

2021/8/2

産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会  
エネルギー構造転換分野ワーキンググループ 御中

京都大学 柏谷悦章

## 「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトの研究開発・ 社会実装の方向性（案）に対する意見

### 〈全般〉

全般的によくまとまっており、「製鉄プロセスにおける水素活用」という問題に対して要を得た計画となっていると考える。必然的に細かな問題に対する私見となることをお許し願いたい。また、製鉄プロセスにおいて順調に水素が利用できるようになれば、すぐに水素供給不足になるものと思われるが、その点については他の WG に譲りたい。

### 〈製鉄プロセスの改革に対する国費の投入について〉

現在、製鉄分野において中国の進展が目覚ましく、約 10.6 億トン(2020 年)で世界の約 50% の粗鋼を生産している。これに対して日本は、0.8 億トン(2020 年)である。これに伴って中国の CO<sub>2</sub> 排出量は、世界 1 位となっている。したがって、中国としては国を挙げて CO<sub>2</sub> 排出削減に取り組まなければならない状況である、今後さらに各国からの圧力は強くなると考えられる。そういう状況下でまず、鉄鋼分野での CO<sub>2</sub> 削減は最も効果のある分野で、特に「水素製鉄」は、CO<sub>2</sub> 削減に貢献するものと考えられる。中国としては、巨額の資金を投入して「水素製鉄プロセス」の実現に力を入れるものと思われる。これに対して日本が民間ベースで「水素製鉄」の開発をしたとしても、全く歯が立たないのは火を見るより明らかである。

#### (1) 新しい製鉄プロセスを開発する場合の日本の弱点

\*日本の現在の製鉄産業は、世界でも最も高効率で稼働し、世界でも最もクリーンな鉄を生産している産業であり、さらに、最も高品質の鉄鋼材料を世界に供給している。このことが CO<sub>2</sub> 削減において、大きな弱点になると考えられる。つまりこのようなすばらしいプロセスを捨てて新たなプロセスを開発するというのは、経営者としても技術者としても一番やりたくないことであるからである。

\*日本は、環境規制、安全に関する法規・法律など中国に比べて厳しく法律上の様々な問題をクリアしながら新しいプロセスを開発しなければならない。

\*また、新しいプロセスを開発する上で、税金を使って研究、開発する以上、失敗は許されないという暗黙のルールがあり、おおきなプレッシャーとなっている。必然的に挑戦的な研究や試験が出来難い環境にある。それに対して中国はとにかく何でもやってみよう、新しいものだったらどんどん試そうという雰囲気があり、革新的なプロセスが出てくる素地が十分ある。

\*したがって、民間ベースに任せると、失敗を恐れ、思い切った計画が出来ず、石橋を叩いて渡るような計画にとどまる可能性大きいと考える。

## (2) プロジェクト研究の方向性について

\*明治の官営八幡製鐵所によって日本の近代製鐵が始まったように、今、CO<sub>2</sub>削減問題においては、同じように製鐵の大変革期であると考えべきである。これに対処するにはまず国主導で、「水素製鐵株式会社」を設立し、それが軌道に乗った段階で民会に払い下げる方式をとるべきであると考ええる。この会社は、現在の鉄鋼プロセスの上行程にあたる製鐵部門に置くべきである。この会社で(a)course50の成果を利用して、現在の高炉に水素の割合を増やして行く既存プロセス改良型と、(b)100%水素利用による完全水素製鐵プロセスの二本立てとすべきである。(a)のプロセスはすぐにも対応可能であり、徐々にその容量を増やして行ける。しかし、水素の供給に関しては、コークス炉からの水素製造には限界があるので、水電気分解、原子力エネルギーおよび持続可能エネルギー（太陽光発電、風力発電など）を利用した水素製造を念頭においたものにすべきであり、これは(b)に対しても同様である。

\*水素製鐵で出来た鉄は、もともとカーボンが無く、同時に不純物のほとんど無い鉄となる[1]。これを、既存の製鐵プロセスに供給する仕組みを作り、徐々に炭素を使う高炉-転炉法から、水素製鐵に移行させるべきと考えられる。これが2050年を目標に十分達成出来ると考える。

