

8-3 電力供給

8-3-1 必要電力

(1) 製鉄所用必要電力は下記に示す。

| | |
|--------|---------------------------------|
| 最大需要電力 | : 約 200 MW |
| 平均電力 | : 約 164 MW |
| 供給電圧 | : 132 kV |
| 回線数 | : 2 回線 |
| 短絡容量 | : 最低 1,500 MVA 以上 (132 kV において) |

8-3-2 発電プラントの概念設計

製鉄所用 200 MW の発電所に関して概念設計の対象とするのは、発電方式、機器構成、機器仕様などの基本的事項について述べる。

(1) 設計条件および使用燃料

1) 設計条件

発電プラントの機械・電気設備は、以下の条件、規格・基準に基づいて概念設計を行う。

(a) 設計条件

| | |
|-----------|------------------------------|
| 大気温度 | : 最高 50℃、最低 5℃、平均 30℃、設計 50℃ |
| 海水温度 | : 最高 35℃、設計 30℃ |
| 相対湿度 | : 最高 100%、年間平均 40%、設計 100% |
| 降雨量 | : 年間平均 100mm、24 時間最大 80mm |
| 最大風速 | : 40m/s |
| 雷雨日数(IKL) | : 20 日/年 |
| 標高 | : 1,000m 以下 |

(b) 電圧区分および配電方式

| | |
|------|--|
| 電圧 | : 132kV, 33kV, 11kV, 6.6kV, 415V, 240V |
| 周波数 | : 50Hz |
| 配線方式 | : 3 相 3 線式、ただし、415V, 240V は 3 相 4 線式 |
| 接地方式 | : 送電変圧器の 1 次側は直接接地式、2 次側は抵抗接地式 |

(c) 適用規格・基準

国際電気規格 (International Electrotechnical Commission : IEC)

日本工業規格 (Japanese Industrial Standards : JIS)

電気規格調査会標準規格

(Standard of the Japanese Electrotechnical Committee : JEC)

日本電機工業会標準規格

(The Standards of Japan Electrical Manufacturer's Association : JEM)

日本電気協会電気技術基準調査委員会電気技術規程

(Japan Electric Association Code : JEAC)

日本電線工業会規格 (Japanese Cable Makers' Association Standard : JCS)

通商産業省省令電気設備技術基準 (Electrical Standards)

2) 使用燃料および燃料供給

(a) 使用燃料

コンバインドサイクル発電プラント用ガスタービンに使用する燃料は、次のとおりとする。

*主燃料 天然ガス (低位発熱量 35,800 kJ/kg)

*非常用燃料 留出油 (低位発熱量 42,915 kJ/kg)

留出油の成分および基本データを Table 8-3-1 に示す。

(b) 燃料供給

天然ガスについては、石油・ガス省がプロジェクトサイト内に減圧ステーションを設置し、同ステーションまで石油・ガス省の所轄である。

したがって、発電プラント側は減圧弁以降のガス配管を敷設する。

発電プラント側が必要とする天然ガスの使用圧力、使用量は、概ね次のとおりであるので、この要求条件に適合する天然ガスが供給されるものとする。

*使用圧力 : 20kg/cm²

*使用量 : 42,000kg/h (GT 1 台あたり)

主燃料 (天然ガス) のデータは第 8-5 項の Table 8-5-2 に示す。

また、非常用燃料の留出油については、サイト内に留出油タンクを設置し、同タンクから発電プラントに留出油を供給する。

Table 8-3-1 Emergency Fuel (Distillate Oil) Data

| Description | Figures |
|--------------------------------|-------------------------|
| Density | 0.8377 |
| Kinetic Viscosity at 40°C (cS) | 3.9 |
| Cloud Point (°C) | -6 |
| Pour Point (°C) | -15 |
| Sulphur (% weight) | 0.44 |
| Ash (% weight) | 0.005 |
| Flash Point (°C) | 114 |
| Water Content | Nil |
| Sediment | Nil |
| HHV (kJ/kg) | 45,700 (10,918 kcal/kg) |
| LHV (kJ/kg) | 42,915 (10,252 kcal/kg) |

Source : JICA 1994

(2) 発電プラントの型式選定

1) 型式選定の基準

この発電プラントは、負荷変化に応じた発電をしながら、主燃料として使用される天然ガスの使用量を節減する上で熱効率の高い発電方式が必要不可欠である。これらの要求条件を十分に満たすのがガス・蒸気コンバインドサイクル発電方式である。この発電プラントにはコンバインドサイクルを採用する。

2) コンバインドサイクル発電プラントの概要と特徴

コンバインドサイクル発電方式は、高温側のサイクルに燃料の燃焼熱を熱源とするガスタービンのブレイトンサイクルを用い、低温側のサイクルには高温側のサイクルの動作流体である燃焼ガス排気を熱源とするランキンサイクルを用い、両サイクルの組合せ熱機関として作動温度域を高温から低温まで広げ、総合熱効率の向上を図るものである。

Figure 8-3-1 に発電プラントの構成を示す。

コンバインドサイクル発電の特徴は、下記のとおりである。

(a) 熱効率が高い

Figure 8-3-2 の熱勘定図に示すように、ガスタービンの熱効率が 31%、汽力発電では 40%程度であるのに対して、これらを組み合わせたコンバインドサイクル発電では、発電端の総合熱効率が 48%以上 (低位発熱量 LHV ベース 50℃)にも達する。さらに、起動停止時間が短いため損失が少ないこともあって、在来の汽力発電に比べ 10%以上の燃料節約が可能である。

(b) 起動停止時間が短い。

小容量機の組合せとなるため、負荷変化率が大きくとれ、また短時間での起動停止が可能である。在来の汽力発電プラントでは、最短でも 2-3 時間程度であるのに対し、コンバインドサイクル発電プラントでは 1 時間程度である。さらに、ガスタービンの単独運転も可能であり、この場合は 15-30 分とさらに短くなる。

(c) 最大出力が大気温度によって変化する。

コンバインド発電プラントは、ガスタービンを主体に構成されてるため、その最大出力は大気温度により変化し、大気温度が低いほど大きくなる (一例として、ガスタービン単体では 50℃定格の出力を 100 とすると 15℃では 130 近く、すなわち 30%程度の出力増加となる)。一方、蒸気タービンについては、大気温度の低下に伴うガスタービン排気量の増大により排熱回収ボイラ(HRSG)の蒸気発生量が若干増加し、その分、最大出力が増加する。(例えば 50℃定格出力を 100 とすれば 15℃では 110 程度)

したがって、コンバインドサイクル発電プラントとしては、ガスタービン 1 台と蒸気タービン 1 台の多軸形構成を例にとると、大気温度 50℃の軸出力を 100%として、大気温度が 15℃に低下した場合の出力は、約 120%になる。

(d) 温排水量が少ない。

温排水量は同容量の汽力発電プラントの 60- 80%程度と少ない。

3) 負荷変化時のプラントの動特性

コンバインドサイクル発電方式の特徴の一つとして、負荷追従性が優れていることが挙げられる。この負荷追従性を十分に発揮させるために、ガスタービンの燃料比の変化に対するプラントの動特性を把握する必要がある。この動特性の特徴は下記のとおりである。

(a) 燃料比の変化に対しガスタービン負荷は直ちに追従する。

(b) HRSG の蒸気発生量は、HRSG の持つ発熱量による遅れやダクト・配管による伝達遅れが加わり、数分のオーダーで遅れる。

(c) 蒸気タービンは、加減弁全開の状態に保ち制御しないため、蒸気量に比例した

出力となる。

このため、蒸気タービンの応答遅れを補償するように、ガスタービンは許容変化率の範囲内で早い応答をさせる必要がある。また、ガスタービンの最大出力が外気温度により変化し、温度が高くなるにつれ最大出力が小さくなる点も、プラントの運用に反映させる必要がある。

(3) コンバインドサイクル発電の仕様

1) サイクル形式

コンバインドサイクル発電方式は、ガスタービンと蒸気タービンの組み合わせの方法によって数種類に分類される。ガスタービン主体のサイクルとしては、排熱回収サイクルと排気助燃サイクルがあり、蒸気タービン主体のサイクルとしては、排気再燃サイクル、過給ボイラサイクルと給水加熱サイクルがある。これらのサイクルには、それぞれ特徴があり、プラントの出力、燃料の種類、運転条件、立地環境条件などを考慮して方式を選定するが、ガスタービンの高温化が進むと排ガス温度も上昇するので、高効率化にとって最も有利な方式は排熱回収サイクルとなる。排熱回収サイクルは Figure 8-3-1 のとおり、ガスタービンの排ガスを排熱回収ボイラ（熱交換器 HRSG）に導き、その熱回収によって蒸気を発生させ、蒸気タービンを駆動する方式である。この方式はコンバインドサイクルの中では最も簡単なシステムであり、次のような特徴を持っていることから世界的に数多く運転されている。

- (a) 蒸気タービンよりもガスタービンの出力の割合が大きい。
- (b) ガスタービンが高温化するほど、熱効率上昇の割合が大きい。
- (c) 起動時間が短い。
- (d) プラント単位出力あたりの温排水量が少ない。
- (e) プラント単位出力あたりの CO₂ 排出量が少ない。

また、コンバインドサイクル発電方式は、電力需要の増加に応じて、第1段階でガスタービンを設置し、第2段階で HRSG と蒸気タービンを追加することが可能である。このようなプラント構成の採用によって、発電出力の増加と熱効率の向上が期待できる。したがって、この製鉄プラントには、排熱回収方式を採用する。

2) 1軸型と多軸型

コンバインドサイクルプラントの機器の組み合わせには、Figure 8-3-3 に示すように、ガスタービン1台に蒸気タービン1台を対にして、同一軸に直結してユニットとし、このユニットを幾つか組み合わせ手大容量プラントとする1軸型と、ガスタービン数台に対して蒸気タービン1台を組み合わせる多軸型がある。

多軸型は1軸型に対して、次のような特徴を有している。

- (a) HRSG または蒸気タービン発電機を停止した場合でもガスタービン(GT) 単独運転により発電可能 (HRSG 入口ダンパを閉じ、GT 出口バイパスダンパを開ける)。1 軸型ではガスタービンの単独運転が不可能である。
- (b) 最低負荷運転はガスタービン 1 台と蒸気タービンで行う。他のガスタービンは停止する。
- (c) 起動および負荷運転は、停止したガスタービンを順次起動することによって行う。また HRSG の発生蒸気の状態が運転中のものとマッチングしてから蒸気ヘッドに入れる。

前従の理由より多軸型を採用する。

3) 単圧形と複圧形

単圧形は、HRSG、蒸気タービンともに単一の圧力レベル（高圧）の主蒸気系統を有するほうしきであり、これに対し、複圧形は、さらに排熱エネルギーの有効回収を目的として HRSG に低圧蒸気の系統を追加し、その低圧蒸気を蒸気タービンの低圧部に導く方式である。複圧形はエネルギー利用率が高く、高効率化、省エネルギーに有利であることから、この発電所には複圧形を適用する。

4) 発電プラントの構成

コンバインドサイクル発電プラントは、有機的に組み合わせたプラントをかくユニット毎に運転制御することが出来るため、部分負荷での高効率の維持、短時間での起動停止により急速な負荷変化の対応を可能とし、しかも故障の影響範囲が限定されるためプラント利用率が高まる。

5) ガスタービン

排熱回収方式コンバインドサイクル発電プラントにおいて、ガスタービンはこの発電所出力の約 3 分の 2 を受け持ち、プラント熱効率向上に対して大きな影響力を持っている最も重要な機器である。

ガスタービンは、高温高圧のガスを動作流体に使い、羽根に作用させてガスの膨張過程から回転力を得るものである。ガスは相変化がないため、熱エネルギーを与えるのに加熱のみでは不十分であり、あらかじめ圧縮してから加熱する必要がある。

このため、ガスタービンには燃焼器の他に圧縮機が組み込まれる。

タービン本体の特徴としては、次の点が上げられる。

- (a) 膨張の圧力降下が小さいので翼段数が少ない。
- (b) 動作流体の温度が熱効率におよぼす影響が大きいため、ガスタービンに高温ガ

スを用いる。

- (c) 動作流体の温度は 1,100℃程度と極めて高い。このため、超耐熱合金を使うと共に、翼を空気で冷却するなどの対策がとられる。

ガスタービンを用いた発電方式の特長は、次のとおりである。

- (a) 起動時間が 15 - 30 分程度と短く、負荷変動も急速に行うことが出来る。
- (b) 建設費が安い。
- (c) 小形軽量のために、建屋・基礎・据え付け面積が小さくてよく、標準化されており建設工期が短い。
- (d) 運転操作が簡単なために、運転員が少なくてよい。
- (e) 構造が簡単で部品数が少ないので、信頼性が高く、開放点検期間も短期間でよい。
- (f) 冷却水の所要量が少なく、水処理も不要である。

本製鉄所に適用するガスタービンの設計仕様は次のとおりである。

ガスタービンの出力は大気温度に大きく左右されるので、設計温度を 50℃とし、単機容量 130 MW を選定した。

形 式 : 軸流形
数 量 : 1 台
定格出力 : 130 MW (大気温度 50℃) 、163 MW (大気温度 15℃)
圧 縮 機 : 軸流形
燃料切り替え : 主燃料 (天然ガス) と非常用燃料 (軽油) の切り替えは運転中に自動的に行う。

6) 排熱回収ボイラ(HRSG)

HRSG の設計に際しては、熱効率がよいこと、長時間連続運転が可能なこと、安全であること、の 3 項目を基本設計指針として、強度、耐食性を考慮する。さらに、ガスタービンの特徴を生かした頻繁かつ急速な起動停止に追従できるよう、特に熱応力に対する配慮が必要である。HRSG 性能に影響を与える要因および設計上考慮すべき事項を以下列挙する。

- (a) 排ガス成分
- (b) 排ガス温度および流量
- (c) 蒸気温度
- (d) 蒸気圧力
- (e) ピンチポイント温度差およびアプローチポイント温度差

(f) 排ガス圧力損失

また、HRSG の性能は、ボイラ効率で表され、入熱量に対する出熱量の比によって求められる。出熱量は HRSG の動作流体により吸収される熱量であり、入熱量はガスタービン排ガスによって供給される熱量である。HRSG 出口排ガス温度を下げるほど HRSG の効率は上昇するが、そのためには大きな伝面積を必要とし、設備がかさむことと低温腐食の問題から出口排ガス温度が制約を受けることになる。

Figure 8-3-4 に、本製鉄所に適用する複圧形自然循環型 HRSG の主要システムを示し、その設計仕様を下記に述べる。

| | |
|-----------|----------------------------|
| 形 式 | : フィンチューブ式、自然循環型 (モジュール構造) |
| 数 量 | : 1 台 |
| 圧力レベル | : 複圧 |
| 定格蒸気流量 | : 220/20 t/h |
| 出口蒸気圧力 | : 80/9 ata |
| 出口蒸気温度 | : 510/230℃ |
| 節炭器入口給水温度 | : 164℃ |
| 排ガス温度 | : 170℃ |
| 排ガス圧力損失 | : 250mmH ₂ O |
| 効 率 | : 82% |

備考：複圧式の HRSG のため高圧と低圧に相当する数値、それぞれのスラッシュの左側と右側に記載した。

7) 蒸気タービンおよび復水器

複圧形 HRSG で発生した高圧および低圧の蒸気は、蒸気タービンへ送られ、動力を発生する。また、蒸気タービンの排気は復水器に流入し、真空脱気されて覆水となり、復水ポンプで昇圧され給水として HRSG の節炭器に送られる。この排熱回収方式コンバインドサイクル発電プラントで使用される蒸気タービンは、プラント熱効率の向上を目的として、複圧式とし、頻繁な急速起動に適した熱応力緩和の設計を行う。蒸気タービンおよび復水器の設計仕様は次のとおりである。

(a) 蒸気タービン

| | |
|-------|-----------------------------------|
| 形 式 | : 復水形単流排気式軸流型 |
| 数 量 | : 1 台 |
| 定格出力 | : 70MW (大気温度 50℃)、83MW (大気温度 15℃) |
| 回 転 数 | : 3,000 rpm |

| | |
|--------|----------|
| 初段蒸気圧力 | : 80ata |
| 初段蒸気温度 | : 510℃ |
| 排気圧力 | : 90mmHg |
| 効 率 | : 31% |

(b) 復水器

| | |
|--------|---------------------------|
| 形 式 | : 表面形 |
| 数 量 | : 1 台 |
| 冷却水流量 | : 25000 m ³ /h |
| 復水器負荷 | : 130Gcal/ h |
| 入口温度 | : 30℃ |
| 復水出口温度 | : 49℃ |
| 真 空 度 | : 670mmHg |

8) 発電機

発電機は空気冷却方式を適用して、蒸気タービンの回転エネルギーを効率よく電気エネルギーに変換させる構造とする。特に、電力システムの安定性を図るために速応型静止励磁方式を採用する。発電機の仕様は次のとおりである。

| | |
|--------|----------------------------------|
| 形 式 | : 屋内、横軸円筒回転界磁形、全閉空気冷却方式 |
| 数 量 | : 1 台 |
| 定格容量 | : 88 MVA (ST 用) 、 163 MVA (GT 用) |
| 力 率 | : 0.8 |
| 電 圧 | : 1,1000-15,000 V |
| 周 波 数 | : 50 Hz |
| 相 数 | : 3 相 |
| 極 数 | : 2 極 |
| 回 転 数 | : 3,000 rpm |
| 絶 縁 | : F 種 (B 種温度上昇使用) |
| 冷却方式 | : 空冷 (固定子) 、空冷 (回転子) |
| 短絡比 | : 0.5 |
| リアクタンス | : Xd-200%, Xd'-20%, Xd''-15% |
| 励磁方式 | : 静止型 |
| 頂上電圧 | : 1.5pu |
| 応答時間 | : 100ms 以内 (頂上電圧の 0.95 倍時) |

9) 電気・制御系統

(a) 電気系統

この発電電力は、ガスタービン発電機、蒸気タービン発電機の端子からユニット変圧器で送電電圧 132kV に昇圧したうえで、製鉄所へ送る。
その単線結線図を Figure 8-3-5 に示す。

(b) 制御系統

コンバインドサイクル発電プラントの制御系統は、電力需給事情による運用の多様化・高度化、運転員の負担を軽減させるマンマシンコミュニケーション、などに対する要請に応じて、運転操作の自動化が急速に進められている。このため、制御系統は、次のような考え方に基づいて構築することとし、その構成例を Figure 8-3-6 に示す。同図は、GT 1 台、HRSG 1 台、ST 1 台から構成された 1 系列分の制御系統である。

- a) 統一的で階層化された制御系統の構成。
- b) ワンマンコントロール用のコンパクトな構成の中央操作盤。
- c) デジタル技術の合理的適用。
- d) 複数台プラント運用に適合した負荷運用・台数運用システム。

(4) 海水および排水

発電所およびその設備用海水は海水取水システム II に計画している。海水取水システム II の容量は海水取水システム I と同じ 25,000 m³/h である。

海水取水システム II の概念設計は海水供給配管および排水管の長さを除き 6-7-5 章とほぼ同じである。したがい、海水取水システムは第 6-7-6 項を参照のこと。

排水は製鉄所の温排水とこれも同じであるので第 6-7-6 項を参照のこと。

温水の落口は製鉄所のものと同じ場所である。

(5) 図面リスト

Figure 8-3-1：コンバインドサイクル発電プラントの基本構成

Figure 8-3-2：コンバインドサイクル発電プラントおよび汽力発電プラントの熱勘定図比較 (LHV ベース、50℃)

