

# 未利用熱マネジメントによる 省エネルギー型産業/工業炉の 研究開発

プロジェクト名： 未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発

プロジェクト実施者： 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
美濃窯業株式会社

プロジェクト実施期間： 2013年11月～2023年3月





## 1-1.研究開発の背景

# 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



耐火物製造・販売



耐火物施工工事



キルンメンテナンス



高機能セラミックス

### プラント事業



バッチ式炉



連続炉



自動化・省人設備



マイクロ波炉

### 建築材料・舗装用材事業



Cerasand™



Cerasand HW-N™



Ceraresin UW™

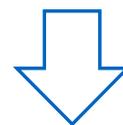


Toughcon™



バッチ式高温用ガス焼成炉

半導体製造装置用セラミック部品の製造に使用する  
焼成炉の使用温度は**1500°C以上**が一般的です



炉内の加熱に大量の  
燃料(エネルギー)を使用します

さらに...

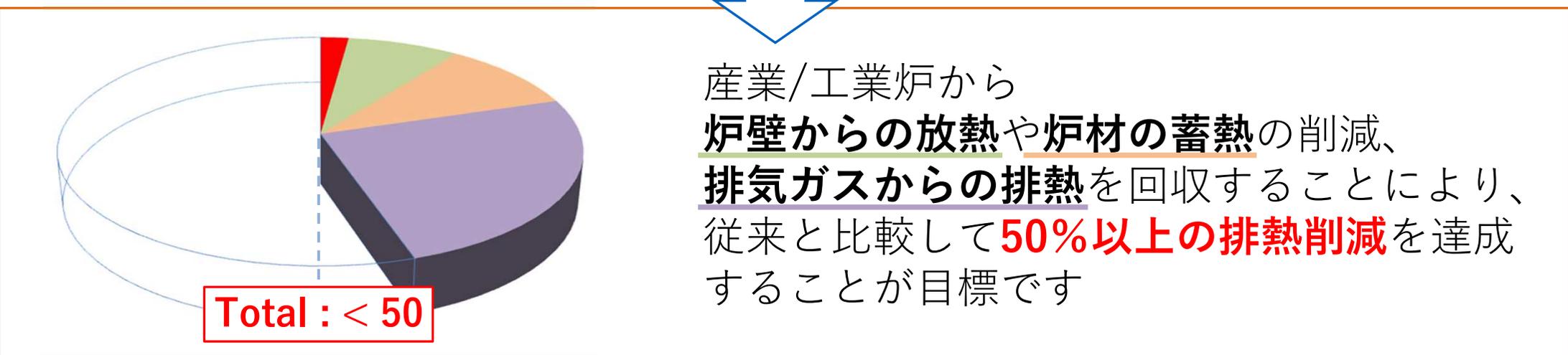
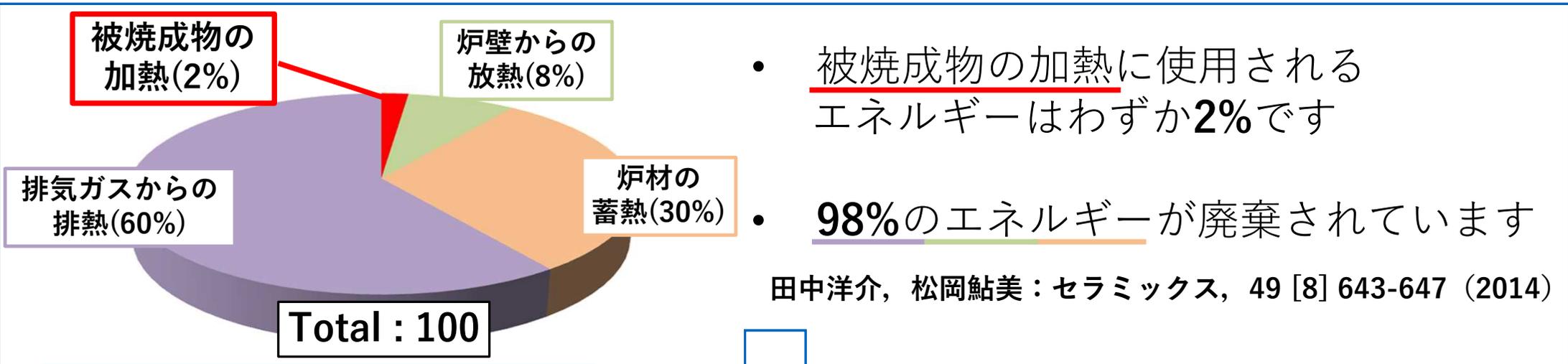
炉壁からの放熱、排気ガスからの排熱等  
**使用されない熱エネルギー**が存在します

