

# 「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」

## 中間評価報告書（案）概要

### 目 次

|               |   |
|---------------|---|
| 分科会委員名簿 ..... | 1 |
| 評価概要（案） ..... | 3 |
| 評点結果 .....    | 5 |

## はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき研究評価委員会において設置された「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」（中間評価）の研究評価委員会分科会（平成27年9月17日および平成27年10月16日）及び現地調査会（平成27年9月9日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第46回研究評価委員会（平成28年1月27日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成28年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」分科会  
（中間評価）

分科会長 宝田 恭之

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」(中間評価)

### 分科会委員名簿

(平成27年9月現在)

第1回分科会(蓄熱技術、遮熱技術、断熱技術、熱電変換材料)

|                | 氏名                  | 所属、役職                              |
|----------------|---------------------|------------------------------------|
| 分科<br>会長       | たからだ たかゆき<br>宝田 恭之  | 群馬大学大学院理工学府環境創生部門 教授               |
| 分科<br>会長<br>代理 | かがわ のぼる<br>香川 澄     | 防衛大学校 教務部長兼システム工学群機械システム工<br>学科 教授 |
| 委員             | さいかわ みちゆき<br>齋川 路之  | 一般財団法人電力中央研究所エネルギー技術研究所<br>副研究参事   |
|                | さまた ひろあき<br>佐俣 博章   | 神戸大学大学院海事科学研究科 教授                  |
|                | はせぎ きかずひろ<br>長谷崎 和洋 | 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 教授           |
|                | みやざき こうじ<br>宮崎 康次   | 九州工業大学工学研究院機械知能工学研究系 教授            |

敬称略、五十音順

第1回分科会（排熱技術、ヒートポンプ技術、熱マネジメント、熱関連基盤調査）

|                | 氏名                 | 所属、役職                              |
|----------------|--------------------|------------------------------------|
| 分科<br>会長       | たからだ たかゆき<br>宝田 恭之 | 群馬大学大学院理工学府環境創生部門 教授               |
| 分科<br>会長<br>代理 | かがわ のぼる<br>香川 澄    | 防衛大学校 教務部長兼システム工学群機械システム工<br>学科 教授 |
| 委員             | さいかわ みちゆき<br>齋川 路之 | 一般財団法人電力中央研究所エネルギー技術研究所<br>副研究参事   |
|                | しゅどう としお<br>首藤 登志夫 | 首都大学東京大学院理工学研究科 教授                 |
|                | にしむら のぶや<br>西村 伸也  | 大阪市立大学大学院工学研究科 教授                  |
|                | ひろた まさふみ<br>廣田 真史  | 三重大学大学院工学研究科 教授                    |

敬称略、五十音順

第2回分科会

（平成27年10月現在）

|                | 氏名                 | 所属、役職                              |
|----------------|--------------------|------------------------------------|
| 分科<br>会長       | たからだ たかゆき<br>宝田 恭之 | 群馬大学大学院理工学府環境創生部門 教授               |
| 分科<br>会長<br>代理 | かがわ のぼる<br>香川 澄    | 防衛大学校 教務部長兼システム工学群機械システム工<br>学科 教授 |
| 委員             | さいかわ みちゆき<br>齋川 路之 | 一般財団法人電力中央研究所エネルギー技術研究所<br>副研究参事   |
|                | しゅどう としお<br>首藤 登志夫 | 首都大学東京大学院理工学研究科 教授                 |
|                | みやざき こうじ<br>宮崎 康次  | 九州工業大学工学研究院機械知能工学研究系 教授            |

敬称略、五十音順

# 「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」（中間評価）

## 評価概要（案）

### 1. 総合評価

未利用熱の有効利用は、我が国の産業界の強化にも繋がる重要な開発課題であり、社会的に高い有用性を有し、波及効果も大きい、リスクも大きい、ため NEDO の関与は妥当である。

企業と研究所、大学が一体となって出口利用まで計画した研究テーマ設定となっており、目的が明確である。特に、具体的な産業分野を想定してニーズプル型の取り組みを行っている点は高く評価できる。また、研究開発目標は高く設定されており、内容についても、断熱、遮熱、蓄熱、熱電変換、排熱発電、ヒートポンプ、熱マネジメントなど、課題解決に向けて、広く網羅されている。多くの分野の課題をプロジェクトリーダーが良く纏めており、全体としては順調に進んでいる。今後は、未利用熱エネルギーの量と質から経済的導入可能量を定量的に検討し、効果的な課題の選択や目標値の見直しが行われることを期待する。

成果は、基礎的な部分から着実に進んでおり、比較的早期に成果創出が可能なテーマもあるなど、開発は概ね良好に推移している。

想定する産業分野の規模から非常に高い経済効果が期待でき、また、成果は産業界のニーズに合致している。今後は、本事業の成果を実用化して利用することが想定される企業との連携を早い時期から実施し、技術課題を抽出して、その解決に取り組むことが望まれる。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

未利用熱エネルギーの有効利用は、日本のエネルギー政策に深く関与する重要な課題であり、国際的にも先端的な取り組みとして世界をリードすることが期待でき、また、国際貢献度も高いことから、事業の目的は妥当である。

本事業は、公共性が高く、期待される効果は研究開発費に対して十分なものが予想される。また、技術的に困難な課題やコスト面などから解決の難しい課題が多く、民間活動のみでは解決が難しいことから、NEDO の関与が妥当である。

#### 2. 2 研究開発マネジメントについて

様々な用途に応じた開発が計画されており、実用化のための目標が的確に設定されている。研究開発目標は高く、達成度を判定できる明確な設定となっている。ただ、熱電変換については、設定された目標が非常に高いことから、達成可能なのか常にチェックしながら進めることが望まれる。

高い技術力を有する実施者を選定し、多くの大学と連携して基礎的課題に対する取り組みを実施していることから、十分な実施体制で行われていると言える。

開発内容が多岐に渡るプロジェクトであるにも関わらず、プロジェクトリーダーは全体を本当に良く把握し、適切な対応をしている。事業実施者の連携を強化し、総合力で開発をして頂きたい。

### 2. 3 研究開発成果について

成果は、基礎的な部分から着実に出ており、一部のテーマでは前倒しで目標を達成するなど、研究開発は概ね良好に行われている。また、研究開発の進捗状況を把握し、遅れが生じた課題にも適切な対応を行っており、中間目標に向けて課題とその解決の道筋は明確になっている。

全体としては研究発表も活発に行われており、また、特許の出願も適切に行われている。ただ、多数の大学が連携しているわりには論文数が少ないため、もっと大学の成果・寄与についてアピールすべきである。また、フォーラムやシンポジウムを実施するなど、広く一般に向けた研究成果の情報発信が望まれる。

