

マイクロ波を利活用した高温水素製鉄反応プロセスの開発

(九大院工¹) ○大野光一郎¹, 前田敬之¹, 国友和也¹

Development of high-temperature hydrogen ironmaking reaction process utilizing microwaves (¹Graduate School of Engineering, Kyushu University) ○Ko-ichiro Ohno¹, Takayuki Maeda¹ Kazuya Kunitomo¹

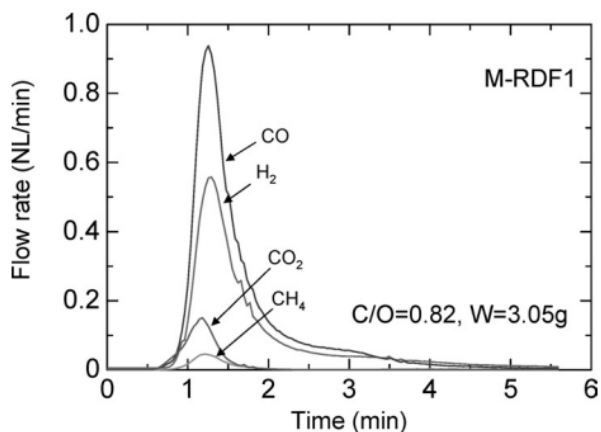
The study of ironmaking technology using microwaves has been carried out together with the development of coal-material interior agglomerates, which is a new raw material for ironmaking. Inside this raw material, which is produced by mixing and shaping powdered iron ore and pulverized coal, the iron oxide reduction reaction and the gasification reaction of the charcoal material are coupled, and it has been confirmed that the ironmaking reaction is faster and lower in temperature. The bottleneck of this reaction is the rate-determining of heat supply by the gasification reaction of carbonaceous material with large endothermic reaction. Many trials attempts have been made to use microwaves that can selectively and directly heat this carbonaceous material in the bottleneck. In this report, we will introduce the microwave heating ironmaking trials of utilization of waste plastic as a reducing agent and the direct reduction reaction of iron oxide by hydrogen gas without using carbon source.

Keywords : Microwave Heating; Ironmaking; Hydrogen; Waste Plastic;

マイクロ波を用いた製鉄技術の検討は、製鉄新原料である炭材内装塊成鉱の発展と合わせて検討がなされてきた。粉状の鉄鉱石と粉状の石炭を混合・整形して製造されるこの原料内部では、酸化鉄還元反応と炭材のガス化反応がカップリングし、製鉄反応の高速化・低温化が確認されている。この反応のネックは大きな吸熱を伴う炭材ガス化反応による熱供給律速であるが、この炭材を選択的に直接加熱することが可能なマイクロ波を利用する試みが、これまで多くなされてきた。本報告ではこれまでに当研究室に検討した、廃プラスチックを還元材に用いた製鉄法と、炭素を用いない水素ガスと酸化鉄の直接固気反応による製鉄法についての試みを紹介する。

(1) 廃プラスチックを還元材に用いた製鉄法の検討¹⁾

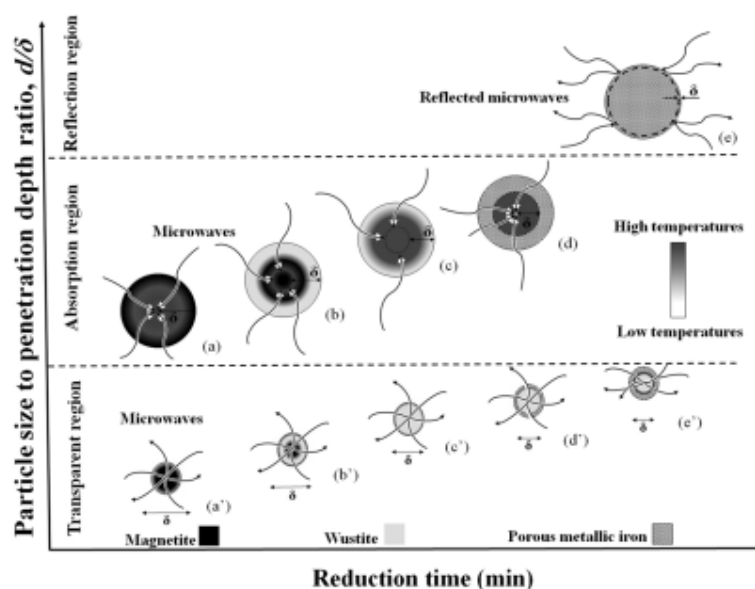
廃プラスチック代表とする石油製品は、基本的に炭化水素で構成されるため、酸化鉄の還元材として利用できる可能性を内包している。しかしながら、酸化鉄に廃プラスチックを混合した製鉄原料を一般的な方法で加熱してしまうと、製鉄反応が優位に生起する 700 度以上の高温場に到達するよりも低い温度で、プラスチックのガス化が進行してしまうため、還元に寄与せずに系外に排出されてしまう。さらに通常の製鉄法ではこれら原



料の加熱に内燃バーナーを用いるため、発生した炭化水素系のガスからは二次燃料による熱エネルギーしか回収されない。本研究では、不活性雰囲気中でマイクロ波加熱を行い、急速昇温による炭化水素ガスの還元反応への寄与率向上と、その過程で発生した炭化水素系ガスの回収を試みた。その結果、ポリエチレンなどのプラスチック単体よりも、排紙などが起因の固定炭素分を含有したRFD（廃プラスチック含有ゴミ固形化燃料）を、還元材として混合したサンプルの方が、還元効率が高く、炭化水素ガスの回収率も上回った。これは固定炭素による水蒸気改質が原因であると考えられた。この結果は、酸化鉄に廃プラスチックを混合した製鉄原料では、固定炭素を随伴させた方が、反応効率が向上するという指針を示唆している。

(2) 水素ガスと酸化鉄の直接固気反応による製鉄法の検討²⁾

2050年のゼロカーボン製鉄に向けて、これまでのような高炉で石炭・コークスを使用する製鉄法に寄らない新たな製鉄法を早急に開発することが、社会的に求められている。コークスを使用しない製鉄法としては天然ガスを利用した直接還元製鉄が稼働している。本課題では脱炭素化を図ることを目的に、水素のみを還元材とした製鉄プロセスを対象として、その加熱方式にマイクロ波加熱を使用するための基礎的検討を行った。ここで想定している水素製鉄プロセスでは、粉状鉄鉱石を原料として直接利用することを念頭にしており、粉状鉄鉱石の粒度とその還元段階が鉄鉱石粉の被加熱特性に及ぼす影響について特に注目をして検討を行った。その結果、粉状鉄鉱石の還元反応はトポケミカルに進行し、その過程で $\text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow$ 金属鉄との還元進行に伴い、マイクロ波の吸収効率が変化することが確認された。また適切な鉄鉱石の粒度を選択が、本プロセス効率化の重要因子であることが示唆された。



1) "Gasification and Reduction Behavior of Plastics and Iron Ore Mixtures by Microwave Heating" K. Nishioka, T. Taniguchi, Y. Ueki, K. Ohno, T. Maeda and M. Shimizu, *ISIJ Int.*, 47(2007), 4, pp. 602-607

2) "Effect of the Ratio of Magnetite Particle Size to Microwave Penetration Depth on Reduction Reaction Behaviour by H_2 " A. Amini, K. Ohno, T. Maeda, K. Kunitomo, *Scientific reports*, 8(2018), 1, Article No. 15023