

工業炉における脱炭素燃焼技術の開発動向

友澤 健一*
服部 成真**

1. はじめに

工業炉における高温加熱プロセスは、あらゆる産業の製造現場において必要不可欠なプロセスである一方、大量の化石燃料が消費されている。工業炉とは、主として鉄鋼、自動車、電気、電子、窯業、化学工業及び環境関連の産業分野で、材料や部品の物理的・化学的・機械的性質を加熱によって変化させるための加熱設備の総称である。日本では現在、約 40,000 基の工業炉が稼働しており¹⁾、国内総排出量の約 17%^{**}を占める二酸化炭素排出源となっている。工業炉は加熱方式によって電気式工業炉と燃焼式工業炉に分類される。前者の熱源がヒーター加熱なのに対して、後者の熱源はバーナでの化石燃料の燃焼による加熱が大半を占める。燃焼式工業炉からは年間およそ 6,600 万トン(約 6.2%^{**})の二酸化炭素が排出されている。日本における 2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて、産業界の脱炭素化対策が急速に進むと予測されるなか、工業炉分野においても化石燃料依存からの脱却に挑戦する意義は大きい。

中外炉工業株式会社は、工業炉及び工業用バーナの総合エンジニアリングメーカーである。バー

ナとは、燃料を燃焼させて熱エネルギーを発生させる機器のことで、一般的な化石燃料系ガスや油が使用されることが多い。一方で、製鉄所や化学プラントなどで発生する副生ガスなど発熱量が低い難燃性のガスや油も燃料として使用されることもある。当社では様々な燃料の燃焼技術を有しており、創業以来、省エネ型バーナや低 NOx バーナ、さらに近年では水素バーナやアンモニアバーナの開発に取り組むなど、時代のニーズに呼応する開発及び製品化実績を有し、工業炉における省エネルギー化や脱炭素化に貢献してきた。

※ 一般社団法人日本工業炉協会集計による国内工業炉における 2018 年度の燃料消費量統計データをもとに、当社が算出した数値である。

2. 最近の脱炭素化の流れとカーボンフリー燃料について

日本においては、2020 年 10 月の菅元首相による『2050 年カーボンニュートラル』宣言に続き、2021 年 4 月には 2030 年までの温室効果ガス削減目標が当初の 26% から 46% 削減(2013 年度比)

* 中外炉工業株式会社 商品開発部 部長 K. Tomozawa 連絡先 E-Mail : Shigemasa_Hattori@n.chugai.co.jp
** 同 同 開発探索課 課長補佐 H. Shigemasa

工場監視のDX化

茂木 徹*
福田 仁志**

1. はじめに

気候変動問題の解決に向けて世界規模での脱炭素化の潮流が加速する中、2021年10月に「第6次エネルギー基本計画」が閣議決定された。新たな基本計画では、2050年カーボンニュートラル、2030年の温室効果ガス46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標の実現に向けたエネルギー政策の道筋が示されている。2030年に向けた政策対応のポイントとしては“徹底した省エネの更なる追及”が挙げられており、産業部門では、エネルギー消費原単位の改善を促す目標値の見直しや省エネ技術開発・導入支援の強化等に取り組むとしている。

低・脱炭素化への対応を経済成長の制約やコストではなく成長の機会と捉える時代に突入し、各企業が“徹底した省エネの更なる追及”に取り組むことは、単なるエネルギーコストの削減に留まらず、ESG投資等の資金調達手段の獲得や製品・企業の競争力向上といった経営力強化というメリットも創出し得る重要な経営課題となっている。

また、“工場内の生産ラインの稼働状況やエネルギー消費状況のモニタリングから最適化制御を行う技術”は、資源エネルギー庁と新エネルギー・産業技術総合開発機構が策定している「省エネルギー技術戦略」の重要技術にも位置付けられており、近年のデジタル技術の目覚ましい発展状況を踏まえると、更に進んだ省力化や自動化への期待も高まっている。

