

# 工業加熱

INDUSTRIAL HEATING

2021/5 VOL.58 NO.3

通巻345号 隔月刊・奇数月発行

## 技術解説

- 保持室ヒータ式酸化物抑制炉 (Hybrid Freedom) の開発

## 耐火物・断熱材特集

### 製品・技術紹介

- 高耐熱性マイクロポーラス系断熱材 LTC-HT
- 環境対応型不定形耐火物のご紹介
- マイクロポーラス断熱材の特性と適用事例
- 超低熱伝導率断熱材 TOMBO™ No.4350-GH ロスリム® ボード GH ~省エネ化・低炭素社会を実現する新技術の高性能断熱材~

## 情報・アーカイブ

- エクセルギーについての覚書き

---

技術解説	保持室ヒータ式酸化物抑制炉 (Hybrid Freedom) の開発 ..... 日本坩堝株式会社 益田・佐野・楊光 ... 1 株式会社梶谷 梶谷
耐火物・断熱材特集	
製品・技術紹介	
	高耐熱性マイクロポーラス系断熱材 LTC-HT ..... イソライト工業株式会社 末武・川崎 ... 7
	環境対応型不定形耐火物のご紹介 ..... 品川リフラクトリーズ株式会社 西村・浅川 ... 11
	マイクロポーラス断熱材の特性と適用事例 ..... シルサーム・ジャパン株式会社 狩野・福野 ... 16
	超低熱伝導率断熱材 TOMBO™ No. 4350-GH ロスリム® ボード GH ～ 省エネ化・低炭素社会を実現する新技術の高性能断熱材～ ..... ニチアス株式会社 伊藤・前田・古宮 ... 22
情報	アーカイブ
	エクセルギーについての覚書き ..... 一般社団法人日本工業炉協会 鈴木 豊 ... 26
温故知新	寛治に訊け！「エネルギーバランス・フロー」とは何ね？（補足） ..... 下川 寛治 ... 34
回想山脈	山ものがたり 第3回八ヶ岳の南と北 ..... 末吉 菊次郎 ... 42
JIFMA SDGs	日本工業炉協会の SDGs への取組み ..... 47
千思万考	世界の燃焼技術史 ～第3回～ ..... 仲町 一郎 ... 48
閑話休題	【産業史に学ぶ】 3. バブル崩壊後の日本（バブル期～ミレニアム） ..... 前田 章雄 ... 55
連絡	記事募集のご案内 ..... 59 協会通信 ..... 61

---

# 保持室ヒータ式酸化物抑制炉(Hybrid Freedom)の開発

益田 昌人\*  
佐野 祐介\*\*  
楊 光\*\*\*  
梶谷 健\*\*\*\*

## 1. はじめに

酸化物抑制炉(商品名: Freedom)(保持室の掃除が要らない溶解保持炉)は、2018年度に日本で発売を開始した。その概要は酸化皮膜の保護作用により、酸化物抑制効果、溶湯品質改善効果、作業性改善効果を得るものであり、市場においても当初のコンセプト通りの効果を上げている。

今回は保持室にヒータを採用したハイブリッド(ガス・電気)タイプの溶解保持炉(以下、「従来型溶解保持炉」と言う)に対し、酸化物抑制効果を狙った溶解保持炉の開発をテーマとした。

従来型溶解保持炉は、一般的なガス式溶解保持炉では全体のガス使用量の約30%を占める、保持室のエネルギーを電気ヒータに変えることにより、低炭素化電源となった場合におけるCO<sub>2</sub>削減を可能にする。また週末等の設備停止時に、電気のみで溶湯温度を保持することで、設備使用者に無人運転時の安心を与えることができる、という特徴を持っている。

一方、従来型溶解保持炉では、保持室内溶湯の酸化が進み、毎日除去しなければならないほど

の酸化物が発生する。これは保持室内の酸素とアルミ溶湯による酸化反応であるため、電気ヒータで加熱したとしても、酸化が進むことになる。そこで従来型溶解保持炉のさらなる性能向上を目指し、酸化物抑制、溶湯品質向上及びCO<sub>2</sub>削減のための電力削減を具体的目的として、保持室ヒータ式酸化物抑制炉(商品名: Hybrid Freedom)の開発に取り組むこととした。

