

マイクロ波加熱技術による 次世代製鉄プロセスの可能性について

大野 光一郎 (おおの こういちろう) 九州大学大学院工学研究院 材料工学部門冶金物理化学講座 教授

要約 2050年のカーボンニュートラル達成に向け、鉄鋼業の二酸化炭素排出削減が重要課題となっている。日本の鉄鋼業は石炭を主燃料とする高炉法を採用しており、多量のCO₂排出が問題視されている。また、資源競争の激化により、粉状鉄鉱石の直接利用技術が求められている。本研究では、還元材として廃プラスチックを利用し、マイクロ波加熱技術を活用した新たな製鉄プロセスを提案。マイクロ波は加熱対象物の内部を高速・効率的に加熱できる特性を持ち、廃プラスチックの熱分解と酸化鉄還元のタイムラグを解消可能である。実験では、ポリエチレン、おがくず、RDFを還元材として利用し、鉄鉱石と混合した試料をマイクロ波加熱。数分で金属鉄とともにH₂およびCOガスが生成され、固定炭素の追加で還元効率が向上することが確認された。この技術は、廃プラスチックのケミカルリサイクルとCO₂排出削減を両立する可能性を持つ。

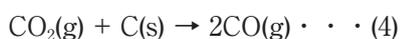
1. はじめに

2050年二酸化炭素排出量ネットゼロ化に向け、あらゆる分野が総力を上げて脱炭素化・カーボンニュートラル化に取り組んでいる。日本国内の部門別二酸化炭素排出量を振り返ると、産業部門から35.1%が排出され、その内の40%が鉄鋼業起因¹⁾とされている。すなわち鉄鋼産業²⁾は日本国全体14%もの二酸化炭素排出量を占めており、本領域における脱炭素化は喫緊の課題といえる。

鉄鋼製造が膨大な二酸化炭素排出を伴う主要因は、製鉄の原燃料として化石燃料である石炭を主に利用している点にある。我が国の主要製鉄プロセス「高炉法」では、石炭を蒸し焼きにして製造したコークスを鉄鉱石と共に高炉に装入し、コークス中の炭素によって鉄鉱石中の酸化鉄を還元している。



ここで、酸化鉄の還元材に注目すると、CO(g)となっている。このCO(g)はコークス中炭素由来であり、下に示すブドワール反応によって生成している。



これら還元反応の結果として生成したCO₂はブドワール反応によって一部CO(g)へ回生されるが、CO₂

のほとんどは系外へ排出されるため、製鉄プロセスの環境負荷は非常に高い。また、この高炉プロセスは化学工学的には向流型移動層に分類される。つまり、固体原料である、鉄鉱石やコークスは高炉の上から下へ移動しながら反応するが、COガスを含む気体原料は下から上に対向した向きで移動している。このような化学プロセスにおいては、特に気体側のスムーズな流れを担保することが重要であり、その気体流通の妨げとなりうる粉状原料は使用しないのが鉄則であった。しかしながら東アジアにおける鉄鋼原料の資源獲得競争は苛烈の一途を辿り、粉状の鉄鉱石等原料をいかにして使いこなすかの基礎技術開発がこれまで以上に重要なフェーズが訪れている。

以上の観点から、今後の日本における製鉄方法は「石炭ベースの製鉄方法からの脱却」と「粉状製鉄原料の直接利用」を実現していく必要があることがわかる。本稿では、還元材として石炭の代わりに廃プラスチックを使用し、粉状鉄鉱石を直接利用することが可能な製鉄プロセスの実現に向けた基礎研究について紹介し、その中でマイクロ波加熱利用技術開発の事例を紹介したい。

2. 廃プラスチック利用製鉄の課題

粉末状の鉄鉱石を直接製鉄プロセスで利用する方法の一つとして、「炭材内装鉱」を使った直接還元が挙げられる。炭材内装鉱とは、粉末状の鉄鉱石と粉末状