



転炉複合吹錬法の現状と今後の展開

植田 嗣治*・丸川 雄浄*・姉崎 正治*

On the Present State and Coming Development of the Combined Blowing of BOF

Tsuguharu UEDA, Katsukiyo MARUKAWA, and Shoji ANEZAKI

1. 緒 言—複合吹錬法とその開発経緯

純酸素上吹き転炉法（以後、上吹き転炉法）は、1957年に我が国に導入されて以来、今日まで製鋼法の主流として、多大の貢献を果たしてきた。しかし一方では、そのもつ本質的な特徴ともいえる、低炭素濃度域での鋼浴攪拌力の低下が、メタルとスラグ間で成分や温度に不均一状態をもたらし、鉄分やマンガンなどの有効成分の歩留りを低下させ、かつ脱リン反応を阻害するといったデメリット要因になっていた。しかし他方では、逆にこの現象を利用して中高炭素鋼の脱リン反応を促進させるなどで、上吹き転炉をして幅広い鋼種の精錬を可能にしてきた。

近年純酸素底吹き転炉法（以後、底吹き転炉法）の発展と、その底吹き酸素による強力な攪拌と冶金反応との関係が注目され、特に前者の定量的評価ができるようになって、上吹き転炉の冶金反応の改善が、底吹き転炉と比較して、相対的に少ない底吹きガス量の導入で達せられることが実証された。更にその底吹きガス量をコントロールすれば、上吹き転炉と底吹き転炉の長所を合わせもつ機能が発揮できる精錬法として複合吹錬法が位置づけられた。しかもこの方法は既設の上吹き転炉を大幅に改造することなしに容易に実施できるということから、ここ2～3年急速に普及を見たのである。

このような転炉における複合吹錬の考え方は、ヨーロッパにおいては、使用する溶銑事情から、高リン銑の脱リン反応の改善という目的で、上吹き転炉の開発途上の1950年後半に早くも、転炉々底から補助ガスを吹き込む方式が研究されており、Kombiniertes Blasverfahrenの名称で発表された¹⁾²⁾。一方我が国においても、同様に転炉での脱リン反応の改善という観点から、上吹き転炉のスラグラインにN₂ガスを横吹きする研究が行われていた³⁾。しかしこれらの新しい試みはその後実用化されないままになっていた。

ところが1970年後半になつて底吹き転炉の優れた冶

金特性が明らかにされ、更にそれを裏付ける鋼浴の攪拌動力が定量的に評価されるようになって⁴⁾⁵⁾、上述したように、再び複合吹錬法実現への拍車加わることになったのである。このような技術開発は日本とヨーロッパとは、期せずして同一時期に実用化テストが行われており^{6)~11)}、ここ2～3年で複合吹錬転炉は50～70基を越えたと言われている¹²⁾¹³⁾。そして現在計画中のものを合わせると、複合吹錬法が今後の転炉製鋼法の主流になると言つても過言ではない状態にある。

しかし、複合吹錬法には現在まだ多くの課題があるし、かつまた今後周辺技術の変化、例えば溶銑予備処理の導入といった変化に伴つて、そのもつ意義もおおずと変わらざるを得ない。このような意味において、まず複合吹錬法の現状を概括して、さらに今後の展開について考察した。

2. 複合吹錬法の現状

2.1 各種プロセスの分類

複合吹錬法は上述したとおり、酸素上吹き転炉の炉底に攪拌用のガスを導入する方法であるから、技術的な選択の条件としては、底吹きするガスの種類、底吹き方法およびその流量が規定されなければならない。表1は現在公表されている各種プロセス名であるが、開発者やそのローカルな事情の相違によつて多様なものとなつている。一方開発の経緯から分類したものが図1¹⁴⁾である。

すなわち複合吹錬法を大別すると、底吹きガスとして酸化性ガス(O₂またはCO₂)を用いるかその他のガス(不活性ガスやN₂)を用いるかということと、それらをポーラス型か管型羽口から吹き込む組み合わせと細部のくふうとで分けられる。また技術的な流れからは上吹き転炉からのものと底吹き転炉からのものとなる。

2.2 底吹きガス量とその効果

最も基本となる操業条件は底吹きガス量であつて、実用規模での各プロセスの操業条件から、(1)式、(2)式⁴⁾⁵⁾を用いて底吹きガスによる鋼浴の均一混合時間とい

昭和 57 年 8 月 17 日 受付 (Received Aug. 17, 1982) (依頼解説)

* 住友金属工業(株)鹿島製鉄所 (Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 3 Oaza Hikari Kashima-cho Kashima-gun 314)

表1 複合吹錬法の分類

| 底吹き方法 | 複合吹錬プロセス | | 底吹きガス | | | 特 徴 |
|--------|---|--|---|---|--|---|
| | 名 称 | 開 発 者 | 主 ガ ス | 冷却ガス | 全ガス量(Nm ³ /min·t) | |
| 通気性れんが | LBE LD-BC UBDT | IRSID と ARBED CRM KRUPP | N ₂ , Ar " " | — — — | 0.07~0.15 | Permeable element, 炉内二次燃焼 ポーラスれんが |
| 単管羽口 | LD-AB LD-KG LD-OTB LD-CB LD-SS ATH-B | 新日本製鉄 川崎製鉄 神戸製鋼 日本鋼管 MEFFOS ATH | N ₂ , Ar " " " " " | — — — — — — | 0.02~0.30 0.01~0.10 0.04~0.50 0.01~0.10 | SA 羽口, 大幅流量範囲制御 Multi-hole 羽口, CO ₂ 吹きテスト有り |
| 二重管羽口 | STB BAP LD-OB LD-HC LD-BD K-BOP | 住友金属 BSC 新日本製鉄 CRM MEFFOS 川崎製鉄 | CO ₂ +O ₂ 空気+N ₂ O ₂ O ₂ O ₂ O ₂ +CaO 粉 | CO ₂ N ₂ LPG C _m H _n C ₃ H ₈ C ₃ H ₈ | 0.03~0.15 0.30~0.80 0.15~0.80 " 0.20~0.5 1.0 ~1.5 | K ガスからの CO ₂ 製造プラント併設 Q-BOP などの CaO 粉の底吹き |

