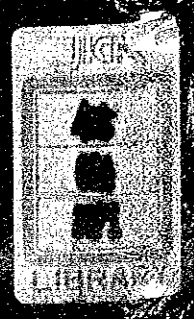


製造計画部
共同製鐵所
共同製鐵所

共同製鐵所
共同製鐵所
共同製鐵所

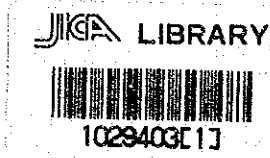
昭和52年10月

國際協力事業團



417T
S 5.16 M
L2

エジプトアラブ共和国ヘルワン製鉄所 改造計画調査報告書



国際協力事業団	
輸入 期 52.11.10	417T
登録No. 6335	S 5.16 M
	L2

昭和 52 年 10 月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 23	405
	66.4
登録No. 13542	MPI

は し が き

日本政府はエジプト・アラブ共和国政府の要請に基づき同国のヘルワン製鉄所改造計画のための調査を行うこととなり、その実施を国際協力事業団に委託した。

国際協力事業団は関係各省及び(社)日本鉄鋼連盟の協力のもとに調査団を編成し、1976年11月22日から12月16日にわたり現地調査を行なった。同調査団は新日本製鉄株式会社エンジニアリング事業本部技術協力事業部副事業部長前原繁氏を団長とする15名からなる専門家で構成され現地調査中、ヘルワン製鉄所全般、あるいは各施設を視察し、グループ別の討議を行いまた資料の提供を受けて現状と問題点の把握に努めた。さらにヘルワン製鉄所のほかにバハリア鉱山及び関連産業をも視察した。調査団は、帰国後資料を分析のうえ、技術的、経済的検討を加えてここに最終報告書を提出する運びとなった。本報告書がエジプト・アラブ共和国政府の鉄鋼業発展に寄与するとともに同国とわが国の友好親善の推進に貢献することを願うものである。終りに調査に協力されたエジプト・アラブ共和国政府各機関の方々をはじめ在カイロ日本大使館通商産業省、外務省等関係機関の各位に対し、ここに深甚なる敬意を表する次第である。

昭和52年10月

国際協力事業団
総裁 法眼晋作

調査団の構成と調査内容

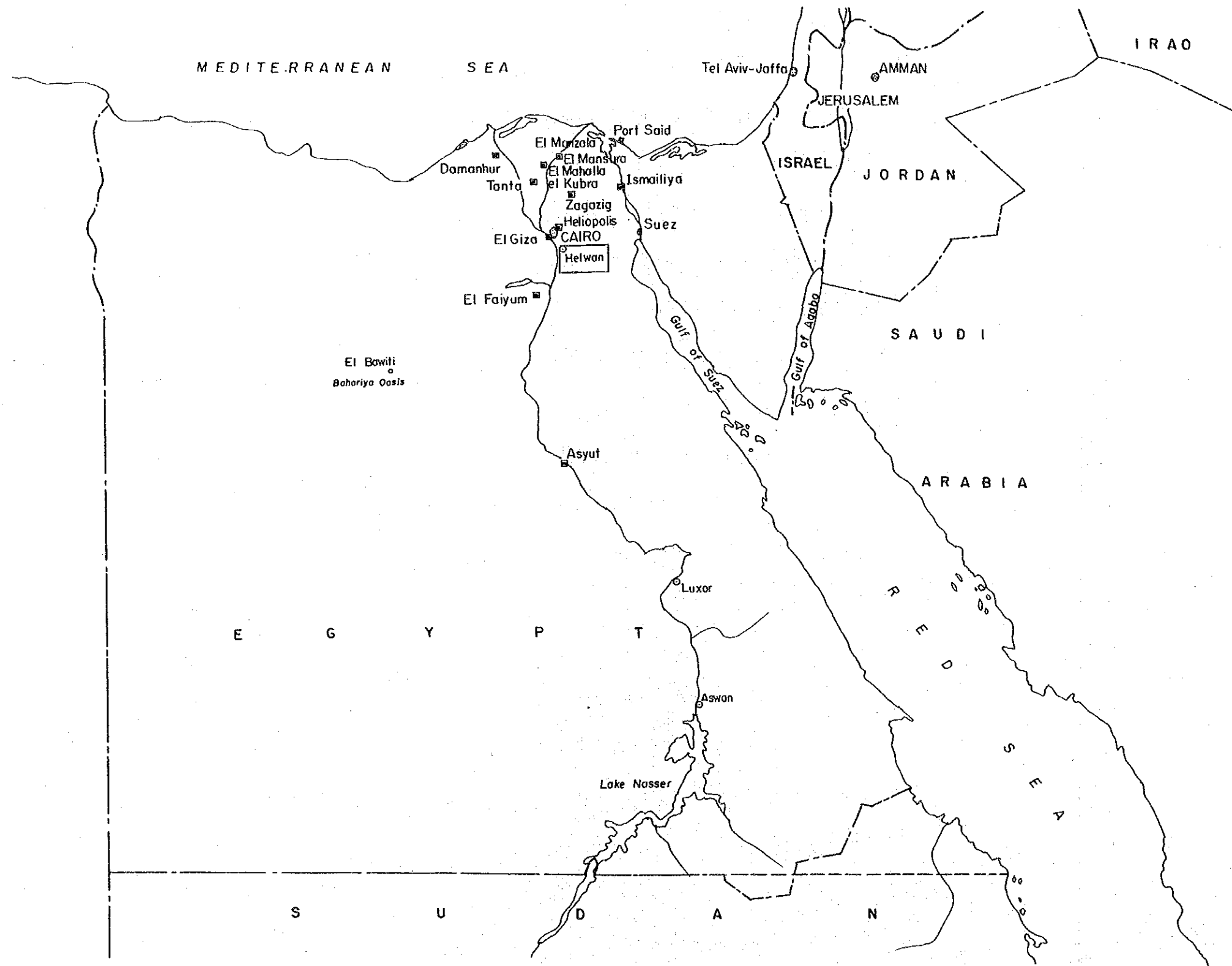
団 長	前 原 繁	新日本製鉄㈱技術協力事業部 (総括)
団 員	藪 下 孝	新日本製鉄㈱技術協力事業部技術部 (製鉄操業)
"	光 安 拓 治	新日本製鉄㈱設備技術センター製鉄班 (製鉄設備)
"	西 面 好 明	新日本製鉄㈱技術協力事業部技術部 技術調整課(製鋼操業)
"	阿 南 春 男	新日本製鉄㈱設備技術センター製鋼 分塊班(製鋼設備)
"	石 井 清 水	新日本製鉄㈱設備技術センター管理部 進行管理課(分塊)
"	南 久 雄	新日本製鉄㈱八幡製鉄所条鋼部 (条鋼)
"	杉 田 清	新日本製鉄㈱設備技術センター熱技術部 (炉材)
"	北 原 隆 志	新日本製鉄㈱設備技術センター動力班 (動力)
"	天 野 哲 男	新日本製鉄㈱設備技術センター管理部 (水道、土建)
"	吉 田 喜 一	新日本製鉄㈱連盟経営管理室 (整備)
"	小 島 彰	通商産業省基礎産業局製鉄課 (改造企画、推進及び組織)
"	三 村 貞 好	新日本製鉄㈱技術協力事業部技術営業部 営業第二課(改造企画、推進及び組織)
"	大久保 道 夫	新日本製鉄㈱技術協力事業部技術営業部 (生産工程管理)
"	小久保 寿 一	国際協力事業団工業計画調査部 工業調査課(コーディネイター)

エジプト側カウンターパート

Head	Dr. Eng. AHMED EID (Coordination Group)
Members	Eng. KAIMAN BALLAN (Ironmaking Group)
	Eng. ISMAEL ABU-EL-SOUD (Ironmaking Group)
	Eng. EL-FOUNS GATAS (Steelmaking Group)
	Eng. ALY-EL-MALATAWY (Steelmaking Group)
	Eng. MOHAMED TAHA (Rolling Group)
	Eng. ZIAD-EL-SHERBINY (Rolling Group)
	Chemist. NAWAL SHALABY (Steelmaking Group)
	Eng. FAWZY ABD-EL-HAMID (Auxiliaries Group)
	Eng. ZAKARIA ABD EL-KADER (Auxiliaries Group)
	Eng. ABD EL-SALAM EL-ANWAR (Auxiliaries Group)
	Eng. MOUSTAFA EL-KADY (Auxiliaries Group)
	Eng. FATH-ALL-KAMAL (Coordination Group)
	Eng. MOHAB EL-MASRY (Coordination Group)
	Eng. GAMAL HASSAN AFIFY (Coordination Group)
	Chemist MOFID AMIN ANTON (Coordination Group)

エジプト国ヘルワン製鉄所改造計画調査団日程

日 程	場 所	
1976年		
11月23日(火)	カ イ ロ	カイロ着 調査団内部打合せ、日本大使館表敬訪問
24日(水)	"	エジプト側カウンターパートとの打合せ
25日(木)	"	ヘルワン製鉄所概観的視察
26日(金)	"	調査団内部打合せ
27日(土)	"	第1回エジプト側カウンターパートとのミーティング
28日(日)	"	第2回エジプト側カウンターパートとのミーティング 分科会形式による (コーディネーショングループ、製鉄グループ 製鋼グループ、圧延グループ、付帯グループ)
29日(月)	"	ヘルワン製鉄所実地調査 (グループ別)
30日(火)	"	ヘルワン製鉄所実地調査 (グループ別) Delta Steel Mill 及び National Metal Industries 視察 (コーディネーショングループ)
12月1日(水)	カイロ-アレキサンドリア	アレキサンドリア港湾施設調査
2日(木)	アレキサンドリア-カイロ	全 上
3日(金)	カイロ-スエズ-カイロ	スエズ運河調査
4日(土)	カ イ ロ	ヘルワン製鉄所実地調査及びエジプト側 カウンターパートとのミーティング (グループ別) バハリア鉱山調査 (製鉄グループ)
5日(日)	"	全 上
6日(月)	"	第3回エジプト側カウンターパートとのミーティング
7日(火)	"	中間報告書作成(原稿作成)
8日(水)	"	全 上 (内部検討)
9日(木)	"	全 上 (仕上げ)
10日(金)	"	調査団内部打合せ
11日(土)	"	第4回ミーティング; 中間報告書の提出・ 説明
12日(日)	"	日本大使館報告 エジプト側カウンターパートとのミーティング (グループ別)
13日(月)	"	経済協力省次官表敬訪問、調査団内部打合せ
14日(火)	"	調査団内部打合せ
15日(水)		カイロ発



MEDITERRANEAN SEA

IRAQ

Tel Aviv-Jaffa

AMMAN

JERUSALEM

ISRAEL

JORDAN

Port Said
El Manzala
El Mansura
El Mahalla
El Kubra
Ismailiya
Zagazig
Heliopolis
CAIRO
El Giza
Helwan
El Faiyum

El Bawiti
Bahariya Oasis

Asyut

Luxor

Aswan

Lake Nasser

SAUDI

ARABIA

E G Y P T

R E D

S E A

S U D A N

Gulf of Suez

Gulf of Aqaba

要 約 編

目 次

I 計画検討の基本方針	(1)
1. 基本的な取組み方	(1)
2. 調査の基本項目	(1)
3. 調査の前提条件	(1)
II 結論と勧告	(3)
III プロダクション・フロー	(5)
1. 基本的考え方	(5)
2. 前提条件	(5)
3. プロダクションバランス	(5)
IV 操業及び設備改善対策	(12)
1. 製 銑	(12)
1-1 焼 結	(12)
1-1-1 操業改善対策	(12)
1-1-2 設備改善対策	(13)
1-2 高 炉	(13)
2. 製 鋼	(17)
2-1 改善対策	(17)
2-1-1 改造計画案	(17)
2-1-2 改造計画各案の設備費	(17)
2-1-3 改造計画各案の生産能力	(19)
2-2 改造計画各案の比較	(19)
2-2-1 技術的比較	(19)
2-2-2 経済的比較	(22)
2-2-3 比較検討の結果	(24)
2-3 トーマス工場における改善対策	(24)
3. 圧 延	(24)
3-1 分塊工場	(24)
3-1-1 操業改善対策	(25)
3-1-2 設備改善対策	(26)

3-2	大形工場	(27)
3-2-1	設備改善対策	(27)
3-2-2	操業改善対策	(27)
3-2-3	将来の検討課題	(28)
3-3	小形工場	(28)
3-3-1	操業改善対策	(28)
4.	付 帯	(29)
4-1	耐火物	(29)
4-1-1	問題点と原因	(29)
4-1-2	改善案と対策	(30)
4-2	動力及び水道	(30)
4-2-1	高炉ガスの運用とホルダー容量	(30)
4-2-2	電源の確保	(31)
4-2-3	循環水の水質、水温の改善	(31)
4-2-4	改造計画に伴う動力設備増強	(32)
4-3	輸 送	(32)
V	設備の主仕様	(33)
1.	焼 結	(33)
2.	高 炉	(34)
3.	製 鋼	(36)
4.	分 塊	(37)
5.	大 形	(38)
6.	小 形	(39)
7.	付 帯	(40)
VI	設備改造費用	(42)
1.	見積り条件	(42)
2.	改造のための総費用	(42)
3.	その他の費用	(42)
4.	マシンショップの活用	(42)
VII	設備改造スケジュール	(45)

I 計画検討の基本方針

1. 基本的な取組み方

当計画は Helwan 製鉄所における西独 DEMAG 社が建設し 1958 年以降稼働中の旧ラインを対象とする操業設備両面からの改造計画であり、新立地の製鉄所建設、操業とは異なる特殊性がある。

また、原料事情をはじめ、その周辺環境の日本との相違も無視出来ない。当計画の検討作成にあたって特に留意した事項は次の通りである。

- a) 現地調査の結果ならびにエジプト側の要望を最大限に反映させる。
- b) Helwan 製鉄所の周辺環境を考慮に入れ、エジプトでの適用可能な現実性のある計画とする。
- c) 現在稼働中の設備を極力活用するとともに、生産の継続に障害の少ない方策とする。
- d) 当計画が一時的な応急対策に終ることなく、長期の展望の中で有利と考えられる方策とする。
- e) 今後に期待される Helwan 製鉄所での技術、技能の向上、管理体制の改善強化も考慮に入れる。

2. 調査の基本項目

エジプト政府と日本政府の合意に基づき今回調査する基本項目は、つぎのとおりである。

- a) DEMAG PLANT の操業上、設備上の現状調査と、その調査結果に基づく問題点の摘出および対策案の策定。
- b) 当改造計画推進の基本となる下記 2 案を選択するためのテクノ・エコノミックスタデイの実施とそれに基づくマスタープランの作成。
 - A 案 : 圧延工場の設計能力の達成とそれに見合った製鉄製鋼能力の達成方策。
 - B 案 : 圧延工場の設計能力の達成とさらに最大出鉄能力の検討とそれに見合った製鋼能力達成のための方策。

3. 調査の前提条件

当調査の目標は、DEMAG PLANT の操業設備両面からの生産能力向上策の立案である。そして、その計画は、それが実施された場合、計画に見合う実績が達成されるべきものである。

ることはいうまでもない。

しかしながら計画通りの生産活動が実現されるためには、関連する諸条件（原料、エネルギー、労働力、管理体制、等）があるレベル以上の状態に保持確保されている必要があることも当然である。

当計画の作成に当っては、すでにのべたように今後に期待される各種の諸関連条件の改善、向上を相当程度考慮しているが、特に当計画の前提としている主要事項を以下に特記する。

- (1) 製鉄所運営上の管理体制（労働、生産、品質、整備、原料、ユーティリティー、等）がさらに改善され、管理レベルは現状より向上すること。
- (2) 操業、整備の技術、技能が向上し、そのためのより充実した教育訓練も実施されること。
- (3) 操業、整備に必要な原材料、諸資材部品の安定した計画的購入、調達がより円滑におこなわれること。

II 結論と勧告

エジプトアラブ共和国 Helwan 製鉄所の DEMAG PLANT の改造計画について、我々はエジプト側の要望を極力取り入れて検討した結論について以下に述べる。

1. DEMAG PLANT はここに提案する操業・設備改善を実施することにより、
 - (1) 出鉄能力は 394 千t/y (現状：240 千t/y)
 - (2) 製鋼能力は 375 千t/y (現状：165 千t/y)
 - (3) 圧延工場は計画能力(大形：180 千t/y、小形：100 千t/y)の達成(現状 大形：60 千t/y、小形：55 千t/y)が可能である。
2. 鉱石の銘柄変更に伴い、製鋼プロセスの変更が必要である。この対策として、既存トーマス転炉を廃止し、上吹純酸素転炉工場を新設することを推奨する。
3. 設備改善の実施に当り、総額 50,707 千US\$ (242 US\$/t-steel/y) の投資(日本ベース)が必要である。この他に詳細設計、建設、立上げ操業等のコンサルタント費として7%程度(3,500 千US\$)が必要と考えられる。
4. この投資は、日本における 1,000 万t/y 製鉄所新設の場合の年産屯当りの投資額約 485 US\$/t-steel/y に比し、低廉であり、当改造計画を推進すべきと考えられる。
5. 設備改善の工事では、上吹純酸素転炉工場新設の工期が最長である。このため、改造計画工期は発注から34ヶ月で完了する。

この改造計画を効率的に実現するためには、この計画と併行して、技術レベルの向上を効果的に計るために、製鉄先進国の製鉄メーカーの操業指導の導入の検討とともに、次の項目についても実施することが必要である。

1. 操業・整備面の技術技能の向上のためのより充実した教育訓練を実施する。
2. 管理体制の一層の充実、必要原材料、資材部品の調達をより円滑に実施する。
3. 技術、技能要員の確保の検討を進める。

なお、我々は今回 Helwan 製鉄所の一部を対象とした改造計画の検討を行なって上述の結論を得た。改造計画は、製鉄所全体の長期的展望の下に実施されなければならない。したがって、

この改造計画の実施に当っては製鉄所全体の長期的展望に基づいてチェックすることが必要と思われる。

また、改造計画の実施は新立地の製鉄所の建設、操業の実施とは異なった困難な問題がある。

我々の訪英中に感じたエジプト側の熱意がこれらの困難な問題点を克服し、改造計画を実施していくことを強く期待する。

Ⅲ プロダクションフロー

1. 基本的考え方

本調査の検討の基本となるプロダクションバランスについて我々は次の様な基本的な考え方で検討した。

- a) プロダクションバランスは、対象設備のみでなく Helwan 製鉄所全体の設備を対象として考えた。
- b) 本調査の対象外となる設備についてはエジプト側で検討された Expansion Plan に採用されている計画値が達成されるものとした。
- c) 基本的なプロダクションフローは Expansion Plan に採用されている計画を用い、本調査の対象設備については、それに採用されている値を見直した。

2. 前提条件

生産バランスを検討するに当っては次の前提条件を設定した。

- a) 製鋼工場で使用するスクラップは外部からの購入は行なわない。
したがって全て Helwan 製鉄所で発生するスクラップを使用する。
- b) 各工場における歩留は Table 1 に示す値を用いた。
この歩留は本調査の対象となっている工場については、向上した後の数値である。
また本調査の対象外の工場については、Expansion Plan に採用されている数値が達成されるものとした。
- c) Expansion Plan に採用されている外販型銑 248 千t/y、外販ビレット 340 千t/y を極力確保する。
また外販型銑より、外販ビレットを優先して考える。

3. プロダクションバランス

本調査の生産バランスについて上述した基本的考え方、及び前提条件に基づいて次の二つの案を検討した。

A 案 圧延計画能力に見合った銑鋼能力

圧延各工場の生産能力に見合った（外販ビレット 340 千t/y 含む）製鋼能力及びその製鋼能力及びその製鋼能力に対する必要溶銑量と外販型銑 248 千t/y を合計した量を生産するのに必要な製銑能力の検討。

Table 1 各工場毎の歩留

工場		項目		Expansion Plan	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5
転炉		製出鋼歩留		92.4	90.0	83.0	88.0	90.0	91.3
		造塊歩留		93.9	95.0	98.0	98.0	98.0	98.0
		良塊歩留		86.8	85.5	81.3	86.2	88.2	89.5
分塊		分塊歩留		-	92.0		88.0		
電気炉		製出鋼歩留		-			89.3		
		造塊歩留		-			98.5		
		良塊歩留		-			88.0		
大形		圧延歩留		-			87.9		
小形		"		-			87.7		
中形		"		93.0			-		
厚板		"		78.9			-		
熱延		"		96.8			-		
冷延		"		86.1			-		

B案 圧延計画能力と無関係に最大の銑鋼能力

圧延能力（外販ビレット340千t/yを含む）に見合った必要溶銑量と外販型銑248千t/yの合計量を上廻って最大限に出銑した場合の生産バランスの検討。この場合248千t/yの外販型銑以外の溶銑は全て製鋼工場に供給する。圧延能力（外販ビレット340千t/yを含む）を上廻って製造された鋼塊は外販するものとした。

トーマス転炉の改造計画には、次の5案が考えられる。

- 第1案 既存トーマス工場を休止して80t上吹転炉工場を強化する。
- 第2案 既存トーマス工場を底吹酸素転炉工場に改造する。
- 第3案 既存トーマス工場を上吹転炉工場に改造する。
- 第4案 既存トーマス工場周辺に上吹転炉工場を新設する。
- 第5案 既存トーマス工場周辺に底吹酸素転炉工場を新設する。

各案により、Table 1に示す様に各歩留が異なっており、必要溶銑量は異なる。

上記の5案の中で必要溶銑量が最も少ない第1案のA案の場合の必要製銑能力及び製鋼能力はTable 2のようになる。即ち、必要製鋼能力は355千t/y、必要製銑能力は457千t/yとなる。

Table 2 圧延能力と均衡のとれた製鋼能力

	製鋼を新ラインへ集約した場合
旧ライン能力(No.1, 2BF)	457 千t/y
新ライン能力(No.3, 4BF)	1,340
製銑能力合計	1,797
旧ライン能力(電気炉+転炉) 新ライン能力(LD転炉)	45(電気炉のみ) 1,200 + 310
製鋼能力合計	1,555

しかし我々の検討ではNo.1, 2BFに種々の操業設備改善対策を施しても、出銑能力は最高600t/d/基、平均540t/d/基で394千t/yであり、圧延能力（含む、外販ビレット）に見合った鋼塊を製造した後に余る溶銑量、即ち外販型銑量は185千t/yとなり、Expansion Planで要求されている外販型銑248千t/yを確保することが出来ない。

