

## 高度資源利用・環境保全のためのプロセス研究

Process Engineering Research for Advanced Resource Utilization and Environmental Conservation

教授 葛西 栄輝

Professor  
Eiki Kasai



Base materials industry are now facing several difficult issues, *e.g.*, demand to reduce CO<sub>2</sub> emissions, and degrading properties and price-fluctuation of the mineral and fuel resources. Our research group is carrying out the studies to search for new process principles for base metal productions aiming at efficient utilization of lower grade mineral and energy resources including recycle materials, and biomass and waste energies. A number of unique ideas have been tried to apply such as high temperature and pressure, and optimum process combinations. In addition, we are studying innovative material processing technologies, such as new porous and fibrous metal production processes.

### 概要

本研究分野では、資源・エネルギーのハンドリング量および環境インパクトが大きい基幹素材の製造・リサイクルプロセスの効率化と低環境負荷化を同時達成するための新しい技術原理を探索する基礎研究として、基幹金属製錬とリサイクル、有害廃棄物処理など高温反応が関与するプロセスの効率化と環境負荷低減に関する研究を行っている。温室効果ガス削減に関連しては、特に波及効果の大きい製鉄プロセスの原料自由度の拡大や燃料のグリーン化、廃熱利用などに主眼を置いた研究を進めている。さらに、ポーラス、繊維状金属製造など新しい材料プロセスの開発に関する研究を行っている。



Fig.1 Methods of reducing CO<sub>2</sub> emission from ironmaking process.

### 温室効果ガス排出削減と劣質原料対応が可能な極限製鉄プロセスを可能にする原料研究

国内エネルギー使用量のおよそ15%を占める鉄鋼産業は、良質鉄鉱石資源の枯渇や原料価格の高騰に対応しながらCO<sub>2</sub>の排出削減を目指すという難しい問題に直面している。製鉄プロセスにおける重要な反応である酸化鉄還元反応や炭材ガス化反応の低温化、および還元された鉄への浸炭・溶融の高速化による問題解決を実現する具体的な方法として、高炉への鉄石-炭材コンポジットの使用が注目されている。また、世界的鉄鋼生産量の飛躍的増加に伴い資源の劣質化が加速しており、鉄鉱石品位や粒度の低下を還元反応速度向上などのために積極的に利用する斬新なプロセス開発が

必要である。一方、化石燃料由来のCO<sub>2</sub>排出削減を達成するためには、熱分解過程でH<sub>2</sub>やCO、CH<sub>4</sub>などの還元ガスを発生する廃プラスチックやバイオマスなどの有効利用法の開発も重要である。

本年度は、炭材内装鉄コンポジットを使用する低温・高速製鉄プロセスを実現するため、以下に示す研究テーマを実施した。

1. 100気圧までの超高压雰囲気下での鉄石-炭材コンポジットの還元反応挙動解明
2. 炭材中揮発成分の効率利用による低温高速還元挙動解明
3. 炭材機能分担および脈石成分最適化による浸炭・溶融高速化

Fig.2は脈石成分の異なる鉄石を使用した際の1300℃まで等速昇温加熱した後のコンポジット外観である。その際、a)は還元材として石炭のみを使い、脈石成分の少ない鉄石を鉄源としている。b)はa)と同一の鉄石を用い、炭材として石炭と黒鉛を使っている。一方、c)はb)と同一の炭材を用いつつ、脈石成分の多い鉄石を用いている。c)のみにコンポジット外側に粒鉄が生成しており、鉄の溶融が加速されたことを示唆している。このように、炭材の機能を分担させ、鉄石性状をコントロールすることで還元後の浸炭を高速化できる可能性を示した。

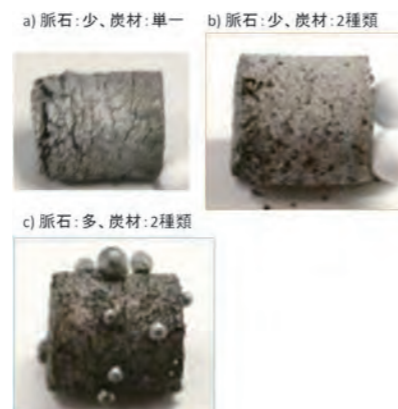


Fig.2 Appearance of the composite heated up to 1300°C. Experimental apparatus for reduction of iron ore - carbon composite under high pressure.



