

# 溶銑脱りんおよび脱炭時のマンガニ鉱石 溶融還元による [Mn] 上昇法

© 1990 ISIJ  
 技術報告  
 ////////////////

松尾 亨\*・深川 信\*<sup>2</sup>・池田 隆果\*<sup>3</sup>

## Smelting Reduction Process of Manganese Ore for [Mn] Increase both in Hot Metal Dephosphorization and Decarburization

Tohru MATSUO, Shin FUKAGAWA and Takami IKEDA

### Synopsis :

The smelting reduction process of Mn ore both in a dephosphorization and a decarburization converter has been examined in order to increase [Mn] at blow end of BOF. The new hot metal dephosphorization process in a top and bottom blowing converter (SRP : Simple Refining Process), in which BOF slag is used as a dephosphorization agent, is applied for the present study.

The following results are obtained with the experiments in a 2 kg crucible and a 2 t laboratory scale converter :

1. 1.5% [Mn] at blow end of BOF can be achieved without [S] increase by the following features of the present process :

(1) Simultaneous treatment of Mn ore reduction, dephosphorization and desulphurization of hot metal in a dephosphorization converter. (Coke is charged and combusted in some minutes to supply energy for the reduction of Mn ore.)

(2) MnO-rich slag from a decarburization converter is used as a dephosphorization agent in a dephosphorization converter.

(3) Less slag operation in a decarburization converter with large amount of Mn ore charge.

2. The yield of Mn is increased by about 10% by the recycle of BOF slag ; such high yield of Mn as 63% can be achieved in the present process.

**Key words :** steelmaking ; hot metal dephosphorization ; decarburization ; desulphurization ; smelting reduction ; manganese ore ; converter ; slag recycle.

## 1. 緒 言

溶銑脱りん処理技術は、元来、極低りん鋼溶製のための事前処理法として開発されたが、近年、製鋼精練の合理化を目的として、一般鋼溶製にも適用され、発展してきた<sup>1)~6)</sup>。

溶銑脱りん処理の適用により、副原料（造滓剤）使用量が低減できることに加え、脱りん溶銑の転炉レスラグ吹錬時に Mn 鉱石を溶融還元することによる合金鉄（フェロマンガニ）の削減が可能となる<sup>7)~9)</sup>。

開発された溶銑脱りん法の多くは、トーピード<sup>3)5)</sup>または溶銑鍋<sup>1)2)4)</sup>を用いた方法である。著者らは上底吹

き転炉を用いた転炉滓系フラックスによる脱りん処理法（SRP : Simple Refining Process, Slag Recycling Process）<sup>10)11)</sup>について研究し、最少の媒溶剤で低りん鋼の溶製も可能であることを見出した。

本報では、一般的な鋼種においてフェロマンガニ使用量を低減することを目的として、溶銑脱りん処理-転炉吹錬での Mn 鉱石溶融還元によって転炉終点 [Mn] を約 1.5% に上昇する方法について検討した。

## 2. 溶銑脱りん-転炉プロセスにおける 終点 [Mn] 上昇法

溶銑脱りんを転炉で行う本法の特徴（Table 1）を生

平成元年 9 月本会講演大会にて発表 平成 2 年 3 月 8 日受付 (Received Mar. 8, 1990)

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

\*<sup>2</sup> 住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 Ph. D. (Iron & Steel Research Laboratory, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1-3 Nishinagasu-hondori Amagasaki 660)

\*<sup>3</sup> 住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所(現 : 住友金属工業(株)研究開発本部) 工博 (Iron & Steel Research Laboratory, Now Research & Development Division, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

Table 1. Features process.

1. Recycle of MnO-rich slag from decarburization BOF to dephosphorization BOF	→ Increase of Mn yield
2. Dephosphorization at low (T.Fe) with strong stirring by bottom blowing	→ Simultaneous reactions of Mn ore reduction and desulphurization
3. O <sub>2</sub> top blowing at high flow rate in dephosphorization BOF	→ Rapid temperature rise by combustion of coke

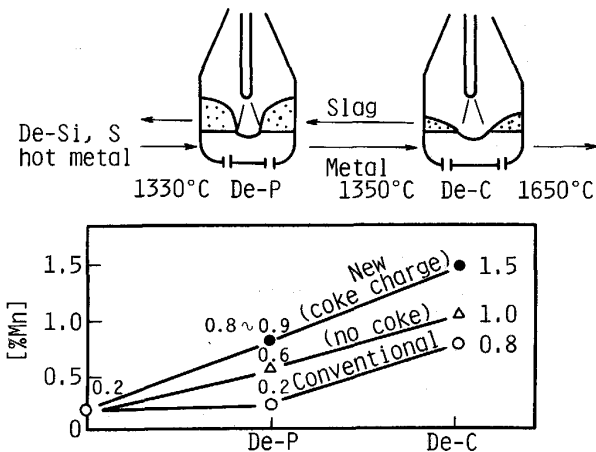


Fig. 1. Concept of smelting reduction of Mn ore in SRP.

