

## 技術報告

UDC 669.162.2-669.184 : 669.187

## 高炉-LD 転炉対電気炉製鋼法の比較分析\*

Analysis of Steelmaking Alternative Blast Furnace-LD vs.  
Electric Furnace

C. A. SCHNEIDER\*\*

自由圏で第二位の日本鉄鋼業界では、将来の設備を如何に拡張するかが真剣に考えられている。日本が急速に発展した 1960 年代には起こらなかった政治的、経済的な要因が、今日にも存在するのである。今後の増産というゴールに達する方法の選択が、この変化した要因の観点から十分に検討されなければならない。

本文は、日本の高炉メーカーに二つの方法の選択すなわち高炉-LD システムとウルトラハイ・パワー・アーク電炉を比較する方法を示すものである。この経済的分析には、具体的な数字が使われている。

これらの数字の基礎は機密の出所から取り、かつ、正確度を期するため、交互チェックの上使用しているが、読者は、各製鉄所ごとにそれぞれ異なる経理の方法がとられているし、又その経済性もそれぞれの地域によつて異なることをご理解願いたい。要するに大事なことは、この方法を使つてみることであり、読者が自分自身のデータを駆使して正当な比較を行なうために両システムについてすべてのコストを考慮することである。なお、本文中の労務費には製鋼に係る直接および間接の費用、および福利厚生費も含まれている。諸資材およびサービスはコンピューターのサービス、化学分析、スクラップのプレヒーティングなどを含んでいる。補修および維持費には外部の下請費用などが含まれている。工場一般管理費には、工場管理職プラス経理、総務部門のコスト、(それらが本社にある場合をも含む) が含まれている。実際問題としては、あるカテゴリーのコストが重複して計算され、明確に分けられないことがあるので、この製鋼費の合計が重要な数字となる。

製造コストの計算においては、酸素、焼結、コークスのコストは、それらの設備に対する減価償却や金利を含むものとする。「建設費」の表では、この論文に関係する製鉄・製鋼の設備資本費のみを載せてある。また新しい高炉が効率的に稼動するためにはさらに多少のスペース設備が必要と思われるので、いくらかの小さな敷地の

費用が製鉄コスト中に含まれている。

投資に対する最低限の利益または収益が、双方の場合のいかなる財務計算にも含まなければならない。年間にして同じトン数を生産する場合、より高い資本費をかけた方法の方がより低い操業費となるのは明らかである。しかしながら、この設備は投資にペイするだけの十分な操業費のコストダウンが得られないかもしれない。それゆえにこのスタディにおいては、筆者は、双方のプロジェクトが投資に対して最低 5% の利益を回収すると想定し、総コスト比較は、このベースで行なつた。読者諸氏は、また、販売価格からスタートし、すべてのコストを差し引いて利益を計算することもできる。この利益を総設備投資で割ると、ROI % (Return on Investment = 投下資本利益率) が出る。プロジェクトは、この ROI のベースで比較検討され、その結果最も高い ROI のそれが選ばれることがほとんどである。

大体ビジネスはその投資を正当化させるためには、銀行金利と同じ収益を出さねばならない。企業がリスクであればあるほど、収益は高くなる。

このスタディは日本の高炉メーカーが 6 年間に 2 000 000M/t の増設を行なう場合の経済性の比較を考察したものである。

## 選択 1.

- 1 基—高炉およびその付属設備
- 2 基—200 t LD 転炉

## 選択 2.

- 4 基—75MVA のトランスをもつ 200 t (炉殻 24 フィート) の UHP アーク電炉—350MVA (154 KV) の変電所を含む。

ケース I 100% スクラップ装入

ケース II 60% スクラップ装入 40%還元鉄装入

\* 昭和 48 年 5 月 29 日受付

\*\* 新日本カーボン(株)元マーケティング担当：取締役 訳者三上貞夫

(表 1)

