連続製鋼法とその発展

中 川 龍 一*

1. 緒 言

現在の製鉄体系では、高炉で鉄鉄をつくり、転炉でそれを鋼として、造塊と圧延の工程を経て製品が生産される。この製鉄体系はきわめて高度の合理化とスケール・メリットの追求によって今日の繁栄をもたらしたが、転炉を主流とする製鋼工程はまだ連続化されていない。したがって、この製鋼工程が連続化されると高炉を出発点とした全工程の完全連続化ひいてはオンライン制御が可能となって、現場作業のない、いわゆる無人製鉄所も夢ではなくなるであろう。このような観点から金属材料技術研究所においては、環境問題も少なく、経済的、能率的な新しい製鋼法として約10年の年月を費して「金材技研式連続製鋼法」の開発研究を行いそれに成功している⁽¹⁾。

さらに環境、資源問題、産業廃棄物の問題に対して、自動車スクラップの固型物公害防止、鉄資源の有効リサイクルを目的として「鉄屑の連続溶解、精錬、铸造法」の基礎的な開発研究にも成功している。

現行製鉄法のかかえるもう1つの大きな問題はエネルギー問題である。約88%を輸入に依存する原料炭の供給不安定と価格上昇により、現行製鉄法の再検討を促す要因となり、わが国のみならず世界各国で幅広いエネルギーの利用を考慮して直接還元法の研究および実用化が盛んになってきた。金材技研においても鉄鉱石を固体状態でガス還元を行い還元鉄を製造することを基本とするプロセスの中でシャフト炉法と共に有力な方法と考えられる流動層法と、また鉄鉱石あるいは予備還元鉱を熔融状態において高温で迅速還元することを基本とする連続溶解還元法について現在研究を進めている。

このように出発原料は溶鉄、スクラップ、および鉄鉱石あるいは予備還元鉱と変わってきているが、連続プロセスを行うという考え方は変わらず、今後とも製鉄体系の全

連続化という思想のもとに新しい技術の開発研究を遂行していく考えである。

本稿ではこれら開発研究の現状、その問題点を取りあげ将来の実用化への展望についてわれわれの考えを述べたい。

2. 連続製鋼法

最近の製鋼法は純酸素転炉法がその主力となっている。これでは高炉で得られた溶鉄に、石灰を主成分とする造滓剤、スクラップを加え、純酸素を高速で吹きこんでSi, S, P, Cを除去した後、成分調整を行って鋼とする。1回毎に成品の溶鋼を排出するバッチ法ではあるが、大きな転炉では約300tの溶鋼が30~40分ごとに得られ経済効果の大きい方法である。

一方、連続製鋼法には大別して2つの方法がある。純酸素を使用する転炉発展型の方法、燃料と酸素を使用する平炉発展型の方法がそれである。電気炉による連続製鋼法もあるが高炉体系外で別の意味で注目すべき方法である。高炉体系で考えられる連続製鋼法は転炉発展型の方法であり、溶鉄と添加剤の供給、酸素の吹精、製品鋼の排出を一定の状態で行うのを原則とする。その特徴とするところは、(1)計測と制御が容易であるということ、すなわち、コンピューターによるオンライン制御が可能であって製品の均質化のみならず無人化が期待されること、(2)建設費の低下が期待されること、すなわち、集塵、公害防止設備に多額の資本投下を必要とする製鋼工程にあつて、熱とダストの発生が転炉の場合のようにピークがなく一定となるので小容量の集塵機を効率的に使用でき、製鋼炉本体および建屋も同一生産量の転炉と比較して小型となる。(3)連続製鋼の操業は定常状態で行われるので、耐火物の寿命に影響する温度サイクルがなく、炉体寿命の大幅な伸びが期待できることである。

現在、実験的に裏付けされて発表されている連続製鋼法⁽²⁾には、BISRA(イギリス)の噴霧製鋼法、IRSID(フランス)の転炉型連続製鋼法、C. R. A.(オーストラリ

* 金属材料技術研究所工業化研究部長
Continuous Steelmaking Process and its Developments;
Ryuichi Nakagawa(National Research Institute of Metals,
Tokyo)
1977年12月19日受理

ヤ)およびBethlehem Steel Co.(アメリカ)の単段傾型連続製鋼法, MISiS(ソ連)の単段多室型連続製鋼法, および金属材料技術研究所の多段傾型連続製鋼法などが主なものである。いずれの方法も未だ実用化はされてなく, ソ連の方法は実用化については詳細は明らかではないが, 最も実用化に近いものとして考えられているのは IRSID 法と金材技研法であろう。