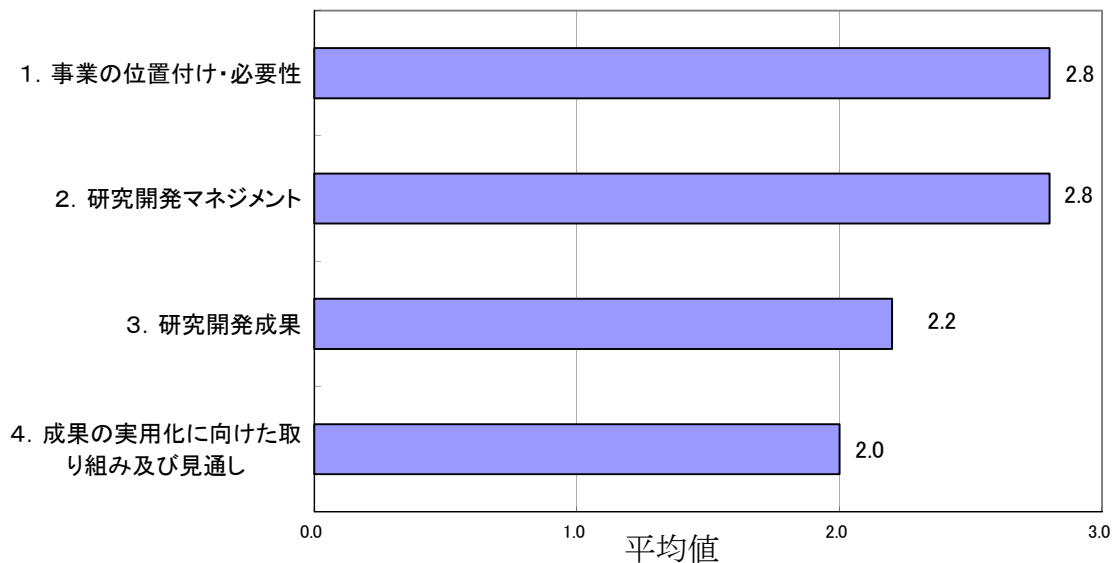
### 2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

成果の実用化戦略は、産業界のニーズから課題設定しているため、明確かつ妥当である。また、想定している産業分野の規模や、未利用熱が世界的に膨大なエネルギー量であることから、非常に高い経済効果が期待できる。

ユーザーと連携して実用化を目指し、具体的な課題を適切に抽出しているテーマがあるものの、実用化までのレベルがテーマによってかなり異なり、プロジェクト全体としてどの程度の社会的効果があるかが明確になっていない。また、実用化に対する意識は、実施者によってややばらつきがあるように思われる。

今後は、実際に想定されるユーザー企業との連携を早い時期から実施し、実用化に向けて解決すべき技術課題や経済性の検討が望まれる。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



| 評価項目                       | 平均値 | 素点 (注) |   |   |   |   |
|----------------------------|-----|--------|---|---|---|---|
|                            |     | A      | B | C | A | B |
| 1. 事業の位置付け・必要性について         | 2.8 | A      | A | B | A | A |
| 2. 研究開発マネジメントについて          | 2.8 | A      | B | A | A | A |
| 3. 研究開発成果について              | 2.2 | B      | B | B | A | B |
| 4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて | 2.0 | B      | B | C | A | B |

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し算出。

### 〈判定基準〉

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について              |
| ・非常に重要 →A          | ・非常によい →A                  |
| ・重要 →B             | ・よい →B                     |
| ・概ね妥当 →C           | ・概ね妥当 →C                   |
| ・妥当性がない、又は失われた →D  | ・妥当とはいえない →D               |
| 2. 研究開発マネジメントについて  | 4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                     |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                     |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当 →C                   |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D                 |

研究評価委員会

第2回「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」(中間評価)分科会

日時：平成27年10月16日(金) 10:00～14:40  
場所：WTC コンファレンスセンター フォンテーヌ AB  
(世界貿易センタービル 38階)

議事次第

【公開セッション】

- |  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 開会、資料の確認  | 10:00～ 10:05 (5分)  |
| 2. 分科会の設置について  | 10:05～ 10:10 (5分)  |
| 3. 分科会の公開について  | 10:10～ 10:15 (5分)  |
| 4. 評価の実施方法   | 10:15～ 10:30 (15分) |
| 5. プロジェクトの概要説明   |                    |
| 5.1 「事業の位置づけ・必要性」、「研究開発マネジメント」<br>「研究開発成果」、「成果の実用化に向けた取り組み<br>及び見通し」 | 10:30～11:10 (40分)  |
| 5.2 質疑   | 11:10～11:30 (20分)  |

(昼食・休憩 60分)

【非公開セッション】

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 6. プロジェクトの詳細説明  |                   |
| 6.1 第1回分科会概要(※) | 12:30～12:40 (10分) |
| 6.2 今後の進め方      | 12:40～14:10 (90分) |

(休憩・入替 10分)

【公開セッション】

- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 7. まとめ・講評    | 14:20～14:35 (15分) |
| 8. 今後の予定、その他 | 14:35～14:40 (5分)  |
| 9. 閉会        | 14:40             |

※第1回分科会においては、第2回分科会に先立ち各研究開発項目毎の説明及び質疑を非公開にて実施した。

以上



研究評価委員会  
「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」  
(中間評価) 現地調査会

日時：平成27年9月9日(水) 13:30～16:30

調査場所：パナソニック株式会社 先端研究本部 本社地区

---

議事次第

- |                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| 1. 開会                    | 13:30             |
| 2. 委員紹介・挨拶               | 13:30～13:40 (10分) |
| 3. 研究開発の概要説明             |                   |
| (1)プロジェクト全体の概要説明         | 13:40～13:50 (10分) |
| (2)パナソニックでの研究開発概要と見学概要説明 | 13:50～14:05 (15分) |
| 4. 研究開発状況の見学             | 14:05～15:20 (75分) |
| (1)テーマ1「蓄熱技術の研究開発」       |                   |
| (2)テーマ2「排熱発電技術の研究開発」     |                   |
| 5. パナソニックでの研究開発詳細説明と質疑応答 |                   |
| (1)テーマ1「蓄熱技術の研究開発」       | 15:20～15:45 (25分) |
| (2)テーマ2「排熱発電技術の研究開発」     | 15:45～16:10 (25分) |
| (3)質疑応答                  | 16:10～16:25 (15分) |
| 6. 連絡事項(事務局)             | 16:25～16:30 (5分)  |
| 7. 閉会                    | 16:30             |

