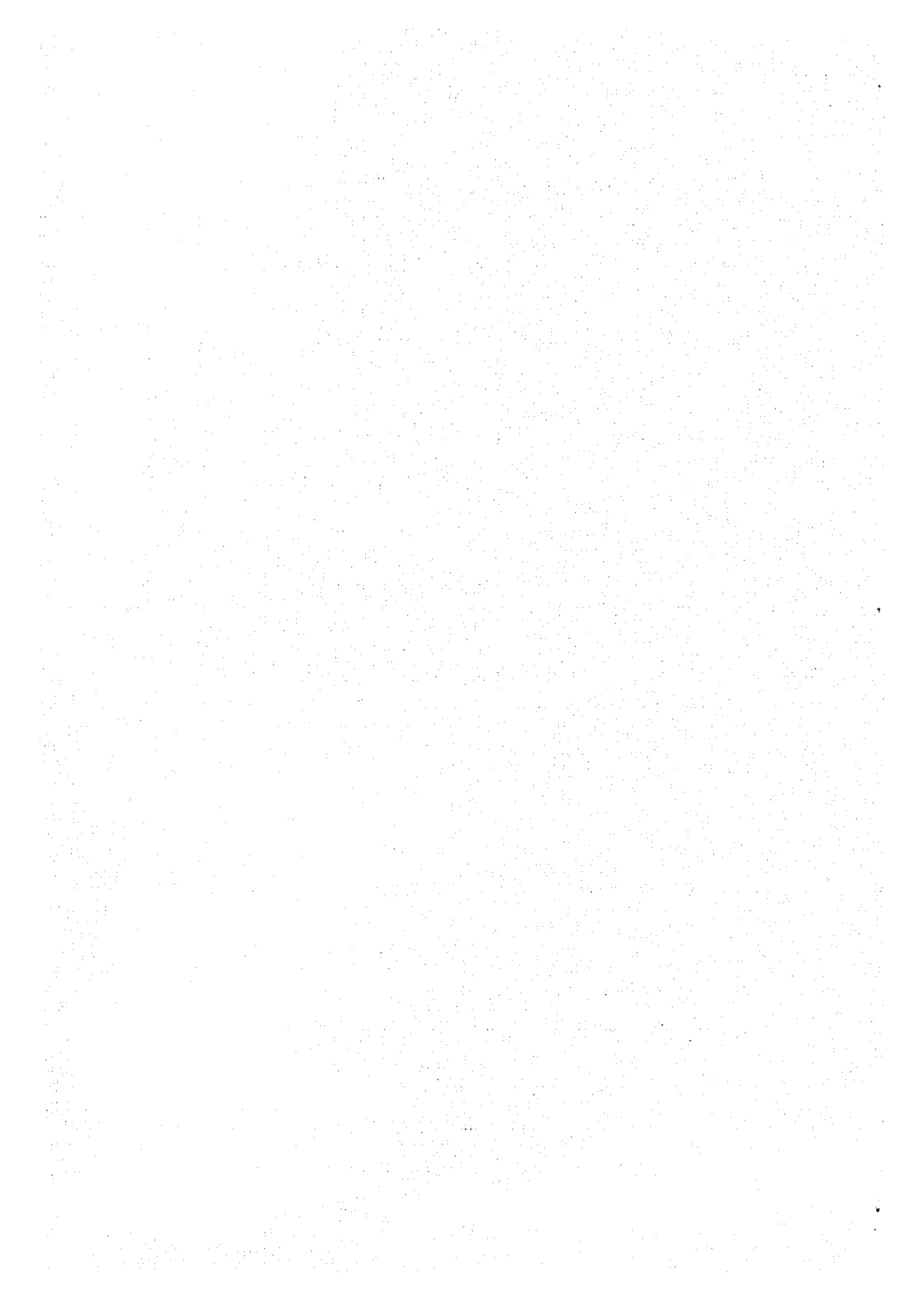


第3章

鉄鉱石、ペレット、HBI市場



3.1 アルゼンティンの鉄鋼市場

現在アルゼンティンの粗鋼生産高は年間約 4,200,000t で、2005 年には、5,000,000t に達する見込みである。原料である鉄鉱石（未だ国内生産なし）のほとんどは、Mercosur 優遇税制措置を利用して、ブラジルから輸入されている。1996 年の鉄鋼製品の消費は約 5,500,000t である。そして約 2,00,000t が輸出され、約 1,600,000t が輸入された。

Mercosur 域内での税制優遇措置を利用して、ブラジル/アルゼンティン間の貿易は年々着実に増加しており、これは同じく鉄鋼の貿易にも当てはまる。アルゼンティンには電炉を持つ製鋼所が 4 つあり、高炉を持つ製鋼所は 2 つある。HIPARSA の再活性化後は、ブラジルの鉄鉱石と競合しつつも、彼らは HIPARSA ペレットの有力な顧客（バイヤー）となろう。

*数字は CIS（アルゼンティン 鉄鋼中央協会）より

3.1.1 粗鋼生産状況

現在の粗鋼の生産は4,200,000 t/yearで、CIS（アルゼンティン 鉄鋼中央協会）によれば、2005年には5,000,000 t/yearに達する見込みである。

表-21 Production of crude steel in 1997 by company

Company name	(kilo-t)
SIDERAR	1,867
ACINDAR	1,148
SIDERCA	903
ACEROS ZAPLA	149
ACEROBRAG (ACEROS BRAGADO)	91
CIF	12
Total	4,169

(Source:CIS 1997)

表-22 Production of crude steel in 1997 by company and kind

(kilo-t)

Company name	Carbon	Alloy	Total
SIDERAR	1,867		1,867
ACINDAR	1,147	1	1,148
SIDERCA	355	547	902
ACEROS ZAPLA	68	80	148
ACEROBRAG	91		91
CIF	7	5	12
Total	3,535	633	4,168

(Source:CIS 1997)

表-23 Production of crude steel in 1997 by product and process

(kilo-t)

Product	EAF	BOF	Total
Steel ingot	43	96	139
Forging ingot	10		10
Mold piece	12		12
C/C billet	1,027		1,027
C/C billet for seamless pipe	903		903
C/C slab		1,867	1,867
C/C mini slab	211		211
Total	2,206	1,963	4,169

(Source:CIS 1997)

電炉のある会社は、HIPARSA HBI の有力なバイヤーである。

表-24 Production of crude steel in 1997 by company and process

(kilo-t)

Company	EAF	BOF	Total
SIDERAR		1,867	1,867
ACINDAR	1,148		1,148
SIDERCA	902		902
ACEROS ZAPLA	53	96	149
ACEROBRAG	91		91
CIF	12		12
Total	2,206	1,963	4,169

(Source:CIS 1997)

表-25 Production of pig iron by blast furnace in 1997 by company

Company name	(kilo-t)
SIDERAR	1,971
ACEROS ZAPLA	108
TOTAL	2,079

(Source:CIS 1997)

表-25 の2社は高炉を備えており、これらは HIPARSA ペレットのバイヤーとなる可能性が高い。

表-26 Production of sponge iron by direct reduction in 1997
by company

Company name	(kilo-t)
ACINDAR	825
SIDERCA	671
TOTAL	1,496

(Source:CIS 1997)

表-27 Production of semi-finished products in 1997 by company

Company name	(kilo-t)
SIDERAR	1,867
ACINDAR	1,148
SIDERCA	908
ACEROS ZAPLA	123
ACEROBRAG	91
TOTAL	4,137

(Source:CIS 1997)

3.1.2 粗鋼消費量

表-28 Present situation of steel demand

(kilo-t)

	Apparent consumption	Export	Total
1990	1,461	2,585	4,046
1991	2,384	1,833	4,217
1992	3,367	1,128	4,495
1993	3,294	1,235	4,529
1994	4,152	1,351	5,503
1995	3,451	1,966	5,417

(Source:CIS 1995)

3.1.3 スクラップ市場

表-29 Scrap market

	(kilo-t)		
	1993	1994	1995
Total consumption	1,137	1,189	1,299
Recycle	411	512	564
Domestic market	718	672	729
Import	8	5	7
Export	1	3	11

(Source:CIS 1996)

スクラップ市場は、ブラジルの場合と同様、ほとんど輸出入はない。

3.1.4 外国貿易の現況

鉄鉱石については国内生産はなく、表-30 に見られるように、ほとんどがブラジルから輸入されている。Mercosur 域内での優遇税制措置を利用して、今後アルゼンティン鉄鉱石の輸入は Mercosur 域内国（ブラジル）からのみに絞られるであろう。

表-30 Import of iron ore

	(kilo-t)				
Origin	1991	1992	1993	1994	1995
CHILE	51	--	90	172	113
CANADA		61	--	--	--
BRAZIL	2,179	3,454	3,115	3,931	4,116
PERU	80	32	--	--	--
VENEZUELA	--	27	--	--	--
TOTAL	2,310	3,574	3,205	4,103	4,229
(US\$/t)	43.17	38.81	34.35	28.66	34.62

(Source: CIS 1995)

表-31 Tax difference (Import of Argentina)

Product	Arancel no.	From Mercosur	From out of Mercosur
Iron Ore	2601.11.000	0%	2.0%
	2601.12.000	0%	2.0%
	2601.20.000	0%	2.0%

(Source: HIPARSA)

表-32 Trade balance of steel in 1995/1996/1997

(US\$1,000)

	Import		Export	
	1995	1996	1995	1996
BRAZIL	347,740	347,216	34,354	42,901
MERCOSUR	362,365	360,565	90,456	98,209
WORLD	775,575	839,916	790,061	860,837

(Source: CIS 1996)

3.1.5 HIPARSA ペレット購入の可能性ある国内の各社の状況

SIDERAR (TECHINT グループ)

- BF ペレット購入に興味あり。ただしアルゼンティン向けの主要な供給元であるブラジル鉄鉱石に比べ価格、品質が遜色ないこと。
- 品質面での重要ポイントはリン分の含有量である。旧 HIPASAM の BF ペレットは、リン分含有量が0.1%以上もあり規格外であった。
- SIDERAR は HIPARSA HBI の高炉での将来使用を検討。理由は下記の通り。
 - ・定常的なスクラップの大量確保困難。
 - ・高炉生産性の向上。
- 荷揚港はサンニコラス港。

ACINDAR

- 価格と品質（リン分含有量）が彼らの要求に合うならば、HIPARSA HBI を年間 200~300 kilo-t 購入することに興味を持っている。
- ACINDAR は、もしリン分含有量が一定のレベルより高いなら、購入には興味なしとはっきり言い切っている。（高いリン分含有量に対する価格修正のためのボーナス、ペナルティのフォーミュラはなし）
- 荷揚港はヴィラコンスティテューション港。

ZAPIA

- 同社は、外部購入スクラップの代替として、年間 25 kilo-t の購入に関心あり。

- 環境問題（熱帯雨林の保護）から木炭銑の生産制限が進んでおり、HBIの木炭銑への代替も考えられる。
- 輸送は船でプンタコロラダ港からバランケラス港（チャコ州）まで運び、そこから工場のあるフツイまでは鉄道。

ACERBRAG (PIERO グループ)

- この新会社は、破産した ACERO BRAGADO を引き継いで、1997年6月より操業開始、ACINDAR などと競合しながら、国内市場からスクラップを 10 kilo-t 調達している。
- 同社はプラントの拡張を計画しており、2000年にはスクラップまたは HBI を 250 kilo-t/year を消費する見込み。それゆえに HIPARSA HBI 生産が始まれば、HBI の購入に関心あり。
- しかしながら荷揚港設備がないため、HBI/スクラップ受け入れはトラックのみで、工場所在地はブエノスアイレス市より約 400km。
- ACERBRAG は PIERO グループに属しており、国内において原材料供給を確保するためにも、HIPARSA 国際入札への参加に興味を持っている。

3.2 HIPARSA HBI の輸出市場としての Mercosur

アルゼンティンの鉄鋼メーカーは、アルゼンティン国内のペレット市場に加え Mercosur (ブラジル) 向けに HIPARSA HBI の販売可能性を示唆している。理由は以下の通り。

- 電炉を持った製鋼所が多くあり、それらは現在国内産の銑鉄とスクラップを使用しているが (両方ともバランスが取れており、HBI の輸入はなし)、環境問題から木炭銑の入手が困難になってきている (アマゾン熱帯林の保護のために木炭銑の生産制限)。よって、これらの製鋼所は HIPARSA HBI の有力なバイヤーとなり得る。
- ブラジル高炉メーカーは高炉生産性を向上させるために HBI 使用を検討しており、これはブラジルでのさらなる HBI の新規需要の創出なり。
- ある製鋼メーカーは、年産 310 kilo-t の HBI プラントを自消用に操業している (海上油田からの高いコストのブラジル産天然ガスにつき、この生産コストは非常に高いと言われておる)。
- Mercosur 議定書により、ブラジルは Mercosur 以外からの輸入に比べアルゼンティンからの輸入には税制優遇措置の他に支払い条件においても有利な取扱を受けている。しかしながら、ベネズエラも 2000 年までを目途に Mercosur 参加を予定しており、そうなればアルゼンティン HBI の競合相手となる。
- ブラジルは経済的な天然ガス供給の欠如のため、HBI 生産プロジェクトを持っていない。(しかし、さる製鋼メーカーは安価な天然ガスの入手可能なトリニダード・トバコでの HBI 生産プロジェクトを持っておる)
- 海上運賃競争を克服するためにも、HBI (BF ペレット/DRI ではなく) は最も適当な製品である。

Mercosur の他の国、すなわちウルグアイ、パラグアイ、チリーにはユーザーがなく、HIPARSA HBI の販売可能性はない。

3.2.1 Mercosur (ブラジル) の電炉、高炉、DRを有する製鋼所リスト

Mercosur 市場では、HBI パイヤーはブラジルにのみ存在する。表-33 は、電炉、高炉、DR を所持しておる製鋼所リストである。

表-33 Mill list, that have EAF, Blast furnace, DR in Brazil

Company name	EAF	Blast furnace	DR
ACESITA		○	
ACOMINAS		○	
SIDERURGICA ALTEROSA		○	
SIDERURGICA BARRA MANSA	○		
BELGO	○		
CIA SIDERURGICA BELGO	○	○	
COSIPA		○	
CSN		○	
DEDENI	○		
GERDAU	○	○	○
MANNESMANN		○	
METALSIDER		○	
SIDERURGICA RIOGRANDENSE	○		
SIDERURGICA SAO CRISTOVAO		○	
SIDERPA		○	
CIA SIDERURGICA DE TUBARAO		○	
USIMINAS		○	
VDL SIDERURGIA		○	
VIENA SIDERURGICA DO MARANHON		○	
VILLARES METALS	○		
ACOS VILLARES	○		

(Source: Iron and Steel Works of the World)

3.2.2 ブラジルにおける粗鋼とスクラップ市場

表-34 Scrap market in Brazil

	(kilo-t)						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Plant generated scrap	3,719	4,180	4,354	4,199	4,090	4,061	3,845
Purchased in domestic market	2,545	2,660	2,755	2,967	3,242	3,441	3,994
Consumption	6,278	6,784	7,455	7,274	7,065	7,460	7,709
Imports	89	211	114	149	8	8	17
Exports	3	1	15	1	3	12	24

(Source: BRAZIL STEEL DATA BOOK 1998)

表-35 Pig iron market in Brazil

	(kilo-t)					
	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Blast furnace Coke	16,218	16,493	17,057	17,849	17,051	18,832
Charcoal	6,669	7,220	7,902	7,115	6,027	6,130
Electric reduction furnace	170	187	133	57	-	-
Total	23,057	23,900	25,092	25,021	23,978	24,962
Exports	2,548	1,913	2,631	2,870	2,539	2,563

(Source: BRAZIL STEEL DATA BOOK 1998)

3.2.3 HBI 輸入税の差 (ブラジルへの輸入)

表-36 Import tax difference (Import into Brazil)

Product	Arrancel no.	From Mercosur	From out of Mercosur
HBI	7203.10.000	4%	9%
	-IMPORT TAX	0%	5%
	-IPI	4%	4%

(Source: Japanese trading firm)

表-36 に見るように、ブラジルへの輸入において Mercosur 域内と域外からの輸入税の大きな差を考慮に入れれば、ブラジルはアルゼンティンからの HBI 輸出の可能大な市場である。

さらに、アルゼンティンは、ブラジルの輸入制度に、よりブラジルに対し有利な支払い条件を与えることが可能である。

Mercosur 域内から	no limit of sight
Mercosur 域外から	at sight or minimum 360 days

しかし、もしベネズエラが Mercosur、あるいは他の新しい米州組織に参加するなら (1998 年 4 月にチリーでの米州サミットで議論された)、ベネズエラ HBI は将来 HIPARSA HBI に対してブラジル市場での強力な競争者となるであろう。

3.3 世界のHBI市場

世界の鉄鋼生産は2010年まで1年に1~2%の成長が予想される。それは、グラフ-4に示されるように、2000年には800,000 kilo-t、2005年には850,000 kilo-t、2010年には900,000 kilo-tを意味する。

このような鉄鋼の需要と輸出のめざましい成長は、低い生産コストをもつ発展途上国で特に期待される。

グラフ-5は、世界鉄鋼生産のプロセス別の内訳を表している。

- CO/BF/BO 投入材料--石炭、鉄鉱石、スクラップ
- CO/BF/OH 投入材料--石炭、鉄鉱石、スクラップ
- EAF 投入材料--スクラップ、DRI、HBI、銑鉄、
バージンアイアンユニット

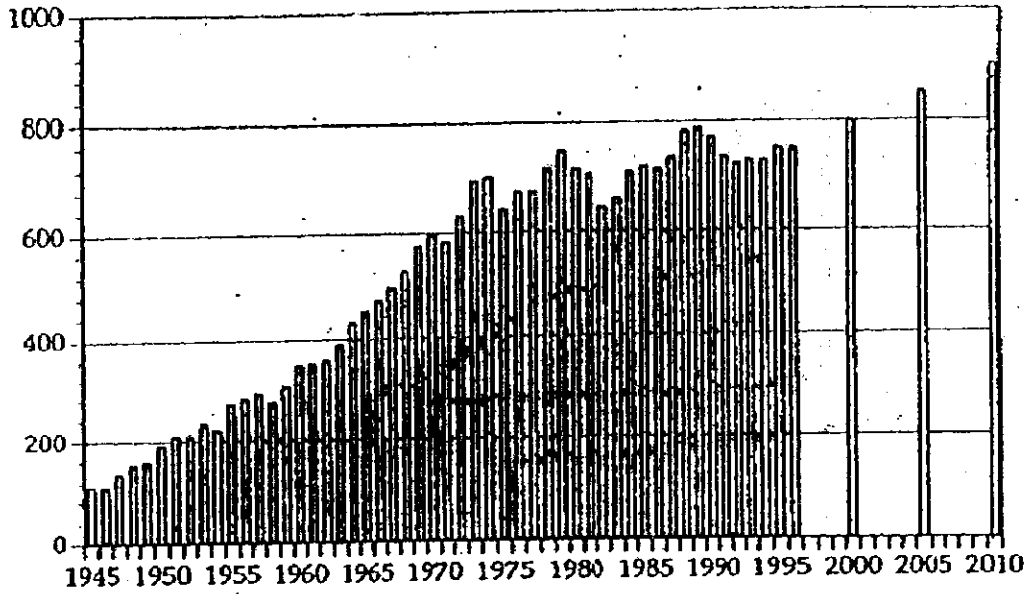
現在電炉製鋼法が、他のいかなるプロセスよりも早く際立って成長している。その理由は下記の通りである。

- ①電炉製鋼は低コストの小規模生産サイズであること
- ②他の製鋼法では経済規模は2~3 million-t/year以上であり、これはUS\$2,000~3,000-millionの単位であること
- ③電炉設備は年120,000 t/year程度のスケールで十分で、少量の顧客グレードの生産にも対応できること
- ④先進国では新しいコークスプラントは環境許可の取得難しく、また2010年にはコークス不足が予測されていること

グラフ-6は、銑鉄、スクラップ、DRI需要の実態を示している。それは電炉会社が鉄鋼生産の大きなシェアを確保した際、DRI/HBI使用が世界的に増加することを意味している。

グラフ-4 World steel production

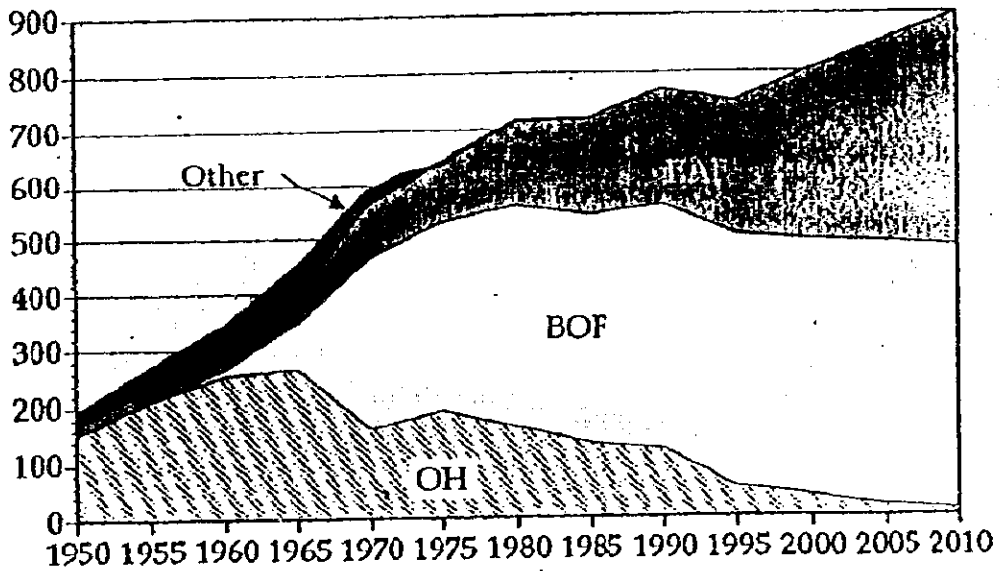
(million-t)



(Source: MIDREX 1997)

グラフ-5 World steel production by process

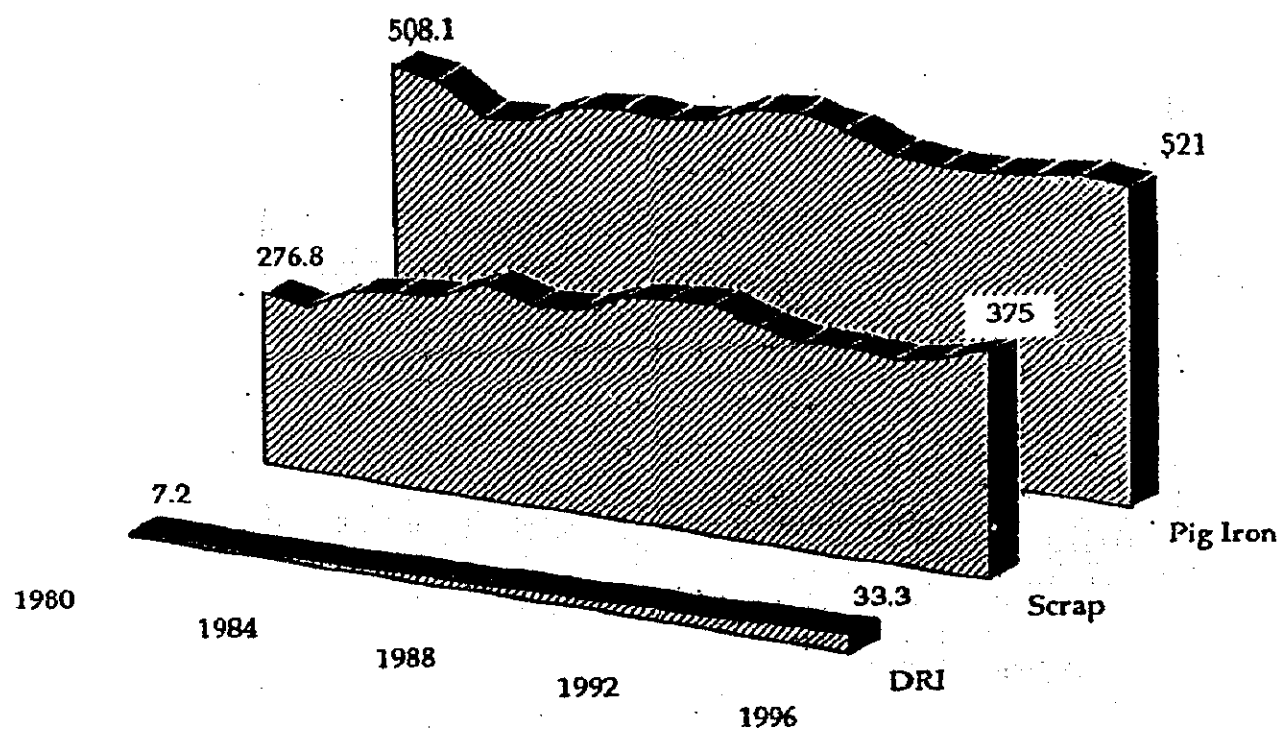
(million-t)