高温  
低温



操業中焼成炉のサーモグラフィ写真

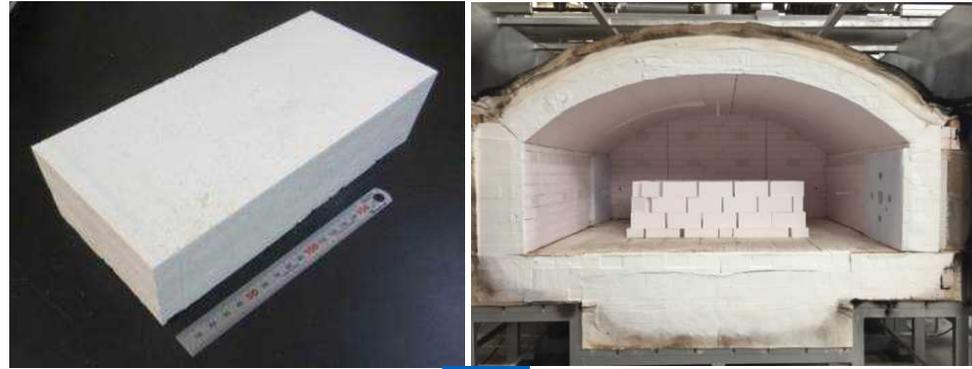
### 従来のバッチ式高温産業/工業炉のエネルギー収支試算（使用温度1500°C）





