

エネルギー関連技術開発事業活動報告

ー生産性向上に資する省エネ型セラミックス製造技術ー

井上幸司*, 赤田英里*, 近藤義大*, 森 康暢*

Activity Report of Energy-Related Technical Development Project Ceramics Production Technology for Energy Saving to Contribute to Productivity Improvement

Koji INOUE, Eri AKADA, Yoshihiro KONDO and Yasunobu MORI

1. はじめに

国の「第6次エネルギー基本計画」（2021年）では、地球温暖化防止の国際的取組「パリ協定」に基づき、2030年までに温室効果ガス（GHG）排出量を46%削減（2013年対比）、2050年までにGHG排出量実質ゼロを掲げている。

現在、産業部門からのエネルギー起源CO₂排出量を業種別に見ると、図1に示すのとおり鉄鋼業が一番多く温室効果ガスを排出しており、全体の39%を占めている。そのため、鉄鋼業関連企業の温室効果ガス排出抑制への取組が期待され、その貢献度は非常に大きいと予想される¹⁾。

そうした中で、2050年までに温室効果ガス排出ゼロを達成するために、国家プロジェクトとしてCOURSE50²⁾やSuper COURSE50²⁾が開始され、従来の製鉄プロセスである「炭素還元」から新規の製鉄プロセスである「水素還元」に移行する技術開発を行っていく方針が打ち出された。

従来方法の炭素還元による製鉄プロセスにおいて、転炉の耐火物にはマグネシア炭素含有耐火物が使用されているが、過酷な酸化雰囲気であることから酸化抑制剤として耐火物にB₄Cを数%含有させているものの、3~4ヶ月で補修あるいは交換している。酸化鉄の炭素還元は発熱反応であるが、水素還元に変更すると吸熱反応になり還元温度の低下を避けるために炭素還元より多くのエネルギー（高温化）が必要になると言われている。しかし、還元温度が高温化すると、B₄Cが熱的に耐えられないことが判明していることから、B₄Cの代替材料の開発が求められている。

そこで、耐火物業界では代替材料としてAl₄SiC₄に注目し効果を実証してきたが、実験室（バッチ）レベルでしか合成できていないため、実用化に向けた大量合成の手法を確立する必要がある。炭素含有耐火物におけるB₄C（従来技術）およびAl₄SiC₄（新技術）の酸化抑制メカニズムをまとめると以下のとおりである。

《従来技術：B₄Cの場合》

転炉にはマグネシア炭素含有耐火物が使用されているが、過酷な雰囲気による炭素の酸化が著し

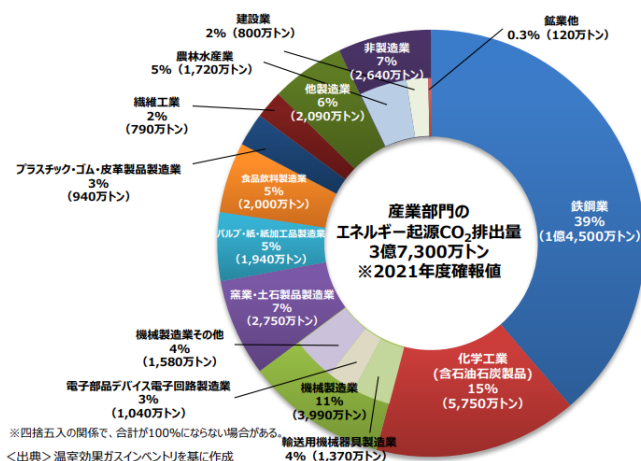
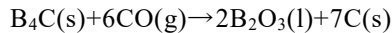
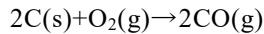


図1 産業別CO₂排出量（出典：環境省¹⁾）

* 金属研究室

いために酸化抑制剤として B_4C を数%含有させている。寿命が短く、酸化により 3～4 か月ほどで耐火物は交換となる。また、酸化劣化が $1000^{\circ}C$ 程度で著しく促進するため、水素還元による高温化により反応が急速に進む。さらに、生成された B_2O_3 は鉄に混入すると脆化を引き起こす可能性がある。