従ってB案の検討の必要はない。このため本調査における製銑、製鋼能力は

- a) 製銑：最大出銑能力

b) 製鋼：圧延能力に見合った出鋼能力（残溶銑は外販型銑）

としてプロダクションフローの検討を行なった。

トーマス転炉改造計画各案におけるプロダクションフローを Fig 1、2 に示す。

本調査に対する我々が推奨する案についてのプロダクションフローを Fig 3 に示す。

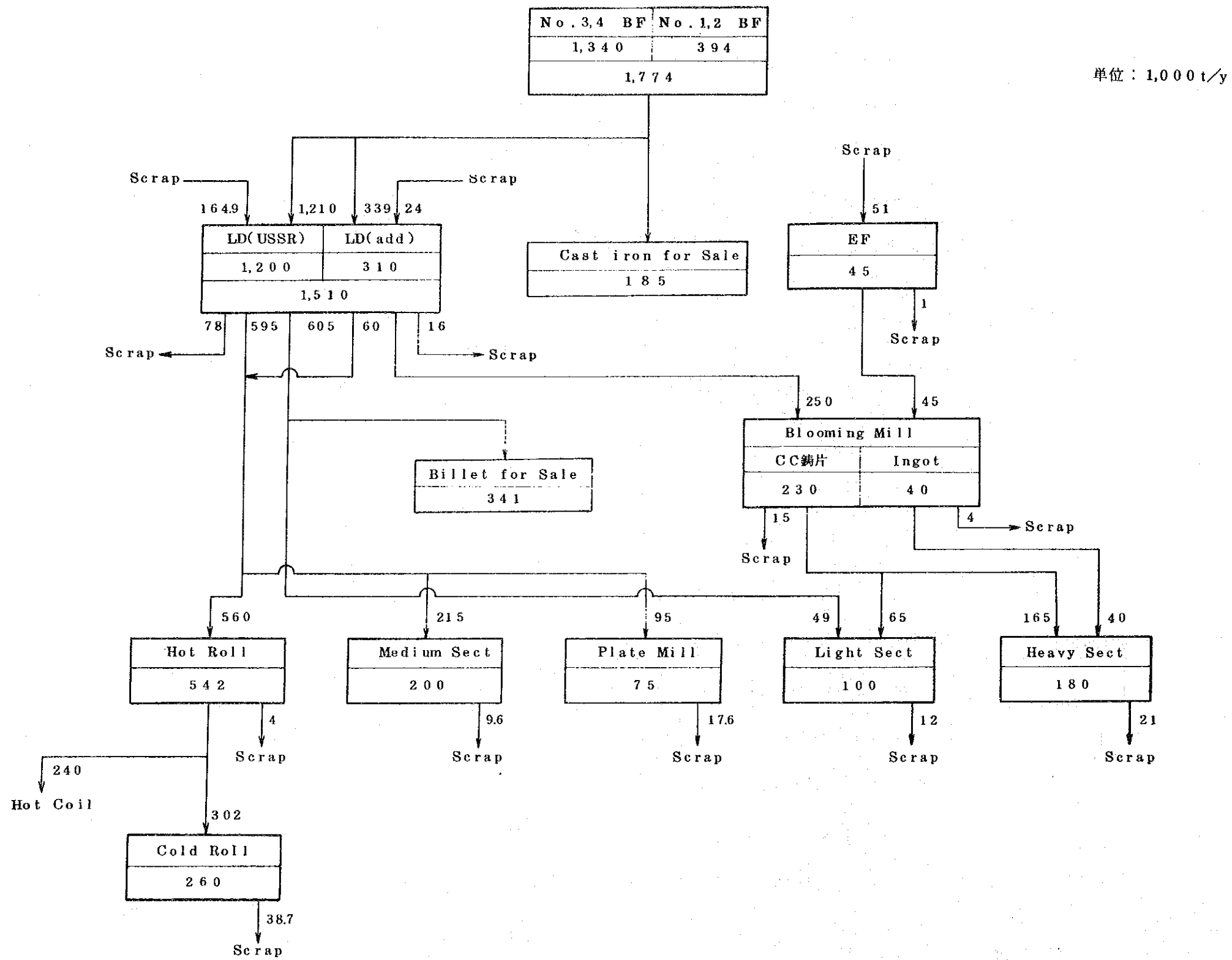


Fig. 1 製鋼を新ラインへ統合した場合（トーマス転炉改造：第1案）の生産フロー

単位：1,000t/y

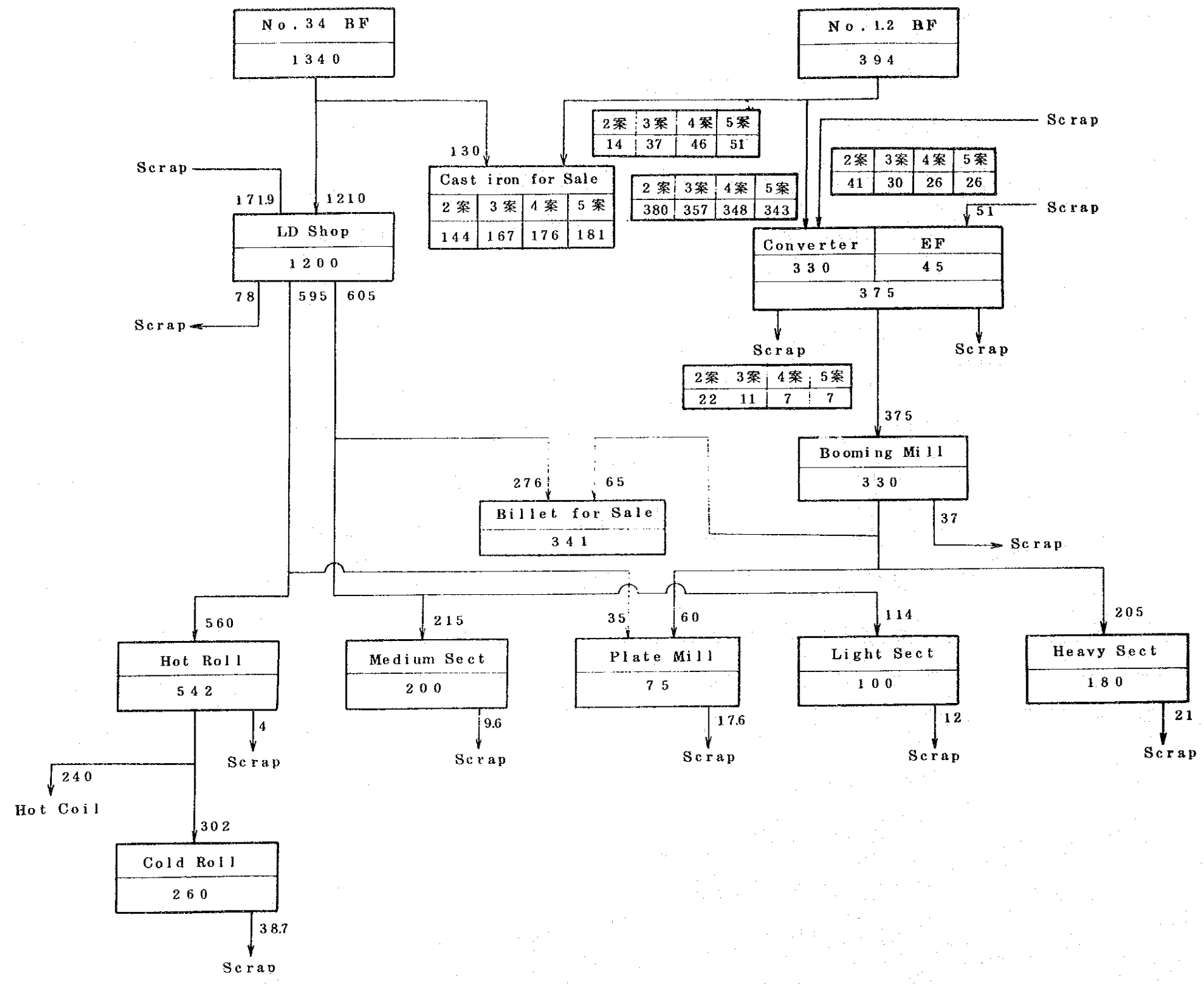


Fig. 2 トーマス工場を改造した場合（トーマ転炉改造：第2～第5案）の生産フロー

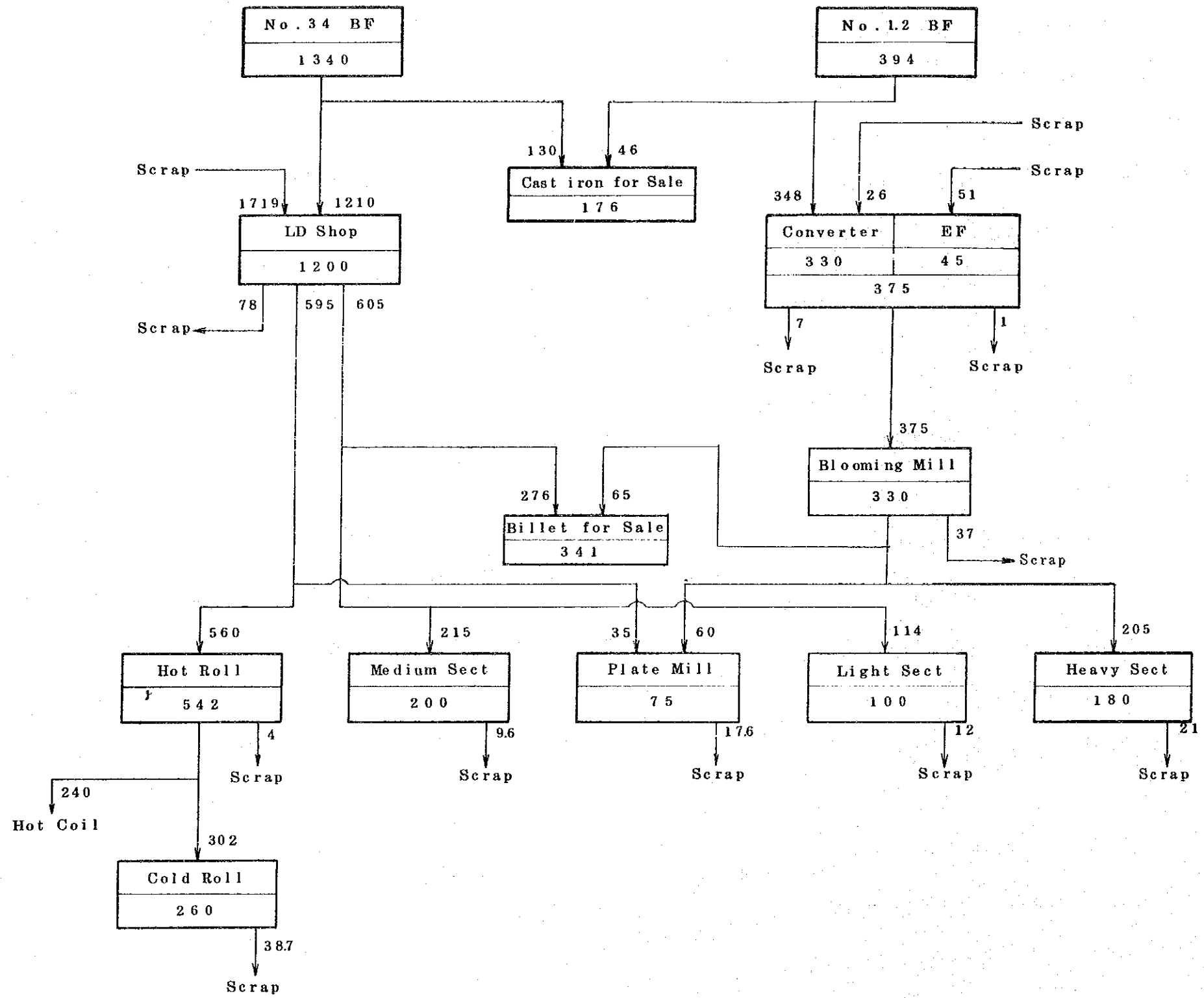


Fig. 3 推奨改造計画案の生産フロー

IV 操業及び設備改善対策

1. 製 鉄

1-1 焼結

焼結工場に於ける生産・品質を阻害する要因は、次のように集約されるであろう。

(1) 鉱石の本質に起因する障害

- a) Na、Cl 含有量が高いために生ずる設備故障。
- b) 鉱石が微粉を含むヘマタイトとゲーサイトから成るための焼結不良。

(2) 整備体制の悪さ

- a) 低稼働率
- b) 整備不良（シール不良等）

(3) 操業管理不十分

高炉での生産量、操業の安定化を図る上で、原料、燃料の品質向上、安定供給の果たす役割は極めて大きい。即ち、上記問題点の解決が目下の急務である。

以上にその解決策を記すが、鉱石本質に起因する問題については、抜本的な事前処理方策を考えぬ限り完全な解決は難しい。従って、原料の事前処理についての検討も併行して進めるべきである。

1-1-1 操業改善対策

(1) 焼結用原燃料

- a) 粉鉱石は閉回路による処理強化をすべきである。
- b) 返鉱については篩目を検討して $\oplus 5\text{mm}$ 粒子の回収を計ること。
- c) 石灰石粒度は $\oplus 3\text{mm}$ の減少に努めるべきである。
- d) コークスの粉砕を強化した方が良い。

(2) 焼結操業

- a) 返鉱の配合管理に留意すべきである。
- b) 水分制御が適正値か否かチェックが必要である。
- c) 床敷を使用した方が好ましい。
- d) 装入管理の強化を計ること。
- e) 点火炉の炉温管理を確実にこなうこと。
- f) 物理、化学的性状把握のための品質管理体制を充実すること。

(3) 増産対策

- a) バインダーの添加による疑粒化を推奨する。
- b) 通気性改善の一策として通気バーの設置を奨めたい。
- c) 吸引負圧を -760 mmAq （仕様）から $-1,200\text{ mmAq}$ に変更する事を奨めたい。
- d) 篩分機を増設して篩分の改善に努めること。
- e) 整備の強化を計り稼働率の向上に努めるべきである。

1-1-2 設備改善対策

- a) 主排風機を $5,000\text{ m}^3/\text{分}$ at 150°C $-1,200\text{ mmAq}$ に更新する。
- b) 現在の冷間篩は更新し、且つ2次篩を設け床敷鉋を採取する。
- c) バインダーとして生石灰配合設備を設ける。
- d) 高炉への安定供給のためにストックヤードを設ける。

1-2 高 炉

Helwan 製鉄所第1、2高炉の調査を行なった結果、生産性を阻害する原因として原料及び操業の基本的な管理の欠除があげられる。すなわち

- a) 原料バランスがとれていない。
- b) 原料性状管理が不十分である。
- c) 操業管理（出銑滓、炉熱、通気性、羽口先温度等）が不十分である。
- d) 整備が悪い。（例、送風支管における漏風）
- e) 熱風炉の燃焼管理が悪い。

等である。

生産性を上げるには、上述した問題点の改善が不可欠の前提条件となるが、それらの具体的な内容をTable 3に総括する。

さらにTable 4に総括する諸対策を実施することにより、第1、2高炉の生産性は

最大出銑量 (P_m) = 600 t/d/基

平均 " (P) = 540 t/d/基 ※

※ 操業率 ($P/P_m \times 100$) = 90% の時

にまで上げられる。尚、以上の諸対策は最も経済的に生産性を上げる方法であると考えられる。

Table 3. 操業改善対策

項 目	改 善 内 容	現 状	コ メ ン ト
1) 原 料 焼結鉄 粒度 機械強度 塩基度 還元性 (FeO%) コークス 水分 粒度 機械強度	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 焼結工場における篩分けを強化し、高炉に装入される-5mmを5%以下に押えること。 ◦ 焼結工場において、2回/シフトサンプリングし粒度チェックをすること。 ◦ 鉄石槽より切出し後の粒度チェックを時々行うこと。 ◦ SI \geq 82%で管理すること。 ◦ CaO/SiO₂ = 1.00 (塩基度を上げて高炉への石灰石装入量を減じたいが、高SiO₂ 焼結鉄は塩基度を上げると生産性や品質が落ちるため断念する) ◦ 機械強度に注意しながら FeO%を徐々に下げる ◦ こと。 ◦ 4%以下で管理すること。(コークス炉ワークにおける消火用散水量の調整による) ◦ 篩後粒度-15mm \leq 2%で管理すること。 ◦ コークス用篩分機の篩網目詰り管理を強化すること。 ◦ M₄₀ \geq 77.7%で管理すること。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 焼結工場の篩分け後の試料で-5mm = 4~5% ◦ 高炉に装入される-5mmは、輸送途中の粉化により、7~8%はあると推定される。 ◦ 定期的な粒度チェックを行っていない。 ◦ CaO/SiO₂ = 0.86~1.04 ◦ FeO%は9.5~13.5%あり、還元性がかなり悪いと推定される。 ◦ Ave. 7.7%、σ = 1.5% ◦ M₄₀ > 75%、M₁₀ < 7.5%で管理。実績は M₄₀ = 73.2~75.8、M₁₀ = 7.7~9.0 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 新日鉄では高炉に装入される-5mmを2%以下で管理している。 ◦ バハリア鉄石の山元での処理により SiO₂%を下げる事ができれば CaO/SiO₂ の向上が可能となる。

項 目	改 善 内 容	現 状	コ メ ン ト
2) 操 業 稼働率 出鉄及び出滓 滓口排滓率 炉熱管理 通気性管理 羽口先温度管理 羽口先風速管理 燃料吹込 熱風炉における燃焼管理 ドーム温度 排ガス温度 漏風	<ul style="list-style-type: none"> ◦ コークスの確保、停電の防止、滓口破損の防止等により稼働率$\geq 95\%$を達成すること。 ◦ 鍋の輸送遅れをなくし、貯鉄滓レベルに応じたタイムリーな出鉄滓を行える条件を作ること。 ◦ 滓口を2ヶに増設し、滓口に圧縮空気を吹込んで、滓口排滓率を60～70%にすること。 ◦ 溶鉄温度の測定を行うこと。 ◦ 種々の要因($\Delta P/V$、K、棚吊回数、等)により通気性をよく管理し、悪化すれば原料や出鉄滓の是正を行なうこと。 ◦ 送風温度上昇、酸素富化の実施等により羽口先温度(T_f)を上げ、$T_f = 2,200 \sim 2,300^\circ\text{C}$で管理すること。 ◦ 羽口径を変更して$200 \sim 250\text{m/sec}$で管理すること。 ◦ $T_f = 2,200 \sim 2,300^\circ\text{C}$、$\mu \geq 2.0$で管理すること。 ◦ 使用煉瓦の許容温度に対し、-50°C以下で管理すること。 ◦ 最高350°Cで管理すること。 ◦ 整備を行い極力押えること。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 平均65.6%(1975年11月～1976年10月)(コークス不足による休止を除くと平均89.1%) ◦ 8回/日の出鉄を行っているが鍋の輸送遅れによる出鉄遅れが頻発している。 ◦ 滓口が1ヶしかなく、しかも滓口破損が頻発しているため滓口出滓率が約30%しかない。 ◦ 溶鉄温度の測定を行っていない。 ◦ 全く管理されていない。 ◦ 全く管理されておらず$T_f = 1,900 \sim 2,000^\circ\text{C}$しかない。 ◦ 全く管理されておらず$110 \sim 180\text{m/sec}$しかない。 ◦ $1,200 \sim 1,250^\circ\text{C}$ ◦ 最高400°Cで管理 ◦ $1.5 \sim 4.0\%$(平均2.9%) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 新日鉄実績は$96 \sim 99\%$ ◦ 羽口先風速が低いと正常な燃焼帯形状が得られない。 ◦ μ ; 吹込燃料の完全燃焼に必要な酸素量に対する送風中の酸素量の割合。 ◦ 高温送風及び酸素富化操業において漏風は許されない。

Table 4. 600 t/d・BFの生産を達成するための対策

項 目	改 善 内 容	現 状	コ メ ン ト
1) 原 料 焼結鉄生産 購入コークス品質	<ul style="list-style-type: none"> 平均 2,160 t/d を確保すること。 (平均出鉄量 = $600 \times 0.9 = 540$ t/d) 高炉 2基に必要な未篩コークス 322千t/y を確保すること。* 	<ul style="list-style-type: none"> 平均 1,200 t/d コークス量の不足のために高炉をバンキングしている。 	<ul style="list-style-type: none"> 焼結鉄 100% 配合の操業となるので出鉄量に応じた焼結鉄を確保しなければならない。 ※コークス比 = 750 kg/t-pig、$P_M = 600$ t/d 操業率 = 90%、コークス粉率 = 8% の時
2) 操 業 操業率 燃料化 送風温度 酸素富化 スケールカーの作業	<ul style="list-style-type: none"> $P/P_M \geq 90\%$ を確保すること。 燃料比 ≤ 850 kg/t-pig を達成すること。 1,000℃ に上げること。 Tf の上昇及び送風機能力不足を補うため 2~3% (最高 2,200 Nm³/hr・BF) の酸素富化をすること。 能率的な秤量を行い 6.3 charges/hr 以上にすること。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料比 = 891~1,101 kg/t-pig) (平均 987 kg/t-pig) 約 700℃ なし 最高 6 charges/hr 	<ul style="list-style-type: none"> P_M がのびても操業率 (P/P_M) を上げなければ生産性はのびない。 燃料消費量に限界があるため燃料比を下げ生産量を確保する。
3) 設 備 高炉 熱風炉 熱風管ライン	<ul style="list-style-type: none"> 鉄皮を更新し炉床径を 5.7 m にする。 3基操業でドーム温度 1,250℃ で管理。煉瓦許容温度 1,300℃ となるようレンガを積替える。 内径 1.0 m、ライニング厚 400 mm、鉄皮径 1.8 m となるよう全面更新すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 炉床径 = 5.1 m 2基操業、ドーム温度 1,200~1,250℃ で管理。 内径 0.9 m、ライニング厚 250 mm、鉄皮径 1.4 m 	

2 製 鋼

既存トーマス工場については、鉄鉱石の銘柄変更（アスワン鉱石→バハリヤ鉱石）に伴ない、製鋼プロセスの変更が必要である。この製鋼プロセスの変更という観点からトーマス工場を調査したが、その問題点としては次の事項が挙げられる。

- a) 主要設備が老朽化し、更新の時期に来ている。
- b) 工場全体のレイアウトが狭隘である。
- c) 保全を要する装置部品が多い。
- d) 操業管理上の計装々置が皆無に近い。
- e) 歩留が非常に低い。
- f) 耐火物の成績が非常に悪い。
- g) 注入後の鋼塊管理が十分に行なわれていない。

これらの問題点の解決策も併せて、鉱石銘柄の変更に伴う新プロセスへの対応策を検討する必要がある。

2-1 改 善 対 策

2-1-1 改 造 計 画 案

前述の様にトーマス工場が抱えている問題点の解決策をも併せて、新プロセスへの対応策を考える場合、次の5案が考えられる。

- 第1案 … 既存トーマス工場を休止して、80t上吹転炉工場を強化する。
- 第2案 … 既存トーマス工場を底吹酸素転炉工場に改造する。
- 第3案 … 既存トーマス工場を上吹転炉工場に改造する。
- 第4案 … 既存トーマス工場周辺に上吹転炉工場を新設する。
- 第5案 … 既存トーマス工場周辺に底吹酸素転炉工場を新設する。

