

「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32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（第1回 平成29年7月20日、第2回 平成29年8月4日）及び現地調査会（平成29年6月16日 於 美濃窯業株式会社瑞浪工場）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33条の規定に基づき、第53回研究評価委員会（平成29年10月11日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成29年10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 石原 慶一

「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29年8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 会長	いしはら けいいち 石原 慶一	京都大学 大学院エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻 教授
分科 会長 代理	かがわ のぼる 香川 澄	防衛大学校 システム工学群 機械システム工学科 教授
委員	さいかわ みちゆき 齋川 路之	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 首席研究員
	さまた ひろあき 佐俣 博章	神戸大学大学院 海事科学研究科 マリンエンジニアリング講座 教授
	しゅどう としお 首藤 登志夫	首都大学東京 大学院理工学研究科 機械工学専攻 教授
	はせざき かずひろ 長谷崎 和洋	徳島大学 大学院社会産業理工学研究部 理工学域機械科学系 教授
	ほり やすひこ 堀 康彦	一般財団法人電力中央研究所 電力技術研究所 高電圧・絶縁領域 上席研究員

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 会長	いしはら けいいち 石原 慶一	京都大学 大学院エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻 教授
分科 会長 代理	かがわ のぼる 香川 澄	防衛大学校 システム工学群 機械システム工学科 教授
委員	あさおか たつり 浅岡 龍徳	信州大学 工学部 機械システム工学科 准教授
	おおかわ せいじ 大河 誠司	東京工業大学 大学院理工学研究科 機械物理工学専攻 准教授
	さいかわ みちゆき 齋川 路之	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 首席研究員
	しゅどう としお 首藤 登志夫	首都大学東京 大学院理工学研究科 機械工学専攻 教授
	はせざき かずひろ 長谷崎 和洋	徳島大学 大学院社会産業理工学研究部 理工学域機械科学系 教授

敬称略、五十音順

第2回分科会

	氏名	所属、役職
分科 会長	いしはら けいいち 石原 慶一	京都大学 大学院エネルギー科学研究科 エネルギー社会・環境科学専攻 教授
分科 会長 代理	かがわ のぼる 香川 澄	防衛大学校 システム工学群 機械システム工学科 教授
委員	さいかわ みちゆき 齋川 路之	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 首席研究員
	しゅどう としお 首藤 登志夫	首都大学東京 大学院理工学研究科 機械工学専攻 教授
	はせざき かずひろ 長谷崎 和洋	徳島大学 大学院社会産業理工学研究部 理工学域機械科学系 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技術開発は、化石燃料消費削減、温室効果ガス排出削減に有効であるだけでなく、この方面の国際競争力をさらに強化するために、本事業をこの時期に行うことは非常に望ましい。また、未利用熱の有効利用による社会全体のエネルギー効率向上は、高い公共性と有効な国際貢献が期待されることから、国が率先して実施する技術開発であり、NEDO が関与する意義が認められる。なお、この要素技術は他分野にも広く応用することができ、今後の研究開発達成状況によっては、波及効果も期待できる。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

未利用熱の有効利用技術開発は、化石燃料消費削減、温室効果ガス排出削減に有効であるだけでなく、この方面の国際競争力をさらに強化するために、本事業をこの時期に行うことは非常に望ましい。また、未利用熱の有効利用による社会全体のエネルギー効率向上は、高い公共性と有効な国際貢献が期待されることから、国が率先して実施する技術開発であり、NEDO が関与する意義が認められる。なお、この要素技術は他分野にも広く応用することができ、今後の研究開発達成状況によっては、波及効果も期待できる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

断熱材、熱電変換材料の新素材開発と、それらを組み込んだシステム開発を統合的に行うという着眼点と、前回の評価結果並びに全体予算を鑑みて重点項目を定めている点を評価したい。プロジェクトリーダーとプロジェクトマネージャー間の連携が十分とれており、研究開発マネジメントが適切に行われている。

一方、具体的な数値目標を立てていることは評価できるが、実質が伴わない可能性がある目標値については、よりユーザーニーズに近い目標設定に見直してほしい。今後は個別の目標と実用化のための技術障壁がどのように対応しているかを分析し、さらにコスト評価を加えて目標を再設定することを検討してほしい。また、予算を十分に確保の上、研究開発を加速させて、成果を早く出してほしい。