かし、脱りん炉に MnO 濃度の高い転炉滓（脱炭炉滓）をリサイクルし、かつ熱源としてのコークスを添加することにより Mn 鉱石を多量配合して、脱りん処理後[Mn]を上昇（0.8～0.9%）し、更に脱炭炉での Mn 鉱石を添加したレスラグ吹錬により終点 [Mn] 1.5% までの上昇を図る方法を考案した（Fig. 1）。

脱炭炉での Mn 鉱石添加可能量は、脱りん溶銑温度 1300°C、[C] 約 4% の場合約 20 kg/t が熱収支から限界であると計算される。更に Mn 鉱石添加量を増やすためには、熱源を添加する必要がある。安価で入手容易な熱源として、コークスが考えられるが、コークス中硫黄（通常 0.5～0.6%）により鋼中 [S] が上昇する問題を生じる。そこで、スラグ脱硫能の高い脱りん炉でコークスを添加し Mn 鉱石配合量を増加することにより、[S] 上昇なく終点 [Mn] の上昇を図る方法を検討した。

溶銑脱りん処理の際、Mn 鉱石等の Mn 酸化物を脱りん酸化剤として使用することにより、脱りんと同時に [Mn] 上昇および脱硫が可能であることは、井上ら<sup>12)</sup>により見出され、真目ら<sup>13)</sup> および S. KITAMURA ら<sup>14)</sup> によって報告されている。しかし、スラグ中 MnO 濃度が上昇すると脱りん能が低下する<sup>13)</sup>、あるいは P, S の見掛けの分配比が悪化する<sup>14)</sup> ことが指摘されている。

また、添加したコークスがスラグ層に存在することに

より、脱りん反応に悪影響を及ぼす可能性もあり、調査する必要がある。

### 3. 実験方法

#### 3.1 脱りん炉 [Mn] 上昇実験

##### 3.1.1 るつば実験

タンマン炉を用い、マグネシアるつば内で銑鉄 2 kg を溶解し、Ar バブリング攪拌（0.3Nl/min）を行いながら、あらかじめ 100 メッシュ以下に粉碎した低りん転炉滓（40 g）、Mn 鉱石（50 g）、鉄鉱石（20 g）及び試薬 CaO（4～25 g）、CaF<sub>2</sub>（20 g）の混合物を添加し、Mn 鉱石の還元挙動並びに脱りん・脱硫挙動を調査した。

なお、本実験では低 MnO 転炉滓を使用したため、Mn 鉱石添加量（25 kg/t）は Fig. 1 に示す本法での Mn 装入量に相当する量として設定した。

使用した原料の組成を Table 2 に示す。

実験時間は、Fig. 2 に示すように、脱りん反応がほぼ停滞し、逆に復りん反応が始まる 60 min とし、その時点で採取したメタル・スラグ試料の化学分析値から Mn, P および S のスラグ-メタル間分配値を計算した。

##### 3.1.2 2t 試験転炉実験

2t 上底き吹試験転炉を用いて、Mn 鉱石を 25 kg/t 添加した条件で脱りん処理実験を実施した。

Table 2. Composition of raw materials for experiments (Unit: wt%).

	C	Si	Mn	P	S			
Pig iron	4.2~4.3	0.10~0.12	0.20~0.25	0.10~0.11	0.025~0.035			
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	T. Fe	T. Mn	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
BOF slag	43.6	11.2	0.8	6.5	18.0	3.6	1.5	0.05
Mn ore	0.5	1.7	3.9	0.1	1.9	54.4	0.2	0.01
Iron ore	0.1	2.1	0.7	0.1	65.4	0.1	0.1	0.01

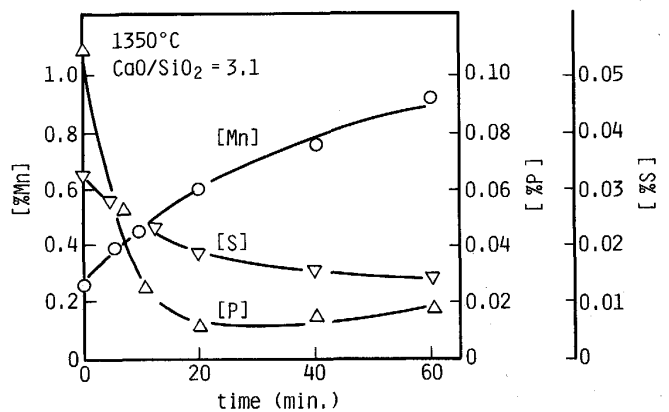


Fig. 2. Change in metal composition during dephosphorization experiment.

Table 3. Blowing condition in decarburization experiments.

O <sub>2</sub> top blowing			Ar bottom stirring	
Lance type	Flow rate (Nm <sup>3</sup> /min·t)	Lance height	Tuyeres	Flow rate (Nm <sup>3</sup> /min·t)
3 hole nozzles	3.0	500 mm	8 mmφ×4	0.5

実験に使用した溶銑 (2 t) は高周波誘導溶解炉で溶解、成分調整し、[C] 4.0~4.5%, [Si] 0.05~0.15%, [Mn] 0.2~0.3%, [P] 0.10~0.11%, [S] 0.005~0.015% とした。注銑温度は 1300~1350°C であった。副原料の配合は、低りん転炉滓 30 kg/ch, 生石灰 30 kg/ch, 蛍石 16 kg/ch, Mn 鉱石 50 kg/ch, およびコークス 35 kg/ch とした。各副原料は粒度 10~30 mm に整粒したものをを用いた。使用した Mn 鉱石・転炉滓はるつば実験で使用したものと同じであり、コークスは通常の高炉用コークス (S 含有量 0.6%) を使用した。

初期に上吹き酸素 3.0 Nm<sup>3</sup>/min·t をランス高さ 800 mm でソフトブローし、コークス燃焼・昇熱を約 5 min 実施した後、上吹き酸素量を 1 Nm<sup>3</sup>/min·t, ランス高さを 500 mm に下げ、Mn 鉱石を添加し、スラグ塩基度約 3 を目標に生石灰・蛍石を配合して、脱りん処理を約 10 min 実施した。処理後、Ar リンスを約 10 min 行い、リンス後の温度で約 1350°C になるよう調整した。なお、上吹きランスは 3 孔ランスを用い、底吹き Ar ガス量は 0.5 Nm<sup>3</sup>/min·t 一定とした。

