

NEDOプロジェクト 「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」

断熱技術の開発 成果報告

2023年2月27日（月）
美濃窯業株式会社

（1）断熱技術の研究開発

1. 開発の狙い
2. 開発目標
3. 成果

高強度高断熱性多孔質セラミックス
耐高温高効率熱交換器
高効率バーナー及び蓄熱体

（2）今後の展望

1. 開発の狙い（断熱技術の研究開発）

美濃窯業株式会社

設立：1918(大正7)年

資本金：8億7700万円

上場取引所：名証2部

本社：岐阜県瑞浪市

本社事務所：愛知県名古屋市

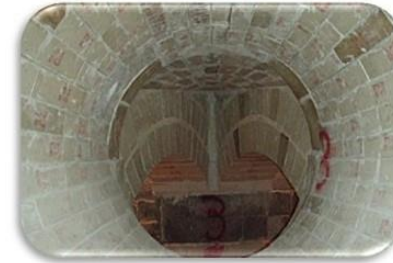
従業員数：260名(2022年3月)

耐火物の製造・販売・施工を中心に、焼成炉および付帯品の設計・製作・施工・販売などを幅広く手がけています

耐火物・セラミックス事業



耐火物



築炉



メンテナンス



ファインセラミックス

プラント事業



バッチ炉



連続炉



自動化設備



マイクロ波炉

建築材料・舗装用材事業



セラサンド™



セラサンドHW-N™



セラレジンUW™



タフコン™

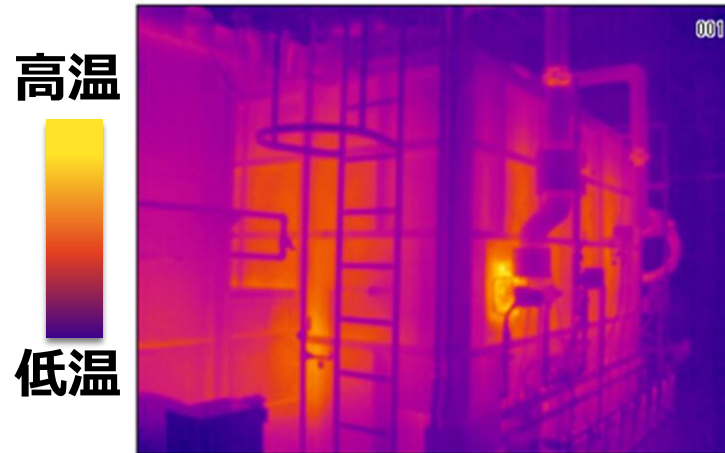
1. 開発の狙い（断熱技術の研究開発）



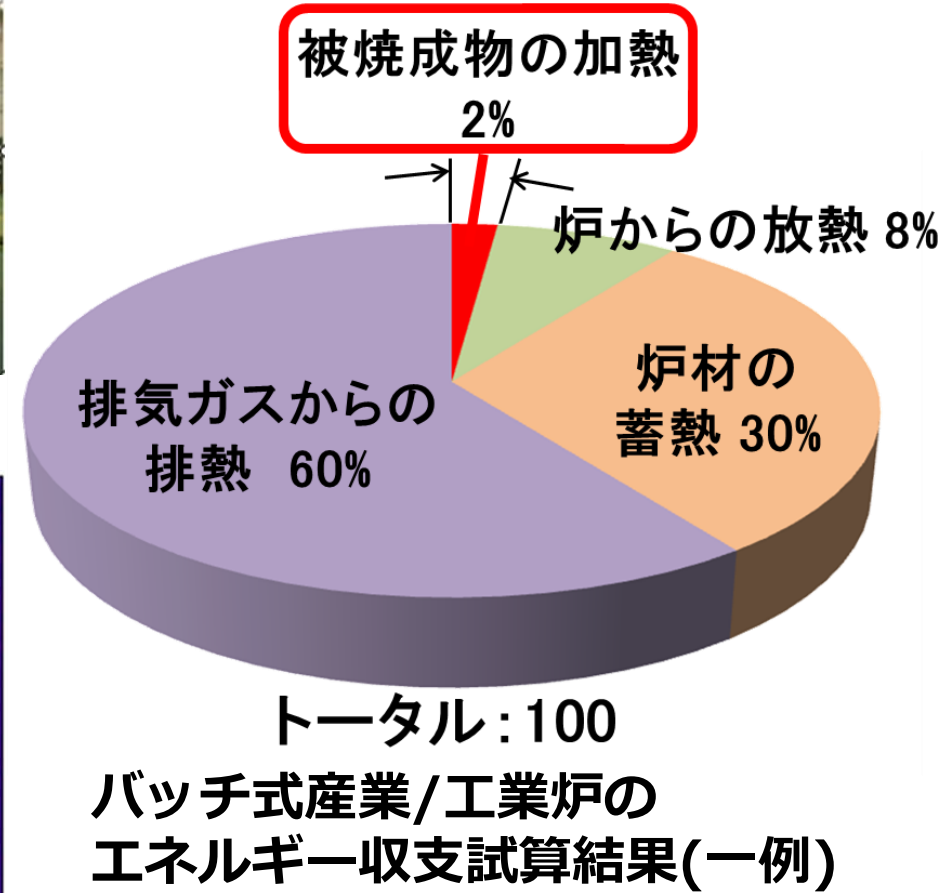
ファインセラミックス、耐火物製品
※製品製造には、高温での熱処理が必須です



バッチ式産業/工業炉外観



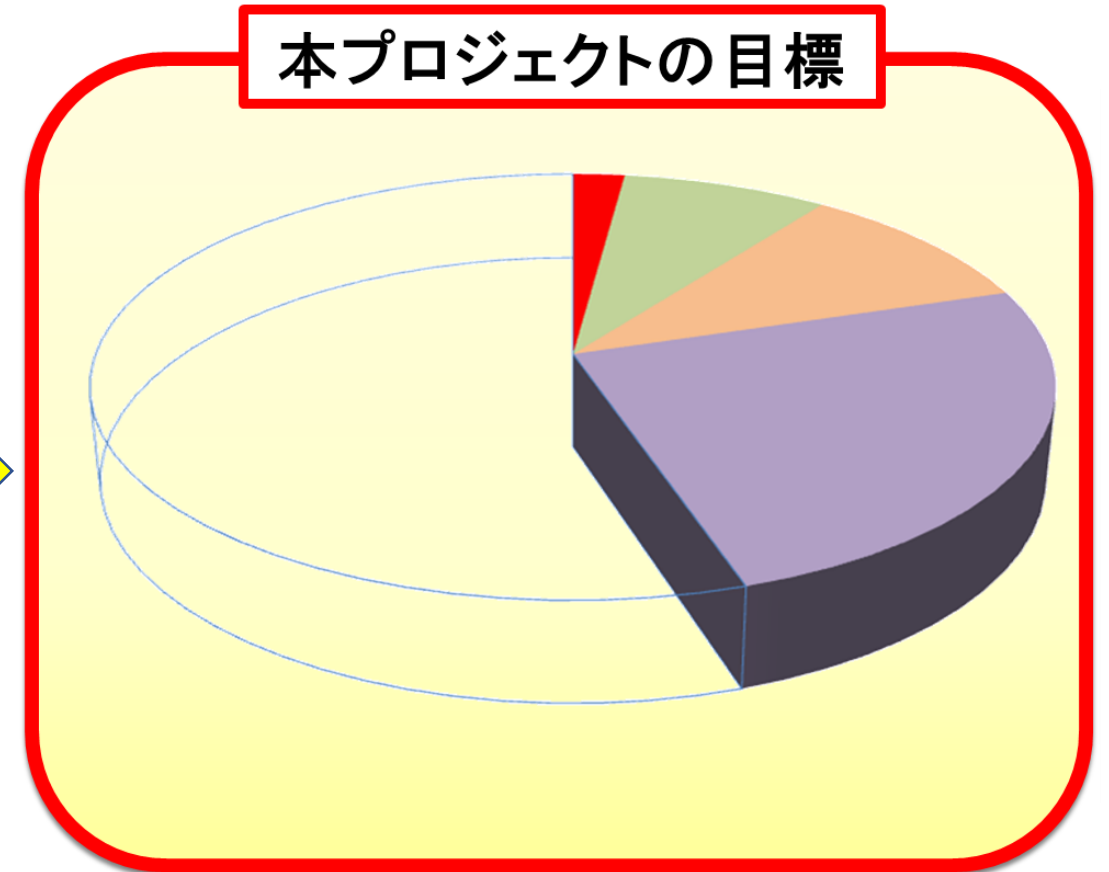
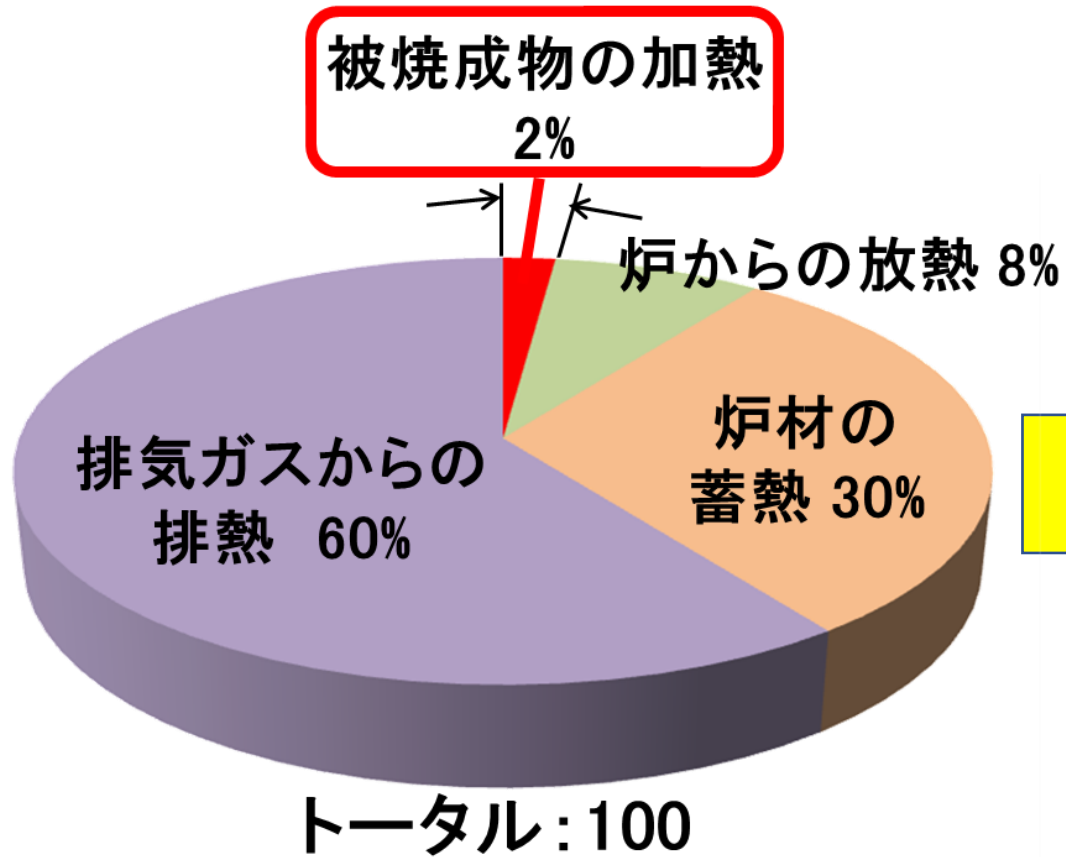
操業中のサーモグラフィ写真



