

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



松田千城君 (B4) のポスターセッション優秀賞受賞時



八戸製鉄への見学旅行

Base materials industry are now facing several difficult issues, e.g., demand to reduce CO₂ emissions, and responses to degrading properties and price-fluctuation of the mineral and fuel resources. Our research group is mainly 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 also considering recycle materials, biomass fuels and waste energies. A number of unique ideas have been tried to apply such as high temperature and pressure conditions, and optimum process combinations. In addition, we are studying innovative material processing technologies, such as the production process of a new porous and fibrous metal.

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。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き、基礎から実機を想定した研究まで幅広くテーマを設定している。さらに、ポーラス、繊維状金属製造など新しい材料プロセッシング法の開発に関する研究を行っている。

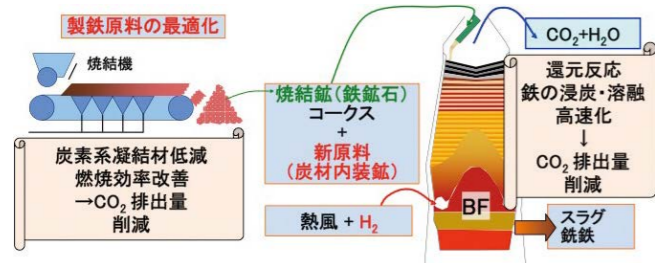


Fig. 1 Methods of reducing CO₂ emission from ironmaking process.

効率的な水素の還元材利用を可能にする製鉄塊成原料製造原理の創成

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CO₂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H₂Oとなり、その分CO₂排出量が削減できる。さらに、水素は従来の還元材であるCOよりも拡散や還元の数も大きいので、反応の促進効果も期待できる。一方で、COでは発熱反応である還元が、水素の場合吸熱となるため、水素濃度増加による高炉内シャフト部の低温化が懸念される。そのため、低温でも高い被還元性を有する原料(塊成鉄)の製造が望まれる。本研究では、各種塊成鉄の被還元性を水素濃度の異なる条件において調査し、高水

素濃度下での還元性状の良い原料製造の指針を提示することを目的としている。

本年は、様々なガス組成に制御可能な還元装置を作製し、焼結鉱中の鉱物相の還元挙動を調査し、その違いを明らかにすることを目的とした。Fig.2に作製した装置の外観を示す。本装置により、実高炉のガス組成を模擬した還元試験を実施可能となった。また、焼結鉱中のカルシウムフェライト相は複数存在し、それぞれの還元挙動が異なることを明らかにした。特に高水素条件での還元反応の促進効果が異なり、目的の性状を得るためにはカルシウムフェライト相の制御が重要な因子となることが分かった。

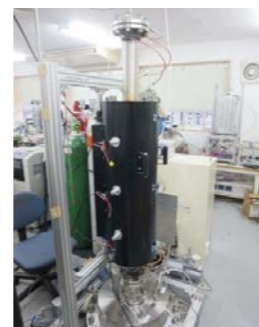


Fig. 2 Advanced experimental apparatus for the reduction of iron ore sinter under various gas conditions.

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を可能にする原料研究

我が国の鉄鋼産業は国内エネルギー使用量のおよそ15%を占めるためCO₂排出量削減が求められている。さらに、良質鉄鉱石資源の枯渇や原燃料価格の高騰にも対応しなければならない。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、高い反応性を有することが知られている鉱石-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CO₂排出削減を達成するためには、熱分解過程でH₂や

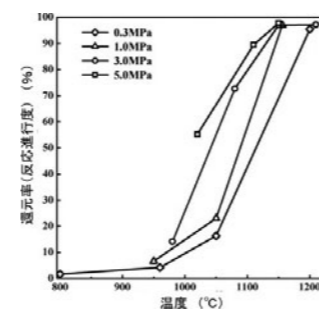


Fig. 3 Change in Reduction degree of ore-graphite composite with temperature under various pressures.

