

Chugai Ro Thermal Technology News

Vol. 20

2023.1



執筆者ご紹介

今回は
ワタシが執筆いたします！

中外炉工業株式会社
プラント事業本部 サーマシステム事業部 営業・購買部長
兼「中外炉サーモテックニュース」編集長

池田 勇

本号執筆者プロフィール

1985年	中外炉工業 入社
1991年	International Flame Research Foundation (オランダ) に出向し燃焼研究に没頭
1994年	中外炉工業サーモシステム事業部に復帰
2009年	サーモシステム事業部長に就任
2014年	子会社である中外炉タイ、中外炉インドネシアの社長に就任し現地駐在
2019年	中外炉工業サーモシステム事業部長に再び就任
2022年	サーモシステム事業部 営業・購買部長に就任

技術解説

中外炉工業株式会社 研究所紹介

中外炉工業はカーボンニュートラル(温室効果ガス排出量実質ゼロ)への貢献を目指して研究施設「熱技術創造センター」の開設(2023年11月)を決定しました。新センターは脱炭素や省エネルギー燃焼技術を開発する「燃焼ゾーン」(従来の燃焼研究所の機能)、全固体電池電解質など注目素材の処理技術開発に特化する「機能材ゾーン」、アイデア創出や外部連携強化を狙う「共創スペース」で構成される予定です。また従来の技術研究所も「金属熱処理研究所」と「ゼロエミッション研究所」に名称を変更します。そこで今号と次号の2回にわたり、これまでの燃焼研究所と技術研究所での活動を紹介することにしました。なお下記の紹介記事は、日本燃焼学会誌第63巻206号2021年11月に掲載された「中外炉工業株式会社 研究所紹介」からの転載になります。



熱技術創造センターイメージ

1. 緒言

中外炉工業株式会社は1945年の創業以来、「熱技術を核として新しい価値を創造し、これを通じて社会に貢献する」を経営理念としてきた。この経営理念のもと長年に渡って培った「Thermal Technology」「Total Engineering」「Advanced Technology」の3つの基盤技術と、それに支えられた14のコア技術を深化・融合させることによって、鉄鋼・自動車などの基幹産業や情報・通信産業において、省エネルギーや環境負荷低減などの社会ニーズに適応した製品を提供してきた。

14のコア技術



中外炉工業では、これらのコア技術に磨きをかけて革新的な技術開発を推進するために、燃焼研究所と技術研究所の2か所の研究所で分野別に技術開発を実施している。

- ・**燃焼研究所** 省エネルギーやNOx低減などの新しい燃焼技術開発や特殊な燃焼装置の開発

- ・**技術研究所** 新しい技術分野の基礎開発および熱技術に関する実用開発

本稿では燃焼研究所と技術研究所の紹介とそこで実施された燃焼関連の技術開発事例を解説する。

2. 燃焼研究所の概要

中外炉工業 燃焼研究所<図1>は中外炉工業の主力工場である堺事業所からは少し離れた大阪府柏原市に1977年に設立され、以来一貫して新しい燃焼技術開発に取り組んできた。



図1. 燃焼研究所 外観

2-1) 年代別燃焼技術開発の歴史

1970年代は2度のオイルショックの影響もあり、予熱空気をを用いた省エネルギー型バーナ開発が活発に実施された。中外炉工業の代表的な予熱空気バーナであるH-PLB型オイルバーナ<図2-1>やH-TMG型ガスバーナ<図2-2>はこのころに開発された。



図2-1. H-PLB型オイルバーナ



図2-2. H-TMG型ガスバーナ



図3-1. FHC型バーナ

1980年代になると低NOx燃焼技術開発が本格的となり、鉄鋼加熱炉などを中心に二段燃焼型低NOxバーナとして広く普及しているFHC型バーナ<図3-1>はこのころに開発された。

