Mazout	Alex
Siuf (gas)	200	Solar/NG	Alex
Ataka (st)	900	Mazout/NG	
Abu Soltan (st)	600	Mazout/NG	
Suez (st)	185	Mazout	
Shabab (gas)	100	Solar/NG	
Walidia (st)	300	Mazout	
Port Said (gas)	44	Solar/NG	
Assiut (st)	90	Mazout	

(Source:EEA)

**Table 4-3-12 Sub-station Capacities Distributed
over Zones for 1995/1996**

Unit: MVA

Zone	500kV	220kV	132kV	66kV	33kV
Cairo	1,500	5,400	-	6,910	-
M.Delta	-	2,680	-	3,129	34
W.Delta	-	1,395	-	1,130	26
Alexandria	-	2,865	-	2,593	182
Canal	-	2,025	-	2,164	-
N.U.Egypt	3,035	1,115	954	621	649
S.U.Egypt	2,245	750	1,858	561	794
Total	6,780	16,230	2,812	17,108	1,685

(Source: EEA)

Table 4-3-13 Energy Consumed in Different Zones

Unit: Million kWh

Zone	92/93	93/94	94/95	95/96
Cairo	15,155.2	15,942.9	17,179.8	18,096.8
M.Delta	6,283.4	6,485.5	6,967.0	7,464.0
W.Delta	2,194.4	2,200.2	2,268.1	2,468.3
Canal	4,271.4	4,493.7	4,796.3	5,379.0
Alexandria	5,615.4	5,820.2	6,133.5	6,391.8
N.U.Egypt	3,702.5	3,664.0	3,687.8	4,046.9
S.U.Egypt	8,108.5	8,233.1	8,406.0	8,709.1
Total	45,330.8	46,839.6	49,438.5	52,555.9

(Source: EEA)

**Table 4-3-14 Expected Projects within Two Years
- Power Plants**

Name of project	Capacity (MW)
Assiut second extension	1 x 300
El Arish	2 x 30
El Koraimat	2 x 600
Total	1,560

(Source: EEA)

**Table 4-3-15 Expected Projects within Two Years-
Networks (Sub-Station)**

Name of Project	kV	Capacity (MVA)
500 kV Sub-station New Suez	500/220/11	1 x 500
220 kV Sub-station Loxur Shark	220/66/20	2 x 75
Zaafra	220/22	2 x 75
Maghagha	220/66/33/11	2 x 75
Taba	500/400/22	1 x 75
	500/220/22	1 x 500
Safaga	220/66/22	2 x 75
Marsa Matrouh	220/66/11	2 x 75
Nowebaa	220/66/22	2 x 75
Sharm El Shiekh	220/66/22	2 x 75

(Source: EEA)

Table 4-3-16 EEA Medium Term Plan for Capacity Addition of Generation Plants
from 1994/1995 to 2005/2006

Plant	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
Talkha Ext.	210											
Assuit	2x300	300										
Cairo West								2x325				
Mahmodia C.C.		100										
Damanhour Ext.										325		
Damaohour C.C.		50										
Cairo South C.C.	165											
Kurimat			650	650								
Sidi Kurir					325	325						
Ayon Mousa							325	325				
Attaka (Pump St.)									325	325		
Cairo North G.T.												
Delta North G.T.												
Nobaria C.C.											2x300	300
Suez Gulf									325	325		325
El Tebin G.T.										2x100		
Total	975	450	650	650	325	325	325	975	650	850	925	625

Figure 4-3-6 Net work feeding to El Dekhiela

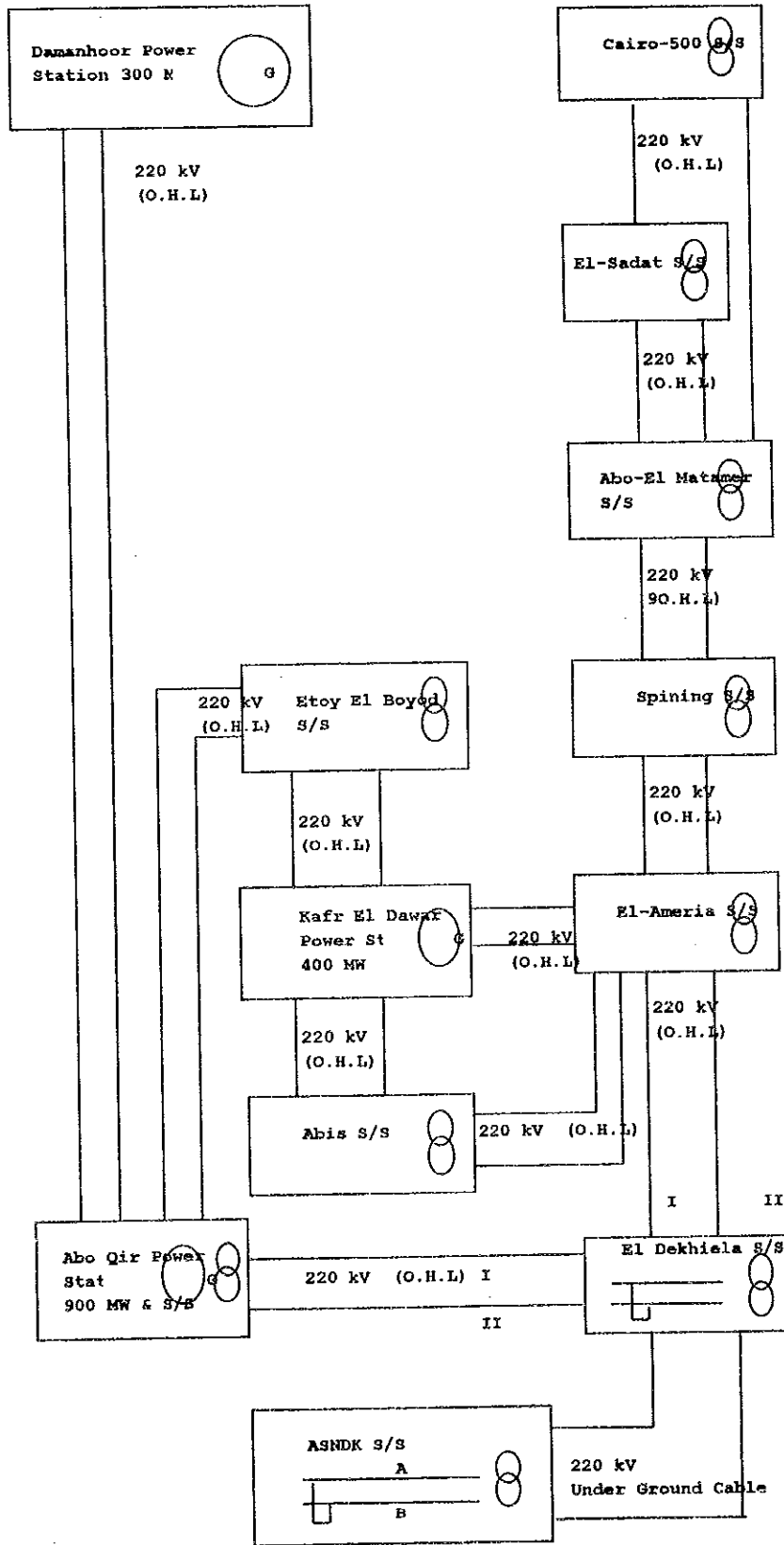


Table 4-3-17 Evaluation of Power Supply for Proposed Sites

No.	Description	Site	
		Alexandria	Suez
		El Dekhiela	Ataga
1	Requirement of Power		
	a) Average maximum demand (MW)	200	200
	b) Power supply capacity (Back power) (MVA)	1000	1000
2	Existing Major Power Stations Capacity		
2.1	Alexandria site		
	a) Damanhoor Power Station		
	* Installed capacity (MW)	300	
	* Load factor (%)	60	
	* Excess capacity (MW)	120	
	b) Kafr El Dawar Power Station		
	* Installed capacity (MW)	270	
	* Load factor (%)	30	
	* Excess capacity (MW)	189	
	c) Abo Qir Power Station		
	* Installed capacity (MW)	871	
	* Load factor (%)	56	
	* Excess capacity (MW)	382	
2.2	Suez site		
	a) Ataga Power Station		
	* Installed capacity (MW)		850
	* Load factor (%)		57
	* Excess capacity (MW)		365
	b) Suez Power Station		
	* Installed capacity (MW)		106
	* Load factor (%)		64
	* Excess capacity (MW)		38
	c) Abu Soltan Power Station		
	* Installed capacity (MW)		575
	* Load factor (%)		50
	* Excess capacity (MW)		287
3	Total Excess capacity (MW)	691	690
4	Distance from Substation to site (m)	Approx. 200-300	1000
5	Supply voltage level (kV)	220	220
6	Line configuration	Double line	Double line
7	Power supply condition in terms of reliability such as ;		
	-Voltage	205-220 kV	205-220 kV
	-Frequency	49.9-50.2 Hz	49.9-50.2 Hz
	-Power failure (Instantaneous)	0.1-0.5 sec.	0.1-0.5 sec.
	-Power failure (Frequency stoppage)	5-15 min/2-3year	5-15 min/2-3year
8	Result of evaluation	Sufficient	Sufficient

(2) 天然ガス

本薄板工場は約毎時 55,000 Nm³/hr の天然ガスを必要とする。

1) 背景

現地調査中に在エジプトアメリカ商務省刊行の「エジプトの石油およびガス事情 (An overview of Egypt's Oil and Gas Sectors)」を背景資料として入手した。概要を以下に述べる。

(a) 埋蔵量

1990年にエジプトは12兆立方フィート(8.5兆立方フィート非随伴ガスを含み)のガス埋蔵量を確認していた。近年のガス埋蔵量は1992年以降の急激な増加で21.4兆立方フィートと推定されている。政府は向こう20年間に新しい埋蔵量を毎年平均で1.35兆立方フィート発見することを目標としている。これは20年後の国内のガス消費レベルが27兆立方フィートとなるとの予測に埋蔵量を合わせているに他ならない。

(b) 生産

1992年までは、天然ガス生産は平均日量11億立方フィートで継続されていた。エジプト石油会社(Egyptian General Petroleum Corporation、略称EGPC)は1996/97年即ち最近の5カ年計画の最終年には生産は日量16億立方フィートに近づくと予測している。

1994年内の天然ガス生産を表4-3-18に掲げる。

2) 天然ガス供給

エジプトガス会社(Egyptian Natural Gas Company、略称GASCO)から、次の情報が得られた。

(a) 既設の供給源の供給容量

薄板工場の要求量毎時55,000 Nm³についてGASCOは十分な供給源を有する。

(b) 既設の供給ガス配管

アレキサンドリアおよびスエズともガス供給網があり、双方ともガス供給管は工場境界線までGASCOにより敷設される。

(c) 薄板工場が必要とされる天然ガスの品質

薄板工場が必要とされる天然ガスの品質を表4-3-19に示す。

Table 4-3-18 Natural Gas Production in Egypt

Unit : 1,000 t (In 1994)

Natural gas	Quantity
Abu Madi	2,632
Abu Qir/Naf	1,199
Abu Al-Gharadiq	547
Badreddin 1	129
Shukeir (Suez Gulf)	1,254
Badreddin 2,3	2,408
Sinai	103
Khalda	24
Abu Sinai	186
Across Gulf	246
El-Qaraa	786
TOTAL	9,514

Source: American Chamber of Commerce in Egypt

Table 4-3-19 Required Quality of Natural Gas for Flat Product Plant

Supply capacity	55,000 Nm ³ /hr
Service	Feed to DRP (Direct Reduction Plant) Fuel gas
Composition	C ₅ +(Heavy hydro carbon):< 0.5 (mol. %) Sulfur (as H ₂ S) = 5 - 10 ppm

販売ガスの分析値を GASCO から入手した。表 4-3-20 に示す。分析値は薄板工場の要求に合致する。硫化水素の含有量についてはアレキサンドリアの近くで生産されるガスのみが要求成分に一番近いことから直接還元プロセスには好ましい。

Table 4-3-20 Sales Gas Analysis

Composition	Mol%
N ₂	0.65 - 1.06
CO ₂	1.87 - 0.45
C ₁	77.51 - 92.00
C ₂	13.37 - 3.69
C ₃	6.02 - 1.65
IC ₄	0.27 - 0.39
NC ₄	0.26 - 0.39
IC ₅	0.03 - 0.15
NC ₅	0.03 - 0.15
C ₆ +	0.01 - 0.1
G.C.V(BTU/FT)	1183 - 1077

Source : GASCO

(d) 天然ガス単価

天然ガス単価は国際価格にリンクしており、2つの候補地において同じ単価である。

今回の薄板工場（2005年操業開始）の企業化調査の計算に使われる天然ガス単価を表4-3-21に掲げる。

Table 4-3-21 Unit Price of Natural Gas

(Unit: 0.01 US\$/Nm³)

Proposed site	Unit price
Suez	8.4
Alexandria	8.4

4-4 用地選定基準

4-4-1 用地選定フロー

第1次選定：支配的条件の適合性判定

現地調査によって、その用地が薄板工場建設用地として具備すべき絶対的の必要条件に適合しているかどうかを判定する。

第2次選定：技術的、経済的、社会的要素の比較

第1次選定を通過した候補地について技術的、経済的および社会的要素を比較検討する。

総合評価：

第1次ならびに第2次の選定結果を総合的に評価し、工場建設候補地を1ヶ所に絞りエジプト側に推薦する。

最終決定：

エジプト側の関係者と協議し、最終的に工場建設候補地1ヶ所を選定する。

4-4-2 第1次選定

薄板工場建設地として具備すべき条件を設定し、この条件に基づき候補地の評価を行う。建設地としての評価選定基準は下記の考えに基づき作成した。

エネルギー、ユーティリティおよびインフラストラクチャは品質的にまた数量的に、薄板工場の要求を満足していなければならない。薄板工場は2005年に稼動すると仮定する。したがって前記のエネルギー、ユーティリティおよびインフラストラクチャもこのスケジュールにあっていなければならない。

第1次選定の評価をするため下記の文字を使用し該当欄に記入する。評価の結果は表4-4-1に示す。

- A: 現状で十分満足できる状況、状態あるいは環境にある。「A」は acceptable を意味する。
- I: 現状は満足できる状況、状態にないが、将来満足できる状況、状態あるいは環境に改善されると考えられる。「I」は insufficient but can be improved を意味する。
- U: 現状は満足できる状況、状態にない。将来的にも改善されるとは考えられない。「U」は unacceptable を意味する。

Table 4-4-1 Summary of Primary Selection

FACTOR/CONSIDERATION	Suez	Alexandria
1. LAND UTILITIES: (1) Area; 2. TRANSPORTATION AND PORT FACILITIES: (1) Iron ores berth (2) Berth for products and scrap 3. UTILITIES: (1) Industrial water (2) Natural gas (3) Electric power (4) Waste water sewer		

4-4-3 第2次選定

この章では工場建設候補地の第2次選定評価について述べる。

(1) 技術的評価

第1次選定評価で工場建設地として重要な条件を具備していると評価されたすべての候補地について第2次技術的評価チェックリストを用いて評価する。

評価の方法は以下に述べる通りとする。

各評価項目について3つの欄が用意されている。最初の欄は「重要性」で、次の欄は「現況評価」を示し、最後の欄には「評価点数」を記入する。

「重要性」の欄はアルファベットを用い3つのカテゴリーに分類する。

- A: 薄板工場建設用地として特に必要な条件である。
- B: 具備していればベター、絶対に必要な条件ではない。
- C: 候補地一般的情報

「現況評価」は前節で用いたアルファベット「A」、「I」、「U」により評価する。

「評価点数」は現況評価により下記の範囲から選択する。

A： 8 - 10 点

I： 5 - 7 点

U： 5 点以下

技術的評価の結果は表 4-4-2 にまとめる。

(2) 経済的比較

現地調査において、現場の踏査やエネルギーコスト、ユーティリティの単価、土地の購入費などに関する資料を収集することが重要である。これらの資料を基に候補地毎に条件の違いによって生じる、初期投資額、長期にわたる操業費への影響を算定する。経済的評価の結果は表 4-4-3 に示すようにまとめ、候補地毎に比較する。

(3) 社会的要素比較

社会的要素については用地選定チェックリストに基づき評価する。社会的要素を定量的に評価することは困難である。したがって前節で採用した評価基準のうち「重要性」A、B、C と現状評価 A、I、U を用い評価する。その結果は表 4-4-4 にまとめて示す。