2-1-2 改造計画各案の設備費

改造計画各案の設備費について、Table 5 に示している。このTable 5 からわかる様に

- (1) 設備投資額の最も安いのは第2案(B)である。

Table 5 改造計画各案設備費

単位千us\$

	第1案	第2案 (A)	第2案 (B)	第3案	第4案	第5案
① 炉体関連設備	—	1,138	1,138	807	3,462	3,810
② 原料関連設備	2,149	2,072	1,497	2,079	3,083	3,387
③ 造塊関連設備	9,487	248	248	248	773	773
④ 排ガス処理設備	—	8,318	—	8,318	6,314	6,314
⑤ クレーン関連設備	1,525	2,531	2,469	2,531	3,504	3,504
⑥ 電気関係設備	680	308	259	308	462	462
⑦ 水道関係設備	1,169	121	90	121	121	121
⑧ 土木関係設備	2,435	448	328	517	1,379	1,310
⑨ 建築関係設備	7,176	2,307	1,891	2,415	3,138	3,069
⑩ 分塊関係設備	4,990	3,773	3,773	3,773	3,773	3,773
合計	29,611	21,264	11,693	21,117	26,009	26,523
⑩を除く合計	24,621	17,491	7,920	17,344	22,236	22,750
備考	a) 工事費は日本の現状における見積りベースで折り込んでいる。 b) 設備の購入費は日本の現状における見積りベースをC.I.F.換算した。					

- (2) 既存トーマス工場の改造案は、新設工場案に比して投資額は大巾に安くはない。
- (3) 既存80tLD工場の強化案は連铸機の高コストのために投資額は最も高くなっている。

2-1-3 改造計画各案の生産能力

改造計画各案の生産能力についてTable 6に示す。

Table 6 生産能力一覧表

	第 1 案	第 2 案	第 3 案	第 4 案	第 5 案
生産能力	千t/年 1,200 +310	千t/年 330	千t/年 330	千t/年 365	千t/年 336
炉設置基数	3	4	4	2	2
Ton/Heat	76.4	16	16	36	36
平均製鋼時間	分 42.5	分 39.0	分 41.5	分 41.5	分 39.0
稼働率	% 53.3	% 38.2	% 38.2	% 40.0	% 34.7
備考	$\text{稼働率} = \frac{\text{延製鋼時間}}{\text{炉設置基数} \times \text{暦時間}} \times 100$ $\text{生産能力} = \frac{\text{炉設置基数} \times \text{暦時間} \times \text{稼働率}}{\text{平均製鋼時間}} \times \text{Ton/Heat}$				

生産能力について要約すれば、

- (1) 第3案は必要年間粗鋼量(330千t/年)を満たすことが出来ない。
- (2) 第4案は必要年間粗鋼量(330千t/年)を上廻り、生産能力の柔軟性が大きい。
- (3) 第1案は必要年間铸片量(310千t/年)を満たすためには高水準の稼働率を維持しなければならない。

2-2 改造計画各案の比較

2-2-1 技術的比較

改造計画各案の技術的比較の総括をTable 7に示すが、改造計画各案の技術的得

失を要約すると次の通りである。

第1案

- a) 現設備の増強であり、立上り期間が短い。
- b) 生産能力の確保のために転炉々寿命に対する制約が最も大きい。
- c) 稼働率が53%と高く、高能率な2/3基操業が必要である。

第2案(A)

- a) 歩留が最も低い。
- b) 工事期間中減産を生じる。
- c) 稼働形態が複雑である。
- d) ヒート当りの鋼塊本数と均熱炉装入本数のアンバランスの為、冷塊発生率が高くなる。
- e) 高炭素鋼の溶製には、〔H〕の点からAr吹込装置が必要である。

第2案(B)

- a) 第2案a)～d)と同じ。
- b) 赤煙の発生があり、恒久的対策としては、推奨出来ない。

第3案

- a) 生産能力が不足する。
- b) 工事期間中減産を生じる。
- c) ヒート当りの鋼塊本数と均熱炉装入本数のアンバランスのため、冷塊発生率が高くなる。

第4案

- a) 生産能力に対する柔軟性が最も大きい。
- b) 操業要員の訓練が容易である。
- c) 操業形態が簡単である。

第5案

- a) 操業形態が簡単である。
- b) 炉底交換時0基操業が発生する。
- c) 高炭素鋼の溶製には〔H〕の点からAr吹込装置が必要である。

Table 7 改造計画案技術的比較表

	第 1 案	第 2 案 (A)	第 2 案 (B)	第 3 案	第 4 案	第 5 案
① 生産能力に対する柔軟性	△	○	○	×	◎	○
② 炉寿命の制約	×	○	○	○	◎	△
③ 溶製鋼種の制約	○	△	△	○	○	△
④ 工事上の制約	○	×	△	×	○	○
⑤ レイアウト上の制約	○	△	△	△	○	○
⑥ 作業形態上の制約	○	×	×	△	◎	○
⑦ その他						
⑧ 均熱炉への影響	◎	△	△	△	○	○
⑨ 保 全	○	△	△	△	○	○
⑩ 赤 煙	○	○	×	○	○	○
総 合	△	△	×	×	◎	○
備 考	◎ 有利 ○ 問題なし △ 若干問題あり × 問題あり					

2-2-2 経済的比較

改造計画各案の経済的比較の前提条件および検討結果をTable 8に示す。

経済的比較の結果を要約すれば

- (1) 第1案及び第4案が経済的に最も有利である。
- (2) 設備投資額の安いトーマス工場改造案は低歩留の影響で経済的には不利となっている。
- (3) トーマス工場改造案は経済的不利の点から、将来構想としての検討案には成立し難い。

Table 8 經濟的比較總括表

		第 1 案	第 2 案 (A)	第 2 案 (B)	第 3 案	第 4 案	第 5 案
前 提 条 件	鋼片 × 100 主原料	± 0	- 8.5 %	- 8.5 %	- 4.1 %	- 2.4 %	- 1.3 %
	副原料 (kg/T-鋼片)						
	生石灰原單位	± 0	+ 12.7	+ 12.7	+ 5.7	+ 3.3	+ 1.7
	螢石 "	± 0	- 4.3	- 4.3	+ 0.2	+ 0.1	- 4.3
	エネルギー (Nm ³ /T -鋼片)						
	酸素原單位	± 0	+ 0.4	+ 0.4	+ 3.1	+ 1.7	- 4.9
	窒素 "	± 0	+ 5.7	+ 5.7	0	0	+ 5.2
	L.P.G. "	± 0	+ 5.3	+ 5.3	0	0	+ 4.8
炉材原單位 (kg/T- 鋼片)	± 0	+ 14.8	+ 14.8	+ 9.1	0	+ 3.4	
分塊燃料原單位 (kcal/T-鋼片)	± 0	- 4.0 0 0	- 4.0 0 0	- 4.0 0 0	- 4.0 0 0	- 4.0 0 0	
檢 討 結 果	主原料費 (\$/T-鋼片)	± 0	+ 15.1	+ 15.1	+ 7.0	+ 3.9	+ 2.1
	副産物 (")	± 0	▽ 8.1	▽ 8.1	▽ 4.7	▽ 3.5	▽ 3.5
	小 計 (")	± 0	+ 7.0	+ 7.0	+ 2.3	+ 0.4	- 1.4
	副原料費 (\$/T-鋼片)	± 0	+ 0.2	+ 0.2	+ 0.2	+ 0.1	- 0.2
	炉材費 (\$/T-鋼片)	± 0	+ 6.7	+ 6.7	+ 4.1	0	+ 1.7
	エネルギー費 (")	± 0	- 0.3	- 0.3	- 0.9	- 1.0	- 0.6
	投資に伴なう費用 (")	± 0	- 3.8	- 12.5	- 4.0	- 0.2	+ 0.4
	その他 (")	± 0	+ 1.8	+ 1.8	+ 0.9	+ 0.8	+ 1.5
	合 計 (\$/T-鋼片)	± 0	+ 11.6	+ 2.9	+ 2.6	+ 0.1	+ 1.4

2-2-3 比較検討の結果

改造計画各案の技術的経済的比較検討の結果、下記の理由で第4案即ち、上吹転炉の新設を推奨する。

- a) 経済的に有利である。
- b) 生産能力に対する柔軟性が最も大きい。
- c) 操業要員の訓練が容易である。
- d) 操業形態が簡単である。
- e) 工事期間中の減産がない。

2-3 トーマス工場における改善対策

改造計画の実施により現状問題点の根本的解決が計れるが、改造計画実施前には次の改善策を行なう必要がある。

- a) 溶銑秤量機の復旧と維持管理の強化を行なわねばならない。
- b) 測温体制の確立を計らねばならない。
- c) 鋼塊輸送ロットを均熱サイクルに合せて最高、2ヒート単位に変更しなければならない。

3 圧 延

3-1 分 塊 工 場

分塊工場の最近の操業状態を1976年1~10月についてみると、生産量は13,650 t/m、圧延能率42.0 t/hr、剪断歩留85.0%である。

均熱炉は炉蓋炉壁の修理のための休止が多く、稼働率は低い。また、トラックタイムが長く冷塊が多いため、加熱能率が低く現状での均熱炉能力は約200,000 t/yと思われる。

圧延時の鋼塊温度は低く、軽圧下圧延であり、しかも圧延中に反り、曲りが発生し圧延 t/hr は低い。また、故障による圧延休止が多いため、圧延能力は低く現状では、約210,000 t/yと思われる。

また、捻れによるフレームの層化で剪断歩留を大巾に低下させている。

改造計画における分塊工場の鋼塊処理量は375,000 t/yである。均熱炉の寿命延長等による稼働率の向上、トラックタイムの短縮等による加熱 t/hr の向上など均熱炉能力の向上をはかっても、現在の均熱炉の能力は250,000 t/yであり、

375,000 t/y の鋼塊を加熱するには、4ホール の均熱炉増設が必要である。

圧延能力については、鋼塊温度の向上、圧延技術の向上をはかることにより圧延能率 68.1 t/hr が可能である。従って、375,000 t/y の鋼塊を圧延するには 5507 hr/y の圧延時間となり、この時間は予防保全による故障率の減少等により達成可能な圧延時間である。一般に設備計画時に用いられる圧延可能時間 6,000 hr/y を用いると圧延能力は 408,600 t/y となる。従って、分塊工場能力は次のようになる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{均熱炉能力} \quad ; \quad 375,400 \text{ t/y} \\ \text{圧延能力} \quad ; \quad 408,600 \text{ t/y} \end{array} \right\} \text{分塊工場生産能力} \quad , \quad 375,400 \text{ t/y}$$

剪断歩留は非常に低いが、理由は捻圧による切捨屑化が多いためと思われる。圧延 t/hr の向上対策と同じ対策によって切捨屑化を減少させ、また良質部の切捨量減少により剪断歩留 88.0 % は容易に達成可能である。

3-1-1 操業改善対策

(1) 均熱炉の稼働率の向上対策

鋼塊加熱可能時間を 6,500 hr/y/hole から 7,000 hr/y/hole へ向上させるために均熱炉寿命延長対策を実施する。

- a) 適正な耐火物を使用すること。
- b) 均熱炉修後の乾燥時間を現状の 1 日から最低 3 日に延長すること。
- c) 修理後の均熱炉の炉蓋を使用前に乾燥すること。

(2) 均熱炉加熱 t/hr の向上対策

鋼塊圧延温度を向上させ、しかも加熱能率を 4.47 t/hr/hole まで向上させるための対策を実施する。

- a) トラックタイムの短縮のための輸送上の改善をはかること。

鋼塊輸送用専用機関車を 2 台準備し、熱塊は 1 チャージ輸送する。また型抜きおくれがないよう作業管理を十分行うこと。

- b) 冷塊発生率を 42 % から 10 % へ減少させること。

定期修繕を製鋼、分塊で同時に実施する等の対策を実施すること。

- c) 鋼塊の重装入加熱を実施することが望ましい。

転炉材は 36 t/hole、電気炉材は 2 チャージ 24 t/hole 装入としているが、転炉 1 チャージ 36 ton、電気炉 1 チャージ 12 ton 計 48 t/hole の加熱方法を試験してその作業方法を確立すること。

(3) 圧延 t/hr の向上対策

圧延能率 4.2 t/hr → 6.81 t/hr への向上対策を実施する。

a) 抽出遅れを減少させること。

同一ピットへ全鋼塊抽出が完了するまで次のチャージを装入しないこと。

b) 鋼塊加熱温度を向上させること。

圧延終了温度が、1,050℃以上になるよう標準加熱時間を設定すること。

c) 圧延技術の向上をはかること。

標準圧延パススケジュールを設定し、圧延手に徹底をはかるとともに圧延手各人の技術レベルの向上をはかること。

(4) 剪断歩留の向上対策

剪断歩留を 85.0% から 88.0% へ向上させるための対策を実施する。

a) 捻圧によるブルームの切捨量を 3~4% から 1.0% 以下に減少させること。

鋼塊の圧延温度を向上させるとともに捻圧しそうなブルーム形状になったときの捻圧防止のための圧延法を確立すること。

b) 鋼片良質部切捨量の減少をはかること。

剪断基準を設定し、剪断技術の向上をはかること。

3-1-2 設備改善対策

(1) 均熱炉の能力向上対策

a) 均熱炉 4ホール 増設すること。

b) 排滓作業を機械化すること。

均熱炉の排滓作業を炉を冷却せずに装入機で実施し、1時間以内で実施できるようにする。

c) 炉内温度制御を簡略化すること。

2点温度検出から1点温度検出による温度制御法に変更する。

d) メタリックレキュペレーターを全ホールに完備すること。

メタリックレキュペレーターを全ホールに取付けるとともに排ガスが高温になった場合の保護装置を取付けること。

(2) 装入機を1台増設する。

装入機が老朽化して故障が多い。また 4 t 鋼塊の取扱い及び排滓作業を装入機で実施するために装入機を1台増設することが望ましい。

3-2 大形工場

この工場は、丸鋼、ピレット、形鋼、レール等を生産し、その設計能力は180,000 t/yである。これに対して実績は60,000~65,000 t/yである。直近の操業成績では、月平均の圧延時間は約300 hr/m、圧延能率は約17 t/hrであり、生産量を左右するこれら2つの要素は、共に小さすぎる値となっている。

この生産を阻害している第1の要因は、加熱能力の不足である。この加熱能力の不足が、直接的には加熱待ち時間を発生させ、又間接的には、生産休止(99 hr/m)や圧延 t/hr の低下をもたらしている。

第2の要因は、設備故障による休止時間が多いことである。計画されたメンテナンス時間が78 hr/mもあるにも拘わらず、更に機械・電気故障による圧延休止時間が76 hr/mもある。

又、将来の検討課題として、品質と精整ラインの問題がある。

3-2-1 設備改善対策

- (1) 加熱炉の能力増強が是非共必要である。

現在の冷片装入での能力20 t/hrを40 t/hrに増強する。増強方法には次の4方案考えられる。

- 1) 現有炉を改造する … 工事が大がかりで生産休止期間が長い。
- 2) 予熱炉を設置する … 現有炉と予熱炉の2基で作業する。
- 3) 20 t/hrの新加熱炉を設置する … 現有炉と新炉の2基で作業する。
- 4) 40 t/hrの新加熱炉を設置し、現有炉を予備とする…通常は新炉1基で作業する。

以上4方案を比較検討の結果、第4)案を推奨する。

- (2) 新加熱炉の設置に伴ない、ブルーム処理クレーンを1台増設する。
- (3) 設備故障対策としては、設備の重要度に応じてのランク付けを行ない、重要設備については、予防保全制度を適用する。

3-2-2 操業改善対策

- (1) 加熱炉は、原則として冷片装入作業とする。

熱片装入や直送圧延は、分塊と大形のタイミングが合致した時、随時実施する。

- (2) 小サイズ品種は計画通り、新中形工場へ移行する。
- (3) 問題品種のロールバスデザインの見直しを行なう。

歩留不良品種、圧延状況不安定品種等については、バスデザインの再検討を行な

うべきである。

形鋼圧延には、ロールパスデザインが非常に重要な役割りを果たすので、この専門技術者の養成が必要である。

3-2-3 将来の検討課題

- (1) レールの生産量が増加してくる場合には、レール専用の精整ラインの設置が必要である。
- (2) 品質要求が強くなってくる場合には、材料手入の実施、ローラー矯正機の更新などを検討すべきである。

3-3 小形工場

この工場は、主として小サイズの丸鋼と少量の小山形鋼を生産している。設計能力は100,000 t/y に対して、実績は45,000～55,000 t/y である。しかし、製銑、製鋼からの問題で材料不足による休止時間が月平均130時間もある。もし、十分な材料を与えてこの時間圧延したとすれば、生産量は65,000～70,000 t/m となるであろう。線材やバーインコイルの生産は中止している。

材料不足の問題は、将来解決されるものとする、この工場の生産を阻害している第1の要因は、圧延作業が不安定でミスロールが多く（歩留≒80%）、これを主要原因とする生産休止が月平均93時間もあることである。第2の要因は、連続・仕上ロールが1本通し圧延で且つ仕上8スタンドの入側が人手による箸取り作業のためロールスピードが3.5 m/sec と遅いことによって、圧延 t/hr が10.5 t/hr と低いことによるものである。

圧延設備も老朽化しており、この設備で設計能力を達成するには、作業員たちの生産に対する意欲の向上と技術力の向上が急務である。このためには、先進諸国の類似工場における操業研修や技術指導などが考えられる。

3-3-1 操業改善対策

- (1) 第1段階として、まずやらねばならないことは、ミスロールの減少を図り、常時安定した圧延作業を可能にすることである。

このためには、技術レベルの向上を図り、次の作業を可能とする。

- a) 圧延機出入口のローラーガイドが完全に使用できること。
- b) 圧延中の材料の観察や調査により、ロール及びガイドの調整が出来ること。
- c) ロールスタンド及びその付帯設備のメンテナンスや改善が自工場で出来ること。

(2) 第2段階として、圧延 t/hr の向上を図らねばならない。

a) 圧延 t/hr の向上に効果大きいのは、連続・仕上ロールの2本通し圧延である。

b) 更に t/hr の向上を図る場合、№7-8スタンド間にリピーターを使用し、ロールのスピードアップを図る。

(3) ロールパスデザインの再検討をした方がよい。

主製品の $\phi 13 \text{ mm}$ について、より安定した圧延作業のために、各パスの型取りを行ない、パスデザインの改良を行なった方がよい。

4. 付 帯

4-1 耐火物

Helwan 製鉄所の現状は、耐火物に起因する生産障害が随所にみられ、耐火物に関連する諸問題の解決が当改造計画実施上、重要な問題の一つである。これらの耐火物に関連する重要問題を分類すれば、次の3項目に集約できる。

a) 耐火物全般についての基本的な取組み方とその管理体制

b) ドロマイト工場

c) 取鍋レンガ

以下に、それらについての問題点の指摘とその対策をのべるが、その対策の中にはその問題の性格上、当改造計画と分離した形で実施されるべきものも含まれている。

耐火物についての当面第一の課題は、耐火物に起因する生産障害を解消し、安定した円滑な鉄鋼生産を達成することである。さらに一層の改善による耐火物成績の向上が第二の目標となるが、これについては、操業経験の積重ねも含めて時間と努力が必要であろう。耐火物の成績の良否が操業条件に影響される点が多いことを考えれば、操業面の改善に期待するところもきわめて大きいことを強調したい。

4-1-1 問題点と原因

(1) 全般に耐火物の寿命が短く、円滑な鉄鋼生産の大きな障害となっている。特に取鍋、高炉、均熱炉での問題が大きい。

(2) この成績不良の原因は、耐火物の品質の不適正によるところが大きい。築炉施工不良および操炉条件の不適性による場合も多い。

- (3) トーマス転炉工場付属のドロマイトレンガ工場は、設備工程全般に問題が多く、特にシャフトキルンによるドロマイトの焼成は好ましくない。
- (4) 国産取鍋レンガの品質不良の第一の原因は、その原料にある。
- (5) 耐火物についての製造、購入、施工、操炉に対し、一貫した技術管理を強化する必要がある。

4-1-2 改善案と対策

- (1) 耐火物を建設用（高炉等、長期使用炉に使用）と作業用（製鋼用などメンテナンスに使用）に分類して、今後の対策を検討することが望ましい。
- (2) 建設用耐火物は、各炉の建設時に輸入して使用するのが技術面からも経済性の面からも望ましい。
- (3) 作業用耐火物は、国産品による安定供給が望ましく、この方向で検討すべきである。

ただし、現状の原料事情、製造技術レベルを考慮して漸進的に国産化をすすめるべきであり、当分輸入に依存すべき耐火物が少ないと判断する。

- (4) 転炉、電気炉用のドロマイトレンガ工場については、当計画の実施に伴い、現在稼働中のトーマス転炉工場付属のドロマイトレンガ工場を廃止し、新LD工場用に稼働中のドロマイトレンガ工場にその生産を集中するのが得策である。製鋼工場改造第4案の場合、工場設備の大規模な増設改造はさしあたり必要ないと考える。
- (5) 他の国産耐火物（取鍋レンガなど）の品質向上、国産品種の拡大については、別途メーカーも含めた検討が行なわれることを期待する。
- (6) 耐火物品質管理、築炉施工作業管理、操炉管理を一貫して管理するための機能を強化することが望ましい。

4-2 動力及び水道

生産の維持と向上のため、エネルギーの量の充足は絶対に必要であるが、その点での重要な問題は見当たらない。次にエネルギーの質の維持の点であるが、電力については問題がある。質の影響を量的に評価することは一般的に困難であり、従って、その意味で質の維持の問題の対策は2次的にならざるを得ないが、長期的かつ広い視野にたった判断が望まれる。

4-2-1 高炉ガスの運用とホルダー容量

高炉ガスホルダーの容量としては、最低限保安量分だけを確認できる容量でなけ

ればならない。この保安量は、高炉の突発休風時に於けるガス切操作時間の長短によって左右されるものであり、従って、現有の $3,000\text{ w m}^3 \times 1$ のホルダーのみで保安量をまかなえるガス切操作時間の短縮が必要である。

4-2-2 電源の確保

(1) 停電

停電事故が頻発しており、生産設備の破損や生産阻害を惹起している。停電の原因は、電力設備機器の不備によるもので、電力会社の架空送電線の信頼性が低いことによる受電停電、製鉄所内の電力機器の不良にもとづく停電あるいは、受配電ネットワークの不備にもとづく停電であり、更には管理体制の不備が被害を拡大している。

(2) 自家発電所の設置

不良な電気機器は、機会ある毎に信頼性の高い機器に逐次更新されるべきである。

しかし、電力会社の電源の信頼性の向上は直ちに望むべくもなく、またエジプト全国の電力需給が逼迫している実態を考慮するとき、製鉄所内に自家発電所を設置して、電源の信頼性向上と保安用電力の確保ならびに電力事情の緩和を図ることが望ましい。発電所の方式としては、ガスタービン発電方式を推奨する。

尚、製鉄所内に発電所を設置することは、不可欠の条件ではないが、しからざる場合には、製鉄所への優先的な送電確保と信頼性の高い受電ケーブル、受電ネットワークの設置が必要である。

