



省エネルギーへのフロンティア 未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発

国内拠点

本部

〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310
ミュージア川崎セントラルタワー（総合案内16F）
TEL:044-520-5100（代表） FAX:044-520-5103

関西支部

〒530-0011
大阪府大阪市北区大深町3-1
グランフロント大阪 ナレッジキャピタル タワーC 9F
TEL:06-4695-2130 FAX:06-4695-2131

海外事務所

ワシントン

1717 H Street, NW, Suite 815
Washington, D.C. 20006 U.S.A
TEL:+1-202-822-9298
FAX:+1-202-733-3533

欧州

10, rue de la Paix
25002 Paris, France
TEL:+3-3-1-4450-1828
FAX:+3-3-1-4450-1829

北京

2001 Chang Fu Gong Office Building,
Jia-26, Jian Guo Men Wai Street,
Beijing 100022, P.R.China
TEL:86-10-6526-3510
FAX:86-10-6526-3513

シリコンバレー

3945 Freedom Circle, Suite 790
Santa Clara, CA 95054 U.S.A
TEL:+1-408-567-8033
FAX:+1-408-567-9831

ニューデリー

15th Floor, Hindustan Times House,
18-20 Kasturba Gandhi Marg,
Connaught Place,
New Delhi 110 001, India
TEL:+91-11-4351-0101
FAX:+91-11-4351-0102

バンコク

8th Floor, Sindhom Building Tower 2,
130-132 Wittayu Road, Lumpini,
Pathumwan
Bangkok 10330, Thailand
TEL:+66-2-256-6725
FAX:+66-2-256-6727

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310 ミュージア川崎セントラルタワー 20F
TEL:044-520-5180 FAX:044-520-5186 <https://www.nedo.go.jp>

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

目次

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発 01

ENEX 2020 NEDOブース展示テーマ

断熱技術の研究開発

高強度高断熱性多孔質セラミックスを用いた省エネルギー炉の研究開発
【美濃窯業(株)、(国研)産業技術総合研究所】 03

蓄熱技術の展示開発

高密度/長期蓄熱材料の研究開発【パナソニック(株)】 05

ヒートポンプ技術の研究開発

産業用高効率高温ヒートポンプの開発【(株)前川製作所】 07
低温駆動・低温発生機の研究開発
【日立ジョンソンコントロールズ空調(株)、(株)日立製作所】 09

熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発

熱電デバイス技術の研究開発【古河機械金属(株)】 11
熱電変換による排熱活用の研究開発【(株)日立製作所】 13
シリサイド熱電変換材料による車載排熱発電【(株)安永、日本サーモスタット(株)】 15

熱マネージメントの研究開発

車両用高効率排熱利用・冷房用ヒートポンプの研究開発【マレリ(株)、日本エクスラン工業(株)】 17

熱関連調査・基盤技術の研究開発

熱関連調査研究と各種熱マネージメント材料の基盤技術の開発
熱関連材料のシミュレーションとデータベース構築【(国研)産業技術総合研究所】 19

熱関連調査研究と各種熱マネージメント材料の基盤技術の開発

熱マネージメント部材の評価技術開発【東京大学(共同実施)】 21

遮熱技術の研究開発

革新的次世代遮熱フィルムの研究開発【東レ(株)、(国研)産業技術総合研究所】(2017年度卒業テーマ) 22

蓄熱技術の研究開発

車載用蓄熱技術(材料)の研究開発【トヨタ自動車(株)】(2018年度卒業テーマ) 23

ヒートポンプ技術の研究開発

機械・化学産業分野の高温熱供給に適したヒートポンプシステム技術開発
【三菱重工サーマルシステムズ(株)】 24

熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発

実用化に適した高性能なクラスレート焼結体の研究開発【古河電気工業(株)】 25
フレキシブル有機熱電材料およびモジュールの開発【富士フイルム(株)】(2017年度卒業テーマ) 26

排熱発電技術の研究開発

排熱発電技術の研究開発【パナソニック(株)】 27

熱マネージメントの研究開発

熱マネージメントの研究開発【マツダ(株)】 28
車両用小型吸収冷凍機の研究開発【アイシン精機(株)、(国研)産業技術総合研究所】 29
熱マネージメント材料の研究開発【トヨタ自動車(株)】(2018年度卒業テーマ) 31