## 2. 酸化物抑制炉

### 2.1 酸化皮膜の保護作用

保持室のアルミ溶湯は、雰囲気中の酸素や水蒸気と速やかに化学反応し、アルミ溶湯表面に酸化皮膜を生成する。生成された酸化皮膜はガス吸収を抑え、その後の酸化を抑える効果もある。

アルミ溶湯が長時間静置された場合、酸化皮膜には亀裂が発生する。溶湯アルミの表面には、非晶質のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を経て、結晶質のγ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の酸化皮膜が速やかに生成する。γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の酸化皮膜は緻密で保護作用があり、溶湯ガスの吸収や酸化を抑える働きがある。しかし温度及び時間に関

\* 日本坩堝株式会社 海外事業部 執行役員 M. Masuda 連絡先 E-Mail : m-masuda@nihon-rutubo.co.jp

\*\* 同 海外事業部 課長 Y. Sano

\*\*\* 同 築炉事業部 主任 YANG GUANG

\*\*\*\* 株式会社 梶谷 社長 T. Kajitani

# 高耐熱性マイクロポーラス系断熱材 LTC-HT

末武 伸介\*  
川崎 修\*\*

## 1. はじめに

耐火断熱材は、耐熱性向上による使用範囲の拡大と断熱性向上による省エネルギー効果の向上が求められる。マイクロポーラス（Microporous：以下MP）系断熱材は、繊維質断熱材と比較して高い断熱性を有しており、各種工業炉の炉壁や製鉄及び非鉄金属製造の溶鋼設備の裏張り材に使用される。その中で鉄鋼業界においては、製鋼工程の熱損失の低減化に向けて積極的に活用されている<sup>1)</sup>。しかしながら、断熱性が優れていることで、MP系断熱材の界面温度が高くなり、使用条件によっては耐熱性が追いつかず、使用用途が限定的であった。そのため、当社では1400℃グレードの高耐熱性MP系断熱材LTC-HTを開発した<sup>2)</sup>。そこで、本稿ではLTC-HTの特性を説明するとともに、実機使用を想定した場合の検証試験及び熱計算シミュレーションについて述べる。

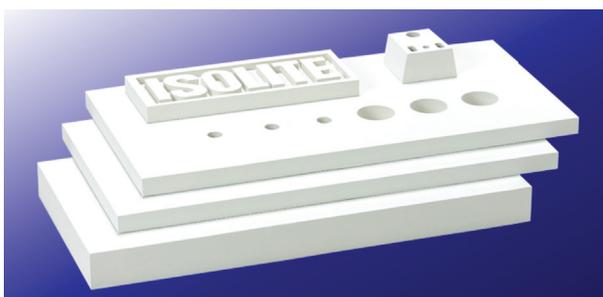


写真1 LTC-HT 外観

## 2. MP系断熱材の構造と課題

一般的なMP系断熱材は、微粒子と無機繊維と赤外線散乱材を用いて成形された断熱材であり、伝熱機構の三形態を最適化することで高い断熱性を発現する（図1）。主原料である微粒子は、シリカ系ナノ微粒子が用いられており、使用温度は