Table 4-4-2 Summary of Technical Evaluation in Secondary Selection

	Importance	Rating	Score
1. LAND UTILITIES			
1.1 Site conditions			
1.2 Supporting industries			
1.3 Construction requirement			
1.4 Manpower			
2. TRANSPORTATION AND PORT FACILITY			
2.1 Port facility			
2.2 Road and railway			
3. UTILITIES			
3.1 Water supply			
3.2 Sewerage and waste water			
4. NATURAL RESOURCES AND ENERGY			
4.1 Natural gas			
4.2 Electric power			
5. NATURAL ENVIRONMENT			
5.1 Meteorological condition			
5.2 Topographical condition			
6. ENVIRONMENT AND POLLUTION			

Table 4-4-3 Comparison in Total Amount of Initial Investment and Operation Costs by Sites

Cost factors	Suez	Alexandria
(1) Land		
1) Acquisition of land		
2) Land preparation		
3) Slope protection		
(2) Port and port facilities		
1) Quay		
2) Port facilities		
(3) Facilities in plant		
1) Conveyer		
2) Foundation		
3) Desalination plant		
4) Softner		

Table 4-4-4 Summary of Social Factor Evaluation

Factor Consideration	Evaluation
REGIONAL CONDITION	
(1) Regional development Plan	
(2) Relevant Industries	
(3) Environmental restriction	

4-4-4 総合評価

第 2 次の技術的評価、経済的評価および社会的要素の評価が終了した後、表 4-4-5 により総合的に順位付けを行う。

Table 4-4-5 Overall Evaluation Table

Evaluation items	Site A	Site B
1. Technical Factor		
1.1 Land utilities		
(1) Site conditions	□□□□□	□□□□□
(2) Supporting industries	□□□□□	□□□□□
(3) Construction requirement	□□□□□	□□□□□
(4) Manpower	□□□□□	□□□□□
1.2 Transportation and port facilities		
(1) Port facilities	□□□□□	□□□□□
(2) Road and railway	□□□□□	□□□□□
1.3 Utilities		
(1) Water supply	□□□□□	□□□□□
(2) Sewerage and waste water	□□□□□	□□□□□
1.4 Natural resources and energy		
(1) Natural gas	□□□□□	□□□□□
(2) Electric power	□□□□□	□□□□□
1.5 Natural environment		
(1) Meteorological condition	□□□□□	□□□□□
(2) Topographical condition	□□□□□	□□□□□
(3) Soil condition	□□□□□	□□□□□
(4) Sea condition	□□□□□	□□□□□
2. Economical Comparison		
3. Social Factor		
4. Overall Ranking		
5. Recommendation		

4-5 用地選定評価の結果と工場建設地の推薦

スエズおよびアレキサンドリア両地区における用地選定評価の結果と工場建設地推薦について下記に述べる。

(1) 第1次選定および第2次選定

スエズおよびアレキサンドリア（エル・ディケーラ）の両候補地とも第1次選定および第2次選定基準に合格し、したがって薄板工場建設地として適していると判断された。

(2) 工場用地選定の結論

スエズおよびアレキサンドリア両地区の顕著な特徴や技術的、経済的評価および社会的要素を総合的に比較し判断した結果、アレキサンドリアのエル・ディケーラ地区が薄板工場建設地として最も適していると判断し、本調査の対象である薄板工場の建設地としてエジプトに推薦し両者で検討協議した結果エル・ディケーラに決定した。

以下に評価の結論を簡単に述べる。

1) 技術的評価

スエズのアダビヤF.Z およびアレキサンドリアのエル・ディケーラの両地区とも技術的見地からは薄板工場の建設地として可能であり容認できる。

2) 経済的評価

- － スエズ地区における建設初期投資金額はアレキサンドリア地区に比較して約2億7,000万LE(8,000万US\$)高いと算定された。
- － スエズ地区における操業コストはアレキサンドリア地区に比較して年間約3,000万LE(930万US\$)高いと算定された。

3) 立地条件

(a) スエズ

- スエズ地区には現時点では判断することのできない下記の条件が存在している。
- － 港湾施設の将来計画と利用の可能性
 - － フリーゾーンの法制下での土地取得問題
 - － 工業用水の給水と価格

(b) アレキサンドリア

工場建設予定地は ANSDK、アレキサンドリア県庁および国防省が所有している。したがって、これら関係者のすべてが土地をプロジェクトに売却する了解を得ることが前提である。

4) 工場建設地の推薦

アレキサンドリア地区（エル・ディケーラ）が薄板工場建設地として適しており、コンサルト調査団はエル・ディケーラを対象として、薄板工場建設計画に係わるフェージビリティ・スタディを実施する。

工場建設候補地の評価についての詳細は Appendix 4A-6 に示す。

4-6 他の地区

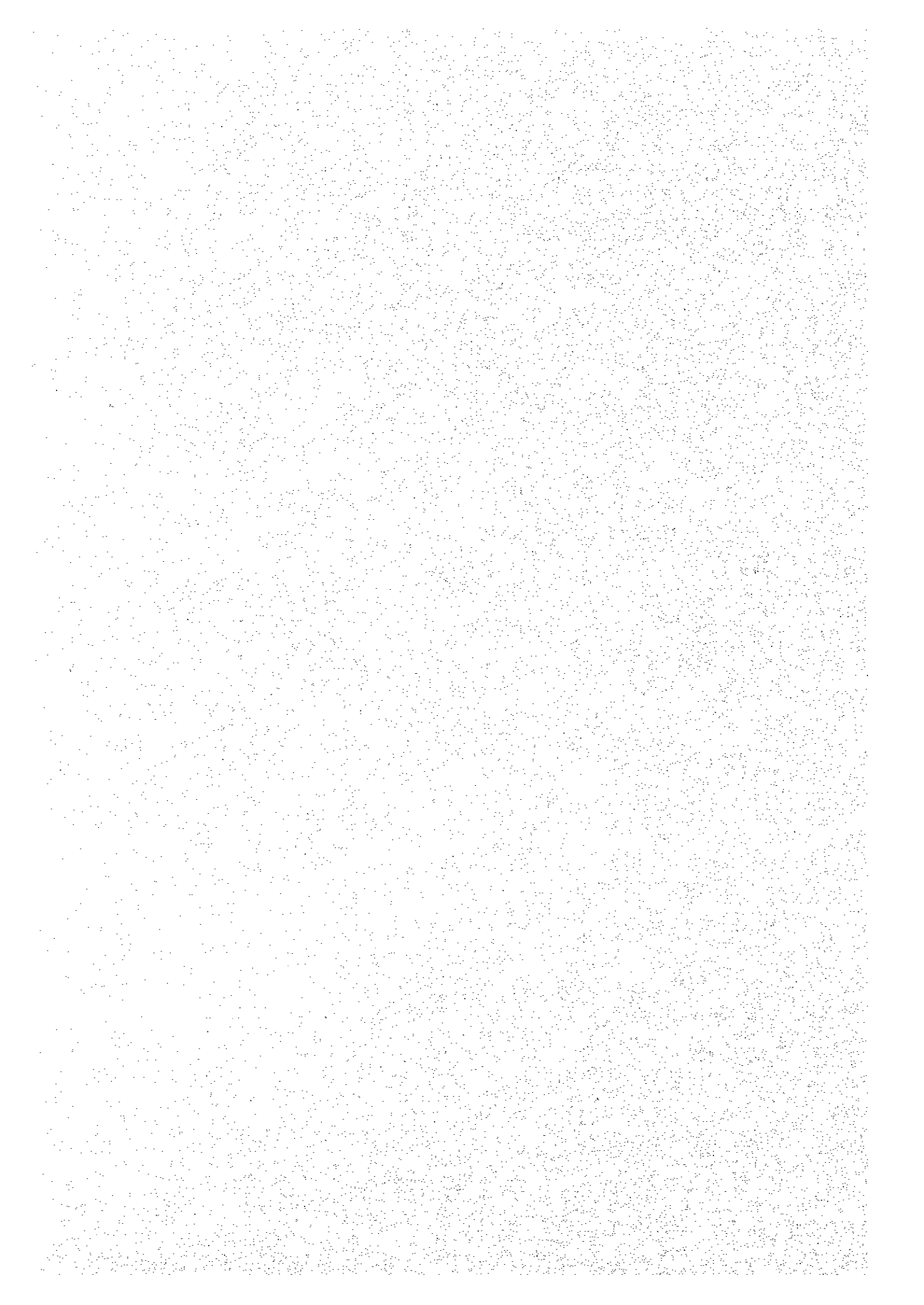
4-6-1 ビル・オディブ地区の検討

GOFI は上記スエズ地区のアダビヤ F.Z、アレキサンドリア地区のエル・ディケーラに加えて、スエズから約 60 km 南に位置するビル・オディブを薄板工場建設候補地として推薦してきた。しかし、コンサルト調査団は下記理由により当該地区を調査対象地から除外することとした。

- － ビル・オディブ地区の開発についてはエジプト政府、スエズ県庁をはじめ関係者間で検討中であるが、現時点では具体的な計画は何も無い。
- － ヘルワンからビル・オディブまで工業用水用配管を布設する構想はあるが具体的な計画には至っていない。
- － 天然ガスの供給に関する計画が無い。
- － 製鉄会社用港湾施設の計画が無い。

今後この地区を更に調査し、フェージビリティスタディをより正確なものにするためには、工場やユーテリテイおよびその他関連施設の建設費、原材料、製品の輸送費、ユーテリテイコストなどを知ることが重要になってくる。しかし前述したビル・オディブが置かれている現状ではこうした項目を調査し推定することが不可能であり、薄板工場建設後の財務分析をすることも不可能となる。仮に、これらの費用を現時点で仮定し、財務分析を行ったとしても、意味のあるフェージビリティ・スタディにはならないであろう。

第5章 薄板工場の基本構想



第5章 薄板工場の基本構想

5-1 生産および製品

JICA フェーズ1 レポートを、第3章に述べたフェーズ2の現地調査結果を考慮して将来予測を若干修正し、新薄板工場の生産計画を作成した。

5-1-1 薄板工場の生産予測

(1) JICA フェーズ1 調査の予測結果

薄板製品の消費量は、1996年にJICA フェーズ1 フィジビリティ・スタディによって調査されレポートに示されている。これによれば、中間の成長率の場合、表5-1-1 および図5-1-1に示すように、エジプトの薄板消費量は2005年には173万4,000トン、そして2015年には252万8,000トンに達しようとしている。各々の推定される商品の内訳を表5-1-2に示す。

高度または低度成長率のケースもそのレポートには述べられているが、以降の作業は、中間成長率のケースに基づいて行なう。

(2) 新薄板工場の販売可能薄板量

2005年における新薄板工場の販売可能薄板量はフェーズ1のレポートを若干修正し、表5-1-3の合計推定鋼板量から、6)、7)項の製品を差し引くことによって得られる。

1) 熱延、冷延製品 (板厚<3.0 mm)

3.0 mm以下の板厚の製品はフェーズ1レポートで既に熱延、冷延製品に区分されており、約50%が熱延製品で、約50%が冷延製品である。

2) 熱延製品 (板厚= 3 - 24 mm)

熱延製品の内、板厚3.0 mmから24 mmの製品は板厚3.0 mmから13 mmの熱延製品と板厚13 mmから24 mmの厚板製品の2つに区分した。

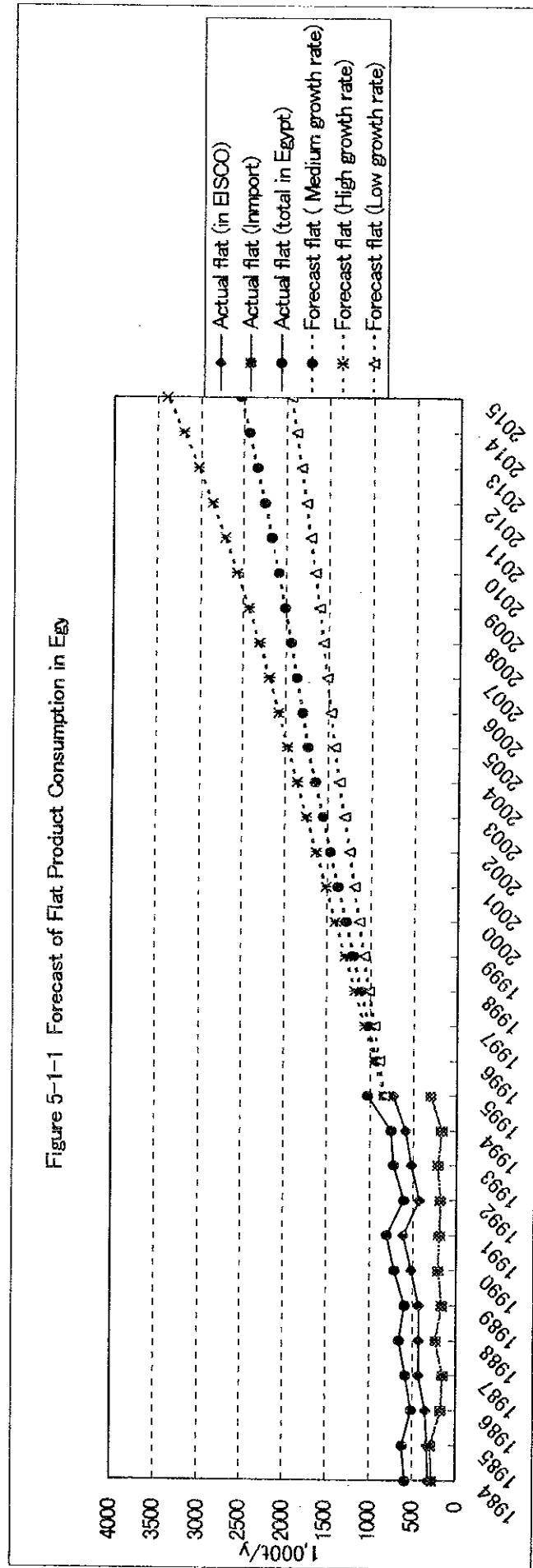
Table 5-1-1 Forecast of Flat Product Consumption in Egypt

Unit: 1,000 t/y

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Actual Flat (in EISCO)	311	322	346	427	428	429	514	609	422	516	588	729																					
Actual Flat (Import)	271	290	167	150	229	163	201	192	182	209	171	295																					
Actual Flat (total in Egypt)	582	612	513	577	657	592	715	801	604	725	754	1024																					
Forecast Flat (Medium growth rate)													834	924	1014	1104	1194	1284	1374	1464	1554	1644	1734	1798	1865	1936	2009	2066	2167	2251	2339	2431	2528
Forecast Flat (High growth rate)													834	948	1061	1175	1288	1402	1516	1629	1743	1856	1970	2073	2184	2302	2428	2562	2706	2860	3024	3199	3396
Forecast Flat (Low growth rate)													834	893	953	1012	1071	1131	1190	1249	1308	1368	1427	1471	1517	1564	1612	1663	1715	1769	1825	1882	1942

Source: Actual Flat Consumption based on IISI 1997

Forecast Flat Demand based on JICA Phase-1 Report 1996



3) プリキおよびティン・フリー・スチール

「表面処理」に区分されていた製品は亜鉛めっき鋼板、ティン・フリー・スチールを含むプリキ、カラー鋼板およびその他で構成されている。

プリキ（缶に分類されている）の需要は年間3万6,281トンと予測しているが、フェーズ2の調査結果によると1990年から1995年の平均消費量である年間4万5,000トンであると推定される。そしてその量は代替製品の消費量の増大により2020年まで変わらないと推定される。

4) 金属性容器の需要

フェーズ2の調査結果により、金属性容器の分野の年間28,346トンの消費量の実態はコルゲートシートとして使われていることが判明したので、建設分野に区分変更することにした。

5) 表面処理製品

缶を除く表面処理製品は亜鉛めっき、カラー、その他に区分される。85%は亜鉛めっき鋼板で残り15%がカラー、その他である。

6) ヘルワン製鉄会社の生産量

ヘルワン製鉄会社の生産量は1990年から1995年の平均生産量を維持すると推定した。生産実績は次の通りである。

熱延製品

- 生産量	: 年間40万トン
熱延製品	: 年間32万トン
厚板製品	: 年間8万トン
- 公称能力	: 年間60万トン

冷延製品

- 生産量	: 年間16万トン
- 公称能力	: 年間25万トン

7) 新薄板工場に不適当な製品項目

次の製品は少量または需要増加が期待できない等の理由により新薄板工場での生産対象から除外すべき製品である。

- 巾1500mmを超える熱延製品
- 板厚24mmを超える熱延製品
- プリキおよびティン・フリー・スチール製品
- その他に属する表面処理鋼板

8) スキンパスコイル

板厚 3 mm 以下のコイルのうち 50 %は平坦度をうるためスキンパスラインを通す。

上記を考慮し、需要予測と販売可能製品を計算した結果を表 5-1-3、5-1-4 および図 5-1-2 に示す。

Table 5-1-2 Demand Forecast for Flat Products in 2005 (Medium growth case)

