

微粉炭多量吹き込みを併用した 高酸素濃度空気吹き型炉によるスクラップ溶解

亀井 康夫*・宮崎 富夫*・山岡 秀行*²

Scrapmelting Using a Shaft Type Furnace with Coke Packed Bed
Injected with Highly Oxygen Enriched Air and a Large Quantity of Pulverized Coal

Yasuo KAMEI, Tomio MIYAZAKI and Hideyuki YAMAOKA

Synopsis : Scrapmelting test was performed using an experimental melting furnace with coke packed bed injected with highly oxygen enriched air and a large quantity of pulverized coal and the following results were obtained.

- 1) Scrap (100% of material) was able to be melted by using coke for blast furnace.
- 2) The pig iron whose quality is equal to that of the blast furnace can be produced with high carburization and high desulfurization.
- 3) The fuel rate of 240 to 290 kg/t and productivity of 14.7t/d/m³ were obtained.
- 4) The fuel rate can be decreased and productivity can be increased by post combustion with air injection from the shaft wall.

Based on the above mentioned results, the comparison of energy consumption of scrap melting process such as this process, electric furnace and basic oxygen furnace was made and a possibility was confirmed that the energy consumption of this process was the least among them.

Therefore it is concluded that this process can be one of the attractive scrap melting methods when the scrap utilization is required in large quantities.

Key words : scrap ; scrap melting ; cupola ; iron making ; oxygen blowing ; pulverized coal injection ; post combustion.

1. 緒言

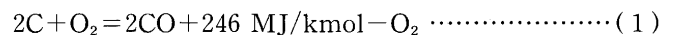
世界的に、スクラップのリサイクル時代が到来している。向坂ら¹⁾の予測によれば、我国においても1990年代には、毎年100万t程度スクラップの増加基調が続くと見込まれ、スクラップ需給の緩和化を招くと予想される。従って、高炉・転炉一貫製鉄所としても、その利点を活用した新スクラップ溶解製鉄技術の開発が急務と考えられるが、製鉄所内既存設備を活用した方法としては、大別して高炉を利用する方法と転炉を利用する方法²⁾³⁾が考えられる。転炉は高炉に比較して設備面で簡素であるが、熱効率、耐火物等の面で改善する余地があるため、現在各種の検討が進められている。従って、現時点においては多面的な検討を行い、それらの結果を総合的に勘案した絞り込みがなされるべきものと考えられる。

このような視点に立脚した場合、当社が開発したシャフト式鉱石還元炉と型溶解炉を組み合わせた製鉄法⁴⁾の溶解炉は、還元鉄をスクラップにおきかえて考えれば、スクラ

ップ溶解炉とみなすことができる。また本溶解炉は向流式熱交換型コークス充填炉であるため、転炉法に比較して熱効率、耐火物等の面で有利と考えられる。さらに、多量の微粉炭と製鉄所内で製造される高炉用コークスを主燃料とするので、電力費の高い我国での電気炉法および鋳物用の低反応性高品位大塊コークスを使用するキュポラ法と比較してもコスト面等で有利と考えられる。そこで、溶解試験炉を用いてスクラップ溶解試験を実施し、得失を検討したので報告する。

2. 本法の構想

本方法の構成を Fig. 1 に示す。円筒形型溶解炉の上部に装入口とガス回収口、側壁に羽口、炉下部に出鉄口を有するが、加えてシャフト部に空気吹き込み口を有する構造とする。炉内における反応は次の2種類である。



平成4年4月3日受付 平成4年10月2日受理 (Received on Apr. 3, 1992; Accepted on Oct. 2, 1992)

* (社)日本鉄鋼連盟 (住友金属工業(株)より出向中) (The Japan Iron & Steel Federation, on leave from Sumitomo Metal Industries, Ltd., Kudan Plaza Building 2-2-3 Kudan-minami Chiyoda-ku Tokyo 102)

* 2 住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 (Iron & Steel Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

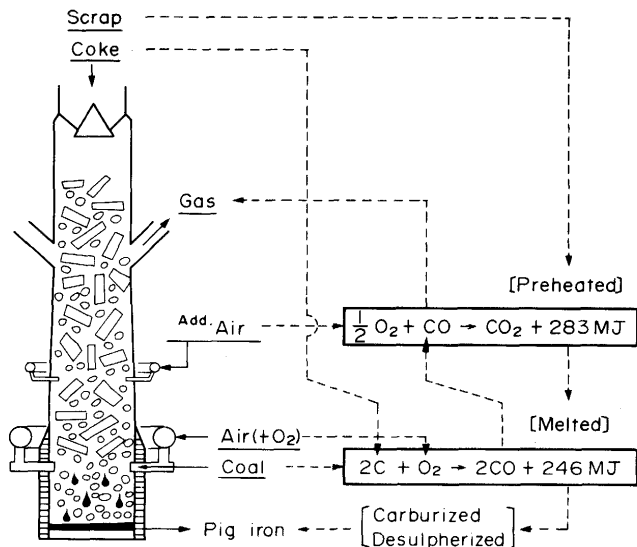
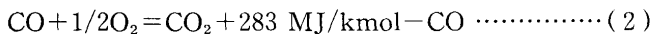


Fig. 1. Configuration of SC-type cupola.