2. 3 研究開発成果について

中間目標は概ね達成されており、テーマの多くは世界的なレベルに達している。一部のテーマにおいては実用レベルにまで達しており、先行して実用化を目指している点は評価できる。成果の普及に向けて、一般へ情報を発信する努力もなされている。一方、最終目標達成の見通しが、必ずしも明確でない印象もある。例えば、実機の試作がや

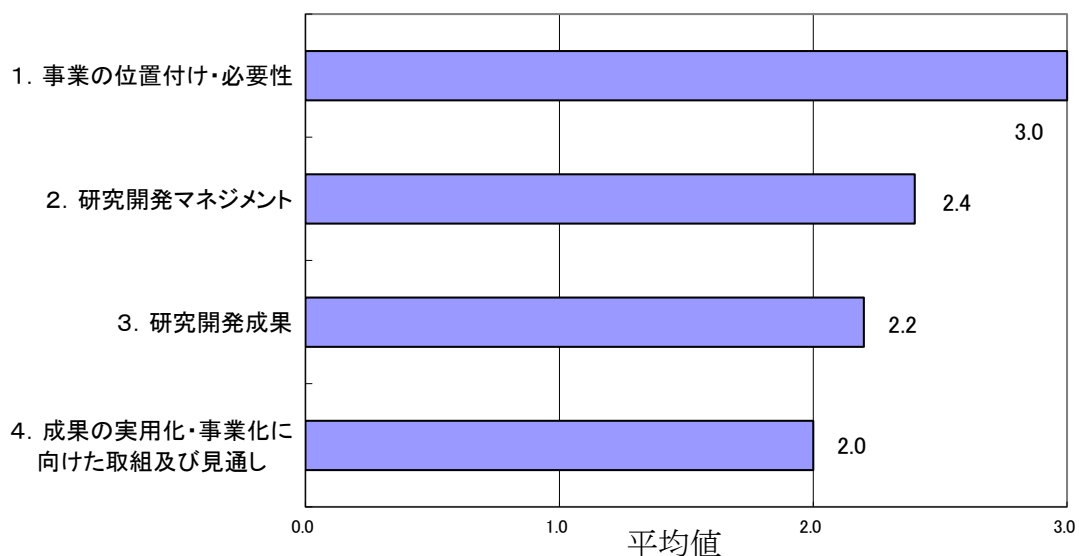
や遅れているテーマなどに対しては効果的なフォローが望まれる。

今後は、製品化のイメージを前面に出し、広くユーザーが興味を持てるような情報発信を行い、新たなニーズの発掘にも努めてほしい。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

市場や技術動向等の把握に努めており、実用化に向けてのニーズ調査が十分行われている。また、派生技術の早期実用化に対する取組も同時になされている。ワーキンググループによる実施者間の連携を図ることによる実用化戦略は、企業の壁を越えた取組として評価できる。一方、一部の技術開発において、技術的な課題と製品化のための課題の区別が曖昧な印象を受ける。実用化からほど遠い研究開発もあり、その成果の活用方法を考慮し、実用化への道筋を明らかにすることにより、全体として選択と集中を図り、効率的な事業運営が望まれる。実用化については、新規製品への適用のみならず、既成のシステムに対しても後付けできると良い。また、用途・ニーズの拡大の可能性もあることから、専門家向けだけでなく、広く一般にも PR を行ってほしい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)				
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	B	A	A	A	C
3. 研究開発成果について	2.2	B	B	B	B	A
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	2.0	B	B	B	B	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・事業化に向けた取組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29年8月4日(金) 10:00～16:00

場 所：WTC コンファレンスセンター Room A (世界貿易センタービル 3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 「事業の位置付け・必要性」、「研究開発マネジメント」
「研究開発成果」、「実用化に向けた取組及び見通しに
ついて」 | 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 熱関連調査・基盤技術の研究開発 | 12:30～14:10 (100分) |
| 国立研究開発法人産業技術総合研究所 | |
| 6.1.1 冷媒評価技術 | (説明 10分、質疑 10分) |
| 6.1.2 産業分野の排熱調査 | (説明 10分、質疑 10分) |
| 6.1.3 民生分野の熱損失調査ならびに評価技術 | (説明 10分、質疑 10分) |
| 6.1.4 熱電変換評価技術 | (説明 10分、質疑 10分) |
| 6.1.5 計算科学およびデータベースの研究開発 | (説明 10分、質疑 10分) |

