

## ▶ ガス還元炉について—国際会議「予備還元生産物と欧州」の話題 ◀

名古屋工業大学助教授 林 昭二

昨年1996年9月23、24日にイタリアのミラノで表記の国際会議<sup>1)</sup>が同国金属協会(AIM)主催で開催された。製鉄分野においては近年鉄鋼備蓄量の増大による鉄スクラップ(屑鉄)を主原料とした電気炉製鋼の比率(1995年、全粗鋼に対して約30%、図1参照<sup>2)</sup>)が益々増加の傾向にある。このような状況において、屑鉄代替のPureな鉄源(これを予備還元生産物と称している)の需要が増す中で、鉄源生産技術、電炉利用技術、これらを取り巻く環境と将来展望に関しての討議の場が、欧州において電炉業が盛んなイタリアの地で開かれることになったと推察される。

屑鉄中には銅や錫等の有害なTramp elementが含まれているが、これらの害を低減するために、現状ではPureな鉄源(溶鉄、型鉄、還元鉄、炭化鉄等)にて一部を希釈する方策がとられている。また、屑鉄そのものが不足の場合もある。高炉に隣接した電炉工場は溶鉄を利用できるが、それ以外では現状で天然ガスが安価な中南米、東南アジア、中東等が還元鉄の主たる製造地域となっており、消費地への輸送が必要となる。

図1に示すように製鉄プロセスは高級鋼の高炉—転炉方式、低中級鋼の電炉が一般的な枠組みであるが、電炉業界も薄スラブ連铸機を導入するなど高級鋼化を目指しており、屑鉄のリサイクル業務を今後どのようなプロセスが担っていくのかも含め、製鉄分野における各種の競合、開発が激化していく趨勢である。環境、エネルギー、コストなどの問題を解決していく中で、各国、各工場の立地、事情に応じた鉄源確保、製品品質、電炉技術の向上等を目指していくものと考えられる。

著者もこの会議に出席したが、本稿では電炉の装入物である予備還元生産物として期待される還元鉄、炭化鉄を製造するためのガス還元炉の周辺に焦点を当て、会議での発表状況には捕われず最近の製造方式や開発動向を述べることにする。

還元鉄は一般的に鉄鉱石と還元剤(通常 $H_2$ と $CO$ の混合ガスや炭剤)とを高温にて接触させ化学反応によって製造する。還元ガスは天然ガスや石炭等から改質して作る。

還元鉄製造法は1)～4)に示す原料、還元剤、還元ガス製造、排ガス処理、反応形態等をローカル条件に合わせた形で構成され、これまで多くの方式が出現したが、稼働中や開発中の主要なプロセスは表1にみることができる<sup>3)</sup>。

- 1) 原料面：鉄鉱石(粉、塊)、塊成ペレット等、
- 2) 還元剤、エネルギー：天然ガス、石炭等、
- 3) 還元ガス製造、排ガス処理：水蒸気、炭酸ガス、部分酸化によるガス改質、触媒被毒対策等、
- 4) 反応形態：移動層(シャフト炉)、固定層、流動層、回転炉、回転炉床、

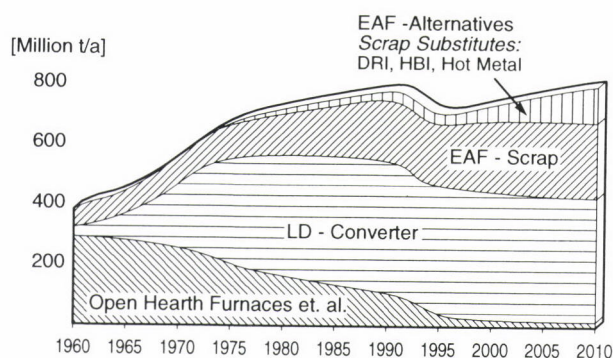


図1 プロセス別世界の粗鋼生産量

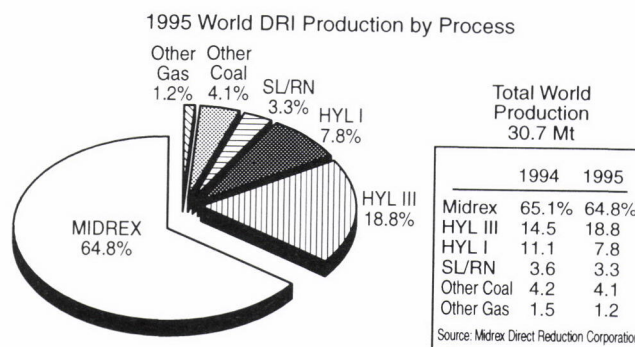


図2 プロセス別世界の直接還元鉄生産量(1995年)