《新技術： Al_4SiC_4 の場合》

B_4C に代わり、 Al_4SiC_4 を数%マグネシア炭素含有耐火物に含有させることで、耐火物の寿命が大幅に延びることが期待できる。 Al_4SiC_4 は酸化劣化が著しく促進する温度が $1400^{\circ}C$ 程度であり、 B_4C に比べて $400^{\circ}C$ 程度高い。また、酸化反応による副生成物が転炉に与える影響が少ない。

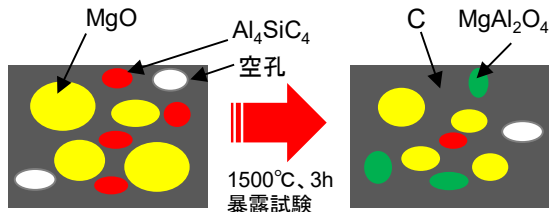
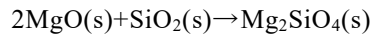
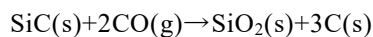
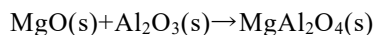
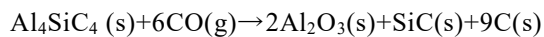


図2 耐火物の緻密化に関するイメージ

このような中、三重県では 2019 年に「2050 年までに、県域からの温室効果ガスの排出実質ゼロ」を目指すとした、三重県脱炭素宣言「ミッションゼロ 2050 みえ～脱炭素社会の実現を目指して～」³⁾とともに、三重県新エネルギービジョンでは「みえの地域エネルギー力」を「県民、地域団体、事業者、大学、行政などの多様な主体が、ライフスタイルや事業活動におけるエネルギーの使い方と意識を変革しながら、エネルギーの地産地消、環境・エネルギー関連産業の振興、エネルギー関連技術を生かした地域づくり、省エネの推進を協創の考え方で進めていく力」と位置づけ、SDGs や Society5.0 といった視点をふまえ、地域との共生を図りながら、その持続的な向上が可能となる。

そこで、工業研究所では、三重県新エネルギービジョンの下、国のエネルギー基本計画も見据えながら、エネルギー関連技術開発事業に取り組んでいる。この中で、県内企業の環境・エネルギー関連分野への進出を促進するため、工業研究所が中心となって、企業間ネットワークの構築や充実を図るとともに、脱炭素技術として温暖化ガスの排出大きいセラミックス製造技術分野について、「生産性向上に資する省エネ型セラミックス製造技術」に関するテーマで企業等と取組を行った。

2. 活動内容

現在、 Al_4SiC_4 は少量かつ高コスト（標準試薬を原料として高温焼成）での合成方法が報告されているが、実用化には低コストで大量に合成できる手法を確立する必要があることから、本活動では、実用化を目的に低コストかつ低温による焼成で Al_4SiC_4 が合成できる手法について検討した。

3. その他

耐火物に関する最新の技術情報を収集するとともに、これまでに得られた成果を普及するため、日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウムに参加し、口頭発表（講演番号：2B24 題目：カオリナイトの炭素熱還元による Al_4SiC_4 -SiC コンポジットの作製）を行った。

4. まとめ

本事業では、温室効果ガスの大幅な排出抑制が期待される製鉄分野において、劣化が激しい耐火物の高耐久化（耐酸化）技術の確立を目指して、当所と県内企業との共同研究を実施している。

今後は、耐酸化技術を適用した耐火物の特性評価などを実施するとともに、温室効果ガスの大幅な排出抑制が期待される水素還元製鉄分野への水平展開に向けて、当該専門分野で優れた知見を有する大学等と連携することで研究開発を加速させていく方針である。

参考文献

- 1) 環境省 2021 年度温室効果ガス排出量（確報値）
- 2) (一社)日本鉄鋼連盟<<https://www.course50.com/>>
- 3) 三重県脱炭素宣言<<https://www.pref.mie.lg.jp/common/01/ci500015425.htm>>