羽口からは高酸素濃度の空気と、必要に応じて微粉炭を吹き込み、羽口前でコークスと微粉炭を(1)式に示す反応により約2000~3000℃の羽口前理論燃焼温度(T_f)で燃焼して、高温の還元性ガスを生成させ、その顕熱によりスクラップを溶解する。

一方、ガスはスクラップを溶解後、炉内を上昇しスクラップを予熱するが、シャフト部から吹き込んだ空気により、上昇するガスを(2)式にしたがって二次燃焼(PC)させることにより、スクラップ加熱を促進させる。

コークス充填層型の堅型スクラップ溶解炉としてはキュポラがあるが、本法も一種のキュポラとみなせるので、ここではSCキュポラと仮称することとする。

SCキュポラと一般キュポラ、及び高炉との対比をFig. 2に示す。一般のキュポラに対する特徴として以下の5点を挙げることができる。

1)キュポラの空気または加熱空気送風に対し、本法は微粉炭吹き込みを併用した高酸素富化常温送風である。

2)キュポラが鋳物用の反応性の低い高品位の大塊コークスを使用するのにに対し、本法は一般高炉用の品質及び粒径をもったコークスを使用する。

3)反応面では、キュポラが鋳物用コークスを使用して完全燃焼($\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$)に近い条件で燃焼させるのに対し、本法では高炉用コークスを部分酸化燃焼($\text{C} + 1/2\text{O}_2 = \text{CO}$)させる結果、炉内雰囲気はキュポラの弱還元性に対して、本法では強還元性となるため、脱硫、加炭が促進される。

4)排ガスは、キュポラの低カロリー(約1700kJ/Nm³)に対し、本法は高カロリーである(約8400kJ/Nm³)。

5)一部のキュポラでは、上下段の羽口から送風する分割送風が実施されているが⁵⁾、本法でも、必要に応じてシャフト部から空気を吹き込むことによりPCを実施し、スクラップ加熱を促進させ、燃料比の低減をはかる。

一方、高炉法に対する特徴としては、上記4)、5)と同様な相違点があげられる。

以上、本法は炉体設備の新設を必要とするものの、燃料を既存製鉄所内で自家調達可能、副生ガスを製鉄所内で燃料として有効使用可能、溶銑は高炉銑と同様に加炭、脱硫されたものであるため、既存転炉に直結することも可能という特徴を利し、有力なスクラップ溶解手段になりうる可能性がある。

そこで、溶解試験炉を使用して、SCキュポラの機能実証試験を実施した。

3. 実験方法

3・1 実験設備

Fig. 3に溶解炉の構成を示す。炉床径を0.9m、羽口から層頂までの高さを3.0m、炉容積を2.2m³とした。羽口⁶⁾は120度間隔で3本設置されており、その上方0.5m及び1.4mの位置に口径14mmφの空気吹き込みノズルを2本ずつ設置した。

3・2 原料条件

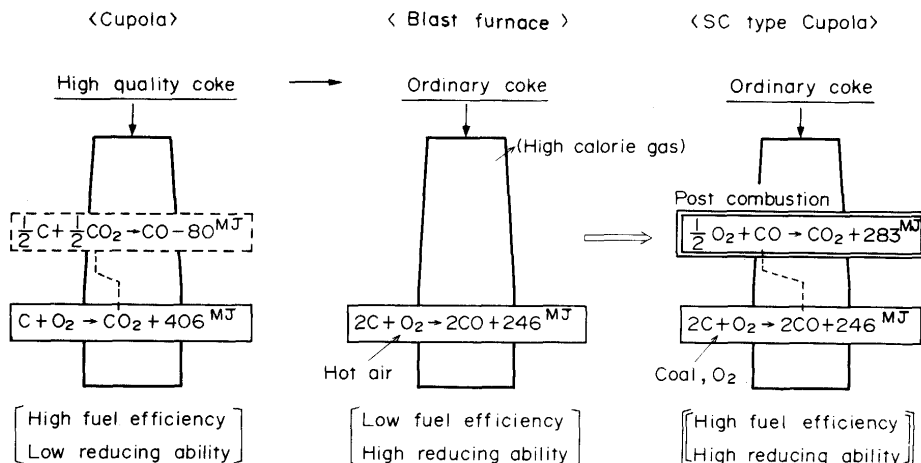


Fig. 2. Feature of SC-type cupola in comparison with conventional type cupola and blast furnace.

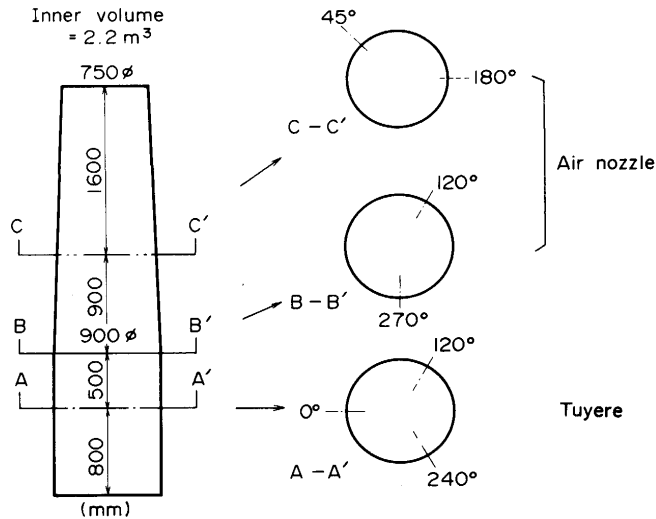


Fig. 3. Configuration of test plant.

Table 1. Chemical analysis of raw materials.