## 1-2. 研究開発の目的、目標

高断熱および高効率熱回収技術の開発で省エネルギー型産業/工業炉の開発を目指します



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



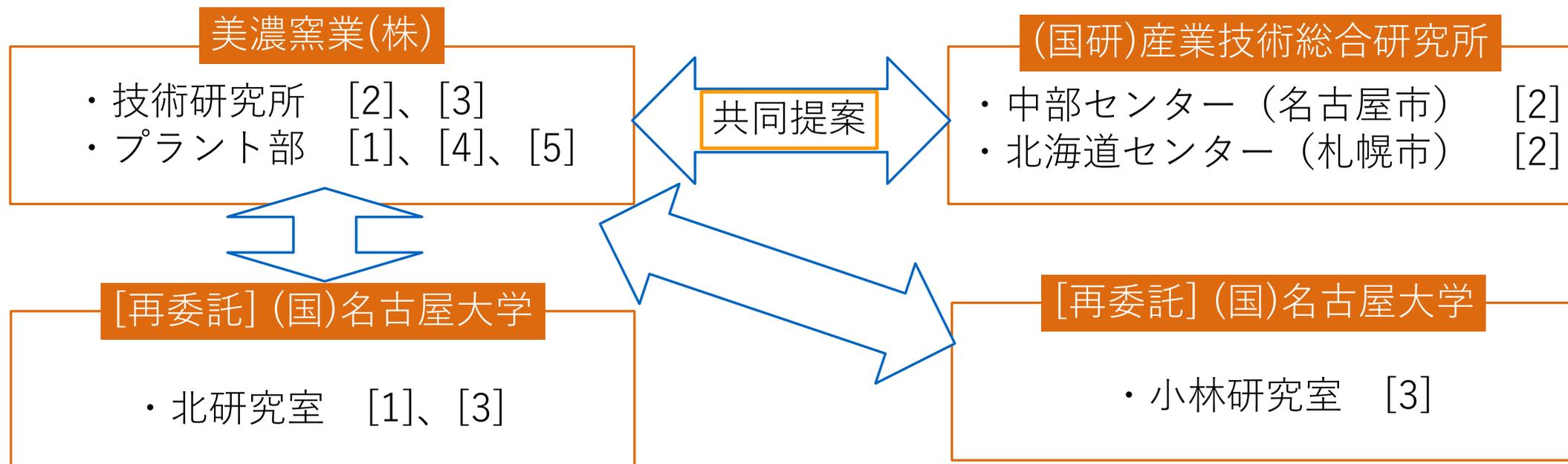
省エネルギー型産業/工業炉



3. 高効率バーナー

## 2-1.研究開発体制

- [1] 熱マネージメントシステムの開発 ※本テーマ終了
- [2] 高強度高断熱性多孔質セラミックスの開発 ※継続中
- [3] 新規蓄熱材料の開発 ※本テーマ終了
- [4] 耐高温高効率熱交換器の開発 ※本テーマ終了
- [5] 高効率産業/工業炉における検証 ※継続中



### 既存高温用断熱材

#### ファイバー断熱材



ファイバーク



ファイバーブランケット

引用：日本高温断熱ウール工業会HP

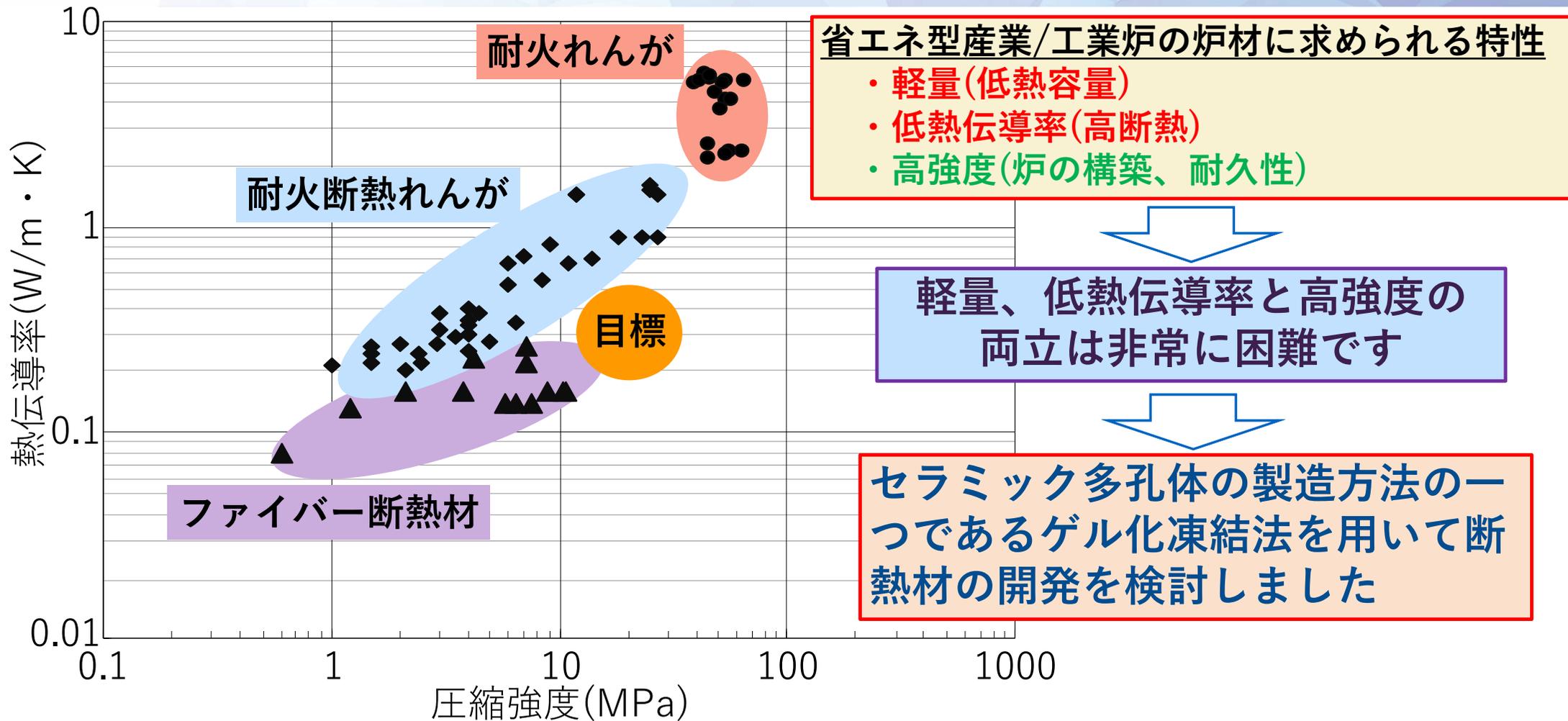
- ・ 軽量、高断熱、フレキシブル等の特徴を有します
- ・ 低強度のため荷重負荷が高い環境での使用が困難です
- ・ 継続使用により断熱材組織が劣化し、焼成物を汚染する可能性があります