表1 主要な直接還元鉄製造プロセス

| プロセス                 | MIDREX  | HyL III                     | FIOR                        | SL/RN   | Iron Carbide         | FASTMET |
|----------------------|---------|-----------------------------|-----------------------------|---------|----------------------|---------|
| 現 況                  | 実用化     | 実用化                         | 実用化                         | 実用化     | 94年操業開始              | 95年操業開始 |
| 還元炉のタイプ              | シャフト炉   | シャフト炉                       | 流動床                         | ロータリキルン | 流動床                  | 回転炉床炉   |
| 原 料                  | ペレット塊鉱石 | ペレット塊鉱石                     | 粉鉱石                         | ペレット塊鉱石 | 粉鉱石                  | 粉鉱石     |
| 燃 料                  | 天然ガス    | 天然ガス                        | 天然ガス                        | 石炭      | 天然ガス                 | 石炭/LPG  |
| ユーティリティー             | —       | 蒸気                          | 蒸気                          | 蒸気      | 蒸気                   | —       |
| 付帯設備                 | 改質炉     | 改質炉<br>CO <sub>2</sub> 除去装置 | 改質炉<br>CO <sub>2</sub> 除去装置 | —       | 改質炉                  | —       |
| 設備能力<br>(1,000Mt/年)  | 1,000   | 1,000                       | 400                         | 200     | 320                  | 450     |
| エネルギー消費量<br>(Gcal/t) | 2.5     | 2.7                         | 4.0                         | 4.5     | 3.0                  | 3.0     |
| 製 品                  | DRI/HBI | DRI                         | HBI                         | DRI     | Fe <sub>3</sub> C粉   | DRI/HBI |
| 金属化率 (%)             | >92     | >92                         | >92                         | >92     | Fe <sub>3</sub> C>90 | >92     |
| 炭素含有率 (%)            | 1~2     | 1~2                         | 0.5                         | 0.3     | <6.0                 | <2.0    |

出所：永井『鉄鋼界』1994年11月号、P.23

現在では全世界で3千万トン強／年の還元鉄（DRI）生産量があり、エネルギー使用量の少ないMidrex法、HyLIII法が主流であり両者ともシャフト炉方式で合わせて84%を占めている。（図2）<sup>4)</sup> 流動層炉はFior法、Finmet法、Circored法、Circofer法（石炭使用）に代表され、安価な粉鉱石が利用できるため今後増加の方向であり、回転炉に代表されるSL/RN法、回転炉床に代表されるFastmet法は共に石炭を使用、後者は今後の発展が期待できる。

製造されたDRIは活性であるためHBI化（熱間塊成化）することが望まれる。HBIは高密度、高熱伝導度であるので、電炉使用に対する信頼性が高く今後使用量が増加傾向にある。

また、米国ミニミル大手Nucor社による炭素を6%程含有する炭化鉄（Fe<sub>3</sub>C組成）製造（Iron Carbide法）も実用化にあり、今後注目に値する。炭化鉄は還元鉄と異なり、耐候性が良く安全輸送でき、含有炭素が熱源として働き、溶鋼に吹き込むとともに脱窒素が相当期待できる。窒素濃度のレベルは転炉鋼に近く、薄板（高級鋼）の製造も可能となる。なお、著者らは最近別の炭化鉄合成法を示した<sup>5)</sup>。

他に、高炉よりも資源対応力のあるCorex法、DIOS法等の溶融還元法によって製造される溶鉄も電炉用鉄源としても活用でき、今後の進展が注目されることである。

結局、資源や操業柔軟性を持ち、高反応効率、エネルギー原単位そして固定費の少ない経済性のあるプロセスが将来的には発展していくことになると思う。

#### 参考資料：

- 1) AIM：Proc. of Int. Conf., "Pre Reduced Products and Europe", Milan, Italy, 23-24 Sep. 1996,
- 2) W.Bohrn et al.：ibid., p.246
- 3) 竹内美継：鉄鋼界，1995年2月号，p.2
- 4) Direct from Midrex：1st Quarter 1996, Supplement
- 5) S. Hayashi et al.：ISIJ Int., 37(1997)No.1, p.16

(1997年3月18日受付)