またラジエントチューブバーナにおいても様々な低NOxバーナが開発された。

1990年代になると予熱空気による省エネルギーと低NOx燃焼技術の両立が求められた。リジェネバーナ<図3-2>はその両立が可能な技術としてこのころに開発が開始された。リジェネバーナ普及拡大には1990年代に実施されたNEDO事業の「高性能工業炉の開発」とそれに続く「高性能工業炉導入フィールドテスト」が大きく貢献した。このNEDO事業には中外炉工業も燃焼機器メーカーと炉メーカーの両側面から参画した。



図3-2. リジェネバーナ

2000年代になるとリジェネバーナの普及に伴い様々なタイプのリジェネバーナ(大型、小型、セルフ型、ラジエントチューブ型)が開発された。またマイコンを用いた燃焼制御システムの先駆けであるIBS(Intelligent Burner System)<図4-1>が開発されたのもこのころである。

2010年代になるとバーナ単体の開発に加えて、火炎内の高温特性を活用した火炎内処理技術の開発が進められた<図4-2>。また2010年代後半になると地球温暖化防止の気運の高まりとともに水素やアンモニアなどの脱炭素燃料の燃焼技術開発に着手した。



図4-1. IBS (Intelligent Burner System)

2-2) 燃焼研究所の試験設備

燃焼研究所では7基の試験炉と2基の火炎内処理設備を備えていて、種々のガス燃料および油燃料を用いて燃焼技術開発が行われている。

大型試験炉(最大燃焼量1,400kW)	1基
中型試験炉(最大燃焼量700kW)	2基
小型試験炉(最大燃焼量300kW)	2基
ラジアントチューブバーナ試験炉	2基
火炎内処理設備(サンプル試作用)	2基
予熱空気発生機(最高500℃)	2基
対応燃料	13A都市ガス、LPG、各種混合ガス、水素、灯油、軽油、重油



図4-2. 火炎内処理設備

3. 燃焼研究所の開発事例

中外炉工業 燃焼研究所では1977年の開設以来44年間にわたり数多くの燃焼技術開発を実施してきた。その中から代表的な3件の事例を解説する。

3-1) セルフリジェネバーナの開発事例

リジェネバーナは1990年代に実用化され、今日では省エネルギー効果が最も高い工業用バーナとして様々な工業炉に採用されている。その中からここではセルフリジェネバーナ〈図5〉を解説する^[1]。

通常のリジェネバーナシステムは〈図6〉に示すように2台1組のバーナ本体(=バーナノズル)、蓄熱器(=ボール)および切換弁で構成されるが、セルフリジェネバーナはそれらの要素を1台のバーナに集約したものである。これによりリジェネバーナの弱点である大きな設置スペースの問題を解決した。



図5. RCB-ES型 セルフリジェネバーナ外観^[1]

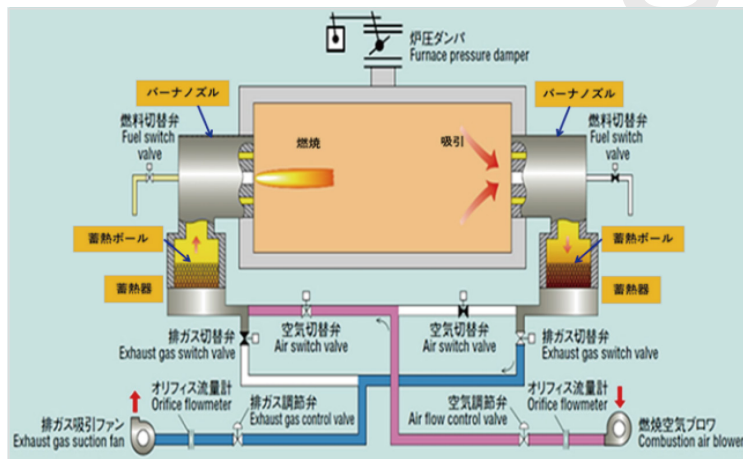


図6. リジェネバーナシステム作動原理

開発における技術的課題は、炉温1,300℃における耐久性、低NO_x性、コンパクトサイズの両立であった。開発初期段階はコンパクトサイズを優先するあまり耐火物厚みが足りないなどのトラブルもあったが最終的にはこれらの課題を全て解決したバーナが完成した。〈図7〉に燃焼量290kWのセルフリジェネバーナの構造図を示す。バーナ2台分の切換弁、蓄熱ボール、バーナタイルの機能をコンパクトに収納することができた。