Scrap		(wt %)							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sn
1		0.50	0.01	0.20	0.016	0.01	0.01	0.01	0.001
2		0.63	0.23	0.81	0.013	0.02	0.01	0.11	0.001
3		0.25	0.20	0.65	0.014	0.01	0.01	0.75	0.002
4		0.45	0.22	0.70	0.006	0.01	0.15	0.06	0.024
average		0.46	0.17	0.59	0.012	0.01	0.05	0.23	0.007

Fuel		(dry base, wt %)									
		C	H	O	N	S	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅
coke		86.7	0.10	—	1.10	0.60	0.6	7.9	2.7	0.3	0.1
coal		79.3	4.40	8.50	2.50	0.35	0.6	3.0	2.6	0.1	0.1

使用した原料の性状を Table 1 に示す。スクラップとしては最大寸法20～60mmの加工屑を混合したものを全試験を通して使用した。コークスは、高炉用のコークスを20～50mmに整粒して使用した。微粉炭としては、揮発分35%の非粘結炭を200mesh以下80%以上に粉碎して使用した。副原料としては、MgOの調整のため、石灰石とともに蛇紋岩

も使用した。

3・3 操業条件の設定

3・3・1 微粉炭吹き込みの効果予測

常温送風で、燃焼生成ガスをCO, H₂, N₂とし、T_f2500℃一定条件で酸素と窒素を用いてコークスと微粉炭を燃焼させ、発生熱量から炉頂ガス顕熱と熔融灰分顕熱を、コークスの場合はさらにT_fの75%の温度相当分のコークス顕熱を差し引いたものを、有効生成熱としてFig. 4に示す。単位燃料当たりではコークスの方が多く、単位生成ガス量当たりでは微粉炭の方が多くなる。この結果は、燃料比の観点ではコークスが勝り、生産性の観点では微粉炭が勝ることを示している。

Fig. 5に、ボッシュガス量(V_g)を900Nm³/hとした本実験条件下で、熱物質収支計算から求めた微粉炭吹き込み効果を示す。オールコークス操業に対してコークスをほぼ半量微粉炭で置換すると、生産性は約20%増加し、結果として燃料比は余り増加しない。これは、炉体熱放散速度を一定としても、生産性の向上により熱損失原単位としては軽減されるためである。コークス/微粉炭置換率(r)としては0.97と予想される。

3・3・2 T_fの効果予測

排出ガス温度が変化しないならば、T_fを上昇させることにより生産性が向上し、燃料比が低下すると考えられる。熱物質収支計算結果によれば、Fig. 6に示すように、炉頂ガス温度(200℃)、溶銑温度、炉体熱放散速度一定の条件で、T_fを400℃上昇させると生産性が29%向上し、燃料比が30kg/t低下すると予想される。

3・3・3 PCの効果予測

PCの効果をTable 2に示す。ここで、コークスは浸炭とSiの還元消費され、それぞれのメタル中濃度上昇分を、ΔC, ΔSiで示している。PCなしでスクラップを溶解して溶銑1tを生産するためには、1427MJの熱量を必要とする。一方、CO, H₂のPCにより生成する有効熱量は、排出ガス温度を200℃とすると、空気100Nm³あたり490.4MJと計算される。従って、空気を100Nm³吹き込むPCにより344kgの溶銑を増産することができるものと考えられる(実際に

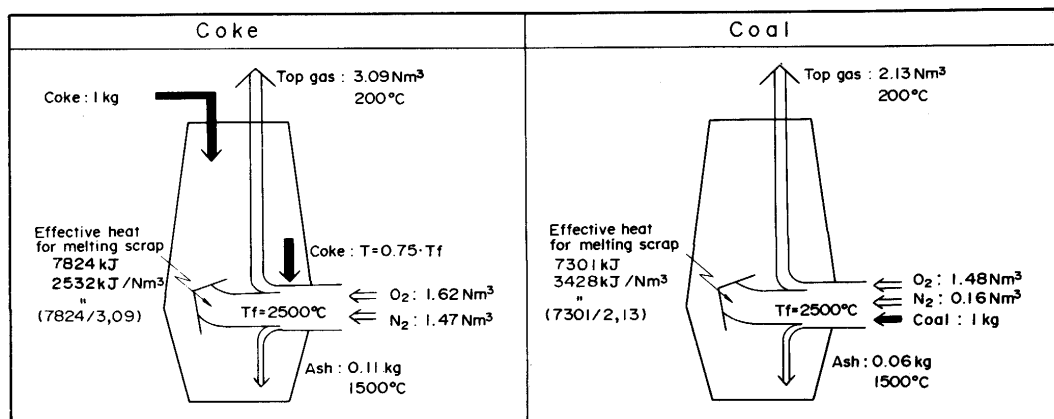


Fig. 4. Effective heat for melting scrap generated at the combustion of 1kg of coke or coal.

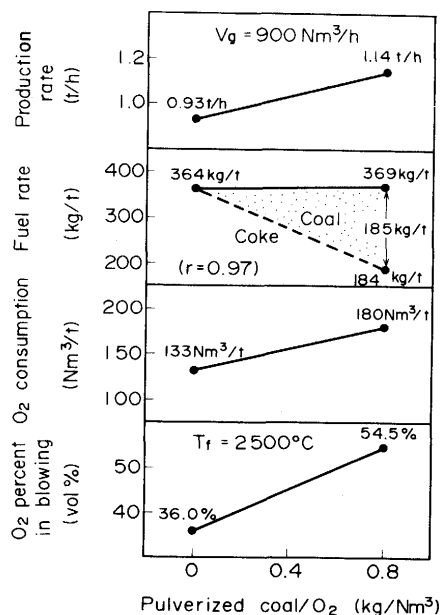


Fig. 5. Effect of the pulverized coal injection on the scrap melting.

