

## 高度資源利用・環境保全のためのプロセス研究

Process Engineering for Advanced Resources Utilization and Environmental Conservation

教授 葛西 栄輝  
Professor  
Eiki Kasai



准教授  
村上 太一  
Associate Professor  
Taichi Murakami



集合写真

Base materials industry are now facing several difficult issues, i.e., demand to reduce CO<sub>2</sub> emissions, and degrading properties and price-rising of the mineral and fuel resources. Our group is carrying out the studies to search new process principles for base metal productions aiming at efficiently utilizing lower grade mineral and fuel resources including recycle materials and biomass energies. Various 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高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ング法の開発に関する研究を行っている。

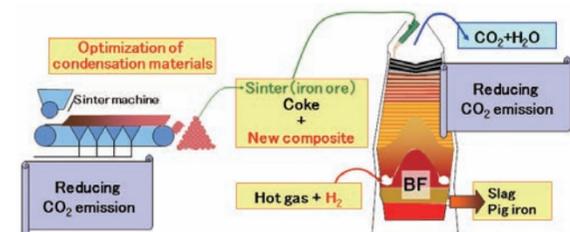


Fig. 1 Methods of reducing CO<sub>2</sub> emission from ironmaking process.

### 温室効果ガス排出量削減と劣質原料対応が可能な極限製鉄プロセス原理の創生

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燃料価格の高騰に対応しながらCO<sub>2</sub>の排出量削減を目指すという難しい問題に直面している。このような課題を解決するためには、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実現が有効な手段となる。具体的な方法として、高炉への鉄石-炭材コンポジットや金属鉄含有コークス（フェロコークス）の使用が目ざされている。また、世界的な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いる。ここでは、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>



Fig. 2 Experimental apparatus for reduction of iron ore - carbon composite under high pressure.

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。

本研究室では、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を検討している。高压化はコンポジット内部や周囲での還元ガス滞留量を増加すると共に、コンポジット内の伝熱速度を飛躍的に向上するため、還元反応を大幅に促進する。さらに、廃棄物やバイオマス由来の還元材など揮発成分が多い有機物の低温熱分解を抑制するため、還元反応の効率化も期待できる。本研究では、酸化鉄の熱炭素還元反応に対する雰囲気圧力の影響を詳細に調査するため、Fig.2の高圧等速昇温還元装置を作製し、酸化鉄-炭素材コンポジットの高温反応実験を行っている。これまで、圧力上昇に伴い炭素のガス化反応が開始する温度が大幅に低下し、還元反応が大きく促進されること、また、バイオマスチャーにおいてその効果が顕著であることを明らかにしている。

### 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、したがって、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、鉱物組織内に応力が生じ、粒子が破壊されて粉化する場合がある。特に粉鉱石を予備塊成化した焼結鉱で顕著な現象であり、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ない。本研究では、水素含有還元ガスにおける鉄鉱石焼結鉱の還元粉化挙動の定量的評価を試みている。

例えば、Fig. 3に示すように、少量のH<sub>2</sub>添加により還元率は一旦増加するが、更なるH<sub>2</sub>濃度増加によって低下する。一方、粉化率は、還元率に比較して緩慢ではあるが、全体的には還元と類似した変化を示す。粉化は、還元により発生する粒子内微細亀裂に依存すると考えられ、上記結果と矛盾しないが、H<sub>2</sub>濃度によっては異なる挙動も観察されるため、詳細な機構を追跡中である。

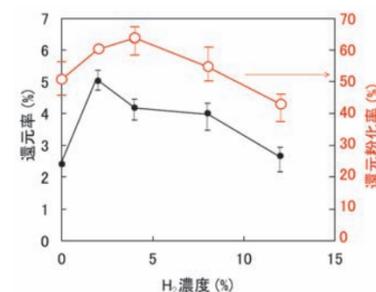


Fig. 3 Effect of H<sub>2</sub> concentration of the reducing gas on reduction degree of sinter and RDI value.

### 化石燃料レスの鉄鉱石予備処理プロセス

製鉄産業は大量の原燃料を高温で取り扱う産業であり、主要プロセスはそれぞれ極めて高効率だが、トータルのエネルギー使用やCO<sub>2</sub>排出シェアは必然的に高い。主要製鉄プロセスである高炉法では、大部分の鉄鉱石は焼結鉱やペレットのような人工鉄石に予備的に塊成化した後に使用される。これは、適切な粒度と強度や還元性状など物理化学的性質を制御して高炉を安定に操業するためである。多量の鉄鉱石を1300℃を超える温度で焼成するため、やはり多量の化石燃料を使用している。焼結プロセスからのCO<sub>2</sub>排出シェアは、我が国全体の約3%と見積られる。化石燃料由来のCO<sub>2</sub>排出を大幅に削減するため、2009年より日本鉄鋼協会に産学共同の「低炭素焼結技術原理の創

成研究会」が活動している。本研究室は其中で主要な役割を担っており、廃棄物中非炭素系エネルギーの活用やバイオマスチャーの使用法などの研究を進めている。究極的には、CO<sub>2</sub>排出カウントのない「化石燃料レス焼結 (Fig. 4)」の実現をめざしたい。

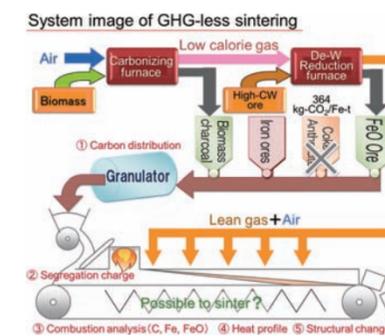


Fig. 4 Proposed iron ore sintering process with zero-CO<sub>2</sub> emission originated in fossil fuels.

### 学生の活躍

#### ・国際会議での発表

6th European Coke and Ironmaking Congress (ECIC), (June, 2011), Dusseldorf, Germany  
Y. Kamiya (M2), T. Murakami and E. Kasai: "Influence of H<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O Concentration in Reducing Gas on the Reduction Disintegration Behavior of Iron Ore Sinter"  
K. Fujino (M2), T. Murakami, K. Kunitomo and E. Kasai: "Effect of Agglomeration Agent on the Structural Change and Pressure Drop in Sintering Bed"

#### ・ポスター賞

津田直寛君 (M1): 日本鉄鋼協会第162回秋季講演大会学生ポスターセッション努力賞 (September, 2011)