#### 耐火断熱れんが



高アルミナ質断熱れんが

- ・ 高強度、高耐熱の特徴を有します
- ・ 低断熱、高密度で省エネ効果が低いです
- ・ 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

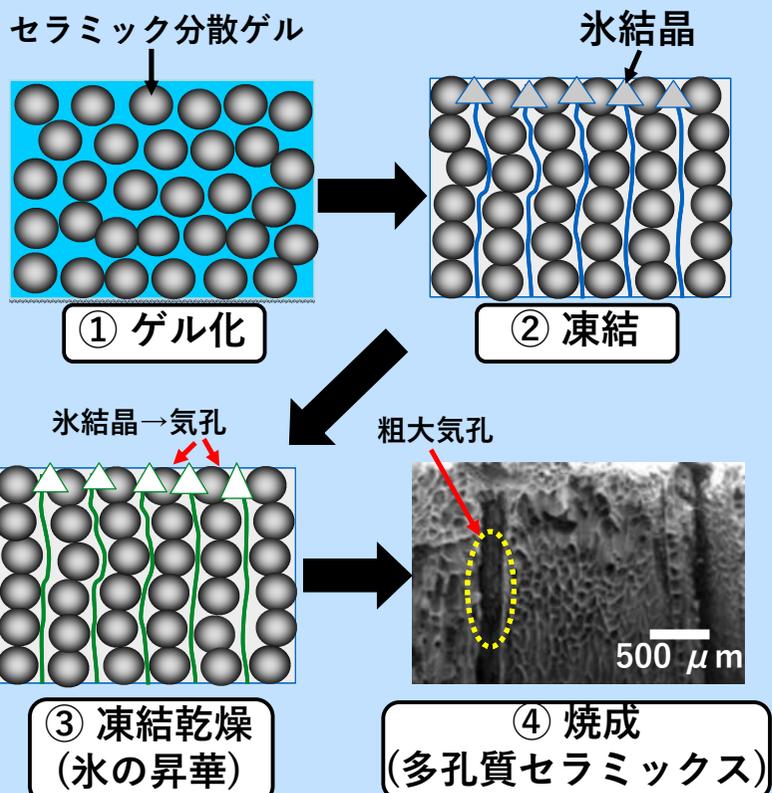


既存断熱材の熱伝導率/圧縮強度相関性及び開発断熱材目標

### 3-1. 研究開発成果(高強度高断熱性多孔質セラミックス)

#### ゲル化凍結法

ゲル化凍結法は、多孔質セラミックスの作製手法の一つで気孔源に氷を使用することが特徴です