准教授  
村上 太一  
Associate Professor  
Taichi Murakami



### 水素利用製鉄のための原料性状評価

高炉では、鉄鉱石から粗鉄(銑鉄)を製造するため、石炭を乾留して製造されるコークスを主な還元材および熱源として用いており、そのため必然的に大量のCO<sub>2</sub>ガスが発生する。還元材を部分的に水素で代替することができれば、生成ガスはH<sub>2</sub>Oとなり、その分CO<sub>2</sub>排出量が削減できる。一方、高炉上部の低温領域(温度400~600℃)では、鉄鉱石の還元進行に伴って、鉄物組織内に応力が生じ、粒子が破壊されて粉化する可能性がある。特に粉砕石を予備塊成化した焼結鉄で顕著な現象である。これは、還元粉化と呼ばれ、様々な対策が行われている。しかし、従来、還元ガス中の水素濃度が増加した際の影響を詳細に検討した例は少ない。これまで本研究室では、水素含有還元ガスにおける鉄鉱石焼結鉄の還元粉化挙動の定量的評価を試みている。本年度は、Fig.3に示すように、600℃においてヘマタイト以外にカルシウムフェライトも還元され、焼結鉄の還元粉化に影響を及ぼすことを明らかにした。

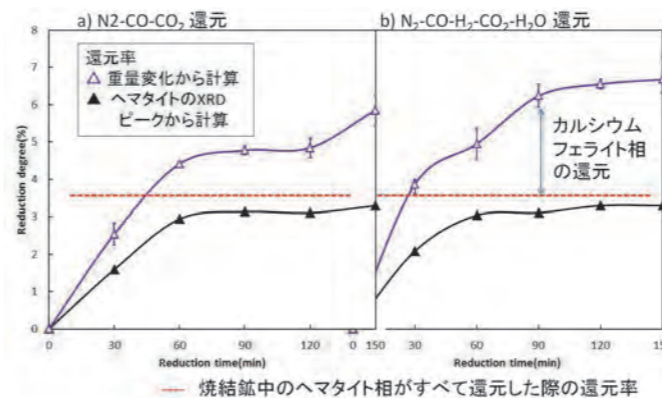


Fig.3 Change in reduction degree of sinter calculated from weight change of sinter before and after reduction and XRD peak value of hematite. Reducing gases are a) N<sub>2</sub>-CO-CO<sub>2</sub> and b) N<sub>2</sub>-CO-H<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O.

### 多孔質鉄複合材料の開発

多孔質金属は、軽量、高衝撃エネルギー吸収能、優れた防音・防振特性などユニークな特性を有しており、軽量構造材や衝撃吸収材として輸送機器等への適用が期待される。衝撃エネルギー吸収量は高気孔率もしくは高強度ほど大きいため、鉄系材料の多孔質化が望まれているが、安価に大量生産が可能な溶湯法による高気孔率の多孔質鉄の製造は困難である。そこで本研究では、製鋼プロセスにおいて抑制すべき現象であるスラグフォーミングと条件によって様々な形態変化を示す酸化鉄の還元に着目し、酸化物を用いた溶湯法による多孔質体製造と酸化物多孔質体の還元プロセスに

よる高機能化を目的とし、酸化物の発泡挙動および発泡体の還元性について調査した。Fig.4は発泡後および還元後の断面組織である。スラグフォーミングを用いて多孔質化が図られ、還元することにより微細な気孔を形成させることができた。また、残留する酸化物成分が微細に分散する多孔質鉄系複合材料となることが分かった。

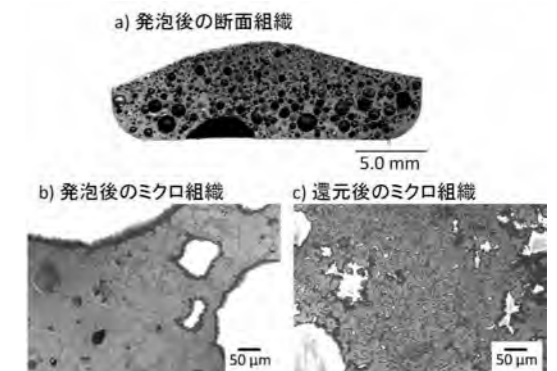


Fig.4 Macro- and microstructure of foamed slag with the system of FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO and reduced sample.

### 学生の活躍

#### ・国際会議での発表

- Q. Zhou, T. Murakami, and E. Kasai: "Suppression of CO<sub>2</sub> Emission by Innovating Ironmaking Technology" Excellent Graduate Schools 2012 Annual Meeting in Conjunction with Japan-Russia Workshop 2013, Japan.
- K. Fujino, T. Murakami and E. Kasai: "Utilization of Oxidation Heat of Metallic Iron for the Production of Iron Ore Sinter" International Conference on Smart Carbon Saving and Recycling for Ironmaking, Oct. 2013, Kanagawa, Japan  
他3件

#### ・受賞

- 村上太一准教授: 日本鉄鋼協会西山記念賞「低温高速製鉄を目指した基礎研究」(March, 2013)
- 武弓侑樹君 (M1): 日本学術振興会製鉄第54委員会研究発表奨励賞 (November, 2013)
- 武弓侑樹君 (B4): 日本鉄鋼協会第165回春季講演大会学生ポスターセッション努力賞 (March, 2013)
- 佐々木菊康君 (B4): 日本鉄鋼協会第165回春季講演大会学生ポスターセッション努力賞 (March, 2013)