(休憩 5分)

- | | |
|--------------|-------------------|
| 6.2 今後の進め方 | 14:15～15:35 (80分) |
| NEDO 省エネルギー部 | (説明 30分、質疑 50分) |

(休憩・入替 5分)

【公開セッション】

- | | |
|--------------|-------------------|
| 7. まとめ・講評 | 15:40～15:55 (15分) |
| 8. 今後の予定、その他 | 15:55～16:00 (5分) |
| 9. 閉会 | 16:00 |

※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

概要

		最終更新日	平成 29 年 7 月 25 日
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/ PMまたは担当者	省エネルギー部 楠瀬 暢彦（平成 27 年 4 月～現在）：プロジェクトマネージャー 梅村 茂樹（平成 27 年 4 月～6 月）、鍛冶 日奈子（平成 27 年 4 月）、 谷 泰範（平成 27 年 4 月～平成 28 年 4 月）、岩坪 哲四郎（平成 27 年 7 月～平成 28 年 4 月） 近藤 篤（平成 27 年 4 月～現在）、永井 恒輝（平成 27 年 7 月～現在） 田中 裕司（平成 28 年 4 月～現在）、星野 光男（平成 28 年 4 月～現在） 松原 健（平成 28 年 5 月～現在）、竹内 由実（平成 29 年 4 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 付け・必要性 について	<p>事業実施の背景と事業の目的</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>政策的位置付け</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 2016」（平成 28 年 9 月 16 日：経済産業省/NEDO）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 にものぼ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>「長期エネルギー需給見通し」（平成 27 年 7 月 16 日：経済産業省）において、「徹底した省エネルギーの推進」により、大幅なエネルギー効率の改善を見込むとともに、多様なエネルギー源の活用と供給体制の確保として「廃熱回収・再生可能エネルギー熱を含む熱利用の面的な拡大など地産地消の取り組みを推進する。」としている。</p> <p>「科学技術イノベーション総合戦略 2017」（平成 29 年 6 月 2 日閣議決定）において、安全性を前提として、安定供給、経済効率性、及び環境適合性を同時に達成するエネルギーミックスの実現に向けて「徹底した省エネルギーの推進及びエネルギー源の多様化が求められる。」としている。関連技術として、「エネルギーハーベスティング技術（太陽電池、熱電素子、振動発電等）等の開発も必要となる。」と提示し、これらの基盤技術の強化に当たっては「高度な熱マネジメントで重要となるナノ領域の熱（フォノン）制御技術」等の基礎研究を中長期的視点に立って推進することも重要である。」としている。</p>		

	<p>NEDO が関与する意義</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

<p>事業の目標</p>	<p>事業の目標</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"> 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。 <p>研究開発目標と根拠</p> <p>研究開発項目①「蓄熱技術の研究開発」</p> <p>1. 研究開発の必要性</p> <p>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。</p> <p>2. 研究開発の具体的内容</p> <p>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。</p> <p>3. 達成目標</p> <p>【中間目標（H29 年度末）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 -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 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 <p>【最終目標（H34 年度末）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 -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 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 <p>研究開発項目②「遮熱技術の研究開発」</p> <p>1. 研究開発の必要性</p> <p>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</p>
--------------	---

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。

2. 研究開発の具体的内容

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。

3. 達成目標

【中間目標 (H29 年度末)】

- ・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

【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°C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°C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証

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／インバーター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/cm² 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、モーター/インバーター、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/cm² 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。

事業の計画内容	主な実施事項	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	
	①蓄熱技術の研究開発	—————→					

