

## 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



准教授  
村上 太一  
Associate Professor  
Taichi Murakami



Base materials industry are now facing several difficult issues, *i.e.*, 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 fuel resources including recycle materials, and biomass and waste 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、廃熱利用などに主眼に置いた研究を進めている。さらに、ポラス、繊維状金属製造など新しい材料プロセス法の開発に関する研究を行っている。

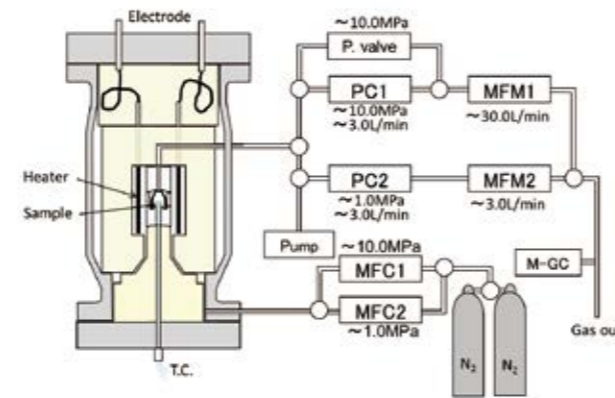


Fig.2 Experimental apparatus for reduction of iron ore - carbon composite under high pressure.

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。

本研究室では、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、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や低温高速還元挙動、浸炭溶融の高速化などを検討している。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。本年度は、Fig.2に示す高压等速昇温還元装置により、酸化鉄-炭材コンポジットの高温反応挙動を調査し、炭材や鉄鉱石など原料の影響の調査を実施した。さらに、還元後の鉄の熔融促進法として炭材の機能分担利用を提案し、炭素による鉄の低温溶融実現の可能性を示した。



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。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目目されている。また、世界的な鉄鋼生産量の

### 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鉄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作するためである。多量の鉄鉱石を1300℃以上で焼成するため、やはり多量の化石燃料を使用しており、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年より本年度まで日本鉄鋼協会において、産学共同プロジェクト「低炭素焼結技術原理の創成研究会」が進められた。本研究室はその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.3)」の実現を目指したい。

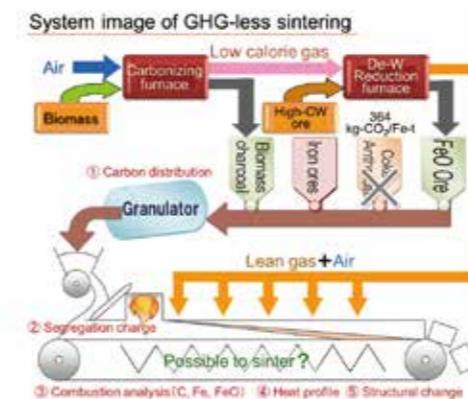


Fig.3 Proposed iron ore sintering process, which emits no CO<sub>2</sub> originated in fossil fuels.

### 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場合があります。特に粉鉄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

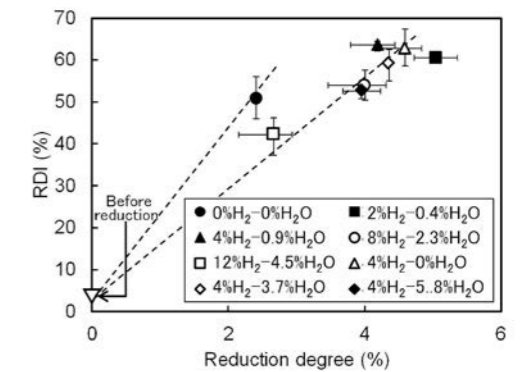


Fig.3 Effect of H<sub>2</sub> concentration of the reducing gas on reduction degree of sinter and RDI value.

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、水素添加により同一還元率における粉化率(RDI)が低下することを明らかにした。また、その温度依存性について調査した。

### 学生の活躍

- ・国際会議での発表
- E. Kasai: "Challenging Projects for Low-Carbon Ironmaking: Innovative Blast Furnace, Cokemaking and Sintering Processes" Asia Steel International Conference 2012, Beijing, China, (Invited)
- K. Fujino (D1), K. Kunitomo, T. Murakami and E. Kasai: "Structure change of sintering bed with metallic iron as agglomeration agent", 4th International Conference on Process Development in Iron and Steelmaking (Scanmet IV), Lulea, Sweden
- 他4件
- ・受賞
- 葛西栄輝教授: 日本鉄鋼協会学術功績賞「鉄鉱石塊成プロセスに関する研究」(March, 2012)
- 村上太一准教授: 日本鉄鋼協会山岡賞(共同研究賞)「高炉の還元平衡制御研究会」(March, 2012)
- 村上太一准教授: 第33回本多記念研究奨励賞「温室効果ガス排出削減と劣質原料の有効利用を可能にする低温・高速製鉄機構に関する研究」(May, 2012)
- 鈴木香織君(B4): 日本鉄鋼協会第163回春季講演大会学生ポスターセッション優秀賞(March, 2012)