Unit : ton/y

Thickness	Width <1500mm										W>1500mm	Total	
	Construction	Ship yards	Welded pipe	Gas cylinder	Metal Container	Railway	Automobile	Home appliance	Can	Furniture			Government
Hot & Cold t<3	6,215	12,598	317,447			1,050	24,825	136,669		104,985	8,399	99,395	711,583
Hot t=3-24	278,695	19,737	211,633	102,801	20,997	11,179	41,918	1,380			45,983	18,574	859,581
Hot t>24	20,144					1,079					630		46,087
Non Coated	305,054	32,335	529,080	102,801	20,997	13,308	66,743	138,049		104,985	55,012	117,969	1,486,333
Coated					28,346			13,652		36,281		38,006	116,285
Total	305,054	32,335	529,080	102,801	49,343	13,308	66,743	151,701		104,985	55,012	155,975	1,733,536

t<3mm : Hot 342,549, Cold : 369,034

Source : JICA Phase-1 Report 1996

Table 5-1-3 Demand Forecast for Flat Products in 2005 Revised by the Study Team

Unit : ton/y

Thickness	Width <1500mm										W>1500mm	Total	
	Construction	Ship yards	Welded pipe	Gas cylinder	Metal Container	Railway	Automobile	Home appliance	Can	Furniture			Government
Cold t<3							21,686	136,669		104,985	6,299	99,395	369,034
Hot t<3	6,215	12,598	308,728			1,050	3,138	0		0	2,100	0	333,829
Hot t=3-13	139,348	9,869	211,633	102,801	20,997	11,179	41,918	1,380			45,983	18,574	657,023
Plate t=13-24	139,348	9,869											202,558
Plate t>24	20,144					1,079					630		46,087
TIN & TFS									45,000				45,000
Galvanized	24,094							11,504				32,305	68,003
Color coated	4,252							2,048				5,701	12,001
Total	333,400	32,335	520,361	102,801	20,997	13,308	66,742	151,701	45,000	104,985	55,012	155,975	1,733,535

(a) Hot Rolled Products of 3.0-24.0mm thickness are divided into 3.0-13.0mm and 13.0-24.0mm segments, over 13.0mm will be considered plate

(b) 50% of Hot Rolled Products under 3.0mm will be skinpassed coil

(c) Coated products for cans are TIN & TFS products. Consumption will be 45,000 t/y; (the same average consumption as 1990-1995) see Table 3-1-2 Chapter 3.

(d) Coated products except tin consist of 85% galvanized and 15% color coated products

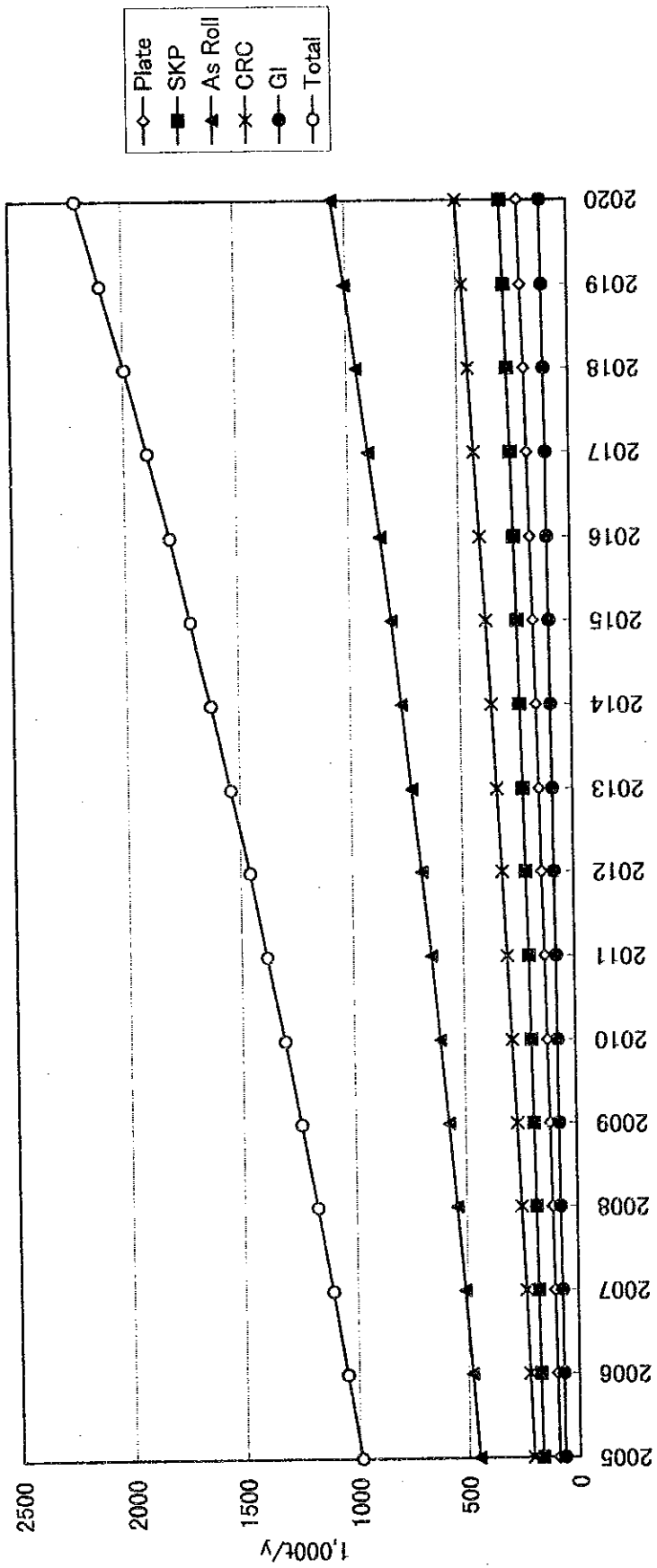
(e) Coated products for metal containers mean galvanized sheet for walls and roofing of buildings and should be categorized as "construction"

Table 5-1-4 Forecast of Salable Domestic Flat Products in the Flat Product Plant

Unit : 1,000 t/y

year	Demand Forecast of Flat products in Egypt										EISCO's Production					Salable Domestic Flat Products in New Flat Project				
	Cold	t<3	t=3-13	Plate	TIN	GI	Color	W>1500	Total	Cold	Hot	Plate	year	Plate	SKP	As Roll	CRC	GI	Total	
2005	369	334	604	171	45	68	12	131	1734	160	320	80	2005	91	167	451	209	68	986	
2006	384	347	627	177	45	71	12	136	1798	160	320	80	2006	97	173	480	224	71	1046	
2007	398	360	651	184	45	73	13	141	1865	160	320	80	2007	104	180	511	238	73	1106	
2008	413	374	676	191	45	76	13	147	1936	160	320	80	2008	111	187	543	253	76	1171	
2009	429	388	702	199	45	79	14	152	2009	160	320	80	2009	119	194	577	269	79	1238	
2010	446	404	730	207	45	82	15	158	2086	160	320	80	2010	127	202	612	286	82	1308	
2011	464	420	759	215	45	85	15	165	2167	160	320	80	2011	135	210	649	304	85	1382	
2012	482	436	789	223	45	89	16	171	2251	160	320	80	2012	143	218	687	322	89	1459	
2013	501	454	820	232	45	92	16	178	2339	160	320	80	2013	152	227	727	341	92	1540	
2014	521	472	853	242	45	96	17	185	2431	160	320	80	2014	162	236	769	361	96	1624	
2015	542	491	888	251	45	100	18	193	2528	160	320	80	2015	171	246	813	382	100	1713	
2016	564	511	923	261	45	104	18	200	2627	160	320	80	2016	181	255	858	404	104	1803	
2017	586	531	960	272	45	108	19	208	2729	160	320	80	2017	192	265	905	426	108	1897	
2018	610	552	998	283	45	112	20	216	2835	160	320	80	2018	203	276	954	450	112	1994	
2019	634	574	1037	294	45	117	21	225	2946	160	320	80	2019	214	287	1004	474	117	2095	
2020	659	596	1079	305	45	121	21	234	3061	160	320	80	2020	225	298	1057	499	121	2201	

Figure 5-1-2 Forecast of Salable Domestic Flat Products from Flat Product Plant



5-1-2 製造品種と生産計画

(1) 製造品種

5-1-1 節で述べたように新薄板工場で生産される製品は熱延コイル、厚板、冷延コイルおよび亜鉛めっきコイルである。年間生産量を表 5-1-4 に示す。3 mm 以下のコイルの 50 %はスキンパスをかけられる。ブリキおよびティンステール製品は新薄板工場では生産しない。

現地調査によれば、エジプトではパイプ製造会社を除き薄板製品の大半はシート状態で需要家に供給されているので、熱延、冷延コイルは需要家近くに建てられたサービスセンターへ送られ、シートに加工されるものとした。

(2) 寸法構成と製品規格

現状の薄板製品の寸法構成は、JICA フェーズ 1 により調査され報告されているが、エジプトにおける薄板製品の平均巾は、大半の製品がヘルワン製鉄会社によって生産され、ヘルワン製鉄会社における熱延、冷延製品の最大巾が 1 m であることに起因して、国際市場に比べ狭くなっている。しかし、将来新薄板工場が稼動すれば、寸法構成は、操業の効率化、歩留まり改善のため巾広化に向かうと予想される。それゆえ、将来の寸法構成としては国際市場を基本としたほうが適当である。

現状のエジプトにおける産業を考慮すると、高級鋼の需要の急速な伸びは期待できない。規格構成は新薄板工場稼動時点でも現状市場とほとんど同じと考えられる。寸法構成、製品規格構成を表 5-1-5、6、7、8、9 に示す。

Table 5-1-5 Size Mix of Slab

Width (mm)	Mix (%)	Remarks
650- 800	(5.0)	Slitted slab
850-1,100	33.0	
1,150-1,300	36.0	
1,350-1,600	31.0	
Total	100.0	

- Note
1. Average slab width = 1,195 mm
 2. Slab under 800 mm and under in width shall be produced from double width slab by gas cutting.
 3. 5% of slabs are assumed to be surface conditioned
 4. Hot charge rolling ratio is assumed to be 60%.

Table 5-1-6 Size Mix of Hot Strip Mill

(Unit: %)

Thickness (mm)	Width (mm)				Total
	610-799	800-1,099	1,100-1,299	1,300-1,600	
1.6-2.9	4.0	14.0	15.0	4.0	37.0
3.0-12.9	1.0	19.0	21.0	12.0	53.0
13.0-24.0	0	0	0	10.0	10.0
Total	5.0	33.0	36.0	26.0	100.0

Note : Average = 7.0 x 1,158 mm

Table 5-1-7 Size Mix of Cold Strip Mill

(Unit: %)

Thickness (mm)	Width (mm)		Total
	610-1,099	1,100-1,250	
0.4-1.0	27.5	27.5	55.0
1.0-1.6	11.0	19.0	30.0
1.6-2.5	7.5	7.5	15.0
Total	44.0	54.0	100.0

Note : Average = 1.08 x 1,028 mm

Table 5-1-8 Galvanizing Line Size Mix

(Unit: %)

Thickness (mm)	Width (mm)		Total
	610-999	1,000-1,250	
0.4-1.0	35.0	35.0	55.0
1.0-1.6	15.0	15.0	30.0
Total	50.0	50.0	15.0

Average = 0.88 x 1,015 mm

Table 5-1-9 Rolled Coil Specifications

(Unit: %)

Specification	Final products	
St-12,13,14	36.0	Cold rolled or Galvanized products Hot rolled coil or plate
St-33	4.0	
St-37	54.0	
St-44,50,52	6.0	
Total	100.0	

(3) 生産計画と立上がり計画

薄板工場の生産計画は、販売可能製品量と最適な生産プロセス能力を考慮して検討する必要がある。これらを考慮した生産計画を表 5-1-10 および図 5-1-3 に示す。プラントの生産能力は稼動 2 年目に年間 100 万トンのスラブを生産するよう決定した。しかし、1 年目(2005 年) はフル能力の 60%すなわち 60 万トンのスラブを生産する。

Table 5-1-10 Production Plan and Start-up Program

Product	2005	2006	2007
DRI	700,000	900,000	1,000,000
Burnt lime	24,000	40,000	40,000
Slab	600,000	1,000,000	1,000,000
Hot rolled coil (As rolled)	221,000	368,000	368,000
(Skinpassed)	104,000	173,000	173,000
Plate	58,000	97,000	97,000
Cold rolled coil	134,000	224,000	224,000
Galvanized coil	42,600	71,000	71,000
Total of flat products	560,000	933,000	933,000

5-1-3 マテリアルフロー

材料の流れは各々の製品の販売可能量、品質要求、生産能力、各々のプロセスの歩留まりを考慮して作成されている。稼動 1 年目、稼動後 3 年目の材料の流れを図 5-1-4、5-1-5 にそれぞれ示す。

