

- 7) 高崎義則, 中嶋睦生, 稲富俊隆, 宮本浩一, 山下浩介, 迫村良一: 鉄と鋼, **73** (1987), S162
- 8) 湯川 正, 村上義男, 下村健介, 中路慶紀, 原田俊哉, 平野真悟: 鉄と鋼, **69** (1983), S247
- 9) 礎平一郎, 城野 裕, 本多通保, 有馬慶治, 金本通隆, 上田裕二郎: 鉄と鋼, **69** (1983), S1012
- 10) 森 正晃, 小林 功, 吉田学史, 二瓶 清, 石井光嗣: 鉄と鋼, **72** (1986), S171
- 11) 大河平和男, 平居正純, 村上昌三, 甲斐 幹: 製鉄研究 (1984) 314, p. 97

Ⅲ. 川崎製鉄(株)の場合

千葉製鉄所 朝穂 隆一
 千葉製鉄所 大西 正之
 水島製鉄所 数土 文夫

1. はじめに

1977年1月, 千葉製鉄所第三製鋼工場において純酸素底吹き転炉(Q-BOP; Quick, Quiet, Quality, Quantity-BOP)が稼働して以来, 転炉内鋼浴の強攪拌が, 優れた冶金効果をもたらすことが認識された¹⁾²⁾. これを契機として, 上吹き転炉(LD転炉)に底吹きガス攪拌を付加した上底吹き転炉の開発が活発に行われるようになった. 川崎製鉄においても, Q-BOP稼働2年後の1979年から1981年の間に, 多量の酸素ガスと生石灰粉の底吹きが可能な強攪拌型上底吹き転炉(K-BOP; Kawatetsu-BOP)の開発と, 設備改造費の安価な小流量不活性ガス底吹き転炉(LD-KG; LD-Kawatetsu Gas Stirring)の開発を行い, 転炉精錬機能の強化に努めてきたので, その経緯を述べる.

2. 上底吹き転炉の導入

Q-BOP導入時, 川崎製鉄は千葉製鉄所の二つの工場

(2基+3基)と水島製鉄所の二つの工場(3基+3基)に合計11基のLD転炉を有していた. 各製鋼工場ごとに溶製鋼種が異なっているため, すべてのLD転炉をQ-BOP並みの強攪拌型転炉に改造するのは設備改造費を考えても得策ではないことが予想された. 一方Q-BOP導入時並行して建設した5t多目的試験転炉を用いて, 底吹き転炉と上底吹き転炉の鋼浴内攪拌および冶金反応の比較実験を行い³⁾, 底吹きガスを付加することによりスラグ-メタル間の非平衡状態が著しく改善され優れた冶金反応特性が得られることが判明した. その結果各製鋼工場の溶製鋼種を考慮に入れ, 千葉製鉄所150t LD転炉と水島製鉄所180t LD転炉をLD-KGに改造し, さらに千葉製鉄所85t LD転炉と水島製鉄所250t LD転炉をK-BOPに改造した.

転炉の攪拌力を中西⁴⁾らの提案した均一混合時間で評価した結果をFig. Ⅲ.1に示した. K-BOPはQ-BOPに匹敵するほどの強攪拌力を有する転炉であり, LD-KGはLD転炉の攪拌力を若干改善した転炉であることが分かる.

2.1 K-BOPへの改造

2.1.1 水島製鉄所第二製鋼工場の場合⁶⁾

川崎製鉄の主力工場の一つである水島製鉄所第二製鋼工場の溶製鋼種は, 薄板向低炭素アルミキルド鋼を主体とし高級電縫管用およびUOパイプ素材をはじめとする高級鋼を溶製していた. そのためRH脱ガス処理比率が高く, 転炉の平均出鋼温度は1650°Cを超えていた. Q-BOPの操業条件と比較すると平均出鋼温度が約50°C高く, 底吹き法を採用した場合羽口耐火物の寿命の低下が懸念された. しかしQ-BOPの成功を契機として水島製鉄所第二製鋼工場においてもLD転炉の特徴を有し, さらにQ-BOPの優れた特性を加えた汎用

Table Ⅲ. 1. Development of top and bottom blown converters at Kawasaki Steel Corporation.