	②遮熱技術の研究開発						
	③断熱技術の研究開発						
	④熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発						
	⑤排熱発電技術の研究開発						
	⑥ヒートポンプ技術の研究開発						
	⑦熱マネージメントの研究開発						
	⑧熱関連調査・基盤技術の研究開発						
事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	総額
	一般会計						
	特別会計(需給)	1,550	2,060	1,850	1,500	650	7,610
	開発成果促進財源	0	0	0	0	0	0
	総 NEDO 負担額	1,469	1,991	1,952	1,757	(850)	(8,169)
	(委託)	○	○	○	○	○	○
開発体制	経産省担当原課	製造産業局金属課					
	プロジェクトリーダー	小原 春彦(国立研究開発法人 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 研究戦略部 研究戦略部長)					
	プロジェクトマネージャー	楠瀬 暢彦(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 統括研究員)					
	委託先	<p>委託先: 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 組合員(参加 19 社、1 財団、1 研究機関) 共同実施: 早稲田大学、東京工業大学、名古屋大学、東北大学、岡山大学、大阪大学、東京大学、山口東京理科大学、東京理科大学、物質材料研究機構、広島大学、九州大学、佐賀大学、八戸工業大学、宇都宮大学、建築研究所、北陸先端科学技術大学院大学、北海道大学、豊田理化学研究所、奈良先端科学技術大学院大学、山口大学</p> <p>研究開発項目①: 蓄熱技術の研究開発 (1)蓄熱技術の研究開発(高密度/長期蓄熱材料の研究開発) パナソニック株式会社 (2)車載用蓄熱技術(材料)の研究開発 トヨタ自動車株式会社、三菱ケミカル株式会社、 国立研究開発法人産業技術総合研究所</p> <p>研究開発項目②: 遮熱技術の研究開発 (3)革新的次世代遮熱フィルムの研究開発 東レ株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所</p> <p>研究開発項目③: 断熱技術の研究開発 (4)断熱材料の研究開発 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</p> <p>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 (5)高性能熱電材料およびモジュールの開発 国立研究開発法人産業技術総合研究所</p>					

		<p>(6) 熱電デバイス技術の研究開発 古河機械金属株式会社</p> <p>(7) 熱電変換による排熱活用の研究開発 株式会社日立製作所</p> <p>(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 富士フィルム株式会社</p> <p>(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 古河電気工業株式会社</p> <p>(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実用化への要素技術開発 日本サーモスタット株式会社、株式会社安永</p> <p>研究開発項目⑤：排熱発電技術の研究開発</p> <p>(11) 排熱発電技術の研究開発 パナソニック株式会社</p> <p>研究開発項目⑥：ヒートポンプ技術の研究開発</p> <p>(12) 産業用高効率高温ヒートポンプの開発 株式会社前川製作所</p> <p>(13) 機械・化学産業分野の高温熱供給に適した冷媒とヒートポンプシステム技術開発 三菱重工業株式会社、三菱重工サーマルシステムズ株式会社、セントラル硝子株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所</p> <p>(14) 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式会社、株式会社日立製作所</p> <p>研究開発項目⑦：熱マネージメントの研究開発</p> <p>(15) 熱マネージメント材料の研究開発 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</p> <p>(16) 熱マネージメントの研究開発 マツダ株式会社</p> <p>(17) 車両用小型吸収冷凍機の研究開発 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</p> <p>(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 カルソニックカンセイ株式会社</p> <p>研究開発項目⑧：熱関連調査・基盤技術の研究開発</p> <p>(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 国立研究開発法人産業技術総合研究所、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、予算規模：1千万円以下）の枠組みを継続して、公募を行った。	
平成27年度中間評価結果への対応	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という指摘に対して、全テーマの実用化イメージを強化するために、開発技術をできるだけ盛り込んだモデルシステムを2種類、産業用途と自動車用途でH28年度に本格的に検討を開始した。	
評価に関する事項	事前評価	平成24年度 経済産業省実施
	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"> ・高密度蓄熱材料（低温）：10℃において、蓄熱密度 0.28MJ/kg を有するクラスレートハイドレートを解析により抽出した。 ・高密度蓄熱材料（中/高温）：蓄熱密度 0.5MJ/kg に要する修飾密度 7.6mol/kg を定量化し、合成試料にて 7.4mol/kg を検証した。 ・長期蓄熱材料：蓄熱モジュール評価により、-20℃環境下における12hの過冷却安定性の保持確率92%以上を検証した。 ・Al-Ti 複合化技術により、高い蓄熱材占有率と高熱伝導率のポーラス金属の作製に成功した。 	