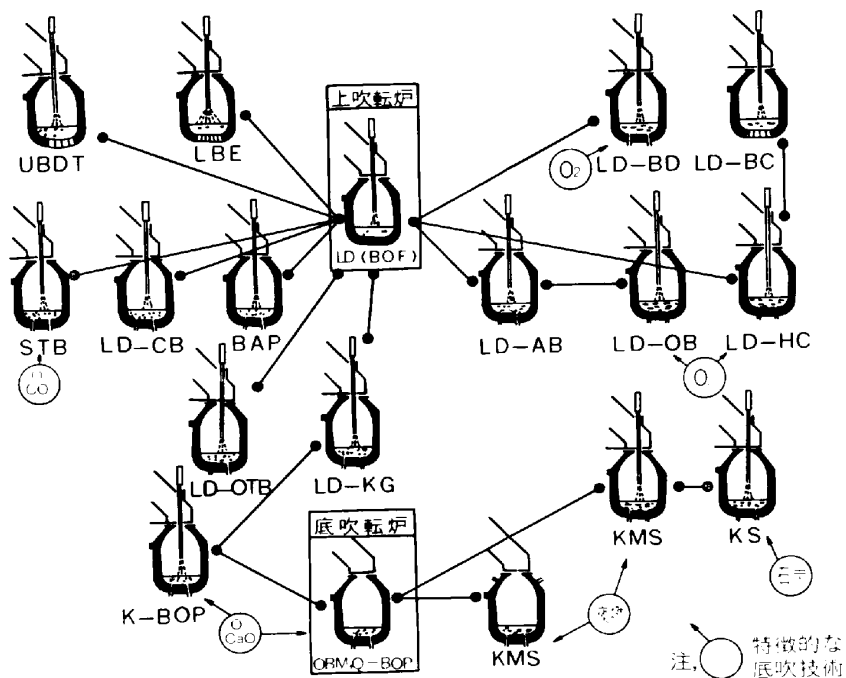


図1 各種複合吹錬プロセスの位置付け¹⁴⁾

ら尺度でまとめたものが図2¹⁵⁾である。

$$\dot{\epsilon} = 0.0285 Q \cdot T / W \cdot \log(1 + Z/H) \dots\dots\dots (1)$$

ただし

- ε ; 攪拌エネルギー (W/t)
- Q ; 底吹きガス量 (Nl/min)
- W ; 鋼浴の重量 (t)
- T ; 鋼浴の温度 (K)
- Z ; 鋼浴の深さ (cm)
- H ; 1 atm に相当する鋼浴の深さ

$$\tau = 800 \cdot \dot{\epsilon}^{-0.4} \dots\dots\dots (2)$$

ただし τ ; 鋼浴の均一混合時間 (s)

