

「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

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

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
理事長 古川 一夫 殿

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 委員長 小林 直人

NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「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

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

目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
評価概要	5
研究評価委員会委員名簿	7
研究評価委員会コメント	8
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	
2. 1 事業の位置付け・必要性について	
2. 2 研究開発マネジメントについて	
2. 3 研究開発成果について	
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	
3. 評点結果	1-12
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」の中間評価報告書であり、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）分科会において評価報告書案を策定し、第46回研究評価委員会（平成28年1月27日）に諮り、確定されたものである。

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

審議経過

● 第2回分科会（平成27年10月16日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明

公開セッション

7. まとめ・講評
8. 今後の予定、その他、
9. 閉会

※第2回分科会に先立ち、第1回分科会（平成27年9月17日）にて各研究開発項目の説明及び質疑を非公開にて実施した。

● 現地調査会（平成27年9月9日）

パナソニック株式会社 先端研究本部本社地区（大阪府守口市）

● 第46回研究評価委員会（平成28年1月27日）

「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
分科会長	たからだ たかゆき 宝田 恭之	群馬大学大学院 理工学府環境創生部門 教授
分科会長 代理	かがわ のぼる 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 エネルギー技術研究所 副研究参事
	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 教授
	はせぎき かずひろ 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 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

(平成27年9月現在)

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	たからだ たかゆき 宝田 恭之	群馬大学大学院 理工学府環境創生部門 教授
分科会長 代理	かがわ のぼる 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 エネルギー技術研究所 副研究参事
	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 教授
	にしむら のぶや 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 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
分科会長	たからだ たかゆき 宝田 恭之	群馬大学大学院 理工学府環境創生部門 教授
分科会長 代理	かがわ のぼる 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 エネルギー技術研究所 副研究参事
	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 教授
	みやざき こうじ 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

評価概要

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出ており、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。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	小林 直人	早稲田大学 研究戦略センター 副所長／教授
委員	浅野 浩志	一般財団法人電力中央研究所 社会経済研究所 副研究 参事
	安宅 龍明	国立研究開発法人産業技術総合研究所 イノベーション 推進本部 上席イノベーションコーディネータ
	稲葉 陽二	日本大学 法学部／大学院 法学研究科 教授
	亀山 秀雄	東京農工大学 名誉教授／シニア教授
	佐久間一郎	東京大学大学院 工学系研究科 附属医療福祉工学開発 評価研究センター センター長／教授
	佐藤 了平	大阪大学 産学連携本部 名誉教授／特任教授
	菅野 純夫	東京大学大学院新領域創成科学研究科 メディカル情報 生命専攻 教授
	丸山 正明	技術ジャーナリスト
	宮島 篤	東京大学 分子細胞生物学研究所 教授
	吉川 典彦	名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム 工学専攻 教授

研究評価委員会コメント

第46回研究評価委員会（平成28年1月27日開催）に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- 未利用熱自体の評価とコスト面を含めたその利用の見通し、及びテーマ毎の実用化時期について精査し、プロジェクト推進の戦略に反映させて進めてほしい。

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

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。

〈肯定的意見〉

- ・ 未利用熱エネルギーの有効利用は波及効果が大きく、社会的に高い有用性を有する課題であり、NEDO の関与は妥当である。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も高く評価できる。
- ・ 我が国の産業界の強化にも繋がる重要な開発課題である。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開発が進んでいると考えられる。
- ・ 未利用熱の有効利用は、重要な課題であるが、リスクも大きい、NEDO が関与して進めるべきである。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。さらに、実施者の実力も高い。実施者には着実に取り組んでほしい。成果に期待する。
- ・ 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。断熱、蓄熱、発電と未利用熱利用としては、多くの開発を重ねる必要のある基礎技術であり、開発設定が優れている。
- ・ 基礎的な部分から着実に成果は出ている。比較的早期に成果創出が可能なテーマもある。
- ・ 課題によって現時点での達成度は異なるものの、概ね良好に開発が推移していると考えられる。

- ・ 日本が世界に誇れる技術をさらに発展させる研究開発であり、十分に評価できる。今後も全世界のエネルギー消費量が急増するので、それに伴う温室効果ガスの排出量を早急に削減可能にすることが望まれる。そのためには、より効果的な技術を開発する必要がある、本研究開発プロジェクトに大きな期待が寄せられる。
- ・ 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る。ニーズプル型の課題設定を行っており、産業界のニーズに合致している。

〈改善すべき点〉

- ・ 戦略的に開発を推進していくためには、未利用熱エネルギーの量と質を把握し、経済的導入可能量を定量的に検討する必要がある。
- ・ 開発課題とその未利用熱エネルギー総量に対する割合を明らかにして、効果的な課題を選択していく必要がある。
- ・ テーマによって未利用熱エネルギーを再利用できる割合が異なるので、テーマ毎にその割合を把握する必要がある。
- ・ 計画段階では、わかりやすい指標を目標に掲げるのは止むを得ないが、実用化技術は様々な指標でのトレードオフとなっているはずであり、可能なところから目標も改めて見直すことも大切と思われる。
- ・ 本事業の有用性を国民が理解できるように、我が国のエネルギー利用状況が本事業の成果でどれだけ改善されるかを視覚的に分かりやすく説明できる資料を用意するなど、アウトリーチの観点にも留意することが望まれる。
- ・ 熱電発電については、これまでも様々な取り組みが行われてきたが、成果は今一步であったと思う。本プロジェクトにおいて徹底的に取り組んで欲しい。そのために、必要な研究項目の追加も考えてよいのではないか。

〈今後に対する提言〉

- ・ 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するとともに、実用化に際してのシステム化のための技術課題を抽出してその解決に取り組むことも有効と思われる。
- ・ 世界に向けた情報発信を期待する。
- ・ 事業実施者の連携により、一体的な開発を行う必要がある。
- ・ 未利用熱エネルギーの量と質を考慮したロードマップを作成頂きたい。
- ・ 中間評価以降も適宜評価を行い、進捗状況や目標の修正などを精査することが大切と思われる。
- ・ 本プロジェクトは、自動車関連のテーマが多い。得られた成果を束ねて、“**TherMAT CAR**” みたいなものを作ってはどうか。熱マネジメントを徹底的にやった車を見せることで、成果全体のアピールにもなるし、運輸分野以外への開発技術の展開も期待できるのではないか。一方で、本プロジェクトには、一部、未利用熱を削減する技術が含まれているものの、本来は、未利用熱自体を減らすことが重要である。“減らす”

技術開発の動向もチェックしながら、柔軟にプロジェクトを進めていって欲しい。

- 目標設定に捉われず、出口技術まで見えているところは、可能なところからデモンストレーションし、わかりやすい出口をプレスリリースするなどして、現在取り組んでいる研究が最終的には社会に大きなインパクトを与えることを主張することも大切と思われる。

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。

〈肯定的意見〉

- ・ 日本のエネルギー政策に深く関与するテーマであり、また、海外においても重要となるテーマであるので、その事業目的は十分高いものである。
- ・ 我が国のこれからのエネルギー高効率利用のためには重要な事業であり、また、技術的に困難な開発課題が多く、NEDO 事業として妥当な事業と判断できる。
- ・ 国際的にも先端的な取り組みとして世界をリードできるものと期待できる。
- ・ 未利用熱エネルギーの有効利用は極めて重要であり事業の目的は妥当であり、その公共性の高さから、NEDO の関与が必要な事業であると考えられる。
- ・ 未利用熱エネルギーの量は膨大であり、本事業で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。
- ・ 未利用熱の有効利用は重要な課題であるが、コスト面などから解決が難しい課題であった。重要だがリスクも大きい課題であり、NEDO の関与が必要と考える。
- ・ 未利用熱利用技術の確立は、間違いなく国際貢献度は高い。蓄熱材などは、発展途上国などでも広く利用できる可能性を秘めている。熱電については、Nature 系列に論文がアクセプトされており、非常に高い国際競争力を持っていると判断できる。現地調査会でも蓄熱技術や発電技術などインパクトのある中間成果を確認しており、投じた研究開発費との比較を見ても十分である。
- ・ 民間活動のみでは技術改善のみに終始し、基礎研究まで手が回らないことが多く、大学、研究所との連携は大切である。データベースや測定技術の標準化などは、民間活動ではミッションが異なるため、不可能な領域でもあり、NEDO の関与が必要である。

〈改善すべき点〉

- ・ 年間 1 兆 kWh の未利用熱エネルギーを今後、どのような規模で、どのように利用していくという戦略が見えない。未利用熱エネルギーの量だけではなく、質的レベルの検討が必要と考えられる。
- ・ 本事業の目標が民間企業の活動のみでは達成できないことを国民に分かりやすく説明できるような資料を用意することが望まれる。
- ・ 成果の費用対効果については、成果の程度に応じて、常にチェックしながらプロジェクトを進めて欲しい。

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。

(1) 研究開発目標の妥当性

〈肯定的意見〉

- ・ 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設定されており、また、研究の内容も必要なものが網羅されている。
- ・ 技術動向や市場動向等を踏まえて戦略的な目標を設定しており、達成度を判定できる明確な目標設定となっている。
- ・ 目標達成度については、判定の可否から見れば明確な設定となっている。
- ・ 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。

〈改善すべき点〉

- ・ 熱電発電については、目標が非常に高い。これまでも、熱電発電の研究開発は行われてきたが、成果としては実用化に至っていない。本プロジェクトで、もうこれ以上やることのないくらい徹底的に進めてもらいたい。その際に、必要であれば、新たな研究開発項目を追加することも考えるべきである。また、設定した高い目標が達成可能なのか、常にチェックしながら進めて欲しい。
- ・ 開発課題と未利用熱エネルギー総量に対する割合を明らかにして、効果的な課題を選択していく必要がある。
- ・ テーマが広範に亘っているので、テーマによっては NEDO の事業として関与する必要性があまり高くないものがあるように思われる。したがって、未利用熱に関するマッピング、または総合エネルギーフローにおける貢献度を提示し、テーマの内容および事業位置づけを精査することが望ましい。
- ・ 未利用熱エネルギーの総量は分かるが、質的なレベルの違いが分からない。戦略的に実用化していくためには、未利用熱エネルギーの質を把握し、導入可能量を定量的に検討する必要がある。
- ・ 今回のプロジェクトの出口技術は未だ産業として自立していないので、どの程度の目標

達成が、出口達成と本当に密接に関連しているか、判断が難しい初期段階と思われる。

〈今後に対する提言〉

- 未利用熱エネルギーの量と質を考慮した未利用熱エネルギー利用ロードマップを検討頂きたい。
- 未利用熱をマネジメントする際に熱再生の対象から得られたエネルギーを有効に利用するまでの統合システムの完成度が事業成功のカギとなる。どのようなシステムにするのかを十分検討し、国内のみならず海外でも導入しやすいようなシステムを提案することが望ましい。
- 今後、研究が進み、民間技術の底上げがあつて実用化が現実的になったときに改めて数値目標は見直される時期が来るのではないかと考えられる。

(2) 研究開発計画の妥当性

〈肯定的意見〉

- テーマの重要性に応じて目標、研究開発費の再考を行う必要がある。
- テーマの幅が広く、すぐに成果の出そうなものと、時間がかかりそうなものが混在している。成果が出たものから順に次のステップへ進めるように研究マネジメントをしっかりと行う必要がある。

〈今後に対する提言〉

- より規模の大きい機器に関する研究開発および実用化が計画通りには進みにくいと想定されるので、テーマに関連する企業群を発掘し、参画者のみならず、それらの企業と連携をとれるようにすべきである。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

〈肯定的意見〉

- 研究開発マネジメントは十分な体制で行われていると思う。
- 高い技術力を有する実施者を選定している。
- 広い分野の実施者が参加されており、日本を代表する事業としても位置づけが明確になっている。
- 多くの大学が連携しており、基礎的課題に対する取り組みが十分可能である。
- 実施者の技術力も高い。大学が関与している点もよい。
- 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と思われる。
- 実施体制についても、目的に合わせて、既に新規募集をかけるなど、よく管理されている。

〈改善すべき点〉

- 実施者間の連携関係や、効率的実施のための実施者間の競争の仕組みについては必ずしも明確ではない印象もある。

〈今後に対する提言〉

- 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。
- テーマ間の連携をとることが可能なプロジェクトであるので、データベース等を介して連携を深めていく体制が良い。データベースの構築によって、そのアウトプットを研究開発マネジメントに十分応用できるようにデータベースに機能を持たせることが望ましい。
- 成果の実用化の戦略に基づき、実用化の担い手やユーザー企業が関与する体制を構築していくことが有効と考えられる。

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。

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

〈肯定的意見〉

- ・ 課題によって現時点での達成度は異なるものの、概ね良好に開発が推移していると考えられる。【再掲】
- ・ 基礎的な部分から着実に成果は出ている。比較的早期に成果創出が可能なテーマもある。【再掲】
- ・ どのテーマもその目標達成度に向かって技術の向上が見られており、一部のテーマでは前倒しで目標を達成するなど順調である。
- ・ 中間評価でも、評価点を参考にテコ入れなどの処置を計画しており研究開発の進捗状況に対応している。

〈今後に対する提言〉

- ・ 情勢の変化や技術動向等を常に把握し、それらが研究開発の進捗に与える影響等を検討して今後も適切に対応していく姿勢が有効と思われる。

(2) 成果の中間目標達成の可能性

〈肯定的意見〉

- ・ 中間目標に向けて課題とその解決の道筋は明確である。
- ・ 要素に関する研究開発および実用化は進みやすいと思われる。

〈今後に対する提言〉

- ・ 中間目標の達成に向けて進捗管理をしっかりやって欲しい。追加予算の設定など、臨機応変に進めることが重要である。

(3) 成果の普及

〈改善すべき点〉

- ・ 多数の大学が連携しているわりには論文数が少ないように思われる。
- ・ 大学が関与しているテーマがほとんどと思うが、大学の成果・寄与について、もっとア

ピールすべきである。

- 一般に向けての分かりやすい情報発信を行うことが望まれる。
- 熱電発電については特に基礎的な部分が多いと思われ、まずは学会等での成果の発信に期待する。
- 知的財産権との兼ね合いもあり、難しいかもしれないが、産業総合研究所のオープンラボ、大学のオープンキャンパスなどを利用して、一般に向けた研究成果の情報発信も大切と思われる。

〈今後に対する提言〉

- プロジェクト独自のフォーラムやシンポジウムなどを実施し、世界に情報を発信して頂きたい。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

