

5.3 試験サンプル

本スタディに於ける焼結鍋試験のための鉄鉱石サンプルとして、Table 5-5, 5-6の如き性状の鉱石、すなわちSNK from R.O. とSNK from T.O. とを、それぞれ60%と40%の割合で混合した鉱石を基本として使用することとした。

Table 5-5 Chemical Compositions of Sinter Feed Sample

	R.O.	T.O.
	%	%
T.Fe	66.23	64.65
FeO	23.92	11.48
SiO ₂	3.13	3.76
Al ₂ O ₃	0.62	0.48
CaO	0.63	0.66
MgO	1.34	1.30
S	1.61	0.559
Cu	0.040	0.050
P	0.022	0.046
Na ₂ O	0.165	0.312
K ₂ O	0.091	0.096
LOI	-0.73	1.87

(Source: Hierro-Peru)

Table 5-6 Size Distribution of Sinter Feed Sample

Tyler	R.O.	T.O.
	%	%
+10 mesh	0.4	4.8
10 ~ 20	7.8	24.8
20 ~ 65	47.8	43.3
65 ~ 100	12.0	7.5
-100 mesh	32.0	19.6
Total	100.0	100.0

(Source: Hierro-Peru)

更に、石灰石のサンプルとしては、N-14 鉱床から採取された Table 5-7 の如き成分の石灰石を用いることとした。

Table 5-7 Chemical Compositions of Limestone Sample

	(%)
LOI	41.36
CaO	51.49
MgO	0.80
SiO ₂	4.00
Al ₂ O ₃	1.15
Na ₂ O	0.166
K ₂ O	0.264
Fe	0.500
S	0.054
Cu	0.007
FeO	0.10
P ₂ O ₅	0.062
CaCO ₃	91.96

(Source Hierro-Peru)

尚、以降の原料配合やマテリアルバランスの計画に際しては、上記の鉄鉱石、および石灰石の分析値を使用した。

5.4 ホットテスト

5.4.1 はじめに

Hierro-Peru 社焼結工場建設のためのスタディの一環として川崎製鉄㈱技術研究所に於いてイエロ・ペル鉱石の焼結鍋試験を行った。

使用した鉱石は、今後焼結用粉鉱石として最も安定して供給できると考えられる Refractory Ore (以後 R.O.) と Transition Ore (以後 T.O.) の 2 種類である。

焼結鍋試験に先立ち、これらの鉱石の化学成分などの性質を確認した。焼結鍋試験では、R.O./T.O. = 60/40の配合を基本とし、さらに供給される原料、副原料の予想される配合をいくつか選択し、焼結性および焼結鉱の性質を調べた。

また P.S.C (Philippine Sinter Corporation) で使用されている原料を焼結し、イエロ・ペル鉱石と比較した。

5.4.2 イエロ・ペル鉱石の性質

Table 5-8 に、R.O., T.O. の化学組成を示す。川崎製鉄による分析値である。この組成値から計算すると全酸化鉄量 (ヘマタイト・マグネタイト) は、R.O. 91.11%, T.O. 90.31% であり、R.O. の場合、全酸化鉄中の 82.7% がマグネタイトであり、T.O. の場合のそれは 41.4% である。また両鉱石とも硫黄分が非常に高い。

Table 5-9, 5-10 と Fig. 5-6 に粒度分布を示す。P.S.C 用原料の Newman 鉱石や R₂O Dose 鉱石に比べ、粗粒および微粒部分が少なく粒度分布が狭いのが特徴である。全体に R.O. のほうが T.O. より細かい。

また、Table 5-9, 5-10 には粒度毎の化学組成を示す。両鉱石とも粒度が細くなるほど品位は上昇し、酸化鉄中のマグネタイト分も高くなる。SiO₂ 分は粒度が細かくなるとともに低下するが、脈石中に占める SiO₂ 分の割合は R.O. の場合あまり変わらない。

R.O. の 1~2 mm 部分を -417 μ に粉碎し、Davis Tube 磁選機により 15,000 gauss で磁選し補集された非磁着物を X 線粉末法により同定した。この際の磁着物の割合は 83.8%, 補集された非磁着物は 8.8% であった。

X 線回折結果を Fig. 5-7 に示す。脈石分として透閃石 (Tremolite), 石英 (Quartz), 緑泥石 (Chlorite), 斜長石 (Plagioclase) などの硅酸塩が検出され

た。また硫化鉄 (Pyryte) が多く検出された。

5.4.3 試験方法

(1) 原料の準備

R.O., T.O. とペルー産石灰石は、1980年1月14日実験室に到着した。入荷量と到着時の水分は、つきの通りである。

	入荷量	水分
R.O.	3.5 ton (ドラム缶 6 本)	8.5 ~ 8.8 %
T.O.	2.5 ton (" 4 本)	7.0 ~ 8.0 %
石灰石	1.2 ton (" 4 本)	trace

両鉱石と石灰石は、ドラム缶毎に全量を床にあげ、よく混合後一定割合で必要量採取した。全採取量は、R.O., T.O., 石灰石それぞれ 2.2, 1.1, 0.3 ton である。化学分析、粒度分析試料は、さらによく混合後全量を床に方形に広げ 20 等分し、インクリメント用の小型ショベルで各区分より 1 ショベルずつ採取し、これを集めて 2 分器により必要量を採取した。つぎに、R.O. と T.O. は、大型乾燥器により 80 ~ 90 °C で約 8 時間乾燥した。乾燥後、鉱石は一部固まる傾向があったので、+ 1 mm 部分につき小型ボールミル (300 mm ϕ \times 300 mm) で約 30 秒間回転し固まりをほぐした。焼結原料の偏析を避けるため、R.O. と T.O. は乾燥後大型篩分機 (ジャイロシフター) により + 2 mm, 2 ~ 1 mm, 1 mm ~ 0.589 mm, 0.589 ~ 0.295 mm, - 0.295 mm の各区分に分け、焼結原料を配合する際に各粒度区分毎の重量分布割合に応じて再び混合した。石灰石は粒度区分毎に分けることなくそのまま使用した。

P.S.C. で使用されている Newman, Rio Dose Carol Lake 鉱石やコーク・フェーズ、無煙炭、珪石は、川崎製鉄の焼結工場で使用しているものを用いた。各原料の組成と粒度分布を Table 5-11 に示す。返鉱は、各焼結配合毎に本実験と同様の鉱石、副原料を用い焼成し、これを - 6 mm に粉砕し準備した。

(2) 焼結鍋試験と焼結鉱の試験方法

Fig. 5-8 に焼結鍋試験装置の概要を示す。焼結鍋は上面 300 mm ϕ , 下面 280 mm ϕ ,

高さ 300 mm で、約 35 kg の焼結原料を装入することが出来る。

配合した焼結原料は、V 型ブレンダー（容量 80 ℓ）により 3 分間混合後、小型ミキサー（回転数 24 r.p.m）で水を加えながら 5 分間造粒を行った。造粒後の原料は、焼結鍋に偏析がないように装入した。床敷用焼結鉱は、返鉱製造の際 8～15 mm のものを採取し、1 回の焼成毎に 2 kg 用いた。

点火は、木炭を 200 g 装入原料上面に敷き、点火炉内のバーナーでコークス炉ガスを 30 秒間燃焼させて行った。焼結中の吸引負圧は、 $-1,200 \text{ mm H}_2\text{O}$ 一定である。排ガス温度が最高値を示した後 3 分後ブローを停止し、直ちに焼結鍋より焼結鉱を取り出し放冷した。

試験の測定項目は、装入原料重量、吸引風量、排ガス温度、成品歩留、シャッター強度、生産率、コークス原単位などである。1 部の試験は、赤外線ガス分析計により排ガス中の SO_2 濃度を測定した。さらに成品焼結鉱（+10mm）より 15～20 mm の試料を採取し還元粉化試験（RDI）および還元性試験（RI）、化学分析（Total Fe, FeO, SiO_2 , CaO, Al_2O_3 , MgO, S, Na_2O , K_2O ）、顕微鏡観察を行った。成品歩留、シャッター強度、生産率、コークス原単位、RDI、RI 試験の方法と算出方法をまとめて Table 5-12 に示す。

(3) 試験条件

イエロ・ベル鉱石の配合割合は、R.O./T.O.=60/40 を基準とした。焼結鉱中の SiO_2 量は 5.5 % とし、珪石を添加して調整した。塩基度（ CaO/SiO_2 ）は 1.50 とした。返鉱は、鉱石+石灰石+珪石を 100 とし、これに対し 35% 加えた。イエロ・ベル鉱石と比較するための P.S.C 使用原料の配合は、Newman 鉱石 50 %、R10 Doce 鉱石 40 %、Carol Lake 鉱石 10 % とし、 SiO_2 、 CaO/SiO_2 、返鉱量はイエロ・ベル鉱石の場合と同じにした。

イエロ・ベル鉱石の上記基準配合につき、まず水分の影響を調べ最適水分を決定した。さらにコークス添加量の影響を、イエロ・ベル鉱石、P.S.C 使用鉱石につき調べ最適コークス量を決定するとともに、イエロ・ベル鉱石、P.S.C 鉱石の比較を行った。

つぎに、上記 R.O./T.O. 比の配合原料について、塩基度（ CaO/SiO_2 ; 1.2～1.8）、 SiO_2 量（ SiO_2 4.5～6.0 %）、返鉱量（30～40 %）の影響を調べた。またイエロ・ベル鉱石の配合比（R.O./T.O.=100/0, 40/60, 0/100、粗粒配合）も変え

た。この配合比による粒度分布の変化を Fig. 5-9 に示す。さらには、無煙炭の効果を見るため添加燃料の 50 % を無煙炭とし、コークス-無煙炭 = 3.5, 4.0 % の試験を行った。

また焼結鉱中のアルカリ分の変化を見るため造粒水分を全量海水とした場合、 CaCl_2 0.5 % を添加した場合についても試験した。

これらの試験条件と配合割合を Table 5-13 に示す。

5.4.4 試験結果

試験結果をまとめて Table 5-14, 5-15 に示す。

(1) 水分の影響

Fig. 5-10 に水分の影響を示す。造粒水分の増加とともにシャッター強度、歩留は直線的に低下した。水分 5 % で焼結時間は最も短かく、生産率も最も高かった。そこで以後の実験では、添加水分を 5 % とした。

(2) コークス量の影響と P.S.C 使用鉱石との比較

Fig. 5-11 にイエロ・ベル鉱石と P.S.C 使用鉱石のコークス量の影響を示す。イエロ・ベル鉱石の場合、コークス 3~4 % でシャッター強度は高値を示し、歩留はコークス 3 % で最も高い。P.S.C 鉱石では、これらの最高値はコークス 4.5 % 以上になる。いずれの鉱石の場合も、生産率はコークス 3~4.5 % の間で大きな変化は示さない。

実際の焼結操業では、ある基準以上の焼結鉱強度を満足し最大生産率を得ることが望ましい。そこで本試験結果について一定シャッター強度を得たと仮定した場合の生産率を、各コークス水準につき補正係数を用い計算した。補正係数は、川崎製鉄の焼結工場で得られているもので 1 % シャッター強度を上げると 0.05 t/t m 生産率が下るとした。計算結果を Fig. 5-12 に示す。いずれのコークス水準でもシャッター強度 77.4 % を達成すると仮定した場合、イエロ・ベル鉱石ではコークス 3~4 % で、P.S.C 使用鉱石ではコークス 4.5 % で生産率が最大になる。そこで以後は、コークス 4 % で試験を行った。

Fig. 5-11, 5-12 で見ると、低コークス領域ではイエロ・ベル鉱石のほうが焼結性に優れ、高コークス領域では P.S.C 使用鉱石のほうが優れている。これは適正コ

ークス量に差があることを示すが各適正コークスでの焼結性には大きな差はない。すなわちイエロベル鉱石は、P.S.Cより少ないコークス添加量でP.S.Cと同等の品質、生産性を得ることが出来ると期待される。

イエロベル鉱石を使用した焼結鉱は、Fig. 5-11のようにコークス添加量とともにFeO分は増加しRDIは向上するが、RIはわずかに低下する。またP.S.C使用鉱石の焼結鉱に比べRDIは優れている。

顕微鏡組織は、Photo 5-1に示すようにコークス添加量とともにカルシウムフェライトが減少し、ソリケートスラグにマグネタイト粒子が分散した組織に変っていく。コークス4%におけるイエロベル焼結鉱、P.S.C焼結鉱の顕微鏡組織には特別な違いは見られない。

(3) 塩基度の影響

Fig. 5-13に塩基度(CaO/SiO_2)の影響を示す。 CaO/SiO_2 の増加とともにシャッター強度は低下するが、焼結時間は短くなり生産率は向上する。また焼結鉱のFeOは CaO/SiO_2 の増加とともに減少する。これは、 CaO/SiO_2 とともに鉄品位が低下することにもよるが酸化度が増加していることにもよる。RDI, RIはいずれも CaO/SiO_2 とともに向上する。Photo 5-2のように顕微鏡組織中には、 CaO/SiO_2 の増加とともにカルシウムフェライトが増加する。

(4) SiO_2 分の影響

Fig. 5-14に SiO_2 分の影響を示す。コークス水準により焼結性の傾向が異なる。コークス添加量3%の場合、 SiO_2 量とともにシャッター強度、歩留は向上する。生産率は変わらない。コークス添加量4%の場合、シャッター強度は SiO_2 量とともに低下するが、歩留、生産率は SiO_2 5%で最大値を示す。FeOは、いずれの場合も SiO_2 の増加とともに低下する。

顕微鏡組織は、 SiO_2 量が増すとカルシウムフェライトが増加する。(Photo 5-2参照)

(5) 返鉱の影響

Fig. 5-15に返鉱の影響を示す。返鉱の割合を増すとシャッター強度は増加し焼

結時間は短くなり生産率は向上する。

(6) 鉬石配合割合による変化

Fig. 5-9に示したように、T.O.の割合が増すほど粒度が粗くなる。R.O./T.O. = 60/40の配合割合を変えずに、おもに微粉部分をカットした粗い配合を試験した。

Fig. 5-16に焼結性やRDI, RIの変化を示す。T.O.の割合が増すほど歩留は向上し焼結時間は短くなり生産率は向上する。シャッター強度はR.O. 鉬石のみの場合極端に低い。微粉部分をカットした粗粒配合の場合、焼結時間は短かく生産率は増すがシャッター強度、歩留は低い。FeOはT.O.の割合が増すほど低下し、RDIは悪化しRIは向上する。

Fig. 5-17に焼結排ガス中のSO₂濃度と排ガス温度の変化を示す。焼結開始直後からSO₂濃度は上昇を開始し、フレイムフロントがグレートに到達直前に低下し始める。

Fig. 5-18に鉬石配合割合による装入S量と排ガス中のSO₂濃度の最高値を示す。SO₂濃度は装入S量に比例しT.O. 鉬石の配合割合とともに低下するが、いずれも著しい高い値を示す。

(7) 無煙炭の効果

Fig. 5-19に無煙炭の効果を示す。無煙炭を使用することによりシャッター強度や歩留は一部向上し生産率も増加傾向であり、焼結性に関しては問題がない。RDIは無煙炭添加によりわずかに悪化する。

(8) アルカリの減少試験

Fig. 5-20に焼結前後のアルカリバランスを示す。

CaCl₂添加によるアルカリ減少効果は大きい。NaClやKClとして揮発除去されたと考えられる。海水を造粒水分として用いた場合、海水中に含まれるNaClはそのまま揮発されるか、焼結原料中のアルカリの減少には役立たない。CaCl₂添加による焼結性の低下はないが、海水使用によってはシャッター強度、歩留の低下が見られる。

5.4.5 考 察

鍋試験の結果から、イエロ・ベル鉱石は少ないコークス量でP.S.C使用鉱石と同等の焼結性が得られることが期待される。使用したイエロ・ベル鉱石の特徴は、

- (1) マグネタイト系でありFeO分が高い。
- (2) 粒度分布が狭い。
- (3) 硫黄分が高いなどである。

これらの特徴が焼結性や製品焼結鉱の性質に影響をおよぼしていると考えられる。

鍋試験でも実操業においても、焼結性はあるコークス水準でピークを示す。コークス水準が低いうちはコークス量とともに熔融が進み強度は増加するが、熔融が進み過ぎると多孔質になりコークス量とともに強度が低下する。

本試験でのイエロ・ベル鉱石の場合、コークス3%以上で歩留が低下する傾向を示し、熔融が進んだことが示唆される。これを確認するため、Fig. 5-21 にイエロ・ベル鉱石の場合のコークス量による風量分布を示す。

フレームフロントがグレートに到達し排ガス温度が上昇した後の風量に大きな違いが見られ、コークス添加量が多いほど風量が大になる。

Fig. 5-21 の傾向は焼結鉱層の通気抵抗が、コークス添加量が多いほど小さくなっていることを示すと考えられる。因みに焼結鉱の見掛密度から計算した焼結鉱層の空き率は、コークス3%添加で43.7%、3.5%添加で47.3%、4.0%添加で48.2%、4.5%添加で50.0%でありコークス量が多いほど空き率が增加した。(Table 5-16)

つぎにイエロ・ベル鉱石の場合、P.S.C使用鉱石よりも少ないコークス水準で、焼結鉱の歩留や強度が最大値を示すことは、コークスからの供給熱量が同じでも、イエロ・ベル鉱石はP.S.C使用鉱石に比べ溶けやすいためと推定される。

溶けやすい原因のひとつとして、マグネタイトの酸化熱、SのSO₂への燃焼熱が考えられる。イエロ・ベル鉱石の場合、焼結後のFeOは焼結原料中のFeOに比べ1~4%減少する。またFig. 5-18のように装入された硫黄分は、その大部分がSO_xとなる。

R.O./T.O. = 60/40、コークス4%の場合につき焼結前後のFeOと装入S量から発熱量を計算すると、FeOからFe₂O₃への酸化熱は447kcal、SO₂への燃焼熱は399kcalとなり合計0.3%のコークス燃焼熱に相当する。

P.S.C使用鉱石では、焼結後FeOが1~5%増加しSも少ないので、イエロ・ベル鉱石はP.S.C使用鉱石に比べ約0.4%コークスに相当する熱量が余分に供給されることに

なる。

またイエロ・ベル鉱石が溶けやすい原因として、FeO分を多く含むことが挙げられる。Fig. 5-22 にCaO-SiO₂-FeO系 (Po₂ = 10⁻⁴ atm) とCaO-SiO₂-Fe₂O₃系 (Po₂ = 1 atm) の1,300℃以上の熔融域を重ね合せて示す。コークス量が多い場合や鉱石中のFeOが高い場合、融液中にFe⁺⁺イオンが増大しCaO-SiO₂-FeO系状態図に熔融域が近づき拡大する。生成組織もマグネタイトとシリケートスラグになる。イエロ・ベル鉱石では焼結鉱のFeOは10~15%であり、コークス4%以上ではマグネタイト+シリケートスラグの組織が多くなり熔融域が拡大し溶けやすくなっていると考えられる。なおP.S.C使用鉱石の焼結鉱中FeOは8%以下である。

Fig. 5-14 に示したように、SiO₂量によるシャッター強度や歩留の変化は、コークス水準により異なった傾向を示す。これは、コークス4%の場合供給される熱量が多くよく溶けるためSiO₂量の増加により融体量がさらに増加し、多孔質になり強度が低下すると思われる。コークス3%の場合は、熔融が過剰の状態ではなく脈石部分が増加することにより結合は強固になると推定される。前述の焼結鉱帯の通気抵抗も、コークス4%ではSiO₂量とともに減少し、コークス3%では逆に増大した。

以上の考察のように、本実験ではイエロ・ベル鉱石の熔融性が実験結果に大きな影響を及ぼしていると推定される。一般に焼結性に対しては原料の通気抵抗の影響が大きい。通気抵抗には充填密度や原料粒度が影響する。また密度が高いほど強度は高い。原料粒度が粗いほど焼結時間は短くなり生産率は増大する。例えば、焼結原料中-500μ%と生産率の間には直線関係が得られることが多い。

Fig. 5-23 に充填密度と点火前通気抵抗、シャッター強度、Fig. 5-24 に焼結原料中-589μ%と点火前通気抵抗、生産率の関係を示す。点火前の通気抵抗は次式により求めた。

$$\phi = P / Q^n$$

ここで、

P : 吸引負圧 mm H₂O

Q : 吸引風量 m³ / min

n : ガスの流れの状態により変る指数 (層流状態では n = 1, 乱流状態では n = 2, ここでは実操業の測定結果から n = 1.4 とした)

φ : 通気抵抗 (mm H₂O / m³ / min)

充填密度が高いほど、点火前の通気抵抗は増大するがシャッター強度は通常の結果に比べ逆に低下する。また粒度が粗いほど点火前の通気抵抗は減少するが、生産率との関係は明瞭でない。このように焼結性に対する通気抵抗の影響が従来知見と異なって現われるのは、原料の熔融性の効果の方が大きく結果に影響するためと考えられる。

つぎに Fig. 5-25 と 5-26 に FeO と RDI, RI の関係を示す。FeO が大になるほど還元性が低下し、還元粉化量も小さくなる。FeO 分が増すとマグネタイト量が増え、ヘマタイト量が減少する。ヘマタイトは、還元粉化の原因物質であり還元性もマグネタイトより優れている。したがってヘマタイトの減少は、還元速度を低下させ還元粉化を小さくする。また FeO の増大によりマグネタイトとシリケートスラグの緻密な組織になるため、還元ガスが組織内部まで拡散することなく、反応は大きな空げきの気固界面のみで起ることになり反応界面積は FeO とともに減少する。

本試験では、コークス、成分、鉱石配合など、いくつかの操業因子の効果を見た。これらの結果から、最後に操業因子の適正なレベルについて考察する。

コークスと SiO₂ レベルについて見ると、一定強度を保ち最大生産を得るには、SiO₂ 4% ではコークス 4% の方が良い。また SiO₂ 6% ではコークス 3% の方が良い。すなわち SiO₂ レベルが低い場合はコークス量を多く、SiO₂ レベルが高い場合はコークス量を少なくするのが有利といえる。

CaO/SiO₂ については、明確なことはいえないがコークス 4% では生産率の観点から CaO/SiO₂ は高いほうが良い。

また鉱石配合の面からは、T.O. 鉱石の配合が高い方が有利と考えられる。ただし、FeO 低下による RDI の悪化には考慮を払う必要がある。

5.4.6 ま と め

イエロ・ベル鉱石の焼結鍋試験の結果をまとめると次のようになる。

- (1) 使用鉱石の FeO は、R.O. 23.4%, T.O. 11.6% と高い。また粒度分布が狭く硫黄分が高い (R.O. 1.6%, T.O. 0.6%) のが特徴である。
- (2) イエロ・ベル鉱石は、P.S.C 使用鉱石より少ないコークス添加量で P.S.C と同等の品質、生産性を得ることが出来ると期待される。
- (3) SiO₂ 量の効果は、コークス量により異なる。SiO₂ レベルが低い場合はコークス

量も多く、 SiO_2 レベルが高い場合はコークス量を少なくした方が、生産率の面からは有利である。

- (4) T.O. 鉱石の割合が多いほど、歩留は向上し生産率は向上する。
- (5) イエロ・ベル鉱石は、 FeO が高いため溶けやすい。通気性よりも熔融性の効果が結果に大きく影響する。
- (6) 排ガス中の SO_2 濃度は、最大 10,000 ppm にも達し非常に高い。
- (7) CaCl_2 添加により、焼結鉱中の K_2O は約 8 割 Na_2O は約 6 割減少する。
- (8) 無煙炭をコークスの代りに一部使用しても焼結性に関しては問題ない。

Table 5 - 8 Chemical composition of Hierro-Peru ores

	Refractory Ore (R.O.) (%)	Transition Ore (T.O.) (%)
Fe Total	65.54	64.06
S	1.62	0.566
Cu	0.042	0.039
FeO	23.39	11.61
SiO ₂	3.47	3.89
Al ₂ O ₃	0.68	0.54
CaO	0.80	0.77
MgO	1.15	1.07
TiO ₂	0.07	0.06
P	0.030	0.059
Na ₂ O	0.22	0.29
K ₂ O	0.12	0.09
Mn	0.04	0.03
Zn	0.003	0.007
Pb	0.002	0.004
V	0.012	0.005
As	0.001	0.001
Sn	0.003	0.001
Ni	0.002	0.001
Cr	0.001	0.002
C.W.	0.44	1.15

Table 5 - 9 Size distribution and chemical composition of each size of Hierro-Peru refractory ore (R.O.)

	Size (micron)					
	+2000	2000 ~1000	1000 ~589	589 ~295	295 ~147	-147
Size distribution (%)	0.6	6.6	17.1	24.0	23.5	28.2
Chemical Composition (%)						
T. Fe	59.84	60.64	62.24	65.18	67.13	69.16
Cu	0.058	0.057	0.048	0.040	0.032	0.025
FeO	19.31	19.44	20.49	22.16	23.74	25.36
SiO ₂	6.59	6.66	5.73	3.81	2.57	1.50
Al ₂ O ₃	1.06	1.01	0.89	0.66	0.49	0.33
CaO	1.53	1.55	1.33	0.89	0.59	0.33
MgO	2.32	2.26	1.94	1.32	0.93	0.56
TiO ₂	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06
P	0.051	0.051	0.041	0.034	0.028	0.020

Table 5 - 10 Size distribution and chemical composition of each size of Hierro-Peru transition ore (T.O.)

	Size (micron)					
	+2000	2000 ~1000	1000 ~589	589 ~295	295 ~147	-147
Size distribution (%)	3.7	21.4	22.1	18.2	15.7	18.9
Chemical composition (%)						
T. Fe	61.13	62.11	62.80	63.92	65.67	66.99
Cu	0.060	0.045	0.041	0.036	0.030	0.030
FeO	10.25	10.89	11.17	11.83	13.05	13.08
SiO ₂	5.85	5.21	4.61	3.89	2.92	2.18
Al ₂ O ₃	0.57	0.50	0.49	0.48	0.42	0.37
CaO	1.24	1.01	0.91	0.74	0.48	0.31
MgO	1.61	1.47	1.28	1.08	0.77	0.62
TiO ₂	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
P	0.072	0.063	0.062	0.055	0.042	0.033

Table 5 - 11 Properties of raw material for sinter pot tests

	Chemical composition (%)								Size distribution (%)							
	T.Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	+3000 ^μ	3000 ^μ ~2000	2000 ^μ ~1000	1000 ^μ ~589	589 ^μ ~295	295 ^μ ~147	-147 ^μ		
R.O.	65.54	23.39	3.47	0.80	0.68	1.15	1.62		0.6	6.6	17.1	24.0	23.5	28.2		
T.O.	64.04	11.61	3.89	0.77	0.54	1.07	0.566		3.7	21.4	22.1	18.2	15.7	18.9		
Return fine								34.1	34.6	18.8	6.2	3.5	1.6	1.2		
Mt. Newman	61.8	0.18	6.55	0.03	2.78	0.04	0.007		16.0	15.5	14.4	9.0	10.2	34.9		
Rio Doce	64.4	0.11	5.35	0.03	1.44	0.04	0.006		18.2	10.7	9.3	5.3	7.6	48.9		
Carol Lake	66.0	8.24	3.72	0.36	0.19	0.29	0.003			0.9	3.6	18.0	46.7	30.7		
Peruvian Limestone		Fe ₂ O ₃ 0.65	4.12	50.00	0.94	0.90	0.076			19.1	32.1	16.7	12.8	19.3		
Silicestone			91.38	0.2						11.6	38.4	18.8	13.6	17.6		
	Fixed Carbon	Volatile Matter	Ash	S												
Coke breeze	36.0	1.2	12.8	0.55					12.8	43.6	18.5	13.3	8.7	3.1		
Anthracite	79.5	6.8	13.7	0.22					5.9	26.6	16.7	14.8	14.8	21.2		

Table 5 - 12 Test methods for sinter product

Product Yield	Method	Calculation
Shatter strength test (Shatter Index, S.I.)	Apparatus : Shatter box (2m high x 0.4 x 0.45m) Height of drop : 2 m Number of drops : 1 Apparatus : Shatter box (2m high x 0.4 x 0.45m) Height of drop : 2 m Number of drops : 4	$\frac{\text{Weight of +10mm product after 1 time drop (kg)}}{\text{Original weight (kg)}} \times 100 (\%)$ $\frac{\text{Weight of +10mm product after 4 times drops (kg)}}{\text{Weight of +10mm product after 1 time drop (kg)}} \times 100 (\%)$ $\frac{\text{Weight of +10mm product after 1 time drop (kg)}}{\text{(Sintering time (min))}} \times 0.909 \times 100 \text{ (t/h.m}^2\text{)}$ 0.909 : Coefficient converting kg/min.cm ² → ton/hr.m ²
Coke consumption		$\frac{\text{Weight of +10mm product after 1 time drop (kg)}}{\text{(kg/ton-sinter)}} \times 1000$ (Coke content in Sinter mix (kg)) x 1000
Reducibility test (RI) (JIS R8713)	Apparatus : Electrically heated furnace Reduction tube : 75 mmφ Sample weight : 500 g Sample size : 15 - 20 mm Reduction temp. : 900 °C Reduction time : 1 hrs Reduction gas : 30 % CO, 70 % Reduction gas flow rate : 15 Nl/min	$\frac{\text{mass loss after 3 hr of reduction (g)}}{\text{(total input of oxygen combined with iron (g))}} \times 100 (\%)$
Reduction disintegration test (RDI)	Reduction tube, mass of sample, size of sample, reduction gas and flow rate : Same as for reducibility test. Reduction temp. : 550 °C Reduction time : 30 min Turn in drum : 130mmφ x 200mm with two lifters Turn revolution : 30 r.p.m x 30 min Sieving : Rotap testing sieve shaker 1 min	$\frac{\text{Weight of -2.8mm product after tumbling (kg)}}{\text{(Sample weight after reduction (kg))}} \times 100 (\%)$

Table 5 - 14 Results of sinter pot tests

Test	Charged mix (wet)			Product yield			Shatter index			Sintering time			Productivity			
	kg	\bar{x}	\bar{x}	%	\bar{x}	\bar{x}	%	\bar{x}	\bar{x}	min	\bar{x}	t/h-m ²	\bar{x}	\bar{x}		
1 Moisture	4%	34.40	34.40	34.40	77.2	79.2	78.2	76.9	75.8	76.4	15.2	14.5	14.9	1.48	1.59	1.54
	5	33.77	33.77	33.77	77.6	76.1	76.9	74.2	73.5	73.9	13.8	13.0	13.4	1.59	1.67	1.64
	6	33.88	34.36	34.12	71.4	75.2	73.5	70.9	70.3	70.6	14.0	13.5	13.8	1.57	1.54	1.53
	7	34.76	34.76	34.76	72.8	74.1	73.5	70.3	69.5	69.9	13.5	14.0	13.8	1.54	1.52	1.53
2 Coke (Hierro-Peru)	2.5%	35.32	35.32	35.32	72.9	75.9	74.4	71.8	73.3	72.6	13.5	13.3	13.4	1.62	1.72	1.68
	3.0	34.68	35.00	34.84	81.1	77.2	79.2	77.4	75.7	76.6	16.7	15.3	16.0	1.42	1.45	1.44
	3.5	33.90	33.91	33.90	76.4	77.1	76.8	74.8	75.9	75.3	15.5	15.0	15.3	1.41	1.47	1.46
	4.0	33.88	33.88	33.88	74.8	75.8	75.3	77.9	76.8	77.4	14.3	14.3	14.3	1.48	1.49	1.49
	4.5	33.47	33.56	33.51	72.7	70.6	71.7	66.5	65.5	66.0	14.0	13.5	13.8	1.45	1.46	1.46
Coke (PSC)	2.5%	35.51	35.51	35.51	37.3	39.7	38.5	42.0	44.8	43.4	16.7	14.8	15.8	0.68	0.82	0.75
	3.0	35.58	35.65	35.62	73.2	73.2	73.2	62.7	67.5	65.1	13.5	14.0	13.8	1.63	1.57	1.58
	3.5	34.92	34.92	34.92	73.4	74.0	73.7	73.7	75.2	74.5	13.7	14.7	14.2	1.57	1.47	1.52
	4.0	34.65	34.53	34.61	79.5	76.6	77.8	73.3	73.5	73.1	14.5	14.0	14.5	1.53	1.63	1.55
	4.5	34.65	34.65	34.65	77.3	77.3	77.3	72.4	72.4	72.4	15.0	15.0	15.0	1.50	1.50	1.50
3 Standard	33.78	33.78	33.78	74.7	76.3	75.7	72.7	74.9	73.7	14.3	14.0	14.1	1.48	1.54	1.52	
	33.78	33.78	33.78	76.1	76.1	76.1	73.4	73.4	73.4	14.0	14.0	14.0	1.53	1.53	1.53	
4 CaO/SiO ₂	1.2	34.07	34.07	34.07	76.0	77.3	76.7	74.2	74.0	74.1	15.2	15.0	15.1	1.44	1.47	1.46
	1.8	33.36	33.48	33.42	78.3	78.7	78.5	71.9	73.0	72.5	13.4	13.0	13.2	1.63	1.69	1.66
5 SiO ₂ with 3% coke	4.0%	35.03	35.03	35.03	72.9	76.1	74.5	73.5	71.3	72.4	14.8	15.0	14.9	1.48	1.52	1.50
	5.0	34.16	34.16	34.16	78.9	79.5	79.2	75.3	76.0	75.7	15.0	16.0	15.5	1.52	1.43	1.48
	6.0	33.67	33.67	33.67	82.0	80.0	81.0	78.2	76.3	77.3	15.0	15.5	15.3	1.56	1.46	1.51
	with 4.0% coke	34.60	34.52	34.56	74.5	74.5	74.5	77.2	76.4	76.8	15.0	15.0	15.0	1.45	1.45	1.45
with 4% coke	5.0	34.22	34.22	34.22	77.8	75.9	76.9	74.9	74.8	74.9	14.5	13.7	14.1	1.54	1.59	1.57
	6.0	33.70	33.83	33.77	73.8	76.1	75.0	72.6	72.4	72.5	14.2	14.0	14.1	1.51	1.53	1.52
6 Return fine	30%	33.95	33.95	33.95	76.2	76.6	76.4	73.1	71.4	72.3	14.5	14.5	14.5	1.50	1.49	1.50
	40	33.97	34.04	34.01	78.6	76.2	77.4	74.6	75.0	74.8	14.0	13.7	13.9	1.60	1.60	1.60
7 R O / T.O. ratio	100/0	33.94	34.12	34.03	74.6	74.8	74.7	68.9	67.0	68.0	14.5	14.0	14.3	1.47	1.54	1.51
	40/60	34.16	34.16	34.16	76.6	76.7	76.7	76.6	73.6	75.1	14.1	14.0	14.1	1.55	1.56	1.55
	0/100	33.13	33.65	33.39	76.3	78.3	77.3	74.2	74.0	74.1	12.5	12.7	12.6	1.69	1.73	1.71
8 Coarse size ore	34.42	34.42	34.42	72.9	74.6	73.8	71.8	71.0	71.4	13.5	12.5	13.0	1.55	1.70	1.63	
9 Anthracite coke	1.75 anth	35.90	35.90	35.90	76.0	77.4	76.7	78.8	78.8	78.8	15.8	15.0	15.4	1.45	15.0	1.48
	2.0 anth	35.62	35.62	35.62	77.7	76.7	77.2	75.8	76.9	75.4	15.0	14.9	15.0	1.54	1.53	1.54
10 Alkali	Sea water	34.43	34.43	34.43	75.5	73.5	74.5	71.0	70.2	70.6	14.0	14.7	14.1	1.55	1.48	1.52
	CaCl ₂	34.42	34.42	34.42	75.2	76.9	76.1	76.3	72.4	74.4	13.8	13.6	13.7	1.57	1.63	1.60

Table 5 - 15 Properties of sinter product

Test	Chemical composition (%)											RDI (%)		RI %
	T,Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	Na ₂ O	K ₂ O	-2.83mm	-1mm			
2 Coke (Hiero-Peru)	3.0%	58.54	9.89	5.94	8.74	0.91	1.22	0.014	0.15	0.06	23.2	9.9	74.8	
	3.5	58.98	12.01	5.88	8.93	0.96	1.11	0.015	0.15	0.06	17.1	7.3	67.5	
	4.0	58.71	13.19	5.94	9.03	0.94	1.14	0.013	0.16	0.06	12.8	4.1	64.0	
	4.5	58.73	14.74	5.99	9.03	0.99	1.11	0.011	0.16	0.06	13.2	4.0	66.1	
	2.5%	58.30	2.56	6.25	8.16	2.12	0.24	0.015	0.04	0.06				
3 Standard	3.0	58.13	2.73	6.46	8.28	2.16	0.21	0.008	0.04	0.06				
	3.5	58.25	4.22	6.34	8.12	2.19	0.24	0.007	0.04	0.06				
	4.0	58.54	5.92	6.41	8.05	2.17	0.23	0.005	0.04	0.06	23.7, 22.2	10.1, 9.5	68.6	
	4.5	58.64	7.79	6.38	8.04	2.24	0.20	0.005	0.03	0.06				
4 CaO/SiO ₂	Standard	59.15	13.19	5.79	8.90	0.99	1.07	0.012	0.16	0.06	14.7, 14.6	5.8, 5.7	65.4	
	1.2	60.49	14.34	5.80	7.00	0.93	1.15	0.008	0.15	0.05	20.3	8.1	62.3	
5 SiO ₂ with 3% coke	1.8	57.50	12.53	5.93	10.44	0.96	1.11	0.018	0.16	0.06	14.8	6.1	68.6	
	4.0%	61.55	10.35	4.50	6.51	0.84	1.15	0.010	0.15	0.06				
	5.0	60.07	10.07	5.28	7.80	0.92	1.09	0.011	0.15	0.07				
	6.0	58.21	9.63	6.13	9.47	0.98	1.13	0.019	0.16	0.08				
7 R.O./T.O. ratio	4.0%	61.94	14.93	4.41	6.46	0.82	1.15	0.006	0.16	0.04	13.9	5.7	60.1	
	5.0	60.19	13.80	5.34	7.98	0.90	1.11	0.016	0.15	0.05	15.1	6.1	61.7	
	6.0	57.92	13.13	6.46	9.50	1.00	1.13	0.015	0.16	0.07	13.5	5.2	66.6	
9 Anthracite coke 2.0 anth 2.0	100/0	59.13	14.94	5.73	8.69	1.00	1.10	0.014	0.13	0.05	13.1	5.1	64.0	
	40/60	58.91	12.67	6.07	8.79	0.93	1.13	0.014	0.17	0.06	16.6	6.5	65.2	
	0/100	58.56	10.81	6.09	8.93	0.89	1.07	0.014	0.20	0.06	23.2	9.1	75.1	
10 Alkali	Sea water	58.56	13.65	5.99	8.87	0.98	1.15	0.010	0.16	0.04	29.7	13.0		
	CaCl ₂	58.51	13.62	5.98	9.05	0.94	1.17	0.007	0.07	0.02	17.1	7.6		

Table 5 - 16 Density of sinter particles (15 - 20 mm) and porosity of sintered bed for Hierro-Peru ore (R.O./T.O. = 60/40)

Coke breeze content (%)	Density (g/cm ³)	Porosity (%)
3.0	3.70	43.7
3.5	3.81	47.3
4.0	3.83	48.2
4.5	3.91	50.0