現状

ファインセラミックスや耐火物等を焼成する高温用産業/工業炉では多量の熱が廃棄されています
CO₂排出量削減対策や燃料高騰対策として、産業/工業炉のユーザーから省エネルギー化の要望が非常に高くなっています→**未利用熱の削減、再利用によるエネルギー効率化が必要です**

2. 開発目標

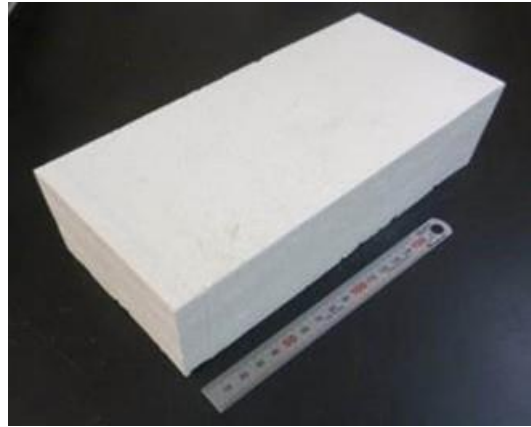


排熱削減率50%以上

— 開発目標 —

高断熱性を有する多孔質セラミックス等の各開発部材を実装した検証炉を作製し、従来炉と比較して排熱削減率が50%以上になることを検証します

3. 成果 (各開発品紹介)



1. 高強度高断熱性
多孔質セラミックス



2. 高耐熱性
高効率熱交換器



高エネルギー効率産業/工業炉

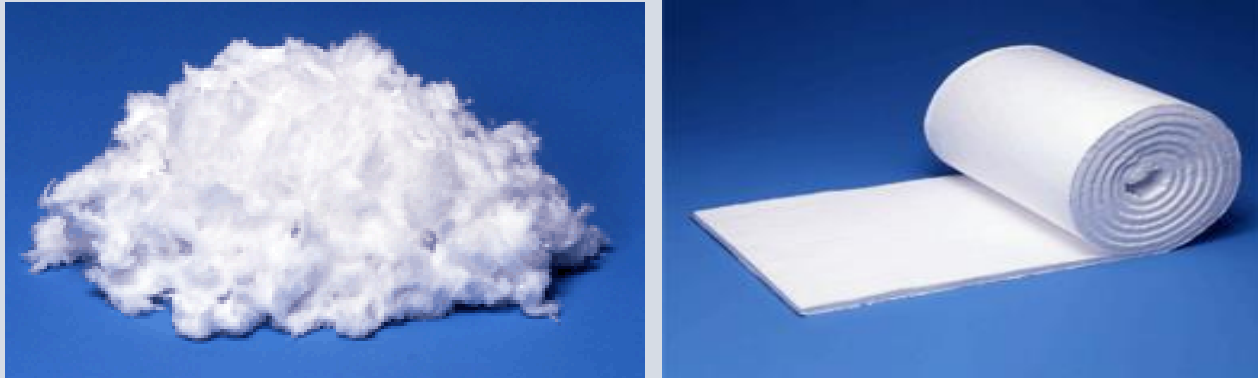


3. 高効率バーナー

3. 成果（高強度高断熱性多孔質セラミックスの研究開発）

既存高温用断熱材

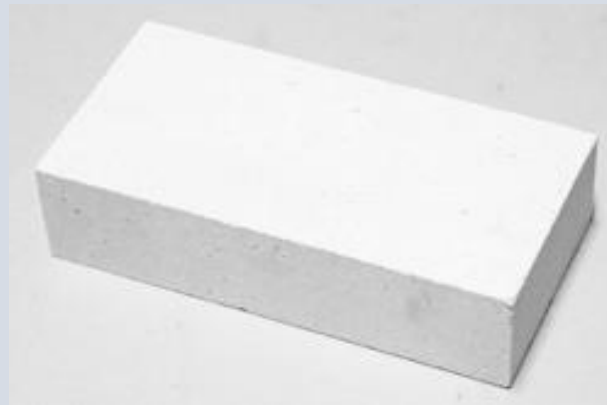
ファイバー断熱材



- ・ 軽量、高断熱、フレキシブルが特徴です
- ・ 低強度のため荷重負荷が高い環境での使用が困難です
- ・ 継続使用により断熱材組織が劣化、飛散し、被焼成物の汚染が懸念されます