Figure 5-1-3 Demand Forecast and Sales Pla

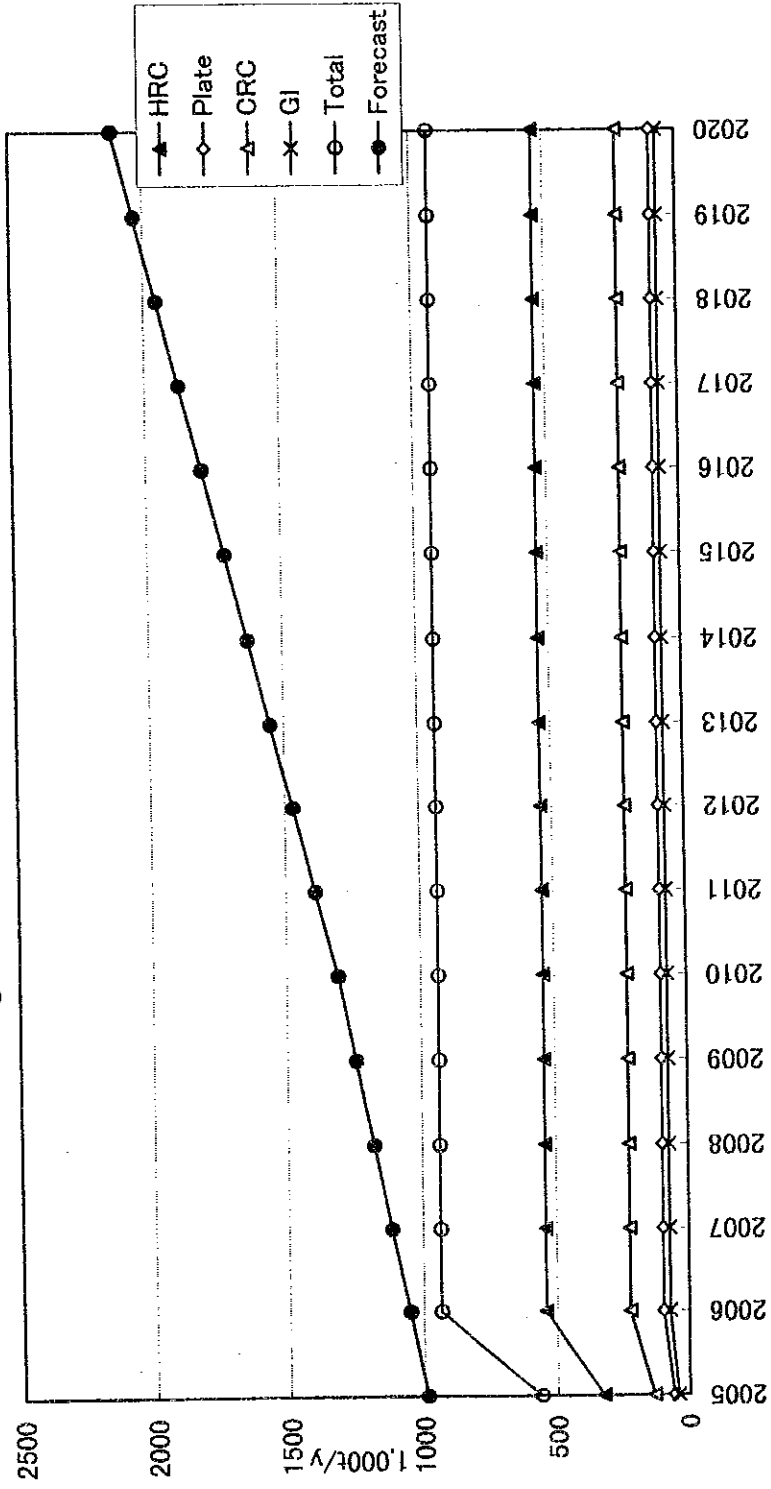
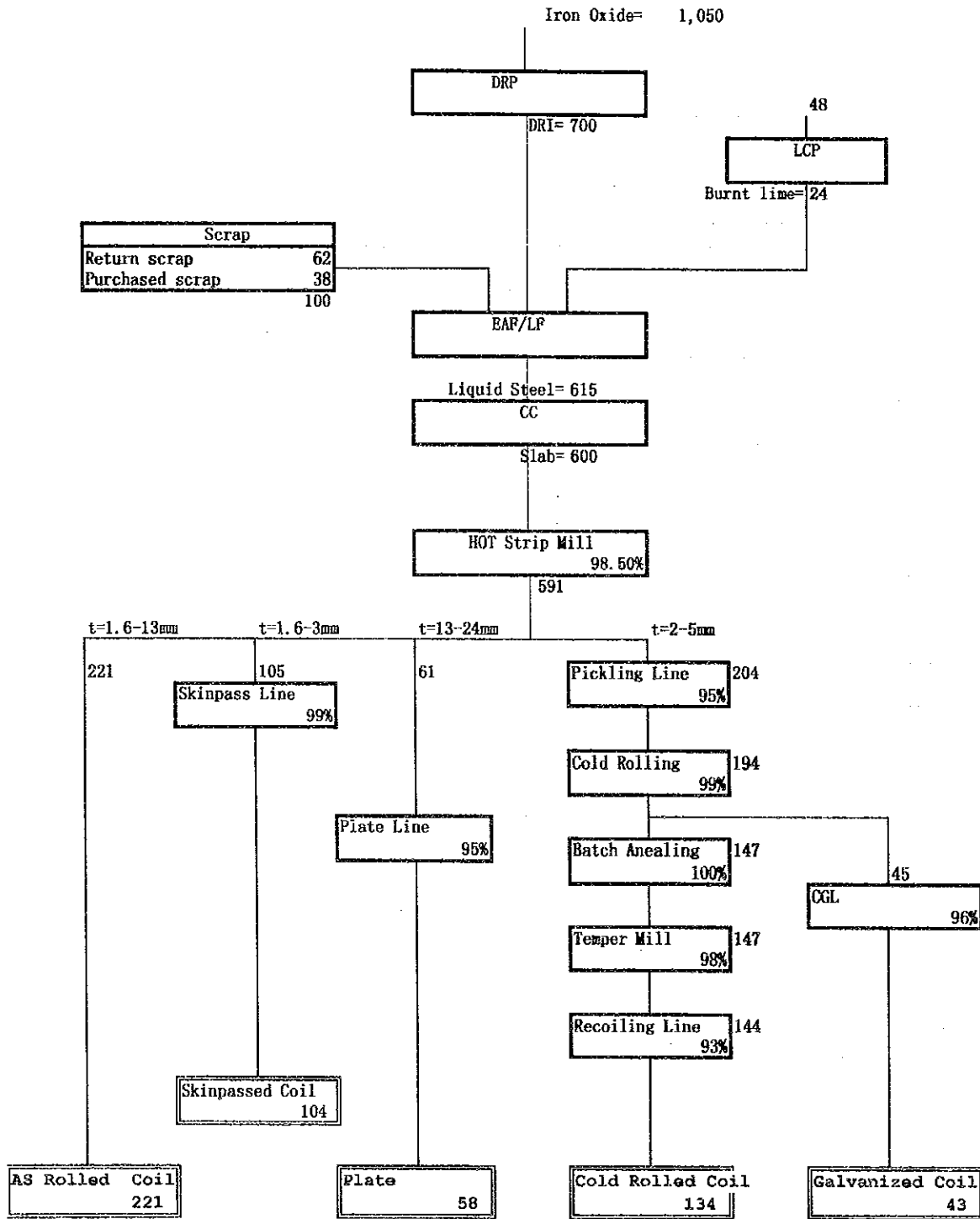


Figure 5-1-4 Material Flow sheet in 2005 (Start-up)

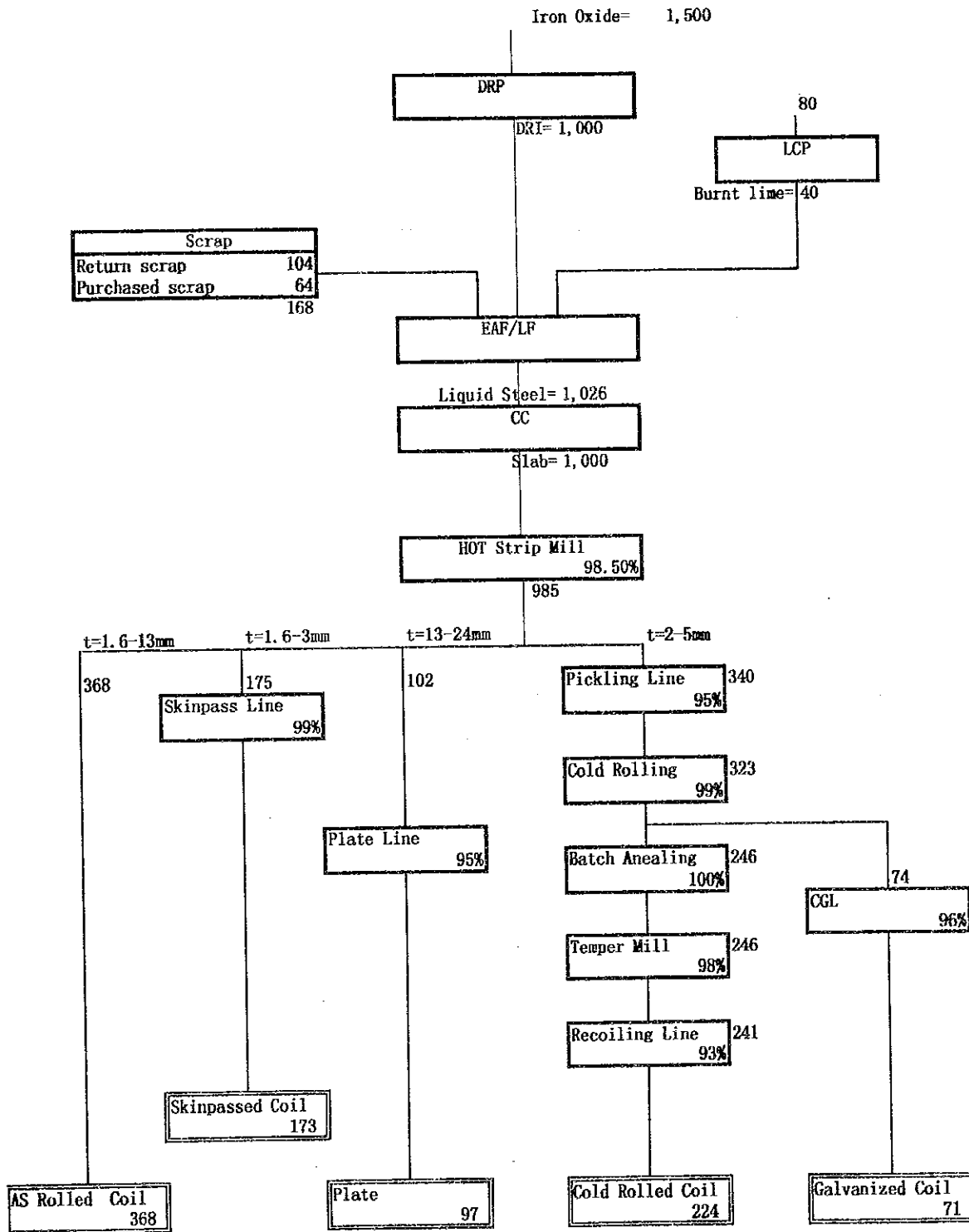
unit : 1,000t/y



TOTAL FLAT PRODUCTS : 560 kt/Y

Figure 5-1-5 Material Flow sheet in 2007 (Full Operation)

unit : 1,000t/y



TOTAL FLAT PRODUCTS : 933 kT/Y

5-1-4 コイルサービスセンター

薄板製品の市場は棒鋼製品にくらべかなり異なっており、通常、需要家の便宜のためコイルは製鉄所からサービスセンターへ運ばれる。そこで一旦保管されたのちスリットまたはシートに切断され、最終需要家のオーダーを受け取った後、搬出される。

本調査では、サービスセンターは製鉄所の外部に製鉄所と分離して、多くの需要家が存在する場所の近くに建設されるよう仮定した。

サービスセンターが製鉄所の外部建設されるよう仮定した理由は

- a) 多品種のオーダーに対し短期間納入が可能
- b) いくつかのサービスセンターは既に多くの需要家が存在する場所の近くで操業を始めており、将来拡張も期待できる。
- c) 保管場所や設備は小規模であり、市場動向を見ながら順次拡張可能である。

5-1-5 エネルギーバランス

第1期計画における薄板工場のエネルギーバランスを表5-1-11に示す。粗鋼トン当たりのエネルギー消費量は5,495 Mcal/粗鋼トンであり、これは直接還元+電気炉一貫製鉄所のエネルギー消費量と同レベルにある。

Table 5-1-11 Energy Balance of the First Stage

	Plant	Power balance (GW/year)	Fuel balance (10 ⁹ cal/year)
Consumption	Iron & steel making process	749	2,637
	Rolling process	142	311
	Utility & services	73	12
	Total	964	2,960
	Total as calorific value (10 ⁹ kcal/year)	2,361 (10 ⁹ kcal/year)	2,960
Purchase	Total	964	2,960
Unit energy consumption	DR+EAF process	5,321(Mcal/crude steel ton)	

Note :1kWh = 2,450 kcal

5-1-6 副産物および廃棄物

副産物および廃棄物の処理方法についての基本的考え方は、可能な限り再利用することである。

副産物および廃棄物の種類は、

- スクラップ
- 鉄鉱石、酸化鉄および石灰の粉
- ミル・スケール
- スラグ
- スラッジ
- ダスト
- 製鋼レンガ屑
- その他

である。

再利用の方法は、

- この製鉄所内での原料としての使用
- 外部の企業での原料としての使用
- 道路路盤材および埋め立て材料としての使用

がある。

再利用ができない残りのものは、投棄する。

各設備から発生する副産物および廃棄物の種類と量、およびその処理方法を表 5-1-12 に示す。

Table 5-1-12 Description of By-Products and Waste

Materials	Generated from	Treatment	Quantity(t/y)
Scrap	CCM, HSM, CSM Slag yard	Return to EAF	104,000
Mill scale	CCM, HSM, CSM	Sell to cement company	14,000
EAF slag	EAF	Dispose	120,000
Oxide fines	DRP	Sell to cement company, Pelletizing plant	62,000
Lime fines	LCP		
DRP cake	DRP	Dispose	26,000
EAF dust	EAF	Dispose	20,000
SMP waste brick	EAF, CCM	Dispose	5,000
Sludge	DRP, EAF, HSM, CRM	Sell to cement company	302,000

5-2 プロジェクトの主要設備の概要

薄板工場を構成する主要生産工場を表 5-2-1 に、補助設備を表 5-2-2 に示す。詳細は 6 章で述べる。

直接還元プロセス、電気炉、連続鋳造機、ホットストリップミル、コールドストリップミルの型式選定については 5-3 節で検討する。

薄板工場の操業には、下記の主要生産工場および補助設備の他に、還元鉄工場用の原料ヤード、および港湾設備や、電力・天然ガス・水の供給設備のインフラが必要である。

原料ヤードと港湾設備は、エルディケーラ港の既設を活用するものとし、電力・天然ガス・水の供給ラインは薄板工場の境界地点で使用出来るものとする。詳細は 7-2 節に述べる。

Table 5-2-1 Outline of Principal Plant

Plant	Description
1. Direct reduction plant (DRP)	<ul style="list-style-type: none"> - Type: Midrex process, MEGAMOD® - Number of units: One set
2. Steelmaking plant(SMP) 2.1 Electric arc furnace (EAF) 2.2 Ladle furnace (LF) 2.3 Slab continuous casting machine (SL-CCM)	<ul style="list-style-type: none"> - Type: DC (direct current) arc furnace with EBT (eccentric bottom tapping system) - Number of units: One set - Type: AC (alternating current) of three phase type - Number of units: One set - Type: Vertical progressive bending type with multi-point unbending - Number of units: One set
3. Hot strip mill plant (HSMP)	<ul style="list-style-type: none"> - Type: Semi-continuous type - Number of units: One line
4. Cold strip mill plant (CSMP)	<ul style="list-style-type: none"> - Type: Four Hi single stand reversing mill - Number of units: One line

Table 5-2-2 Outline of Auxiliary Facilities

Facilities	Description
1. Lime calcining plant (LCP)	- Type: Shaft kiln type - Number of units: One set
2. Power and distribution facilities	
3. Utilities facilities	- Water treatment stations - Natural gas station - Production facilities for plant air, hydrogen gas and steam
4. In-works transportation facilities	
5. Analysis and inspection facilities	
6. Maintenance shop	
7. Administrative facilities	- Main office - Site offices for DRP, SMP, HSMP, CSMP, LCP and maintenance shop - Guard office - Canteen and clinic - Parking lot - Other

5-3 プロセス選定

5-3-1 直接還元プロセス

直接還元-電気炉プロセスによる製鋼法は、現在世界で操業中の製鋼法の中で二番目に大きなシェアを占めている。直接還元プロセスの中でも、工業規模で実績を有するか商業的に使用されている代表的なプロセスは、次のとおりである。

天然ガスによるプロセス：

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

石炭によるプロセス：

- SL/RN プロセス

(1) 代表的なプロセス

1) MIDREX プロセス

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

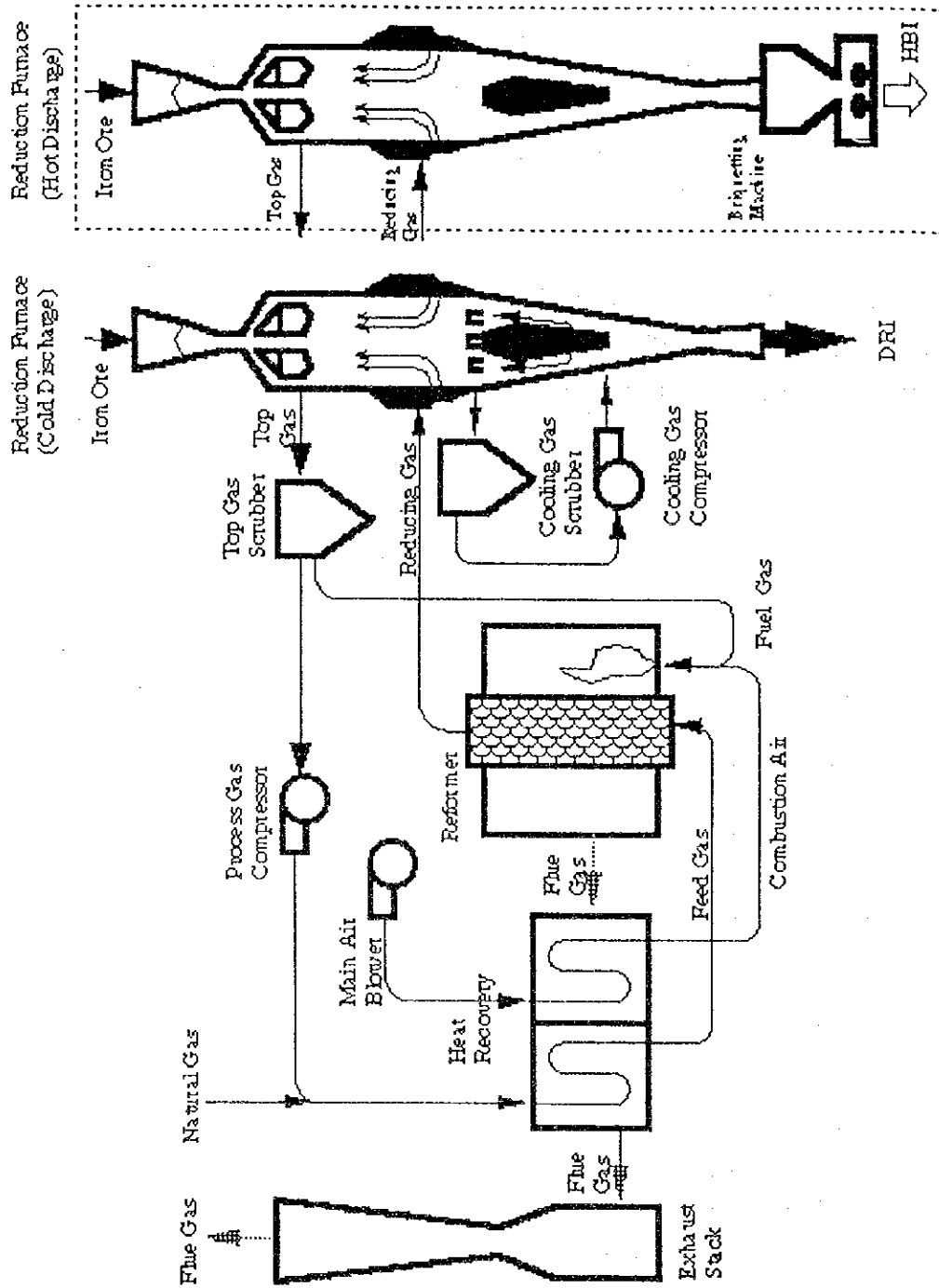
MIDREX プロセス (図 5-3-1 参照) は酸化鉄ペレットや塊鉱石を高純度の還元鉄 (DRI) もしくはホット・ブリケット (HBI) に転換するプロセスである。酸化鉄の還元は連続的に進行し、シャフト炉の炉頂から供給される酸化鉄が重力により下降しながら還元が進み、炉底部から DRI となって排出される。還元ガスは化学量論 (stoichiometric) の CO_2 リフォーマで生成される。このリフォーマは新規の天然ガスとシャフト炉から循環する炉頂ガスとの混合物を約 920°C で改質する。還元ガスは水素と一酸化炭素を 90 から 92 % 含んでおり、平衡状態に近い状態でリフォーマから出て、クエンチングは行われず、直接シャフト炉へ供給され、約 850°C で還元が行われる。