熱関連調査・基盤技術の研究開発

産業分野の排熱実態調査、ヒートポンプ技術等の統合解析シミュレーション技術の構築
【(一財)金属系材料研究開発センター・早稲田大学(共同実施)】 32

機械・化学産業分野の高温熱供給ヒートポンプに適した冷媒の研究開発

【三菱重工サーマルシステムズ(株)、三菱重工業(株)、セントラル硝子(株)、(国研)産業技術総合研究所】 33

熱電変換素子の高性能化に資する評価技術の開発【(国研)産業技術総合研究所】 35

小規模研究開発

..... 37



膨大な未利用熱エネルギーを有効活用できる 革新的技術を確立し、産業分野、輸送機器、住宅環境等の 更なる省エネ化を実現

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発

プロジェクト実施期間：2013～2022年度

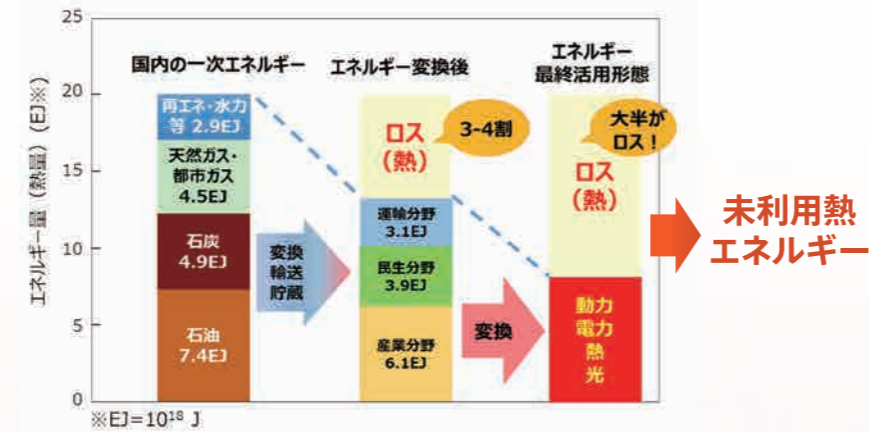
背景

日本が必要とする全てのエネルギー（一次エネルギー）のうち、大半は有効活用できておらず、環境中に膨大な量の熱（未利用熱エネルギー）として排出されています。この未利用熱エネルギーを効果的に

- ▶ 削減 (Reduce)
 - ▶ 回収して再利用 (Reuse)
 - ▶ 変換利用 (Recycle)
- 熱の3R**

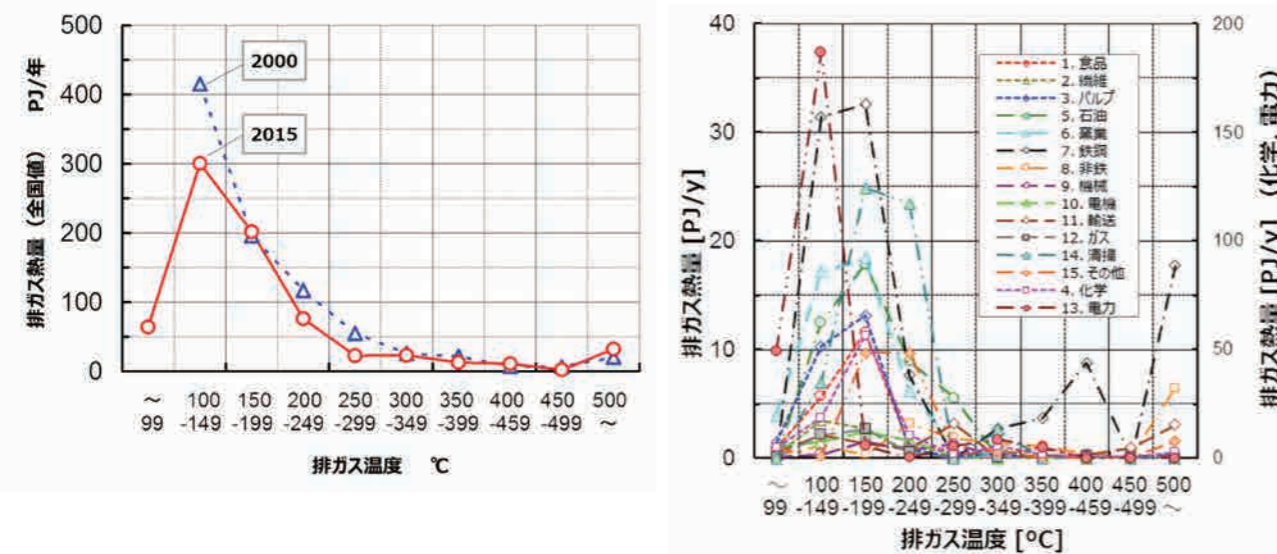
することは、徹底した省エネルギーや長期的なエネルギー転換・脱炭素化への“フロンティア”といえます。

国内の一次エネルギー活用状況



15業種の工場設備の排熱実態調査

熱利用量の多い15業種を対象に、温度帯や量、排出される場所がさまざまな未利用熱エネルギーの排出・活用状況に関するアンケートを実施し(回答数:全国1273事業所)、産業部門において、200℃未満あるいは一部業種で500℃以上を中心として未利用熱(排ガス)が大量に排出されていることが分かりました。



事業概要

未利用熱エネルギーを効果的に、削減(断熱、遮熱、蓄熱)、再利用(ヒートポンプ技術)、変換利用(熱電変換、排熱発電)するための技術開発と、これらの技術を横断的に取り組む熱マネジメント技術と基盤技術の開発を行っています。
開発技術を産業分野、運輸分野、民生分野へ実装し、環境中に排出される膨大な未利用熱を効果的に削減・回収・利用することで大幅な省エネルギーを実現します。

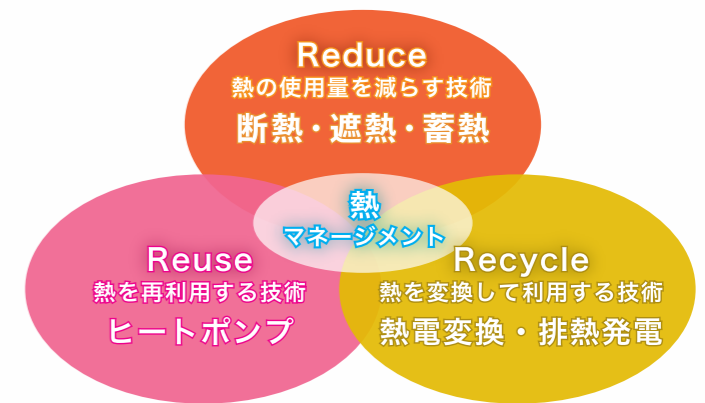


事業概要 (NEDOホームページ)