(Source: MIDREX 1997)

グラフ-6 World metallic consumption

(million-t)



(Source: MIDREX 1997)

3.3.1 世界の直接還元鉄生産

1970年以來、世界のDRI生産は目覚ましい成長を遂げている（グラフ-7、グラフ-8、グラフ-9、グラフ-10参照）。そしてグラフ-11（世界のDRI/HBI生産1970～2000）、及び表-37（世界の国別DRI/HBI生産1970～2000）に示されるように、大部分のDRI、HBIが、高品質の鉄鉱石と低いコストの天然ガスにアクセスを持っている発展途上国で生産されている。

DRI/HBIの需要増加は現在の製鋼業界のトレンドでもある。その理由としては下記の事項が挙げられる。

(1) 電炉製鋼の成長

BOFに比べて、少ない資本投下、低い操業費、クリーン、小規模。そしてスクラップ供給の不安定、リーズナブルな電力価格がさらなる成長を助ける。

(2) 高品質製品の生産拡大

電炉メーカーはスクラップのみでは高品質製品の生産はできないので、現在HBIはスクラップに対して、独立した価格を持っている。

(3) スクラップ需要の増加

(4) 高級スクラップ供給の低い成長率

HBIは高級スクラップに相当するも、高級スクラップの供給は充分でない。（グラフ-12、13、14）

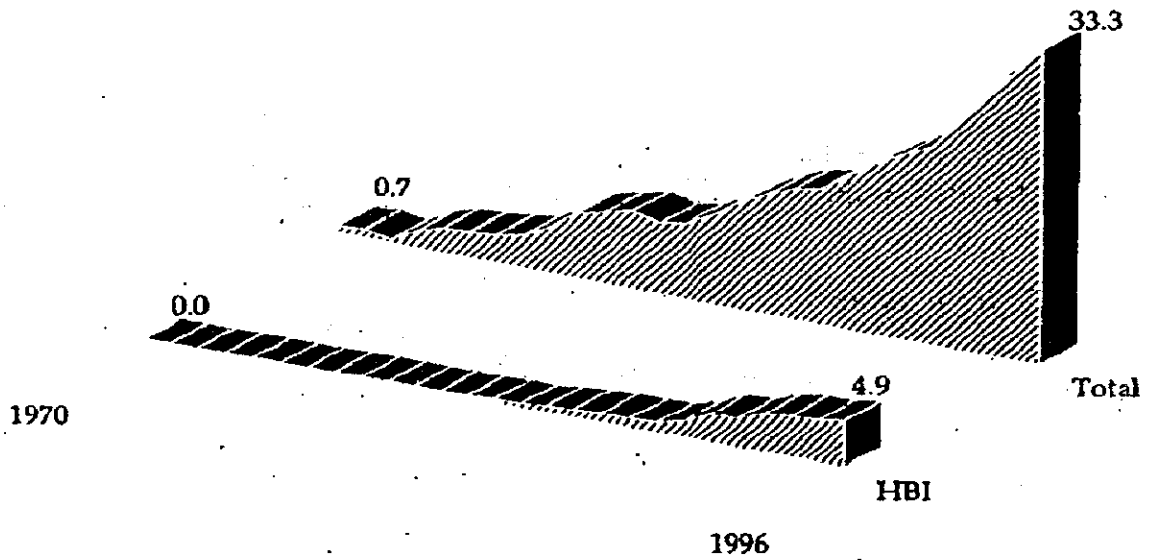
(5) スクラップ品質の不安定

世界のスクラップ供給は莫大である（概算年間 400 million-t が消費されている）。しかしながら、大部分は高い金属残さを含んだものであり、高級スクラップの供給は高品質の鉄鋼製品メーカーの全需要を満足させ得ない。

「もし HBI がスクラップと同等の価格であなたの工場に届けられることになったなら、あなたはどちらを買いますか？」と言うことが言われている。

グラフ-7 World DRI production

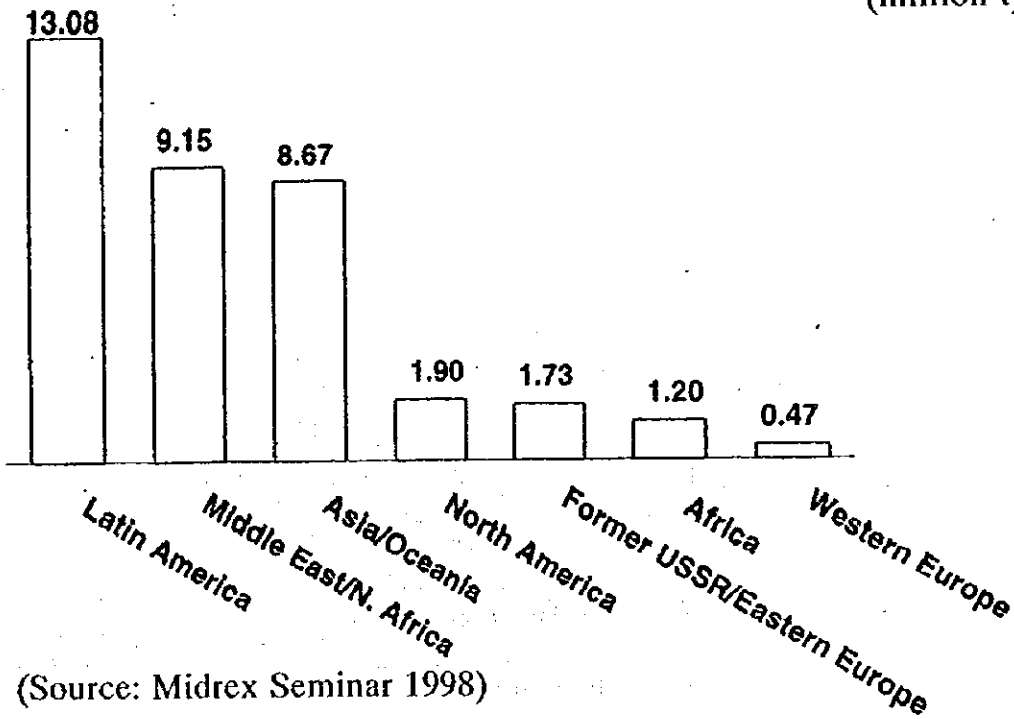
(million-t)



(Source: MIDREX 1997)

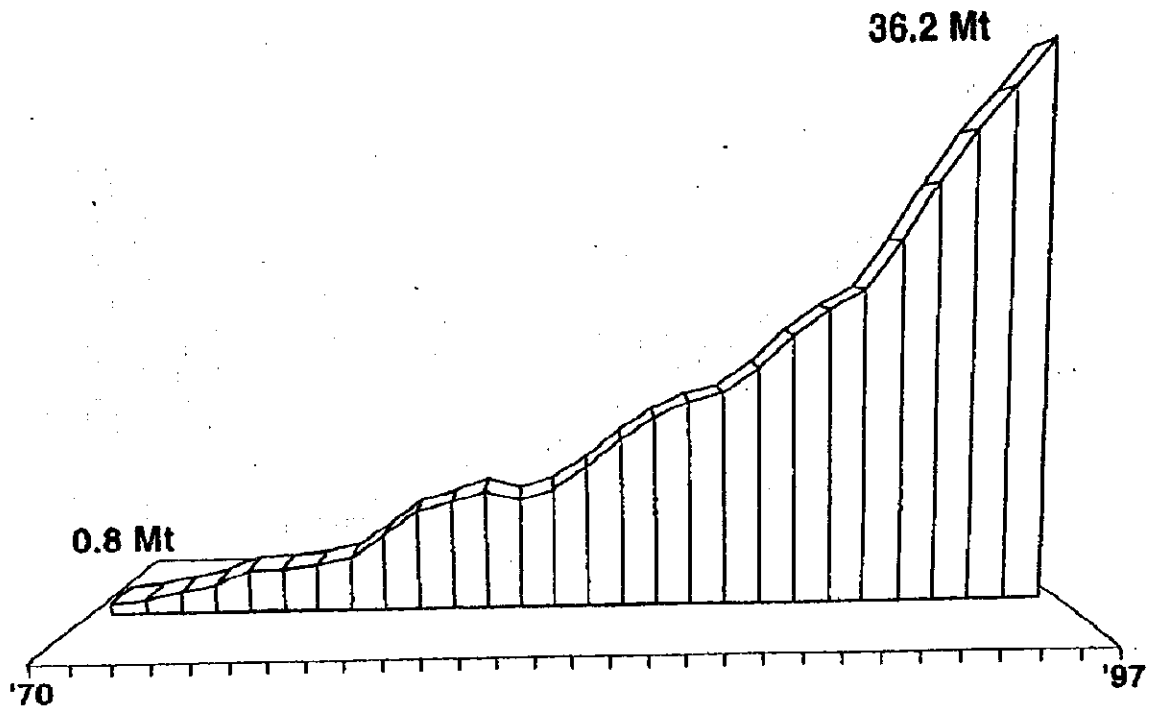
グラフ-8 World DRI production by region

(million-t)



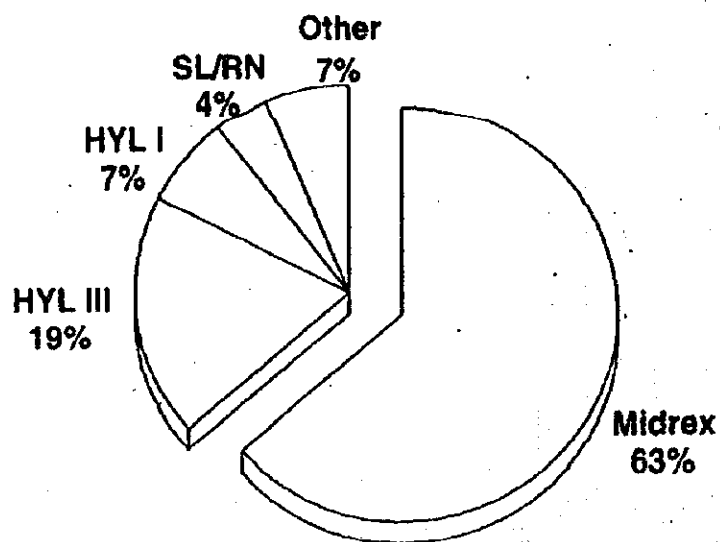
(Source: Midrex Seminar 1998)

グラフ-9 World DRI production by year



(Source: Midrex Seminar 1998)

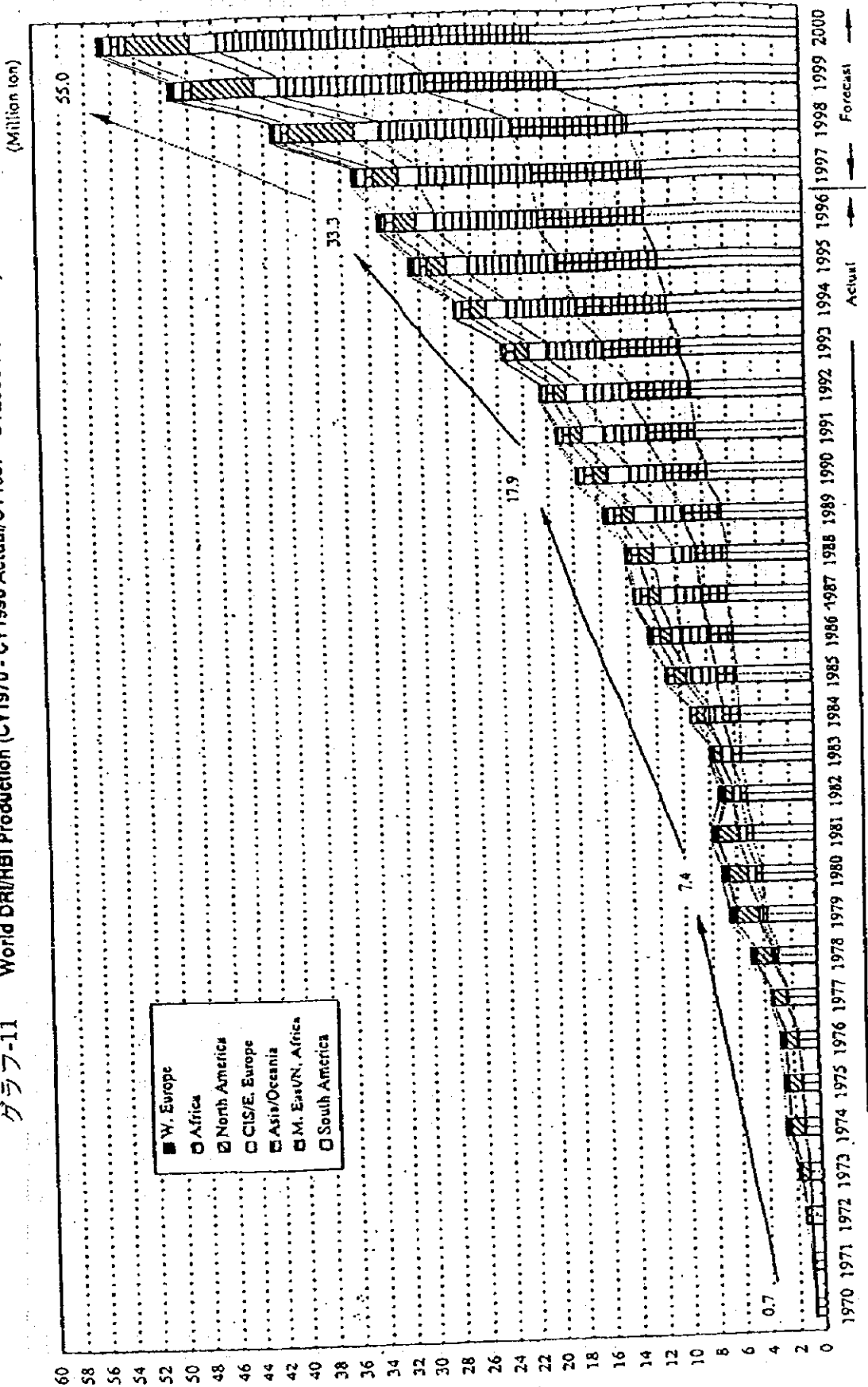
グラフ-10 World DRI production by process



Total Production 36.2 Mt

(Source: Midrex Seminar 1998)

グラフ-11 World DRI/HBI Production (CY1970 - CY1996 Actual/CY1997 - CY2000 Forecast)



(Source: Japanese Trading Firm)

表-37 World DRI/HBI Production by Country (CY1970 - CY1996 Actual/CY1997 -CY2000 Forecast)

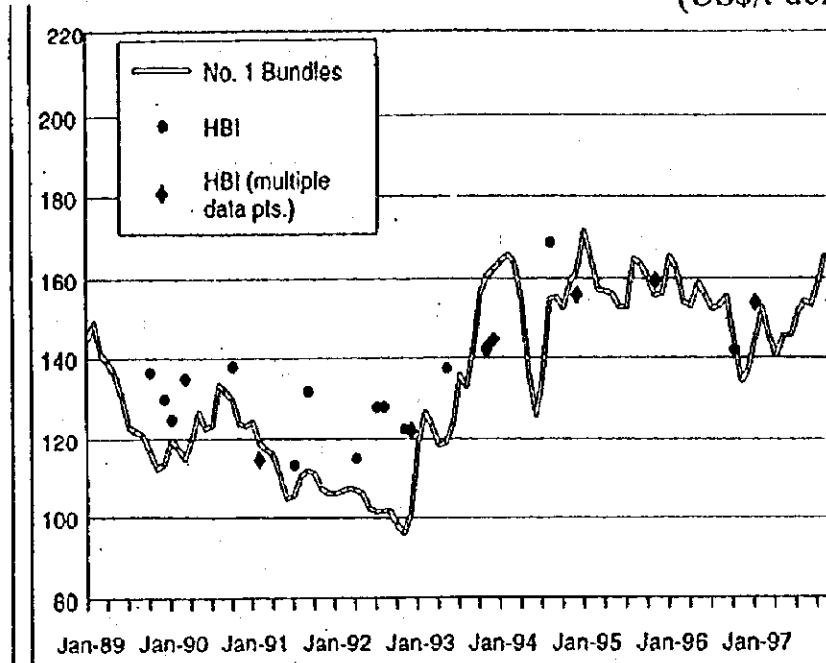
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Canada	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
US	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
North America	0.12	0.24	0.63	0.90	1.34	1.17	1.08	1.07	1.26	1.50	1.54	1.42	1.46	1.56	1.63	1.65	1.67	1.68	1.69	1.70	1.71	1.72	1.73	1.74	1.75	1.76	1.77	1.78	1.79	1.80	
Argentina	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Brazil	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Mexico	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Peru	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Trinidad & Tobago	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Venezuela	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Other	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
South America	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
Bahrain	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Egypt	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Iran	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Iraq	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Libya	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Other	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Saudi Arabia	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
M. East/N. Africa	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
Nigeria	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
South Africa	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Other	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Africa	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
China	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
India	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Indonesia	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Japan	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
South Korea	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Malaysia	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Myanmar (Burma)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Thailand	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Australia	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
New Zealand	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Other	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Asia/Oceania	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
Germany	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Italy	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Sweden	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
W. Europe	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
CIS/E. Europe	0.06	0.12	0.3	0.45	0.67	0.63	0.54	0.54	0.63	0.75	0.77	0.71	0.73	0.78	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	
Totals	0.79	0.93	2.39	3.9	5.9	5.5	5.36	5.93	6.16	6.43	6.59	6.78	6.97	7.16	7.35	7.54	7.73	7.92	8.11	8.3	8.49	8.68	8.87	9.06	9.25	9.44	9.63	9.82	10.01	10.2	

(Source: Japanese Trading Firm)

グラフ-12 North America scrap and HBI prices

(US\$/t delivered)

**HBI is
Valued
Equivalent
to Prime
Scrap**

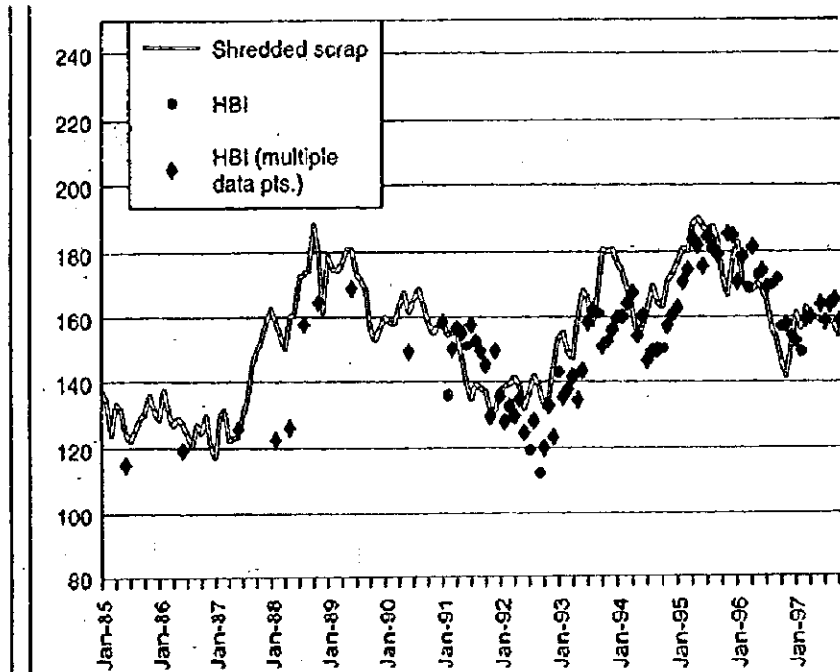


(Source: Midrex Seminar 1998)

グラフ-13 Asia scrap and HBI prices

(US\$/t CIF East Asia)

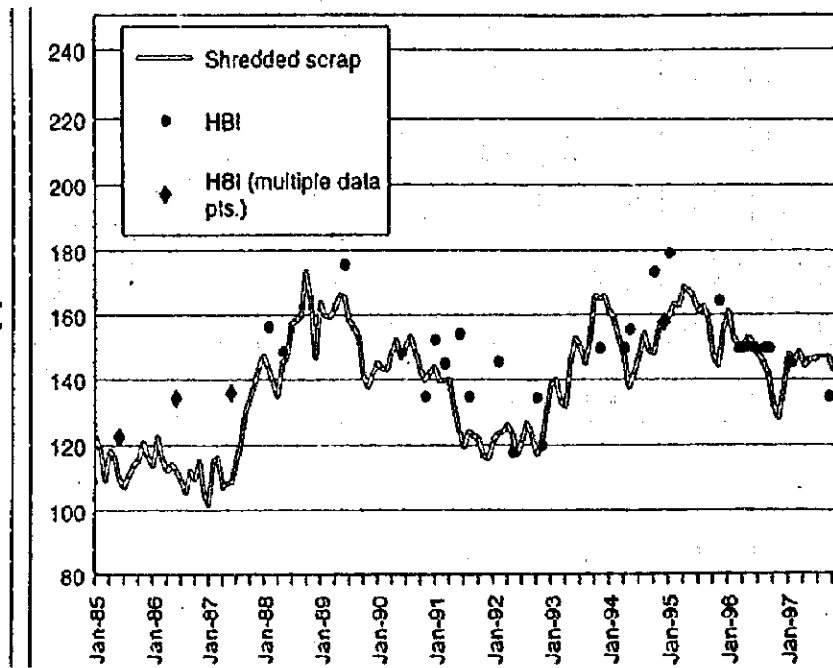
**HBI is
Valued
Equivalent
to Prime
Scrap**



(Source: Midrex Seminar 1998)

グラフ-14 Middle East / Europe scrap and HBI prices
 (US\$/t Mediterranean)

**HBI is
 Valued
 Equivalent
 to Prime
 Scrap**



(Source: Midrex Seminar 1998)

3.3.2 DRI 生産予測

表-38 は、2000 年までの世界の DRI 国別プロジェクトを示す。DRI 生産予測は表-39 に示す通りである。

表-38 DR Project in world (~2000 year)

(million-t)

Region	Country	Supplier	Process	Product	on Stream	Capacity	Captive	Sale	Total
Asia	Korea	HANBO	MIDREX	DRI	1999	800	800		800
		Nakornthal	INMETCO	DRI	1997	400	400		400
	China	Tianjin Pipe	DRC	DRI	1996	300	300		300
	India	Lloyds Steel Industries	OSIL	DRI	1997	150	150		150
		Monnet Ispat	JINDAL	DRI	1998	100	100		100
		Jindal Strips	JINDAL	DRI	1998	100	100		100
		Bihar Sponge Iron	SL/RN	DRI	1998	150	150		150
		Tata Sponge Iron	TISCO	DRI	1998	120	120		120
		Total				620	620		620
M. East	Saudi Arabia	HADEED	HYL-III	DRI	1998	1,100	1,100		1,100
	Bahrain	ISPAT	MIDREX	DRI	1999	1,200		1,200	1,200
	Qatar	QASCO	MIDREX or HYL-III	HBI	1999	2,000	400	1,600	2,000
N. America	U.S.	TUSCALOOSA (BSC)	MIDREX	DRI	1997	1,100	300	800	1,100
		AIR (Georgetown/Birmingham)	MIDREX	DRI	1998	1,200	1,000	200	1,200
		KMI	FASTMET	HBI	1999	900		900	900
		QUALITECH	IRON CARBIDE	I. C.	1998	660	660		660
		Total				3,860	1,960	1,900	3,860
S. America	Mexico	IMEXSA	MIDREX	DRI	1997	1,200	1,200		1,200
		HYLISA	HYL-III	DRI	1997	675	675		675
		Total				1,875	1,875		1,875
	Venezuela	COMSIGUA	MIDREX	HBI	1998	1,000		1,000	1,000
		POSVEN	HYL-III	HBI	1999	1,500	1,000	500	1,500
		Orinoco Iron (BHP/Sivensa)	FINMET	HBI	1999	2,000		2,000	2,000
		Total				4,500	1,000	3,500	4,500
	Trinidad & Tobago	NUCOR	IRON CARBIDE	I. C.	1994	330	330		330
		LTV/C-CLIFFS	CIRCORED	HBI	1998	500		500	500
		Caribbean Ispat	MIDREX	DRI	1998	1,360		1,360	1,360
	Total				2,190	330	1,860	2,190	
Oceania	Australia	BHP	FINMET	HBI	1998	2,500		2,500	2,500
Africa	Egypt	ANSDK	MIDREX	DRI	1997	800	800		800
		Saldanha Steel	MIDREX	DRI	1998	804		804	804
	S. Africa	SCAW Metal	DRC	DRI	1997	150	150		150
		Total				954	954		954
CIS	CIS	Lebedinsky	HYL-III	HBI	1998	1,000		1,000	1,000
Total				(Construction)	24,099	10,539	13,560	24,099	
					(17,999)	(10,139)	(7,860)	(17,999)	