Steelmaking shop		1977 (s52)	1978 (s53)	1979 (s54)	1980 (s55)	1981 (s56)	1982 (s57)	Steel grade
Chiba Works	No.1				85t LD×2	81/4 ←K-BOP→		Stainless steel Hot strip; High carbon steel
	No.2		150t LD×3		79/9 ←LD-KG→ (83/5 LD-KGC)			Heavy plate; High tensile strength steel Hot strip; Steel for high grade
	No.3	77/1 ←			230t Q-BOP×2			Hot strip; Low C, Al killed steel
Mizushima Works	No.1		180t LD×3		79/11 ←LD-KG→ (82/8 LD-KGC)			Steel for seamless pipe & bar Hot strip; High carbon steel Low-medium carbon steel
	No.2		250t LD×3		80/4 ←K-BOP→			Hot strip; Low C, Al killed steel Steel for high grade Heavy plate; Steel for UO pipe High tensile strength steel

K-BOP: Kawatetsu-BOP LD-KG: LD-Kawatetsu Gas Stirring LD-KGC: LD-Kawatetsu Gas Control

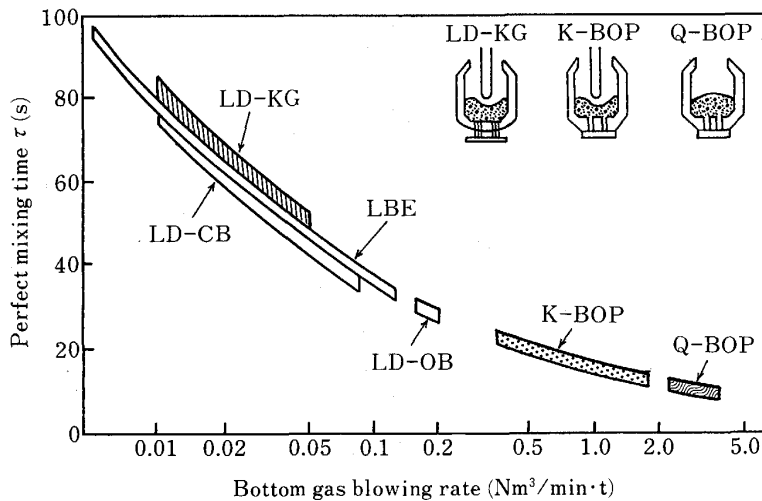


Fig. 3.1. Effect of bottom gas blowing rate on the mixing time of metal bath⁵⁾.

性に富んだ転炉を開発することが重要な課題となった。開発に向けての具体的な目標は、

- (1) 溶鋼の攪拌力を Q-BOP に近づける。
 - (2) 底吹きフラックス・インジェクションの優れた冶金効果を最大限に利用する。
 - (3) 上吹きランスの操作によるスラグコントロール機能を活用する。
 - (4) 高級鋼の大量生産に適する操業技術を確認する。
- であった。1980年4月、250t LD 転炉を K-BOP に改造し、実機による上底吹き転炉の操業実験を開始した。その操業結果は、

- (1) 攪拌力の増大により鋼浴およびスラグの過剰な酸化が抑制された。
- (2) 炉底からのフラックス・インジェクションによって脱りん反応が促進され、スロッピングも抑制された。
- (3) 上吹きランスのガス流量と底吹きガス流量を適切な値に設定することによりスラグの滓化制御が可能となった。

などであり、LD 転炉に比べ生石灰原単位を大幅に削減することができた。当初、底吹き羽口耐火物の寿命などの問題が発生したが耐火物の材質および操業技術の改善によって克服し、K-BOP を高生産性と経済性を有する優れた精錬プロセスとして確立した。

2.1.2 千葉製鉄所第一製鋼工場の場合⁷⁾

ステンレス鋼製造プロセスの合理化の一環として、阪神製造所と千葉製鉄所の両製鋼工場に分かれていたステンレス鋼の生産方式を、千葉製鉄所第一製鋼工場に集約することとなった。第一製鋼工場の溶製鋼種は、高炭素鋼および Cr 系ステンレス鋼以外に、集約により Ni 系ステンレス鋼の溶製が追加された。その結果上吹きのみ機能しか持たない LD 転炉に代わる新しいステンレス鋼用精錬炉への改造が必要となった。溶銑を用いて脱炭・脱りん精錬を行う普通鋼と希釈ガス脱炭+還元精錬を行うステンレス鋼を同一炉で精錬する特殊性を考慮す