引用：日本高温断熱ウール工業会HP

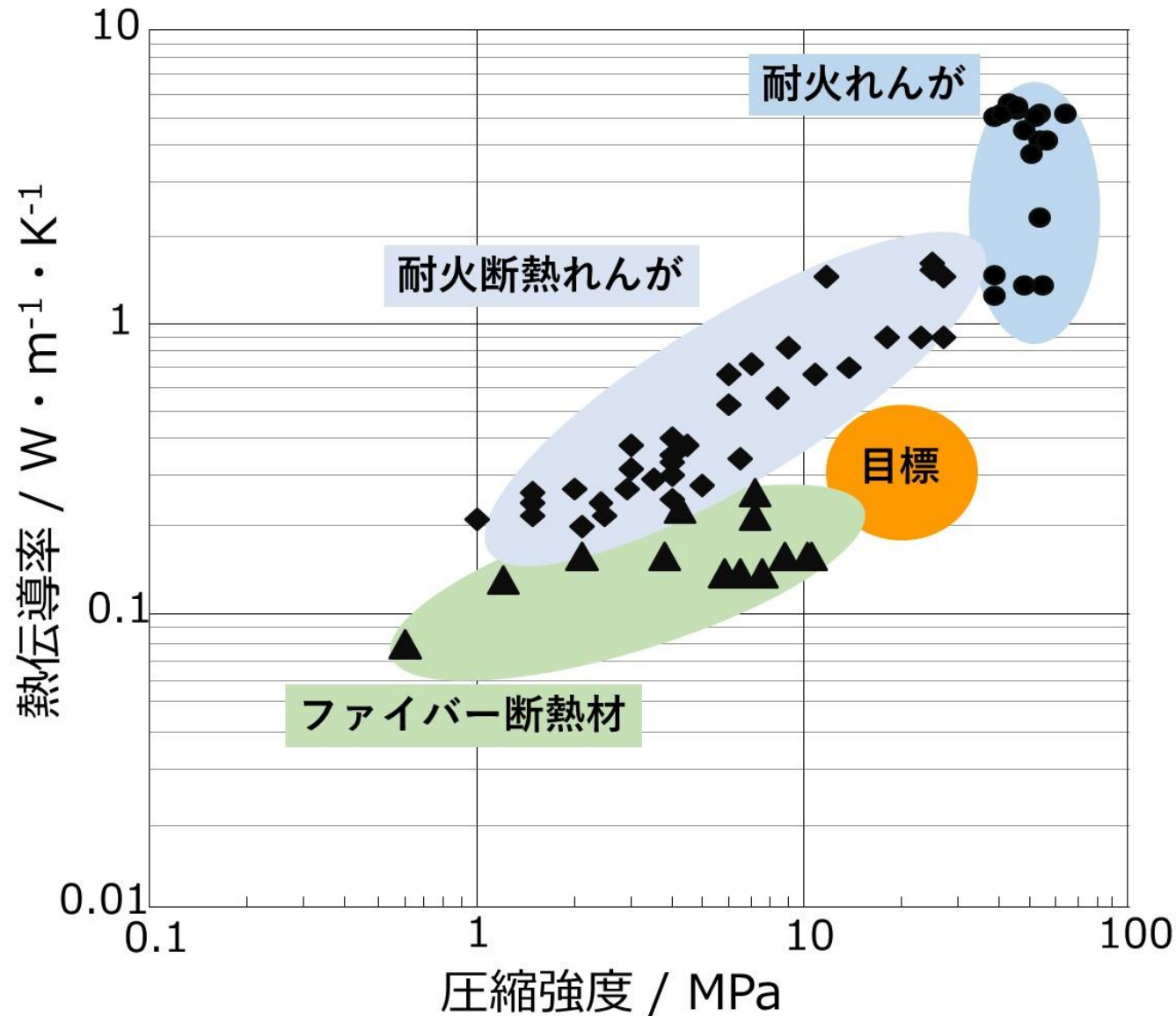
耐火断熱れんが



高アルミナ質断熱れんが

- ・ 高強度、高耐熱が特徴です
- ・ ファイバー断熱材と比較し低断熱です
- ・ 原料に有機系造孔剤を使用する場合、製造時に温室効果ガスが発生します

3. 成果（高強度高断熱性多孔質セラミックスの研究開発）



高強度高断熱性 多孔質セラミックスの開発

二律背反の関係にある高強度と低熱伝導率の同時達成が必要です
→ゲル化凍結法を用いて断熱材作製を検討しました

最終目標値

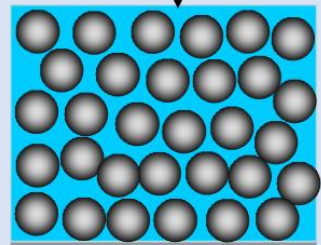
熱伝導率：0.2W/m · K以下
圧縮強度：20MPa以上

既存断熱材の熱伝導率/圧縮強度相関性及び開発断熱材目標

3. 成果 (高強度高断熱性多孔質セラミックスの研究開発)

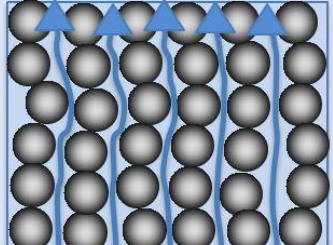
ゲル化凍結法

セラミックス分散ゲル

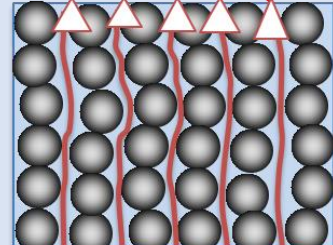


冷却

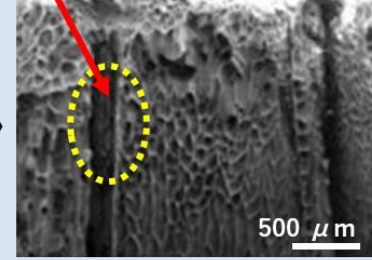
氷結晶



氷結晶→気孔



粗大気孔



ゲル化

凍結

凍結乾燥 (氷の昇華)