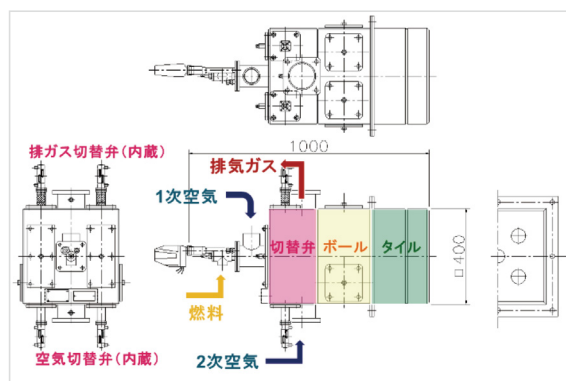


図7. 290kWセルフリジェネバーナ構造図

〈図8〉にセルフリジェネバーナの燃焼火炎写真を示す。四角いバーナタイトルの左側の上下2つの穴は排ガス吸引ノズルとなり、バーナタイトル右側の上下2つの穴は燃焼空気ノズルとなる。この左右のノズルは30秒毎に燃焼空気ノズルと排ガス吸引ノズルの役割を交代する。左右の穴の中央には燃料ノズルが配置され、燃料が連続的に供給される。また燃料ノズル周囲に供給する1次空気量を調整することで火炎長さを調整することができる。燃焼量290kWのバーナでは火炎長さを1,500-2,000mmの間で調整することが可能となる。

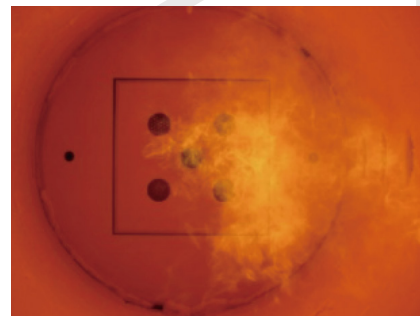


図8. セルフリジェネバーナ 燃焼火炎

〈図9〉に炉温1,300℃におけるNOx特性を示す。燃焼空気吐出速度を高めて炉内排ガス自己循環を促進することでリジェネバーナ特有の高温空気燃焼にも関わらず13A都市ガスにおいてNOx=60ppm (O₂=11%) 以下の低NOx性能を達成した。

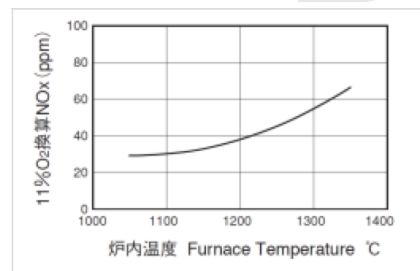


図9. セルフリジェネバーナ NOx特性

3-2) 工業利用の汎用水素バーナの開発事例

中外炉工業とトヨタ自動車株式会社は2018年に世界で初めて工業利用を目的とした汎用水素燃焼バーナを開発した^[2]。水素バーナ実用化のためには、水素の桁違いに早い燃焼速度(メタンの約8倍の速度)に起因するバーナ燃焼筒内部での異常燃焼を防止し、最高断熱火炎温度上昇(メタンより150℃上昇)に伴い増加するNOx生成量を低減する必要があった。〈図10〉は従来型バーナで燃料のみ水素に転換して燃焼した時の写真である。バーナ燃焼筒内部での異常燃焼によりバーナ燃焼筒が赤熱している。〈図11〉は従来型バーナで13A都市ガスを燃焼した時の写真である^[3]。