### 3.2 脱炭炉 [Mn] 上昇実験

2 t 試験転炉を用いて、[Mn] 0.8~0.9% の脱りん溶銑を使用し、Mn 鉱石を 30 kg/t 添加した条件でレススラグ吹錬テストを実施した。Table 3 に吹錬条件を示す。副原料の配合は、生石灰 12 kg/ch, 蛍石 3 kg/ch, および Mn 鉱石 60 kg/ch とした。また、2 t 転炉実験はヒートロスが大きいため、熱源として灰分のほとんどないオイルコークス 18 kg/ch を添加した。

## 4. 実験結果

### 4.1 脱りん炉 [Mn] 上昇法

#### 4.1.1 最適処理条件の検討 (るつば実験結果)

スラグ塩基度および温度のスラグ-メタル間 Mn, P および S 分配比に及ぼす影響を Fig. 3 に示す。

P 分配比はスラグ塩基度が高く、温度が低いほど大きい。一方、Mn 分配比および S 分配比は、塩基度が高く、温度が高いほど前者は小さく、後者は大きくなる。

従って、生石灰等の造滓剤使用量をできるだけ少なくすることも考慮に入れると、脱りに問題なく Mn 分

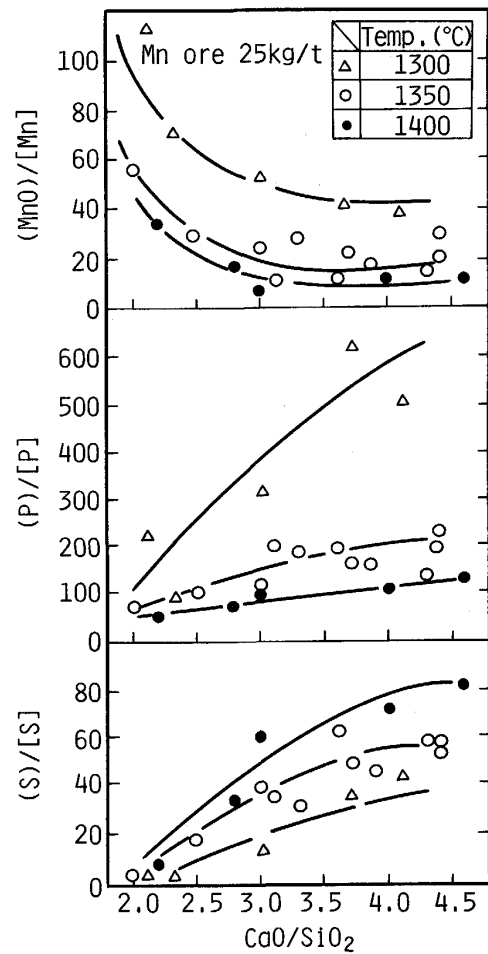


Fig. 3. Distribution of Mn, P and S in hot metal dephosphorization.

配比を小さくかつ S 分配比を高くするためには、スラグ塩基度約 3 以上、処理温度約 1350°C が適正と考えられる。

#### 4.1.2 2 t 試験転炉実験結果

実験結果の代表例を Fig. 4 に示す。

初期の昇温期において、約 5 min の短時間で約 1280°C から 1450°C まで迅速に昇温できた。コークスを添加したが、十分な脱りんが進行するとともに [Mn] 0.89% まで Mn 鉱石を溶融還元することができ、また、コークス中硫黄による [S] の上昇もなかった。

処理温度およびスラグ塩基度を変化させて Fig. 4 と同様な方法により行った実験での終点成分の分配比 (Mn, P, S) を示したのが Table 4 である。処理温度およびスラグ塩基度による各分配比の変化は、Fig. 3 のるつば実験結果とよく対応している。

### 4.2 脱炭炉 [Mn] 上昇法 (2 t 試験転炉実験結果)

上吹き送酸条件および底吹き Ar 量を変化させた各実験結果を Fig. 5 に示す。Mn の還元・酸化挙動は、脱炭

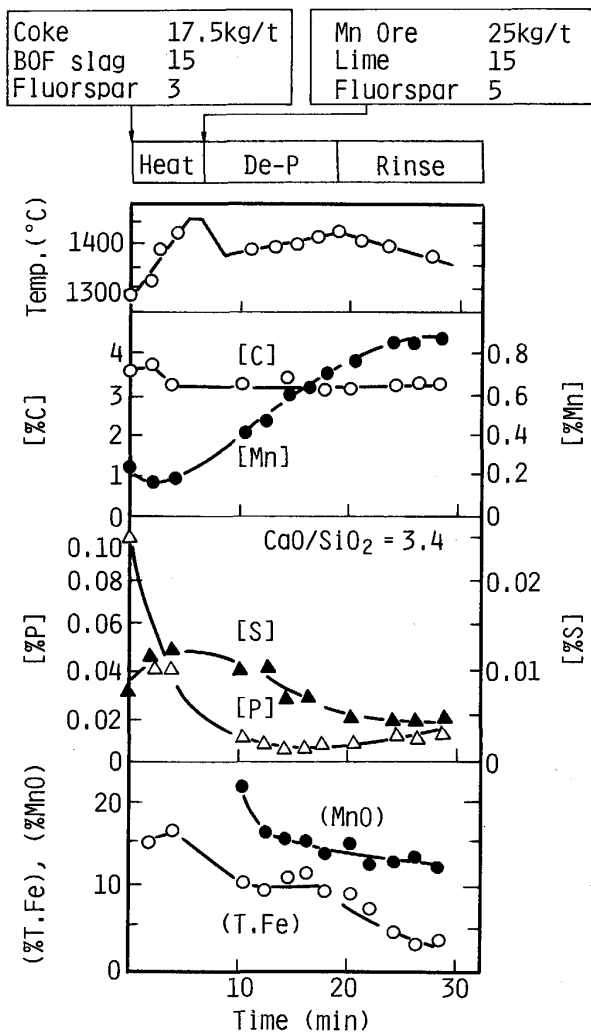


Fig. 4. Results of a dephosphorization experiment.