(Source: Japanese trading firm)

表-39 DR production forecast

(million-t)

	1994	1995	1996	2000	2005	2010
Asia	5.8	7.1	8.1	11.0	13.3	15.2
N. America	5.7	6.2	6.7	15.3	18.6	18.9
S. America	10.3	6.6	6.8	10.2	12.9	16.6
Middle East	5.6	6.0	6.7	10.4	11.6	12.6
Oceania	0.0	0.0	0.0	3.2	4.5	4.5
Others	0.9	4.9	4.7	7.4	13.8	12.8
Total	28.3	30.8	33.0	57.5	74.7	80.6

(Source: Japanese trading firm)

3.3.3 HBI 予想平均価格

表-40 は、HBI 予想平均価格 (1997~2010 年) を示す。この期間は、HBI 価格は少ない鉄鋼需要のためにより安いであろう。しかし、ひとたび需要が増加すれば、すべての鉄鋼、HBI の価格がそれ相応して上昇するであろう。

表-40 Forecasted average HBI prices
(1997-2010 US\$/t)

North America	155 delivered
Europe/Middle East	160 CIF
Asia/Oceania	165 CIF

(Source: MIDREX 1997)

3.3.4 DRI/HBIの取引

1996年には、6,900 kilo-t のDRI/HBIが世界で取引された(表-41)。しかしながら、1997年以降その数値が劇的に飛躍した(表-42)理由は、多くの会社が、何もかも自社内での生産を止め、安いものを市場で買い付けるようになったためである。

表-41 DRI/HBI receipts (1996)

Country	Tonnage (million-t)
Belgium	0.108
Canada	0.030
China	0.050
Egypt	0.195
Europe	0.211
India	2.543
Indonesia	0.293
Italy	0.075
Korea	0.964
Malaysia	0.010
Mexico	0.302
Peru	0.060
Philippines	0.024
South Africa	0.188
Spain	0.243
Taiwan	0.105
US	1.118
Venezuela	0.050
Unknown destinations	0.322
Total	6.891

(Source: MIDREX 1997)

表-42 World merchant HBI demand

	(million-t)				
	1997	1998	1999	2000	2005
North America	9.61	9.73	9.85	9.97	9.97
Western Europe	2.43	2.50	2.50	3.07	3.07
Asia/Oceania	8.95	10.26	12.25	13.65	15.48
Middle East/North Africa	1.35	1.09	1.34	1.61	1.61
Latin America	0.86	0.70	0.70	0.70	0.70
Former USSR/Eastern Europe	0.11	0.21	0.44	0.59	0.59
Africa	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
World Total	23.64	24.82	27.41	29.92	31.75

(Source: MIDREX 1997)

3.3.5 世界における HBI プロジェクトと需要の計画案

世界の HBI 取引状況と傾向を見ても、HIPARSA が 750 kilo-t/year の HBI を世界市場に投入することは、数量的に可能なことである。

表-43 Constructed plant of HBI at end of 1996

(kilo-t)		
Own consumption	Sale to merchant	Total
7,530	6,560	14,090

(Source: CIS)

表-44 Demand of merchant of HBI

Year	1998	1999	2000	2005
kilo-t	24,810	27,400	29,920	31,740

(Source: MIDREX)

表-45 Balance of demand and offer of merchant HBI

(kilo-t)				
	1998	1999	2000	2005
Demand	24,810	27,400	29,920	31,740
Offer	13,450	13,450	13,450	20,000
Balance	-11,360	-13,950	-16,470	-11,740

(Source: CIS)

3.3.6 DRI用鉄鉱石ペレットの需要

DRIプロジェクトに従い、DRI用の鉄鉱石ペレットの需要は2000年まで北アメリカで際立って増加するであろう。そして2000～2005年の間はアジアで、そして2010年までは南アメリカで、その需要は上昇することが見込まれる。

表-46 Iron ore pellet requirement for DR

	(million-t)		
	2000	2005	2010
N. America	19.7	22.4	22.4
Asia	9.8	13.0	15.6
Middle East	14.4	16.2	17.7
S. America	9.9	13.1	17.6
Others	8.5	9.9	9.9
Total	62.3	74.6	83.2

(Source: Japanese trading firm)

表-47 Iron ore production capacity forecast

	(million-t)				
	1995	1996	2000	2005	2010
N. America	112.0	107.4	110.1	114.5	115.4
W Europe	35.1	33.6	31.3	26.5	26.5
S. America	295.7	197.5	234.7	245.6	250.5
Oceania	148.6	149.7	174.5	206.9	208.5
Asia	210.2	207.4	219.9	222.3	238.6
Africa	47.6	46.5	53.9	53.9	59.6
E. Europe	134.7	130.6	132.9	135.1	135.1
Middle East	7.7	9.0	10.6	11.1	11.1
World Total	901.7	881.7	967.9	1,015.9	1,045.3

(Source: Japanese trading firm)

3.4 HIPARSA からの DRI/HBI 輸送

3.4.1 HIPARSA ベレットの流通

HIPARSA ベレットは次の 2 方法で輸送される。

(1) トラック輸送

港湾設備を持たない国内の顧客に対してはトラック輸送。現在、少量ロットが国内のセメント工場に出荷されている。

(2) 海上輸送

国内の顧客及び輸出に対してはプンタコロラダ港の HIPARSA バースから海上輸送。過去において、HIPASAM は国内の製鋼所 SOMISA に数ロット船積したが輸出はなし。HIPARSA 港状況については 3.4.3 に詳述する。

3.4.2 荷捌き/船積み

DRI/HBI 輸送の荷捌き、船積みについてはマニュアル化された IMO コード
資料-4 を参照のこと。

*資料は MIDREX より

資料-4 IMO CODE FOR HBI TRANSPORTATION

DEFINITION

A material emanating from a densification process whereby the DRI feed material is at a temperature greater than 650°C at time of moulding and having a density greater than 5.0 g/cm³.

BC No.	IMO Class	MFAG Table No.	Approximate Stowage Factor m ³ /t	EmS No.
016	MHB	-	** 0.35	B15

** (to be verified by shipper)

PROPERTIES

Material may slowly evolve hydrogen after contact with water. Temporary self-heating of about 30°C may be expected after material handling in bulk.

Approximate Size : Length 90 mm to 130 mm
Width 80 mm to 100 mm
Thickness 20 mm to 50 mm
Briquette weight 0.5 kg to 2.0 kg

Fines : *Up to 5% (under 4 mm)

OBSERVATIONS

Open storage is acceptable prior to loading.

Loading, including transfer from one ship to another, during rain is unacceptable.

Unloading under all weather conditions is acceptable. During discharge a fine spray of fresh water is permitted for dust control.

SEGREGATION AND STOWAGE REQUIREMENTS

Boundaries of compartments where DRI is carried should be resistant to fire and passage of water. Separated from materials of classes 2, 3, 4 and 5 and class 8 acids.

SPECIAL REQUIREMENTS

Certification

A competent person recognized by the national Administration of the country of shipment should certify to the ship's master that the DRI, at the time of loading, is suitable for shipment.

Shippers should certify that the material conforms with the requirement of this Code.

Shippers' requirements

The shipper may provide advice in amplification of this Code but not contrary thereto in respect of safety during carriage.

Precautions

1. Prior to loading :
All cargo spaces should be clean and dry. Bilges should be sift proof and kept dry during the voyage. Wooden fixtures such as battens, etc., should be removed. Where possible, adjacent ballast tanks, other than double bottom tanks, should be kept empty. Weatherdeck closures should be inspected and tested to ensure integrity.
2. Hot moulded briquettes should not be loaded if product temperature is in excess of 65°C (150°F).
3. Cargo spaces containing DRI material may become oxygen depleted and all due caution should be exercised upon entering such compartments.
4. Adequate surface ventilation should be provided.
5. Radar and RDF scanners should be adequately protected against dust during loading and discharging operations.

3.4.3 HIPARSA 港状況

(1) 港の場所

プンタコロラダ/リオネグロ州 (Punta Colorada)。

(2) オペレーター

HIPARSA。

(3) 船積設備とバース

ここは HIPARSA 専用の鉄鉱石船積バースである。これまでの数年間(旧 SOMISA 向けのペレット船積みを最後に)動きがなかったが、船積み用機械設備は完璧に保守保全されている。

ここは、1,000m の海上棧橋と、その上の 1,500m のコンベアベルトから成り立っている。東端のパイルには 2 対の係留ドルフィンがあり、片方は北側、もう一方は東側の、どちらにでも係留できるようになっている。岸壁の水深は、東ドルフィン 45 フィート、北は 35 フィート。70,000DDWT までの船積み実績あり。

ドルフィンは 65m 離れて固定、2 本の係留柱と錨上げを装備している。ドルフィンの前方と後方に係留ブイが置かれている。

船積みの速度は、最高 2,000TPH。コンベアベルトはプラットフォームにしっかり固定されており、補助ベルトは 176° 回転可能、水平に 31m 動かせ、各バースまで 42m 伸縮可能である。

注意点：

- これらの港設備は、すべて船積み用のみ。船積み条件は、THINC、すなわち 24 時間操業である（ただし悪天候の場合を除く）。また、干満差は 8m。
- 最近リオネグロ州政府は HIPARSA バースを含めてプンタコロラダにフリーゾーン設置の考えを打ち出しておる。

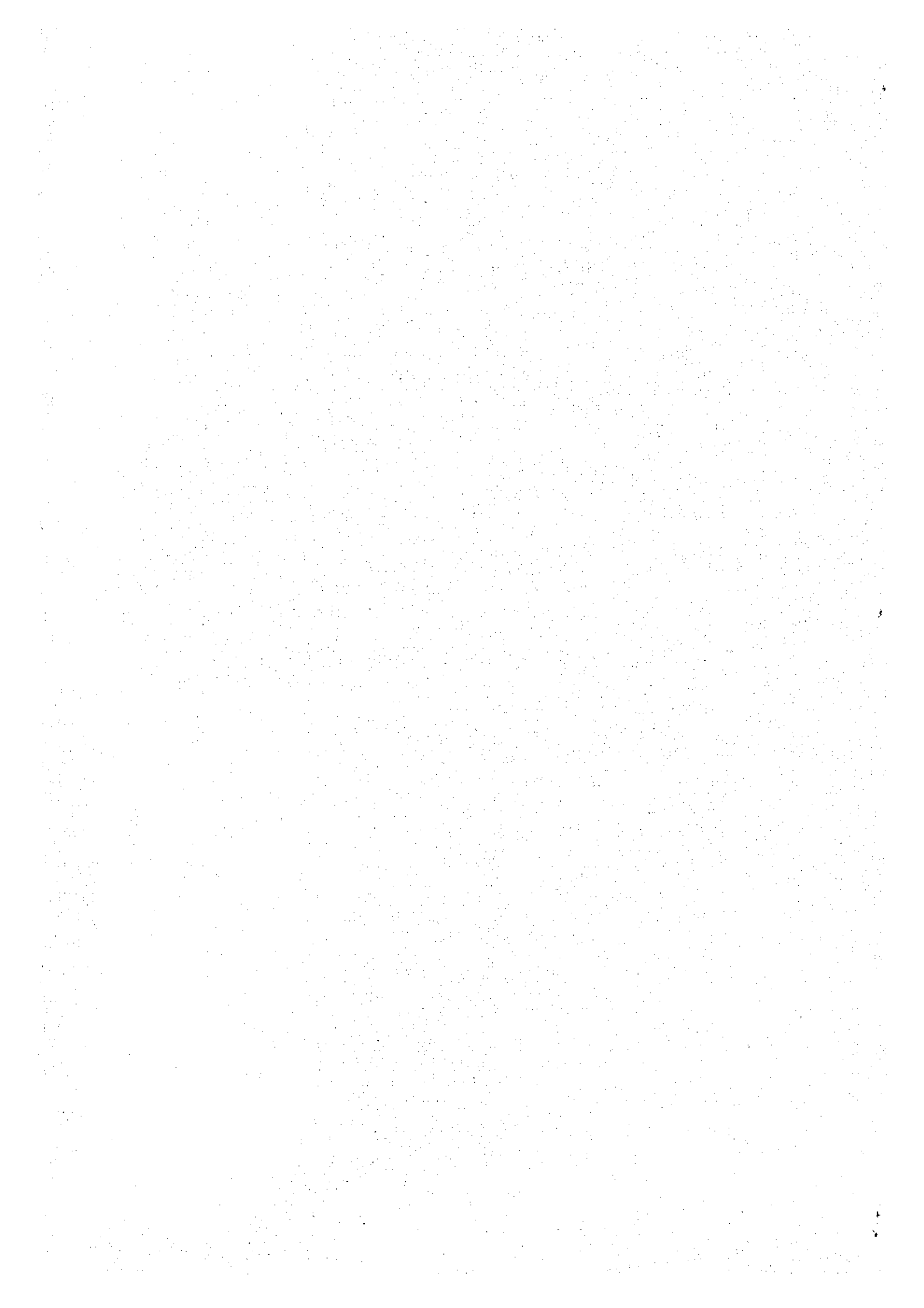
(4) プンタコロラダ港への配船サービス

輸出と国内 (cabotaje) 輸送のためのスペースとリーズナブルな海上運賃をチャーターベースで得ることは容易である。

IBI を輸出する場合 (例えばブラジルに)、ブラジルから鉄鉱石ペレット (SIDERAR、サンニコラス港) とアルミナ (ALUAR、プエルトマドリン港) 輸入の帰り船を利用することも課題である。

第4章

HIPASAM時代の状況



HIPASAM (Hierro Patagonico de Sierra Grande Sociedad Anonima Minera) は連邦政府（防衛省）傘下の国内の製鉄会社向けに鉄鉱石ペレットを製造する国営企業として、1962年に操業を開始した。

HIPASAMは1991年に操業を停止した。操業停止に至る原因には、選鉱工程でのリンの除去が定格に達しなかったことや、ペレット工場の操業が円滑でなく、定格の2,000,000tを達成できなかったことなどが挙げられる。1993年8月にHIPASAM資産はリオネグロ州に移管され、管理会社としてHIPARSAが設立されて州政府が設備を管理している。

本章では、何故HIPASAMが操業停止に追い込まれたを解明する。

4.1 企業経営

旧HIPASAMの企業経営についての情報は、ほとんど残っていない。1983年のHIPASAM組織図によれば、正社員（従業員）の数は1,177人で、うち本社に122人、シエラグランデのプラントサイト1,055人である。調査団は、HIPASAM本社に実際は400人以上の人々がいたという情報もあることを知ったが、これが事実とすればHIPASAMはかなり頭でっかちの組織的であったことになる。一般的に言って、国営企業では、会社業務の範囲では雇用過多の傾向があり、また福利厚生関係を包含する傾向がある。

成品販売は、アルゼンティンの国営企業である鉄鋼会社向けであった。この販売構造と国営企業体質では拡販努力、あるいは品質向上と生産性向上のための誘因はなかったかもしれない。

HIPASAMオペレーションの不利な点は、鉄鉱が鉱内掘りでコスト高なこと、鉱石のリン含有量が高いこと、などであった。一方、HIPASAMはアルゼンティンの低コスト天然ガスと電気を活用することができた。HIPASAMが1991年にオペレーションをしばらく見合わせることを強いられた時、経営者は問題を解く種々の計画を試みることができたはずである。

国営企業の労働力の心理と態度は他国の国営企業で見い出されるものに類似していると思われる。労働者の権利と収入を守ることは非常に重要である。しかし、労働によって受け取られる賃金の増加が、会社の付加価値の増加を超えらるなら、それは結局は収入源を枯渇させ、それ以上の投資はなされなくなる。

プンタコロラダのジェティは良い状態で保全されており、HBIの輸出のために使用できる。現在のジェティは出荷のコンベアシステムのみ設置されており、陸場には使用できない。

4.2 生産技術

4.2.1 鉄鉱石

(1) 概要

シエラグランデ南鉱床は、1971年より本格的な開発が開始された。当鉱山の採掘方法は、稼働当初より、鉱床の特徴（鉱床厚さ：平均9m、傾斜：35～50°、延長：3000m）を生かした、トラックレスシステムによるサブレベルストーピング法であった。

1980年に中央立坑が起動するまでの9年間は、開発の主力はスパイラル斜坑を含む、各坑道掘進作業であった。その間、各坑道の掘進ズリ、及び採掘された鉱石はダンプトラックにより、スパイラル斜坑を通り、地上に設けられた破碎設備に運搬された。

中央立坑は、深度522MLまで達しており、410MLに1次クラッシャー（ジョウクラッシャー）、480MLに地上搬出用スキップが設置された。この立坑完成により、採掘された鉱石は、1次クラッシャーに投入され、破碎後、スキップにより地上に搬出され、ベルトコンベアにより、地上破碎設備（2次クラッシャー以降）に輸送されていた。

(2) 坑内構造

当鉱山の開坑法は、斜坑、立坑等の複合開坑である。

鉱床中心部には、前述した中央立坑があり、この立坑を中心にスパイラル斜坑（加背5.5m×5.0m）が深度522MLまで延びている。

坑内はメインレベル間隔を70mとして、このレベル毎に運搬坑道（加背4.5m×6.0m）、積込坑道（加背4.5m×6.0m）、穿孔坑道（加背4.0m×4.0m）が設けられ、それぞれスパイラル斜坑に連結している。

この70m間隔のメインレベルはさらに23m毎のサブレベルに分割され、それぞれ同様の積込坑道、穿孔坑道が設けられている。

また、これら積込坑道は、立坑（加背2.4m×2.4m）で結ばれ、メインレベル毎に設けられた積込用ゲートに連結している。（図-2 参照）

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

10/10/17

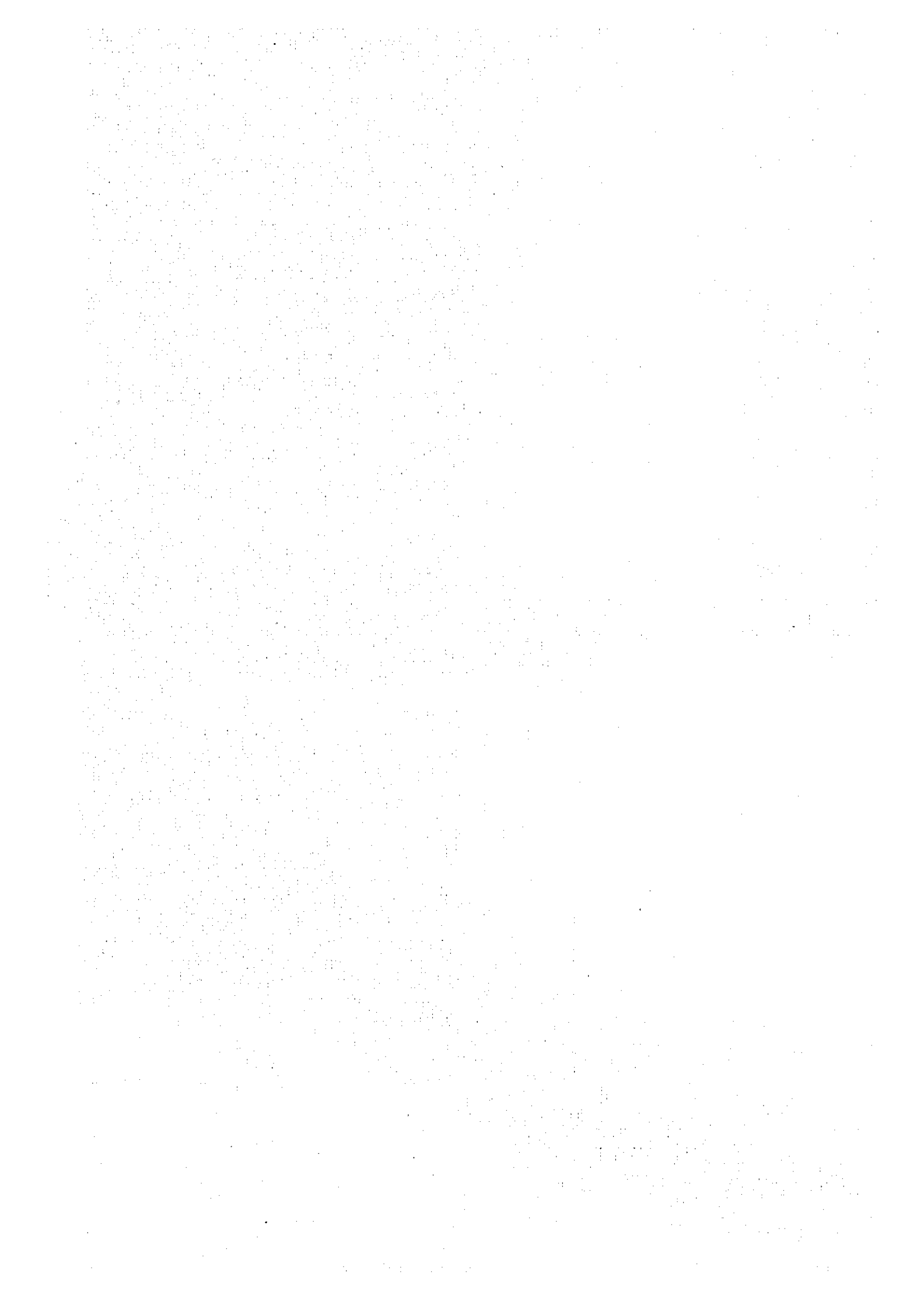
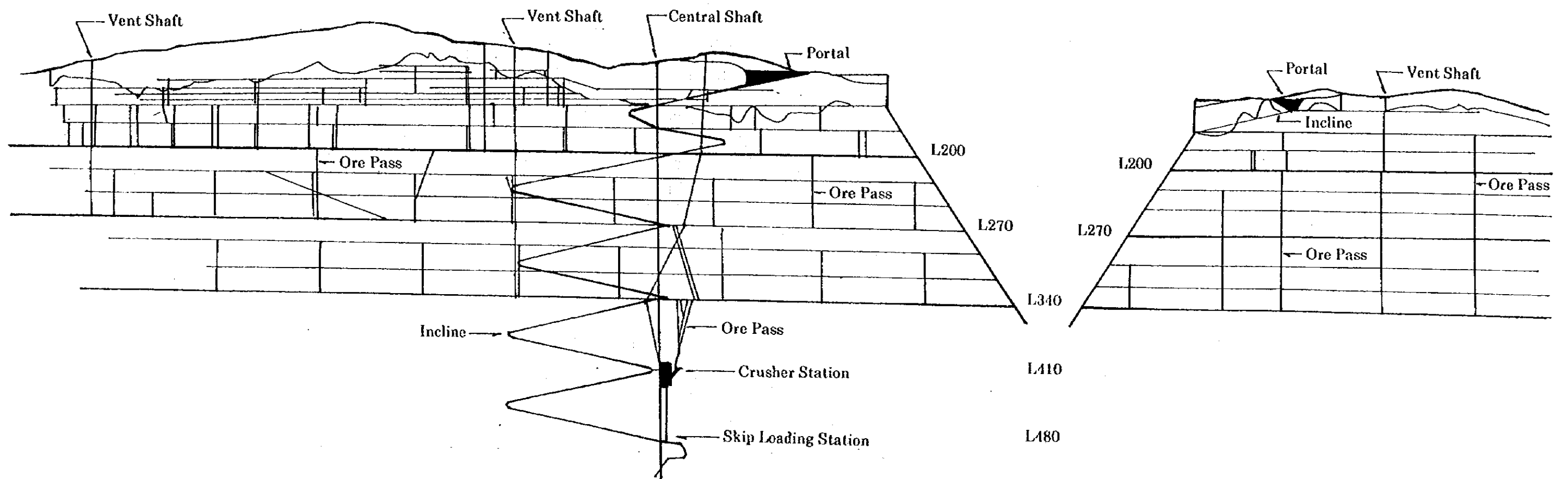
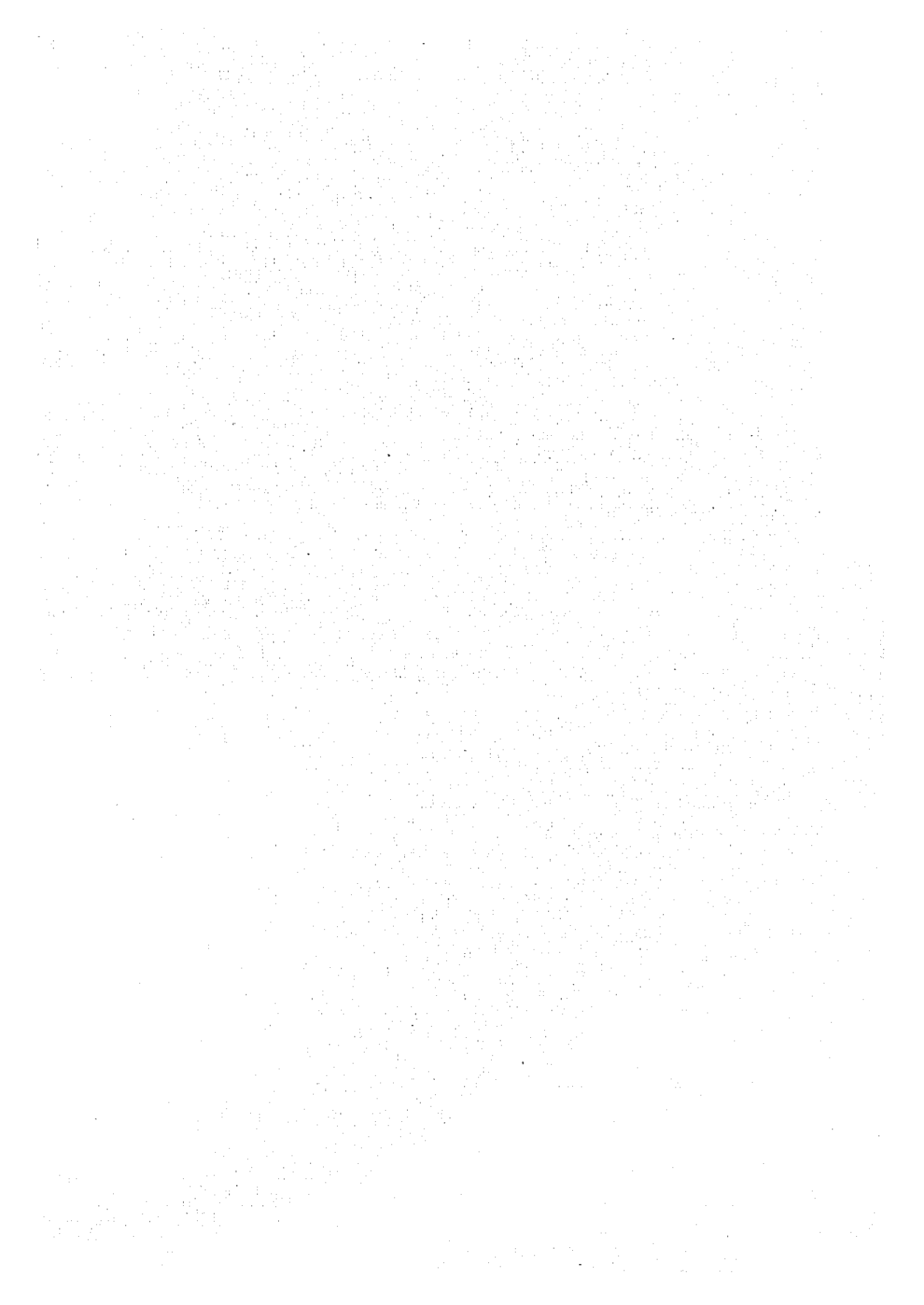


