

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マイクロ波加熱によるヘマタイトの熱炭素還元における局所加熱
Title(English)	Localized Heating during Carbothermic Reduction of Hematite Powders using Microwaves
著者(和文)	SabelstromNils Folke Goran
Author(English)	Nils Folke Goran Sabelstrom
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9750号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林 幸,須佐 匡裕,史 蹟,小林 能直,上田 光敏
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9750号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		Sabelström Nils Folke Göran	
		氏名		職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	林 幸		准教授	審査員	上田 光敏	准教授
	審査員	須佐 匡裕		教授			
		史 蹟		教授			
		小林 能直		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Localized Heating during Carbothermic Reduction of Hematite Powders using Microwaves」と題し、7章から構成されている。

Chapter 1「Introduction」では、CO₂ 排出量の削減を可能にする新製鉄法としてマイクロ波をマグネタイト鉱石と炭材の混合粉に照射する方法が提案されているが、その製鉄法の実用化を図るには、鉄源をマイクロ波良吸収体であるマグネタイト鉱石に限定せず、マイクロ波被加熱性は悪いとされているが埋蔵量の多いヘマタイト鉱石へ適用することを検討すべきであると指摘している。ヘマタイト鉱石を用いるプロセス開発のためには、ヘマタイトの熱炭素還元反応過程における反応物質のマイクロ波加熱特性を明らかにすること、またマイクロ波被加熱性の異なる物質の混合粉体をマイクロ波加熱した場合に生じると考えられる局所加熱現象の直接観察を行うことが重要であることを指摘し、本研究の意義と目的について述べている。

Chapter 2「Development of *in situ* XRD and Microwave Heating Combined System Capable of Local Temperature Measurements and Stable Irradiation of Poor Microwave Absorbers」では、本論文においてマイクロ波被加熱物質の局所温度測定を行うために新たに開発した、シングルモード型マイクロ波加熱炉を組み込んだ X 線回折装置について述べている。局所温度は物質の熱膨張率と X 線回折のピークシフトを使って計算している。本装置によりマイクロ波被加熱性の悪い物質に対しても正味のマイクロ波照射エネルギー量の制御が可能であることを確認している。

Chapter 3「*In situ* XRD Evaluation of Specific Temperatures of Microwave Irradiated Unmixed Powders for Pig Iron Making」では、Chapter 4 以降に測定する 2 種以上の物質の混合粉体の加熱結果を考察するために、ヘマタイト、アルミナ、マグネシア及びグラファイトのマイクロ波加熱特性を Chapter 2 で開発した装置を用いて測定している。まず高温 XRD により熱膨張率を測定し、得られた値を用いて粉体のマイクロ波加熱温度を測定している。その結果、ヘマタイト粉体は約 170°C 以上でマイクロ波被加熱性が良好となり、マグネタイトと同様急速昇温することを明らかにしている。

Chapter 4「Local Temperature Measurements of Mixtures of Good and Poor Absorbing Powders during Microwave Heating using *in situ* XRD」では、マイクロ波被加熱性の異なる物質の混合粉体をマイクロ波加熱した場合に生じると考えられる局所加熱現象を実測で捉えるため、マイクロ波被加熱性が異なる互いに反応しない 2 種の物質の混合粉体をマイクロ波加熱し、各物質の局所温度を Chapter 2 で開発した装置を用いて測定している。その結果、マグネシアとグラファイトの混合粉体では局所加熱現象が観察されなかったが、アルミナとグラファイトの混合粉体において約 25µm の距離に 100°C 以上もの温度差が生じることを見出している。また、局所加熱現象の有無は粉体の粒子構造の違い、すなわち熱抵抗の違いに起因するものと考察している。

Chapter 5「Evaluation of Microwave Heating Properties of Mixed Powders during Carbothermic Reduction of Magnetite using *in situ* XRD」では、マグネタイトの熱炭素還元反応における反応物質の局所温度を測定し、混合粉体がマグネタイトの磁気損失により急速に加熱されるが、1000°C に達すると加熱特性が悪化し、昇温及び反応が停滞することを明らかにしている。

Chapter 6「Evaluation of Microwave Heating Properties of Mixed Powders during Carbothermic Reduction of Hematite using *in situ* XRD」では、ヘマタイトの熱炭素還元反応における反応物質の局所温度を測定し、Chapter 5 で示したマグネタイトを出発物質とした場合の測定結果と比

較検討している。その結果、マグネタイトを出発物質とした場合よりも混合粉体がより高温まで急速に加熱されること、鉄がより速く生成を開始することを見出している。Chapter 3の結果から、マイクロ波加熱されたグラファイトからの伝導伝熱によりヘマタイトが加熱され、その後ヘマタイトの自己発熱により高温に達すると考察している。一方、X線回折ピークより中間生成物質としてマグネタイト及びウスタイトを確認したことから、還元はマグネタイトを出発物質とした場合と同様逐次反応であることを明らかにしている。以上から、ヘマタイトを出発物質とした場合に鉄がより早く生成するのは、混合粉体がより高温に達し反応速度が上昇したためであり、ヘマタイト鉱石を自己発熱可能な約 170°C 以上の温度に効率よく昇温できれば、マグネタイト鉱石を用いる場合よりも還元反応を促進し得ると結論している。

Chapter 7「Final Conclusions」では本論文で得られた結果を総括している。

以上を要するに、本論文はヘマタイト鉱石粉と炭材粉との接触状態を向上させることにより、ヘマタイト鉱石の局所温度を約 170°C 以上に効率よく昇温することができれば、ヘマタイト鉱石を用いた高効率なマイクロ波加熱製鉄が可能であることを明らかにしたものであり、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。