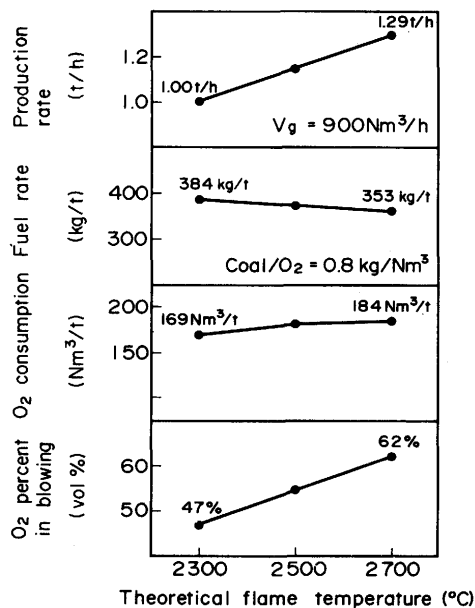


Fig. 6. Effect of the theoretical flame temperature on the scrap melting.

は、燃料比減少に伴うスラグ比、副原料比の減少によりこの値よりも若干増産効果は大きくなる。

熱物質収支計算で求めた本実験条件に対する PC の効果を Fig. 7 に示す。空気を $100\text{Nm}^3/\text{h}$ 吹き込むことにより生産性を 32% 増加させ、燃料比を 21% 減少させ得るものと期待することができる。

3・3・4 実験条件の設定

以上の予備検討を踏まえ、実験条件として 3 ケースを設定した。Case 1 はベース条件としてオールコークス操作を実施し、燃料比と生産性、及び溶銑成分を調査することとした。溶銑成分としては、前述のシャフト式鉬石還元炉と

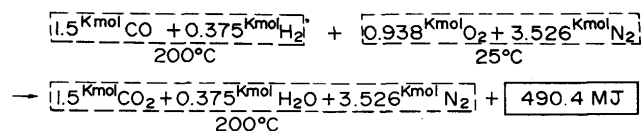
Table 2. Estimation of the effects of post combustion.

1. Heat necessary to produce hot metal

Scrap ; 952 kg	Metal ; 1000kg
Coke ; 55.2 kg	[T = 1450°C ΔC = 4.5%, ΔSi = 0.33%]
Lime stone ; 8.6 kg	Slag ; 16.7 kg
Serpentine ; 17.1 kg	[T = 1500°C CaO/SiO ₂ = 1.25, Al ₂ O ₃ = 10%]
1427 MJ	

Sensible heat of pig ; 1243.9 MJ
Sensible heat of slag ; 29.3 MJ
C → C ; 61.1 MJ
SiO ₂ + 2C → Si + 2CO ; 77.4 MJ
CaCO ₃ → CaO + CO ₂ ; 15.5 MJ

2. Effective heat produced by post combustion with 100Nm^3 of air (O₂ = 0.938 Kmol, N₂ = 3.526 Kmol)



3. Increase in productivity

$$490.4 \text{ MJ} / 100 \text{ Nm}^3 \text{ Air} \div 1427 \text{ MJ} / \text{t-metal} = 344 \text{ kg-metal} / 100 \text{ Nm}^3 \text{ Air}$$

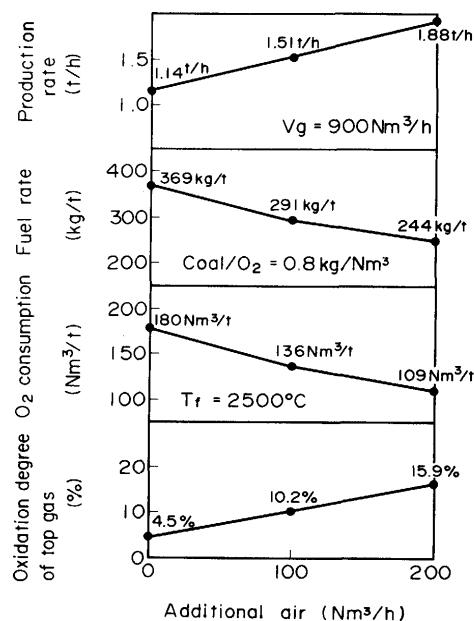


Fig. 7. Effect of the air addition on the scrap melting.

堅型溶解炉を組み合わせた還元鉄溶解試験結果⁴⁾を考慮して、高炉並の [C] = 4.5%, [Si] = 0.5% 程度を期待した。次に、Case 2 に移行し、微粉炭吹き込み時のコークス比低減効果と生産性向上効果を調査することとした。さらに、Case 3 ではシャフト部から空気を吹き込み、PC の効果を調査することとした。

なお、実験に際しては、3 ケースとも V_g を $900\text{Nm}^3/\text{h}$ と

し、立上げから Case 1 に至る前段階として、過去に溶解実績のある還元鉄を使用することとした。

4. 実験結果

4.1 操業の経緯

Fig. 8 に操業の経緯を Tap 毎のデータ (Tap 間隔: 約 1h, 出鉄量: 1t/Tap) で示す。最初、還元鉄溶解操作を行い、溶銑滓成分が安定したことを確認して原料を還元鉄からスクラップに切り替え、Case 1 に移行した。