4-2-3 循環水の水質、水温の改善

(1) 冷却塔の増設

各工場のフル稼動時には、循環水量が $5,000\text{ m}^3/\text{hr}$ であるのに対し、冷却塔能力が $3,000\text{ m}^3/\text{hr}$ しかない。冷却塔の増設が必要である。

(2) 油除去装置の設置

循環水中の油分を除去する為に油除去装置を設置する必要がある。

(3) 浮遊物の設置

循環水の処理設備として自然沈澱池しかないので浮遊物濃度が高い。自然沈澱池の後処理工程として浮遊物の設置が必要である。

(4) 高炉ガス洗浄水用の単独戻水場の設置

高炉ガス洗浄工程の洗浄水が一般循環水と同一系統になっているので、高炉ガスから水に転移される塩素イオン、カルシウムイオン、亜鉛イオン等が循環水全体の水質を悪化させている。高炉設備改善のために、炉冷却水の増量が必要であることも

合せ配置して、高炉ガス洗浄水の単独循環設備を設置する必要がある。

(6) 考朽パイプの布設替

工場内外の配水管については、考朽化の度合に応じて整備の一環として計画的に順次布設替等の対策を構じていくものとする。

4-2-4 改造計画に伴う動力設備増強

(1) 1.2.高炉改造関連動力設備増強

G.R.P. No. 4 付近からの天然ガス配管、No. 2 酸素工場からの酸素配管を布設する。
送風機は現有のものをそのまま流用する。

(2) 転炉工場改造関連動力設備増強

No. 1 酸素工場と、No. 2 酸素工場の酸素圧送機の増設及びそれぞれの酸素工場からの酸素配管の布設と転炉工場附近に酸素ホルダーを設置する。

尚、No. 1 酸素工場に $4,200 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ の酸素発生設備を増設して、これから酸素を供給することは経済的に得策でない（建設費約 $7,000 \times 10^3 \text{ US \$}$ ）。

4-3 輸 送

輸送に関しては、輸送担当者による現地調査は行なわれていないので新日鉄から Helwan 製鉄所へ提出された質問事項に対する Helwan 製鉄所からの回答をチェックして以下にコメントを述べる。

- (1) 主原料、半製品、製品の輸送が鉄道輸送に依存しているウェイトが非常に大きい。製品出荷ルートが、主原料、半製品輸送ルートと交叉している。これは将来生産増により列車が増えると、列車の交叉密集箇所には、信号設備により運行制御を行なって能率化と運転事故防止を図る必要がある。
- (2) 主原料（特に鉱石）の受入れについて、季節的にピークが大きい。これに対して在庫量のチェックが必要である。
- (3) 将来の生産増に対しては、貨車、機関車の大型化により列車運行量の削減をはかるべきである。
- (4) 雑品、スクラップ、スケール、クランプ、レンガ等の輸送については、セルフローディング、アンローディングタイプの道路走行用の車両を使用すると能率的でかつ省力化が可能である。
- (5) 製品出荷については、最終段階においては、出荷用の操車場が必要である。

V 設備の主仕様

1. 焼結

(一印は現状に同じ)

№	設備	項目	改善後	現状	備考
1.	貯 鉱 槽	鉄 鉱 石 用 石 灰 石 用 ミ ル ス ケ ー ル 用 返 鉱 用 コ ー ク ス 用	— — — — —	8槽×103 m ³ 3槽×103 m ³ 1槽× 3 m ³ 2槽× ^{144 m³} _{25 m³} (ホット) 3槽×103 m ³ (コールド)	
2.	混 和 機	1 次 混 和 機 2 次 混 和 機	— —	112~225 t/hr, 2.8 m φ×6 m L 112~225 t/hr, 2.8 m φ×6 m L	
3.	焼 結 機	サ ー ジ ホ ッ パ ー 点 火 炉 焼 結 機	— — }	20 m ³ 130 t/hr フィーダー付き 6,941 mm L×2,200 mm H、バーナー10ヶ 2 m W×25 m L=50 m ² 70 パレット 1.1~4.36 m/min、基準3.0 m/min 2 m W×1 m L、層厚300 mm	
4.	排 水 機		5,000 m ³ /min -1,200 mm Aq, 150℃	3,500 m ³ /min -760 mm Aq, 150℃	
5.	そ の 他 設 備	熱 間 破 碎 機 熱 間 篩 分 機 冷 却 機 冷 間 篩 分 機 (1 次 篩) 冷 間 篩 分 機 (2 次 篩) ダ ス ト コ レ ク タ ー ロ ー ド セ ル 生 石 灰 受 入 設 備 焼 結 鉱 貯 蔵 設 備	— — — 180 t/hr 1.83 m W×3.1 m L 篩目 20 mm 140 t/hr 1.83 m W×4.96 m L 篩目 上10 mm 下 5 mm 負圧上昇により補強 — — 65 m ³ ×1 コンプレッサー積載型タンクローリー車 トリッパー1台 スクリーン1台	125 t/hr, 1 mm φ 2 m W×5 m L, 篩目 6 mm 60 m ³ 1.5 m W×3.0 m L×1台、篩目8 mm 25 t/hr, 2.1 m φ×3.0 m L 16 t/hr, 0.9 m φ×1.0 m L	

2 高 炉

1/6 設 備	項 目	改 善 後	現 状	備 考
1. 高 炉	内 容 積	623 m ³	575 m ³	マントル更新 ()内は天然ガス使用の場合 // 流 用
	炉 床 径	5.7 m	5.1 m	
	出 銑 量	P _M = 600 t/d	400 t/d	
	燃 料 比			
	コ ー ク ス 比	743 kg/t-pig (765 kg/t-pig)	921 kg/t-pig	
	オ イ ル 比	80 // (80Nm ³ /t-pig = 67kg/pig)	66 //	
	出 銑 口	—	1	
	出 滓 口	2	1	
	羽 口 数	—	10	
	炉 体 支 持 構 造	—	フリースタANDING	
	炉 体 冷 却 装 置	ボッシュ〜シャフト：冷却板（密閉型） 炉 床 ：散 水	ベリー〜シャフト：冷却板（開放型） 炉床〜ボッシュ：散水	
	炉 頂 装 入 装 置	—	2ベルタイプ（施回ホッパー付）	
	炉 頂 圧	—	低圧（50g/cm ² ）	
	2. 熱 風 炉	型 式	—	
基 数		3/3 基稼働	2/3 基稼働	
熱 風 温 度		Max 1,050℃、 通常 1,000℃	Max 800℃、 通常 700℃	
ド ム 温 度		—	Max 1,250℃	
レ ン ガ 許 容 温 度		1,300℃		
加 熱 面 積		約15,000 m ² /基	約13,000 m ² /基	
風 量		960 Nm ³ /min (910 Nm ³ /min)	1,150 Nm ³ /min (15~40%の漏風有)	
酸 素 量		1,500 Nm ³ /min (2,100 Nm ³ /min)	な し	
熱 風 管 内 径		1,000 mm φ	900 mm φ	
ライニング厚み		400 mm	250 mm	
鉄 皮 径		1,800 mm φ	1,400 mm φ	
バ ー ナ ー 容 量		—	20,000 Nm ³ /hr	
バ ー ナ ー フ ァ ン 容 量		—	20,000 Nm ³ /hr	

16 設備	項目	改善後	現 状	備 考
3. 装入装置	システム スケールカー コークス秤量設備 コークス篩分設備 スキップカー	— $12\text{ t} / \text{チャージ} \times 7 \text{ チャージ} / \text{hr}$ — — — $28 \text{ スキップ} / \text{hr}$	スケールカー、スキップカー $12\text{ t} \text{ チャージ} \times 6 \text{ チャージ} / \text{hr}$ $5\text{ t} / \text{バッチ} \times 2$ $30\text{ t} / \text{hr} \times 2 (1,450\text{mm} \times 1,750\text{mm} \times 2)$ $6\text{ t} / \text{スキップ}$ 、 $5\text{ m}^3 / \text{スキップ}$ $24 \text{ スキップ} / \text{hr}$	流 用 作業改善により $6\text{ ch} / \text{hr} \rightarrow 7\text{ ch} / \text{hr}$ Ruhrの実績によりスケールカーの秤量が間に合えば $28 \text{ スキップ} / \text{hr}$ が可能
4. ガス清浄設備	システム ガス量 洗浄水処理	— $150,000\text{ Nm}^3 / \text{hr} / 2\text{ BF}s$ 独立循環	ダストキャッチャーサイクロン スプレータワータイゼンウォッシャ $120,000\text{ Nm}^3 / \text{hr} / 2\text{ BF}s$ 2段処理後一般サービス水として処理	流 用
5. ブロー	容 量 風 圧	— —	 $1,200\text{ Nm}^3 / \text{min}$ $1,200\text{ g} / \text{cm}^2$	流 用

3. 製 鋼

16 設 備	項 目	改 善 後	現 状	備 考
1. 転 炉 設 備	炉 容 生 産 量 製 出 鋼 歩 留 良 塊 歩 留 溶 銑 配 合 率 平 均 最 高 最 低 転 炉 稼 動 率 平 均 製 鋼 時 間 内 訳 屑 鉄 装 入 溶 銑 装 入 吹 錬 (1) 排 滓 吹 錬 (2) 測 温 サ ン プ リ ン グ 出 鋼 排 滓 再 吹 錬	3 6 t × 2 基 1 / 2 基 操 業 2 7, 5 0 0 t / m 3 3 0, 0 0 0 t / y 9 0. 0 % 8 5. 5 % 平 均 9 3. 0 % 最 高 1 0 0. 0 % 最 低 8 5. 0 % 4 0. 0 % 4 1. 5 分 2. 0 分 2. 0 " 1 0. 0 " 5. 0 " 1 0. 0 " 6. 0 " 3. 0 " 1. 0 " 2. 5 "		新転炉工場を建設する第4案の仕様を記載している。
2. 造 塊 設 備	鋼 塊	3. 0 t × 1 2 本 4. 0 t × 9 t		

4. 分 塊

№	設 備	項 目	改 善 後	現 状	備 考
1.	均 熱 炉	タ イ プ 均 熱 能 力 ホー ル 数 ホー ル 寸 法 入 熱 量 燃 料 平 均 加 熱 時 間 平 均 装 入 屯 数 冷 塊 比 率	— 3 7 5,4 0 0 t / y 1 2 — — — 4.6 8 hr 3 3.5 t / hole 1 0 %	上部一方向焚き 1 9 5,5 0 0 t / y 8 2,7 0 0 mm W × 5,1 0 0 mm L × 3,6 0 0 mm H 3 6 4 × 1 0 ⁴ Kcal / hr · hole 高炉ガス+重油 * 3.7 8 hr * 3 0 t / hole * 4 2 %	* 推定値 " * 1 9 7 6.1 1 実績
2.	装 入 機		3.3 t × 2 台、4.0 t × 1 台	3.3 t × 2 台	1 台増設
3.	圧 延 機	圧 延 能 力 圧 延 t / hr ミ ル モ ー タ ー ロ ー ル 寸 法	4 0 8,6 0 0 t / y 6 8.1 t / hr — —	2 1 4,2 0 0 t / y 4 2.0 t / hr 4,3 0 0 KW、0 ~ 6 6 ~ 1 2 0 rpm 9 0 0 mm φ × 2,2 0 0 mm L	
4.	剪 断 機	剪 断 力 剪 断 歩 留	— 8 8.0 %	7 0 0 t 8 5.0 %	
5.	ク ロ ー ク レ ン		—	1 0 t × 1 台	

6. 小 形

№	設 備	項 目	改 善 後	現 状	備 考
1.	加 熱 炉	型 式 加 熱 能 力 基 数	— — —	3 帶式 (上部のみ) プッシャー式 25 t/hr 1 基	
2.	圧 延 機	名 称 型 式 基 数 モ ー タ ー 容 量 モ ー タ ー 回 転 数 ロ ー ル 回 転 数	— — — — — —	粗 連続 仕 上 関頭式 3 重 閉頭式 2 重 関頭式 2 重 1 4 4 AC1070KW AC1840KW AC515 KW 370 rpm 990 rpm 985 rpm 82 rpm #1 rpm #2 rpm #5 rpm #6 rpm 581 rpm 865 rpm 200 rpm 200 rpm #3 rpm #4 rpm #6 rpm #8 rpm 131 rpm 200 rpm 210 rpm 210 rpm	
3.	剪 断 機	圧 延 能 率 ス ト ラ ン ド 数 圧 延 歩 留	19 t/hr 2 ストランド 87.7%	10.5 t/hr 1 ストランド 80%	
4.	冷 却 床	熱 鋼 剪 断 機 フ ラ イ ン グ シ ャ ー ハ イ ド ロ ー リ ッ ク ロ ー タ リ ー シ ャ ー 冷 鋼 剪 断 機	— — — —	1 基 モーター容量 AC22KW 1 基 " AC47KW 2 基 " DC4.5KW 1 基 " AC15KW	粗圧延機後面 連続圧延機前 冷却床前 製品剪断用、冷却床後面
5.	矯 正 機	型 式 大 き さ 型 式 の 基 数 モ ー タ ー 容 量	— — — —	レッヘン式×1面 50mL×7.4mW 片持式 9ローラ 1基 AC36KW	

7. 付 帯

№	設 備	項 目	改 善 後	現 状	備 考
1.	(高炉ガスホルダー)	容 量 × 基 数	30,000 Wm^3 × 1 50,000 Wm^3 × 1	30,000 Wm^3 × 1	ガス切時間10分、変動調整量33,800 Nm^3 、突発余量1,000 Nm^3 として不足量な算定。
		タ イ プ 圧 力	乾 式 (増設分) 600 mm Ag (増設分)	乾 式 (DEMAG, DISC) 300 mm Ag	
2.	ガスタービン発電所 ガスタービン	タ イ プ 台 数 定	屋外防塵オープンサイクル 2 基 出 力 (発 生 端) ピーク負荷 19,100 KW ベース負荷 17,790 KW 熱 消 費 率 (発 生 端) ピーク負荷 3,331 Kcal/KWH ベース負荷 3,387 Kcal/KWH		M.S.D.I.-1 附近に設置する
	発 電 所	タ イ プ 台 電 定	屋 外 防 塵 形 2 基 6 KV、 50 HZ ピーク負荷 22,500 KVA (19,125 KW) ベース負荷 21,060 KVA (17,900 KW)		ガスタービンは製作者毎に、それぞれ標準形式が決っており、ここでは一つの参考例を記載した。 周囲温度15℃、大気圧760 mmHg
	その他の設備	天 然 ガ ス 配 管 送 電 路	6 atg 200φ×100m 6KV 1C×800mm ² 2 回 線		周囲温度15℃、大気圧760 mmHg
3.	高炉用酸素供給設備	昇 酸 素 配 管 機 器 富 化 装 置	4,300 Nm^3/hr 3 ata (500 mm Ag) 2 atg、250φ、1,600m 2,200 Nm^3/hr × 2		
4.	高炉用天然ガス供給設備	酸 素 配 管 機 器 減 圧 装 置	6 atg、125φ×400m 2,000 Nm^3/hr × 2		
5.	転炉用酸素供給設備	配 表 ホ ル ダ ー 昇 酸 素 配 管 機 器 昇 酸 素 配 管	34 atg、150 Wm^3 × 2 2,200 Nm^3/hr 34 atg × 1 34 atg、65φ×800m 2,200 Nm^3/hr 34 atg × 1 34 atg、80φ×2,000m		ホルダーは転炉工場付近に設置№1酸素プラントからの送圧用 同 上 №2酸素プラントからの送圧用 同上、内1,600 m^3 分の架台は№1,2高炉用酸等配管架台と共用する。

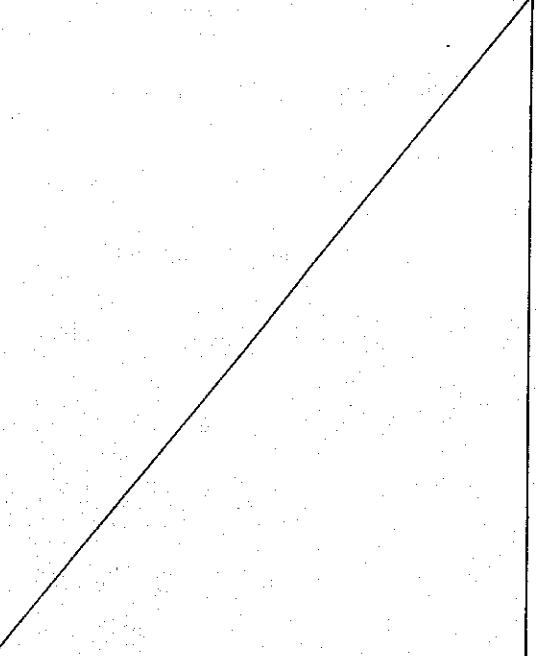
No	設 備	項 目	改 善 後	現 状	備 考
6.	旧製鋼工場サブ	受 電 線 6KV CV3 ^c × 250mm ² × 2 / 1 ^{cct} 1,000m 変 電 所 屋外、防塵メタルクラッド — — — — — 制御方式： 直接制御による遠方監視制御	2 回 線 受 電 6KV 3 ^c × 150mm ² × 4 / 1 ^{cct} 約 1,000m 屋 内 コ ン バ ー ト メ ン ト 二 重 母 線 フ ィ ー ダ ー 6KV 用 5 変 圧 機 用 2 母 線 連 絡 1 変 圧 器、6 / 0.46KV、1,250KVA × 2 制御方式： 常 時 監 視	M.S.D.S.-1 から遠方監視制御するものとする。	
7.	循環水設備 冷却塔 油除去装置	能 力 5,000m ³ /hr 強 制 通 風 式 能 力 5,000m ³ /hr (油吸着装置) 1,000m ³ /hr (油浮上装置)	3,000m ³ /hr	設 備 内 容 ベルト式油吸着装置 2基 加圧式油吸着装置 12.5m ² φ × 1基	
	汚 過 設 備 高炉ガス洗浄水 循環設備	能 力 5,000m ³ /hr 設 備 内 容 圧 力 式 超 高 速 汚 過 器 11m ³ /min × 8基 シ ッ ク ナ ー 22mφ × 1基 真 空 脱 水 機 30m ² × 1基 汚 過 逆 洗 ポ ン プ 15m ³ /min × 20m × 2台 能 力 750m ³ /hr 設 備 内 容 円 形 放 射 流 沈 澱 池 20mφ × 1基 真 空 脱 水 機 18m ² × 1基 給 水 ポ ン プ 6.5m ³ /min × 40m × 3台			

Table 9 工場毎改造のための概略費用

× 1,000\$

工場	№	対象設備	機器及材料費	工事費	合計	備考
焼結工場	1	負圧上昇対策	321	621		
	2	成品系設備改造	755	474		
	3	生石灰添加設備	154	127		
	4	焼結貯蔵設備	200	91		
	5	床敷ホッパー設備	40	8		
		小計	1,470	1,321	2,791	
高炉工場	1	高炉(2基分)				見積範囲 高炉;解体 鉄皮更新 冷却装置更新 レンガ積み更新 熱風炉;本体レンガ積み更新 チェッカー受金物更新 熱風ライン更新(熱口出口管~送風支管) レンガ積み更新 パイプ更新
		解体	0	236		
		金物	1,732	556		
		レンガ	2,558	664		
		計装	36	14		
	2	熱風炉(6基分)				
		本体レンガ(4基分のみ)	2,342	1,782		
		チェッカー受金物	254	104		
		熱風パイプライン金物	230	150		
		"レンガ	298	198		
	小計	7,450	3,704	11,154		
製鋼工場 (第4案の価格)	1	炉体関連設備	2,976	486		
	2	原料関連設備	2,593	490		
	3	造塊関連設備	697	76		
	4	排ガス処理設備	5,390	924		
	5	クレーン関連設備	3,063	441		
	6	電気関係設備	362	100		
	7	水道関係設備	0	121		
	8	土木関係設備	0	1,379		
	9	建築関係設備	2,007	1,131		
	小計	17,088	5,148	22,236		

分塊工場	1	均熱炉新設	2,100	1,449		
	2	装入機	186	38		
		小計	2,286	1,487	3,773	
大形工場	1	加熱炉新設	2,340	814	2,879	
	2	ブルーム処理クレン	127	17		
		小計	2,467	831	3,298	
動力	1	高炉ガスホルダー	1,825	865		
	2	高炉酸素供給設備	507	514		
	3	高炉天然ガス供給設備	25	111		
	4	転炉酸素供給設備	1,880	317		
	5	転炉変電所移設	403	176		
		小計	4,640 (2,815)	1,983 (1,118)	6,623 (3,933)	()内は高炉ガスホルダーを建設しない場合の費用
水道	1	冷却塔設備	180	126		
	2	油除去装置	170	110		
	3	炉過設備	1,300	846		
	4	高炉集塵水	420	370		
		小計	2,070	1,452	3,522	
		合計(高炉ガスホルダー設置なし)	35,646	15,061	50,707	
		(" あり)	37,471	15,926	53,397	

Ⅶ 設備改造スケジュール

Table 10 に各設備の改造スケジュールを示す。

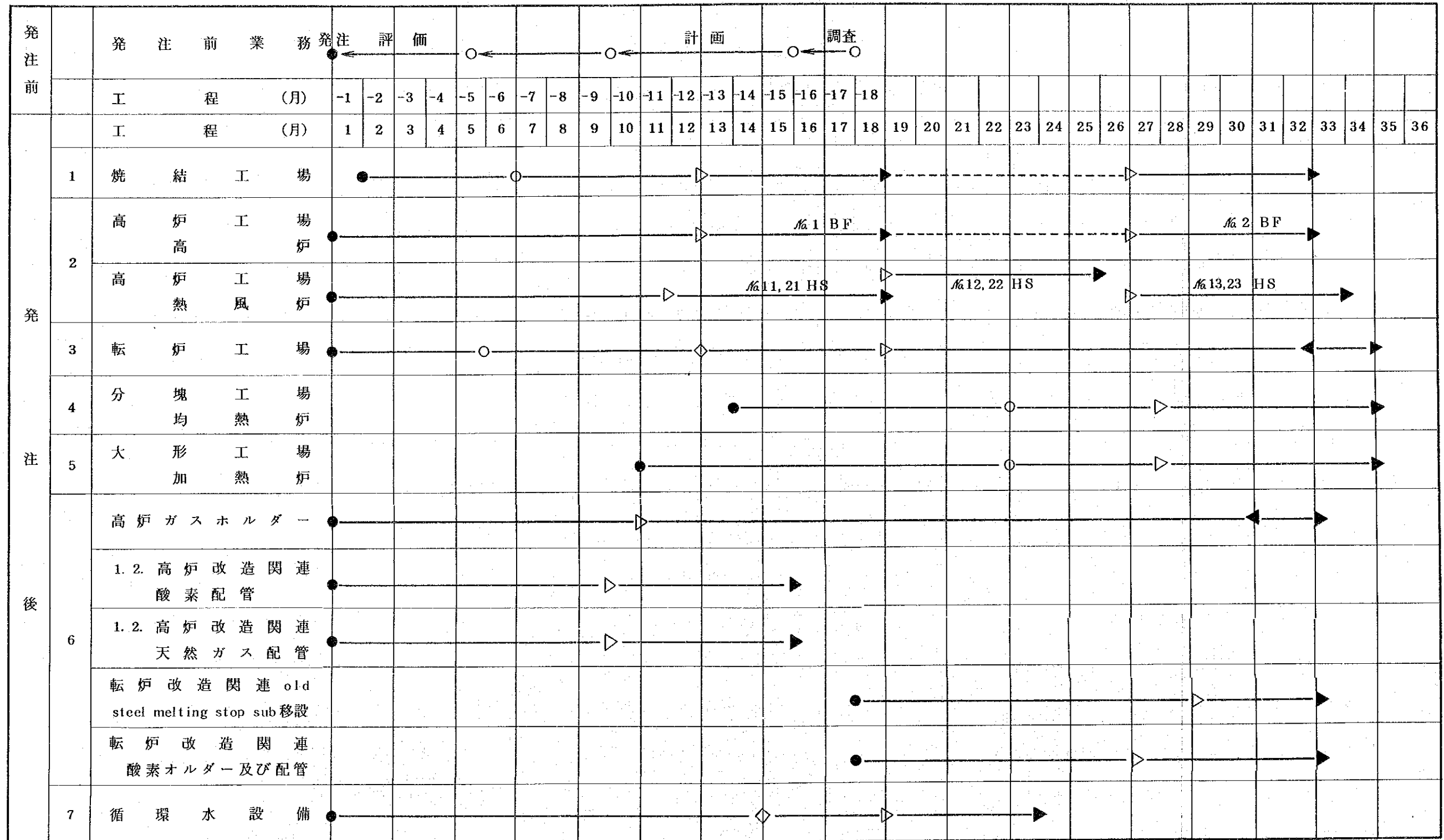
発注前業務工程は、国際入札の場合の標準工程である。

発注後工程については、

- (1) 転炉改造に関連した工事は、転炉の立上りに合わせて工程をくんでいる。
- (2) 転炉改造と関係なく、改造が実施される工事についてはそれ独自の工程をくんでいる。