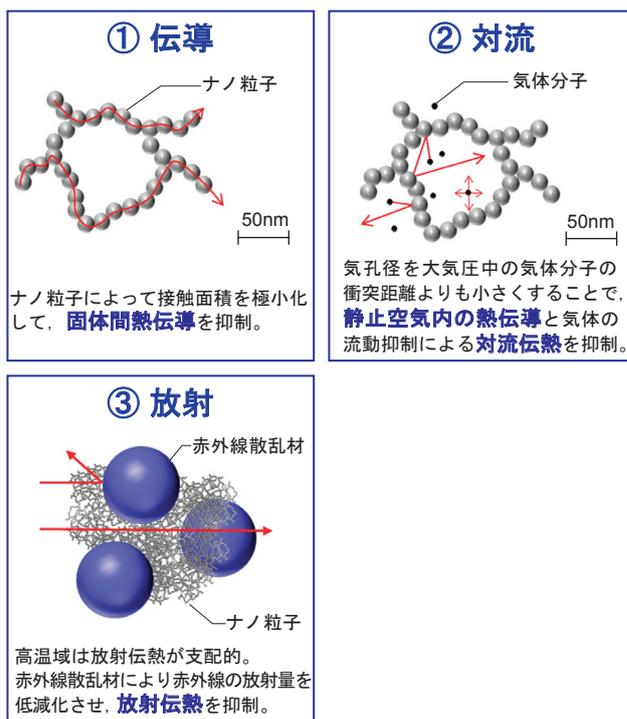


図1 伝熱形態のイメージ図

\* イソライト工業株式会社 ファーネスエンジニアリング部 技術室 室員 S. Suetake  
\*\* 同 同 部長 O. Kawasaki

# 環境対応型不定形耐火物のご紹介

西村 雅史\*  
浅川 幸治\*\*

## 1. はじめに

各種工業炉に用いられる不定形耐火物は、比較的容易に施工が可能のため、様々な用途、部位に使用が進み、市場からのニーズも年々多様化している。近年その中でも、① エネルギー効率の向上、② 施工、在庫管理の省力化が求められており、従来の耐用性やコストに加え、これら環境の課題に対応する耐火物の検討が必要であると考えます。

① については、脱炭素社会の実現に向けた社会的なニーズとして、その取り組みが加速している。各種窯炉に用いられる耐火物は、従来から様々な方法でエネルギー効率の向上に向けた検討が進められてきた<sup>1~3)</sup>。市場には断熱れんが、セラミックファイバー等様々な材質があるが、本報告では不定形耐火物の中から特にエネルギー効率の向上を目的に開発したキャストブルを紹介する。

② については、労働人口の減少により築炉業界の人手不足が将来的に懸念されることから、施工や在庫管理の負荷軽減につながる汎用性の高い不定形材料を紹介する。

## 2. 高エネルギー効率材質

各種窯炉のエネルギー効率向上を目的に、当社の特徴的な断熱キャストブル2材質を以下に紹介する。

### 2.1 高強度断熱キャストブル LN-150

工業炉全般の熱ロス、耐火物への抜熱や鉄皮からの熱放散が主な要因である（開口部がある場合はそこからの熱放散）。これらの中でも耐火物への抜熱は割合が高く、エネルギー効率の観点からワーク材断熱が効果的であることは広く知られている<sup>4)</sup>。しかし、長期間の耐用が求められる窯炉のワーク材には、断熱性よりも耐用性に関する性能が重視されることの方が多い。一般的に、ワーク材の寿命を律速する主要因は、操業中の熱衝撃や温度変化に起因する亀裂、剥離である。長期の使用によりワーク材の背面組織が脆化し、亀裂や剥離が発生する場合も多いため、中間温度域（1000℃付近）の強度向上が炉寿命延長対策の一つになると考えられる。

---

\* 品川リフラクトリーズ株式会社 技術研究所 第2研究部 第2研究室 主任研究員 M.Nishimura  
連絡先 E-Mail アドレス : nishimuram@shinagawa-ref.com

\*\* 同 技術研究所 第2研究部長 兼 第2研究部 第2研究室長 K.Asakawa

# マイクロポーラス断熱材の特性と適用事例

## Characteristics and Application Examples of Microporous Insulation Materials

狩野 哲男\*

福野 修一\*\*

### 1. はじめに

菅義偉総理大臣は2020年10月26日、所信表明演説で、「成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げてグリーン社会の実現に最大限注力してまいります。我が国は、二〇五〇年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち二〇五〇年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。」と表明した。今後ますます省エネルギーの重要性は高まり続けるが、その一つとして断熱材の選定・使用があげられる。本稿では、断熱材の一つであるマイクロポーラス断熱材の特性と適用事例について述べる。