Figure 8-3-3：コンバインドサイクル発電プラントの構成比較

Figure 8-3-4：複圧形自然循環型ボイラを適用した発電プラントの主要系統

Figure 8-3-5：コンバインドサイクル発電プラントの単線結線図

Figure 8-3-6 : 制御系統の構成例

Figure 8-3-7 : コンバインドサイクル発電プラントの配置図

Figure 8-3-8 : 製鉄所用発電所配置図

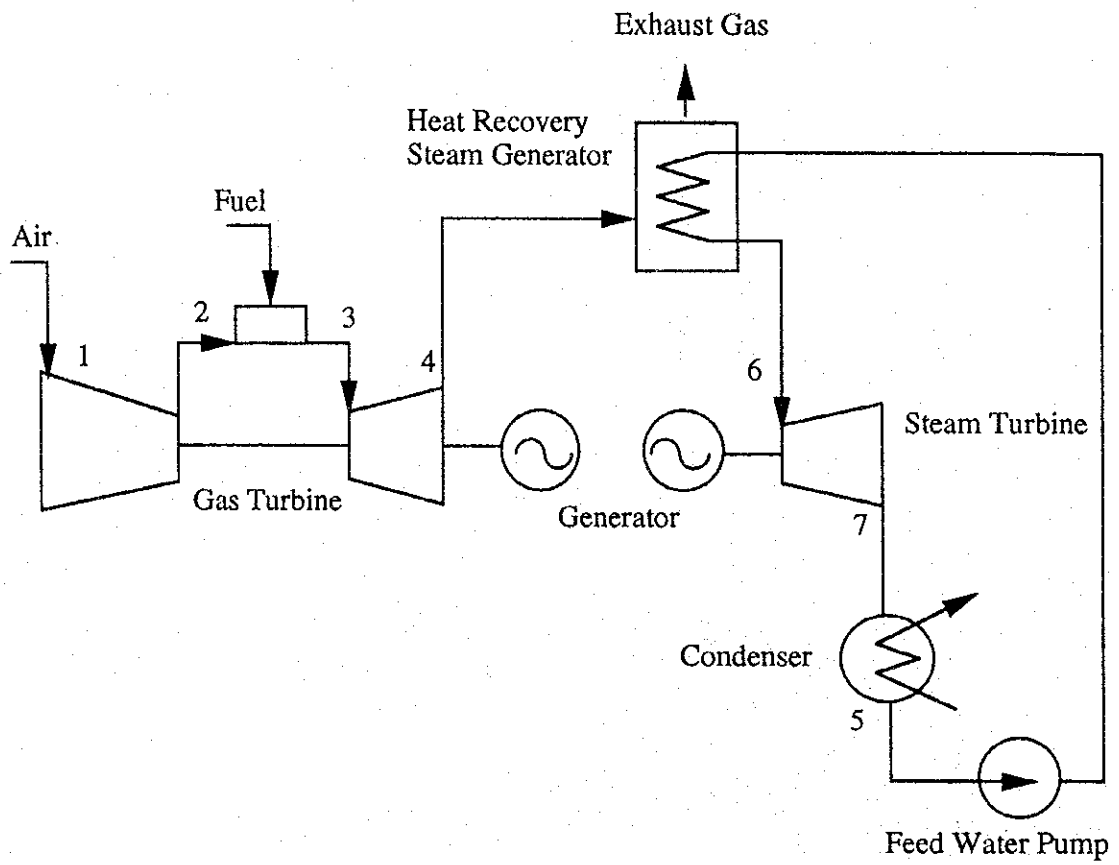
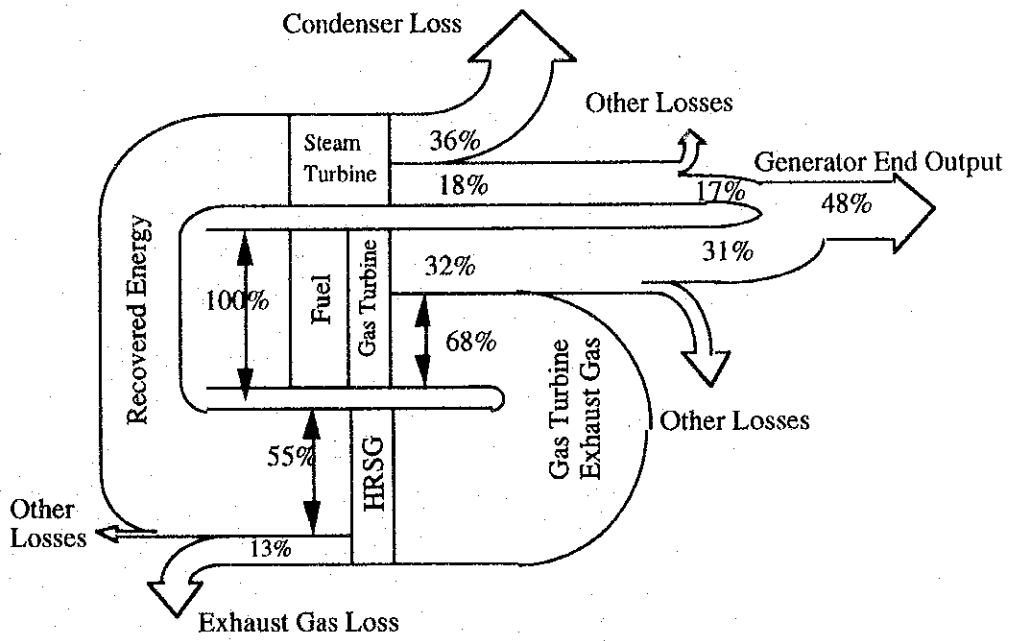
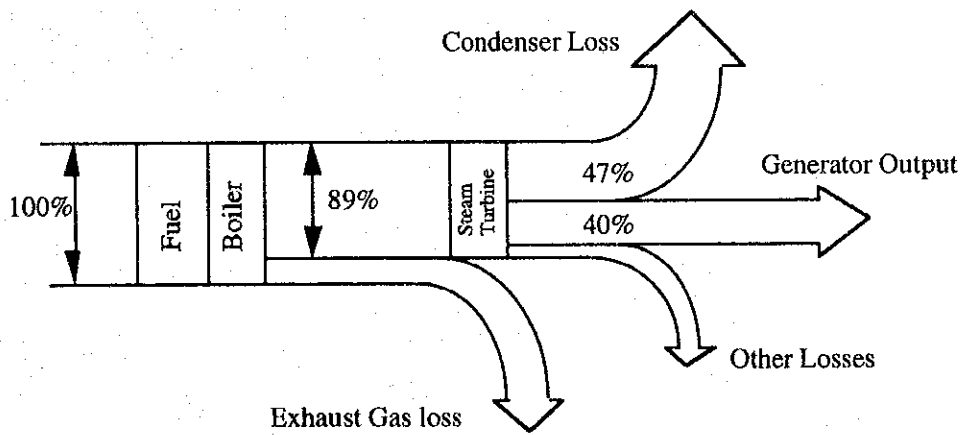


Figure 8-3-1 Basic Configuration of Combined Cycle Power Plant

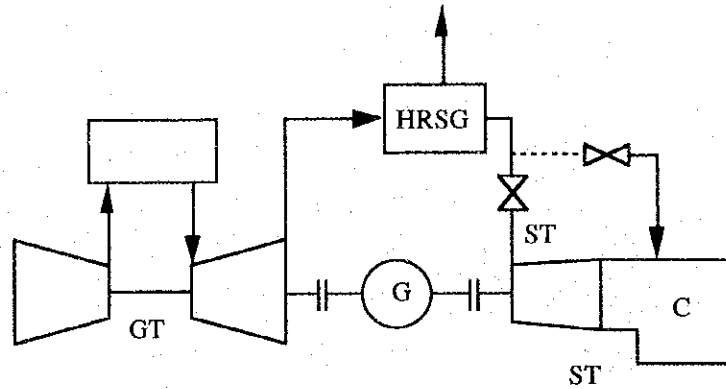


(a) Combined Cycle Power Plant (Example)

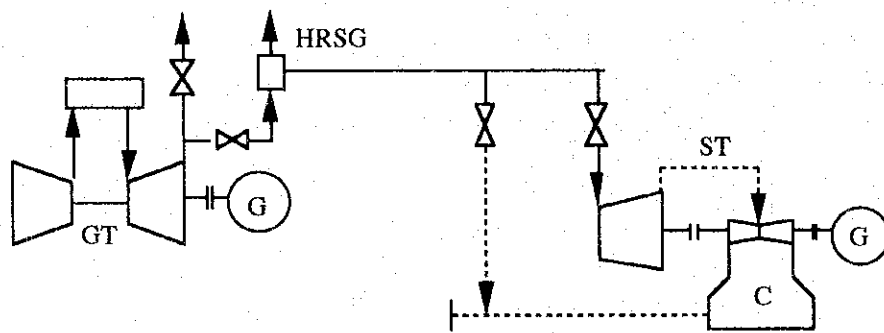


(b) Large Capacity Thermal Power Plant (Example)

Figure 8-3-2 Heat Balance Chart Comparing Combined Cycle Power Plant with Conventional Thermal Power Plant (LHV base, 50°C)



(a) Single Shaft Type



(b) Multi Shaft Type

GT : Gas Turbine
 HRSG : Heat Recovery Steam Generator
 ST : Steam Generator
 C : Condenser
 G : Generator

Figure 8-3-3 Comparison of Combined Cycle Power Plant

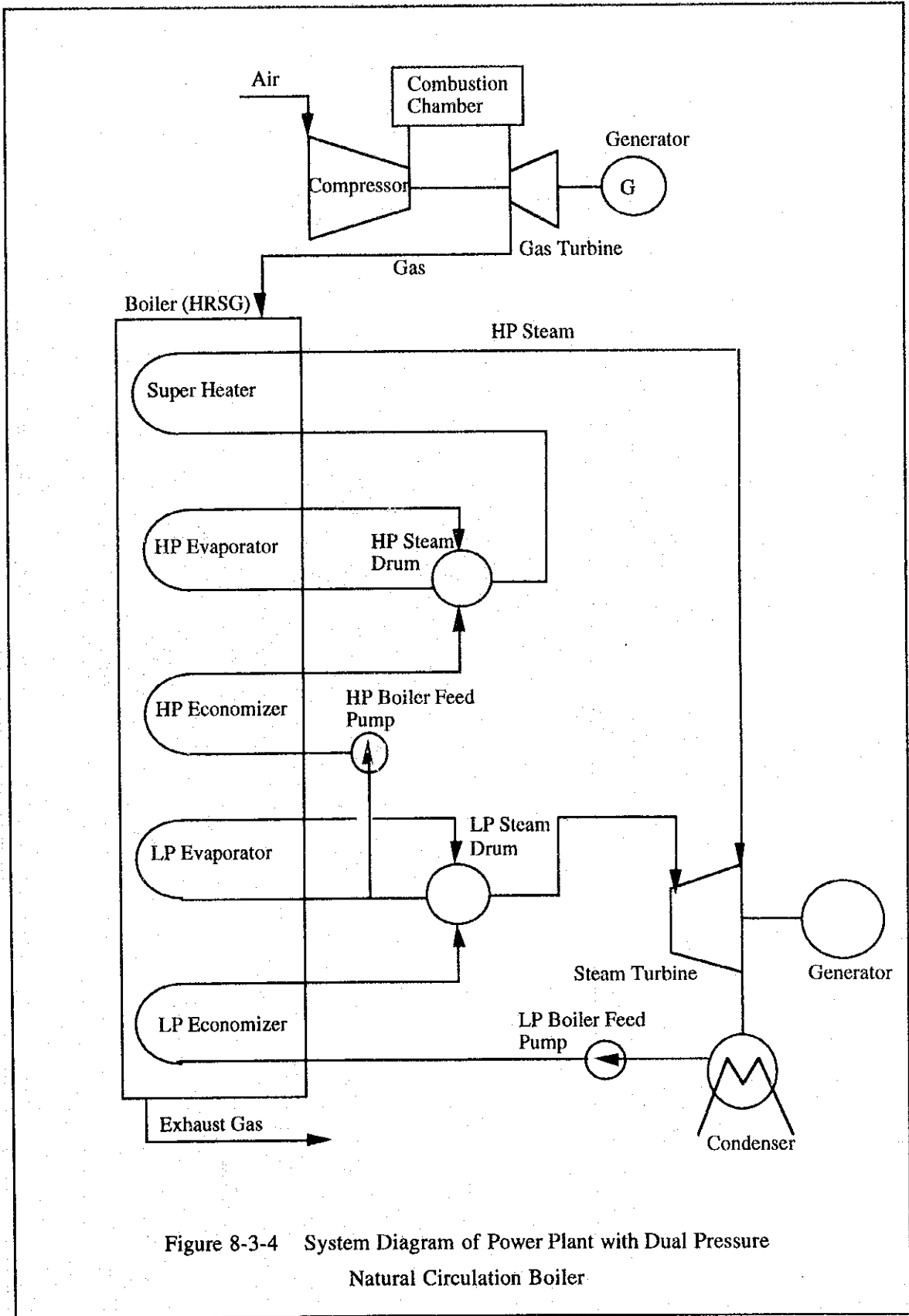


Figure 8-3-4 System Diagram of Power Plant with Dual Pressure Natural Circulation Boiler