本稿では、工場の省エネ支援策として展開してきたエネルギー消費の見える化の取り組みに加え、生産工程を含む設備監視データの高度活用による工場のDXソリューションの展望について紹介する。

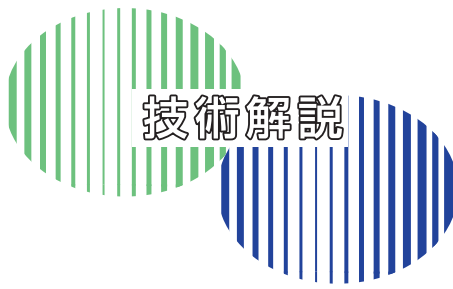
2. 見える化から最適化へ

東京ガス(株)では、工場の省エネ支援サービスとしてエネルギーの見える化ソリューションを提供してきた。図1に省エネ支援サービスの概要を示す。省エネ支援サービスとは「電気・ガス使用料金を節約したい」「各設備のエネルギー消費



図1 省エネ支援サービス概要

* 東京ガス株式会社 産業エネルギー営業部 産業技術グループ T.Motegi 連絡先 E-Mail : motegi@tokyo-gas.co.jp
** 同 ソリューション共創部 Joy 事業グループ H.Fukuda



技術解説

マイクロ波加熱技術の工業炉への適用 ～加熱効果の再認識と非熱効果への注目～

Application of microwave heating technology to industrial furnaces
-Reconfirmation of heating effect and attention to non-thermal effect -

朝熊 裕介*

1. 緒言

マイクロ波は「電子レンジ」として、簡単に食品を加熱、解凍できる調理器具として世界中の家庭で使われ、台所における必需品となっている。この加熱の特徴として、食品内の極性分子である水分子を高周波で直接振動・回転させ、その分子同士の摩擦熱を利用している。この直接加熱のため、他の調理方法と比較してエネルギー効率がが高く、加熱時間が非常に短くなる。さらに、お弁当等の加熱は食事の直前であることから、待ち時間が1分程度とその時間短縮の効果を実感しやすい。また、この利便性だけでなく、1分間の電子レンジの使用時の電気代は約0.6円、電子レンジの価格も安価な機種で1万円程度からと手ごろであることが普及の要因となっている。一方で、短時間で調理できる高効率な器具が他に見当たらない点も普及率を高めている。

現在、多くの化学プロセスにおいて熱供給が重要であるにも関わらず、家庭用の「電子レンジ」の圧倒的な普及率と比較すると、マイクロ波加熱を工業利用している応用例は少ないのが実情である。マイクロ波加熱の長所・短所を踏まえつつ、

その工業利用が行われている理由、逆に不向きな理由を解説する。また、今後のマイクロ波の工業利用の促進に向けて、その課題を検証し、加熱プロセスだけでなく、他のプロセスへの応用を踏まえた提言を行う。

2. マイクロ波加熱の特徴

電子レンジで使われるマイクロ波の周波数は2.45 GHzであり、1秒間あたり24億5000万回電界が変化する。水のような極性分子はその変化に追従できずに遅れることになり、この現象が摩擦による熱エネルギーとなり発熱する。このため、対象物の温度を急速に上げることができる。一方で、火炎や熱風を使う加熱の場合、加熱壁から熱伝導によって熱エネルギーが内部に伝わる。一般的に、熱伝導率は大きい値ではなく、温度勾配も限度があることから、加熱時間は長くなる。このように、マイクロ波による直接的な加熱が通常の伝導伝熱や対流伝熱を利用した加熱方法と比較して、熱効率や加熱時間の点で優れていることに疑いの余地はない。この急速加熱の特徴が電子レンジの普及の大きな要因である。

* 兵庫県立大学大学院 工学研究科 化学工学専攻 准教授 Y.Asakuma 連絡先 E-Mail : asakuma@eng.u-hyogo.ac.jp

CO₂のメタン化における メカノケミカル法によるアプローチ

CO₂ methanation studied from mechanochemical approach

源馬 龍太*
林 諄 眞**
澤原 馨 登***

1. はじめに

近年、化石燃料の大量消費による大気中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度が上昇しており、人為起源 CO₂ の地球温暖化への影響が指摘されている¹⁾。そのため、CO₂ を排出しない水素 (H₂) エネルギーシステムへの転換が進められているが、H₂ の供給インフラ整備や水素の大量生産・保存・利用技術の更なる開発が必要なため、迅速に対応するにはまだ課題がある。