〈肯定的意見〉

- 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なされていると思われる。

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。

〈肯定的意見〉

- ・ 未利用熱は世界的に膨大なエネルギー量であるため、経済効果は大いに期待できる。特に日本の強みである自動車技術が出口で待っており、成果の実用化戦略は明確かつ妥当である。
- ・ 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る。ニーズプル型の課題設定を行っており、産業界のニーズに合致している【再掲】
- ・ ユーザーと連携して実用化を目指した課題もあり、具体的な課題も適切に抽出している。
- ・ 既に一部では進んでいるようだが、可能なテーマから順次、成果を出口技術に組み込んでいくことがあってもよいと思われる。
- ・ 比較的早期に成果創出が可能なテーマもある。このようなテーマに関しては、NEDOの他のプロジェクトでの実施など、次のステップに進めるようにマネジメントをしっかりとやって欲しい。

〈改善すべき点〉

- ・ 実用化までのレベルが課題によってかなり異なり、全体としてどの程度の社会的効果があるか分からない。
- ・ 実用化戦略と未利用熱エネルギー利用率向上との関係が明確にされていない。
- ・ 実用化のためのコスト、サイズ、重量などの要求を十分に意識することが望ましい。
- ・ 実施者によっては、実用化に対する意識にややばらつきがあるようにも感じられる。
- ・ 経済性の検討が曖昧である。
- ・ 自動車関連のテーマが多くあり、これらのテーマについては、自動車メーカーとのキャッチボールを今から進めておくべきである。機密性の高い成果もあるとは思いますが、可能な範囲で成果を共有する場を、NEDOや研究組合が作って欲しい。
- ・ 実用化のみならず、事業化も視野に入れて研究開発を進めていくべきである。

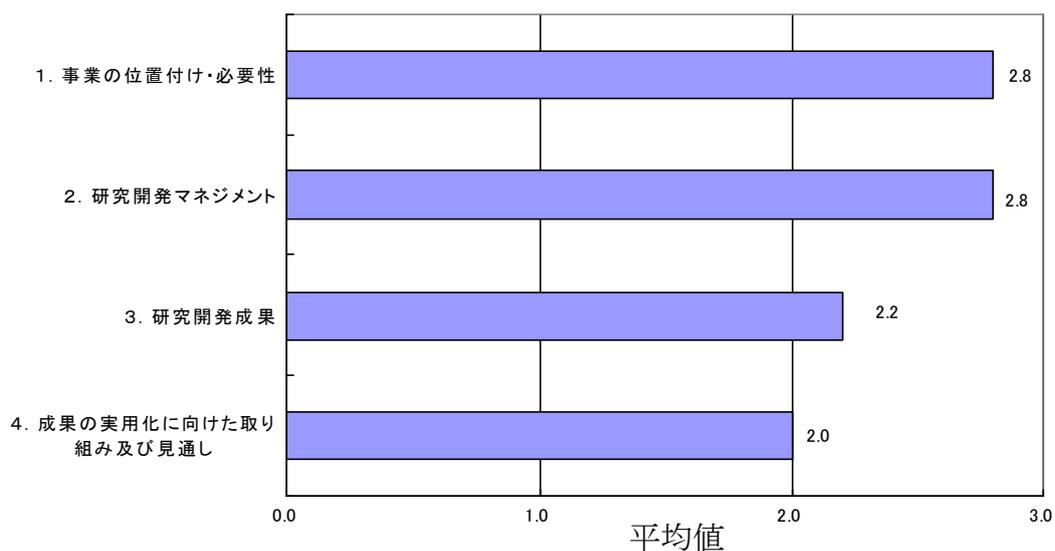
〈今後に対する提言〉

- ・ 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するとともに、実用におけ

るシステム化のための技術課題等にも取り組みを行うことが有効と思われる。

- 実用化のためには、早い時期から経済性についてかなり突っ込んだ検討をお願いしたい。
- 今まで **NEDO** あるいは経済産業省が着手した、終了あるいは継続中の関連テーマの目標値、成果を考慮して、実用化戦略を検討していくことが望ましい。
- 10年プロジェクトの3年目であり、成果の実用化については、可能性はあるものの現段階で、あまり厳しく評価すべきではない。
- 最後の試作品まで完成させないと、実用化に必要な目標が見えにくいと思われる。

3. 評点結果



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	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 |

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」

事業原簿【公開】

担当部	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
-----	--

—目次—

概 要	1
プロジェクト用語集	10
1. 事業の位置付け・必要性	12
(1) 事業目的の妥当性	12
1 事業実施の背景と事業の目的	12
2 政策的位置付け	12
3 国内外の研究開発の動向と比較	12
4 技術戦略上の位置付け	14
(2) NEDO の事業としての妥当性	20
1 NEDO が関与する意義	20
2 実施の効果	21
2. 研究開発マネジメント	22
(1) 研究開発目標の妥当性	22
1 事業の目標	22
2 研究開発目標と根拠	22
(2) 研究開発計画の妥当性	29
1 研究開発のスケジュール	29
2 プロジェクト費用	29
(3) 研究開発の実施体制の妥当性	30
1 研究開発の実施体制	30
(4) 研究開発の進捗管理の妥当性	31
1 研究開発の進捗管理	31
2 動向・情勢の把握と対応	31
(5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性	32
1 知的財産権等に関する戦略	32
2 知的財産管理	32
3. 研究開発成果	33
(1) 研究開発成果	33
(2) 成果の中間目標の達成可能性	36
(3) 成果の普及	37
(4) 知的財産権	37
4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し	38
(1) 成果の実用化に向けた戦略	38
(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み	38
(3) 成果の実用化の見通し	38

(添付資料)

・プロジェクト基本計画

概 要

		最終更新日	平成 27 年 10 月 6 日
プログラム (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/ PM及び担当者	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)、 近藤 篤 (平成 27 年 4 月～現在)、谷 泰範 (平成 27 年 4 月～現在)、 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 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 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>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>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> <ol style="list-style-type: none">1. 研究開発の必要性 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。2. 研究開発の具体的内容 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。3. 達成目標 【中間目標（H29 年度末）】<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【最終目標（H34 年度末）】<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> <ol style="list-style-type: none">1. 研究開発の必要性 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。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）】<ul style="list-style-type: none">・ 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℃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少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「熱マネー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ー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ー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/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/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 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	—————→					
開発予算 (会計・勘定別 に事業費の実績 額を記載) (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 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)					
	委託先 (委託先が管理人 の場合は参加企 業数及び参加企 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 組合員(参加18社、1財団、1研究機関) 共同実施:岡山大学、大阪大学、東京工業大学、 早稲田大学、北海道大学、名古屋大学、 東北大学、北陸先端科学技術大学院大学、 東京大学、豊田理化学研究所、 物質・材料研究機構、山口東京理科大学、 長岡技術科学大学、東京理科大学、九州大学、 佐賀大学、八戸工業大学、宇都宮大学、 広島大学、建築研究所 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、三菱樹脂株式会社、 国立研究開発法人産業技術総合研究所 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 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 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 (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 (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 (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 富士フイルム株式会社 (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 (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 研究開発項目⑤：排熱発電技術の研究開発 (11) 排熱発電技術の研究開発 パナソニック株式会社 研究開発項目⑥：ヒートポンプ技術の研究開発 (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 (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、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 (14) 低温駆動・低温発生機の研究開発 日立アプライアンス株式会社、株式会社日立製作所 研究開発項目⑦：熱マネージメントの研究開発 (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 (16) 熱マネージメントの研究開発 マツダ株式会社 (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 (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 研究開発項目⑧：熱関連調査・基盤技術の研究開発 (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	<p>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。</p>	
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"> 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 ($\Delta T=18 \rightarrow 2 \text{deg}$) を原理検証 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) 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 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度化 (660℃\Rightarrow570℃)。 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。 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。 	

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"> ・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。 ・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。 ・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。 ・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。 ・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。 <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"> ・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。 ・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。 ・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。 ・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 ・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」 ・モータ内部熱流計測用「温度計測技術の育成」 ・小型軽量化した装置の設計、試作を実施 ・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。 ・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。 ・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。 <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"> ・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 ・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 	
	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	—

プロジェクト用語集

用語	説明
クラスレートハイドレート	水分子が作る籠型構造（クラスレート構造）の中にゲスト分子を取り込んだ独特な構造を持つ結晶。氷と類似構造を有することから、氷同等の高密度蓄熱が期待されます。
感温分子	一般に温度により特性が変化する分子を指し、この場合は親水／疎水特性が変化する有機分子。
ナノ積層	独自の装置を用いて、数百～数千の層数でポリマーA、Bを数nm単位で高精度に交互積層する技術。各々の層の屈折率と層厚みを制御することで、任意の波長の光を反射できるようになります。
日射熱取得率	ガラス窓に入射した日射熱が、室内側へ流入する割合。数字が小さい程、優れた遮熱性能を示します。
ゲル化凍結法	大量の水分を保水できる高分子ゲルに微量のセラミックス粉末を分散させ、これを凍結することでゲル内に細孔源となる氷が形成され、氷結晶を取り除いて焼成しセラミックス多孔体を製造する手法
熱電モジュール	p/n型熱電材料、電極及び熱交換／電気絶縁の材料によって構成され、熱を電気に変換する機能を持った部品のこと。熱電モジュールを有する発電装置を熱電デバイスと称します。
無次元性能指数 ZT	材料の熱電変換性能を評価するパラメータです。ZTの値が大きいほど、熱電変換効率がよく、発電性能が優れています。実用化が可能とされる熱電変換材料の目安は $ZT \geq 1$ です。
ゼーベック係数	温度差で起電力が生じる現象をゼーベック効果と称します。そこで温度差 1 K (1°C) で生じる熱起電力をゼーベック係数と呼びます。
第一原理計算	量子力学的理論を使って電子分布や電子状態を決定し元素や物質の物理的・化学的性質を計算する手法です。実験では見つからない未知の新物質探索を可能とする研究手法です。
導電性高分子 PEDOT:PSS Poly(3,4-ethylenedioxythiophene): Poly(styrenesulfonate)	導電性高分子とは電気が流れる高分子のこと。一般的には共役構造が長く続いた高分子が使われます。今回用いた導電性高分子 PEDOT:PSS は、導電性高分子の中でも最も高い 1000 S/cm 程度の導電性を持ちます。また同時に高い柔軟性を持っています。
カーボンナノチューブ CNT	炭素原子によって形成された六員環が複数繋がることでチューブ状の構造を形成した物質。異なった直径を有するチューブが入れ子状に複数層重なったものを多層カーボンナノチューブ、層数が1層である物を単層カーボンナノチューブと呼びます。
クラスレート化合物	カゴ状の結晶構造を有する金属間化合物で、元素を内包したカゴ状の多面体同士が、互いに面を共有しながら立方晶を形成することにより、高性能な熱電変換材料として期待されています。
ユニレグ型	n-type または p-type どちらかの素子のみで構成されるモジュール構造。
II型	n-type と p-type の両方の素子で構成されるモジュール構造。

ORC (Organic Rankine Cycle) オーガニックランキンサイクル	熱エネルギーを電気に変換するサイクルであり、発電所などで使用されている蒸気サイクル（ランキンサイクルシステム）の作動媒体を、一般的な水から、排熱のような低温システムに最適な物性を持つ媒体（有機の低沸点媒体）に交換し、水では沸騰させられない小温度差エネルギーでも蒸気を発生させて、膨張機を回して電力に変換するものであり、排熱回収発電サイクルとして期待されています。
遷臨界サイクル	圧縮機吐出ガスの状態が臨界圧力より高い超臨界領域となり、膨張後の状態が臨界圧力より低い亜臨界領域となるヒートポンプサイクルです。
COP (Coefficient of Performance)	成績係数。エアコン、冷凍機などのエネルギー消費効率を表す指標の一つで、消費エネルギーに対する施される冷房または暖房の比率として計算される無次元の数値です。
吸収冷凍機	熱をエネルギー源として冷房するシステム。吸収液が冷媒を吸収する際に生じる気化熱を利用して冷房します。冷媒で薄まった吸収液を濃縮するために排熱を使用します。
パラレルフロータイプ	入口側のタンクから多数のチューブに冷媒が流れる構造を有する熱交換器の形式。
分子動力学計算	ニュートン運動方程式を数値的に解くことで、原子・分子の運動を計算機上でシミュレートし、物質の構造変化や各種物性を解析／予測するための代表的な計算手法。
伝導理論	電気や熱の流れを計算する為の理論。流れを量子力学的に計算するアプローチ（量子伝導理論）と古典的に扱うアプローチ（半古典伝導理論）がある。全ての材料を計算対象とする事が出来る第一原理計算を行う。
物性値（熱電材料）	物質・材料の性質を定量的に記述した数値。未利用熱エネルギーの活用に際しては、熱エネルギーの移動と蓄積に関わる熱伝導率、熱拡散率、比熱容量、融点、融解熱などの熱物性値のデータが重要となります。熱エネルギーを電気エネルギーに変換する熱電材料においては、熱伝導率とともにゼーベック係数、電気伝導率および、それらの値と温度から算出される無次元性能指数が重要です。

1. 事業の位置付け・必要性

(1) 事業目的の妥当性

1 事業実施の背景と事業の目的

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。

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。

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。

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。

2 政策的位置付け

「エネルギー基本計画」（平成26年4月11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言。

特に産業部門においては、「業種横断的に、大幅な省エネルギーを実現する革新的な技術の開発を促進していく。」と技術開発の推進を強調。

「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。

3 国内外の研究開発の動向と比較

海外では、自動車の排熱回収を中心とした未利用熱の利用技術に関する研究開発が、既に米国（DOE）、欧州（FP7）、中国、韓国等で、大規模なプロジェクトとしてスタートしており、産学官が一体となった研究を展開している。一例として米国 DOE では、「次世代自動車研究・開発プロジェクト」の一環として、GM・Ford・BMW等が参加し、産学官協同体制で排熱発電技術に取り組んでいる。これら大型予算をもつ海外勢が実用化に邁進しているため、本事業を実施しない場合、現状は日本がリードする当該分野の技術について将来的には日本が遅れをとる可能性が大きくなっている。

海外の実例

○米国エネルギー省 (DOE)

2015年2月公開の4ヶ年技術レビュー2015の素案の中で、産業・製造業強化の鍵となる技術候補14中の2つに、排熱利用技術全般と熱電発電を取り上げている。特に熱電発電は、従来自動車向けを中心に行ってきた研究開発とともに、製造プロセスでの排熱回収向けも視野に入れるべきだと提言。熱電発電以外では、新しい熱交換器、次世代ヒートポンプ、次世代バイナリー発電等を挙げている。

○欧州 (FP7) Nanosciences, nanotechnologies, materials & new production technologies (NMP)

2011～2014年の4年間、事業費総額21.7百万ユーロ（補助金額14.7百万ユーロ）で13カ国（20企業、14大学、9研究機関）が参加。低コスト化を目指したNANOHIGHTECH、Mg₂Si系で高温化を目指すTHERMOMAGなど4テーマ。