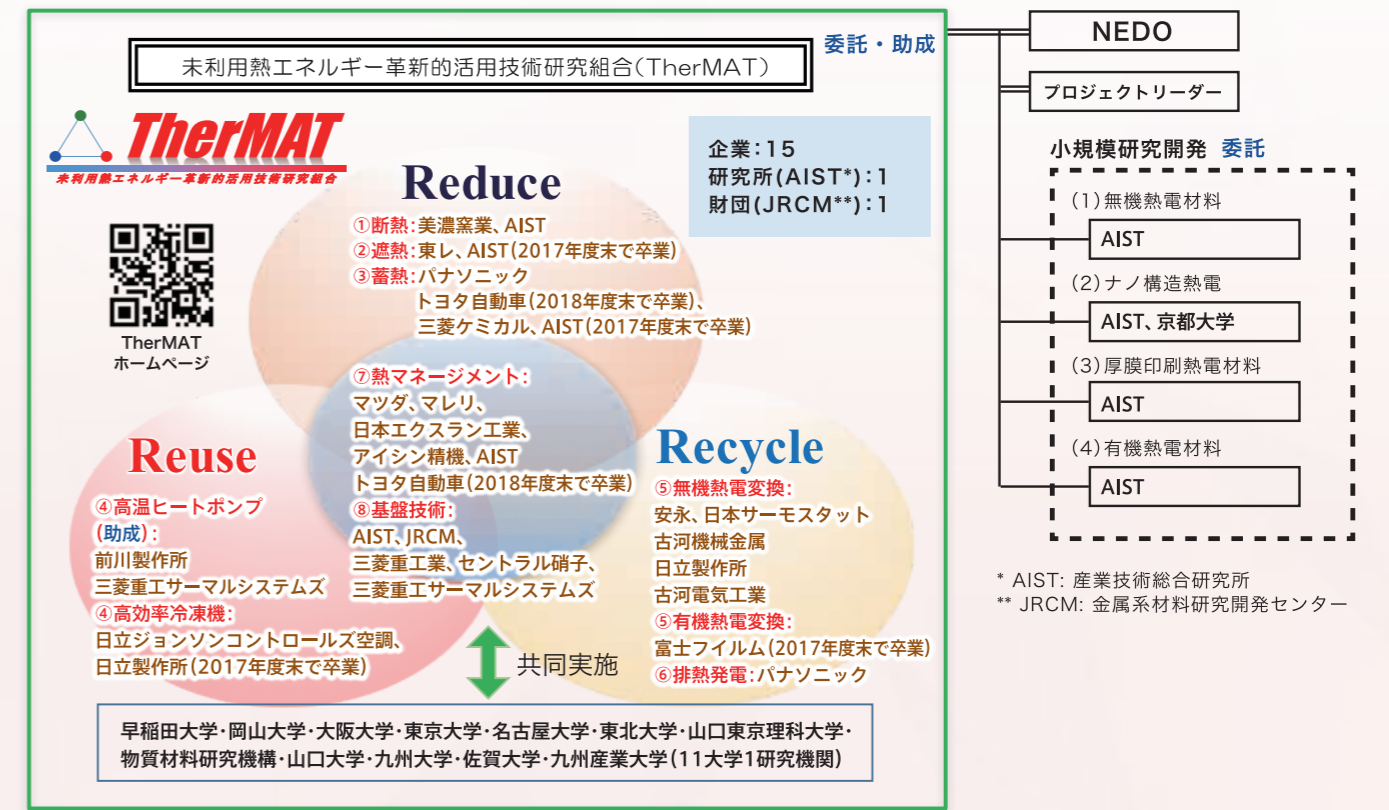
Youtube「NEDO Channel」でも動画でプロジェクトを紹介中



省エネルギーへのフロンティア! 熱の3R



実施体制図



問い合わせ先

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部
〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310 ミューザ川崎セントラルタワー 20F
TEL:044-520-5180 FAX:044-520-5186 <https://www.nedo.go.jp>



ファイバーレス断熱材と周辺部材の開発で産業/工業炉の省エネ化を目指します

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発 / 断熱技術の研究開発 / 高強度高断熱性多孔質セラミックスを用いた省エネルギー炉の研究開発

プロジェクト実施者： TherMAT (美濃窯業(株)、(国研)産業技術総合研究所)