年 次	溶 鋼 (M/Ton)	建 設 費	
		B F—L D	E F
-2	0	¥13 850 製鋼 4 660 製鉄 ○ ¥18 510	
-1	0	¥ 9 330 製鉄 5 275 1-連続铸造 ○ ¥14 605	6 195 2-電炉 5 275 1-連続铸造 ○ 11 470
1	1 000 000		
2	1 000 000		
3	1 000 000		
4	1 500 000		2 485 1-電炉
5	1 500 000		4 450 1-連続铸造
6	2 000 000		○ 6 935
7	2 000 000		
8	2 000 000		
9	2 000 000		
10	2 000 000		
11	2 000 000		
計		¥43 565	¥20 490

(表 2)

製 鉄 原 料	高 炉	
	コ ス ト 単 価	数 量—M/T
焼結 60% (塩基性度 1.5—2.0)	¥ 5 000	. 96
酸化ペレット 20%	5 500	. 32
塊鉄 20%	4 200	. 32
コークス	12 000	. 45
石灰石, ドロマイト	3 950	. 1
燃料オイル	7 600	0.05
ガス—コークス炉 高 炉		
マンガン鉱石	8 000	0.01
製鉄原料費 計		¥14 455
製 鉄 費		
労務費		165
電力		20
補修および維持費		500
ユーティリティ・コスト—スチーム・酸素・送風		400
一般管理費		150
製鉄費 計		¥ 1 235
変動費合計—製鉄用		¥15 690

## 1. 考 察

両ケースともピレットの連続铸造機は、ピレット比較を行なうために含まれるものとする。また、高炉の

操業費はもつとも有利な条件を与えるために、大きいユニットのそれを採用した。スクラップの価格については、三つの異なる価格 (¥ 13 000, ¥ 15 000 および ¥ 18 000) が、異なる経済状況下におけるより完全な

(表 3)

LD 転炉 (普通鋼の場合)			
原料費	コスト単価	数量 (MT)	コスト/MT
鉄鉄	¥15 690	・8	¥12 550
スクラップ	15 000	・2	3 000
添加物	79 000	・1	790
			¥16 340
	91% 歩留り		17 950
製鋼費			
労務費			450
酸素 52 nm <sup>3</sup> @¥5・8/nm <sup>3</sup>			300
電力			80
耐火物			530
融剤			435
ユーティリティ・コスト			215
補修および維持費			710
その他資材およびサービス			435
一般管理費			300
製鋼費 計			¥ 3 455
溶鋼変動費			¥21 405
連続製造変動費			1 500
ピレット変動費			¥22 905

(表 4)

電 気 炉 (普通鋼の場合)				
原料費	コスト単価	数量 (MT)	100%スクラップ	スクラップ+40% 還元鉄
スクラップ	¥15 000		¥15 000	¥ 9 000
還元鉄	15 000			¥ 6 000
計			15 000	15 000
歩留り			94%	91・4%
小計			16 000	16 450
添加物コスト	60 000	5 kg	300	300
原料費 計			16 300	16 750
製 鋼 費				
労務費			490	490
電力	¥3・8/KwH	500 KwH—スクラップ 600 KwH—還元鉄混用	1 900	2 280
電極			1 200	1 440
耐火物			500	500
融剤および酸素			500	500
ユーティリティ・コスト			100	100
補修および維持費			600	600
その他資材およびサービス			435	435
一般管理費			300	300
製鋼費 計			6 025	6 695
溶鋼変動費			¥22 325	¥23 445
連続製造変動費			1 500	1 500
ピレット変動費			¥23 825	¥24 945
			(1)	(1 a)

比較を行なうために使われている。

### トン当たりピレット・コスト—財務的要約

下記は日本にある高炉メーカーの（6年目までに）2000 000M/t の鋼ピレットを生産する場合のコスト比較である。

#### I 投資コスト比較

	総投下資本 (百万円)	年産能力トン当たり 投資コスト	トン当たり 固定費*
高炉-LD転炉	43 565	21 783	5 228
電気炉	20 490	10 245	2 459

#### \* 固定費：

このスタディでは、24%の最低投下資本利益が操業の固定費として含まれている。これは減価償却10%、利子9%および利益5%である。税金、保険、在庫など投資規模に関係するほかのコスト要因は含まれていない。

#### II トン当たり変動費比較

スクラップ価格/M/T

	¥13 000	¥15 000	¥17 000
高炉-LD 転炉	22 455	22 905	23 355
電炉-100%スクラップ	21 665	23 825	25 925
電炉 60% スクラップ, 40%	23 300	24 945	26 195