### 2. マイクロポーラス断熱材の特徴

一般的に断熱材は、気体の伝熱が低いという特性を利用しているため、静止空気よりも低い熱伝導率を達成することが出来ない。

マイクロポーラス断熱材は、すべての熱移動を抑制する機能もつため、静止空気よりも低い理論上最も優れた熱伝導率を持つ断熱材であり、-70℃の低温から1000℃を超える幅広い領域で使用可能である。さらに、本断熱材を真空断熱材のコア材として使用した場合には、複雑なセル構

造により真空度を長期間維持することができる。そのため、従来の真空断熱材と比較して、真空度という観点から長期耐久性に優れた断熱材である。

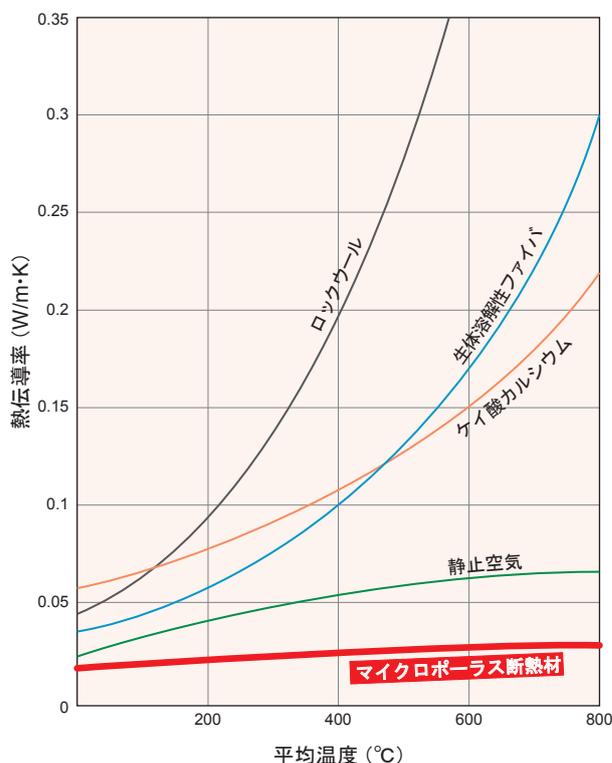


図1 マイクロポーラス断熱材の熱伝導率

\* シルサーム・ジャパン株式会社 T.Karino 連絡先 E-Mail アドレス: japan@siltherm.com

\*\* 同 S. Fukuno

## 超低熱伝導率断熱材

TOMBO™ No.4350-GH ロスリム® ボード GH  
～省エネ化・低炭素社会を実現する新技術の高性能断熱材～

伊藤 泰男\*  
前田 健\*\*  
古宮 裕章\*\*\*

## 1. はじめに

ほとんどのエネルギーは熱（冷熱を含む）として使用されるため、熱の有効利用がエネルギーの合理化に直接結びつく。産業用では工業炉や加熱・乾燥装置での大規模な省エネ化が、民生用では暖房・冷房といった空調や給湯器の高効率化が、さらには燃料電池等オンサイト分散電源がその代表例である。

今や世界規模でカーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略が進められており、日本政府も「2050年カーボンニュートラル」を宣言する中、今後急速に省エネ化やCO<sub>2</sub>排出量削減による脱炭素化が進むと予想される。

現在の断熱材料は無機繊維系多孔体やけい酸カルシウム保温材が主流であり、一層の省エネ化や脱炭素化を進めるためには、熱伝導率のさらなる低減による断熱性能の向上が強く求められる。

本製品では、産業、民生部門で広くエネルギー利用の合理化を達成する上で不可欠な高機能・低熱伝導率断熱材の商品化を目的とした。

具体的には、産業向けとして省エネ及びCO<sub>2</sub>排出量削減型の工業炉や加熱・乾燥装置、並びに民

生向けとして実用化が進む燃料電池の改質器周囲の断熱部材に対し、優れた保形性、強度、加工性、薄肉化等の機能を持つとともに従来品の断熱性能を遥かに上回るナノ多孔・複合構造を有する高性能断熱材を紹介する。