3. 金材技研式連続製鋼法⁽¹⁾

傾型の単位炉を多段に連結した装置で, その設計思想は次のような点である。

- (1) 炉内の混合特性が任意に得られること。
 - (2) 計測部が容易に得られること。
 - (3) スラグ, メタルの分離が可能なこと。
 - (4) スラグ, メタルの向流操作が可能なこと。
 - (5) 造滓剤の滓化時間が短いこと。
 - (6) 混合に伴う連続反応装置の反応効率の減少を最小限にとどめること。
 - (7) 指定の反応を指定の場所で行わしめること。
 - (8) 反応の種類と温度により適材適所の耐火物が選べること。さらに炉の補修が容易なこと。
- などである。単位炉の形状は(1)から(5)までの理由により定められ, 全体の構成として多段形式を採用したの

は(6)から(8)までの理由によるものである。装置の概要を図1に示す。

図1 金材技研式連続製鋼装置の概略図。

基礎研究は1964年に開始され, 1967年に3段式のテスト・プラントが建設された。製鋼炉には酸素吹精ランスが直列に配置され, 酸素・造滓剤同時供給法⁽³⁾が採用されている。実験規模は8t/hで, 90分間の連続操業が数十回行われた。その代表的な実験結果を表1, 図2および図3に示す。

第1段炉で脱硫, 第2段炉で脱硅と脱磷, 第3段炉で脱炭の各反応が主として行われ, 定常状態も非常に安定している。とくに3% Cの溶鉄すなわち炭素域での脱磷能力にすぐれ, 総脱磷率95%, 製品鋼で0.004%Pの

表1 操業実験結果の代表例。

操 業 番 号		57		60		62	
製 鋼 炉	No.	1	2	1	2	1	2
鉄 鉄	量 (t)	12		12		12	
	流量(kg/min)	130		130		130	
酸 素 吹 精 量	(m ³ /min)	2.2	3.6	2.4	4.4	2.4	4.4
(標準状態)							
造滓剤	供給量(kg/min)	9	4	12	5	13	4
	CaO : CaF ₂ : SiO ₂	5 : 1 : 0	4 : 1 : 1	5 : 1 : 0	4 : 1 : 1	5 : 1 : 0	4 : 1 : 1
ラ ン ス	総 本 数	4	5	4	5	4	4
	酸素のみ	—	3	—	3	—	2
	角度(°)	5	25	5	5	5	5
	高さ(mm)	150	140	150	160	150	200
	ノズル径(mm)	5	5	5	5	5	5.5
温 度	銑鉄(°C)	1410		1430		1390	
	鋼(°C)	1520	1590	1510	1660	1490	1710
銑 鉄 組 成 (%)	C	4.02		3.87		3.89	
	Si	0.51		0.53		0.58	
	Mn	0.63		0.64		0.57	
	P	0.12		0.13		0.11	
	S	0.059		0.024		0.038	
得 ら れ た 溶 鉄 組 成 (%)	C	3.07	0.38	2.73	0.03	2.89	0.04
	Si	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Mn	0.32	0.17	0.33	0.06	0.28	0.12
	P	0.019	0.005	0.023	0.004	0.010	0.004
	S	0.025	0.025	0.012	0.015	0.013	0.016

図2 各炉のスラグ塩基度(CaO/SiO₂)と脱磷率の関係。

図3 各炉および合計酸素吹精量(標準状態)と脱炭量との関係。

低磷鋼が再現性よく得られている。また酸素効率も優れていることが特徴である⁽⁴⁾。ダストも少なく、ダクト中への造滓剤成分の移行も極めて少なく、造滓剤の滓化がほとんど完全に行われることも本プロセスの利点である。

本連続製鋼法の実用化、制御法の確立の資料を得るため、本連続製鋼法に関する数学的モデルの開発ならびに水モデルによるフローパターンの追跡を実験と併行して進めてきた^{(5)~(7)}。すなわち、この数学モデルは製鋼反応を物質移動律速と仮定し、その反応速度は吹精酸素流量と生成COガス流量に比例するとして作成されたものである。このモデルを用いて実験操作のスタート時のシミュレーションを行った結果、本モデルが実炉内の反応の進行をよく再現し得ることを確認した。数学モデルの性格の検討から、スラグ・溶湯反応の進行には複数ラ