シャフト炉排ガスの一部はリフォーマ・バーナの燃焼用に使用され、残りはリフォーマへ循環される。リフォーマの熱効率率は包括的な熱回収システムにより飛躍的に向上している。熱交換器がリフォーマの煙道ガスから顕熱を回収し、リフォーマ・バーナで使用する燃焼用空気を 650°C まで予熱し、リフォーマへ供給されるプロセス・ガス (炉頂ガスと天然ガスとの混合物) を 540°C まで予熱する。

製造される還元鉄は、常温で排出することもできるし、ホット・ブリケットにして排出することもできる。ブリケットは、クエンチ・タンクで冷却されるか、散水で冷却される。シャフト炉は、低圧で運転され、炉内には固体とガスとの接触を容易にするための多くの機械的な装置やフロー・エイド装置が内蔵されている。

MIDREX プロセスの大きな特徴は安定した製品の品質にある。シャフト炉内の一様なガス分配は、原料鉱石が変わった時でも、一様な金属化率が得られることを確実なものにしている。

Figure 5-3-1 MIDREX Process Flow



2) HYL-III プロセス

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

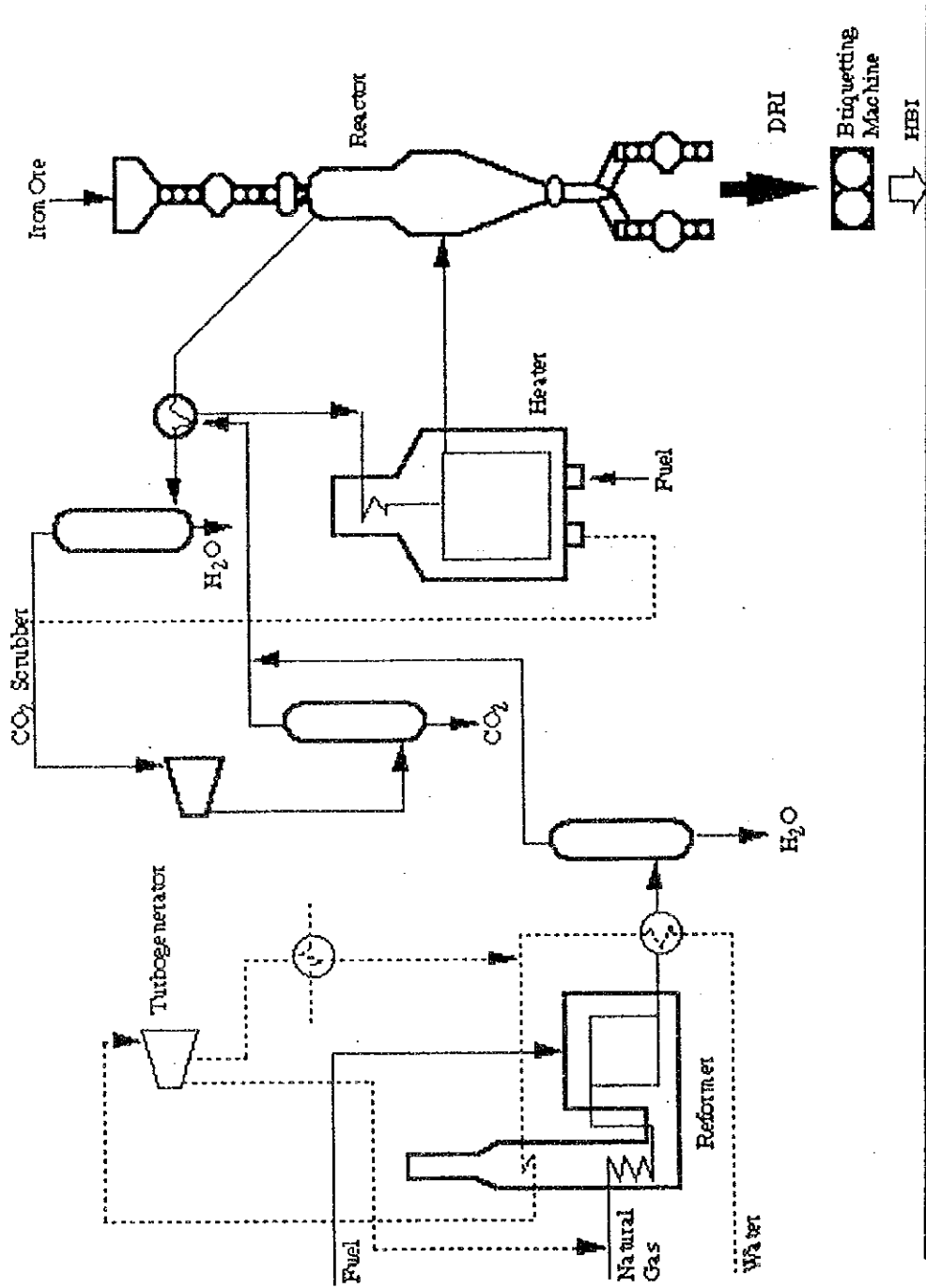
HYL-III プロセス (図 5-3-2 参照) は、酸化鉄のペレットあるいは塊鉱石をシャフト型リアクターで還元するプロセスである。還元ガスは、還元プロセスの補給用としての水素と一酸化炭素を作る水蒸気リフォーマで生成される。改質されたガスは、クエンチされて、過剰の水蒸気が除去されてから再加熱される。

還元ガスは補給されたガスと循環ガスとの混合ガスから成る。還元サーキットの基本的構成はリアクター以外では (1) 還元ガスを 920℃まで加熱するためのガス・ヒーター (2) 炉頂ガスを除塵し冷却し H₂O を除去するためのスクラバー (3) 循環ガス圧縮機 (4) CO₂ 除去装置から成り立っている。ここでは循環ガスの再利用をより効率的にするために、システムから CO₂ が選択的に除去される。

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

リアクター排出ガスは、CO₂ 除去された後、循環して使用される。製造される DRI は常温で排出もできればホット・ブリケットにもできる。ブリケットはクエンチ・タンクで冷却される。

Figure 5-3-2 HYL-III Process Flow



3) FINMET (従来のFIOR) プロセス

流動層式鉄鉱石還元プロセス(FIOR)は、1950年代に A. D. Little と Esso Research and Engineering Co. によってその概念が開発された。1971年には A. G. McKee Co. が FIOR の技術をサブ・ライセンスする権利を取得し、ライセンスを FIOR de Venezuela へ売り、そこで1976年に400,000 t/yのプラントが操業を開始した。その後、技術ライセンス権は、Davy International に売却された。

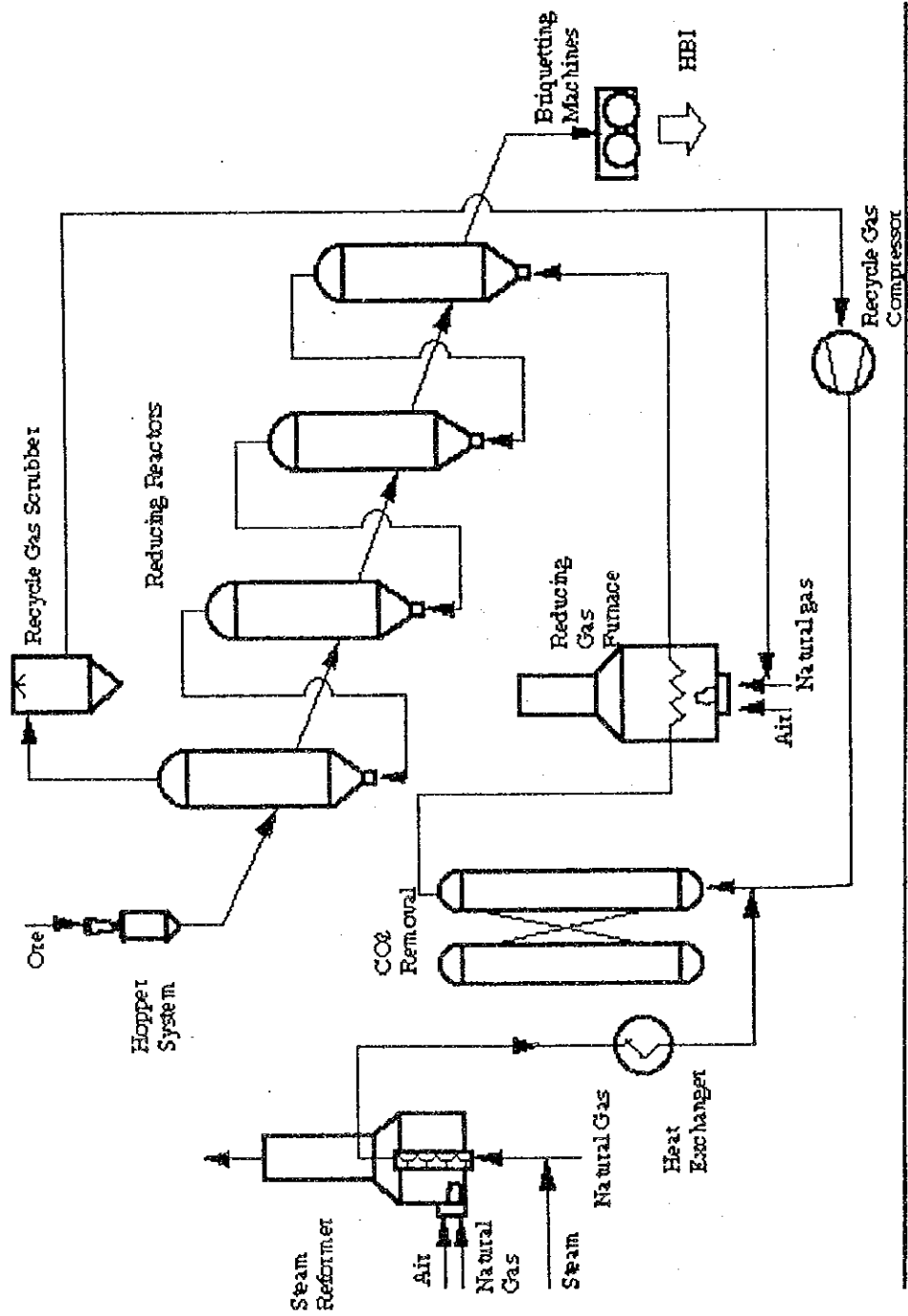
FIOR プロセス (図 5-3-3 参照) は、4基の気泡流動層によって、粉鉄石を還元するプロセスである。粉鉄石は、最初のリアクターに供給され、予熱されて順次残りの3基に流れて行く。還元ガスは水蒸気リフォーマで作られる。製品は熱間で排出されブリケットにされ空気冷却される。

FIOR プロセスの改良型は、現在 FINMET プロセスとして市場に出されており、しばしば FIOR II プロセスとも呼ばれる。FINMET プロセスは、FIOR プロセスにおける鉄鉱石の予熱、CO₂除去、サイクロンの寿命、固形物運搬、再還元用物質の循環上の欠陥を改善するために設計されている。

FIOR の予熱用リアクターは、鉄鉱石の予熱に天然ガスを使用しているが、FINMET プロセスではこの工程をなくして、代わりに還元用リアクターの排ガスによって熱は供給されている。

CO₂除去システムは循環ガスのみならず還元ガスも一緒に除塵・冷却する (scrub) ことができる。FIOR プラントでは、還元ガスのみが除塵・冷却されているが、この場合は還元ガスの中で使用できる CO の量を制限することになる。FINMET プロセスではプロセスの熱効率を改良するため高い濃度の CO が利用される。

Figure 5-3-3 FINMET Process Flow



4) IRON CARBIDE プロセス

米国 Nucor へ製品を供給するために、年産能力 30 万トンの最初の商業規模の IRON CARBIDE プロセス・プラントが 1994 年にトリニダードで操業を開始した。

IRON CARBIDE プロセスでは、鉄鉱石粉を還元するために 1 基の気泡流動層リアクターが使用される。リアクターは、鉄鉱石とガスとの間で十分な接触が可能となるように、一連の内部仕切りを有している。水素が還元ガスとして使用され、これは天然ガスを水蒸気改質した後 CO₂ 除去工程を経て製造される。

アイアン・カーバイドは単段のガス固体反応で作られる。温度 550°C から 600°C、1.8 気圧の流動層リアクターへ酸化鉄が供給される。一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、水素および水蒸気の混合ガスを含んだ予熱されたプロセス・ガスがアイアン・カーバイドを形成するために導入される。このプロセスの一般的な反応は、次のとおりである。



リアクター排ガスは、再びリアクターへ戻される。製品は、供給される鉱石を予熱する熱交換器で冷却される。製品は、アイアン・カーバイド (Fe₃C) の形をしており、約 6 パーセントの炭素を含んでいる。

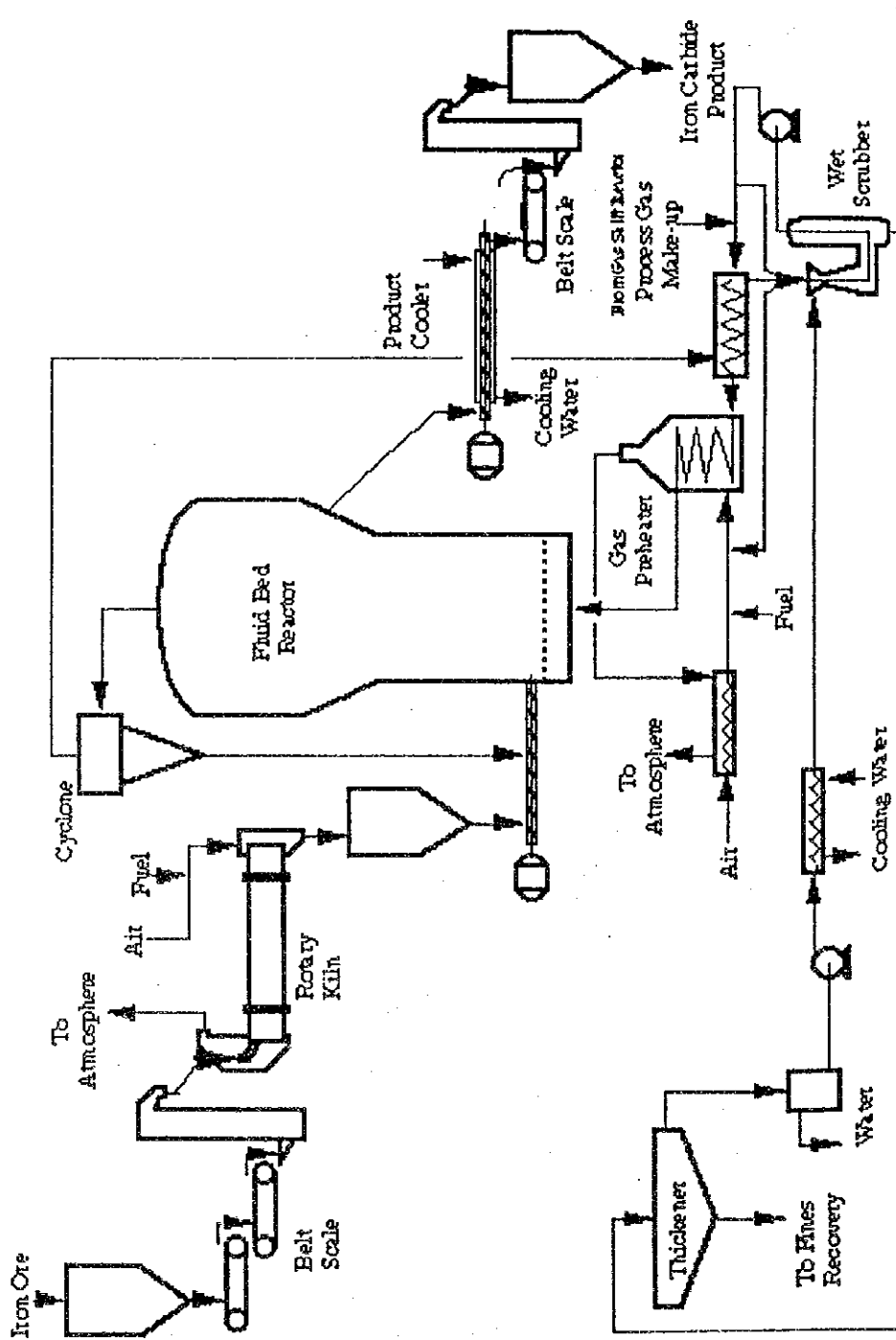
アイアン・カーバイドを製造するシステムのフローダイアグラム (図 5-3-4 参照) はこのプロセスの主要な要素を明らかにしている。