Table 4. Distribution of Mn, P and S in dephosphorization experiments.

Mn ore charge (kg/t)	Temp. at end point (°C)	Slag compos.		Partition ratio		
		CaO SiO <sub>2</sub>	%T, Fe	(%MnO) [%Mn]	(%P) [%P]	(%S) [%S]
23	1290	2.8	4.0	51	390	20
23	1320	2.8	4.4	32	230	20
25	1330	3.0	4.0	28	360	38
25	1360	3.4	3.8	14	170	56
25	1360	4.0	3.5	16	140	86

最盛期を過ぎた吹錬末期の上底吹き条件に大きく影響される。なお、終点溶鋼温度は1630~1670°Cであった。

脱炭炉吹錬パターンの適正化、すなわち

(1) 脱炭酸素効率が低下し始める [C] 0.6% 付近より、段階的に上吹き送酸速度を低下する。

(2) 低 [C] 領域での C の物質移動を促進し、(MnO) の還元を促進するため底吹き攪拌ガス量を増加させる。

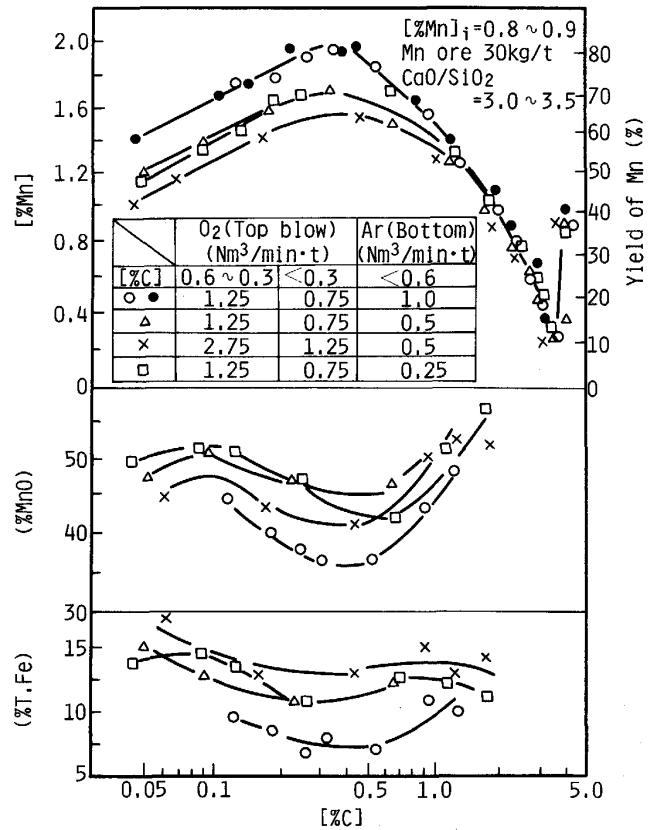


Fig. 5. Results of decarburization experiments.

ことにより、終点 [C] 約 0.1% で [Mn] 約 1.6% まで上昇 (Mn 歩留り約 65%) できることが判明した。

## 5. 考察

### 5.1 Mn 鉱石還元・脱りん同時処理の熱力学的検討

#### 5.1.1 スラッグの融点

スラッグ-メタル間の反応平衡について論じるためには、スラッグが溶融していることを確認する必要がある。そこで、Fig. 3 に示したるつば実験後のスラッグを試料として高温顕微鏡による融点測定を実施した。結果を Fig. 6 に示す。

塩基度 2.0~3.6 の範囲では、脱りんスラッグの融点は主に (%MnO) に依存し、(MnO) 約 21% では融点は約 1300°C、25% では約 1350°C であった。

更に、上記の点を明確化するため、試薬 MnO より焼成したブリケットを添加して CaO/SiO<sub>2</sub> が 2.7~2.8 の脱りんスラッグ中への MnO 溶解度を測定した。1300、1350 および 1400°C での MnO 溶解度は、それぞれ、約 20、24 および 27% であり、Fig. 6 の融点測定結果とはほぼ対応した。

以下、スラッグが溶融状態にあった実験結果のみを対象に平衡論的考察を行う。

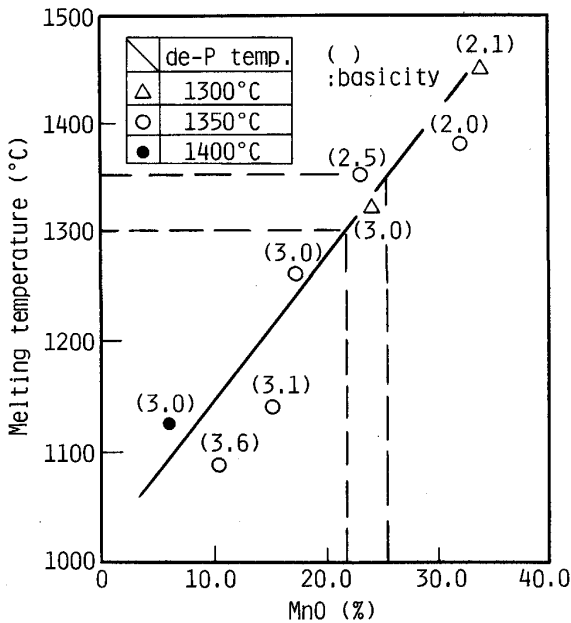


Fig. 6. Melting temperature of dephosphorization slag sampled in experiments.

5.1.2 脱りん平衡到達度

Fig. 3 のるつば実験の場合も, Fig. 4 の転炉実験の場合も脱りんが停滞し, 逆に復りんが開始する状態になっていた. 一方, Mn 酸化物の還元は復りん時にも進行していた.