ンスが有利であることが導出されたが、このことは連続予備脱磷法の実験⁽⁶⁾でも確められた。また、純酸素転炉法、VOD法のシミュレーション結果からも本モデルが酸素製鋼法を再現し得ることが確められた。これらのことから、炉内ガス流による鋼浴の攪拌が、製鋼反応速度に大きく影響することが明らかとなった。

このように自動制御と最終目標とするソフト・ウェアの開発、すなわち、スタートアップおよび定常状態のシミュレーション・モデルの作製を行い、操作パターンの決定のための基礎資料も得ている。

さらに実用化を目指すためには周辺技術が開発されている必要がある。本法についていえば、溶銑の供給、酸素および造滓剤供給の精度維持、連続测温法の選択に留意されている。溶湯の連続分析についてもレーザーによる方法での基礎研究を行い、C, Si, およびMnの分析では実用化の見通しを得ており⁽⁸⁾、また、プロセス装置の一部としての在来法の検討も行なった。

実験規模と場所の制約のため、ある程度の問題点は残してはいるものの、技術研究としての完成度はかなり高いものと考えている。

酸素工場を含まず、コンピューター制御機器と造塊工場を含む条件で、100 t/hの連続製鋼プラント2基と同じ生産量を持つ純酸素転炉プラント1基とを比較した建設費試算を数年前に行ったがその結果を表2に示す。

表2 連続製鋼法と純酸素転炉法の設備費概算の比較。(基準: 100 t/h, 単位: 億円)(1972年6月)

プロセス		
設備	連続製鋼法 100 t/h × 2基	純酸素転炉法 50 t × 2基
炉	2.2	6.5
混	1.5	1.1
設	3.5	2.6
原	5.0	8.0
集	1.6	1.7
造	4.3	3.9
起	0.7	0.4
排	8.7	9.9
建	3.9	3.4
付	31.4	37.5
計	(16%減)	

* 基礎の単価は同一としてある。

** コンピューターを含む。

4. 金材技研式連続製鋼法の問題点

研究段階における問題点としては、スケールの大小に関係なく問題となるもの、スケールの大小により問題となるものの2種類あり、以下にそれを挙げる。

(1) 長時間操業実験による炉本体と付帯設備に対する信頼性および原単位に関する確認が十分でないこと。

(2) 最適耐火物の選定が不十分であること。現在までの実験である程度推定はついているが、耐火物原単位が

最小となるような適材適所の耐火物の選定および築炉法は長時間操業実験の結果をまたないと確定的な答を出せない。

(3) 炉形状の選定。樋型炉は熱応力には弱いことは周知の通りであるが、大容量化によりたとえば舟型⁽⁹⁾にするなどかなり自由な形が選べるので、スケールアップにより問題は解消するものと考えている。

(4) 連続計測および制御。計測系はスケールアップの際にも容易に使用できる方法を用いた。すなわち、測温は主として非接触法(二色高温計)を用いたが、一定の状況に対しての再現性はよいが、やはり問題は製鋼炉に組込んだ場合の長時間安定性にある。スケールアップにより設定位置の選定が自由になるので、位置設定を誤まらなければ問題はないと予測される。流量計測はストレンジージによる重量測定とタンディッシュ・ノズル方式の併用で行っており、そのままスケールアップの際に使用できるが、問題はやはり長時間安定性である。溶湯の連続分析は前章にも述べたが、現在の段階では実用には供し難く、今後の研究を必要としよう。在来分析機器でも、Cの分析に関しては連続操業の管理に十分実用し得るのでそれほど大きな問題はないと思われる。プロセス全体としての操業パターンの決定は、ある程度トライアル・アンド・エラーを必要とするのでやはりこれも長時間実験をまつべき性質のものである。

以上、列举した問題点は金材技研におけるよりももっとスケールアップした装置か、あるいはもっと長時間の実験を続けることによりすべて解決し得るものと考えている。

(5) 異種鋼種の切り換え。転炉における操業はバッチ生産であるだけに、極端に言えば各チャージごとに異種鋼種の受注に応じ得る。しかし連続製鋼法は定常状態で操業するのが原則であるため、異種鋼種の生産に問題がある。この点に関しては、幸いにして金材技研法は多段方式であるため、次の3種の解決方法が考えられる。