背景

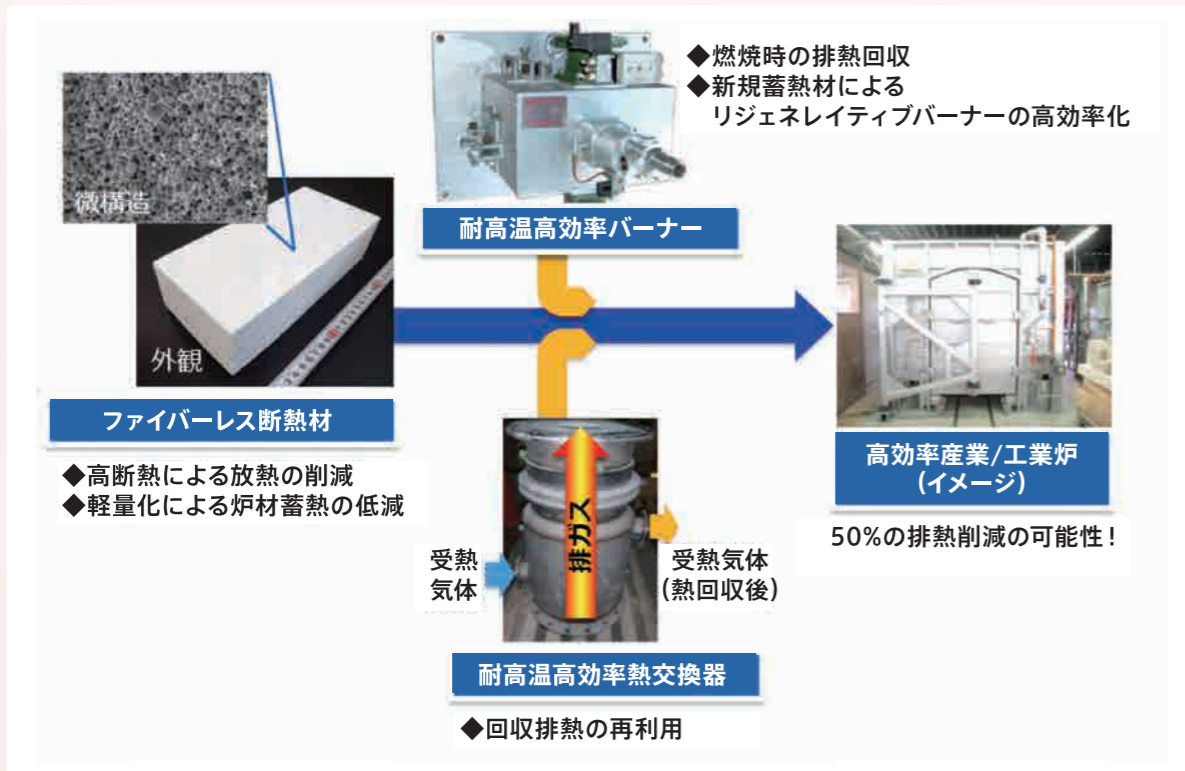
高温で使用するセラミックス焼成炉では、投入エネルギーの約1%しか被焼成物の加熱に使用されず、残りの99%は未利用のまま排気ガスや放熱として廃棄されています。加えてセラミックスの焼成を含む窯業・土石分野の排熱量は国内の総排熱量の約5%を占めているため、未利用熱エネルギーの削減が強く求められています。

目的

未利用熱エネルギーを削減する新たな省エネルギー産業/工業炉を開発するため、高強度と高断熱特性を兼ね備えたファイバーレス断熱材と周辺部材の開発を行い、これらを組み合わせることで50%以上の排熱削減の実証を図ります。

事業概要

炉外への放熱量と炉材への蓄熱量を削減する「ファイバーレス断熱材」、高温排気ガスから熱エネルギーを回収する「耐高温高効率熱交換器」、新規蓄熱体を用いた「耐高温高効率バーナー」を開発し、産業/工業炉の省エネルギー化を目指します。これらの要素技術開発成果と産業/工業炉の設計・製造技術ノウハウを組み合わせ、省エネ実証評価まで行う熱エネルギーマネジメントシステムの構築が目標です。



成果

【ファイバーレス断熱材】

- ・ 2017年度に最高使用温度1,500℃、圧縮強度10MPa以上、熱伝導率0.25W/m・K以下を示すファイバーレス断熱材をゲル化凍結法を用いて開発しました。
- ・ 検証用ガス炉を用いてファイバーレス断熱材の燃料(LPG)使用量削減効果を検証したところ、既存の断熱れんがを使用した場合と比較してガス使用量を約36%削減できることがわかりました。
- ・ 実用化検討用試作試験装置を用い、ファイバーレス断熱材のコスト削減、実用化工程の確立を目指しています。

【耐高温高効率バーナー】

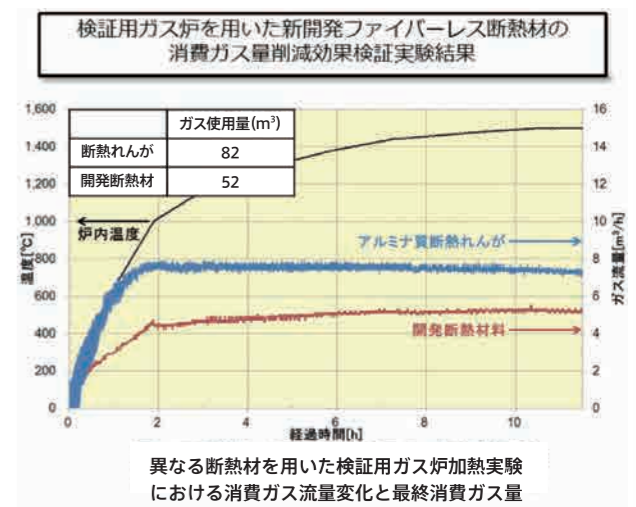
- ・ バーナーに組み込まれる蓄熱体を新規に開発し、既存の蓄熱材料の2倍の入熱放熱速度を達成しました。