図のように各プロセスで底吹きガス量が異なるのは、ローカルな事情 (炉形状や鋼種構成など) の差や、期待

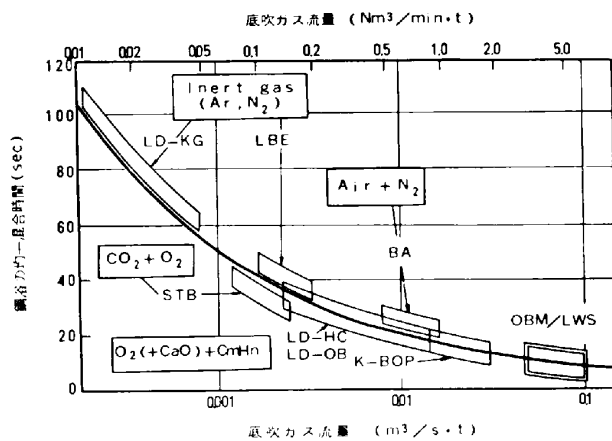


図2 底吹きガス流量と鋼浴の均一混合時間¹⁵⁾

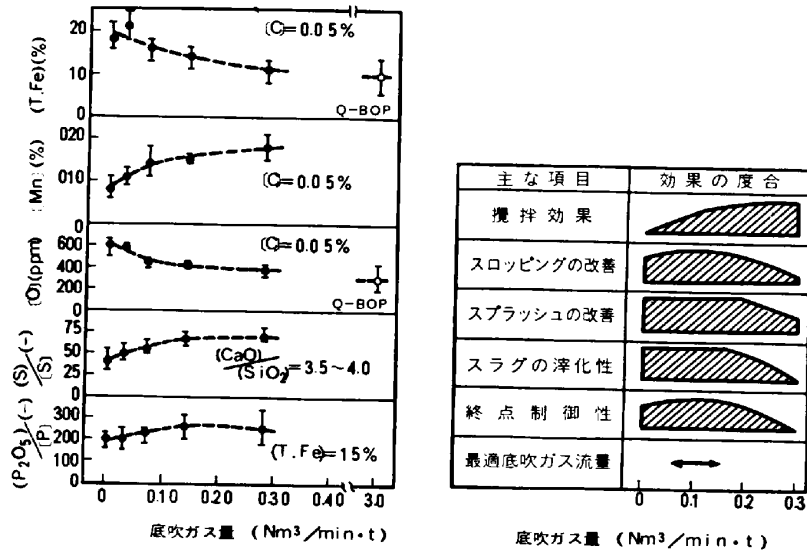


図 3. 底吹きガス量と諸反応および操業との関係¹⁶⁾¹⁷⁾

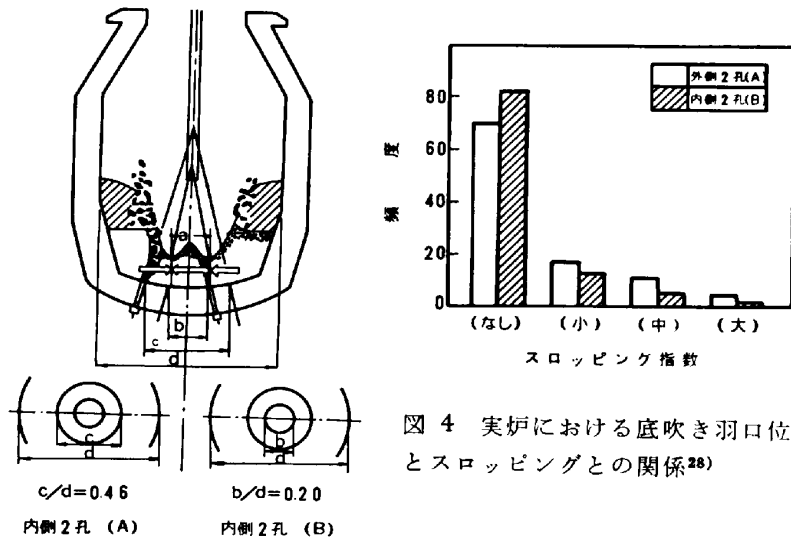


図 4 実炉における底吹き羽口位置とスロッピングとの関係²⁸⁾

する効果の違いによるところが多く、統一的に最適条件という形で論ずることは現在のところできない。しかし複合吹錬による冶金的效果、および操業上の問題に対する底吹きガス量の影響は、一例を図3¹⁶⁾¹⁷⁾に示すように、底吹きガス量を選択によつて、上吹き転炉の特性も底吹き転炉の特性も両方引き出すことができ、広い範囲の鋼種構成があつても同一炉で精錬ができる可能性を示している。

3. 複合吹錬法の今後の課題

複合吹錬法は、我が国においてはすでに開発段階を終え実用化段階に入っており、基本的にはその地位を確保し生産設備として期待された機能を発揮しているといえる。ここでは今後の展開を考える上で、現在提起されている2~3の課題について概括してみることにする。

3.1 複合吹錬にかかわる基礎的課題

3.1.1 攪拌エネルギーの評価とその応用

まず適正な底吹きガス量を評価する上でベースになる攪拌エネルギーと鋼浴の均一混。時間との関係については、中西らの論文⁴⁾に端を発して、その後、より精密な考察がなされ、より普遍的な式が提案された¹⁸⁾¹⁹⁾、しかし実証という点での高温溶鋼との対応は十分にはなされていない²⁰⁾²¹⁾。また上吹きジェットによる攪拌と底吹きガスの攪拌の複合した場合の評価^{21)~23)}についても、今後更に議論されるべきである。

3.1.2 適正な上下吹きの関係および炉形状

上述のことから、当然上吹き O₂ ジェットの供給方法にも自由度が増すし、操業上の諸問題(スロッピングやスピitting、ダスト発生など)を抑制する技術に展開できる。さらに冶金反応の考察が進めばより精度の高いプロセス制御技術に発展する可能性もある²⁴⁾。また表

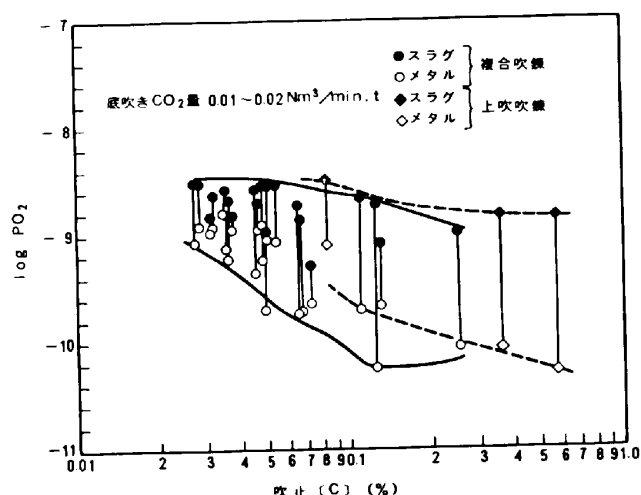


図 5 転炉吹錬吹き止め時のメタルおよびスラグの酸素ポテンシャル³¹⁾

1に示した LBE 法がそうであるように、火点で発生する CO ガスを炉内で強制的に燃焼させて高いスクラップ比の吹錬を可能にすることもできる¹⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾。そしてこれらの新しい技術は単に上下のガス量の問題だけでなく、上吹きランスの形状、底吹きガスの位置および適正な炉形状のあり方にまで発展させることが必要である²⁷⁾²⁸⁾。このような研究の一例として、スロッピングの発生と上下吹き位置との関係のデータを図 4²⁸⁾に示した。

3.1.3 複合吹錬の冶金反応

一方、複合吹錬中の反応解析は緒についたばかり²⁹⁾³⁰⁾といえ、特に鋼浴中のカーボン [C] と酸素 [O] との関係、あるいはスラグ-メタル間の酸素ポテンシャルの不均一の検討³¹⁾などは、ようやくメスが入られた段階である。この一例を図 5³¹⁾に示した。この点に関していえば、スラグ中の酸素ポテンシャルの測定方法の確立が急がれる³²⁾³³⁾。そして、脱リン反応の制御とともに、終点制御技術への展開を図らねばならない。