ると、AOD への改造よりも、K-BOP への改造の方が優れていることが予測された。すなわち、

- (1) 上吹きランスを用いることにより高速精錬が可能となり、普通鋼精錬との兼用が可能である。
 - (2) プロパン、その他冷却ガスの使用により長時間精錬を行っても羽口の保護が強化できる。
 - (3) 普通鋼精錬時に不活性ガスを必要としない。
 - (4) 生石灰粉インジェクションが可能のため脱硫反応を促進することができる。
 - (5) ステンレス鋼精錬において、上吹きランスを用いた新しい精錬技術の開発が可能である。
- などであり、1981年4月、K-BOP によるステンレス鋼と普通鋼を同一炉で精錬する操業を開始し、所定の成果を得ることができた。さらに大量酸素吹き可能な K-BOP の特性を生かし、現在では Cr 鉱石の溶融還元を実施し転炉機能の拡大を果たしている。

2.2 LD-KG への改造

K-BOP 導入が決定した二つの工場に対して、千葉製鉄所第二製鋼工場と水島製鉄所第一製鋼工場は、LD 転炉による操業の限界からの脱皮を模索していた。溶製鋼種が高炭素鋼主体である両工場は、250t K-BOP ほどの強攪拌型の転炉を必要とせず、設備費の安い不活性ガス底吹き転炉への改造を検討していた。一方、時を同じくして川崎製鉄阪神製造所において高純度ステンレス鋼の溶製法を開発していた。この技術は VOD 内の鋼浴を強攪拌する技術 (SS-VOD⁸⁾) であり、ステンレス製の単孔ノズルを用いて 1700°C を超える高温溶鋼に大量の不活性ガスを長時間、かつ洩鋼の恐れがなく吹き込める技術として実績をあげていた。高温に長時間耐える LD 転炉用羽口の開発を望んでいた千葉と水島の転炉担当者はこの技術を直ちに採用し、1979年9月に千葉製鉄所第二製鋼工場⁹⁾、同年11月に水島製鉄所第一製鋼工場において LD-KG と名づけた複合転炉の実験を開始した。LD-KG への改造の決定は K-BOP より遅れて

はいたが、設備が簡便であったため実験開始は K-BOP よりも半年早くすることができた。その結果として社内の複合吹錬の先陣を切ることができ、当時の LD 転炉担当者の意気が大いに上がることとなり、その後の LD-KG の改良につながった。

3. 底吹きガス流量の拡大

180 t LD-KG の操業結果を解析すると、底吹きガス流量の最大値が $0.05 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ であったため高炭素鋼の精錬には底吹きガスの効果が認められたが、低中炭素鋼域の精錬の改善には底吹きガス流量が不足していた。底吹きガス流量の増量策として単孔ノズルの設置本数を増し、さらにガス供給圧力を従来の 10^6 Pa から $4 \times 10^6 \text{ Pa}$ 以上に増強しガス流量の増加を図った。その結果、底吹きガス流量を 0.01 から $0.20 \text{ Nm}^3/\text{min}\cdot\text{t}$ の広い範囲に制御可能な上底吹き転炉 (LD-KGC; LD-Kawatetsu Gas Control) を開発することができた。この LD-KGC の導入により、低額の投資で高炭素鋼から低炭素鋼までの広範囲の鋼種を、最も適した攪拌力で精錬することが可能となった。

4. 上底吹き転炉製鋼法の現状

上底吹き転炉製鋼法の発展と同時に、

- (1) 溶銑予備処理比率の拡大による脱りん銑を用いた高級鋼およびステンレス鋼の精錬の改善。
- (2) Mn 鉱石、Cr 鉱石の大量使用技術、さらにはスクラップ大量使用技術の開発。
- (3) 極低炭素鋼生産量の増加による溶製鋼種の変化。など操業条件が大きく変化している。この間、K-BOP による Cr 鉱石溶融還元法に代表される、さまざまな技術開発が行われ¹⁰⁾ Q-BOP, K-BOP, LD-KGC 各転炉共その特長を生かしながら現在の精錬プロセスの主流となって操業を継続している。

