



Title	環境対応型鉄浴式溶融還元における予備還元の基礎研究
Author(s)	井上, 智喜
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48631
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 **井 上 智 喜**

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 1 6 4 2 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 19 年 12 月 31 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科マテリアル応用工学専攻

学 位 論 文 名 **環境対応型鉄浴式溶融還元における予備還元の基礎研究**

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 確井 建夫

(副査)

教 授 田中 敏宏 教 授 山下 弘巳 准教授 中里 英樹

論 文 内 容 の 要 旨

高炉法に代わる製鉄法として直接製鉄法（還元鉄法）が実操業されているが、開発中の溶融還元法において、地球環境負荷を減少させるとともに資源・エネルギーを節約するという視点から、実際のプロセスを想定した予備還元炉と鉄浴式溶融還元炉からなるトータルプロセスにおける鉄鉱石の予備還元に関する要素技術の検討を行い、その結果と鉄浴式溶融還元炉に関する文献値を用いて、上記トータルプロセスにおける石炭原単位の最適値を推算して、高炉法における値との比較を試みた。

本論文は上述の検討結果を論じており、9章で構成されている。

第1章は、序論であり、本研究の背景として溶融還元法において、地球環境に配慮した鉄浴式溶融還元のトータルプロセスを構築するにあたり、石炭乾留ガスを鉄鉱石の予備還元の有効利用することの目的について述べた。

第2章では、タールを除いた石炭乾留ガスによる酸化鉄の予備還元に及ぼす還元温度の影響を調査し、予備還元炉と鉄浴式溶融還元炉からなるトータルプロセスにおいて、石炭中の揮発分を有効利用するための予備還元の基礎研究を行い、還元温度が高いほど到達還元率は高く、石炭乾留ガス中の水素の到達還元率への寄与は約 50%であり、本研究で想定したトータルプロセスにおいて、CO₂ 排出量の低減が期待されることを示した。水素による還元率と排出ガス中の水蒸気流量の経時変化を比較することにより、高い還元温度では炭化水素の分解により、炭化水素中の水素も還元反応に寄与していることを明らかにした。タールの質量は石炭の揮発分の約半分であり、実際の予備還元プロセスにおいてタールを有効に利用すれば、より高い還元率が得られる可能性があることを示した。

第3章では、石炭乾留ガスによる酸化鉄の予備還元に及ぼす石炭中化合水分の影響について調査し、石炭中の化合水分は到達還元率を低下させることを明らかにした。

第4章では、ガス分析を基に、タールを除いた石炭乾留ガスによる酸化鉄の予備還元に及ぼす還元温度の影響を調査・考察するとともに、還元により取り除かれた O の固体側質量減少量と気体側質量増加量の間の良好なマスバランスから、石炭乾留ガスのような多成分系で時々刻々と組成の変化する混合ガスによる還元においても、十分満足のいく実験精度が得られていることを確かめた。

第5章では、タールを除いた石炭乾留ガスによる酸化鉄の予備還元に及ぼす乾留ガス発生条件の影響を調査し、石炭中の H の含有量が多い石炭の方が、本研究で想定したトータルプロセスにおける CO₂ 排出量および石炭使用量を低減するのにより好ましいことを明らかにした。

第6章では、乾留最高温度と還元温度を一致させて（この温度を処理温度と呼ぶ）、実際のプロセスを想定したタールを除く石炭乾留ガスによる酸化鉄の還元実験を行い、予備還元に及ぼす処理温度の影響を調査した。処理温度 1073 K 以上では石炭中の揮発分は、ほぼ石炭の工業分析値（VM 値）まで発生した。到達還元率の処理温度依存性から、乾留ガスが酸化鉄の予備還元十分に有効であることを示した。

第7章では、タールを2次加熱して得られる2次分解ガスを含む石炭乾留ガスを用いた酸化鉄の還元実験を処理温度 973 K、1073 K、1173 K について行い、還元前後のガス組成の変化を解析するとともに、到達還元率に及ぼす処理温度の影響を調べた。タールを2次加熱した場合の還元前のガスは、2次加熱しない場合と比較して還元ガスの還元ポテンシャルが増加した。 $\text{CH}_4\text{-N}_2$ 混合ガスを用いた還元実験により、還元温度 1173 K における CH_4 の分解反応は、還元温度 1073 K の場合と比較して急激に起こることがわかった。処理温度 1173 K の場合、タールの2次分解ガスを還元反応に寄与させれば還元率も増加し、また、水素による還元割合が高くなるため、 CO_2 ガスの発生量を低減できることを示した。