まず第一に、篩い分けられ分級された鉄鉱石や精選鉱は、予熱されて流動層リアクターへ導入され、ここでガスの混合体の熱流が、鉱石層を吹き上がり鉄化合物から酸素を抜き取る (水を形成) 一方、炭素を含むガスにより炭素原子 1 個が、それぞれ鉄原子 3 個と結合し、アイアン・カーバイド- Fe₃C を形成する。

第二に、(リアクター頂部の) 水分を含んだ排ガスは、頂部のサイクロンで大部分のダストが除去されてから冷却のため熱交換器を通り、スクラバーによって、残留している小粒径のダストとともに流体から水分が凝縮・分離される。

第三に、炭素と水素が部分的に消費され除塵冷却されたガスは、新たに補充されたガスにより再編成され再度昇圧されて後、昇温するために熱交換器を通過し、最終的に予熱されて流動層リアクターの底部から再び吹き込まれ、サイクルを繰り返す。

Figure 5-3-4 IRON CARBIDE Process Flow



5) SL/RN プロセス

SL/RN プロセスは、1920 年から 1930 年の間に開発された Republic Steel と National Lead (RN) の両プロセスと、1960 年頃開発された Stelco と Lurgi (SL) の両プロセスとの組み合わせによって開発された。1968 年から 1984 年にかけて南アフリカの Highveld Steel and Vanadium Corp. は鉄鉱石の予備還元用に SL/RN キルンを 13 基設置した。DRI 製造用のプラントに加えて、合金鉄製造用の数多くのプラントの実績がある。

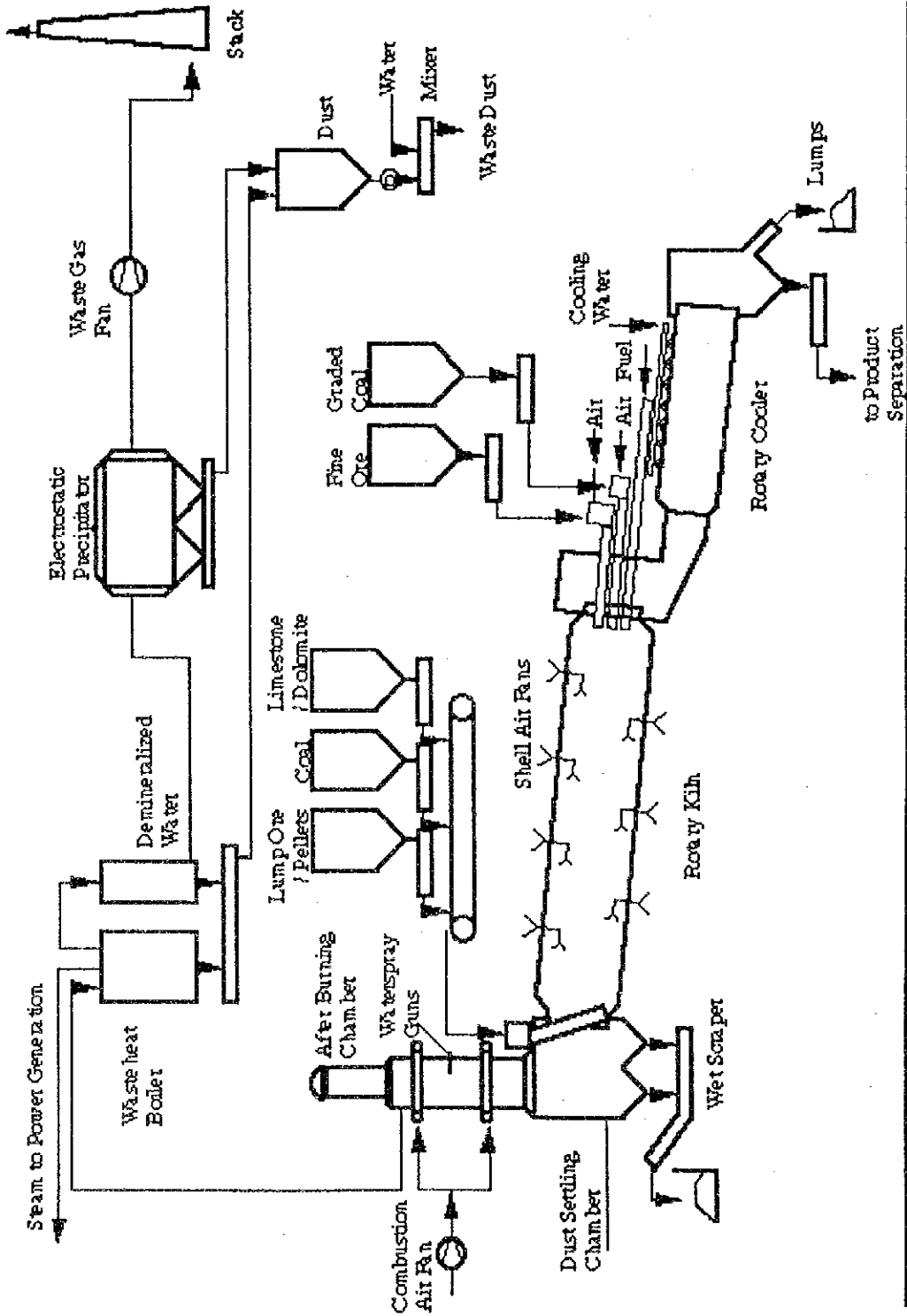
SL/RN プロセス (図 5-3-5 参照) では、ペレット状や塊鉱状の酸化鉄がロータリー・キルンへ供給される。石炭がキルン先端から供給されガス化して酸化鉄を還元する。キルンの数カ所からは空気が導入される。

製品は、リアクターから排出され、ロータリー・クーラで冷却されて、磁力選別機で灰分が分離された後、ペレットか塊鉱状で排出される。排ガスは燃焼室で燃焼され冷却されて除塵される。この排ガスは発電用に供することができる。

異なる還元材を使用する面では、SL/RN プロセスは、褐炭のような非粘結炭から無煙炭やコーク・ブリーズまで全ての石炭を使用できるので、大きな適用性があるのが特徴といえる。

SL/RN プロセスのもう一つの特徴は、発電用の高圧スチームを発生させるための廃熱ボイラーを使用することにより比較的大量のエネルギーを回収する可能性があることである。

Figure 5-3-5 SL/RN Process Flow



(2) 直接還元プロセスの選定

代表的なプロセスの主要諸元を表5-3-1に示す。本調査では、次の理由によりMIDREXプロセスを採用する。

- 1) MIDREX プロセスは、世界で最も多数のコマーシャルプラントの建設実績がある。
- 2) MIDREX プロセスは、世界で最も多量の直接還元鉄の生産実績がある。
- 3) MIDREX プロセスは、エジプトで商業プラントとして建設された唯一の直接還元プロセスであり、約10年間安定した操業が行われている。

Table 5-3-1 Comparison of Representative Processes

	Gas based				Coal based
	MIDREX	HYL-III	FINMET [former] FIOR	IRON CARBIDE	SL/RN
Status	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial	Industrial
Iron source	Pellets Lump	Pellets Lump	Fines Size:sinter feed	Fines Size: 0.1-1mm	Pellets Lump
Fuel source	Natural gas	Natural gas	Natural gas	Natural gas	Coal
Pressure (kg/cm ²)	Atmospheric	5	11 - 12	0.8	Atmospheric
Typical plant capacity (x10 ⁴ tons/y)	1,000	1,000	FINMET: 1,000 FIOR: 400	320	150 - 250
Plant installed (modules)	39	13	1	1	8**
Total capacity installed (x 10 ⁴ tons/y)	20,010	6,370	400	300	1,320**
Selective evaluation*	I The most spread process	I Less plants than MIDREX	II Few industrial plants	II Few industrial plants	II Small scale plants
Commercial operation in Egypt	Yes	No	No	No	No
Result of selection	Representative process				

*I : Representative process

II: Next representative process

** : SL/RN plants of production over 150,000 tons/y

5-3-2 電気炉

(1) はじめに

製鋼用電気炉には、交流電気炉と直流電気炉の二つの型式がある。
電気炉の型式選定について、検討する。

(2) 型式の差異

1) 主要な差異

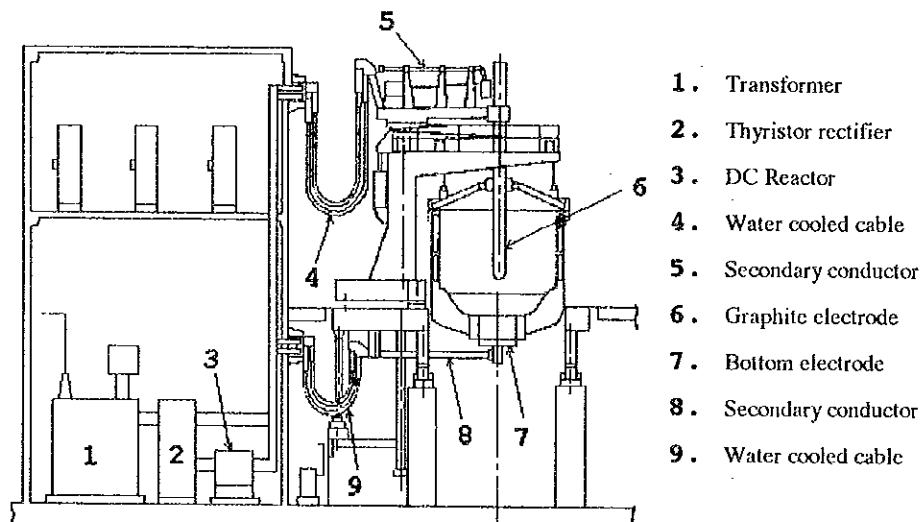
交流電気炉と直流電気炉の大きな違いは、アーク（電弧）を発生させるために、直流を使うか交流を使うかにある。

電気炉では、スクラップはアークによって溶解する。交流電気炉では、アークは、交流がスクラップ又は溶鋼を介して三本の黒鉛電極の間で行ったり来たりして発生する。直流電気炉では、直流がスクラップ又は溶鋼を介して、炉底に設置された陽極電極から、陰極である一本の黒鉛電極に流れる。

2) 設備構成の差異

図 5-3-6 に直流電気炉の設備構成を示す。

Figure 5-3-6 DC Arc Furnace Equipment Configuration



注 1) サイリスタ整流器：電力会社より供給された交流を直流に変換する。

2) 直流リアクタ：短絡時に電流増加を抑える。

直流電気炉と交流電気炉の設備の大きな差異は、

- 直流電気炉は、交流電気炉設備にはないサイリスタ整流器と炉底電極を備えている事、
- 交流炉には、三本電極および三本電極昇降装置であるが、直流炉は一本電極および一本電極昇降装置である。

(3) 直流電気炉のニーズ

電気炉による鋼の生産量は増大してきており、今世紀の終わりには全生産量の40%を占めると言われている。

交流電気炉の発展は、UHP 操業 (Ultra High Power、超高電力) に始まり、炉容の大容量化および酸素吹込みと酸素・燃料バーナによる酸素の活用と続いた。さらに、ロングアークおよびフォーミスラグ (泡立ちスラグ) 操業などの進んだ操業技術の採用とともに、EBT (Eccentric Bottom Tapping、偏心炉底出鋼) やスクラップ予熱および レードルファーネスとの組み合わせ操業などの新技術の導入が行われている。

これまでの交流電気炉は、更なる発展は難しい最終段階に達したようであり、電力投入のスケールアップを妨げるフリッカ問題から、依然逃れられずにいる。

直流電気炉はヨーロッパで研究開発され、1985年 MAN・GHH がアメリカのニューコア社に世界で初めての直流電気炉を建設した。NKK は1988年、日本では初の直流電気炉30トン炉をトピー工業に建設したのに引き続き、1989年当時世界最大の130トン炉を東京製鉄に建設し、この炉の成功により直流電気炉の地位が確立した。その後、日本だけでなく、アメリカ、韓国、台湾、マレーシアなどで直流炉の建設が進んでいる。

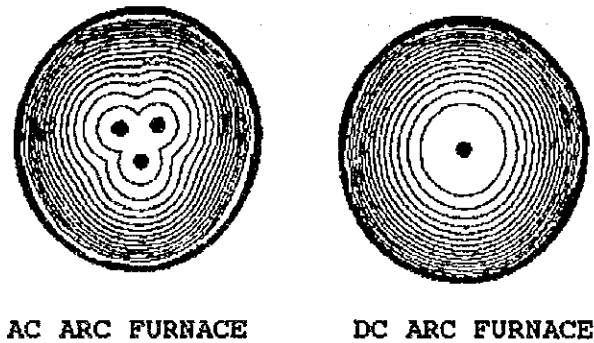
(4) 直流電気炉の利点

1) 均等溶解

直流電気炉では、交流電気炉では不可能な均等溶解が、一本電極により実現した。

溶解パターンを図5-3-7に示す。

Figure 5-3-7 Characteristic Melting Pattern



交流電気炉では、各々のアークにおいて電磁力が働き、アークは常に炉壁に向いているので、「ホットスポット」が生じ、炉壁を損傷することになる。この現象は、交流電気炉では避けがたいものである。

直流電気炉でもアークの偏向が生じる。二次導体によって作られる磁界の磁力によってアークは偏向する。しかし、直流電気炉のこのアークの偏向は、炉底二次導体の配列を適正に設計する事により防ぐ事が出来る。したがって、均等溶解が実現することになる。

2) 強い攪拌力

攪拌力が強いと、溶解は早い。

交流電気炉では、電流は溶鋼の表面を流れるため、磁力による溶鋼の攪拌力はきわめて小さい。

直流電気炉では、電流は溶鋼を貫通して磁界が形成される。電流による磁力とこの磁界によって溶鋼は攪拌される。この強力な攪拌力は、炉底導体の配列を適正に設計する事により作り出すことが出来る。

実験結果によると、ニッケルと銅が溶鋼に溶ける時間は、直流電気炉では約 80 秒であるが、交流電気炉では 300 秒以上である。早い溶解時間は強力な攪拌力によって達成される。

3) ロングアーク操業

ロングアーク操業を行なうことにより、装入物の迅速な溶解が得られる。このロングアークは、アーク発生の特質として高電圧、低電流により達成することが出来る。

交流電気炉では、アークの長さは 400 mm 以上にはならない。400 mm 以上にするには 900 V 以上の電圧が必要となるが、この高電圧は「ホットスポット」とフリッカ現象のような電力攪乱を助長することになる。