一方、CO₂ 排出量削減は急務であるため、排出された CO₂ と H₂ を反応させメタン (CH₄) を生成する、CO₂ のメタン化 (メタネーション) が提案されている²⁾。原料となる H₂ には、再生可能エネルギー由来の電力を用いた水の電気分解によって得られた H₂ (グリーン水素) を用いる。得られる CH₄ は天然ガスの主成分であり、既存の天然ガスインフラを利用することができるため H₂ と比べると燃料として扱いやすい。また、CH₄ の燃焼によって排出される CO₂ を、追加の CO₂ 排出無く再度 CH₄ へと転換することができれば、炭素リサイクルプロセスと捉えることができる他、CH₄ を燃料としてだ

けでなく化学原料として工業的に利用することも考えられる。

2022年現在、メタネーションは国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「CO₂ 有効利用技術開発事業」の中でも重要な位置付けとなっており、例えば、株式会社 INPEX が新潟県長岡市越路原にプラントを持ち実証事業を行っている³⁾ 他、日立造船株式会社 (Hitz) は株式会社エックス都市研究所とともに、神奈川県小田原市の環境事業センターにおいてごみ焼却炉から排出される CO₂ から 125 m³/h のメタンを生成する、国内最大規模の実証設備を建設し、2022年6月より運転を開始している⁴⁾。

CO₂ と H₂ の反応による CH₄ の生成は、サバティエ (Sabatier) 反応⁵⁾ として知られ、式 (2) の逆水性ガスシフト反応と式 (3) の一酸化炭素の水素化反応のそれぞれの素反応からなる反応式 (1) で表される反応である。この反応は発熱反応であるものの、活性化障壁が大きいことから、効率よくメタンを生成させるには Ni もしくは Ru や Rh 等の貴金属触媒と、一般的には 300 °C 以上の高温

* 東海大学 工学部 応用化学科 講師/東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター 研究員 R. Gemma
連絡先 E-Mail アドレス : ryota.gemma@tokai.ac.jp

** 東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻/現 株式会社アルプス技研 営業推進部 T. Hayashi

*** 東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻/現 筑波大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群/
現 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター 官能基変換チーム K. Sawahara

製品紹介

リジェネレータ用 SiC ボール蓄熱体



清木 晋**
常吉 孝治***
高木 修* 小池 康太****

1. はじめに

株式会社TYKでは、2003年よりDPF (Diesel particulate filter) を開発・販売している。DPFはディーゼル自動車エンジンより排出されるススを捕集し燃焼することから高い耐熱性と耐熱衝撃性が求められる。この材料としてTYKではSiC(炭化ケイ素)を用いている¹⁾。このSiCを工業炉のリジェネレータ用蓄熱体に応用すべく2011年より研究を開始した。²⁾ 工業炉用リジェネレータは、最近の温室効果ガスの排出を低減させる方法として広く知られているが、更に省エネルギー化を進めることを目的として蓄熱体の高性能化に着手した。蓄熱体としての形状はボールとハニカムがあ

り、SiC蓄熱体として両方を開発した。一般にはボールがメンテナンス性の点で有利と考えられており³⁾、ボール蓄熱体の素材としては、一般にアルミナが用いられている³⁾。本報告ではSiCボール蓄熱体をアルミナボールと比較して紹介する。

2. TYK製SiCボールの特徴

2.1 熱伝導性

市販の蓄熱体用アルミナボールと熱伝導性を比較した。直径19mmのボールを高さ10mmの略立方体に切断し、設定温度400℃としたホットプレート上に立てて加熱開始し、温度変化をサーモカメラで横から撮影した。