著者らは Mn 鉱石の還元を伴わない同様な方法での溶銑脱りん実験を行ったが, その際一定時間後脱りんが定常状態に到達しており, 脱りんは平衡に達していたと考えた<sup>11)</sup>. そこで, Mn 鉱石の還元を同時に実施する場合としない場合とで脱りん平衡到達度に差があるかどうかを調査するため, G. W. HEALY<sup>15)</sup> の式を用いて比較検討した.

$$\log (\%P) / [\%P] = 22\,350 / T - 16.0 + 2.5 \log (\%T.Fe) + 0.08 (\%CaO) \dots\dots (1)$$

なお, (1) 式は製鋼温度で用いられる脱りん平衡式であり, 岩崎ら<sup>16)</sup> によると 1300~1350°C まで外挿した場合, 平衡に達したかどうかの絶対値の議論をするのは問題である. しかし, 同一温度でスラグ組成が異なる場合の脱りん平衡到達度を論じることは可能と考え, 相对比较のためにこれを用いた.

結果を Fig. 7 に示す. Mn 鉱石の還元を同時に行う場合と行わない場合とで平衡到達度はほぼ同じであった. 従って, Mn 鉱石の還元を行う場合, 前述のように, [Mn] 上昇と復りんが同時に進行していたが, この時はほぼ移動平衡の状態になっていたと推定される.

5.1.3 スラグ中 MnO 濃度上昇による脱りん能の変

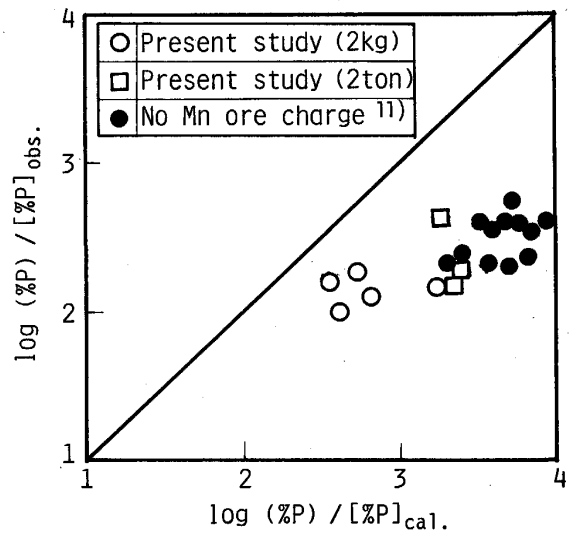


Fig. 7. Comparison of experimental results with Healy's equilibrium calculation.

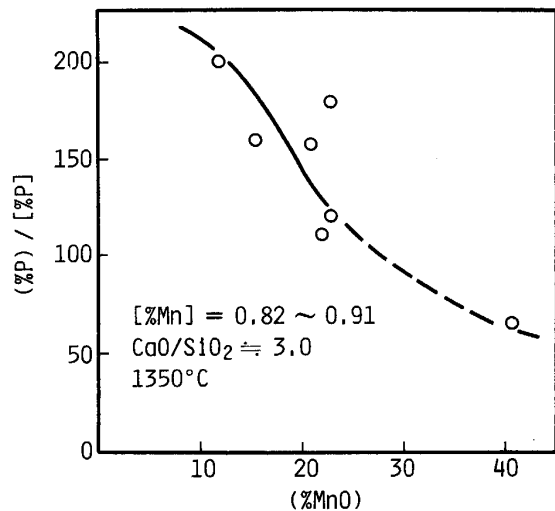
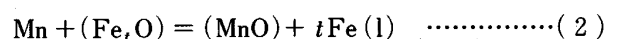


Fig. 8. Effect of (%MnO) on (%P)/[%P].

化

るつば実験における (%P)/[%P] に及ぼす (%MnO) の影響を Fig. 8 に示す. 本実験条件では, MnO 約 10~40% と高濃度の場合, (%MnO) が増加するほど (%P)/[%P] が低下した. ただし, (MnO) 約 24% 以上の領域でのりん分配比の低下は, スラグが固化し, 反応が停滞したためと考えられる.

Fig. 9 に示す結果のうち (MnO) が 23% 以下, すなわち, (T.Fe) が約 4% 以下の範囲においては, (2) 式の反応に基づき, (%MnO)/a<sub>Mn</sub> の増加により (%Fe<sub>2</sub>O) に支配される酸素ポテンシャルも上昇すると考えられる.



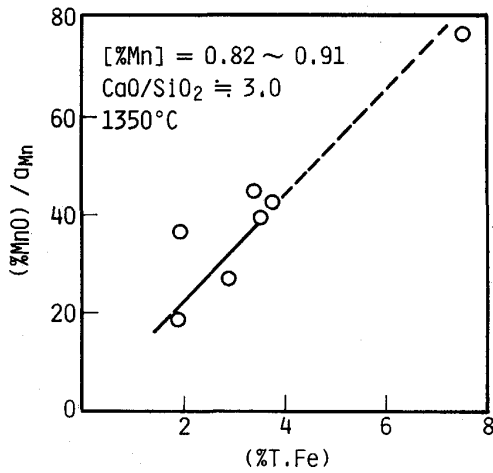


Fig. 9. Relation between (%T.Fe) and (%MnO)/ $a_{Mn}$ .

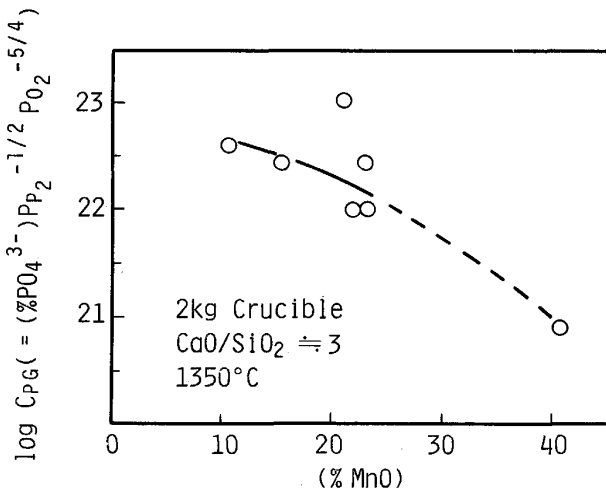
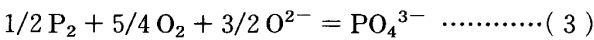


Fig. 10. Effect of (%MnO) on phosphate capacity.