(i) 純酸素転炉の操業は大体原則として3基設置、2基稼動である。同様に連続製鋼装置も2基併列に設置して、鋼種切り換えの際は溶銑の流入を切換える。

(ii) 第1、第2段炉は後述するが溶銑の連続予備処理炉であり、第3段は脱炭専用炉である。したがって、第3段炉のみを併列に並べておき、異種鋼種製造に切り換える。

(iii) 第3段炉の直後に低周波保持炉を2基以上設置し、ここで鋼種を切り換える。

これら方法の何れかにより鋼種製造の切り換えは容易に行えよう。

5. 将来への展望

連続製鋼法の今後の発展と実用化の予測は、現在のようないかなる経済状況のもとでは非常に困難であり、各国における製鉄産業の動向が微妙に作用してゆくものと思われる。高炉体系を主流とするわが国の製鉄業にあっては、すでに巨額の設備投資をしており、純酸素転炉の生産性が極めて高くまたその技術も極限に近いまで進歩しているので、工程が連続化されるというだけの理由ではいろいろなメリットがあるにせよ連続製鋼法が転炉法にとつかわることは難しい。

今後の問題としては、前述したように連続プロセス特有の流量制御、溶湯と耐火物の接触面積が大きくなるための耐火物の原単位、およびスケールアップした段階での生産性と熱経済を含めた総コストの検討が必要であり、中間段階として装置計画のための長時間操業実験が是非とも望まれる。

科学技術庁により1971年および1977年に発表されたアンケートによる技術予測報告書⁽¹⁰⁾の中で、連続製鋼法は、1980年代に実用化され国の資金で民間で自主技術開発すべきとの意見が大多数を占めている。また1975年に発表された日本鉄鋼協会の「鉄鋼技術の進歩」⁽¹¹⁾の中でも今後5～10年の間に真剣に論議される問題であろうと述べられている。時期の多少のずれはあるが、世界の主要製鉄国で連続製鋼法の研究がさかんに取り上げられた頃、生産性と利益追求が優先されていた過去と、資源ナショナリズムと環境保護(公害問題)が台頭してきた現在とを比較すると、連続製鋼法に対する考え方が大きく変ってきたことを指摘しておきたい。

以上のような現状を念頭におき、高炉-転炉製鉄体系の中で連続製鋼法が実現してゆく可能性について、われわれの考え方および提案について以下に述べたい。⁽¹²⁾⁽¹³⁾

(1) 転炉の連続予備処理炉として(図4)

転炉が弱点としている点は高度の脱硫、脱磷が比較的困難なことである。一方脱炭炉としてはこれほど生産性

図4 連続予備処理炉法。

の高い方法は他に見られず、耐火物の例を1つとっても脱珪、硫、燐、炭を行っている現在の転炉製鋼法では5000 heat が標準になろうとしている。すなわち転炉の欠点を補ない転炉を脱炭専用炉として使うことを考えると、安価な酸性もしくは中性耐火物が使用できるのみならず、反応制御の面から見ても温度を含めて脱炭反応のみを考えればよいので、C%の適中率も上昇し(図3)、転炉の生産を飛躍的に増加させるであろうことは想像に難くない。

換言すれば、転炉の予備処理炉として脱珪、脱硫、脱燐を行わせることであり、これは金材技研式連続製鋼法の第1段炉、第2段炉に相当するものである。その場合造滓剤の組成と量の最適組合せの周知な研究を行って、造滓剤の精製ポテンシャルを極限まで使い切る必要がある。われわれの研究もこれを目的として、純酸素転炉の廃棄されたスラグを造滓剤として再使用し溶湯中のPを0.08%より0.03%にまで下げた実験結果⁽¹⁾を得ており、スラグのリサイクルを検討したことにもなる。一方では高炭素域で高度の脱燐反応を確認したことは前述した。

連続プロセスは一般に同一品種大量生産に適しており、連続製鋼もその例外ではない。ところが、鉄鋼製品は本来が多品種である点を考慮すれば、連続予備処理炉と「複数基」の脱炭専用転炉の組合わせは、双方の欠点を補いあう形で理想的な製造プロセスが構成できる。

金材技研式連続製鋼法の思想の1つに、前述したように複雑な製鋼反応を分離して多段炉の各炉に割当て、得意な反応を得意な炉で行わせて反応全体を完全制御することにあった。このような連続予備処理炉と転炉との組合わせプロセスもその思想の延長線上にあるもので、現