【耐高温高効率熱交換器】

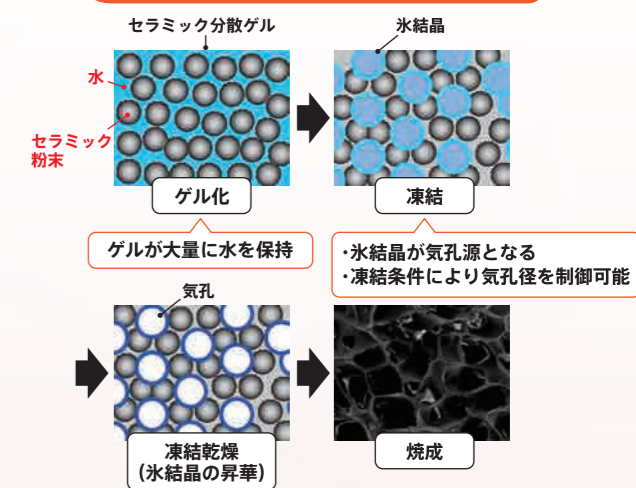
- ・ 1,300℃対応品を2015年より販売開始しました。
- ・ 1,500℃の耐久試験においても従来品の約3倍となる熱交換効率20%以上を達成いたしました。

【熱マネジメントシステム】

- ・ 各要素技術の組み合わせで排熱削減50%を達成できる可能性を確認しました。



? ゲル化凍結法とは



省エネルギー効果

2030年度の省エネ効果：大型タンクローリー 23,800台分

■ 2020年度：3.2万kL/年
■ 2030年度：47.6万kL/年

※大型タンクローリーの容量を20kL/台として算出

今後の展望

ターゲットとしている窯業・土石分野だけでなく、より大きな排熱量を占める鉄鋼分野(国内総排熱量の約8%)へ応用展開することで、さらなる排熱削減効果が期待されます。さらに新開発のファイバーレス断熱材は、規制が強化され始めているリフレクトーセラミックファイバー系断熱材の代替品として期待されます。現在ファイバーレス断熱材の実用化のための検討を行っており、性能やコスト面での市場ニーズへの対応を目指しています。

美濃窯業株式会社 技術研究所
問い合わせ先 〒475-0027 愛知県半田市亀崎北浦町1-46
TEL: 0569-28-2019 FAX: 0569-55-7411 URL: <http://www.mino-ceramic.co.jp/>



時空を超え、熱を高密度/長期に貯める蓄熱技術により 未利用熱エネルギーの有効活用を実現

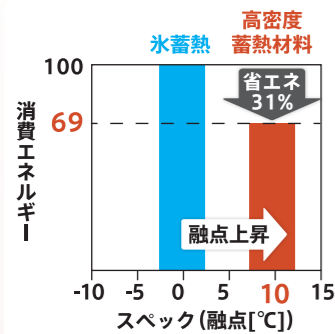
未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発 / 蓄熱技術の研究開発 /
高密度/長期蓄熱材料の研究開発

プロジェクト実施者: TherMAT (パナソニック(株))

背景

一次エネルギーの大半が有効活用されずに廃棄されている未利用熱の有効活用のために、工場や自動車等で、時空を超えた熱利用を可能とする蓄熱(熱を貯める)技術の活用が期待されています。例えば、産業・業務部門の食品製造業等では、10℃前後の冷熱需要に即した冷凍機の省エネルギー運転に寄与する蓄熱材料が求められています。また、運輸部門等においては、自動車の走行時の排熱を翌日の始動時に使用することを想定して、長期に蓄熱出来る蓄熱材料が求められています。

産業・業務部門で求められる蓄熱材の省エネ効果(例)



ハイブリッド自動車における燃費向上効果(例)



目的

工場における未利用熱有効利用、次世代自動車における暖機時間の低減、ビル空調における消費エネルギー低減等に向け、高い蓄熱密度や長期安定性を有する蓄熱材料の開発を行います。

事業概要

蓄熱材料の高付加価値化と温度ステージ拡大を図るため、下記の蓄熱材料の開発を行っています。

- ①高密度蓄熱材料(低温用)の開発: 産業・業務分野等における10℃前後の冷却水ニーズに対して、従来の氷蓄熱と同等の蓄熱密度(目標: 従来蓄熱材料比2倍)を有し、氷蓄熱よりも高温で蓄冷可能である省エネルギーな潜熱蓄熱材料を開発します。
- ②長期蓄熱材料の開発: 融点よりも低い温度(-20℃~ 25℃環境下)でも液体のまま長期(24時間)に熱を蓄える潜熱蓄熱材料を開発し、トリガーにより必要な時に熱を取り出すことを可能とすることで、運輸分野等での未利用熱の有効活用を目指します。

①高密度蓄熱材料(低温用)

水分子の籠状構造の中にゲスト物質を包み込んだクラスレートハイドレート

水 (融点0°C) → クラスレートハイドレート (融点10°C)

水分子 → 水分子 + ゲスト物質

融点上昇 → 安定性向上

目標: 0.3MJ/kg (@10°C)

②長期蓄熱材料

潜熱蓄熱材料の過冷却を利用する長期蓄熱

目標: -20℃~ 25℃環境下で24時間保持

成果

【高密度蓄熱材料(低温用)の開発】

材料単体評価やメカニズムの考察を踏まえ、静的環境下において、クラスレートハイドレートと類似構造を有する結晶の生成を促進し、この結晶を核として過冷却を抑制する過冷却防止剤の候補を抽出し、過冷却度2Kを確認しました。(右図)