#### III 還元鉄

還元鉄価格は、一律に ¥15 000—/t とする。

#### III 総コスト比較

スクラップ価格(M/t)

	¥13 000	¥15 000	¥17 000
高炉-LD 転炉	27 683	28 133	28 585
電炉 100% スクラップ	24 124	26 284	28 384
電炉 60% スクラップ	25 759	27 404	28 654

差

高炉-LD 電炉 100% スクラップ	3 559(13%)	1 849(7%)	199(1%)
高炉-LD 電炉 60% スクラップ	1 924(7%)	729(3%)	-71(-)

100%スクラップ装入の場合、平均スクラップ価格が ¥17 000/t より高くなると経済性は LD 転炉工場の方が有利となる。¥15 000の還元鉄の場合でも、スクラップが約 ¥17 000/t を越えるまでは、この方法に魅力がある。このスタディでは、還元鉄が使用（連続装入）された場合、生産面におけるコスト・ダウンが行なわれることは考慮に入れていない。

## 2. その他の考慮すべき事柄

直接の経済性の比較以外のファクターもまた、評価されるべきで、高炉-LD 転炉システムとアーク電炉との比較分析を十分にするため、可能なところには円価額で表示した。考慮すべき要因は次のとおりである。

1. 建設計画から見ると、高炉-LD 転炉の設備は鋼が作られる以前にその全部が完成していなければならないことがわかる。アーク電炉の場合市場の需要に従って生産能力を追加することができるので、アイドルでかつコストのかかる設備をとくになくてもすむ。また、投資に対する、より早い収益をもたらす。

2. 大規模の銑鋼一貫プラントの設計・建設には、完成まで約4～5年を要する。そして一旦完成したならば、技術開発スピードの加速化のために、部分的に時代遅れとなるかもしれない。電気炉を使っているプラントは追加的に増設することができ、したがって技術および原料使用双方における最新の技術開発に遅れずについていける。

3. 資本費は電気炉の場合かなり低い。それゆえに、(同じ製鋼能力に対してならば)製鋼会社は、より少額の借入金ですませるか、あるいはその工場のほかの部分の合理化のために資金の残りを使うかの選択ができる。さらに、資源は、高生産性の重工業指向から、非製造方面および「生活内容」向上のための消費支出へと移動しつつある。したがって将来の鋼生産拡大のための資本を確保することはもつと困難になるか、あるいはコストの高いものとなるかもしれない。

4. 土地が高価で希少の場合には、電気炉による方法が真剣に考えられるべきであろう。

5. 公害規制とその防止が鉄鋼業界の大きな関心事である。これらの対策は、電気炉システムの場合、より簡単に効果があり、かつ、より低い費用でできる。

6. 電力は多分ほかのエネルギー資源に比較して、長期にわたり安定するかあるいはむしろ下がるであろう唯一のエネルギーの形である。また、合理的なコストでの電力の供給は、粘結炭のごとき、その他の原材料の供給性と価格に比べ、より確かである。

7. さらに技術改良が進めば、電気炉用装入原料としてスクラップを補って還元鉄を使用した場合の経済性も変わつてこよう。現在のLD 転炉に対して、電気炉に経済的な原料を与えることになれば、伝統的な高炉操業にも変化が見られるかもしれない。

8. 生産性の向上は、電炉システム—とくに普通鋼の生産における経済性を大幅に改善し UHP 電極により実

現された。

9. 電気炉には LD 転炉よりも生産に flexibility がある。これは市場の需要が変動している時期においてはとくに重要で、これは過去におけるよりももつとひんぱんに起こるものと見られる。電気炉の設備は市況に応じ、容易にストップし、あるいはスタートさせることが可能である。(高炉、焼結工場、コークス炉のごとき心配しなければならない関連設備がいない。) 高炉操業を不況期に減らすことはむずかしいので、その場合は通常よりも多量の銑鉄が LD に使われる。ただし不況期にはスクラップ価格は安いので、もつとスクラップを使う方がより経済的なのである。