Table 10 設備改造スケジュール

● ordering ◇ start of building work ◀ Test
 ○ start of foudration work ▷ start of nstallation ▶ start up of operation



編 細 詳

目 次

I 製 銑	1
1. 焼 結	1
1-1 操業改善	1
1-1-1 焼結用原燃料	1
1-1-2 焼結操業	6
1-1-3 設備管理	12
1-1-4 増産対策	13
1-2 設備改善	19
1-2-1 個別仕様	19
1-2-2 新旧仕様比較	23
1-3 将来の原料処理プロセス	24
2. 高 炉	25
2-1 出銑能力の検討	25
2-1-1 装入計算	25
2-1-2 燃料比	27
2-1-3 出銑能力の検討	28
2-2 原料の改善	36
2-2-1 焼結鉱	36
2-2-2 スクラップ	38
2-2-3 石灰石及びドロマイト	39
2-2-4 コークス	40
2-3 操業の改善	41
2-3-1 稼働率	41
2-3-2 出銑、出滓	42
2-3-3 通気性管理	43
2-3-4 羽口先温度管理	44
2-3-5 羽口先風速管理	47
2-3-6 燃料吹込み	50
2-4 設備の改善	52
2-4-1 高 炉	52
2-4-2 熱風炉	58

II 製 鋼	69
1. 既存トーマス工場の問題点	69
2. 改造計画案	69
3. 改造計画各案の設備増強及び改造新設に対する考え方	70
4. 改造計画各案のレイアウトに対する考え方	73
5. 改造計画各案の総合工程	75
6. 改造計画各案の設備費	96
6-1 改造計画各案の設備費見積り内訳	96
6-2 改造計画各案の設備費	102
7. 改造計画各案の生産能力	104
8. 改造計画各案の比較	108
8-1 技術的比較	108
8-2 経済的比較	111
8-2-1 前提条件	111
8-2-2 経済比較結果	114
8-3 比較検討結果	116
9. 推奨案の設備計画の基本条件	116
9-1 原料及びユーティリティ関係	116
9-1-1 主原料	116
9-1-2 副原料	116
9-1-3 ユーティリティ	118
9-2 転炉設備関係	118
9-3 マテリアルフローシート	118
10. 推奨案の設備概要	118
10-1 主原料設備関係	118
10-1-1 混銑炉	118
10-1-2 溶銑鍋容量	118
10-1-3 溶銑秤量機容量	119
10-1-4 屑鉄シュート内容量	119
10-1-5 屑鉄秤量機容量	119
10-2 転炉設備関係	119
10-2-1 炉体プロフィール	119
10-2-2 炉体傾動装置	119
10-2-3 吹酸装置	119

10-2-4	ランス昇降装置	121
10-2-5	吹酸圧のコントロール	121
10-2-6	ランス冷却水	121
10-2-7	築炉法	121
10-3	副原料設備関係	121
10-3-1	受入れ系統	121
10-3-2	輸送系統	121
10-3-3	投入系統	123
10-4	合金鉄設備関係	123
10-5	排ガス処理設備関係	123
10-5-1	ガス冷却装置	123
10-5-2	集塵装置	124
10-5-3	誘引送風機	124
10-6	給水及び排水処理設備	124
10-7	換気集塵設備関係	125
10-8	造塊設備	127
10-8-1	注入デッキ	127
10-8-2	鑄型冷却床	127
10-8-3	鑄鍋所要個数	128
11.	主要設備仕様概要	129
12.	トーマス工場における改善対策	131
Ⅲ	圧延	132
1.	分塊工場	132
1-1	操業改善	133
1-1-1	鋼塊	133
1-1-2	均熱炉	133
1-1-3	圧延	145
1-1-4	剪断	148
1-2	設備改善	151
1-2-1	均熱炉の増設	151
1-2-2	装入機の増設	151
1-2-3	ブルーム処理クレーン	153
1-2-4	設備故障対策	153

2. 大形工場	155
2-1 問題点	155
2-2 加熱能力の増強	156
2-2-1 工場レイアウト	156
2-2-2 材料のフロー	157
2-2-3 加熱炉の能力	158
2-2-4 加熱能力の増強方法	159
2-2-5 第4案Aの詳細検討	164
2-2-6 加熱炉における天然ガスの使用	167
2-3 設備故障対策	168
2-4 対策後の工場生産能力	169
2-4-1 加熱炉の能力	169
2-4-2 操業時間関係	169
2-4-3 圧延能率	170
2-4-4 品種構成による工場圧延能率	173
2-4-5 その他の工程	173
2-4-6 工場生産能力	174
2-5 精整ラインの増強	174
2-5-1 レールの製造について	174
2-5-2 ローラー矯正機	177
2-6 パススケジュール、パスデザイン	177
2-6-1 パススケジュール	177
2-6-2 パスデザイン	178
3. 小形工場	181
3-1 はじめに	181
3-2 問題点	181
3-3 ミスロールの防止、歩留の向上	182
3-4 圧延能率の向上	183
3-5 対策後の工場生産能力	185
3-5-1 加熱炉の能力	185
3-5-2 圧延能力	188
3-6 パスデザイン	190

Ⅴ 付 帯	195
1. 耐火物	195
1-1 全般的事項	195
1-2 ドロマイト工場	196
1-2-1 現ドロマイト工場(トーマス工場付属)の問題点	196
1-2-2 改善案	196
1-2-3 転炉寿命の延長	197
1-3 取鍋レンガ	201
2. 動力	201
2-1 高炉ガスの運用とホルダー容量	201
2-1-1 高炉ガス需給バランス	201
2-1-2 高炉ガスホルダー容量と保安用高炉ガス量	202
2-2 電源の確保	206
2-2-1 問題点……停電事故	206
2-2-2 設備上の対策	207
2-3 天然ガス・その他	209
2-3-1 天然ガス	209
2-3-2 その他	209
2-4 循環水の水質・水温の改善	210
2-4-1 冷却塔の増設	210
2-4-2 油除去装置の設置	210
2-4-3 汙過設備の設置	210
2-4-4 高炉ガス洗滌水用の単独戻水場の設置	211
2-5 改造計画に伴う動力設備増強	214
2-5-1 1、2高炉改造関連設備増強	214
2-5-2 トーマス工場改造関連設備増強	215
3. 輸 送	220
4. マシンショップ	221

I 製 銑

1 焼 結

1-1 操業改善

1-1-1 焼結用原燃料

(1) 原料粒度

1) 原料粒度の影響

焼結プロセスは、コークスの燃焼により発生した熱エネルギーによって、原料鉱石に「固体及び融体反応」を行なわせるものである。

コークスの燃焼にとっては、焼結ベッドの通気性を良好に保つことが望ましく、この意味から、通気性を阻害する細粒原料は好ましくない。しかし逆に、成品歩留や強度を維持する結合物質をより多く生成させるためには、粒子の反応量の大きくなること、即ち細粒が多く、比表面積の大きいことが望ましい。

このように、焼結プロセスに於ては、細粒原料をめぐって、通気性と、成品歩留、強度に関する排反する条件が要求されており、焼結に先立って行なわれる「原料の混合、調湿による凝粒化」は、この要求を満足させる意味をもっている。

一般的傾向としては、粗粒が増加すると、通気性が向上し、コークスの燃焼速度が大になるため、ある所迄は、生産性が向上するが、反面、粒子間の接触面積の低下、及び融体生成量の相対的不足によって、強度は低下する。従って、コークスの増配合、 SiO_2 , CaO , CaO/SiO_2 , FeO 等の増加、装入層厚の増加等の対策が必要となる。

Fig. 1-1 に粗粒の生産性、強度に及ぼす影響の例を示す。

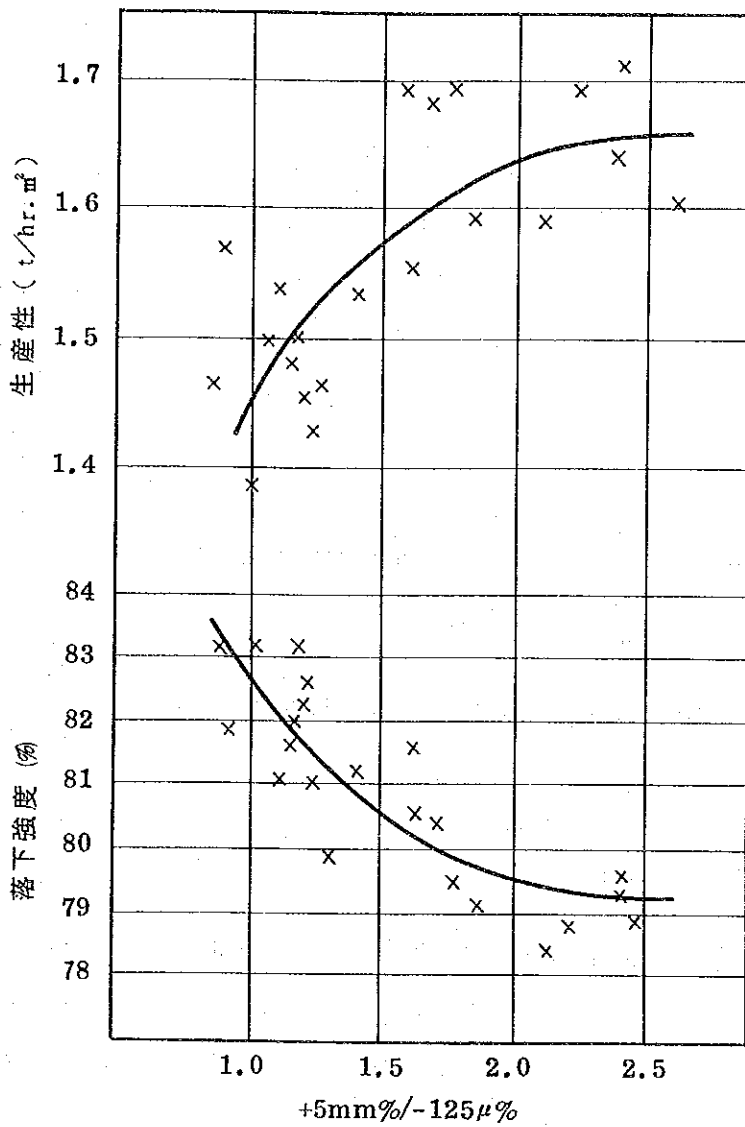


Fig. 1-1 粗粒の生産性、強度に及ぼす影響
(広畑第1焼結工場)

一方、細粒が増加すると、即ち、比表面積が増加すると、Fig. 1-2に示すように、生産性は直線的に低下する。

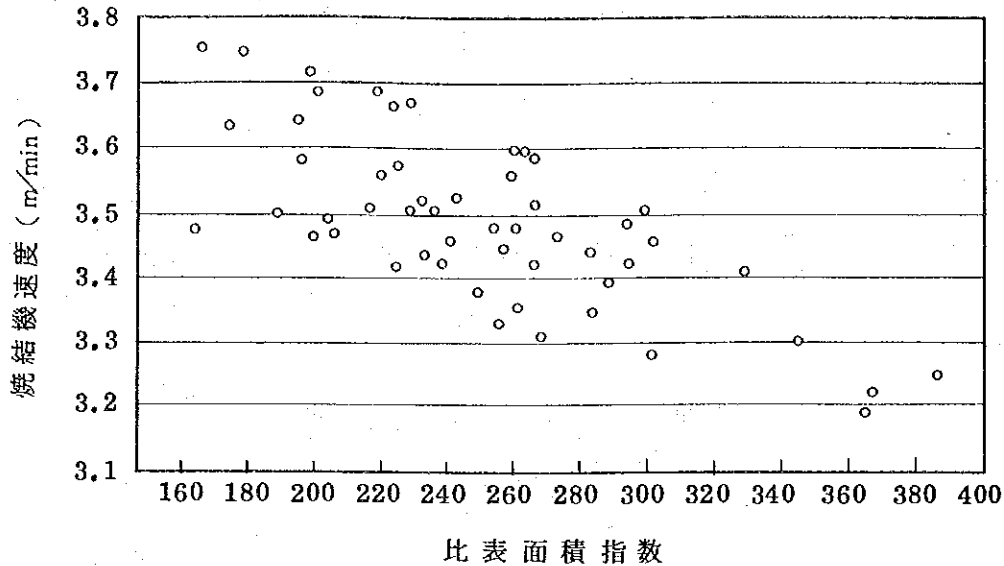


Fig. 1-2 比表面積指数と焼結機速度の関係

Fig. 1-3は、原料粒度が細粒化したとき、各種要因と、どのようにリンクしているかを示した。即ち、

- a) 原料が細粒化すると、焼結ベッドの通気性が悪くなり、空気の通り方にムラを生じ、且つ通過風量も下る。
- b) この影響は、返鉱発生増及び火焰前線速度の低下となってあらわれ、生産性が落ちる。
- c) 従って、ムラ焼けを防止しようとして、層厚を薄くして操業する。
- d) それによって、脆弱な上層部の相対的比率がまし、強度が低下することになり、同時に歩留も下る。
- e) そのため、強度回復を図って、コークス配合量を増す。
- f) それによって成品のFeOが上昇し、被還元性の悪い焼結鉱が出来る。
- g) 同時に、焼結ベッドの通気性は、コークス配合増によって、更に悪化する。

このような悪循環を繰返すことになり、原料粒度が向上すれば、以上の逆の動きをするようになる。

このような説明を敢て行ったのは、Helwan 製鉄所の原料は、粗粒、細粒両方の問題が

あると判断したからである。

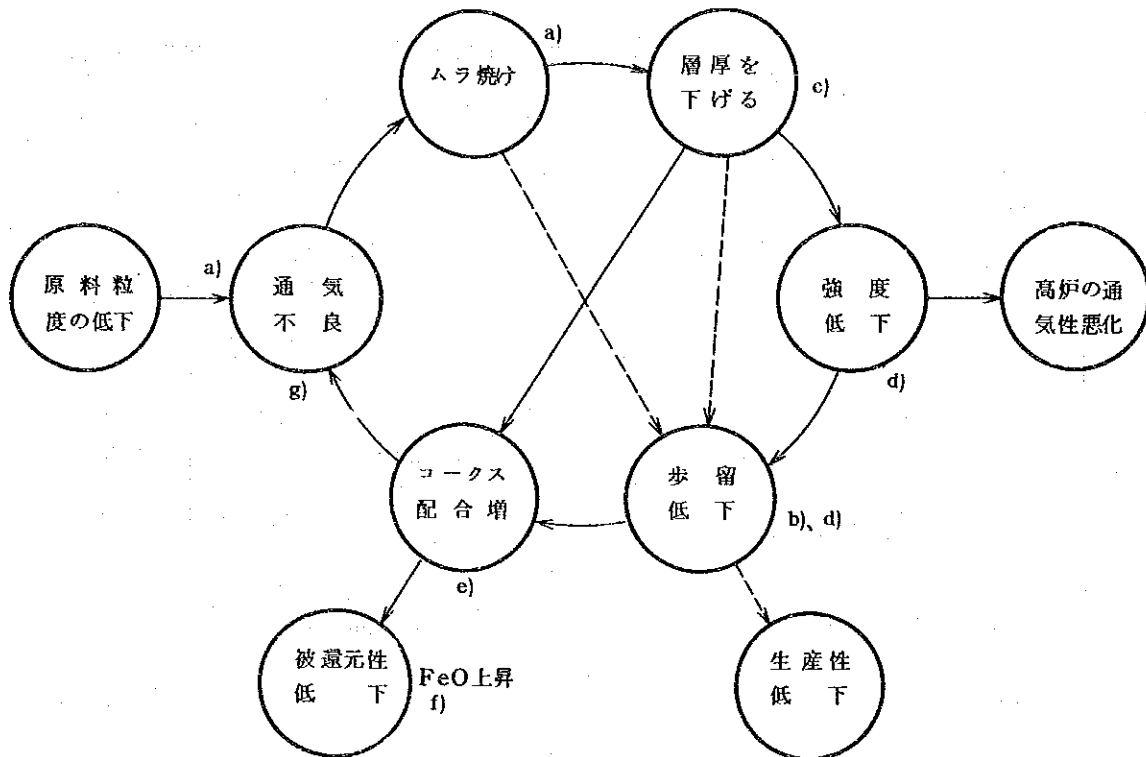


Fig. 1-3 焼結プロセスの要因リンクージュ

2) 粉 鉄 石

10 mm以上の粗粒が約12%あるので、篩目の大きさを検討し、閉回路による処理を強化すべきである。

詳細な篩分析が行なわれていないので、細粒部分の比率を、定量的に把握出来ないが、山元の状況から判断して、可成り多いと想像される。従って、後述するように、凝粒化を進めるような対策が必要であろう。

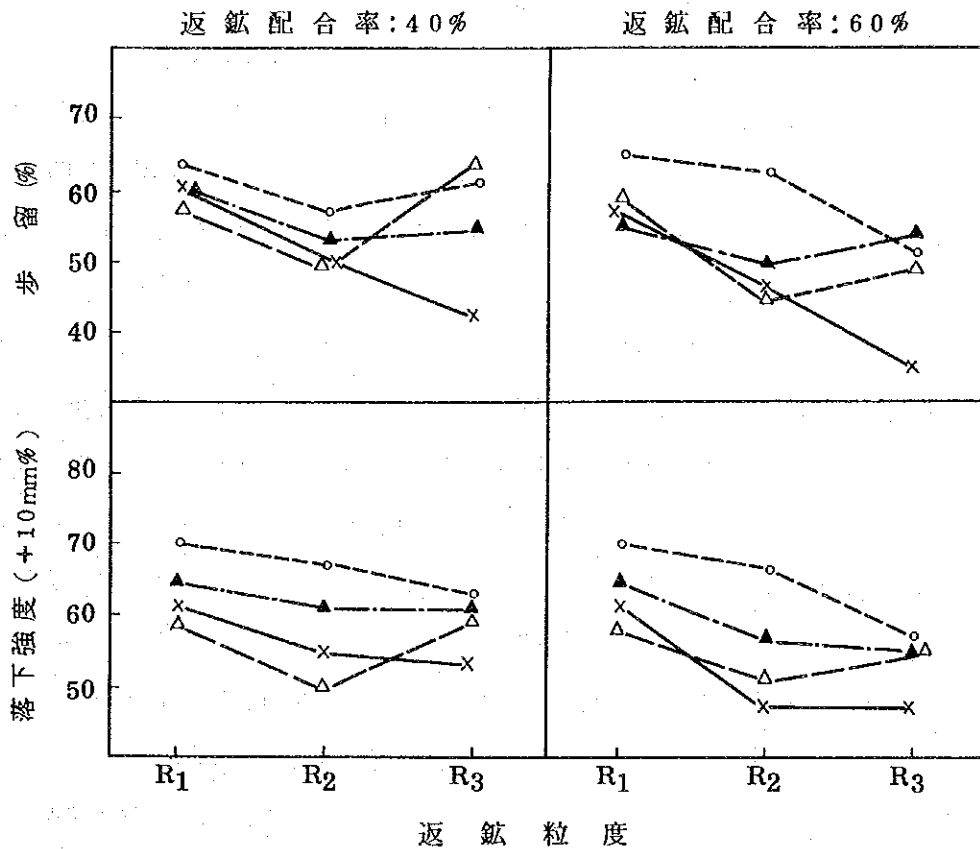
3) 返 鉄

熱間篩、冷間篩の篩目は夫々6 mm、8 mmのスリットであり、そのため、返鉄の発生量が多いばかりでなく、返鉄中の約55%が5 mm以上の粗粒である。

篩目をどのようにするかは、高炉で要求する焼結鉄粒度によって左右されるが、極端に粗い篩目にする事は、粗粒返鉄を使用することとなり、かえって焼結鉄品質が悪化し、逆効果となる。

通常、返鉱中の+5mmは5~15%程度であり、篩目を検討して+5mm粒子を回収すると共に、篩分効率の向上を図って、成品中への粉の混入を防止すべきである。これは、歩留向上、生産増、燃料原単位の低下につながるものである。

Fig. 1-4は、返鉱の配合率を一定として、返鉱粒度の影響を試験鍋でチェックした結果であり、返鉱粒度が粗粒になるにつれ、歩留、強度が低下している。



返 鉱 粒 度	R ₁	R ₂	R ₃	
(mm)	-5	5/7.5	7.5/10	× コークス 2.5%
				Δ " 3.0%
				▲ " 3.5%
				○ " 4.0%

Fig. 1-4 返鉱粒度が、歩留、落下強度に及ぼす影響

4) 石灰石

石灰石の適正平均粒度は1.4~1.6mmといわれている。

Helwan 製鉄所の石灰石粒度は+3mmが約10%あるので、極力これの減少に努めるべ

きである。使用原燃料の内では、石灰石の粒度が最もよい。

(2) 燃料粒度

コークス粒度は、焼結操業に大きな影響を及ぼす。点火性は当然細粒の方が良好で、粗粒は悪く、特に5 mm以上の粗粒は好ましくない。しかし、細か過ぎると、表面積が大きいので、燃焼速度が早く、高温に維持される時間が短くなり、一方、粗い場合には燃焼時間も多少長くなり、又焼結ベッド中のコークスの分布が悪く、そのためベッド下層部がグレートに融着するようなことが生ずる。