また、ゲスト物質の食品添加物認証取得に向けた安全性評価として毒性の評価を実施し、遺伝毒性等の食品添加物として不適切な有害影響無きことを確認しました。

【長期蓄熱材料の開発】

中温用について、熱源温度90℃以上の蓄熱条件にて、材料単体評価を行い、高温融解時の過冷却解除確率向上、時間短縮を実現する、より高沸点の添加剤を含む蓄熱材料組成、および表面マイクロ構造を利用する解除機構を構築しました。

また、高温用について、材料単体評価を行い、最適な過冷却安定化剤種、濃度を確定するとともに、25℃環境下で過冷却を24時間保持できることを確認しました。

	従来品	H30年度開発品
	過冷却抑制剤なし	過冷却抑制剤あり
室温		
	液体	液体
冷却(過冷却度2K)		
	液体	固体(結晶化)

省エネルギー効果

- 2030年度: 25.8万kL/年
- ①高密度蓄熱材料(低温用): 国内10.4万kL(海外21.3万kL)
- ②長期蓄熱材料: 国内15.4万kL(海外45.4万kL)

2030年度の省エネ効果: 大型タンクローリー 12,900台分



※大型タンクローリーの容量を20kL/台として算出

今後の展望

高密度蓄熱材料(低温用)の開発では、蓄熱モジュールを設計、試作し、振動のない環境下で、この蓄熱モジュールの過冷却特性評価を行い、過冷却度2K以内が得られることを確認します。

また、長期蓄熱材料の開発では、中温用の蓄熱モジュールを設計、試作し、温度90℃の模擬熱源を用いて、この蓄熱モジュールの過冷却解除特性評価を行い、トリガーを付与してから30秒以内に過冷却解除が得られることを確認します。

問い合わせ先

パナソニック株式会社 アプライアンス社
〒570-8501 大阪府守口市八雲中町3丁目1-1
TEL: 070-2900-7679 E-mail: suzuki.motohiro@jp.panasonic.com



最高200℃加熱を実現する 産業用高効率高温ヒートポンプの開発

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発 / ヒートポンプ技術の研究開発 / 産業用高効率高温ヒートポンプの開発

プロジェクト実施者：TherMAT (株)前川製作所

背景

現在、産業用の加熱用途の熱源としては化石燃料を用いたボイラが多く使用されています。100℃以上の蒸気ボイラ燃料消費量は 1.13×10^{12} MJ/年であり、大量に消費、排熱を発生しています。この排熱を熱源にして、より高い温度の熱に再生し、利用することが重要となっています。今後、蒸気ボイラを使用するプロセス加熱の代替としてヒートポンプを利用した熱のリユース・リサイクルは、省エネにとって必要不可欠な技術となっていきます。

一方、特に蒸気需要の多い160～200℃の熱を供給する高温ヒートポンプはこれまで存在していませんでした。また、従来の蒸気ボイラによるセントラル加熱では、設置状況によって、ボイラと熱利用設備とが離れざるを得ないケースもあります。その場合、熱利用設備に熱供給する際、搬送中に熱のロスが発生してしまいます。長い搬送距離と設備の老朽化による断熱材の劣化が重なり、その熱のロスは無視できないレベルになることもあります。

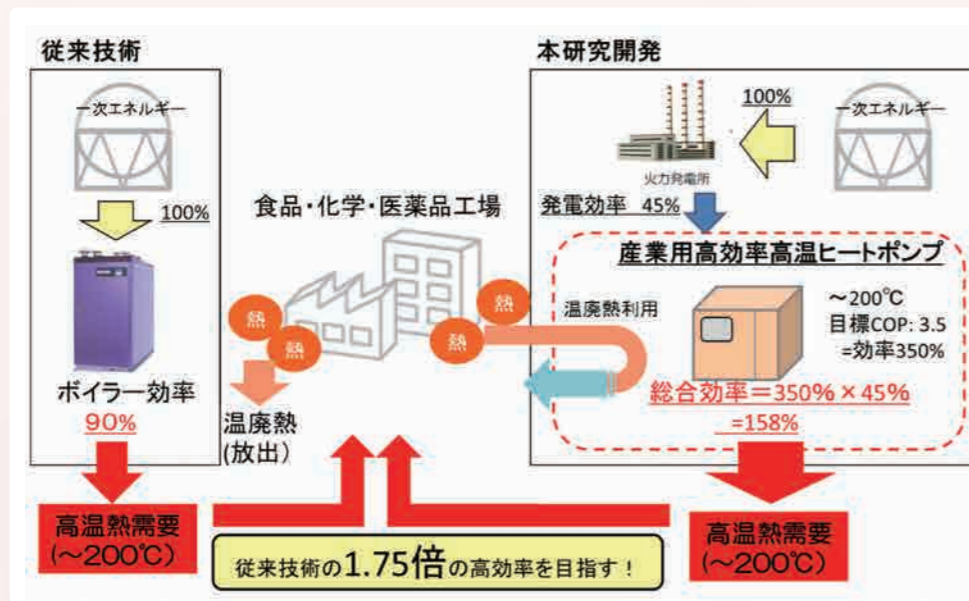
目的

熱利用設備の近くに設置して、設備から発生する排熱を熱源として、熱のロスを最小限にとどめ、～200℃加熱を実現することをねらいとして、産業用高効率高温ヒートポンプの開発をしています。産業用高効率高温ヒートポンプを適切に配置して、ボイラに代わりプロセス加熱に利用することで、工場の省エネルギー化を図り、地球温暖化防止に貢献します。