4 技術戦略上の位置付け

【我が国の未利用熱の状況】

我が国では、一次エネルギー供給量の約3分の2が有効活用できず熱として失われている（図1）。発電、産業、運輸、民生の各部門では、様々な温度域で排熱が発生しているが、利用しやすい形態の高温排熱のみ活用が進み、低品位な排熱は経済的・技術的な制約から廃棄されている。一次エネルギー総供給に対する部門別の損失量の比率は、発電は27.1%、産業は13.1%、運輸は12.7%、民生は6.9%となっている（表1）。一方で、発電部門における排熱の利用については、火力発電における損失量が多く、高効率火力発電において、排熱を最大限活用して、効率向上につなげる開発が進められている。NEDOの技術戦略としては、損失量と損失割合が共に大きい運輸部門、産業部門での未利用排熱の有効活用を中心に検討する。

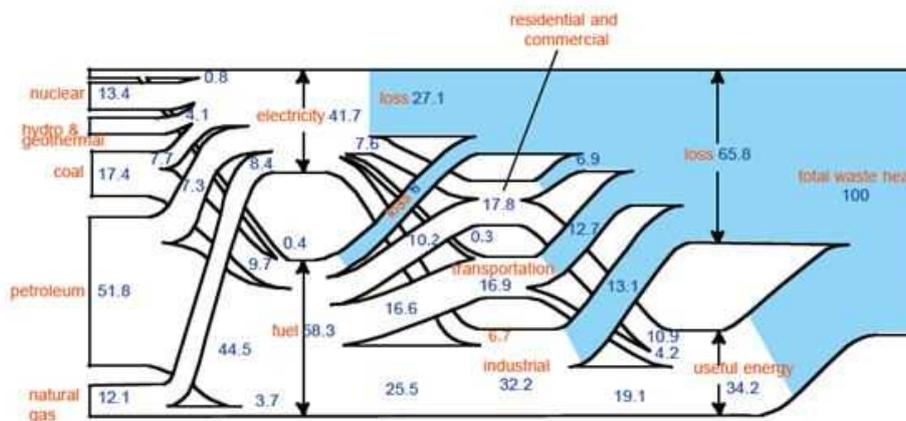


図1 我が国のエネルギーフローと熱損失

出典：第7回コプロワークショップ 東京大学堤教授発表資料(2015)

表1 部門別の排熱割合

	一次エネルギー総供給に対する比率		損失割合
	使用量	損失量	
発電	41.7%	27.1%	65.0%
産業	32.2%	13.1%	40.7%
運輸	16.9%	12.7%	75.1%
民生	17.8%	6.9%	38.8%

出典：第7回コプロワークショップ 東京大学堤教授発表資料を基にNEDO作成(2015)

【未利用熱活用技術に関する学術水準、論文・特許件数等】

特許・論文分析

近年、排熱利用技術の研究は活発化しており、ここ10年で論文件数は約10倍になっている（図2）。特に上位5ヶ国の内、急激に増加している中国では、被引用回数上位の論文の大部分がバイナリー発電（有機ランキンサイクル）に関する研究開発に関する論文で、2014年にピークの伸びの要因となっている（図3）。

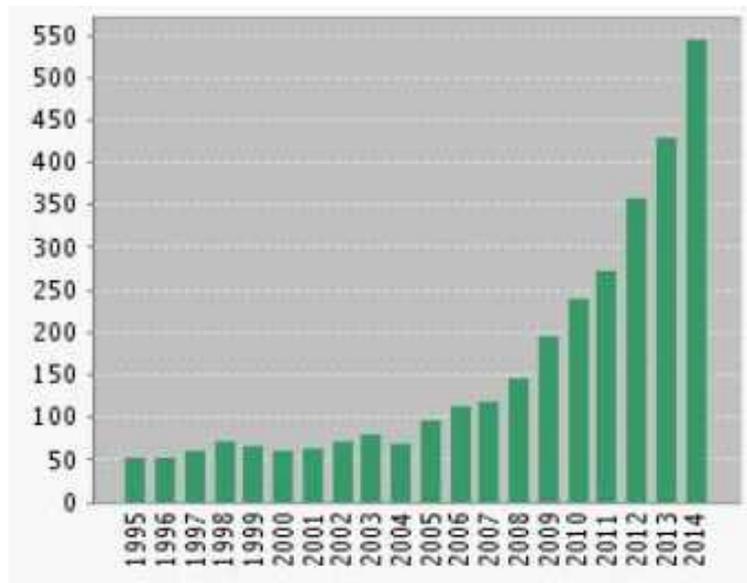


図2 排熱利用(“HEAT RECOVERY”)の論文件数(全世界)

出典:SPARTNERを基にNEDO作成(2015)

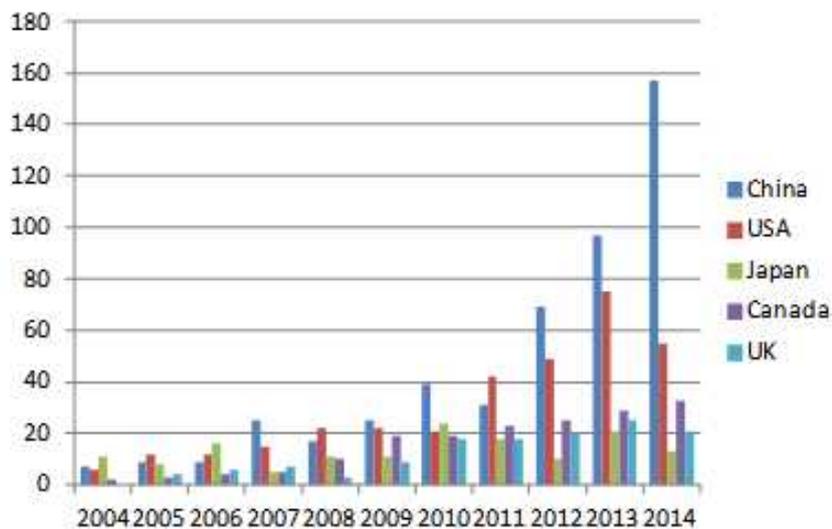


図3 排熱利用(“HEAT RECOVERY”)の論文件数(上位5ヶ国)

出典:SPARTNERを基にNEDO作成(2015)

①熱電変換技術

- ・特許（熱電変換材料）

日本が安定した出願件数を保っており、米国、欧州、韓国が追っている（図4）。出願人ランキングでは圧倒的にトヨタ自動車が多く、自動車・トラック向けを狙った開発が活発である（表2）。近年、欧州、韓国での出願数が増加している。図5に熱電変換材料の小分類と熱電変換材料・素子の性状改良の詳細分類の出願件数相関を示す。いずれも日本の特許出願は活発な状況となっている。



図4 国籍別出願件数比率・推移（熱電変換材料）

出典：平成25年度特許出願技術動向調査報告書（熱電変換材料）（特許庁，2014）

表2 出願人TOP15（熱電変換材料）

順位	出願人	出願件数
1	トヨタ自動車	305
2	東芝	246
3	パナソニック	208
4	産業技術総合研究所	150
5	デンソー	136
6	ヤマハ	131
7	住友化学	111
8	原子力・代替エネルギー庁 (CEA) (フランス)	100
9	三星電子 (韓国)	98
10	京セラ	92
11	BASF SE (ドイツ)	91
12	中国科学院	88
13	Emitec Emissionstechnik (ドイツ)	84
14	富士通	72
15	三星電機 (韓国)	67

出典：平成25年度特許出願技術動向調査報告書（熱電変換材料）（特許庁，2014）に基に NEDO 作成(2015)

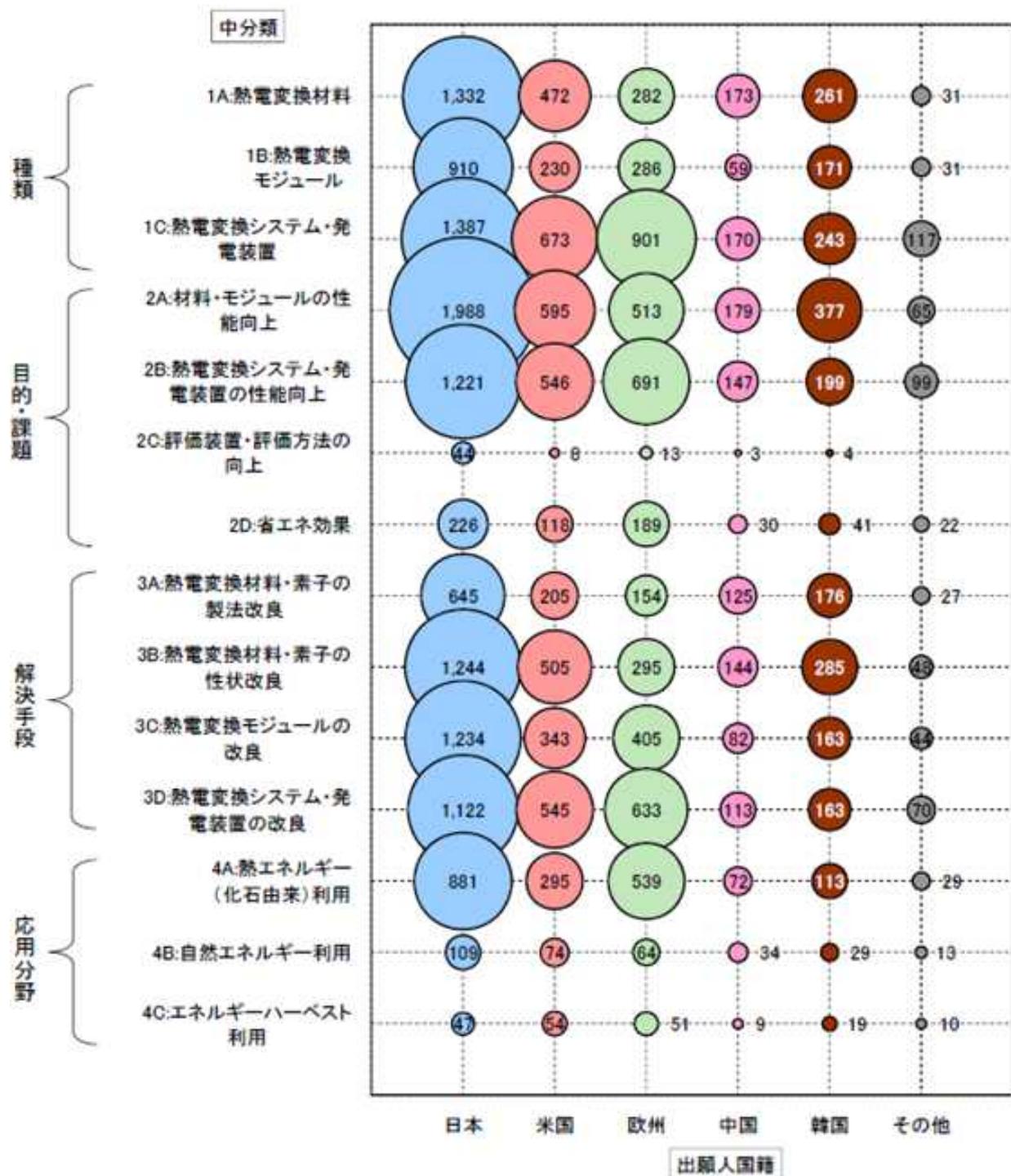


図5 [1A:熱電変換材料]の小分類と[3B:熱電変換材料・素子の性状改良]の詳細分類の出願件数相関(日米欧中韓への出願、出願年:2001-2011年)
出典:平成25年度特許出願技術動向調査報告書(熱電変換材料)(特許庁, 2014)

・論文

熱電変換材料に関する論文については、米国国籍研究者の発表が最も多く、日本は材料（図6）、モジュール（図7）では米国に次ぎ多いが、システム（図8）では8.1%と少ない。近年欧州国籍の発表数が増加している。表3に熱電変換技術に関する論文発表数TOP15を示す。米国大学の論文数が多い。

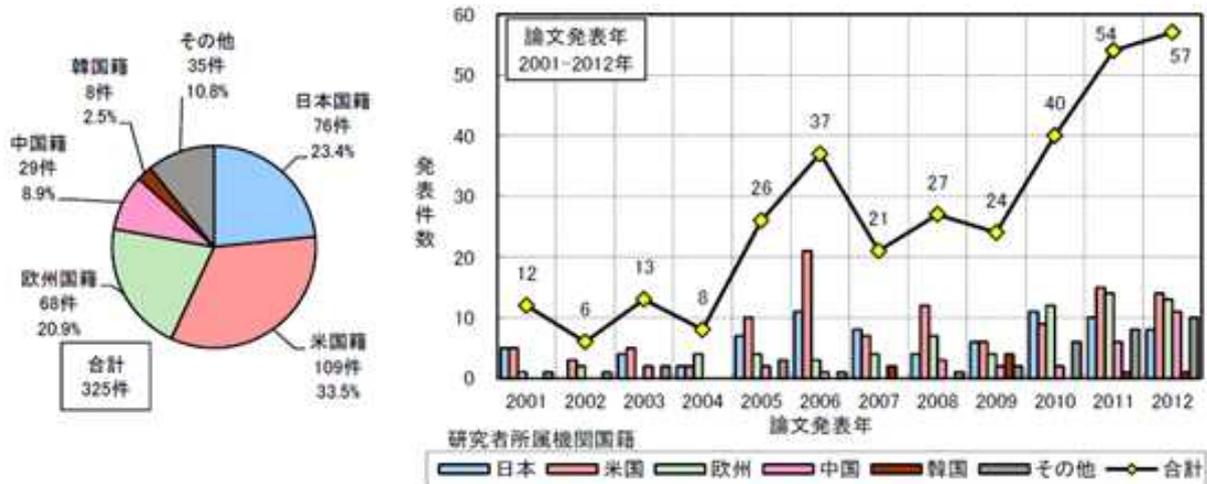


図6 <熱電変換材料>国籍別論文発表件数比率・推移

出典:平成25年度特許出願技術動向調査報告書(熱電変換材料)(特許庁, 2014)