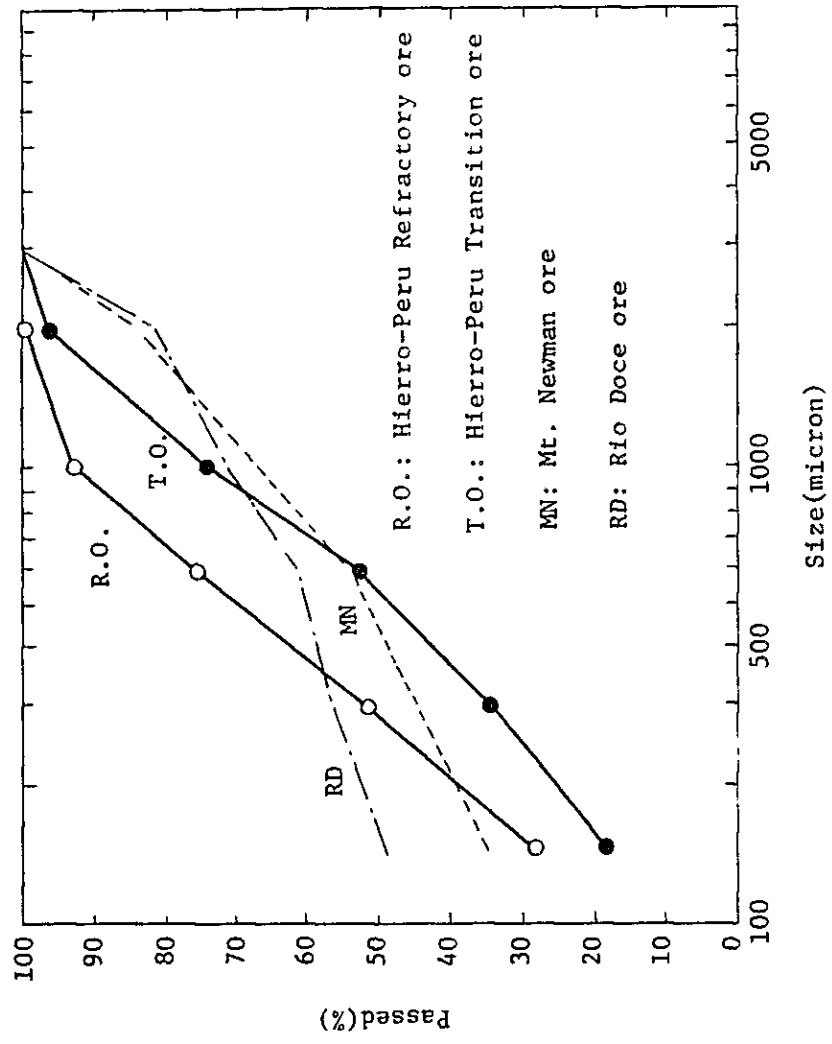


Fig. 5 - 6 Size distribution of Hierro-Peru ores and PSC ores

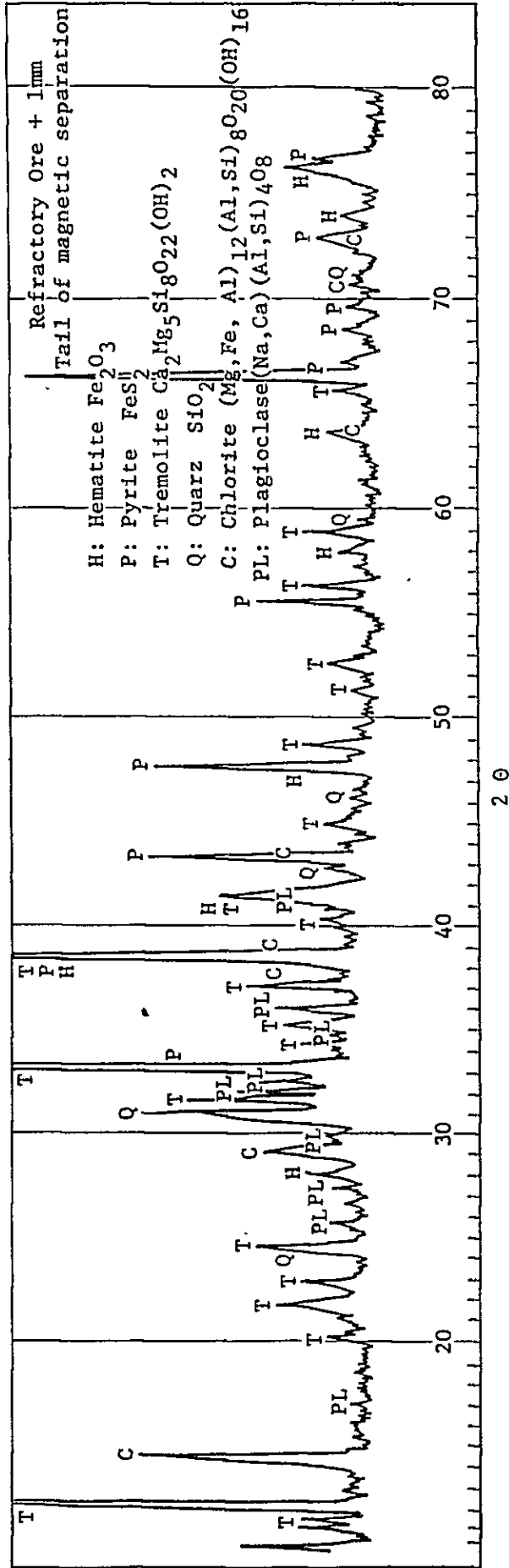


Fig. 5 - 7 X ray diffraction pattern of Hierro-Peru ore

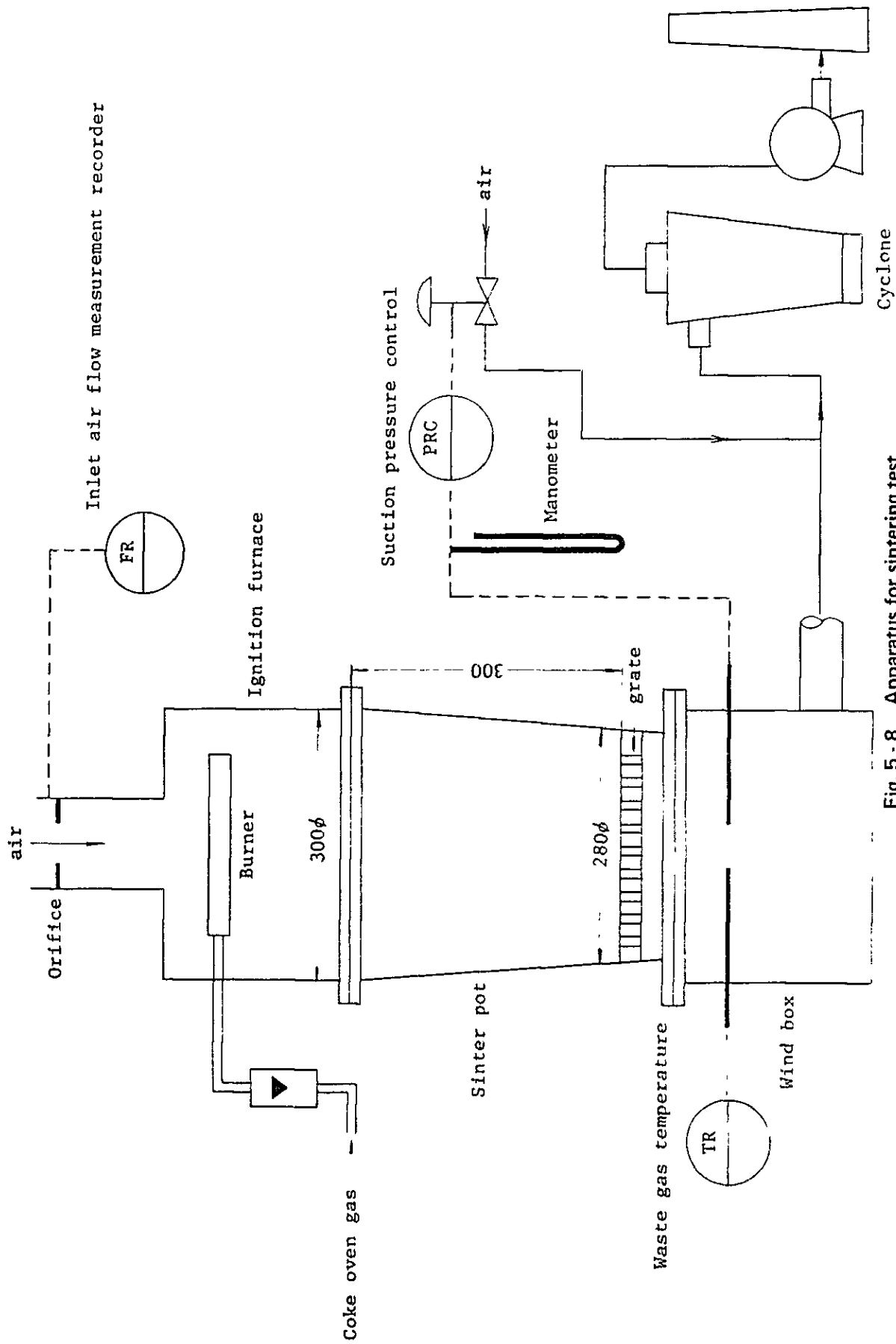


Fig. 5 - 8 Apparatus for sintering test

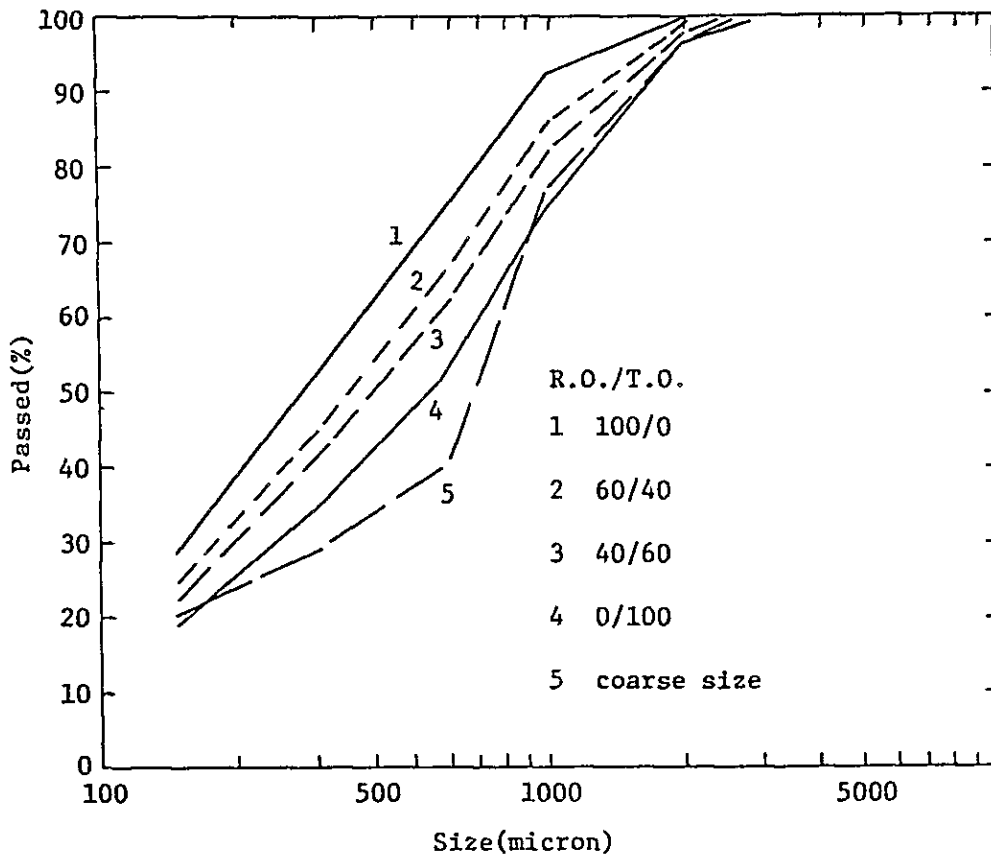


Fig. 5 - 9 Change of size distribution for the blending ratio of Hierro-Peru ores

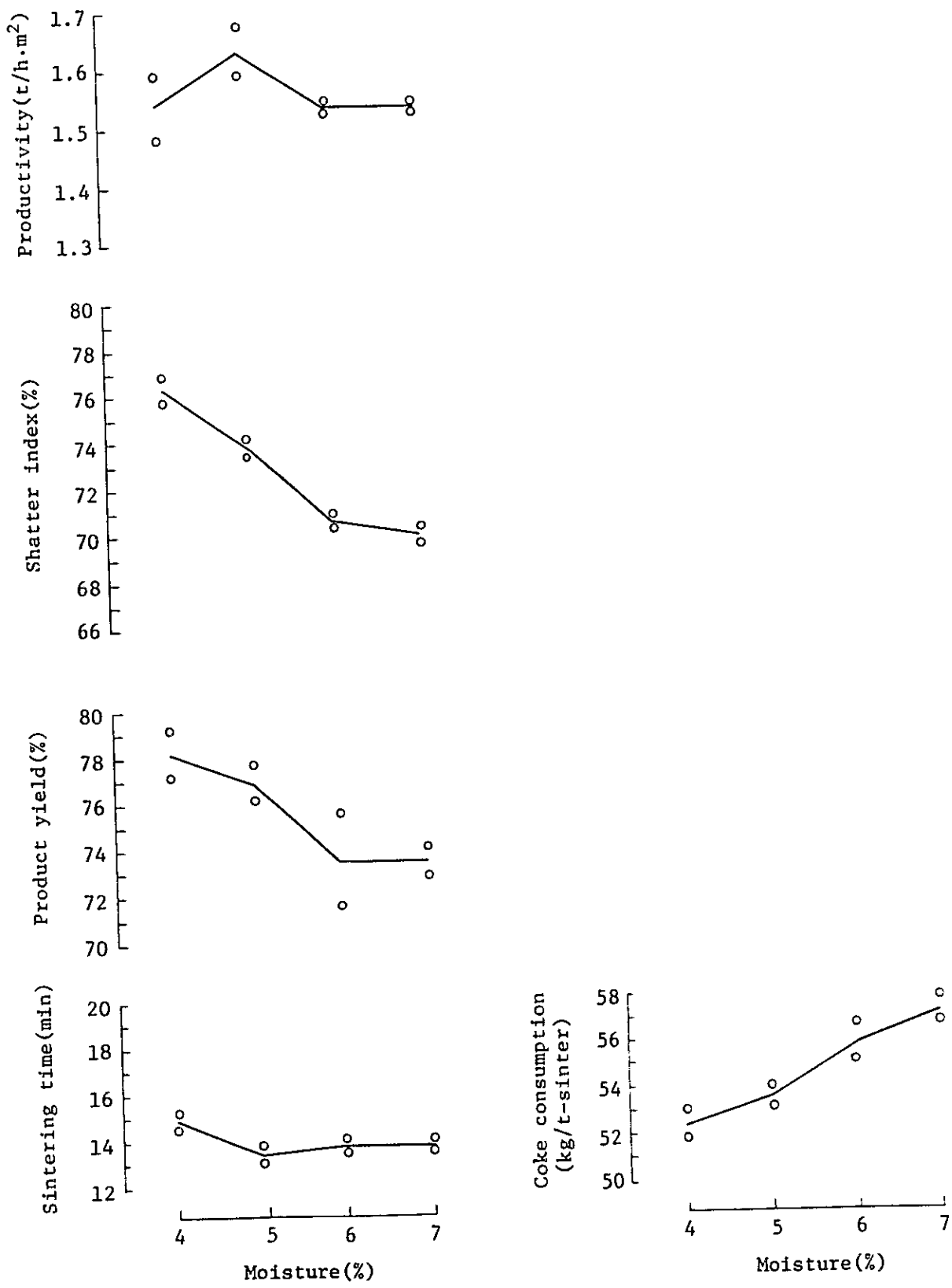


Fig. 5 - 10 Effects of moisture content
(R.O./T.O. = 60/40, 4% Coke breeze)

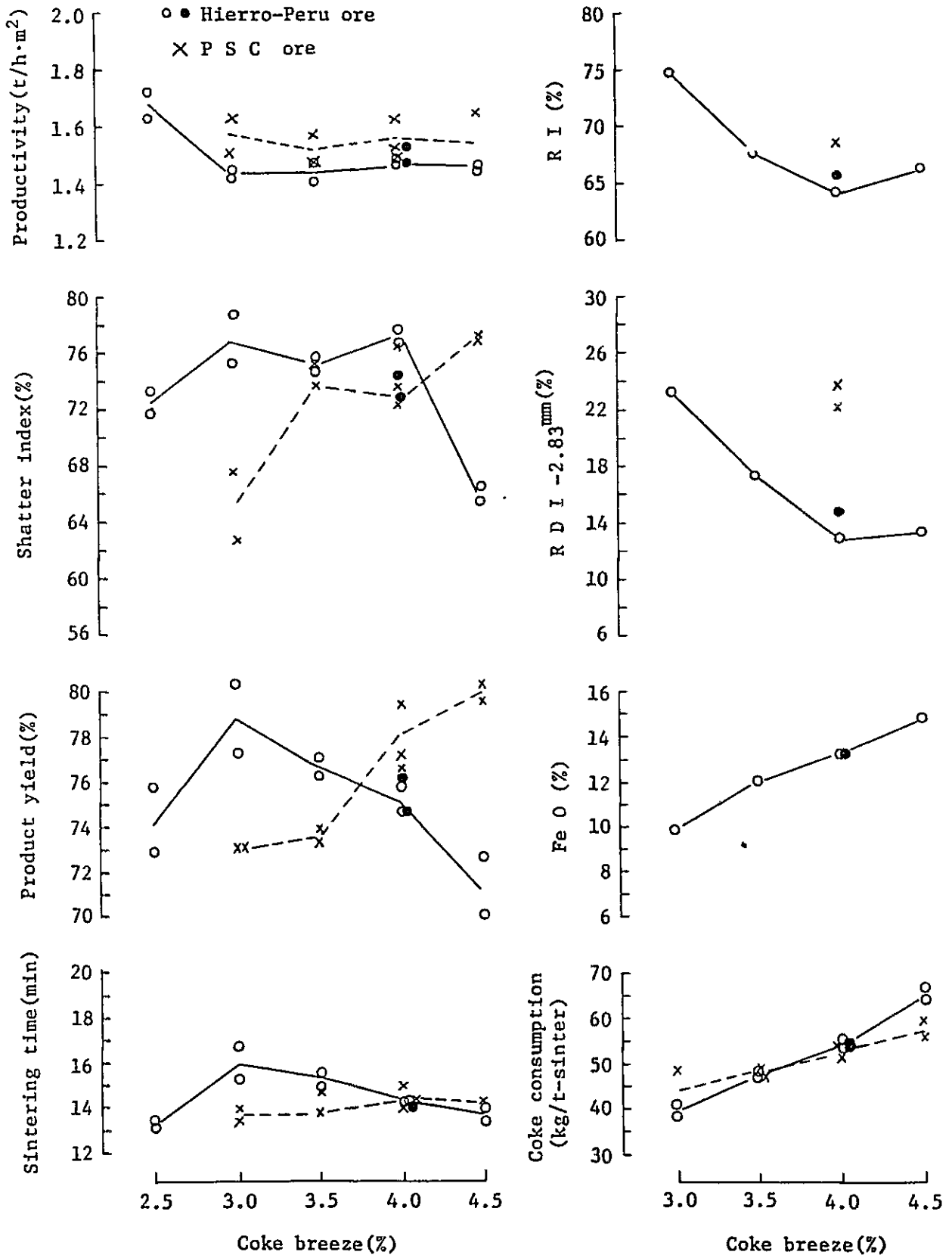


Fig. 5 - 11 Effects of coke content on Hierro-Peru and PSC ores

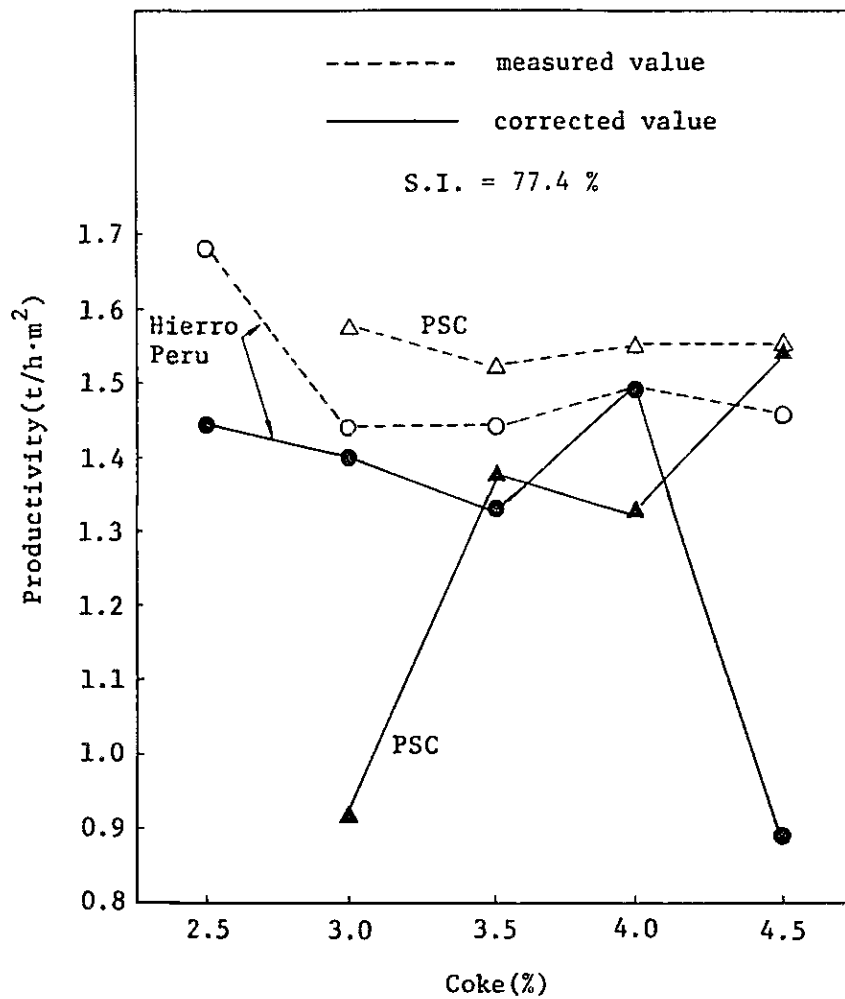


Fig. 5 - 12 Productivity corrected under the constant shatter index (S.I.)
 (correction factor - 0.05 t/h.m²/% S.I.)

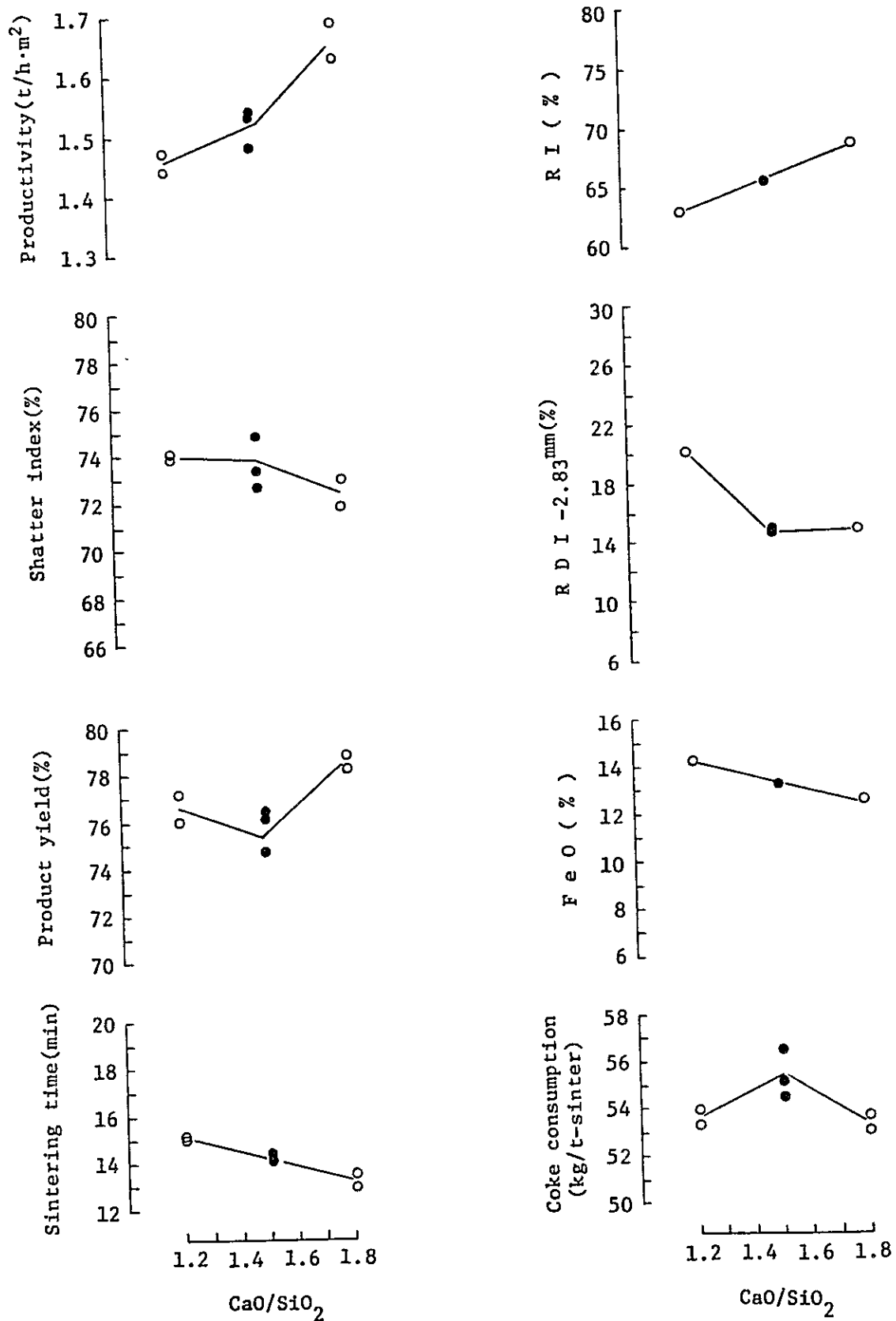


Fig. 5 - 13 Effects of basicity (CaO/SiO₂)
(R.O./T.O. = 60/40, 4% Coke breeze)

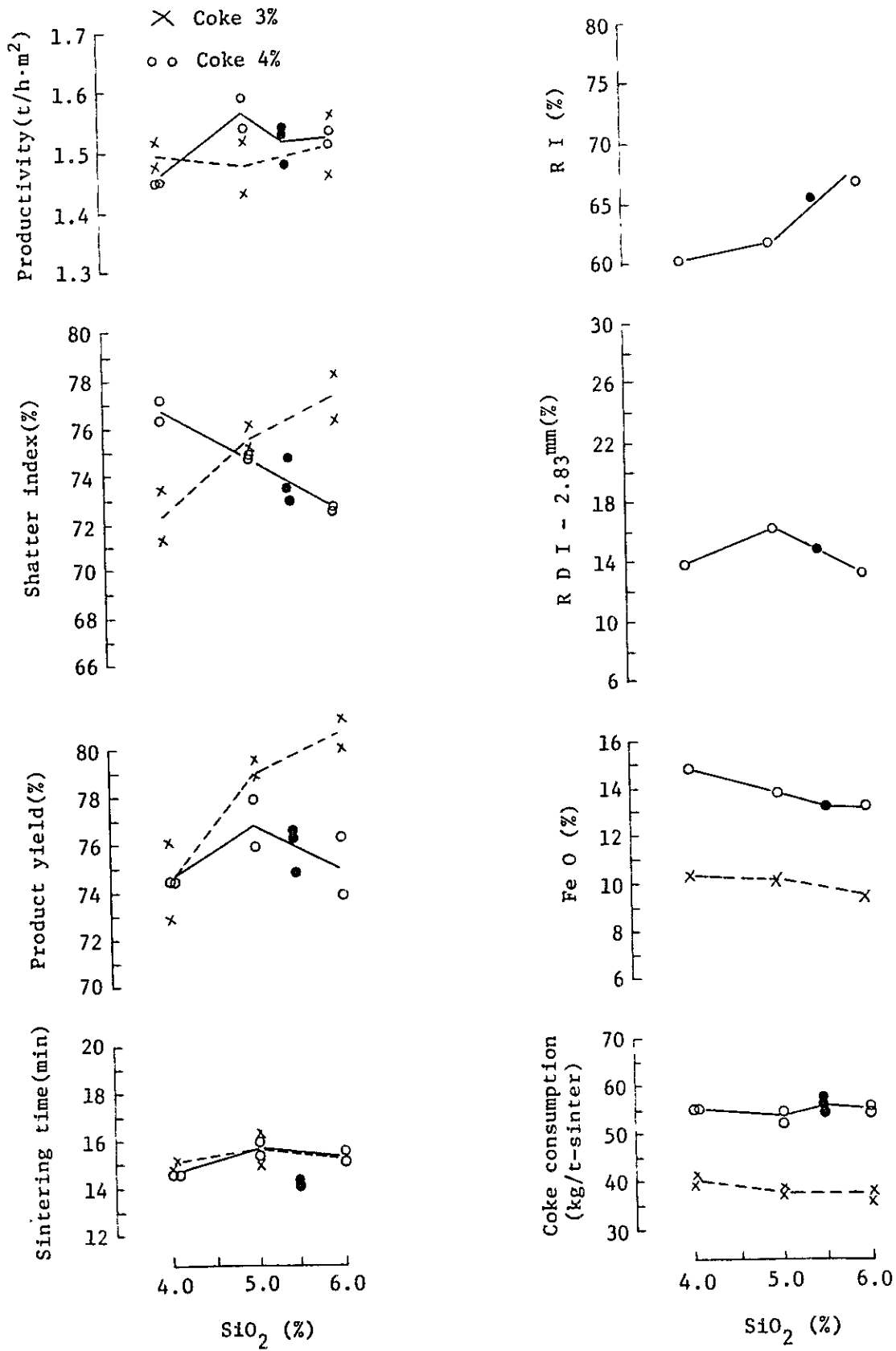


Fig. 5 - 14 Effects of SiO₂ (R.O./T.O. = 60/40)

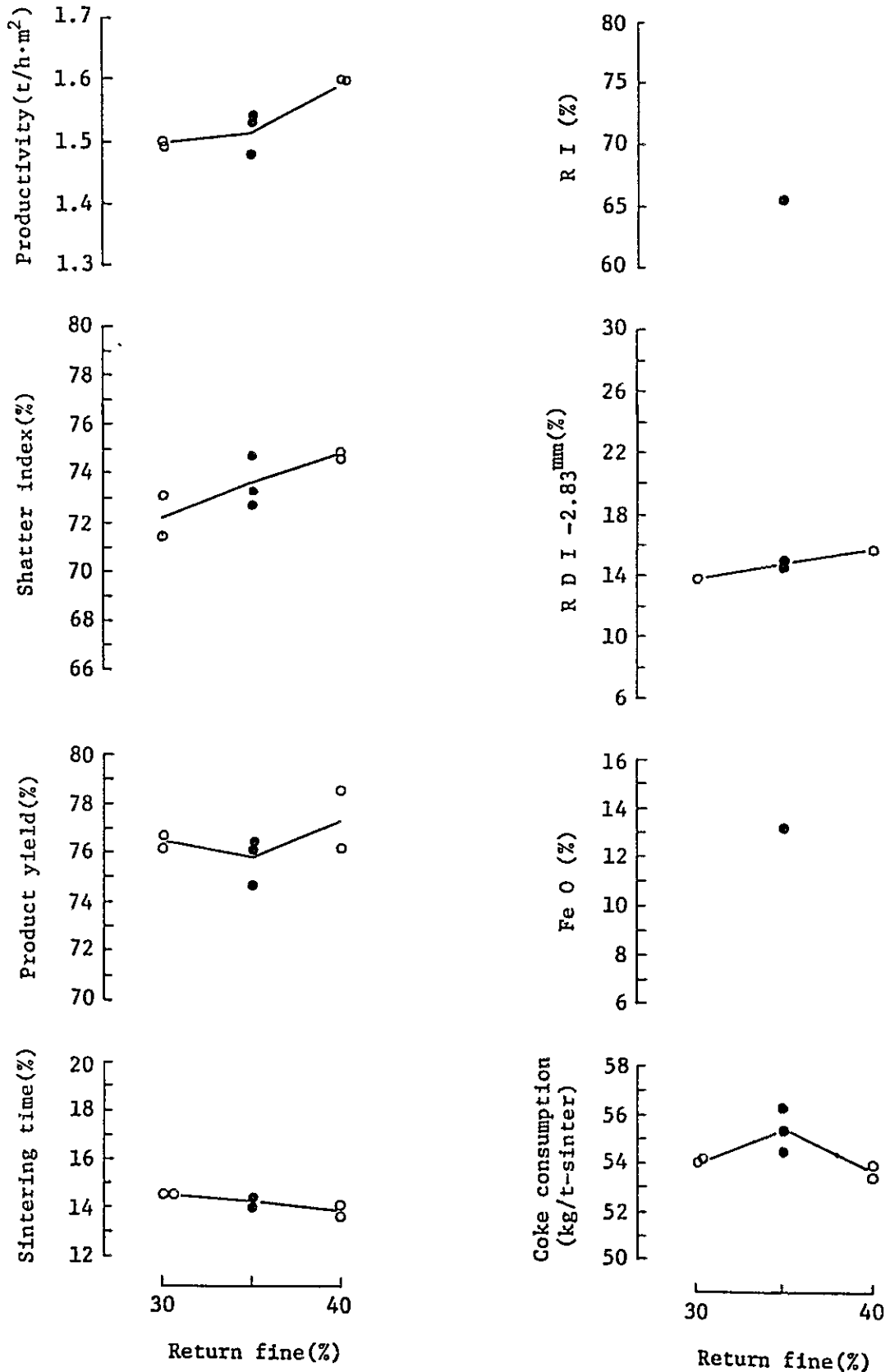


Fig. 5 - 15 Effects of return fine
(R.O./T.O. = 60/40, 4% Coke breeze)

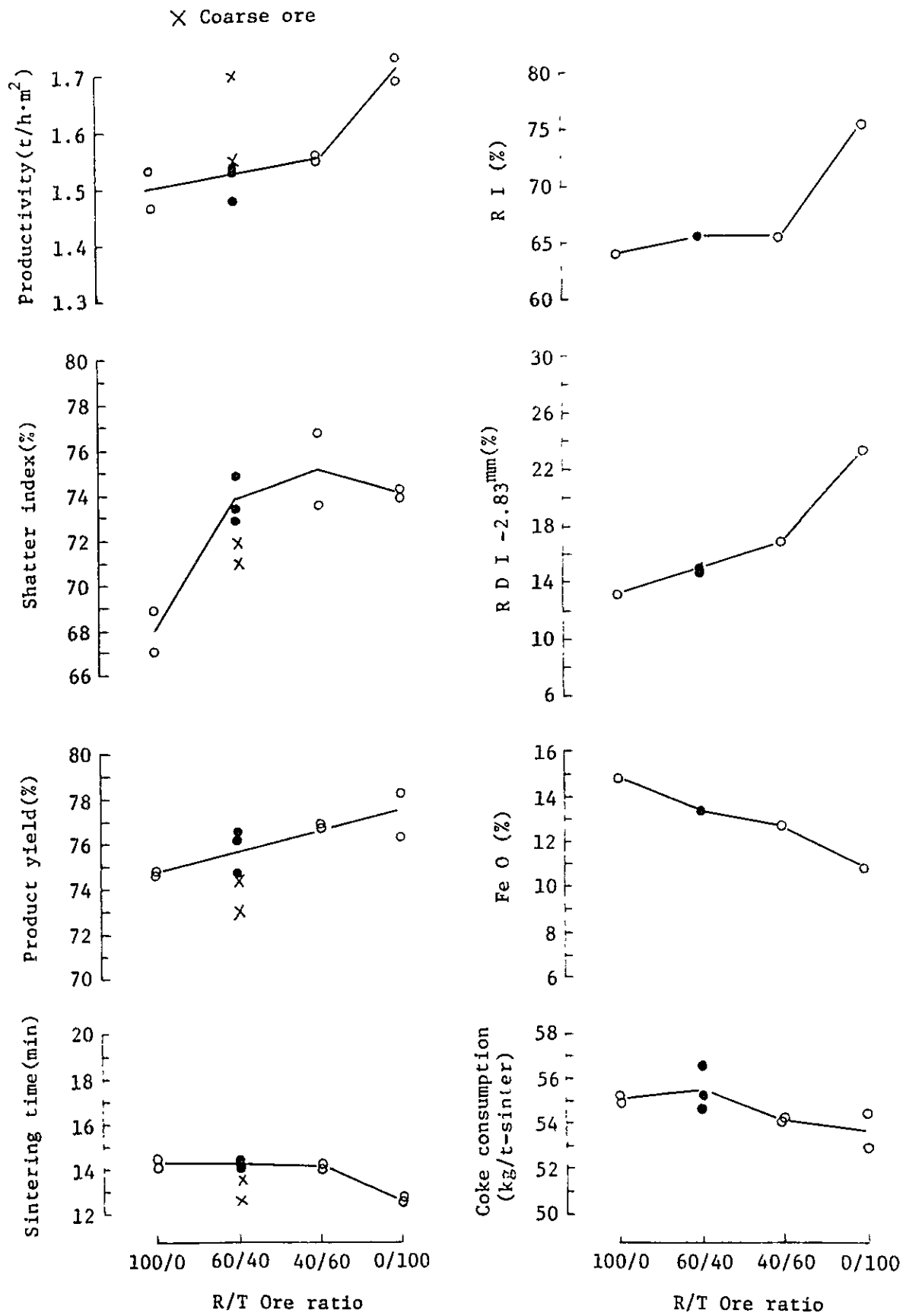


Fig. 5 - 16 Effects of blending ratio of refractory and transition ores (4% Coke breeze)