一方、前述した攪拌エネルギーの評価の上に、転炉の諸反応を統一的に論じようとする試みもあり、例えば ISCO 値³⁴⁾や BOC 値³⁵⁾といった指標が提出されている。これらが将来の設備設計や統一的なプロセスの比較を論ずる上で重要になることは言うまでもないが、現状レベルは満足できるまでにいたっておらず、今後更に、精度の高い検討が望まれる。

3.2 実操業上の諸改善

3.2.1 炉底ないしは羽口寿命の延長

これは實際上、最も重要な課題であり、複合吹錬の開発頭初から各種の検討がなされてきた。最も基本的には羽口近傍のガスジェットの挙動³⁶⁾から、バックアタック(後退現象)や羽口周辺の溶損との関係が研究された^{37)~39)}。また Q-BOP での底吹き羽口の延長としての二重羽口管での伝熱解析⁴⁰⁾⁴¹⁾、冷却ガスの選択¹⁷⁾⁴²⁾⁴³⁾、マッシュルームの調査^{44)~46)}といった基礎的検討と、一方で

は耐火物の材質、構築法の改善、スラグコーティングの実施、あるいは各種の羽口交換方法の試みなど、多くの対策が実施された。

現在では羽口部の平均溶損速度は、1650°C 以下の低温出鋼材対象で 0.5 mm/ch であり、1700°C 前後の高温出鋼材の場合は約 1 mm/ch 前後になった。そして一炉代での複合吹錬適用比率もほぼ 100% に達しつつあると見られる。しかし現実にはまだ満足できる状態ではなく、今後とも検討、改善を図っていかなければならない。

3.2.2 同一炉多鋼種精錬技術

マスプロ設備としての転炉は、必然的に多鋼種処理を前提としており、複合吹錬の導入によつてもその前提は変わらない。したがって例えば低炭素鋼と中高炭素鋼が同一炉で吹き分けができなければならないことも生ずる。この際問題になるのは、中高炭素鋼の脱リンである。この場合には従来の転炉の場合と同様に、スラグ-メタル間での非平衡状態を助長して、スラグ中の酸素ポテンシャルを上げてやらなければ脱リンが進まない。逆に低炭素鋼では底吹き攪拌による滓化促進や、スラグの温度低下でスラグ中の酸素ポテンシャルの低下によるマイナスを補つて、なお脱リンが進行している。よつてこれらの二鋼種間の吹き分けは複合吹錬の中で、前者に対しては底吹きガス量を極力小さくして上吹き転炉に近づけてやるが必要になつてくる。このためにも大幅なガス流量のコントロールができる羽口の開発が必要である⁴⁷⁾⁴⁸⁾。更に、底吹きガス量と上吹きランスアクションを吹錬の過程で適切に変えるパターン吹錬法の開発も行われている⁴⁹⁾。同様に LBE のように、後吹き法で成分調整する技術も、ポーラス羽口の特性を生かした方法として注目される⁵⁰⁾。

他方、スラグ-メタル間反応の改善として、粉石灰の底吹きでの脱リン機構が底吹き転炉の反応解析から議論され⁵¹⁾、粉石灰の利用が最近注目されている。その一例として、複合吹錬の上吹きランスから粉石灰を火点に添加して、かつての LD-AC 法での長所を導入し、滓化が安定して進行することで、中高炭素鋼の脱リン反応が促進されることが明らかにされた^{52)~55)}。このような新技術の開発は、複合吹錬法の自由度を多に利用することで多様に展開されるものと期待される。

3.2.3 炉内二次燃焼の促進

単なる複合吹錬法では、同一条件で上吹き転炉法に比べてスクラップ比が 1~3% 低下する。これはスラグへの鉄分の酸化移行が少なく、それに比例して酸化反応熱が少なくなるためであり、鉄ロスの観点からは長所であるが、熱バランスの面からは複合吹錬法の弱点の一つになつている。しかし複合吹錬時の詳細な熱バランスの検討結果から、炉内での CO ガスの二次燃焼の現象が確認され²²⁾、それによつて発生する熱量の、溶鋼への伝

熱効率の高いことが明らかにされて⁵⁶⁾、逆に二次燃焼を積極的に利用しようとする考えも出されている。すでに実用化されているプロセスは、LBE 法に特殊上吹きランスを併用した方法であり⁵¹⁾⁴⁾²⁶⁾、この場合スクラップ比が 35~40% にも達するとされている。また底吹き転炉の炉肩部に二次燃焼用羽口をとりつけた KMS 法でも 40% 前後のスクラップ比になるまで、二次燃焼で昇熱できると言われている⁵⁷⁾。

このような欧米型のスクラップ多量溶解法も複合吹錬法の拡大されたものであり、特に複合吹錬の底吹き攪拌がスクラップの溶解速度や伝熱特性の向上に寄与していると考えられる。この方法は単にスクラップ比の増加技術にとどまらず、次で述べる溶銑予備処理と連携することにより、その機能は更に拡大して利用できる。

3.3 溶銑予備処理と複合吹錬

3.3.1 複合吹錬法の意義の変化

溶銑予備処理としては、脱珪処理と脱リン処理とがあり、それぞれ製鉄プロセスの合理化を目的としたものであるが、転炉精錬が従来の上吹きの場合と、複合吹錬法になつてからとでは各々の処理のもつ意義も変化せざるを得ないのは当然である。