10. 鉄鋼一貫工場の一部としての電気炉は、処理に面倒でコストのかかる自家発生屑をたやすく使うことができる。

11. 電気炉はより冶金的な flexibility を提供する。どんな種類の鋼または鉄も電気炉で経済的に作ることができる。鉄鋼製品を使う客先がより高品質の鋼を求め、また鉄鋼メーカー同士が値下げし、かつマーケットシェアを伸ばす手段として、一層、品質で競争するようになるから、この点は重要である。

12. 電気炉と連続鑄造機は、証明済みの取り合わせである。電気炉中の容易な温度コントロールは連続鑄造を成功させるのに重要なことである。

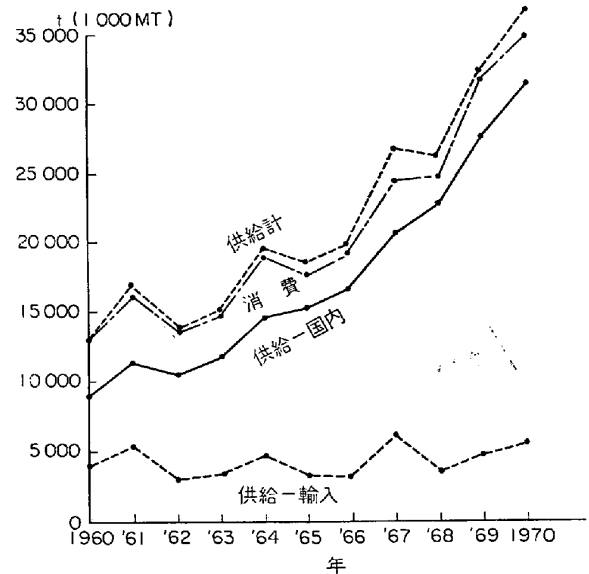
#### 電気炉用「原料」

##### スクラップと電力

電気炉の主要な「原料」は、(1) スクラップのごとき装入原料資源と(2) 電力資源の二つである。これらの「原料」コストはまた非常に重要なのでこれを論ずる。

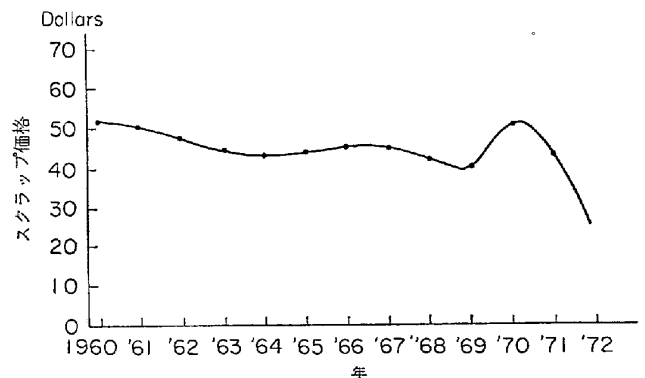
##### スクラップ

別表「スクラップの供給と消費」に見られるように、国内スクラップの供給は 1960 年の 9 268 千トンから 1970 年の 31 437 千トンと、年率 13% の成長率で伸びてきた。鋼スクラップの消費も、同時期に年率 10.2% で増加し、また国内供給が需要よりも大きな率で伸長を示した。これは、国がより工業化されるに従って、プロセス・スクラップ(会社に還元される加工屑など)および廃棄スクラップ(自動車、レール、ビルのスクラップなど)が増加するからであると思われる。また、スクラップの供給状況、その結果としての電炉鋼、転炉鋼および平炉鋼の生産を別添資料に示している。基本的な想定は Scrap study I で述べる。その他の異なる例として、循環スクラップのパーセント(連続鑄造が増える可能性により異なるため)および LD で使われる数量を変えて想定した。興味のあるのは LD に使用されるスクラ



資料：日本鉄鋼連盟

図 1 スクラップの供給および消費



資料：S. Tabata “日本鉄鋼界の問題および実態の情勢”

図 2 スクラップ価格推移

(関東・関西中部地方の平均)

ップ量のわずかな変化が電気炉に与える効果である。(Study I 対 Study IV)