第8章では、予備還元炉と鉄浴式溶融還元炉を組み合わせたトータルプロセスにおける石炭原単位の推算を行い、本研究で想定したトータルプロセスにおける石炭原単位は、予備還元なしの場合の鉄浴式溶融還元プロセスの値より低いことを明らかにした。さらに、全還元のうち約 20%は水素による還元であり、石炭原単位が低いことと合わせて考えると、 CO_2 排出量低減においても優れた方式となる可能性があることを示した。

第9章は総括であり、本研究の成果を包括して述べた。

論文審査の結果の要旨

高炉法に代わる製鉄法として直接製鉄法（還元鉄法）が実操業されているが、開発中の溶融還元法において、地球環境負荷を減少させるとともに資源・エネルギーを節約するという視点から、 CO_2 排出量および石炭使用量の低減が技術的課題となっており、この点も考慮した研究開発が望まれる。本研究では実際のプロセスを想定した予備還元炉と鉄浴式溶融還元炉からなるトータルプロセスにおける鉄鉱石の予備還元に関する要素技術の詳細な検討を行っている。本論文はこれらの成果をまとめたもので、得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 石炭中の揮発分を有効利用するための予備還元の基礎研究を行い、還元温度が高いほど到達還元率は高く、石炭乾留ガス中の水素の到達還元率への寄与は約 50%であり、本論文で想定したトータルプロセスにおいて、 CO_2 排出量の低減が期待されることを示している。タールの質量は石炭の揮発分質量の約半分であり、実際の予備還元プロセスにおいてタールを有効に利用すれば、より高い還元率が得られる可能性があることを示している。
- (2) タールを除いた石炭乾留ガスによる酸化鉄の予備還元に及ぼす乾留ガス発生条件の影響を調査し、石炭中の水素の含有量が多い石炭の方が、本論文で想定したトータルプロセスにおける CO_2 排出量および石炭使用量を低減するのに好ましいことを示している。
- (3) 実際のプロセスを想定して乾留最高温度と還元温度を一致させて、タールを除く石炭乾留ガスによる酸化鉄の還元実験を行い、予備還元に及ぼすこの処理温度の影響を調査した結果、到達還元率の処理温度依存式から乾留ガスが酸化鉄の予備還元十分に有効であることを示している。
- (4) タールの2次分解ガスを含む石炭乾留ガスを用いた酸化鉄の還元実験を各処理温度について行い、還元前後のガス組成の変化を解析するとともに、到達還元率に及ぼす処理温度の影響を調べた結果、タールを2次加熱した場合の還元前のガスは、2次加熱しない場合と比較して還元ガスの量と還元ポテンシャルが増加することを示している。処理温度 1173 K の場合、タールの2次分解ガスを還元反応に寄与させれば還元率も増加し、また、水素による還元割合が高くなるため、 CO_2 ガスの発生量の低減が期待されることを示している。
- (5) 予備還元炉と鉄浴式溶融還元炉を組み合わせたトータルプロセスにおける石炭原単位の推算を行い、石炭原単位は、予備還元なしの場合の鉄浴式溶融還元プロセスの報告値より低いことを示している。さらに、全還元のうち約 20%は水素による還元であり、石炭原単位が低いことと合わせて考えると、 CO_2 排出量低減においても優れた方式となる

可能性があることを示している。

以上のように本論文は予備還元炉と鉄浴式溶融還元炉を組み合わせた溶融還元法において、鉄鉱石の予備還元段階に安価な一般炭を使用し、かつ石炭乾留プロセスで得られる石炭乾留ガスを還元反応に有効に利用することで、石炭使用量およびエネルギー節約への寄与が大きいプロセスであることを明らかにしている。また、石炭の揮発分中に多く含まれる水素による還元により、CO₂ 排出量低減においても優れた方式となる可能性があることを示しており、材料工学の発展に寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。