すなわち、溶銑脱珪は転炉媒溶剤の減少、従つてスラグ量の低減を図つて、鉄分歩留りの向上で便益を生み出すプロセスとして開発された⁵⁸⁾。しかし、転炉が複合吹錬法になると、スラグ-メタル間の平衡接近が進み、スラグの酸素ポテンシャルが低下するため、脱リン反応は逆に阻害される。このため従来の転炉に対する溶銑脱珪の意義は低下してくる。一方脱リン銑の場合は、転炉における反応は脱炭のみであるから、本質的には造滓不要になる。この場合、火点で発生する鉄ヒュームは、スラグフィルター無しに炉外に出るため、鉄ロスが増加する。この例のように、上吹き転炉での脱リン溶銑の吹錬には種々の問題が伴うが、これらの諸問題は 3.2.2 や 3.2.3 で述べたように、底吹き攪拌の導入で上吹きランスの自由度が大きくなるという特徴を加味することで解決でき、更に新しい機能の付与により、精錬プロセスでの一段の飛躍を秘めた方式として、複合吹錬法を位置付けることができるようになる。すなわち、溶銑予備処理や複合吹錬のおのおの単独では得られない新しい機能をもつた、新しい吹錬法として、スラグレス-複合吹錬法が位置付けられ、今後の精錬プロセスの主流になることを

予想させる⁵⁹⁾。

3.3.2 スラグレス複合吹錬法

スラグレス精錬で予想される操業上および反応上の特徴について表 2 にまとめた。

この中でまず、スピitting現象の増加を防止するためには、3.1.2 で述べた方向で検討していく必要があるが、ヒュームの発生を抑制する方法については現在のところ、上吹きランスのソフトブロー化と、従来のスラグ量の 1/10 程度の少量のカバー slag を適用することで対処できそうである⁵⁹⁾⁶⁰⁾。そして更に、複合吹錬法の柔軟性を利用した有効な手段の開発が十分期待できる。

耐火レンガの問題は非常に重要であると考えられるが、現在までのところ公にされた研究結果は見あたらない。従来のようにスラグ層によるレンガの溶損はなくなるがスラグコーティングが適用できないことで、真にレンガの材質特性が問われるようになるし、火点から発生する高酸素ポテンシャルの飛散スラグに対する抵抗が要求される。現段階での基礎テストの情報からは、ドロマイトや MgO-C 系のレンガで問題はないと予想されているが今後早急に検討されなければならない問題である。

反応上の特徴としては、スラグが無いことによる脱炭酸素効率の向上⁶¹⁾、Mn や Cr の歩留り向上が期待でき⁶²⁾⁶³⁾、後者に関して言えば転炉内での原鉱石の溶融還元が可能になることで、これを応用して高マンガン鋼やステンレス鋼の製錬が研究されている⁶⁴⁾⁶⁵⁾。図 6 にはスラグレス精錬でのマンガン歩留りの例を示したが、低炭素域でさえ 70% 以上の歩留りが期待される。

一方造滓剤の添加がほとんど無いので終点での鋼浴水素[H]は図 7 に例示したように非常に低値となる⁶⁶⁾⁶⁷⁾。これによつて低水素鋼の製造もより安価になることが考えられる。また、脱炭酸素効率が図 8⁶¹⁾で示されるように、低炭素域まで 100% 近く保たれるため、酸素原単位の低下が期待できるとともに、従来スラグの滓化のばらつきで吹き込み酸素のスラグへの吸収のばらつきが生じ、終点制御が困難になつていた点は大幅に改善され、吹錬的中率の向上、操業度の向上が期待できるようになる。

このようにスラグレス精錬法の研究については、まだ緒についたばかりの状態であるが、上述したような複合吹錬法との結合によつて従来にない転炉機能の飛躍が期

表 2 スラグレス吹錬の特徴

| 区 分 | 特 徴 | 対策ないし応用 | 複合吹錬法の優位性 |
|-----|--|--|--------------------------|
| 操業上 | (1)スピittingの増加 (2)ヒューム、ダストの増加 (3)スラグコーティングによる耐火レンガが保護ができない | (1), (2) ①上吹きジェットの緩和 ②適正上下位置の設定 ③カバースラグの適用 | 上吹きジェットのソフトブロー化ができる |
| 反応上 | (1)脱炭酸素効率の向上 (2)易スラグ化元素 (Mn, Cr 等) の歩留り向上 (3)吹き止めの低 [H] 化 | (1)終点制御性の向上 (2)原鉱石の炉内添加による高合金鋼製造 (3)低 [H] 鋼の製造 | 溶融還元機能の利用拡大 取鋼精錬機能の付与 |