Case 1 に移行した初期段階において、溶銑温度が上昇し、かつ、溶銑成分では高 [Si] の傾向が認められたことから炉熱が高いと判断されたので、増鉱と、増鉱にともなう出鉄量増加を抑制するための V_g 減少操作を実施した。その結果、溶銑温度が所定の値で安定し、オールコックス操業に対し、 $V_g = 800 \text{ Nm}^3/\text{h}$ の条件で、コークス比 (= 燃料比) = 275 kg/t 、生産速度 = 1.08 t/h (出鉄比 = 11.7 t/d/m^3) の成績を達成した。溶銑成分も [C] = 4.7%, [Si] = 0.29%, [S] = 0.026% と十分に加炭、脱硫され、高炉溶銑に匹敵する結果が得られた。

引き続き微粉炭を使用した Case 2 に移行した。このケースの初期、コークス比を 110 kg/t 、燃料比を 250 kg/t に設定したが、溶銑温度、[C]、及び [Si] の低下と [S] の上昇傾向が認められ、炉熱が低下してきたと判断されたので、減鉱と、 T_f 上昇の操作を実施した結果、最終的には $T_f = 2700^\circ\text{C}$ の条件でコークス比 = 150 kg/t 、微粉炭比 = 140 kg/t 、

燃料比 = 290 kg/t の成績を得た。このように、微粉炭を使用した場合、燃料比はやや悪化したが、一方で生産速度は増加し、溶銑の設備的な処理能力を上回るようになったため、 V_g を $740 \text{ Nm}^3/\text{h}$ まで低下させたが、生産速度は 1.35 t/h とオールコックス操業を上回る結果となっている。溶銑成分にはほとんど差は認められなかった。この時、燃料比の上昇を抑制するために T_f を 2700°C まで上昇させているが、通気・荷上がりともに全く異常はなかった。

これらの結果に引き続き、シャフト部から空気を吹き込む Case 3 に移行した。空気吹き込みに際して高さ方向の炉内温度分布を調査した結果、Fig. 9 に示すように、羽口上 0.5 m の温度が 1000°C 近くあり、ここに空気を吹き込んだ場合、さらに温度が上昇して、PC で生成する CO_2 がソリューションロス反応 ($\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO} - 160 \text{ MJ/kmol} - \text{C}$) を生じる可能性があったため、羽口上 1.4 m の吹き込み口を使用することとした。まず、 $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ の空気吹き込み単独操作を実施したところ、初めに炉頂ガス温度が上昇し、引き続いて溶銑温度、[C] 及び [Si] の上昇と [S] の低下が認められたことから、明らかに炉熱が上昇してきたことが確認された。次に増鉱操作に移行したが、出鉄量増加を抑制するために、さらに V_g の低下操作を併用した。以上の結果、燃料比、 V_g ともに約 17% の減少となった。また Fig. 9 に示すように、空気吹き込み部上方の炉内温度は若干上昇したものの 1000°C 以下に保持されていたことから、ソリューションロス反応を抑制でき、二次燃焼熱は装入物の加熱に有効に活用されたものと推定された。

4.2 溶銑成分

各ケースの溶銑滓成分を Table 3 に示す。いずれの場合も十分に加炭された溶銑が得られた。[Si] はスクラップよりわずかではあるが増加し、[Mn] はおおむねスクラップ

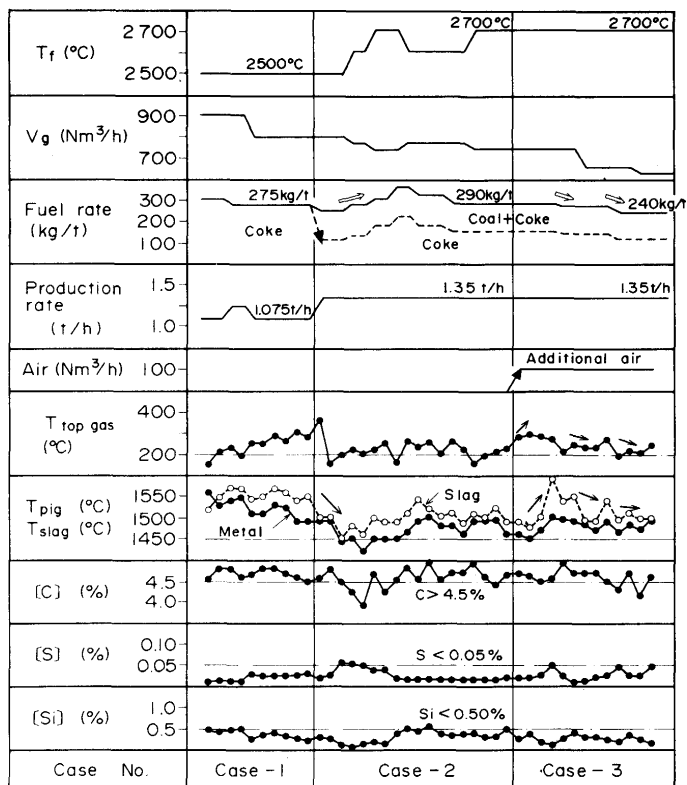


Fig. 8. Progression of operation.

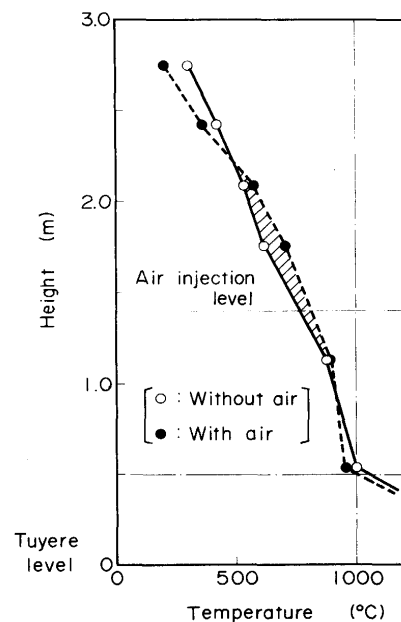


Fig. 9. Temperature change in the furnace before and after air addition.