以上

概要

|                            |   |          |                  |
|----------------------------|---|----------|------------------|
|                            |   | 最終更新日    | 平成 27 年 10 月 6 日 |
| プログラム<br>(又は施策) 名          | -   |          |                  |
| 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   | プロジェクト番号 | P15007           |
| 担当推進部/<br>PM及び担当者          | 省エネルギー部<br>楠瀬 暢彦 (平成 27 年 4 月～現在) : プロジェクトマネージャー<br>梅村 茂樹 (平成 27 年 4 月～6 月)、鍛冶 日奈子 (平成 27 年 4 月)、<br>近藤 篤 (平成 27 年 4 月～現在)、谷 泰範 (平成 27 年 4 月～現在)、<br>岩坪 哲四郎 (平成 27 年 7 月～現在)、永井 恒輝 (平成 27 年 7 月～現在)   |          |                  |
| 0. 事業の概要                   | 本プロジェクトは、様々な環境下における未利用熱エネルギーの再利用に注目し、広域に分散した熱を有効利用する技術の基盤として、熱を逃さない技術 (断熱)、熱を貯める技術 (蓄熱)、熱を変換する技術 (熱電変換) 等の技術開発を一体的に行うことで、未利用熱エネルギーを経済的に回収する技術体系を確立する。同時に、同技術の適用によって自動車等、日本の主要産業の競争力を強化し、社会全体のエネルギー効率を向上させて、新省エネルギー技術の中核とした新たな産業創成を目指す。  |          |                  |
| 1. 事業の位置<br>付け・必要性<br>について | <p><b>事業実施の背景と事業の目的</b></p> <p>東日本大震災以降の電力需給状況やエネルギー価格の上昇を考慮すると、新たな省エネルギー技術の必要性は明白であり、膨大に存在するが、これまで使われていない未利用熱エネルギーを有効活用するための技術開発は、国が政策として押し進めるべき重要事業の一つである。</p> <p>未利用熱エネルギーを有効活用するための技術として代表的な、断熱技術・蓄熱技術・熱電技術の共通課題として、新規な材料開発が重要かつ必須であり、その点で我が国は世界的な卓越性、先導性を維持している。一方、大学での材料研究と企業での実用化技術の間の乖離は深刻な問題であり、この間に橋渡しを行って、我が国の強みを産業競争力にスムーズに活かすスキームを確立する事が重要である。</p> <p>未利用熱エネルギーの有効活用に関する技術開発の支援策としては、これまでも提案公募的なものは、各省庁で一部事業が存在するものの、基盤研究から実用化までを一貫して網羅し、企業を含むプロジェクト研究体制を構築する事業は未だ実施されていない。</p> <p>未利用熱エネルギーの有効活用に関する技術開発について、産学官連携による研究開発により、これまでの大型国家プロジェクトの蓄積や、国内各企業の外国企業に対する技術優位性を維持・拡大することで、大型予算をもつ海外勢との将来的な技術競争に打ち勝つと共に、省エネルギーの拡大を図ることを目的とする。</p> <p><b>政策的位置付け</b></p> <p>「エネルギー基本計画」(平成 26 年 4 月 1 日閣議決定)において、我が国が目指すべきエネルギー政策は、世界の叡智を集め、徹底した省エネルギー社会の実現、再生可能エネルギーの導入加速化、石炭火力や天然ガス火力の発電効率の向上、蓄電池・燃料電池技術等による分散型エネルギーシステムの普及拡大…と冒頭に省エネの重要性を提示。</p> <p>「省エネルギー技術戦略 2011」において、一次エネルギーの大半は有効活用出来ておらず、年間 1 兆 kWh にもなる未利用熱エネルギーの大部分が排熱として廃棄されている現状にあることが指摘されており、その有効利用が強く求められている。</p> <p><b>NEDO が関与する意義</b></p> <p>NEDO は第三期中期目標におけるミッションとして、「我が国の経済社会が必要とする具体的な成果を創出するとともに、我が国の産業競争力の強化、エネルギー・環境制約の克服に引き続き貢献するものとする。」ことを掲げている。</p> <p>本プロジェクトの狙いは、自動車・産業等幅広い分野において大きな課題となっている未利用熱の有効利用に関して、経済的に回収する技術体系を確立すると同時に、同技術の適用によって日本の主要産業の競争力を強化し、社会全体のエネルギー効率を向上させ、新省エネルギー技術の中核とした新たな産業創成を目指すものであることから、NEDO のミッションと合致する。さらに、材料開発からシステム化までには長い研究開発期間を要するため、リスクが大きく、また単独企業での開発ではなく産学官の叡智を結集してシステムとしての省エネルギー効果を目指す必要があることから、NEDO プロジェクトとしての実施が妥当である。</p> |          |                  |

## 2. 研究開発マネジメントについて

|       |   |
|-------|---|
| 事業の目標 | <p><b>事業の目標</b></p> <p>産業分野における工場排熱、輸送機器におけるエンジン排熱、オフィスや住宅環境における未利用排熱など、各種社会システムから広い温度領域に渡って膨大な未利用熱エネルギーが排出されている現状に対し、各種熱マネージメント部材の革新的な技術開発を通して未利用熱を有効活用できるシステムを確立し、産業分野、輸送機器、住宅環境等の更なる省エネ化を進める。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・断熱材では、1,500°C以上で使用可能なファイバーレス断熱材で圧縮強度 20MPa 以上、かつ熱伝導率 0.2W/m・K 以下の材料を開発。</li><li>・蓄熱材では、現行のエリスリトール（蓄熱密度 340kJ/kg, 119°C）に代わる、中低温域（100-150°C）で 1MJ/kg 程度の蓄熱密度を持つ材料を探索・開発。</li><li>・熱電材料では、現行のビスマス-テルル系（性能指数 <math>ZT=1</math>）の性能を大幅に改善するため、ナノ構造制御により大きな性能指数 (<math>ZT=4</math>) を持つ革新的材料を開発。平行して、柔軟性に富み大面積化が可能な有機熱電材料の探索を行い、<math>ZT=2</math> 以上の性能を有するフレキシブル熱電材料を開発。</li></ul> <p><b>研究開発目標と根拠</b></p> <p><b>研究開発項目①「蓄熱技術の研究開発」</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 研究開発の必要性<br/>未利用熱エネルギーを最も効果的に活用する方法の1つとして、熱を熱として保存できる蓄熱材料の利用があり、これまでに固体-液体の相変化を利用する潜熱蓄熱材料などが商用化されている。しかしながら、アプリケーション適用の観点からは、蓄熱材料の性能やコストには多くの課題があり、体積当たりの蓄熱密度や熱伝導の向上が課題となっている。</li><li>2. 研究開発の具体的内容<br/>本研究開発では、次世代自動車における暖気時間の低減、ビル空調における消費エネルギー低減や家庭用ヒートポンプ普及のための装置小型化に向けた、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う。また、低コストで、高効率な熱交換を可能とする、車載に適用可能な蓄熱複合体を開発する。</li><li>3. 達成目標<br/>【中間目標（H29年度末）】<ul style="list-style-type: none"><li>・120°C以下で、蓄熱密度 0.5MJ/kg を有する固液相変化等を利用した蓄熱材料の開発</li><li>・-20°C~25°C環境下で 12h 以上の保持期間を実現する蓄熱材の開発</li><li>・蓄熱材の占有体積が 9 割以上であり、蓄熱材単体の 20 倍以上の熱伝導率を有する複合蓄熱体の開発</li></ul>【最終目標（H34年度末）】<ul style="list-style-type: none"><li>・120°C以下で、蓄熱密度 1MJ/kg を有する固液相変化等を利用した蓄熱材料の開発</li><li>・-20°C~25°C環境下で 24h 以上の保持期間を実現する蓄熱材の開発</li><li>・蓄熱材の占有体積が 9 割以上であり、蓄熱材単体の 50 倍以上の熱伝導率を有する複合蓄熱体の開発</li></ul></li></ol> <p><b>研究開発項目②「遮熱技術の研究開発」</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 研究開発の必要性<br/>現在、住宅やビル等の建造物において、夏場のエアコン電力負荷低減を目的とした省エネ技術の重要度は、益々高まっている。その中で、太陽光から選択的に熱線のみを反射できる遮熱材料が有望な部材として注目されている。しかしながら、従来の遮熱材料は高コストであり、ユーザーからの要求性能を満たしていないという問題があり、これらを解決した革新的な遮熱材料が求められている。</li><li>2. 研究開発の具体的内容<br/>本研究開発では、従来技術では到達困難であった高い性能を有する革新的遮熱材料を開発する。具体的には、透明性、遮熱性および電波透過性を兼ね備えた住宅・ビル窓材向け遮熱材料や調光ガラス、建築物の壁材として使用可能な高耐久性遮熱コーティング材料などの遮熱材料を創出する。</li><li>3. 達成目標<br/>【中間目標（H29年度末）】<ul style="list-style-type: none"><li>・可視光線透過率 70%以上、日射熱取得率 43%以下（可視光線反射率 12%以下、カット波長 850~1400nm）の遮熱フィルムの開発</li></ul></li></ol> |
|-------|---|