焼成

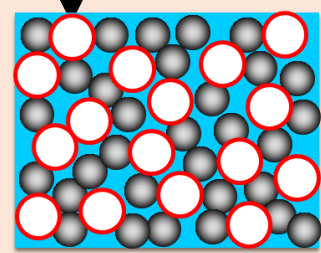
Fukushima et al., J. Ceram. Soc. Jpn., 116, 1322-1325, (2008)

実用化に向けた課題

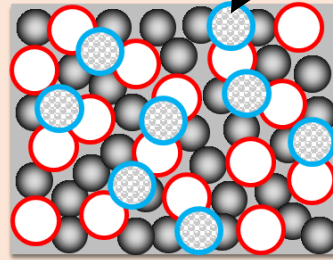
- ・ 高含水により凍結乾燥に時間を要し生産性が低いです
- ・ 粗大気孔(氷結晶)の発生時、構造が不均一になります

ゲル化凍結法+気泡

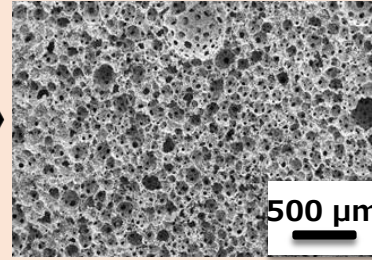
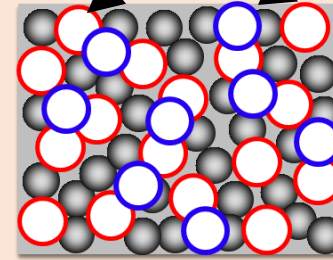
気泡



氷結晶



気孔



ゲル化

凍結

凍結乾燥 (氷の昇華)