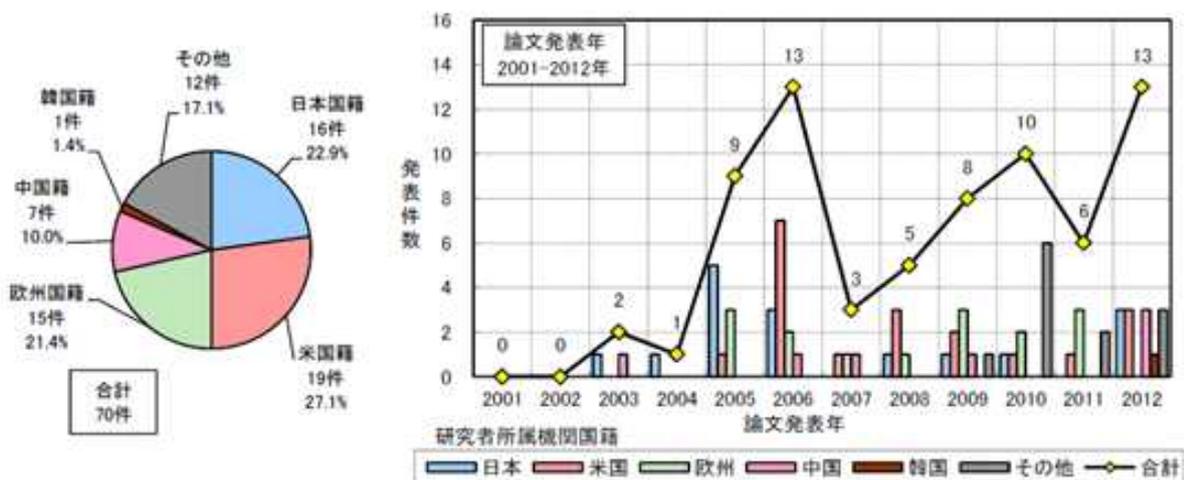


図7 <熱電変換モジュール>国籍別論文発表件数比率・推移

出典:平成25年度特許出願技術動向調査報告書(熱電変換材料)(特許庁, 2014)

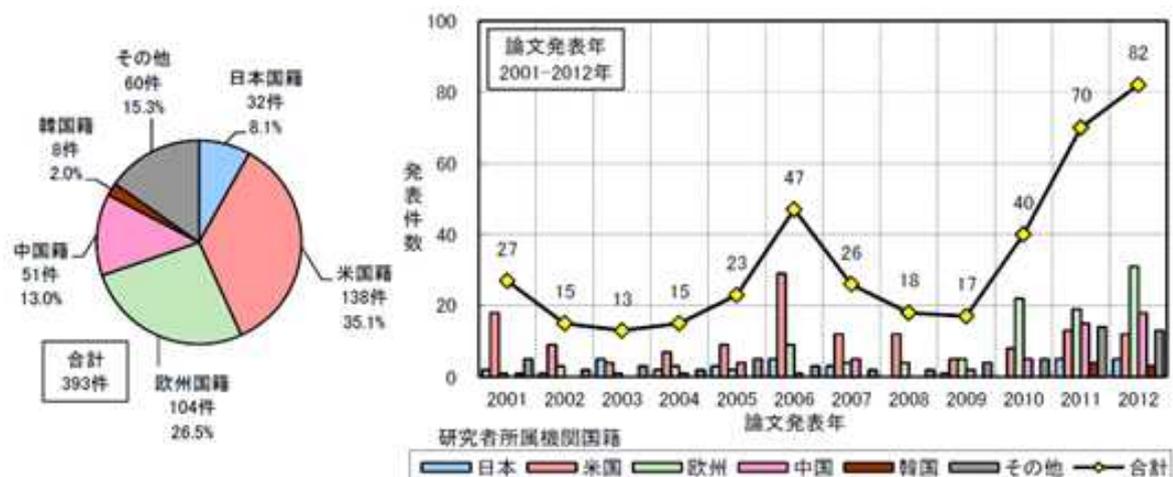


図8 <熱電変換システム> 国籍別論文発表件数比率・推移

出典:平成25年度特許出願技術動向調査報告書(熱電変換材料)(特許庁, 2014)

表3 熱電変換技術に関する論文発表数TOP15(所属機関別)

順位	研究者所属機関	論文件数
1	カリフォルニア大学(米国)	25
2	ミシガン州立大学(米国)	22
2	カリフォルニア工科大学(米国)	22
4	東北大学	20
5	NASA(米国)	18
5	Univ Aalborg(デンマーク)	18
5	中国科学院(中国)	18
8	CNRS(フランス)	17
8	National Academy of Sciences of Ukraine(ウクライナ)	17
10	科学技術振興機構 ^{注)}	15
11	ニューメキシコ大学(米国)	14
11	武漢理工大学(中国)	14
13	産業技術総合研究所	13
13	マサチューセッツ工科大学(米国)	13
15	日本原子力研究開発機構	10
15	ノースウェスタン大学(米国)	10
15	IMEC(ベルギー)	10
15	German Aerospace Center (DLR)(ドイツ)	10

注)科学技術振興機構単独ではなく大学と所属機関が併記してある。

出典:平成25年度特許出願技術動向調査報告書(熱電変換材料)(特許庁, 2014)に基
NEDO作成(2015)

(2) NEDO の事業としての妥当性

1 NEDO が関与する意義

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。

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英知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。

NEDOの第三期中期目標におけるミッション

- 我が国の経済社会が必要とする具体的成果を創出
- 我が国の産業競争力の強化に貢献
- エネルギー・環境制約の克服に貢献

本プロジェクトの狙い

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 (ハイリスク・連携必要)
- 同技術の適用により日本の主要産業の競争力を強化 (連携必要)
- 社会全体のエネルギー効率を向上 (公共性・連携必要)
- 新省エネルギー技術の中核とした新たな産業創成 (ハイリスク・連携必要)



NEDOの関与が妥当かつ効果的な事業

2 実施の効果

断熱材・蓄熱材・熱電材料等に代表される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、輸送機器、産業分野、住宅環境等の更なる省エネ化を進める。本プロジェクトにより、一例として熱電発電をベースとした熱マネジメントシステムを自動車に搭載する事で、燃費を10%程度改善し、原油換算で166万kL/年（ガソリン価格換算2,400億円）の省エネルギー効果を見込む。なお、この時、二酸化炭素削減量は431万t/年（排出権換算：約50億円）と推定される。

■プロジェクト費用総額 155億円（経産省実施分を含む想定額：H25～H34年）
124億円（NEDO負担予定分：H2727～H34年）

□省エネルギー効果（平成42年：2030年）

熱電発電をベースとした熱マネジメントシステムを自動車に搭載する事で
10%程度燃費が改善する効果

- ・原油換算 : 166万kL/年
- ・CO₂削減効果 : 431万t/年

□経済効果(平成42年：2030年)

- ・ガソリン価格換算 : 2,400億円/年
- ・CO₂排出権換算 : 約50億円/年

2. 研究開発マネジメント

(1) 研究開発目標の妥当性

1 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

アウトプット目標

本事業では、事業化に向けた妥当性を踏まえて以下のような目標を設定する。

- ・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 $0.2\text{W/m}\cdot\text{K}$ 以下を有する断熱材料開発を目標とする。
- ・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高密度材料の探索・開発を目標とする。
- ・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、10年後を目処に、ナノ構造制御により大きな性能指数($ZT=4$)を持つ革新的材料開発を目標とする。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も行う、 $ZT=2$ 以上の性能を有するフレキシブル熱電材料の開発を行う。

アウトカム目標

熱電発電をベースとした熱マネジメントシステムを自動車に搭載する事で、燃費は10%程度改善され、原油換算で166万kL/年の省エネ効果が見込まれる。この時の二酸化炭素削減量は431万t/年と推定される。また、燃費の10%改善は自動車市場では大きなインパクトとなり、日本企業の市場での競争力の拡大が期待される。

2 研究開発目標と根拠

研究開発内容は、下記8項目

- 研究開発項目①：蓄熱技術の研究開発
- 研究開発項目②：遮熱技術の研究開発
- 研究開発項目③：断熱技術の研究開発
- 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
- 研究開発項目⑤：排熱発電技術の研究開発
- 研究開発項目⑥：ヒートポンプ技術の研究開発
- 研究開発項目⑦：熱マネジメントの研究開発
- 研究開発項目⑧：熱関連調査・基盤技術の研究開発

研究開発項目①「蓄熱技術の研究開発」

1. 研究開発の必要性

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。

2. 研究開発の具体的内容

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。

3. 達成目標

【中間目標 (H29 年度末)】

- ・ 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蓄熱材料の開発
- ・ -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
- ・ 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

【最終目標 (H34 年度末)】

- ・ 120℃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℃～25℃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

研究開発項目②「遮熱技術の研究開発」

1. 研究開発の必要性

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。

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℃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「熱マネー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ー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／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/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／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/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。

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 ・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
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「熱マネー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） ・数kW小型ヒートポンプシステムの開発	・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) 研究開発計画の妥当性

1 研究開発のスケジュール

<p>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</p>								
<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	(18)	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	(12.5)

2 プロジェクト費用

平成27年度～34年度の8年間で、総事業費124億円を委託事業費として予定している。

費用(間接経費、消費税除く)

(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

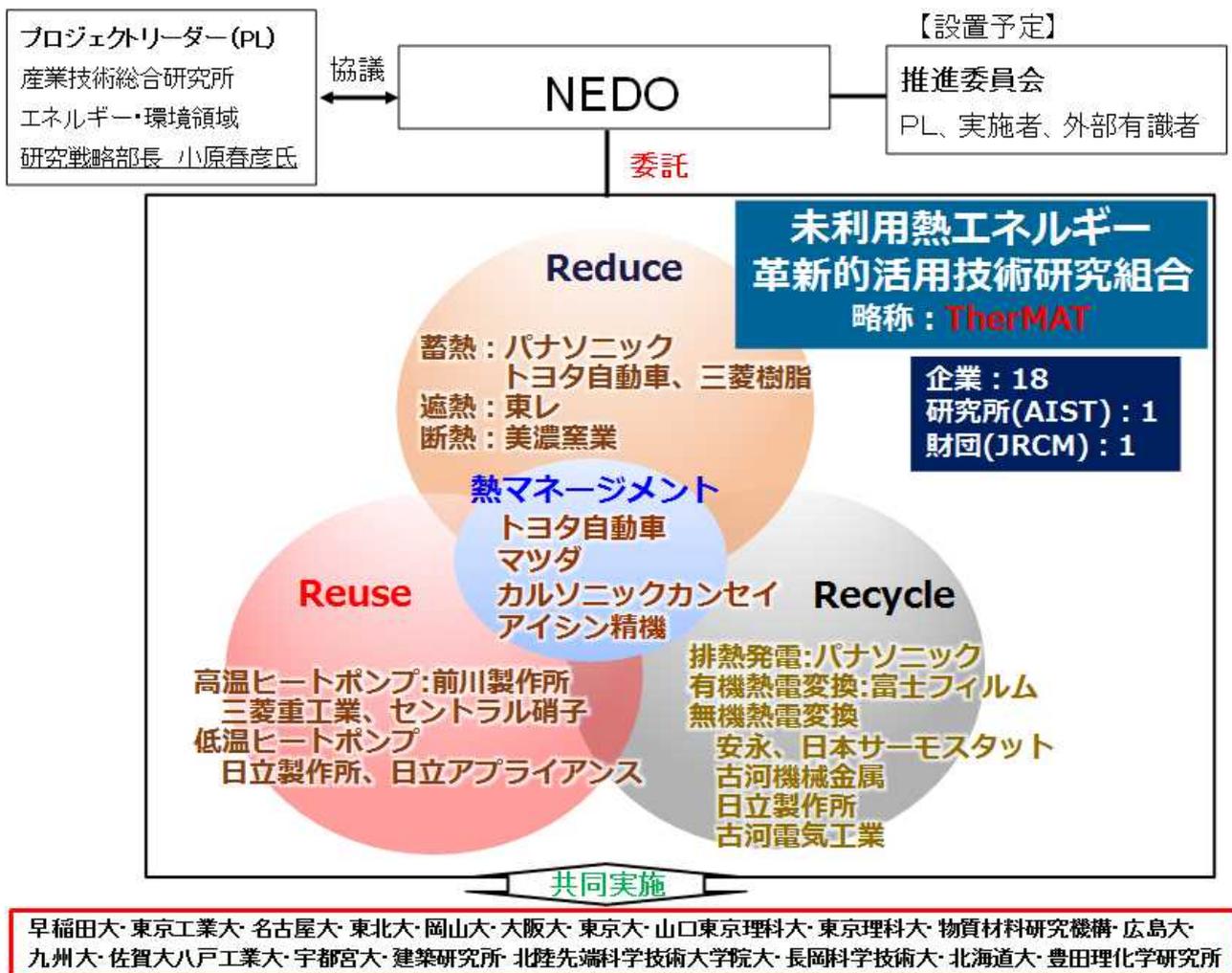
(3) 研究開発の実施体制の妥当性

1 研究開発の実施体制

材料開発やテストモジュール開発などの基礎的研究は、大学などの公的研究機関が主体となって実施し、モジュール化・システム化に向けた応用研究は、アカデミアでの研究成果を基礎として、各種社会システムのニーズを踏まえた上で、参加各企業が主体となって実施していく体制を構築する。

本プロジェクトでは、未利用熱の活用という共通目的を有しつつも、競争的に開発を行う部分が生じるので研究項目間の情報管理を徹底する。一方、調査・基盤技術の成果は全ての研究項目に有益なため共有するなどして、全体としてのシナジー効果を発揮させるマネージメントを行うよう留意する。

なお、熱電変換材料の開発のように、設定した目標に対して多くのアプローチが想定される研究開発項目においては、実施者間の競争による研究の進展に期待した体制を構築する。



(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

1 研究開発の進捗管理

各研究開発実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOは研究開発責任者であるPL（プロジェクトリーダー）を選定し、各実施者は、PLの下で研究開発を実施する。PM（プロジェクトマネージャー）はPLと協議し、プロジェクトの運営を行う。

【PL】

- ・定期的な（原則として毎週）研究組合事務局との打合せにより、事業の進捗、成果の普及や知的財産権取得の状況等について情報収集を行っている。
- ・各実施テーマについては、半期毎に開発目標と達成度をチェックし、翌半期計画を精査している。

【PM】

- ・平成27年度は、4月以降7月までに全ての実施テーマで研究開発実施場所での進捗状況把握を実施し、研究開発の課題、実用化への方針、プロジェクトとしての相乗効果のあり方等について実施者と直接意見交換を行った。
- ・意見交換を踏まえて、熱電変換材料に関する小規模研究開発の枠組みを立案した。

【PLとPMとの意思疎通】

- ・1ヶ月に1回以上面会のうえ、プロジェクト加速のための方策や、各テーマの進捗と今後の方向性について議論を行っている。
- ・熱電変換材料に関する小規模研究開発について、目標とするレベルや、実施期間等を協議しながら新規の枠組みを練り上げた。

2 動向・情勢の把握と対応

NEDOは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。分析・検討結果を踏まえてプロジェクト成果の実現に向けて具体的な対応を行う。