图-2 Underground Map of South Deposit





(3) 採掘法

サブレベルストーピング法における鉱画規模は、高さ 70m、幅 9m、長さ 200m としている。

鉱画内のサブレベルは、間隔を 23m とし、各サブレベル毎に前述したスパイラル斜坑より掘進された穿孔坑道、積込坑道が設けられている。

また、鉱画端には、採掘の最初の自由面となる立坑が設けられ、この立坑で各サブレベルが連絡されている。採掘はこの立坑の拡幅より始められ、自由面が完成した後、本格採掘のための発破孔が穿孔される。

発破孔の穿孔は、ファンドリルジャンボにより、上向き扇状穿孔が行なわれる。

代表的な穿孔規格は、最小抵抗線 1.8m、穿孔長 28.8m/本～9.6m/本、穿孔本数 12 本、総穿孔長 231.6m である。扇状穿孔が完了したサブレベルは順次発破され、採掘された鉱石はローダーにより、搬出・運搬され立坑に搬入さる。

稼働当初このローダーには、エア駆動の小型ローダー（バケット容量 0.5m³）が使用されていた。しかし、1979 年より順次 LHD（バケット容量 3.4～3.8m³）が導入され、鉱画内からの起砕鉱石の搬出量が増加した。この結果、実収率が 83% から 85% に向上した。

(4) 運搬

前述のように、当鉱山の運搬坑道は、70m 間隔に設けられており、採掘された鉱石は各サブレベル間を結ぶ立坑に投入される。

この立坑に集鉱された鉱石は、ダンプトラックにより抜き出され、1 次クラッシャー（410ML）に連絡する立坑に投入される。1 次クラッシャーで破碎された鉱石は、スキップ（480ML）に投入され、地上に搬出される。地上に搬出された鉱石は、破碎プラントにてさらに破碎され、スタッカーで貯鉱場にストックされる。

(5) 通気、排水

坑内構造は、前述のように複合開坑によるもので、原則的には自然通気ではあるが、トラックレスマイニング、採掘の深部化等もあり、扇風機による機械通気を併用している。通気立坑は、中央立坑を含め 11 本開坑されており、主要な通気立坑には、それぞれ 20kW~90kW の送風機が数台設置されている。これら送風機の総出力は 620kW、総送風量は、19,800m³/min. である。

また、切羽先端部等、通気停滞の恐れのある箇所は、局部扇風機等を設けている。

坑内からの自然湧水、及び作業用水の排水は、各坑道に設けた排水溝、及び、各坑道間を連絡する排水路(φ 80mm)を通り、主要レベルに設けられた排水ポンプにより、坑外に排出される。

排水設備の総出力は 731kW、総排水量は 665m³/h である。

4.2.2 選鉱工場

(1) 坑内1次破碎

シエラグランデ鉄鉱山の鉱石処理は、坑内の410mレベルにある1次破碎ステーションから始まる。鉱石は200tホッパーから供給され、800t/h能力の220kWモーター駆動の1800×1470mm開口部のジョークラッシャーに投入される。1次クラッシャーは最大1m³の鉱石を300mm以下に破碎する。

(2) 2次破碎

鉱石は、2基の17t能力のスキップで地上まで運搬され、ホイストタワーにある3,000t貯蔵槽に投入され、そこから2次破碎に送られる。

2次破碎において、鉱石は2基の800mmのコンベアベルトで100mm目の4800×1800mmのシングルデッキスクリーンに運ばれる。100mm以上の鉱石は110kWモーターの2基の420×120mmのハイドロコーンクラッシャーで100mm以下に破碎される。

2次クラッシャーで100mm以下に破碎された鉱石は1200mmのコンベアベルトでストックヤードに運ばれ、スタッカーでパイルに貯蔵される。ストックヤードの総貯蔵能力は90,000t、実効容量は20,000tである。

(3) 予備選鉱

図-3に予備選鉱のフローの概要を示す。鉱石はストックパイルの下から通常一度に4基、最大6基稼働の14基ある振動フィーダで引き出して1000mmのベルトコンベアに供給する。さらに2次ベルトコンベアで予備選鉱場の中の3つの300t貯蔵槽に運ばれ、そして3つの平行ラインに供給される。

それぞれのラインで粗鉱は、直径926mm、長さ2400mmの700ガウスの1次磁選機で精鉱を回収し、テーリングは同じ寸法の2次磁選機に供給さ

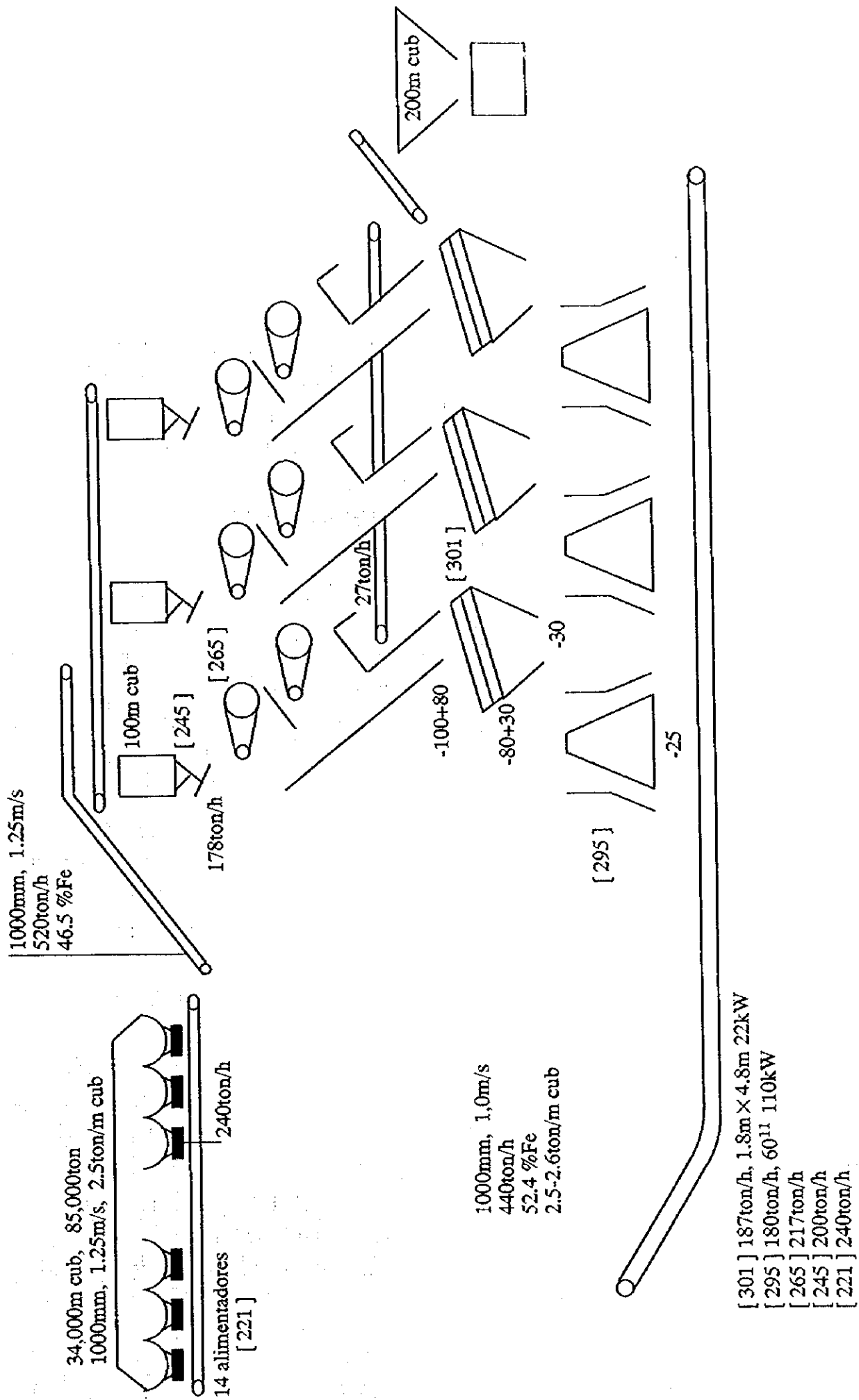
れる。2次磁選機のテーリングは200m³の廃石ビンに運ばれ、40tトラックで廃石エリアに運搬される。

プレコンセントレートは4800mm×1800mmのダブルデッキスクリーンに運ばれ、そこで75mm以上は110kWモーター付の3次コーンクラッシャーで25mm以下に粉碎される。25mmから75mmの間のものはコーンクラッシャーに供給されるか、ペブルミルの粉碎メディアとしてコーンクラッシャーをバイパスする。

25mm以下のプレコンセントレートはウエイトメータ付の1000mmコンベアベルトで、直径9mで高さ27mの3,400t能力の3基のサイロに運ばれる。25mm以上のペブルは同一のコンベアベルトで運ばれ、2400mm×6000mmのダブルデッキ振動スクリーンで分離されて、1基の9m×27mのサイロに入る。

粗鉱は鉄分約46.5%で29~30%の重量の廃石が除かれ、鉄分53~54%のプレコンセントレートにグレードアップされる。

☒-3 Preconcentration Flow



(4) 選鉱

1) 概要

プレコンセントレートをペレットフィードに仕上げるミルビン以下の工程、いわば選鉱工場の本体は、スウェーデンのコンサルタント会社 SWECO 社がラボテスト及びパイロットプラントテストを実施、基本設計を行なった。プラントの建設は日本の栗本鉄工所が担当し、1977年に完成した。しかし本格的な操業が始まるのは、1979年ペレタイジングプラントの一部が完成してからになる。

操業開始当初のフローシートは図-4に示す通りである。粉碎、選別の工程には、全く同じ粉碎機、磁選機、浮選機のラインが3系列あった。操業開始前、試運転の時代に循環用水中のカルシウムイオンが蓄積して、浮選が効果的に行なわれなかったというトラブルが報告されている。この問題は炭酸ソーダを加えることによって初期に解決された。その後選鉱関係のオペレーションは概ね順調に推移したと伝えられる。

処理能力にも十分な余力があり、生産量が計画値に達していない原因に選鉱工場の能力不足が関係したことはない。プラントの負荷率は平均的には50%に達していない。操業初期には3系列すべてが運転されたこともあったが、通常は1系列または2系列の運転であった。その後プラントにはいくつかの変更が加えられ、最終的には図-5のフローに落ち着いた。変更されたのは第1及び第2系列のみで、第3系列は部品取りに使用された様子である。現在選鉱部門にはメンテナンスの技師を残すのみで、オペレーションあるいはプロセス担当の技師はいなくなっており、プロセス変更の時期、目的、及び効果等の詳細は不明である。

操業の実態についても聞き取り調査はできなかった。バランスシート等操業成績の詳細を示す資料も見つからなかった。毎月立派な月報が作られてはいるが、これも具体的な内容には乏しい。運転日誌の類も大量に残されているが、時間の制約もあり案内人なしで整理することは実際上不可能である。しかし断片的に散見したところでは、操業は予想以上に不安定であったことが窺える。ミルの消費電力が一定していない。粉碎粒度も変動が大きい。パルプ濃度の変動も甚だしい。

1986年11月を例に取り、操業管理用の分析品位を表-48に、粒度測定結果を表-49に示した。

表-48 Example of chemical analysis for operation control

Date	01 Nov. '86			02 Nov. '86			03 Nov. '86			04 Nov. '86			05 Nov. '86			10 Nov. '86			12 Nov. '86			13 Nov. '86			13 Nov. '86						
	1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			
Line-shift	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P			
Sample																															
No. Description																															
3 Pebble	58.10	1.305	56.87	1.341	56.56	1.422	56.65	1.449	57.66	1.449	56.24	1.357	58.06	1.428	58.06	1.301	58.37	1.573													
4 Rod mill discharge	53.03	1.314	51.64	1.305	52.26	1.332	52.79	1.366	52.81	1.366	52.74	1.283	53.20	1.418	52.90	1.346	53.81	1.382													
50 Primary mag. feed	53.95	1.305	53.18	1.386	51.63	1.368	54.63	1.320	50.92	1.477	51.98	1.445	53.50	1.355	53.20	1.310	55.33	1.355													
6 Primary mag. tail	21.05	2.376	23.82	2.124	20.45	2.115	27.16	2.455	22.50	2.446	20.67	2.421	20.52	2.231	20.52	2.295	21.13	2.801													
5 Primary mag. conc.	60.56	1.089	60.25	1.161	59.58	1.080	61.19	1.089	60.50	1.126	60.34	1.093	60.80	1.075	61.10	1.057	60.80	1.147													
7 Cyclone overflow	59.48	1.179	61.63	1.098	60.61	1.035	61.15	1.071	60.80	1.098	60.19	1.129	62.47	0.976	62.02	1.057	60.34	1.175													
9 Secondary mag. tail	33.35	3.501	36.12	3.240	33.83	3.483	36.47	0.497	66.16	0.521	66.57	0.524	66.88	0.501	67.49	0.435	67.49	0.484													
8 Secondary mag. conc.	66.55	0.478	66.55	0.473	66.55	0.495	58.42	2.021	57.46	2.215	55.94	2.466	61.10	1.744	57.64	2.096	57.00	2.448													
202 Rougher flot. froth	57.46	2.241	56.56	2.457	54.57	2.700	58.42	0.160	68.70	0.145	68.40	0.177	68.86	0.165	68.86	0.181	68.25	0.180													
201 Rougher flot. conc.	68.24	0.134	68.40	0.153	67.67	0.148	68.29	0.160	68.70	0.145	68.40	0.177	68.86	0.165	68.86	0.181	68.25	0.180													
130 Scovenger fl. froth	59.17	1.242	59.94	1.305	59.13	1.251	62.22	0.849	60.50	1.071	60.34	1.192	62.93	0.894	63.08	0.831	61.10	1.075													
11 Flotation conc.	68.24	0.114	68.70	0.111	68.40	0.112	68.59	0.112	69.16	0.120	68.70	0.130	69.31	0.128	69.01	0.104	68.70	0.123													
18 Non-magnetic tail	27.36	3.150	24.28	2.754	26.28	2.916	26.32	3.018	26.55	3.175	23.25	2.796	25.08	3.072	24.62	2.945	25.53	3.198													
19 Total tail	31.82	3.024	29.51	3.024	31.05	2.889	30.78	2.963	31.37	3.009	30.70	2.926	30.40	3.126	30.25	2.972	30.55	3.298													
20 Conc. thickener feed	68.55	0.125	68.40	0.117	68.40	0.116	68.40	0.131	68.29	0.132	68.70	0.143	68.86	0.154	68.86	0.133	68.55	0.145													
21 Chips	55.79	1.557	56.10	1.431	54.10	1.575	56.95	1.431	56.15	1.486	56.39	1.338	57.30	1.581	56.09	1.590	57.76	1.545													

Date	18 Nov. '86			20 Nov. '86			21 Nov. '86			22 Nov. '86			25 Nov. '86			26 Nov. '86			27 Nov. '86			28 Nov. '86			29 Nov. '86						
	1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D			1-D						
Line-shift	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P	%	Fe	%	P			
Sample																															
No. Description																															
3 Pebble	58.67	1.409	57.91	1.440	59.13	1.267	58.06	1.404	57.71	1.404	58.02	1.213	59.25	1.265	56.78	1.503	56.63	1.503													
4 Rod mill discharge	53.65	1.373	54.11	1.340	54.72	1.367	53.66	1.385	53.70	1.231	55.09	1.204	54.31	1.414	54.62	1.399	53.54	1.380													
50 Primary mag. feed	52.74	1.485	55.48	1.394	54.72	1.376	53.66	1.404	54.16	1.231	57.71	1.132	55.08	1.389	54.93	1.295	52.92	1.446													
6 Primary mag. tail	23.56	2.816	20.21	2.680	21.89	2.698	21.43	2.454	20.21	2.209	22.06	2.481	23.92	2.599	22.68	1.125	23.30	2.797													
5 Primary mag. conc.	60.80	1.159	60.95	1.138	60.80	1.114	61.10	1.041	60.41	1.059	60.64	1.023	60.95	1.125	62.95	1.125	60.95	1.087													
7 Cyclone overflow	61.10	1.105	61.56	1.068	61.10	1.087	61.26	1.096	60.79	1.132	62.18	0.969	60.79	1.049	62.49	0.907	61.72	1.049													
9 Secondary mag. tail	31.46	3.830	30.40	3.957	31.16	3.848	33.14	3.613	35.33	3.314	32.09	3.604	31.17	3.742	31.17	3.931	33.09	3.884													
8 Secondary mag. conc.	67.03	0.461	66.73	0.503	66.88	0.514	67.34	0.458	66.97	0.462	66.81	0.436	67.27	0.467	67.12	0.467	66.97	0.461													
202 Rougher flot. froth	58.57	2.052	58.06	2.128	59.28	1.865	60.34	1.612	58.32	1.974	56.47	2.291	58.48	2.249	60.33	2.032	57.86	2.391													
201 Rougher flot. conc.	68.25	0.166	68.40	0.184	68.86	0.142	68.70	0.167	68.57	0.156	68.82	0.145	68.35	0.169	68.20	0.144	69.74	0.133													
130 Scovenger fl. froth	62.77	0.914	59.73	1.304	61.86	1.041	63.01	0.833	60.95	1.132	59.87	1.295	67.12	1.087	61.72	0.869	58.48	1.654													
11 Flotation conc.	68.86	0.118	68.85	0.125	69.00	0.120	69.01	0.110	68.66	0.120	68.82	0.121	68.82	0.130	68.66	0.111	69.89	0.108													
18 Non-magnetic tail	26.14	3.343	26.30	3.070	25.64	3.468	25.08	3.160	22.99	2.961	25.77	3.021	25.61	3.156	26.39	3.364	25.92	3.430													
19 Total tail	31.16	3.171	32.07	3.079	31.92	3.368	30.86	3.006	30.24	3.124	31.79	3.088	30.55	3.374	30.24	3.251	30.24	3.478													
20 Conc. thickener feed	68.70	0.146	68.70	0.139	68.86	0.141	69.01	0.142	68.05	0.141	68.05	0.142	68.66	0.156	68.51	0.142	68.66	0.158													
21 Chips	57.15	1.391	56.24	1.440	57.76	1.458	57.76	1.250	57.86	1.440	57.40	1.322	55.86	1.540	54.62	1.625	55.86	1.588													

表-49 Example of size analysis for operation control

Date	01 Nov. '86		02 Nov. '86		03 Nov. '86		04 Nov. '86		05 Nov. '86		10 Nov. '86		12 Nov. '86		13 Nov. '86		15 Nov. '86	
	1-D		1-D		1-D		1-D		1-D		1-D		3-D		1-D		1-D	
Line-shift	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Sample	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M
No. Description																		
4 Rod mill discharge	61.0	31.0	61.8	33.0	57.4	30.4	57.8	32.2	53.7	27.7	59.1	33.4	60.7	36.9	62.3	34.3	56.0	28.4
5 Primary mag. conc.	58.2	28.8	59.7	31.3	55.5	29.8	56.4	30.7	58.9	31.2	60.8	34.1	59.0	34.5	59.6	33.6	54.1	26.1
8 Secondary mag. conc.		88.2		87.7		89.6		93.1		87.4		87.5		89.5		87.9		86.0
20 Conc. thickner feed		89.0		88.8		90.3		89.2		90.0		87.7		91.5		89.7		88.6

Date	18 Nov. '86		20 Nov. '86		21 Nov. '86		22 Nov. '86		25 Nov. '86		26 Nov. '86		27 Nov. '86		28 Nov. '86		29 Nov. '86	
	1-D		1-D		1-D		1-D		1-D		1-D		1-D		1-D		1-D	
Line-shift	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Sample	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M	-100M	-325M
No. Description																		
4 Rod mill discharge	60.5	33.8	57.9	31.2	57.6	33.0	60.3	32.7	50.7	28.6	51.4	25.0	56.8	31.7	59.9	34.7	62.7	35.0
5 Primary mag. conc.	57.0	21.3	59.1	31.9	59.9	36.6	58.0	30.5	49.6	24.9	48.0	23.3	53.9	27.3	57.6	29.9	60.9	34.3
8 Secondary mag. conc.		88.3		88.8		87.1		91.2		88.8		88.3		91.3		90.5		92.0
20 Conc. thickner feed		90.1		91.2		89.4		89.6		89.9		89.5		91.2		91.4		92.1

今回の調査ではリン分の低減が重要な課題となっているが、鉄精鉱中のリン分の規格は当初0.18%以下となっていて、これを上回ることはなかった。後述の表-65 に年間平均のリン分の推移を示してあるが、0.137%前後で安定している。しかし、一般の鉄精鉱に比べ、リン分の高いことは当初から問題視されていたようで、操業初期の1980~1983年頃には、浮選試薬、分級サイクロン等、いろいろとリン分低減の試みがなされている。しかし決定的な効果は得られていない。

鉱石の質に関する研究調査も行なわれた。鉱床の北部の鉱石に比べて、南部の鉱石は良質で、これを原料とすればよい結果の得られることが知られた。鉄精鉱のサイズを小さくすればリン分を下げられることも確認されている。粉碎能力に余力のあることは上述の通りである。しかしサイズを小さくすると、脱水が困難となって、ペレット化に問題を生じるとされ、実用化されることはなかった。しかし第2次現地調査でフィルタを調べたところ、脱水不良の原因はむしろフィルタ自体にあったものと考えられる。

2) 1次粉碎及び磁選

プレコンセントレートは、サイロからウエイトメータ付のベルトコンベアで直径3.9m、長さ5.2mの1000kWモーター駆動のロッドミルに運ばれる。供給量は120t/h程度である。ロッドミルは73~74%固体濃度で、直径90mm長さ5.1mのロッドを用いて、1mm以下に粉碎する。消費電力は810kW、または供給量トン当たり6.75kWh/tの原単位である。

ロッドミルから排出されたプレコンセントレートは、8×6 inchの遠心ポンプで1次磁選機用の分配機に送られる。1次磁選機は900ガウスの直径916mmで長さが1800mmの2ドラム磁選機2台である。この工程で鉄分が53~54%、リン分が1.3~1.4%のプレコンセントレートは、鉄分60~61%、リン分0.95~1%にアップグレードされる。