【最終目標 (H34 年度末)】

- ・理論限界近傍の可視光線透過率 70%以上、日射熱取得率 40%以下 (可視光線反射率 12%以下、カット波長 850~1800nm) の遮熱フィルムの開発

研究開発項目③「断熱技術の研究開発」

1. 研究開発の必要性

運輸・民生・産業分野において、未利用熱エネルギーの削減に直接寄与する断熱材料への期待は大きい。特に、90%以上の熱が有効利用されていない産業・工業炉においては、高温域で利用可能な高性能断熱材が切望されている。しかしながら、産業／工業炉における断熱材料に求める性能としては、材料の耐久性や強度などが優先されるため、十分な断熱性能を有する材料が利用されていないのが状況である。

2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、材料強度やコストなど、アプリケーションの要求指標と断熱性能を両立する高性能高温断熱材料の開発をするとともに、工業炉の高効率化を実現する熱関連部素材および、これら部素材の有効活用技術を開発する。

3. 達成目標

【中間目標 (H29 年度末)】

- ・1500℃以上で使用可能なファイバーレス断熱材で圧縮強度 10MPa 以上、かつ熱伝導率 0.25W/m・K 以下を有する断熱材料の開発

【最終目標 (H34 年度末)】

- ・1500℃以上で使用可能な工業グレードのファイバーレス断熱材で圧縮強度 20MPa 以上、かつ熱伝導率 0.20W/m・K 以下を有する断熱材料の開発
- ・上記開発材料等を産業・工業炉に適用し、50%以上の排熱削減を実現

研究開発項目④「熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発」

1. 研究開発の必要性

熱から直接発電ができる熱電材料を利用した熱電変換技術は、運輸、産業、民生等、各分野に広く適用出来るポテンシャルを有しており、実用化およびその普及が期待されている。しかしながら、現在の熱電材料は、その性能指数の向上が大きな課題となっており、高い発電効率を実現する革新的な熱電モジュールが求められている。

2. 研究開発の具体的内容

本研究開発においては、車載等における熱電発電の経済性を確保することが可能な発電効率を実現するために、熱電材料の高性能化を目指すと共に、低コスト化や長寿命化に資する技術開発を進め、さらにはこれらの熱電材料を利用した熱電モジュールを開発する。

なお、本研究開発項目はステージゲート方式を採用する。

3. 達成目標

【中間目標 (H29 年度末)】

- ・性能指数 ZT=1 を有する有機材料の開発
- ・性能指数 ZT=2 を有する無機材料の開発

【最終目標 (H34 年度末)】

- ・性能指数 ZT=2 を有する有機材料の開発および当該材料を用いたモジュールの開発
- ・性能指数 ZT=4 を有する無機材料の開発および当該材料を用いたモジュールの開発

研究開発項目⑤「排熱発電技術の研究開発」

1. 研究開発の必要性

産業からの排熱は約 70%が 200℃以下の中低温排熱であり、大部分が廃棄されているのが現状である。これらの排熱を有効利用する方法として、未利用熱エネルギーを、熱サイクルを利用して電気エネルギーとして回収する排熱発電装置が導入されつつある。しかしながら、これらの発電装置は発電能力が比較的大きいため、工場内に分散し変動が大きい小量の排熱や蒸気を回収するには適していないという欠点があった。

2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、中規模工場の消費エネルギーの削減を目指し、少排熱量かつプロセス追従性が高い、高効率で低コスト化が見いだせる熱サイクルを利用した小型排熱発電関連技術および装置の開発を行う。

### 3. 達成目標

#### 【中間目標 (H29 年度末)】

- ・ 200℃以下の中低温排熱に対応した、発電効率 14%(従来比 2 倍)を有する出力 1kW クラス小型排熱発電装置の開発

#### 【最終目標 (H34 年度末)】

- ・ 200℃以下の中低温排熱に対応した、発電効率 14%(従来比 2 倍)を有する出力 10kW クラス小型排熱発電装置の開発
- ・ 200℃以下の中低温排熱に対応した、従来の大型機(500kW クラス)と同等性能を有する 50kW クラス排熱発電装置の開発
- ・ 工場等にて、開発した排熱発電装置を利用した未利用熱削減効果の実証

### 研究開発項目⑥「ヒートポンプ技術の研究開発」

#### 1. 研究開発の必要性

熱需要の多い工場等では、各製造工程におけるプロセス加熱において、100～200℃の熱源としてボイラー蒸気が多く使用され、それに伴い大量の排熱が発生している。特に産業、民生分野で発生している熱エネルギーのうち、60～80℃の低温排熱は、多くが未利用のまま廃棄されている。これらの排熱を有効利用するため、排熱を熱源として高温熱あるいは冷熱を作り出すことができるヒートポンプ技術が高効率排熱回収技術として幅広く適用されている。しかしながら、さらなるヒートポンプ技術の市場拡大のためには、さらなる高効率化や適用温度域の範囲拡大といった課題の解決が必要となっている。

#### 2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、(1) ボイラーで供給できる最高温度 200℃域を供給可能な産業用高効率高温ヒートポンプの開発、および(2) 低温排熱の下限レベルである 60℃排熱で駆動できる高効率冷凍機など、新たな市場を開拓するためのヒートポンプ技術を確立し、幅広い産業への適用拡大を図る。

### 3. 達成目標

#### 【中間目標 (H29 年度末)】

- ・ 200℃までの供給温度範囲に対応し、80→160℃加熱で COP:3.5 以上を達成するヒートポンプシステムの開発
- ・ 75℃以下の熱源で、供給温度-10℃を実現するヒートポンプシステムの開発

#### 【最終目標 (H34 年度末)】

- ・ 200℃までの供給温度範囲に対応し、100→200℃加熱で COP:3.5 以上を達成するヒートポンプシステムの開発
- ・ 60℃以下の熱源で、供給温度-10℃までの幅広い温度範囲に適合するヒートポンプシステムの開発

### 研究開発項目⑦「熱マネジメントの研究開発」

#### 1. 研究開発の必要性

近年、車両における内燃機関熱効率の飛躍的な向上および電動化の進展によって、低燃費化が急速に進んでいる。しかしながら、車両効率の向上によって暖房熱源の不足の問題が顕在化しつつあり、冬場の実効燃費向上が大きな課題となっている。また、電動車両においても、エアコン ON 時の航続距離の減少は大きな問題となっており、早急の対応が求められている。

#### 2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、高効率車両用熱マネジメントシステムを実現するために、熱の効率的な輸送を行うシステム、局所冷却を可能とする高性能熱電素子、高効率空調運転を実現する小型ヒートポンプ技術、内燃機関やモーター/インバータ等における排熱の削減・有効利用技術の開発を図る高効率な省エネユニット等を開発する。最終的には、未利用エネルギー有効活用技術をトータル的に組み合わせることで、高効率の車両用熱マネジメントシステムを実現することで、総合的な車両の効率向上を目指す。

### 3. 達成目標

#### 【中間目標 (H29 年度末)】

- ・ 高効率ヒートパイプの開発 (0～50℃にて熱輸送距離 5m、熱輸送量 1500W、抗重力性、動力源レス)
- ・ 吸熱量 5W/cm<sup>2</sup> を有する吸熱デバイスの開発
- ・ 数 kW 小型ヒートポンプシステムの開発