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

#### 実用化に向けた課題

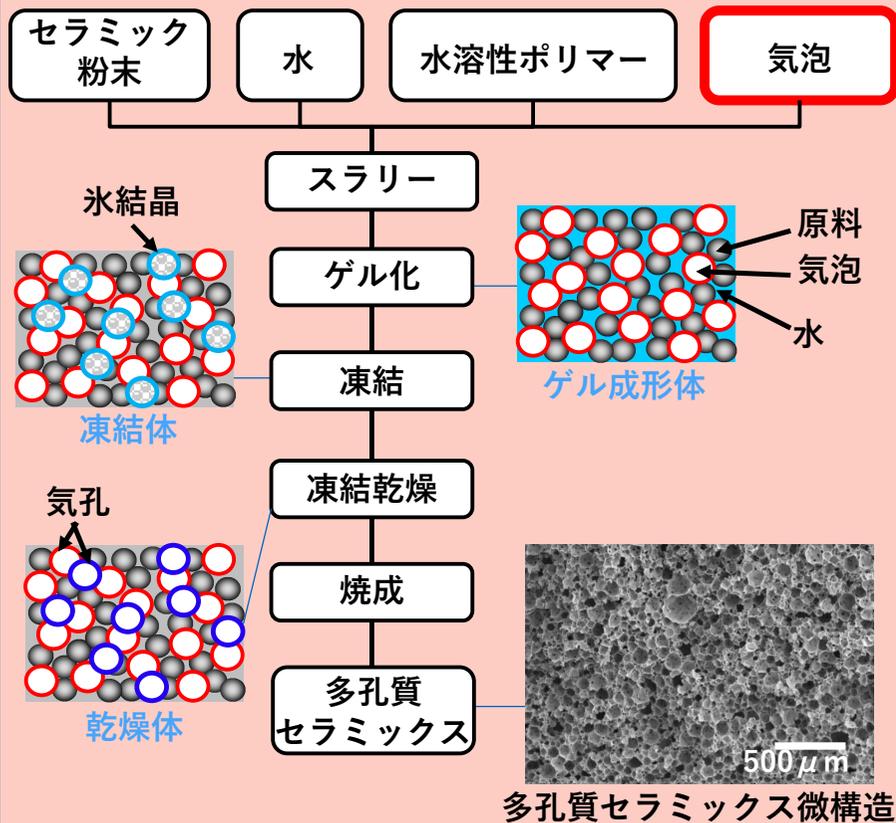
- ・ 高含水により乾燥時間が長く生産性が低いです
- ・ 製品厚みに制約があります
- ・ 粗大気孔(氷結晶)が発生し構造が不均一になります

課題解決のために作製工程を改善しました

#### 改善ポイント

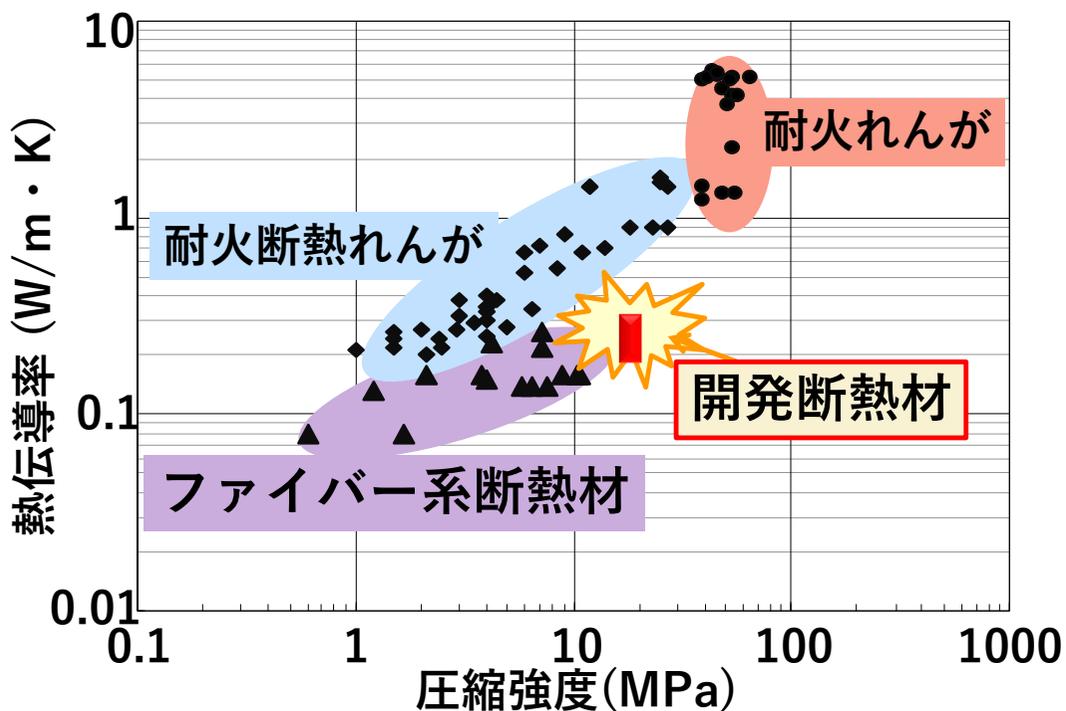
- ☆ 含水量減を目的に水の一部を気泡に置換しました
- ☆ 乾燥時の加熱源を変更しました