このようなことから、コークス粒度としては、通常3 mm以下とし、平均粒度で1.1～1.4 mmを狙うのが一般的である。

勿論、適正粒度を決定する場合には、原料の諸性状、特に粒度、及び排風機能力との関連において決定すべきであろう。

Helwan 製鉄所の場合、+ 3 mmは約15%、水分の高い場合には25～30%に達するという。床敷を使用しておらず、グレートへの粘着も著るしいので、粉碎を強化した方が、作業を容易ならしめるであろう。取敢えず、平均粒度1.1 mm位を目標とし、順次、1.2 mm、1.3 mmと変えて試験し、適正値を把握するのがよい。

ロッドミルを使用して粉碎する場合には、ロッドの単重及び全重量、硬度、ミルの回転数、機内の内張等に大きく左右されるので、夫々を適当に選択すること、給骸量の調節を行なうこと、又、内張の異常磨耗を防ぐため、原料を装入しないでの空廻しは避けなければならない。日常の作業管理を強化することが大切である。Table 1-1に、コークス粒度と焼結要因との関係を示した。

Table 1-1 コークス粒度と焼結要因との関係

	通気性	容積比率	分布	点火性	必要空気量	燃焼速度
粗粒	良	良	悪	悪	多	遅
細粒	悪	悪	良	良	少	速

1-1-2 焼結操業

(1) 配合管理

返鉄はその粒度分布、性状、配合量によって各種の変化を焼結作業に与える。Helwan 製鉄所で注意しなければならないのは、返鉄配合管理である。配合量の変動が極めて大きい。

このことは、焼結状況の変動を意味している。返鉱発生変動の原因をつきとめて、適正なアクションをとること、返鉱ホッパーのレベル管理を行なって、配合量を極力一定に保つような努力をすることが肝要である。

(2) 水分制御

Helwan 製鉄所では配合原料の水分を測定しておらず、手で握って、所謂、運転者の勘によって水分を調整している。従って、運転者の熟練度や、その日の体調等によって、その調整が一定しない。

配合原料の水分は、焼結ベッドにおける通気性に大きな影響を及ぼし、適正水分を上廻っても、下廻っても、生産性、品質の低下をもたらす。

通常、焼結操業に於ける適正水分値は通気性最大となる水分値より、0.3～0.5%位低い値であると言われているが、焼結状況をみながら微調整を行なう必要があることは論を俟たない。

Helwan 製鉄所の場合、1次ミキサーで水分を5%、2次ミキサーで水分8～12%に調整しているが、果して適正值であるか否か、チェックが必要である。水分制御は、中性子水分計を設置して自動制御を行なうことが好ましいが、簡便に水分測定の出来る赤外線水分計で、少なくとも1回/2hr程度の測定を行ない、調整をすることをお奨めする。

尚、赤外線による測定装置は乾燥炉、計量装置によって構成され、その設備費用は約3,000US\$（日本ベース）である。

(3) 床敷

Helwan 製鉄所では床敷を使用していないが、床敷使用が好ましい。床敷をグレート上面に装入する目的は次の通りである。

- a) 焼結原料がグレート間隙から落下するのを防止すること。
- b) グレートバーへの焼結鉱付着防止と、グレートバーへの熱負荷を軽減すること。
- c) グレートバー間隙の目詰りを防止し、且つ焼結ベッドに対し、吸引空気の均等な分布を図ること。

従って、床敷層を薄くすることは、上記の効果が小さくなり、トラブルの原因となりかねないが、一方、過度に厚くすることは生産性に影響する。

適正な床敷層厚は、上記の状況を観察しつつ、床敷鉱粒度を考慮して決定されるが、10～20mmの焼結鉱を使用して、20mm程度の厚さにすることを検討されたい。

(4) 装入管理

装入はソフトに行なうということが基本である。

傾斜板の角度調整が可能な構造となっていれば、出来るだけ緩かにしてやるのが好ましい。焼結機の中方向での装入を均一に行ない、且つ装入面を平滑にすることは、点火を良くし均一な焼結を確保し、品質向上を図る上で重要なことである。ドラムの両端や傾斜板には原料が付着しやすい。ドラム及び傾斜板のクリーニングは、巾方向の装入を均一にするために重要なことである。

又、グレートバーを整備して、グレート間隙からの原料落下に起因する穴の生成をなくすること、パレット側壁部は風が通り易いので、側壁部の装入に特に注意しなければならない。

Helwan 製鉄所で、先づ第一に行なわねばならぬことは、装入管理の強化である。

(5) 点火強度

点火炉の目的は、単に点火にのみ機能があるのではなく、焼結ベッドの表面の焼結を助ける意味もある。

一般に焼結ベッドに於ては、上層部は、中・下層に比較して熱的に乏しく、強度が低く、返鉱となる部分が最も多いとされている。従って点火強度を出来るだけ大にして、表面層の温度を高める必要がある。勿論、過度の点火温度の上昇は、表面層の熔融を起し、通気性悪化の要因ともなるので、適正な範囲が存在する。

一般に、点火に必要なカロリーは $40,000 \sim 50,000 \text{ Kcal/t-sinter}$ であり、点火温度も、表面層から約 1 m 上部で $1,200 \sim 1,250 \text{ }^\circ\text{C}$ に管理することが好ましい。

Helwan 製鉄所の点火状況は必ずしも悪くはないが、盲操業になっている。温度計を十分整備し、炉温管理を確実にこなわねばならない。

(6) 焼 結

Helwan 製鉄所の操業状況は、層厚、ストランドスピード共変化さしていない。

原料性状は常に変動しており、我々の経験では、アクションなしですむ程安定していることは少ない。操業データから判断して、必ずしも適切なアクションがとられているか否か疑問である。排鉱部での観察、ウインドボックスの温度、フリー温度、圧力等の情報から焼結状態を判定し、ストランドスピード、水分、燃料配合量等を適切に調整しなければならない。

又、Helwan 製鉄所の燃料配合は過多と判断される。コークス配合が過剰の場合には、比較的上層部で $1,400 \text{ }^\circ\text{C}$ に達し、滓化が起るので、空気量が減少し、著しい場合には火が消えて、下層では未燃のまま残留してしまう。(Fig. 1-5)

急激なアクションは避けなければならないが、徐々にコークス配合量を下げるよう試みるべきである。

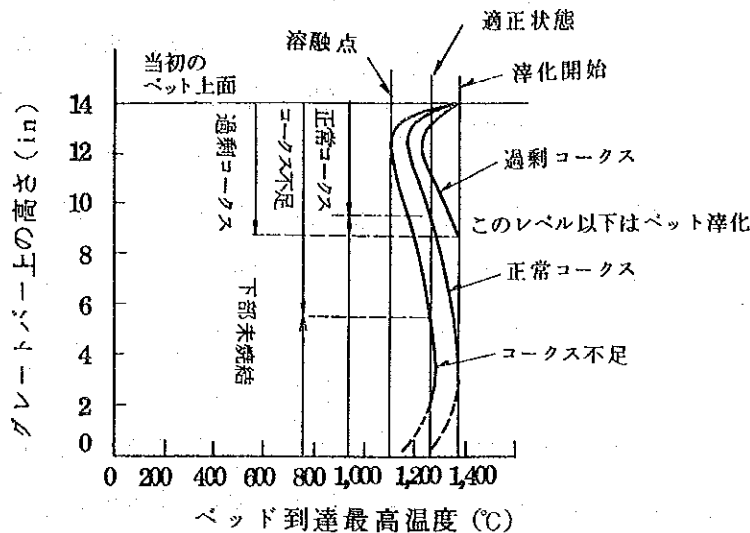


Fig. 1-5 コークス管理と歩留

Helwan 製鉄所の焼結機は整備が十分に行なわれていないので、漏風が可成り多いが、漏風量が通常の状態であれば、ウインドボックス最高温度が300℃を割るようでは好ましくない。ウインドボックス最高温度350℃、焼結完了点は12ウインドボックスの位置を目標として操業するのがよいであろう。

(7) 品質管理

高炉装入原料の略々100%を占める焼結鉱の品質変動は、直ちに高炉々況の変動に結びつく。

成分変動、物理性状の変化を逸早くつかみ直ちにアクションをとることが、高炉の炉況安定化のために極めて重要なことである。万一、品質異常の焼結鉱が生産された場合でも、情報が早く得られれば、高炉側で、それに対するアクションもとれる。

Helwan 製鉄所の場合は、品質に関する情報量が少なく適切なアクションをとるためには、試験体制を充実する必要があることを指摘したい。

焼結鉱の粒度及び強度の測定頻度は2回/shif tに増加したい。尚落下強度は約82%程度を目標とされたい。

又、コークス、石灰石、鉱石、配合原料、返鉱等の粒度測定は、篩の数を増やして、10、5、3、2、1、0.5、0.25、0.125mmで篩分けられたい。又成分中のFeO%の管理にも充分注意し目標値±1.0%におさめるよう留意すべきである。当面の目標値は10%とし成品品質をみながら、ざんじ目標値を下げるのが被還元性の面から好ましい。

(8) スラグ成分

1) SiO_2 の影響

塩基度が一定の場合、Fig. 1-6 に示す如く、配合原料中の SiO_2 は、低過ぎても、高過ぎても好ましくない。

低 SiO_2 原料では、塩基度一定の場合、添加される石灰石も少ない。この為、比較的小さい熱量で生成される $\text{FeO} - \text{SiO}_2$ 系融体、及びカルシウムフェライト系融体の生成量が少なく、結合は、比較的大きい熱量を要する酸化鉄の拡散結合に依存する割合が多くなる。従ってコークス配合増が必要となり、生産性は低下する。

一方、高 SiO_2 原料の場合には、一定塩基度の場合 SiO_2 、 CaO 双方が多量に含まれる。この場合には結合の主体は、 $\text{FeO} - \text{SiO}_2$ 系スラグ及びカルシウム・フェライト系融体であるが、いずれの融体にしろ、過剰量の生成は、ベッドの通気を阻害し、焼結反応の均一な進行を妨げるため、先づ歩留が低下し、強度にも悪影響が現れる。又、融体の過冷却により生成されるガラスは、焼結鉱の本質的強度を低下させ、このガラスの生成は高 SiO_2 の原料程著るしい。

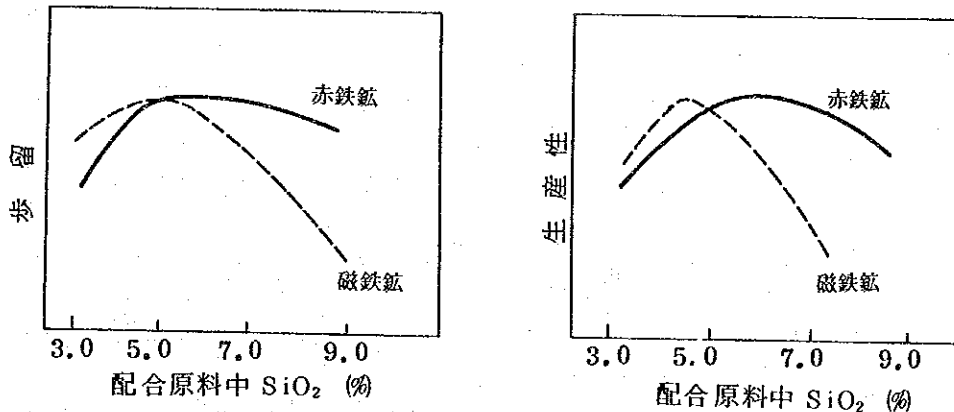


Fig. 1-6 歩留、生産性に及ぼす配合原料中 SiO_2 の影響

又、塩基度を変化させる場合には、最も良好な焼結性（成品歩留、生産性）を得る SiO_2 と CaO の関係は Fig. 1-7 のように示される。成品歩留に関しては、高 SiO_2 側では低塩基度が、又低 SiO_2 側では高塩基度が望ましい。つまり、適正なスラグ量が必要である。生産性に関しては SiO_2 の可成りの範囲で一定値の CaO が必要になる。

従って、Helwan 製鉄所で、焼結鉱の塩基度上昇を図る場合には、良質焼結鉱の製造は可成り困難であろう。塩基度上昇を図る場合には、事前に試験鍋を用いて品質面のチェックを行うことが必要である。

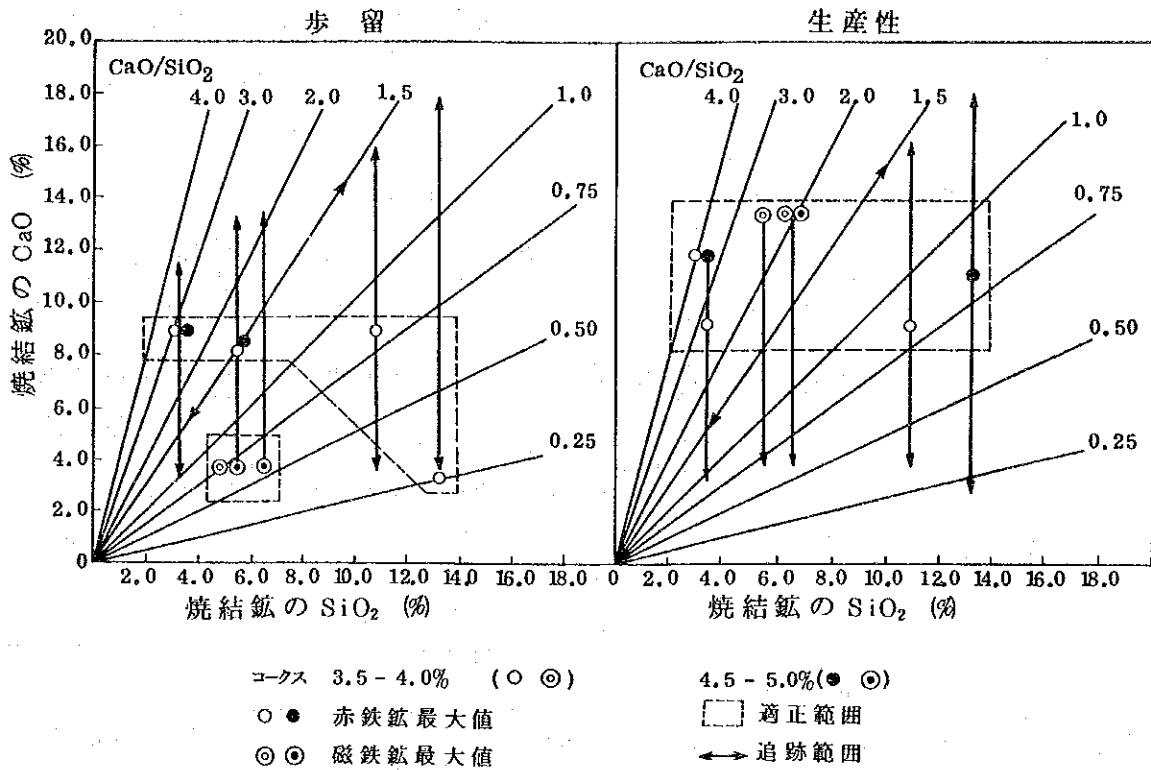


Fig. 1-7 焼結操業に及ぼす SiO₂、CaO の影響 (塩基度 0.2 - 0.4)

2) MgO の影響

MgO原料の添加により焼結鉱の歩留、強度は低下する傾向がある。即ち、MgO成分の焼結に於ける反応が極めて悪いため、CaO成分の反応を主体とする通常の焼結操業では、MgOの反応にとっては熱量不足であり、このためMgO原料が未反応のまま残留する機会が増えて、これが組織中の弱点となり、焼結鉱の成品歩留及び強度を低下させる。この歩留と強度の低下を補償するには、コークスの増配合による焼結時の熱量の増加が必要になる。

しかし十分な熱が与えられ、MgOが反応した場合にはCaOスラグ系にとっては熱量過剰となり、非晶質スラグが増えて、焼結鉱の性状は本質的に低下することになり、この場合も好ましい結果はえられない。

従って、MgOを焼結に添加する必要がある場合には、これらのマイナスを最小に止めるようにするため、MgO含量が高く、且つSiO₂、FeO、Fe₂O₃等焼結鉱成分と反応しにくい物質を、比較的粗粒の状態で添加することが望ましい。

ドロマイトを MgO 源として配合した場合、歩留、生産性低下が著るしく、MgO 源としては好ましくない。

1-1-3 設備管理

Helwan 製鉄所の焼結工場の稼働率は、1975年11月から1976年10月までの1年間の平均で56.2%に過ぎない。この間には高炉バンキングのため、焼結工場を休止した月も含まれているが、正常の月でも70%を上回ったのは僅かに2ヶ月である。

日本では、焼結工場の稼働率は93~98%であり、それに較べると著るしく低いと言わざるを得ない。

1976年8~10月の設備休止の内訳はTable. 1-2の通りである。

Table. 1-2 焼結工場休止内容

休止理由	8月	9月	10月	計	%
定期修理	80-00	64-00	128-00	272-00	15.0
定期修理の延長	104-30	29-30	35-20	169-10	9.3
機械関係	140-00	473-15	56-10	669-25	36.8
電気関係	42-10	9-20	13-50	65-20	3.6
計装関係	0-40	0-30	-	1-10	0.0
耐火物関係	-	-	28-30	28-30	1.6
前工程	124-25	53-15	66-20	244-00	13.4
水不足	9-25	4-25	22-35	36-25	2.0
高圧電力	9-10	-	1-15	10-25	0.6
土木関係	-	2-35	-	2-35	0.1
焼結鉍運搬車	79-00	34-45	51-25	165-10	9.1
生産調整	-	21-55	-	21-55	1.2
その他	-	-	132-25	132-25	7.3
計	589-20	693-20	535-50	1,818-30	100.0

定期修理時間及び、その延長だけで休止時間の約半を占めるが、その割に機械関係の故障による休止が37%と多い。

これは、塩素、アルカリによるトラブルに起因する点が大きいであろうが、整備の質にも問題があるのではないか。

整備要員の確保、予備品の手当、整備技術の向上、等により定修を効率的に行ない、定修時間短縮、突発事故発生の防止に努めなければならない。

又、生産調整、焼結鉱運搬車に起因する休止が約10%に達する。このような原因による休止を避けること、焼結工場休止による高炉での焼結鉱配合率の変動を避けることのためには、バッファー用としての焼結鉱用ヤードが是非共必要である。高炉安定操業を維持するために、焼結鉱用ヤードをもつということは、今日では常識である。

その他、付帯部門原因による休止防止にも努力し、稼働率90%を目標としなければならぬ。

1-1-4 増産対策

(1) 所要焼結鉱量

高炉操業率 90%

高炉出鉄量 日産 $600\text{ t/d} \times 2\text{ 基} = 1200\text{ t/d}$

平均 $1200 \times 0.9 = 1080\text{ t/d}$

所要鉄分 970 kg/t-pig

焼結鉱 Fe 4.9%

所要焼結鉱量 $1080 \times \frac{970}{1000} \times \frac{1}{0.49} = 2138\text{ t/d (平均)}$

$2138 \times \frac{1}{0.90} = 2376\text{ t/d (日産)}$

稼働率90%

(2) 通気性の改善

1) 疑粒化の促進

Fig. 1-8に疑似粒化と焼結性との関連を示す。疑似粒化状態は原粒子の性状と水分、転動量、バインダーなどの操作条件によりきまる。

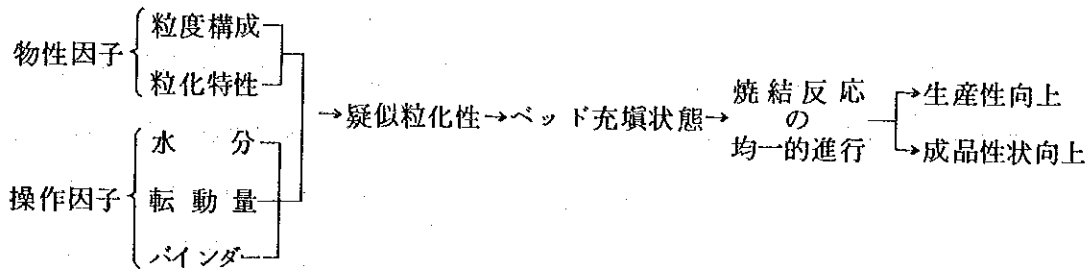


Fig. 1-8 疑似粒化と焼結性の関連

適正水分の維持、ミキサーの適正運転は当然であるが、バインダーの添加を奨めたい。バインダー添加は疑似粒子の保持力を向上して、充填時及び乾燥時の崩壊防止を目的とし、合せてミキサー内における粒化促進を狙うものである。バインダーとしては生石灰が秀れており、水和性の高いもの程、疑似粒化を促進し、生産性の向上に役立つ。

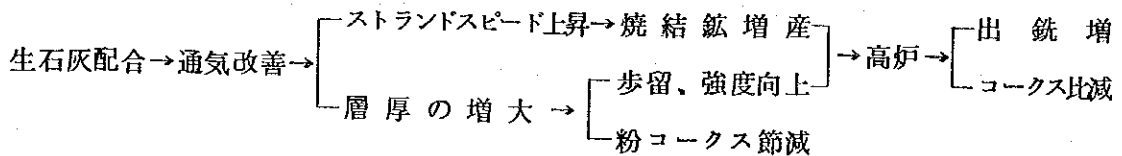


Fig. 1-9に生石灰配合と生産性、強度との関係の一例を示す。

生石灰の必要量は焼結機1基当り1%添加で25 t/d程度となるので、製鋼工場の石灰石バランスを確認のうえ確保する必要がある。配合率1%として約5%の生産増を見込んでよい。