(a) 体積 100L 以下重量 50kg 以下で排熱温度 95℃以上、冷熱温度 5℃において冷凍能力/

- 排熱入力比 0.4 を有する冷房用ヒートポンプの開発
- (b) 極寒 (-20℃) 環境下などの実用条件で COP=1.5 (温度) 以上の作動が可能な暖房ヒートポンプの開発
- ・ 内燃機関、モータ/インバータ、空調、熱回収の車両トータル等における高精度熱発生・熱伝達シミュレーション技術の開発。
- 【最終目標 (H34 年度末)】
- ・ 高効率ヒートパイプの開発 (-20~50℃にて熱輸送距離 10m、熱輸送量 3000W、抗重力性、動力源レス)
  - ・ 吸熱量 10W/cm<sup>2</sup> を有する吸熱デバイスの開発・
  - ・ 数 kW 小型ヒートポンプシステムの開発
- (a) 体積 55L 以下重量 30kg 以下で排熱温度 95℃以上、冷熱温度 5℃において冷凍能力/排熱入力比 0.6 を有する冷房用ヒートポンプの開発
- (b) 極寒 (-20℃) 環境下などの実用条件で COP=1.7 以上 (温度) の作動が可能な暖房用ヒートポンプ開発および実アプリケーションでの実証
- ・ 車両トータルの熱移動を制御し、上記省エネシステムを組み合わせ、最適化することで、総合損失を 75% (走行距離 1.6 倍) まで低減したトータル熱マネジメント技術の開発。

研究開発項目⑧「熱関連調査・基盤技術の研究開発」

1. 研究開発の必要性

未利用熱は産業界だけでなく、民生・業務分野を含め広く分布しており、その存在状況を正確に把握することは研究開発の対象や目標を検討するうえで必要不可欠であるが、極めて困難である。

また、幅広い分野の技術開発を進めるうえで、熱関連材料の物性に関するデータや評価技術を統一的に整備することは、研究開発の効率化に極めて有用であり、研究開発の一環として実施する必要性が高い、

2. 研究開発の具体的内容

研究開発項目①~⑦の課題において、研究の効果的な推進を果たすために、各課題と連携して、各種排熱実態の調査、新規熱関連材料の導入シナリオ検討、およびシナリオ実現に向けた技術・制度課題の抽出を行う。熱関連材料については、多角的な材料情報のデータベースへの拡充、計算機シミュレーションを含めた熱関連材料の特性・性能評価技術の開発を実施する。

3. 達成目標

【中間目標 (H29 年度末)】

- ・ 排熱調査を実施し、研究開発シナリオの検討を完了する。
- ・ 各種部材の計測・評価結果の分析を進め、整備すべきデータベースを明確化する。
- ・ 計算機シミュレーションについて計算結果の解析と検討を進め、熱関連材料の特性・性能評価技術の整備、体系化を行う。

【最終目標 (H34 年度末)】

- ・ 排熱利用機器やシステム設計につながる未利用熱データベースの構築を完了する。
- ・ 優れた新規材料、機器開発を加速するための評価技術を提供する。
- ・ プロジェクト内部の共通基盤ツールとして、新材料探索の基盤情報を提供する。

|   |   |  |       |       |         |       |    |
|---|---|--|-------|-------|---------|-------|----|
| 事業の計画<br>内容                                     | 主な実施事項  | H25fy  | H26fy | H27fy | H28fy   | H29fy |    |
|   | ①蓄熱技術の研究<br>開発                                  |  |       |       |         |       |    |
|   | ②遮熱技術の研究<br>開発                                  |  |       |       |         |       |    |
|   | ③断熱技術の研究<br>開発                                  |  |       |       |         |       |    |
|   | ④熱電変換材料・<br>デバイス高性能高<br>信頼化技術開発                 |  |       |       |         |       |    |
|   | ⑤排熱発電技術の<br>研究開発                                |  |       |       |         |       |    |
|   | ⑥ヒートポンプ技<br>術の研究開発                              |  |       |       |         |       |    |
|   | ⑦熱マネージメン<br>トの研究開発                              |  |       |       |         |       |    |
|   | ⑧熱関連調査・基<br>盤技術の研究開発                            |  |       |       |         |       |    |
| 開発予算<br>(会計・勘定別<br>に事業費の実績<br>額を記載)<br>(単位:百万円) | 会計・勘定   | H25fy  | H26fy | H27fy | H28fy   | H29fy | 総額 |
|   | 特別会計(需給)  | 1,550  | 2,060 | 1,850 | (1,800) |       |    |
|   | 開発成果促進財源  | 0  | 0     | 0     |         |       |    |
|   | 総予算額  | 1,550  | 2,060 | 1,850 |         |       |    |
|   | (委託)  | ○  | ○     | ○     |         |       |    |
| 開発体制  | 経産省担当原課   | 製造産業局非鉄金属課   |       |       |         |       |    |
|   | プロジェクト<br>リーダー                                  | 小原 春彦(国立研究開発法人産業技術総合研究所<br>エネルギー・環境領域 研究戦略部 研究戦略部長)  |       |       |         |       |    |
|   | 委託先<br>(委託先が管理人<br>の場合は参加企<br>業数及び参加企<br>業名も記載) | 委託先:未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合<br>組合員(参加18社、1財団、1研究機関)<br>共同実施:岡山大学、大阪大学、東京工業大学、<br>早稲田大学、北海道大学、名古屋大学、<br>東北大学、北陸先端科学技術大学院大学、<br>東京大学、豊田理化学研究所、<br>物質・材料研究機構、山口東京理科大学、<br>長岡技術科学大学、東京理科大学、九州大学、<br>佐賀大学、八戸工業大学、宇都宮大学、<br>東北大学、広島大学、建築研究所<br><br>研究開発項目①:蓄熱技術の研究開発<br>(1)蓄熱技術の研究開発(高密度/長期蓄熱材料の研究開発)<br>パナソニック株式会社<br>(2)車載用蓄熱技術(材料)の研究開発<br>トヨタ自動車株式会社、三菱樹脂株式会社、<br>国立研究開発法人産業技術総合研究所<br>研究開発項目②:遮熱技術の研究開発<br>(3)革新的次世代遮熱フィルムの研究開発<br>東レ株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所<br>研究開発項目③:断熱技術の研究開発<br>(4)断熱材料の研究開発<br>美濃窯業株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所<br>研究開発項目④:熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発<br>(5)高性能熱電材料およびモジュールの開発<br>国立研究開発法人産業技術総合研究所<br>(6)熱電デバイス技術の研究開発 |       |       |         |       |    |