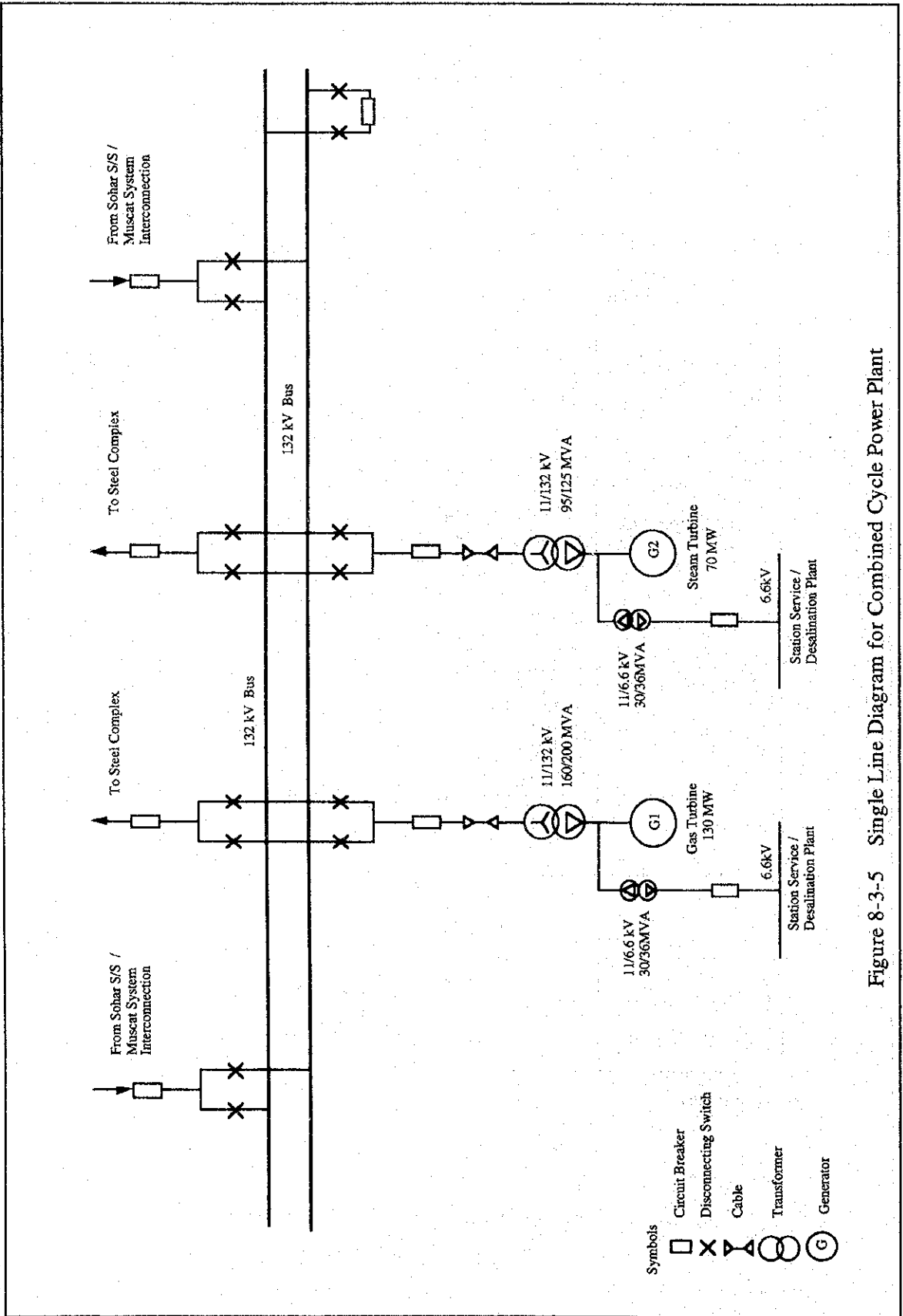


Figure 8-3-5 Single Line Diagram for Combined Cycle Power Plant

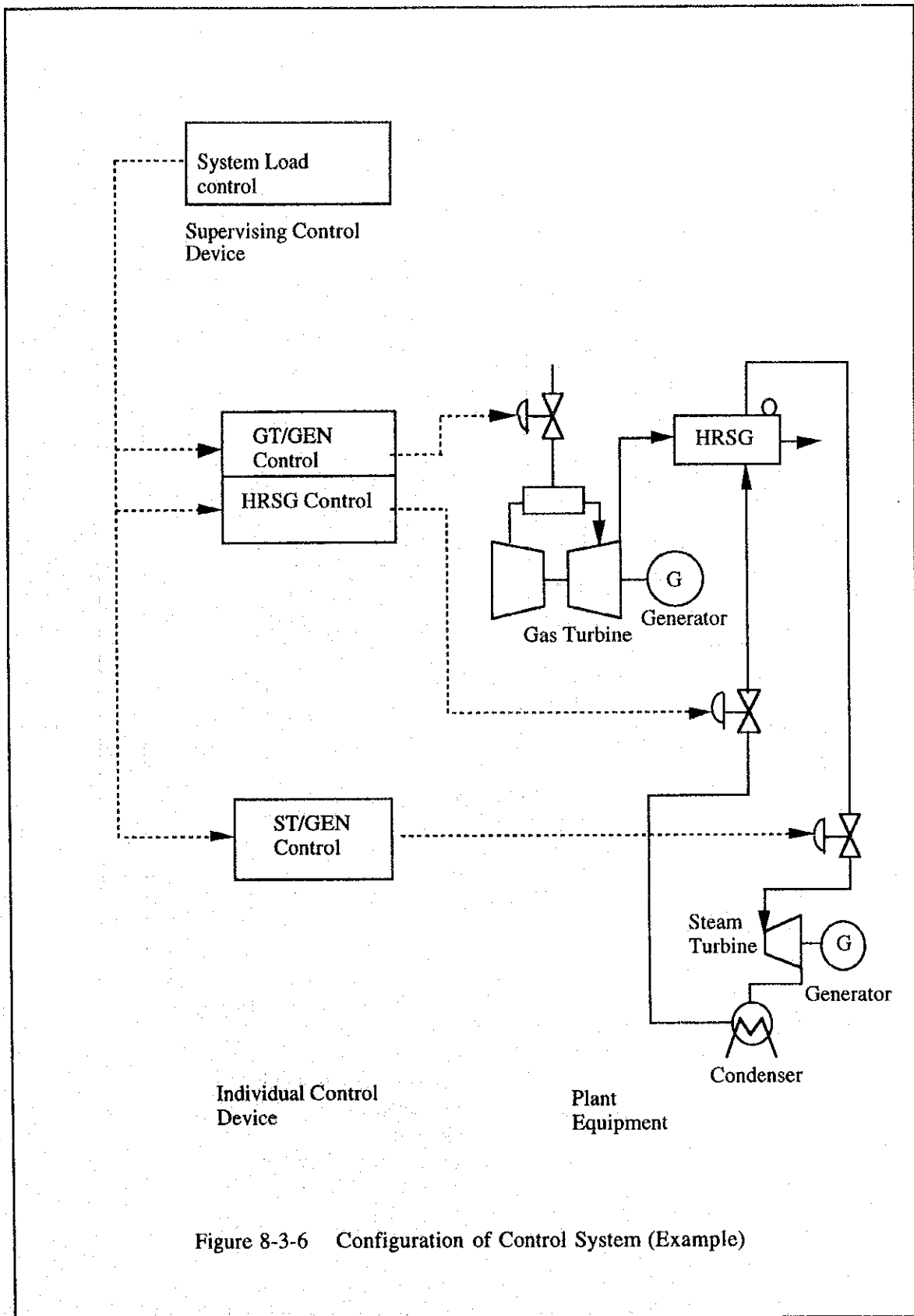
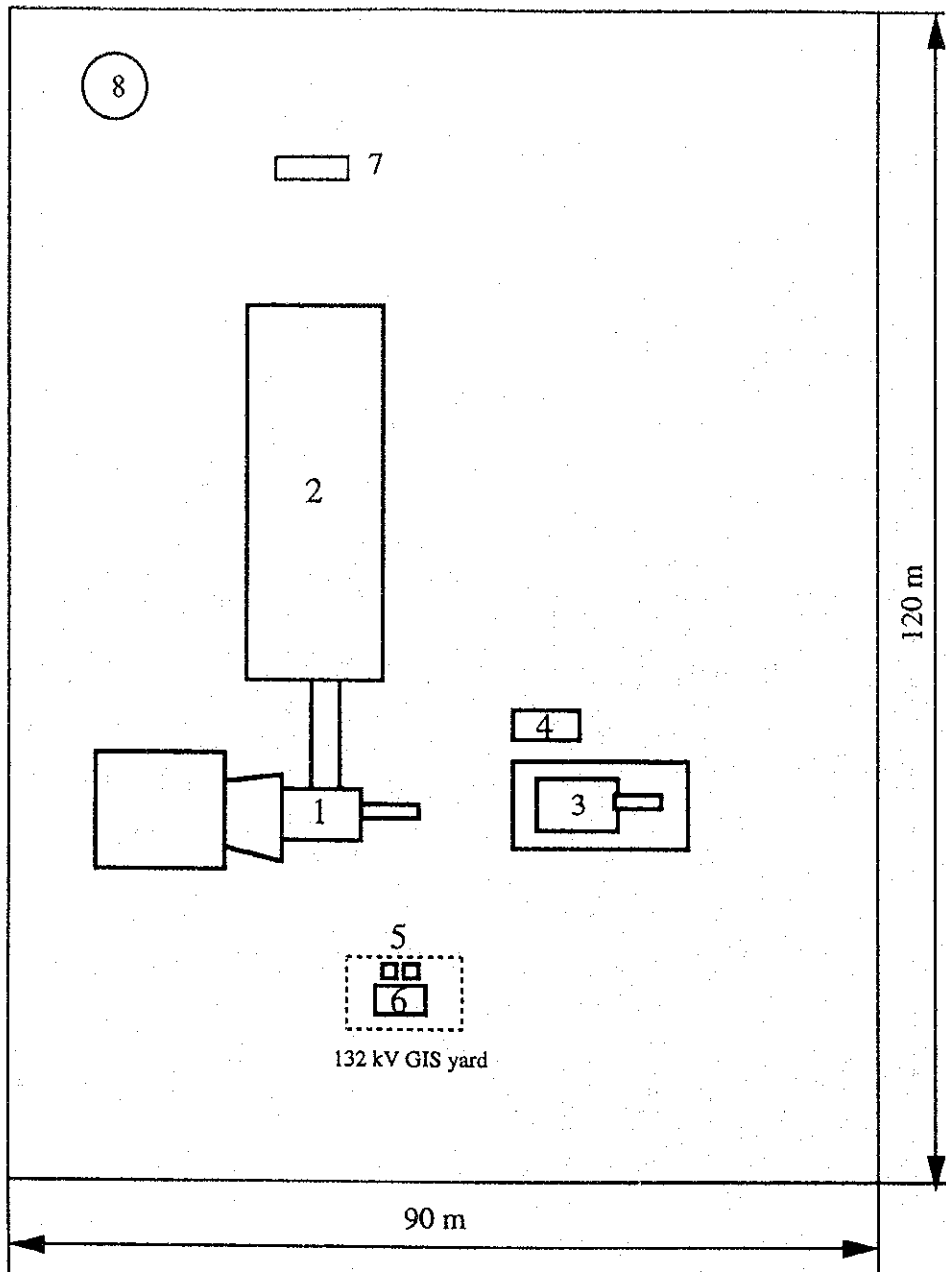


Figure 8-3-6 Configuration of Control System (Example)



- 1 : Gas Turbine Generator Package
- 2 : HRSG
- 3 : Steam Turbine Generator
- 4 : Electric and Control House
- 5 : Main Transformer
- 6 : 132 kV GIS
- 7 : Water Treatment System
- 8 : Fuel tank

Figure 8-3-7 General Arrangement of Combined Cycle Power Plant

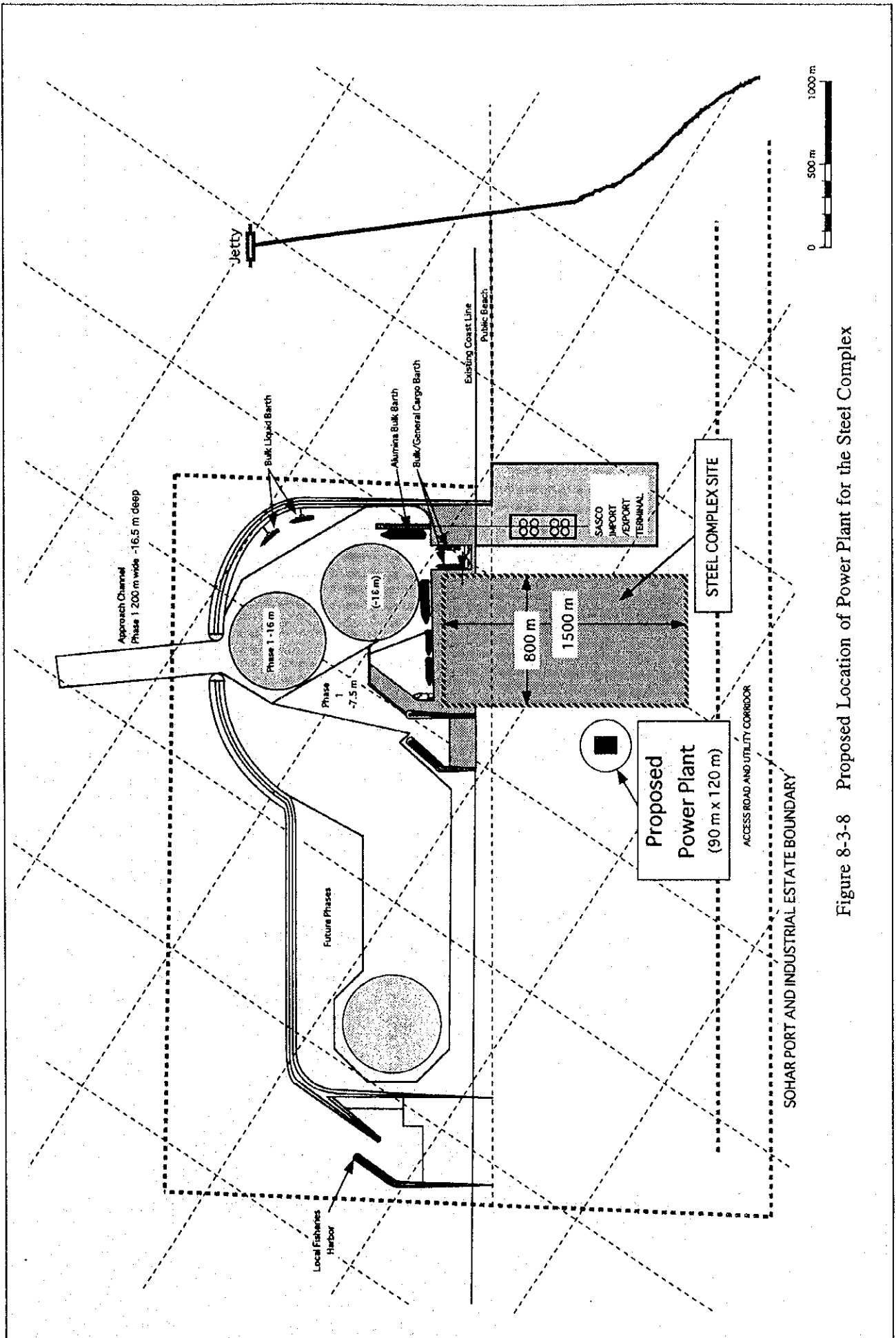
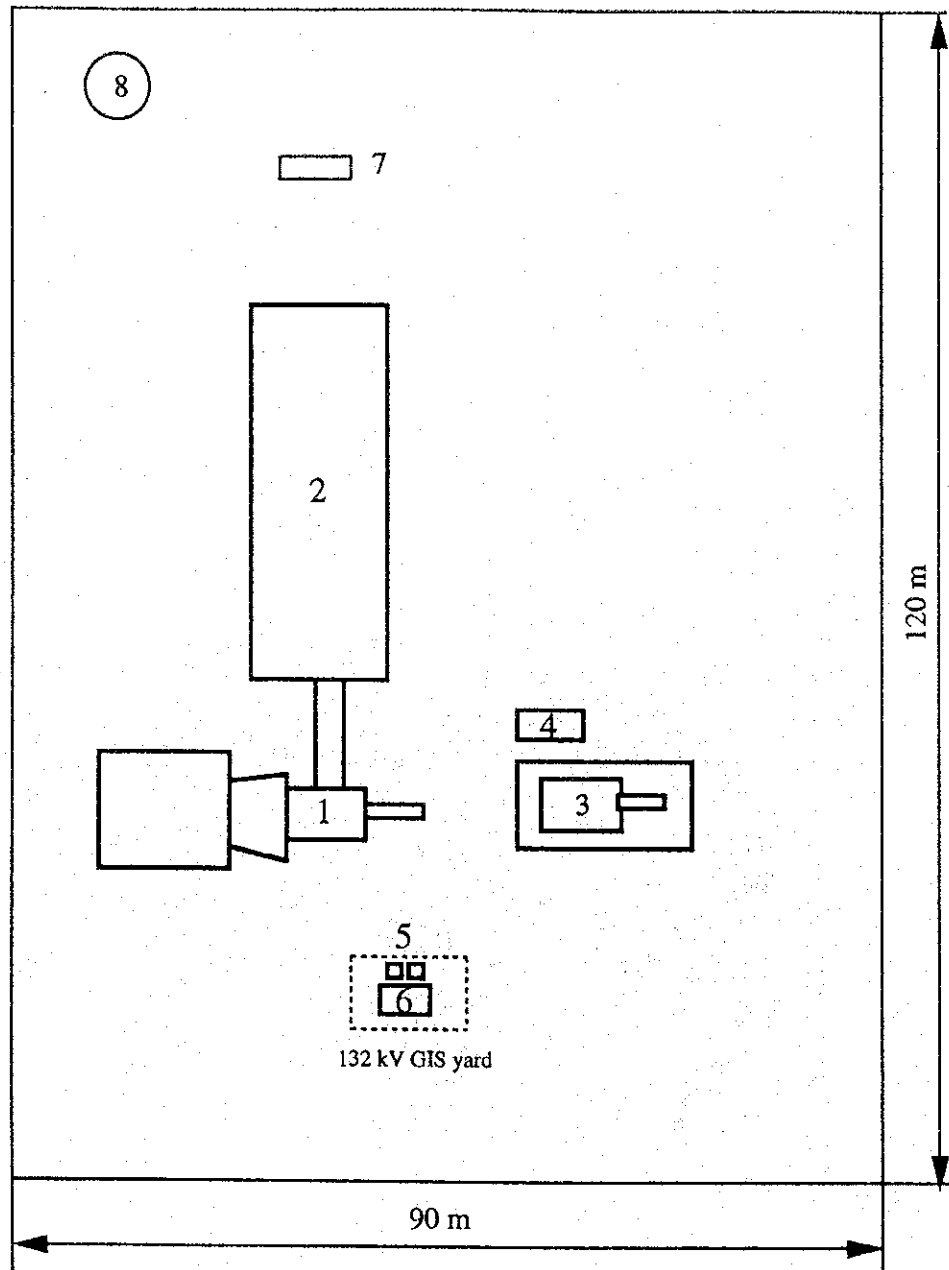


Figure 8-3-8 Proposed Location of Power Plant for the Steel Complex



- 1 : Gas Turbine Generator Package
- 2 : HRSG
- 3 : Steam Turbine Generator
- 4 : Electric and Control House
- 5 : Main Transformer
- 6 : 132 kV GIS
- 7 : Water Treatment System
- 8 : Fuel tank

Figure 8-3-7 General Arrangement of Combined Cycle Power Plant

8-4 用水の供給

8-4-1 飲料水の供給

(1) 製鉄所に必要な飲料水

製鉄所に必要な飲料水は次のように推定される。

1) 所要量

所要量は1日当たり 200 m³ (一人1日当たり 200 リットル x 1,000 人)

2) 水質

水質：オマーン水質基準 または WHO 飲料水用ガイドライン 1984

(2) 製鉄所候補地（ソハール）における飲料水の状況

1) 供給量

ソハール地区には製鉄所用飲料水は十分な量がある。

2) 水質

飲料水の水質データは現地で収集出来た、そして Table 8-4-1 に示す。

Table 8-4-1 Analysis of Potable Water in Sohar

| Item | | Unit |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Origin of water sample | Sohar potable water | |
| Color | Clear-colorless | |
| Temperature | 28 | °C |
| Electrical conductivity | 461.5 | µS/cm |
| pH | 8.2 | |
| Total hardness | 147.8 | mg/l(as CaCO ₃) |
| Total alkalinity | 128 | mg/l(as CaCO ₃) |
| Iron | 0.066 | mg/l(as Fe) |

Source: Sohar Development Office.

3) 供給施設

飲料水は 8 本の井戸（井戸 1 本あたり日量 1,000 - ）から供給される。供給装置の容量は毎時 250 - である。既設の配水管と工場間の距離はおよそ 5 km (4 インチ

管) ~7km (12インチ管) である。

(3) 飲料水の概念設計

飲料水はソハール市からも供給可能であるが、長距離の配管が必要であり、製鉄所内に設置される造水装置 (第 8-4-3 項参照) により供給される。

そして塩素滅菌後、飲料水はそのまま配管で製鉄所の消費場所に供給される。

8-4-2 工業用水の供給

(1) 製鉄所に必要な工業用水

1) 製鉄所に必要な工業用水を次のように見積もった：

工業用水の所要量は毎時：200 m³、1 日当たり：4,800 m³ そして年間：1,200,000 m³。

消費原単位：製品トン当たり 1.0 m³

2) 所要水質

冷却水の補給水として望ましい水質の一例として日本鉄鋼連盟の推奨値を Table 8-4-2 に示す。

Table 8-4-2 Requirement of Water Quality as Make-up Water for Cooling Purpose

| Item | Recommended value for cooling water unit (mg/l) |
|-----------------------|---|
| pH | < 7.5 |
| BOD | < 1.0 |
| COD | < 2.0 |
| Turbidity | < 10.0 (NTU) |
| Total hardness | < 50.0 deg.C |
| Electric conductivity | < 150.0 μS/cm |
| M alkalinity | < 50.0 |
| Chloride ion | < 15.0 |
| Ammonium ion | < 1.0 |
| Fe | < 0.5 |
| Free chlorine | < 0.5 |
| Temperature | < 40 deg.C |

Source: Japan Iron and Steel Federation

(2) 製鉄所候補地（ソハール）における工業用水の状況

ソハールでは工業用水は確保出来ない。

製鉄所ではおよそ日糧 5,000 m³ が必要であり、ソハールの下水処理の容量は日糧 3,000 m³ である。従い製鉄所の要求には充分ではなのでソハールにおいては製鉄所用に造水装置の建設を考慮する必要がある。

また他のある大きなプロジェクトが余剰の電力や水が供給できる可能性がある。

(3) 所要設備および分担の明確化

1) 所要設備

上述の状況にて必要とされる設備は次のとおり

-造水プラント-1セット

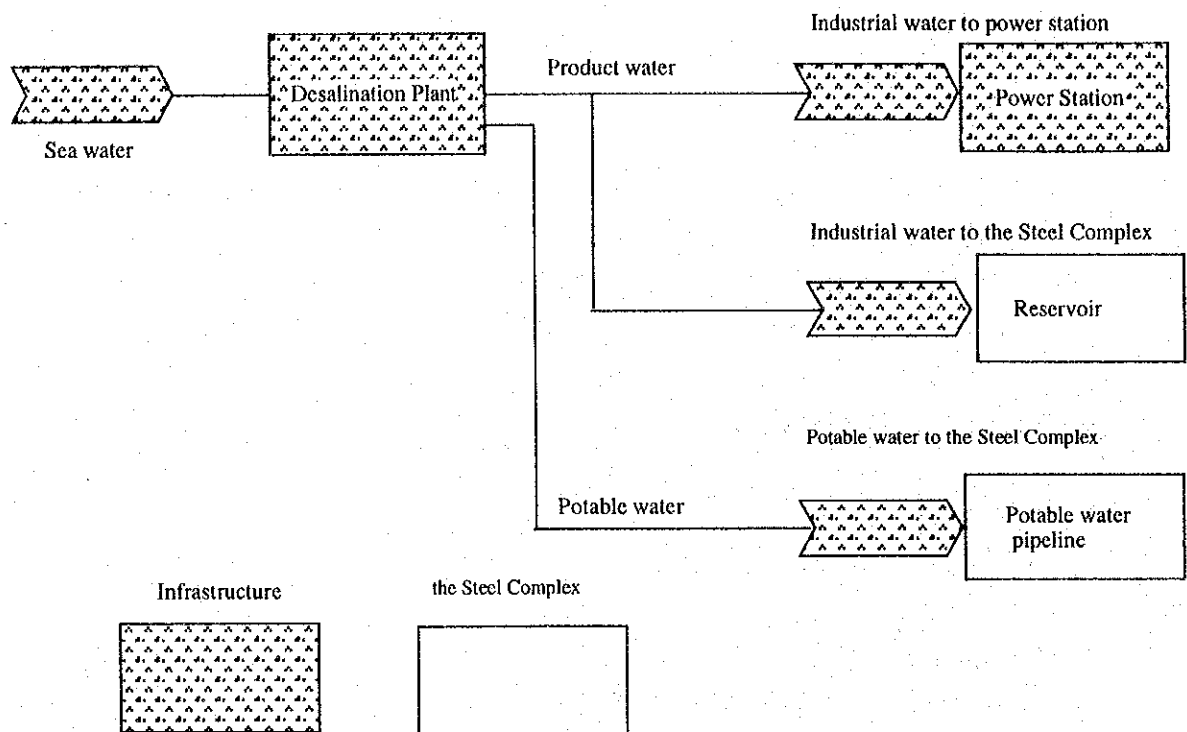
-飲料水の連絡配管-1式

（造水プラントを設置する場合は飲料水は造水プラントから供給できるので、連絡配管は不要である）

2) 分担の明確化

製鉄所建設に必要とされる設備のうちインフラとしてこの章で述べるもう 1 つは、製鉄所独自に準備するものである。

例えば、大プロジェクトに余剰水が有る場合に、造水プラントは製鉄所で作る必要がなくなる。従いインフラの準備状況によって要・不要の影響を受ける設備はインフラとしてこの章に含める。次図に分担区分を示す。



8-4-3 造水プラントの概念設計

ソハールに設置される造水プラントの仕様は次のとおり。

1) 造水プラントの仕様

(a) 設計基準

-原料海水

温度条件：30℃

最高許容温度：35℃

その他：Table 8-4-3の海水分析値による。

Table 8-4-3 Sea Water Analysis in Sohar

| Item | Unit | Value |
|-----------------------------|------------------|--------|
| Turbidity | NTU | <1.0 |
| Conductivity of sea water | $\mu\text{S/cm}$ | 54,100 |
| Total dissolved solid (TDS) | mg/l | 40,500 |
| pH | | 8.1 |
| Chloride ion | mg/l | 20,500 |
| Calcium ion | mg/l | 400 |
| Magnesium ion | mg/l | 1,430 |

Source: Water sample was collected from seashore of Sohar proposed port and was analyzed in Japan on July 15 1998.