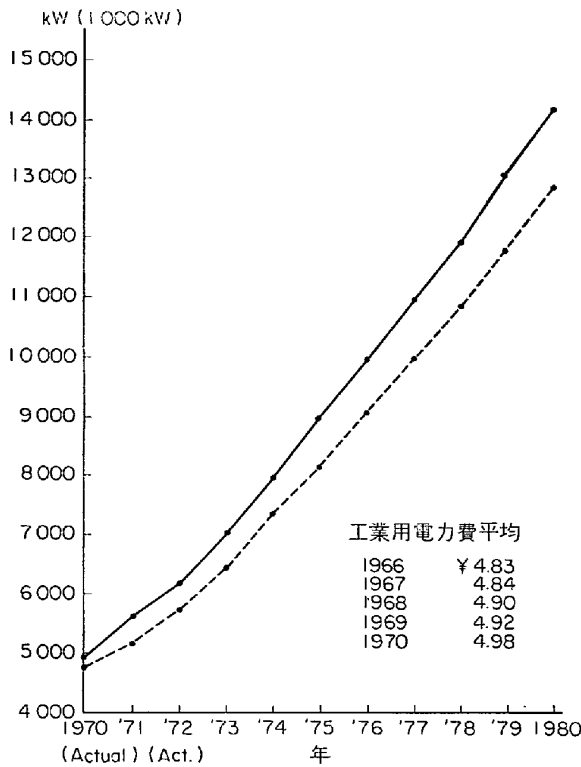
### 3. 結 論

1965~1970 年の期間には、国内スクラップ供給量の伸長率は年 15.6% であり、これに対し消費のそれは 14.6% であつた。この同期 5 年間に、電炉鋼生産は 13.3% の率で増加した。今後も国内スクラップの供給はふえ続け、さらに電炉鋼増加を支えるものと思われる。

スクラップ価格はまた、1960~1970 年の間、驚くべき安定した状態を示した。近い将来、還元鉄が入手可能となり、スクラップ価格を安定せしめるとともに、電炉用装入原料の十分な供給性を高めることになるう。

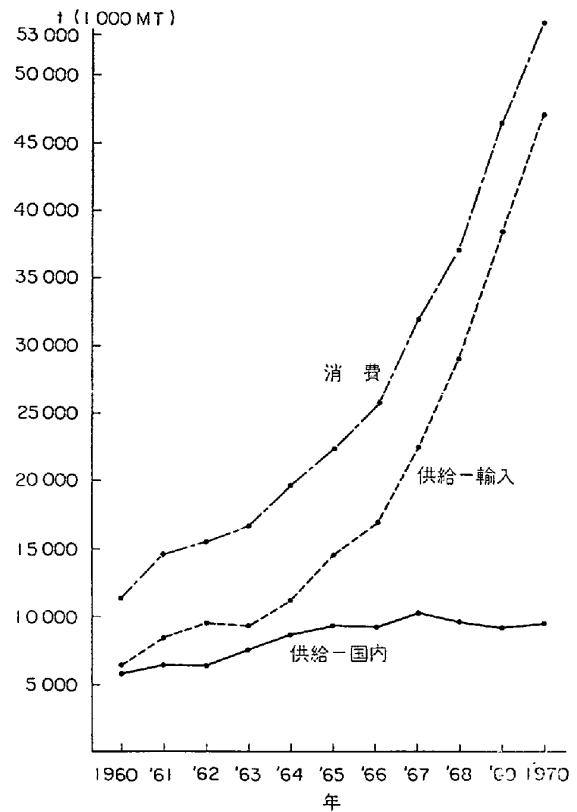
#### 電 力

日本の電力需給に関する電気事業連合会の 1972 年 4 月のレポート(別表参照)によると日本は 1970 年に供



資料：中央電力協議会 (1972年4月)