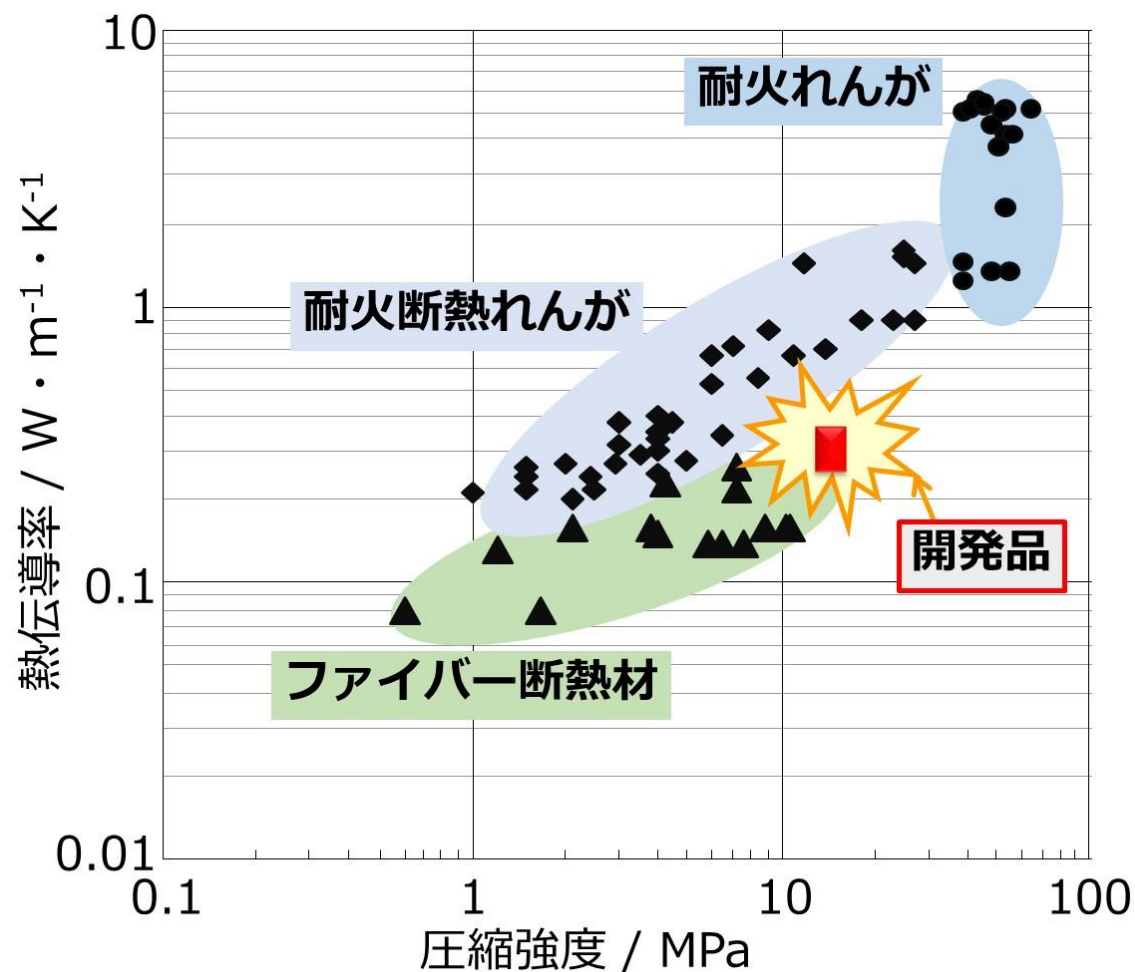
焼成

特許第6614505号

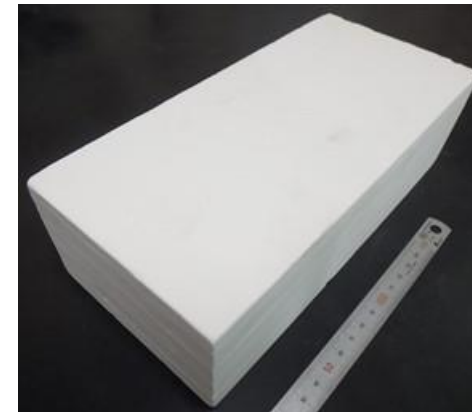
改善方法の検討

- ・ 水分の一部を気泡に置換することで乾燥時間短縮が可能です
- ・ 気泡添加により粗大気孔の発生を抑制し、均一な構造が得られます

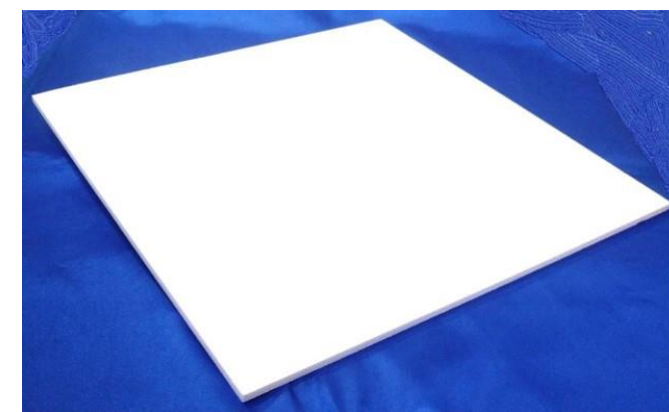
3. 成果 (高強度高断熱性多孔質セラミックスの研究開発)



開発断熱材外観



230×114×t65mm



300×300×t5mm

- 任意の形状を作製することが可能です
- アルミナやムライト等一般的なセラミックス材質であれば、多孔質セラミックスを作製可能です

開発断熱材は以下の特性値を達成しました

試作ベース: 0.2W/m·K以下、圧縮強度20MPa以上

量産ベース: 0.25W/m·K以下、圧縮強度10MPa以上

3. 成果 (耐高温高効率熱交換器の研究開発)