C. WAGNER<sup>17)</sup> は(3)式で示される脱りん反応の Phosphate capacity( $C_{PG}$ ) を(4)式で定義している。



$$C_{PG} = (\%PO_4^{3-}) \cdot P_{P_2}^{-1/2} \cdot P_{O_2}^{-5/4} \\ = K_2 \cdot a_{O^{2-}}^{-3/2} \cdot f_{PO_4^{3-}}^{-1} \dots\dots\dots(4)$$

更に、りんの分配比は(5)式で表すことができる。

$$(\%PO_4^{3-}) / [\%P] \\ = C_{PG} \cdot f_P \cdot K_P^{-1} \cdot P_{O_2}^{5/4} \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 $K_2$  は(3)式の平衡定数、 $K_P$  は  $1/2P_2 = P$  (%)の平衡定数をそれぞれ表し、 $a_{O^{2-}}$  は酸素イオンの活量、 $f_{PO_4^{3-}}$  は  $PO_4^{3-}$  の活量係数をそれぞれ表す。

(5)式を用いて Fig. 8 の実験をスラグの  $C_{PG}$  を求めた結果を Fig. 10 に示す。なお、計算の際は、 $e_P^P = 0.054$ ,  $e_P^C = 0.126$ ,  $e_P^{Mn} = -0.032$  の学振推奨値<sup>18)</sup> を用い、 $P_{O_2}$  は E. T. TURKDOGAN ら<sup>19)</sup> の FeO の等活量線図より読みとった値を用いて計算した。

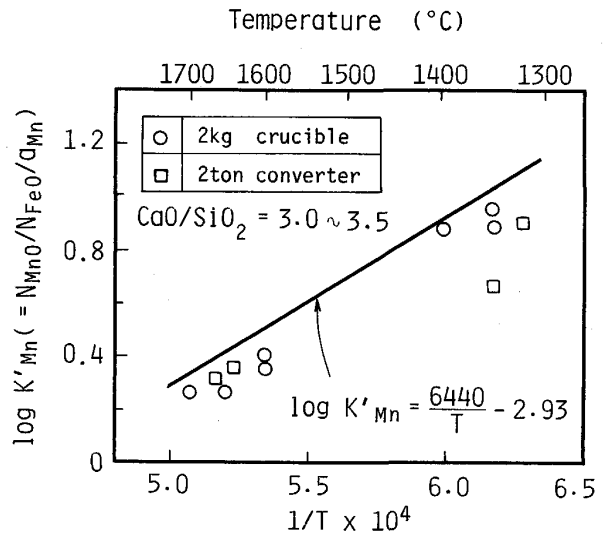


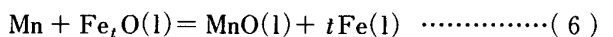
Fig. 11. Dependence of apparent Mn distribution ratio ( $K'_{Mn}$ ) on temperature.

Fig. 9 に示すように、(%MnO) 約 10~23 の高濃度では、MnO 濃度上昇により Phosphate capacity が低下する傾向を示す。

本研究の Mn 鉱石還元・脱りん同時処理の際、適正な処理条件(1350°C, CaO/SiO<sub>2</sub> 約 3 以上)では、(%MnO) は 10 数% に留めることができるので、スラグの Phosphate capacity は若干低下するものの、実用上問題ない範囲での脱りん処理は十分可能である。

5.1.4 Mn 酸化物の還元平衡

Fig. 3 および Table 4 に示した実験結果のうち、CaO/SiO<sub>2</sub> = 3.0~3.5 でかつ (%MnO) が溶解度以下の条件における見掛けの Mn 分配定数 ( $K'_{Mn} = N_{MnO}/N_{FeO}/a_{Mn}$ ) の温度依存性を示したのが Fig. 11 である。図中、1600~1700°C の範囲に示した丸印は 2kg の Fe-Mn (0.5~1.7%) 合金と CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-MnO-FeO(6~12%)-CaF<sub>2</sub>(5~8%) スラグとの間の見掛けの Mn 分配定数 ( $K'_{Mn}$ ) 測定結果<sup>20)</sup> であり、四角印は Fig. 5 に示した 2t 転炉実験での約 0.1% [C] 付近での  $K'_{Mn}$  を示す。また、実線は学振推奨値<sup>18)</sup> で与えられた MnO の酸化還元平衡値を示す。



$$\log(a_{MnO}/a_{Mn}/a_{Fe,O}) = 6440/T - 2.93 \dots\dots\dots(7)$$

$K'_{Mn}$  の温度依存性は(7)式とほぼ一致している。

ここで、 $\gamma_{FeO}/\gamma_{MnO}$  が温度によらず一定と仮定すると、本 Mn 鉱石還元脱りん同時処理実験では、スラグ中の MnO はほぼ平衡状態まで還元されているものと推定される。