- ・ AQS0A-Z02（高性能蓄熱材の製品名）の原材料費削減技術を確立し、実機実証を経て、商業運転を開始した。
- ・ 寿命予測技術確立後、高耐久改良品を開発した。
- ・ 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度化（7℃低減）を確認した。
- ・ MOF（金属有機構造体）の構造制御することで、細孔容量の増大による吸着容量の向上を確認した。水蒸気吸着容量と吸着エネルギーから推算すると、0.5MJ/L 以上の蓄熱密度が期待される。
- ・ 感温性高分子とケイ酸ガラスとのハイブリッド材料を合成、43℃にて LCST を確認した。

研究開発項目②：遮熱技術の研究開発

- ・ 高遮熱化可能でかつ層間密着性、製膜性を有する新規ポリマーを開発し、独自設計の新規積層装置を用いてフィルム化することで中間目標の光学特性を有する積層フィルムを創出した。
- ・ 高精度コート技術の開発を行い、中間目標の光学特性を有する遮熱フィルムの連続加工に成功した。
- ・ 実際の建物での省エネ評価を行い、開発品が従来品に比べ高い冷房負荷低減効果を有することを実証した。

研究開発項目③：断熱技術の研究開発

- ・ 1450℃耐熱性、熱伝導率 0.25W/mK、圧縮強度 10MPa 以上の並形（230mm×114mm×65mm）形状断熱材の試作を完了した。
- ・ 既存設備の蓄積データ検証と各開発部材の性能試験から、排熱削減 50%以上の可能性を確認した。
- ・ 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 倍の放熱速度を持つ蓄熱部材の試作を完了した。
- ・ 上記蓄熱部材を組み込んだ高効率バーナーの試作を実施した。
- ・ 高耐熱高効率熱交換器の試作を実施した。
- ・ 検証用の炉に各開発部材を組み込み、性能評価試験を実施した。

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した。
- ・ 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した。
- ・ 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 $80 \mu\text{W}/\text{mK}^2$ に増大することを確認した。CNT と導電性高分子のハイブリッドで $295 \mu\text{W}/\text{mK}^2$ を達成した。
- ・ PEDOT:PSS を用いた有機熱電モジュールで 50 度の温度差で有機系としては世界最高の $24 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ を達成した。
- ・ CNT 系材料としては印刷材料として世界最高レベルのパワーファクタ ($749 \mu\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}^2$) を実現した。
- ・ CNT 系モジュールにおいて、CNT 配向の改善技術を開発し、発電性能を 1 桁近く向上させることに成功した。
- ・ 熱電材料の開発成果 熱電性能向上：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： $\Phi 200\text{mm}$ 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℃/50℃の条件でモジュールの発電効率は 8%に達し、高温端 500℃～575℃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 $380\text{W}/\text{m}^2 @ \Delta T=150^\circ\text{C}$ の出力を確認した。
- ・ 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 の熱伝導率を実現した。
- ・ 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した。
- ・ p 型特性発現では、新たな p 型材料を開発した。
- ・ モジュール化では、素子作製の高効率化を達成した。
- ・ 原料合成のスケールアップ：～数百 g \Rightarrow ～700g / 1 坩堝

- ・大口径焼結技術：～φ50mm
- ・発電出力密度：0.5W/cm²以上
- ・熱電性能指数：ZT～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した。
- ・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℃以下）を構築し発電効率12%を実証すると共に、冷媒の混合、膨張機吸入温度の昇温などにより発電端効率14%を達成する技術手段を明確化した。また、事前信頼性評価において、膨張機内部の銅めっき現象並びに冷媒ポンプの軸受摩耗についての課題を抽出した。10kWクラスでは、超音速小型膨張タービン動静翼の試作を完了すると共に、軸受において剛体共振対策を実施した気体軸受の仕様を確立した。
- ・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した。