直流電気炉では、「ホットスポット」がないので、700 mm のロングアークでの操業が可能である。よって、迅速溶解が達成されることになる。

4) 熱効率

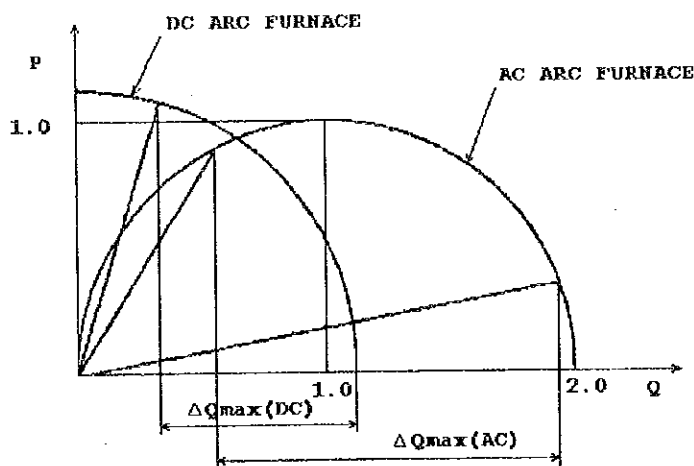
交流電気炉においては、アークジェット発生時にアークの方向が交互に変動し、アークの熱エネルギーは、必ずしも効率的に溶鋼に伝えられない。直流電気炉では、アークジェットは黒鉛電極から溶鋼へと向いており、エネルギーは黒鉛電極の下に集中している。したがって、直流電気炉は熱効率が良い。

5) フリッカレベル

電気炉におけるフリッカレベルの評価は、無効電力の最大変動幅による。無効電力は、黒鉛電極がスクラップに接触する短絡時が最大で、フリッカレベルはこの短絡時の無効電力と通常の操業時の無効電力の差によって決まる。

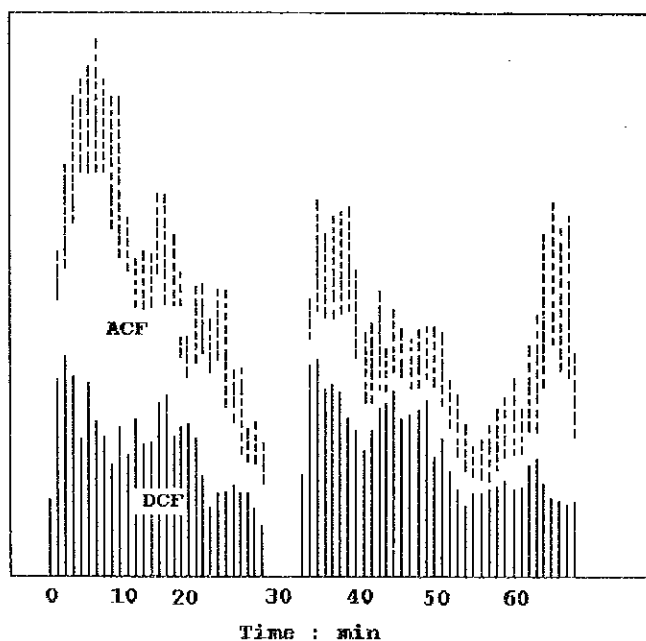
原理的に、交流電気炉と直流電気炉のフリッカレベルの差を図 5-3-8 に示す。

Figure 5-3-8 Differences in Flicker Level between AC and DC



短絡が発生したとき、交流電気炉の場合は電流は最大にまで達するが、直流電気炉の場合は、リアクタにより一定に保つように制御され、電流の増加は抑えられる。これが、直流電気炉のフリッカレベルが交流電気炉の 50 % 以下になる理由である。実際のフリッカレベルを図 5-3-9 に示す。

Figure 5-3-9 Comparison of Flicker Level of AC and DC Furnaces



(5) 結論

上記の検討結果、直流電気炉を採用する。

5-3-3 連続鋳造機とホットストリップミル

世界中には多くの連続鋳造機とホットストリップミルのプロセスがあるが、最適なプロセスを選定するため、次のプロセスについて比較検討した。

- 薄スラブ連続鋳造機とホットストリップミルプロセス(TSP)
- 中スラブ連続鋳造機とホットストリップミルプロセス(MSP)
- 通常スラブ連続鋳造機とホットストリップミルプロセス(CVP)

(1) TSP、MSP、CVP の特徴について

TSP、MSP、CVP の概念図を図 5-3-1 に示す。本プロジェクトでは原料として、DRI および高品質のスクラップが使用される。各々のプロセスの概要を以下にのべる。

1) 薄スラブ連続鋳造機とホットストリップミルプロセス(TSP)

製鋼工場の後、溶鋼は連続鋳造機で鋳造され 50 - 60 mm のスラブが製造される。スラブはトンネル炉で 1000 - 1100℃まで加熱されたのち、6 スタンドの仕上げ

圧延機で 1.6 - 13 mm のストリップに圧延され、ダウンコイラーで巻き取られる。TSP プロセスは 4 - 5 フィート巾のコマーシャルグレードの製品の生産には最適プロセスと考えられる。生産能力は 1 スtrand 連続鋳造機でほぼ年間 70 - 90 万トンである。

2) 中スラブ連続鋳造機とホットストリップミルプロセス (MSP)

製鋼工場の後、溶鋼は連続鋳造機で鋳造され 90 - 150 mm のスラブが製造される。スラブは加熱炉で 1100 - 1200℃まで加熱されたのち 1 スタンドの粗圧延機で約 30 mm まで圧延され、さらに 5 スタンドの仕上げ圧延機で 1.6 - 13 mm のストリップに圧延され、ダウンコイラーで巻き取られる。

3) CVP

世界中には数種のタイプのホットストリップミルが存在しているが、コイルボックスタイプのミル (1 台の加熱炉、1 台の粗圧延機、1 台のコイルボックス、5 スタンドの仕上げ圧延機、1 台のコイラー) は市場規模が小さい場合の熱延工場には適しているといえる。

製鋼工場の後、溶鋼は連続鋳造機で鋳造され 200 - 250 mm のスラブが製造される。スラブは加熱炉で 1200 - 1250℃まで加熱されたのち 1 スタンドの粗圧延機で約 30 mm まで圧延されコイルボックスで一旦巻き取られ、その後巻き戻され、5 スタンドの仕上げ圧延機で 1.6-13 mm のストリップに圧延されダウンコイラーで巻き取られる。CVP は広く普及されており、高品質製品製造に関しては確立された技術である。

(2) TSP、MSP、CVP に関する考察

これらの 3 つのプロセスの技術的特徴を、エジプトにおける実情を考慮して、表 5-3-2 および 5-3-3 に示すように比較した。以下に簡単な考察を述べる。

1) 原 料

一般に電気炉ではスクラップが原料として使われる。電気炉法による製品の品質は錫、銅等の介在物の影響で転炉法によるものより劣るといわれている。この問題を解決するため薄板製品には高品位の原料が使われている。通常 80 % の DRI と 20 % のスクラップが原料として使われている。

2) 生産性と投資金額

いずれのプロセスでも巾狭材が薄板工場の生産対象から除外されるとしたら年間 100 万トンの生産は可能である。投資金額自体は TSP の場合最も安くなる。

- TSP は投資金額が低い。
- MSP の利点は連続鋳造機とホットストリップミルを合わせたプロセスではCVPより投資金額が低いことである。
- TSP は生産性を維持するために、高速度で鋳造されなければならない。(品質の問題が発生する。)
- CVP の利点は最少の追加設備(連続鋳造機、加熱炉、ダウンコイラー等)で生産能力拡大が図れることである。生産能力は最大年間 300 万トンまで拡大可能である。
- CVP は他の 2 つのプロセスより連続鋳造機と合わせた建設コストは高いが、ホットストリップミル自体の建設コストは他のプロセスとほとんど同じである。

3) 表面品質

スラブの表面品質はスラブ厚さと鋳造速度に依存する。

- TSP は生産性を維持するために、高速度で鋳造されなければならない。しかし、高速鋳造は表面品質に重大な影響を与える。
- TSP と MSP は異常操業時によるスラブ表面欠陥を除去するためのスラブ手入れが不可能である。DDQ(深絞り材)や自動車外板材のような高表面品質材に対しては、スラブ表面手入れは必須である。
- CVP で製造されているスラブでさえ、高表面品質要求に対しある量のスラブは表面手入れされている。
- MSP は TSP よりも高品質の製品を製造できる可能性を秘めているが、現時点では開発途上である。
- TSP、MSP とともにミニミル用として低投資金額でコマーシャルグレード品質の製品を生産するために開発されたプロセスであり、高品質製品の生産が目的ではない。

スラブ表面品質として次のようにまとめられる。

良好： ← CVP > MSP > TSP → : 劣る

4) 薄板工場で生産される品質と製品

薄板工場で生産される製品は次のようにまとめられる。(詳細は 5-1 節参照)

- 34 % : 溶接管(熱延コイル)
 - 20 % : 建設材料
- (45%:厚板、47%:熱延コイル、8%:亜鉛めつき鋼板)

- 20 % : 家電および家具(冷延コイル)
- 26 % : その他

上記需要家の品質要求はさほど高くはないので、TSP、MSP、CVP いずれも深絞り材、超深絞り材、自動車外板用材料等の少量の高品質材を除いて生産可能である。

厚板に関しては、約4倍の圧下比が必要であり、25 mmの厚板製品を製造するためには、少なくとも100 mmのスラブ厚さが必要である。

5) 800 mm未満の巾狭材

800 mm未満の巾狭材は5%である。(5.1節参照) CVPの場合生産性を向上させるため、巾狭材は倍巾鋳造されたスラブからガスカットされた巾狭スラブから製造される。TSPおよびMSPの場合800 mm未満の熱延コイルは倍巾熱延コイルをスリットすることにより製造される。しかし、800 mm未満の冷延コイルは製造最大巾が1,250 mmのため、巾狭熱延コイルと同様な方法では製造できない。巾狭冷延コイルは同じ狭巾の熱延コイルからしか製造できない。このことはTSPおよびMSPの生産能力減少および技術的問題を引き起こす。

6) 少量オーダーに対する融通性

一般的に、薄板製品は顧客から注文を受けてから製造開始される。1つの注文当たりの量(1つの注文当たりのトン数)はエジプトのように市場の小さい国ではかなり小さくなる。それぞれの需要家からの注文は板厚、巾、規格毎に分けて注文される。ロング製品(棒・形鋼)は需要家からの注文を受けることなく製造を行なうので、工程の制約をうけず各製鉄所が製造することが出来る。CVPは粗圧延機で各々の製品の巾調整が可能なので、TSP、MSPより少量注文に対して有利である。TSP、MSPでは巾調整機能を持たない、または巾調整機能が弱いので、製品毎の巾調整をすることは困難である。

7) 操業費

TSPは最も操業コストの安いプロセスであるが、CVPに比べその差はトン当たり1.0-2.0ドルである。

- エネルギー節減: スラブはTSP、MSPにより直接圧延されるので、燃料原単位はトン当たり100,000 - 200,000 kcal、電力原単位はトン当たり5-10 kW節減できる。
- 歩留まり向上: TSP、MSPは直接圧延するプロセスなので、スラブ表面手入れやスケールロスが少なく、溶鋼から熱延コイルまで

の一貫歩留まりはCVPに比べ0.7-0.5%高くなる。

- 要員削減：TSPとMSPはスラブヤードが無く、クレーンも含めて10-20人の要員削減が可能である。

(3) 結 論

CCVの適用が妥当である。その理由は

- TSPでは13 - 24 mmの厚板が製造できない。
- MSPの技術は現在開発中の技術である。
- TSPとMSPは610 - 800 mm巾の巾狭コイルの製造に対し生産性が低く不適當なプロセスである。
- TSPとMSPはDDQ（深絞り鋼板）、EDDQ（超深絞り鋼板）、自動車外板用鋼板等の高品質鋼板の製造はできないので、将来的に問題がある。

連铸機とホットストリップミルの概要は以下の通りである。

- スラブ厚さ : 210 mm
- スラブ手入れ : あり
- 熱延製品の最大巾 : 1600 mm *1
- 熱延製品の最大重量 : 28 トン *2

*1 熱延製品の最大巾

エジプトの市場をみると、93%の薄板製品は1500 mm以下である。この理由は既存の製鉄所の製造可能最大巾に起因している（ヘルワン製鉄会社の厚板の最大巾は1,500 mm）。一般に5フィート巾とは鉄鋼関係では1,524 mmであり、熱間圧延では30 - 50 mm巾を加算して製造されるので、5フィート巾の熱延製品を製造するための最大巾は1,600 mmとなる。

*2 熱延製品の最大重量

一般に近代的ホットストリップミルの標準は1,000 PIW（インチ当たりのポンド重量 = 17.8 kg/mm）である。1,600 mm巾の場合の最大重量は28トンである。