CO、CH₄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、主に以下に示す研究テーマを実施した。

- 1.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
- 2.100気圧までの超高圧雰囲気下での鉄石-炭材コンポジットの還元反応挙動解明
- 3.鉄石改質による超高速反応実現
- 4.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.3は様々な雰囲気圧力で黒鉛とヘマタイト鉄石を用いた炭材内装鉄を等速昇温した際の還元率(反応進行度)の変化を示している。圧力の増加に伴い、1000°C付近での反応進行が顕著になっている。すなわち、雰囲気の高圧化による反応促進が実現できていることを示している。このような還元挙動の把握を様々な原料(鉄鉱石や炭材)を用いて行い、反応機構を明らかにした。

製鉄塊成原料製造プロセスへの鉄系凝結材の有効利用

高炉製鉄原料である焼結鉄は、国内で年間約8000万トン生産されている。現在、その熱源には高炉用コークスの篩下が使用されているため、多量の二酸化炭素を排出し、その削減は大きな課題である。その対策として、コークスなどの化石燃料由来凝結材をバイオマスや圧延工程で発生するミルスケール、部分還元鉄などへ置換することが考えられる。しかし、反応後にガスとなる炭材と異なり、鉄系凝結材は酸化反応を利用しているために酸化物が残留する。そのため、焼結鉄の生産性を悪化させることが知られている。本研究では、そのメカニズムの解明と有効な利用法を提示することを目的とし、本年は鉄系凝結材の反応に伴い生成する酸化物融液に着目し、融液生成が酸化反応の進行に与える影響を調査した。

工場の排熱を利用した迅速炭化プロセスの開発

カーボンニュートラルに位置づけられるバイオマスを燃料として積極利用することで、化石燃料由来のCO₂排出量が削減できる。一方、バイオマスを効率的に利用するためには、炭化プロセス等の事前処理が必要である。一般に、炭化に必要な熱は自身の部分燃焼で賄われているが、これを未利用排熱で代替できればさらなる効率化が期待できる。しかし、これらの排熱は高濃度のダストや腐食性ガスを含む場合が多く、直接使用するとバイオ

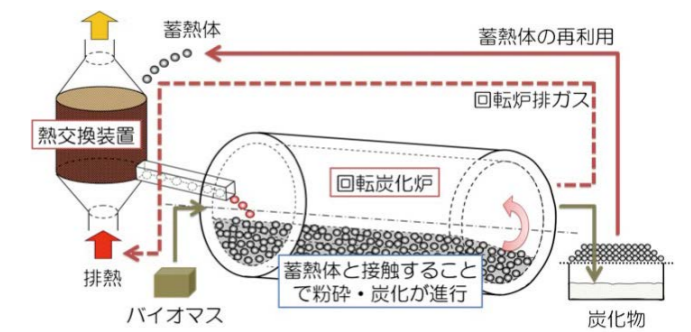


Fig. 4 Schematic diagram for rapid carbonization process of biomass utilizing waste energy.

マス炭に悪影響を及ぼす可能性が考えられる。本研究では、金属球を蓄熱媒体として排熱回収し、これを熱源としてバイオマスの炭化と粉碎を同時に行うFig.4に示す新しいプロセスを提案する。

本年は新規に作製した小型炭化装置を用いて、粉碎と乾留を同時に進行させたチャーを作製し、その特性を調査した。急速炭化により、チャー粒子表面に顕著な溶融組織が認められた。

学生の活躍

●国際会議での発表

Yuki Takyu, Taichi Murakami, and Eiki Kasai: "Promotion Mechanism of Reduction of Coal/Iron Ore Composite by Volatile Matters Contained in Coal up to 1100K" Fifth Australia - China - Japan Joint Symposium on Iron and Steelmaking, Oct. 2014, Sendai, Japan

Kazuya Fujino, Taichi Murakami and Eiki Kasai: "Utilization of Oxidation Heat from Iron-Bearing Materials to Suppress CO₂ Emission in Iron Ore Agglomeration Process" 2013 Annual Meeting of Excellent Graduate Schools for "Materials Integration Center" and "Materials Science Center" & International Workshop on Advanced Materials Synthesis Process and Nanostructure, March, 2014, Sendai, Japan

●受賞

松田千城君 (B4): 日本鉄鋼協会第167回春季講演大会学生ポスターセッション優秀賞(March, 2014)

藤野和也君 (D3): Poster presenting award: 2013 Annual Meeting of Excellent Graduate Schools for "Materials Integration Center" and "Materials Science Center" & International Workshop on Advanced Materials Synthesis Process and Nanostructure, (March, 2014)