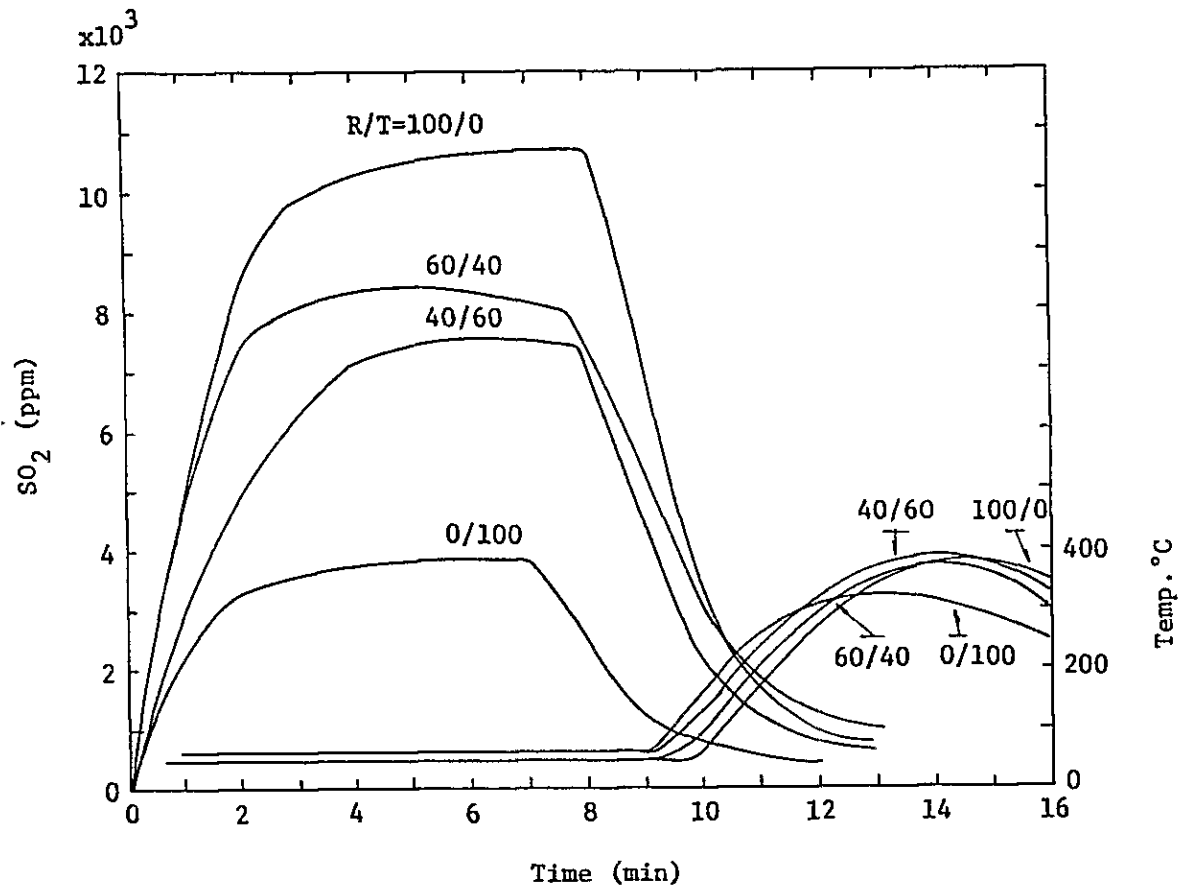


Fig. 5 - 17 Change of SO₂ in waste gas during sintering

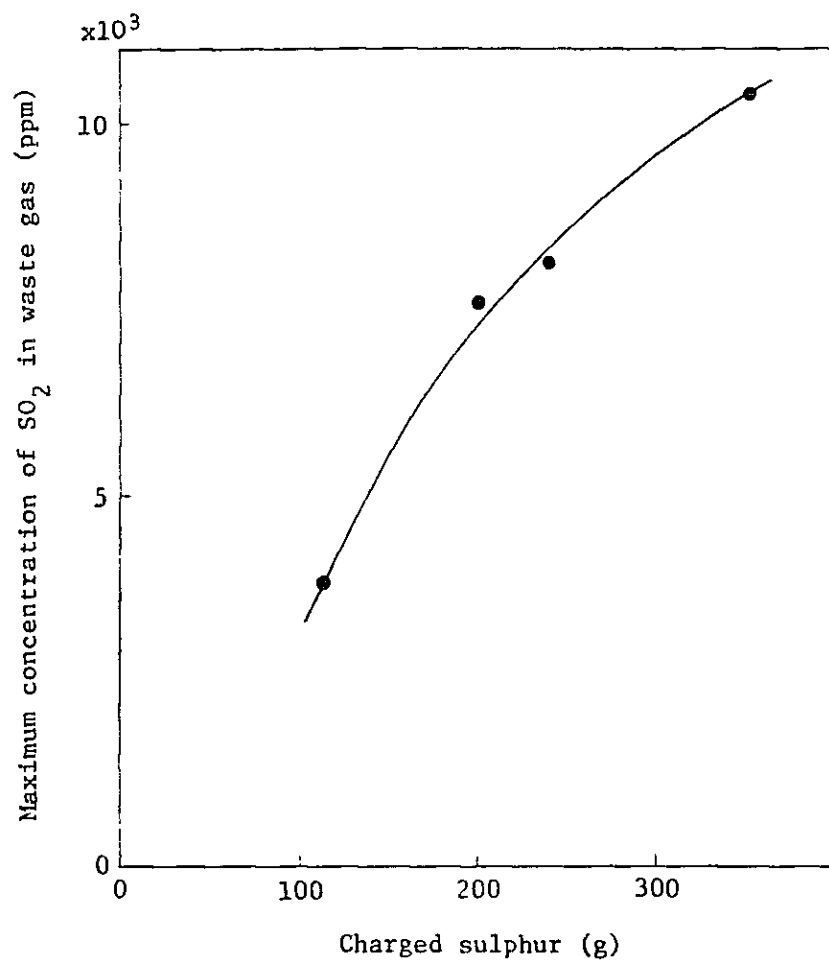


Fig. 5 - 18 Relationship between charged sulphur and concentration of SO₂ in waste gas during sintering

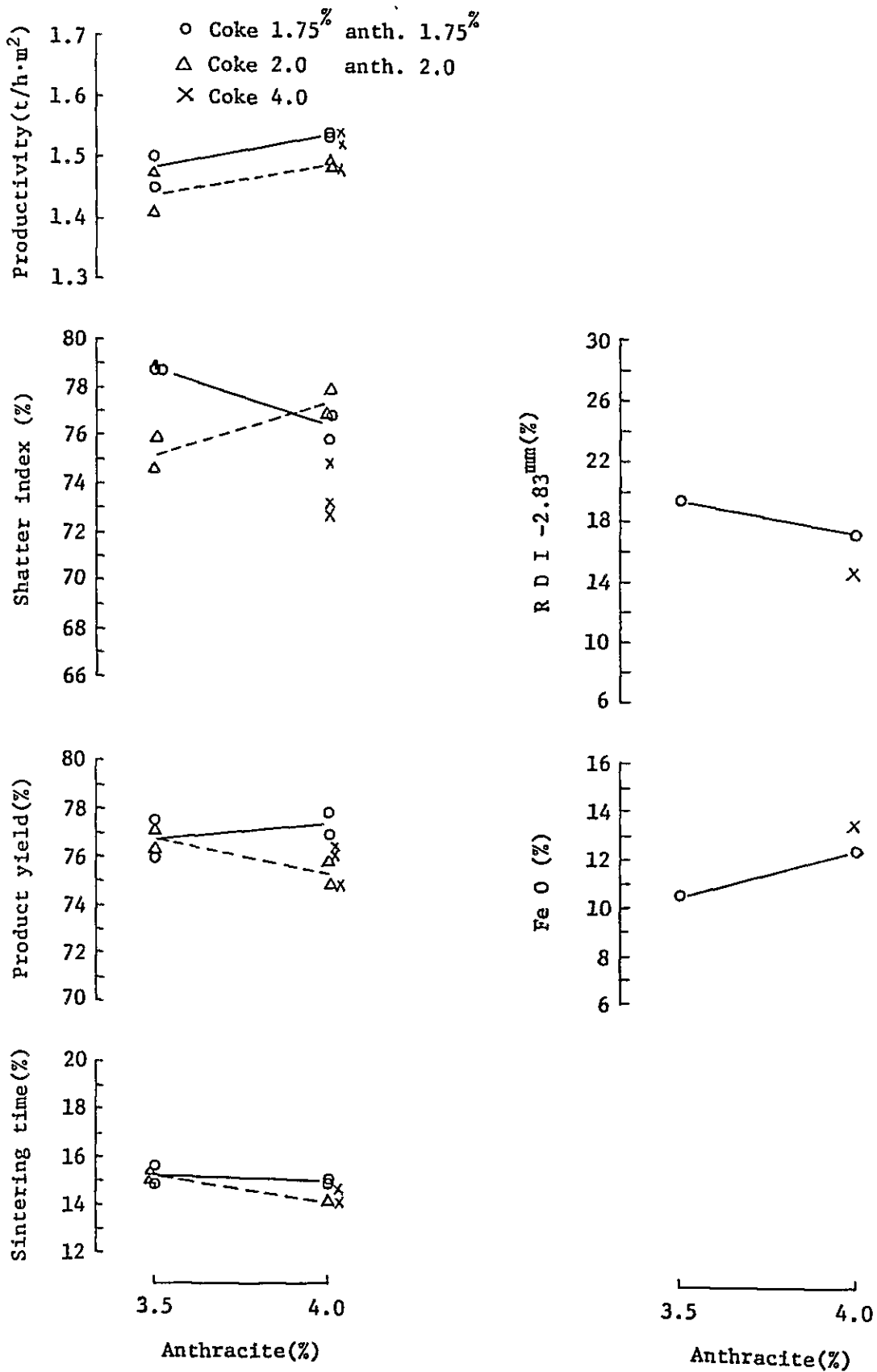


Fig. 5 - 19 Effects of Anthracite (R.O./T.O. = 60/40).

	CaCl ₂ added		Seawater		Standard	
	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
K ₂ O	r. f. (8)	Waste gas (77)	r. f. (14)	Waste gas (55)	Coke (7)	Waste gas (34)
	T.O. (27)		T.O. (24)		r. f. (21)	
	R.O. (57)	Sinter product (23)	R.O. (52)	Sinter product (45)	T.O. (24)	Sinter product (66)
Na ₂ O	R.O. (52)	Sinter product (42)	R.O. (36)		R.O. (51)	
	T.O. (19)	Waste gas (58)	T.O. (13)	Sinter product (66)	T.O. (20)	Sinter product (98)
	r. f. (27)		r. f. (18)		r. f. (27)	
	Coke (2)		Coke (1)		Coke (2)	
		r. f.::return fine (32)	Sea water (32)			Waste gas (2)

Fig. 5 - 20 Alkali balance in before and after sintering

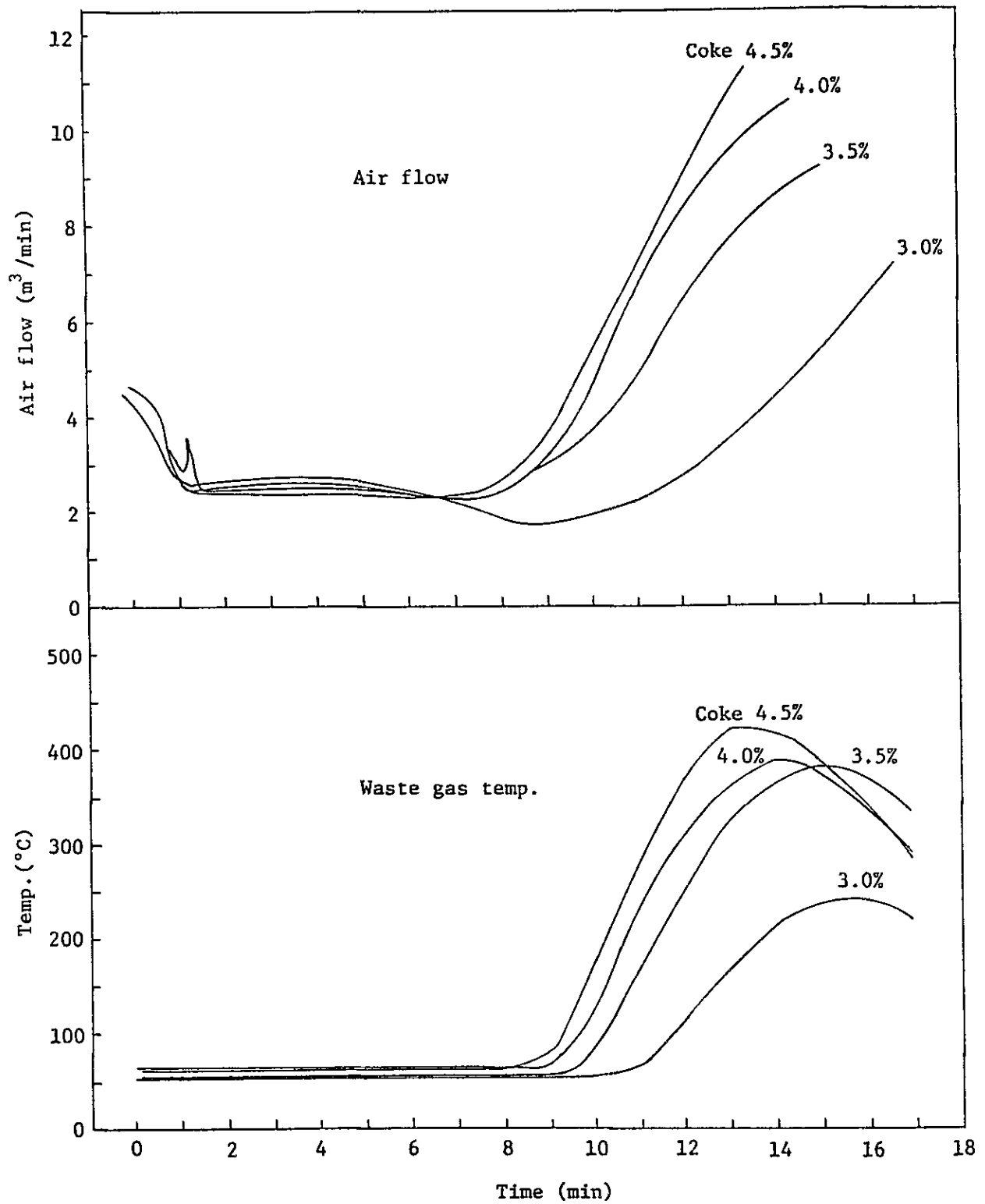


Fig. 5 - 21 Change of air flow and waste gas temperature during sintering

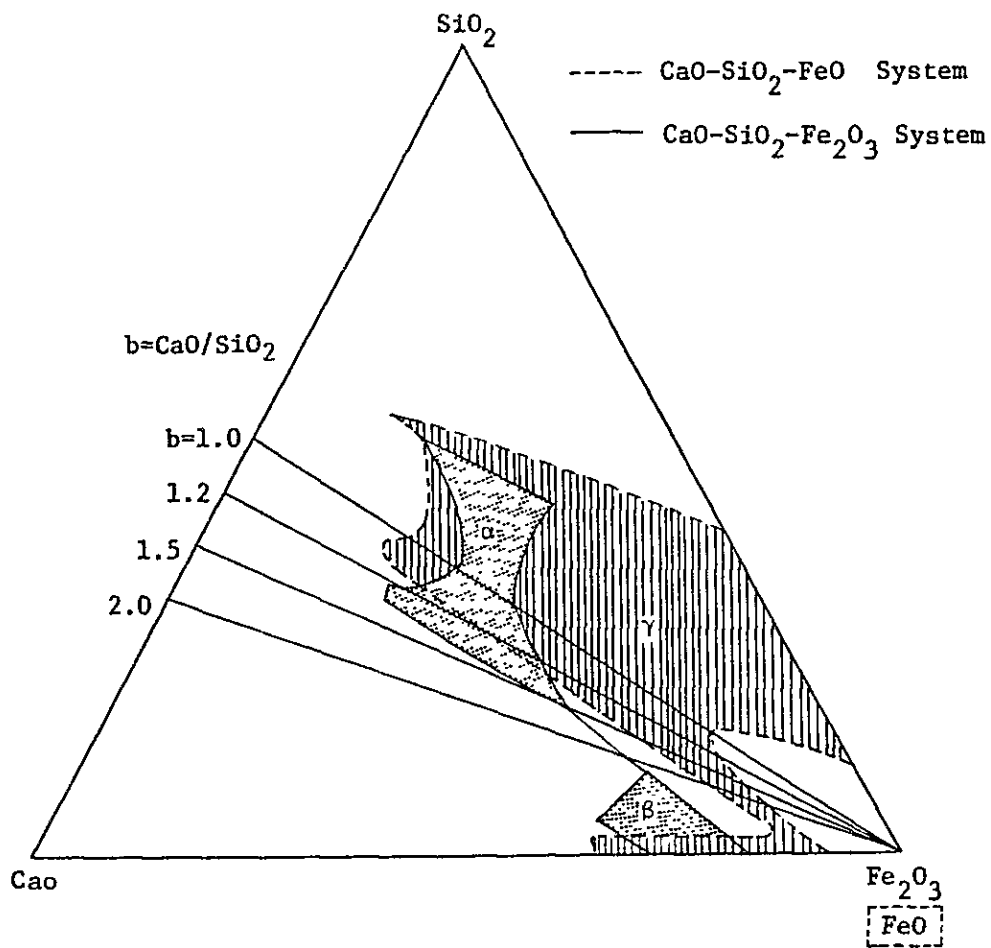
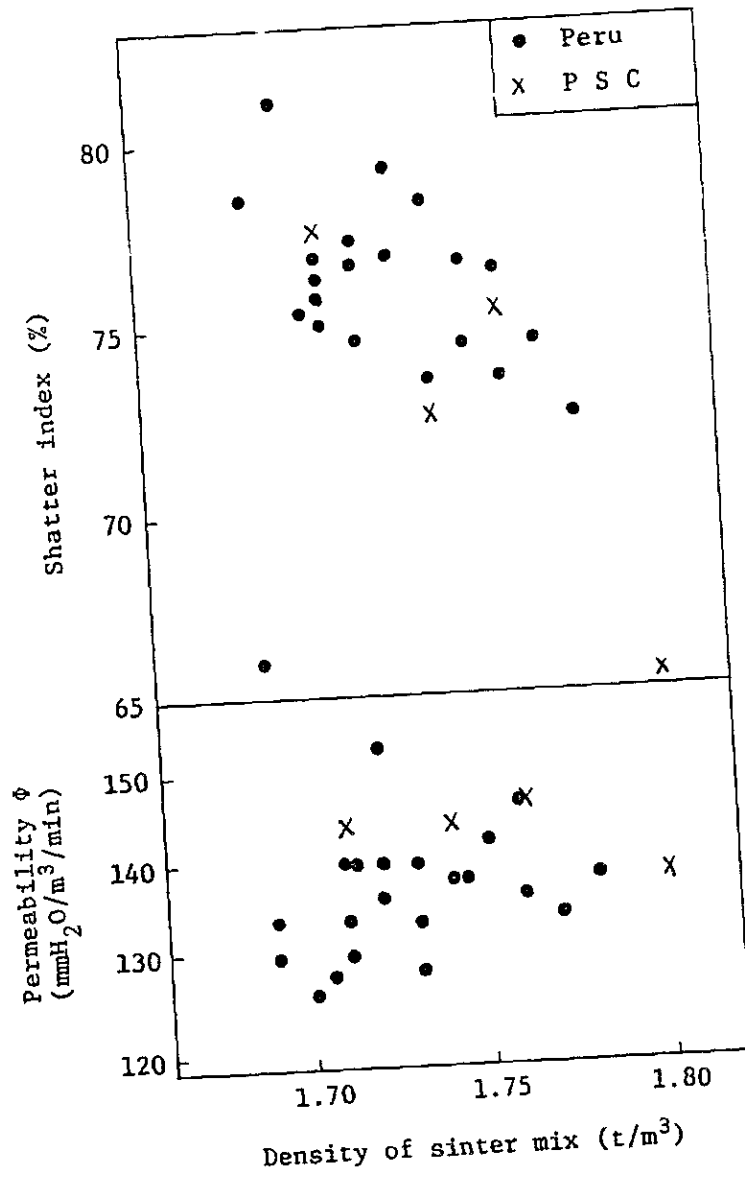


Fig. 5 - 22 Melting zones for CaO-SiO₂-iron oxide (FeO, Fe₂O₃) systems at 1300°C and above



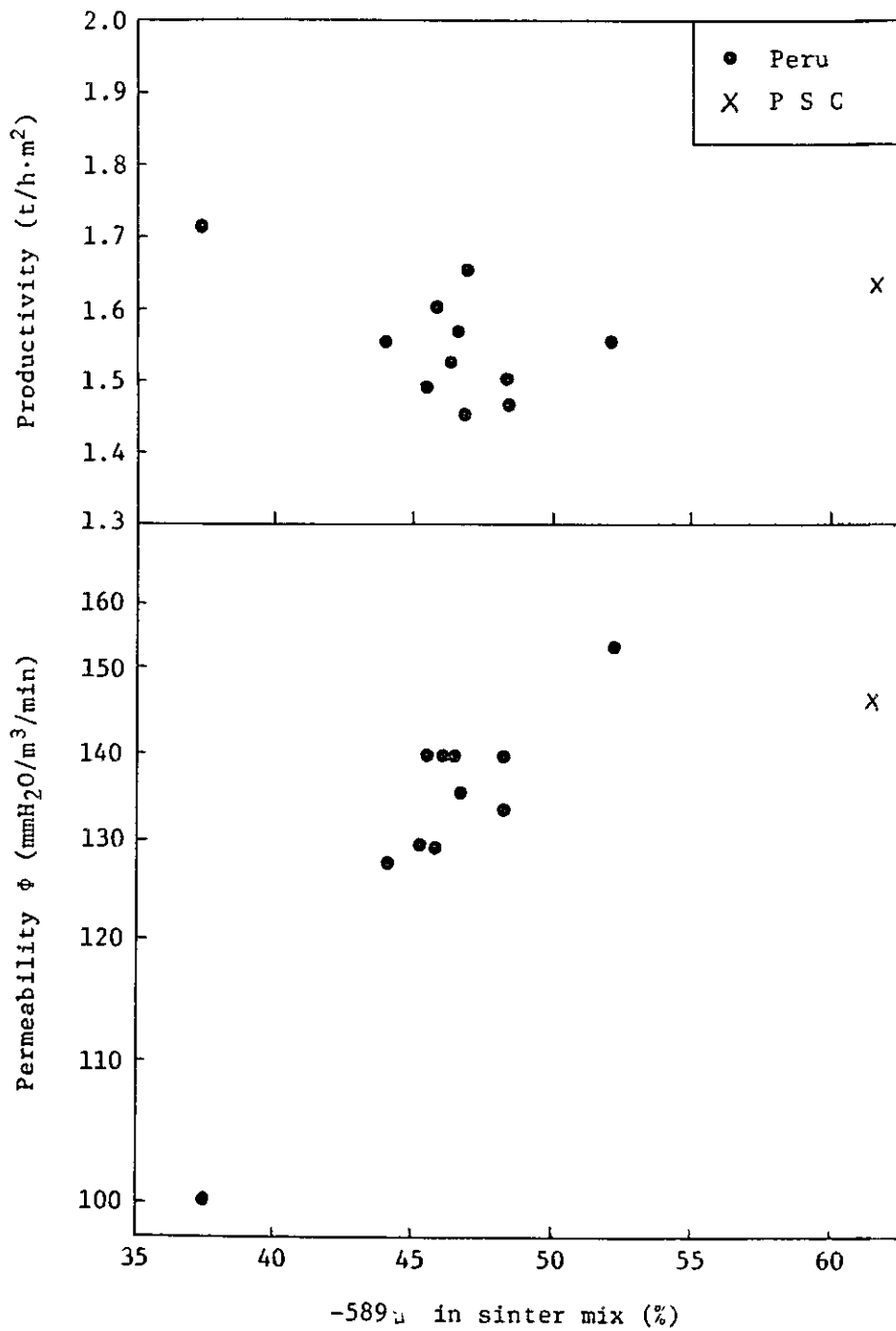


Fig. 5 - 24 Effects of fine particles in sinter mix on permeability before ignition, and productivity

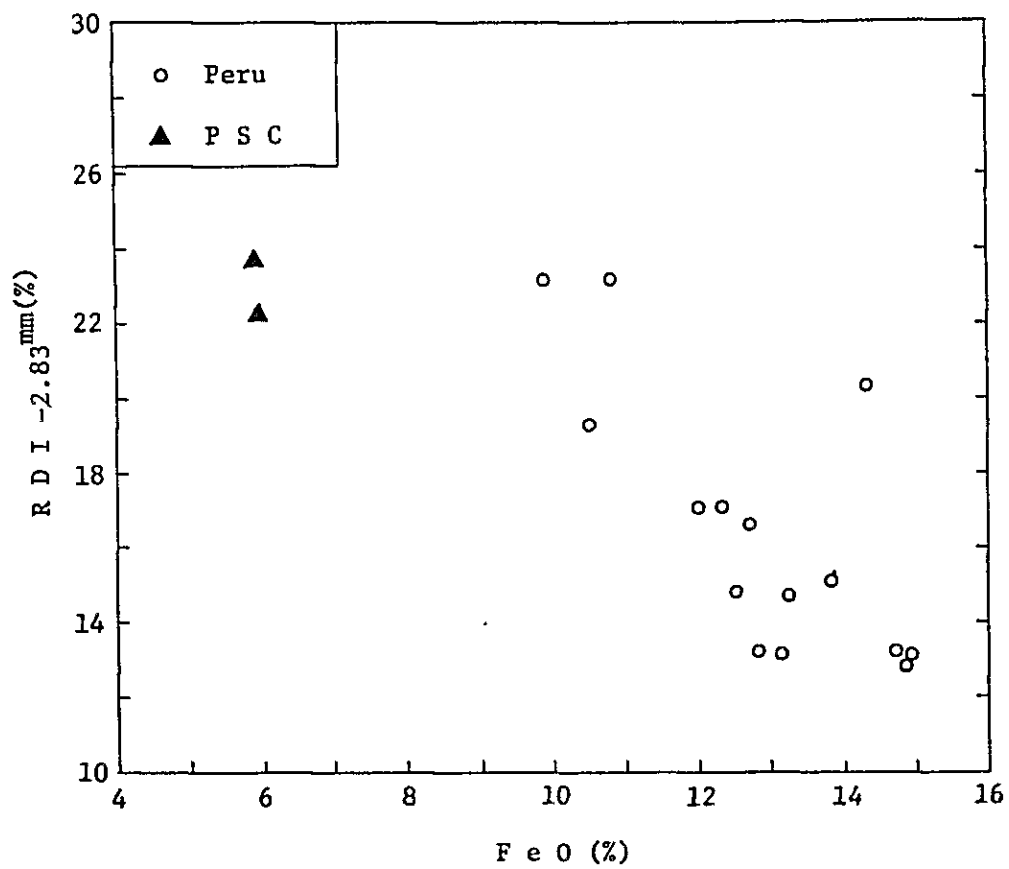


Fig. 5 - 25 Relationship between FeO in sinter product and R D I

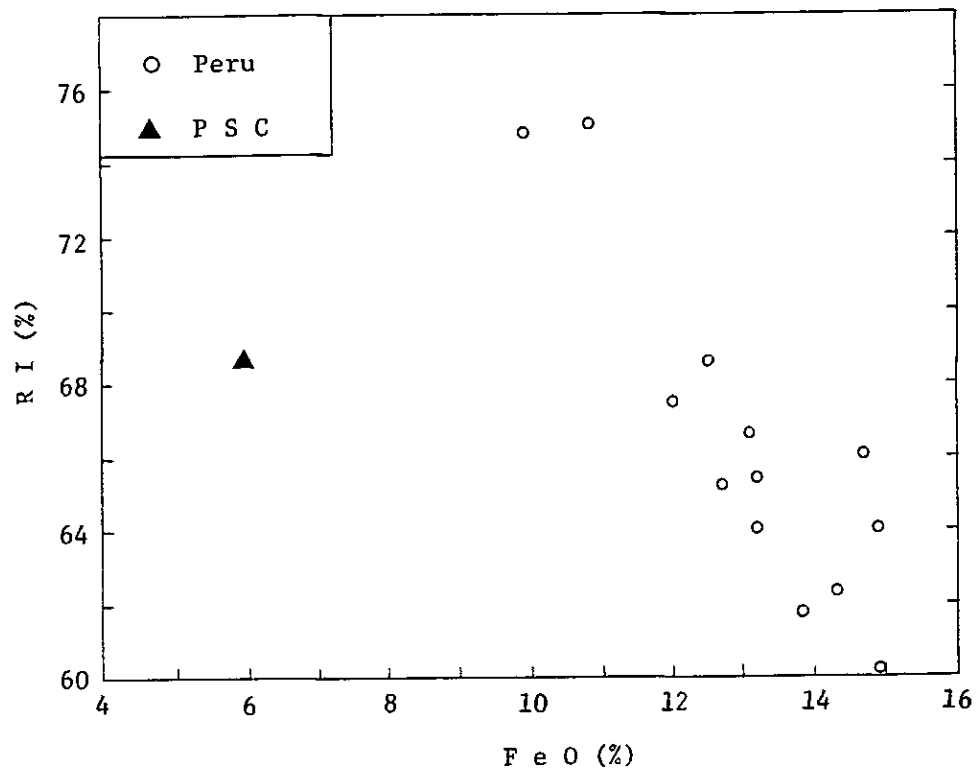


Fig. 5 - 26 Relationship between FeO in sinter product and R I

Photo 5 - 1 Microstructure of Hierro-Peru ore sinter in relation to coke breeze content (x100)





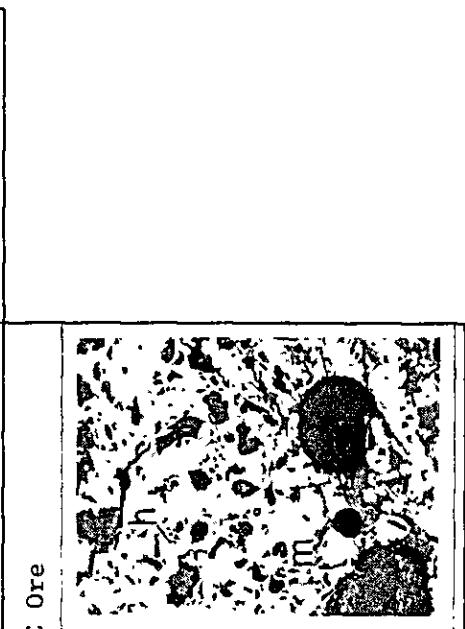
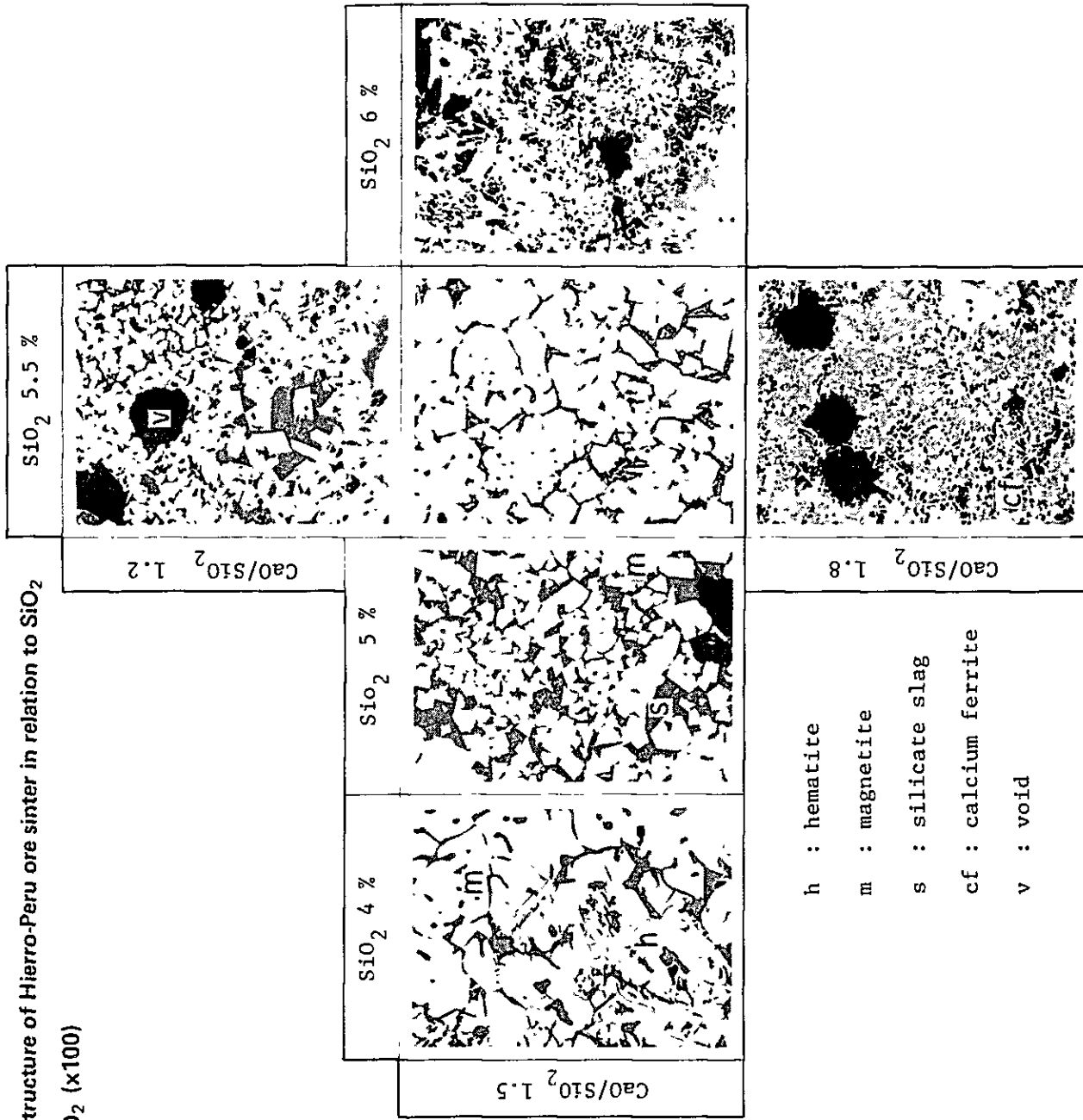
Coke 3.0%	3.5%	4.0%	4.5%
Hierro-Peru ore (R.O/T.O=60/40)			
			
P S C Ore			
<p>h : hematite m : magnetite s : silicate slag cf : calcium ferrite v : void</p>			
			

Photo 5 - 2 Microstructure of Hierro-Peru ore sinter in relation to SiO₂ content and CaO/SiO₂ (x100)



5.5 原料および製造条件の検討

5.5.1 概 要

イエロ・ベル鉱石は、成分変動が大きく、S含有量、アルカリ含有量の多い鉱石である。鉱石性状が、焼結操業、高炉操業、周辺環境に与える影響を調査し、問題点の対策を検討した。

焼結鉱に必要な化学性状、物理性状各種原単位については、イエロ・ベル鉱石の各種試験、ポットテスト結果を用いて検討した。

ポットテストは、焼結操業をシミュレートしたものであるが、ポットテスト自体の精度上の問題が多少あるため、P.S.C焼結原料を使用したポットテストおよびP.S.C焼結鉱性状と対比して、検討を行った。

イエロ・ベル焼結プロジェクト実施前に、イエロ・ベル鉱石を用いた実焼結機でのテストを行うのが望ましい。これにより各種原単位の確認、原料装入方法等のポットテストでは十分な知見が得られない操業条件を把握することが可能である。

5.5.2 成分変動状況とその対策

(1) 成分変動減少の必要性

イエロ・ベル社が、1979年12月に行った成分変動調査結果、1979年の年間の化学成分、過去5年間の化学成分をそれぞれTable 5-17, 5-18, 5-19に示す。1979年12月のイエロ・ベル鉱石の成分変動調査結果によると、 SiO_2 の変動は $\sigma = 0.490\%$ であった。この鉱石で焼結鉱を製造する場合、 SiO_2 は2%以上変動する。この時、焼結鉱の塩基度(CaO/SiO_2)は0.4、常温強度(Shatter Index)は2~6%、還元強度(Reduction Disintegration Index)は6~10%変動することになる。またこの鉱石を高炉に20%装入する場合、高炉滓の塩基度の変動は0.09に相当する。

このように品質変動の大きい焼結鉱は、高炉の炉況、変動の原因になるため、事前に適切な処理が必要である。川崎製鉄の例では、焼結原料の SiO_2 の変動は $\sigma = 0.16\%$ であり、この鉱石の σ になっている。

イエロ・ベル焼結鉱の商品価値を高めるためには、原料鉱石の SiO_2 の変動を減少させる必要がある。イエロ・ベル鉱石の SiO_2 の変動は、鉱床の変化、選鉱度合、粒

度変化（粒度により品位が異なる。Table 5-9, 5-10），R.O. と T.O. の混合比率変化等により起るものと考えられる。これらの変動原因をとり除くことは困難なため、オアベンディングによる均質化をはかることが有効である。

Table 5 - 17 n, max, min, mean and standard deviation of Concentrate type KN by Shift (December, 1979)

	Concentrate KN from T.O.							Concentrate KN from P.O.							Concentrate Total KN							
	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
n	73	87	87	87	87	87	47	73	87	87	87	87	87	47	72	87	87	87	87	87	87	47
max.	30.7	66.8	0.960	1.33	1.89	4.36	0.53	43.9	67.4	1.270	1.50	1.84	4.81	1.14	39.1	67.0	1.080	1.33	1.66	4.82	0.86	
min.	14.5	64.0	0.470	0.50	0.71	2.45	0.16	28.8	63.7	0.532	0.53	1.01	2.50	0.40	22.0	64.0	0.664	0.52	0.95	2.59	0.32	
mean	21.44	65.26	0.6251	0.803	1.329	3.422	0.349	94.65	65.71	0.9903	0.878	1.371	3.604	0.659	31.28	65.53	0.8953	0.840	1.353	3.542	0.566	
$\hat{\sigma}_{n-1}$	2.90	0.64	0.0988	0.170	0.165	0.421	0.069	2.84	0.81	0.1166	0.198	0.168	0.542	0.160	2.69	0.59	0.0920	0.159	0.134	0.490	0.120	

Table 5 - 17 - a Variation of Chemical Components on Concentrate, Type KN, December 1979