\*「製鐵プロセスにおける水素活用」という題目は、暗に既存のプロセスを大事にし、そこに水素を使う、という意味が籠っているものと思われる。したがって、「製鐵プロセスにおける水素活用と水素製鐵の開発」と積極的な意味を加えた方がより前向きに製鐵への水素利用が図れるのではないかとも思われる。

## 参考文献

[1] 「グリーンエネルギーの製造と製鐵への有効利用」、日本鉄鋼協会、環境・エネルギー・社会工学部会、グリーンエネルギー製鐵研究会、2012

## <候補となる革新技术について>

(1) カーボンニュートラル実現に向けた候補となる革新技术の項目において、

(a) 高炉法 (COURSE50 技術、カーボンリサイクル技術)

(b) 直接還元法 (水素直接還元技術)

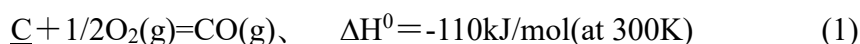
として挙げられている。基本的にも賛成であるが、(b)の直接還元法では、特にMIDREXを中心に大きな期待が寄せられているので、その問題点を挙げておく。

i) 直接還元法では、還元炉から溶解炉までの間にタイムラグがあるため、還元鉄の温度を一端下げることが多く、熱エネルギーの損失が大きい。最近では、電気炉直接投入なども研究されており、その方向が重要である。

ii) また、還元鉄のスティッキングの問題が昔から重要な研究課題であり、それ

を防止するため炭材の混入が避けられないのが現状と考える。CO<sub>2</sub>削減においてはマイナスとなるので、バイオマスの利用などの工夫が必要であるが、コスト高は否めない。水素の割合が増えるとスティッキングの問題はさらにシビアになり、シャフト炉型の還元炉においては大きな弱点となる。

- iii) これらの問題を解決するのは、考え方を大きく転換して酸水素ガスバーナーの利用による鉄鉱石の直接還元・溶解システムを研究すべきである。近年酸水素ガスバーナーの研究は大きく進んでおり製鉄に必要な最適なものは比較的簡単に開発できると思われる。
  - iv) 還元鉄の溶解は、スクラップ溶解にもそのまま利用できるもので、電気炉の重要性は今後ますます増加するものと思われる。ただ、発電における化石燃料の割合が多いと意味が無いので、太陽光発電の電気炉への直接利用を進めるべきである。
  - v) 加えて電気炉の熱源として水素利用を進めることにより、さらに製鉄プロセスにおける CO<sub>2</sub> 削減は進むものと考えられる。酸水素バーナーによるスクラップ溶解になると、現在の転炉を利用したスクラップ溶解の水素版という見方も出来る。
- a) 現システムでは、溶鋼表面に O<sub>2</sub> を吹き付け、脱炭と同時に溶鋼温度を上げるものであり、反応(1)を利用している。



ところが、ポストコンバッション反応は、



となり、生成した CO ガスを完全燃焼させた方が、2 倍以上の熱量が得られるにもかかわらず、その熱をほとんど利用できない状態である。これまでも多くのポストコンバッションに関する研究があるがその利用率は約 30%に留まっている (1992 年、近年詳しいデータは出ていない)。

- b) 一方、酸水素燃焼は、反応(3)で表される。



反応(1)の約 2 倍以上の発熱量があり、O<sub>2</sub> ランス、H<sub>2</sub> ランスの最適構造の研究によって、着熱率を上げ、将来的に十分利用可能であると考えられる。

## (2) アンモニアの利用について

アンモニアの製鉄への利用は現行高炉、また MIDREX などの直接還元炉で利用可能であると考えられる。アンモニアは、水素密度が高く、水素の輸送・貯蔵に利点がある。現行高炉にはこれまで行われていたメタンの吹込み同様にすぐにでも使える技術かと思われるが、直接還元炉に対しては、上述のスティッキングの問題も出てくるものと思われる。

以上