3) 2次粉碎

ペブルはサイロから取り出され、2400kWモーター2基付の、直径5.9m、長さ10.5mのペブルミルに運ばれる。1次磁選のコンセントレートは、閉回路用の13台の15 inchサイクロンに、12×10 inchポンプで送られる。

サイクロンのアンダーフローは 81~82%の濃度でペブルミルに循環される。ペブルミルの排鉱濃度は約 70%である。ペブルの供給量は常に一定という訳ではなく、鉱石の質に依拠するが、18t/h というのが典型的数値である。2次粉砕の産物は、87~91%マイナス 44 ミクロンのサイクロンオーバーフローである。

4) 2次磁選

サイクロンのオーバーフローは、900 ガウスの直径 916mm で長さ 1800mm の 2 基ある 6 ドラム選鉱機に分配される。2次磁選においては、コンセントレートは鉄分 60~61%かつリン分 0.95~1.0%から、鉄分 67%かつリン分 0.45%に改善される。2次磁選コンセントレートは浮遊選鉱回路に送られる。

2次磁選で注目されるのは、フィードの供給方法が極めて変則的な形に変更されていることである。すなわち 6 個のドラムの内の第 1 ドラムに 2 分の 1、第 2 及び第 3 ドラムにそれぞれ 4 分の 1 が供給されている。第 1 ドラムに全量供給するのが当然であり、このような変則的なフィード方式では、6 ドラム磁選機の性能を著しく損なう。何らかの変更によってフィードの流量が著しく増加したためであろう。サイクロンオーバーフローの濃度は 1986 年には約 20%であったのに、1991 年では 14%と低くなっている。

5) 浮遊選鉱 (浮選)

リン分を除くためにアパタイトを浮遊させる浮遊選鉱セクションが組み込まれている。パルプは直径 3m で高さ 3m のコンディショナに重力で流れる。ここで炭酸ソーダ、苛性ソーダ、及び若干の水が加えられる。さらにパルプは直列に並んだ 2 基の同一寸法のコンディショナにポンプで送られる。水ガラスが 2 番目のコンディショナで加えられる。トルオイルと燃料油のエマルジョンコレクタは、3 番目に加えられる。

浮遊選鉱は 40%濃度で行なわれる。パルプは 3 番目のコンディショナからポンプで 3 区の 12.8 m³ Sufa セルから成り立つラフ浮選機に送られる。セルとセルの間でコレクタエマルジョンがさらに加えられる。

浮遊しなかった沈鉱は、残ったアパタイトを分離するために、スカベ

ンジャ用 2 区の 12.8 m³ Sala セルに送られる。フロス中のマグネタイトを回収するために、ラッファ・セルのフロスは 4 区の、スカベンジャ・セルのフロスは 2 区の 3.2 m³の Sala クリーナ・セルに送られる。

クリーナ・セルのフロスはテーリングとして非磁性テーリングとともに廃滓沈殿池に送られる。

6) 再粉碎サーキット

クリーナ・セルの沈鉱 (片刃) は、パルプ濃度が低い。これらはポンプで 900 ガウスの直径 916mm、長さ 900mm の磁選機に送られる。濃縮された磁性鉱物は、直径 20mm のボールを使う 150kW モーター駆動の直径 2.1m 長さ 2.8m のボールミルに 60~70%濃度で流入する。再粉碎された片刃は、ポンプで 900 ガウスの直径 916mm 長さ 900mm の 3 ドラム磁選機に送られる。ここで回収されたコンセントレートは、浮遊選鉱からのコンセントレートと合流する。

7) 精鉱濃縮

平均鉄分 68.57%、リン分 0.137%の最終精鉱は、直径 25m の精鉱シックナに供給される。濃縮された精鉱は、スラリー流送のパイプラインに行く。

8) 廃滓処理

1 次磁選の尾鉱は粗粒であり、8 台の 15 inch サイクロンで処理されて、サイクロンのオーバフローが直径 75m の廃滓シックナに供給される。アンダフローの方は管制用の 3 台の直径 910mm、長さ 2.4m の磁選機に入り、回収された磁鉄鉱はロッドミルの排鉱にポンプで戻される。

3 台の管制用の磁選機の尾鉱と浮選回路の尾鉱は、選鉱工場全体の廃滓であり、天然の廃滓沈殿池であるラグナ・ブランカ (Laguna Blanca) にポンプで送られる。

2 次磁選回路の尾鉱は、重力で廃滓シックナに流入する。廃滓シックナのアンダフローは 50%固体の濃度でポンプアップされ、同じ 3 台の管制用磁選機で、磁鉄鉱が回収される。

(5) 精鋇流送システム

精鋇シックナのアンダフローは、脱磁コイルを通過して2台の攪拌装置付き3,000t容量の貯蔵タンクに供給される。濃縮されたスラリーは、タンクから内径200mmのパイプラインシステムにポンプで流送される。3台の6×6 inch 9V3 インガーソルランド社のポンプ設備があり、そのうちの2台が常時運転される。流送全距離はプンタコロラダまで32.4kmである。圧力は70kg/cm²で、管路の末端では5kg/cm²である。

通常精鋇スラリーは286t/hの割合で送られる。これは62.8%固体の濃度で、229 m³/hに相当する。パイプラインの防食のため、苛性ソーダが用いられ、精鋇スラリーのpHが10.3ないし10.5に維持されている。洗滌段階では防食のための酸素除去のための亜硫酸ソーダが用いられる。

精鋇流送システムには選鋇工場と違って、オペレーションのスーパーバイザー残っていて、操業の実態を聞き取ることができた。パイプラインシステムはBechtel Incorporatedが建設した。8時間の停止、再起動テストも問題なくクリアした。実際の操業でも2時間程度の停電があったが、再起動には何の支障もなかった。72~65%固体の濃度で精鋇シックナから抜き出し、ポンプ入口で62%固体を目標に水で薄めた。流速は2.2m/sec.が標準的であったが、1.2~2.5m/sec.で何の問題もなかった。

4.2.3 ペレット工場

この工場は 8 年間封鎖されており、聴取や現場視察からでは、正確な情報を得ることが難しいので、ペレット技術の観点から低品位及び低い年間生産量の真の原因を見つけるため、過去の実績解析を中心にして行なった。

過去の実績解析をまとめると下記のようなになる。

- 低い年間生産量の主原因は低い稼働率にあり、低い生産率(t/h)ではない。
- 低品質はバースティング（水蒸気によるペレット粒子破裂）を起こす、急速昇温に起因するであろう。
- 多くの問題が人々の改善を不可能にしていたため、この工場は成熟段階に至らず、多くの問題は長期間解決されずに残されている。

言い換えるなら、問題が新たな問題を生んだ。

(1) 当該ペレット工場に関する一般的見解

1) 当該ペレット工場の経緯

工場は 1973 年から 1978 年にかけて、Wright Engineering Ltd. 及び sub contractor の Midland Ross Ltd. により建設された。契約条項のいくつかが満たされなかったため、HIPASAM と Wright Engineering Ltd. 間の契約は完遂されなかった。

従って、機器の保証運転や性能証明運転テストは行なわれなかった。機器リスト、技術仕様書、運転手順書等は、最終ドキュメントとして存在しない。最終的な建設は HIPARSAM 自体によって行なわれ、生産は 1978 年に始まり、1991 年まで続いた。

2) 工場のレイアウト

a) 主要生産機器

主要生産機器（ディスクフィルターからクーラー下ベルトコンベアまで）は、幅 48m 長さ 80m 高さ 40m のペレット工場建築屋内に配置されている。ペレタイジングにおける物の流れを図-6 に示す。工場近辺には篩い、添加物設備の建屋、及びシックナーやポンド等がある。（工場近辺の配置は図-7 参照）

鉱山サイドの選鉱工場から、マグネタイト精鉱がスラリーパイプを通してプンタコロラダにあるペレット工場に送られてくる。

スラリー受け入れ後、スラリーは 6 台のディスクフィルターに送られ、水分が 9~10% になるよう脱水される。ペントナイトと消石灰が混合された後、フィルターケーキは生ペレットへの団鉱化のため、4 台のドラム型ペレタイザーに送られる。

生ペレットは篩分け後、4 台の縦型ペレット炉に送られる。デザインでは、年間生産能力は 2.0 million-t（年間 7,500 生産時間）である。焼成後、ペレットは小粒（-5mm）除去のため篩われ、成品ヤードに送られる。

主要機器は下記のような仕様またはサイズである。

ディスクフィルター(6 台, 10 フィルタ/台)

--全フィルター面積=100m²

ドラムペレタイザー (4 台)

--直径 3.65m、長さ 9.75m

--傾角 5 度、回転速度 11.5 rpm

--公称能力 67 t/h/台 (所定サイズの乾量生ペレット)

造粒篩(4 台)

--篩サイズ 9.2 mm 及び 19.5 mm

縦型炉 (図-8 参照) (4 台)

--炉頂開口部: 6.3 m × 2.4 m

--炉高 (炉胸高さ): 14 m

--冷却部高さ (炉足高さ): 12 m

--羽口数: 48 個

24 個 炉片側

20 個 長辺、径 75 mm の吹き込み口

2 個 両短辺、矩形 92 mm × 195 mm の吹き込み口

成品篩 (当初は 2 台、現在は 1 台)

--篩サイズ: 5 mm

b) その他機器

- ベントナイト添加のためのロータリードライアー、レイモンドミル、空気輸送ライン

- ドロマイト、シリカ添加のための湿式粉碎システム

Fig-6 Plant flow from disc filter to product pile

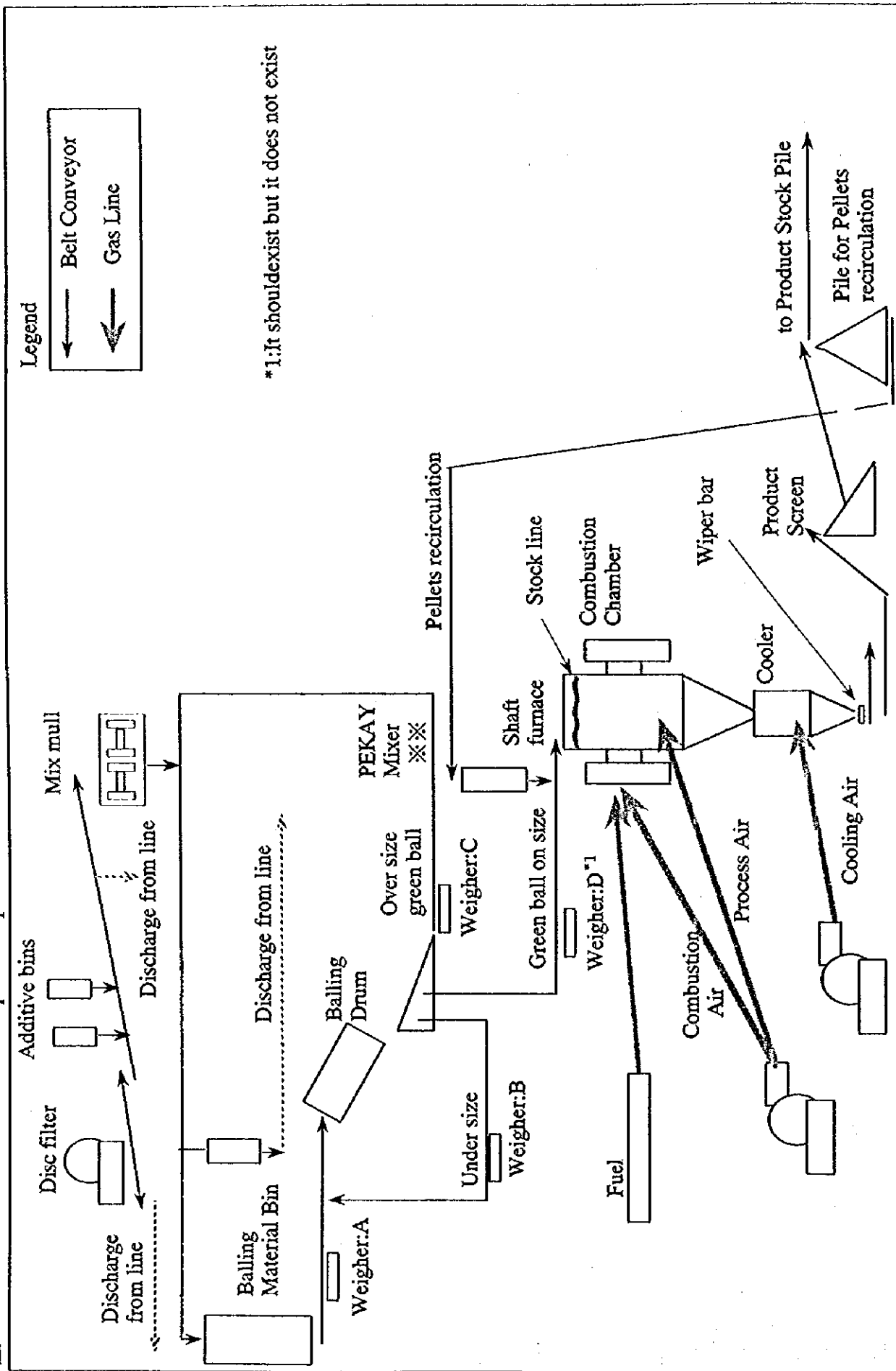


图-7 Vicinity of pelletizing building

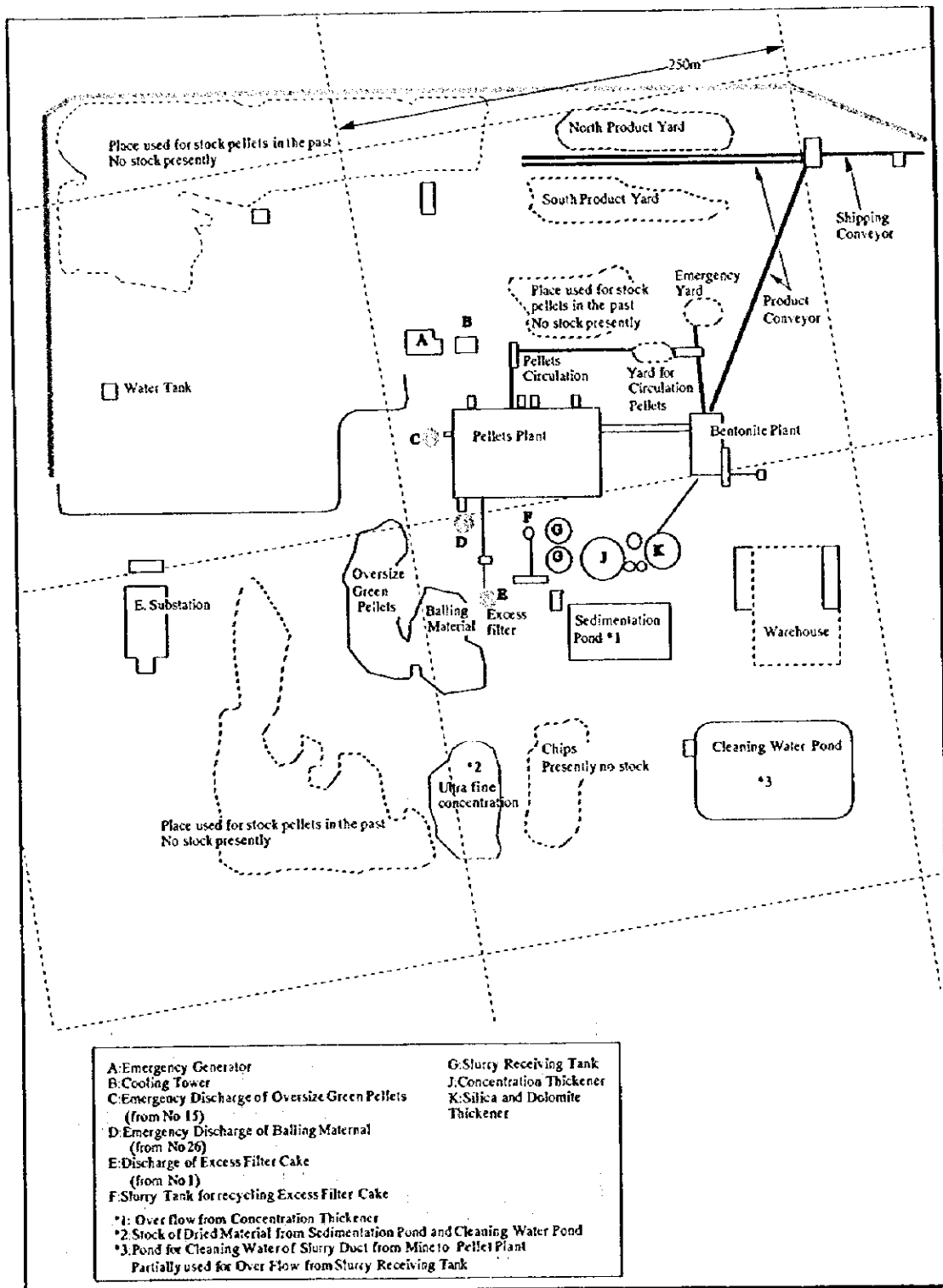
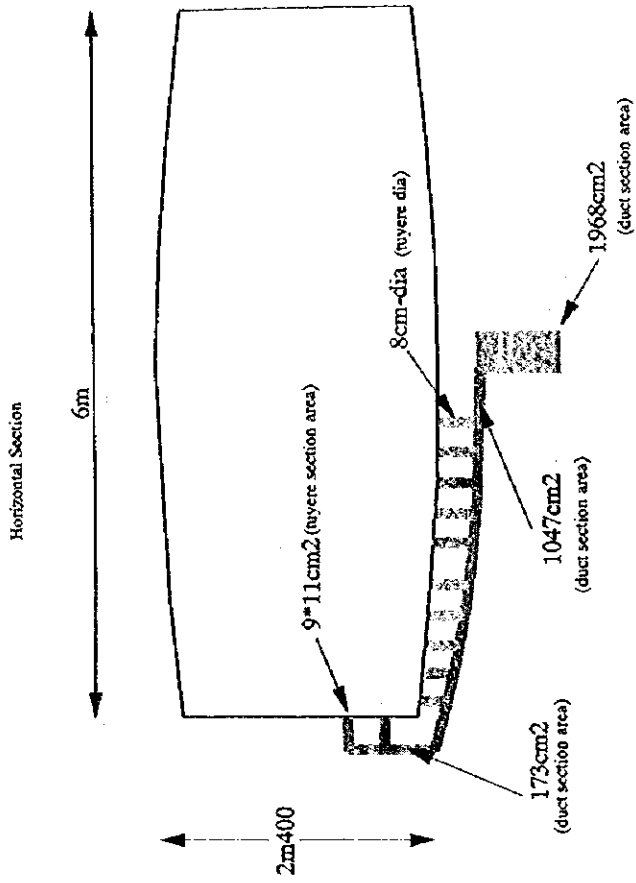
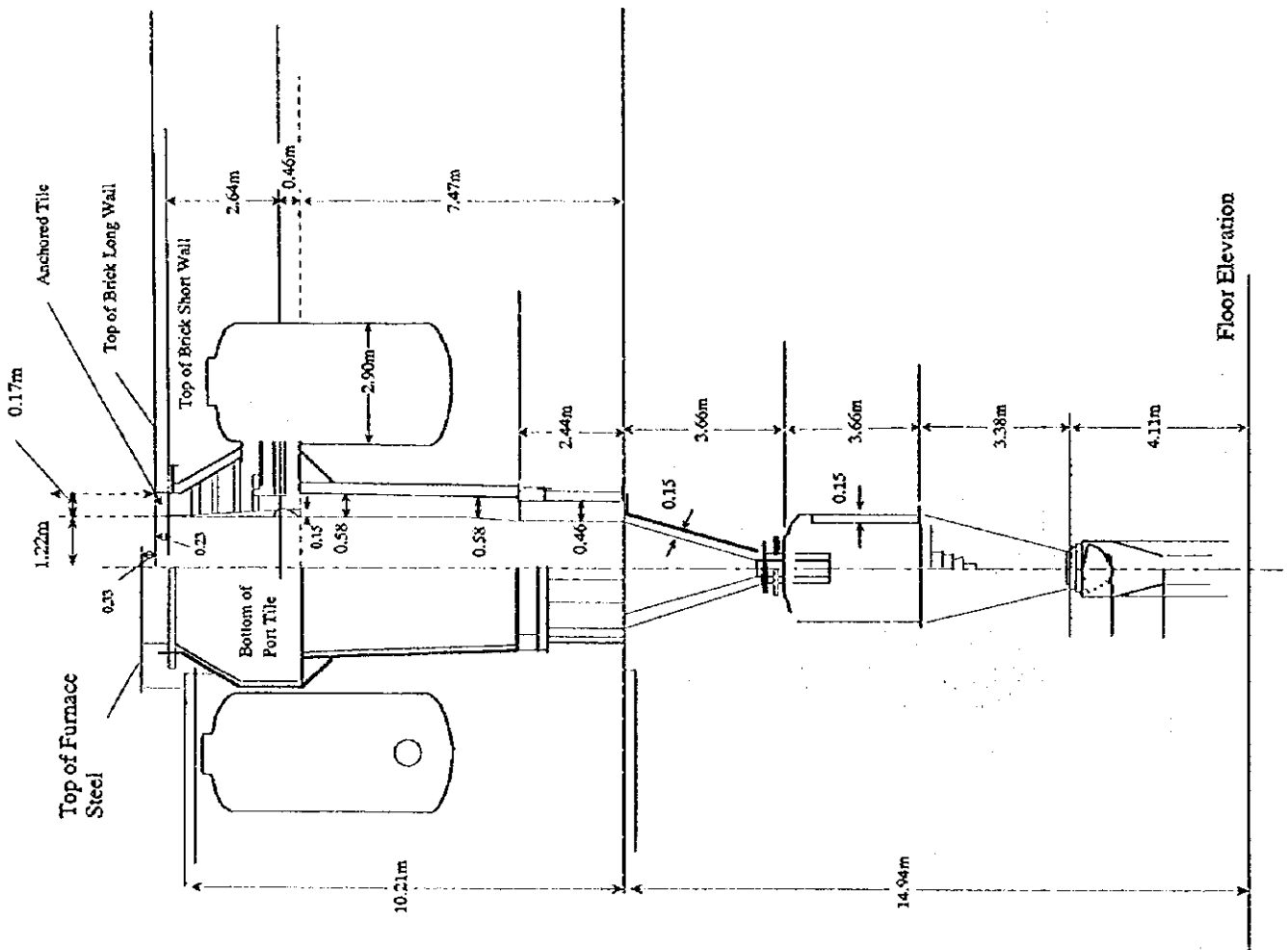