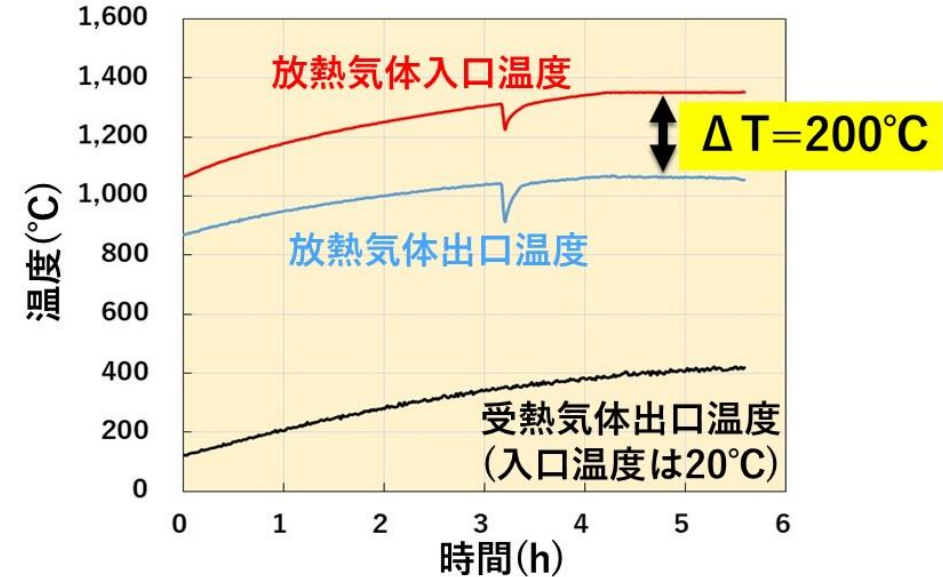
既存熱交換器の一般的な仕様

金属ケース+金属内張り

- ・使用可能温度：～1000℃
 - ・高熱回収効率：15-20%
- 耐熱性改善が課題です**

金属ケース+耐火材料内張り

- ・使用可能温度：1000℃～
 - ・低熱回収効率：5-7%
- 熱回収効率改善が課題です**



耐高温高効率熱交換器テスト結果

	使用温度	熱回収効率
既存熱交換器	1500℃	5～7%
開発品	1300℃	約24%
	1500℃	約23%

～Φ600mm

～L1500mm



開発した耐高温
高効率熱交換器

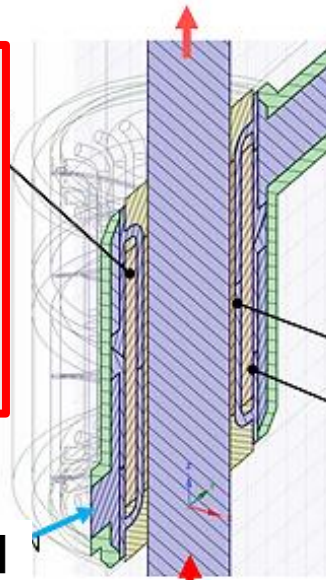
特許 第5810237号

特殊耐火物

- ・耐熱性が向上しました
- ・熱伝導率が高くなりました

放熱気体出口

受熱気体出口



多筒管構造

- ・受熱面積増によって熱交換効率が向上しました

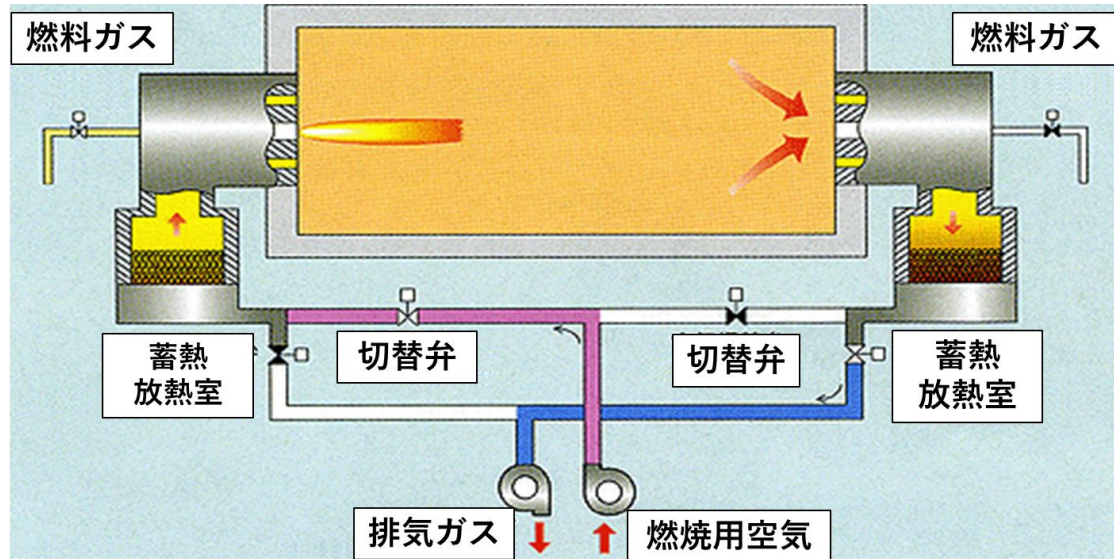
2重筒構造

- ・内部を2重筒構造とすることで耐熱性が向上しました

受熱気体入口

放熱気体入口

3. 成果（高効率バーナー及び蓄熱体の研究開発）



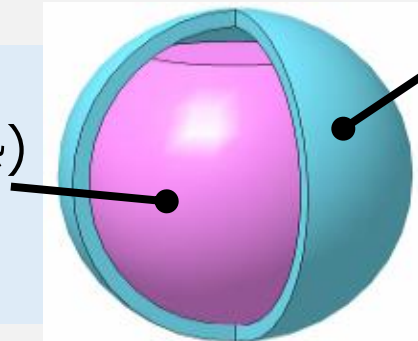
リジェネレイティブバーナー概略図

セラミックスで作製された既存の**顕熱蓄熱体**は高温で使用可能ですが
→**低熱伝導率**のため入熱放熱速度が低い
→**低熱容量**のため**大型蓄熱室の設置が必要**で、設置スペースの制約上、使用できないユーザーがいらっしゃいます

入熱放熱速度が高く高熱容量な新規蓄熱体を試作しました

コアに金属、シェルにセラミックスを使用したコアシェル型蓄熱体を開発しました

コア：金属
高熱容量(潜熱)
熱交換速度大
(高熱伝導率)



シェル：セラミックス
高強度、高耐熱
熔融塩や金属に対する高耐食性

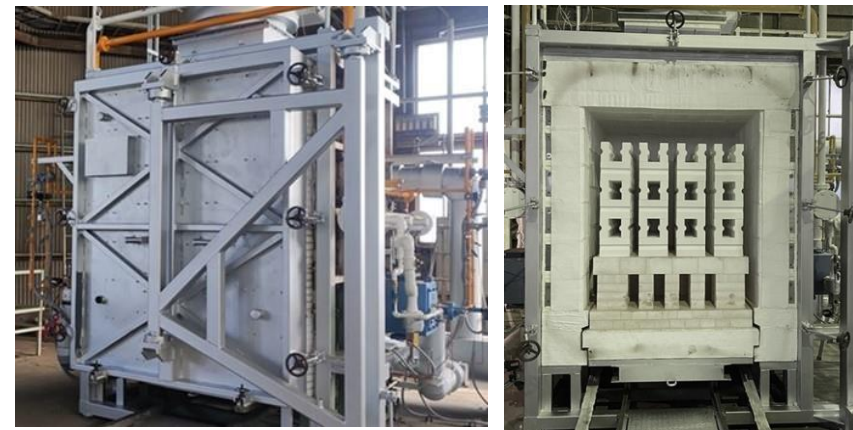


コアシェル型蓄熱体
特許第7016109号

- ・約1000℃の排気ガスから蓄熱、放熱が可能になりました
- ・セラミック蓄熱体に比べ入熱放熱速度が**約2倍**となりました

3. 成果 (検証設備でのエネルギー効率検証)