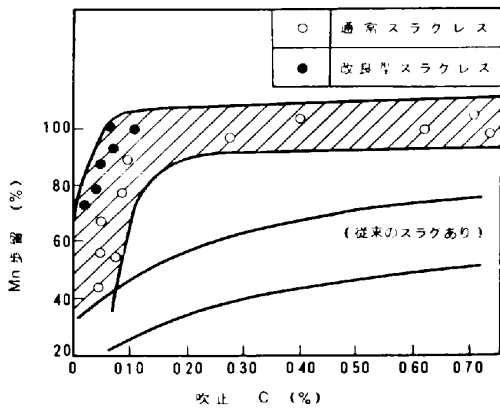


図 6 吹き止め [C] と Mn 歩留りの関係⁶²⁾

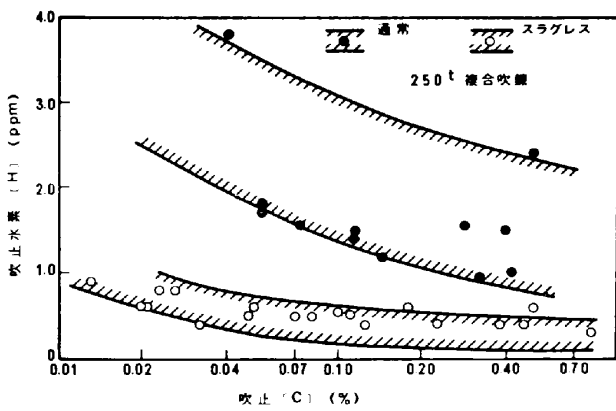


図 7 複合吹錬の通常およびスラグレス吹錬での吹き止め [C] と [H] の関係⁶⁶⁾

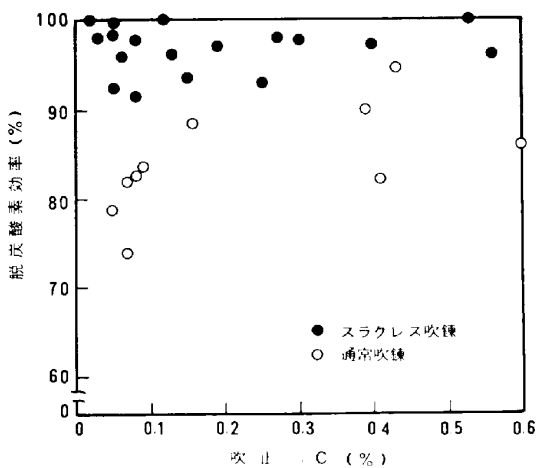


図 8 吹き止め [C] と酸素効率との関係⁶¹⁾

待され、今後の精錬法の本命になるものと期待できる。

4. 結 言

以上複合吹錬法の開発から今日までの展開を概説してみたが、この複合吹錬法が急速に実用化に至った主要な原因は、既設の上吹き転炉のわずかの設備改善で多くの

メリットが得られることが認められたからである。すなわち上吹き転炉の攪拌の少なさを、少量の底吹き攪拌ガスの導入によつて補うことにより、底吹き転炉法のメリットを取り入れることができたからである。

そして今後は、現在複合吹錬法がかかえている技術的、操業的問題も早晩解決され、周辺の技術の変化に対応した自由度の高いプロセスとして多大の貢献をすることが期待される。

また、この方法が更に溶銑予備処理との結合によつてその意義がいつそう拡大されることが展望された。すなわち、精錬プロセスの歴史的展望における複合吹錬の位置付けは、平炉から LD 転炉への転換の、大きな変革に比べては、小さい改善の一つのステップに該当すると考えられる。しかし複合吹錬の真価は、溶銑予備処理との結合によつて初めて、本当の意味で開花し、これにより、平炉から LD 転炉への変革に匹敵するものになり、もつて今後の精錬プロセスの主流として、スラグレス複合吹錬法が展望できるようになった。

文 献

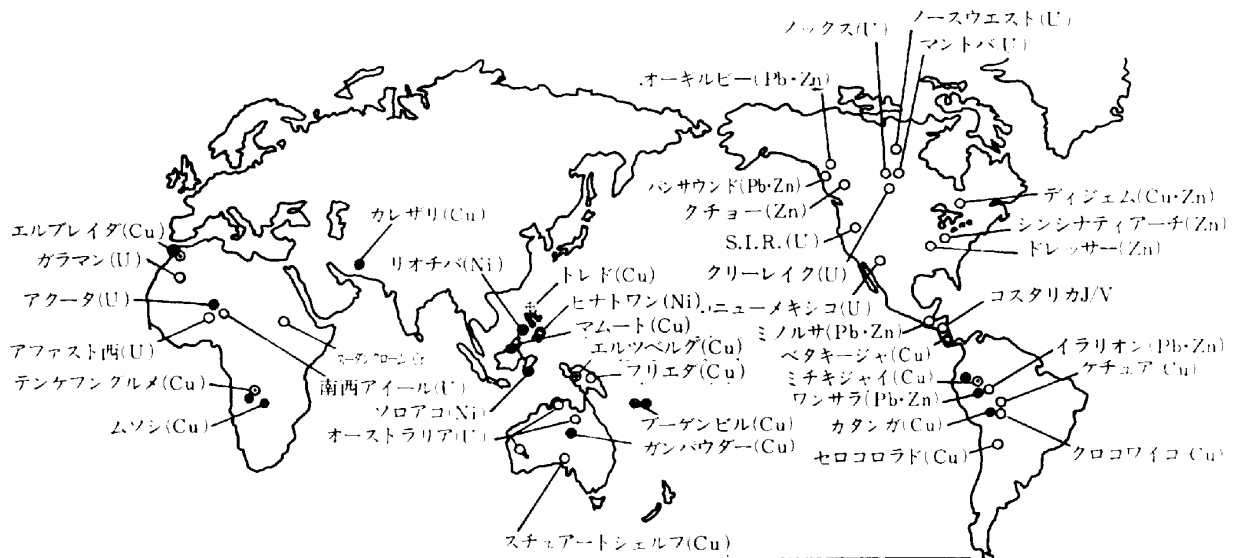
- 1) H. KOSMIDER, H. NEUHAUSEN, and H. SCHENCK: *Stahl. Eisen*, 19 (1957) 9, p. 1277
- 2) H. RELLERMEYER, H. KNÜPPEL, and J. SITTARD: 同上, p. 1296
- 3) 加藤 健, 今井純一, 藤原和彦: *鉄と鋼*, 49 (1963) 8, p. 1065
- 4) K. NAKANISHI, T. FUJII, and J. SZEKELY: *Ironmaking Steelmaking* (1975) 3, p. 193
- 5) 中西恭二, 加藤嘉英, 野崎 努, 江見俊彦: *鉄と鋼*, 66 (1980) 9, p. 1307
- 6) 日本における開発
多賀雅之, 増田誠一: *鉄と鋼*, 65 (1979) 11, S 675
平原弘章, 吉田克磨, 丸川雄浄, 山崎 勲, 姉崎正治, 広木伸好: 同上, S 676
平原弘章, 丸川雄浄, 山崎 勲, 姉崎正治, 戸崎泰之, 平田武行: 同上, S 677
甲斐 幹, 平居正純, 大河平和男, 飯田 宏, 田中新, 樋口満雄: *鉄と鋼*, 66 (1980) 4, S 233
甲斐 幹, 大河平和男, 佐藤宜雄, 越智昭彦, 松崎秀生, 石橋政衛: 同上, S 234
甲斐 幹, 中川 一, 平居正純, 村上昌三, 中島陸生, 荒木八郎: 同上, S 235
三枝 誠, 今井卓雄, 千野達吉, 塚本雅彰, 朝徳隆一, 木中良次: 同上, S 236
山田博石, 柴山卓真, 平山勝久, 大西正之, 大森尚, 飯田義治: 同上, S 237
鈴木健一郎, 岡野 忍, 松野淳一, 山田博石, 大西正之, 大森 尚: 同上, S 238
斎藤健志, 別所永康, 原田信男, 鈴木健一郎, 野崎 努, 中西恭二, 江見俊彦: 同上, S 239
喜多村実, 小山伸二, 伊東修三, 広瀬 勇, 松井秀雄, 三木克己: *鉄と鋼*, 66 (1980) 11, S 826
喜多村実, 副島利行, 伊東修三, 安井 勉, 松井秀雄, 林 務: 同上, S 827
喜多村実, 小山伸二, 川崎正誠, 伊東修三, 松井秀雄, 広瀬 勇: 同上, S 828
喜多村実, 小山伸二, 伊東修三, 松井秀雄, 大神