-製造水の水質

製造水の水質はオマーン国の水道水質基準(OS8/1978)を満たすこと。
さらに製鉄所の工業用水として下記の条件を満たすこと。

TDS : < 110 ppm as CaCO_3

全硬度 : < 20 ppm as CaCO_3

塩素イオン濃度 : < 50 mg/l as CaCO_3

-造水容量

日量 : 5,000 m^3

(b) 造水プラントのタイプ

R-O (Reverse Osmosis, 逆浸透圧式) と MSF (Multi Stage Flush, 多段フラッシュ式) の造水プラントが世界の稼働の主流を占めている、Table 8-4-4 にその稼働状況を示す。

R-O タイプが Table 8-4-5 より選定された。

Table 8-4-4 Desalting Plants Inventory Report

| No. | Country | Location | Capacity m ³ /d | Unit | Process | Equip. | Feature | Customer | Water | User | Cn Year | Op Year | Manufacturer | Membrane |
|-----|------------------|-----------------|-------------------------------|------|---------|--------|---------|------------------|-------|-------|------------|------------|-----------------|------------------|
| 1 | Arab Emirat. UAE | Dalma | 4,500 | 1 | VC | HTE | TVC | WED | SEA | MUNI | 94 | 96 | SIDEM F | |
| 2 | Arab Emirat. UAE | Jebel Dhanna | 18,180 | 2 | VC | HTE | TVC | WED | SEA | MUNI | 94 | 96 | SIDEM F | |
| 3 | Arab Emirat. UAE | Sharjah-Layyah | 22,700 | 1 | MSF | PROJ | | WED | SEA | MUNI | 94 | 95 | ANSALDO I | |
| 4 | Austria A | Vienna | 10,560 | 2 | RO | SWM | | OMV | BLACK | INDU | 95 | 96 | AE&E A | HYDRANAUTICS USA |
| 5 | Chile RCH | | 5,040 | 1 | RO | SWM | | | BLACK | INDU | 94 | 94 | HYDROPRO USA | HYDRANAUTICS USA |
| 6 | Great Britain GB | Livingston | 7,300 | 1 | RO | SWM | | | WASTE | INDU | 95 | 96 | KURITA J | HYDRANAUTICS USA |
| 7 | India IND | | 5,760 | 1 | RO | SWM | | Gujarat Electric | SEA | POWER | 94 | 96 | IONEXCHANGE IND | HYDRANAUTICS USA |
| 8 | India IND | Gujarat | 5,500 | 1 | ME | HTE | HST | SANGHI | SEA | INDU | 95 | 96 | IDE IL | |
| 9 | India IND | Viskhopainam | 4,800 | 1 | RO | SWM | | BIRLA PERICLASE | RIVER | INDU | 95 | 95 | NUCHEM WEIR IND | FILMTEC USA |
| 10 | Indonesia RI | Java | 6,300 | 1 | MSF | FLASH | FC | AMOCA | SEA | INDU | 95 | 96 | AQUA CHEM USA | |
| 11 | Iran IR | Tabriz | 24,000 | 4 | RO | SWM | | TPC | RIVER | INDU | 94 | 96 | DEGRAMONT F | |
| 12 | Israel IL | Eilat-Sabha | 8,000 | 1 | RO | SWM | ER | MEKOROTH | SEA | MUNI | 95 | 97 | PREUSSAGNOELL D | HYDRANAUTICS USA |
| 13 | Israel IL | Eilat-Sabha-B | 10,000 | 1 | RO | SWM | | MEKOROTH | BLACK | MUNI | 95 | 95 | MEKOROTH IL | HYDRANAUTICS USA |
| 14 | Italy I | Milan | 11,734 | 2 | RO | SWM | | Milan Water | BLACK | MUNI | 95 | 97 | IONICS USA | |
| 15 | Japan J | Mie | 4,080 | 1 | RO | SWM | | | PURE | INDU | 95 | 95 | KURITA J | KURITA J |
| 16 | Japan J | Okinawa | 15,000 | 3 | RO | SWM | | Ken Kigyokyo | SEA | MUNI | 95 | 96 | KURITA J | NITTO/TORAY J |
| 17 | Japan J | Okinawa | 10,000 | 2 | RO | SWM | | Ken Kigyokyo | SEA | MUNI | 94 | 95 | KURITA J | TORAY J |
| 18 | Japan J | Shiga | 4,800 | 1 | RO | SWM | | | WASTE | INDU | 94 | 94 | KURITA J | KURITA J |
| 19 | Korea SKO | Daesan | 15,600 | 1 | RO | SWM | | Hyundai Oil | BLACK | INDU | 95 | 95 | TORAY ENG J | TORAY J |
| 20 | Korea SKO | Songtan | 5,000 | 1 | ED | FM | EDR | | BLACK | INDU | 95 | 95 | IONICS USA | |
| 21 | Kuwait KT | AZ Zour South | 109,104 | 4 | MSF | FLASH | | MEW | SEA | MUNI | 94 | 96 | MHI/SASAKURA J | |
| 22 | Libya LAR | Derna | 4,700 | 1 | VC | HTE | TVC | | SEA | INDU | 94 | 96 | SIDEM F | |
| 23 | Neth. Antil. NA | Curacao | 12,000 | 1 | VC | HTE | TVC | | SEA | INDU | 94 | 96 | SIDEM F | |
| 24 | Oman OMA | Ghubrah 5 | 27,240 | 1 | MSF | FLASH | HST | MED | SEA | MUNI | 94 | 96 | HITACHI ZUSEN J | |
| 25 | Saudi Arabia SA | | 7,500 | 1 | RO | HFM | | | SEA | MIL | 94 | 95 | METTO SA | DUPONT USA |
| 26 | Saudi Arabia SA | Hail | 105,980 | 10 | RO | SWM | | MOAW | BLACK | MUNI | 95 | 96 | EMCO USA | SIDMAS SA |
| 27 | Saudi Arabia SA | Hareeg | 5,000 | 1 | RO | HFM | | | BLACK | TOUR | 94 | 95 | METTO SA | DUPONT USA |
| 28 | Singapore SGP | Singapore | 4,080 | 1 | ED | FM | | | WASTE | INDU | 94 | 95 | IONICS USA | |
| 29 | Singapore SGP | Singapore | 7,000 | 1 | RO | SWM | | | WASTE | INDU | 95 | 96 | KURITA J | KURITA J |
| 30 | Spain E | Adeje | 10,000 | 2 | RO | SWM | ER | MOPTMA | SEA | MUNI | 94 | 96 | SPA E | FILMTEC USA |
| 31 | Spain E | Almanzora | 20,000 | 2 | RO | HFM | ER | Municipality | SEA | MUNI | 94 | 95 | CADAGUA E | DUPONT USA |
| 32 | Spain E | Almeria | 9,500 | 2 | RO | SWM | ER | ROQUETAS | WASTE | IRR | 95 | 97 | PRIDESAP/PASA E | |
| 33 | Spain E | BI Mallorca | 30,000 | 6 | RO | SWM | | EMAYA | BLACK | MUNI | 94 | 95 | DEGREMONT E | FILMTEC USA |
| 34 | Spain E | CI Gran Canaria | 4,000 | 1 | RO | SWM | | | SEA | MUNI | 95 | 96 | IONICS USA | |
| 35 | Taiwan RC | Kaohsiung | 4,196 | 1 | ED | FM | EDR | | WASTE | INDU | 95 | 95 | IONICS USA | |
| 36 | USA | AZ | 4,550 | 1 | ED | FM | EDR | | RIVER | MUNI | 94 | 95 | IONICS USA | |
| 37 | USA | CA Tustin | 7,570 | 1 | RO | MTU | | Municipality | BLACK | MUNI | 95 | 96 | EMOCO USA | |
| 38 | USA | FL Jupiter | 22,710 | 4 | RO | SWM | | City | BLACK | MUNI | 95 | 96 | HYDROPRO USA | |

Table 8-4-4 Desalting Plants Inventory Report

| No. | Country | Location | Capacity m ³ /d | Unit/Process | Equip. | Feature | Customer | Water | User | Cn Year | Op Year | Manufacturer | Membrane |
|-----|---------|------------------|-------------------------------|--------------|--------|---------|---------------|-------|------|------------|------------|--------------|------------------|
| 39 | USA | FL Martin County | 5,678 | 1 MS | PROJ | | County | BLACK | MUNI | 95 | 96 | WET USA | TRISEP USA |
| 40 | USA | FL Palm Beach | 30,280 | 4 RO | MTU | | County | BLACK | MUNI | 95 | 97 | EMOCO USA | |
| 41 | USA | FL Wellington | 6,813 | 1 RO | SWM | | ACME District | BLACK | MUNI | 95 | 96 | HYDROPRO USA | FLUIDSYSTEMS USA |
| 42 | USA | ID | 5,450 | 1 RO | OTHER | | | PURE | INDU | 95 | 95 | IONICS USA | |
| 43 | USA | TX | 5,680 | 1 ED | FM | EDR | | RIVER | MUNI | 95 | 96 | IONICS USA | |
| 44 | USA | TX Dallas | 4,500 | 1 RO | SWM | | | WASTE | INDU | 95 | 96 | KURITA J | KURITA J |
| 45 | USA | TX Engine | 14,800 | 1 RO | SWM | | | WASTE | INDU | 95 | 96 | KURITA J | KURITA J |
| 46 | USA | TX Ft. Stockton | 11,355 | 2 RO | SWM | | Pecos County | BLACK | MUNI | 95 | 96 | HYDROPRO USA | HYDRANAUTICS USA |
| 47 | USA | UT | 34,880 | 6 RO | OTHER | | | PURE | INDU | 95 | 96 | IONICS USA | |

EXPLANATION OF ABBREVIATIONS

-Process:
 ED: Electrodialysis; FREEZ: Freezing; HYBRI: Hybrid process; ME: Multieffect evaporation; MS: Membrane softening; MSF: Multistage flash; OTHER: All other processes; RO: Reverse osmosis; VP: Vapor compression (mechanical and thermal)

-Equip.: The main equipment applied.
 FLASH: Flash evaporator; FM: Flat membrane; HEM: Hollow fiber membrane; HTE: Horizontal tube falling film evaporator; MTU: Membrane type unknown; OTHER: All other equipment; ST: Submerged tube evaporator; SW/FM: Dual membrane plant; SWM: Spiral wound membrane; TM: Tubular membrane; VPE: Vertical plate falling film evaporator; VTE: Vertical tube falling film evaporator.

-Features: The most important features of a desalination plant.
 COOL: Cooling; EDR: Reversal polarization in ED plants; ER: Energy recovery in RO plants; FB: Fluidized bed; FC: Forced circulation; HST: Horizontal stack; TVC: Thermal vapor compression.

-Customer:
 MEW: Ministry of Electricity & Water; MOD: Ministry of Defense; MOAW: Ministry of Agriculture & Water; MOH: Ministry of Housing.

-Water: The quality of the untreated water
 BLACK: Brackish water or inland water (TDS=3,000-20,000 mg/l); PURE: Pure water (TDS<500mg/l); RIVER: River water or other saline water of low concentration (TDS=500-3,000 mg/l); SEA: Sea water or concentrated sea water (TDS=20,000-50,000 mg/l); WASTE: Other raw water, i.e., Waste water.

-User:
 INDU: Fresh water used as industrial or process water (TDS<10 mg/l); IRR: Fresh water used for irrigation (TDS<1,000 mg/l); MIL: Fresh water used as drinking water for military facilities (TDS=10-1,000 mg/l); MUNI: Fresh water used as municipal drinking water (TDS: 10-1,000mg/l); POWER: Fresh water used as process water in power stations (TDS< 10 mg/l); TOUR: Fresh water used as drinking water for tourist facilities (TDS: 10-1,000 mg/l)

-Cn Year: The year in which the contract was signed.
-Op Year: The year in which the plant was commissioned.

Table 8-4-5 Evaluation in Comparison between MSF and R-O Process

| Item | MSF Process | R-O Process |
|---|--|--|
| 1. Reliability of operation and maintenance | High reliability is confirmed through the operation records | Past experience is few, some failures occurred; but reliability is significantly improving. |
| 2. Economics | Ghubrah No.5 unit (with power generation plant) | At same capacity plant as MSF (with power generation) |
| a) Construction cost | 49 M.R.O (127 M\$) | 36.1 M.R.O (93.7M\$) |
| b) Water production cost | 2.91 baiza/gallon | 1.96 baiza/gallon |
| 3. Delivery time | MSF only : 2.5 years Power plant : 3 years | R-O: about 2 years (independently) |
| 4. Operation record in the world | 68.4 % of large scale of plant in capacity. | 22.4 % of large scale of plant in capacity. |
| 5. Operation | Constraint tied up with power generation | Operation as free due to each independence of power generation and desalination plant |
| 6. Environmental | With same capacity as R-O, for product water and power output, fuel consumption is about 1.5 times R-O process and much CO ₂ effluents. | Advantage of fuel consumption saving to about 2/3 of MSF process, including CO ₂ effluence reduction. |

Source: JICA Report 1994 (Barka Power and Desalination Plant Project) and Item-4. Operation record in the world was updated by "Desalting Plants Inventory Report No. 14. 1996".

(c) プラント仕様

造水プラント（日量：5,000m³）の主要設備を Table 8-4-6 に示す。

Table 8-4-6 Main Specification of Desalination Plant

| No. | Equipment | Q'ty | Specification |
|--------|--|------|--|
| IW-001 | Pressure filter Including: backwashing system | 5 | Filter media: sand Capa: 240 m ³ /h, |
| IW-002 | Back Wash Pump | 2 | Type: Centrifugal Capa: 300 m ³ /h |
| IW-003 | Filtrate Water Basin | 1 | Type: Rectangular/RC Capa: 360 m ³ |
| IW-004 | RO Supply Pump | 4 | Type: Centrifugal Capa: 240 m ³ /h |
| IW-005 | Cartridge Filter | 5 | Type: FRP |
| IW-006 | 1st Stage RO Unit | 3 | Type: Spiral Wound RO Membrane |
| IW-007 | High Pressure Pump with Pressure Recovery Turbine | 3 | Type: Turbine Capa: 70 m ³ /h, 600 m head |
| IW-008 | 1st Stage Treated Water Tank | 1 | Type: Rectangular/RC Capa: 360 m ³ |
| IW-009 | 2nd Stage RO Unit | 3 | Type: Spiral Wound RO Membrane |
| IW-010 | RO Supply Pump | 4 | Type: Centrifugal Capa: 85 m ³ /h, 30 m head |
| IW-011 | 2nd Stage Treated Water Tank | 1 | Type: Rectangular /RC Capa: 360 m ³ |
| IW-012 | Chemical Dosing System Including: 1-pH Control Unit 1-Chemical Cleaning Unit 1-Chlorination Unit | 1 | |
| IW-013 | Potable Water Tank | 1 | Type: Rectangular/RC Capa: 500 m ³ |
| IW-014 | Potable Water Supply Pump | 2 | Type: Centrifugal Capa: 30 m ³ /h, 35 m head |

(d) プロセスの概要

プロセスフローを Figure 8-4-1 に示す。

R-O 造水プラントは前処理部、R-O 部および後処理部の 3 つのパートに分けられる。

-前処理部

原料海水は圧力式濾過器を通過して浮遊物質はここで除去される。濾過器はアンフラサイトと砂の 2 層からなり定期的に逆流洗浄を行うことにより機能を再生される。

濾過された海水は次に膜の詰まりの原因となる残りの小さな粒子を取るカートリッジフィルターを通過する。

-R-O 部

原料海水はポンプで約 60kg/cm^2 まで昇圧され R-O モジュールユニットを通過、ここでは約 35%の水が膜を浸透して通過する。

残りの 65%の濃縮海水はエネルギー回収タービンによりエネルギーを回収したのち排出される。

膜を通過した水の TDS は $600\sim 1,000\text{ mg/l}$ でオマーンの水道基準を満たしている。更にこの水を製鉄所の要求水質に合わすべく、ポンプで再昇圧し 2 段目の R-O モジュールユニットを通過させる。

製造水の水質は TDS で 110mg/l 以下が得られる。

-後処理部

製造水は工業用として製鉄所および発電所にポンプで送水される。

また製造水は飲料水槽に蓄えられて味付け、殺菌等を行った後、飲料水として製鉄所や発電所に送水される。

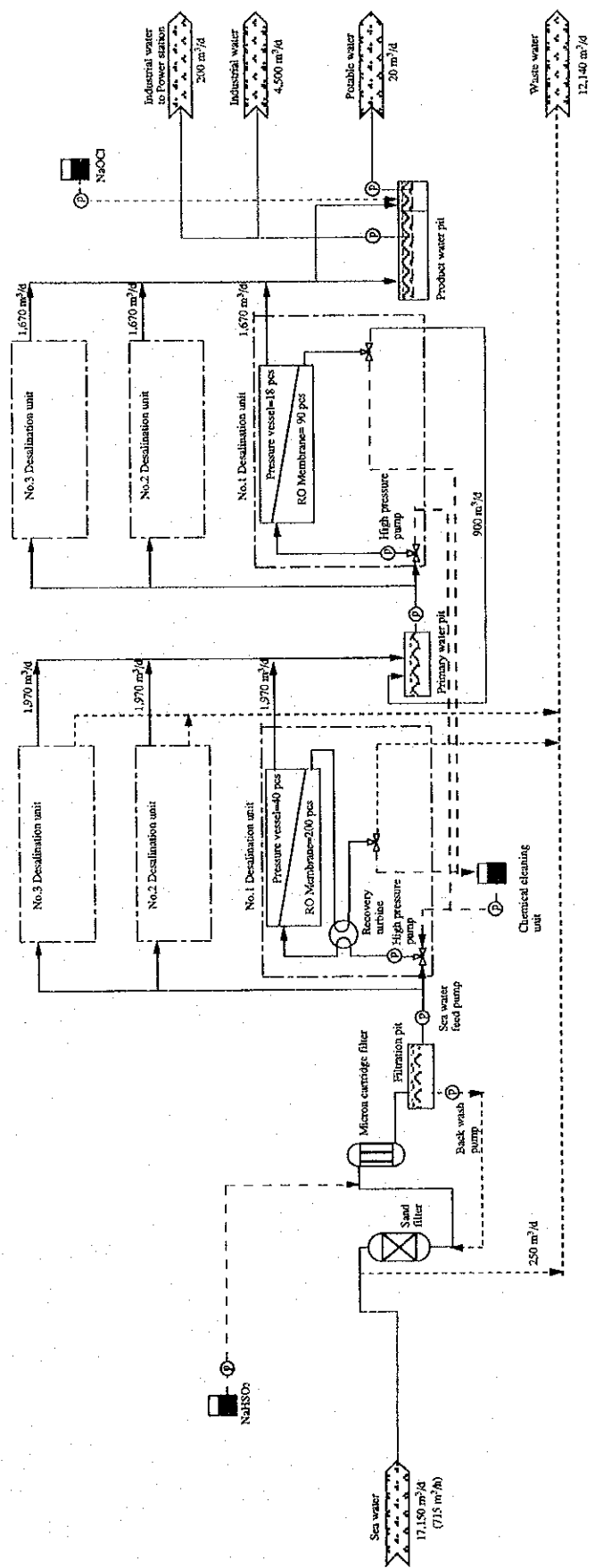


Figure 8-4-1 Flow Sheet of Desalination Plant

8-5 天然ガス供給

8-5-1 製鉄所で必要とされる天然ガス

直接還元製鉄所および発電所に必要な天然ガスは Table 8-5-1 に示す。

Table 8-5-1 Required Quantity and Quality of Natural Gas for Steel Complex

| | Steel complex | Power station for Steel Complex |
|-----------------------------|---|--|
| Supply capacity | Max. 66,000 Nm ³ /h Av. 54,000 Nm ³ /h 396,000,000 Nm ³ /year 14,700,000 MMBTU/year | Max. 50,000 Nm ³ /h Av. 45,000 Nm ³ /h 265,000,000 Nm ³ /year 9,800,000 MMBTU/year |
| Service | Feed to DR plant (Direct Reduction plant) for reducing gas Fuel gas for furnaces | Fuel gas for gas turbine and/or steam boiler |
| Supply pressure and quality | 4.0±0.1 kg/cm ² G C5+ (Heavy hydrocarbon) <0.1 (mol%) Sulfur (as H ₂ S): < 5 ~ 10 ppm | 27 ~ 30 kg/cm ² G |