Table 3. Chemical analysis of pig iron and slag.

		Case - 1	Case - 2	Case - 3
Metal	C	4.70	4.63	4.35
	Si	0.29	0.31	0.21
	Mn	0.50	0.60	0.56
	P	0.032	0.042	0.046
	S	0.026	0.016	0.038
Slag	CaO	38.7	35.8	35.4
	SiO ₂	29.1	30.7	31.4
	MgO	15.8	21.9	22.1
	Al ₂ O ₃	13.8	10.7	10.6
	S	1.52	1.33	1.33
	CaO/SiO ₂	1.33	1.17	1.13
	(S)/[S]	58.5	83.1	35.0

の値を維持している。[P] 及び [S] は増加しているが、燃料の P と S が移行したものと考えられる。ただし、スラグ中(S)は1%を上回っていたことから、燃料中Sの大半はスラグにより除去されている。

4・3 燃料比，生産性予測と実績との比較

以上の実験結果を整理して Table 4 に示す。炉熱，及び出鉄量調整のため，操業条件を計画変更したが，Fig. 10 に示すように，燃料比，生産性ともに，諸元設定時点における予想を上回る好結果が得られた。この原因の一つとしては，Table 5 の熱精算にも示すように，炉体熱放散量が予想よりも低かったことが挙げられる。諸元設定段階では，熱放散量として前述の新製鉄法⁴⁾の試験実績の平均値 670MJ/h を採用した。しかるに，本操業における炉体熱放散量(総括熱物質収支計算結果)は 350 ないし 600MJ/h であり，従来より低くなっている。原因として，従来の操業はシャフト式鉱石還元炉への供給ガス温度を確保する目的で高温のガスを排出させるため，炉内全体が比較的高温であったのに対し，本操業は溶解炉単独操業であり，その必要がないため炉頂ガス温度を約300~600℃低くした結果，特に上部の温度が低くなり，炉体熱放散量が低下したものと推定できる。

他方，特に Case 1 において燃料比が低くなっている。これは，炉頂ガスの酸化度 (OD) が予想を大幅に上回っていることから，羽口前で CO₂ までの完全燃焼も一部進行した結果，燃料 1 kg 当たりの発生熱量が予想よりも高くなったためではないかと考えられる。微粉炭を使用した場合，炉頂ガスの OD はおおむね予想と一致しているが，これは，微粉炭が多量に吹き込まれる結果，レースウェイ内の燃焼反応界面積の増加等により，部分酸化型の燃焼が促進されたためと解釈できる。

Table 4. Operational results.

Items		Case No.	1	2	3
Blast	O ₂	Nm ³ /h	112	198	165
	Air	Nm ³ /h	468	176	144
	Coal	kg/h	0	188	155
Bosh gas	Volume	Nm ³ /h	800	740	614
	T _f	°C	2500	2700	2700
Post combustion air		Nm ³ /h	0	0	100
Burden	Scrap	%	72.6	79.8	82.7
	Coke	%	20.8	12.5	10.7
	Limestone	%	4.2	4.2	3.6
	Serpentine	%	2.4	3.5	3.0
	Total	kg/t	1315	1196	1155
Productivity		t/h	1.075	1.347	1.347
		t/dm ³	11.7	14.7	14.7
Fuel	Coke	kg/t	275	150	125
	Coal	kg/t	0	140	115
	Total	kg/t	275	290	240
Pig iron	Temp.	°C	1508	1483	1480
	C	%	4.70	4.63	4.35
	Si	%	0.29	0.31	0.21
	S	%	0.026	0.016	0.038
Slag	CaO/SiO ₂	—	1.33	1.17	1.13
	MgO	%	15.8	22.2	22.1
	Volume	kg/t	90	94	79
Top gas	Volume	Nm ³ /t	726	560	506
	Temp.	°C	275	181	223
	CO	%	44.8	64.4	48.2
	H ₂	%	0	12.6	11.1
	CO ₂ + H ₂ O	%	6.5	2.8	10.6

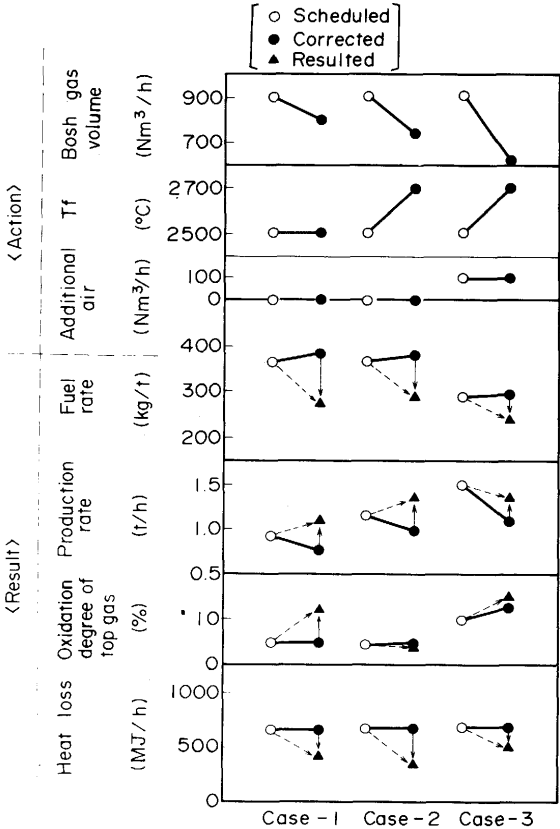


Fig. 10. Operational result compared with predicted indices.