対応事例

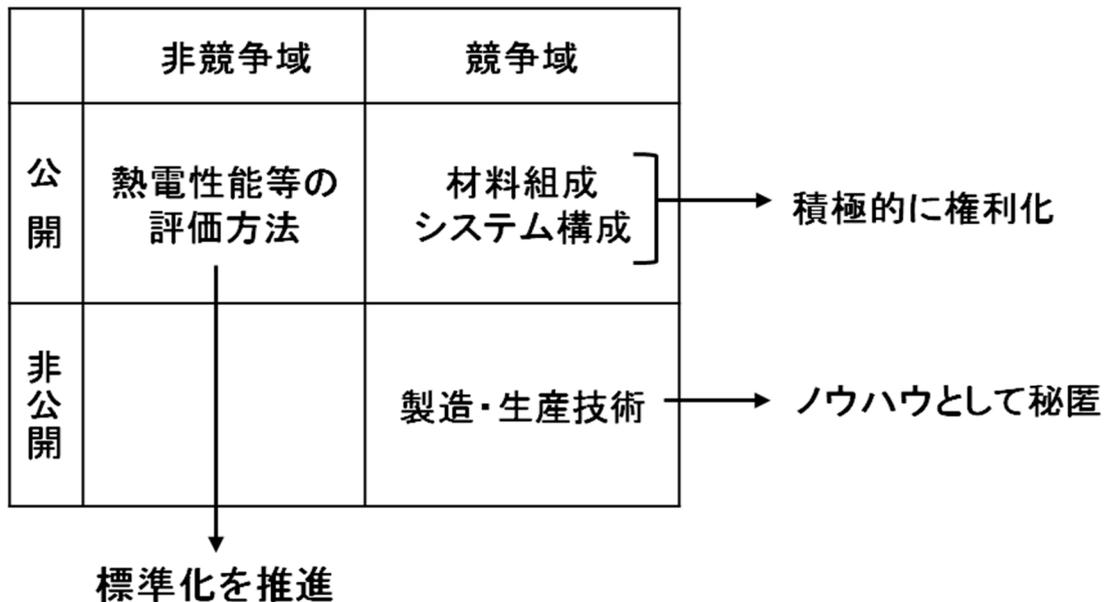
情勢	対応
<p>熱電変換技術開発では、近年のナノ材料技術の急速な進展に伴い、新しい材料系や構造に関する研究が世界で取り組み始められる。</p>	<p>熱電変換材料・デバイスの新たな技術シーズ発掘を図るため、また、迅速に研究開発に取り組むために、小規模研究開発（研究期間：約1年半、予算規模：2千万円以下）の枠組みを新たに設定して、公募を行った。</p> <p>【公募開始：8月7日⇒の採択決定：9月16日】</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) フォノンと少数キャリアの輸送特性同時制御による熱電性能指数の飛躍的向上 (2) 共晶体構造を用いた高性能指数熱電酸化物材料の研究開発 (3) シリサイド系多孔質熱電変換材料を用いた高効率熱電変換素子の研究開発 (4) 遷移金属硫化物ナノ粒子熱電変換材料の研究開発 (5) 階層的構造制御によるチムニーラダー型熱電変換材料の高性能化 (6) 多接合型熱電変換素子の革新的高効率化に関する研究開発

(5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性

1 知的財産権等に関する戦略

本プロジェクトでは NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針に基づき、知的財産権の活用によりプロジェクトを推進している。戦略の基本として標準となり得る技術は、積極的かつ速やかに特許出願を行う、国内特許出願を先行するが、特に重要な特許は海外出願も行うことを進めている。

オープン／クローズ戦略の考え方



2 知的財産管理

本プロジェクトでは「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針第 2 版」(平成 24 年 12 月 18 日改訂)に基づき、知的財産に係る出願・活用ルールを「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発における知的財産権及びサンプルの取扱いに関する規程」(平成 27 年 5 月 26 日改訂)を策定。バックグラウンド知的財産権の取扱い、本事業により得られた知的財産権の帰属等の原則、発明等の届出、発明審査委員会における審査、知的財産権の取扱い、ノウハウの指定、知的財産権に関する実施等について規定するとともに、知的財産権の保全や、プロジェクト参加者間のサンプルの取扱い等においても定めている。

3. 研究開発成果

(1) 研究開発成果

研究開発項目①：蓄熱技術の研究開発

- ・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($\Delta T=18 \rightarrow 2 \text{deg}$)を原理検証
- ・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)
- ・長期蓄熱材料： $-20/25^\circ\text{C}$ 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
- ・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度化 ($660^\circ\text{C} \Rightarrow 570^\circ\text{C}$)。
- ・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°C 低減)を確認。
- ・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。

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

- ・ $220 \text{mm} \times 116 \text{mm} \times 39 \text{mm}$ 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 $80 \mu \text{W/mK}^2$ 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 ($413 \mu \text{W/m} \cdot \text{K}^2$) 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： $\Phi 200\text{mm}$ 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、 $600^\circ\text{C}/50^\circ\text{C}$ の条件でモジュールの発電効率は 8%に達し、高温端 $500^\circ\text{C} \sim 575^\circ\text{C}$ 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 $380\text{W}/\text{m}^2 @ \Delta T=150^\circ\text{C}$ 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 $\Rightarrow \sim 700\text{g} / 1$ 坩堝
- ・ 大口径焼結技術： $\sim \phi 50\text{mm}$
- ・ 発電出力密度： $0.5\text{W}/\text{cm}^2$ 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°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 $100^\circ\text{C} \rightarrow 160^\circ\text{C}$ 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しが得られた。

- ・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。
- ・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。
- ・低温駆動サイクルについて、原理試作機により温水 60°C、冷却水 30°C の条件で冷房に利用可能な 7°C 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。
- ・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。
- ・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。

研究開発項目⑦：熱マネージメントの研究開発

- ・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。
- ・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。
- ・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。
- ・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
- ・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」
- ・モータ内部熱流計測用「温度計測技術の育成」
- ・小型軽量化した装置の設計、試作を実施
- ・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。
- ・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。
- ・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。

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
- ・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

(2) 成果の中間目標の達成可能性

研究開発項目	現状	中間目標 (平成29年度末)	達成見通し
①「蓄熱技術の研究開発」	・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	・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	○
	・25℃、24h 過冷却安定性を有する組成を明確化	・-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	◎
②「遮熱技術の研究開発」	・高精度コート技術の開発を行い、目標透過率（70%）と耐久性確認	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	○
③「断熱技術の研究開発」	・220mm×116mm×39mm 形状断熱材料試作完了	・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	○
④「熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発」	・Mo 酸化物ドーピングによりゼーベック係数増加を確認 ・CNT 系材料としては世界最高レベルのパワーファクタ ($412 \mu\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}^2$) 実現	・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	○
⑤「排熱発電技術の研究開発」	・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 10.7%実証	・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	◎
⑥「ヒートポンプ技術の研究開発」	・統合解析シミュレーションにより、ブタンを用いた 100℃→160℃加熱で COP3.79 確認 ・原理試作機により温水 60℃、冷却水 30℃条件で 7℃の冷水が得られることを実証	・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	○
⑦「熱マネージメントの研究開発」	・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 ・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	・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	△～○
⑧「熱関連調査・基盤技術の研究開発」	・工場等における未利用熱温度や賦存量、購入エネルギー量と排ガス熱量との相関関係等を明確化	・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	○

◎ 予定を大きく上回る（早期）達成見通し、○ 予定通りどおりの達成見通し、
△ ほぼ予定どおり（若干の遅れ）の達成見通し、× 達成困難の見通し

(3) 成果の普及

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	合計
論文	3	17	10	30
研究発表・講演	5	80	63	148
受賞実績	-	-	2	2
新聞・雑誌等への掲載	-	1	-	1
展示会への出展	3	5	4	12

※平成27年8月末現在（予定も含む）

学会・成果報告会等の一例

研究開発項目	発表者	会議名(発表者)	タイトル	発表年月
蓄熱	パナソニック(株)	エネルギー技術シンポジウム2014	蓄熱技術の研究開発	2014/11/25
断熱	美濃窯業(株)	38th International Conference and exposition on Advanced Ceramics and Composites	Fabrication and Properties of Ultra-High-Porous Ceramics for Energy Saving Insulator	2014/1/30
熱電変換	(国研)産総研	つくばビジネスマッチング会	導電性高分子の熱電変換性能とモジュール化～膨大な未利用熱を電力に～(招待講演)	2014/02/17
排熱発電	パナソニック(株)	第24回国際冷凍会議 ICR2015	Studies of Compact Organic Rankine Cycle for Waste Heat Recovery	2015/8/19
熱マネジメント	マツダ(株)	国際ナノデバイステクノロジーワークショップ2015	Thermal Management of Motor and Inverter	2015/3/3

受賞実績

研究開発項目	受賞者	受賞名	交付者	発表年月
断熱	美濃窯業(株)	国際交流奨励賞 21世紀記念個人冠賞 井関孝善賞	公益社団法人日本セラミックス協会	2015/06/05
熱電変換	(国研)産総研	応用物理学会論文奨励賞	公益社団法人応用物理学会	2015/09/14

(4) 知的財産権

知的財産権の確保に向けた取り組み例

- 特許出願可能と判断したものについては、速やかに出願を行うと共に、早期審査を活用して早期登録を狙う。
- 標準になり得る技術は、速やかに特許出願する。
- 一つの発明物を多面的に捉えて多数の出願で特許網を構築する。
- 国内特許出願を先行するが、特に重要な特許は海外出願も行う

知的財産権の出願状況

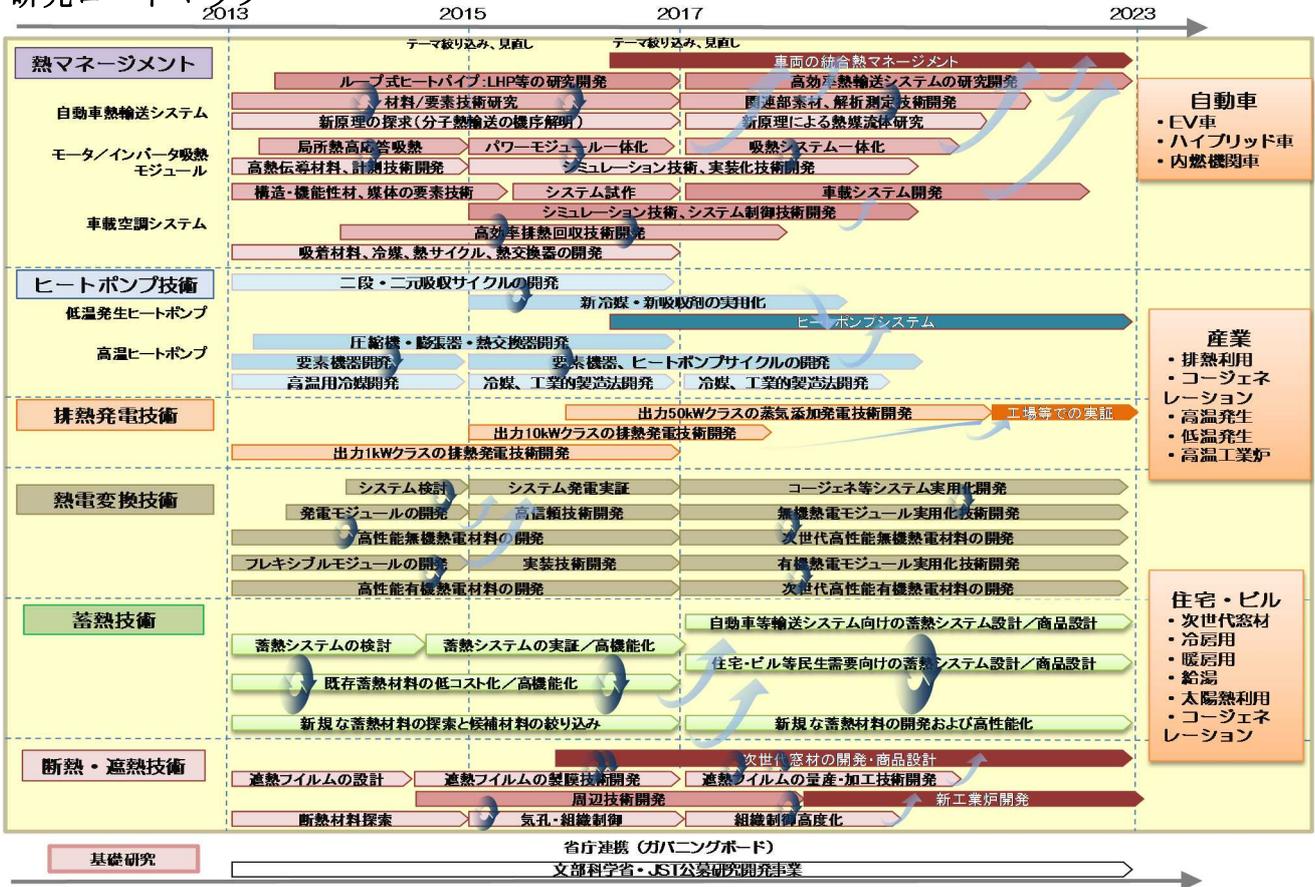
	平成25年度	平成26年度	平成27年度	計
特許出願 (うち PCT 出願)	0 (0)	42 (1)	34 (2)	76 (3)件

※平成27年8月末現在（予定も含む）

4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し

(1) 成果の実用化に向けた戦略

研究ロードマップ



中間評価を平成27年度、平成29年度、平成32年度、事後評価を平成35年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じ研究開発の加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

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。

NEDO 省エネルギーフォーラム等の展示会にサンプル展示を行い、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。

(3) 成果の実用化の見通し

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。

2. 分科会公開資料

次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

「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)

(平成25年度～平成27年度)