Fig-8 Furnace dimension



(2) 稼働率

1) 炉代

グラフ-15 に、1979 年から 1990 年までの月間運転時間を示す。

基本的には 2 台の炉が同時に操業されていた。例外としては、修理の後の炉が生産開始をする時の 3 台運転がある。

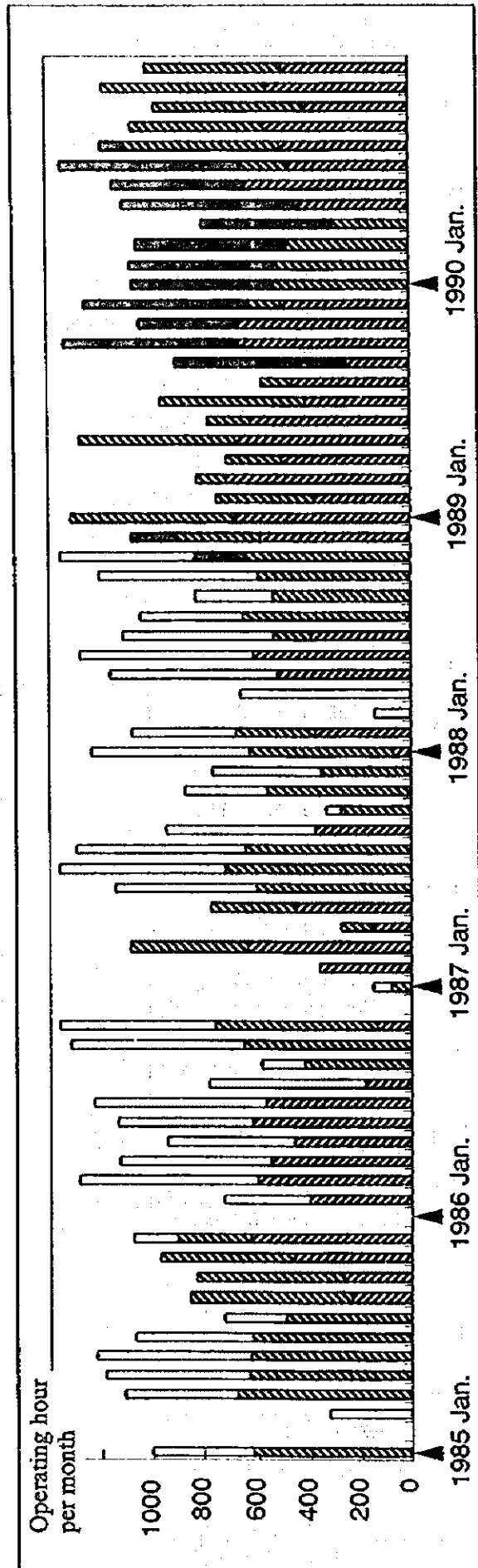
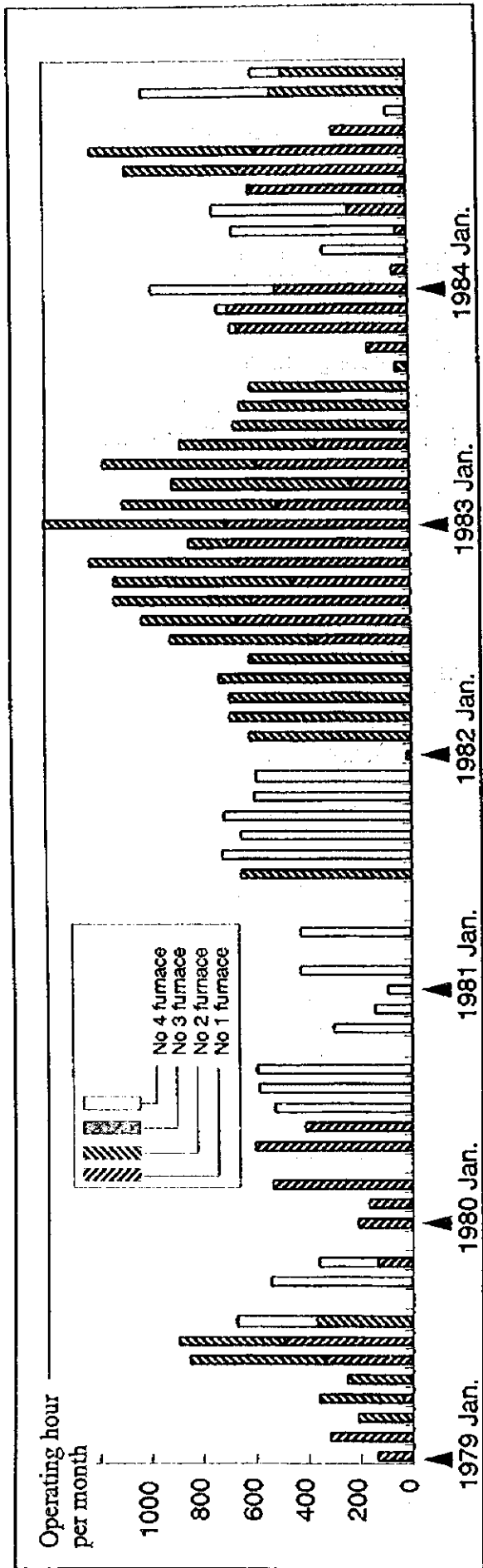
この 2 台運転はプロジェクトの最後まで継続された。第 3 炉の建設は 1988 年 10 月に完成した。最長の炉代は 18 カ月、平均の炉代は約 10 カ月である。

表-50 に各年の運転時間を示す。

表-50 Production and furnace operating hours

	Production t/year	Shipping t/year	Furnace running hrs. h/year	t/h
1980	311,932	134,552	4,030	77
1981	326,303	303,184	4,842	67
1982	566,066	655,006	9,628	59
1983	520,822	596,090	9,008	58
1984	420,129	510,055	7,650	55
1985	509,429	513,749	10,369	49
1986	646,356	569,096	10,463	62
1987	464,660	438,858	9,360	50
1988	605,134	655,033	12,146	50
1989	591,899	659,117	11,722	50
1990	612,783	624,406	12,988	47

グラフ-15 Monthly operating hours of furnaces



プロジェクト閉鎖3年前の1988年から1990年に、年間生産量は約600 kilo-tを示し、年間稼働時間12,000時間(2炉の運転時間合計)に到達している。年間暦時間に対する割合は70%を越えた。(生産量トン/炉運転時間)は年毎に減少している。(注:一般的には生産率は[生産量/生ペレット生産時間]として定義される。この定義はHIPASAMの場合も同様である。生産率は[生産量/炉運転時間]ではない。)これはより良い生産再開のために突発停止後の停止手順が注意深くようになってきたことを示す。突発停止後、停止直前に投入された生ペレットを完全に焼成しきるまで、既焼成ペレットを炉に投入し、熱風吹き込みを行なう必要があるためである。

上述から、炉代は10~18カ月、炉の稼働率は大修理を除外した場合に約70%であると結論できる。

2) 停止分析

a) 停止要因

4.2.3の(2)-1)で述べた通り、工場閉鎖前3年間(1988~1990)は、比較的高く安定した生産量と炉稼働率を示した。従って停止分析のためのデータはこの期間から取った。さらに詳細なデータが1989年(この年の月報はすべて現存しているため)から取られた。

表-51は、1988年から1990年までの停止原因を示す。

表-52は、1989年における月別停止原因を示す。

表-51から、主要停止原因は3年間ほぼ同じで、下記の通りである。

- ・ベルトコンベアトラブル
- ・造粒ドラム及び造粒機スクレーパー
- ・竪型炉トラブル
- ・インデックスフィーダー台車トラブル
- ・ワイパーバー(クーラー下部揺動型排出機)トラブル
- ・精鉱不足
- ・労働組合による停止
- ・ユーティリティトラブル

表-51 及び表-52 には、修理のための計画停止がない。計画停止中に行なわれる項目は、長期の突発停止期間内で行なわれた可能性がある。

表-52 中の各月の主要停止原因は、表-51 中に示される年間結果とほぼ同じである。8 月にあった添加物配合におけるトラブルによる停止は、このシステムの改造のための計画停止として分類されるべきのものである。竪型炉の炉体トラブルによる停止は、深刻なチャンク生成に起因するものと思われる。チャンクブレーカーによる停止も、これと同じ原因に起因するものと思われる。精鉱不足や労働問題による停止は間歇的に起こっており、稼働率を大幅に下げている。

これらの停止に加えてユーティリティ・トラブルによる停止は、プラントが改善により正常な状態で運転され、かつユーティリティが安定して供給される条件を満足させれば、プラントの停止要因から除外してもよい。

表-51 Cause of stoppage (1988 to 1990)

	1988		1989		1990		3 years total			
	Minutes	%	Minutes	%	Minutes	%	Minutes	%	Frequ-ency	
									Minutes/one stoppage	
1 Stock Tank for Concentrate	200	0.04	175	0.04	20	0.00	395	0.03	9	44
2 Thickner for Concentrate		0.00	20	0.00	40	0.01	60	0.00	2	30
3 Slurry Pump and Piping	1275	0.26	1435	0.33	3160	0.70	5870	0.43	105	56
4 Vacuum Pump	20	0.00	10	0.00	195	0.04	225	0.02	5	45
5 Compressor for Disc Filter		0.00	0	0.00	80	0.02	80	0.01	2	40
6 Disc Filter	1835	0.37	1053	0.24	7510	1.67	10398	0.75	153	68
7 Dozing of Additives	460	0.09	500	0.11	115	0.03	1075	0.08	9	119
8 Belt Conveyor	18474	3.77	13525	3.08	26068	5.80	58067	4.21	1373	42
9 Blendig of Additives	840	0.17	10235	2.33	4855	1.08	15930	1.16	60	266
10 Bailing Bin and Feeder	3830	0.78	528	0.12	1434	0.32	5792	0.42	108	54
11 Bailing Drum and Scraper	10383	2.12	6132	1.40	18941	4.21	35456	2.57	381	93
12 Green Pellets Screen	12338	2.52	16735	3.81	11640	2.59	40713	2.95	443	92
13 Furnace Body (Spout and grout)	44980	9.18	55018	12.53	210371	46.81	310369	22.51	1470	211
14 Chrg Conveyor Buggy	39554	8.07	23013	5.24	53761	11.96	116328	8.44	1514	77
15 Upper De-duster	2590	0.53	2465	0.56	1175	0.26	6230	0.45	80	78
16 Door for Dust Supression	11361	2.32	8974	2.04	3010	0.67	23345	1.69	242	96
17 Combustio Chanber	5975	1.22	2245	0.51	2330	0.52	10550	0.77	126	84
18 Chunk Breaker	6625	1.35	9435	2.15	4775	1.06	20835	1.51	103	202
19 Wiper bar in Cooler	16260	3.32	20997	4.78	12812	2.85	50069	3.63	1090	5
20 Compressor (cooling and process)	10210	2.08	2375	0.54	4145	0.92	16730	1.21	142	118
21 Plant Air Compressor	515	0.11	0	0.00	1305	0.29	1820	0.13	30	61
22 Water Pump for Process and Sealing	1870	0.38	0	0.00	205	0.05	2075	0.15	14	148
23 Cooling Tower	260	0.05	0	0.00	0	0.00	260	0.02	5	52
24 Furnace Charge System of Fired Pellets	1095	0.22	0	0.00	2370	0.53	3465	0.25	21	165
25 Electrical Substation and Control Room	203	0.04	0	0.00	1990	0.44	2193	0.16	14	157
26 Grinding System of Additives	0	0.00	0	0.00	0	0.00				
27 Product and Shipping Screen	795	0.16	0	0.00	1660	0.37	2455	0.18	73	34
28 Lack of Material	0	0.00	0	0.00	165	0.04	165	0.01	2	83
29 Lack of Concentrate	87062	17.76	186565	42.50	39965	8.89	313592	22.75	260	1206
30 Full of Product Yard		0.00	68	0.02	13	0.00	81	0.01	3	27
31 Labour Union	10465	2.14	68480	15.60	21625	4.81	100570	7.30	90	1117
32 Trobles in Utility	180848	36.90	8090	1.84	12625	2.81	201563	14.62	158	1276
33 Others	19820	4.04	915	0.21	1045	0.23	21780	1.58	34	641
Total	490143	100.00	438988	100.00	449405	100.00	1378536	100.00	1793	77

表-52 Cause of stoppage by month in 1989

	Jan	Feb	Mar	April	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1 Stock Tank for Concentrate	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.21
2 Thickner for Concentrate	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 Slurry Pump and Piping	1.61	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	1.14	0.02	0.00	0.76	0.32	0.73
4 Vacuum Pump	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 Compressor for Disc Filter	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 Disc Filter	0.63	0.00	0.13	0.29	0.42	0.00	0.05	0.00	0.29	1.34	0.32	0.55
7 Dosing of Additives	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.04	0.15	0.28	0.00	0.00
8 Belt Conveyor	8.28	1.52	1.77	0.80	7.65	1.59	2.74	2.06	1.23	4.52	4.19	4.14
9 Blendig of Additives	0.50	0.00	2.19	2.47	0.00	0.00	0.12	66.05	0.16	3.94	0.00	0.12
10 Bailing Bin and Feeder	0.05	0.01	0.00	0.25	0.26	0.00	0.13	0.00	0.04	0.09	0.00	0.85
11 Pelletizer and it's Scraper	1.66	1.85	0.44	0.12	2.09	0.15	0.62	0.87	0.74	8.77	2.74	0.69
12 Green Pellets Screen	10.44	0.60	1.29	2.67	4.78	4.12	2.67	0.12	8.09	14.92	5.64	1.82
13 Shaft Furnace Body (Spout and grout)	8.57	2.12	2.24	3.28	13.97	2.07	3.62	11.15	22.49	17.69	52.22	2.27
14 Charge Conveyor Buggy	17.82	3.90	2.86	3.29	17.77	3.07	4.55	2.22	2.85	8.80	2.58	4.23
15 Upper De-duster	2.90	0.96	0.06	0.00	1.05	0.00	0.00	0.38	0.74	0.12	0.14	1.30
16 Door for Dust Supression	1.85	4.51	1.30	0.72	16.79	1.67	0.00	0.48	0.20	2.90	0.42	0.03
17 Combustion Chamber	1.00	0.16	0.28	0.02	0.16	0.40	0.02	0.27	0.40	0.00	1.75	1.78
18 Chunk Breaker	0.88	0.20	0.00	0.00	1.29	0.05	0.15	0.00	0.00	0.55	24.81	0.21
19 Wiper Bar	9.54	2.51	6.65	2.10	19.73	2.74	7.73	0.83	2.30	11.07	2.25	1.92
20 Compressor (cooling and process)	2.18	0.08	1.02	0.59	1.85	0.13	0.09	0.03	0.00	0.12	0.44	1.78
21 Plant Air Compressor	2.41	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.39	1.48	0.28
22 Water Pump for Process and Sealing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23 Cooling Tower	0.00	0.00	0.04	0.09	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24 Furnace Charge System of Fired Pellets	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.10	0.00	0.92	0.00	0.00
25 Electrical Substation and Control Room	0.54	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
26 Grinding System of Additives	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27 Product and Shipping Screen	0.01	0.50	0.00	0.04	0.05	0.03	0.16	0.00	0.05	0.15	0.13	0.48
28 Lack of Material	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29 Lack of Concentrate	27.53	29.77	68.57	58.49	7.71	83.64	39.45	15.17	60.21	0.00	0.00	24.23
30 Full of Product Yard	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
31 Labour Union	0.00	48.12	10.90	24.73	0.00	0.00	36.65	0.00	0.00	22.13	0.00	51.62
32 Troubles in Utility	1.61	3.09	0.00	0.00	3.49	0.21	0.00	0.08	0.00	0.52	0.33	0.76
33 Others	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

b) 停止原因の分類

b-1) 新規建設プラントの初期段階にしばしば見られるトラブル（初期段階の停止）

表-53 は、原因別、責任部署別停止原因を、停止時間（分）及び停止回数で示す。表-54 は、その割合を示す。

表-54 内の項目 1、2、3、4、5、6、8、9、10、11、12 は、停止の 11.4%を占める。これらによる総停止時間は 49,848 分、停止回数は 775 回で、1 回当たりの平均停止時間は 64.3 分である。これらの項目は機械保全及び電気保全グループの管轄下であり、初期段階の停止に分類されるべきものであろう。これらの項目は、機器調整及び小規模の改造により解決されるであろう。

例として挙げると、造粒スクリーンのトラブルは、軸受けへのダスト進入による、ローラーベアリングの焼き付きである。これに対して、ベアリングの外側から潤滑油を吹き付けるという応急処理が行なわれた。大きな効果はあったが、完全には解決されなかった。このトラブルに対しては、ラビリンスタイプのシールを採用し、グリース注入が根本的な解決方法であろう。

項目 8 に関しては、表面的な原因はベルトの蛇行、ベルト及びプーリー間のスリップ、ディスクフィルターから造粒機間のベルトシュートの詰まりであるが、基本的、真の原因はフィルターケーキの高水分であろう。精鉱の性状が改善され、脱水がうまく行なわれれば、この問題は解決されるであろう。

これらによる停止回数は、もしプラントが成熟段階に入った場合には月 10 回程度に減らされるであろう。すなわち、停止時間は $64.3 \times 10 \times 12 = 7716$ 分/年以下になろう。

b-2) 制御系トラブルによる停止

表-54 内の停止原因項目の 7、17、20 は、停止の 1.2% を占める。停止合計は 5,120 分 63 回の停止であり、1 回当たり

の平均停止時間は 81.3 分である。これらの停止に対し、計装保全関係の責任が大きい。これらはリレーの数を減らし、新しい制御機（最新の PLC-programmable logic controller）を使用すれば解決されるであろう。

これらの停止回数は 1/10 程度に減るであろう。すなわち、 $81.3 \times 10 = 813$ 分/年の停止時間になろう。

b-3) このプラントに特有な停止原因

表-54 内、停止原因項目 13、14、15、16、22、23 は、停止の 27.3 % を占める。合計停止時間は 119,902 分、停止回数は 1,546 回、1 回当たりの平均停止時間は 77.6 分となる。

項目 13 は 2 つの要素を含み、1 つは吹き抜け、他は注入である。

Spout（吹き抜け）は、チャンク生成により炉頂の限られた範囲から熱ガスが吹き出す現象である。チャンク（ペレット同士が引っ付き、大きな固まりを生成する）が炉内で生成され、炉内に長く留まり、熱ガスの均一な上昇を妨げる。熱ガスはチャンクを避けて下降する荷が形成する高速下降により形成された高通気性のチャンネルを通して熱ガスが上昇する。

Grout は、鉄皮と耐火煉瓦間に形成されたギャップへのモルタル注入を意味する。頻繁に起こる停止により、炉や燃焼室が頻繁に冷却、昇温され、レンガは損傷し、ギャップを生成する。そして熱ガスはレンガ内を浸透し鉄皮に到達し、鉄皮上に高温の赤熱点を作る。従って、鉄皮保護のため、モルタル注入が必要となる。この現象は Spout（吹き抜け）と同じ項目 13 に分類されるが、それは、Spout（吹き抜け）とチャンク生成による停止後にしばしば、発生したからであろう。

もしチャンク生成の問題が解決されるなら、Spout（吹き抜け）による停止及び項目 14、15、16、18、19 による停止は減少するであろう。尚、炉出口から冷却部へ移動するペレット温度はデザインでは 300℃ であるが、実際には 500 から 600℃ との説明があった。これも、チャンクに起因した、炉内での熱交換不足からと考えられる。高温のペレット排出が

ワイパーのトラブルを起こしたと考えられる。

項目 13 から 19 による停止減少に加えて、b-1) と b-2) に述べられた停止が減少するならば、Grout (モルタル注入) のための停止も減少するであろう。

チャンク生成を防止することにより、b-3) に述べる停止は 1/20 程度に減少することが望まれる。すなわち、停止時間は 5995 分/年になることを意味する。

b-4) 管理範囲外の停止原因

表-54 内、項目 29、30、31、32、33 は、停止の 70 % を占める。合計停止時間は 264,118 分である。

社会的背景は変化してきており、また新経営体制はこの種の問題を解決するであろう。

b-5) 表中に表れない問題

例として、この工場には元々 2 台の製品スクリーンがあった。スクリーンは異常振動を起こし、頻繁に突然停止する問題を持っていた。この異常振動は部品の損傷、部品の欠乏へとつながり、1 台のスクリーンの除去となった。除去されたスクリーンの後には、非常用シュートが設けられた。すなわち、製品ペレットは篩いをかけずに、製品ヤードに積み付けられる場合があった。品質管理面からは非常に深刻な問題となる。

他にも、記録されていない、また忘れられた問題があろう。しかし、それらは再稼働後、短期間で修正されるであろう。

表-54 Cause wise and responsible groupwise stoppage(%) in 1989

	Maintenance				Production	Others in HIPASAM		Others outside HIPASAM		Total					
	Mecha		Elect			Instru		M.Total		%		%		%	
	%		%			%		%		%		min.	fre	min/time	
1 Stock Tank for Concentrate	0.021	0.019			0.040						175	0.040	4	44	
2 Thickner for Concentrate	0.005				0.005						20	0.005	1	20	
3 Slurry Pump and Piping	0.274	0.052			0.327						1435	0.327	29	49	
4 Vacuum Pump		0.002			0.002						10	0.002	1	10	
5 Compressor for Disc Filter															
6 Disc Filter	0.093	0.047			0.140			0.100			1053	0.240	29	36	
7 Dosing of Additives	0.010		0.104		0.114						500	0.114	5	100	
8 Belt Conveyor	1.524	0.623	0.350		2.497			0.584			13525	3.081	412	33	
9 Blending of Additives	2.163	0.040	0.125		2.328			0.003			10235	2.331	27	379	
10 Balling Bin and Feeder	0.038	0.071			0.109			0.011			528	0.120	19	28	
11 Pelletizer and it's Scraper	0.869	0.188	0.192		1.250			0.147			6132	1.397	79	78	
12 Green Pellets Screen	3.546	0.112	0.092		3.750			0.063			16735	3.812	174	96	
13 Shaft Furnace Body (Spout and grout)	3.239	0.014	0.125		3.378			8.970	0.185		55018	12.533	571	96	
14 Charge Conveyor Buggy	3.413	1.392	0.082		4.886			0.356			23013	5.242	388	59	
15 Upper De-duster	0.346	0.072	0.144		0.562						2465	0.562	36	68	
16 Door for Dust Suppression	2.044				2.044						8974	2.044	103	87	
17 Combustion Chamber	0.039	0.065	0.364		0.468			0.043			2245	0.511	31	72	
18 Chunk Breaker	2.112	0.038			2.149						9435	2.149	21	449	
19 Wiper Bar	0.366	0.369	0.060		0.795			3.986	0.002		20997	4.783	427	49	
20 Compressor (cooling and process)	0.153	0.136	0.253		0.541						2375	0.541	27	88	
21 Plant Air Compressor															
22 Water Pump for Process and Sealing															
23 Cooling Tower															
24 Furnace Charge System of Fired Pellets															
25 Electrical Substation and Control Room															
26 Grinding System of Additives															
27 Product and Shipping Screen															
28 Lack of Material															
29 Lack of Concentrate															
30 Full of Product Yard															
31 Labour Union															
32 Troubles in Utility															
33 Others															
Total	20.254	3.238	1.892		25.384			14.264	40.489	19.863	438988	100.00	2636	167	

(3) 操業

1) 操業結果

a) データの期間選定

4.2.3 の (2) -1) で述べたように、1989 年の年間データ（月毎データ）が分析のために選定された。月間データ（日毎データ）は 10 月のものが選定された。この月が最も安定した操業である。24 時間連続操業の日がたった 1 日第 3 炉であった。この日の日データ（時間毎データ）が選定された。

表-55 は、1989 年の月毎操業データを示す。

表-56 は、1 炉における 1989 年 10 月の日毎データを示す。

表-57 は、3 炉における 1989 年 10 月の日毎データを示す。

表-58 は、3 炉における 1989 年 10 月 17 日の時間毎データを示す。

表-55 Month wise operation data in1989

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Average
Green Pellets	67698	37980	43858	37870	71132	45339	43767	48238	49432	77084	52741	57046	52682
Pellets Product	64773	35257	42170	33873	65752	38936	42325	43417	45125	72704	49507	58060	49325
Pellets re-used	4388	5011	5193	1613	5087	3534	(7620)	(5340)	4666	3795	6779	9176	5184
Pellets passing furnace	69161	40288	47363	35486	70839	42470	49945	(48757)	49791	76499	56286	67236	54508
Chips	654	356	426	345	669	393	423	434	451	727	495	581	496
Dust	654	356	426	345	664	393	423	434	451	727	495	581	496
Shipping	82504	44509	70493	19170	38293	66952	53764	39840	73130	58600	56039	55823	54926
Bentonite	13.56	13.67	15.37	13.96	14.66	14.51	14.00	14.12	14.26	17.05	18.54	19.50	15.27
Quartzite	6.53	6.22	6.11	6.48	6.67	6.05	6.28	5.37	6.25	5.96	5.92	6.77	6.22
Hydrated Lime	0.85	0.91	0.38	0.60	0.57	0.77	0.43	0.44	0.49	0.55	0.58	0.51	0.59
Dolomite	19.04	18.64	18.31	19.45	19.76	18.15	18.87	16.12	18.77	17.89	17.75	17.30	18.34
Electric power	74.29	77.11	77.76	82.44	74.79	89.11	79.96	85.78	84.68	69.81	77.84	76.35	79.16
Gas	28.89	26.39	25.38	23.71	30.35	26.91	25.65	28.96	21.77	26.07	24.67	17.30	25.50
Bentonite	878	482	648	473	964	565	593	613	644	1240	918	1132	763
Quartzite	423	212	258	220	438	236	2666	233	282	433	293	393	507
Hydrated Lime	55	32	16	20	38	30	18	19	22	40	29	30	29
Dolomite	1233	657	772	659	1299	707	799	700	847	1301	879	1180	919
Electric power	5138	3104	3584	3156	5298	3784	3994	4183	4217	5439	4382	5133	4284
Gas	1998	1058	1169	907	2150	1143	1281	1412	1084	2031	1389	1163	1399
Gas oil	12076	9000	10126	7840	9000	11678	9689	13744	11382	12014	7977	9117	10304
G-media	5000	2000		2000	4000			2000		9000		3000	2250
Filter cloth(out)	125	125	125	50	100	75	100	25	50	185	125	75	97
Filter cloth(in)	18	4	25	25	30	40				66	10		18
Availability	77.9	49.0	86.1	61.2	79.3	76.9	50.1	56.1	62.4	79.0	78.9	63.3	68.4
(%)	81.0	51.6	15.7	28.1	76.5	22.9	63.7	28.0				53.9	35.1
									56.0	87.3	49.2	87.9	23.4
													0.0
	78.9	50.3	51.7	45.2	77.9	50.8	61.4	53.8	57.7	83.0	64.3	72.2	62.3
Total	54.2	53.8	57.6	50.2	55.4	54.3	36.8	46.9	54.9	57.4	53.8	53.8	53.8
Product Rate													