- 正彦, 西村哲臣: 同上, S 829
 喜多村実, 小山伸二, 伊東修三, 大神正彦, 宮下隆夫, 高田仁輔: 同上, S 830
 尾関昭矢, 長谷川輝之, 丹村洋一, 江種俊夫, 碓井務, 山田健三: 鉄と鋼, 67 (1981) 4, S 269
- 7) G. DENIER and H. GAYE: Rev. Metall., 75 (1978) 6, p. 415
 - 8) F. SCHLEIMER, R. HENRION, F. GOEDERT, G. DENIER, J.-C. GROSJEAN, and M. LEMAIRE: Sydney Gilchrist Thomas Centenary Celebrations, Teesside, May 1979
 - 9) R. BAKER, A. S. NORMANTON, G. D. SPENCELEY, and R. ATKINSON: 同上
 - 10) A. JOHANSSON: Converter Metallurgy Seminar (1980) 4, Sweden
 - 11) H. JACOBS, A. MALOT, F. ANSELIN, and M. DUTRIEUX: Stahl Eisen, 100 (1980) Sept. p. 1056
 - 12) 鉄鋼界報 (昭和 56 年 5 月 21 日付)
 - 13) G. BAULER, H. PIASECKI, R. LECIGNE, J. L. TURPIN, G. DENIER, and J.-C. GROSJEAN: Journées Sidérurgiques ATS, Paris, Dec. (1981)
 - 14) L. E. HAMBLY, K. W. HEYER, and C. A. REID: 65 th Steelmaking Conference Proceedings (1982) [AIME]
 - 15) 村上昌三: 日本金属学会会報, 20 (1981) 8, p. 725
 - 16) T. UEDA, M. TAGA, K. YOSHIDA, K. MARUKAWA, and S. ANEZAKI: Journées Sidérurgiques ATS, Paris, Dec. (1980)
 - 17) T. UEDA, M. TAGA, Y. TOZAKI, and T. HIRATA: 64 th Steelmaking Conference Proceedings (1981) [AIME]
 - 18) 森 一美, 佐野正道: 学振第 19 委-No. 10244 (昭和 55 年 5 月)
 - 19) 浅井滋生, 岡本徹夫, 赫 冀 成, 鞭 巖: 鉄と鋼, 68 (1982) 3, p. 426
 - 20) A. JOHANSSON: Converter Metallurgy Seminar (1980) 4, Sweden
 - 21) 斎藤健志, 中西恭二, 加藤嘉英, 野崎 努, 江見俊彦: 鉄と鋼, 68 (1982) 3, A41
 - 22) 村上昌三, 工藤和也, 甲谷知勝, 大河平和男, 平居正純, 甲斐 幹: 鉄と鋼, 68 (1982) 3, A37
 - 23) 大河平和男, 樋口満雄, 阿部和博, 平居正純, 甲斐 幹: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 864
 - 24) 谷沢清人, 村上昌三, 西野 清, 新地一樹, 本多京介, 青木裕幸: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 874
 - 25) F. SCHLEIMER, R. HENRION, F. GOEDERT, G. DENIER, J.-C. GROSJEAN, and M. LEMAIRE: Sydney Gilchrist Thomas Ceterary Celebrations, Teesside. May. 1979
 - 26) P. DAUBY and J. CLAES: 64 th. Steelmaking Conference Proceedings, Toronto, Mar.(1981), p. 151 [AIME]
 - 27) 丸川雄浄, 山崎 勲, 田島 守, 姉崎正治, 池宮洋行: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 877
 - 28) 喜多村実, 小山伸二, 伊藤修三, 大神正彦, 藤本英明: 鉄と鋼, 67 (1981) 4, S 270
 - 29) G. DENIER and H. GAYE: Rev. Métall., 75 (1978) 6, p. 415
 - 30) H. GAYE and J.-C. GROSJEAN: 65 th Steelma-king Conference Proceedings (1982) [AIME]
 - 31) 碓井 務, 山田健三, 宮下芳雄, 丹村洋一, 長谷川輝之: 学振第 19 委-No. (昭和56年 5 月)
 - 32) 永田和宏, 後藤和弘: 鉄と鋼, 67 (1981) 11, p. 1899
 - 33) 永田和宏, 中西恭二, 数土文夫, 後藤和弘: 鉄と鋼, 68 (1982) 2, p. 277
 - 34) 江見俊彦, 中西恭二, 斎藤健志, 加藤嘉英, 仲村秀夫, 鈴木健一郎: 学振第 19 委-No. 10303 (昭和55年 9 月)
 - 35) 大河平和男, 平居正純, 村上昌三, 甲斐 幹: 学振第 19 委-No. 10301 (昭和55年 9 月)
 - 36) 小沢泰久, 森 一美: 鉄と鋼, 68 (1982) 1, p. 90
 - 37) 池田隆果, 青木健郎, 多賀雅之, 増田誠一: 鉄と鋼, 65 (1979) 8, A141
 - 38) 田中道夫, 鈴木健一郎, 松野淳一: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 198
 - 39) T.-C. HSIAO, G. TERNER, and P.-O. MELLBERG: 3rd Japan-Sweden Symposium on Metallurgy, Stockholm May. (1981)
 - 40) G. DENIER, J.-C. GROSJEAN, and H. ZANETTA: Ironmaking Steelmaking (1980) 3, p. 123
 - 41) 太田豊彦, 三枝 誠, 数土文夫, 野崎 努: 鉄と鋼, 67 (1981) 10, p. 1829
 - 42) G. DENIER, J. C. GROSJEAN, and J. KUHNAST: Rev. Métall., 77 (1980) 4, p. 299
 - 43) K. SCHEIDIG, R. GÜTHER and G. FRÖMER: Neue Hütte, 25 (1980) 2, p. 207
 - 44) 野崎 努, 中西恭二, 斎藤健志, 原田信男, 別所永康, 江見俊彦: 鉄と鋼, 66 (1980) 4, S 241
 - 45) 内村良治, 中西恭二, 矢治源平, 山田純夫, 数土文夫: 鉄と鋼, 67 (1981) 4, S 265
 - 46) 仲村秀夫, 斎藤健志, 野崎 努, 鈴木健一郎, 大沼啓明, 江見俊彦: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 873
 - 47) 喜多村実, 伊藤修三, 松井秀雄, 藤本英明, 小山伸二: 鉄と鋼, 68 (1982) 3, A33
 - 48) 田口喜代美, 半明正之, 白谷勇介, 長谷川輝之, 丹村洋一: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 200
 - 49) 喜多村実, 伊藤修三, 広瀬 勇, 藤本英明: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 878
 - 50) G. DENIER, J.-C. GROSJEAN, J. P. BARBOTIN, R. LECIGNE, F. SCHLEIMER, R. HENRION and F. GOEDERT: Rev. Métall., Mars.(1981), p. 213
 - 51) 拜田 治, 野崎 努, 江見俊彦: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 938
 - 52) 梅田洋一, 青木健郎, 松尾 亨, 増田誠一, 多賀雅之, 中島英雅: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 202
 - 53) 梨和 甫, 山口 進, 佐藤光信, 家田幸治, 石川稔, 大喜多義道: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 203
 - 54) 永井 潤, 大西正之, 橋 林三, 武 英雄, 藤山寿郎, 新良正典: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 204
 - 55) 田岡啓造, 塚本雅彰, 千野達吉, 今井卓雄, 久我正昭, 三枝 誠: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 205
 - 56) 片桐 望, 牧野武久, 成田貴一, 加藤恵子: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 868
 - 57) L. Von BOGDANDY, K. BROTZMANN, and E. FRITZ: Journées Sidérurgiques ATS, Paris. Dec. (1981)
 - 58) 伊藤幸良, 佐藤信吾, 河内雄二: 鉄と鋼, 67 (1981) 16, p. 2675