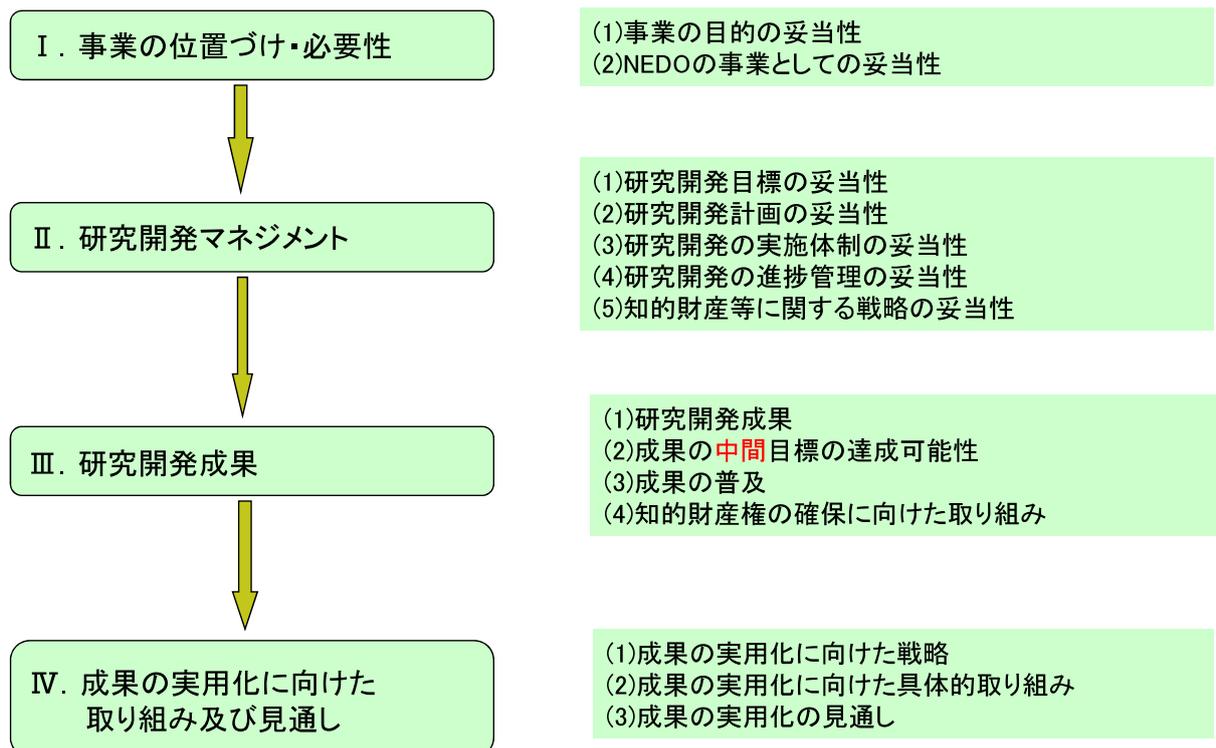
プロジェクトの概要 (公開)

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

平成27年10月16日

1

発表内容



2

◆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。

◆政策的位置付け

■ 「エネルギー基本計画」(平成26年4月11日閣議決定)

「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**

特に産業部門においては、「業種横断的に、大幅な省エネルギーを実現する**革新的な技術の開発を促進**していく。」と技術開発の推進を強調。

■ 「省エネルギー技術戦略2011」

(平成23年3月:経済産業省/NEDO)

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**。

◆国内外の研究開発の動向と比較

■世界の取組状況

- ・米国(DOE)、欧州(FP7)、中国、韓国等では既に大規模なプロジェクト研究をスタートしており、産学官が一体となった熱マネジメント実用研究を展開している。
- ・米国DOEでは、「次世代自動車研究・開発プロジェクト」の一環として、GM・Ford・BMW等が参加し、産学官協同体制で排熱発電技術に取り組んでいる。

【具体例】

○米国エネルギー省(DOE)

2015年2月公開の4ヶ年技術レビュー2015の素案の中で、産業・製造業強化の鍵となる技術候補14の中に2つ、排熱利用技術全般と熱電発電を取り上げている。特に熱電発電は、従来自動車向けを中心に行ってきた研究開発とともに、製造プロセスでの排熱回収向けも視野に入れるべきだと提言。熱電発電以外では、新しい熱交換器、次世代ヒートポンプ、次世代バイナリー発電等を挙げている。

○欧州(FP7)

Nanosciences, nanotechnologies, materials & new production technologies (NMP)

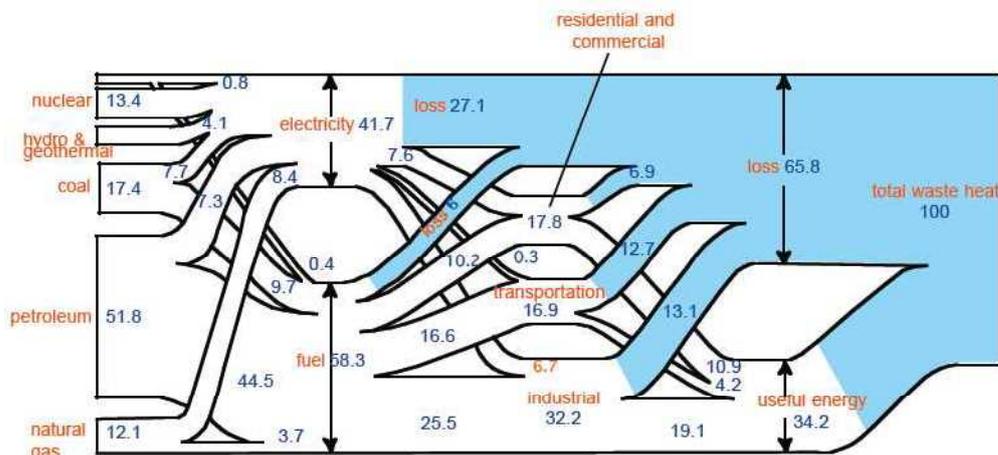
2011～2014年の4年間、事業費総額21.7百万ユーロ(補助金額14.7百万ユーロ)で13カ国(20企業、14大学、9研究機関)が参加。

低コスト化を目指したNANOHIGHTECH、Mg₂Si系で高温化を目指したTHERMOMAGなど4テーマを実施した。

◆技術戦略上の位置付け

我が国では、一次エネルギー供給量の約3分の2が有効活用できず熱として失われている。

発電、産業、運輸、民生の各部門では、様々な温度域で排熱が発生しているが、利用しやすい形態の高温排熱のみ活用が進み、低品位な排熱は経済的・技術的な制約から廃棄されている。



我が国のエネルギーフローと熱損失

出典：第7回コブワークショップ 東京大学堤教授発表資料(2015)

◆技術戦略上の位置付け

一次エネルギー総供給に対する部門別の損失量の割合は、発電 27.1%、産業 13.1%、運輸 12.7%、民生6.9%という分析がある。

このうち、発電部門における排熱の利用については、火力発電における損失量が多く、高効率火力発電において、排熱を最大限活用して、効率向上につなげる開発が鋭意進められている。



NEDOの技術戦略としては、損失量と損失割合が共に大きい運輸部門・産業部門での未利用排熱の有効活用を中心に検討する。

7

◆NEDOが関与する意義

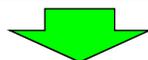
NEDOの第三期中期目標におけるミッション

- 我が国の経済社会が必要とする具体的成果を創出
- 我が国の産業競争力の強化に貢献
- エネルギー・環境制約の克服に貢献

本プロジェクトの狙い

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 (ハイリスク・連携必要)
- 同技術の適用により日本の主要産業の競争力を強化 (連携必要)
- 社会全体のエネルギー効率を向上 (公共性・連携必要)
- 新省エネルギー技術の中核とした新たな産業創成 (ハイリスク・連携必要)



NEDOの関与が妥当かつ効果的な事業

8

◆実施の効果

- プロジェクト費用総額 155億円 (経済産業省実施分を含む想定額:H25~H34)
124億円 (NEDO負担予定分:H27~H34年)

□省エネルギー効果(平成42年:2030年)

熱電発電をベースとした熱マネジメントシステムを自動車に搭載する事で、10%程度燃費が改善する効果

- ・原油換算 : 166万kL/年
- ・CO₂削減効果 : 431万t/年

□経済効果(平成42年:2030年)

- ・ガソリン価格換算 : 2,400億円/年
- ・CO₂排出権換算 : 約50億円/年

◆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

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 (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

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 (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		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	(18)	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	(12.5)

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

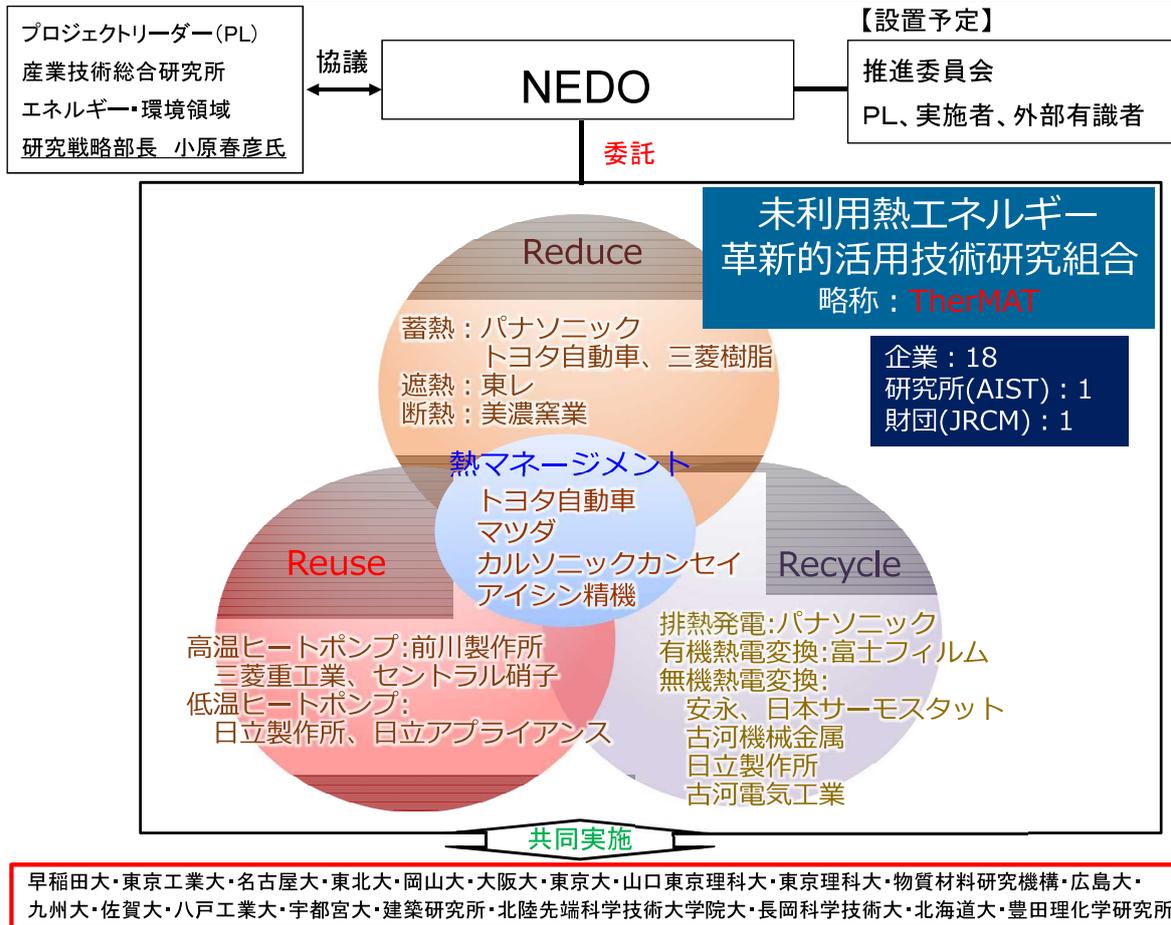
◆ 年度ごとの予算と実績

(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

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



15

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 研究開発の進捗管理

● PL及びPMによる進捗管理

【PL】

- 定期的な(原則として毎週)研究組合事務局との打合せにより、事業の進捗、成果の普及や知的財産権取得の状況等について情報収集を行っている。
- 各実施テーマについては、半期毎に開発目標と達成度をチェックし、翌半期計画を精査している。

【PM】

- 平成27年度は、4月以降7月までに全ての実施テーマで研究開発実施場所での進捗状況把握を実施し、研究開発の課題、実用化への方針、プロジェクトとしての相乗効果のあり方等について実施者と直接意見交換を行った。
- 意見交換を踏まえて、熱電変換材料に関する小規模研究開発の枠組みを立案した。

【PLとPMとの意思疎通】

- 1ヶ月に1回以上面会のうえ、プロジェクト加速のための方策や、各テーマの進捗と今後の方向性について議論を行っている。
- 熱電変換材料に関する小規模研究開発について、目標とするレベルや、実施期間等を協議しながら新規の枠組みを練り上げた。

16

◆ 動向・情勢の把握と対応

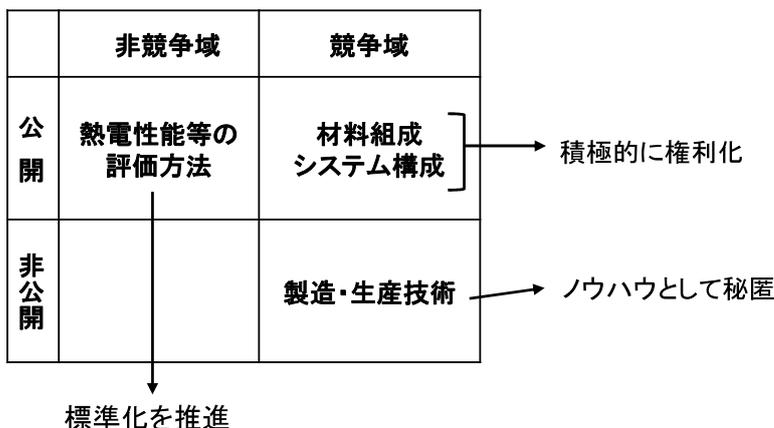
- ◎ NEDOは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析・検討する。
- ◎ 分析・検討を踏まえてプロジェクト成果の実現に向けて具体的な対応(アクション)を行う。

【対応事例】

情勢	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る。	<p>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むために、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。</p> <p>【公募開始:8月7日⇒採択結果公開:9月16日】</p> <p>(1)フォノンと少数キャリアの輸送特性同時制御による熱電性能指数の飛躍的向上</p> <p>(2)共晶体構造を用いた高性能指数熱電酸化物材料の研究開発</p> <p>(3)シリサイド系多孔質熱電変換材料を用いた高効率熱電変換素子の研究開発</p> <p>(4)遷移金属硫化物ナノ粒子熱電変換材料の研究開発</p> <p>(5)階層的構造制御によるチムニーラダー型熱電変換材料の高性能化</p> <p>(6)多接合型熱電変換素子の革新的高効率化に関する研究開発</p>