Date 1979 Dec.	Concentrate KN from T.O.							Concentrate KN from P.O.							Concentrate Total KN						
	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	23.2	66.8	0.576	0.64	1.29	2.77	0.25	34.4	67.2	0.998	0.76	1.25	2.80	0.41	30.5	67.0	0.904	0.74	1.28	2.73	0.32
2	22.3	66.4	.733	.73	1.26	3.15	.34	35.5	67.5	1.014	.84	1.36	2.90	.46	30.5	66.7	.882	.70	1.23	2.95	.41
3	-	66.6	.579	.64	1.16	2.70	.24	-	67.4	1.097	.73	1.23	2.85	.40	-	65.9	1.080	.95	1.36	3.10	.54
1	21.2	65.7	0.480	0.81	1.53	3.55	0.27	34.7	67.0	0.927	0.78	1.20	2.65	0.46	29.8	66.6	0.862	0.76	1.29	3.30	0.46
2	23.8	66.1	.621	.74	1.13	2.70	.26	32.3	66.7	.995	.70	1.16	2.61	.53	32.0	66.5	.975	.64	1.06	2.59	.50
3	21.5	66.0	.470	.76	1.16	2.72	.18	30.2	65.9	1.035	.78	1.18	3.34	.70	29.1	66.8	.848	.70	1.06	3.10	.55
1	24.1	66.0	0.527	0.76	1.33	2.45	0.16	31.5	65.9	1.036	0.90	1.39	3.15	0.67	29.4	66.3	0.900	0.70	1.33	2.85	0.54
2	16.3	65.8	.520	.62	1.26	3.00	.27	30.3	66.7	1.200	.77	1.25	2.95	.45	20.1	66.3	1.040	.74	1.26	2.82	.43
3	18.8	66.0	.524	.63	1.29	2.84	.29	31.4	66.4	0.980	.83	1.33	2.85	.53	31.4	66.2	0.880	.77	1.33	3.05	.50
1	17.5	65.7	0.620	0.62	1.34	3.30	0.32	28.8	67.0	0.984	0.70	1.25	3.12	0.51	27.4	66.3	0.732	0.67	1.29	3.21	0.45
2	15.5	65.8	.496	.53	1.20	3.00	.33	31.7	66.8	.980	.53	1.15	2.50	.46	31.0	66.1	.840	.62	1.28	3.08	.44
3	19.9	64.8	.580	.67	1.29	3.10	.33	30.3	66.2	.881	.60	1.16	2.62	.42	32.7	65.6	.960	.64	1.25	3.07	.47
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	19.6	65.6	0.610	0.68	1.36	3.77	0.35	28.9	66.7	1.084	0.75	1.23	3.29	0.54	28.7	66.3	0.909	0.72	1.30	2.60	0.44
3	23.2	64.7	.665	.92	1.26	3.15	.36	33.7	65.6	1.164	.70	1.23	3.20	.63	39.1	65.1	.942	.67	1.39	3.10	.56
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	14.5	65.7	0.626	0.67	1.34	3.54	0.38	34.7	66.2	1.101	0.73	1.33	3.32	0.70	31.1	65.8	1.018	0.70	1.34	3.44	0.60
3	21.0	65.6	.700	.77	1.26	3.00	.42	37.2	66.1	1.130	.78	1.34	3.37	.96	34.9	65.8	1.000	.76	1.33	3.24	.86
1	23.2	65.8	0.580	0.53	0.71	2.85	0.33	86.0	66.2	1.160	0.83	1.29	3.25	0.84	31.4	66.0	0.920	0.78	1.00	2.90	0.60
2	21.0	64.8	.592	.90	1.38	1.16	.42	39.6	66.0	1.270	.77	1.33	3.36	1.07	33.3	65.4	.919	.80	1.36	3.25	.84
3	20.1	64.8	.548	.69	1.26	1.07	.40	35.6	66.2	0.865	0.84	1.39	3.20	0.88	34.8	65.4	.768	.80	1.34	3.19	.76
1	24.8	66.7	0.480	0.78	1.28	2.85	0.31	35.7	65.6	0.930	0.84	1.36	3.60	1.14	29.6	65.8	0.820	0.92	1.53	3.45	0.86
2	21.4	66.2	.505	.70	1.11	3.54	.53	34.6	65.1	.970	1.10	1.61	3.08	0.78	28.1	65.7	.869	1.02	1.29	2.75	.79
3	21.4	65.0	.600	.90	1.48	3.50	.30	43.9	66.5	.925	1.13	1.43	3.20	.56	36.0	65.8	.845	0.97	1.36	3.28	.48
1	-	65.8	0.494	0.84	1.28	1.87	0.30	-	65.5	0.898	0.91	1.29	3.36	0.70	-	65.6	0.710	0.84	1.28	3.44	0.50
2	-	65.1	.559	1.05	1.58	2.67	.42	-	66.2	0.780	.98	1.34	3.94	.65	-	65.7	.740	.99	1.39	3.50	.54
3	-	65.1	.549	1.03	1.67	3.53	.28	-	66.0	0.792	.83	1.34	4.13	.56	-	65.6	.664	.85	1.39	3.74	.45

Table 5 - 17 - b

Date	Shift	Concentrate KN from I.O.										Concentrate KN from P.O.										Concentrate Total KN									
		-100 mesh	Fe	S	CaO	Mgo	SiO2	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	Mgo	SiO2	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	Mgo	SiO2	Al ₂ O ₃									
10	1	-	65.7	0.550	0.97	1.54	3.40	0.32	-	65.2	0.980	0.90	1.33	3.79	0.73	-	65.5	0.800	0.92	1.43	3.55	0.60									
	2	-	65.0	.660	1.01	1.54	3.54	.35	-	64.7	1.000	.90	1.36	3.18	.75	-	65.1	.750	.96	1.41	3.56	.61									
	3	-	65.3	.644	0.70	1.28	3.01	.35	-	65.1	0.972	.84	1.47	3.98	.82	-	65.4	.844	.74	1.23	3.08	.57									
11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
	2	-	65.0	0.589	0.85	1.34	3.42	0.35	-	65.1	0.904	1.12	1.54	3.60	0.68	-	65.0	0.783	1.01	1.41	3.45	0.55									
	3	-	66.3	.626	1.12	1.29	3.60	.38	-	64.8	.922	1.02	1.31	4.15	.70	-	65.2	.798	1.07	1.31	3.65	.58									
12	1	-	64.7	0.632	1.05	1.34	3.92	0.41	-	65.0	.964	1.27	1.61	4.05	0.71	-	65.5	0.796	1.06	1.43	3.97	0.51									
	2	-	64.8	.565	0.94	1.18	3.55	.31	-	65.8	1.151	0.99	1.10	3.52	.59	-	64.9	0.919	0.96	1.13	3.52	.46									
	3	-	65.2	.629	0.57	1.31	3.56	.38	-	63.7	1.041	0.71	1.36	3.45	.62	-	65.9	.944	0.56	1.25	3.25	.48									
13	1	-	64.9	0.661	0.95	1.46	3.88	0.36	-	65.9	0.891	0.62	1.28	3.34	0.50	-	65.4	0.965	1.23	1.44	3.80	0.40									
	2	-	65.5	.577	.52	1.23	3.40	.38	-	65.8	1.070	0.62	1.38	3.70	.67	-	65.6	1.049	0.53	1.33	3.60	.57									
	3	16.2	64.7	.608	.78	1.89	3.73	.41	32.4	65.6	0.891	1.40	1.28	3.45	.68	25.2	64.8	0.702	1.11	1.29	3.91	.67									
14	1	23.5	64.5	0.640	0.95	1.67	4.12	0.40	34.3	64.9	1.101	1.06	1.64	4.09	0.76	29.9	64.5	1.041	0.94	1.63	3.94	0.69									
	2	26.2	65.2	.588	.78	1.53	3.55	.32	36.4	66.0	0.866	0.77	1.25	3.23	.59	30.5	65.4	0.886	.92	1.41	3.71	.57									
	3	21.1	65.3	.754	.76	1.25	3.70	.38	35.0	66.6	0.970	0.67	1.08	3.08	.57	28.7	66.4	0.943	.74	1.26	3.32	.52									
15	1	25.2	65.1	0.726	0.71	1.11	3.60	0.39	37.0	66.1	0.941	0.74	1.25	3.70	0.65	32.2	65.5	0.859	0.78	1.31	3.39	0.55									
	2	14.5	64.1	.665	.91	1.44	4.00	.38	39.6	66.6	.826	1.05	1.26	3.17	.59	29.8	65.5	.772	.77	1.26	3.45	.56									
	3	16.9	64.7	.672	.98	0.83	4.02	.40	32.1	64.9	.881	0.77	1.39	3.89	.73	26.1	64.8	.797	.87	1.26	4.23	.65									
16	1	30.7	65.4	0.710	0.90	1.58	4.36	0.44	30.7	65.0	0.938	0.88	1.86	3.75	0.70	32.4	64.9	0.964	0.85	1.38	4.05	0.66									
	2	20.7	64.2	.764	.94	1.66	4.13	.41	35.2	65.6	.926	.78	1.18	3.58	.67	31.2	64.7	.904	.88	1.49	4.21	.65									
	3	25.5	65.4	.732	1.13	1.66	4.09	.39	35.2	65.0	.936	1.16	1.44	4.51	.82	34.4	65.2	.785	.69	1.49	3.33	.57									
17	1	21.4	64.0	0.882	1.13	1.59	4.18	0.44	30.2	65.1	1.129	1.12	1.33	3.87	0.74	28.3	64.9	1.070	0.84	1.39	3.76	0.62									
	2	25.2	64.9	.703	1.06	1.51	3.90	.41	35.0	65.9	0.877	1.16	1.20	3.40	.68	32.8	65.5	0.808	1.08	1.38	3.78	.61									
	3	21.2	66.4	.573	0.66	1.23	3.31	-	33.0	64.7	0.870	0.71	1.36	4.09	-	28.9	65.6	0.830	0.66	1.29	3.88	-									
18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
	2	23.5	65.1	0.754	0.81	1.38	3.68	-	39.5	65.4	1.086	0.90	1.41	3.72	-	33.7	65.3	0.887	0.85	1.36	3.64	-									
	3	19.1	65.4	.537	.88	1.23	3.80	-	34.9	64.3	1.053	1.27	1.64	3.42	-	32.2	65.2	.998	1.04	1.41	4.00	-									

Table 5 - 17 - c

Date	Shift	Concentrate KN from I.O.							Concentrate KN from P.O.							Concentrate Total KN						
		-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
19	1	25.3	64.4	0.617	0.74	1.34	3.16	-	36.7	64.8	0.882	0.95	1.51	4.20	-	65.0	0.838	0.90	1.41	3.77	-	
	2	24.6	65.1	.511	.71	1.34	3.50	-	35.9	64.1	1.051	.94	1.64	4.20	-	64.8	.935	.87	1.48	3.75	-	
	3	22.8	65.1	.603	.80	1.43	3.60	-	33.6	64.3	1.096	.94	1.74	4.40	-	64.8	1.008	.91	1.69	4.25	-	
20	1	20.6	65.2	0.701	0.53	1.28	3.60	-	37.7	65.3	0.986	0.59	1.43	3.90	-	65.1	0.877	0.67	1.41	3.74	-	
	2	21.8	66.0	.608	.50	1.26	3.29	-	34.8	65.6	0.964	.62	1.41	3.62	-	65.6	.877	.52	1.39	3.53	-	
	3	20.7	65.2	.734	.87	1.33	3.65	-	37.6	65.3	1.122	.90	1.48	4.13	-	65.3	.996	.61	.95	4.05	-	
21	1	22.7	65.8	0.797	0.84	1.23	2.80	-	38.3	66.3	0.996	0.67	1.21	3.34	-	65.9	0.870	0.67	1.31	3.23	-	
	2	21.7	65.9	.682	.70	1.39	2.56	-	37.8	65.9	.870	.81	1.10	3.41	-	65.9	.860	.70	1.33	3.44	-	
	3	21.4	65.7	.650	.94	1.23	3.17	-	31.1	64.5	1.110	1.33	1.51	4.70	-	65.0	1.001	1.33	1.49	4.07	-	
22	1	25.0	64.9	0.715	1.33	1.44	4.03	-	32.5	64.9	1.082	1.30	1.61	4.55	-	64.4	1.062	1.13	1.53	4.82	-	
	2	21.5	64.1	.723	1.11	1.16	2.98	-	36.1	64.8	1.042	1.50	1.68	4.23	-	64.5	1.012	1.15	1.51	4.14	-	
	3	25.4	64.3	.916	0.62	1.15	3.31	-	35.3	64.1	1.020	0.81	1.43	3.91	-	64.0	1.002	0.73	1.33	3.86	-	
23	1	21.8	65.0	0.960	0.59	1.10	3.35	-	33.4	66.3	0.931	0.76	1.46	3.67	-	65.7	0.848	0.70	1.33	3.37	-	
	2	16.6	65.4	.627	.56	1.18	3.38	-	30.0	66.0	.801	.78	1.41	3.83	-	65.8	.815	.77	1.43	4.04	-	
	3	22.5	65.2	.742	.56	1.13	3.02	-	40.0	65.5	.911	.87	1.49	4.04	-	65.2	.834	.80	1.46	3.76	-	
24	1	21.1	64.7	0.792	0.74	1.25	3.58	-	35.0	64.7	0.970	0.94	1.48	4.52	-	64.7	0.940	0.92	1.44	4.38	-	
	2	21.3	64.5	.511	.81	1.31	3.92	-	36.6	65.1	.909	.96	1.49	4.25	-	64.7	.945	.92	1.31	4.43	-	
	3	20.1	65.0	.613	.92	1.48	3.72	-	34.0	65.8	.942	.84	1.38	3.35	-	65.5	.836	.87	1.29	3.45	-	
25	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	21.1	65.1	0.535	0.98	1.31	3.41	-	33.8	65.5	1.024	1.25	1.79	3.91	-	65.2	0.951	1.08	1.56	3.72	-	
	3	23.8	66.4	.502	.85	1.29	3.20	-	33.6	64.8	1.086	0.95	1.53	4.50	-	65.1	.951	0.92	1.43	4.23	-	
26	1	20.3	66.2	0.621	0.87	1.34	3.50	-	32.2	64.3	1.119	1.02	1.53	4.41	-	65.1	0.998	0.99	1.49	3.84	-	
	2	17.6	64.5	.515	1.01	1.48	3.87	-	34.1	66.0	1.021	0.90	1.38	4.24	-	65.5	0.919	0.99	1.41	4.01	-	
	3	20.9	65.2	.617	0.90	1.38	3.26	-	36.0	66.1	0.936	0.85	1.31	3.62	-	65.6	0.872	.85	1.38	3.52	-	
27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	22.5	65.2	0.555	0.99	1.79	3.27	-	37.6	63.7	1.131	0.87	1.58	4.81	-	64.4	0.850	0.90	1.61	4.20	-	
	3	22.8	64.8	.608	.75	1.16	3.26	-	34.9	65.5	0.936	1.09	1.71	4.00	-	65.1	.831	1.04	1.66	3.65	-	

Table 5 - 17 - d

Date	Shift	Concentrate KN from I.O.										Concentrate KN from P.O.										Concentrate Total KN									
		-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	-100 mesh	Fe	S	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃									
28	1	22.6	65.0	0.717	0.91	1.46	3.60	-	31.1	64.7	1.194	1.11	1.84	4.60	-	22.0	65.0	1.053	0.95	1.59	3.81										
	2	21.4	65.3	.554	.85	1.25	3.03	-	38.3	66.6	1.006	0.91	1.31	2.85	-	33.0	66.5	0.875	.88	1.26	2.90										
	3	22.1	65.1	.680	.67	1.23	3.30	-	35.3	66.3	1.100	0.84	1.18	2.70	-	30.6	66.1	0.950	.76	1.25	2.85										
29	1	18.7	65.9	0.509	0.88	1.38	3.85	-	36.4	66.5	0.944	0.73	1.26	3.70	-	30.2	66.3	0.794	0.66	1.23	3.80										
	2	18.1	65.0	.538	.56	1.10	3.20	-	36.5	67.0	0.532	.74	1.33	2.85	-	35.0	66.0	0.839	.66	1.16	2.74										
	3	24.1	65.3	.490	.73	1.29	3.32	-	32.5	66.4	0.776	.64	1.21	3.81	-	32.8	65.9	0.651	.88	1.23	2.52										
30	1	23.0	65.8	0.744	0.76	1.25	3.60	-	34.2	66.5	1.056	0.67	1.25	3.18	-	32.3	66.0	0.980	0.67	1.23	3.35										
	2	24.4	65.5	.543	.88	1.63	3.31	-	35.4	65.1	1.086	0.59	1.01	4.06	-	29.0	65.6	.960	.83	1.46	3.84										
	3	20.6	64.3	.674	.62	1.08	3.93	-	36.1	66.1	0.903	0.92	1.59	3.43	-	31.4	65.6	.886	.95	1.59	3.85										
31	1	18.0	64.3	0.654	0.76	1.29	4.04	-	33.5	65.9	1.052	0.81	1.36	3.63	-	31.2	65.7	0.906	0.84	1.25	3.43										
	2	22.1	64.1	.634	.74	1.36	4.12	-	37.2	66.3	0.953	.69	1.18	3.21	-	33.2	65.6	.831	.77	1.28	3.65										
	3	19.2	65.4	.599	.63	1.23	3.15	-	33.6	67.0	1.237	.71	1.21	3.41	-	30.8	66.0	1.012	.74	1.25	3.42										

Table 5 - 18 Sinter Feed from Transition Ore

		Chemical Compositions (%)											Size (%)	
		Fe	S	Cu	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	P	Na ₂ O	K ₂ O	-100 mesh
1978	December	65.1	0.446	0.070	13.3	3.32	0.41	0.70	1.16	0.028	0.040	0.230	0.078	23.0
1979	January	65.2	0.539	0.048	15.9	3.68	0.48	1.27	1.48	0.021	0.034	0.238	0.065	23.1
	February	64.1	0.583	0.072	13.7	3.96	0.46	0.78	1.46	0.023	0.040	0.244	0.097	26.7
	March	64.3	0.761	0.059	14.1	3.80	0.48	1.18	1.41	0.030	0.029	0.263	0.096	22.1
	April	63.0	0.717	0.069	13.8	4.02	0.43	1.23	1.46	0.029	0.032	0.301	0.095	22.3
	May	64.5	0.654	0.056	16.6	3.76	0.49	0.92	1.41	0.019	0.034	0.255	0.085	24.6
	June	64.5	0.623	0.051	13.9	3.72	0.39	1.02	1.31	0.025	0.032	0.258	0.073	15.8
	July	64.4	0.516	0.065	13.7	3.30	0.38	0.85	1.29	0.016	0.041	0.279	0.059	18.5
	August	64.5	0.637	0.048	11.1	3.55	0.55	0.57	1.08	0.024	0.037	0.282	0.156	19.7
	September	65.0	0.545	0.042	9.9	3.67	0.42	0.70	1.05	0.022	0.031	0.310	0.071	20.7
	October	65.2	0.634	0.032	14.6	3.47	0.43	0.63	1.18	0.021	0.030	0.255	0.109	23.3
	max.	65.2	0.761	0.072	16.6	4.02	0.55	1.27	1.48	0.030	0.041	0.310	0.156	26.7
	min.	63.0	0.446	0.032	9.9	3.30	0.38	0.57	1.05	0.016	0.029	0.230	0.059	15.8
n=11	\bar{x}	64.53	0.605	0.056	13.7	3.659	0.45	0.90	1.30	0.023	0.035	0.265	0.089	21.8
	σ	0.64	0.091	0.013	1.9	0.234	0.05	0.25	0.16	0.004	0.004	0.025	0.027	3.0

Table 5 - 19 HIGH GRADE SINTER FEED

YEAR	VARIATION	CHEMICAL Compositions													%	SCREEN ANALYSIS					
		Fe	S	Cu	FeO	SiO2	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P	Mn	H ₂ O		+ 1/4"	+ 10M	+ 20M	+ 65M	+ 100M	- 100M
1975	MAX.	65.9	1.518	.039	26.6	5.04	.83	1.45	2.23	N.A.	N.A.	.035	N.A.	8.3	1.5	12.5	14.5	45.2	17.6	31.2	
	MIN.	64.3	.878	.030	22.3	3.89	.61	.77	1.39	N.A.	N.A.	.027	N.A.	5.2	0.0	2.4	7.1	36.7	8.5	24.3	
1976	MAX.	67.2	1.170	.041	26.2	4.28	.70	1.27	1.74	.153	.143	.028	N.A.	6.6	0.7	10.1	17.3	46.1	16.1	32.9	
	MIN.	65.5	.834	.031	23.4	3.05	.48	.85	1.30	.109	.127	.019	N.A.	2.5	0.0	0.8	5.6	39.1	8.8	22.6	
1977	MAX.	66.1	.962	.051	25.1	4.14	.67	1.20	1.77	.295	.140	.037	N.A.	6.6	0.8	7.0	17.5	46.6	11.2	32.9	
	MIN.	65.1	.820	.039	19.1	3.12	.47	.73	1.27	.154	.102	.023	N.A.	4.6	0.0	3.3	11.9	39.3	8.6	23.7	
1978	MAX.	65.9	.872	.052	20.8	3.86	.56	1.13	1.50	.214	.136	.032	N.A.	4.9	0.0	7.2	16.8	43.2	10.7	29.8	
	MIN.	65.2	.805	.043	20.0	3.37	.48	.73	1.06	.131	.088	.025	N.A.	3.3	0.0	4.3	14.9	38.1	8.6	26.6	
1979	MAX.	65.8	.874	.047	25.1	4.00	.63	1.59	1.59	.094	.126	.041	.026	6.0	0.1	6.3	19.4	47.2	11.2	29.7	
	MIN.	65.0	.768	.037	19.1	3.52	.49	.72	1.35	.147	.208	.025	.019	3.3	0.0	3.7	11.8	41.1	9.1	23.4	

(2) オアベッディングの効果

イエロ・ペル社の行った成分変動調査結果 (Table 5-17) と、川崎製鉄の焼結原料成分調査結果を用いて原料中 SiO_2 の変動を分析した。 SiO_2 変動を、短期変動 (ベッド内変動) と長期変動 (ベッド間変動) にわけて分析するため、イエロ・ペル鉱石のデータは、8日分を1単位とした。(Table 5-20, 5-21)

Table 5-22 SiO_2 Variation

	Short-term Variation (within a bed) σ_L	Long-term Variation (between beds) σ_A	Total Variation	SiO_2 Average
Hierro-Peru Iron Ore	0.343%	0.350%	0.490%	3.54%
Kawasaki Steel Corp. Sintering Materials	0.148%	0.064% *	0.161%	5.64%

* 川崎製鉄の成分調査データでは、ベッド間変動が検出出来なかったため、焼結鉱分析値を用い、別途推定を行った。

イエロ・ペル鉱石の変動は、短期変動だけでなく、長期変動も大きい。このため、ベッディングにより短期変動を減少させると共に、ベッド中の平均 SiO_2 を予測し、珪石を用いて SiO_2 レベルを長期的にも一定に調整する必要がある。

(a) ベッド内変動

イエロ・ペル鉱石の SiO_2 ベッド内変動を川崎製鉄と同レベルにするベッディング条件の検討をした。

Table 5-20 Surveyed Data of SiO₂ Variation of Hierro-Peru Iron Ore

Division	A ₁ (12/1 ~ 12/8)	A ₂ (12/9 ~ 12/16)	A ₃ (12/17 ~ 12/24)	A ₄ (12/25 ~ 12/31)
SiO ₂ (%)	2.73	3.44	3.76	3.72
	2.95	3.50	3.78	4.16
	3.10	3.74	3.88	3.52
	3.30	3.55	3.64	3.84
	2.59	3.56	3.75	4.20
	2.82	3.45	3.77	3.65
	3.05	3.65	3.74	2.70
	3.21	3.52	3.53	3.81
	3.08	3.25	3.74	2.74
	2.60	3.91	3.23	3.80
3.10	3.60	3.44	3.35	
3.44	3.71	4.82	3.84	
3.24	5.32	4.14	3.65	
3.25	4.23	3.37	3.43	
3.17	4.05	4.38	3.65	
3.45	4.21	4.43	3.42	
2.75	3.33	3.45		

Table 5-21 Surveyed Data of SiO₂ Variation of Kawasaki Steel Sintering Materials

No. of bed	B ₁ (4B - 303)		B ₂ (4B - 304)		B ₃ (4B - 305)				
SiO ₂ (%)	5.51	5.63	5.02	5.47	5.71	5.67	5.50	6.05	5.43
	5.52	5.58	5.40	5.73	5.90	5.45	5.57	5.81	5.63
	5.50	5.51	5.46	5.57	5.72	5.82	5.73	5.70	5.85
	5.66	5.79	5.57	5.57	5.58	5.62	5.67	5.51	5.46
	5.58	5.56	5.50	5.82	5.75	5.88	5.76	5.59	5.49
	5.90	5.64	5.64	5.57	5.84	5.29	5.60	5.70	5.72
	5.82	5.85	5.62	5.68	5.58	5.75	5.45	5.53	
	5.40								

川崎製鉄のベッドには、 SiO_2 用副原料を入れているためベッド内 SiO_2 は高くなっている。

ベッド内の SiO_2 の変動は、ベッディング層数を増すことにより減少し、この関係は次式で表わされる。

$$\sigma_B = \frac{\sigma_{E_0}}{\sqrt{n}}$$

σ_{E_0} : ベッド単位内の SiO_2 の変動
 n : ベッディング層数
 σ_B : オア－ベッドによって減少する目標の変動

ベッド中 SiO_2 が 3.54 % の時のベッド内変動 (σ_B) が、 $0.148 \% \times \frac{3.54 \%}{5.64 \%} = 0.093 \%$ になると仮定すれば、 $\sigma_{E_0} = 0.343 \%$ であるから、必要ベッディング層数は、14 層以上となる。

(b) ベッド間変動

ベッド中の SiO_2 は、スタッキング鉱石をサンプリング、分析して推定する。この推定値と、目標 SiO_2 の差を珪石で調整する。この場合、ベッド間変動は、ベッド中 SiO_2 の推定誤差と珪石の調整誤差により起ると考えられる。

ベッド間変動を川崎製鉄と同レベルにするには、少なくともベッド中 SiO_2 の推定誤差を 0.064 % 以下にする必要がある。推定誤差を、 $\frac{0.490}{\sqrt{m}}$ (m : サンプリング数) で表わすと、必要サンプリング数は、1 ベッド当り 59 回となる。これは、スタッキング量 1,000 t に対し 1 回サンプリングすることに相当する。

以上の検討は、理想的なスタッキング、リクレーミング条件で行っているが、実際には、種々の変動要因があるため、 SiO_2 の変動は理論的な数値よりも大きくなる。しかし実際にはベッディング層数は、300 ~ 700 層にするため、十分な均質化が得られると考えられるが、採鉱、選鉱工程での品質管理も重要である。

5.5.3 アルカリの影響

イエロ・ベル鉱石は、アルカリ含有量が多い鉱石である。鉱石中のアルカリ分が、焼結操業 高炉操業に与える影響とその対策について検討した。

(1) 焼結操業に与える影響

過去に日本でイエロ・ベル鉱石を使用した時の問題は、焼結機グレートを目詰り・

腐食、電気集塵機の効率低下であった。

グレートの見詰りは、焼結過程でアルカリ化合物が気化し、それがグレート部で凝縮し、更に凝縮した低融点物質がバインダーとなり、焼結原料を結合させることにより生ずる。

このアルカリ化合物は、800～900℃の高温で、グレートバーの異常腐食（溶融塩アタック）をおこす。

これらの対策として、バレットクリーナの設置、床敷層厚の増加、バレットグレートバーの構造の検討、グレートバー材質の検討が必要である。

(2) 高炉操業に与える影響

鉱石、コークスに含まれるアルカリは、高炉内で循環、蓄積され、炉内付着物の生成、コークス強度低下等の一因となり、高炉操業を不安定にする。

製鉄所では、アルカリ装入量の制限、スラグ塩基度によるアルカリ排出量調整を行いアルカリバランスを管理している。

高炉装入アルカリは、コークスより0.7～1.0 kg/t-pig 鉱石より1.0～1.6 kg/t-pig 入り、合計1.7～2.6 kg/t-pig 程度である。又通常の焼結鉱の代りにイエロ・ベル焼結鉱を10%使用すると、高炉装入アルカリ量は0.2 kg/t-pig 増加する。

アルカリ装入量は製鉄所によって差があるが、あまり余裕のない製鉄所では、イエロ・ベル焼結鉱の使用を制限される可能性がある。

イエロ・ベル焼結鉱のアルカリを減少させるためには、ポットテストで行ったCaCl₂添加が技術的には有効である。

5.5.4 焼結鉱成分の検討

(1) SiO₂

焼結鉱のSiO₂は、焼結鉱品質、焼結コスト、SiO₂調整方法を考慮して検討した。品質面で問題となるのは、SIとRIである。

SIは、SiO₂レベルに適したコークス配合を行うことによりP.S.C焼結鉱と同じ性状が得られる。(Fig. 5-11)

RIは、65%以上が望ましいが、SiO₂を5.5%以下にするとこれを維持出来ない。

(Fig. 5-14)。これは、カルシウムフェライト (CF) が減少しマグネタイトが増加し、更に SI を維持するためコークス配合比を増し、マグネタイトが増加するためと考えられる。

焼結コストは、原料コストと焼結鉱の品位変化に伴う焼結鉱の価値変化で表わせる。

SiO₂ 5.5 % と 6.5 % の 2 つのケースの価値変化を Table 5-23 に示す。

Table 5-23 SiO₂ Content in Hierro-Peru Sintered Ore and Change in Unit Cost

SiO ₂		5.5		6.5		
Basicity	CaO/SiO ₂	1.5		1.5		
	Unit Price	Unit Consumption	Unit Cost (C)	Unit Consumption	Unit Cost (D)	Difference Between Unit Cost (D) - (C)
Iron ore	0.81¢/kg	893kg/t	723¢/t	865kg/t	701¢/t	-22¢/t
Limestone	0.32	149	48	180	58	10
Silicstone	0.36	17	6	28	10	4
Coke breeze	7.38	50	369	42	310	-59
Total (A)			1146		1079	-67
Total Fe (B)	65¢/Fe unit*	58.6%	3809	56.7%	3686	-123
Balance (A) - (B)			-2663		-2607	56

Note: * Fe unit cost is assumed to be 65 ¢.

SiO₂ 5.5 % の方が、焼結鉱トン当り 56 ¢ 有利に評価できる。

焼結原料中の SiO₂ を調整するためには、目標 SiO₂ をベッド中 SiO₂ の最大値と珪石の最小切出量に相当する SiO₂ の合計以上にする必要がある。

ベッド中 SiO₂ の最大値は[※] (3.7 % + 0.35 % × 3 = 4.8 %) と推定出来る。一方珪石の最小切出量は 2 t/h (SiO₂ 0.6 % に相当する) である。目標 SiO₂ は (4.8 + 0.6 = 5.4 %) 以上になる。

これらの検討より、目標 SiO₂ を 5.5 % に設定した。

※ 3.7 % SiO₂ は過去の平均値である。

(2) 塩基度

焼結鉱塩基度を 1.5 以下にすると適正 RI が維持出来ない (Fig. 5-13)。これは CF が減少してマグネタイト量が増加するためと考えられる。

塩基度と焼結価値変化の関係を SiO₂ と同様に求めた。 (Table 5-24)。

Table 5-24 Basicity of Hierro-Peru Sintered Ore and Change of Unit Cost

Basicity CaO/SiO ₂		1.5		1.6		
SiO ₂		5%		5%		
Unit Price		Unit Consumption	Unit Cost (C)	Unit Consumption	Unit Cost (D)	Difference Between Costs (D) - (C)
Iron ore	0.81¢/kg	893kg/t	723¢/t	887kg/t	718¢/t	-5
Limestone	0.32	149	48	160	51	3
Silicestone	0.36	17	6	17	6	0
Coke breeze	7.38	50	369	50	369	0
Total (A)			1146		1144	-2
Total Fe	65¢/Fe unit*	58.6%	3809	58.2%	3783	26
(A) - (B) balance			2663		-2639	24

Note: * Fe unit cost is assumed to be 65 ¢.

塩基度 1.5 と 1.6 を比較すると 1.5 の方が焼結鉱トン当り 24 ¢ 有利に評価できる。焼結鉱 100 % で高炉操業する時、焼結鉱塩基度はスラグ成分を調整するため 1.4 ~ 1.5 となる。イエロ・ベル焼結鉱の塩基度も 1.4 ~ 1.5 以上にする必要がある。これらの検討より、目標塩基度 (CaO/SiO₂) を 1.5 に設定した。

5.5.5 焼結鉱品質管理

(1) 品質管理目標

イエロ・ベル焼結鉱の品質管理目標は、P.S.C 焼結鉱の品質目標を基準として設定した。

P.S.C 焼結鉱を基準とした理由は、高炉原料として優れた品質を有していることと輸出を前提として粉化防止を考慮した品質を有しているためである。

P.S.C 焼結鉱の高炉原料としての評価は、川崎製鉄の 4,500 m² の大型高炉で 40~50 % 使用し、安定した炉況と低燃料比、年間平均 436 kg/t¹ が得られていることより明らかである。粉化防止に対しては、常温強度を改善するため低生産率で操業を行い、SI 90 % 以上の品質を維持している。

イエロ・ベル焼結工場のスタディにおいても、P.S.C と同じ生産率、1.3 t/h·m² で計画し、焼結機有効面積を 249 m² とした。

$$249 \text{ m}^2 \times 1.3 \text{ t/h} \cdot \text{m}^2 \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ d} \times 0.9 \doteq 2,500,000 \text{ t/y}$$

Table 5-25 にイエロ・ベル焼結工場における品質管理目標を示す。

Table 5 - 25 Quality Control Targets for Sintered Ore

Item		Target of Quality Control
(1) Chemical Composition	Total Fe	58%
	SiO ₂	5.5%
	CaO/SiO ₂	1.5
(2) Physical Properties	S.I.	90% min.
	Fine Generation (-5mm)	3% max.
	R.D.I (-3mm)	38% max.
	R.I.	65% min.

これらの操業管理目標を常に保つと同時に品質のばらつきを少なくするための努力を
鉱山，選鉱工場，焼結工場が協力しておこなう必要がある。

(2) コークス原単位

イエロ・ベル鉱石は熔融性がよく，高S，高FeOの鉱石であるためコークス原単位は，P.S.Cより低くなると考えられる。ポットテストの結果では，P.S.Cと比べコークス原単位が6～13kg/t低下している（Fig. 5-11）。これは，S, FeOの酸化発熱と，FeO・低融点脈石を含むため低融点融体が生成しやすいことによると考えられる。

P.S.C焼結鉱のコークス原単位60kg/tより推定するとイエロ・ベル焼結鉱のコークス原単位は，50kg/t前後となる。

なお，粉コークスの代替燃料である無煙炭の焼結性をPot testにて調査したが，粉コークスとほとんど差がなかった。

(3) イエロ・ベル鉱石特性

イエロ・ベル焼結工場の原料配合は，R.O.とT.O.の比6：4を基準としている。

イエロ・ベル鉱石の特性は，R.O./T.O.の割合，粒度，選鉱状況，鉱床等の変化により変るため，原料管理および原料状況に適した操業管理が重要となる。

イエロ・ベルのシンターフィードは，微粒・粗粒が少ないため密充填しにくく，多孔質の焼結鉱となりやすい。このため充填密度を高める原料装入をする必要がある。

水分については、R.O., T.O. 共に水分が8%程度あるため、水を添加しなくても配合原料水分は5.4%程度になる。オアベッドに鉱石を積んでいる間に相当量の水分減少が考えられるから、本スタディではドライヤーの設置は不要と考えた。

5.5.6 SO₂の事前環境評価

イエロ・ベル鉱石のS含有量は、R.O. 1.62%、T.O. が0.57%と高いため、焼結排ガス中のSO₂は高濃度となる。サンニコラス周辺の環境に与える排ガスの影響を検討した。

サンニコラス周辺の気象条件は、次の通りである。

風向は、Fig. 5-27に示すように南～南南東が多い。風速は、平均6～8m/sec、最大19m/sec、最小2m/secである。月平均気温は、18～25℃である。

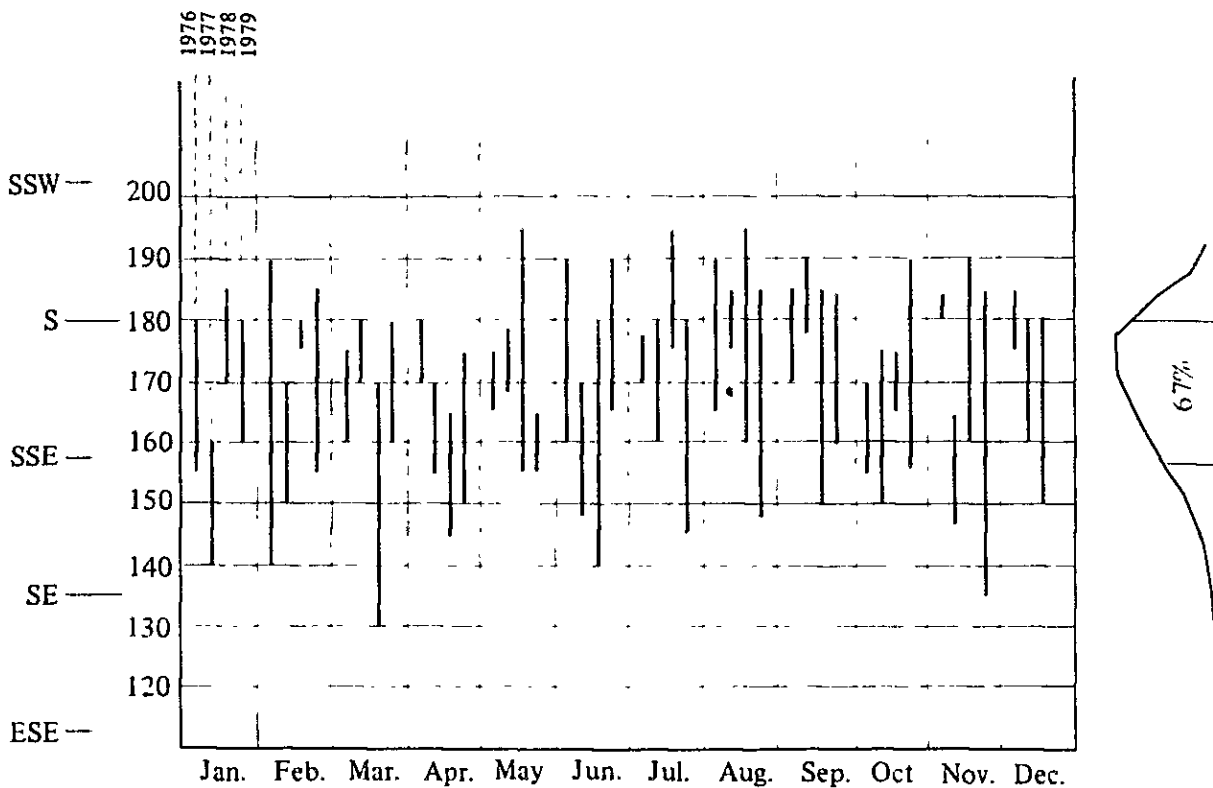


Fig. 5 - 27 Wind Directions at San Nicolas by Month (1976 - 79)