- 59) 植田嗣治, 丸川雄浄, 姉崎正治, 城田良康: 学振第 19 委-No. 10366 (昭和56年10月)
- 60) 永井 潤, 大森 尚, 山本 武美, 橋 林三, 藤山寿郎, 岡野 忍, 小沢三千晴: 鉄と鋼, 67 (1981) (1981)
- 61) 山本里見, 小久保一郎, 吉井正孝, 中村 泰, 梶岡博幸: 製鉄研究 (1979) 299, p. 52
- 62) 喜多村実, 伊藤修三, 松井秀雄, 木村雅保: 鉄と鋼, 67 (1981) 12, S 880
- 63) 岡村祥三, 中島英雅, 丸川雄浄, 姉崎正治: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 192
- 64) 多賀雅之, 姉崎正治, 中島英雅, 増田誠一: 鉄と鋼, 67 (1981) 4, S 272
- 65) 梅田洋一, 青木健郎, 松尾 亨, 増田誠一, 植田嗣治: 鉄と鋼, 68 (1982) 3, A 25
- 66) 丸川雄浄, 山崎 勲, 姉崎正治, 広木伸好, 高橋明, 山田和之: 発表予定
- 67) 喜多村実, 伊藤修三, 篠崎 薫, 木村雅保, 源間信行: 鉄と鋼, 68 (1982) 4, S 191

統 計

わが国企業による主要探鉱開発鉱山分布図 (1978年9月現在)



凡 例

- 探鉱継続中のプロジェクト
- ◐ 生産検討中の鉱山
- 生産中または生産準備中の鉱山
- ◻ 融資買鉱山

探鉱鉱山

| | |
|-----------|-----|
| 手かけたもの | 219 |
| 失敗したもの | 152 |
| 探鉱継続中のもの | 50 |
| 開発検討中のもの | 3 |
| 開発に移行したもの | 14 |

(出典: 鉱業便覧 55 年度版)