存の転炉をそのまま使用できるという点でも現在の製鉄体系への組入れに関しては一番早く実現を予想される型式であろう。

(2) スクラップを原料とする連続溶解・精錬・铸造プロセス(廃車スクラップの連続処理への応用)

高炉-転炉体系の製鋼プロセスへの連続製鋼法の参加の見込みについてわれわれの見解を述べたが、それ以外の体系、すなわち、電気炉製鋼法に連続製鋼法の参加できる見込みも極めて大きい。前述したように、新しい技術が実現されるためには、企業のニーズに応えるのみならず社会のニーズに対応できるようなものでなくてはならない。

わが国においては最近廃車が増大し、1977年には約400万台に達しようとしている。1972~1973年頃から廃車が急激に増えて、固型物公害として社会問題にまでになり、また一方、有効リサイクルによる鉄鋼資源の活用が具体化が叫ばれるようになってきた。電気炉と連続製鋼法を結んだ形の方法もその1つの手段を与えるものであって、「鉄鋼スクラップの連続処理技術」というテーマで新技術開発事業団の開発課題に採用されて三菱重工業株式会社に依頼されていた。しかし現在のような経済状況下のためその建設は一時中断されているが、

図5 廃車スクラップの連続処理プロセス。

表3 鉄鋼スクラップ連続処理法と従来の電気炉製鋼法の比較。(1972年4月現在)

項 目	鉄鋼スクラップ連続処理法	エール式電気炉製鋼法
1. 設 備 仕 様	別図参照	15 t U.H.P.電気炉 2基 2ストランド連铸機 1基 15 t/h (tap to tap 2 h) 10000 t/m
(1) 製 鋼 能 力	15 t/h	電気炉 70~80%
(2) 生 産 量 率	10000 t/m	連铸機 50~75%
(3) 稼 働 率	少なくとも10 h以上の連続操業を行うのではほぼ100%	13000 kW
(4) 必 要 電 力	9225 kW (-30%)	5850 m ²
(5) 設 置 面 積	2700 m ²	10 t クレーン 2基
(6) クレーン設備	20 t クレーン 2基	20 t クレーン 1基
2. 設 備 費 合 計	安価 (-18%)	30 t クレーン 2基
3. 歩 行 費	約98%	5 t クレーン 1基
4. 主 原 料	当面シュレッダー屑、サイズドスクラップ	高価
5. 作 業 人 員	57人(19人×3) (-38%)	88~90%
6. 公 害 対 策	誘導炉なので電力、排ガスなどピークがなく、無公害もしくは、公害設備が小規模	どのようなスクラップでも可
		84人(28人×3) アーク炉なので電力、排ガスのピークが大きい

公害、資源リサイクルおよび社会的ニーズから、極めて近い将来東京近郊に建設されることを期待しているものである。

本方法は金材技研の「連続製鋼技術に関する研究」の成果の一部を基にして、鉄鋼スクラップとくに廃車、船舶を一貫処理して有価製品に再生するもので、図5に示される構成を持つ。すなわち、シュレッダーで破碎され選別されたスクラップは、廃熱を十分に利用して予熱され、加炭されながら低周波連続溶解炉で溶解され、精錬炉に入る。この精錬炉は金材技研式連続製鋼炉の第3段炉に相当するものである。従来の弧光式電気炉を用いる回分法に比べると、本プロセスもまた各機能を分離独立させて溶解と精錬を行うところに特徴があり、その技術的発想は金材技研で行った多段式連続製鋼法での特定の反応(機能)を特定の炉(装置)で行う点に変わりはない。なお連続铸造の立場から見れば連続铸造を完全な形で行うためのサブシステムの組合わせである。本プロセスと電気炉製鋼法の各々10000 t/月の試算比較を表3に示した。この中で重要な点は建設費、作業人員、使用電力などの大幅な減少のみならず、フリッカー発生による送配電に対する悪影響がない点からも電力関係より注目されていることを書き加えたい。

(3) 還元ペレットの連続溶解還元法と連続製鋼法との組合わせ

直接還元法については、世界各国で種々な方法が提案され、現在はエネルギー資源問題を契機として完全に工業化の時期に入っており、約6000万トン/年の還元鉄またはペレットの生産が計画されます増加する傾向に