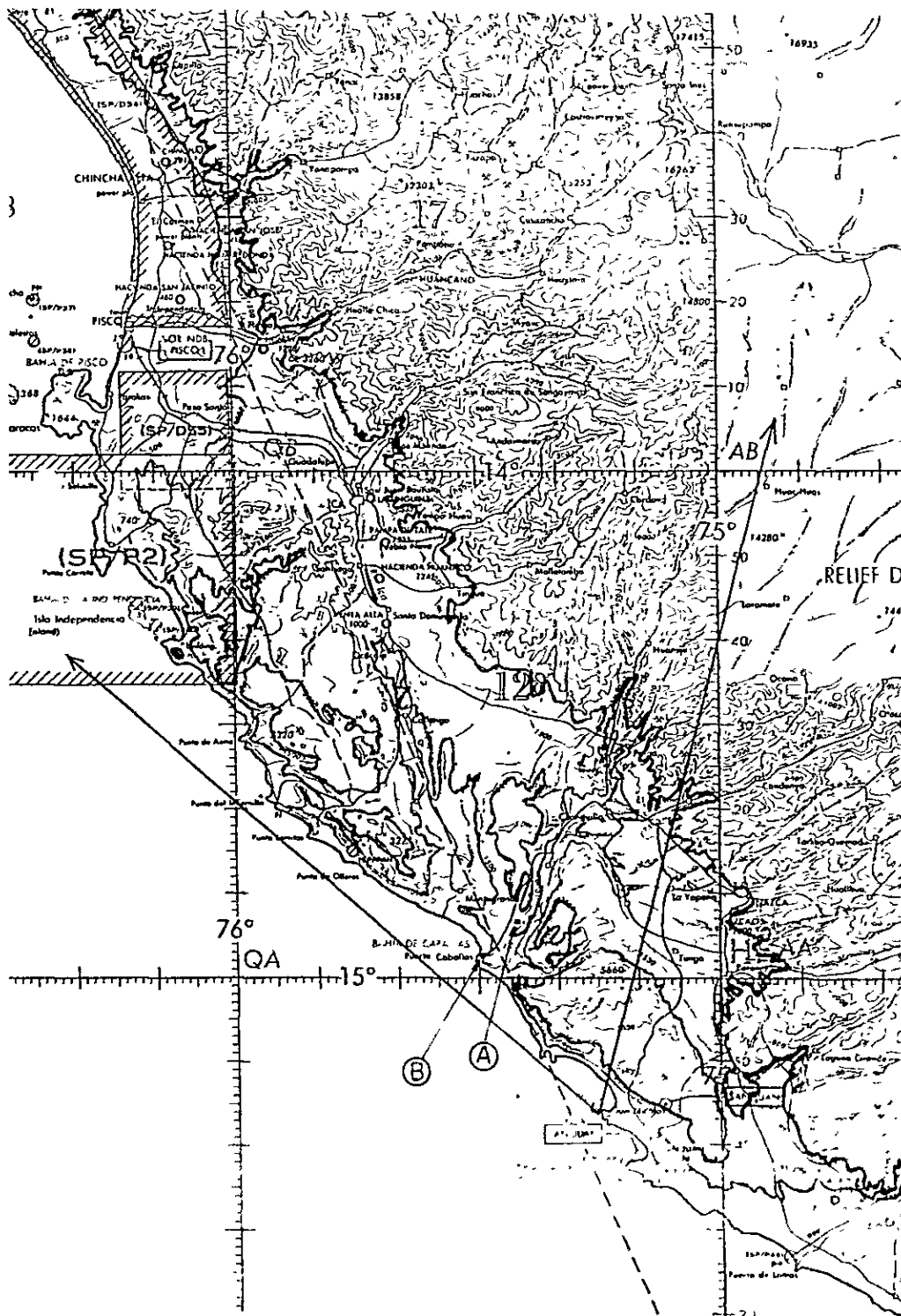


Fig. 5 - 28 Geographical feature of circumference of San Nicolas

サンニコラス周辺の地形を Fig. 5-28 に示す。焼結工場の風下になる 150 ~ 190° の方向には、900 m 以上の高さの台地がある。風下方向の居住地域、農業地域は工場の北西 40 km にあるリオグランデの流域と北西 60 km にあるリオイカ流域である。これ以外の地域は、砂漠で無人地帯となっている。

ペルーにおける居住地域、農業地域の SO₂ 環境基準は、0.06 ppm 以下（24 時間値）となっている。

SO₂ の拡散は、次式で計算することが出来る。

$$C_N = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\cdot U} \times \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \times \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right] \times 10^6$$

C_N : SO₂ 濃度 (ppm)

Q : SO₂ 排出量 (0.62 Nm³/sec)

H : 煙突有効高さ (181 m)

U : 風速 (m/sec)

y, z : 横方向・縦方向の距離 (m)

σ_y, σ_z : 標準偏差で表わされる煙の横方向、縦方向の拡散幅 (m)

σ_y、σ_z は、Sutton 式、あるいは Pasquill 式により求められる。これらは多くの実験から得られたものであるが Fig. 5-29, 5-30 に示すようになっており、ここでは Sutton 式を用いる。

これらの σ_y、σ_z を用いて、地形の影響がない場合の煙源から 40 km 離れた地点の主軸上着地濃度を求めた (Table 5-26)。着地濃度分布を Fig. 5-31 に示す。40 km 地点で着地濃度が 0.06 ppm 以上の範囲は 600 m の巾の地域である。

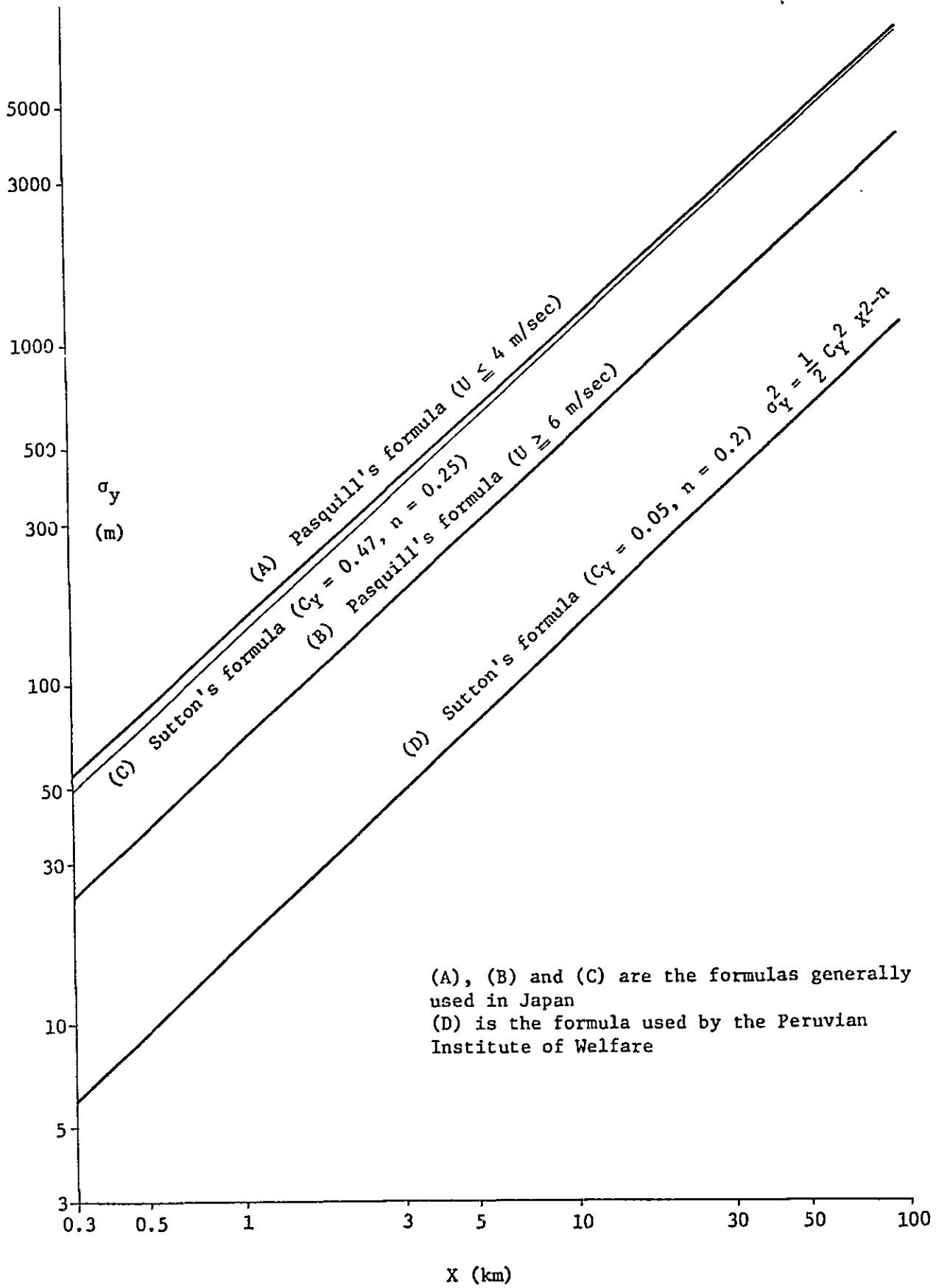


Fig. 5 - 29 Horizontal Diffusion of Exhaust Gas

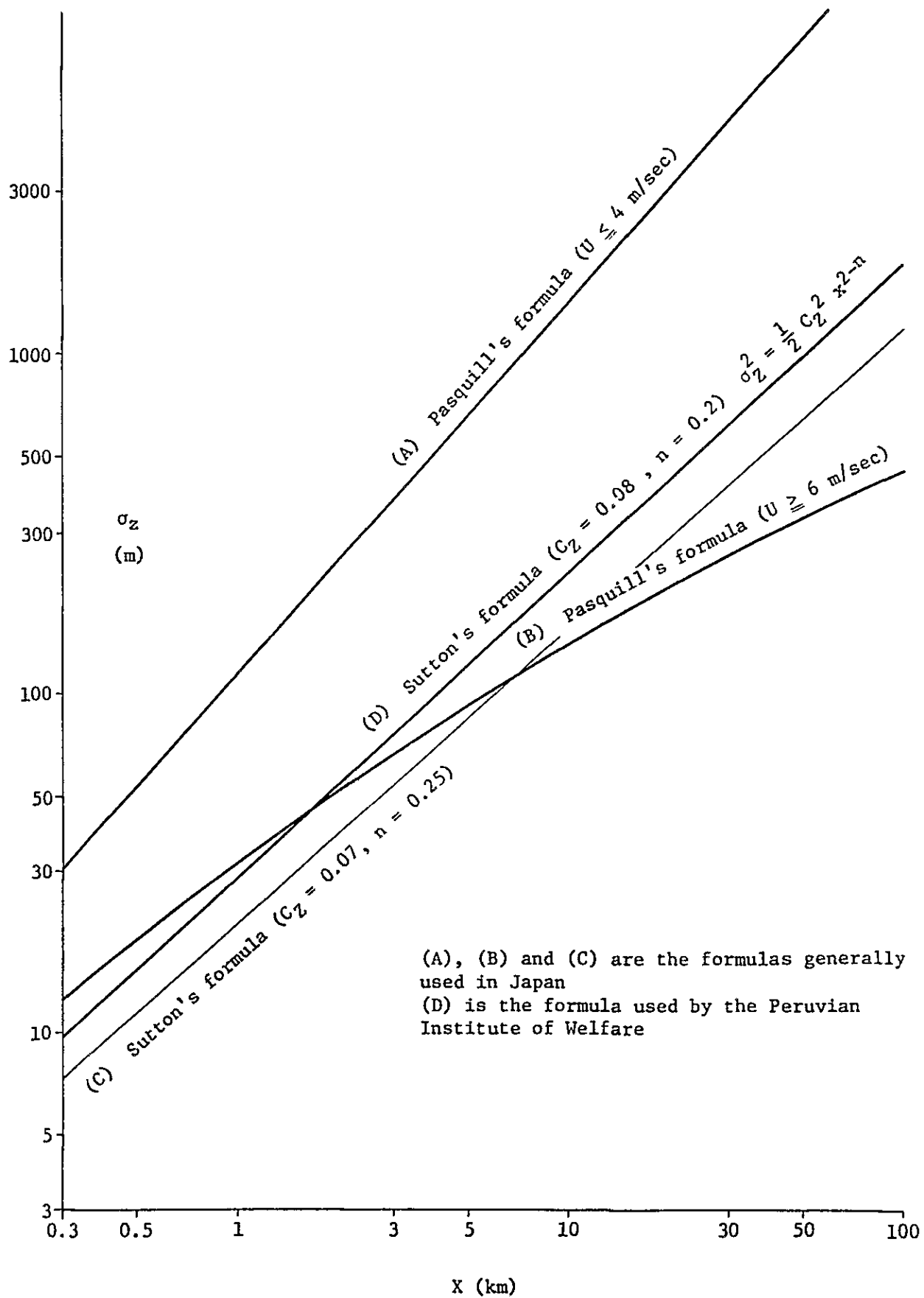


Fig. 5 - 30 Vertical Diffusion of Exhaust Gas

Table 5-26 SO₂ Concentration on the Ground at 40km in the Wind Direction

Height (m)	Wind Velocity (m/sec.)	σ_y (m)	σ_z (m)	Concentration on the Ground (ppm)	Formula Used
0	6.7	490	784	0.075	Sutton (Peru)
0	6.7	1080	290	0.077	Pasquill (Japan)
0	6.7	3600	525	0.015	Sutton (Japan)
0	2.1	490	784	0.238	Sutton (Peru)
0	2.1	3800	6500	0.004	Pasquill (Japan)
0	2.1	3600	525	0.047	Sutton (Japan)
0	15.4	490	784	0.032	Sutton (Peru)
0	15.4	1080	290	0.034	Pasquill (Japan)
0	15.4	3600	525	0.006	Sutton (Japan)

Note: Values for σ_y and σ_z are obtained from Figs. 5-29 and 5-30.

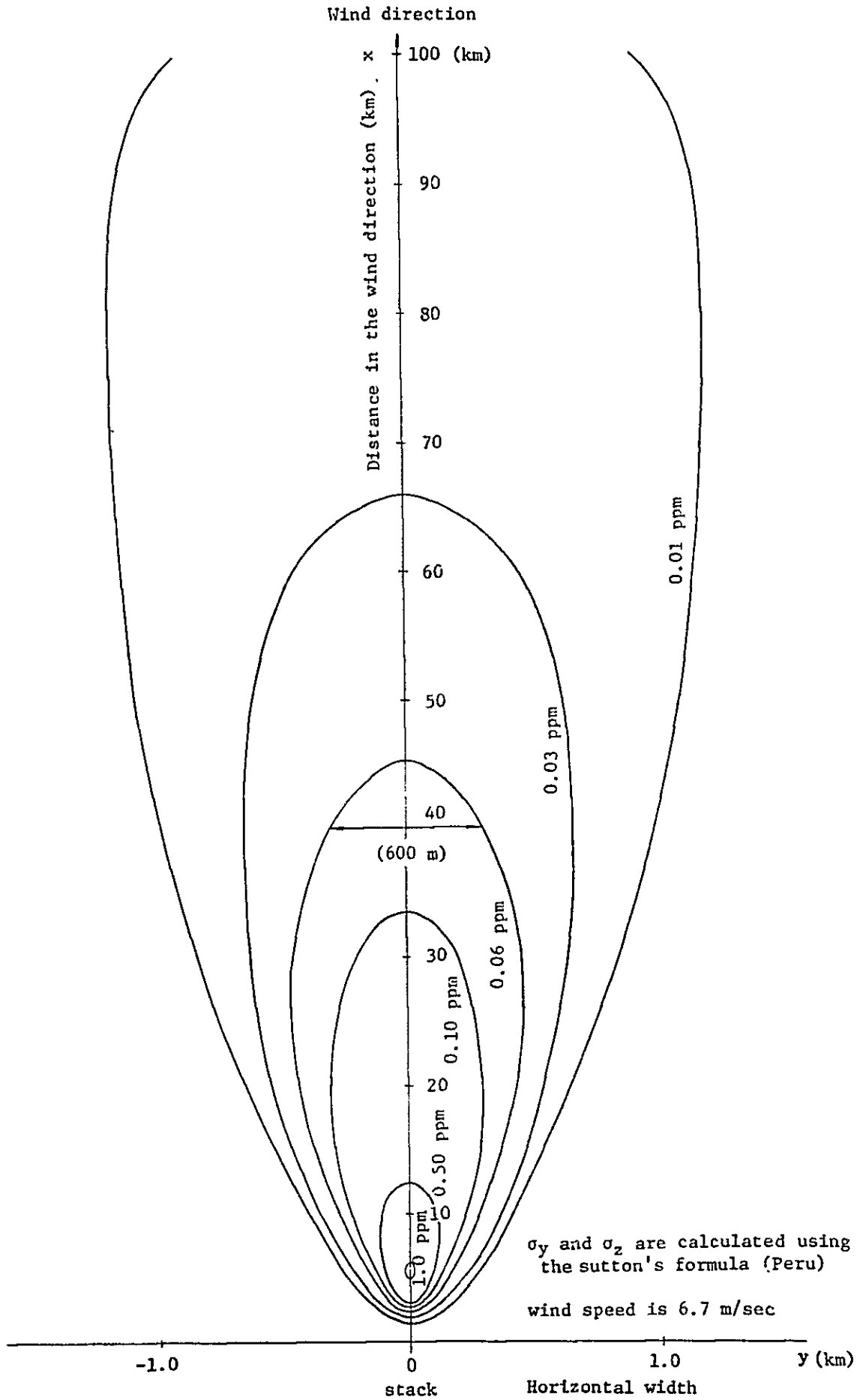


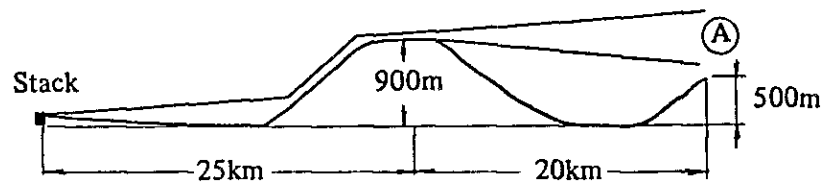
Fig. 5 - 31 Distribution of SO_2 Concentrations on the Ground

サンニコラスの風向は、一日の内で変化している (Fig. 5-32)。1度風向が変わると40 km地点では、主軸が700 m変化するため高SO₂濃度地点は、完全に別の地点に移動することになる。

40 km地点では、瞬時値としては0.06 ppmを越える可能性があるが、24時間値としては、風向が変化するため0.06 ppmを越えないものと考えられる。

地形の影響がある場合、着地濃度の予測は難かしいが傾向としては次のように考えられる。

台地上を通過する場合は、排ガスが台地に当り、縦方向の拡散幅は小さくなり、更に900 mの高さより再拡散する。リオグランデ流域の④地点の着地濃度は、次の様に計算出来る。



$$\sigma_y = 490\text{m} \quad \sigma_z = 430\text{m} \quad n = 0.2 \quad U = 6.7\text{m/sec}$$

$$C = \frac{0.62}{2\pi \times 490 \times 430 \times 6.7} \times \left\{ e^{-\frac{(900-500)^2}{2 \times 430^2}} + e^{-\frac{(900+500)^2}{2 \times 430^2}} \right\} \times 10^6 = 0.046 \text{ ppm}$$

(σ_y , σ_z はSutton(Peru)を使用, 但し σ_z は $x = 20 \text{ km}$ の値を使用)

台地上を通過する場合は、地形の影響がない場合より着地濃度は低くなるため問題はないと考えられる。

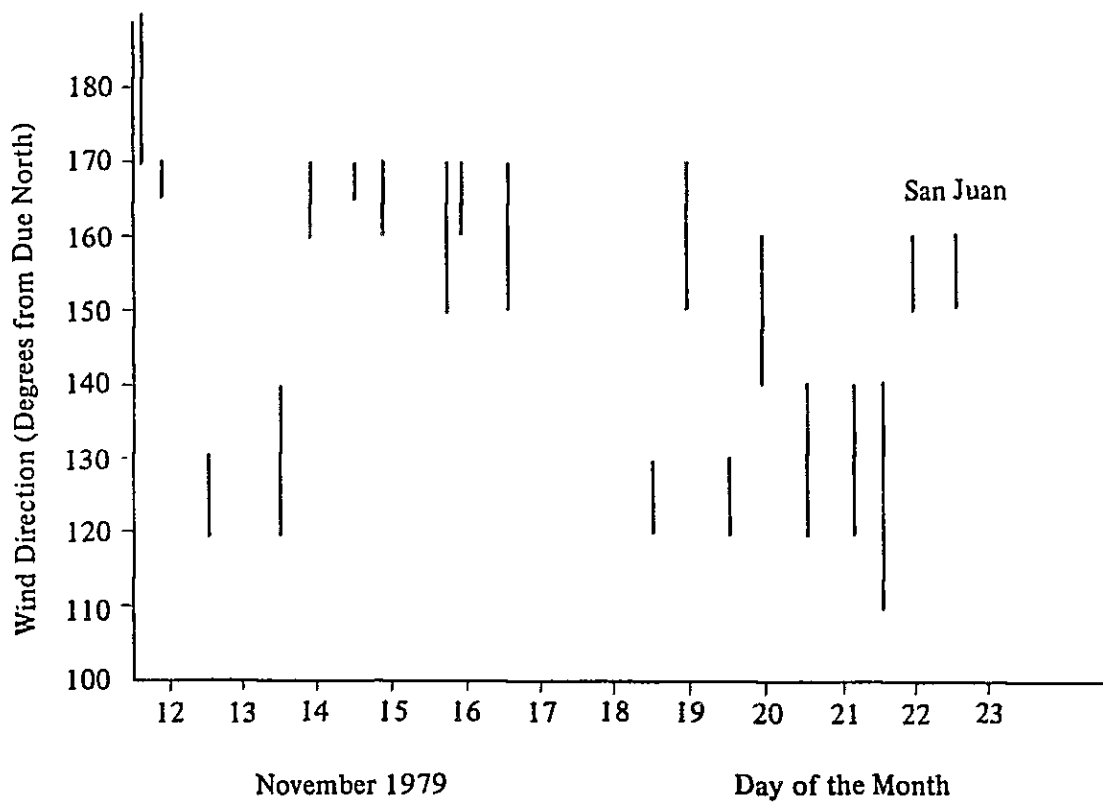
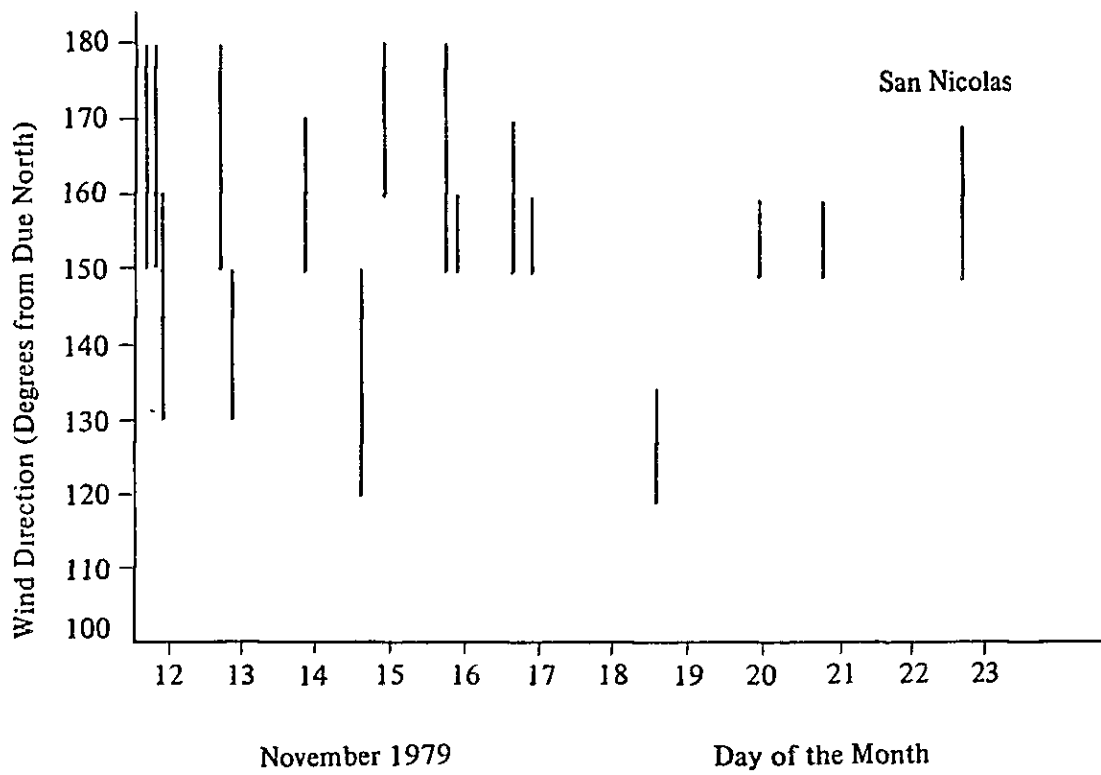


Fig. 5 - 32 Fluctuation in Wind Direction

東南の風向の場合、煙は台地に添って流れるため、SO₂は台地斜面で反射され、着地濃度は倍となる。40km地点以後は、再拡散される。しかし東南の風向の頻度が少ないため、ほとんど問題とならないであろう。

環境評価方式に多少精度上の問題があるが、以上の検討結果より、居住地域、又は農業地帯のSO₂着地濃度、24時間値は0.06ppmをこえないと予想され、当面は環境についての問題はおこらないと考えられる。

しかしながら、将来の環境保全の対策の一環として、風向、風速の連続測定記録、現状でのSO₂の発生量、着地濃度の測定および環境の観察等を事前を実施し、操業後も引き続き測定、観察を行う必要がある。

5.6 生産計画及び各種原単位

生産開始時は、設備の初期故障及び技術者、労働者の技術的な知識、経験の不足から、生産量の低下、各種原単位の上昇が考えられる。初期故障は一般的に数ヶ月以内でおさまり、適切な保守、予防保全等によって設備の稼働は安定してくる。一方技術者、労働者は、彼等に対する教育及びその習熟の度合いにもよるが、技術レベルが向上して品質、生産量、原単位の安定が期待しうる。従って、技術面からみるならば、稼働後1年で正常な操業を持続しうると考えられる。しかし、焼結工場のレイティングアップに販売活動がマッチしない場合を考慮して、初年度1.65Mt/y、次年度2.0Mt/y、3年目以降2.5Mt/yとする。以下に生産量、原料使用量、各種原単位の計画値を示す(Table 5 - 27 ~ 5 - 30)。

Table 5 - 27 Unit Consumption Rate during the Normal Operation

		Kg/ton Sinter					
	Iron Ore R.O.	Iron Ore T.O.	Iron Ore Total	Limestone	Silica-stone	Coke Breeze	
Unit Consumption	536 kg/t	357 kg/t	893 kg/t	149 kg/t	21 kg/t	50 kg/t	
	Electric Power	Fuel Oil	Fresh Water	Sea Water	Steam	LPG	
Unit Consumption	35 kWh/t	2 l/t	0.05 m ³ /t	2.0 m ³ /t	3.2 kg/t	0.01 kg/t	

Table 5 - 28 Change in Unit Consumption of Major Items

Year	kg/ton Sinter							Remarks
	Consumption Rate							
	Iron Ore R.O.	Iron Ore T.O.	Iron Ore Total	Limestone	Silica-stone	Coke Breeze	Electric Power	Fuel Oil
1	539 kg/t	360 kg/t	899 kg/t	151 kg/t	22 kg/t	56 kg/t	39 kWh/t	2.6 l/t
2	536	357	893	149	21	50	35	2
3	536	357	893	149	21	50	35	2
4	536	357	893	149	21	50	35	2
5	536	357	893	149	21	50	35	2

Table 5 - 29 Production & Raw Materials Plan

ton/year

Year	Production	Required Raw Materials				
		Iron Ore R.O.	Iron Ore T.O.	Limestone	Silica-stone	Coke Breeze
1	1,650,000t	889,350t	594,000t	249,150t	36,300t	92,400t
2	2,000,000	1,072,000	714,000	298,000	42,000	100,000
3	2,500,000	1,340,000	892,500	372,500	52,500	125,000
4	2,500,000	1,340,000	892,500	372,500	52,500	125,000
5	2,500,000	1,340,000	892,500	372,500	52,500	125,000

Table 5 - 30 Inventory Plan

Unit: metric tons

	Inventory	
	Normal	Maximum
Iron Ore (yard)	30,000	58,000
Iron Ore (ore bed)	57,000	57,000
Limestone	2,000	4,000
Silicestone	500	1,200
Coke Breeze	15,000	30,000
Sinter	150,000	260,000

第 6 章

焼結工場設備概要

第 6 章 焼結工場設備概要

6.1	設 計 条 件	175	頁
6.1.1	プラントサイト	175	
6.1.2	気象・海象	179	
6.1.3	地形・地質	188	
6.1.4	規格・基準	191	
6.2	基 本 計 画	191	
6.2.1	生 産 量	191	
6.2.2	マテリアルバランス	191	
6.2.3	マテリアルフロー	193	
6.2.4	製品の粉化防止	197	
6.2.5	環 境 保 全	197	
6.3	レイアウト	198	
6.3.1	既設設備の有効利用	198	
6.3.2	地 盤 高	198	
6.3.3	環 境 保 全	198	
6.3.4	ベルトコンベヤ	199	
6.4	設備及び構築物	203	
6.4.1	用地造成	203	
6.4.2	道 路	203	
6.4.3	ヤ ー ド	204	
6.4.4	建 造 物	207	
6.4.5	設 備	209	

第 6 章 焼結工場設備概要

6.1 設計条件

6.1.1 プラントサイト

Hierro - Peru 社サン・ニコラス工場は、リマ市の南約 400 km の太平洋に面した所に位置している。ペルー国はアンデス山脈の太平洋側は大部分砂漠地帯で、ここもその例外ではなく、工場周辺は一面砂漠で人家はない。

最も近い町サン・ファンまでは南東に 14 km あり、ここにサン・ニコラス工場の従業員を中心として約 22,000 人の人々が住んでいる。他の近隣の町としては、北東約 60 km の所にナスカがあり、北へ約 140 km の所にイカがあるが、その間は大部分砂漠である。また、ペルー国南部の主要都市アレキパは南東に約 420 km の所にある。(Fig. 6-1 参照)

鉄鉱石を採掘しているマルコナ鉱山は、サン・ニコラス工場の東北東 15 km にある。鉱山と工場とはクロス・カントリー・コンベアで連絡されており、鉄鉱石はこれにより工場に運搬される。

工場はサン・ニコラス湾の南端を形成する小さな半島上にある。海岸部は険しくそは立って高い台地を形成しており、工場設備の大部分のものが標高 40 m 以上の地盤に造られている。ここには現在、粗鉱ヤード、クラッシング プラント、選鉱工場、ベレット工場、スラリー・ボンド、製品ヤード、発電所および鉱石積出し岸壁などがある。また Electro-Peru 社の受電所もこの一隅にあり、当工場に電力を供給している。

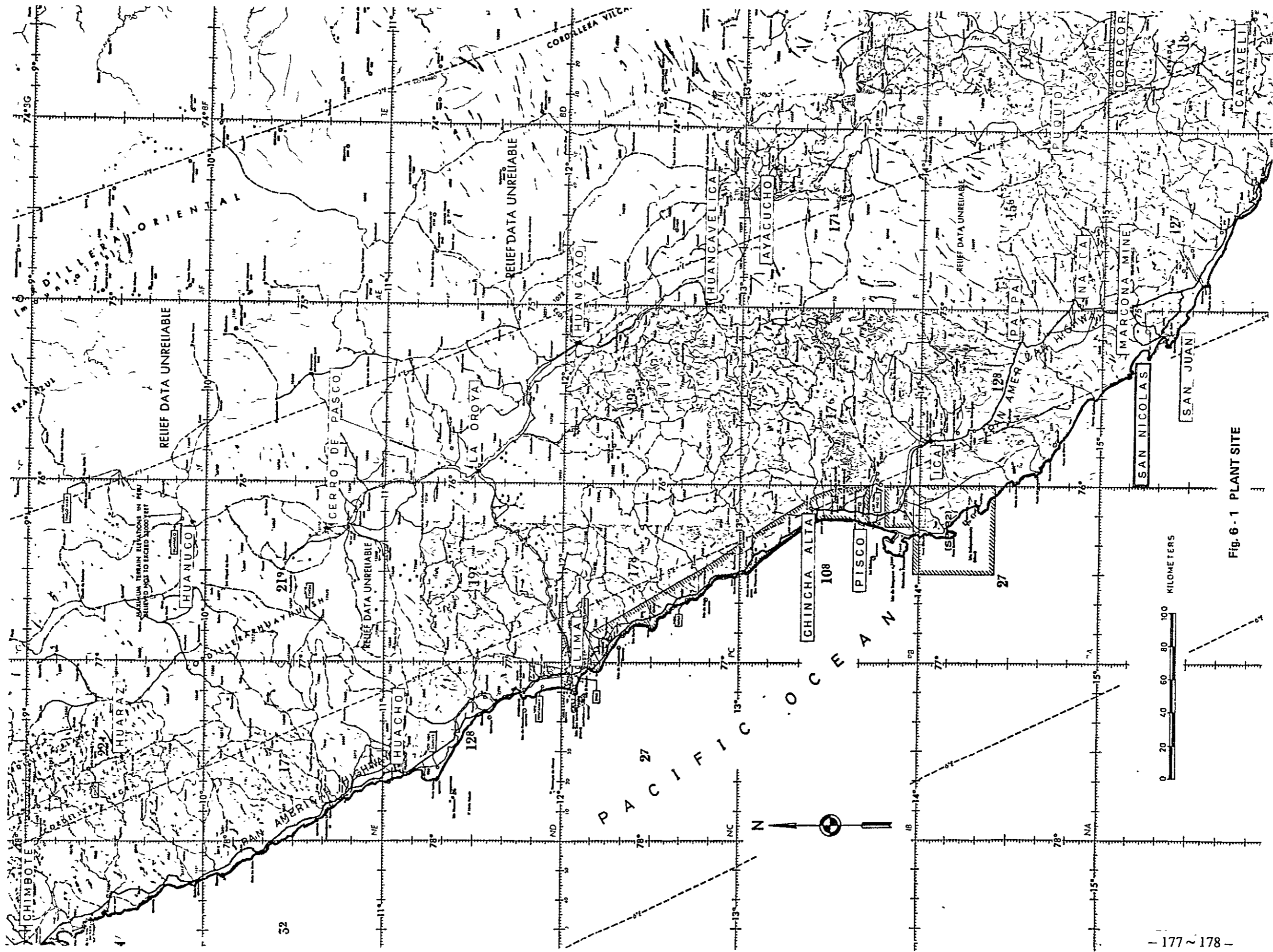


Fig. 6-1 PLANT SITE

6.1.2 気象・海象

サン・ニコラスにおける気象観測データはAppendix Dに示す。

(1) 気温・湿度

サン・ニコラスにおける1976年～1978年の月平均気温、月平均湿度をFig. 6-2及びFig. 6-3に示す。

(2) 降雨量

サン・ニコラスにおいては、1976年から1979年の記録では降雨はTrace又は零である。

サン・ファンにおける1962年から1971年の降雨量を参考までにTable 6-1に示す。

Table 6-1 Rainfall at San Juan (mm)

Year	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	Mean
Rain Fall	5.0	2.1	Trace	15.8	7.4	0.3	0.1	5.6	7.9	14.0	5.8

(3) 風

サン・ニコラスにおける1976年～1979年の記録では、風向は130°～195°(SE～SSW)、風速は8 Knotから38 Knot(4～19 m/sec)である。

サン・ファンで観測された日最大風速のWind RoseをFig. 6-4に示す。

構造物に対する設計風圧力は、ペルー国の設計基準“Reglamento Nacional De Construcciones”によることとする。

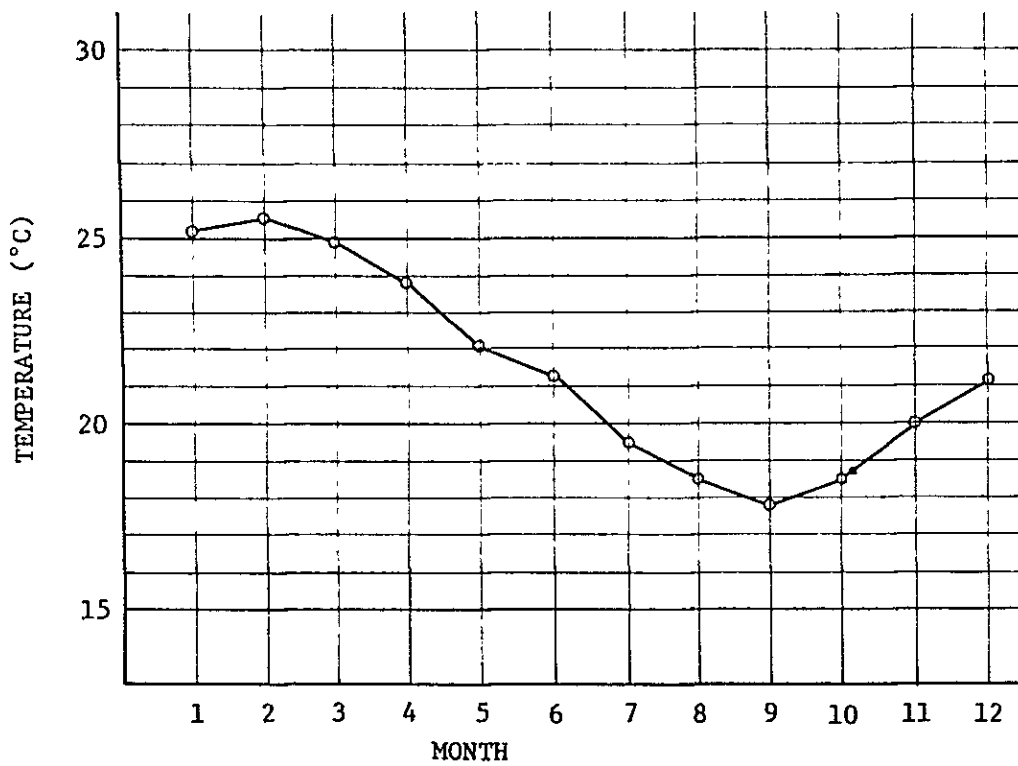


Fig. 6 - 2 Mean Monthly Temperature at San Nicolas (Hierro-Peru, 1976-1978)