図 3 日本の電力需給情況



資料：日本鉄鋼連盟

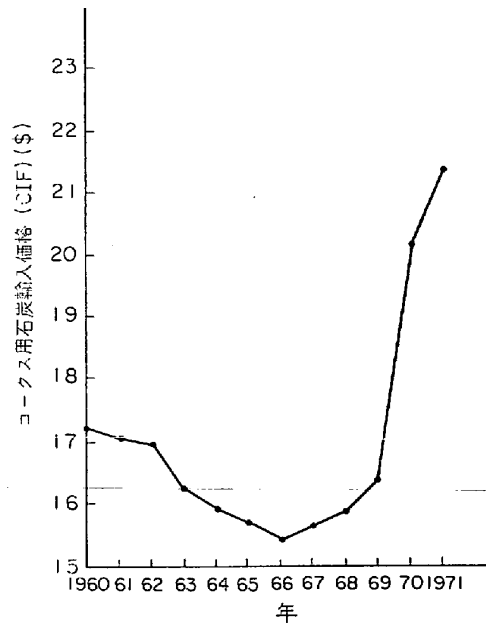
図 4 粘結炭の需給

給予備力が最低であつたことがわかる。将来の発電設備が計画されており、最終的には 10% の予備率が得られよう。したがつて、異状な状況の場合を除けば電力供給不足がアーク電気炉の発展の邪魔をすることはなかろう。また、同図から電気料金が非常に安定していることもわかる。これは原子力発電の発展とも関連し、電気料金は落ち着いた動きを持続しよう。これと反対の状況は輸入が加速的な率で増加している粘結炭に見られる。粘結炭の別図に見られるとおり、コストも同じ傾向でフォローしている。田辺三郎氏 (注・新日本製鉄(株)常務取締役)は 1971年のレポート“World's Coking Coal and Iron Ore Situation As Seen from Japanese Steel Industry”の中で、状況を詳細に述べておられる。下記は粘結炭に関する同氏のレポートの要約である。

1. 供給が限られている。それゆえにバイヤーは長期契約で生産が下らないという保証なしでトン数を約束している。

2. 現在の供給リースに対しては競争が激しい。欧州は最近彼らの購入価格を引き上げた。

3. 以前は、他の供給地域が予想と反した場合には、米国が buffer として働いた。田部氏は、日本は予期しない、契約以上のものを得ようとする場合、米国をあてにはできないと考える。

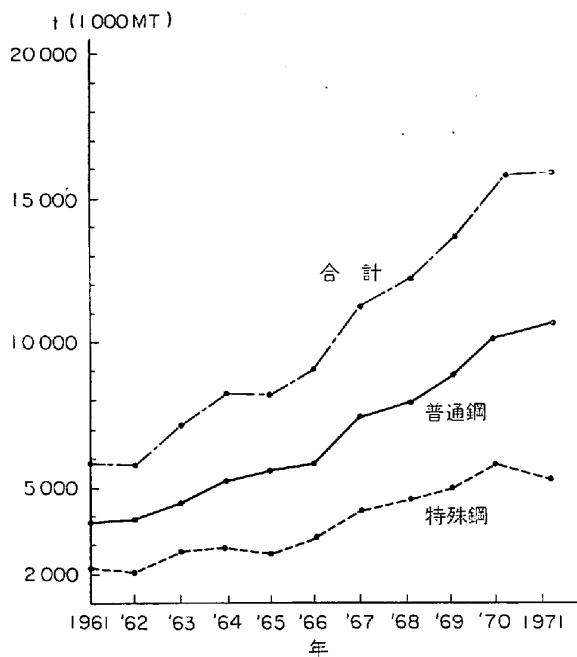


資料：鉄鋼統計委員会

図 5 輸入粘結炭価格

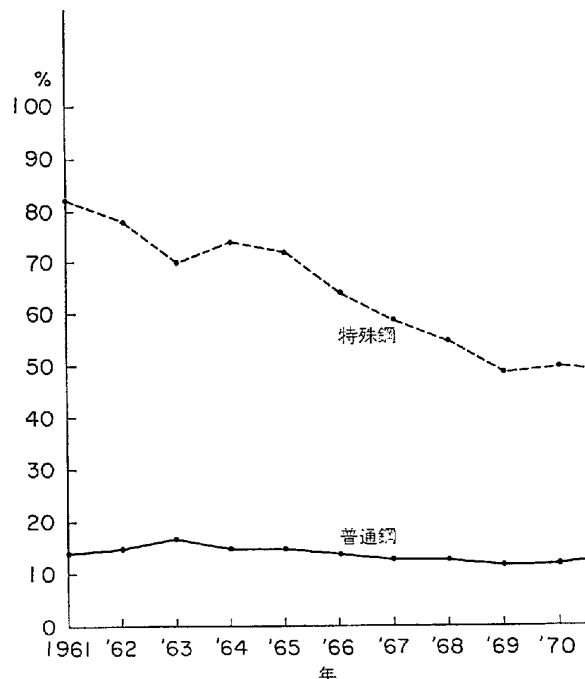
4. 生産を増加し、かつ公害などを避けるためには、良質のコークス用石炭の需要が増加する。