表-56 Day wise data of No.1 furnace in October, 1989

Operation summary										Furnace Condition										Tumbler																	
B.M.		O.H.		F.P.R.		P.		F		D.R.		P.R.		B.M.		wee/h		G.B.Moist %		D.N. Times		Comp.Strength (kg/P)		Heat Shock Test		Pre.Drop mm H ₂ O		Ex.Gas(T) CAPERZA		Temp.Entra.Cooler		A.R		A.S			
u/day	hrs	u/day	u/day	u/day	u/day	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h	u/h
1	1431	19.4	123	1188	12	67.6	61.2	1.2	0.3	6.4	2.6	82.0	36.0	50.0	100.0	610	60	215	130	300	400	640	120	1.10	0.00	45.0	2.0	90.7	8.1								
2	1052	14.4	274	874	9	79.9	60.8	72.5	5.0	9.8	0.3	12.6	1.2	1.0	0.2	6.0	2.2	100.0	0.0	82.0	36.0	520	240	190	140	425	290	640	120	1.10	0.00	46.0	0.0	88.2	14.5		
3	448	5.9	265	372	4	107.6	62.8																														
4	1204	17.9	85	1003	10	60.5	55.8	72.5	5.0	10.0	0.3	11.8	2.2	1.0	0.3	7.4	4.1	100.0	6.0	97.0	6.0	590	80	250	100	400	40	630	140	1.10	0.10	46.0	4.0	90.4	9.7		
5	1429	19.7	114	1187	12	66.1	60.3	72.5	5.0	9.9	0.3	10.2	1.8	1.0	0.2	6.7	0.5	100.0	0.0	83.0	34.0	605	50	235	70	475	250	625	150	1.08	0.15	48.0	0.0	89.1	11.6		
6	1702	23.7	12	1413	14	60.2	59.7	72.5	5.0	10.1	0.8	11.2	3.7	1.1	0.2	7.0	4.3	100.0	0.0	96.0	8.0	590	20	245	30	380	200	565	270	1.10	0.00	48.0	0.0	89.4	8.9		
7	1688	23.5	12	1404	14	60.1	59.6	72.5	5.0	10.1	0.8	11.2	3.7	1.1	0.2	7.0	4.3	100.0	0.0	96.0	8.0	590	20	245	30	380	200	565	270	1.10	0.00	48.0	0.0	89.4	8.9		
8	1401	20.2	111	1165	12	63.2	57.7	70.0	10.0	10.2	0.6	19.1	0.9	1.0	0.2	7.2	2.9	87.0	26.0	30.0	100.0	590	20	220	120	290	200	650	100	1.13	0.05	47.0	2.0	90.4	8.5		
9	1475	20.1	26	1225	12	62.3	61.0	70.0	10.0	10.3	0.2	17.5	2.5	1.1	0.3	6.3	1.9	65.0	70.0	39.0	78.0	600	40	265	50	330	280	650	100	1.15	0.00	47.0	2.0	87.0	10.3		
10	1713	23.7	12	1422	14	60.6	60.1	75.0	0.0	10.0	0.4	17.4	2.3	0.9	0.6	7.5	3.0	92.0	16.0	56.0	88.0	640	80	240	80	365	370	575	250	1.15	0.00	48.0	0.0	89.9	5.1		
11	1550	20.8	38	1286	13	63.6	61.7	75.0	0.0	9.6	0.4	8.8	2.4	1.3	0.8	6.4	1.7	84.5	31.0	52.0	96.0	620	40	205	110	380	320	660	80	1.15	0.00	47.0	2.0	91.9	5.5		
12	1750	23.8	9	1453	15	61.5	61.2	75.0	0.0	9.9	0.4	15.4	2.8	1.0	0.3	7.7	4.0	100.0	0.0	90.0	76.0	630	20	250	60	375	350	675	50	1.13	0.05	47.0	2.0	88.4	9.9		
13	902	11.6	169	749	8	79.2	64.7	75.0	0.0	10.4	0.1	16.5	3.6	1.2	0.2	7.3	2.8	87.0	26.0	43.0	70.0	590	140	180	120	275	250	670	60	1.10	0.00	46.0	0.0	93.0	3.4		
14	1285	18.5	134	1069	11	64.9	57.7	72.5	5.0	10.2	0.2	15.8	2.6	1.2	0.3	6.3	1.0	86.0	28.0	42.0	84.0	530	180	250	80	255	270	660	80	1.10	0.00	46.0	0.0	90.3	7.7		
15	1300	17.9	123	1080	11	67.1	60.3	75.0	0.0	10.2	1.1	16.6	3.2	1.0	0.4	7.8	2.0	90.0	20.0	56.0	88.0	600	40	220	40	295	290	660	80	1.10	0.00	46.0	0.0	85.7	8.8		
16	1625	22.6	50	1350	14	61.9	59.7	75.0	0.0	10.1	0.5	14.8	3.3	1.0	0.4	6.0	1.0	71.0	58.0	65.0	70.0	530	140	240	40	395	290	640	100	1.10	0.00	47.0	2.0	89.9	10.7		
17	1587	22.3	61	1319	13	61.9	59.3	75.0	0.0	10.6	0.8	17.1	2.9	1.2	0.2	8.1	2.6	64.0	72.0	50.0	100.0	610	60	245	50	345	110	650	100	1.10	0.00	48.0	0.0	90.9	8.5		
18	1049	14.3	225	871	9	76.5	60.8	75.0	0.0	10.4	0.5	17.9	2.2	1.2	0.2	6.7	0.8	50.0	100.0	50.0	100.0	570	100	190	120	335	170	650	100	1.10	0.00	48.0	0.0	90.2	7.1		
19																																					
20	1605	21.8	19	1333	13	61.9	61.0	72.5	5.0	10.1	0.8	14.5	2.7	1.2	0.2	6.7	2.2	100.0	0.0	50.0	100.0	490	180	220	40	290	220	410	480	1.10	0.00	42.0	0.0	88.3	13.3		
21	1716	22.8	12	1424	14	62.9	62.4	75.0	0.0	10.1	0.4	13.9	2.8	1.1	0.2	7.6	2.5	100.0	0.0	50.0	100.0	590	20	235	30	315	130	610	180	1.10	0.00	42.0	0.0	86.0	10.0		
22	1616	22.3	32	1342	14	61.7	60.3	75.0	0.0	10.2	0.3	15.3	2.4	1.2	0.3	6.6	1.3	80.0	40.0	59.0	70.0	605	50	245	30	325	250	530	340	1.10	0.00	42.0	0.0	87.0	6.0		
23	915	13.3	114	761	7	65.5	57.0	72.5	5.0	10.4	0.4	16.0	4.1	1.1	0.1	6.6	1.0	100.0	0.0	99.5	1.0	540	160	220	80	275	210	590	220	1.10	0.00	45.0	6.0	84.8	15.2		
24	1460	21.2	90	1215	12	61.5	57.2	72.5	5.0	10.3	0.7	14.2	4.1	1.0	0.3	6.1	1.8	100.0	0.0	54.0	72.0	535	170	235	70	360	360	700	0	1.10	0.00	48.0	0.0	87.9	1.2		
25	1721	23.4	15	1430	15	61.6	61.0	75.0	0.0	10.1	0.8	13.6	2.5	1.2	0.2	6.5	0.6	100.0	0.0	62.0	76.0	590	20	235	30	465	190	700	0	1.10	0.00	48.0	0.0	92.2	5.2		
26	1504	20.7	64	1249	13	63.5	60.4	75.0	0.0	9.9	0.6	14.2	5.8	1.0	0.4	6.4	4.0	100.0	0.0	77.0	46.0	580	40	220	60	375	250	550	300	1.10	0.00	46.0	4.0	91.1	8.0		
27	438	5.6	166	363	4	94.7	65.0																														
28	650	9.5	90	525	5	64.4	55.0																														
29	1743	23.9	0	1448	15	60.5	60.5	72.5	5.0	10.1	0.8	8.9	2.6	0.9	0.2	6.2	1.1	100.0	0.0	92.0	16.0	570	20	225	50	470	180	700	0	1.10	0.00	48.0	0.0	82.6	11.3		
30	1302	18.4	155	1082	11	67.1	58.7	75.0	0.0	10.0	1.0	10.0	3.0	1.0	0.3	6.5	2.2	55.0	90.0	76.0	48.0	540	120	225	30	390	480	585	230	1.10	0.00	48.0	0.0	89.5	5.6		
31	1783	23.8	6	1478	15	62.4	62.1	75.0	0.0	10.1	0.6	12.2	1.7	1.1	0.2	5.8	2.5	100.0	0.0	45.0	90.0	560	40	225	50	435	270	600	200	1.10	0.00	46.0	4.0	89.1	5.3		
41297	571.3	2900	34308	345	65.1	60.0	73.8	2.5	10.1	0.5	14.1	2.8	1.1	0.3	6.8	2.1	88.2	23.6	62.9	67.4	578	82	228	69.6	358	255	624	148	1.11	0.01	46.3	1.2	89.0	8.4			

Abbreviation
 B.M.=Balling material, O.H.=Operating hours, F.P.R.=Fired pellets re-charge, P.=Product pellets, D.R.=Discharge rate from furnace, P.P.=Production rate
 D.N.=Drop number, Pre Drop=Pressure drop in furnace, Ex.Gas(T)=Exhausted gas temperature, CAPERZA=Furnace top hood, Temp.Entra.Cooler=Temperature at the entrance to cooler
 Med.= (Maximum data-Minimum data), Wid.=Width=(Maximum data-Minimum data)

表-57 Day wise data of No.3 furnace in October, 1989

Operation summary										Furnace Condition										A.S		Tumbler																			
B.M.		O.H.		F.P.R.		P.		F		D.R.		P.R.		B.M.		G.B.Moist		D.N.		Comp. Strength (kg/P)				Heat Shock Test				Ex. Gas (C)				Temp. Entra. Cooler				A.K		A.S		Tumbler	
V/day	hrs	V/day	U/day	V/day	U/day	V/day	U/day	V/day	U/day	V/day	U/day	V/day	U/day	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.	Med.	Wid.		
1	1430	18.8	82	1188	11	67.7	63.3	75.0	0.0	9.8	0.5	12.2	2.0	1.2	0.4	6.6	0.6	100.0	0.0	70.0	60.0	630	60	200	160	283	141	309	152	1.03	0.05	40.0	0.0	87.6	11.8						
2	1030	14.3	193	836	8	73.5	60.0	75.0	0.0	9.1	1.2	11.2	0.9	1.1	0.4	6.0	1.3	100.0	0.0	57.0	86.0	580	120	185	170	384	267	429	337	1.00	0.00	40.0	0.0	87.7	13.7						
3	1721	22.3	53	1427	14	66.3	63.9	75.0	0.0	9.8	1.2	16.8	3.0	1.5	0.9	7.6	2.7	66.0	68.0	50.0	100.0	670	20	225	90	358	205	401	295	1.05	0.00	40.0	0.0	94.1	6.3						
4	1623	22.1	61	1352	14	63.7	61.0	75.0	0.0	9.4	1.2	10.6	2.6	1.0	0.3	6.4	2.5	100.0	0.0	70.0	60.0	703	85	215	70	345	261	361	160	1.05	0.00	40.0	0.0	88.0	10.1						
5	1702	22.5	38	1414	14	64.5	62.8	75.0	0.0	10.0	1.0	14.2	2.2	1.1	0.3	5.9	2.0	83.0	34.0	50.0	100.0	620	40	220	40	259	261	421	260	1.05	0.00	42.0	0.0	94.3	1.5						
6	1765	22.4	20	1465	15	66.2	65.3	75.0	0.0	9.7	0.6	11.4	0.7	1.0	0.5	5.9	1.4	100.0	0.0	60.0	80.0	645	10	220	40	333	287	357	302	1.05	0.00	41.5	3.0	92.2	8.9						
7	1663	23.2	20	1384	14	60.4	59.6	75.0	0.0	9.7	0.6	11.4	0.7	1.1	0.1	6.4	1.3	100.0	0.0	67.0	66.0	620	40	200	40	263	124	377	249	1.00	0.00	38.0	0.0	90.3	11.2						
8	1801	23.7	6	1497	15	63.4	63.1	75.0	0.0	10.2	0.4	14.9	1.8	1.1	0.3	8.1	3.9	100.0	0.0	50.0	100.0	600	0	210	40	364	190	350	143	1.03	0.05	41.0	2.0	88.2	12.4						
9	1771	23.5	0	1471	15	62.6	62.6	75.0	0.0	10.1	0.5	17.3	2.1	1.1	0.2	6.4	1.0	100.0	0.0	81.0	34.0	670	140	220	60	427	276	403	305	1.05	0.00	42.0	0.0	93.3	4.1						
10	1800	23.5	15	1495	15	64.2	63.6	75.0	0.0	9.8	0.7	16.3	3.4	1.1	0.2	6.1	1.4	100.0	0.0	51.0	46.0	630	100	210	20	363	298	300	173	1.05	0.00	40.0	0.0	93.3	3.2						
11	1667	21.9	64	1384	14	66.0	63.1	75.0	0.0	10.2	1.3	10.0	3.4	1.0	0.3	5.4	2.2	100.0	0.0	57.0	86.0	590	20	220	40	339	142	308	200	1.05	0.00	40.5	3.0	89.1	8.7						
12	1703	22.3	29	1414	14	64.6	63.3	75.0	0.0	9.9	0.4	16.4	4.0	1.2	0.4	6.8	1.1	100.0	0.0	48.0	96.0	610	60	225	30	292	210	271	218	1.05	0.00	42.0	0.0	93.3	1.3						
13	1720	22.9	29	1427	14	63.6	62.3	75.0	0.0	10.1	0.6	12.9	1.3	1.2	0.3	6.8	2.2	64.0	72.0	44.0	88.0	620	40	220	40	310	250	326	322	1.05	0.00	42.0	0.0	94.1	2.5						
14	1579	21.0	24	1313	13	63.6	62.4	75.0	0.0	10.1	0.8	16.4	3.6	1.1	0.2	6.1	1.3	82.0	36.0	62.0	76.0	590	180	200	20	439	303	401	90	1.05	0.00	42.0	0.0	93.4	3.9						
15	1782	23.7	12	1481	15	63.0	62.5	75.0	0.0	10.1	0.4	16.2	2.6	1.2	0.3	6.4	1.8	100.0	0.0	91.0	18.0	690	20	210	40	465	153	450	279	1.05	0.00	43.0	0.0	91.2	5.1						
16	1690	22.4	20	1405	14	63.5	62.6	75.0	0.0	10.0	0.2	16.6	2.9	1.1	0.4	6.2	1.3	87.0	26.0	67.0	66.0	660	40	220	40	495	258	436	214	1.05	0.01	45.0	6.0	91.7	6.1						
17	1811	24.0	0	1505	15	62.6	62.6	75.0	0.0	10.6	0.2	20.0	6.8	1.4	0.9	2.0	52.0	96.0	12.8	25.5	640	0	220	40	445	126	389	214	1.05	0.00	42.0	0.0	91.9	2.5							
18	1753	23.2	29	1456	14	64.0	62.8	75.0	0.0	10.3	0.6	14.0	6.0	1.3	0.4	7.9	1.7	67.0	66.0	46.0	92.0	700	0	215	30	395	278	418	132	1.05	0.00	42.0	0.0	94.3	2.0						
19	1343	20.3	125	1283	13	69.4	63.2	75.0	0.0	10.3	0.4	17.2	2.9	1.1	0.2	6.9	1.7	67.0	66.0	54.0	92.0	710	60	225	50	422	303	438	276	1.05	0.00	42.0	0.0	94.0	1.1						
20	1735	23.2	19	1441	15	63.0	62.2	75.0	0.0	10.2	0.3	12.3	1.5	1.2	0.2	6.5	1.3	100.0	0.0	55.0	90.0	625	10	210	20	422	263	374	363	1.05	0.00	42.0	0.0	94.0	1.1						
21	1809	23.8	6	1501	15	63.5	63.2	75.0	0.0	9.9	0.6	12.9	3.1	1.0	0.1	6.6	0.8	100.0	0.0	89.0	22.0	630	20	210	40	385	181	398	233	1.05	0.00	42.0	0.0	94.7	1.2						
22	1594	20.9	32	1324	13	64.3	63.2	75.0	0.0	10.1	0.2	14.9	1.8	1.1	0.2	8.0	2.0	55.0	90.0	50.0	100.0	650	100	200	20	412	319	307	127	1.05	0.00	42.0	0.0	94.5	1.6						
23	1428	18.8	105	1188	12	68.5	62.9	75.0	0.0	10.3	0.4	18.5	1.5	1.1	0.2	6.5	2.6	100.0	0.0	85.0	30.0	595	190	205	90	370	412	271	219	1.05	0.00	42.0	0.0	92.1	1.6						
24	1508	20.3	111	1255	13	67.0	61.6	75.0	0.0	10.2	0.7	15.7	3.3	1.1	0.2	5.6	1.1	100.0	0.0	66.0	64.0	580	160	225	50	430	231	307	357	1.05	0.00	42.0	0.0	92.3	6.1						
25	1477	20.3	93	1228	12	65.1	60.5	75.0	0.0	10.1	0.4	12.5	3.5	1.1	0.1	6.8	1.1	100.0	0.0	82.0	36.0	650	60	225	50	397	237	409	334	1.05	0.00	42.0	0.0	94.2	2.5						
26	25	0.3	385	21	0	62.9																																			
27	0	0.0	213	0	0																																				
28	1016	13.8	125	846	9	70.0	61.0	75.0	0.0	9.9	0.5	9.3	3.3	1.0	0.3	6.8	4.5	100.0	0.0	50.0	100.0	670	20	210	20	370	241	421	310	1.05	0.00	42.0	0.0	91.1	4.9						
29	1715	22.4	41	1424	14	65.3	63.5	75.0	0.0	10.2	0.3	12.3	4.3	1.0	0.2	7.3	2.5	79.0	42.0	50.0	100.0	660	40	205	70	329	394	334	427	1.05	0.00	42.0	0.0	92.5	2.4						
30	1190	15.9	201	989	10	74.7	62.0	77.5	5.0	10.2	0.3	12.3	4.3	1.0	0.1	7.0	1.2	55.0	90.0	56.0	88.0	660	120	205	90	399	206	400	300	1.05	0.00	40.0	0.0	91.8	3.1						
31	1163	14.6	160	964	9	77.2	66.2	77.5	5.0	10.4	1.2	12.6	2.3	1.1	0.1	7.0	1.2	55.0	90.0	56.0	88.0	660	120	205	90	399	206	400	300	1.05	0.00	40.0	0.0	91.8	3.1						
46214	612.2	2311	38397	385	66.4	62.7	75.2	0.4	10.0	0.6	14.2	2.5	1.3	0.3	6.6	1.8	87.8	24.5	59.7	71.5	637	63	213	53.9	375	243	370	250	1.04	0.00	41.5	0.5	92.1	5.0							

Abbreviation
 B.M.=Balling material, O.H.=Operating hours, F.P.R.=Fired pellets re-charge, P.=Product pellets, D.R.=Discharge rate from furnace, P.R.=Production rate
 D.N.=Drop number, Pre.Drop=Pressure drop in furnace, Ex.Gas(T)=Exhausted gas temperature, CAPEZA=Furnace top hood
 Temp.Entra.Cooler=Temperature at the entrance to cooler, Med.=Minimum data, Wid.=Width=(Maximum data-Minimum data)

表-58 Hourly Data, No.3 Furnace, 1989 October 17

Day	Balling						Furnace Condition						Tumbler
	Balling Mate.	G.B. Moist %	Drop Number	Comp. Strength		Heat Shock	Pre. Drop	Ex. Gas	Temp. Entra. Co		A.S	A.R	
				wet kg/P	dry kg/P				500 °C %	700 °C %			
	No.8 wet th	%	Times	kg/P	kg/P	%	mm H ₂ O	°C	°C	°C	°C	%	
06:30	75						640	200	389	417	1.05	42.0	
07:30	75						640	200	367	369			
08:30	75	10.4	+20	0.98	5.88	100.0	640	230	457	392	1.05	42.0	
09:30	75						640	230	478	533		90.7	
10:30	75	10.5	+20	1.14	5.90	100.0	640	200	452	387	1.05	42.0	
11:30	75						640	200	435	501		91.3	
12:30	75						640	200	463	471	1.05	42.0	
13:30	75						640	210	439	495			
14:30	75	10.7	+20	1.27	6.12		640	200	367	361	1.05	42.0	
15:30	75						640	210	391	399		90.7	
16:30	75						640	230	420	418	1.05	42.0	
17:30	75						640	230	488	442			
18:30	75	10.4	+20	1.02	7.81	100.0	640	210	493	467	1.05	42.0	
19:30	75						640	200	507	486			
20:30	75						640	220	432	490	1.05	42.0	
21:30	75						640	220	382	282			
22:30	75	10.4	+20	1.28	7.52	4.0	640	220	535	508	1.05	42.0	
23:30	75						640	230	400	400		93.2	
00:30	75						640	240	450	403	1.05	42.0	
01:30	75						640	230	427	487			
02:30	75	10.3	+20	1.18	7.43	86.0	640	220	420	395	1.05	42.0	
03:30	75						640	220	398	458		95.1	
04:30	75						640	230	508	395	1.05	42.0	
05:30	75						640	220	414	496			
Ave	75	10.5	20.0	1.15	6.78	78.0	640	216.67	438	435.5	1.05	42.0	
St.Dev	0.000	0.120	0.000	0.125	0.900	41.809	0.000	13.077	46.524	59.922	0.000	0.000	
Max	75	10.7	20.0	1.28	7.81	100.0	640	240	535	533	1.05	42.0	
Min	75	10.3	20.0	0.98	5.88	4.0	640	200	367	282	1.05	42.0	
Med	75.0	10.4	20.0	1.16	6.78	100.0	640	220	433.5	430	1.05	42.0	
Width (Max-Min)	0.0	0.4	0.0	0.30	1.93	96.0	0	40	168	251	0.00	0.0	
						100.0						4.4	

b) 月別データ (表-55 参照)

1989年の平均稼働率は62.3%であった。9月に第3炉が修理後の再稼働をし、10月には最高の稼働率83.0%が示された。平均月間生産量は50,000tであり、10月には73,000tが生産された。粉発生(チップまたは製品スクリーンでのアンダーサイズ)は非常に低い($496 \div 49325 \times 100 = 1.01\%$)。成品スクリーン1機の操業で粉除去が十分に行なわれていなかった結果であろう。一般的には3~5%である。

焼成ペレットの再使用量は、10月には3,795tである。焼成ペレットの再使用は既に焼成されたペレットを工場が停止した後に再び炉に入れることである。工場が停止した後、炉内の温度分布が定常状態に戻る前に行なう。また、少量の焼成済ペレットを生ペレットに混合することにより、大きなチャンク生成を防止でき、良好な通気性を保つことができるため、定常的に少量の焼成済ペレットが炉に挿入されていた。

焼成ペレットの再使用量が少ないことは、炉が良好な条件で操業されていたことを示す。添加物の原単位は年間を通じて一定である。

c) 日毎データ (表-56、表-57 参照)

マテリアルバランスから見ると、造粒原料の引き出し量と焼成ペレット生産量には若干の誤差がある。

表-57 内でのバランス。

造粒原料の引出設定量(B. M. wet-t/h)

-----75.2 湿 t/h

(換算 67.68 dry green ball-t/h=65.77 fired pellet t/h)

焼成ペレット生産率

-----62.7 乾 t/h

すなわち、造粒原料から換算した焼成ペレット生産率と計量された焼成ペレット生産率では、 $65.77 - 62.7 = 3.07$ の差(対生産量 $3.07 / 62.7 \times 100 = 4.9\%$)がある。b)で述べた粉発生1.0%と比較しても矛盾が出る。(造粒機への投入率は新規造粒原料66 t/h + 造粒返

し鉦 214=280 t/h である) 造粒原料の引き出し量は、原則的に一定に保たれ、炉況により、また回転強度指数により減らされることがある。3 炉ではこれが毎日 75 t/h であり、月末には それを引き上げる試みがなされた。すなわち、月全体を通して炉況が良好であった。ペレット生産率は、1 炉で 60 t/h であり、3 炉で 62.5 t/h であった。

生ペレットの水分値は 1 炉で、17 日の中間値は 10.6%、幅は 0.8% であり、この日の最高値は 11% であった。この水分値は他の工場と比較して非常に高い。水分の変動は非常に大きい。

(生ボールの) 落下抵抗は非常に大きい変動を示し、水分の大幅な変動に起因していること及び添加物システムのトラブルによる添加量変動を暗示している。

1 炉の空気比 (A.R.) 及び空気分配比 (A.S.) は、3 炉より高い。1 炉の圧損は 3 炉より低い。冷却室入り口の北側温度と南側との差は 3 炉のそれと比較して大きい。すなわち、1 炉においてはチャンクが生成されていたことが結論できるであろう。