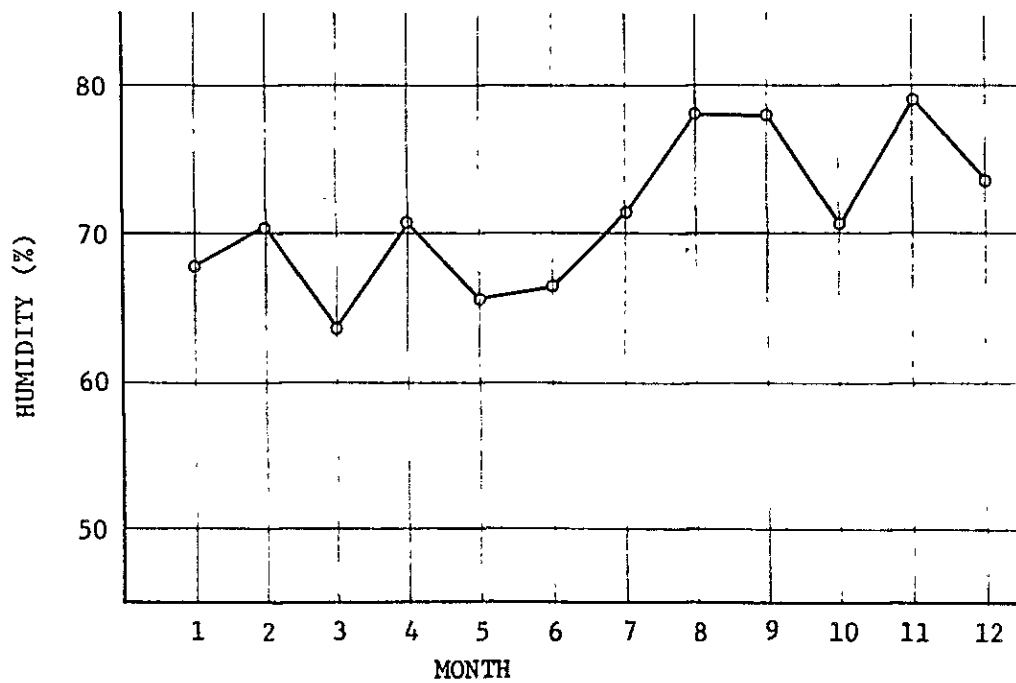
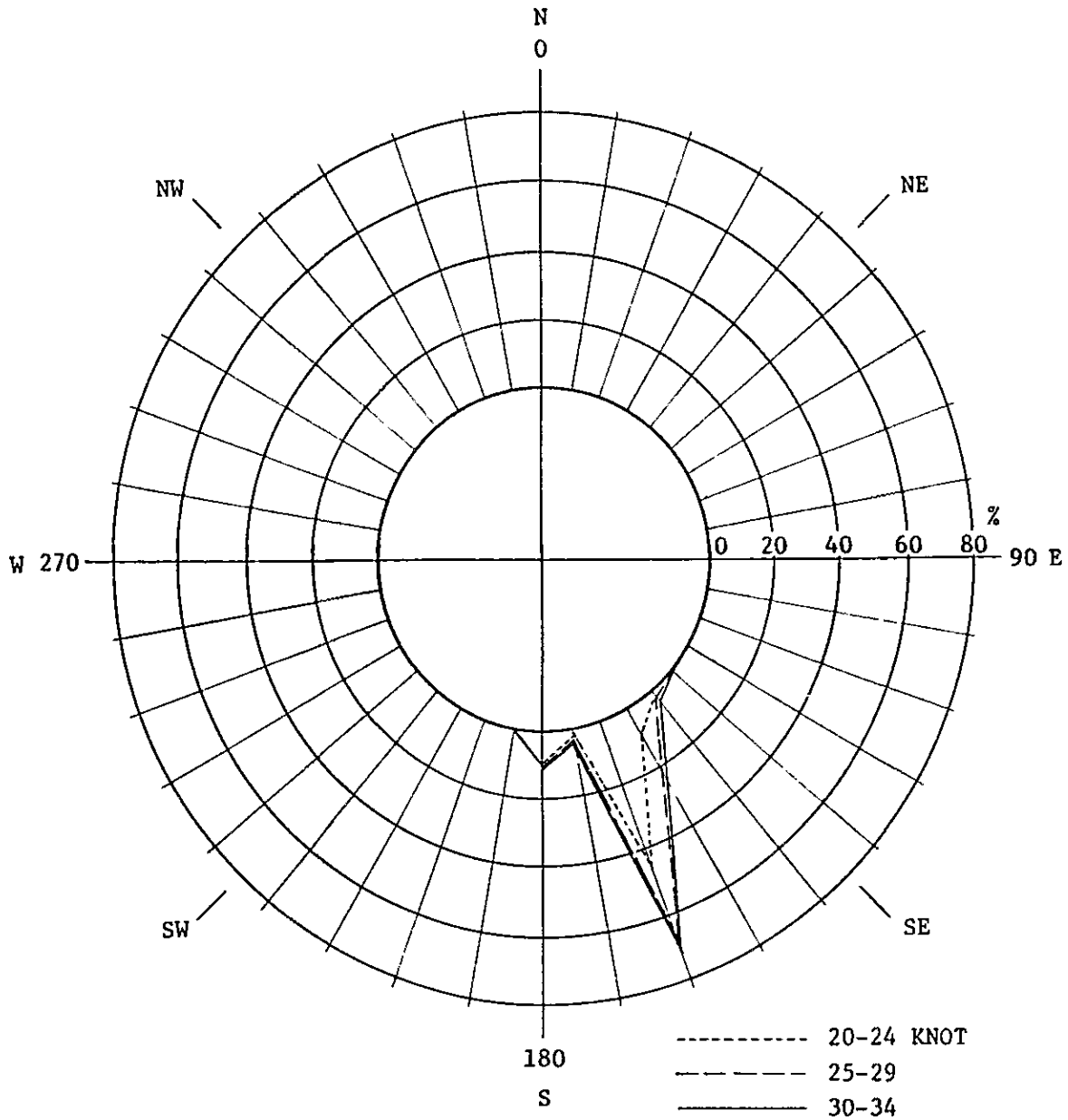


Fig. 6 - 3 Mean Monthly Relative Humidity at San Nicolas (Hierro-Peru, 1976-1978)



Wind rose prepared from the maximum
 daily wind speed and direction
 (1962-1971)

Fig. 6 - 4 Wind Rose at San Juan

14) 潮 位

海図 22183 Bahias San Nicolas and San Juanに次のようなTidal Informationが与えられている。

Table 6-2 Tidal Information at San Nicolas

Place	Height above datum of soundings			
	Mean High Water		Mean Low Water	
	Higher	Lower	Lower	Higher
San Nicolas	0.8 m	-	-	-

また、サン・ニコラスにおける観測記録では次のようになっている。

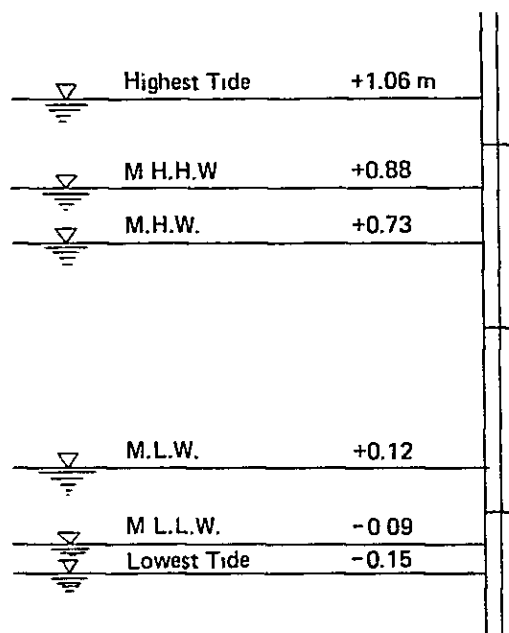


Fig. 6-5 Tide at San Nicolas

15) 波 浪

この工場の鉱石積出しピアーは、サン・ニコラス湾にあり、太平洋に面する西側には延長 800 mの防波堤がある。従って、波浪に関する問題はほとんど無く、船舶は常時接岸可能である。

(6) 地 震

Fig. 6 - 6に世界の地震分布を示す。この図からも判るように、この地域は環太平洋地震帯に属している。また Table 6 - 3 に 1900 年から 1976 年に Peru 国で起きたマグニチュード 7 以上の地震を示す。この中で 1970 年 5 月 31 日にチンボテ沖を震央とする地震は、ラテン アメリカにおいては史上最大の被害をもたらした。

従って全ての構造物は耐震性を有することが必要であり、Uniform Building Code - Zone III に準拠するものとする。

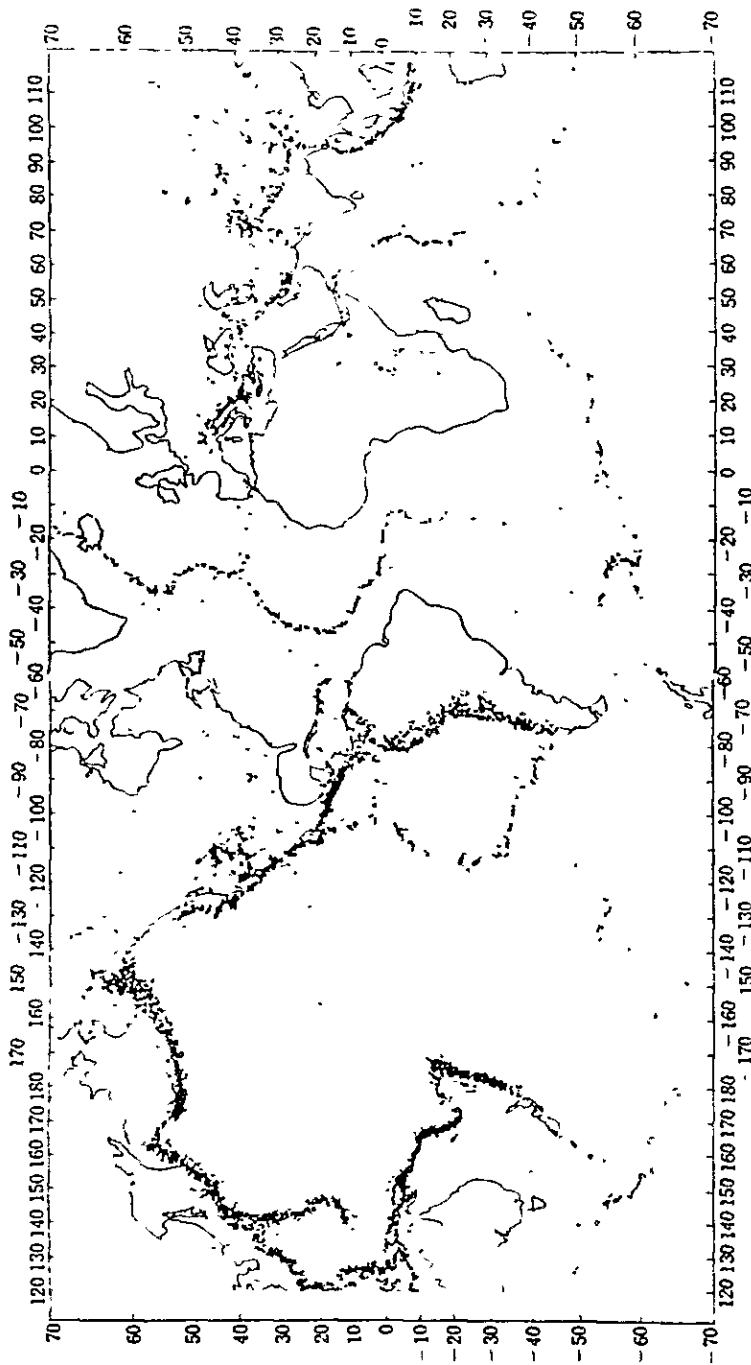


Fig. 6 - 6 The world seismogram (Dept. less than 100 km, $M \geq 4$, 1961 ~ 1967)

Quoted from:

The data in U.S.C. & G.S./ESSA

M. Barazangi & J. Dorman, B.S.S.A., p 369, 1969

Table 6 - 3 Earthquakes $M \geq 7.0$ in Peru (1900 ~ 1967)

Date	M	Latitude	Longitude	Region and Reports
1906 12 26	7.9	18 S	71 W	Near coast of Peru
1908 12 12	8.2	14 S	78 W	Off coast of Peru
1913 8 6	7 3/4	17 S	74 W	Near coast of Peru
11 10		18 S	70 W	Peru, 120 killed
1922 1 6	7.2	16 1/2S	73 W	South Peru
1 17	7.6	2 1/2S	71 W	North Peru
10 11	7.4	16 S	72 1/2W	South Peru
1923 9 2	7.0	16 S	68 1/2W	Peru-Bolivia border region
1928 4 9		13 S	69.5 W	Southeast Peru, 10 killed
5 14	7.3	5 S	78 W	Peru-Ecuador border region
7 18	7.0	5 1/2S	79 W	North Peru
1940 5 24	8.0	10 1/2S	77 W	Peru, some hundreds killed
1941 9 18	7.0	13 3/4S	72 1/4W	Peru
1942 8 24	8.1	15 S	76 W	Near coast of Peru
1943 2 16	7.0	15 S	72 W	Peru
1944 2 29	7.0	14 1/2S	70 1/2W	Peru
1946 9 30	7.0	13 S	76 W	Near coast of Peru
11 10	7 1/4	8 1/2S	77 1/2W	Peru, buildings damaged
1947 11 1	7.3	10 1/2S	75 W	Peru, buildings destroyed
1948 5 11	7.3	17 1/2S	70 1/4W	Near coast of Peru, damage in Moquequa
7 20	7.1	17 S	75 W	Offcoast of Peru, small damage in Caraveli, etc.

Date	M	Latitude	Longitude	Region and Reports
1950 12 10	7.0	14 1/4S	75 3/4W	Peru, 4 killed 12 wounded in Ica
1952 2 26	7.0	14 S	70 1/2W	Peru
1958 1 15	7.3	16.5 S	71.5 W	South Peru, 21 killed, 90 wounded
7 26	7.5	13.5 S	69 W	Peru-Bolivia border region
1959 2 7	7.2	4 S	81.5 W	Near coast of north Peru
7 19	7.0	15 S	70.5 W	South Peru
1960 1 13	8.0	16 S	72 W	South Peru, damage in Arequipa
1 15	7.0	15 S	75 W	Near coast of Peru, 4 wounded and small damage in Ica Prov.
1961 8 19	7.0	10.8 S	71 W	Peru-Bolivia border region
8 31	7.2	10.7 S	70.7 W	Peru-Brazil border region
8 31	7.5	10.5 S	70.7 W	Peru-Brazil border region
1963 4 13	6 3/4~7	6.3 S	76.7 W	North Peru
8 15	7 3/4	13.8 S	69.3 W	Peru-Bolivia border region
9 24	7.0	10.6 S	78 W	Near coast of Peru
11 9	7.0	9 S	71.5 W	Peru-Brazil border region
1965 11 3	6 3/4~7	9.1 S	71.4 W	Peru-Brazil border region
1966 10 17	7 1/2	10.7 S	78.7 W	Near coast of Peru, 125 killed, more than 3000 wounded, 3 m high tidal wave
1967 2 15	6 3/4~7	9 S	71.3 W	Peru-Bolivia border region
1968 6 19	7	5.6 S	77.2 W	North Peru, 41 killed, 100 wounded

Date	M	Latitude	Longitude	Region and Reports
1970 5 31	7.6	9.2 S	78.8 W	Near coast of north Peru 70,000 killed or missing, more than 1 million lost houses
1970 12 10	7	4.0 S	80.7 W	Peru-Ecuador border, 81 killed, many wounded
1971 7 27	7.5	2.7 S	77.4 W	Peru-Ecuador border, 1 killed
1974 10 3	7.5	12.3 S	77.8 W	Near coast of Peru, 78 killed, 2414 wounded, heavy damage in Lima, 1.8 m high tidal wave hit Callao

出典 . 理科年表 1974 及び 1978
(東京天文台編集)

6.1.3 地形・地質

Fig. 6-7に焼結工場予定地周辺の地形を示す。これは、既存の工場建設時に作成された地形図と、今回の現地調査時に50 m間隔で測量された標高図から作成したものである。

図からわかるように、焼結工場の予定地の現地盤は、標高35 mから標高60 mまでその高低差は25 mに及んでいる。この為、土地造成は相当大規模な土工事となることが想定される。

既存工場建設時の地形と現在の地形とを比較すると、修理工場附近の現在の海岸線はかなり北側に移動しており、また、この附近の標高も以前より高くなっている。これは、この区域が尾鉦などで盛土されてできたことを示している。

焼結工場の建設に際しては、詳細な地形図を作成し、構造物の最適な位置と標高、土工量などを再検討することが必要である。

既存工場の建設時に土質調査が行なわれているが、それによると地表面付近で部分的に海成沖積層があるが、大部分は第三紀層以前の礫層あるいは岩盤である。しかし焼結工場予定地周辺は盛土された部分も多い。各種構造物の基礎下端位置の決定や地耐力の決定の為に、詳細設計に先立ってこの地区の土質調査を行なうことが必要であるが、本スタディにおいては、地耐力を30 tcn/m²と仮定して基礎を計画する。

2

3

4

5

6

7

8

9

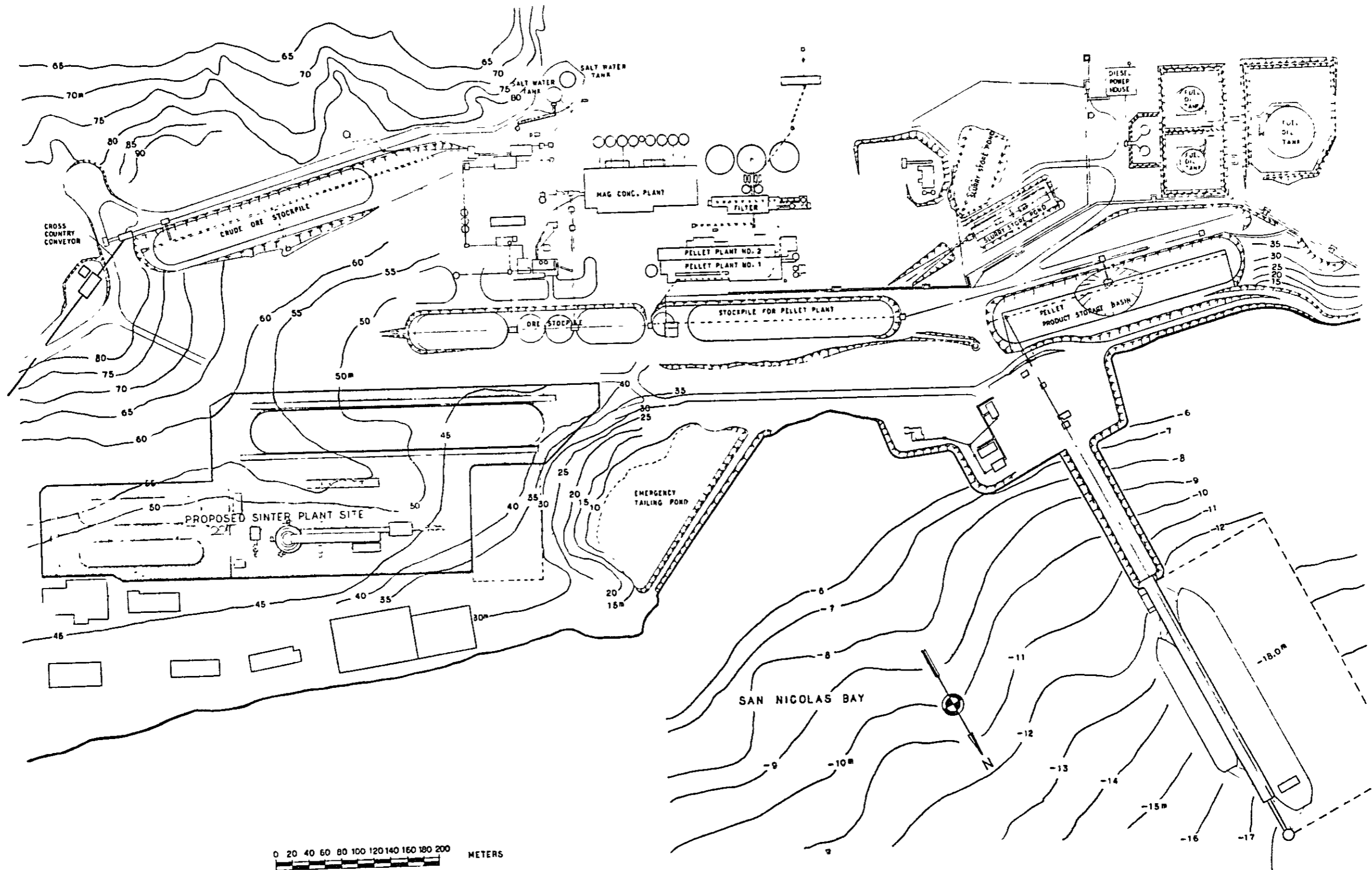


Fig. 6-7 TOPOGRAPHY OF SITE

6.1.4 規格・基準

電気計装設備は米国規格（NEMA）で計画する。

その他の設備・構造物については、前節までに述べたもの以外は原則として日本の規格・基準で計画し、必要に応じてペルー国及び米国の規格も考慮する。

6.2 基本計画

6.2.1 生産量

年産2,500,000トンとする。

稼働率は既設ペレノト工場の稼働率などを勘案して暦年日数の90パーセントとする。

従って、

$$2,500,000 / 365 \times 0.9 = 7,610 \text{ トン/日 (317 トン/時)}$$

6.2.2 マテリアルバランス

生産量、品質、稼働率、原料使用量およびHierric - Peru社より入手した原料によるポットテストの結果に基づいてFig. 6-8に示すマテリアルバランスを作成した。

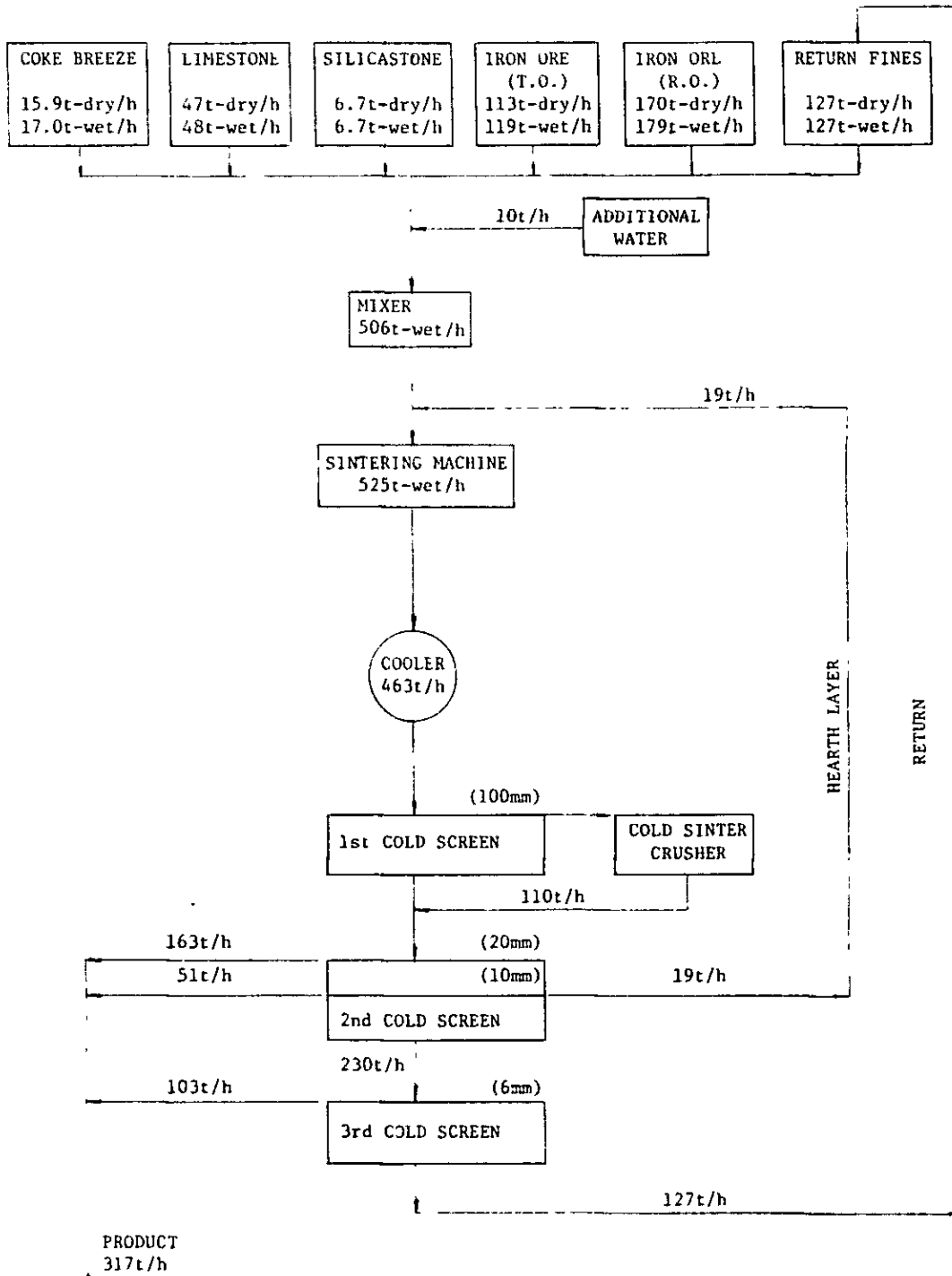


FIG. 6 - 8 MATERIAL BALANCE

6.2.3 マテリアルフロー

原料および焼結鉱の流れは Fig. 6-9 マテリアルフローに示す通りであるが、以下に概略説明する。

(1) 原料の受入れ

粉鉱石は選鉱工場から 63-96 BC, B-1 BC, 63-603 BC を経由して粉鉱石ヤードへ一旦貯鉱する。品質を均一にするためにオーバベディング方式を採用する。ヤードへの積付はブレンディングヤード槽から定量に切り出してブレンディングスタノカーで行う。払出しはブレンディングリクレーマで行う。

コークブリーズは本船デリックにグラブバケットを取り付けて荷揚げし、ダンプトラックでコークブリーズヤードに貯蔵する。

石灰石は山元で 100 mm 以下に破碎しクロス・カントリコンベヤでサン・ニコラス工場の粗鉱ヤードへ貯鉱した後、既設 No.1 クラッシングプラントで 10 mm 以下に破碎し 3 基のサイロに貯蔵する。サイロから振動フィーダで切り出した石灰石は既設篩分建家 (Scrubbing & Cobbing Building) 内に新設されるインペラブレーカとスクリーンで 3 mm 以下にサイジングされ既存のビン (waste truck bin) に貯蔵される。

珪石も石灰石と同じルートで既設ビンに貯蔵する (時間的には石灰石処理とずらす) 。

既設地下コンベヤを改造した B-2 BC および新設コンベヤを経由して、コークブリーズ、石灰石、珪石は別々に配合槽へ輸送する。粉鉱石はブレンディングヤードを経由して配合槽へ輸送する。

(2) 配合、混合

コークブリーズは平均粒度を 1 ~ 1.5 mm に調整するために、あらかじめロッドミルで破碎し粉コークス槽に貯蔵する。原料、返し鉱を定量切出装置で一定の配合割合で切り出し、ミキサで添加水を加えて混合調湿する。

(3) 焼結、冷却

配合、混合された原料はあらかじめパレット上に薄く撤かれた床敷鉱上に均一に装入し点火炉にて原料表面に着火する。パレットが排鉱側へ進行する間に下向吸引により逐次焼結反応が下部に進み排鉱部で完結する。排鉱部で熱間焼結クラッシュにて約 200 mm

以下に破碎された焼結鉱は冷却機で空冷される。

(4) 篩 分

焼結鉱を冷却機から振動フィーダで切り出し、1次スクリーンに供給する。篩上(+100 mm)は冷間焼結クラッシャで100 mm以下に破碎する。

2次スクリーンは上網20 mm、下網10 mmのダブルデッキスクリーンである。

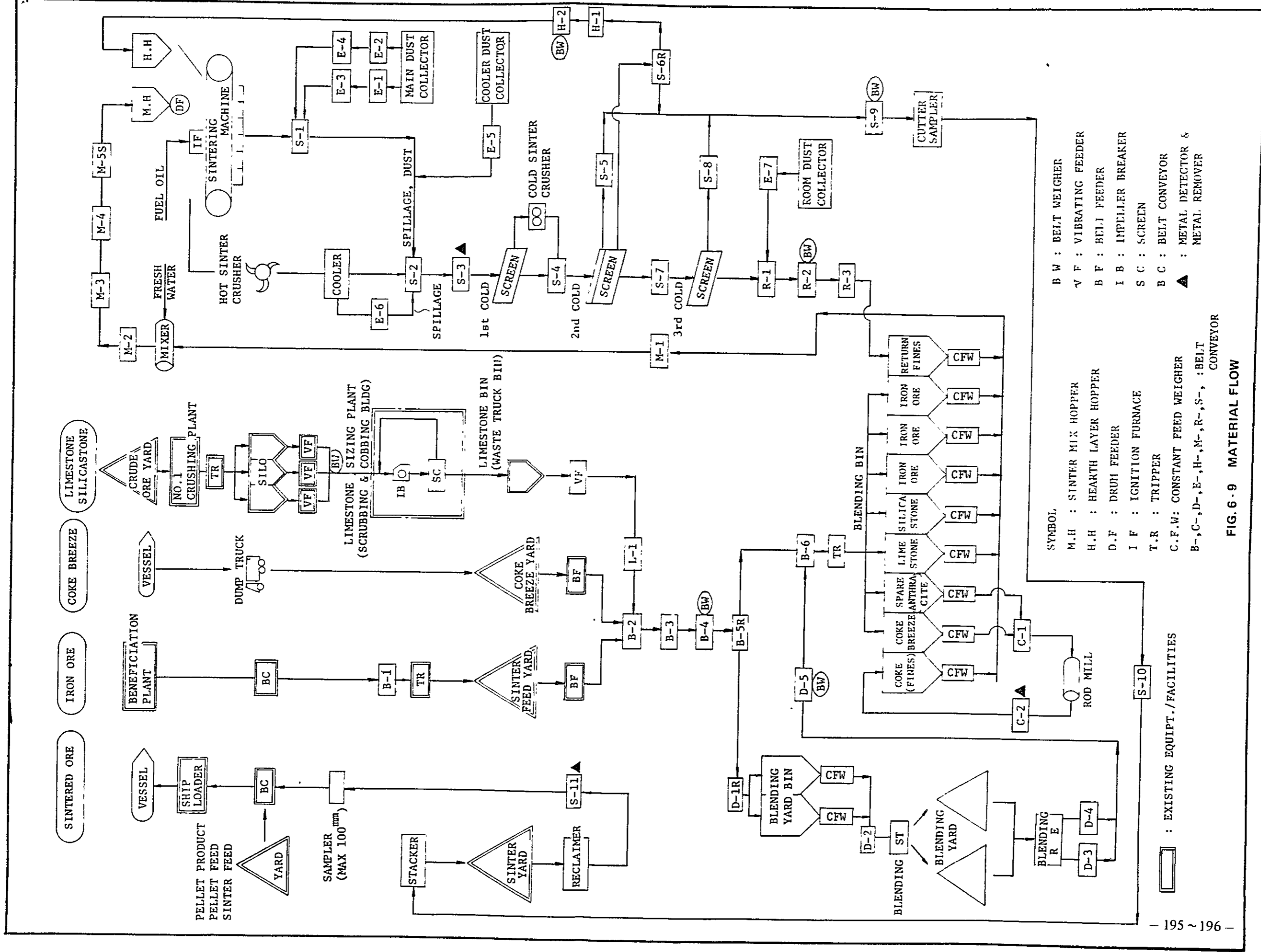
20 mm以上は製品に、10～20 mmの1部は床敷鉱として焼結機に返される。10 mm以下は3次スクリーンに供給され篩上(+6 mm)は製品に、篩下(-6 mm)は返し鉱として配合槽へ戻される。

(5) 製品貯蔵

焼結製品(6～100 mm)は品質管理のためサンプリングされた後、スタッカで焼結鉱ヤードに積付けられる。

(6) 出 荷

焼結鉱ヤードからリクレーマで払出し、出荷のためのサンプリングをした後、既設の岸壁コンベヤ、シップロダで船積する。



6.2.4 製品の粉化防止

焼結鉍は脆弱な性質を有するため、落下衝撃により粉化しやすい。従って操業面では硬く焼成すると共に、輸送、ハンドリングの設備面では落下高さ、落下回数を少なくして粉化を防止する。

- (1) 落下回数を少なくするために、ベルトコンベヤの本数を出来るだけ少なくする。
- (2) コンベヤジャンクション部を低落差にするためにヘッドブーリを出来るだけ小さくする。
- (3) シュート部はストンボックス方式を採用する。
- (4) スタッカはブーム俯仰式としスタッカのブームヘッドとパイル間の高さを常に小さく保つ。
- (5) リクレーマはトリッパ付タイプとし、ブームコンベヤからトリッパヘッド部へ焼結鉍を供給することにより落差を小さくする。
- (6) 船積時の粉化防止としては本船にスライド型シュートを設置することが望ましい。

6.2.5 環境保全

- (1) 焼結排気ガスは 100 m の高煙突で拡散を計る。
- (2) 集塵設備は下記の 3 基を設置する。
 - 主排気集塵機：主排気の集塵
 - クーラ集塵機　クーラの集塵
 - 装置集塵機：篩分設備，クラッシャ，コンベヤ等の集塵
- (3) 主排風機およびクーラファンにはサイレンサを装備して騒音防止を計る。

6.3 レイアウト

焼結工場は下記の項目を勘案して Fig. 6-10 に示す通り既存粗鉱ヤード北側の空地部に計画する。

6.3.1 既設設備の有効利用

(1) 既設岸壁の利用

西側は水深 18 m で最大 170,000 DWT クラスの船舶が接岸可能である。ショプローダは公称 3,000 t/h で焼結鉱の積出しに利用できる。東側は水深 13.7～17m で 60,000 DWT までの船舶が接岸可能であり、従ってコークブリーズ運搬船、建設用資機材運搬船の接岸が可能である。

(2) 原料ヤードおよび石灰石破碎設備の利用

粉鉱石ヤードおよびコークブリーズヤードは既存の粉鉱石ヤードを利用する。

石灰石破碎設備については粗鉱ヤードの一部、№1クラッシングプラント、サイロ、コンベヤ、ビン (waste truck bin) および石灰石サイジング建家を利用する。

6.3.2 地盤高

設備および道路のレイアウト上からは焼結工場、焼結鉱ヤード、ブレンディングヤードの地盤高は等しい方が望ましいが、建設予定地は標高約 35 m から約 60 m の起伏がある。土木工事上は、

出来るだけ土工量を少なくしたい。

焼結工場、焼結鉱ヤードは荷重が比較的大きいので盛土をあまり高くしたくない。などの理由により焼結工場、焼結鉱ヤードは標高 45 m に、ブレンディングヤードは標高 47 m で計画する。

6.3.3 環境保全

主排気煙突は焼結工場の西側に設置し、この煙突とテイリングpond (tailing pond) 間に将来、排煙脱硫設備が設置可能なスペースを残しておく。

6.3.4 ベルトコンベヤ

原料および焼結鉱の流れを出来るだけ単純化しベルトコンベヤの本数および機長の減少を計った。

以上の事を考慮し、フレンドイングヤード、焼結工場、焼結鉱ヤードはほぼ東西に平行に配置する。

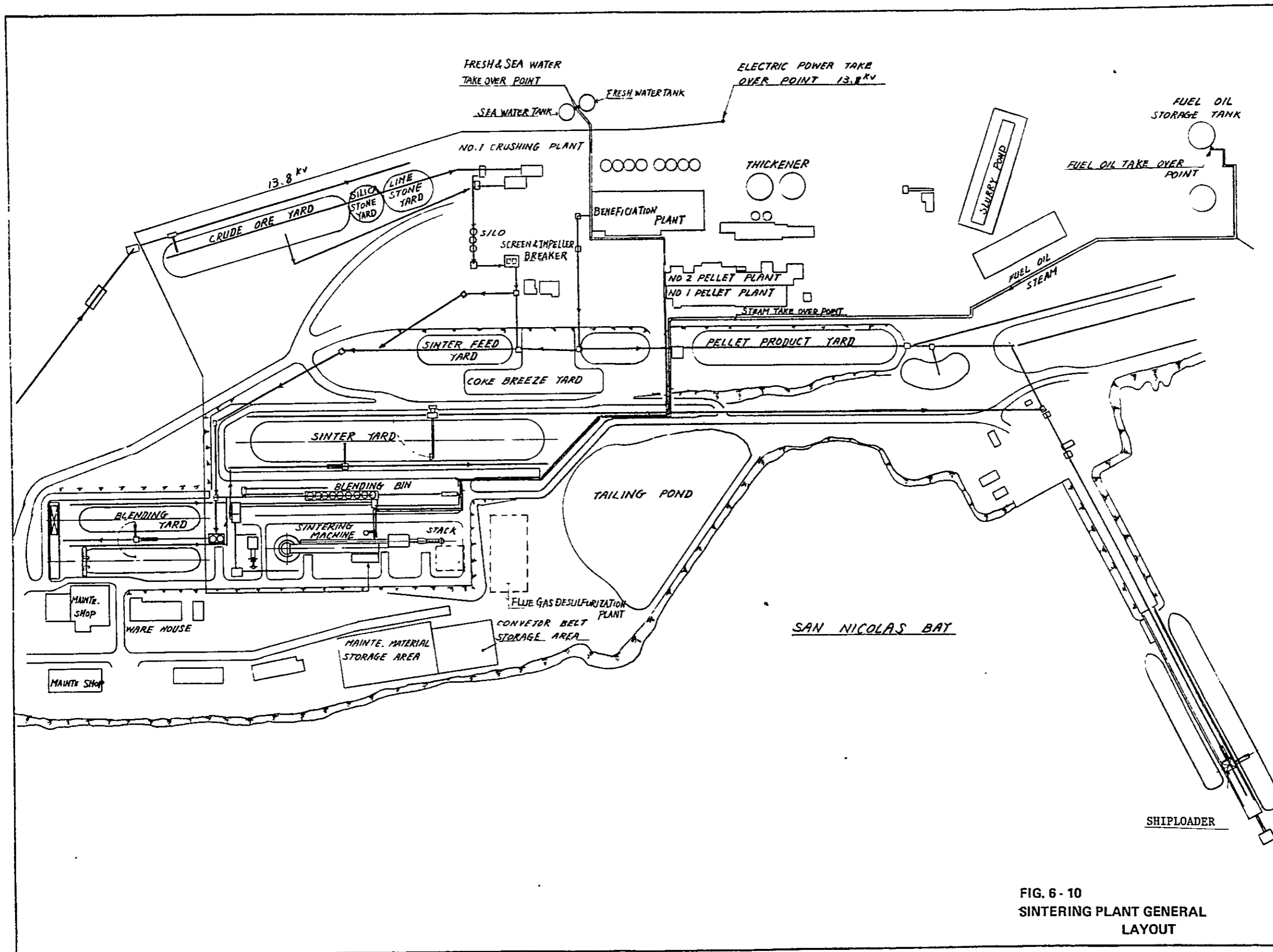


FIG. 6 - 10
SINTERING PLANT GENERAL
LAYOUT

6.4 設備及び構築物

6.4.1 用地造成

焼結工場及び附帯設備用地として約 110,000 m²の土地が必要である。用地を大別すると焼結工場、ブレンディング ヤード、焼結鉢ヤードに分けられ、各々のエリア内では平坦な土地が必要である。

予定地の現在の地形は、標高 35 m から標高 60 m 程度まで起伏があり、切土が不可避である。用地造成を経済的に行なうには、切土を全量盛土に用いて両者で必要面積を得るようにすることが一般的には有利である。しかし、本スタディにおいては、

- (a) 焼結工場及び焼結鉢ヤードの荷重が比較的大きく、地盤強度の面からあまり高い盛土は避けねばならない。
- (b) 予定地周辺には既存の設備があり、これにより盛土可能な範囲が制限される。
- (c) 各エリアは異なる標高とすることが可能であるが、機器の取合いより、標高差は最大 2 m とする。

の 3 点より、ブレンディング ヤードを標高 47 m、他は標高 45 m に決定した。従って、焼結鉢ヤードの西側約 3 分の 1 と煙突の周辺とが盛土となり、他は大部分が切土地盤となる。

全体の切土量は約 500 千 m³、盛土量は約 100 千 m³である。地盤の一部は岩盤であり、爆破による掘削が必要と考えられる。法面の標準勾配は、切土部で 1 : 1、盛土部で 1 : 2 とした。盛土は、十分な締固めを行なう為、最適含水比となるように散水を行なって土の含水比を調整した後、30 ~ 50 cm 厚の層ごとに転圧することが必要である。なお、土工量の算定には Fig. 6 - 7 を用いる。

6.4.2 道 路

焼結工場周辺の道路は、幅員 10 m、最大勾配 8 % を標準とした。但し、岸壁からコーク ブリーズ ヤードへ至る道路は、コーク ブリーズ 運搬用の 65 トン・ダンプトラク

クが通るので、幅員 15 m としたが、距離が十分とれない為、最大勾配は 10 % とした。

6.4.3 ヤード

(1) 粉鉱石ヤード

既存の粉鉱石ヤードの一部を利用する。ヤードへの積付は ϕ 63 - 603 ベルトコンベヤに付属したトリノバにて行い、払出はカルバート内に設置されているベルトフィーダおよび B - 2 ベルトコンベヤにて行う。

払出がカルバート方式のため全量払出すためには、ブルドーザ等による投入口への粉鉱集積が必要である。

(2) コークブリーズヤード

既存の粉鉱石ヤードの一部を利用する。積付はダンプトラックで行い、払出は粉鉱石ヤードと同様、カルバート内に設置されているベルトフィーダおよび B - 2 ベルトコンベヤにて行う。