8-5-2 ソハール地域における天然ガスの概念設計

1) 新パイプラインプロジェクト

新しいパイプライン（ファフードからソハールまで）これはこの地域の長期にわたる家庭や工業用の需要予測を満たすものとして提案された。

ファフードからソハールまでの配管距離は 300 キロメートルである。

管径 32 インチの基本設計は既に完了しており、このラインは西暦 2001 年の夏までに完了するよう計画されている。

2) 天然ガスの品質

PDO から受領したサイ・ニハイダにおけるガスの分析値を Table 8-5-2 に示す。

この表によると重炭化水素の含有量は製鉄所の要求値よりもかなり高い値となっている。

重炭化水素の除去方法としては JT 弁法、膨張タービン法および PS 法等がある。

3) 天然ガス供給システムの概念設計

天然ガスはここソハール地区では、製鉄所だけでなくたくさんのプロジェクトに使用される予定である。

天然ガス供給システムの概念設計はオマーン政府により全ての関連するプロジェクトの要求に沿った設計とする予定である。製鉄所独自の概念設計は不要とのことなので、ここでは実施しない。

Table 8-5-2 Natural Gas Supply Quality in Saih Nihayda

| Composition in mol% | Present | 2020 (Expected) |
|---------------------------|---------|--------------------|
| N ₂ | 4.42 | 2.85 |
| CO ₂ | 0.49 | 2.7 |
| C ₁ | 85.49 | 89.05 |
| C ₂ | 5.38 | 3.22 |
| C ₃ | 2.63 | 1.13 |
| i-C ₃ | 0.52 | 0.35 |
| n-C ₄ | 0.68 | 0.32 |
| i-C ₅ | 0.15 | 0.13 |
| n-C ₅ | 0.13 | 0.11 |
| C ₆ | 0.06 | 0.14 |
| Water(ppm) | - | - |
| H ₂ S (ppm) | <5 | <5 |
| Organic sulfur (ppm) | - | - |
| Mol. Weight | 18.9 | 18.38 |
| LHV (MJ/Sm ³) | 36.4 | 36.7 |

Source: PDO, the above data are preliminary and subject to change

8-6 インフラストラクチャの実施計画

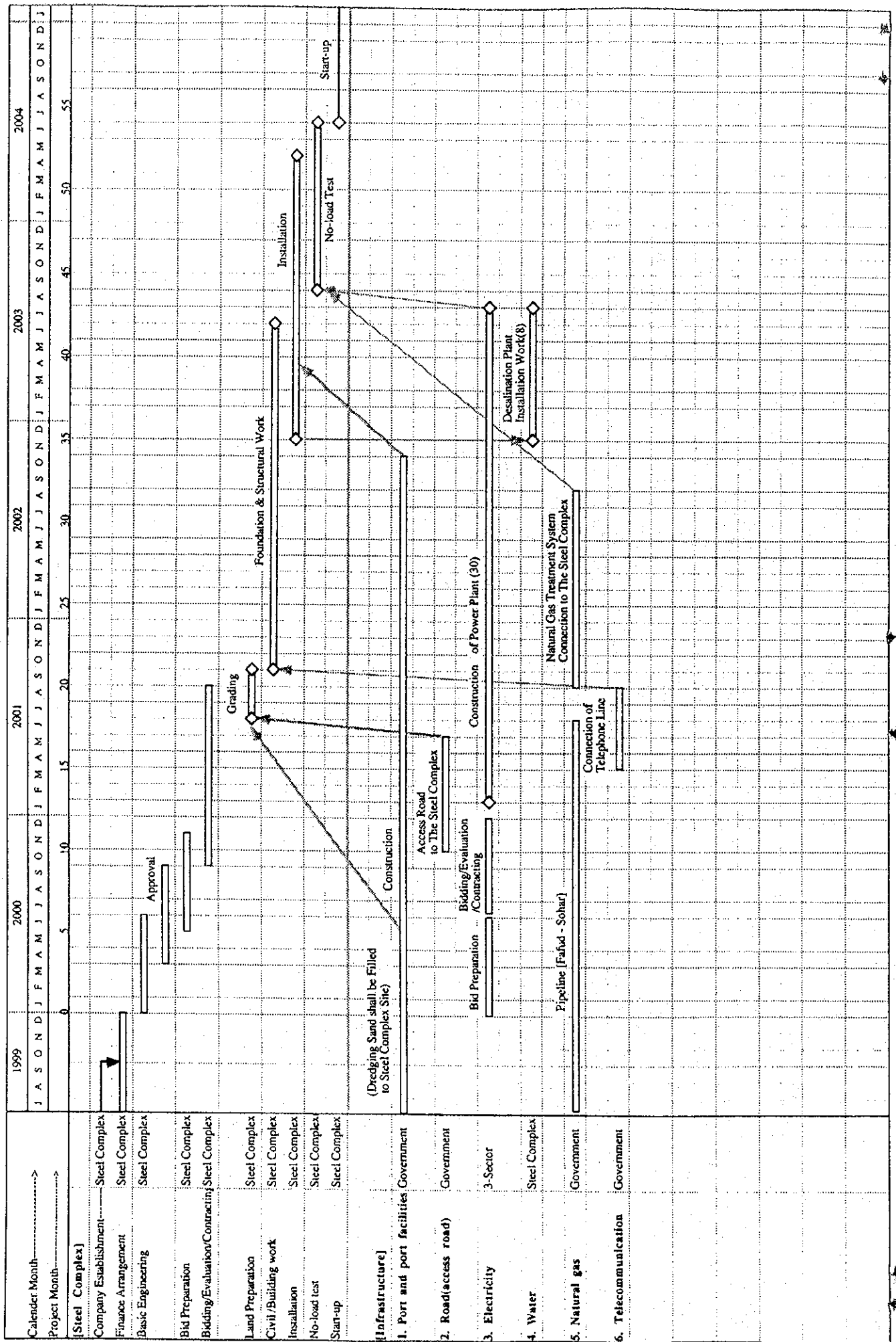
インフラストラクチャの実施計画には港および港湾施設、道路、電力、電話、水および天然ガス等が含まれており Figure 8-6-1 に概要をとりまとめた。

クリティカルパスは発電プラントになりそうで、電力は製鉄所が無負荷テスト (No-load Test)開始以前に必要である。(プロジェクト月で44ヶ月)

200MW の発電所は建設期間として30ヶ月必要とする。

発電所プロジェクトは製鉄所プロジェクトと同時にスタートする必要がある。

Figure 8-6-1 Implementation Schedule for Infrastructure



第9章 製鉄所用地の現状

9-1 製鉄所予定地と自然条件

9-1-1 予定地

ソハールはオマーン湾に面して、マスカットの北西約 250km に位置しており、人口は約 100,000 人である。

ソハールは湾岸諸国とインド洋を結ぶ航路上にあり、新港が完成すれば北部オマーンの海上輸送の重要な拠点としての発展が期待される。

現在進行中の建設計画に依ればソハール新港は市の中心から約 20km のところで、製鉄所建設予定地は港湾区域内にあり面積は約 1,200,000m²(800m×1,500m)である。

9-1-2 自然条件

(1) 気象条件

1) 概要

一般に気象条件は、港のオペレーションに影響のある強風以外は、他の条件に比べ必ずしも重要な条件では無い。しかし、効率面、経済面から温和で安定した気候が望ましい。

2) 気温

北部オマーンは亜熱帯性気候に属している。ソハールでの月間最高気温は 27~47℃で月間最低気温は 10~27℃である。(Figure 9-1-1 参照)

3) 降雨

年間降雨量は Figure 9-1-2 のとおりである。一般に、オマーンは雨は少なく降り方も不規則である。しかし、時には大雨があり、ソハールでも日最大雨量 110.3mm, 月間最大雨量 235.3mm を記録している。

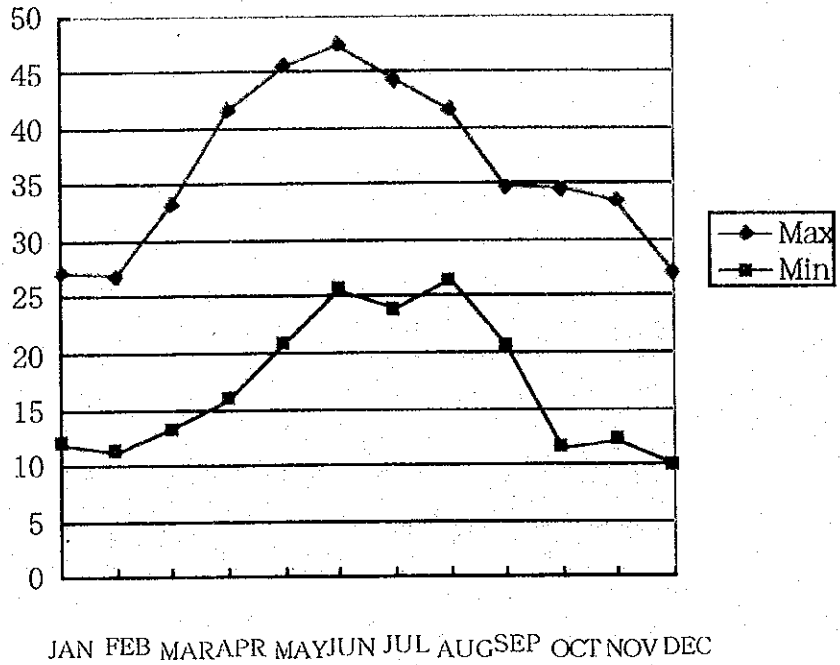


Figure 9-1-1 Temperature in Sohar
 (Source: Annual climatological summary by the Steering Committee)

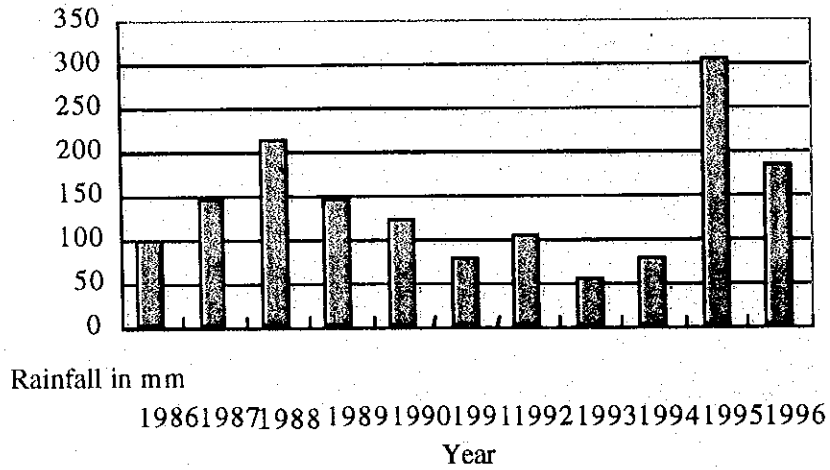


Figure 9-1-2 Total Annual Rainfall in Sohar
 (Source: Annual Climatological Summary by the Steering Committee)

4) 風

ソハールの3年間の風の記録をウインドローズとして Figure 9-1-3 に示す。
これによると風の主方向は冬は東、夏は西である。

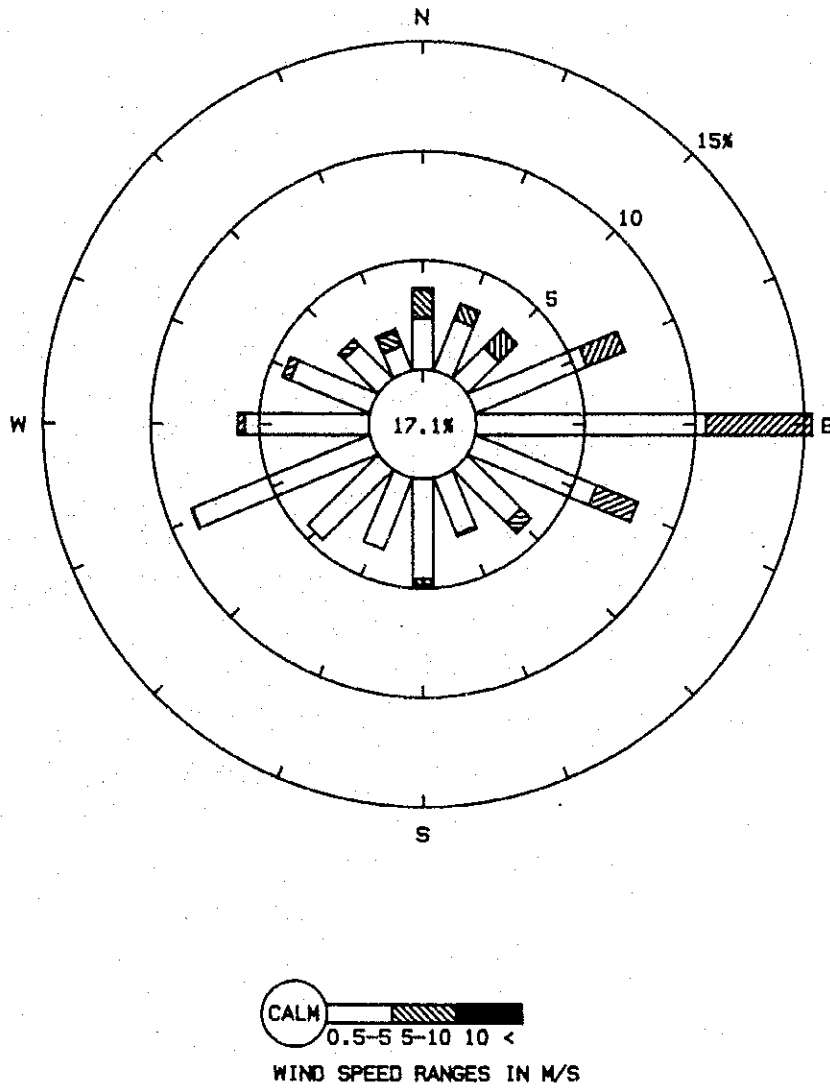


Figure 9-1-3 Wind Rose (source: JICA Report 1990)

(2) 地形

製鉄所用地は洪水高と潮位を勘案して水平に造成する必要がある。アクセス道路も含めた造成工事においては敷地毎の高さや傾斜も考えた敷地形状が重要である。

製鉄所予定地は現在の海岸線付近に位置している。海岸線の背後には巾 300m 程度で海岸線に平行に海面から 2~3mの高さになっている。その陸側は低くなっており現状の地盤高はほぼ海面の高さと同じ (0~1m) になっている。

製鉄所予定地の陸側半分ほどは地盤が非常に低い (海面から 0~1m) のので適当な高さまで嵩上げする必要がある。これに必要な土砂は港湾工事の浚渫土を使用する。

(3) 土質条件

建設予定地の土質条件は設備基礎、地下構造物、バースの設計と施工にとって最も重要な条件である。重量設備の基礎や架構を剛で安定なものを建設する為に、また大量の原料や製品を貯蔵、搬送するストックヤードの基盤として安定した固い砂層または砂礫層が望ましい。

Figure 9-1-4 に示すボーリング結果によれば、バース予定地は現海底面からは層厚 8~10m の中程度しまった砂層で、その下はN値 50 以上の厚さ 10m 程度の砂岩層になっている。上部の砂層は港の必要水深確保の為に浚渫されるので、製鉄所用の岸壁は十分な支持力のある砂岩層の上に建設される。

製鉄所予定地の表層はN値 10~30、層厚 10~12mの中砂になっておりその下は固い安定した泥岩と砂礫の互層になっている。表層のN値から判断するとこの層は製鉄所の設備基礎として十分な支持力を有している。しかしながら、この層の上に浚渫土を 3~4m 盛るので基礎形式は十分検討する必要がある。

また、MOCの地形測量図によれば製鉄所予定地の陸側の一部に“Sabkha”とよばれる軟弱な粘土があるので何らかの対策が必要だ。

Berth Area

Plant Area

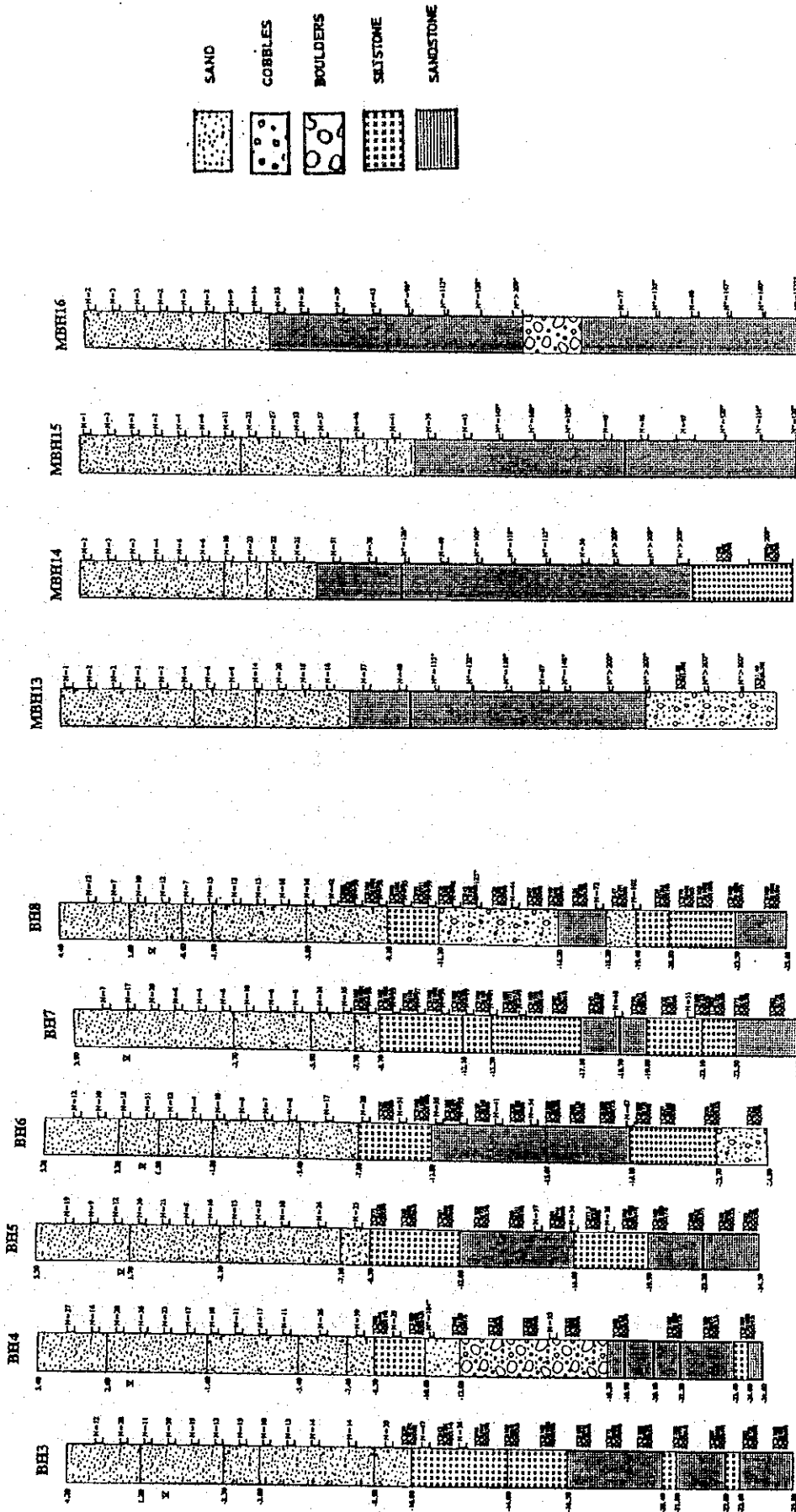


Figure 9-1-4 Boring Data in Sohar (Source: MOC)