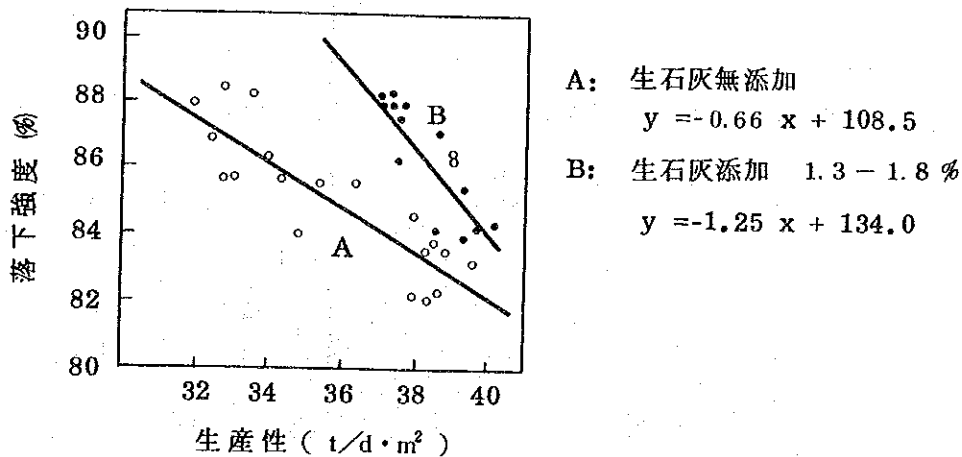


Fig. 1-9 生産性、落下強度に及ぼす生石灰添加の影響

2) 通気バーの使用

本質的な通気改善策とは言えないが、簡単に設置出来、即効的である。

この装置は原料装入位置に、15 cm位の間隔でバーを櫛状に挿入し、通気をよくするものである。バーは前後、上下に調整しうるような構造としておく。

バーに原料が付着しやすいので、定期的にクリーニングすることを忘れてはならない。

通気バーの使用により約5%の生産増を見込む。

尚、実施事例の1つをFig. I-10-b)に示す。

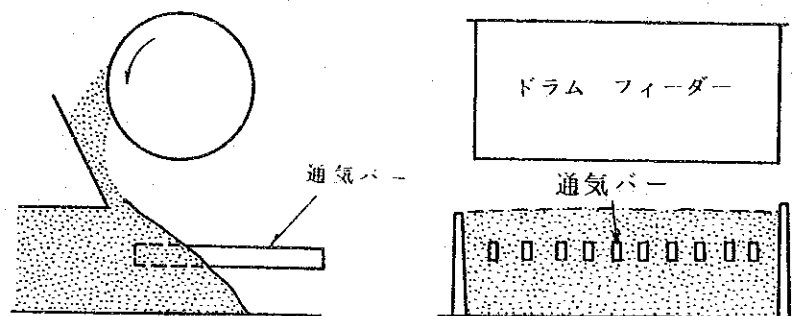


Fig. I - 10 - a) 通気バー

(3) 吸引負圧の上昇

吸引負圧を高めると、焼結速度は上昇し、その結果生産性は向上する。但し、原料粒度が細粒の場合には、粗粒の場合に較べて、負圧の上昇による生産性向上の効果は小さい。

Fig. I - 11に、試験鍋により負圧の効果进行调查した例を示す。

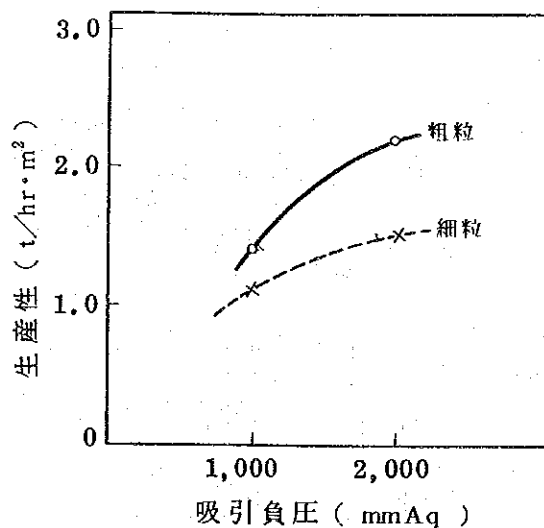


Fig. I - 11 生産性に及ぼす吸引負圧の影響

Helwan 製鉄所の排風機仕様は - 7 6 0 mm Aq (実績は漏風が著るしいので - 6 0 0 mm Aq) と負圧は低い。従って、- 1, 2 0 0 mm Aq の仕様の排風機に更新する。

負圧が約 4 0 0 mm Aq 増大することの生産性に及ぼす効果を、Fig. 1-11 の細粒原料のカーブ (粗粒の時より効果が小さく安全サイド) を内挿することによって推定すると約 1 4 % となる。

尚、負圧を高めると、漏風しやすくなるので、整備により一層の努力をはらわねばならない。

(4) 篩分の改善

返鉱中に + 5 mm 粒子が約 5 5 % 存在する。篩を増設し、粗粒の回収、成品中粉の減少を図ると共に、床敷の使用が可能にようにする。即ち、

- 返鉱中の粗粒を回収し、返鉱中 + 5 mm を 1 5 % 迄下げる。
- 成品中の - 5 mm を 2 % 迄下げる。
- 床敷鉱として 1 0 ~ 2 0 mm の焼結鉱を 1 3 0 kg/t-sinter 程度使用する。

1 9 7 6 年 8 月 ~ 1 0 月の平均値から生産増を推定する。

	8 ~ 1 0 月平均		修正	(10月)	
新原料	1,285.8kg/t		1,285.8kg/t	(1,284.5)	
コークス	111.7		86.3	(93.0)	
返 鉱	973.6		394.2	(330.3)	
床 敷	0		168.3	130.0	(130.0)
成 品	1,000.0		483.2 811.7	1,000.0	(1,000.0)
η_1	83.2%		80.4	(79.5)	
η_2	50.7%		65.6	(68.5)	
$\eta_1 \times \eta_2$	42.2%		52.4	(54.5)	

$$\eta_1 = \frac{\text{成品} + \text{返鉱} + \text{床敷}}{\text{新原料} + \text{燃料} + \text{返鉱} + \text{床敷}} \times 100$$

$$\eta_2 = \frac{\text{成品}}{\text{成品} + \text{返鉱} + \text{床敷}} \times 100$$

$$\frac{65.6 - 50.7}{50.7} \times 100 = 29.4\% \quad (35.2\%) \text{ の生産増}$$

3ヶ月間でも返鉱原単位は 1,226.2 kg/t から 714.7 kg/t と約 500 kg/t のバラツキがある。安全サイドをとって、生産増は 15% をみこむことにする。

(5) 稼働率の向上

整備の強化を図り、稼働率を90%迄引上げる。

これは単に焼結工場の整備強化だけでなく、他部門原因による休止（例えば、高炉休風による休止、冷却水不足による休止、原料関係事故による休止等）の排除のための対策も必要である。

Cl、アルカリ等によるトラブルが著るしいので、仮に、現設備の改造のみによって、所要生産量を確保しうるとしても、整備の万全を期するためには、3号機の設置を検討すべきであろう。

(6) 目標生産量

生産性

生石灰1%配合	+ 5%
通気バーの使用	+ 5%
吸引負圧の上昇	+14%
歩留向上	+15%
計	+39%

1975年11月～1976年10月の平均生産性 $0.755 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2$

$$\therefore 0.755 \times 1.39 = 1.049 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2$$

コークス配合減、整備強化による漏風減による生産性向上も期待しうるが、前者は、鍋試験をやらなければ検討がつけ難く、又、後者も定量的に漏風量が把握されていないので、ここでは見込まない。

$$\text{生産量 } 1.049 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2 \times 24 \text{ hr} \times 50 \text{ m}^2 \times 2 \text{ 機} = 2,518 \text{ t/d (日産)}$$

$$2,518 \text{ t/d} \times 0.9 = 2,266 \text{ t/d (平均)}$$

(注)

ミッション派遣前にHalwan製鉄所から送付された資料によれば、生産バランス上、焼結工場は意図的に能力の60%で生産していると報じている。この点については、真疑についての明確な回答を得れなかった。然し、これが本当であるならば、

$$0.755 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{0.60} = 1.258 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2$$

が可能の筈であり、稼働率だけの問題となる。

1-2 設備改善

1-2-1 個別設備仕様

(1) 排風機更新

1) 風量の決定

Helwan製鉄所の操業実績より焼結機有効 m^2 当りの吸引風量は $100 m^3/min/m^2$ となるのでこれを基準とする。($3,600 N m^3/min \times -600 mm Aq \times 125^\circ C \dots\dots$ 実績)

従って今回は $50 m^2 \times 100 m^3/min/m^2 = 5,000 m^3/min$ とする。

2) 風圧の決定

1-1-4, (3)の理由により $-1,200 mm Aq$ とする。

3) その他

温度： $150^\circ C$ 電動機：約 $1,600 kW$

(2) 篩分設備増強

a) 現在の冷間篩は撤去し、新たな1次篩を設置する。

b) 複床式の2次篩を増設し、上網篩上の一部を床敷鉦として使用する。

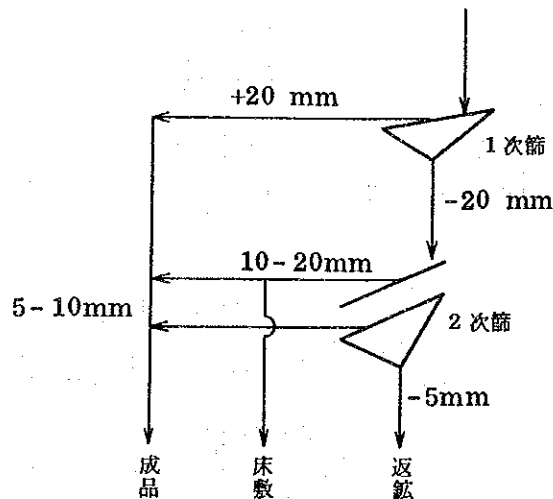


Fig. I-12 篩分設備フロー

Table I - 3 粒度構成の推定

	成 品	返 鉢	篩 給 鉢
+20 mm	35% (350 kg)		21 % (350 kg) → 20%
20 - 10	45 (450)	10% (70 kg)	31 (520) → 30
10 - 5	15 (150)	45 (315)	27 (465) → 27
-5	5 (50)	45 (315)	21 (365) → 23
計	100 (1,000)	100 (700)	100 (1,700)

設備余裕として、焼結機設計能力 $1.1 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2$ の 20% を見込む。

$$1.1 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2 \times 100 \text{ m}^2 \times 1.20 = 132 \text{ t/hr} \cdots \cdots 193 \text{ t/hr} \rightarrow 200 \text{ t/hr}$$

成品
シンターケーキ

(成品 1,000 kg 床敷 130 kg 返鉢 330 kg 計 1,460 kg)

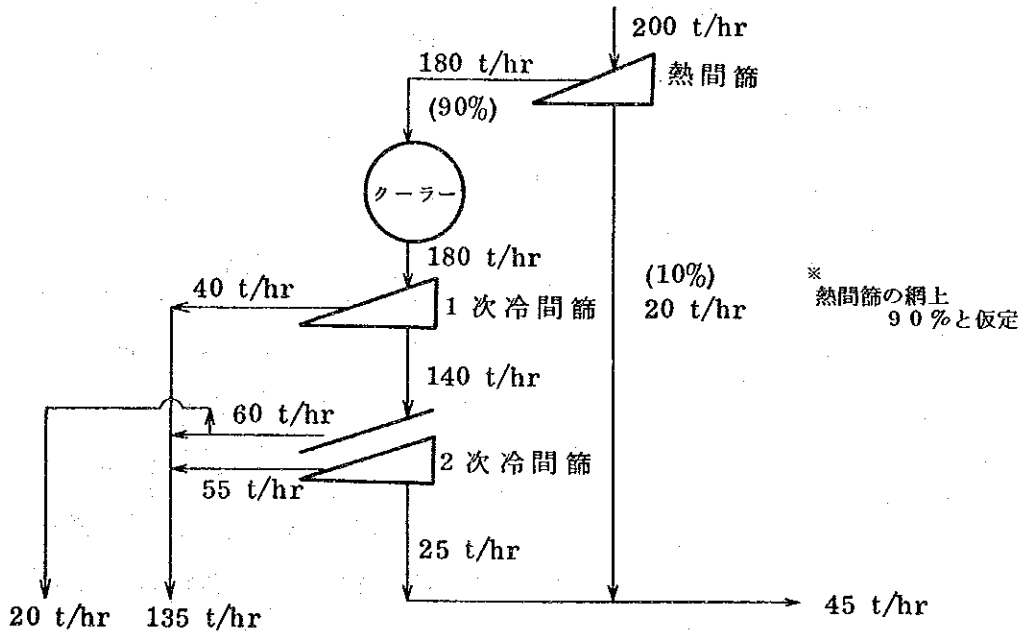


Fig. 1 - 13 成品処理推定フローバランス

3) 各篩の寸法チェック

• 1次篩

能力 180 t/hr 篩分機寸法 $6' \times 10'$ 5.7 m^2
 (1,830) (3,100)

単位面積当り処理能力 $32 \text{ t/hr} \cdot \text{m}^2$

• 2次篩

能力 140 t/hr 篩分機寸法 6' × 16' 9 m²
 (1,830) (4,960)
 単位面積当り処理能力 15.4 t/hr・m²

4) ベルトコンベヤー 1式

(3) 生石灰配合設備

2%迄配合可能な設備とする。

O.R
 $2,518 \text{ t/d} \times 1.285 \times 0.02 = 65 \text{ t/d} \dots\dots\dots 2.7 \text{ t/hr}$

ホッパー容量

嵩比重 1.0 t/m³として、1日分の貯鉱が可能とする。

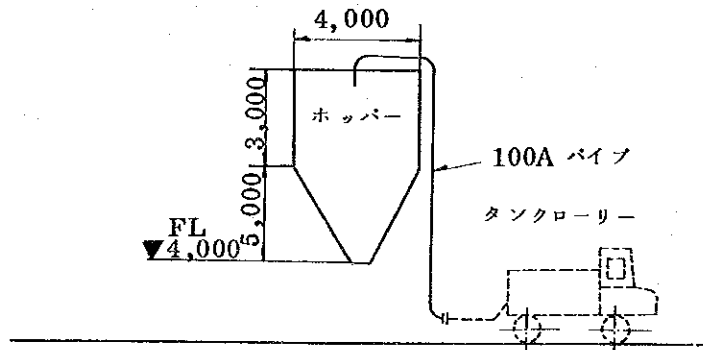


Fig. I-14 生石灰受入設備概念図

切出装置	スクリーフィーダー
秤量機	0.~2.7 t/hr
タンクローリー車	1台 10 m ³ /車 コンプレッサー 10 Nm ³ /min積載型

(4) 焼結鉱貯蔵設備

貯鉱量を焼結生産量の1日分とする。

従って必要容積は $2,260 \text{ t/d} \div 1.8 \text{ t/m}^3 = 1,255 \text{ m}^3$

ヤードに1点積付とし、払出しは、ブルドーザ、ショベルドーザーによるものとし、再篩装置を設けるものとする。

尚、篩下粉はショベルドーザーで処理するものとする。

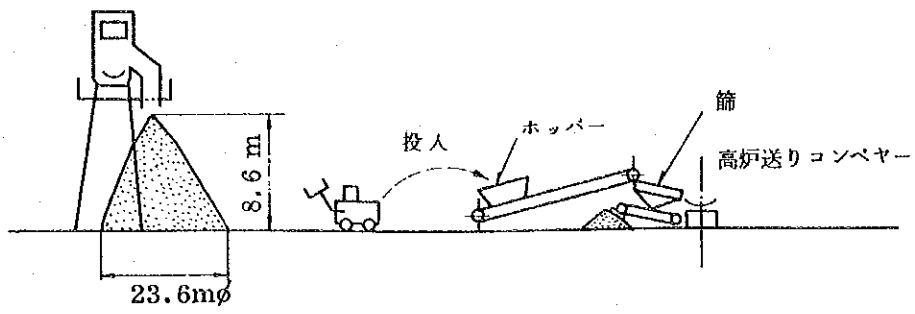


Fig. I - 15 成品貯蔵設備概念図

1-2-2 仕様一覧表

Table I-4 新旧仕様対比表

項 目	現 有 仕 様	今 回 仕 様
貯 鉄 槽		
鉄 鉄 石 用	8槽×103 ^m CFW 100 t/hr	} 同左
石 灰 石	3 " ×103 25 t/hr	
ミルスケール	1 " ×103 12.5 t/hr	
返 鉄	2 " ×144(ホット) 2 " ×25(コールド)	
コ ー ク ス	3 " ×103 ^m 12.5 t/hr	
混 和 機		
1 次	能力 112~225 t/hr 28 mφ×6 m L	} 同左
2 次	能力 112~225 t/hr 28 mφ×6 m L	
サージホッパー	20 ^m 130 t/hr フィーダー	同左
点 火 炉	6,941 ^{mm} L×2,200 ^{mm} H 10バーナー	同左
焼 結 機	50 ^m 2 mW×25 m L 70パレット パレット速度 1.1~4.36 基準3.0 m/min パレット 2 mW×1 mW×300 ^{mm} H	} 同左 ④床敷ホッパー
排 風 機	3,500 N ^m /min -760 ^{mm} Aq 150℃	
熱 間 クラッシャー	125 t/hr 1 mφ	同左
熱 間 篩	2 mW×5 m L 篩目6 ^{mm}	同左
冷 却 器	60 ^m	同左
冷 間 篩	1.5 mW×3.0 m L×1台 篩目8 ^{mm}	1次 180 t/hr 1.83 mW×3.1 m L 篩目20 ^{mm} 2次 140 t/hr 1.83 mW×4.96 m L 上篩目10 ^{mm} 下 " 5 ^{mm}
ダストコレクター		負圧上昇により更新
ロ ッ ド ミ ル	25 t/hr×2.1 mφ×3 m L 16 t/hr×0.9 mφ×10 m L	} 同左
生石灰受入設備	—	
焼結鉄貯蔵設備	—	トリッパー1台 スクリーン1台

1-3 将来の原料処理プロセス

現状のまま、鉱石の事前処理をせずに焼結するプロセスを採用する限り、Cl、アルカリによるトラブルを避けることは不可能であろうし、この為に要する設備整備費は大きい。仮に、能力的には現状2ストランドの焼結機で間に合うとしても、1ストランド増設して、 $\frac{2}{3}$ 機稼働とすることが整備上必要になるのではなかろうか。

又、磁化焙焼や、高磁力選鉱等の鉱石事前処理を行なうとすれば、焼結が、その後のプロセスとして適当か否か問題になる可能性が大きい。

従って、原料事前処理方式についての検討を急ぎ、早急に、結論を出した上で、焼結工場の改造の可否を決めるべきであろう。

2. 高 炉

2-1 出銑能力の検討

2-1-1 装入計算

(1) 装入原料化学分析値*

Table I-5 原料化学分析

原料名	Fe	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	P	S	I.L.	灰分	V.M	F.C.
焼結鉱(基準)	49.21	11.22	10.94	1.03	2.15	1.14	0.21	0.09	-			
** // (塩基度 1.00)	49.06	11.20	11.20	1.03	2.15	1.14	0.21	0.09	-			
石灰石	1.00	2.42	52.57	0.87	1.14	-	0.08	0.06	42.49			
コークス	1.34	4.94	0.45	0.26	2.84	-	0.02	1.23	-	10.93	1.07	86.77

* 1975年11月～1976年10月の平均値

** 1975年11月～1976年10月の平均値(CaO/SiO₂=0.975)を基準にしてCaO/SiO₂=1.00となるよう石灰石で調整。

(2) 計算の前提条件

- 所要鉄分 970 kg/t-pig
- Mn 銑中歩留 65%
- P 銑中歩留 100%
- 鉱滓塩基度 CaO/SiO₂=1.20
- 鉱滓量 = $(\sum SiO_2 + \sum CaO + \sum MgO + \sum Al_2O_3)_{in\ slag} \times \frac{1}{0.95}$
- 銑中Si 0.7%

(3) 装入計算

1) 原料原単位

焼結鉱 1,977 kg/t-pig

石灰石及びコークス

コークス比を変化させた時の石灰石比をFig. I-16に示す。

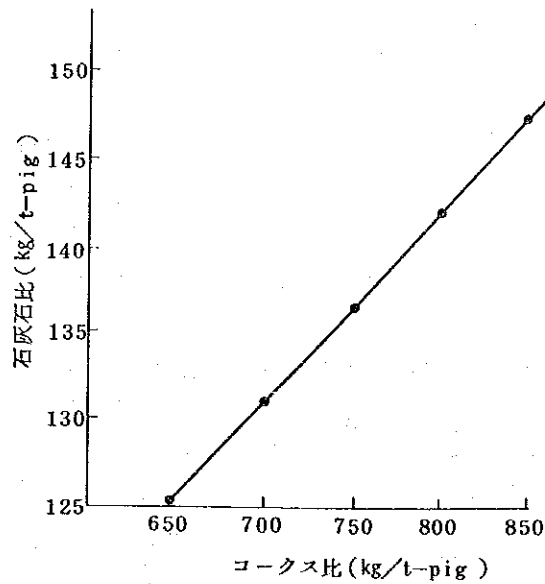


Fig. I-16 各コークス比での石灰石比

2) 鉄鉄成分

C	4.00%	Si	0.70%
Mn	1.16%	P	0.44%

3) スラグ量及び成分

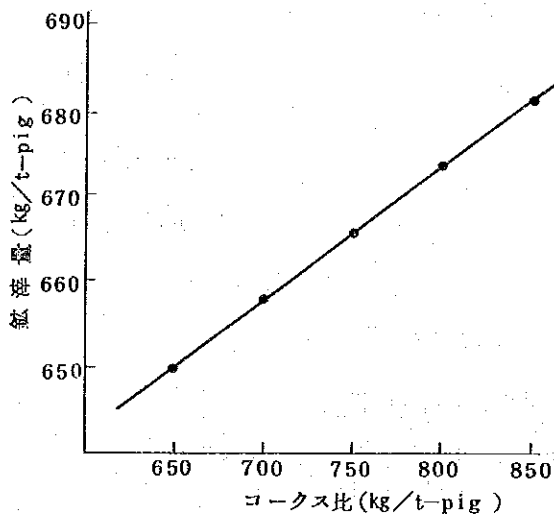


Fig. I-17 各コークス比での鉱滓量

コークス比を変化させた時の鉱滓量を Fig. I-17 に示す。

コークス比 = 750kg/t-pig における鉱滓組成は次の通りである。

SiO ₂	37.15%
CaO	44.58%
MgO	3.53%
Al ₂ O ₃	9.83%*

* Helwan 製鉄所より入手したデータによれば、鉱滓中の Al₂O₃ 含有量は原料より入る Al₂O₃ 量よりも大きく、Al₂O₃ の入出バランスが取れていない。原因は原料中の Al₂O₃ 分析値が低目に出ている

ためと推定される。従ってこの装入計算に用いた原料分析値も Al_2O_3 が低目になってい
ると考えられるので、現実の鉱滓中 Al_2O_3 % は、9.83% よりも高くなるであろう。

2-1-2 燃料比

(1) Helwan 製鉄所実績ベース

Table I-6 目標操業条件とコークス比

操業因子	基準条件*	目標条件	各操業因子のコークス比に及ぼす効果	コークス比変化量
焼結 鉱比 (%)	81.3	100	- 0.8kg/+ 1%	- 15.0kg
スクラップ比 (kg/t-pig)	122.3	0	- 0.3kg/+ 1kg	+ 36.7
石灰石比 (kg/t-pig)	129	136	+19.2kg/+100kg	+ 1.3
ドロマイト比 (kg/t-pig)	75	0	+18.0kg/+100kg	- 13.5
コークス灰分 (%)	11.2	11.0	+10 kg/+ 1%	- 2.0
Si (%)	0.68	0.70	+70 kg/+ 1%	+ 1.4
P (%)	2.04	0.44	+28 kg/+ 1%	- 44.8
送風温度 (°C)	692	1,000	>950°C -20kg/+100°C 950-1,050°C -15kg/+100°C	- 59.1
送風中湿分 (g/Nm³)	9.8	10.9	+ 0.8kg/+ 1g	+ 0.9
鉱滓量 (kg/t-pig)	933	665	+25 kg/+100kg	- 67
重油比 (kg/t-pig)	66	80	- 12kg/+ 1kg	- 16.8
コークス比 (kg/t-pig)	921	743	(計)	(- 178)