## 2. 製品概要

- (1) 静止空気を上回る優れた断熱性
- (2) 従来の低熱伝導断熱材を凌駕する良好なハンドリング性
- (3) 特殊工具を必要としない優れた加工性

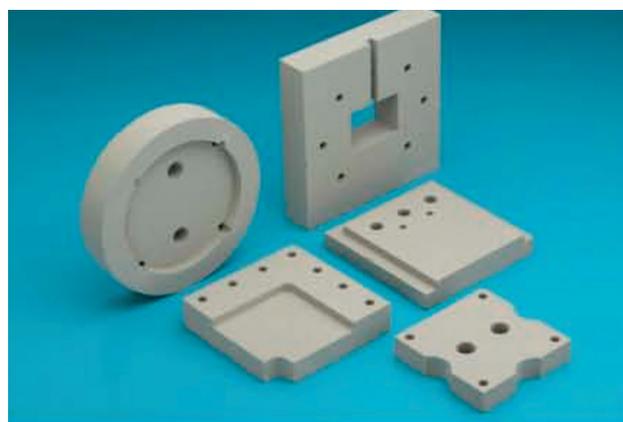


写真1 TOMBO™ No. 4350-GH「ロスリム® ボード GH」の加工品

\* ニチアス株式会社 Y. Ito

\*\* 同 K. Maeda

\*\*\* 同 H. Komiya



# エクセルギーについての覚書き

鈴木 豊\*

## 1. はじめに

エクセルギーという技術用語がある。その概念の歴史は結構古く、カルノーまで遡り、戦前にも研究されていたという。エクセルギーという名前はドイツのラントにより1956年に名付けられた。そして第1次オイルショックの時には、エクセルギーの計算法に関するJISの有効エネルギー評価方法通則(JIS Z 9204)が制定されたが、その概念と計算がやや複雑であり、広く普及するまでには至らなかった。しかし地球温暖化問題を契機とした省エネルギーの必要性から、エクセルギーの概念が再び見直されはじめ、省エクセルギーなどという用語も使われるようになった。日本工業炉協会が中心となって策定している工業炉の各種効率評価(ISO 13579-11)にも、エクセルギーの概念が入ってくる予定である。

エクセルギー  $EX$  というと、まず次の定義式から議論が始まることが多い。

$$EX = (H - H_0) - T_0(S - S_0)$$

エンタルピー  $H$  はともかく、エントロピー  $S$  まで出てくると、なかなかイメージがわきにくい。そこで、エクセルギーとは何かというレビューを試みた。

## 2. エネルギーの量と質

保存則というものがある。ある過程で入口と出口で、ある量が変わらないことを述べたものである。有名なものに質量保存則やエネルギー保存則がある。ただし、これも考えている土俵によるので注意を要する。ここでは古典力学や熱力学の範囲を対象とする。有名なアインシュタインの  $E = mc^2$  という公式があるが、この式は質量がエネルギーに変わりうるということなので、ここまで考えると質量保存則やエネルギー保存則は単独では成り立たない。それはさておき、熱力学の第一法則であるエネルギー保存則によればエネルギー(エンタルピー)は不生不滅、減ることはない。エネルギーが減少する(消費される)という言い方は少しおかしい。

一方で、石油や石炭などの燃料資源は有限でこれは使えば減少していくことは、実感としては間違いが無い。エネルギーが無くなるというエネルギー問題はエネルギーの量がなくなるのではなく、エネルギーの質が消費されるのである。燃料はエネルギーの質が高く、この質が失われることがエネルギー問題である。

化石燃料は太古からの太陽での核融合のエネルギーが地球上の生物の働きにより蓄積されたもの

\* 一般社団法人日本工業炉協会 事務局 Y. Suzuki (2016年5月出版当時)