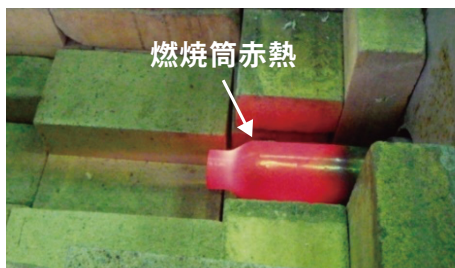


図10. 従来型バーナでの水素燃焼^[3]



図11. 従来型バーナでの13A都市ガス燃焼^[3]

上記の課題解決のために、バーナ燃焼筒内部での水素と燃焼空気の混合状態の最適化を進めた結果、バーナ燃焼筒内部での異常燃焼を防止しつつNOx生成量を低減できるバーナ構造を確立した。〈図12〉にバーナ構造の模式図を示す。技術的なポイントは以下の3点である。

- 水素と燃焼空気を平行に吐出する
- 水素と燃焼空気の吐出口の距離を離す
- 水素の吐出速度を高める

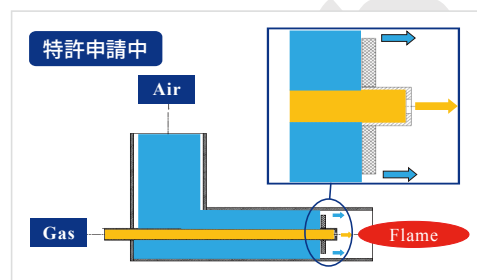


図12. 汎用水素バーナの構造

このバーナ構造を採用することで水素と燃焼空気の混合が緩慢になり局所的な火炎温度上昇を抑制することができた。その結果バーナ燃焼筒の赤熱も無くなり〈図13〉、NOx生成量も13A都市ガスを燃焼した場合と同等以下にまで低減できた。〈図14: 燃焼量100%で13A都市ガス29ppm O₂=11%換算、水素19ppm O₂=11%換算〉



図13. 汎用水素バーナの火炎

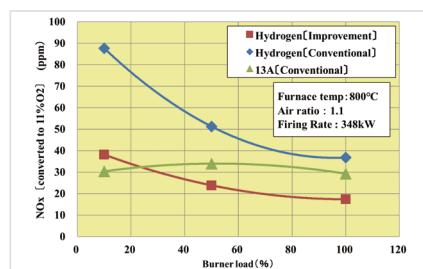


図14. 汎用水素バーナのNOx特性

水素を汎用バーナで燃焼させるためのバーナ構造は確立できたが、工業炉で水素を安全に使用するためには既存燃料とは異なる配慮が必要になる。特にバーナの点火・消火時の逆火対策は必須である。現時点では点火・消火時毎に水素配管を窒素パージしているが、水素を工業炉の燃料として普及させるためにはより簡便な逆火対策が必要になる。

3-3) 火炎内処理技術の開発^[4]

火炎内処理技術は主に高機能粉体材料を製造するためのプロセス技術である。この技術では火炎を従来の加熱源としてではなく、熔融・球状化や焼成等のプロセス領域として粉体処理プロセスに直接作用させている。〈図15〉に熔融・球状化の模式図を、〈図16〉にシリカ原料と火炎内処理による球状化の写真を示す。



図15. 火炎による熔融・球状化の模式図^[4]

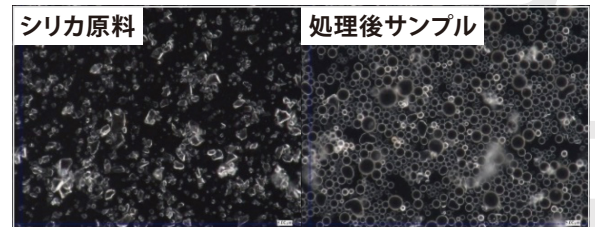


図16. シリカ原料と火炎内処理による球状化^[4]