(4) 海象条件

海象条件はバースの設計と施工にとって非常に重要な条件である。
ソハールの海象条件の概要を以下に示す。

1) 潮位

潮位観測が JICA に依り 1990 年に行われている。その結果を Figure 9-1-5 に示す。

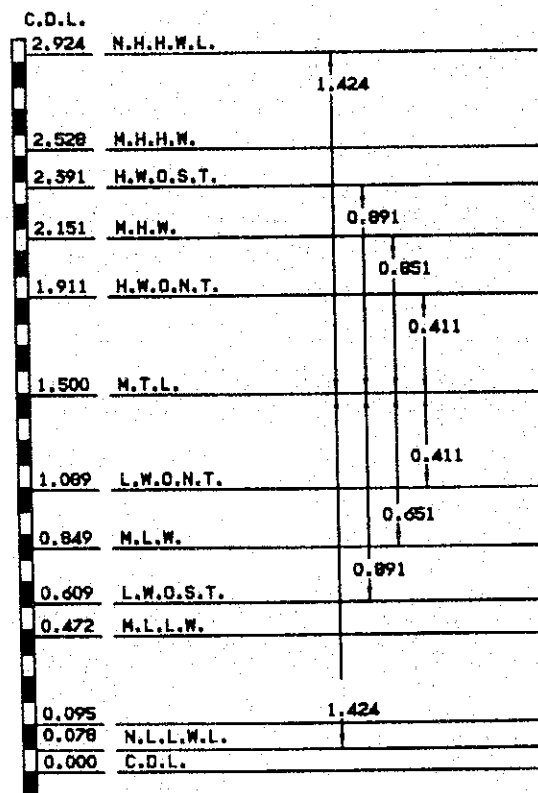


Figure 9-1-5 Tidal Level in Sohar (Source: JICA Report 1990)

2) 波浪

1990 に JICA により、マスカットでの波浪観測記録とソハール(マジス)での風の記録から波高と波向の出現頻度を推算している。これによれば波の主方向は北と東であり波高は 40cm 以下が支配的で、その出現頻度が 68%に達している。(Figure 9-1-6 参照)

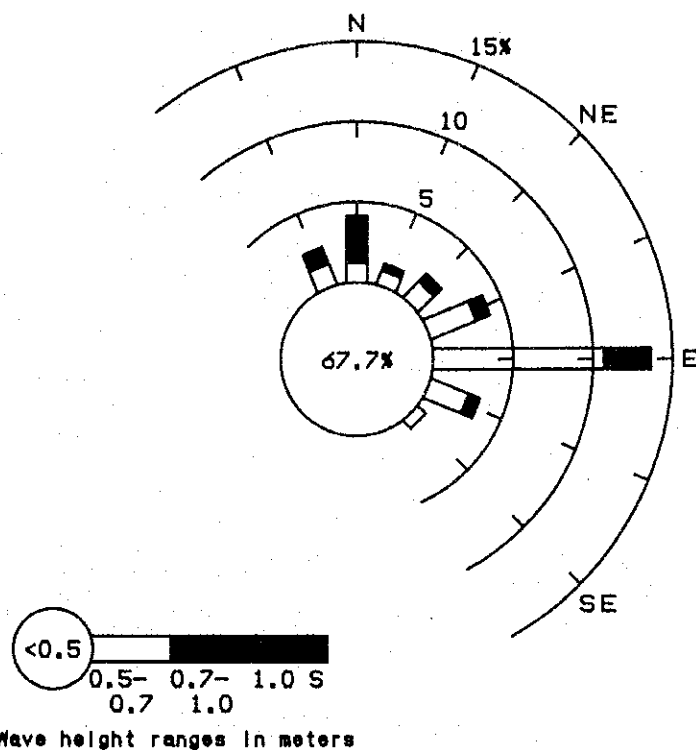


Figure 9-1-6 Wave Data in Sohar (Source: JICA Report 1990)

3) 潮流

潮流観測が 1990 年に JICA によってソハール(マジス)で行われている。JICA レポートによると海底面から 2m での流速は 0.1m/sec 以下で主方向は北西と南東である。

4) 漂砂

1990 年の JICA レポートによると、年間約 18,000m³ が北へ約 6,000m³ が南へ移動し、結果として約 12,000m³ が北へ移動するとしている。これからすれば漂砂量は非常に少ないので維持浚渫はあまり必要無い。

5) 地震

オマーンの北部地方は南部地方に比べ地震に対しやや危険な地域とされている。しかし一般に適用されている基準では設計に地震を考慮する事には言及しておらず、また大きな構造物の設計でも地震は考慮されていない。従って、設計に地震は考慮しない。

9-1-3 用地造成

製鉄所予定地の現状は、ほぼフラットで地盤高は DL+0~3m 程度である。

敷地の地盤高はソハール港の計画に合わせて DL+4.3m とする。この為 3m 程度の嵩上げが必要であるが、これに使用する材料は、政府が行う港湾工事の浚渫土を使用する。したがって、製鉄所としては整地工事のみを行う。

9-2 社会的条件

9-2-1 人的資源

1993年の国勢調査によるとオマーン国の全人口は2,018,074人で、Al Batinah Governorateの人口は564,677人、その内経済活動人口は148,307人であった。調査団はSohar Industrial EstateのDirectorからソハール市の人口は約100,000人であるとの情報を得た。国勢調査では当時の10歳から15歳までの少年の人口は約139,000人であることを示しており(educational attainment tableより)、単純計算でも5%(100,000/2,018,074)、約7,000人の少年がソハール市に居住していることになる。

これらの数字から製鉄所の技能労働者の採用については、要員数が最大でも1,200人であることから何ら問題ない。ソハール市の外から採用することも可能である。

9-2-2 住居

製鉄所の近くに社宅や独身寮を建設することは可能である、また程度の良い借家を必要数だけ見つけることも容易である、という回答が住宅省の配下にあるSohar Development Officeから得ている。彼らはソハール市は発展途上にあり製鉄所従業員用の住居問題に何も心配する必要はないとしている。

9-2-3 病院

ソハール市にはSohar HospitalとWadi Heebi Hospitalの二つの病院があり、481のベッド、115人の医師、350人の看護婦がいる。その外にWadi Aahin Health CenterとSohar Extended Health Centerの二つがあり、57人の医師と197人の看護婦でソハール市全般をカバーしている。

これらのことから製鉄所がその従業員数が1,200人になっても自分の病院を持つ必要はない。上記医療施設で充分に対応可能である。

9-2-4 学校

1997/1998の学校年度にソハール市で合計42の小、中、高の学校(公立38校、私立4校)があり、1,213人の先生のもとで27,801名の生徒が学んでいる。学校に関することは政府が適正に対処しており何ら特別な問題はない。

第 10 章 原料

10-1 概要

酸化鉄の直接還元プロセスと製鋼工場の電気炉法で必要とする原料としては、鉄鉱石（酸化ペレットおよび塊鉄石）やスクラップならびに副原料として石灰石、コークス、合金鉄、アルミ、蛍石等がある。一般的にフィージビリティスタディは原則としてその国で産出するか生産される原料に基づいてなされるのが普通である。しかしながら、本スタディではオマーンにて実施されている資源の調査と開発の現状を考慮して、原料をオマーン国内で調達されるものと輸入されるものとに分けて考える。

調査の結果、原料は供給ソースによって次の3分類に分けられる。

(1) 国内供給分

石灰石

(2) 国内と輸入の両方

スチールスクラップ

(3) 輸入分

- 1) 鉄鉱石（酸化ペレットおよび塊鉄石）
- 2) 電極
- 3) 耐火物
- 4) コークス（塊またはブリーズ）
- 5) フェロマンガ
- 6) フェロシリコン
- 7) アルミ
- 8) 蛍石

スクラップはオマーン国内でも国内産スクラップの入手は可能であるが、量的に製鉄所の需要をまかなうことはできないので輸入も必要である。

石灰石はオマーン国内で産出される。

年産 120 万トンの製鉄所に必要な原料の標準的な所要量を Table 10-1-1 に示す。

Table 10-1-1 Main Raw Materials for the Steel Complex

(Unit: tons/y)

| Raw Material | | Quantity | Remarks |
|------------------------|----------------|----------------------|---------------------------------------|
| Iron ore | Oxide pellets | 1,885,000 -1,320,000 | Maximum ratio of lump ore will be 30% |
| | Lump ore | 0 - 565,000 | |
| Steel scrap | | 98,900 | Purchased steel scrap |
| Limestone | | 100,800 | |
| Cokes (lump or breeze) | | 42,000 | |
| Ferro-alloy | Ferromanganese | 12,200 | |
| | Ferro-silicon | 5,300 | |
| Aluminum | | 120 | |
| Fluospar | | 120 | |

10-2 鉄鉱石

商工省サラール支庁の鉱業部で入手した地図"Potential Industrial Rock and Mineral Resources"によれば、オマーンにはその北部に下記の埋蔵量を有する鉄鉱石鉱床がある。

| <u>Deposit Name</u> | <u>Potential Reserves</u> | <u>Estimated Reserves</u> | <u>Indicated Uses</u> |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Ibra | 125,000,000 tons | 70,000,000 tons | Cement, Pigment |
| Hawshi | 30,000 tons | 3,000 tons | Pigment |
| Fanayt | 100,000 tons | 25,000 tons | Pigment |

Ibra 鉱床のみが埋蔵量が多いが、鉄分含有量が 48%程度と低いと言われており、この鉄鉱石は選鉱して品位を上げ且つ塊成化（ペレット化）しない限り直接還元用の供給原料としては適さない。製鉄向けに本鉱床を開発しようとする計画は今のところない。

高炉操業に適する（焼結以外の）フィードは一般的には直接還元プロセス用にも適している。しかしながら、低シリカ酸化ペレットや塊鉱石のような高炉用には適さないフィードも直接還元鉄工場では使用できるものがある。第 5 章で検討したごとく、本製鉄所では製鋼法としてガスによる直接還元(DR)-電気炉(EAF)法を採用する。DR-EAF の場合、EAF 製鋼工場の操業効率を高めるためにも、酸化鉄中の鉄分含有量は高ければ高いほど（スラグ成分は低ければ低いほど）好ましい。

10-2-1 DR プロセスの鉄鉱石性状

DR プロセスに適する鉄鉱石の品質上の要求値は一般的には次の通りである。

(1) 化学成分

鉄鉱石中の脈石成分は DR プロセスでは分離できないので、鉄鉱石の化学成分には特に厳しい条件が付くことは明白である。鉄鉱石の化学成分に関する主要要求項目は次の通り。

| | |
|--|--------------------------|
| Total Fe (iron): | 67% or more (preferably) |
| P (phosphorus): | 0.03% or less |
| S (sulfur): | 0.025% or less |
| (SiO ₂ + Al ₂ O ₃)/Fe x 100: | 5% or less |

脈石成分を多量に含む原料が EAF に供給された場合、多量のスラグが生産されることになり、このことが製鋼効率に悪影響を与え、電力消費原単位を増加させる結果となる。このような不都合を避けるために脈石成分の低い鉄鉱石が使用されねばならない。

ごく最近の DR/EAF 法の操業実績によれば、スラグ対鉄分比、あるいは $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{Fe} \times 100$ の値が 5% までは許容できると考えられている。

鋼の品質のためには P や S は有害であることは良く知られたことであるが、このように原料中のかかる成分の含有量にはある一定の制限値がある。

(2) 物理的性状

物理的性状に関する一般的主要な要求項目は次の通り。

1) 粒径:

酸化ペレット ; 9 mm - 16 mm, as main size fraction

塊鉄鉱石 ; 10 mm - 35 mm, as main size fraction

2) 冷間圧壊強度: 250 kg/pellet

10-2-2 供給元

世界中には上記の仕様を満足する鉄鉱石を供給できる場所は多々あるので、本フイービリティスタディにおいては、DR プラントで仕様される全ての鉄鉱石は、国際的に競争力のあるユニット価格ベースにて外国から調達され、DR プラントへ供給される前に製鉄所内で配合されるものとする。

世界の既存の大手鉄山やサプライヤーの DR 用鉄鉱石の中で、現在 DR プラントに供給されているものや試験室規模でテストされている鉄鉱石を Table 10-2-1 に示す。これらは既に DR への適合性については評価済みであり、DR プラントへの自由市場での入手可能性も問題はない。

Table 10-2-1 DR Grade Iron Ore of Major Existing Mines or Supplier

| Country | Brand or Supplier's Name | |
|---------|--------------------------|-------------------------|
| | Oxide Pellets | Lump Ore |
| Bahrain | GIIC | - |
| Brazil | CVRD Samarco | Ferteco MBR (Mutuca) |
| Chile | CMP | - |
| India | Kudremukh | - |
| Peru | Hierro Peru | - |
| Sweden | LKAB | - |

10-2-3 輸送

鉄鉱石のような重くてバラ積みの貨物を扱う場合に、輸送コスト（運賃）に影響を与える二つの主要因がある。

一つは大型バラ積み貨物のために、アンローダーを備えた大規模な受け入れ港があるかどうかということ。

鉄鉱石船に一般に要求される海水の干潮時の深さ（LTWD）は次の通り。

| Type of vessel | Capacity | LTWD |
|----------------|----------------------|-----------|
| a) Cape size | 125,000 ton and more | 16 - 20 m |
| b) Panamax | Less than 80,000 ton | 10 - 16 m |

もう一つの要因は受け入れ側の荷揚げ港の位置である。次の、または帰りの貨物の積み出し港が鉄鉱石の荷揚げ港に近いまたは同じ港にあるかどうか、あるいは継続しての貨物か帰りの貨物を扱うチャンスが多いかどうかによって、運賃は大きく左右される。

本スタディで採用する船型と運賃は Raysut 港の条件をもとにする。しかしながら、最適な船型と運賃については、鉄鉱石の購買契約が具体化する準備段階で詳細に検討されねばならない。

10-3 スクラップ

スクラップは、還元鉄—電気炉プロセスにおいて電気炉主原料の一つであり、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では、年間約 15 万トンの消費となろう。品質としては銅、ニッケル、クロム、硫黄、燐などの不純元素や挟雑物の低いスクラップが要求される。

1993 年 8 月の商工省 (Ministry of Commerce and Industry) 向けの調査およびロイヤルオマーンポリスによる海外貿易統計として発行された輸出統計は次のように述べている。

「1980 年代終わりごろの PDO (Petroleum Development Oman) から発生したスクラップや 1980 年代の初めごろの建設余材、廃車スクラップなど相当の量が回収され輸出されている。

その当時は、スクラップの正確なストック量ないしは発生を示す統計資料はないが、ある業者では 1987 年 3 月から 1988 年 6 月の間に 3 万トンのスクラップを扱っているものの、1988 年 7 月から 1990 年 5 月の間ではわずか 5,000 トンであった。また、オマーンのスクラップ解体業者である SPECO (Scrap Processing & Earthmoving Co. LLC.) の扱ひ量は 1993 年には月当たり 300 - 500 トンであった。

すなわち、PDO からのスクラップ発生は 1980 年の終わりには完全になくなったといえよう。これは PDO に限らずオマーン全体に及ぶことである。」

Table 10-3-1 にスクラップの輸出量を、Table 10-3-2 に輸出先を示す。

上記調査ではオマーンのスクラップは 1980 年の終わりにはすべて一掃されたとし、発生はほとんどないとしているが、Table 10-3-1 によると年間約 4 - 6 万トンのスクラップが輸出されている。これらを輸出しないとすれば、その大部分を本製鉄所に使用できることになる。

調査団は第一次現地調査で、年間 13 - 15 万トンの輸入鋼材があり、ソハール市のシャルク・ソハール圧延工場 (Sharq Sohar Steel Rolling Mills LLC.) が年間 7 万トンの鉄筋棒鋼を生産している事が分かった。鋼材を加工するとき通常 5%の加工屑が発生するのでこれらの鋼材から約 1 万トンのスクラップが発生することになろう。

さらに第二次現地調査で、現在輸出されている年間約 5 万トンのスクラップは本製鉄所に使用できるであろうという情報を得た。

年間 5 万トンの国内スクラップが使用可能ではあるが、本製鉄所に必要な 15 万トン

には十分でなく、年間 5 万トンのスクラップを輸入することになろう。残りの年間 5 万トンのスクラップは本製鉄所内で発生するスクラップで賄うことになる。この自家発生屑 (2 万 1,700 トンプラス 2 万 6,400 トン) は Figure 5-3-1 に示す。

Table 10-3-1 Steel Scrap Exports

| | Ton | RO. | RO./ton |
|------|--------|-----------|---------|
| 1987 | 37,625 | 1,325,924 | 35.24 |
| 1988 | 42,051 | 1,335,138 | 31.75 |
| 1989 | 52,403 | 1,592,022 | 30.30 |
| 1990 | 63,201 | 2,088,933 | 33.05 |
| 1991 | 48,254 | 1,610,828 | 33.38 |
| 1992 | 40,005 | 1,390,374 | 34.76 |
| 1993 | 55,237 | 1,663,486 | 30.12 |
| 1994 | 54,855 | 1,871,398 | 34.12 |
| 1995 | 62,946 | 2,229,003 | 35.41 |

Source : MOCI

Note : Above figures from year 1987 to 1990 are based on "Foreign Trade Statistics 1990, Directorate General of Customs" and others "FOREIGN TRADE STATISTICS 1995".

Table 10-3-2 Steel Scrap Exports Destinations in 1995

| | Ton | RO. | RO./ton |
|----------|------------|-----------|---------|
| INDIA | 4,272.000 | 132,501 | 31.02 |
| LEBANON | 20.190 | 1,690 | 83.70 |
| PAKISTAN | 8,528.550 | 380,758 | 44.65 |
| SYRIA | 48.020 | 1,890 | 39.36 |
| IRAN | 517.220 | 38,156 | 73.77 |
| N. YEMEN | 10.000 | 130 | 13.00 |
| QATAR | 5.000 | 1,740 | 348.00 |
| U. A. E. | 49,545.140 | 1,672,138 | 33.75 |

Source : MOCI

Note : Above figures are based on "FOREIGN TRADE STATISTICS 1995".