Figure 5-3-10 Schematic Drawing of TSP, MSP, and CVP

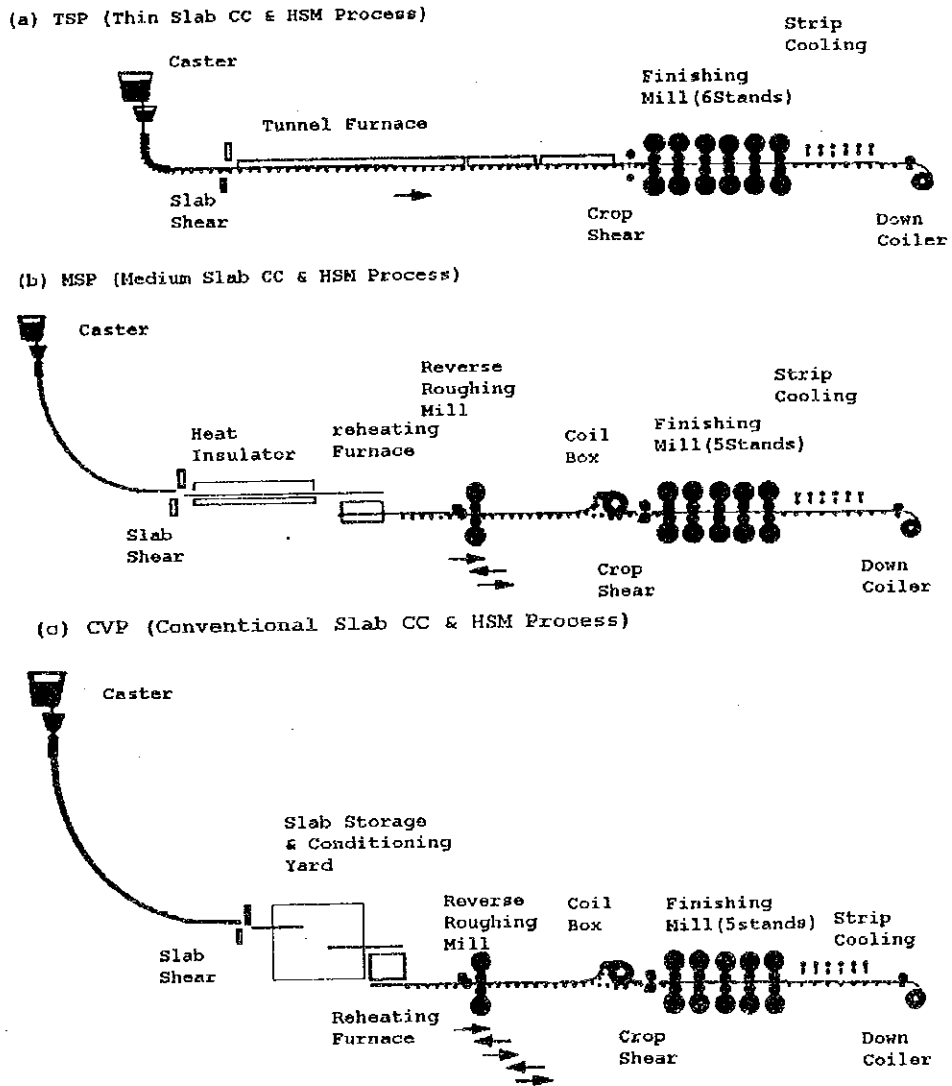


Table 5-3-2 Comparison of Specification of CCM and HSM

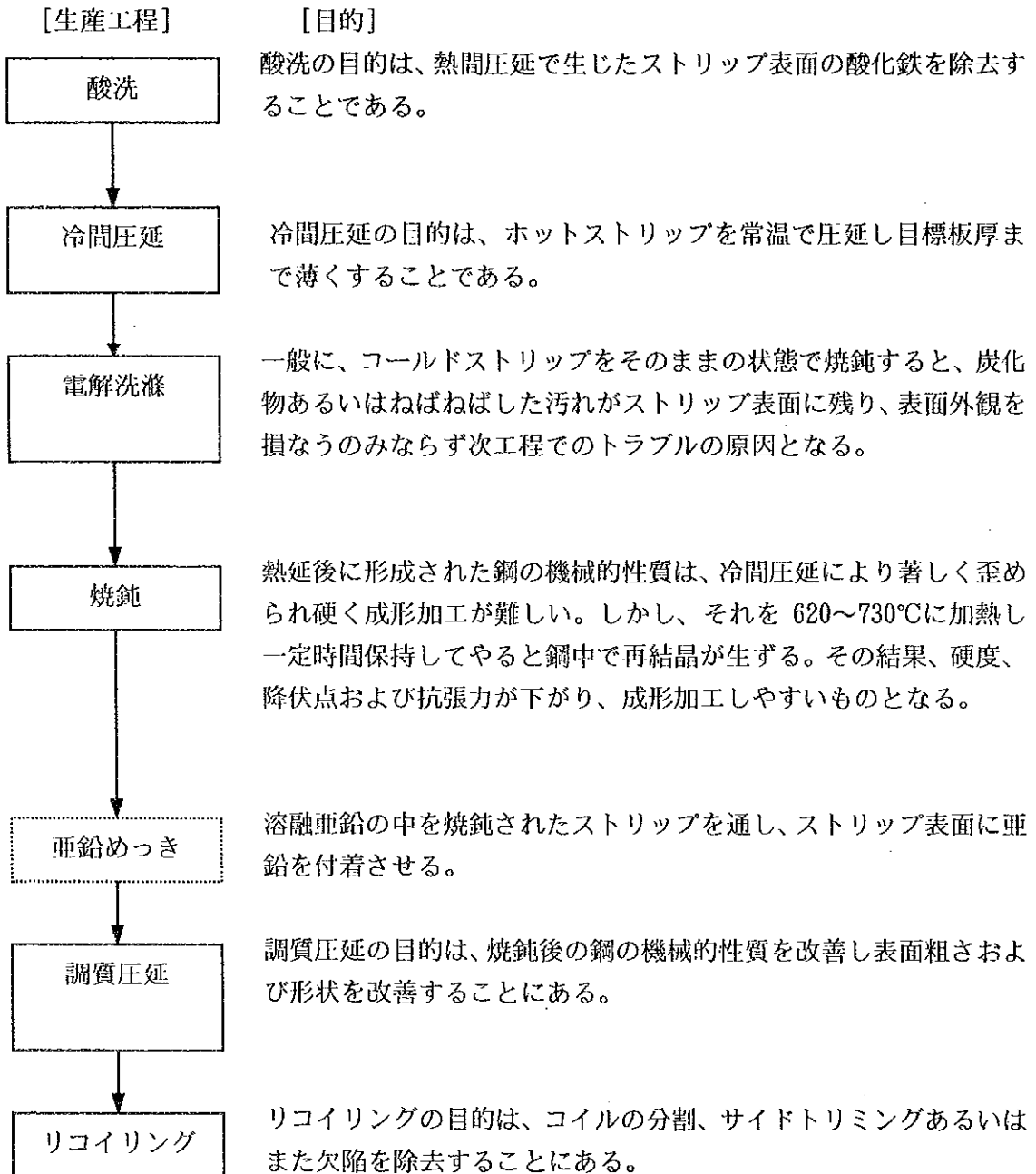
TSP		MSP			CVP																								
1. Products in the flat product plant		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Products</th> <th>Thickness</th> <th>Width</th> <th>Production tons per year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hot rolled coil</td> <td>1.6 - 13.0 mm</td> <td>610 - 1,600 mm</td> <td>approx. 370,000</td> </tr> <tr> <td>Skinpassed coil</td> <td>1.6 - 6.0 mm</td> <td>610 - 1,600 mm</td> <td>approx. 170,000</td> </tr> <tr> <td>Plate</td> <td>13.0 - 24.0 mm</td> <td>610 - 1,600 mm</td> <td>approx. 100,000</td> </tr> <tr> <td>Cold rolled coil</td> <td>0.4 - 2.5 mm</td> <td>610 - 1,250 mm</td> <td>approx. 220,000</td> </tr> <tr> <td>Galvanized coil</td> <td>0.4 - 1.6 mm</td> <td>610 - 1,250 mm</td> <td>approx. 70,000</td> </tr> </tbody> </table>	Products	Thickness	Width	Production tons per year	Hot rolled coil	1.6 - 13.0 mm	610 - 1,600 mm	approx. 370,000	Skinpassed coil	1.6 - 6.0 mm	610 - 1,600 mm	approx. 170,000	Plate	13.0 - 24.0 mm	610 - 1,600 mm	approx. 100,000	Cold rolled coil	0.4 - 2.5 mm	610 - 1,250 mm	approx. 220,000	Galvanized coil	0.4 - 1.6 mm	610 - 1,250 mm	approx. 70,000			
Products	Thickness	Width	Production tons per year																										
Hot rolled coil	1.6 - 13.0 mm	610 - 1,600 mm	approx. 370,000																										
Skinpassed coil	1.6 - 6.0 mm	610 - 1,600 mm	approx. 170,000																										
Plate	13.0 - 24.0 mm	610 - 1,600 mm	approx. 100,000																										
Cold rolled coil	0.4 - 2.5 mm	610 - 1,250 mm	approx. 220,000																										
Galvanized coil	0.4 - 1.6 mm	610 - 1,250 mm	approx. 70,000																										
2. Main equipment	EAF x1 (DRI 90%) Thin slab CC x1 (t=50mm) HSM Tunnel Furnace x1 Finishing Mill x 6std Down Coiler x1	EAF x1 (DRI 90%) Midi Slab CC x1 (t=90-150mm) V=2.5-3.5mpm HSM WB Furnace x1 Roughing Mill x1std Coil Box x1 Finishing Mill x 5std Down Coiler x1	EAF x1 (DRI 90%) Conventional CC x1 (t=210mm) HSM WB Furnace x1 Roughing Mill x1std Coil Box x1 Finishing mill x 5std Down Coiler x1																										
3. Capacity	(one furnace) approx. 1,000,000 t/y (two furnaces) approx. 2,000,000 t/y	(one furnace) approx. 1,000,000 t/y (two furnaces) approx. 2,000,000 t/y	(one furnace) Over 1,000,000t/y (two furnaces) Over 2,000,000t/y																										
4. Works in operation (Example)	Nucor (USA) Hamboo (Korea) POSCO (Korea)	BHP/North star (USA) Trico (USA)	Almost integrated works adopted																										
5. Available products	1. Mainly commercial quality 2. not suitable for tin & automobile outer parts 3. Width > 800 mm	1. high quality is difficult due to impossibility of slab conditioning 2. Suitable for all use (not clear in actual plant)	1. high quality possible 2. Suitable for all use.																										
6. Flexibility of small orders	Difficult to accept small orders due to no edger (width can not be changed at HSM)	Difficult to accept small orders due to weak edger (difficulty of width change at HSM)	Possible to accept small orders due to edger (width can be changed at HSM)																										
7. Capital cost	Low	Middle	High																										
8. Operating Cost (CC & HSM)	(Yield, Energy, Manpower) Base	Higher Base +0.5-1.0 us\$/t	Higher Base + 1.0-2.0 us\$/T																										

Table 5-3-3 Comparison of TSP, MSP and CVP (Summary)

	TSP	MSP	CVP
1. Advantage	<ol style="list-style-type: none"> 1. Energy saving & low operating cost 2. Low initial equipment cost 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Middle Quality (Higher than CSP) 2. Middle equipment cost between TSP & CVP 3. Equipment cost per steel ton may be the lowest 	<ol style="list-style-type: none"> 1. High quality 2. Easy to change Strip width at HSM 3. High productivity of narrow slab casting (Double width casting is possible)
2. Disadvantage	<ol style="list-style-type: none"> 1. Difficulty of slab conditioning 2. Width adjustment at HSM is impossible. 3. Usage for Tin and Automobile is not possible 4. Can't use tapered slabs 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Difficulty of slab conditioning 2. Under development process 	<ol style="list-style-type: none"> 1. High initial equipment cost 2. High operating cost.
3. Comment	<ol style="list-style-type: none"> 1. Strip width should be 900-1600mm 2. Kind of strip width should be minimized 3. Very useful process under 1.0 million tons per year. 4. Suitable for production of commercial products mainly for building construction in large markets such as USA etc. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hot Rolled Coil Quality is not clear (Under development) 2. Suitable for small production of medium class products in medium or large markets. 3. This technology is still under development. No good process for EGYPT flat project at present 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Very useful process to produce narrow size (especially TMBP) and wide range of strip width 2. Best process for high quality products and high production. 3. Suitable for small production of various products in small or medium markets.

5-3-4 コールドストリップミル

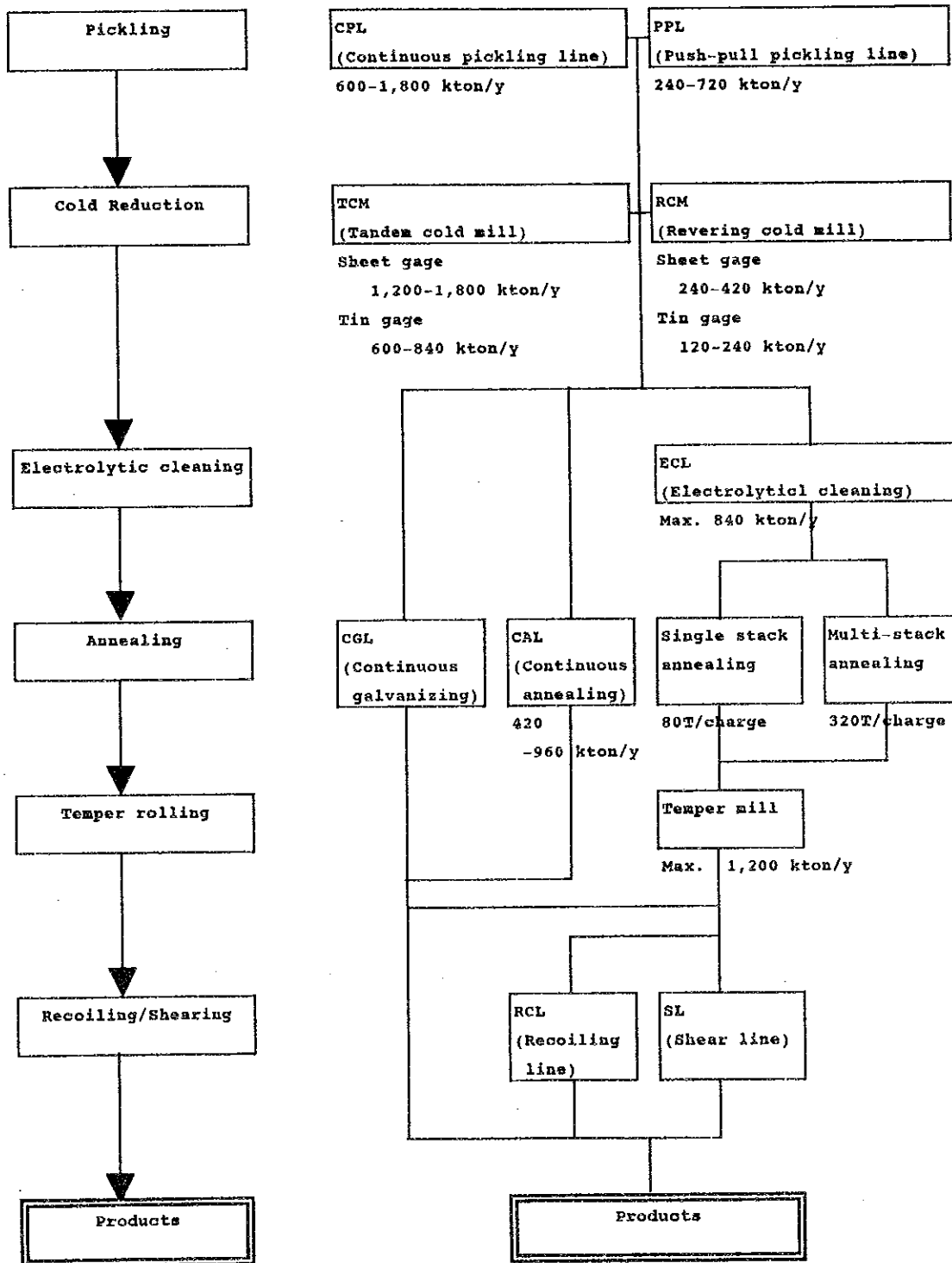
(1) 冷延および亜鉛めっき製品の生産工程



(2) 冷延製品、亜鉛めっき製品製造のための設備

冷延および亜鉛めっき製品を製造するための代表的な設備のいくつかを次ページに示す。それぞれの設備の経済的な生産能力も合わせて示した。

Figure 5-3-11 Representative Equipment of CRMP



(3) 設備の選択

1) 酸洗プロセス

図 5-3-11 に示すように、酸洗プロセスに対しては2つの代表的な設備、すなわち CPL (連続酸洗ライン) と PPL (プッシュプル酸洗ライン) とがある。CPL は非常に生産性が高いが設備費もまた高い。そこで第 2 期工事のことを考慮したとしてもこのプロジェクトでは PPL の選択となる。

2) 冷間圧延プロセス

図 5-3-11 に示すように、冷間圧延プロセスには2つの代表的な設備、すなわち TCM (タンデムミル) と RCM (レバースミル) とがある。TCM は非常に生産性が高いが設備費が非常に高いので、年産 40 万トン程度の少量生産には適していない。

したがって、このプロジェクトではレバースミルの選択となる。しかしながら、レバースミルの最大生産量が年産 35 万トンなので、第 2 期工事ではレバースミルのもう 1 基増設か代替設備の検討が必要である。

3) 電解洗滌プロセス

電解洗滌ラインは、このプロジェクトでは錫めっき鋼板を製造せず、それゆえ、それ程厳しい表面清浄度が焼鈍前に要求されないとの理由から設置されない。そのかわり、ストリップの表面洗滌はレバースミルの最終パス時に特殊な圧延油を使って行われる。

4) 焼鈍プロセス

焼鈍プロセスには CAL (連続焼鈍ライン)、バッチ焼鈍炉、UAS (連続式箱型焼鈍設備) といったいくつかの設備がある。CAL は生産性の高い設備として採用されるが設備費が高い。UAS は自動化の進んだ設備であるが設備費の問題でこのプロジェクトには適していない。バッチ焼鈍炉には2つの種類があり、1つはシングルスタック焼鈍炉であり、もう1つはマルチスタック焼鈍炉である。このプロジェクトでは少量多種の製品を生産しなければならないのでシングルスタック焼鈍炉が選択する。雰囲気ガスとしては高生産性を狙って純水素ガスが使用される。

5) 調質圧延プロセス

一般に 1 基のテンパーミルは年間 120 万トンの冷延サイズのストリップを通すことが出来、ぶりきサイズの場合でも年間 60 万トンが可能である。このプロジェクトの場合、第 1 期工事ではたった年間 25 万トン、第 2 期工事で年間 43 万トン通せばよい。1 基のテンパーミルを建設するとそれはもう十分過ぎる生産

能力をもっている。それゆえ第2期工事時のレバースミル能力を考慮にいれてこの圧延機はコンビネーションタイプのテンパーミルとして設計する。(すなわち、第2期工事ではレバースミルとしてもまた活用される。)

6) リコイルラインとせん断ライン

オフゲージ部の除去、欠陥部分の除去、受注重量への分割のために1基のリコイルラインを設置する。

せん断ラインについては、下記の理由で設置しない。

- 現在エジプトには、エジプシャン・イタリアン社のように冷延コイルあるいは亜鉛めっきコイルを輸入して、その工場でせん断したりスリットしたりするコイルセンターが何社か存在する。そういった会社を利用する方が経済的である。
- エジプトには冷延製品と亜鉛めっき製品の小さな需要家が数多く存在するが、いくつかの工業地帯に集中している。したがって工業地帯毎に適当な規模のコイルセンターをもつ方が経済効果が大きい。

7) 溶融亜鉛めっきライン

最近建設された代表的な溶融亜鉛めっきラインとして下記のような型式のものがあげられる。

- ホイールリングタイプ (ライン外焼鈍、最大年産 10 万トン)
- 横型無酸化炉 (NOF) タイプ (ライン内焼鈍、最大年産 25 万トン)
- 縦型ラジアントチューブ (RT) 炉タイプ (ライン内焼鈍、最大年産 40 万トン)
- 縦型直火炉 (DFF) タイプ (ライン内焼鈍、最大年産 40 万トン)

ホイールリングタイプは、乾燥フラックスを使って亜鉛めっきする低価格のラインで焼鈍炉を必要としないが、最近では品質と生産性に起因してあまり採用されなくなっている。

一方、最近先進国では主に縦型のラジアントチューブタイプか縦型の直火炉タイプのラインが好んで建設される。その理由は、こういったタイプのラインは非常に高い生産性をもっていることと、自動車産業から要求のある超深絞り鋼板の製造に適しているからである。

このプロジェクトでは、建設費と生産能力を考慮して経済性が高いといえる横型無酸化炉 (NOF) タイプを選択する。