文 献

- 1) 太田豊彦, 三枝 誠, 永井 潤, 数土文夫, 中西恭二, 野崎 努, 内村良治: 川崎製鉄技報, **12** (1980), p. 209
- 2) 中西恭二, 三本木貢治: 鉄と鋼, **65** (1979), p. 138
- 3) 中西恭二, 斎藤健志, 野崎 努, 加藤嘉英, 鈴木健一郎, 江見俊彦: 川崎製鉄技報, **15** (1983), p. 100
- 4) 中西恭二, 加藤嘉英, 鈴木健一郎, 香月淳一: 鉄と鋼, **64** (1978), S169
- 5) 永井 潤, 山本武美, 山田博右, 武 英雄, 橘 林三, 大森 尚, 中西恭二, 飯田義治: 川崎製鉄技報, **14** (1982), p. 240
- 6) 永井 潤, 山本武美, 武 英雄, 大石 泉, 大森 尚, 飯田義治: 川崎製鉄技報, **15** (1983), p. 106
- 7) 大谷尚史, 柴田 勝, 朝穂隆一, 浜田俊二, 矢治源平, 加藤嘉英: 川崎製鉄技報, **15** (1983), p. 113
- 8) 森本正興, 垣内博之, 安斉繁男, 宮崎重紀, 岩岡昭二, 小口征男, 矢野修也, 牛込 進, 渡辺芳昭, 宮川信夫: 鉄と鋼, **66** (1980), S831
- 9) 三枝 誠, 今井卓雄, 千野達吉, 塚本雅彰, 朝穂隆一, 木中良次: 鉄と鋼, **66** (1980), S236

- 10) 岸本康夫, 加藤嘉英, 桜谷敏和, 藤井徹也, 山田純夫, 大宮 茂: 川崎製鉄技報, **21** (1989), p. 168

IV. (株)神戸製鋼所の場合

加古川製鉄所 斎藤 忠
加古川製鉄所(現:生産技術部) 藤本 英明
鉄鋼技術研究所 伊東 修三

1. はじめに

純酸素上吹き転炉法(LD転炉法)は、高い信頼性に裏付けされた優れた生産性と精錬機能を発揮し、世界的に飛躍的な発展を遂げてきた。

しかし、二重管羽口を用いた純酸素底吹き転炉法(Q-BOP法)¹⁾の出現を契機として、上吹き転炉炉内のスラグ-メタル間の攪拌不足に起因するスラグの過酸化や溶鋼成分、温度の不均一が見直され、1970年代後半から従来の上吹き転炉に底吹き転炉の優れた溶鋼攪拌特性を付加した上下吹き転炉法の開発と実用化が活発に進められてきた²⁾⁻⁵⁾。

2. 上下吹き転炉技術の開発経緯

神戸製鋼所においても、早くから底吹き転炉の優れた精錬特性に着目していたが、すでに需要と設備能力のバランスがとれている日本の鉄鋼業において、新たな底吹き転炉工場をつくることはできない状況にあった。

そこで神戸製鋼所も鉄鋼他社と同様に、既設の上吹き転炉を上下吹き転炉に改造する技術開発競争に着手した。ここで、上下吹き転炉法には大別して次の三つの形式が考えられた。

- ①不活性ガスの底吹き
- ②酸素と冷却用の炭化水素ガスの底吹き
- ③酸素、炭化水素ガスと粉末石灰などの副原料の底吹き

加古川製鉄所では、低炭素鋼主体の板用材の溶製比率が高く、底吹きの付加による転炉鋼浴内精錬特性の改善が期待されたため、①の不活性ガス底吹き技術は加古川製鉄所で開発する⁶⁾ことになったが、並行して②の酸素ガス底吹き技術は尼崎製鉄所の休止中の30 t転炉を利用して実験⁷⁾を始めることにした。

また神戸製鉄所では、中高炭素鋼主体の条用特殊鋼を溶製しており、転炉での脱りん負荷の低減が優先課題であったため、中央研究所(現:鉄鋼技術研究所)と共同で溶銑予備処理技術の開発を脇浜の実験炉で行うことにした⁸⁾。

上下吹き転炉の実炉テストにあたって、加古川製鉄所では(1)一つの製鋼工場で高稼働率の生産に対処しなければならないこと、および(2)厚板、薄板、線材と幅広い製品を生産している条件を考慮し、次の目標設定を行った。