10-4 石灰および石灰石

10-4-1 石灰

石灰は、石灰石を焼成後、電気炉でスラグ生成のために使用するもので、その使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 5 万トンとなろう。製鋼用石灰は適度に硬く、次の化学組成が必要である。

- (1) CaO 含有量 : 最少 90%
- (2) SiO₂ 含有量 : 最大 4%
- (3) P 含有量 : 最大 0.04%
- (4) S 含有量 : 最大 0.03%
- (5) 焼き減り : 最大 3%

石灰焼成炉はオマーンにはない。

10-4-2 石灰石

オマーンでは製鋼用の石灰は調達できない。したがって、製鉄所の中か外に石灰焼成炉を建設する必要がある。製鉄所の中か外に建設するにしても、いずれにしろ石灰石の使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 10 万トンとなろう。製鋼用石灰石は、焼成後適度に硬さを保ち、次の化学組成が要求される。

- (1) CaO 含有量 : 最少 48%
- (2) SiO₂ 含有量 : 最大 2%
- (3) P₂O₅ 含有量 : 最大 0.1%
- (4) S 含有量 : 最大 0.1%

商工省鉱業局から得た資料では、オマーンのいたるところで石灰石は産出するという。

サララ (Salalah) 地区には、商工省サララ支庁鉱業局の資料および情報によると、有力な石灰石の鉱床が 2 箇所あり、調査団は第一次現地調査のときにそこを訪問した。チタム (Titam) とウユン (Uyun) である。この二つの鉱床はレイスト (Raysut) から 50 - 60 km の距離で緑地帯の向こう側に位置し、舗装道路から約 2 km 入ったところである。

Table 10-4-1 と Table 10-4-2 にチタムおよびウユン鉱床の石灰石の分析例を示す。埋蔵量はチタムで 5,000 万トン、ウユンで 1 億トン以上といわれている。Table 10-4-1

および Table 10-4-2 の分析値は、製鋼用としてしての化学成分の条件を満たしているようで、焼成後、塊状石灰になりうるような硬さを持っているように見える。

さらに、ラクープ鉱床 (Rakoob Limestone) であるが、商工省サララ支庁鉱業局の情報および文献 (*1) によると、レイスート北西 17 km の近いところにあり、石灰分の含有率が非常に高く採掘も容易で、実測 7,775 万トンの埋蔵量である。サンプル分析値を Table 10-4-3 に示すが、製鋼用に適しているようである。

このラクープは、残念ながら環境保護の緑地帯にあり、現在採掘が禁じられている。

しかし、商工省サララ支庁鉱業局のコメントとして、もしこの鉱床が本製鉄所に有用であれば、国王直属機関 (the high authorities) と関係省庁 (たとえば環境省) への開発願いをやる価値はあるということであった。

この三つの石灰石鉱床は製鋼用に適していると考えられるが、本プロジェクトの実施時点で、詳細な試験が必要である。

*1 Ministry of Petroleum and Minerals, Directorate General of Petroleum and Minerals,
Governorate of Dhofar

RAKOOB LIMESTONE AND PRECEDING RECONNAISSANCE

Field Work by H. A. Qidwai and Mohed Ishag Khalifa, Reported by Mohed Ishag Khalifa,
Department of Geological Survey and Exploration, Salalah, July 1996

ソハール (Sohar) 地区に関して、第一次および第二次の現地調査で商工省から得た情報および文献 (*2) によると、ワジ・ジジ石灰石 (Wadi Jizi limestone) については次の通りである。

- ソハールの西約 30 km のところである。
- 舗装道路からトラックで容易に到達できる。
- たいしたことではないが、険しい起伏によって開発には問題があるように見えるが、既に採掘中である。
- 埋蔵量は 50 万トン以上と推定されている。
- 石灰石は良質で、蛍光 x 線分析値を Table 10-4-4 に示す通りであるが、この石灰石を使用可能な資源として扱う場合には、掘削による系統立った試料採取による分析が必要であろうとしている。
- 商工省は、埋蔵量が少ないので本製鉄所には不向きとしている。

*2 Sultanate of Oman, Ministry of Petroleum and Minerals, Directorate General of Minerals

M.P.M. GEOLOGICAL DOCUMENTS - Industrial Rocks and Minerals Deposits in
the Sultanate of Oman -

J. F. Pasquet, Muscat 1995

第二次現地調査時に、商工省鉱業局より、ルワイダ (Ruwaydah)、ワジ・サライ (Wadi Salahi)、ターティアリ (Tertiary) の三つの石灰石鉱床の情報を得た。そして、調査団は、ワジ・ジジと共にルワイダとワジ・サライを訪問した。

ルワイダ石灰石は、商工省としては、 SiO_2 の含有量が高いと思われるので本製鉄所用には不向きだとしている。試料の分析例を Table 10-4-5 に示す。

ワジ・サライの石灰石は良質で、二、三百万トンの埋蔵量があり、既設の舗装道路から現地まで 3 km 以内の道路の建設は容易なので、商工省は本製鉄所用に適していると考えている。試料の分析例を Table 10-4-6 に示す。

この二つの鉱床はソハールから 50 - 60 km のところにある。

ターティアリ鉱床はイブリ (Ibri) 地区にあり、ソハールから 200 km 離れている。品質は良質であるが、既設の舗装道路につながっているとはいうもののソハールから遠い。商工省としてはこの石灰石の使用は経済性によるとしている。

いずれにしる、ソハール地区での石灰石入手は可能であるが、本プロジェクトの実施時点で、詳細な試験が必要である。

シャルキヤ (Sharqiya) 地区には、商工省から得た文献 (*3) によると、

- 二つの石灰石鉱床があり、一つはスール (Sur) の南側のサルミヤ (Salmiyah) 鉱床、もう一つはアル・アシュハララ (Al Ashkharah) 近くのエグゾティック (Exotic) 鉱床である。
- サルミヤの試料分析結果は、ほとんどが CaO 分が 54%以上で有望であった。埋蔵量は膨大なものである。石灰石は、商用試験を行うものとして、セメント製造ならびに充填材として適している。輸送コストの点からマスカットとスール向けとすべきである。
- エグゾティックの分析結果も有望で、工業分野での充填物用として大理石のブロックや小片として使用でき、シャルキヤ地区に石炭ベースの発電所が建設されると、これにも使用できるだろう。

*3 INDUSTRIAL ROCKS AND MINERALS SURVEY SHRQIYA AREA Directorate General of Minerals, Ministry of Petroleum & Minerals 1996

Table 10-4-1 Examples of Limestone Analysis (Titam Deposit)

Unit: %

| Sample No | CaCO ₃ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | MgO | MnO | Ct ₂ O ₃ | Ni | NaCl | SO ₄ | Moisture | Insoluble + SiO ₂ | L.O.I |
|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|--------|--------------------------------|--------|------|-----------------|----------|------------------------------|-------|
| MK96001 | 98.2 | 0.03 | 0.08 | 0.19 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.2 | 0.61 | 43.6 |
| MK96002 | 97.5 | 0.06 | 0.10 | 0.22 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.3 | 1.71 | 43.6 |
| MK96003 | 97.5 | 0.02 | 0.04 | 0.25 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.2 | 0.21 | 43.8 |
| MK96004 | 96.8 | 0.02 | 0.06 | 0.22 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.3 | 1.06 | 43.4 |
| MK96005 | 98.3 | 0.03 | 0.06 | 0.18 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.3 | 0.22 | 43.7 |
| MK96006 | 98.5 | 0.02 | 0.06 | 0.18 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.66 | 43.5 |
| MK96007 | 97.9 | 0.02 | 0.05 | 0.17 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.71 | 43.5 |
| MK96008 | 98.6 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.1 | 0.49 | 43.5 |
| MK96009 | 98.5 | 0.02 | 0.06 | 0.18 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.2 | 0.11 | 43.5 |
| MK96010 | 98.1 | 0.01 | 0.06 | 0.19 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.2 | 1.01 | 43.8 |
| MK96011 | 97.1 | 0.01 | 0.05 | 0.17 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.2 | 0.75 | 43.4 |
| MK96012 | 98.6 | 0.01 | 0.05 | 0.16 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.2 | 0.55 | 43.5 |
| MK96013 | 98.3 | 0.01 | 0.05 | 0.18 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.1 | 0.61 | 43.4 |
| MK96014 | 99.0 | 0.01 | 0.05 | 0.16 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.21 | 43.5 |
| MK96015 | 97.3 | 0.03 | 0.08 | 0.17 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.47 | 43.3 |
| MK96016 | 98.1 | 0.02 | 0.05 | 0.14 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.34 | 43.4 |
| MK96017 | 98.0 | 0.02 | 0.06 | 0.14 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.28 | 43.3 |
| MK96018 | 97.6 | 0.02 | 0.05 | 0.28 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.22 | 43.7 |
| MK96019 | 98.1 | 0.01 | 0.05 | 0.18 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.21 | 43.0 |

Source: Salahia Branch of MOCI (Minerals)

Table 10-4-2 Examples of Limestone Analysis (Uyun Deposit)

| Sample No. | CaCO ₃ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | MgO | MnO | Cr ₂ O ₃ | Ni | NaCl | SO ₄ | Moisture | Insoluble + SiO ₂ | L.O.I |
|------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|--------|--------------------------------|--------|------|-----------------|----------|------------------------------|-------|
| U-1 | 96.8 | 0.30 | 0.12 | 0.18 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.3 | 0.75 | 43.4 |
| U-2 | 98.0 | 0.09 | 0.07 | 0.13 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.41 | 43.7 |
| U-3 | 98.0 | 0.06 | 0.06 | 0.15 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | 0.2 | 0.34 | 43.8 |
| U-4 | 98.5 | 0.03 | 0.04 | 0.09 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.25 | 43.7 |
| U-5 | 98.3 | 0.04 | 0.05 | 0.17 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.46 | 43.8 |
| U-6 | 98.2 | 0.03 | 0.04 | 0.10 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.29 | 43.7 |
| U-7 | 98.5 | 0.03 | 0.05 | 0.10 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.15 | 43.8 |
| U-8 | 98.1 | 0.03 | 0.05 | 0.11 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.27 | 43.7 |
| U-9 | 98.5 | 0.03 | 0.25 | 0.13 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.1 | 0.24 | 43.8 |
| U-10 | 98.3 | 0.03 | 0.05 | 0.16 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.26 | 44.0 |
| U-11 | 98.2 | 0.04 | 0.04 | 0.09 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | 0.01 | <0.005 | 0.2 | 0.05 | 43.8 |

Unit: %

Source: Salahl Branch of MOCI (Minerals)

Table 10-4-3 Examples of Limestone Analysis (Rakoob Deposit)

| Sample No. | CaCO ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | MnO | Na ₂ O | K ₂ O | Moisture | Insoluble |
|------------|-------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------|------------------|----------|-----------|
| L1-1 | 98.1 | 0.027 | 0.112 | 0.003 | 0.023 | 0.004 | 0.4 | 0.71 |
| L1-2 | 99.5 | 0.015 | 0.128 | 0.003 | 0.022 | 0.004 | 0.2 | 0.18 |
| L1-3 | 99.9 | 0.032 | 0.113 | 0.003 | 0.025 | 0.005 | 0.2 | 0.52 |
| L1-4 | 97.6 | 0.062 | 0.259 | 0.008 | 0.030 | 0.009 | 0.3 | 0.81 |
| L1-5 | 98.9 | 0.070 | 0.234 | 0.006 | 0.025 | 0.009 | 0.2 | 0.52 |
| L1-6 | 99.2 | 0.020 | 0.187 | 0.004 | 0.029 | 0.004 | 0.3 | 0.29 |
| L1-7 | 98.9 | 0.018 | 0.197 | 0.004 | 0.022 | 0.004 | <0.1 | 0.25 |
| L1-8 | 98.7 | 0.041 | 0.191 | 0.007 | 0.024 | 0.005 | 0.3 | 0.34 |
| L1-9 | 97.2 | 0.093 | 0.224 | 0.007 | 0.027 | 0.010 | 0.2 | 0.64 |
| L1-10 | 99.3 | 0.034 | 0.186 | 0.006 | 0.027 | 0.005 | 0.3 | 0.30 |
| L1-11 | 99.3 | 0.042 | 0.219 | 0.004 | 0.025 | 0.009 | 0.2 | 0.29 |
| L1-12 | 99.0 | 0.036 | 0.184 | 0.004 | 0.020 | 0.007 | 0.3 | 0.46 |
| L1-13 | 99.6 | 0.030 | 0.170 | 0.003 | 0.027 | 0.005 | 0.3 | 0.40 |

Unit: %

Source: Salahla Branch of MOCI (Minerals)

Table 10-4-4 Examples of Limestone Analysis (Wadi Jizi Deposit)

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | Ti O ₂ | MnO | P ₂ O ₅ | L.O.I. |
|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------------------|------------------|-------------------|-------|-------------------------------|--------|
| | <0.50 | <0.20 | <0.05 | 55.50 | 0.50 | <0.20 | <0.05 | <0.05 | <0.02 | 0.06 | 43.40 |

Unit: %

Source: MOCI (Minerals)

Table 10-4-5 Examples of Limestone Analysis (Ruwaydah Deposit)

| | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 54.6 | 55.0 | 52.9 |
| Al ₂ O ₃ | 0.17 | 0.16 | 0.75 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.21 | 0.23 | 0.38 |
| CaO | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| MgO | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| Na ₂ O | 1.55 | 1.65 | 2.87 |
| K ₂ O | 43.07 | 42.94 | 42.15 |
| Ti O ₂ | 0.99 | 1.29 | 2.37 |
| MnO | <0.01 | <0.01 | 0.05 |
| P ₂ O ₅ | 0.04 | 0.06 | 0.05 |

Unit: %

Source: MOCI (Minerals)

Table 10-4-6 Examples of Limestone Analysis (Wadi Salah Deposit)

| Sample No | CaO | Fe ₂ O ₃ | MgO | MnO | K ₂ O | Na ₂ O | Insoluble + SiO ₂ | L.O.I | SiO ₂ | P ₂ O ₅ | S |
|-----------|------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|---------------------------------|-------|------------------|-------------------------------|------|
| 1 | 52.8 | 0.24 | 0.65 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 2.88 | 42.45 | 2.73 | 0.01 | 0.05 |
| 2 | 54.2 | 0.17 | 0.39 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 2.48 | 42.88 | 1.73 | 0.01 | 0.04 |
| 3 | 53.8 | 0.19 | 0.36 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 1.73 | 42.88 | 1.49 | 0.01 | 0.07 |
| 4 | 53.2 | 0.14 | 0.46 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 3.23 | 42.41 | 2.91 | <0.01 | 0.04 |
| 5 | 53.2 | 0.32 | 0.41 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 3.10 | 42.29 | 2.86 | 0.01 | 0.08 |
| 6 | 55.1 | 0.13 | 0.39 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.53 | 43.46 | 0.42 | <0.01 | 0.08 |
| 7 | 41.7 | 0.13 | 0.22 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 22.90 | 33.76 | 22.05 | <0.01 | 0.08 |

Unit: %

Source: MOCI (Minerals)

10-5 その他の副原料

10-5-1 フェロマンガン (Fe-Mn)

フェロマンガンは、電気炉で合金鉄添加材として使用されるもので、使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 1 万 2,200 トンとなろう。製鋼用フェロマンガンは、次の化学組成と粒度が必要である。

- (1) Mn 含有量 : 73 - 78%
- (2) C 含有量 : 最大 7%
- (3) Si 含有量 : 最大 3%
- (4) P 含有量 : 最大 0.4%
- (5) S 含有量 : 最大 0.02%
- (6) 粒度 : 塊状 25 - 60 mm

フェロマンガンは、現在オマーンでは製造されておらず、将来も製造設備の建設計画はない。したがって、輸入となる。

10-5-2 フェロシリコン (Fe-Si)

フェロシリコンは、電気炉で合金鉄添加材として使用されるもので、使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 5,300 トンとなろう。製鋼用フェロシリコンは、次の化学組成と粒度が必要である。

- (1) Si 含有量 : 75 - 80%
- (2) C 含有量 : 最大 0.2%
- (3) P 含有量 : 最大 0.05%
- (4) S 含有量 : 最大 0.02%
- (5) 粒度 : 塊状 25 - 60 mm

フェロシリコンは、現在オマーンでは製造されていない。準備段階として製造設備の建設計画がある。したがって、その製造設備が稼動するまでは輸入となる。

10-5-3 螢石 (CaF₂)

螢石は、電気炉の製鋼プロセス中に発生するスラグの粘性を改善するために、電気炉で使用されるもので、使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 120 トンとなろう。製鋼用螢石は、次の化学組成と粒度が必要である。

- (1) CaF₂含有量 : 最少 70%
- (2) SiO₂含有量 : 最大 20%
- (3) 粒度 : 塊状 10 - 50 mm

螢石は、現在オマーンでは製造されておらず、将来も製造設備の建設計画はない。したがって、輸入となる。

10-5-4 コークス

コークスは電気炉で、塊状で炭素源として、粉末状で炭粉吹き込み用として使用されるもので、炭粉吹き込みはフォーミースラグ（泡立ちスラグ）生成のための進んだ操業技術である。使用量は、鉄筋棒鋼年産120万トンの本製鉄所では年間約4万2,000トンとなろう。製鋼用コークスは、次の化学組成と粒度が必要である。

- (1) C含有量 : 最少 87%
- (2) S含有量 : 最大 1%
- (3) 揮発分および灰分 : 最大 7%
- (4) 粒度 : 塊状 10 - 50 mm、粉状 3 mm 以下

コークスは、現在オマーンでは製造されておらず、将来も製造設備の建設計画はない。したがって、輸入となる。

10-5-5 アルミニウム (Al)

アルミニウムは、電気炉で棒状で脱酸材として使用されるもので、使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 120 トンとなろう。製鋼用アルミニウムは、次の化学組成と粒度が必要である。

- (1) Al含有量 : 99.9%
- (2) 形状および重量 : 棒状、1 kg

アルミニウムは、現在オマーンでは製造されていない。アルミ製錬所の建設は現在検討されている。2001年までには生産に入る由。したがって、その製造設備が実際に稼動するまでは輸入となる。

10-5-6 黒鉛電極

黒鉛電極は、スクラップや還元鉄などの装入物に電気を通すために電気炉で使用さ

れるもので、使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 2 万 3,000 トンとなろう。

電極はいわゆる UHP（ウルトラハイパワー）仕様で、通常ヨーロッパ、アメリカ、日本で製造されている。

電極は、現在オマーンでは製造されておらず、将来も製造設備の建設計画はない。したがって、輸入となる。

10-5-7 耐火物

製鋼用耐火物は、高温使用で炉体、取鍋などに使用されている。たとえば、塩基性およびアルミシリカ煉瓦（炉壁や取鍋）、ラミング材（マグネシア質：炉床ライニング）、吹き付け材（マグネシア質：炉のスラグライン修理）、補修材（軽焼ドロマイト：炉のスラグライン修理）などである。使用量は、鉄筋棒鋼年産 120 万トンの本製鉄所では年間約 1 万 8,400 トンとなろう。製鋼用耐火物として高品質の製品が必要である。

耐火物は、現在オマーンでは製造されていない。商工省でマグネシアの製造について検討されたが進展しておらず、近い将来実施に移されることは期待できない。耐火物は輸入となろう。

第 11 章 実施計画

11-1 プロジェクトスケジュール

製鉄所の全体建設スケジュールを Figure 11-1-1 に示す。

製鉄所の運転開始日を 2004 年 7 月 1 日としてスケジュールを組んでみた。プロジェクトの基本エンジニアリング開始から製鉄所全体の運転開始日までの建設期間は 54 カ月としている。そして主要なプラントの建設の時期は CIF 契約から操業開始まで 36 カ月かかるとしている。他の補助的な設備も製鉄所全体の操業開始のために適切なタイミングで実施されるものとする。

建設期間中に、マネージメントによる手配と管理が次の 3 つの段階で必要とされよう。それぞれの段階での活動とイベントを以下に述べる。

11-1-1 準備段階

この段階では、フィージビリティ・スタディ、環境の影響査定 (EIA)、全体的な実行スケジュールのレビューのような仕事を含む基本的なエンジニアリングにおいて、マネージメントの組織化と運営上の計画は行われる。新しい製鉄所の建設が所有者と重要な関係機関によって決定されて、そして承認された時、プロジェクトの組織が確立され、契約上の方針が立てられることになる。