Table 5. Heat balance of test results.

(MJ/t)

Items		Case No.	1	2	3
Input	Fuel	Coke	8064.7	4399.1	3666.0
		Coal	0	4482.3	3682.3
		Total	8064.7	8881.4	7348.3
Output	Pig	Sensible heat	1286.6	1271.9	1269.4
		C → CO ₂	1653.5	1628.8	1530.1
		Si → SiO ₂	68.2	72.8	49.4
		Total	3008.3	2973.5	2848.9
	Slag	Sensible heat	158.6	162.8	136.0
		CaCO ₃ → CaO	98.3	89.5	74.1
		Total	256.9	252.3	210.1
	Gas	Sensible heat	284.1	144.3	160.7
		Latent heat	4107.0	5250.9	3685.7
		Total	4391.1	5395.2	3846.4
	Heat loss		408.3	260.0	442.9
	Heat loss (MJ/h)		438.9	350.2	596.6

4・4 PC の効果

Table 4で、空気吹き込みにより炉頂ガスのODは4% (Case 2)から15% (Case 3)へ増加しているが、Table 5に示した熱精算結果によれば、PCにより炉頂ガス潜熱の約1565 MJ/tが顕熱に転換されて原料加熱に利用され、結果として、約1533MJ/tの投入エネルギー、燃料にして50kg/tのエネルギーが節約されている。両数値からPCの効率を算定すると $1533/1565 \times 100 = 98\%$ となり100%近い熱効率が達成されていたことになる。

本実験では、空気吹き込みは100Nm³/h、原単位で75Nm³/tにとどまったが、吹き込み量の富化酸素比および燃料比へおよぼす影響の予測値をFig. 11に示す。本試験では、PCを実施しない時の炉頂ガスのODが、微粉炭吹き込みの有無により異なるので、それぞれのODをベースとしてPCの効果を示した。多量に吹き込む場合、炉頂ガス温度の上昇や炉体熱放散量の増加等、着熱効率の低下する懸念はあるが、空気吹き込み位置の分散化等の方策により対処可能と仮定した場合、空気吹き込み量を増加させて炉頂ガスのODを50%程度まで向上させることにより、燃料比=150~160 kg/tを達成しうるものと推定される。この数値は一般のキュボラにおける燃料比⁷⁾と同等のものである。従って、鋳物用の高価なコークスに替えて高炉用のコークスを使用できることを勧告すれば、経済的に大いに魅力ある結果と判断できる。

5. 各種溶解法とのエネルギー消費比較

スクラップを溶解して粗鋼を生産する方法としては、本法の他に、電気炉や転炉を使用する方法が挙げられる。そこで、これらの方法におけるエネルギー消費量の比較検討

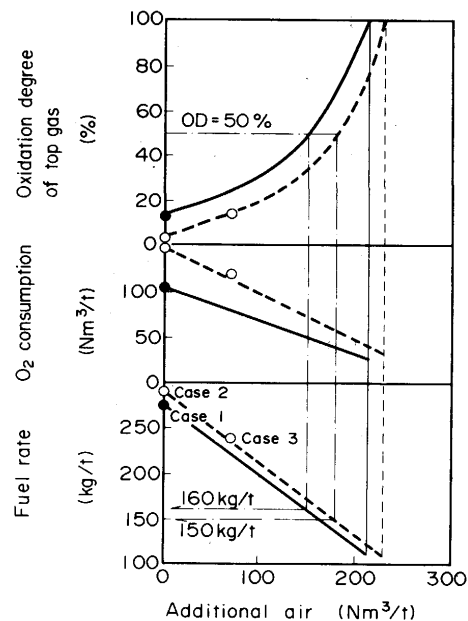


Fig. 11. Effect of the air addition on the operational indices calculated based on the operational results.

を実施した。

熱収支計算結果をTable 6に示す。ここで、スクラップの歩留りは100%、製品粗鋼の組成は原料のスクラップと同等のものと仮定した。SCキュボラの原単位としては、実験結果(Case 3)を採用し、キュボラで製造された銑鉄を転炉で脱炭し、その発熱量を利用して転炉でもスクラップを溶解するものとした。その結果、粗鋼1t当たりのスクラップ装入量はSCキュボラ:792kg、転炉:208kgとなる。転炉での排出ガスのODは20%、排出ガス温度は1800℃、溶鋼温度は1600℃を仮定した。また転炉の熱損失量は、転炉のみでスクラップを溶解する場合、溶鋼顕熱の20%⁸⁾、SCキュボラと組み合わせた場合、溶鋼顕熱の2%⁹⁾と仮定し、排出ガス顕熱の回収は本検討では無視した。一方、電気炉では、総括の熱効率を80%¹⁰⁾とし、溶鋼温度は1600℃と仮定した。

この結果を基にエネルギー消費量を比較した結果をFig. 12に示す。ここで、酸素消費量はSCキュボラ法で136Nm³、転炉法で203Nm³であり、電力と酸素の製造エネルギーとしては、発電効率を35%と仮定して、それぞれ1kWh=10240kJ、1Nm³=7170kJを採用し、一次エネルギーの計算に用いた。

系内に投入されるエネルギーを比較した場合、エネルギー転換ロスを取り込み、一次エネルギーで比較した場合でも、電気炉法のエネルギー消費量が最も少ない。しかし、ガス控除を考慮すれば結果は逆転し、電気炉法が最も多くなる。

一方、本法と転炉法とを比較すると本法の方がエネルギー消費量が少ない。この差は、本法が向流型の加熱形態のため排ガス温度を低くして熱効率を高くできるのに対し、転炉法は、完全混合型の加熱形態のため排ガス温度が高く

Table 6. Heat balance of steel making systems from 100% steel scrap.