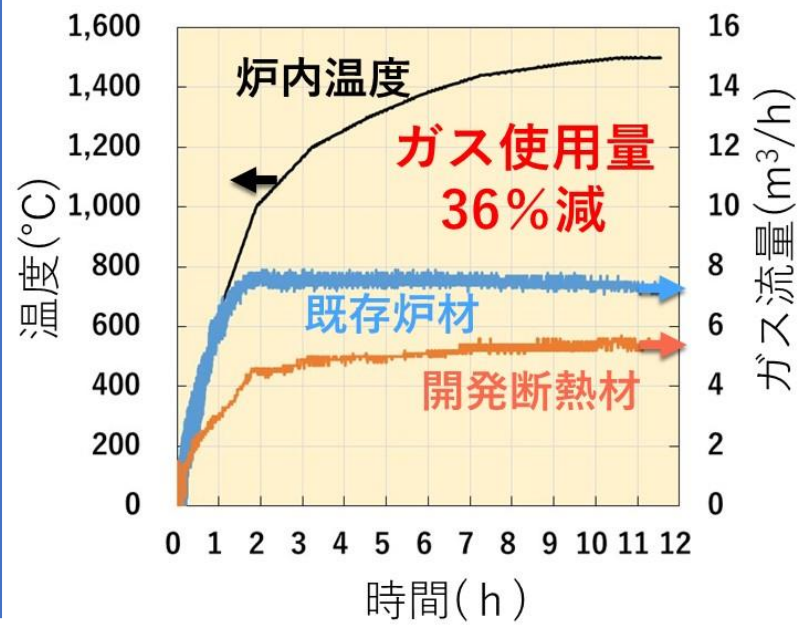
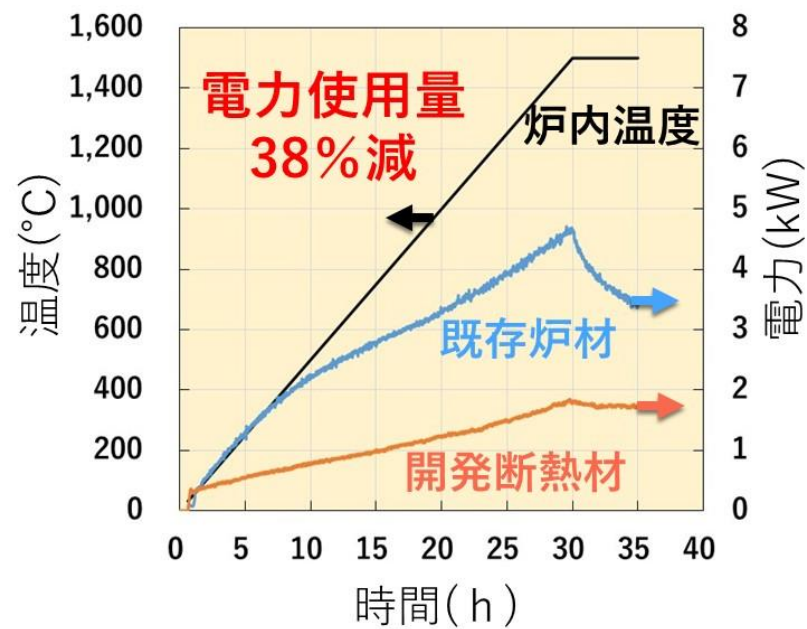
開発した断熱材(高強度高断熱性多孔質セラミックス)と既存炉材を各炉に施工し、炉内を1500℃まで加熱するのに要したエネルギー源の使用量を測定。エネルギー源使用量の削減率を検証した



小型電気炉(炉内容積約0.01m³)

小型ガス炉(炉内容積約0.7m³)

検証炉(炉内容積約2m³)

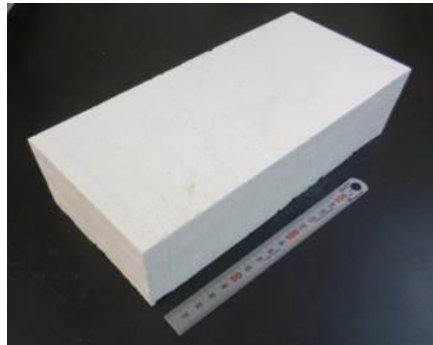


- 開発した断熱材を炉内へ施工し、加熱テスト実施中です
- 今後、テストを継続し断熱材の耐久性評価やエネルギー効率を検証していきます

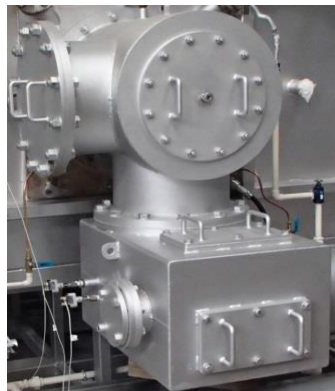
今後の展望



- ・ 開発した断熱材等を実装した検証炉を用いて、社内で長期テストを予定しています
- ・ 炉を含めた各開発部材の耐久性評価等の検証、課題抽出、改良を実施予定です
- ・ 長期テスト終了後に高エネルギー効率型産業/工業炉として販売開始予定です



- ・ 開発した断熱材や高効率バーナー、熱交換器は市販化に向けて低コスト化が課題です
プロジェクト終了後も製造プロセスや設計を見直し、低コスト化を検討して参ります
- ・ 各開発部材については、単体での販売も予定して参ります



断熱材

小型電気炉用断熱材等としてPRを実施し市販化を目指します

高効率バーナー、熱交換器

既存顧客(産業/工業炉ユーザー)へのPRを実施し既設品の置き換え需要を狙う予定です