

報 告

Basic Oxygen Steelmaking 会議報告

— A New Technology Emerges ? —

盛 利 貞*

「塩基性酸素製鋼法—新技術が出現するか?」と題する国際会議が、去る5月4、5の両日ロンドン市 Europa Hotel において英国金属学会主催のもとで開催された。

英国人 G. THOMAS が塩基性底吹転炉法を發明し大量製鋼法の技術革命を起こして丁度満100年に当る。第2次世界大戦後純酸素転炉法(以下 LD または BOP と略記)の出現によって製鋼法は新たな技術革新を迎えた。世界の粗鋼生産高が近年7億tを超えるに至った原動力は LD 転炉法に負うところが大きいであるが、1968年工業化に成功した西独 Maximilianshütte の OBM 法、ベルギーの CRM, フランスの Creusot Loire, Wendel-sidélor, Sprunck 3社の協同開発になる LWS 法、さらには米国 US スチール社の開発した Q-BOP (1971年)法は、いずれも純酸素底吹転炉法であるが近年とみに注目を集めている。トーマス転炉100年祭は英国として当を得ており、しかも最近世界各国が着目している純酸素底吹転炉法(以下 Q-BOP で総称する)を国営の英国鉄鋼業界に導入すべきかどうか? LD法が有利か? それとも Q-BOP 法か? この辺で各国の専門家を一堂に集めて論議することは、とりわけ英国にとつては時宜を得た企画であつた。筆者はこの国際会議に出席する機会を得たので会議の内容を報告する。

会議は基調講演を含めて全部で20件あり、出席者は約250名、会場は1つである。

まず転炉製鋼法発展の歴史的考察と題する Michaelis の基調講演があり、そののち4セッションに分けて各セッション毎に割当てた論文を15分ずつ続けて発表し、発表者は演壇上の椅子に座っている。1つのセッションの発表が終ると、それらの論文をまとめて約30分間質疑応答を行う。

最初のセッションは LD または LD-AC 法について4論文から成り、新工場の紹介(日本鋼管扇島の LD 転炉について坂本英一製鋼部長が講演)と既存工場(英国フランス、ルクセンブルグ)の操業報告であつた。紙面の都合で討論については省略する。

第Ⅱのセッションでは西独 Maximilianshütte の OBM† 米国 US スチールの Gary および Fairfield, さらに川

崎製鉄千葉の Q-BOP について2件の発表があり、従来の Q-BOP の特長すなわち利点を述べた論文で、4月のシカゴ市における第3回 IISC の論文をも含めて同一の図が多数に用いられていた。フランスの Creusot-Loire で LWS†† を選定したいきさつについてさらに2件の発表があつたが、この発表によると Sollac 工場で 240 t × 2 基の LWS が今秋から稼動する。OBM に関する発表は、OBM による世界の粗鋼生産量、Q-BOP と LD の吹錬末期のスラグの比較、出鋼時の C-O, C-N C-Mn および (S)/[S] の比較などで、従来発表されたデータのまとめである。Creusot-Loire は IRSID との協同研究で液体 CO₂ による羽口冷却法を検討し、H の低下を試みている。(低炭鋼浴の場合 H は LD より大になるため)

第Ⅲのセッションは LD と Q-BOP との比較について5論文が発表された。CRM の NILLES は脱炭速度、吹錬中炉口の CO₂%, 出鋼前 C-O 関係と P_{CO}=1atm の平衡曲線との比較、吹錬中のスラグ成分の変化とくに FeO の比較、同じく Mn, P, N, H の比較、脱りん速度、(S)/[S] と塩基度との関係など、主として文献の値を引用して LD と Q-BOP とを製錬上の立場から検討している。この比較のうちでとくに筆者が問題と感じたのは C-O 平衡曲線と、LD および Q-BOP の C-O の対応関係である。LD 吹錬においては Donawitz の大型転炉の例でも、また八幡の 5 t 試験転炉の例でも低炭鋼浴の範囲で過剰酸素はゼロか負になるというのが特長であつた。これが LD 鋼浴の場合過酸化にならない理由としても述べられていた。ところが NILLES の論文の Fig. 4 によると Q-BOP の実測点は US スチール Gary Works のデータを用い、いつぼう LD 吹錬の実測点としては CRM で NILLES らが emf 法で測定した値をプロットしているが、後者の C-O の積は P_{CO}=1atm の平衡値よりかなり大幅に過酸化の値を示していた。例えば C=0.04% で O≈0.1~0.11%, C=0.08% で O≈0.045% 程度である。しかも emf 測定であるから酸化物型の O を測定していないことを考慮すると Total O はさらに大となる。川崎製鉄千葉の Q-BOP と