脱りん処理は低温で実施するため、Mn 分配定数が

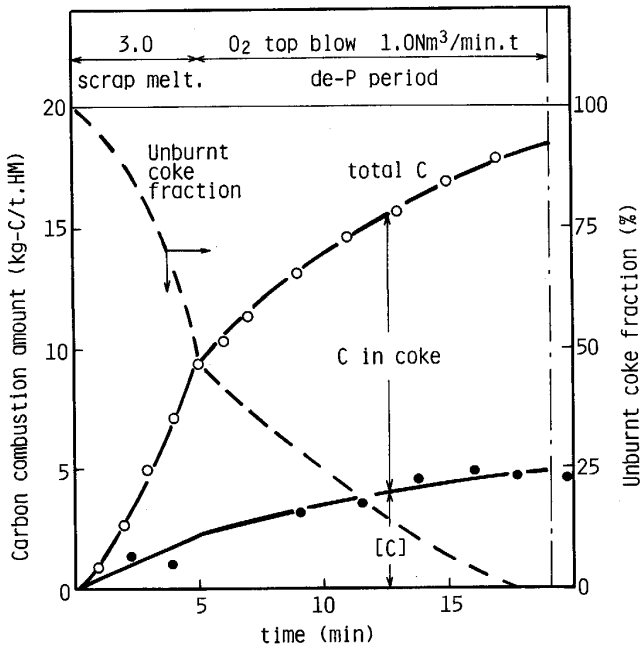


Fig. 12. Combustion behavior of coke in de-phosphorization experiment.

らみると Mn 鉱石の還元には不利であるが、スラグ中 (T.Fe) を 3% 程度まで低減できるので、転炉レススラグ吹錬の場合に近い高歩留りで Mn 鉱石を還元することができる。

5.2 コークス添加による脱りん反応への影響

著者らは Mn 鉱石の代わりに鉄鉱石を使用し、スクラップを配合したこと以外は Fig. 4 と同様なコークスを添加した状態での溶銑脱りん実験を実施し、10% までのスクラップ溶解同時処理が可能であることを立証した<sup>21)</sup>。その際のコークスの燃焼状況を示したのが Fig. 12 である。図中、全炭素燃焼量は転炉排ガス分析値より計算し、メタル中 [C] 減少量は採取サンプルの分析値より求め、両者の差をコークス中炭素燃焼量として計算した。破線はコークスの残留率を示す。

全炭素燃焼量のうち約 75% はコークスが見掛け上燃焼し、脱りん処理中にはほぼ全量消滅している。

昇温期および脱りん期の初期にはかなり多量のコークスが存在しているが、Fig. 4 に示すように、上吹き酸素、Mn 鉱石および転炉滓中の酸化鉄からの酸素供給によりスラグ中 (T.Fe) は約 10% 以上を維持している。脱りん速度も、コークスを添加しない同様な方法による脱りん実験結果<sup>10)</sup> と比べ、低下していない。このことから、コークス添加による脱りん反応への影響は小さいと考えられる。

また、脱りん処理中にコークスはほぼ全量消滅し、処

Table 5. Assumptions for calculations.

	Temp. (°C)		Metal slag compos.			Partition		
	Teeming	end	[C] <sub>EP</sub> (%)	CaO SiO <sub>2</sub>	T.Fe (%)	(MnO) [Mn]	(P) [P]	(S) [S]
de-P	1330	1360	4.0	3.0	3	15	170	40
de-C	1340	1650	0.1	3.5	10	27	30	5

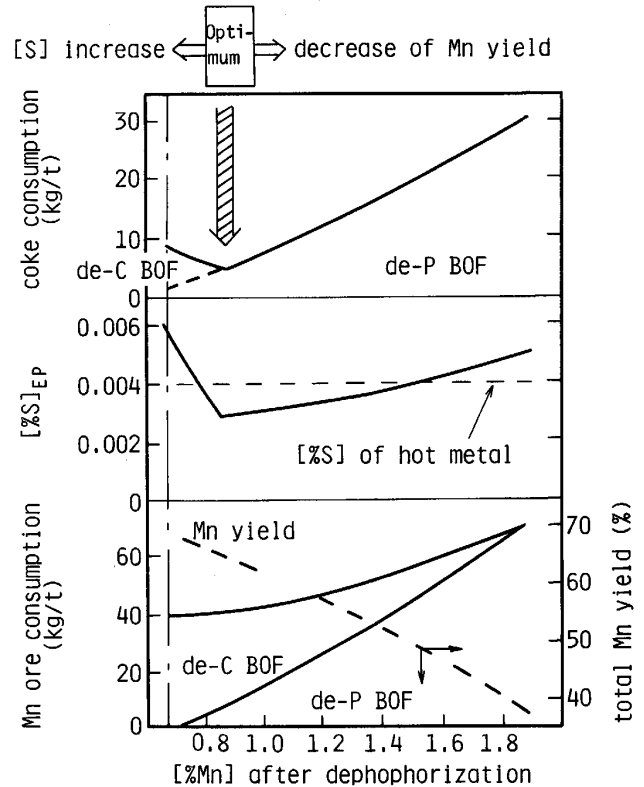


Fig. 13. Estimation of optimal [Mn] after de-phosphorization of hot metal in SRP for 1.5% [Mn] at end point.

理後のリンス時での復りんへの影響はないと考えられる。

5.3 [Mn] 上昇法におけるプロセスの最適化

脱りん炉および脱炭炉の熱・物質収支モデルにより脱炭炉終点 [Mn] 1.5% を得るための最適な脱りん処理後 [Mn] について検討した。

計算は、るつぼ実験および 2t 試験転炉実験結果をもとに、Table 5 に示す条件を前提として行った。また、脱硫溶銑中 [Si], [S] はそれぞれ 0.2%, 0.004% を仮定した。

結果を Fig. 13 に示す。コークスからの [S] 上昇を抑制し、高い Mn 歩留りを得るためには、脱りん処理後 [Mn] 0.8~0.9% が適正であることが確認できた。

脱りん処理後 [Mn] をより低くすると、脱炭炉での

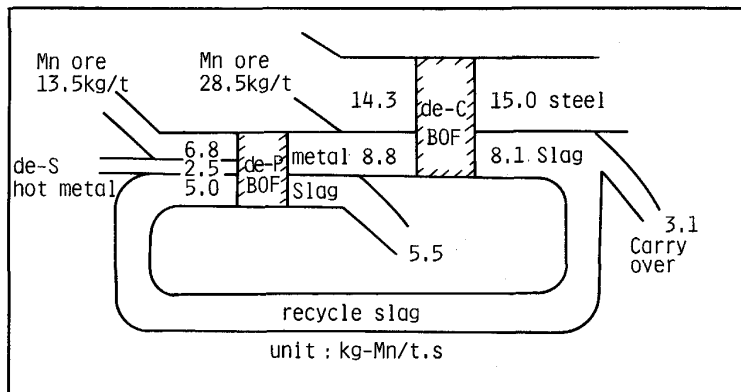


Fig. 14. Calculation results of Mn balance in SRP for 1.5% [Mn] at end point.