ある。そしてその利用も僅かに平炉、転炉に使用される報告もあるが、ほとんどすべては従来の電気炉により製鋼されている。最近その溶解技術についての研究が各国で行われており、還元鉄またはペレットの連続装入は行われているが、出鋼はすべてバッチ方式である。金材技研では完全連続化を提案し、1976年より特別研究として図6に示すようなプロセスの技術開発研究を行っている。すなわち、排ガスの顕熱、潜熱を利用した予熱予備還元装置の中へ還元鉄または半還元鉄を装入し、次いで回転する容量3 tの連続溶解還元炉の中へ hot charge して、2%前後の溶鉄を製造し連続出湯して、次の連続製鋼炉に装入されてゆくものである。

図6 還元鉄を原料とする連続製鉄プロセス。

この方式においてわれわれが特徴と考える点は以下の通りである。すなわち、ガス-固体反応である通常の直接還元(本方式の予熱予備還元に相当)は70~80%の還元率までは効率がよいが、必要とされる90%以上の還元率を得るには効率が非常に低下する。したがってその残

図7 鉄鋼の一貫プロセス。

りの還元は高温の熔融状態(連続溶解還元炉に相当)で行うとするものである。敷延すれば、鉄鉱石を直接還元法により70~80%の効率のよい低還元率まで還元し、それを電気炉で効率よく熔融還元するという考え方である。そのため連続装置、連続出鉄および電気効率の向上を目指して回転式にした。この思想はたびたび前述したように各機能を分離独立させてシステムティックに連結するというものと同一である。

この研究は進行中であるが⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾、世界各国で多くの直接還元工場が建設されつつある現在、このような溶解技術の開発研究が重要なテーマとなるであろう。

6. ま と め

連続製鋼法の現状、問題点および将来への展望、可能性について我々の考え方と提案について述べてきた。

要するに連続製鋼法に関する基礎的な研究は完了し、問題点として残されたものはすべて生産規模に近い装置での長期操業によって解決し得るものばかりである。幸いにして新技術開発事業団の開発課題として「鉄鋼スクラップの連続処理技術」というテーマで、とくに廃車スクラップの連続溶解、精錬、鑄造技術の開発研究がごく近い将来生産規模で開始されることが期待されるので、これによる長期実験操業により問題点のほとんどすべてが解決されるであろう。

同時に上記の技術開発と前後して、転炉への連続予備処理法として連続製鋼法の初期段階が採用され、高炉-連続予備処理炉-転炉(脱炭専用炉)-連続鑄造と

いった製鉄体系が先ず期待される。これらの技術が生産規模でしかも長期操業によってあらゆる問題点が解明されて始めて、高炉-連続製鋼炉-連続鑄造といった図7に示すような真の連続製鉄体系が近い将来必ず実現しよう。

資源の少ないわが国において今後その国際競争力を高めてゆくには新技術の開発と技術輸出に生きるしかない。そのためには常に外国に先んじた技術の開発に全力をつくさなければならない。われわれは今後ともこの目標に向かって努力してゆきたい。

文 献

- (1) 中川龍一他：鉄と鋼，**59**(1973)，414.
- (2) 吉松史朗：日本金属学会会報，**11**(1972)，73.
- (3) 三井達郎他：金材技研報告，**16**(1973)，179.
- (4) W.Domröse et al. : Stahl Eisen., **96**(1976)，993.
- (5) 福沢 章他：鉄と鋼，**63**(1977)，63.
- (6) 福沢 章他：鉄と鋼，投稿中2編
- (7) 上田卓弥他：日本鉄業会誌，**83**(1973)，473，545.
- (8) 尾崎 太他：鉄と鋼，**61**(1975)，668.
- (9) 三井達郎他：耐火物，**29**(1977)，291.
- (10) 科学技術庁計画局：技術予測報告書，(1977・2月)，426.
- (11) 「鉄鋼技術の進歩」：鉄と鋼，**61**(1975)，514.
- (12) 中川龍一：金材技研創立20周年記念研究講演会講演概要集，(1976・10月)，31.
- (13) 中川龍一：日本鉄鋼協会共同研究会，設備技術部会鉄鋼設備分科会，(1977・6月)
- (14) 吉松史朗他：鉄と鋼，**62**(1976)，S 445. 他
- (15) 佐藤 彰他：鉄と鋼，投稿中.

「ノート」から

鉄鋼生産法の比較
(1976年，IISI調べ)

	(日)	(西独)	(佛)	(米)	(英)
粗鋼生産法比率 (%)	80.9	71.9	68.4	62.5	51.5
連続比 (%)	31.3	24.3	12.8	9.1	8.6