5. コスト高により、価格は高くなると予想される。(古い鉱山はより困難に、かつコストが高くなつてきており、新しい鉱山の開発もまたコストがかかる。)



資料：日本鉄鋼連盟

図 6 電気炉鋼生産



資料：日本鉄鋼連盟

図 7 粗鋼合計に占める電炉鋼の%

Scrap study I

(日本の場合)

想定

- \* 130 000MT の粗鋼生産.
- \* 32 000 000MT の輸出 (粗鋼合計の 25%).
- \* 循環スクラップ=粗鋼の 20%.
- \* プロセス・スクラップ=自家製造の鋼の 13%.
- \* 輸入スクラップは 5 000 000MT.
- \* 廃棄スクラップは 11 000 000MT と見積る.
- \* 製鋼用スクラップは全スクラップの 83% と見る.
- \* 平炉鋼は 1 000 000 トン.
- \* 平炉では鋼トン当たり 450kgs のスクラップを使用.
- \* 電気炉では 1 030kgs/トンのスクラップを使用.
- \* LD 転炉は 200kgs/トンのスクラップを使用.

130 000 000	粗鋼合計
<u>32 500 000</u>	輸出分差引
97 500 000	国内消費料

供給スクラップ

循環 (粗鋼の 20%)

プロセス (自家製造の 13%) = 26 000 000MT

廃棄 = 12 680 000

輸入スクラップ = 11 000 000

総供給スクラップ 5 000 000

54 680 000

製鉄用スクラップ (83%) 45 500 000

平炉用スクラップ 差引

$$(1\ 000\ 000t \times 450kgs) = 450\ 000t$$

LD および EF 向供給スクラップ 45 050 000MT

200 (転炉鋼) + 1 030 (129 000 000 - 転炉鋼)

$$= 45\ 050\ 000$$

転炉鋼 = 106 000 000MT 81.6%

電炉鋼 = 23 000 000MT 17.7%

平炉鋼 = 1 000 000MT 0.7%

$$\frac{130\ 000\ 000MT}{130\ 000\ 000MT} = 100\%$$

Scrap study II

想定

循環スクラップ=粗鋼の 18% (20% に対し) とし、  
それ以外は Scrap study I に同じ.

転炉鋼 = 108 000 000MT 83.1%

電炉鋼 = 21 000 000MT 16.2%

平炉鋼 = 1 000 000MT 0.7%

$$\frac{130\ 000\ 000MT}{130\ 000\ 000MT} = 100\%$$

Scrap study III

想定

LD が 175kgs/t (200kgs に対し) のスクラップを使用するものとし、  
それ以外は Scrap study II に同じ.

転炉鋼 = 105 000 000MT 80.8%

電炉鋼 = 24 000 000MT 18.5%

平炉鋼 = 1 000 000MT 0.7%

$$\frac{130\ 000\ 000MT}{130\ 000\ 000MT} = 100\%$$

Scrap study IV

LD が 175kgs/t (200kgs に対し) を使用するものと

し、それ以外は Scrap study I に同じ.

転炉鋼	=	103 000 000MT	79.3%
電炉鋼	=	26 000 000MT	20.0%
平炉鋼	=	1 000 000MT	0.7%
		130 000 000MT	100%

このスタディは、アーク電炉が将来の製鋼能力増加に

対して、真剣に考えられるべきことを示している。今日の経済的および政治的状況は、かつてなかつたものであり、このことは鉄鋼業界のマネジメントが将来の鉄鋼生産拡張の問題に対してフレッシュな、かつ創造的なアプローチを行なうことを必要としていると思う。