#### ゲル化凍結法+気泡 (特許 第6614505号)



従来のゲル化凍結法と比較し乾燥時間を約50%短縮しました

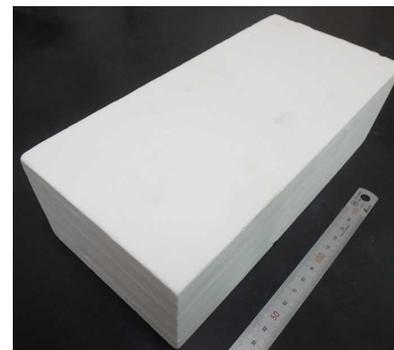
### 3-1.研究開発成果(高強度高断熱性多孔質セラミックス)



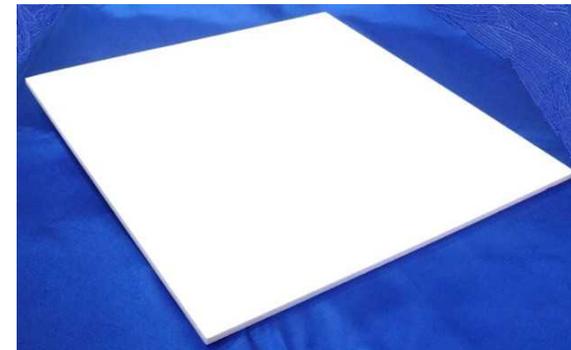
開発断熱材及び既存炉材の圧縮強度と熱伝導率

開発断熱材は以下の特性値を達成しました  
 試作ベース:  $0.2 W/m \cdot K$ 以下、圧縮強度20MPa以上  
 量産ベース:  $0.25 W/m \cdot K$ 以下、圧縮強度10MPa以上

#### 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
- NEDO様ブース内に実物を展示してございます  
 手に取って見て頂けますのでぜひお立ち寄りください

### 3-1.研究開発成果(耐高温高効率熱交換器)

#### 既存熱交換器の一般的な仕様

金属ケーシング + 金属ライニング

- ・ 使用可能温度：～1000℃
- ・ 高熱回収効率 (15-20%)

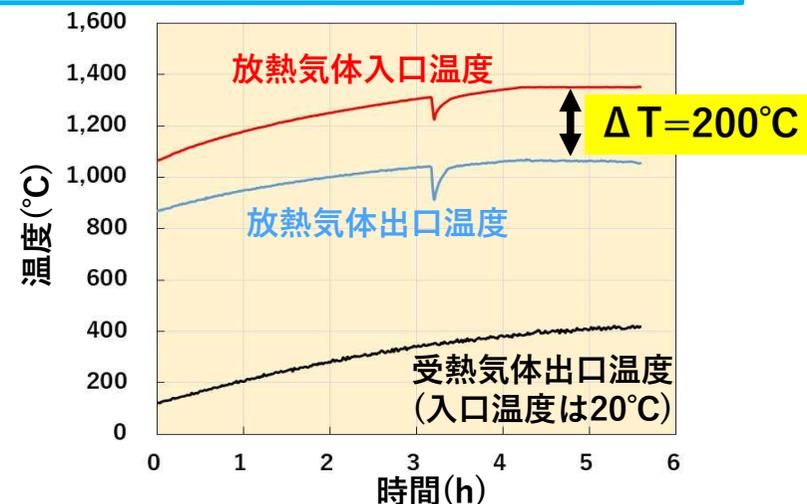
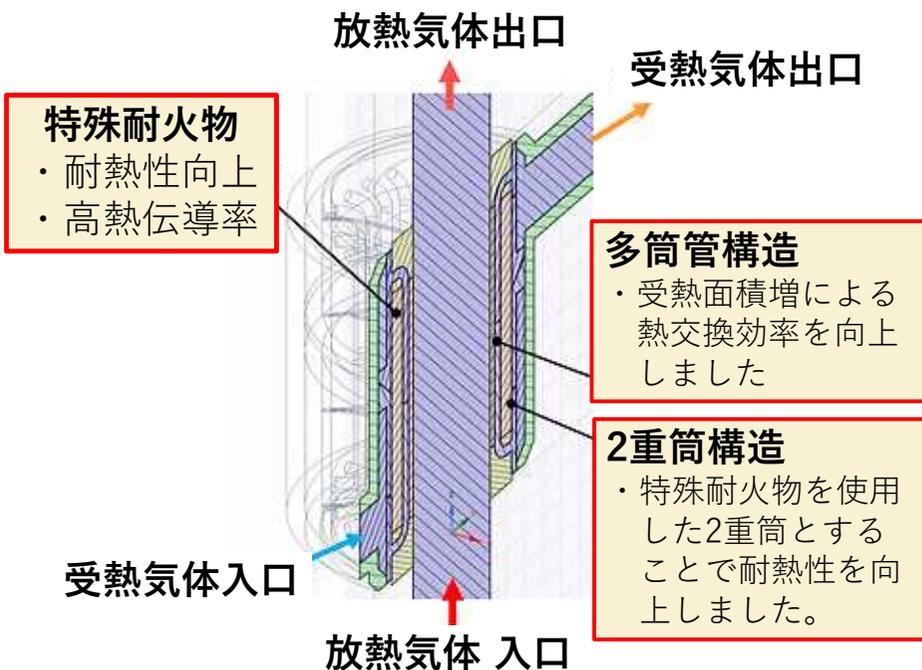
金属ケーシング + 耐火材料ライニング