貯骸量はコークブリーズ運搬船の大きさ (約 20,000 ~ 30,000 DWT) から決定した。払出がカルバート方式のため全量払出すためにはブルドーザ等による投入口への粉鉱集積が必要である。

土砂の混入防止および集積作業を容易にするため、無筋コンクリートで舗装する。

(3) ブレンディング・ヤード

粉鉱石の品質を均一化するために設ける。ヤードを 2 面設け、一方のヤードに積付けている間に他方のヤードから払出す。

ブレンディング・ヤード ホッパから定量に切出された粉鉱石はブレンディング スタッカで積付られる。このスタッカがヤードに沿って往復することにより粉鉱石は多くの層状を形成する。

払出はブレンディング リクレーマで行う。このリクレーマを一方のヤードから他方のヤードへ移動させるためにトランスファーカーを設ける。

(4) 焼結鉱ヤード

積付はスタッカで行い、払出はリクレーマで行う。ヤード幅を 50 m とし両側に道床を

設け、北側の道床にスタッカを、南側の道床にリクレーマを配置する。

焼結鉱ヤード、フレンドイングヤードに生ずる沈下は地盤が良いので非常に小さいと考えられ、また降雨量は非常に少ない。従ってヤードは転圧のみとし排水設備は設けない。道床は地盤から 500 mm 上りのバラス敷とする。

Table 6-4 Specifications of the Yards

Name of Yard	Space	Stack Height (m)	Bulk Density (t/m ³)	Storing Capacity (t)	Consumption/ Production (t/d)	Storing Period (day)
Sinter feed yard	35 m x 118 m	13.7	2.4	58,300	7,150	8
Coke breeze yard	8,000 m ²	8.0	0.5	30,000	425	70
Blending yard	30 m x 150 m x 2	11.7	2.4	57,000 x 2	7,150	8 x 2
Sinter yard	50 m x 360 m	19.5	1.6	262,000	7,610	34

6.4.4 建築物

(1) 構造

構造材としてはコンクリートと鉄骨が考えられる。どちらを採用するかは建築物の形状、荷重、工期、価格、製作・維持管理・補修の難易、その他必要に応じて構造体の振動性状なども考慮し総合的に検討し、決定する。

本スタディでは、特に大荷重を受ける焼結機建家配合槽などについては、品質管理の容易さ、工期の短縮、補修・改造の容易さなどを考慮し、鉄骨造とした。また、電気室（分析室、コントロール室を含む）の様に気密性、居住性が要求される建物についてはコンクリート造とした。

(2) 鉄骨造の屋根・壁材

降雨量が少いので、雨樋、雨水排水などの雨に対する考慮は不要と考える。ただし、風、砂塵などを考慮し、必要に応じて屋根、壁を設置する。材料は建設、補修が容易な波型カラー鉄板とする。また採光が必要な部分にはアルミサッシュ、ガラスを用いる。

(3) 本スタディで考慮した建築物について、以下にその概要を示す。

Table 6-5 Outline of the Buildings and Structures Specifications

Names of Buildings and Structures	Total Area (m ²)	Outline of Specifications
1. Blending bin	900 (building area)	Steel structure, 9 bins
2. Sinter building	1,727 (building area)	Steel structure, 4-story
3. Electric room	1,848 (floor area)	Concrete building, 4-story, analysis room of 192 m ² is included.
4. Sample preparation room	156	Concrete block building, 1-story, included in the sinter building
5. Main exhaust blower electric room	80	Concrete block building, 1-story
6. Stack		H = 100 m, made of concrete
7. Blending yard bin	200 (building area)	Steel structure, 2 bins

6.4.5 設 備

(1) スタッカ

積付能力は 317 t/h のブームコンベヤ俯仰式である。

6 m 間隔で敷設されたレール上を約 310 m 走行する。走行装置、ブームコンベヤ、俯仰装置、トリッパにより構成される。焼結鉱は S-10 BC からトリッパでブームコンベヤに乗り移り、ヤードへ積付けられる。

パイルへの落差を常に小さくするためにブームコンベヤを俯仰式とする。

(2) リクレーマ

払出能力は 3,000 t/h のバケットホイール式である。8 m 間隔で敷設されたレール上を約 375 m 走行する。走行装置、バケットホイール、ブームコンベヤ、旋回装置、俯仰装置、トリッパより構成される。

焼結鉱はバケットホイールで採集され、ブームコンベヤからトリッパを経由して S-11 BC へ払出される。

トリッパを設置することによりブームコンベヤと S-11 BC 間の落差を小さく出来る。

(3) ブレンディングスタッカ

積付能力は 500 t/h のブームコンベヤ旋回、俯仰式である。6 m 間隔で敷設されたレール上を約 135 m 走行する。走行装置、ブームコンベヤ、旋回装置、俯仰装置、トリッパより構成される。

粉鉱石は D-2 BC からトリッパでブームコンベヤに乗り移り、ヤードへ積付けられる。両方のヤードへ積付を行うために旋回装置を有する。

(4) ブレンディングリクレーマ

払出能力は 700 t/h のダブルバケットホイール式である。

32 m 間隔で敷設されたレール上を約 150 m 走行する。走行装置、バケットホイール、ハロー、横行装置、機内コンベヤより構成される。ハローでかき落された粉鉱石は 2 個のバケットホイールで採集され、機内コンベヤにより D-3 BC または D-4 BC に払出される。

(5) 配合槽

有効容積は約 600 m³である。返し鉢槽以外の配合槽は頂角約 40 度の円錐形とし、パイプレータを 2 個取り付けて原料の詰り防止を計る。

返し鉢用 1 槽，粉鉢石用 3 槽，珪石用 1 槽，石灰石用 1 槽，コークブリーズ用 2 槽（内 1 槽は無煙炭用に使用可能），ロッドミル通過後の粉コークス用 1 槽の計 9 槽とする。返し鉢槽にのみロードセルを，他槽にはチルト式リミットスイッチを使用してレベル検出を行う。

(6) ブレンディングヤードホッパ

有効容積約 600 m³の槽を 2 槽設置する。構造は原料の配合槽と同じである。

(7) ロッドミル

コークブリーズを平均粒度 1 ～ 1.5 mm に粉砕する設備である。能力は 29.5 t/h である。供給装置として，スクリーフィーダを装備する。

(8) ミキサ

原料に適量の水を加え混合する設備である。能力 506 t/h，ロータリードラム式である。

混合効果をよくするためにドラム入口側から約半分の範囲には掻上羽根を設ける。ドラム本体の支持は 2 個のタイヤをそれぞれ 2 個のローラで支持する構造である。ドラム内には原料に散水するための散水管を設ける。

(9) 原料ホッパ

有効容積約 27 m³の角錐型とし，ロードセルで支持する。ホッパ下端に原料切出量調整用のダンバを設ける。

(10) ドラムフィーダ

原料ホッパから原料を定量に切り出す設備である。能力 506 t/h，ロータリードラム式である。

ドラムの表面にはステンレス製ライナを取り付け摩耗および原料の付着を防止する。

駆動は直流モータで行う。

01) 原料装入シュート

カットオフプレートおよび自動クリーナ付きのデフレクタープレート式である。焼結層の充填密度および偏析を調整するためにドラムフィーダの下にデフレクタープレート式シュートを設け、表面清浄用に自動クリーナを装置する。

パレットに装入された原料の充填密度を調整するためにカットオフプレートを設ける。

02) 床敷鉢ホップ

有効容積約 30 m³の角錐型とし、ロードセルで支持する。ホップ下部にゲートおよびシュートを設ける。

03) 点火炉

最大燃焼能力、 12×10^6 kcal/h、炉容積は約 19.5 m³の箱型天井バーナ式である。バーナは重油・高圧ノズル混合式とする。各バーナにはプロパンガスを燃料としたパイロットバーナを装備し重油バーナへの着火を行う。

炉内温度は 1,100 ~ 1,300 °C になるので内面は耐火物を内張りする。点火炉で点火された表面が急冷されるのを防ぐために保熱帯を設ける。保熱帯は保熱面積 3.1 m × 3.5 m の箱型で耐火物を内張りする。

04) 焼結機

点火炉で点火された原料はパレットが排鉢側に進むにつれてダウンドラフトにより焼成が進行し排鉢部手前で完了する。

有効火格子面積 249 m²のトワイトロイド式である。焼結機はパレット、パレット駆動装置、焼結機架台から構成される。給鉢側スプロケットと排鉢側スプロケット間にパレットをエンドレスに配置する。

パレットは本体、サイドウォール、エアーシール、インシュレーションピース、グレートバー、ローラ、車輪から構成される。パレットの駆動は給鉢側スプロケットを介して直流モータで行う。

05 ウインドボックスおよび主排気ダクト

焼成過程で発生した排気ガスを集めて主排風機へ導く設備である。

ウインドボックスはエアーシール用スライドベンド，給排鉱部のエアーシールを装備している。主排気ダクトはウインドレグ，2重コンダンパー，エキスパンションジョイントを装備している。

06 熱間焼結クラッシャ

焼結機から排出された大塊を約 200 mm 以下に破碎する設備である。能力 463 t/h，シングルスパイクロール式である。

クラッシャはクラッシャカッタ，主軸，駆動装置，受歯，受歯台車から構成される。クラッシャカッタは 3 枚刃で，カッティング部には白鉄コーティングを施している。

受歯は台車の上にセットしクラッシャケーシングの外に引き出して受歯の交換作業の便を計る。

07 クーラ

下流の設備，特にコンベヤベルトに悪影響を与えない程度まで焼結鉱を空冷する設備である。有効冷却面積 210 m² の円形押込式である。

クーラは回転枠，トラフ，駆動装置，エヤ吹込チャンバ，フード排鉱シュートから構成される。

クーラの駆動は回転枠外側に装備されたフリクションプレートを上下 2 個のフリクションローラではさみ，上側のフリクションローラを DC モーターで回転して行う。エヤ吹込チャンバはクーラ架台と兼用の鉄筋コンクリート構造とする。

08 クーラファン

能力 6,500 m³/min，400 mm H₂O，両吸込ターボ式，630 kW モーター付きで 3 台設置する。吸込側にサイレンサを装備する。

09 クーラ集塵機

能力 3,000 m³/min，サイロン式である。分離されたダストはサイクロン下に装備した 2 重タンバで排出される。排気ファンは 3,000 m³/min，at 200 mm H₂O，300 °C の

両吸込ターボ式である。

(20) 主排気集塵機

能力 18,000 m³/min, サイクロン式である。分離されたダストはサイクロン下に装備した2重タンバで排出される。

(21) 主排風機

能力 18,000 m³/min at - 1,600 mm H₂O 150℃の両吸込ターボ式である。6,500 kWの駆動用モータは、冷却水で冷却された空気をモータ内に循環することにより強制空冷される。

主排風機およびモータの軸受にオイルリフター方式を採用し、起動時のトルクを小さくしてモータの負荷を軽減する。吐出側にサイレンサを設ける。

(22) 煙 突

地上 100 m, 頂径 3.6 m の鉄筋コンクリート製である。

(23) 1次スクリーン

クーラから排出された焼結鉱を 100 mm で篩分ける設備である。能力 463 t/h, 固定グリズリー式である。寸法は 2.5 m × 6 m である。

(24) 冷間焼結クラッシャ

1次スクリーン篩上の焼結鉱を 100 mm 以下に破碎する設備である。能力 100 t/h, ダブルスパイクロール式である。ロール間隔はスクリーにより調整可能である。

(25) 2次スクリーン

焼結鉱を 20 mm と 10 mm で篩分ける設備である。能力 463 t/h, 2床リブルフロ式である。寸法は 2.7 m × 7.2 m である。

(26) 3次スクリーン

焼結鉱を 6 mm で篩分ける設備である。能力 230 t/h, 単床リブルフロ式である。寸

法は3 m × 7 2 mである。

(27) 装置集塵機

能力6,500 m³/min，サイクロン式である。分離されたダストはサイクロン下に装備されたフローコンベヤおよび2重ダンパで排出される。

(28) 運転方案

(a) 概要

- (i) 総括制御装置は焼結工場，原料ヤード，焼結鉱ヤードを対象とする。
- (ii) 原則として，焼結機，冷却機，コンベヤ等のプロセス機器は操作室より遠隔制御，即ち操作，監視が出来る。しかしこれらの機器は現場操作が上記の遠隔操作に優先する。
- (iii) プロセス機器の制御にはシーケンスコントローラを使用する。
- (iv) シーケンス制御は次のグループに区分される。これらのグループはそれぞれ独立しても操作出来る。

粉鉱石ヤード積付グループ

粉鉱石，コークブリーズヤード払出グループ

石灰石破碎篩分設備グループ

ブレンディングヤードグループ

コークス破碎設備グループ

原料配合，混合設備グループ

焼結設備，冷却設備グループ

焼結篩分設備，焼結鉱ヤード積付グループ

床敷鉱，返し鉱，集塵ダスト，輸送設備グループ

焼結鉱ヤード払出設備，船積設備グループ

(b) 起動, 停止操作

(i) 起動操作

プロセス機器はシーケンスコントローラで順次下流よりインターロック起動する。

(ii) 停止操作

停止操作には次のものがある。

時間遅れ停止 (通常停止)

一斉停止 (非常停止)

故障停止

(2) 計装制御方式

(a) 原料切出し制御

総切出量は総切出量設定器で設定する。

原料槽のレベルを見ながら総切出量設定値を調整する。

(b) 原料水分制御

ミキサ添加水の流量は、原料切出量および、原料の持込水分と配合原料の基準水分の差、に比例して調節する。

(c) 原料槽レベル制御

原料槽レベルは連続的に検出する。

原料槽レベルの変動を最小に保つため、運転中、手動により総切出量設定値を調整する。

(d) 層厚制御

カントオフプレートの高さを設定して行う。

電極棒で層厚を検出し配合原料の供給量を調整する。

(e) 床敷鉋ホッパレベル制御

S - 6 R B C (リバースコンベヤ) を正又は逆転することによりレベル制御が行われる。

第 7 章

ユーティリティ

第 7 章 ユーティリティ

7.1	電	力	.....	217	頁
7.2	燃	料	油	.....	217
7.3	蒸	気	.....	218	
7.4	用	水	.....	218	
7.4.1	淡	水	.....	218	
7.4.2	海	水	.....	219	

第 7 章 ユーティリティ

7.1 電 力

Hierro-Peru 社は下記仕様の自家発電設備を所有している。

番号	タイプ	出力 (kW)	電 圧 (kV)
1	火 力 発 電	18,750	13.8
2	火 力 発 電	18,750	13.8
3	火 力 発 電	25,000	13.8
4	ディーゼル発電	2,500	4.16
5	ディーゼル発電	2,500	4.16

不足分は Electro-Peru 社から発電され、焼結工場用電力 (デマンド約 15 MW) は確保できる。この電力は既設分析室附近にて 13.8 kV で供給される。

取合点から焼結工場電気室までの配線は架線式とする。取合点から粗鉱ヤード東側までは裸線とし、粗鉱ヤード東側から焼結工場の電気室までは被覆線とする。

7.2 燃 料 油

点火炉での燃焼用に使用する。Petro-Peru Industrial No 6 (Bunker C 相当) を使用する。

仕様は以下の通りである。

発熱量	・ 10,000 kcal/kg (18,500 BTU/lb)
粘度、SSF	170 at 50°C、122°F、
硫黄分	・ 0.74 %
既設燃料油タンク内温度	約 43°C、108 ~ 110°F)

既設燃料油タンクより供給されるものとする。使用料は約 600 l/h である。

プロパン

点火炉のハイロットバーナ用に使用する。点火時のみ使用するので消費量は少量である。ポンペで支給されるものとする。

発熱量は 20,000 kcal/m³ (at 0°C 大気圧) で計画する。

7.3 蒸 気

燃料油の保温および燃焼バーナでのアトマイズ用に使用する。No 1 ベレット工場北側の既設配管より供給されるものとする。

取台点での仕様は、

圧 力 : 6.3 ~ 8.4 kg/cm²G、90 ~ 120 PSIG)

温 度 160 ~ 172°C

の飽和蒸気である。使用量は約 1,000 kg/h である。

7.4 用 水

7.4.1 淡 水

淡水の水源は、ハウアイにある井戸と、サン・ニコラス工場内に設置された淡水化プラントとがある。

ハウアイは、工場から東南東約 45 km の所にあり、ここに No 1、3 及び 4 の 3 本の井戸

がある。現在はこのうち№1及び3の井戸から合計140 m³/hの水がパイプラインにより、サンファン町の町に送られている。№4井戸は近く稼働開始の予定で、その時点から№3及び4の井戸から合計191 m³/hで送水され、№1井戸は予備となる予定である。井戸から送られた水は、大部分がサンファンの住民の生活用水として使われ、サンニコラス工場へはその一部が毎日タンクローリによって運ばれて、工場での飲料用に供されている。

既存の選鉱工場では、プロセス用水に海水が用いられてきた。しかし、製品の品質向上の為、これを淡水に切替えるべく、淡水化プラントが設置された。現在は18 m³/hの容量のものが2基稼働しており、近くさらに2基設置される予定である。また将来10基まで増設することが検討されているが、いずれも既存の選鉱工場及びペレット工場用で、他の設備に供給する余力はない。

焼結工場での淡水の用途は、機器冷却と添加水である。機器冷却水は循環使用されるが、その水の再冷却にクーリングタワーを用いた場合には、蒸発によるロスが3～6%ある。従って本スタディでは水の有効利用の為、シェルアンドチューブ型の熱交換器を用いて、海水により循環水(250 m³/h)を冷却することとし、淡水のロスを最低限にする。これによって、焼結工場での淡水の必要量は、ミキサーでの添加水を中心として約10 m³/hとなる。

前記のように、既存の工場には焼結工場に対する淡水の供給余力はない。焼結工場のみならず、全工場への淡水供給能力向上の為、現在Hierro-Peru社によって地下水源の調査が行なわれており、この結果が出た後に全工場への淡水供給計画が決定される。従って本スタディでは水源に関する検討を除外し、淡水は既存工場内のタンクから供給されることを前提とする。

7.4.2 海水

サンニコラス工場では、選鉱工場その他のプロセス水として海水が用いられており、その取水設備は合計6,790 m³/hの能力がある。

焼結工場の機器冷却用循環水の冷却には海水を用いるが、その必要量は625 m³/hである。これは既存の海水タンクより供給されるものとする。海水の温度は17℃としてシェルアンドチューブ型の熱交換器の設計を行なう。

第 8 章

インフラストラクチャー

2

1. The first part of the document is a list of the names of the members of the committee.

第 8 章 インフラストラクチャー

8.1	港	湾	.....	221	頁
8.2	道	路	.....	222	
8.3	厚	生	施	設	..... 222

第 8 章 インフラストラクチャー

8.1 港 湾

サン・ニコラス工場の近隣の港湾としては、サン・ニコラス港とサン・ファン港とがある。

サン・ニコラス港はこの工場と同時に建設されたもので、鉄鉱石及びペレットを中心とする製品の出荷に主として使用されている。この港はサン・ニコラス湾の南端に位置し、工場と直結したピアが南北方向を向いている。このピアの受入船型は次の通り。

ピア-西側

L O A	320 m
ドラフト	17.98 m
船 幅	鉱石船の場合 49.0 m
最大船型	170,000 DWT

ピア-東側

L O A	300 m
ドラフト	船首 13.1 m, 船尾 15.23 m
最大船型	60,000 DWT

ピアは鋼管杭で支持されたプレストレスト・コンクリート製で、幅 15 m、長さ 300 m、スラブ上面の高さは平均海面上 3.37 m である。ピア先端から約 60 m の所に繫船ドルフィンがあり、船長 270 m 以上の船の繫留に用いられる。ピア-

上には公称能力3,000 t/hのシップ・ローダーがあり、鉄鉱石やペレットの積込みに使用される。

ピアの西側には延長約800mの防波堤があり、静穏な海面を確保している。

焼結工場建設の為の資機材は、トラック・クレーンなどを用いて、このピアで荷揚げすることが可能である。

サン・ファン港は、過去においてマルコナ鉱山やアカリ鉱山の鉄鉱石の船積みに使用されていたが、サン・ニコラス港が完成したこと、及びアカリ鉱山が枯渇したことにより、現在はほとんど使用されていないようである。

8.2 道 路

サン・ニコラス工場からは、マルコナ鉱山に至る道と、サン・ファンに至る道とがあり、従業員が毎日、サン・ファンから工場へ、あるいは鉱山へこの道を通っている。これらの道はさらに東に延び、パン・アメリカン・ハイウェイに接続している。このハイウェイはペルー国土を縦断して各都市を結んでおり、人々の移動、資材の輸送などに海路、空路とともに重要な役割を果たしている。

焼結工場の建設に当っては、国産資材の輸送、労働者の移動などに、これらの既存道路が有効に利用できると思われる。

8.3 厚生施設

工場附近では、Hierro-Peru社の従業員およびその家族を中心とした人口約22,000人の町、サン・ファン以外に民家は見られない。この地域に建設される焼結工場の新しい従業員に対して、社宅、医療施設などの厚生施設は不可欠なものである。事実、Hierro-Peru社は現在稼働中の鉱山およびペレット工場の従業員に対して以下のような施設を提供している。

社 宅 ・ 全ての従業員に社宅または独身寮が与えられている。

さらに、現在 96 戸の労働者用社宅が建設中であり、次に 50 戸の従業員用社宅を計画中である。

学 校 : 2つの学校があり、従業員の子弟はここで義務教育を終えることが出来る。

将来、専門学校を作る計画もあるようである。

病 院 . ベッド数は 113, 常駐の医師 16 名、さらにパートタイムの医師 10 名程が働く優秀な医療設備を備えた病院があり、従業員はここで十分な診療を受けることが出来る。

ショッピング : ショッピングセンターとしての建物は完成しているが、まだオープンされていない。Hierro-Peru 社とは関係のない一般の人が経営する大きなスーパーマーケットが近くにある。

ク ラ ブ . メンバー制になっており、種々の催し物が行われている。

そ の 他 . 屋外映画場、食堂、ゴルフ場などがある。

警察、郵便、電信、電話などについては政府が管理、運営しているが、その出先機関が社宅群の中にある。

以上のような施設をベースに厚生施設を考えることになるが、これは Hierro-Peru 社により独自に検討されることになった。

したがって、本スタディには厚生施設は含まれない。

第 9 章

建設計画

第 9 章 建 設 計 画

9.1 工 事 範 囲	225 頁
9.1.1 新設される設備, 構築物	225
9.1.2 流用する既存設備	226
9.2 設 計 及 び 製 作	226
9.3 資 機 材 の 調 達	227
9.4 資 機 材 の 輸 送	228
9.5 現 地 工 事	228

第 9 章 建 設 計 画

焼結工場の建設には、機械、電気、計装設備、および構築物の基本設計、詳細設計、製作、検査、輸送、現地工事、試運転があり、大略の工程は下記の通りである。

Table 9-1 Work Schedule

	1st Year	2nd Year	3rd Year
Designing	▬		
Fabrication		▬	
Shipping		▬	
Construction		▬	▬

9.1 建設範囲

9.1.1 新設される設備、構築物

- (1) 土地造成
- (2) 道 路
- (3) 石灰石サイジング設備（インペラブレーカ、石灰石スクリーン、ベルトコンベヤ）
- (4) ブレンディングヤード及びヤード機械、ヤード槽設備
- (5) 配合槽設備
- (6) コークス粉砕設備

- 07) 混 合 設 備
- 08) 焼結設備及び焼結機建家、試料調整室含む、
- 09) 主排気設備及び主煙突
- 00) 冷 却 設 備
- 01) 焼 結 篩 分 設 備
- 02) ベルトコンベヤ及び付帯装置
- 03) 集 塵 設 備
- 04) 焼結鉱ヤード及びヤード機械
- 05) 試料調整装置及び分析装置
- 06) ユーティリティ設備
- 07) 電気設備及び電気室、分析室含む、
- 08) 計 装 設 備

9.1.2 流用する既存設備

- (1) 事務所，倉庫，食堂
- (2) 修 理 工 場
- (3) 粉 鉱 石 ヤ ー ト
- (4) 61クラッシングプラント，サイロ，石灰石サイジング用建家，石灰石ビン
- (5) 岸壁及びシップローダー，岸壁コンベヤ

9.2 設計及び製作

第6章の基本計画に基づいて設備，構築物の基本設計及び詳細設計が行われる。実施の段階では準拠すべき基準類の確認，地盤の精査が必要であるが，特に注意する点は，既存の設備，構築物との取り合い，既存設備の改造である。

製作には製缶，鋳造，鍛造，機械加工等の多くの工程があり，入念な製造管理が必要である。特殊な設備については製作工場での試運転又は組立検査が必要である。設備，構築物の一部は現地で加工される場合があり，特に既存設備の改造部品は現地で加工するものが多くなる。

9.3 資機材の調達

設備、鋼構造物は外国より調達し、セメント、砂利、砂、鉄筋、酸素、アセチレン等の工事用資材はペルー国内で調達する。ただし設備、鋼構造物の一部はペルー国内で調達可能なものがあると考えられるが、その範囲については実施設計の段階で検討が必要である。当建設に要する資機材量はほぼ次のように予想される。

(1) 設 備

ブレンディングヤード機械	500 トン
配合、混合設備	350
焼結設備	1,600
主排気設備（主排気集塵機含む）	1,300
冷却設備（クーラ集塵機含む）	800
焼結篩分設備（装置集塵機含む）	1,300
ベルトコンベヤ及び付帯装置	2,800
焼結鉬ヤード機械	800
ユーティリティ設備	500
電気設備（モータは上記各設備に含む）	700
計装設備	250
その他	100
合 計	11,000 トン

(2) 構 築 物

	鋼材重量、
焼結機建家	2,000 トン
配合槽	1,400
ブレンディングヤード槽	350
レール、その他	350
合 計	4,100 トン

(3) コンクリート

27,300 m³

9.4 資機材の輸送

海上輸送されてくる機器，加工鋼材はサンニコラス港で荷揚される。1梱包の重量，寸法は海上輸送，荷揚に便利なように原則として10トン以下，3 m × 3 m × 10 m以下とするが，ミキサドラム等はあまり小分割すると現地での組立が困難になるため1梱包30トン位になろう。

資機材は現地工事の進捗状況に合わせて数回に分けて輸送するが資機材置場は約80,000 ㎡必要となる。

9.5 現地工事

外国から派遣された技術者の指導のもとにペルー国の工事業者によって行われる。

(1) 現地工事工程

Table 9-2 に示すように，土地造成から始まり試運転完了まで約2年となる。

(2) 労働者

予想される工数はTable 9-3 に示す通りであり，ピーク時には約1,500人の労働者が必要である。またピーク時工事業者のスタッフは約80名，外国からの技術者が約60名と予想される。

(3) 仮 設

既存の宿舎（1,300人収容可能）を労働者用に利用する。不足分（200人分）は新設の必要がある。また工事業者のスタッフ用宿舎（80人収容）および外国からの技術者用宿舎（60人収容）も新設が必要である。

工事用電力および工事用水は現場付近の取合点でHierre - Peru社が支給する。工事用電力は約500 kW必要となろう。

(4) 現地工事用重機

重機類はペルー国内で調達可能であるが、100トン級の大型トラッククレーンは調達が困難なため外国からの輸入が必要となろう。

予想される重機リストをTable 9-4に示す。

Table 9 - 2 Construction Schedule

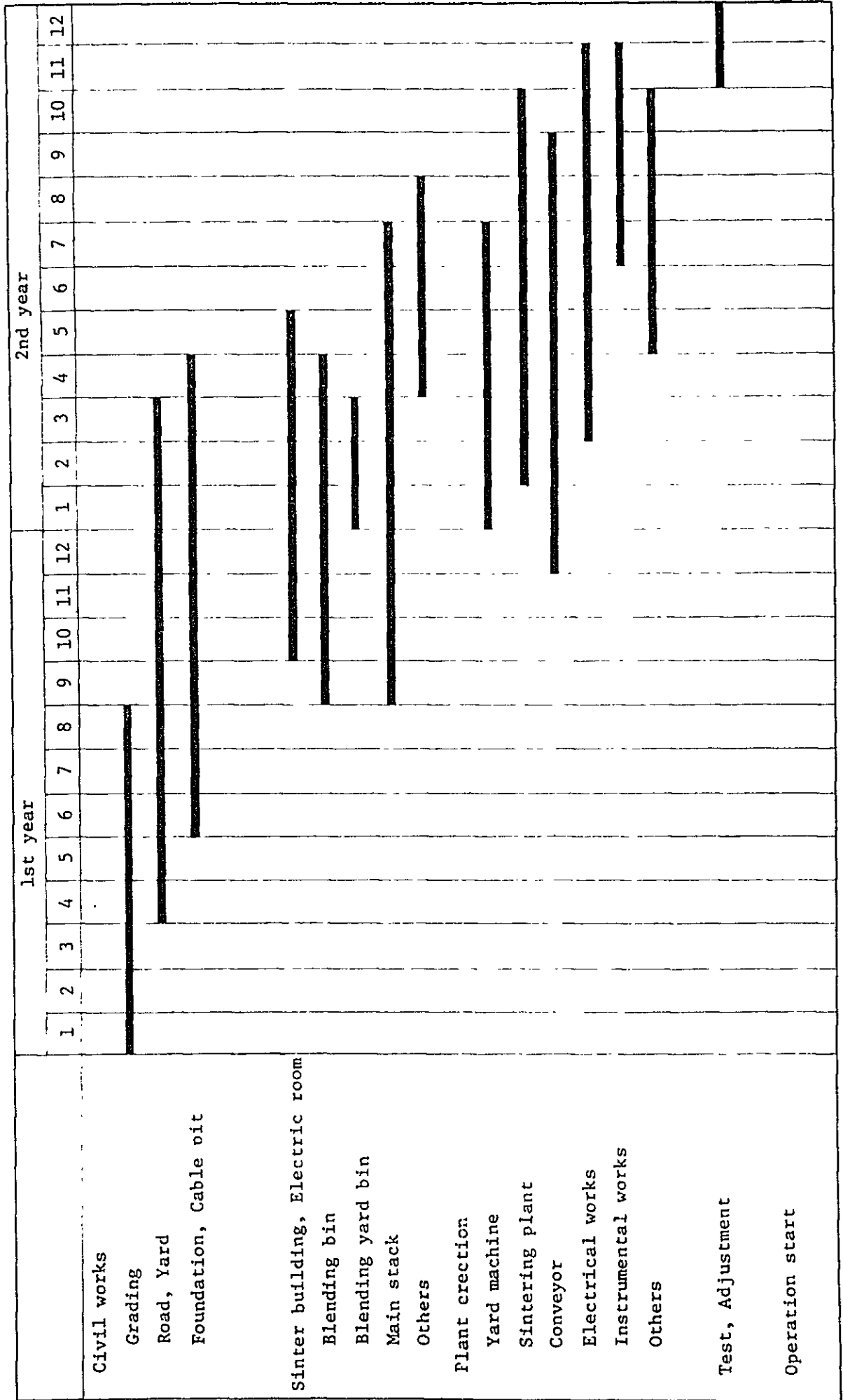


Table 9 - 3 Man-Power Schedule for Construction

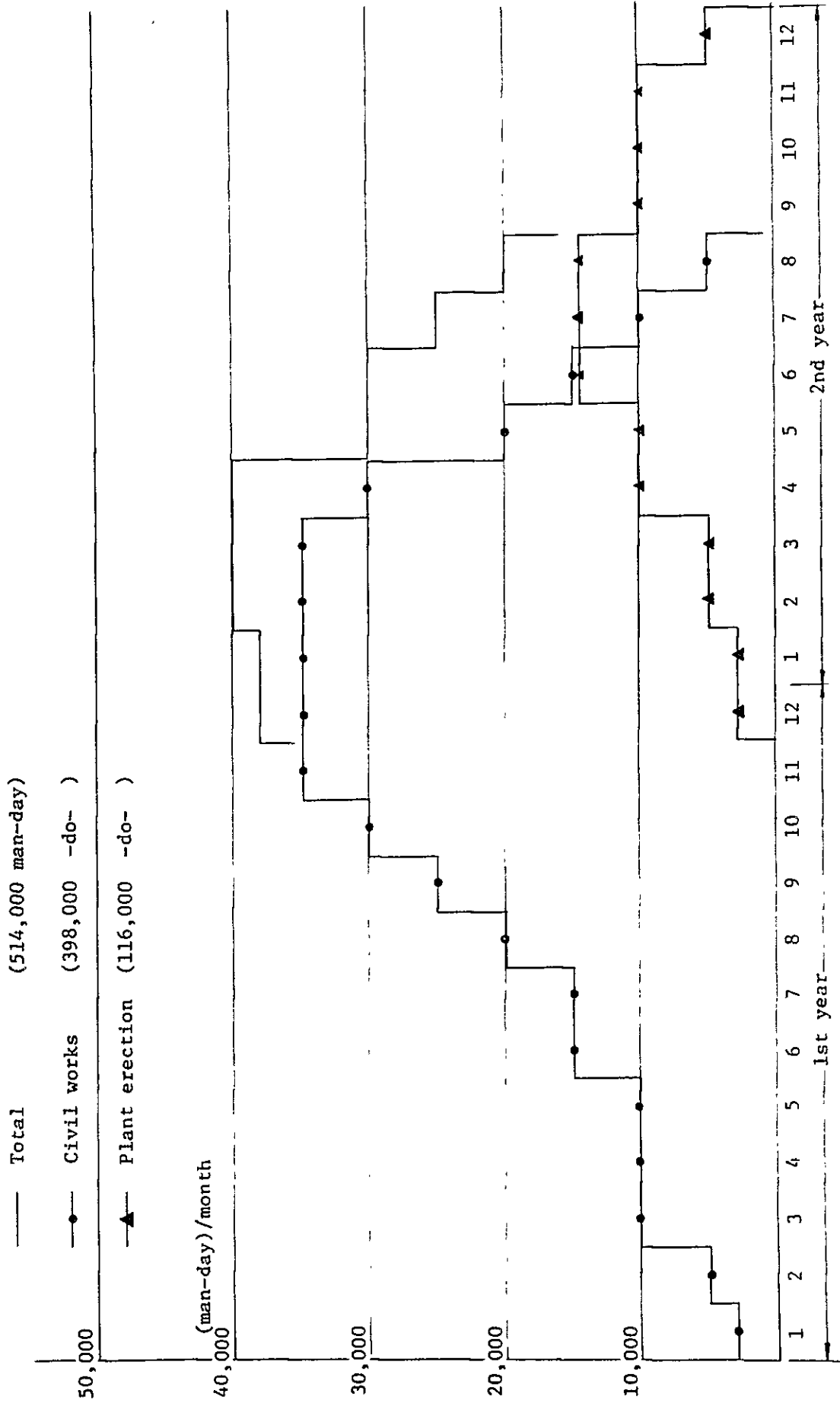


Table 9 - 4 Heavy Equipment Schedule for Construction

(1/2)

	1st year												2nd year											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Truck crane 100 ^t						1	1	1	1	1	1	1												
" 60 ^t						1	1	1	2	2	2	2												
" 35 ^t																								
" 25 ^t																								
" 10 ^t						1	1	1	2	2	2	2												
Trailer 40 ^t						1	1	1	1	1	1	1												
Truck 15 ^t						2	2	2	2	2	3	3												
" 5 ^t						1	1	1	2	2	3	3												
Dump truck 11 ^t																								
Bulldozer D-9 class						2	3	3	2	1	1	1												
"																								
D-8 class						1	2	2	2	2	1	1												
"																								
D-7 class						2	3	3	2	2	1	1												

Heavy Equipment Schedule for Construction (2/2)

	1st year												2nd year											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Shovel loader 1.8 ^{m3}	7	8	8	8	8	8	6	4	4	3	3	3	2	2	2									
Macadam roller 10 ^t							2	2	2	2	2	2	2	2	2									
Motor grader	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
Back hoe 1.6 ^{m3}						1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1							
" " 0.7 ^{m3}						1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1							
Agitator truck 3 ^{m3}						2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2							

第 10 章

勞 働，組 織

第10章 労働，組織

10.1 Hierro-Peru の現行組織	235 頁
10.2 人員計画	238
10.3 教育計画	241



第 10 章 労働，組織

10.1 HIERRO-PERUの現行組織

HIERRO-PERUは、本社をリマに置き、現業部門である鉱山操業、選鉱工場および関連施設をイカ州ナスカ郡にあるマルコナ地区、サンニコラス地区およびサンファン地区に立地させている。

リマ本社には総務、法務、財務、人事、労政、技術、調達といった本社機能の他、工場管理業務の一部が集中され、高度に中央集権的な組織となっている。

現業部門の最高責任者 Gerente de Operaciones の元に、

Mining

Beneficiation

Maritime Operation

Inventory Control

Safety

Administration

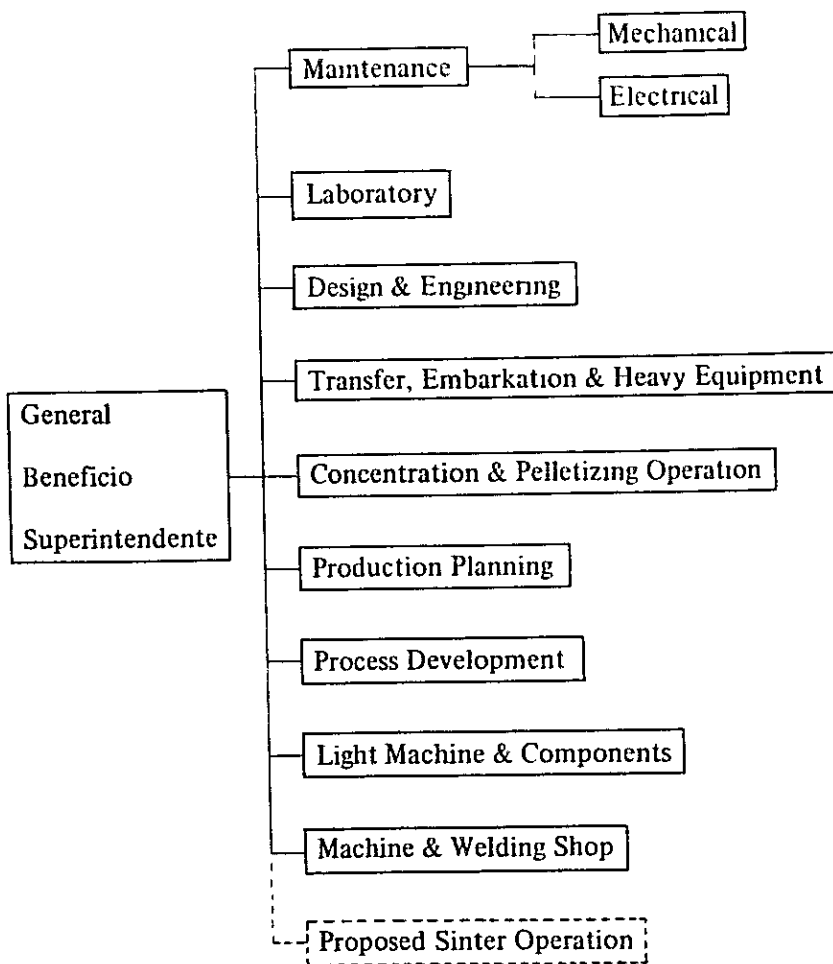
Industrial Relations

San Juan Office

の 8 部門が置かれている。

焼結工場が所属することになる Beneficiation 部門は下記の組織にて運営されている。

Table 10-1 Organization



1980年1月現在の事業所別 職階別従業員数は下記のとおりとなっている。

Table 10-2 Number of Employees

	Lima Head Office	Mines	Beneficiation (Pellet inclusive)	Total
Staff ¹ *	130	64	65 (4)	259
Empleados ² *	142	122	264 (40)	528
Obreros ³ *	0	841	1,072 (128)	1,913
Total	272	1,027	1,401 (172)	2,700