11-1-2 入札段階

プロジェクトはプロジェクト所有者と請負人の間との契約によって実行される。入札と契約書類の不適切な内容があったり、不適切な入札者資格や不適切な入札のやりかたがなされると次の契約の履行と運営に重大な損害を起こすことになる。

11-1-3 建設段階

建設の管理運営はプロセスとスケジュールの修正とか、一連の重要行事への対応とか、プロジェクトの管理とかを意味する。出来高払い、工事記録、クレームとチェンジオーダーのやりかたはすべての契約管理に共通である。

契約管理は契約書類を署名することから始まって、遂行時期を通じて継続し、そして契約関係の正式の終焉で終了する。

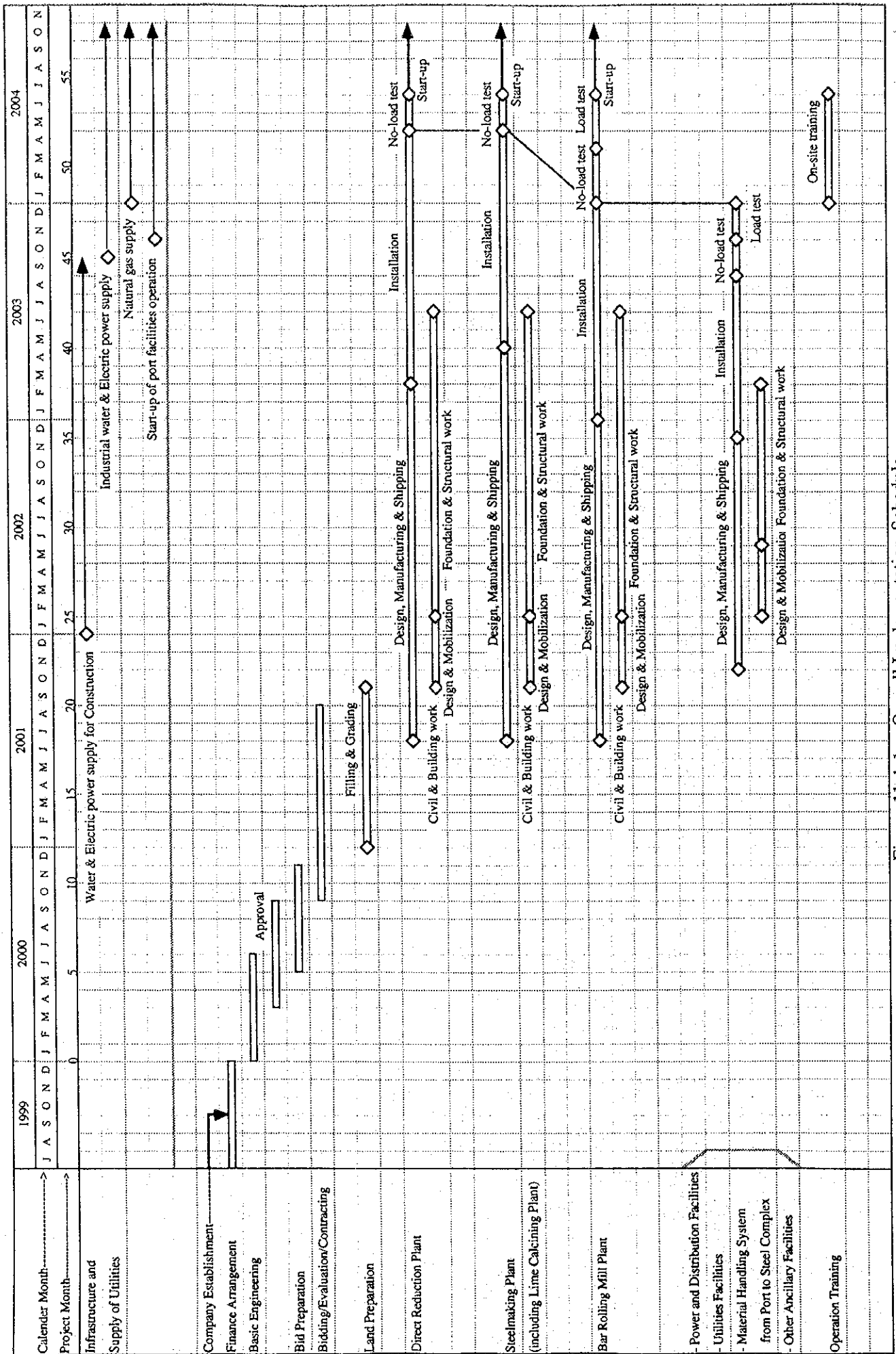


Figure 11-1-1 Overall Implementation Schedule

11-2 事業会社の設立

11-2-1 事業会社の役割と機能

製鉄所プロジェクトのフィージビリティの確認の後、製鉄所の投資および操業を実施する母体となる事業会社を設立する必要がある。

事業会社の役割と機能は各ステージにより下記の通り。

(1) 推進ステージ

このステージに於いては、一般的には先ず2、3の限られた創業者（会社）により名目的な資本金にてプロジェクト推進目的にて設立される。

信頼できる有力なファイナンス アドバイザーを起用してバンカブルFSレポートを作成し、出資者（株主）を募り必要な借入金の手配を行う。

バンカブルFSレポートは下記を含む。

- － 必要なユーティリティー（天然ガス、水、電力）およびインフラストラクチャーの確認および／または契約案（価格算定方式及び具体的な予定を含む）
- － オマーンでの政府及び政府機関よりの必要許認可の取得の確認
- － 最適の生産水準を達成し維持して行くために、信頼できる有力な鉄鋼会社よりのマネージメント／操業指導提供の確認および／または契約案
- － 信頼できる貿易業者（商社）又は企業との製品販売または販売協力の確認および／または契約案
- － 関連プラント供給及び建設に関する確認および／または契約案
- － 計画資本金を充当するに足る出資者の出資意向の確認

バンカブルFSレポートに基づき、必要なローンファイナンスがアレンジできることとなる。

(2) プロジェクト推進会社より実質的な事業会社への転換

上述の諸確認を取得しファイナンスの手配が準備でき次第、プロジェクト推進会社は、新たな株主間協定および会社定款に基づき、製鉄プロジェクト実施の実施母体となる事業会社へ転換するかもしくは新たな事業会社を設立することになる。

事業会社設立後速やかに、事業会社は上述の諸確認および諸契約案に従って、関係者との契約を交わすことになる。

(3) プラント建設ステージ

このステージでの事業会社の主要な機能は下記の通り。

- － プラントおよび建設に関する発注業務
- － プラント建設の監理
- － 海外および社内でのトレーニングの計画に合わせた従業員の採用
- － 資金管理および支出管理

11-2-2 事業会社の出資者構成

プロジェクトおよび事業会社設立の目的（オマーン国の工業発展及び人材開発）およびオマーンにおける民営化政策に照らして、事業会社の株主構成は下記が望ましく、また必要と考えられる。

- (1) オマーンの主要な民間企業（およびグループ）
- (2) 最新鋭、高効率の製鉄所の（エンジニアリング、操業、経営、マーケティング等の）技術移転を引き受けることができる海外企業
- (3) オマーンの政府系機関または投資機関

11-3 組織と要員

11-3-1 組織

このプロジェクトの会社組織を Figure 11-3-1 に示す。この組織は我々のアラブ諸国における類似の製鉄プラントについての経験をもとに下記の事項を勘案して作成した。

- 主原料の運搬船からの陸揚げと、製品の船積みは会社業務として生産部の 1 部門に含んだ。
- 経営事項担当課は社長直轄とし、その主業務は経営者会議に関する事項と秘書業務とする。
- 環境管理課はジェネラルマネジャー直轄とする。
- 品質課も同じくジェネラルマネジャー直轄とする。
- コンピューター課は生産・技術管理部の中に置く。

組織のトップは会長で、経営者の代表として経営者会議を主催するとともに経営事項を決定する。

社長はジェネラルマネジャーを通じて会社の業務を管轄する。

ジェネラルマネジャーは社長より権限を委譲されて会社業務の遂行にあたる。

ジェネラルマネジャーのもとに 7 部 29 課を配置した組織とし、ジェネラルマネジャーを助けるスタッフとして 2 名の副ジェネラルマネジャーを置いている。

11-3-2 要員計画

生産活動が安定した段階での必要要員数は Table 11-3-1 に示す通りである。総数は 1,239 名で、下記の条件で積算してある。オフィスボーイ、および類似の軽作業人員は含んでいない。

- 各プラントは基本的に 4 組 3 交代操業とする。
- 岸壁での原料受入と製品積み出し作業は社内作業とし、同じく 3 交代体制とする。
- 保全作業は基本的に社内要員で行う。
- 構内運搬作業と倉庫業務については 3 交代作業と常昼作業混在で積算している。
- 消防車と救急車は社内では保有せずに外部のものを利用する前提であるのでこれらの運転手は勘定していない。

11-3-3 採用およびトレーニング

一貫製鉄所の組織には技術系だけでなく財務、総務、購買などのいろいろな分野の仕事がある。財務の専門家や購買などを担当しているひとは製鉄業だけでなくほかのあらゆる産業でも必要である。これらの分野に着いてはすでにオマーンにも高等教育機関があり、多くのオマーン人が専門家として活躍している。それ故この節では技術者、技能労働者について述べる。

(1) 採用

1) 経験ある技術者、熟練技能労働者

現在オマーン国には一貫製鉄所はないので、相当数の経験のある技術者および熟練技能労働者を外国から雇い入れる必要がある。生産部、保全動力部および生産・技術管理部の部長、課長、係長は外国企業から招致しなければならないであろう。同時に各製造プラントの作業長、工長、ベテラン技能労働者も外国製鉄会社から採用する必要がある。

各製造プラントおよび保全動力部各課の課長（または候補者）は生産開始の約2年前の各設備設計段階には採用して実際の建設業務にOJTとして参加させるべきである。

その他の要員は生産開始の少なくとも半年前までに採用する必要がある。

2) 未経験技術者、技能労働者の応募条件

生産部門の技術者に着いては金属工学、機械工学系の出身者が大部分を占め、化学工学系の人 DRP, LCP の一部に必要となる。

保全動力部門においては機械保全には機械工学の出身者が、電気保全には電気工学の出身者が要求される。動力部門は主として機械工学出身者となるが一部化学工学系の人にも必要となる。

技術管理、品質管理部門については生産部門と同系統の技術者が必要であり、環境管理課には化学工学系統の出身者が適している。

エンジニアとして採用する場合上記のことに留意する必要がある。

技能系の採用に当っては機械保全、電気保全についてはそれぞれの部門の職業訓練校の出身者であるべきである。生産部門についてはエンジニアほど厳密ではないがある程度の技術的な知識があることが望ましい。

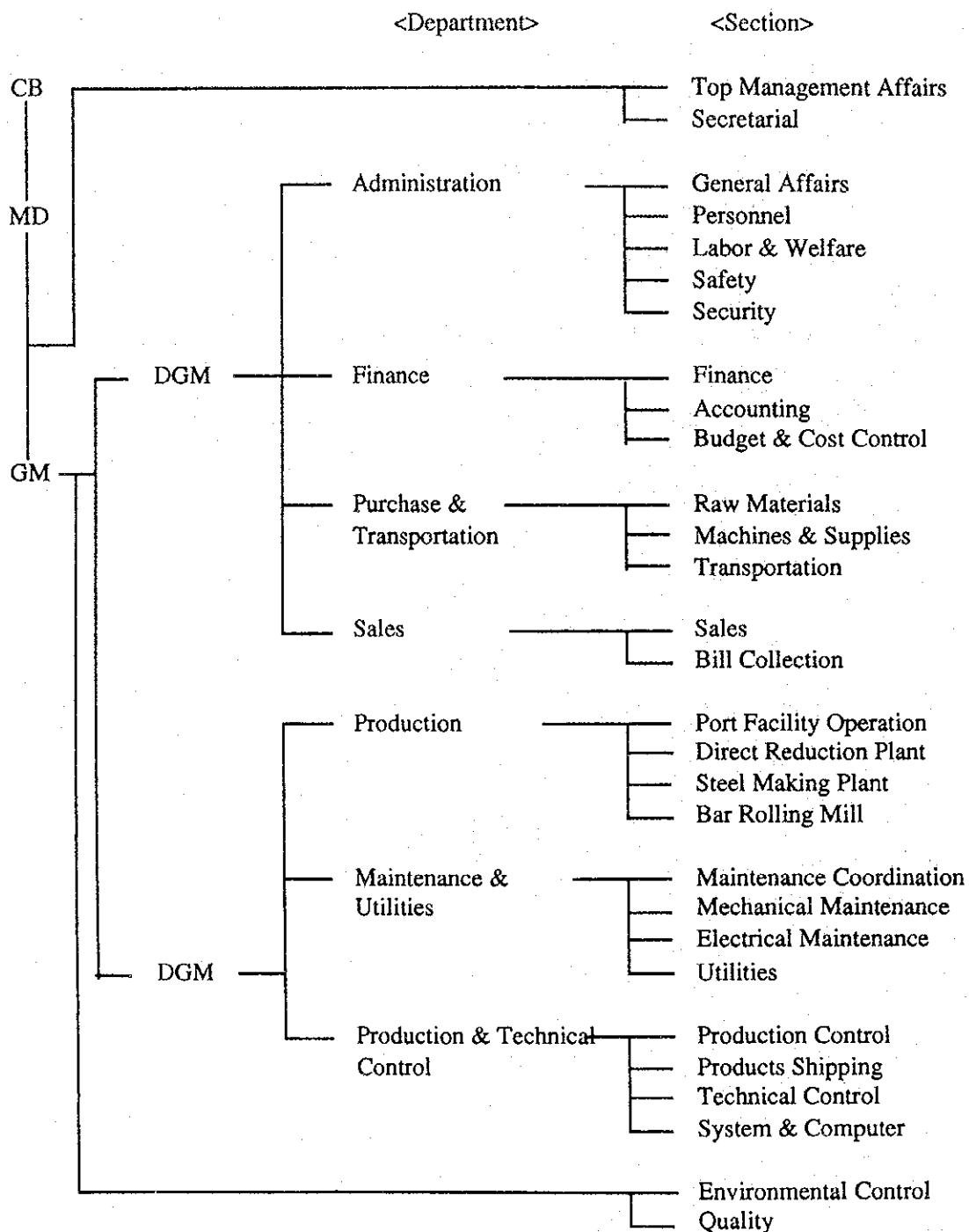
(2) トレーニング

トレーニングの目的は新採用者に彼らが自分の職務を遂行するのに必要な能力を出来るだけ短期間に習得させることである。

各製造プラントおよび保全動力部各課の課長（または候補者）は生産開始の約 2 年前に採用され、建設実務である程度の知識を得ることが出来る。

その他の生産開始半年前に採用になったメンバーに対してはトレーニングは講義を中心に行い、必要に応じて据付工事が進行している現場を見学させて行うものとする。

課長（または候補者）を含むある一定の数の選ばれたメンバーに対しては海外研修として外国の類似の直接還元一貫製鉄所の見学、可能な場合は実習を行う。また設備納入業者の製作工場での立会試験や機器取扱講習などにも参加させる。



Note: CB/ Chairman of Board MD/ Managing Director
 GM/ General Manager, DGM/ Deputy General Manager

Figure 11-3-1 Organization Chart

Table 11-3-1 Manpower Requirement

| DEPT | Section | Sub Section | CB | MD | GM | DGM | DM | SM | ASM | E&SP | F | AF | W | Total | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|----|----|----|-----|----|----|-----|------|----|-----|-----|--------------|-----|
| | TMA | | 1 | 1 | 1 | 2 | | 1 | 1 | 1 | | | | 8 | |
| | Secret. | | | | | | | 1 | 1 | 2 | | | | 4 | |
| AD | | | | | | | 1 | 5 | 5 | 10 | 2 | 8 | 12 | 43 | |
| FD | | | | | | | 1 | 3 | 3 | 6 | | | | 13 | |
| PTD | RM | | | | | | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 9 | |
| | MS | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 9 | |
| | Transp. | | | | | | | 1 | 1 | 3 | 3 | 14 | 44 | 66 | |
| | Sub-total (PTD) | | | | | | 1 | 3 | 3 | 6 | 5 | 16 | 50 | 84 | |
| SD | Sales | | | | | | 1 | 1 | 2 | 4 | | | | 8 | |
| | Bill col. | | | | | | | 1 | 1 | 4 | | | | 6 | |
| | Sub-total (SD) | | | | | | 1 | 2 | 3 | 8 | | | | 14 | |
| PRD | Port faci. | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 12 | 20 | |
| | DRP | DRP | | | | | | 1 | 1 | 3 | 5 | 16 | 28 | 54 | |
| | | Material Handling | | | | | | | | 1 | 4 | 8 | 20 | 33 | |
| | | LCP | | | | | | | 1 | 1 | 4 | 5 | 16 | 27 | |
| | SMP | EAF | | | | | | 1 | 1 | 2 | 8 | 21 | 80 | 113 | |
| | | CCM | | | | | | | 1 | 2 | 8 | 26 | 117 | 154 | |
| | BRM | | | | | | | 1 | 1 | 3 | 5 | 21 | 247 | 278 | |
| Sub-total (PRD) | | | | | | | 1 | 4 | 6 | 13 | 35 | 100 | 520 | 679 | |
| MUD | MC | | | | | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 2 | 9 | |
| | MM | Port | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 4 | 4 | 11 |
| | | DRP | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 4 | 9 | 16 |
| | | SMP | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | 6 | 16 | 26 |
| | | BRM | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | 5 | 15 | 24 |
| | | M. Repair | | | | | | | | 1 | 3 | 2 | 3 | 19 | 28 |
| | EM | Port | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 4 | 4 | 11 |
| | | DRP | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 4 | 9 | 16 |
| | | SMP | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | 4 | 16 | 24 |
| | | BRM | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 4 | 15 | 22 |
| | | Power distr. | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 4 | 12 | 19 |
| | Util. | E. Repair | | | | | | | | 1 | 2 | 2 | 3 | 15 | 23 |
| | | Instrument. | | | | | | | | 1 | 2 | 1 | 3 | 7 | 14 |
| Sub-total (MUD) | | | | | | | | 1 | 4 | 14 | 22 | 17 | 59 | 184 | 301 |
| PTCD | PC | | | | | | | 1 | 1 | 2 | 2 | | | 6 | |
| | PS | | | | | | | | 1 | 2 | 4 | 1 | 5 | 14 | 27 |
| | TC | | | | | | | | 1 | 1 | 3 | | | 5 | |
| | Sys.&Computer | | | | | | | | 1 | 1 | 3 | | | 5 | |
| | Sub-total (PTCD) | | | | | | | 1 | 4 | 6 | 12 | 1 | 5 | 14 | 43 |
| | Environmental C. Quality | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | |
| | | | | | | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 6 | 32 | 44 | |
| Grand total | | | 1 | 1 | 1 | 2 | 7 | 29 | 44 | 83 | 63 | 195 | 813 | 1,239 | |

AD : Administration Department
FD : Finance Department
PTD : Purchase and Transportation Department
RM : Raw Material
MS : Machine and Supplies
SD : Sales Department
PRD : Production Department
MUD : Maintenance and Utilities Department
MC : Maintenance Coordination
MM : Mechanical Maintenance
EM : Electrical Maintenance
PTCD : Production and Technical Control Department
PC : Production Control
PS : Product Shipping
TC : Technical Control
TMA : Top Management Affairs
DM : Department Manager
SM : Section Manager
ASM : Assistant Section Manager
E & SP : Engineer & Specialist
F : Foremen
AF : Assistant Foreman
W : Worker