† Oxygen Bottom Blowing Method

†† Creusot-Loire, Wendel-Sidélor, Sprunck の3社の頭文字、燃料油を羽口冷却に使用する OBM

* 京都大学教授 工博

LD との $C-O$ 値の比較図が IISC でもまたこの会議でも多くの講演者が引用していたが、千葉の LD 炉の出鋼時の $C-O$ 関係は低炭域 ($C < 0.05\%$) ではほぼ平衡値に等しいかむしろ平衡値よりやや低めである。Q-BOP の場合は LD よりさらに O 値が低下し、例えば $C = 0.03 \sim 0.04\%$ で $O \approx 0.04 \sim 0.05\%$ である。千葉の結果とほぼ同様の図が FRECH の発表した Gary Works の LD と Q-BOP との比較図 (Fig. 9) にも示されており、各国の LD と Q-BOP との $C-O$ の比較は大体同様の傾向にあると考えられる。東北大学不破教授が NILLES から個人的に得た言によると emf 測定において O 値が高く出た一連の値を用いたとのことであるから、この辺に多少問題があるように思われた。論文の具体的な内容を少しく列挙すると、1) キャッチカーボンは LD が容易、2) 極低炭素鋼の吹錬は Q-BOP が有利、3) Q-BOP では $C = 0.01 \sim 0.02\%$ の溶鋼で $C \cdot a_0$ の積がしばしば $(3 \sim 7) \times 10^{-4}\%$ 程度になる、4) 脱りん、脱硫のためのスラグの酸化度の調整は LD が有利、ただしスラグ中 FeO は LD が大、5) Mn は Q-BOP の方が大、6) 脱りんは両者同程度、ただし Q-BOP の脱りん挙動は LD の soft blowing に似て吹錬初期の CaO 吹込みによつて脱りんされる。Q-BOP の方が脱りん平衡値に近い。7) 吹錬末期に CaO 吹込みするとスラグの FeO が低いに拘わらず LD と同程度の P 値にまで低下する。8) 脱硫は Q-BOP の方が気化脱硫率が大、 $(S)/[S]$ は塩基度が同一なら Q-BOP が優れている。 $C > 0.2\%$ では S は LD の方が高いが、 $C < 0.2\%$ の場合は同程度で差は認められない。9) N は両者同程度、ただし N を含む羽口冷却ガスを用いると Q-BOP の方が大となる。10) H は Q-BOP が $1 \sim 2cc/100g$ 高いので Ar で $1 \sim 2min$ 吹くと LD とほぼ同程度になる。11) 両法とも慎重な操業を行えば、高品質の鋼を吹錬できる。しかしそれぞれ特色があるから製品の種類によつていずれを用いるべきかを決めればよいと結論している。

つぎに FRECH は US スチール Gary Works の LD と Q-BOP との操業成績を比較して Q-BOP の優位性を述べているが、その内容は他の論文と重複しているので省略する。この論文で注目すべき内容は、1) Al 脱酸鋼の的中率が良いこと、2) ライニングの寿命が次第に伸びて LD と同程度 (1700 回) になったこと、3) Q-BOP では Si 含有量の低い (0.015% 以下) Special Killed Fender Steel の的中率が非常に高い (94.5%) ことなどである。

YOUNGER は LD と Q-BOP の設備費の比較を行い、LD のそれを 100 とした場合に Q-BOP は新設なら、92.2、平炉の更新なら 77.8~89.7 になると述べた。