回転強度指数は、1 炉で年間平均 89% であり、2 炉で 92.1% であった。

熱ショックテストは大きな変動を示した。これが低い時は、荷の炉頂表面で生ペレットの劣化 (パースティング) が起きていたであろう。

d) 時間データ (表-58 参照)

10 月 17 日は停止がなかった。すべてのデータから、炉況は良好で安定していたと考えられる。

2) 操業管理

a) 生ペレット生産量管理

一般的な造粒制御の因子として、造粒原料水分の変更がある。この変更により、生ペレットの生産率、粒径を調整する。この工場には造粒のため、ドラム型ペレタイザーがあり、ドラム型ペレタイザー内に散水装置があるが、この工場ではフィルターケーキの水分

が非常に高く、この散水は不可能であった。すなわち、造粒歩留制御やサイズ制御は、通常行なわれる操作因子の調整では不可能であり、造粒原料の供給率変更や、消石灰添加量変更やベントナイト添加量変更により、それらの制御を行っていた。

精鉱性状の変化に伴い、ディスクフィルターによる脱水は変化する。造粒原料の供給率が一定に保たれていたとしても、上述のように散水による水分変更が不可能なため、造粒歩留は変化し、生ペレット生産量は変化していたであろう。

b) 焼成制御

焼成制御の概念は下記の通り。

空気比 (A.R.=air ratio: kg-air/ kg-dry green pellets production) 及び、空気分配比 (A.S.=air split: combustion air ÷ {combustion air + process air}) 及び熱ガス温度を設定することにより、生ペレット生産量に応じた、燃焼室への空気量、炉下部への空気量及び燃料投入量が自動的に決定される。回転強度指数に従って、空気比や空気分配比は若干調整される。

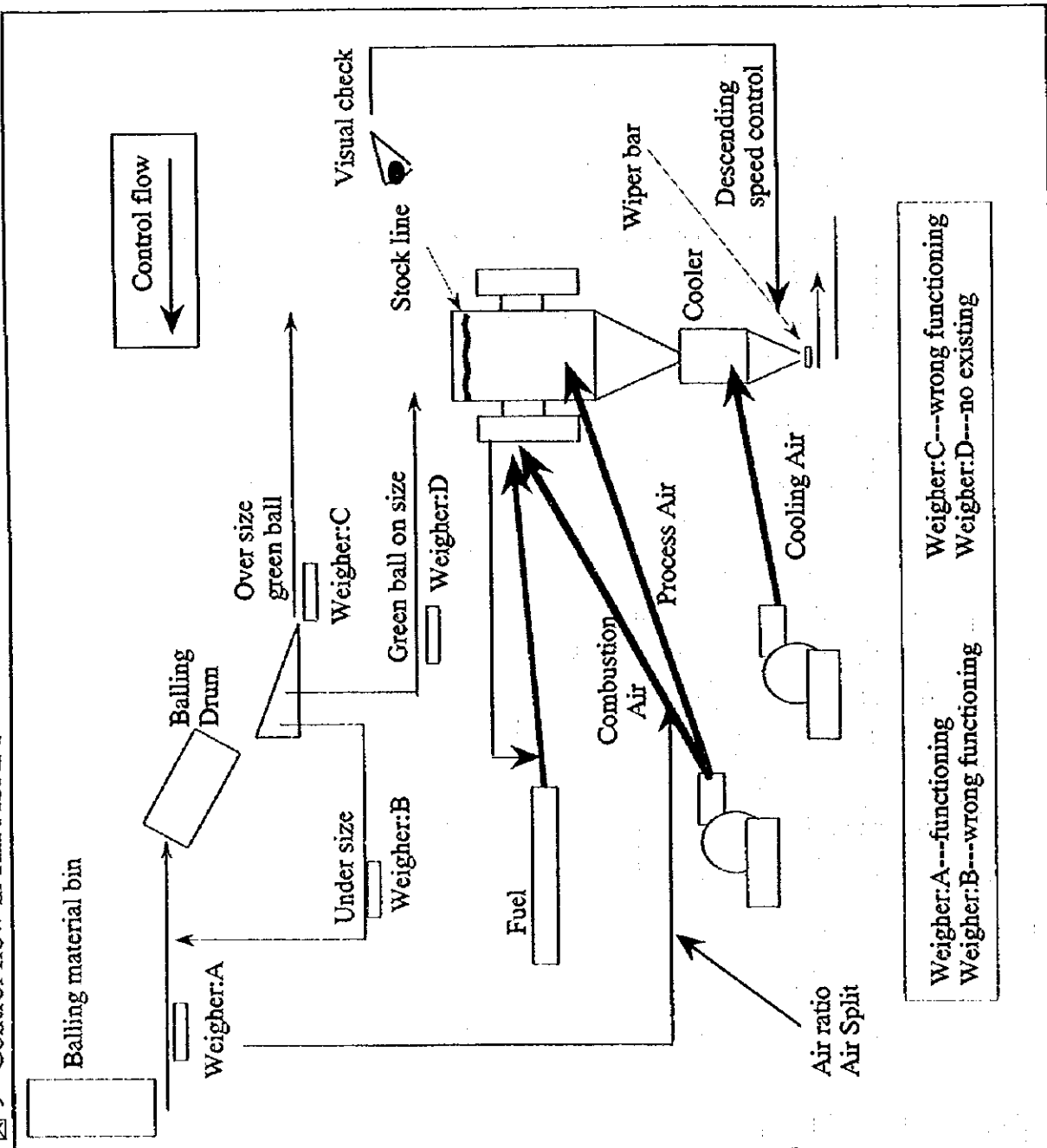
制御の基礎データは生ペレットの生産量であるが、それを計量する計量器はない。生ペレットの生産量にかわって造粒原料供給量が基礎データとして使われた (図-9 参照)。上記 a) で述べたように、造粒原料供給量が一定であっても、生ペレットの生産量は変化する可能性がある。この工場内には散水という対応策がなく、精鉱性状変化は直接生ペレットの生産量に影響を与える。その結果、炉内の積み付けレベルが変化し、運転者はワイパーの動きを変化させることにより、炉からの排出速度を調整する。すなわち、炉への空気吹き込みに過不足が起こり、結果として熱供給に過不足が起こり、低い回転強度、吹き抜け、パースティングにつながる。

あるべき制御の流れを図-10 に示す。

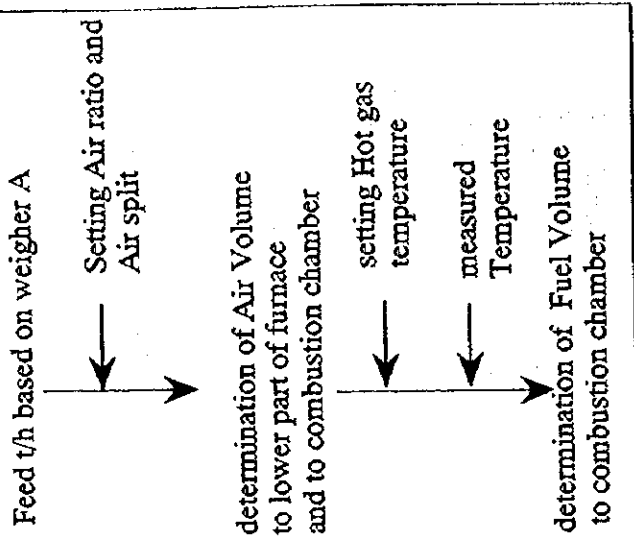
c) 熱バランス (炉内のみ、クーラーは除外)

ヒートパターンの主要項目を、工場 A と比較して表-59 に示す。

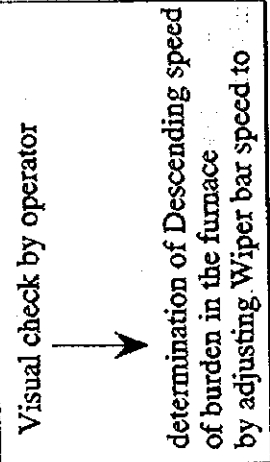
Fig-9 Control flow in HIPASAM



Material control



Stock line control



☒-10 Required control flow

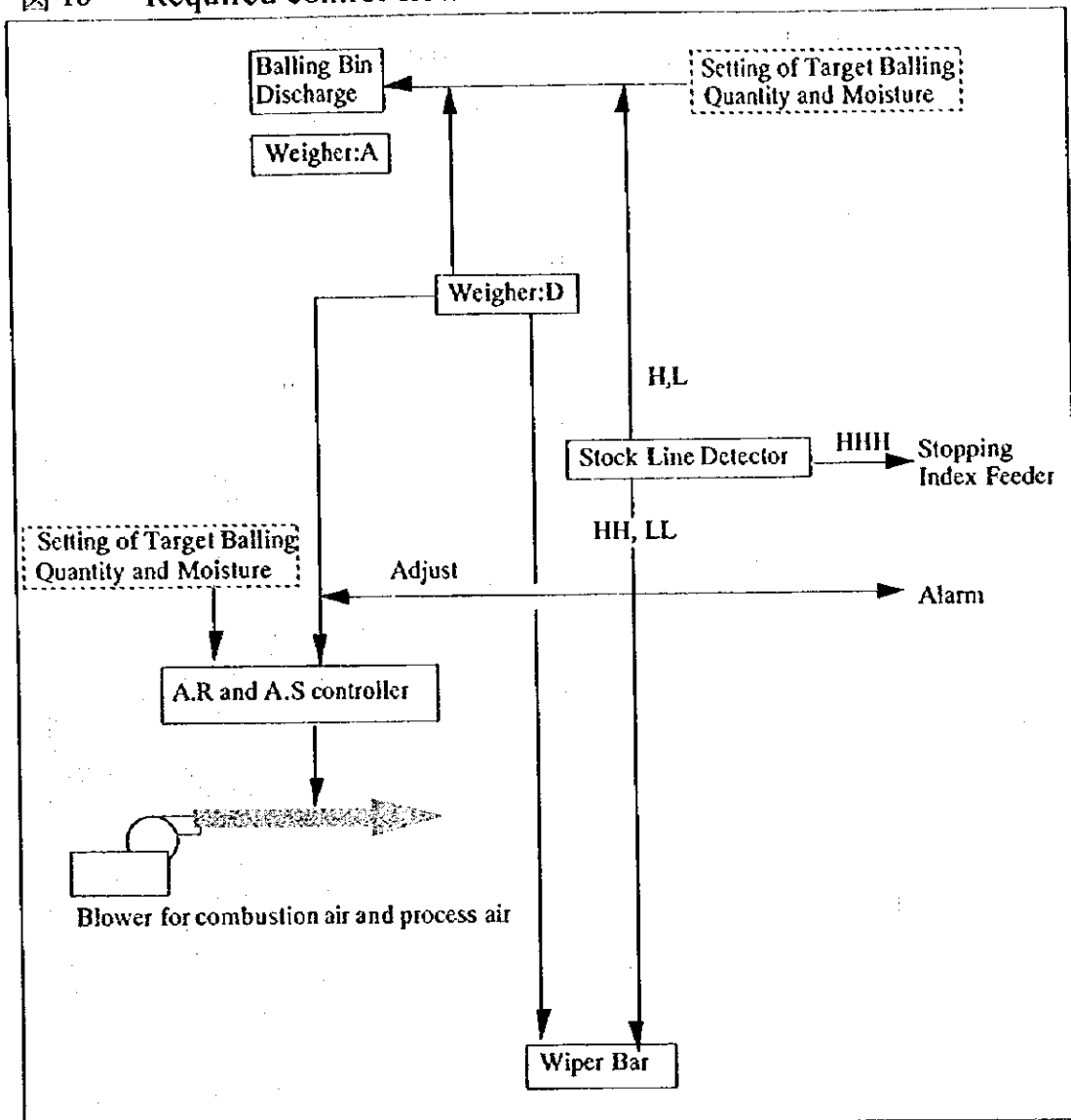


表-59 Main index of furnace operation

表- 59-1 Material (kg/kg-PP)

	HIPASAM	A
Concentrate	0.988	1.067
Bentonite(kg/kg-PP)	0.016	0.008
H.Lime	0.001	0.000
Dolomite	0.018	0.000
Silica	0.007	0.000
Total Material	1.029	1.075
Product Pellets	1.000	1.000
Fines	0.021	0.050
Dust	0.010	0.030
Others	0.017	0.017

表- 59-2 Green pellets moisture

	HIPASAM	A
Moiture	11.0	9.4

表- 59-3 Dimension of Furance

	HIPASAM	A
Width-Max(m)	2.4	2.1
Width-Min(m)	2.1	1.8
Length(m)	6.3	5.4
Area (m ²)	14.2	10.6

表- 59-4 Heat source (kg/t-P.P.)

	HIPASAM	A
Fe ₃ O ₄	865.98	933.87
N.Gas	19.29	0.00
Coal	0.00	6.00
Heavy oil	0.00	10.80

表- 59-5 Operating condition

	HIPASAM	A
Product rate(t/h)	57.000	78.100
Air (kg-air / kg-PP)		
A.R. (kg-air / kg-PP)	1.080	0.850
A.S. (%)	41.000	30.000
A.R. (kg-air / kg-GP)	1.050	0.914

表- 59-6 Base data for heat balance

	HIPASAM	A
Fe ₃ O ₄ (% in conc)	87.65	87.50
Fe ₃ O ₄ (%) in P.Pellets	5.10	1.66

表- 59-7 Temp (°C)

	HIPASAM	A
Exhaust gas	280	180
Furnace out pellets	600	600
Firing temp	1370	1340?
Firing temperature level	200±50	400

Firing temp; ?=Estimation
Firing temperature level=(mm) from stacking level

表- 59-8 Number of tuyers

	HIPASAM	A
Short side	4×2	10×2
long side	20×2	18×2

表- 59-9 Gas balance (m³/h)

	HIPASAM	A
W _{sated} (1) gas total	49152	50834
O ₂ partial pr in waste	13.20	14.58
W _{sated} (2) gas total	58170	61676
O ₂ partial pr in waste	11.16	12.01

Waste gas (1): excluding H₂O from green pellets

Waste gas (2): including H₂O from green pellets

表- 59-10 Heat balance (kcal /t-PP)

	HIPASAM	A
Input		
Hot gas	238761	107353
Fe ₃ O ₄	102792	110850
Carbon	0	50634
Input Total	341553	268837
Out put		
Waste gas	106101	48976
Pellets	117355	113570
Cooling Water	702	702
De-composition	6291	545
Water evapolation	74491	65364
Output Total	304940	229158

表- 54-11 Dscending of burden

and ascending of waste gas(1)

	HIPASAM	A
Dscending (cm/min)	4.7	9.0*1
Ascending (cm/sec)	96.3	132.8*1
A/D	20.54	14.83*1

*1: Calculated based the results of dscending speed, horizontal area and feed rate of furnace of HIPARSAM and feed rate and hrizontal area of furnace of A plant.

3) 品質管理

a) 品質設計

生産を開始してから、ベントナイト配合 7kg/t-product pellets を行なったが、最初の2年間は粉が大量に発生し、圧壊強度が低く、回転強度指数は悪い値を示し、低温（還元）劣化は悪い値を示した。

1981年末に、消石灰添加テスト（0.2%～1.0%）が行なわれた。

これにより圧壊強度は増加し、耐熱強度が増加した。しかし、生ペレットの落下強度を維持するために、ベントナイト配合を 15 kg/t-product pellet へと増加する必要性が生じた。依然として低温（還元）劣化は悪く、この改善のために、最終的にドロマイト及び珪石添加がなされた。このペレットは No.219 と呼ばれ、プロジェクトの最後まで製造された。

b) 工程のための品質測定

生ペレットに関しては、水分、落下回数、圧壊強度及び耐熱抵抗が、勤2回測定された。表-56 と表-57 に示したように、回転強度指数はしばしば90%以下となった。

精鉱及び成品に関しては、その結果を表-60 から表-62 に示す。

c) 回転強度の管理方法

低い回転強度が示された時には、第1段階としてA.R.が増加される。それでもダメな場合はA.S.を増加する。

表-60 Quality measurement (concentrate sampled) for process

Year	Conc. Consump. t/month	T.Fe %	Fe++ %	FeO %	P %	S %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	V ₂ O ₅ %	TiO ₂ %	Cr %	Ni %	Zn %	Na ₂ O %	K ₂ O %
1988-Ave	50.656	68.69	72.86	91.88	0.125	0.090	1.68	1.49	0.347	0.091	0.142	0.137	0.027	0.037	0.011	0.064	0.034
1989-01	66.548	68.68	23.08	94.41	0.142	N.A.	1.72	1.51	0.340	0.095	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-02	33.851	68.56	23.00	94.08	0.137	N.A.	1.84	1.56	0.356	0.118	0.158	N.A.	0.038	0.026	0.011	0.052	0.026
1989-03	41.774	68.59	22.86	94.00	0.134	N.A.	1.83	1.54	0.345	0.109	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.066	0.041
1989-04	35.907	68.80	22.95	94.10	0.142	N.A.	1.83	1.55	0.354	0.106	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.057	0.039
1989-05	66.943	68.50	23.16	94.68	0.145	N.A.	1.72	1.57	0.336	0.098	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-06	40.825	68.61	23.06	94.45	0.164	N.A.	1.77	1.62	0.375	0.133	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-07	42.743	68.69	23.17	95.26	0.139	N.A.	1.80	1.61	0.340	0.114	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-08	46.462	68.66	23.43	93.43	0.137	N.A.	1.75	1.61	0.328	0.112	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-09	44.306	68.62	23.19	93.19	0.128	N.A.	1.75	1.63	0.337	0.1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-10	72.844	68.94	22.94	92.11	0.121	N.A.	1.56	1.55	0.277	0.082	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-11	48.385	68.57	22.94	91.70	0.117	N.A.	1.57	1.49	0.298	0.118	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1989-12	54.549	68.70	23.03	93.32	0.111	0.074	1.71	1.48	0.278	0.094	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.054	0.030
1989-Ave	49.595	68.67	23.07	93.67	0.134	N.A.	1.72	1.56	0.326	0.104	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1990-Ave	48.160	68.88	22.70	92.72	0.131	N.A.	1.59	1.55	0.314	0.096	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

表-61 Quality measurement (physical property of product pellets) for process control

Production	Tumbler Test		Comp. Streng.		Size Distribution						RDI (JIS)			LTD (ISO)			Reduction Test (JIS)			RUL (ISO)			Swelling		Porosity
	T. Ind.	A. Ind.	-6.35 mm	Ave	-80 kg	+19 mm	19-8 mm	-4.75 mm	Ave	+9.5 mm	+6.3 mm	+3.15 mm	-0.5 mm	Red. 180	CSAR	dR/dt	Red. 80	dR/dt	Red. 80	dR/dt	Swell	Red.			
	%	%	%	kg/P	%	%	%	mm	%	%	%	%	%	%	%	%/min	%	%/min	%	%	%	%	%		
1988-Ave	49.761	92.1	5.4	6.8	280	2.1	3.3	85.8	4.2	12.2	72.3	81.1	87.8	8.6	59.6	69.1	19.1	59.5	65.0	0.299	65.9	0.890	20.9	64.7	20.5
1989-01	64.777	91.1	5.8	8.9	267	3.4	4.8	81.1	5.9	11.9	71.2	81.2	88.1	8.2	50.0	62.3	22.1	58.2	58.7	0.286	N.A.	N.A.	20.8	68.6	22.0
1989-02	35.257	91.0	6.1	7.5	257	6.9	3.9	84.7	4.1	12.0	69.5	78.9	86.0	9.5	53.8	66.8	19.4	60.9	64.7	0.302	N.A.	N.A.	23.7	60.4	21.7
1989-03	42.157	92.2	5.6	5.9	295	3.2	3.7	87.1	3.8	12.4	75.7	82.6	87.5	9.3	67.6	75.6	16.0	59.9	67.1	0.305	N.A.	N.A.	19.2	68.5	21.6
1989-04	33.866	91.7	6.0	6.4	306	2.5	4.3	86.3	4.1	12.6	76.2	83.3	88.6	8.8	46.2	57.8	27.0	58.5	61.0	0.293	N.A.	N.A.	21.4	63.9	21.1
1989-05	65.751	91.6	5.7	7.4	282	3.1	4.4	84.6	4.7	12.5	71.0	80.4	87.6	8.3	54.7	63.7	22.4	58.0	61.1	0.287	N.A.	N.A.	24.5	62.9	20.8
1989-06	38.936	91.3	6.1	6.6	280	3.1	3.8	87.1	4.3	12.9	75.8	82.2	89.4	7.9	53.4	64.8	22.5	59.1	53.7	0.307	N.A.	N.A.	21.0	60.7	20.6
1989-07	42.325	91.6	5.9	5.9	271	2.5	2.9	87.8	3.6	12.4	72.9	82.5	88.3	8.0	60.5	68.3	20.6	59.0	50.7	0.290	N.A.	N.A.	22.7	70.9	21.6
1989-08	43.418	92.0	5.7	7.0	253	3.8	2.0	87.4	4.1	11.6	76.5	83.8	88.7	8.2	72.5	78.7	13.9	60.8	71.6	0.296	N.A.	N.A.	19.4	65.8	22.0
1989-09	45.124	91.8	6.0	6.1	244	3.6	1.9	86.8	3.5	11.5	79.2	86.1	90.0	7.3	72.7	78.5	13.6	59.7	46.1	0.279	N.A.	N.A.	20.1	64.0	21.6
1989-10	72.704	91.5	6.2	8.1	265	5.7	3.3	85.4	4.9	11.9	81.0	86.7	90.3	7.7	63.2	73.8	16.1	60.0	52.9	0.301	N.A.	N.A.	20.6	62.9	20.8
1989-11	49.507	90.3	7.3	9.9	298	5.1	4.6	81.2	6.9	12.6	79.7	85.2	88.9	8.7	65.4	73.8	18.0	61.3	52.9	0.297	N.A.	N.A.	17.3	65.5	21.1
1989-12	57.960	90.3	6.9	8.5	277	6.0	3.8	85.5	5.0	12.5	79.4	85.8	89.4	7.7	61.9	72.2	16.1	66.3	50.3	0.351	N.A.	N.A.	21.7	58.1	21.4
1989-Ave	49.329	91.3	6.1	7.5	274	4.1	3.0	85.2	4.7	12.2	75.8	83.4	88.6	8.2	60.2	69.8	18.8	60.2	57.1	0.300	N.A.	N.A.	21.0	64.3	21.5
1990-Ave	51.050	90.2	6.8	6.5	275	4.1	7.2	83.9	4.0	13.5	68.0	77.8	85.1	10.7	44.5	55.8	29.0	66.5	54.9	0.346	N.A.	N.A.	23.2	69.0	21.6

表-62 Quality measurement (chemistry of product pellets) for process control

	Produc-tion t/month	T.Fe	Fe++	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr	Ni	Zn	Basicity	
		%	%	%	kg/P	%	%	%	%	%	mm	%	%	%	%	%	%	Bin.	Qual.
1988-Ave	49,761	65.19	1.28	0.104	3.17	1.77	0.85	0.36	0.077	0.051	0.0054	0.155	0.121	0.031	0.040	0.010	0.268	0.245
1989-01.	64,777	65.07	1.18	0.104	3.34	1.83	0.94	0.45	0.075	0.051	0.0054	0.189					0.281	0.269
1989-02.	35,257	64.97	1.33	0.120	3.27	1.88	0.99	0.47	0.066	0.044	0.0050	0.136					0.303	0.283
1989-03.	42,157	65.14	1.21	0.116	3.24	1.81	0.87	0.44	0.075	0.057							0.269	0.259
1989-04.	33,866	65.06	1.17	0.110	3.22	1.85	0.86	0.44	0.072	0.060							0.267	0.256
1989-05.	65,751	65.08	1.13	0.115	3.15	1.82	0.87	0.40			0.0043						0.276	0.256
1989-06.	38,936	65.05	1.12	0.127	3.33	1.79	1.00	0.43			0.0029						0.300	0.279
1989-07.	42,325	65.04	1.14	0.113	3.35	1.84	0.96	0.46			0.0032						0.287	0.274
1989-08.	43,418	65.15	1.11	0.113	3.20	1.85	0.89	0.46									0.278	0.267
1989-09.	45,124	65.04	1.06	0.113	3.23	1.80	0.86	0.48			0.0040						0.266	0.266
1989-10.	72,704	65.27	1.06	0.104	3.11	1.76	0.83	0.47									0.267	0.267
1989-11.	49,507	65.20	1.21	0.104	3.17	1.69	0.84	0.51			0.0040						0.265	0.278
1989-12.	57,960	65.22	1.22	0.104	3.20	1.67	0.82	0.46	0.068	0.057	0.0080						0.256	0.263
1989-Ave	49,329	65.12	1.16	0.111	3.23	1.79	0.89	0.45	0.071	0.054	0.0046	0.163		0.035	0.029	0.011	0.276	0.267
1990-Ave	51,050	65.14	1.25	0.114	3.15	1.77	0.86	0.49	0.064	0.050	0.0043						0.275	0.274