Note = 1* Annual Salary
2* Monthly Salary
3* Daily Wage

10.2 人員計画

焼結工場及び附帯設備に必要な要員は HIERRO-PERU 社の組織の一部として考え、共通にしようる人員は出来るだけ共用する。ヤードの操業、石灰石破碎、分析、修理の要員は、一つの組織とは考えず、既組織に吸収することを原則とする。また欠補率をおよそ 10 % 含む。

コークブリーズの荷揚は本船デリック及びバケットを使用し、ダンプトラックで輸送するため、荷揚は荷役業者に委託し、その監督は既存組織の運輸関係の人員でまかなう。ダンプトラックは使用の頻度が月間 1 回程度であるので、既存設備及び既に雇った運転手をその都度流用する。従って、ここではそれらの人員は含まない。

採用のタイミングは教育訓練を勘案し、建設期間は建設工事の管理要員も含めて最少の人員を雇入れ、試運転開始前に殆どの作業員を教育に要する時間の余裕をみて採用する。

Table 10-3 Plan for the Employment

Department	Manager	Engineer	Foreman	Workers	Work	Remark
Sinter (30)	1	2	1 x 3	3 x 3 2 x 3 3 x 3 (8x3=24)	Operation control Raw materials Product	Including control in the sinter plant Including coke crushing Including stacking
Yard (34)		1	1 x 3	2 x 3 2 x 3 2 x 3 2 x 3 2 x 3 (10x3=30)	Operation control Limestone crushing Raw material yard Ore bed Product yard	Including BC Including tripper above blending bin Including stacker, reclaim, BC Including reclaim, BC
Analysis (25)		1	1 x 3	4 x 3 2 x 3 3 (6x3+3=21)	Sampling VXQ, wet analysis RDI, etc.	Sizing, shatter test, sample preparation VXQ, FeO RDI before shipment
Maintenance (50)		2 2	3 3	18 12 10 (40)	Mechanical Electrical, instrument Periodical maintenance, etc.	
Total	1	8	15	115		139

Table 10-4 Plan for the Timing of Employment

Time	Manager	Section chief	Foreman	Worker	Total
1st year of plant construction	1	3	5	10	19
2nd year of plant construction		5	5	10	20
Trial operation			5	95	100
Total	1	8	15	115	139

10.3 教育計画

教育訓練は海外に於ける研修と国内における技術指導とにわけらる。即ち技師及び一部の作業長、作業者を海外に派遣し、主として焼結操業、保全、管理の各項目について知識の習得と一部実習を行い、帰国後は作業者の教育に当る。これを教育訓練の主体と考へるが、これを補助する手段として試運転操業の開始時に、海外の指導員を招聘し作業者の指導を行うものとする。

Table 10-5 Training Outside Peru

Objective of Training	No. of Trainees	Training Period
Sintering	3	2 Months
Yard Operation	2	2
Analysis	2	2
Maintenance (Mechanical)	2	2
Maintenance (Electrical and Instrument)	3	3
Total	12	

Table 10-6 Supervision on the Plant Site by Technical Personnel Invited from Abroad

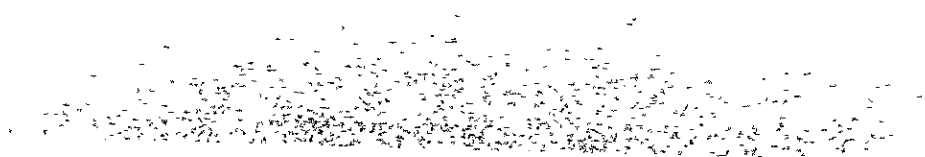
Objective of Supervision	No. of Supervisors	Supervising Period
Sintering	2	3 Months
Yard Operation	2	3
Analyzation	2	3
Maintenance (Mechanical)	1	3
Maintenance (Electrical and Instrument)	2	3
Total	9	

第 11 章

原料，製品の輸送

第11章 原料，製品の輸送

11.1	原料，副原料	245	頁
11.1.1	シンターフィード	245	
11.1.2	石灰石	245	
11.1.3	珪石	246	
11.1.4	コークブリーズ	246	
11.2	焼結鉱	249	
11.2.1	スライドシュート	249	
11.2.2	スライドシュート積込方法	250	
11.2.3	スライドシュート取り付けの為の適船	250	
11.2.4	今後の課題	250	
11.3	バース占有率	253	
11.3.1	積荷カーゴ	253	
11.3.2	揚荷カーゴ	253	
11.3.3	焼結鉱生産に伴う入出港船	254	
11.3.4	バース占有率	254	



第11章 原料，製品の輸送

11.1 原料，副原料

11.1.1 シンターフィード

シンター フィードたる粉鉱石のSNK from Refractory Ore と SNK from Transition Ore については，既存の Hierro - Peru社の選鉱工場にて選鉱，整粒されて60：40の比で配合されて，焼結工場のシンター フィード ヤードへ供給される。以上迄の輸送は主として既存の Hierro - Peru社の設備を利用して行なわれるので，輸送方法の検討として特に本スタディでは，とりあげない。

11.1.2 石灰石

(1) トラック輸送

石灰石については，既に述べた如く，マルコナ鉱山の Mine site 付近にいくつかの鉱床が存在する。当初はN-14が対象となるがN-14からマイン サイトのクラッシングプラント迄の約10 kmの輸送はトラック輸送が最も経済的であると考ええる。

現在，Hierro - Peru社は，65トン，100トン，120トンの3種類のトラックを所有しているが，Hierro - Peru社によれば65トントラックは今後100トン，120トントラックへリブレースされていき，余ってくるのが予想されるので，これを使うこととする。

必要石灰石輸送量：約372,500トン

必要トラック台数（65屯）：3台（内1台予備）

輸送費（直接費）：8103 / トン・石灰石

(2) ベルト コンベヤ輸送

石灰石について鉱床よりマイン・サイトの既存のクラッシング プラント迄の輸送を、上記トラックではなく、代案としてベルト コンベヤで行なう場合の仕様はAppendixに記載されている。この場合、ベルト・コンベヤ設置に伴いN-14地区に粗破碎の為にクラッシャが必要となる。

なお、N-14の石灰石鉱床の現時点での確定採掘可能量は約1,000千トンである為、操業開始4年度以降については、他の鉱床へ移す必要がある可能性がある。即ち、今後Hierro - Peru社によって実施される。N-14の鉱量調査及び15, 7, NAZCA等の石灰石鉱床の調査の結果によっては、クラッシャの移動、ベルト コンベヤの増設等が必要となる可能性がある。

従って当代案の実施には更に詳細な検討が必要であり、現段階では現実的ではないと考える。

ベルト コンベヤ及びクラッシャ建設費	B 17,433,000
操業費	B 0.51 / トン・石灰石
償却金利	. B 6.26 / トン 石灰石

11.1.3 珪石

珪石については、現在も、Hierro - Peru社のペレット プラント向に山元から工場迄輸送されている。従って、焼結用珪石についても、これと全く同様の方法で輸送されるので、特に本スタディでは、とり上げない。

11.1.4 コークブリーズ

(1) 本船デリック揚げ

コーク ブリーズについては、国内調達の可能性が少ないことが判明したので、輸入を前提として考えたい。輸入先は前述 5.4.1 の如く、メキシコ、アルゼンチン、チリ、アメリカ等、中南米、南米、北米が中心となるが、現在、限定することが困難であるので輸送船についても、一般的に考えられる船型として20,000 LWT ~ 30,000 LWTのばら積船で、デリック付き船、又はクレーン付き船を想定する。

荷揚方法は、本船のデリック又はクレーンを使用する方法を本案として考えたい。

この場合、Hierrc - Peru社によってバケットを用意することが必要であるが、20,000 DWT ~ 30,000 DWTの本船のデリック、又はクレーンの一般的能力を最小10トンと想定してバケットの容量を5.6 m³に決定した。岸壁側についてはバケットからトラックへの直接積みとした。使用トラックについては、当面は山元で今後余剰が予想される65トントラックを使用するものとし、荷台の大きさが充分あることから積み込み用ホッパーは不要とした。但しホッパーを使用しない為、バケットには振れ止め装置を設置し、万全を期した。

なお、本船受入には、サンニコラスのピアの東側を使用するものとするが、その際、本船の船側と岸壁の間隔が約2.1 mあることを充分考慮してデリック及びクレーンのアウトリーチを考慮した配船が望まれる。

なお、揚能力については、4ギヤングのデリック付き船又はクレーン付船の場合、最大350トン/時(平均210トン/時)と想定する。

コスト面について、次項(2)のアンローダ、荷揚方法との比較の為、参考迄述べれば、下記の通りである。

必要コーク・ブリーズ荷揚量：125,000トン/年
バケット及び付属品購入費：\$ 116,700 5台
操業費・Stevedore charge：\$ 2.23 /トン コークブリーズ
必要トラック台数・65トン：8台 4台×2
トラック輸送費、直接費：\$ 1.50 /トン コークブリーズ
償却金 利：\$ 0.12 /トン コークブリーズ

(2) アンローダ荷揚げ

コーク・ブリーズについては、前述の本船デリック使用による荷揚方法の代案として、アンローダ及びベルトコンベヤによる荷揚方法についても検討した。その仕様はAppendixの通り。(公称300トン/時、実揚能力210トン/時)

検討の結果、年間荷揚数量が125千トンである限り、新たにアンローダ及びベルトコンベヤを設置するのは、経済的でない事が判明した。

アンローダ及びベルトコンベヤ

建設費 . B 3,755,000

操業費 . B 0.38 / トン コークブリーズ

償却金利 B 4.02 トン・コークブリーズ

11.2 焼結鉱

11.2.1 スライドシュート

焼結鉱は、一般的に脆弱な性質がある為、粉化しやすいという弱点をもつ。焼結工場を従来、製鉄所がその工場内に保有していた理由の1つはこれであり、即ち、出来るだけハンドリングを少なくするということであった。

Hierro - Peru社が建設する本焼結工場からの焼結鉱は国内販売を含めて全量、海上輸送が必要になるので粉化をいかに最少限に留めるかが、焼結鉱の商品価値を保つ上でも非常に大きなポイントとなる。

川崎製鉄は、かつて、悪天候下での試験を含めての試験輸送をくり返し実施し粉化発生の原因解明に努めた結果、焼結鉱の本船への積込時に最大の粉化が発生することをつきとめ、三井造船と共同でその対策に取り組んだ。

海外に焼結鉱を輸送する際、出来るだけ運賃を安くする為には100,000 DWT～150,000 DWTの大型船を使用することが不可欠であるが、大型船の場合、ハッチロから船底迄20 m以上ある為、直接積み込んだのでは、粉化が非常に多くなる。この落差をいかに小さくするかということで2年余の研究を経て川崎製鉄は、三井造船と共同でスライド・シュートを開発した。

このスライド・シュートの開発により、川崎製鉄は、海外における初の焼結鉱工場の建設に成功し、現在、2隻のスライド・シュート付大型船がフィリピン 日本間に就航している。

スライド・シュートの外観は、Fig. 11-1に示す通りであるが、その原理は、次のようなものである。

即ち、焼結鉱の落差による衝撃を減少する為に、なるべく焼結鉱自身を転がし、又はすべらしながらHold内に卸すことであり、その為、一定の安息角を焼結鉱自身でつくれる様、又、焼結鉱自身が出来るだけ、クッションの役割を果す様に、シュートを工夫してつくったものである。

これは、既に日本及びペルー国において特許取得済であり、ペルー国特許№ 0942 - 1978年7月13日付)又、フィリピンについては、特許申請中で、近々、許可が下りる見込みである。

11.2.2 スライドシュート積込方法

スライド・シュートを利用した積込方法は、Appendixに、川崎製鉄が現在使用しているアマダ号で図示する如く、積込の初期においては、ホールドの側面に取りつけたスライド・シュートによる積込を行なう。次にスライド・シュート上に焼結鉱自身によって安息角が出来てしまうと、この上を焼結鉱がころがり落ちる様にして、徐々にローダーをホールドの中央部へ移動して行く方法をとる。

従って、ローダーの操作上は、それほど大きな熟練を要することはなく、従来の積込方法の若干の変更でよい。

但し、ローダー先端からスライド・シュート投入口迄の落差が大きいため、衝撃を小さくする為、ローダーの先端にトリミング・シュートを取り付けると共に、出来る限りローダーのブームを下けることが必要である。

11.2.3 スライドシュート取り付けの為の適船

純鉱石専用船の場合、ホールドの容積が鉄鉱石の比重・見掛比重約2.4)に合わせてある為、焼結鉱の比重(見掛比重約1.6)がやや小さく、従って積重量が、若干、減少することがあるが、一般的にホールドが本船の進行方向に対して長く、又、ホールドの数も少ないので、スライド・シュートの効果が出やすく、粉化防止上は好ましい。

ばら積船の場合は、容積的には充分であるが、ホールドの数が多く、粉化率防止の面からは、鉱石専用船よりも効果が下がる傾向がある。又、ハッチが小さいので、揚荷役の際、スライド・シュートが邪魔になる場合も考えられ、揚荷時間が若干長くなることもある。

従って、スライド・シュート取り付けの為の適船としては、出来る限りホールドの数が少なく、かつ本船の進行方向に長いホールドを有する船が望ましい。

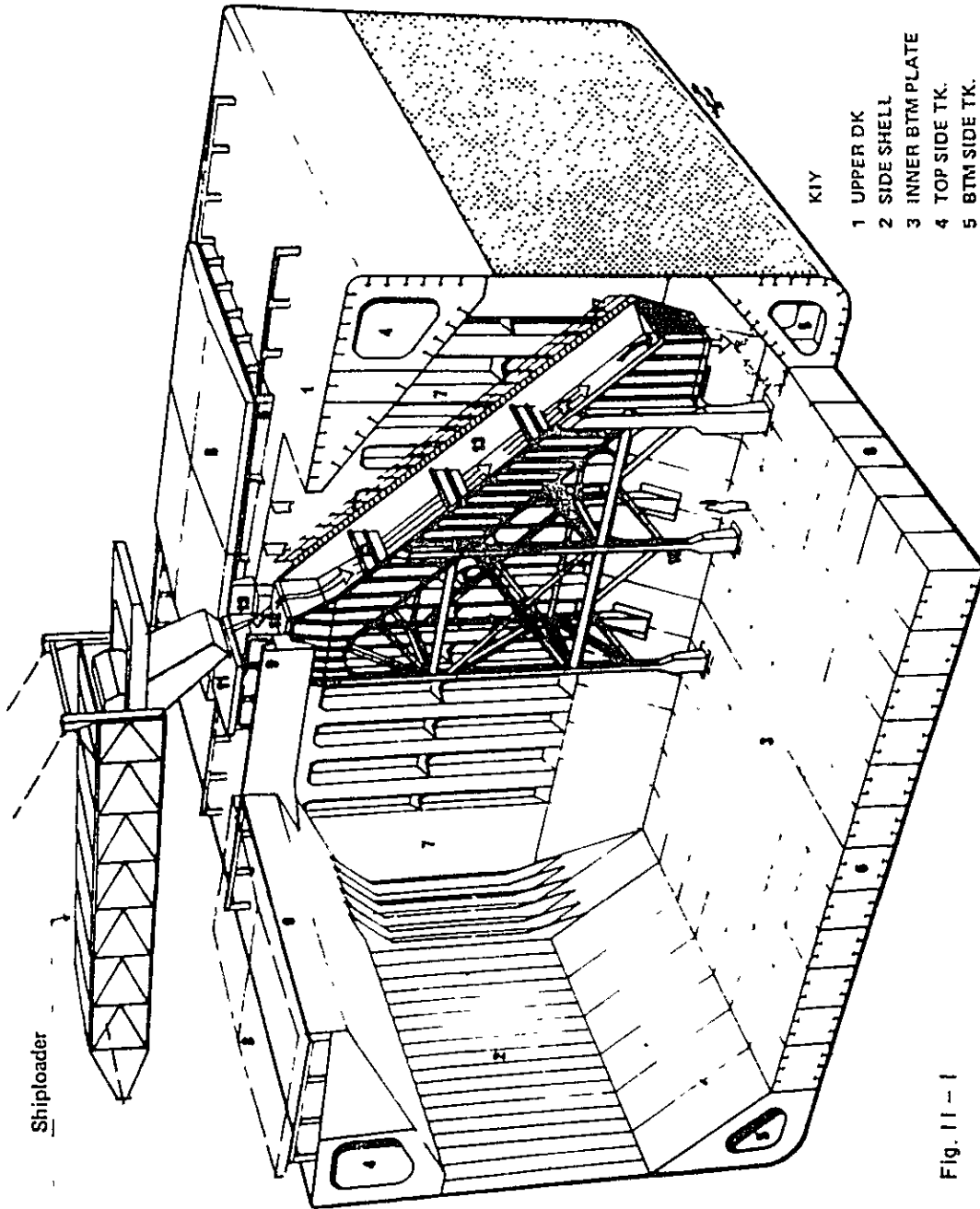
11.2.4 今後の課題

スライド・シュートは、粉化防止上、非常に効果があり、海上輸送を前提として考える以上、是非共設置することが望ましい。又、設置したあとでもその本船は、従来どおりの鉱石専用船又はばら積船として他の積荷に使用が可能である。

ただ、スライド・シュートは、本船自身に取り付ける必要がある為、今後いかなる船に、誰が設置するかが、問題となろう。今後、焼結鉱の販売方法との関連で、例えば、

長期契約に基づく購入者所有の専用船に設置するとか、ペルー国自身の輸送船に設置するとかの方法を、Hierro - Peru社は検討すべきと考える。

Shiploader



KIY

- | | | | |
|---|-----------------|----|-------------------|
| 1 | UPPER DK | 10 | SMALL HATCH |
| 2 | SIDE SHELL | 11 | SMALL HATCH COVER |
| 3 | INNER BTM PLATE | 12 | SLANT PLATE |
| 4 | TOP SIDE TK. | 13 | SIDE PLATE |
| 5 | BTM SIDE TK. | 14 | BTM PLAT |
| 6 | DOUBLE BTM TK. | 15 | DAM PLATE |
| 7 | TRANS BHD | 16 | PILLER |
| 8 | HATCH COVER | 17 | ACCESS LADDER |
| 9 | HTACH COAMING | 18 | |

Fig. 11 - 1

M.S. AMANDA

DW 130 000 T SINTERED ORE CARRIER
PERSPECTIVE DRAWING OF 6 000 T/H SLIDE CHUTE

11.3 バース占有率

11.3.1 積荷カーゴ

Hierro - Peru社提出の資料によれば、1977年1月から1979年11月迄の鉄鉱石、ペレットの積込実績は下記の通り。月別の詳細はAppendixに示す。

	隻 数	数 量	実荷役時間
1977年1月～12月	115	6,664,493 トン	3,491 時間
1978年1月～12月	78	5,117,887	2,844
1979年1月～11月	93	5,556,387	2,960

この中には、ペレットフィード積の為のスラリー専用船への積込も含まれているが、その頻度は、従来、3ヶ月に1隻程度であり、荷役時間は最大30時間である。

又、代表的な船型別荷役時間の最近の実績は次の通りである。

船 名	DWT	荷役時間(実績)
" Mythic "	71,806	19
" Japan Magnolia "	94,465	20
" Fukuyama Maru "	100,277	26
" London Team "	107,663	34
" Ocearia Maru "	140,858	56

11.3.2 揚荷カーゴ

Hierro - Peru社によれば、サンニコラス港のピアは下記カーゴを荷揚している。

(1) 一般カーゴ

12千トン～17千トン型の船が2ヶ月に1隻入港しカーゴは、アンモニウムナイトレート1,500トン、アルミ玉200～300トン、ドリル等の重機械類、コンベヤの部品等である。荷役時間は2時間～1週間位でカーゴによってちがうがアンモニアナイトレートの場合、平均35トン/時の為、約2日弱で荷役している。

(2) 重油

35千トン型の船で3ヶ月に一隻入港し、荷役時間は、平均50時間位である。

11.3.3 焼結鉱生産に伴う入出港船

焼結鉱生産に伴う入出港の船の増加は下記の通りと想定する。

(1) 積荷カーゴ

焼結鉱 2,500千トン/年

船型 . 150,000 DWT 及び 80,000 DWT

船数 . 150,000 DWT \ 8隻, 80,000 DWT \ 17隻 計25隻

荷役時間 1,025時/年、平均積込能力2,500トン/時と想定)

(2) 揚荷カーゴ

コーク ブリーズ 125千トン/年

船型 : 25,000 DWT

船数 5隻

荷役時間 : 595時/年、平均荷役能力210トン/時と想定)

11.3.4 バース占有率

11.3.1より過去3ヶ年の鉄鉱石 ペレットの平均積込実績は、98隻、5,947,964トン、荷役時間3,188時間が求められる。

又、11.3.2より一般カーゴについては、年10隻、平均荷役時間2日/隻、重油については年4隻、荷役時間50時/隻と想定した。

以上よりバース占有時間を求めると、

(1) 鉱石及びペレット . 3,200時/年

(2) General Cargo : 480

(3) Petroleum : 200

(4) 焼結鉱 : 1,025

(5) コーク・ブリーズ : 595

計 5,500時/年

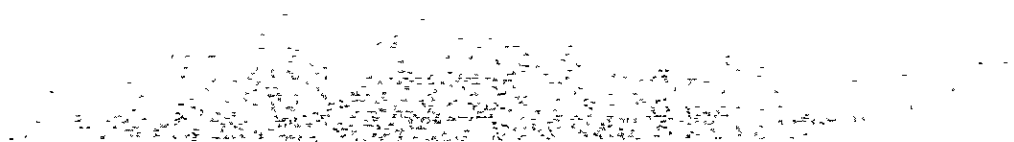
5,500 時／年は、単純に計算すれば、バース占有率 62.8%に相当する。これは、決して低い数字ではないが、但し、一般カーゴ及びコークブリーズについてはピアの東側を使用する為、ピアの西側における鉱石、ペレット及び焼結鉄の本船への積み込みと併行荷役の出来る可能性もあるので、既存の港湾能力で充分可能と思われる。従って当面の間、港湾の拡張は不要と考える。

第 12 章

財 務

第12章 財 務

12.1	建設費の予測	257	頁
12.1.1	基本前提	257	
12.1.2	予測建設費	258	
12.1.3	建設費の資産区分	262	
12.2	製造原価の予測	263	
12.2.1	基本前提	263	
12.2.2	原価算定的前提	263	
12.2.3	製造原価予測結果	268	
12.2.4	製造原価の分析	270	
12.3	資金調達計画	272	
12.3.1	建設期間中	272	
12.3.2	操業開始後	276	
12.4	財務予測	277	
12.4.1	財務計算の前提	277	
12.4.2	財務計算の結果	281	
12.5	財務分析	291	
12.5.1	基本ケース	291	
12.5.2	Alternative Simulation	293	
12.5.3	Sensitivity Analysis	296	



第 12 章 財 務

12.1 建設費の予測

12.1.1 基本前提

(1) 範 囲

建設費には、資機材の調達、輸送、現地工事の他、エンジニアリング、教育訓練指導、開業前準備費、建設期間中金利等のコストが含まれる。

(2) 調達区分

- ・機械設備……………輸入
- ・建屋用鋼材……………輸入
- ・その他建設資材……………国内調達
- ・建設工事……………国内業者

調達区分に当っては可能な限りペルー国内調達を優先的に考慮したが、短期日の現地調査では、特に建屋用鋼材について品質・納期的にペルー国内調達の確信を得るに致らず輸入に頼るものとした。

実施に当っては極力国産化を計るべきである。

(3) 算定基準

- ・見積り基準時点：1980年1月現在の価格
- ・見積り通貨：米ドル
- ・為替レート：US\$1 = ¥240 = S 255

本スタディにおける財務計算の目的は、見積り時点における諸コストと収益との相対的關係からプロジェクトの収益性を評価することにある。従って、基準時点以降の物価変動は、これを織込むことによって引起される必要以上の複雑性と不明確性を回避するため本計算では考慮の対象外としている。本プロジェクトの実施に当っては、本スタディでの建設費を全面的に見直し、将来価格に基づき再評価しなければならない。

(4) 租税公課

建設主体である Hierro - Peru 社は、全額政府所有の国有企業であるが、新規プロジェクト建設に当って特別な税制上の優遇措置は与えられておらず、本予測においても通常の輸入税および諸掛りが課せられるものと想定した。関税率表 (ARANCEL) および関連 Decreto Ley によって規定された現行輸入税 諸掛りは下記のとおりとなっている。

機 器	建屋用鋼材
• CIF 価格 × 27.2 %	• DIF 価格 × 96.4 %
• 海上運賃 × 10 %	• 海上運賃 × 10 %
• Consulate Charge	• Consulate Charge
• Port Charge	• Port Charge

上記輸入税・諸掛りの減免の可能性は今のところ考えられないが、他の鉱業プロジェクトにおいて操業開始後5年間の支払繰延べが認められた前例があるので12.5.2(3)のCase II で取上げる。

12.1.2 予測建設費

(1) 直接建設費

シタ工場を、主要設備単位に区分し、主要費目毎に推計した直接建設費を Table 12-1 に示す。本予測における予備費は輸入税 諸掛りを除く合計5%を見込んでいる。

Table 12-1 Details of Direct Construction Cost

[\$1,000]

Facilities	Civil Works	Buildings			Machinery & Equipment			Contingency	Grand Total		
		CIF	Import Duty	Site Works	Sub-total	CIF	Import Duty			Site Works	
											Sub-total
Raw Material Handling	279					2,057	595	996	3,648	167	4,094
Blending Bin	279					5,201	1,505	3,339	10,045	441	10,765
Sintering Machine	560	3,170	3,119	3,045	9,334	6,083	1,760	2,976	10,819	792	21,505
Cooling	279					3,065	887	1,652	5,604	250	6,133
Main Blower	279			1,056	1,056	4,702	1,360	1,651	7,713	384	9,432
Screening	279					4,046	1,171	1,262	6,479	279	7,037
Sinter Handling	279					4,441	1,285	1,637	7,363	318	7,960
Utilities						1,161	336	466	1,963	81	2,044
Laboratory		8	7	35	50	1,061	307	156	1,524	63	1,637
Sinter Yard	1,676					6,061	1,753	2,163	9,977	495	12,148
Ore Blending Yard	1,676					4,483	1,297	2,426	8,206	429	10,311
Electric						10,283	2,975	2,111	15,369	620	15,989
Instrumentation						3,114	901	440	4,455	178	4,633
Total	5,586	3,178	3,126	4,136	10,440	55,758	16,132	21,275	93,165	4,497	113,688

第9章建設計画で述べたように、本シタ工場は、Hierro - Peru社の既存選鉱工場に隣接して建設されるため、既存設備を最大限に活用することが見込まれる。この結果、直接建設費の総額は\$ 113,688,000となっており、正常年のシタ年間生産量（2,500,000トン）で除した製品トン当り建設費は\$ 45.48となり、新規立地の場合と比較して有利になっている。

(2) その他建設費

・エンジニアリング・フィー

本予測においては、輸入税・諸掛りを除く直接建設費の4%を織込んでいる。

・教育訓練 操業指導費

第10章に記述の教育計画に拠り、Hierro - Peru社スタッフの国内・国外における教育訓練および試運転操業時の海外指導員招聘に要する費用を積算した。

・開業前準備費

本プロジェクト建設に伴って発生する事務所経費を推計したが、既存組織の支援が考えられるので、人件費が主たる構成要素である。

・建設期間中金利

次節で述べるように、本プロジェクトの建設所要資金は、出資金と2種類の長期借入金で調達することを想定している。これら長期借入金に関し建設期間中に発生する金利は、費目的には商業生産開始前なので固定資産計上され、資金繰り的には借入金の元本に組入れず、現金にて期日に支払われるものと想定した。

以上合計した結果が総所要建設費となり、Table 12 - 2に示されている。

Table 12-2 Total Required Construction Cost

[\$1,000]

Items	Procurement Segmentation			Per Sinter Ton (\$1)
	Domestic	Foreign	Total	
Direct Construction Cost	\$52,325	\$61,363	\$113,688	\$45.48
Engineering Fee		3,776	3,776	1.51
Education and Training Cost and Operation Guidance Fee	294	139	433	.17
Preoperating Expenses	505		505	.20
Interest during Construction Period		8,244	8,244	3.30
Total	\$53,124	\$73,522	\$126,646	\$50.66
(Component Percentage)	(42%)	(58%)	(100%)	

1 2. 1. 3 建設費の資産区分

上記のように推計された建設費を財務計算上、次のように資産区分した。まず、直接建設費、エンジニアリング・フィーおよび建設期間中金利が有形固定資産を構成するものとし、償却計算 耐用年数に従って、建物 構築物と機械・装置の2つのカテゴリーに分類した。残りの教育訓練 操業指導費および開業前準備費は繰延資産を構成するものとした。Table 12 - 3 に各資産区分の取得価格を示す。

Table 12-3 Asset Classification

[\$1,000]

Asset	Acquisition Cost
Tangible Fixed Assets	
Building and Other Structure	\$ 18,487
<u>Machinery & Equipment</u>	<u>107,221</u>
Sub-Total	125,708
Deferred assets	938
Total	\$126,646

12.2 製造原価の予測

12.2.1 基本前提

(1) 範 囲

新設シンタ工場は、Hierro - Peru 社の既存操業と密接不可分の関係にあるが、本スタディでは、一応既存操業と切離し、既存部門より提供される原材料、ユーティリティ、サービスに対しては、使用量、配賦基準に応じたコストを負担するものとしてシンタ製造原価を計算する。従って、シンタ工場新設に伴い既存部門において発生しうる原価上の利益・不利益については特に考察を行わず、コストにも反映させていない。

(2) 算定基準

- ・見積り基準時点：1980年1月現在の価格
- ・見積り通貨：米ドル
- ・為替レート：US\$ 1 = ¥ 240 = S 255
- ・単 位：ドライ・メトリック・トン

前節で述べたように、本スタディでは不確実性を回避するため基準時点以降の物価変動を考慮の対象外としている。

(3) 操業状態

シンタ工場は、他の製鉄設備と異なり、比較的短期間に正常操業状態に達しうる。従って諸原価要素の原単位も立上り直後を除けば比較的安定的に推移すると思われる。

本スタディでは、Rating - up の影響と後述する販売面の制約から、生産量が年1,650,000トンと正常年の²⁾の操業度となる初年度のみ一部の原価要素の原単位に異常が起り、第2年目以降は正常状態を維持するものと想定した。

12.2.2 原価算定の前提

製造原価算定の前提となる諸原価要素の原単位と単価について、Hierro - Peru 社と意見交換を行い、また当調査団の知識 経験に基づき、次のとおり想定を行っている。

(1) 素材費

素材としては、粉鉱石、コーク・フレーズ、石灰石、珪石が使用される。

・粉 鉱 石

Hierro-Peru社出鉱工場にて、Refractory Ore (RO)とTransition Ore (TO)から選鉱処理されたシムタ・ノードを使用する。Hierro-Peru社算出コストに基づき、受入価格をトン当りB 8 10とする。

・炭 材

炭材としてコーク・フレーズを海外より購入する。既存Pierで荷揚げされ、トラックにて貯散場へ搬入される。織込単価は、購入単価、輸入税、荷揚げ、搬入費を積算してトン当りB 75 347とする。

・石灰石および珪石

CaO源として石灰石、SiO₂源として珪石が使用される。両者ともHierro-Peru社鉱区内の採掘場所からトラックで出元のクランチャー・プラントまで運搬され、既設ダウ・ロー・コンベヤで石灰石・珪石貯鉱場まで搬送される。織込単価は、Hierro-Peru社算出コストに基づき、それぞれトン当りB 3 20およびB 3 64とする。

・原 単 位

上記素材の製品トン当り消費量を、第5章で説明したポット・テストならびに当調査団の知識・経験に基づき、下記のとおり想定した。

Table 12-4 Unit Consumption of Raw Materials

[kg]

Items	Unit Consumption	
	1st year	2nd year & after
Sinter Feed		
Refractory Ore	539 kg	536 kg
Transition Ore	360	357
Sub-total	899	893
Coke Breeze	56	50
Limestone	151	149
Silicastone	22	21

(2) 労務費

第 10 章の人員計画に基づき、シタ工場操業に新たに必要とされる従業員数を職階別に把握し、これに Hierro - Peru 社職階別年間給与を掛けて算出した結果を Table 12 - 5 に示す。

本スタディでは、工場管理部門の増員はないものと想定しているの、当労務費が直接労務費を構成する。

Table 12-5 Man Power Cost

[\$1]

Job Class	Personnel	Annual Wage Rate			Annual Cost
		Basic Pay	Fringe Benefit	Total	
Staff (Annual)	9	—	—	\$7,480	\$ 67,320
Maestro (Daily)	15	1,701	3,764	5,465	81,975
Operador (Daily)	115	1,672	3,700	5,372	617,780
Total	139	—	—	—	\$767,075

13) ユーティリティ

シタ製造に必要なユーティリティは、第5章および第7章で詳説されているが、コスト算定に当て置いた前提は次のとおりである。

・電 力

電力源としては2種類考えられる。Electro Peruよりの買電コストは、\$43838 /MWH, Hierro - Peru社既設Power Plantの発電コストは、\$53913 /MWHとなっている。

本スタディでは、これら2つの電力ソースから50 / 50で電力供給を受けるものと想定したので、織込単価は、両者の単純平均である\$488755 /MWHとなる。

・燃 料 油

点火炉燃焼用にPetro Peru Industrial No.6 (Buncker C相当)が使用される。織込単価は、購入単価に抛り、リッター当り\$.093。

・蒸 気

主として点火炉のアトマイズ用に必要とされる蒸気は、既設工場より供給される。Hierro - Peru算出単価により、トン当り\$12で織込んだ。

・水

主としてMixerにおける添加水として要求される淡水の水源としては、ハウアイの井戸と淡水化プラントが考えられる。原価算定に当っては、淡水化プラント供給コスト\$152 /m³を採った。

機器冷却用に必要とされる海水は、既設タンクより供給され、織込供給単価は\$.034 /トンとした。

・L.P.G.

点火炉のパイロットバーナー用に使用される。織込単価は、\$.151 /kg。

・原 単 位

上記の各ユーティリティの原単位を、ポットテストおよび本調査団の知識・経験に基づき下記のとおり想定した。

Table 12-6 Unit Consumption of Utility

Items	Unit Consumption	
	1st year	2nd year & after
Electricity	39 KWH	35 KWH
Fuel Oil	2.6 ℓ	2 ℓ
Water		
Fresh Water	.05 m ³	.05 m ³
Sea Water	2.0 m ³	2.0 m ³
Steam	3.2 kg	3.2 kg
L.P.G.	.01 kg	.01 kg

(4) 修繕材料費

シタ工場の性格から修繕材料費は、作業環境および使用原料に依存するところが大きいと考えられる。本計算では、Hierro - Peru 社の既設ペレット工場の実績を勘案して、機械装置の直接建設費の 2.87% を年間所要修繕材料費とした。

(5) 減価償却費

ペルー国における会計慣行に従い、償却方法は、残存価値をゼロとする定額償却とし、耐用年数を、建物 構築物について 30 年、機械装置について 10 年とした。前節の固定資産区分にこれを適用して下記のとおり算定した。

Table 12-7 Depreciation

[\$1,000]

Asset	Acquisition Cost	Useful Life	Annual Depreciation Cost
Building and Structure	\$ 18,487	30 years	\$ 616
Machinery & Equipment	107,221	10 years	10,722
Total	\$125,708		\$11,338

(6) 工場管理費その他

シタ工場管理業務は、新たな増員を伴うことなく、Hierro - Peru 社の既設部門によって引受けられる。実績に基づき、これらのコストのシタ部門への費用配賦額を、製品トン当り ¥ 1 5452 と想定した。

(7) 租税公課

製造原価に算入される租税公課としては、普通、固定資産税、鉱区権料があるが、Hierro - Peru 社が国有企業であるため非課税となっている。本計算では、素材費の項で言及した輸入コーク ブリーズにかかる輸入税 諸掛りのみ算入されている。

1 2. 2. 3 製造原価予測結果

前項で説明した計算前提に基づき算定した製造原価を Table 12 - 8 に示す。

年生産量が 1,650,000 トンと正常年の 66 % である初年度においては、一部原価要素の原単位 UP と固定費負担増のため、トン当り製造原価が ¥ 25 10 となり、正常操業体制が確立する 3 年目以降の原価 ¥ 21 23 と比較して ¥ 3 87 の UP となっている。

Table 12-8 Production Cost

Amount, \$1,000
Unit Cost, \$1

Items	1st Year		2nd Year		3rd Year and After	
	Amount	Unit Cost	Amount	Unit Cost	Amount	Unit Cost
Production Volume	1,650,000 MT		2,000,000 MT		2,500,000 MT	
Raw Material						
Sinter Feed	12,015	7.28	14,467	7.23	18,083	7.23
Coke Breeze	6,962	4.22	7,535	3.77	9,418	3.77
Limestone	805	.49	963	.48	1,203	.48
Silicestone	132	.08	153	.08	191	.08
Sub-total	19,914	12.07	23,118	11.56	28,895	11.56
Operating Cost						
Man Power	767	.46	767	.38	767	.31
Maintenance						
Materials	2,911	1.76	2,911	1.46	2,911	1.16
Utility	3,846	2.33	4,161	2.08	5,202	2.08
Electricity	(3,145)	(1.91)	(3,421)	(1.71)	(4,277)	(1.71)
Fuel Oil	399	.24	372	.19	465	.19
Fresh Water	125	.07	152	.07	190	.07
Sea Water	112	.07	136	.07	170	.07
Steam	63	.04	77	.04	96	.04
L.P.G.	2	-	3	-	4	-
Depreciation	11,338	6.87	11,338	5.67	11,338	4.54
Amortization	94	.06	94	.05	94	.04
Factory Overhead	2,550	1.55	3,091	1.54	3,863	1.54
Sub-total	21,506	13.03	22,362	11.18	24,175	9.67
Total	41,420	25.10	45,480	22.74	53,070	21.23

1 2. 2. 4 製造原価の分析

3年目以降の正常年における製造原価を取り上げ、その原価要素ごとの構成比率および変動費 固定費比率を、Fig. 12 - 1 “製造原価構成比率”に図示してみた。

これをみると、素材費が54.40%と圧倒的シェアを占め、減価償却費が21.6%、Utilityが9.8%が続いている。一方直接労務費は、1.4%と小さく、シタ操業が他の製鉄プラントと同様、資本集約型、素材集約型操業であることが解かる。変動費 固定費比率は64.2%、35.8%で変動費1.8倍多い。

租税公課の占める割合は1.7%である。

Iron Ore 34.1%	Raw Materials 54.4%	Variable Costs 64.2%
Coke Breeze 17.7%		
Limestone & Silica 2.6%		
Utility 9.8%	Fixed Costs 35.8%	
Man Power 1.4%		
Maintenance Materials 5.5%		
Depreciation & Amortization 21.6%		
Factory Overhead 7.3%		

Fig. 12-1 Production Cost Structure