*	株式会社TYK	環境材料研究所	理事	O. Takagi	連絡先 E-Mail : os.takagi@tyk.jp
**	同	同	部長	S. Seiki	
***	同	同	次長	K. Tuneyoshi	
****	同	同	役員	Y. Koike	

カーボンニュートラルに向けた当社の取り組み

中台 康博*

概要

国内では温室効果ガス排出量を 2050 年までに実質ゼロにする目標を宣言しており、世界的にも各国が目標年度を宣言し、様々な取り組みが行われている。

当社も CO₂ 排出量の削減目標を発表し、当社内だけでなくお客様の CO₂ 削減にも貢献出来る様な活動を行い、2050 年のカーボンニュートラルに向けて様々な取り組みを行っている。その中でも熱処理の分野について行っている取り組みを紹介させて頂く。本稿では、工業炉でのカーボンニュートラルに向けた国内の動向、工業炉からの CO₂ 排出量、窒素ベースシステム熱処理の紹介、窒素ベースシステムに変更した際の CO₂ 削減量のイメージについて紹介させて頂く。

1. はじめに

2020 年 10 月に日本政府は国内の温室効果ガス排出量を 2050 年までに実質ゼロにする目標を宣言した。世界的にも各国が目標年度を宣言し、様々な取り組みが行われている。このような世界的な CO₂ 削減の目標に対して、当社も CO₂ 排出量の削減目標を表 1¹⁾ の通り発表している。また、自社だけでなく、表 2 の通りお客様の CO₂ 削減にも貢献出来る様な活動を行い、2050 年のカーボンニュートラルに向けて様々な取り組みを行っている。表 2 には全ての取組を記載出来ていないが熱処理の分野についても取組を行っている。

熱処理工程において、炉の熱源やガスが CO₂ の排出源であることは認識されている方が多いが、雰囲気については、部品製造に必要なガスのため、変更は難しく、まだ検討されていないことが多いと感じる。実際に熱処理の分野にて CO₂ の削減方

法を紹介させて頂くと、まだ雰囲気については考えていない等の意見を聞いている。

表 1 当社の CO₂ 排出量削減

<p>CO₂排出量の削減</p> <p>エア・リキードは、長年にわたって持続可能な成長を目指してきました。2018 年、当グループはすでに炭素強度の 30%削減を掲げており、2025 年までに、その目標を達成することを目指しています。そして今、私たちは、CO₂ 排出量を削減する、より意欲的な目標を設定しました。</p>	<p>-33%</p> <p>2035 年までに CO₂ 排出量を 33%削減</p> <p>エア・リキードは、2035 年までに CO₂ 排出量を絶対量で 33%削減することに取り組んでいます。この排出量には、生産設備やコージェネレーション設備からの直接排出に加え、当グループが事業で消費する電力や蒸気の間接排出も含まれています。</p>	<p>2050 年までにカーボンニュートラルを達成</p> <p>エア・リキードは、パリ協定で示された地球温暖化防止のための国際的な取り組みに沿って、低炭素電力使用の大幅な増加、革新的な CO₂ 回収技術の導入、サプライチェーンの最適化、生産部門の効率向上などにより、2050 年までにカーボンニュートラルを実現することを目標にしています。</p>
---	--	--

表 2 当社の低炭素ソリューションの開発

<p>お客様や産業界に向けた低炭素ソリューションの開発</p> <p>自社のカーボンフットプリントを削減するだけでなく、産業界のお客様のカーボンフットプリント削減にも貢献しています。私たちの技術的専門知識と革新的な能力を駆使して、お客様の排出量を削減する環境にやさしい持続可能なソリューションを開発しています。</p>	<p>例えば、当グループは鉄鋼業界と密接に連携し、鉄鋼製造時に水を大規模利用することで、CO₂ 排出量を削減しています。また、製鉄プロセスで排出される炭素を回収・リサイクルする新技術の開発も行っています。</p>
--	---

* 日本エア・リキード合同会社 産業ガス事業本部 ALTEC Y.Nakadai 連絡先 E-Mail : yasuihiro.nakadai@airliquide.com