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R600を用いた80℃→160℃加熱でCOP4.10となり、中間目標を達成できる見通しが得られた。また、その結果を基にしたヒートポンプ試作機的设计・製作を行った。
- ・圧縮機モータ風損試験により、圧縮機の改良を実施することで、断熱効率等の中間目標を達成する見通しを得た。
- ・R600の超臨界ガスクーラ用に試作したプレート式熱交換器について、熱伝達率の相関式が±30%以下の精度であることを確認した。波型流路のマイクロチャンネル熱交換器について、高精度な圧力損失の相関式を作成した。
- ・安全性、環境性、性能ともに実用的であり、高温下での長期熱安定性に優れた160℃出力および200℃出力ヒートポンプ用候補冷媒をそれぞれ絞り込んだ。また160℃出力用冷媒候補の熱および輸送性質に関する物性情報を取得した。
- ・候補冷媒を用いてヒートポンプサイクルの検討を行い、70→160℃加熱でCOP4.1を達成可能な160℃出力用ヒートポンプの仕様を決定した。ヒートポンプ圧縮機の単体検証試験を行い、目標効率が得られていることを確認した。
- ・低温駆動サイクルについて、空冷式試作機により温水70℃、外気26.5℃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した。
- ・新冷媒について、八戸工大にて低温発生を可能とする氷点降下と腐食抑制剤の影響を明らかにし、さらに冷熱発生実験により-5℃の冷熱が安定的に発生することを確認した。
- ・新吸収剤では、空冷式に適用した場合の吸収伝熱性能を明らかにし、水冷時の伝熱特性を定式化し、これを用いてサイクル計算ツールを構築した。
- ・水冷式の低温駆動サイクルについては実用化を推進し、従来型サイクルと組み合わせた新型機を開発し、平成29年4月に販売を開始した。

研究開発項目⑦：熱マネジメントの研究開発

- ・蒸発器とリザーバタンクの一体構造化により液供給を促進し、熱輸送距離2mにて熱輸送量2600Wを実証した。
- ・ナノ流体の添加粒子形状による効果を検討した。フッ素化炭化水素系流体中に銅ナノワイヤ（アスペクト比大）を分散させることにより、熱伝導率1.62倍向上を確認した。
- ・沸騰表面へ深い密な人工キャビティを付与することにより、熱流束（≒熱伝達率）の向上（最大4.1倍）を確認した。
- ・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」を具体化した。
- ・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」を構築し、具体化した。
- ・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。
- ・吸着冷凍システム開発は、吸着ユニット数の最適化及び各コンポーネント配置の最適化・小型化高性能を行い、従来システムに対し約65%の小型化を達成した。
- ・車両搭載用システムにて、制御ロジックを確立し連続的に約1kWの冷凍性能を確認した。

研究開発項目⑧：熱関連調査・基盤技術の研究開発

- ・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。
- ・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。

	<ul style="list-style-type: none"> 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を実施した。 民間建物(住宅・非住宅)での熱環境シミュレーションの基盤プログラムを構築し、遮熱制御等による暖冷房負荷への影響を明らかにした。 種々の熱電計測装置を開発し、計測効率を上げることに成功した。 新型冷媒候補等8種の環境影響評価、11種の燃焼性評価を行い、新型冷媒候補5種についてEPA及びISOへ申請可能な状態にした。 	
	投稿論文	「論文」112件(うち査読付き93件)
	特許	「出願」275件(うちPCT出願35件)
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「研究発表・講演」466件、「新聞・雑誌等」18件、 「その他(展示会への出展等)」43件、「受賞実績」14件
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	<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	制定：平成27年3月
	変更履歴	改訂：平成28年3月、平成29年2月

◆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。

◆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。

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 (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レンガ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 ・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

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 (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 ・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 ・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) ・吸熱量 5W/cm ² 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 ・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 ・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 ・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

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

◆ 電気と同様な「熱」のスマート化・マネジメントを実現するうえでの課題

段階	電気利用	熱利用	熱利用の課題など
発生	発電機	バーナー ボイラー	技術進展により課題は比較的少ない
輸送	高電圧送電	蓄熱材輸送 ヒートパイプ	距離による減衰 大
昇降	変圧器	ヒートポンプ	対応可能範囲 狭い
貯留	蓄電池	蓄熱材	貯留密度 低 時間による減衰 大
隔離	絶縁材	断熱材 遮熱材	要求の高度化
相互変換	電熱、誘導加熱 ヒートポンプ	熱電変換材料 有機ランキンサイクル	産業応用事例 少
ネットワーク化	実現済	未達成	地域熱供給のみ