◆ 知的財産権等に関する戦略

➤ オープン／クローズ戦略の考え方



【戦略の基本】

- 標準になり得る技術は、速やかに特許出願を行う。
- 国内特許出願を先行するが、特に重要な特許は海外出願も行う。

◆知的財産管理

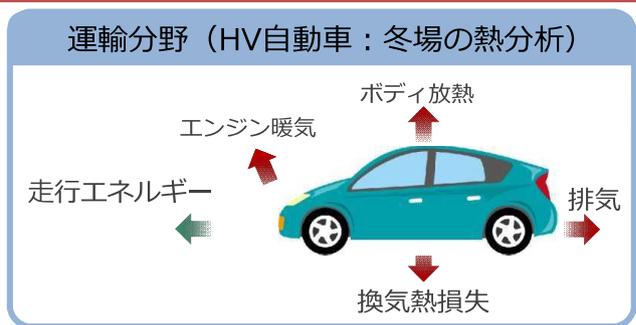
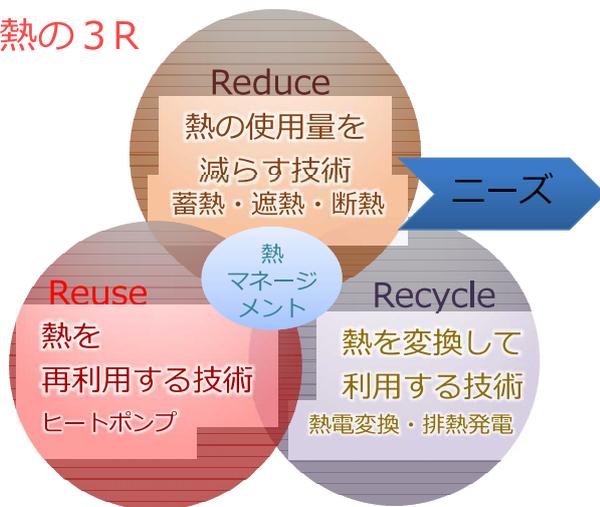
- ▶ 「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に基づき
本プロジェクトの知的財産権及びサンプルの取扱いに関する規程を策定
- ▶ 知的財産管理指針の策定
 - ・バックグラウンド知的財産権の取扱い
 - ・本事業により得られた知的財産権の帰属
 - ・発明審査委員会における審査等
- ▶ サンプル提供の取扱い
 - ・プロジェクト参加者間での取扱い等

3. 研究開発成果 (1) 研究開発成果

プロジェクト概要

研究開発のコンセプト

熱の3R



民生分野



産業分野

- ニーズプル型の研究開発 (運輸・産業・民生分野) ➡ 明確な実用化シナリオ
- 大きなリスク課題 (高いスペック部素材) へのチャレンジ ➡ 10年を見据えた研究開発
- 垂直連携による研究開発、異業種企業からなる組合 ➡ 迅速な事業化、シナジー効果

➡ 日本が強みを持つエネルギー効率の高い素材、製品へ

◆研究開発項目毎の成果

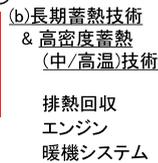
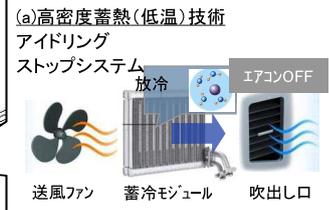
蓄熱技術：蓄熱技術の研究開発

■ 出口イメージ

自動車、民生(ビル、住宅)、
産業分野の未利用熱有効活用

自動車への展開(例)

- (a)アイドストップ時に蓄冷冷房
- (b)冬季エンジン始動時に蓄熱暖機で省エネ達成



■ 技術課題(ブレークスルーポイント)

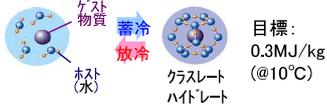
- ・単位重量、体積当りの蓄熱量が高い
『高密度蓄熱材料』の開発(従来材料比2倍)
- ・断熱材なしで長期間蓄熱が保持可能な
『長期蓄熱材料』の開発(24時間過冷却保持)

注) 過冷却: 液体の状態のまま凝固点以下の温度まで冷却される状態

■ 技術開発内容

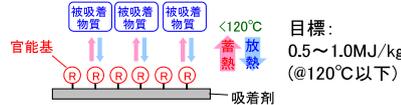
① 高密度蓄熱材料(低温)

クラスレートハイドレートによる高密度化



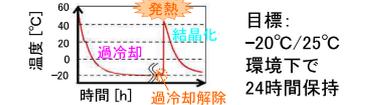
② 高密度蓄熱材料(中/高温)

化学反応熱の活用による高蓄熱密度化



③ 長期蓄熱材料

過冷却状態の安定保持による長期化



■ これまでの主な成果

- ① 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($\Delta T=18 \rightarrow 2 \text{deg}$)を原理検証
- ② 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)
- ③ 長期蓄熱材料: $-20/25^\circ\text{C}$ 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

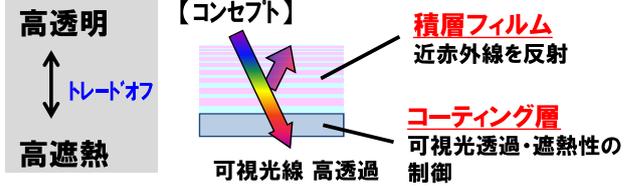
◆研究開発項目毎の成果

遮熱技術：革新的次世代遮熱フィルムの研究開発

■ 出口イメージ: 建物等の省エネに貢献する革新的遮熱窓材



■ 技術課題(ブレークスルーポイント)



■ 技術開発内容

- [1] 新規光学設計における超高精度積層技術の開発: 特性実現に必要な光学設計確立と具現化のための超高精度積層装置、技術の確立
- [2] 次世代遮熱用ポリマーの開発: 高遮熱化、層間密着性、連続重合性、製膜性等を兼ね備えたポリマーの確立
- [3] 次世代遮熱フィルムのフィルム加工技術の開発: 可視光線透過率と遮熱性をコートフィルムとして両立させるための処方、および高精度コート技術の開発
- [4] 次世代遮熱窓材の評価技術の開発とその商品設計: 省エネ効果実証方法構築と次世代遮熱フィルムの商品設計

■ これまでの主な成果

- ・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。

◆研究開発項目毎の成果

断熱技術：断熱材料の研究開発

出口イメージ

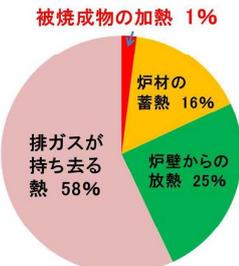
現行・・・
窯業/土石分野向け産業/工業炉では多量の熱が廃棄されている。

目標・・・

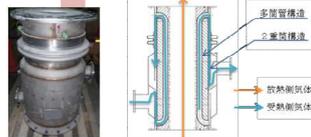
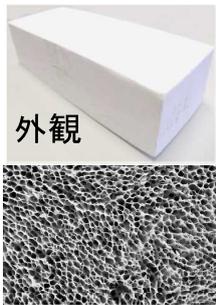
高性能ファイバーレス断熱材料と周辺技術の開発によって産業/工業炉の排熱量を50%以上削減

技術課題(ブレークスルーポイント)

- 1,500°C以上の高温域で使用可能で、かつ高強度と低熱伝導率を両立したファイバーレス断熱材料の開発
- 断熱材料の大型化技術の開発と大量生産手法の確立
- 排出エネルギーを回収・再利用するための各開発部材を用いた効率的なシステムの開発



例：一般的なバッチ式セラミックス焼成炉のエネルギー収支



熱マネジメントシステム



■これまでの主な成果

- ・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

◆研究開発項目毎の成果

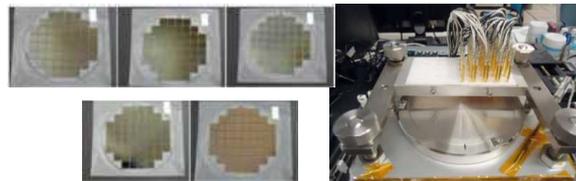
熱電変換技術：高性能熱電材料およびモジュールの開発熱材料

■出口イメージ

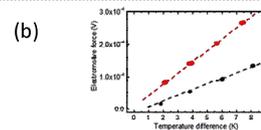
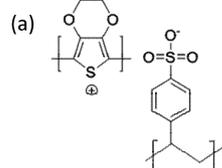


■技術課題(ブレークスルーポイント)

- ・熱電変換材料の性能向上
- ・新規材料を用いた熱電変換モジュール化技術の開発
- ・熱電変換モジュールの変換効率向上
- ・熱電変換材料、モジュールの耐久性の向上
- ・熱電変換のコスト削減



無機材料(薄膜、バルク)



導電性高分子PEDOT:PSSの a)分子構造; b)PEDOT:PSS薄膜のMoドーブに対するゼーベック係数の変化。
有機材料(導電性高分子材料)、炭素系材料(CNT)

■技術開発内容

- ・高い熱電性能を有する材料探索のための材料の高速合成・評価技術開発
- ・導電性高分子材料(PEDOT:PSS)の熱電変換の高性能化
- ・単層カーボンナノチューブ(CNT)等、炭素系熱電変換デバイスの技術開発

■これまでの主な成果

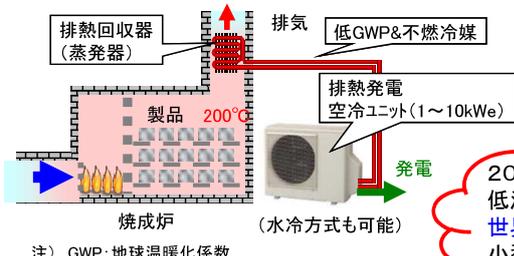
- ・金属系合金薄膜ライブラリ試料の合成に成功しそれらの薄膜の計測法としてパラレル抵抗評価技術を開発。
- ・レーザー加熱装置により、酸化物小型単相試料の熔融合成に成功
- ・Mo酸化物のドーブによりゼーベック係数が増加し、パワーファクタFが従来材料の3倍以上の80 μW/m²K²に増大することを確認
- ・CNT系材料としては世界最高レベルのパワーファクタ(413 μW/m²K²)を発現

◆研究開発項目毎の成果

排熱発電技術：排熱発電技術の研究開発

■ 出口イメージ

工業炉の排熱発電システム(例)

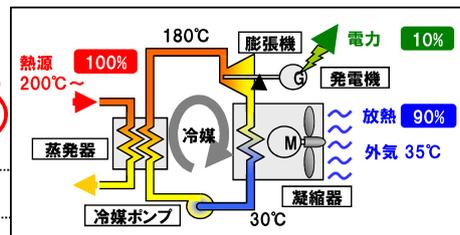


注) GWP:地球温暖化係数

200°C以下の低温排熱を活用した世界最高効率の小型発電システムを確立

■ 技術課題(ブレークスルーポイント)

工場これまで捨てられていた排熱や蒸気の廃棄エネルギーを効率良く電気に変換・回収するため、**従来比2倍の発電効率**を得る高効率小型排熱発電技術を開発



■ 技術開発内容

- ① 工場排熱の実態調査や市場ニーズ調査を行い、工場排熱発電機器に関するビジネスモデルを明確化
- ② 200°C以下の中低温排熱を活用する 1kW、10kWクラスの高効率(14%)小型排熱発電技術を開発
- ③ 余剰蒸気を活用し、500kWクラスの大型機と同等効率を実現する50kW発電技術を開発

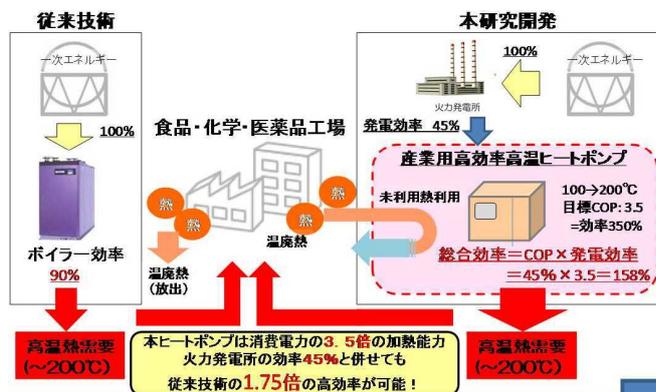
■ これまでの主な成果

- ① 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
- ② 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°C以下)を構築し発電効率10.7%を実証
10kWクラスでは、超音速小型膨脹タービン動静翼の設計試作を完了
- ③ 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

◆研究開発項目毎の成果

ヒートポンプ技術：産業用高効率高温ヒートポンプの開発

出口イメージ



技術課題

ヒートポンプはエネルギー効率が高い加熱技術⇒しかし、150°C以上の高温はヒートポンプ需要に対応し、現行の燃焼式(ボイラ)に対抗できるヒートポンプは開発されていない。

～ヒートポンプの原理を応用し、高温(200°C)を達成し、産業分野の排熱を利用可能なヒートポンプを開発する～

- 課題① 冷媒がない(高温・高圧対応&環境性能良好)
- 課題② 圧縮機がない(高温・高圧対応)
- 課題③ 熱交換器がない(高温・高圧・大温度差対応)
- 課題④ 熱ロスが効率を妨げる(断熱対策)

上記の課題を克服するヒートポンプを開発する必要がある

研究開発内容

高温に適した冷媒選定とシステム設計

高温・高圧対応圧縮機・膨脹機の開発

高温高圧対応の熱交換器の開発

高温の熱ロスを防ぐ断熱技術の開発

■ これまでの主な成果

- ・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°C→160°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しが得られた。

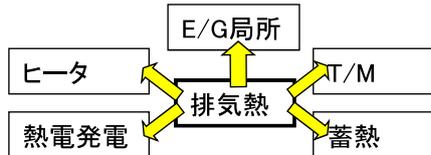
◆研究開発項目毎の成果

熱マネージメント技術：熱マネージメント材料

■ 出口イメージ

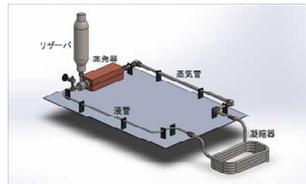


排気熱等の未利用熱エネルギーを回収(蓄熱)、暖機や暖房に活用することで、冬場の燃費を約1割向上



■ 技術課題(ブレークスルーポイント)

- 自動車内の高効率熱輸送に資する要素技術開発
- (1) 動力不要で熱輸送可能なループ式ヒートパイプ (3kWの熱を10m以上輸送可能)
 - (2) 冷媒の高熱伝導率化
 - (3) 熱伝達率の高い沸騰伝熱面



検討したループヒートパイプの構造

■ 技術開発内容

- (1) ループ式ヒートパイプ内の過渡状態特性を予測するための過渡解析モデルの検討。
- (2) 冷媒の熱伝導率向上の検討。
- (3) 沸騰面伝熱面の熱伝達率向上の検討。

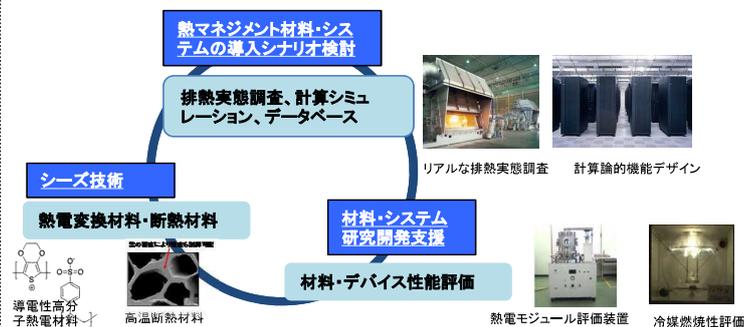
■ これまでの主な成果

- ・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。
- ・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。
- ・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。