Mn 鉱石の多量配合並びに熱源としてのコークス添加が必要となり、[S] 上昇の問題を生じる。一方、脱りん処理後 [Mn] をより高くすると、脱りんスラグ中 (MnO) 濃度がより高くなり、MnO 濃度の高い脱炭炉スラグを脱りん炉にリサイクルする際の Mn 回収量が少なくなるため Mn 歩留りが低下する。

適正条件下での Mn 収支を Fig. 14 に示す。本法では、MnO 濃度の高い脱炭炉スラグの脱りん炉での再利用により、高い終点 [Mn] レベル (1.5%) でも高い通算 Mn 歩留り (63%) を達成することが可能となる。また、スラグリサイクルのない場合に比べ、Mn 歩留りは約 10% 向上すると計算される。

## 6. 結 言

上底吹き転炉を用いた転炉滓系フラックスによる溶銑脱りん法 (SRP: Simple Refining Process) において、脱りん炉および脱炭炉で Mn 鉱石を溶融還元し、転炉終点 [Mn] を上昇する方法について検討した。

(1) 本プロセスの特長である以下の技術、すなわち

(a) 脱りん炉での Mn 鉱石添加およびコークス燃焼による熱付与 (脱炭吹錬並送酸により短時間で可能) による [Mn] 上昇、脱りんおよび脱硫同時処理

(b) MnO 濃度の高い脱炭炉スラグのリサイクル使用

(c) 脱炭炉での Mn 鉱石を多配合したレススラグ吹錬の実施により、[S] の上昇なく転炉終点 [Mn] 1.5% までの上昇が可能である。

(2) 本法では、MnO 濃度の高い脱炭炉スラグの脱りん炉再利用により、スラグリサイクルのない場合に比べ Mn 歩留りが 10% 程度向上 (通算 Mn 歩留り約 63%) する。

(3) 脱りん炉の適正処理条件、すなわち、脱りに問題なく、Mn 歩留りおよび脱硫率を向上させる条件は、

スラグ塩基度約 3 以上、処理温度約 1350°C と考えられる。

(4) 脱りん炉に添加したコークスは、処理中に全量燃焼消滅し、脱りん反応への影響はほとんどない。

## 文 献

- 1) 竹村洋三, 吉田基樹, 調和郎, 古崎 宣, 高橋正章: 鉄と鋼, **73** (1987), S277
- 2) 山本利樹, 佐藤 譲, 加藤秀夫, 本多清之, 島尾輝男: 鉄と鋼, **73** (1987), S278
- 3) 住田守弘, 安藤道夫, 中村皓一, 野瀬正照, 中島啓之, 高橋義則: 鉄と鋼, **69** (1983), S959
- 4) 山瀬 治, 福味純一, 中村博己, 滝 千尋, 池田正文, 山田健三: 日本鋼管技報 (1987) 118, p. 1
- 5) 鷲尾 勝, 山田純夫, 山田博右, 江本寛治, 浜田俊治, 森 淳: 鉄と鋼, **71** (1985), S109
- 6) 川崎正蔵, 高木 弥, 神森章光, 青木松秀, 小倉哲造, 羽鹿公則: 鉄と鋼, **71** (1985), S112
- 7) 吉田克磨, 山崎 勲, 田中雅章, 青木伸秀, 渡辺吉夫: 鉄と鋼, **73** (1987), S1013
- 8) 稲葉東實, 高本 久, 殿村重彰, 遠藤公一, 田淵 敏, 米澤公敏: 鉄と鋼, **73** (1987), S1012
- 9) 山瀬 治, 滝 千尋, 池田正文, 福味純一, 内田繁考, 山田健三: 鉄と鋼, **73** (1987), A27
- 10) 松尾 亨, 増田誠一, 池田隆果: 鉄と鋼, **72** (1986), S1000
- 11) 松尾 亨, 増田誠一: 鉄と鋼, **76** (1990), p. 1809
- 12) 井上博文, 重野芳人, 徳田昌則, 大谷正康: 鉄と鋼, **64** (1978), A17
- 13) 真目 薫, 松尾 亨, 青木健郎: 鉄と鋼, **69** (1983), p. 1787
- 14) S. KITAMURA, N. SATO and K. OKOHIRA: Trans. Iron Steel Inst. Jpn., **28** (1988), p. 364
- 15) G. W. HEALY: J. Iron Steel Inst., **208** (1970), p. 664
- 16) 岩崎克博, 佐野信雄, 松下幸雄: 鉄と鋼, **67** (1981), p. 536
- 17) C. WAGNER: Metall. Trans. B, **6** (1975), p. 405
- 18) 学振製鋼 19 委員会: 製鋼反応の推奨平衡値 (1968) [日刊工業新聞社]
- 19) E. T. TURKDOGAN and J. PEARSON: J. Iron Steel Inst., **175** (1953), p. 393
- 20) 松尾 亨, 深川 信: 材料とプロセス, **2** (1989), S1092
- 21) 松尾 亨, 深川 信: 材料とプロセス, **2** (1989), S1094