|               |  |  |
|---------------|--|--|
|               |  | <p>古河機械金属株式会社<br/> (7) 熱電変換による排熱活用の研究開発<br/> 株式会社日立製作所<br/> (8) フレキシブル有機熱電材料およびモジュールの研究開発<br/> 富士フイルム株式会社<br/> (9) 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<br/> 古河電気工業株式会社<br/> (10) シリサイド熱電変換材料による車載排熱発電システムの<br/> 実用化への要素技術開発<br/> 日本サーモスタット株式会社、株式会社安永<br/> 研究開発項目⑤：排熱発電技術の研究開発<br/> (11) 排熱発電技術の研究開発<br/> パナソニック株式会社<br/> 研究開発項目⑥：ヒートポンプ技術の研究開発<br/> (12) 産業用高効率高温ヒートポンプの開発<br/> 株式会社前川製作所<br/> (13) 機械・化学産業分野の高温熱供給に適した冷媒と<br/> ヒートポンプシステム技術開発<br/> 三菱重工業株式会社、セントラル硝子株式会社、<br/> 国立研究開発法人産業技術総合研究所<br/> (14) 低温駆動・低温発生機の研究開発<br/> 日立アプライアンス株式会社、株式会社日立製作所<br/> 研究開発項目⑦：熱マネージメントの研究開発<br/> (15) 熱マネージメント材料の研究開発<br/> トヨタ自動車株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所<br/> (16) 熱マネージメントの研究開発<br/> マツダ株式会社<br/> (17) 車両用小型吸収冷凍機の研究開発<br/> アイシン精機株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所<br/> (18) 車両用高効率排熱利用・冷房用ヒートポンプの研究開発<br/> カルソニックカンセイ株式会社<br/> 研究開発項目⑧：熱関連調査・基盤技術の研究開発<br/> (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<br/> 国立研究開発法人産業技術総合研究所、<br/> 一般財団法人金属系材料研究開発センター</p> |
| 情勢変化への対応      | 熱電変換技術開発では、近年のナノ材料技術の急速な進展に伴い、新しい材料系や構造に関する研究が世界で取り組み始められている。熱電変換材料・デバイスの新たな技術シーズ発掘を図るため、また、迅速に研究開発に取り組めるために、小規模研究開発（研究期間：約1年半、予算規模：2千万円以下）の枠組みを新たに設定して、公募を行った。  |  |
| 中間評価結果への対応    | —  |  |
| 評価に関する事項      | 事前評価   | 平成 24 年度   |
|               | 中間評価   | 平成 27 年度、平成 29 年度、平成 32 年度（予定）   |
|               | 事後評価   | 平成 35 年度（予定）   |
| 3. 研究開発成果について | <p>研究開発項目①：蓄熱技術の研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>高密度蓄熱材料（低温）：融解熱/融点解析手法を構築、ゲスト/ホスト配列促進による過冷却抑制 (<math>\Delta T=18 \rightarrow 2 \text{deg}</math>) を原理検証</li> <li>高密度蓄熱材料（中/高温）：吸着・脱離反応の低反応温度化を原理検証、蓄熱密度 1MJ/kg 以上の材料候補を抽出(解析)</li> <li>長期蓄熱材料：-20/25℃環境下で過冷却安定性を有する組成を明確化、過冷却解除後のモジュール出力 3kW/L を原理検証</li> <li>アルミ共晶系合金粉末を用いることで、蓄熱構造体の合成反応着火温度を低温化 (660℃<math>\Rightarrow</math>570℃)。</li> <li>感温分子を修飾したシリカゲルにて、吸着特性を維持したまま再生温度の低温化 (7℃低減) を確認。</li> <li>未反応原料リサイクルにより原材料費 30%削減の基礎技術を確立し、蓄熱材の寿命予測技術を確立。</li> </ul> |  |



研究開発項目②：遮熱技術の研究開発

- ・高精度流動シミュレーション技術を駆使して積層装置を開発してフィルム化を行い、目標カット帯域発現を実証した。
- ・高遮熱化、層間密着性、製膜性を有する新規ポリマーの基本設計を行った。
- ・高精度コート技術の開発を行い、目標透過率と耐久性をクリアした。
- ・実際の建物に遮熱性・冷房負荷評価システムを構築し、遮熱フィルム加工窓による冷房負荷測定を開始した。

研究開発項目③：断熱技術の研究開発

- ・220mm×116mm×39mm 形状断熱材料試作完了
- ・既存設備の入熱・出熱状況のデータ蓄積及び検証、産業/工業炉エネルギー分布シミュレーション結果の妥当性検証
- ・既存セラミックス蓄熱材料の1.3倍の入熱速度及び1.1倍の放熱速度を有する蓄熱部材試作及び高温耐久性向上
- ・上記蓄熱部材を組み込んだ高効率バーナーの性能評価と課題抽出

研究開発項目④：熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発

- ・金属系合金薄膜ライブラリ試料の合成に成功しそれらの薄膜の計測法としてパラレル抵抗評価技術を開発。
- ・レーザー加熱装置により、酸化物小型単相試料の溶融合成に成功。
- ・Mo 酸化物のドーピングによりゼーベック係数が増加し、パワーファクタ F が従来材料の3倍以上の  $80 \mu W/mK^2$  に増大することを確認
- ・CNT系材料としては世界最高レベルのパワーファクタ ( $413 \mu W/m \cdot K^2$ ) を発現
- ・熱電材料の開発成果 熱電性能向上：当社 H25 年度比 10%向上 p 型材料  $ZT=0.80 \rightarrow ZT=0.90$ 、n 型材料  $ZT=1.00 \rightarrow ZT=1.15$ 。材料合成技術：10kg/バッチの材料合成技術を開発した。ペレット成形技術： $\Phi 200mm$  のペレット成形技術を開発した。
- ・熱電デバイスの開発成果：熱電材料/電極の接合技術を開発し、 $600^\circ C/50^\circ C$  の条件でモジュールの発電効率は 8%に達し、高温端  $500^\circ C \sim 575^\circ C$  での温度条件でモジュールの耐久性 1000h 以上を実現した。
- ・システム効率向上の検証：熱電変換モジュール評価装置の導入完了し、環境低負荷な鉄系合金材料を用いた熱電変換モジュールにおいて  $380W/m^2 @ \Delta T=150^\circ C$  の出力を確認
- ・新熱電変換材料の開発：シミュレーションにより高 ZT 化が期待できる新規カルシウム系材料の提案、Mn-Si ナノ結晶薄膜により、 $ZT > 1$  達成に必要な従来比 2/3 の熱伝導率を実現
- ・CNT コンポジット系では p 型分散剤を選定し、印刷インク化に成功、熱電モジュール作製プロセスを開発した。
- ・導電性ポリマーの設計指針で新たな知見が得られた。
- ・ハイブリッド用材料としては鉄シリサイド系材料の性能を改良した。
- ・高性能化では、焼結組織の制御に成功。
- ・p 型特性発現では、新たな p 型材料を開発。
- ・モジュール化では、素子作製を高効率化。
- ・原料合成のスケールアップ： $\sim$ 数百 g  $\Rightarrow \sim 700g / 1$  坩堝
- ・大口径焼結技術： $\sim \phi 50mm$
- ・発電出力密度： $0.5W/cm^2$  以上
- ・熱電性能指数： $ZT \sim 1.1$  達成

研究開発項目⑤：排熱発電技術の研究開発

- ・市場調査とビジネスモデルの明確化：9 業種 28 事業所の排熱実態調査を行い、適切な機器仕様や導入効果を明確化。実排熱を利用した課題抽出実験先を決定
- ・高効率小型排熱発電技術開発：1kW クラスの発電実験システム（中低温熱源  $200^\circ C$  以下）を構築し発電効率 10.7%を実証。10kW クラスでは、超音速小型膨張タービン動静翼の設計試作を完了
- ・余剰蒸気利用排熱発電技術開発：出力 50kW クラスの空力構想設計により翼車仕様を明確化