事業概要

従来、蒸気ボイラを使用していた工場のプロセス加熱を代替し、1.75倍の熱効率で加熱可能なシステムとするため、一次エネルギー利用効率や経済性の点でメリットが出ることを考慮して、開発目標COP3.5を満足する産業用高効率ヒートポンプを開発します。

- ポイント：
- ①システムの最適化と機器の高効率化が検討可能な統合解析シミュレータ
 - ②磁気軸受の採用によるオイルフリーのターボ圧縮機
 - ③冷媒充填量を減らすことが可能となる高温・高圧対応マイクロチャンネル熱交換器

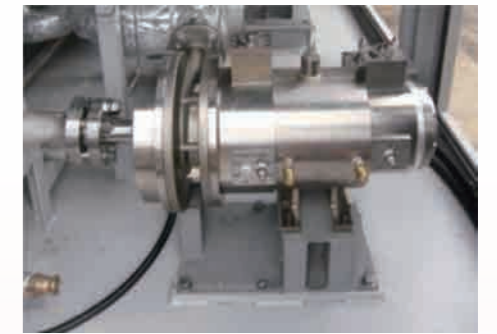


成果

- ・開発した統合解析シミュレータによる解析により80℃→160℃加熱でCOP4.10となり中間目標(COP3.5)が達成できる見通しが得られました。
- ・オイルフリー、超高速回転のターボ圧縮機(右図)を開発し、流体解析、構造解析により目標断熱効率70%以上を達成する解析結果を得ました。
- ・高温高圧熱交換器の試作モデル試験により設計に必要な相関式が作成でき、ヒートポンプ試作機の基本設計を行いました。
- ・R600冷媒を使用した最高加熱温度200℃、加熱能力300kW級のヒートポンプ試作機(右図)の設計・製作を行い、性能確認試験を開始しました。
- ・更なる効率向上を目的に作動媒体としてHFO系冷媒の検討を行いました。不燃性で、GWP値も低く、回転数もR600冷媒と比べて、低速にできる見込みとなりました。
- ・上記の作動媒体専用オイルフリーターボ圧縮機の開発を開始しました。



開発したヒートポンプ試作機



開発したオイルフリー、超高速回転のターボ圧縮機

省エネルギー効果

- 2020年代前半：導入開始
- 2030年度：62.5万kL/年

2030年度の省エネ効果：大型タンクローリー 31,250台分



※大型タンクローリーの容量を20kL/台として算出

今後の展望

最終目標に向けて更なる研究開発を行い、2020年代前半には従来技術に対して競争力のある高温ヒートポンプの市場導入、事業化を進めていきます。未利用熱エネルギー活用システムとしてのヒートポンプ技術は波及効果が高く、今回開発した統合解析シミュレータ、圧縮機、熱交換器は広範な分野への技術展開が可能となります。

導入に向けた課題は、実際の熱利用設備にヒートポンプを適用した際の効果が見えにくいことにあります。その解決策のひとつとして、実際の熱利用設備を想定したモデルケースの検討を進めていきます。この検討結果を元に導入後の省エネ効果、コストメリットなどを算出し、『導入効果の見える化』を進めていくことにより、導入後のイメージをお客様と共有することが可能となりますので、導入の加速に繋がると考えています。

問い合わせ先

株式会社前川製作所

〒302-0118 茨城県守谷市立沢2000

TEL: 0297-48-1364 FAX: 0297-48-5170 URL: <http://www.mayekawa.co.jp/ja/>



『一重効用ダブルリフト吸収冷凍機』の供給温度範囲を低温域に拡大

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発／ヒートポンプ技術の研究開発／低温駆動・低温発生機の開発

プロジェクト実施者：TherMAT（日立ジョンソンコントロールズ空調（株）、（株）日立製作所）
プロジェクト実施期間：2013～2017年度＜卒業テーマ＞

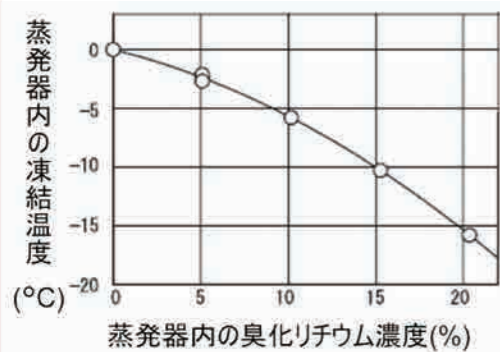
背景

本研究開発の成果をもとに2017年4月に製品化した『一重効用ダブルリフト吸収冷凍機』は、現在実用化され空調用途として順調に稼働しています。この製品では、温水排熱を約55℃まで回収して最低4℃の冷水を供給することができます。一方、市場では産業分野を中心に低温の冷水やプラインの需要があり、これを供給可能とすることで、低温の未利用熱の活用用途がさらに広がるが見込まれます。