- ・ 使用可能温度：1000℃～
- ・ 低熱回収効率 (5-7%)



開発した耐高温  
高効率熱交換器

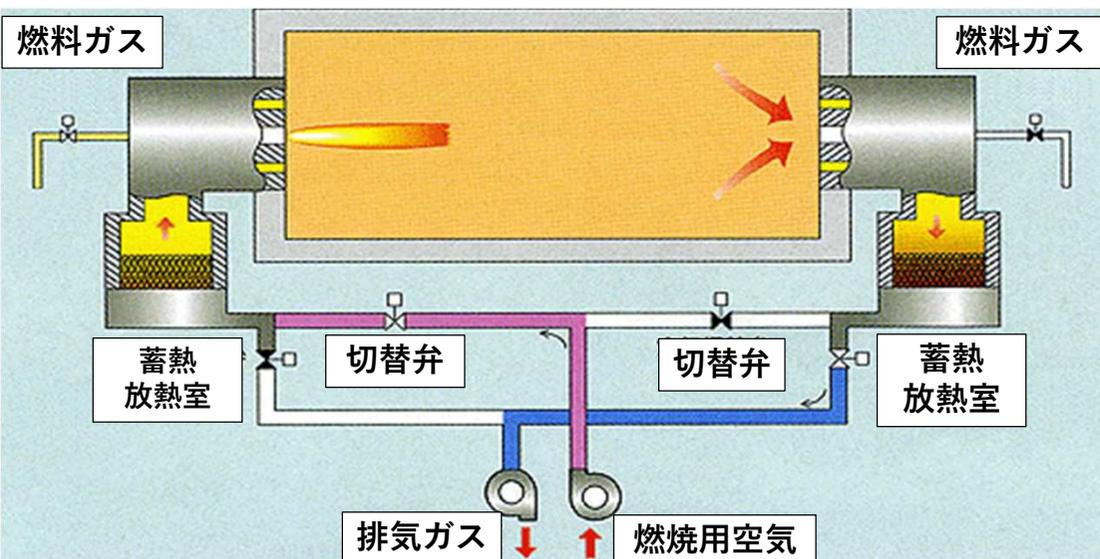
特許 第5810237号



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%

### 3-1.研究開発成果(高効率バーナー)



リジェネレイティブバーナー概略図

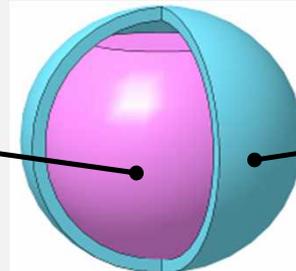
- 蓄熱体は、セラミックス球などの顕熱蓄熱体  
→小熱容量のため、大型蓄熱室の設置が必要です。  
→バーナーを使用したくても設置スペースの制約があり、使用できないユーザーがいます