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

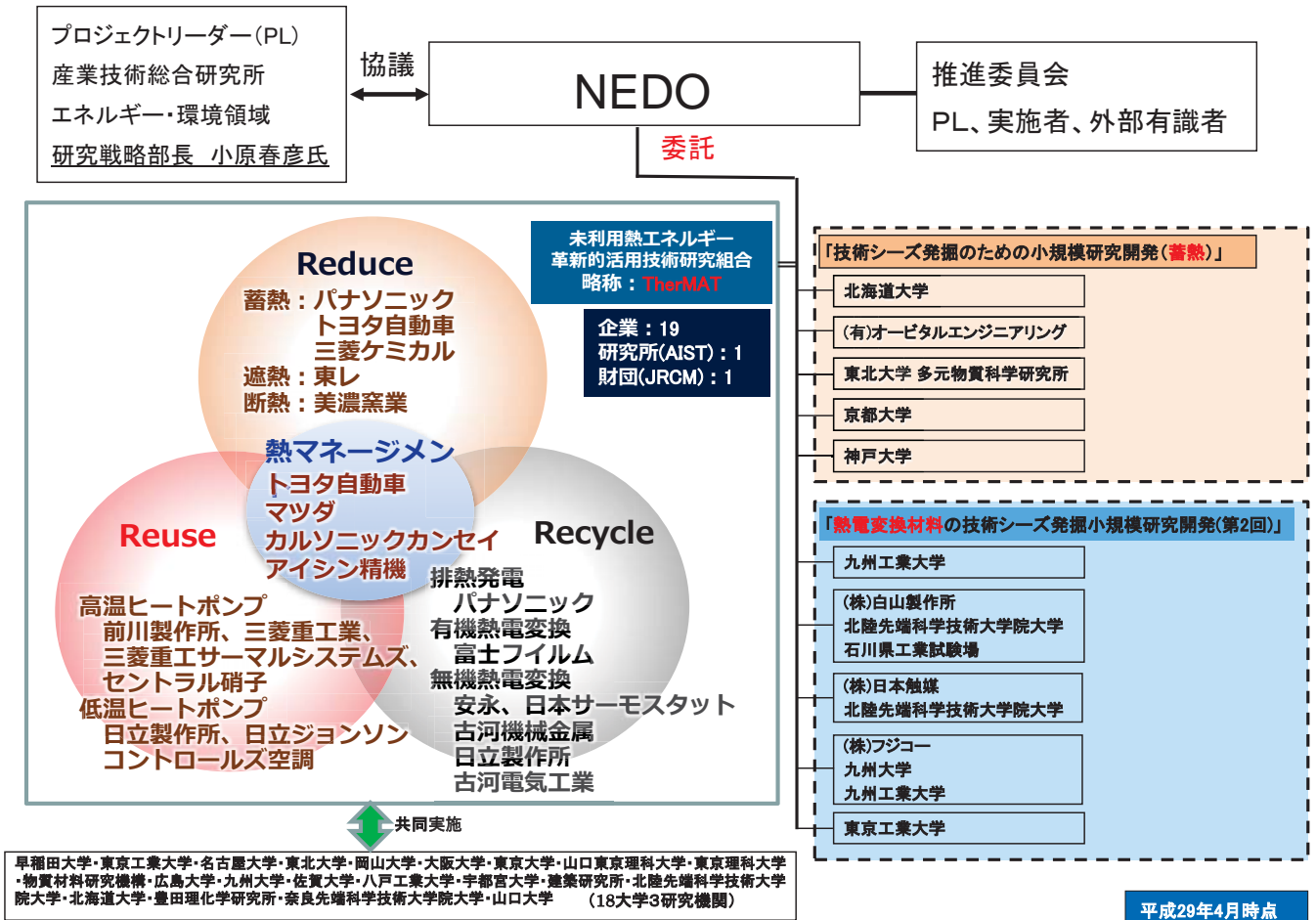
事業期間: 平成27～34年度(8年間) ※平成25～26年度の2年間は経済産業省で実施

総事業費(NEDO負担分): 112.5億円(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 統括研究員 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 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	H31 (2019)	H32 (2020)	H33 (2021)	H34 (2022)
以下の7項目に係る研究開発 蓄熱技術/遮熱技術/断熱技術/ 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			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		中間評価			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	15	6.5	(15)	(15)	(15)	(15)	(12.5)

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



2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

◆年度ごとの予算と実績

(単位：百万円)

	H25	H26	H27	H28	H29	合計
	経済産業省			NEDO		
各年度 予算額	1,550	2,060	1,850	1,500	650	7,610
各年度 実績額	1,469	1,991	1,952	1,757	(-)	(7,169)

H25-H26年度は経済産業省で実施