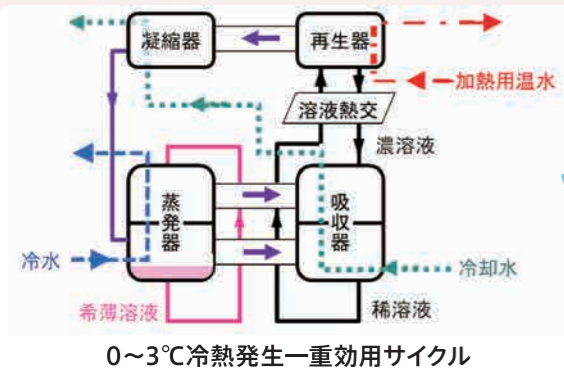
目的

吸収冷凍機は、水を冷媒とすることから蒸発温度を0℃以下とすることができず、低温の冷熱の供給が困難でした。これに対して、1993～98年にかけて（財）省エネルギーセンターによって運営されたNEDO事業「エコ・エネ都市システム」では、蒸発器内の冷媒に吸収剤である臭化リチウムを混合して凍結温度を低下させ、マイナス温度の取り出しに成功しました。本テーマでは、この低温化技術をTherMATで開発した吸収冷凍機の駆動温度低減技術『一重効用ダブルリフトサイクル』に適用し、排温水からの大温度差熱回収と低温の冷熱発生を両立した吸収冷凍機を開発します。

事業概要



「エコ・エネ都市システム」では、蒸発器内の冷媒に少量の臭化リチウムを混合した希薄溶液の濃度によって、凍結温度が低下していく関係を明らかにしました。本テーマでは、この関係を用いて0～3℃の冷熱を発生する基盤技術を開発し、従来の一重効用吸収冷凍機、さらに『一重効用ダブルリフト吸収冷凍機』に適用します。

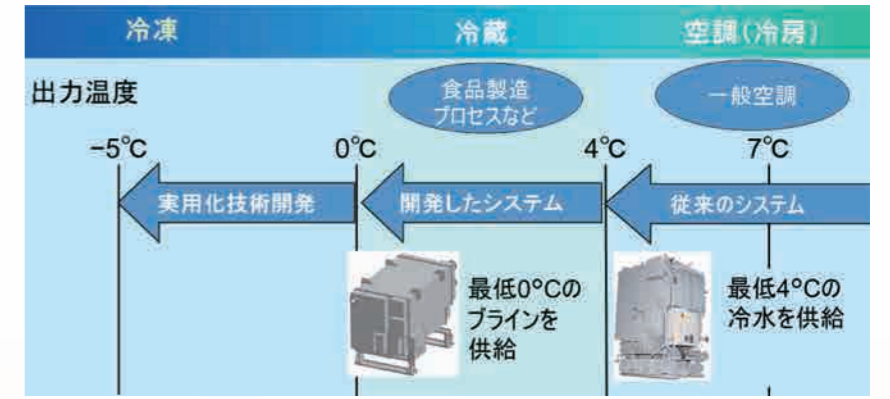


成果

従来型の一重効用吸収冷凍機を用いた低温発生実証試験の結果、蒸発器内を希薄溶液とした吸収冷凍サイクルにおいて冷媒の凍結などの問題は発生せず、実用化に際して十分な信頼性を持つことを確認しました。また、大温度差熱回収技術と低温発生技術を組み合わせることにより、『一重効用ダブルリフト吸収冷凍機』の供給温度範囲を0～3℃まで拡大し、販売を開始しました。今後は産業分野などにおける低温未利用熱の用途をさらに拡大することが期待されます。



0～3℃供給吸収冷凍機（一重効用サイクル）



一重効用ダブルリフト吸収冷凍機における供給温度の低温化

省エネルギー効果

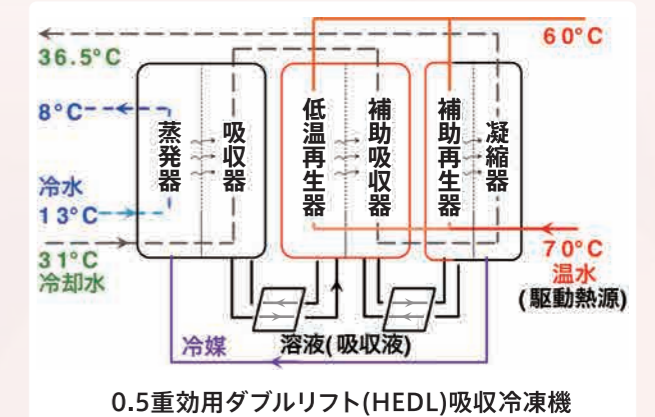
- 2023年度：1.3万kL/年
- 2030年度：5.1万kL/年

2030年度の省エネ効果：大型タンクローリー 2,550台分
※大型タンクローリーの容量を20kL/台として算出



今後の展望

今後は本製品の技術展開として、温水入口温度の低下に対応した0.5重効用ダブルリフト(HEDL)サイクルの実用化を進める予定です。このサイクルは、製品化済の一重効用ダブルリフト吸収冷凍機から高温再生器を取り除いた構成です。HEDL吸収冷凍機では、COPが0.4～0.45程度である一方、最低60℃程度までの排温水が活用できます。



日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社
日本ビジネスユニット 国内業務用空調本部 チラー/冷凍機統括部
〒105-0022 東京都港区海岸一丁目16番1号
TEL: 03-6848-9206 URL: <http://www.jci-hitachi.com>