高熱容量で入熱放熱速度が高い新規蓄熱体を試作しました

#### 新規蓄熱体コンセプト

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  
・溶融塩や金属に対する高耐食性



コアシェル型蓄熱体

- ・約1,000°Cの排気ガスから熱を回収、放熱することが可能です。
- ・既存セラミック蓄熱体に比べ入熱放熱速度約2倍を実現しました



現在も新規蓄熱体の開発を進めています



### 3-1. 研究開発成果(検証炉での省エネ効果確認)

開発断熱材と既存炉材をそれぞれ炉内容積の異なる検証炉に施工し加熱テストを実施しました。その際のエネルギー使用量から開発断熱材の省エネ効果を確認しました



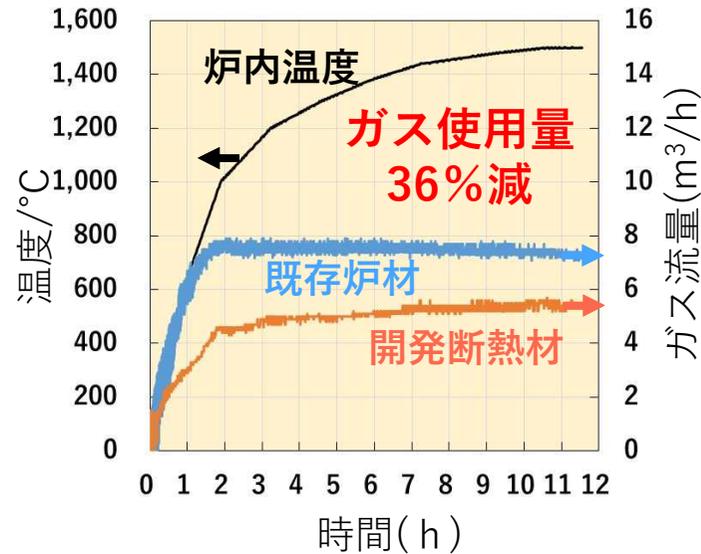
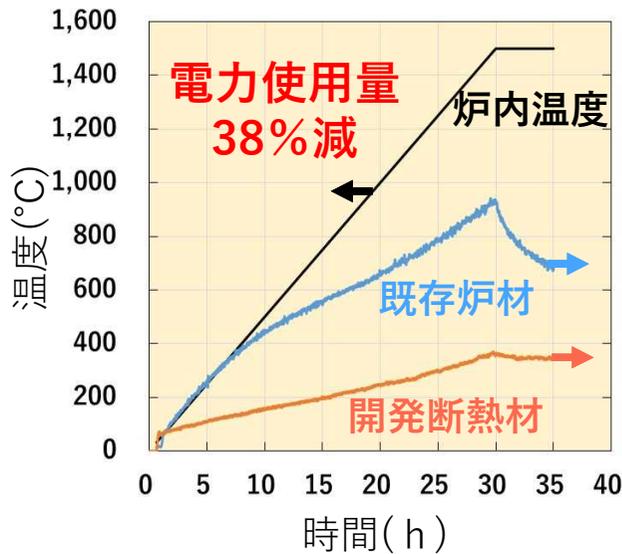
小型電気炉(炉内容積約0.01m<sup>3</sup>)



小型ガス炉(炉内容積約0.7m<sup>3</sup>)



検証炉(炉内容積約2m<sup>3</sup>)



現在、製品を積載し、実炉条件に合わせた加熱テストを実施しています  
今後、省エネ効果や断熱材耐久性の評価予定です

### 断熱材サンプルの提供開始、実炉評価

- 断熱材サンプルの提供を開始し、実炉での性能評価を予定しています  
また、検証炉を使用した開発断熱材の耐久性などを評価する予定です

### 他分野への展開

- セラミック製造分野より市場規模の大きなガラス、セメント工業や鉄鋼分野への参入を目指し、断熱材の改良を予定しています

### RCF(リフラクトリーセラミックファイバー)代替材料としての展開

- リフラクトリーセラミックファイバーとこれを含む製剤その他の物を製造し、または取り扱う業務について、「特定化学物質障害予防規則」の「管理第2類物質」と同様に、作業環境測定の実施、局所排気装置の設置などの事業者に対する規制が施行されました（H27年11月厚生労働省）

- ➡ ファイバー系断熱材の代替品需要が高まっている状況です  
開発品はRCF代替としての可能性を秘めており、実用化されれば波及効果は大きいと考えています