		EAF		Converter		SC cupola - Converter					
						SC cupola		Converter		Total	
Input	Coke	—	—	209 kg	6134	103 kg	3015	—	—	103 kg	3015
	Coal	—	—	—	—	95 kg	3029	—	—	95 kg	3029
	Electricity	477 kWh	1714	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total.		MJ 1714		MJ 6134		MJ 6044		—		MJ 6044
Output	Off gas	—	LH —	339 Nm ³	LH 3420	417 Nm ³	LH 3032	48 Nm ³	LH 607	465 Nm ³	LH 3639
		—	SH —	—	964	—	132	—	171	—	303
	Pig iron	—	LH —	—	—	824 kg	1132	824 kg	1132	—	—
		—	SH —	—	—	—	1044	—	1044	—	—
	Slag	—	LH —	57 kg	105	65 kg	112	—	—	65 kg	112
		—	SH —	—	—	—	—	—	—	—	—
	Steel	1000 kg	1371	1000 kg	1371	—	—	1000 kg	1371	1000 kg	1371
	Heat loss	—	343	—	274	—	592	—	27	—	619
Total.			MJ 1714		MJ 6134		MJ 6044		0		MJ 6044

(SH: Sensible heat LH: Latent heat)

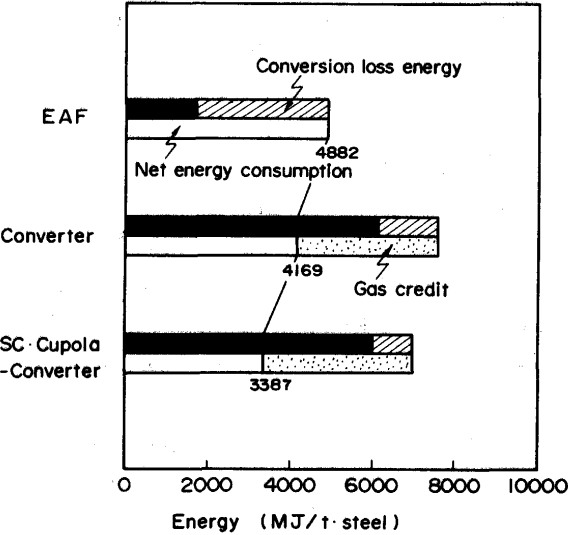


Fig. 12. Energy consumption of steel making systems from 100% steel scrap.

熱効率が低くなることに起因している。ただし、今回の検討では転炉の排ガス顕熱の回収を無視しているの、この点が考慮されれば両者の差は縮まるものと予想される。

以上、仮想条件下の比較ではあるが、本法はエネルギー消費の面において他の方法に勝る結果が得られた。

6. 結言

微粉炭多量吹き込みを併用する高酸素濃度空気吹き型試験炉を使用してスクラップ溶解試験を実施し、以下の結

- 果を得た。
- 1) 高炉用コークスを使用し、100%スクラップ溶解が可能である。
 - 2) 高炉溶銑並の高加炭、高脱硫の溶銑製造が可能である。
 - 3) 燃料比=240~290kg/t、出銑比=14.7t/d/m³の成績を達成した。
 - 4) シャフト部から炉内へ空気を吹き込み二次燃焼させることにより、燃料比を低下させ、生産性を向上させ得る。
- 次に、実験結果をもとにして電気炉、及び転炉によるスクラップ溶解法とのエネルギー消費量の比較を行い、いずれの方法よりもエネルギー消費を節減しうる可能性を確認した。
- 従って、本方法は、将来スクラップの大量使用が必要となった時点におけるスクラップ溶解の有力手段になりうるものと考えられる。

文 献

- 1) 向坂勝之:第114・115回西山記念技術講座(日本鉄鋼協会編),(1986),p.173
- 2) 岡村祥三,中島英雅,丸川雄浄,姉崎正治,戸崎泰之,森明義,加藤木健,市原清:鉄と鋼,71(1985),p.1787
- 3) F.Höfer, F.Oeters, H.G.Geck, P.Patel and H.J.Selenz:Proc. 6th IISC, Vol. 4(1990), p.1
- 4) 宮崎富夫,山岡秀行,亀井康夫,中村文夫:鉄と鋼,73(1987),p.2122
- 5) 鋳物便覧(日本鋳物協会編),(1986),p.230 [丸善]
- 6) 山岡秀行,亀井康夫:鉄と鋼,77(1991),p.2099
- 7) 鋳物便覧(日本鋳物協会編),(1986),p.263 [丸善]
- 8) H. Ishida, K.Marukawa, S.Anezaki, T.Hirata and S.Shiode: Process Technol.Conf.Proc.,(1988),p.233
- 9) 第3版鉄鋼便覧II(日本鉄鋼協会編),(1980),p.494 [丸善]
- 10) 同上,p.558