火炎内処理技術による粉体処理プロセスは、〈図17〉に示す「粉体供給装置」「熔融炉」「粉体回収装置」の3つのシステム要素で構成されている。特に「熔融炉」の性能は大変重要で、以下の技術課題を満足することが求められる。

- 1) 材料が熔融する高温火炎→酸素燃焼で実現
- 2) 材料の火炎内滞留時間の制御→燃料と酸素の最適混合制御
- 3) 火炎安定性→燃料と酸素の最適混合制御
- 4) 均一火炎内温度分布→燃料と酸素の最適混合制御
- 5) 小粒径粉体対応→分散ガス投入で粒子凝集防止
- 6) 大量生産と製品品質向上の両立→マルチノズル化

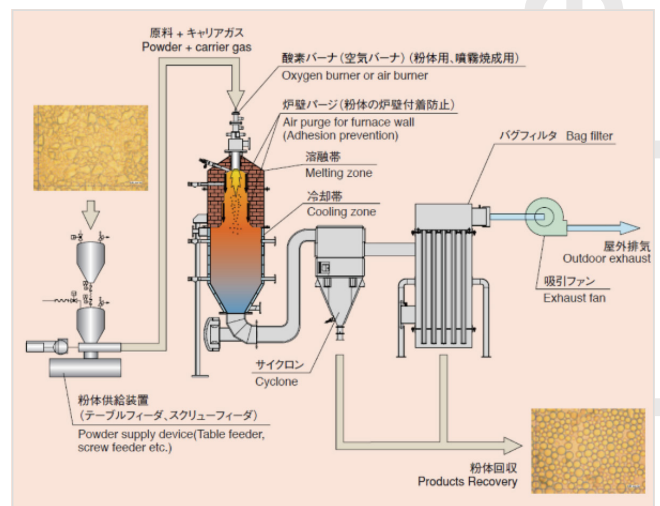


図17. 火炎内処理技術による粉体処理プロセス^[4]

火炎内処理技術を応用した新たな技術開発にも取り組んでいる。金属酸化物の気相合成技術は、火炎中で気化した金属粒子と酸素を反応させて金属酸化物を生成する技術である。この技術を用いて平均粒径26.18μmの金属シリコンから平均粒径0.62μmのナノサイズシリカ粒子の生成に成功した。また機能性材料の焼成技術としては、水酸化アルミニウムからαアルミナへの火炎内焼成にも成功した。また脱炭素燃焼技術開発の一環として水素を燃料とする試験を実施し、水素が火炎内シリカ球状化の燃料として適用可能であることを確認した。火炎内処理技術は火炎内の高温で化学的活性が高い特殊な環境を積極的に活用する技術であり、その特徴から新しい高機能材料を効率的に製造できる可能性を秘めた技術として注目されている。

References

- [1] 中外炉工業RCB型低NOxリジェネレーティブバーナカタログ 14-15:
<https://chugai.co.jp/wp/wp-content/uploads/2016/07/cb-250-02m.pdf>
- [2] トヨタ自動車株式会社ニュースリリース:
<https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/25255692.html>
- [3] 中外炉サーモテックニュース Vol.03 (2020年3月):
https://chugai.co.jp/wp/wp-content/uploads/2019/12/CRTTN_03.pdf
- [4] 丁 驍騰、林 佑樹、友澤 健一、谷山 公勇、
火炎内処理技術による微粉体材料の熱処理プロセス、日本燃焼学会誌205号

次号では技術研究所について紹介いたします

発行:

中外炉工業株式会社

堺事業所 プラント事業本部 〒592-8331 堺市西区築港新町2丁4番

TEL(072)247-1440(直通)

東京支社 プラント事業本部 〒108-0075 東京都港区港南2丁目5番7号(港南ビル)

TEL(03)5783-3378(直通)

名古屋営業所

〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1丁目21番19号(名駅サウススクエア)

TEL(052)561-3561(代表)