* 1975年12月~1976年9月における1、2高炉の実績値

(2) 新日鉄標準ベース

$$\begin{aligned}
 F.R. (kg/t-pig) &= 499 + 0.2(70 - \text{重油比}) - (Kc \times \text{送風温度} - Kt)^* \\
 &\quad - 0.8(13.5 - \text{送風中湿分}) + 0.8(80 - \text{焼結 鉱比}) \\
 &\quad - 0.25(300 - \text{鉱滓量}) - 0.3 \times \text{スクラップ比} \\
 &\quad - 10(11.5 - \text{コークス灰分}) + 70(Si - 0.5) - 28(0.1 - P) \\
 &\quad - 0.192(10 - \text{石灰石比}) = 630
 \end{aligned}$$

	Kc	Kt
~ 950°C	0.20	215
950°C ~ 1,050°C	0.15	167.5
1,050°C ~ 1,150°C	0.10	115.0
1,150°C ~	0.08	92.0

Helwan製鉄所操業実績ベースの燃料比(=743+80=823kg/t-pig)と新日鉄標準ベースの燃料比(=630kg/t-pig)の差は、主に

- ・ 通気性の差に起因するガス利用率の差
- ・ 鉱石の被還元性の差(高FeO焼結鉱の被還元性不良)
- ・ 重油吹込の効率の差(低羽口先温度)

によると考えられる。従って上記項目が改善されれば、新日鉄標準ベースに近付き、さらに燃料比低減が期待できるであろう。しかし、現状のように鉱滓量が多く、かつアルカリ装入量が多い場合には、円滑な高炉操業が非常に難しい。従って、原料条件の改善(鉱石の事前処理)が急務と考えられる。

注) 重油の代りに天然ガス吹込みを行う時には、

$$\text{コークス比} = 765 \text{ kg/t-pig}$$

$$\text{天然ガス比} = 80 \text{ Nm}^3/\text{t-pig} (67 \text{ kg/t-pig})$$

2-1-3 出銑能力の検討

(1) 検討結果と各設備の対策

現有設備を極力流用する方針で検討を行った結果、次のような結論が得られた。

1) 出銑能力

$$\text{PM (最大出銑量)} = 600 \text{ t/d} \cdot \text{BF}$$

$$\text{P (平均出銑量)}^* = 540 \text{ t/d} \cdot \text{BF}$$

* 操業率(P/PM) : 90%とする。

2) 各設備の対策

- a) 装入装置 : ・流用。作業改善により、秤量車の秤量回数を最大6.3ch/hr以上にすること。
- b) 高炉 : ・改修時に、鉄皮を更新し、炉床径を5.7mに拡大すること。
- c) 熱風炉 : ・3基操業により、送風温度を1,000℃送上げる。
 - ・煉瓦積の更新
 - ・熱風管ラインの更新
- d) 送風機 : ・流用
 - ・酸素富化(最大2,200Nm³/hr・BF)により送風機の能力不足を補う。
- e) ガス清浄装置 : ・流用

3) 高圧操業

炉頂圧上昇による増産効果は著しいが、殆んど全部の設備の更新が必要となるため、非経済的であり、推奨できない。

(2) 装入能力

1) 装入関係各装置の能力

a) 秤量車

$$\text{秤量能力} = 12 \text{ t/ch}$$

秤量回数 = 6 ~ 7 ch/hr: 現状は 6 ch/hr であるが、DEMAG Report "Reply to the Memorandum of the Egyptian Iron & Steel Company concerning Iron & Steel Works Helwan (1959年5月8日付)" 8ページによれば、独ルール地方の同種設備で 10 ch/hr (= 40 skips/hr) の実績があるとのことであり、従って 7 ch/hr は作業改善によって、達成可能と考えられる。

b) コークス秤量機; 5 t / batch

c) スキップ ; 鉱石最大値 6 t / batch (= 12 t / ch)

$$\text{コークス最大値 } 5 \text{ m}^3 \times 0.45 \text{ t/m}^3 = 2.25 \text{ t/batch}$$

$$(\text{= } 4.5 \text{ t/ch})$$

2) 装入能力

秤量車の秤量回数とスキップ能力が装入能力を決定する。装入回数は PM に対して最低 30% の余裕を必要とする。

従って $(6 \sim 7) \times 24 / 1.3 = 110 \sim 129 \text{ ch/d}$ に相当する出銑量 (PM) が装入能力からみたときの出銑限界となる。鉱石比 = 焼結鉱比 (1,977 kg/t-pig) + 石灰石比 (1,433 kg/t-pig) = 2,120 kg/t-pig の時、コークス比と装入能力との関係を Fig. I-18 に示す。

最大鉱石ベース 12 t/ch、最大コークスベース 4.5 t/ch に対し若干の余裕を見て、通常鉱石ベース 11 t/ch、通常コークスベース 4.2 t/ch として計算する。

装入回数を 6、6.5、7 ch/hr とすると、曲線 A₁ B₁ C₁、A₂ B₂ C₂、A₃ B₃ C₃ が、夫々のコークス比と装入能力に見合う PM をあらわしている。装入回数が 6 ch/hr では、PM = 600 t/d に対応できず、6.3 ch/hr ではじめて 600 t/d に対処しうる。

Fig. I-18 より、装入能力はコークス比 810 kg/t-pig 以上の時には、コークス比で制約され、コークス比 810 kg/t-pig 未満の時には鉱石比 (2,120 kg/t-pig) で制約されることがわかる。従って鉱石の事前処理を行うことによって、原料中の

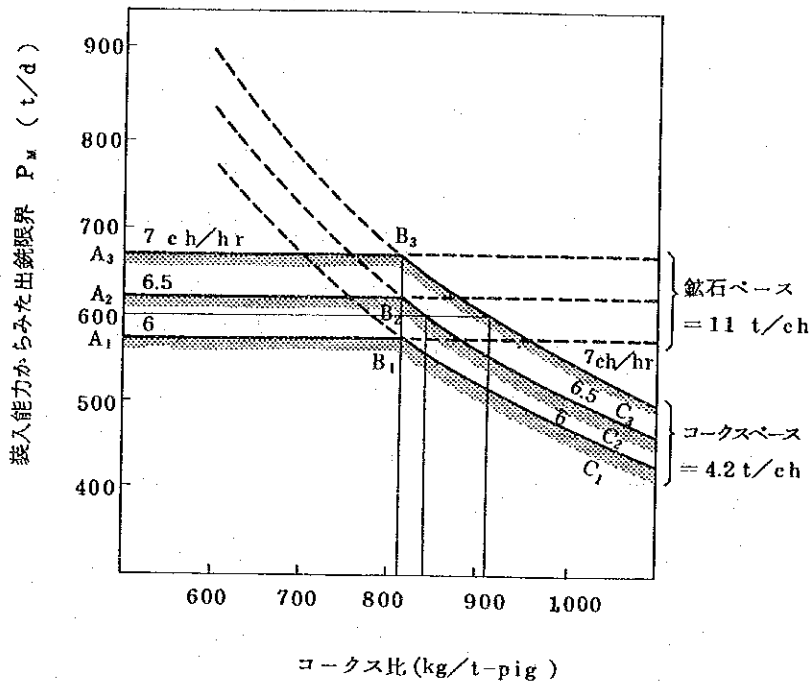


Fig. I-18 装 入 能 力

SiO₂ %が下ると、鉄石比が下り（新日鉄では約1,600kg/t-pig）、装入能力が上がることになる。

又、PM=600 t/dとした時には、装入回数が上がるに従い、制限コークス比が緩和される。例えば、装入回数=6.3 ch/hrの時はコークス比810kg/t-pig以下、7 ch/hrの時は、コークス比910kg/t-pig以下が制限条件となる。

(3) 高炉の燃料燃焼能力

高炉の燃料燃焼能力と炉床径との間には、次の関係式が認められている。

$$F = 9.06 \times H.D.^{2.32} \quad (1-1)$$

ここで、F : 燃料燃焼能力 (t-fuel/d)

H.D: 炉床径 (m)

勿論、燃料燃焼能力は、この式のみにより、一義的に決定されるものではなく、通気性の良否によっても変り、又、酸素富化や高圧操業によっても、改善されるものである。しかし、一応の目安としては充分に参考に値する。この式によればFig. I-19に示す如く、現状の炉床径5.1 mの時には、燃料燃焼量は約400 t/dとなる。これに対してHelwan 1、2高炉の最近1年間の実績は、月平均値（稼働率100%に補正）で307 t/d ~ 409 t/d（最高値は2高炉の1976年5月）である。現状の炉床径では燃料燃焼量の実績最高値をとっても、装入能力限界に相当する600 t/dの出鉄量に到達するには、燃料比を680 kg/t-pigまで下げねばならず、これは非常に困難といつてよい。従って、炉床径を拡大することにより燃料燃焼量を上げることが考えられる。この場合、燃料比が現状レベル（平均987 kg/t-pig）であれば、燃料燃焼量を592 t/d迄

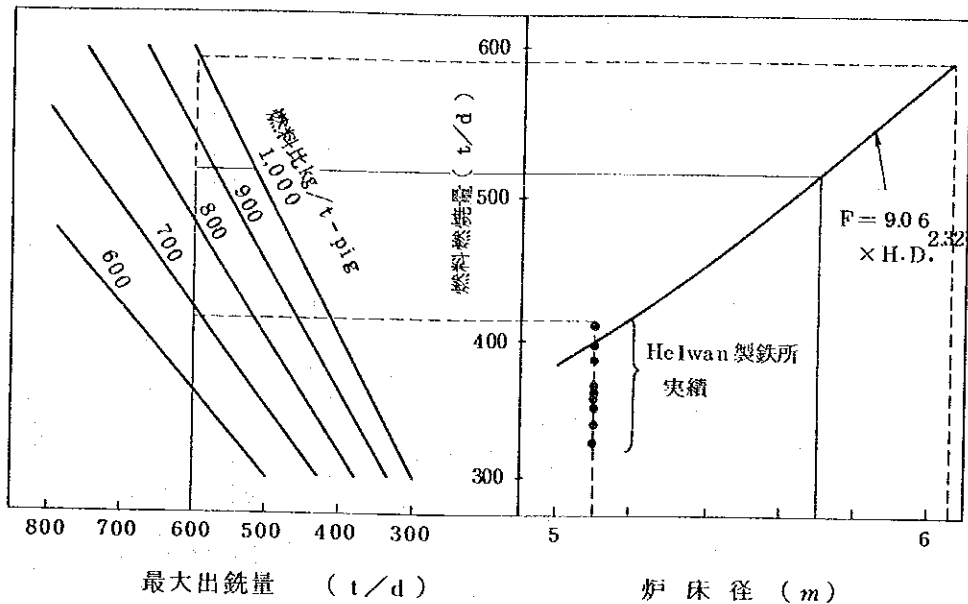


Fig. I-19 炉床径、燃料燃焼能力、燃料比、最大出銹量の関係

上げねばならない。そのためには式 (I-1) によれば炉床径を 6.06 m まで拡大する必要があり、これはスペース上困難である。従って 600 t/d の出銹を確保するには、燃料比の低減と同時に、炉床径の拡大という両対策が必要となる。高炉周辺のスペースから判断して、炉床径の限界は 5.7 m と考えられる。この場合、燃料比は 850 kg/t-pig 迄下げることが要求されるが 2-1-2 で述べたように達成可能と判断される。

酸素富化をすると、酸素 1,000 Nm³/hr 当り 30~40 t/d の燃料燃焼量の増加を期待出来る。さらに、酸素富化は、羽口先温度の改善、燃料吹込みの効率の改善、送風機の能力のバックアップ等の効果があるので、是非採用すべきである。

(4) 送風機能力

1) 送風量及び酸素量

燃料比 = コークス比 + 重油比 = 700~1,000 kg/t-pig のときの、燃料 1 t 当りの所要風量、(酸素富化 O) を日本国内実績に基づいて 2,800 Nm³/t-fuel とする。PM 600 t/d を確保する場合の燃料比、送風量及び富化酸素量の関係を Fig. I-20 に示す。

$$\text{送風量 (Nm}^3/\text{min)} = \frac{2,800(\text{Nm}^3/\text{t-fuel}) \times \text{燃料比 (t/t-pig)} \times 600(\text{t/d})}{1,440 \text{ min/d}} \times \frac{1,659 - 21 \times \text{酸素富化率}(\%)}{1,659 + 79 \times \text{酸素富化率}(\%)} \times \frac{1}{0.9} \quad (\text{I-2})$$

$$\text{富化酸素量 (Nm}^3/\text{hr)} = \text{送風量 (Nm}^3/\text{min)} \times \frac{\text{酸素富化率(\%)}}{79 - \text{酸素富化率(\%)}} \times 60 (\text{min}/\text{hr}) \quad \text{---(I-3)}$$

(漏風率は現在 15~40%あるが、改善により 10%に下げるとして計算)

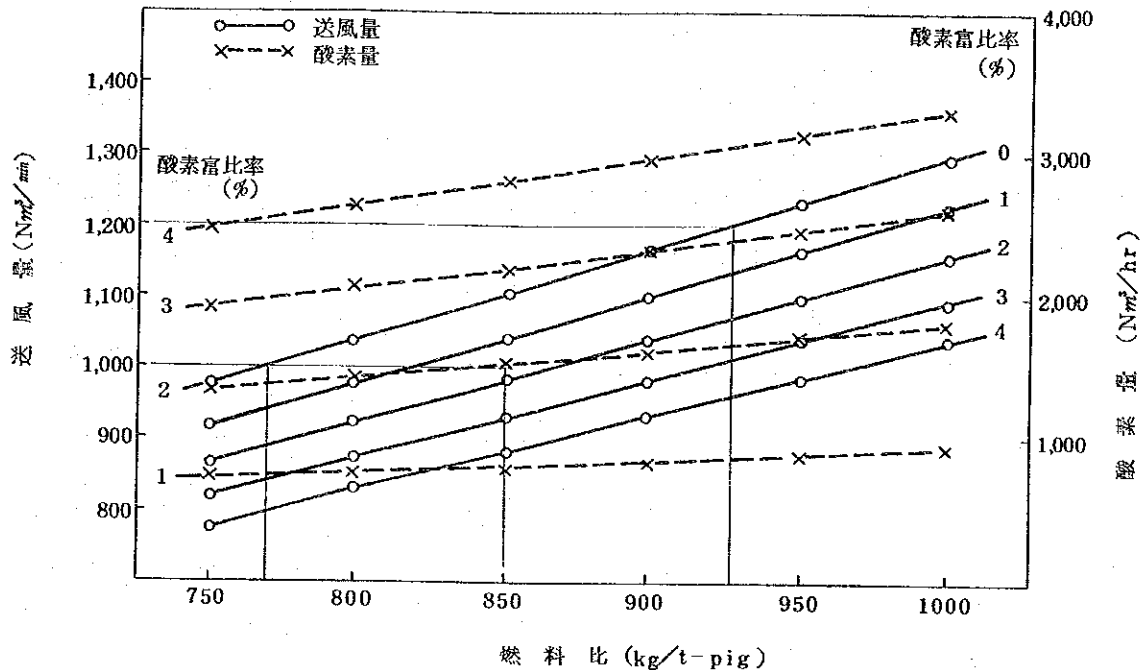


Fig. I-20 PM 600 t/d のときの送風量、富化酸素量

燃料比 927 kg/t-pig 以下の時は酸素富化を行わなくとも、所要送風量は送風機能力 (1,200 Nm³/min) の範囲内におさまる。ただし熱風炉切替時の送風圧力低下防止のため、熱風炉充風用として 200 Nm³/min を使うものとする、送風量の限界は 1,000 Nm³/min となる。この時、酸素富化を行わない場合には、燃料比は 770 kg/t-pig 以下にすることが要求され、かなり厳しい。燃料比が 850 kg/t-pig の時には、約 2% の酸素富化を行えばバランスがとれる。

従って酸素富化を行えば送風量の要求を満たすことができる。

2) 送風圧力

$$\text{送風機吐出圧} = 1,200 \text{ g/cm}^2$$

$$\text{送風機} \sim \text{熱風炉間圧力損失} = 150 \text{ g/cm}^2$$

$$\text{熱風圧力の変動余裕} = 150 \text{ g/cm}^2$$

とすると熱風圧力 $1,200 - 150 - 150 = 900 \text{ g/cm}^2$ でなければならない。内容積が 1,000 m³ 以下の高炉の実績では $\Delta P/V = \text{炉内圧損 (g/cm}^2) / (\text{送風量 (Nm}^3/\text{min)} + \text{酸素量 (Nm}^3/\text{min)}) = 0.8 \sim 1.1$ となっている。

PM 600 t/d、燃料比 850 kg/t-pig
 における熱風圧力、酸素富化率及び $\Delta P/V$
 の関係を Fig. I-21 に示す。酸素富化
 を行わなければ、 $\Delta P/V$ は 0.86 以下に
 保つことが必要となり、かなり苦しい。
 酸素富化 2% を行う時には、 $\Delta P/V$ は
 0.93 以下、3% の時には $\Delta P/V$ 0.98 以
 下と酸素量を増すにつれ緩和されるが、
 いずれにしても風圧に余裕がないため、
 通気性の改善が必要である。

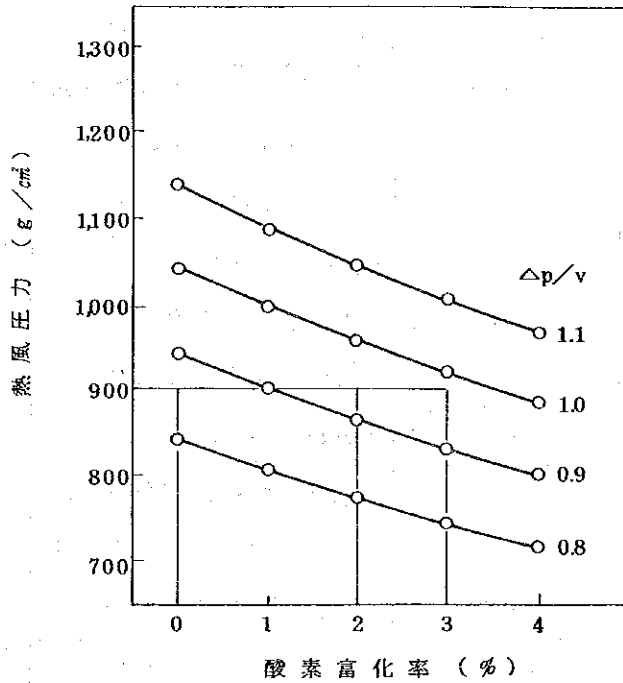


Fig. I-21 出鉄量 600 t/d、燃料比
 850 kg/t-pig のときの
 熱風圧力

(5) ガス清浄装置の能力

1) 高炉ガス発生量及びガス組織

Table I-7 高炉ガス発生量とガス組成

項 目	ケース 1 (重油吹込み)	ケース 2 (天然ガス吹込み)	備 考
最大出銑量 (t/d)	600	600	平均 $600 \times 0.9 = 540$
コークス比 (kg/t-pig)	743	765	コークスのC% = 86.77
重油比 (kg/t-pig)	80	0	重油のC% = 83.5 重油のH% = 12.0
天然ガス比 (Nm ³ /t-pig)	0	80 (67kg/t-pig)	天然ガスのC% = 71.57 天然ガスのH% = 21.74
石灰石比 (kg/t-pig)	136	138	I.L. = 42.49%
送風量 (Nm ³ /t-pig)	2,051	1,961	
酸素量 (Nm ³ /t-pig)	53.3 (2%)	77.4 (3%)	
送風中湿分 (g/Nm ³)	10.9	10.9	
銑中 C (%)	0.7	0.7	
ガス灰発生量 (kg/t-pig)	60	60	ガス灰のC% = 16.46
H ₂ 還元効率	0.45	0.45	
CO還元効率	0.306	0.301	
高炉ガス発生量 (Nm ³ /hr)	76,300	75,400	
高炉ガス組成			
CO ₂ %	14.3	14.3	
CO %	30.2	30.8	
H ₂ %	2.4	3.5	
N ₂ %	53.1	51.4	
カロリー (Kcal/Nm ³)	978	1,025	

高炉ガス発生量及びその組成を Table I-7 に示す。尚 CO% 及び CO₂ % は Fig. I-22 より CO の還元効率を求め石灰石より発生する CO₂ で補正して求めた。

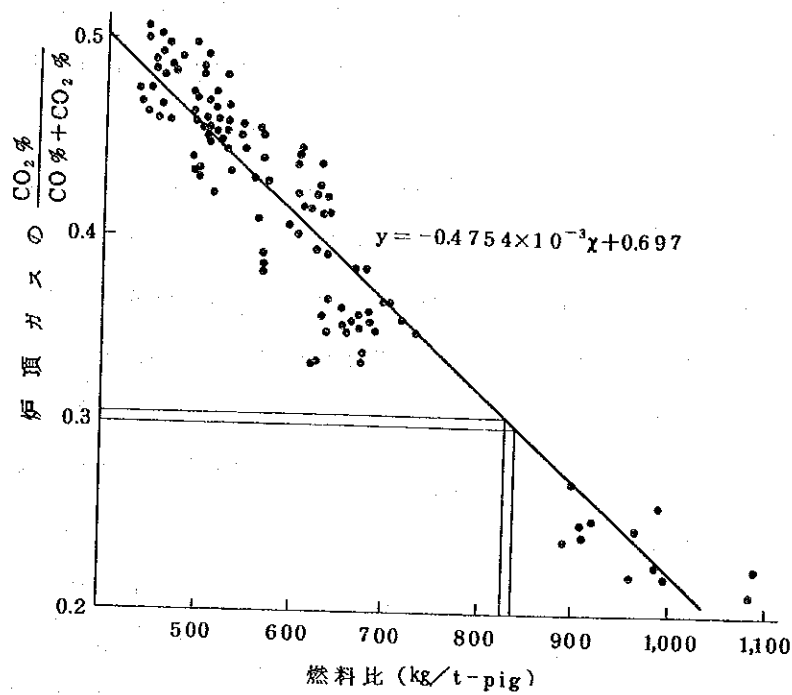


Fig. I-22 燃料比とCOガスの還元効率の関係

2) ガス清浄装置の能力

Table I-8 清浄ガスの含塵量

年 月	清浄ガスの含塵量			1、2高炉 合計ガス量 Nm ³ /hr	Aswan 鉍石使用量 (1、2高炉平均) kg/t-pig
	サンプル数	平均	σ		
76 1月	4	mg/Nm ³ 14.0	mg/Nm ³ 6.4	110,000	119
" 2月	3	12.0	7.1	110,000	81
" 3月	3	13.3	3.4	116,000	76
" 4月	3	34.7	25.5	70,000	830
" 5月	3	28.7	16.1	69,000	840
" 6月	-	-	-	65,000	265
" 7月	1	29	-	105,000	101
" 8月	2	28.0	3.0	115,000	275
" 9月	3	11.3	1.2	60,000	170