研究開発項目⑥：ヒートポンプ技術の研究開発

- ・基本計算モデルで統合解析シミュレーションを行った結果、冷媒にブタンを用いた  $100^\circ C \rightarrow 160^\circ C$  加熱で COP3.79 となり、中間目標を達成できる見通しが得られた。
- ・オイルフリー、超高速回転を実現し、かつ断熱効率 70%を達成するためのターボ圧縮機の設計と製作を行い、目標効率を十分達成できる見通しが得られた。
- ・断熱材を複合化させることで、本ヒートポンプにマッチした独自の断熱材を開発できる見通

|                  |   |                |      |                     |    |                       |                  |   |
|------------------|---|----------------|------|---------------------|----|-----------------------|------------------|---|
|                  | <p>しが得られた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>低 GWP 新型冷媒候補の開発と物性情報構築：新型冷媒候補 A1 を現時点での第一候補として選定し、ヒートポンプシステムへの適用検討を開始した。また新型冷媒候補 A2 における、高効率合成方法、長期運転、毒性および熱安定性について良好な結果を得ることが出来た。</li> <li>ヒートポンプサイクルの特性解析と性能評価：目標性能を満足する実現可能なヒートポンプサイクルを選定した。また空調温度域で、候補冷媒を用いた空力検証試験を実施し、設計の解析精度を向上させるためのデータを取得することが出来た。</li> <li>低温駆動サイクルについて、原理試作機により温水 60℃、冷却水 30℃の条件で冷房に利用可能な 7℃の冷水が得られることを実証、実用性を確認するための水冷式試作機のシミュレーションおよび設計製作を実施した。</li> <li>新冷媒について、新規に選定したインヒビタの腐食抑制効果を確認し、八戸工大では冷熱発生実験装置の運転を開始した。</li> <li>新吸収剤では、流下液膜吸収器、再生器の伝熱特性を実測し、影響因子を明らかにした。</li> </ul> <p>研究開発項目⑦：熱マネージメントの研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>過渡解析モデルを作成し、モデルの妥当性を小型ループ式ヒートパイプで確認。</li> <li>ナノ流体の添加粒子形状による効果を検討、銀ナノワイヤ（アスペクト比大）により、熱伝導率 1.2 倍向上を確認。</li> <li>沸騰評価装置を作製し、沸騰現象の可視化を実現。沸騰表面の撥水パターンによる沸騰熱伝達効率の向上を確認。</li> <li>モータ コイルエンド用吸熱モジュールの「新材料と組み込み構造」の具体化</li> <li>インバータ用吸熱効果を向上する「吸熱モジュール構造付パワーデバイス」の「技術コンセプト構築と特性の明確化」</li> <li>モータ内部熱流計測用「温度計測技術の育成」</li> <li>小型軽量化した装置の設計、試作を実施</li> <li>基礎特性取得用実験システムを用いてシステム開発の前提となるベース吸着材の基礎特性を把握した。</li> <li>車載検討用実験システムを新たに構築し、最大冷凍性能 1KW を達成した。</li> <li>吸着材開発では、新規開発材でベース吸着材に対し最大 2.8 倍の吸着性能を確認した。</li> </ul> <p>研究開発項目⑧：熱関連調査・基盤技術の研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>9 業種の工場等における未利用熱の温度や排出量、購入エネルギー量と排ガス熱量との関係などを明らかにした</li> <li>新型冷媒候補の実用化に必要な燃焼性や地球温暖化係数（GWP）データの普及に貢献した</li> <li>蓄熱材料データの収集とデータベースへの収録、糖アルコールを対象とした蓄熱量・転移温度のシミュレーション</li> </ul> <table border="1" data-bbox="387 1272 1434 1518"> <tr> <td data-bbox="387 1272 619 1330">投稿論文</td> <td data-bbox="619 1272 1434 1330">「論文」30件（うち査読付き 16件）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="387 1330 619 1397">特許</td> <td data-bbox="619 1330 1434 1397">「出願」76件（うち PCT 出願 3件）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="387 1397 619 1518">その他の外部発表（プレス発表等）</td> <td data-bbox="619 1397 1434 1518">「研究発表・講演」148件、「新聞・雑誌等」1件、「その他（展示会への出展等）」9件、「受賞実績」2件</td> </tr> </table> |                | 投稿論文 | 「論文」30件（うち査読付き 16件） | 特許 | 「出願」76件（うち PCT 出願 3件） | その他の外部発表（プレス発表等） | 「研究発表・講演」148件、「新聞・雑誌等」1件、「その他（展示会への出展等）」9件、「受賞実績」2件 |
| 投稿論文             | 「論文」30件（うち査読付き 16件）   |                |      |                     |    |                       |                  |   |
| 特許               | 「出願」76件（うち PCT 出願 3件）   |                |      |                     |    |                       |                  |   |
| その他の外部発表（プレス発表等） | 「研究発表・講演」148件、「新聞・雑誌等」1件、「その他（展示会への出展等）」9件、「受賞実績」2件   |                |      |                     |    |                       |                  |   |
| 4. 実用化の見通しについて   | <p>早期に実用化可能なものは実用化を促進し、新たな技術開発シーズを取り込む等、研究開発テーマの新陳代謝が良い活力ある研究開発プロジェクトとするために、実用化の可能性が見えてきた技術テーマについては実環境での評価・それによる課題の抽出・課題解決への研究開発を三位一体で計画・実行することで実用化の加速を行う。</p> <p>展示会にサンプル展示等を行い、ユーザーニーズを把握すると共に、実環境評価の条件等の研究計画に反映する。複数の技術分野において、NEDO 省エネルギーフォーラム等の展示会でのサンプル展示や、それに続く実環境試験の実施が可能な段階にある。</p>   |                |      |                     |    |                       |                  |   |
| 5. 基本計画に関する事項    | 作成時期  | 平成 27 年 3 月 制定 |      |                     |    |                       |                  |   |
|                  | 変更履歴  | —              |      |                     |    |                       |                  |   |

### ◆事業実施の背景と事業の目的

#### 社会的背景

- ・東日本大震災以降の電力需給状況とエネルギー価格を考慮すると、新たな省エネルギー技術の必要性は明白である。
- ・一次エネルギーの大半は有効活用できておらず、年間1兆kWhもの未利用熱エネルギーの大部分が排熱として廃棄されている。
- ・未利用熱の有効活用は、自動車・産業・住宅等幅広い分野において大きな課題となっている。



#### 事業の目的

- ・広域に分散した熱を有効利用する技術の基盤となる熱マネジメント技術として、断熱、蓄熱、熱電変換等の技術開発を一体的に行うことで、未利用熱エネルギーを経済的に回収する技術体系を確立する。
- ・社会全体のエネルギー効率を向上させることで、新しい省エネルギー技術の中核とした新たな産業創成を目指す。

3

### ◆事業の目標

産業分野における工場排熱、輸送機器におけるエンジン排熱、オフィスや住宅環境における未利用排熱など、各種社会システムから広い温度領域に渡って膨大な未利用熱エネルギーが排出されている現状に対し、各種熱マネジメント部材の革新的な技術開発を通して未利用熱を有効活用できるシステムを確立し、産業分野、輸送機器、住宅環境等の更なる省エネ化を進める。



- ・断熱材では、1,500°C以上で使用可能なファイバーレス断熱材で圧縮強度20MPa以上、かつ熱伝導率0.2W/m・K以下の材料を開発。
- ・蓄熱材では、現行のエリスリトール(蓄熱密度 340KJ/kg, 119°C)に代わる、中低温域(100-150°C)で1MJ/kg程度の蓄熱密度を持つ材料を探索・開発。
- ・熱電材料では、現行のビスマス-テルル系(性能指数 ZT=1)の性能を大幅に改善するため、ナノ構造制御により大きな性能指数(ZT=4)を持つ革新的材料を開発。平行して、柔軟性に富み大面積化が可能な有機熱電材料の探索を行い、ZT=2以上の性能を有するフレキシブル熱電材料を開発。