PEARCE は転炉排ガスの冷却法、洗滌法その他の設備について経済性を比較し、未燃焼ガス回収法の Q-BOP について発表した。この講演内容は予講集になく、受

付けで訊ねたところ、もう別刷プリントが出払つたから Proceedings が出版されたときに買つてほしいとの返事であつた。日本鉄鋼協会ならこのような呑気なことは言つておれないと思うが、英国金属学会は実に悠長である。

PARISH は LD と Q-BOP とをあらゆる角度から総合的に比較して、投資対象として Q-BOP に期待している。この論文の Fig. 4 には炉底羽口附近の冷却ガスの分解の様子を模式的に示してあり、筆者には種々参考になつた。

さてセッション II および III を通じて、論議の中心となるのは LD と Q-BOP との比較すなわち優位性であるが、一番問題になるのが鋼塊歩留であろう。Gary Works の LD と Q-BOP との歩留の差が 1975~1977 年を通じて平均 1.7% 後者が優れているとなつている。この値は少々大き過ぎるのではないか。その原因は溶銑中 Si 含有量が Gary Works の場合 1.2~1.4 で、わが国の製鋼用銑に比較して非常に高い。したがつてスラグは恐らく 14~15% 生成するだろう。これはわが国の場合ならスラグ量は 3% 程度減少する。そうすると高炉用燃料比も低下するし製鋼歩留も向上し、LD と Q-BOP の操業経費も低下すると思うがどうかという内容の新日鉄田桐浩一氏の討論がもつとも射を射ており、印象に残つた。ただしその討論の仕方が相手の弱点を突くような言葉でなく、実にソフトに述べられたのには感心した。川崎製鉄からの発表がなかつたのは惜しまれるが、司会者が進んで田桐氏に意見を求める程の配慮振り、わが国の LD 製鋼技術には一目おいていることが窺われた。

セッション III の終りに司会者の CAVAGHAN は「LD も Q-BOP も十分な資料が出揃つたと思う。どの方法を採用するかは経営者の決断であろう。」と締めくくつた。

セッション IV は第 2 日目の午前中に行われたが、耐火物に関する 6 論文が発表された。転炉の耐火材料をテーマにすれば新日鉄君津のライニング寿命 10000 回以上という報告を省くわけには行かない。これに関しては有賀昭三製鋼部長が講演された。その他 5 件の発表はいずれも耐火物の専門家の講演で、原材料、煉瓦の種類、製造方法などに関する内容であつた。目星しい項目を 1, 2 紹介すると OBERBACH は転炉の出鋼口に sliding gate を取付けて試験中ということ述べ、SAVIOLI が清浄鋼製造の目的でカルシア耐火物の製造が今後の課題の一つだと述べたことであろう。司会の MACKENZIE は「炉の gunning 技術は近年いちじるしく発達したが、煉瓦と吹付耐火物の全消費量は依然として高い水準にあるのが問題だ。」と述べていたが、Q-BOP の経済性もこの辺に留意しなければならないのではなからうか。

さての会議で Q-BOP 法について比較的明確に認定できた事項を列挙しておく。

1. 転炉の製錬反応のメカニズムとして LD 法がスラグ-メタルのエマルジョンの状態および火点における反

応であるのに対して、Q-BOP ではメタル-酸素ガス反応で、吹込 CaO が有効に脱りん、脱硫反応に寄与する。また鋼浴の攪拌は後者が大でかつ均一であり、したがって Q-BOP の方が反応は常に平衡により近い形で進行する。

2. Q は Q-BOP の方が低炭域で低い。Mn は吹錬全期を通じて Q-BOP が高い。スラグ中 FeO は Q-BOP が低い、粒鉄は多い。

3. 建設費は Q-BOP の方が多少安価である。

4. 未燃焼ガス回収法は LD と同様に処理できるが、

冷却ガスを用いるからガス回収量は LD より大である。

以上あまりまとまりの良くない報告で申し訳ないが、これは筆者が 2, 3 の出席者に意見を求め、あくまで個人的印象でまとめたものであることを附記する。

なお、会議の Proceedings は追って英国金属学会より刊行されるが、Preprints は日本鉄鋼協会鉄鋼技術情報センターに収録されている。

文 献

- 1) 武田喜三: 学位論文「純酸素転炉法の研究」(1961年8月) p. 111