10

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と根拠

| 研究開発項目                    | 中間目標<br>(平成29年度末)   | 根拠  |
|---------------------------|---|---|
| ①「蓄熱技術の研究開発」              | ・120℃以下で、蓄熱密度0.5MJ/kgを有する固液相変化等を利用した化学蓄熱材料の開発                     | ・最終目標(1MJ/kg)達成に向け、平成29年度に高蓄熱密度化と低温化の材料仕様を明確化 |
|                           | ・-20℃～25℃環境下で12h以上の保持期間を実現する蓄熱材の開発                                | ・最終目標に向け、12h以上過冷却保持時間を実現する材料仕様を明確化            |
| ②「遮熱技術の研究開発」              | ・可視光線透過率70%以上、日射熱取得率43%以下(可視光線反射率12%以下、カット波長850～1400nm)の遮熱フィルムの開発 | ・自動車フロントガラス向けの規制にも適合する可視光線透過率かつ従来比優位な遮熱性能     |
| ③「断熱技術の研究開発」              | ・1500℃以上で使用可能なファイバーレス断熱材で圧縮強度10MPa以上、かつ熱伝導率0.25W/m・K以下を有する断熱材料の開発 | ・現状のファイバー系断熱材料の熱伝導率と耐火断熱れんがの強度を兼ね備えた性能        |
| ④「熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発」 | ・性能指数ZT=1を有する有機材料の開発<br>・性能指数ZT=2を有する無機材料の開発                      | ・最終目標に向けた中間期として設定                             |

11

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と根拠

| 研究開発項目             | 中間目標<br>(平成29年度末)   | 根拠  |
|--------------------|---|---|
| ⑤「排熱発電技術の研究開発」     | ・200℃以下の中低温排熱に対応した、発電効率14%(従来比2倍)を有する出力1kWクラス小型排熱発電装置の開発  | ・現行の排熱発電装置(～100kW級)のスペックに対して2倍  |
| ⑥「ヒートポンプ技術の研究開発」   | ・200℃までの供給温度範囲に対応し、80→160℃加熱でCOP:3.5以上を達成するヒートポンプシステムの開発<br>・75℃以下の熱源で、供給温度-10℃を実現するヒートポンプシステムの開発 | ・200℃での構成部材の適用性評価と共に、従来比1.4倍の効率を確認して最終目標に繋げる<br>・最終目標に向けた中間期として設定     |
| ⑦「熱マネジメントの研究開発」    | ・高効率ヒートパイプの開発(0～50℃熱輸送距離5m、熱輸送量1500W、抗重力性、動力源レス)<br>・吸熱量 5W/cm <sup>2</sup> を有する吸熱デバイスの開発         | ・最終目標達成のため、各要素技術を小型ヒートパイプで検証<br>・最終目標に向けた中間期として設定                     |
| ⑧「熱関連調査・基盤技術の研究開発」 | ・排熱調査を実施し、研究開発シナリオ検討完了<br>・各種部材の計測・評価結果の分析を進め、整備すべきデータベースを明確化                                     | ・生産現場のニーズに適合できる具体的提案につなぐ<br>・今後の開発材料の情報の継続的かつ速やかな収録、プロジェクト共有化に向けた準備完了 |

12

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

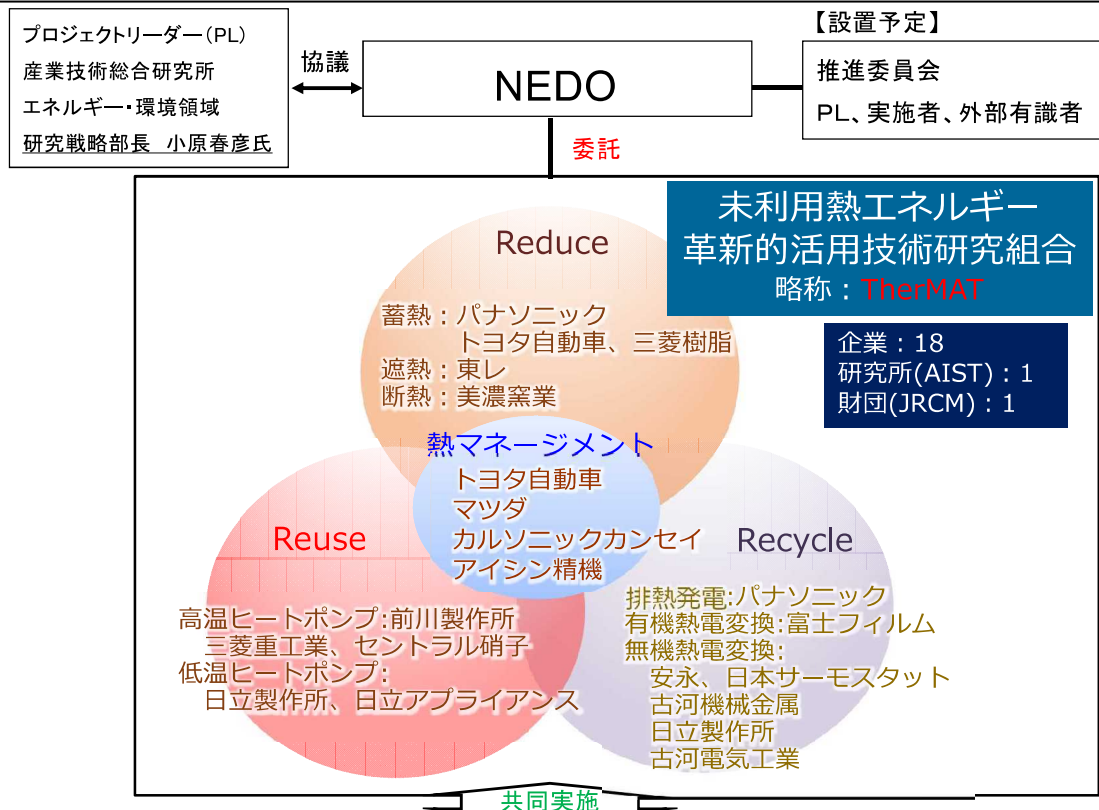
事業計画

事業期間:平成27~34年度(8年間) ※平成25~26年度の2年間は経済産業省で実施  
 総事業費(NEDO負担分): 124億円(予定)  
 プロジェクトリーダー(PL): 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 エネルギー・環境領域 研究戦略部長 小原 春彦  
 プロジェクトマネージャー(PM): 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 主任研究員 楠瀬 暢彦

| <研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>  | H27<br>(2015)                      | H28<br>(2016) | H29<br>(2017) | H30<br>(2018)                     | H31<br>(2019) | H32<br>(2020) | H33<br>(2021) | H34<br>(2022) |
|---|------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 以下の7項目に係る研究開発<br>蓄熱技術/遮熱技術/断熱技術/<br>熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術/排熱発電技術/ヒートポンプ技術/熱マネージメント | 各項目について、新材料の開発、機器単体の開発、システムの検討等を行う |               | 中間評価          | 各項目についてシステムの構築等を行い、実用化に十分な性能を達成する |               |               |               | 中間評価          |
| 熱関連調査・基盤技術の研究開発   | 整備すべきデータベースの明確化/評価技術の整備、体系化        |               |               | データベースの製作/新材料探索の基盤情報の提供           |               |               |               |               |
| 予算(億円)  | 18.5                               | (18)          | (15)          | (15)                              | (15)          | (15)          | (15)          | (12.5)        |

13

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性



早稲田大・東京工業大・名古屋大・東北大・岡山大・大阪大・東京大・山口東京理科大・東京理科大・物質材料研究機構・広島大・九州大・佐賀大・八戸工業大・宇都宮大・建築研究所・北陸先端科学技術大学院大・長岡科学技術大・北海道大・豊田理化学研究所

15

◆プロジェクト費用

◆年度ごとの予算と実績

(単位:百万円)

|        | H25年度 | H26年度 | H27年度 | 合計      |
|--------|-------|-------|-------|---------|
| 各年度予算額 | 1,550 | 2,060 | 1,850 | 5,460   |
| 各年度実績額 | 1,469 | 1,991 | —     | (3,460) |

H25-H26年度は経済産業省で実施