◆研究開発項目毎の成果

横断的基盤技術：排熱実態調査、計算シミュレーション、データベース構築、性能評価

■ 出口イメージ



■ 技術課題

- ・排熱の詳細な実態調査による熱マネジメント技術の導入シナリオ検討
- ・プロジェクトの横串的役割として、材料・デバイスの性能評価による各企業の研究開発支援
- ・計算シミュレーション、材料データベース構築による基礎データ整備と技術普及への貢献

■ 代表的な技術開発内容

- ・産業分野の排熱実態調査による排熱利用機器・システムの設計、応用に資するデータの構築
- ・高温ヒートポンプ用冷媒の安全性および環境影響評価
- ・熱関連材料・部素材の各種熱物性情報を収集し組織的に機能するデータベースの構築

■ これまでの主な成果

- ・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
- ・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

3. 研究開発成果 (2) 成果の中間目標の達成可能性

◆ 成果の中間目標の達成可能性

研究開発項目	現状	中間目標 (平成29年度末)	達成 見通し
①「蓄熱技術の研究開発」	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	・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	○
	・25℃、24h過冷却安定性を有する組成を明確化	・-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	◎
②「遮熱技術の研究開発」	・高精度コート技術の開発を行い、目標透過率(70%)と耐久性確認	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	○
③「断熱技術の研究開発」	・220mm×116mm×39mm形状断熱材料試作完了	・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	○
④「熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発」	・Mo酸化物ドーピングによりゼーベック係数増加を確認 ・CNT系材料としては世界最高レベルのパワーファクタ(412μW/m・K ²)実現	・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	○

◎ 大きく上回って(早期に)達成できそう、○予定どおり達成できそう、△ほぼ(若干の遅れで)達成できそう、×達成は困難と予想される

29

3. 研究開発成果 (2) 成果の中間目標の達成可能性

◆ 成果の中間目標の達成可能性

研究開発項目	現状	中間目標 (平成29年度末)	達成 見通し
⑤「排熱発電技術の研究開発」	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10.7%実証	・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	◎
⑥「ヒートポンプ技術の研究開発」	・統合解析シミュレーションにより、ボタンを用いた100℃→160℃加熱でCOP3.79確認 ・原理試作機により温水60℃、冷却水30℃条件で7℃の冷水が得られることを実証	・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	○
⑦「熱マネジメントの研究開発」	・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 ・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	・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	△～○
⑧「熱関連調査・基盤技術の研究開発」	工場等における未利用熱温度や賦存量、購入エネルギー量と排ガス熱量との相関関係等を明確化	・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	○

◎ 大きく上回って(早期に)達成できそう、○予定どおり達成できそう、△ほぼ(若干の遅れで)達成できそう、×達成は困難と予想される

30

◆成果の普及

	平成25 年度	平成26 年度	平成27 年度	合計
論文	3	17	10	30
研究発表・講演	5	80	63	148
受賞実績	-	-	2	2
新聞・雑誌等への掲載	-	1	-	1
展示会への出展	3	5	4	12

※平成27年8月末現在(予定も含む)

◆成果の普及(情報発信・受賞実績の一例)

学会・成果報告会等の一例

研究開発 項目	発表者	会議名(発表者)	タイトル	発表年月
蓄熱	パナソニック (株)	エネルギー技術シンポジウム 2014	蓄熱技術の研究開発	2014/11/25
断熱	美濃窯業(株)	38th International Conference and exposition on Advanced Ceramics and Composites	Fabrication and Properties of Ultra-High- Porous Ceramics for Energy Saving Insulator	2014/1/30
熱電変換	(国研)産総研	つくばビジネスマッチング会	導電性高分子の熱電変換性能とモジュール 化 ~膨大な未利用熱を電力に~(招待講演)	2014/02/17
排熱発電	パナソニック (株)	第24回国際冷凍会議 ICR2015	Studies of Compact Organic Rankine Cycle for Waste Heat Recovery	2015/8/19
熱マネー ジメント	マツダ(株)	国際ナノデバイステクノロジー ワークショップ 2015	Thermal Management of Motor and Inverter	2015/3/3

受賞実績

研究開発 項目	受賞者	受賞名	交付者	発表年月
断熱	美濃窯業(株)	国際交流奨励賞 21世紀 記念個人冠賞 井関孝善賞	公益社団法人日本セラミックス協会	2015/06/05
熱電変換	(国研)産総研	応用物理学論文奨励賞	公益社団法人応用物理学会	2015/09/14

◆ 知的財産権の確保に向けた取り組み

戦略に沿った具体的取り組みの例

- 特許出願可能と判断したものについては、速やかに出願を行うと共に、早期審査を活用して早期登録を狙う。
- 標準になり得る技術は、速やかに特許出願する。
- 一つの発明物を多面的に捉えて多数の出願で特許網を構築する。
- 国内特許出願を先行するが、特に重要な特許は海外出願も行う。

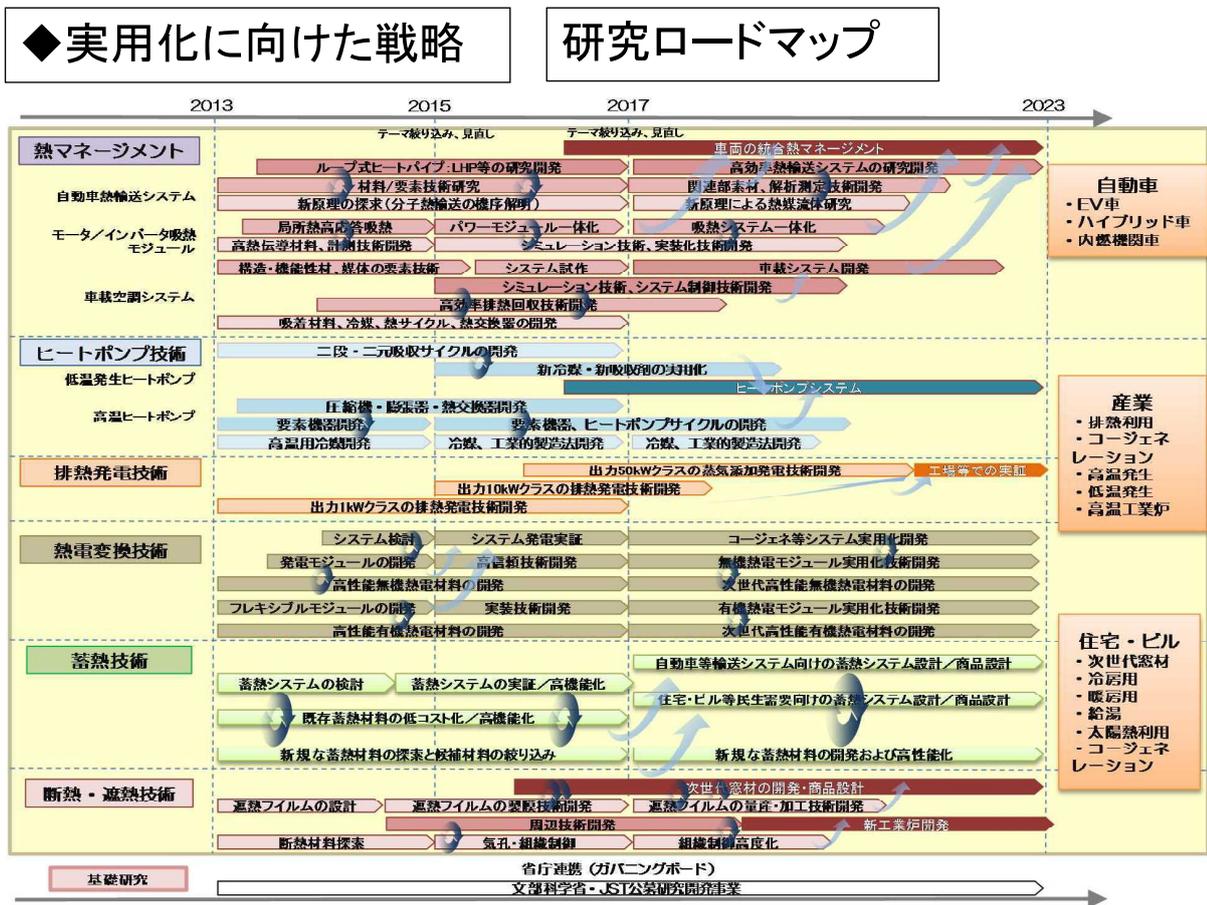
	平成25 年度	平成26 年度	平成27 年度	計
特許出願 (うちPCT出願)	0 (0)	42 (1)	34 (2)	76 (3)件

※平成27年8月末現在(予定も含む)

◆ 本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

本プロジェクトでの「実用化」とは、当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることを言う。

4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略



4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ◆実用化に向けた具体的取り組み**
- ◆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。
 - ◆NEDO省エネルギーフォーラム等の展示会にサンプル展示を行い、ユーザーニーズを把握すると共に、実環境評価の条件等を研究計画に反映する。

◆ 成果の実用化の見通し

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。

◆ 波及効果

現時点では当該分野の研究活性化以外に波及効果は確認していない。

参考資料 1 分科会議事録

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 議事録

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 フォンテータ AB (世界貿易センタービル 38階)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	宝田 恭之	群馬大学 大学院理工学府環境創生部門	教授
分科会長代理	香川 澄	防衛大学校 教務部兼システム工学群機械システム工学科	教授
委員	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	副研究参事
委員	首藤 登志夫	首都大学東京 大学院理工学研究科	教授
委員	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

<推進部署>

島 昌英	NEDO	省エネルギー部	部長
大野 吉治	NEDO	省エネルギー部	統括主幹
楠瀬 暢彦	NEDO	省エネルギー部	主任研究員【PM】
谷 泰範	NEDO	省エネルギー部	主査
近藤 篤	NEDO	省エネルギー部	主査
永井 恒輝	NEDO	省エネルギー部	主査

<実施者>

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【PL】
赤穂 博司	未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合		専務理事
箕浦 忠行	未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合		事務局長
小紫 正樹	未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合		プロジェクト推進 グループ長

<評価事務局等>

石田 勝昭	NEDO	技術戦略研究センター	統括研究員
徳岡 麻比古	NEDO	評価部	部長
渡邊 繁幸	NEDO	評価部	主査

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」 10:30～11:10 (40分)
「研究開発成果」、「成果の実用化に向けた取り組み及び見通し」
- 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

議事内容：

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
開会宣言ののち、配布資料の確認（評価事務局）が行われた。
2. 分科会の設置について
資料2に基づき研究評価委員会分科会の成立が評価事務局より告げられ、委員、実施者、推進者、評価事務局の自己紹介が行われた。最後に、推進者からの挨拶が行われた。
3. 分科会の公開について
評価事務局より資料3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」を非公開とすることが了承された。引き続き資料3に基づき、事務局より分科会出席者の守秘義務についての説明及び非公開資料の取扱いについての説明が実施された。
4. 評価の実施方法について
NEDOの評価の考え方について事務局より資料4-1～4-5をまとめたパワーポイントにより、評価の手順、評価項目・評価基準、評価報告書の構成について説明があり、了承された。
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、成果の実用化に向けた取り組み及び見通し

5. 2. 質疑応答

推進者により資料5に基づき説明が行われ、以下の質疑応答が行われた。

【宝田分科会長】 どうもありがとうございました。それでは、これから20分程度、質疑応答をしたいと思います。如何でしょうか。ただいまのご説明に何かご意見、ご質問等がございましたら、委員の先生方から。

【宮崎委員】 ちょっと興味があったのは、新聞・雑誌などへの掲載というのが1件、平成26年度はあって、これ、具体的にはどんな案件ですか。

【小原研究戦略部長】 ちょっとお待ちください。

【宮崎委員】 ものすごく膨大なプロジェクト数なので、後でまたゆっくり。

【小原研究戦略部長】 そうですね。実は、いろんなところで、私も含めて、解説とかを書かせていただいております。そういったものも含めて、今のところ、研究開発内容を具体的にあまり書けないところもあるのですけれども、プロジェクトの体制であるとか、そういったものの解説は既に書かせていただいているところでございます。

【宮崎委員】 プロジェクトとして既にやったこういうところがオープンになっていく、それが出るというのは、すごく注目を浴びているのだなと思ったものですから。

【小原研究戦略部長】 申しわけありません。

【楠瀬主研】 NEDO側から少し補足させていただきます。先生のご質問の直接の答えにはならないのですが、NEDOとしては、成果のPR、NEDO事業としてのPRはどんどんやっていきたいと思っています。プレスリリース等、今後、成果がある程度まとまった段階では、きちんとやらせていただくような形で、どんどんこの分野への関心を強めていただけるように取り組んでいきたいと考えております。

今、現時点で、具体的に、これを今年度中にというところまでは、まだ詰め切れておりませんが、そういう形でどんどんやっていくことは念頭において、マネジメントしていきたいと思っています。

【宝田分科会長】 そうですよ。是非、その辺をお願いしたいと思います。今後、独自のフォーラムとか、シンポジウムとか、ワークショップを、未利用エネルギーというのでやると、世の中の関心も高まると思いますので、よろしくお願いします。

如何でしょう。そのほか何か、先生方。今回は、個別のテーマではなくて、全体としてなのですが、如何でしょうか。香川先生。

【香川分科会長代理】 プロジェクト全体としましては、かなりまとまって、それで、多方面にわたって研究テーマが分散されていると思います。

こういうプロジェクト、かなり大きいプロジェクト、国家プロジェクトに位置付けられますので、政策的なプロジェクト、統合的に進めていくことが必要かなと思います。

例えば、今日提示がありました6枚目のパワーポイントにありますけれども、東大の堤先生のエネルギーフロー、もともとは平田先生等がよく書かれていた絵なのです。

が。これが現状とすると、例えば、先ほど最後にご提示いただきました、いろいろターゲットがあるのですけれども、目標、今回のプロジェクトでどこまでやると、どういうふうになっていくか。例えば、この図がどういう形になっていくかというところもご提示いただければと思います。

その中から、例えば、重点的にどの分野をやるべきか。先ほどお話がありましたように、交通分野等がやはり未利用熱というところでは大きく割合を占めているところであるというのはわかるのですけれども、では、具体的に、どういうふうに未利用熱を利用していくかというマップが見えてくるのではないかなと思います。そうすると、今ご説明ありましたように、NEDO でも新しいテーマ募集するということで、新規テーマの募集においても、そういう情報が有効利用されてくるのではないかなと思います。

ざっくり計算したのですが、家庭・商業分野と工業分野は大体 6 割ぐらいの熱利用率になっているのに対して、交通分野がやはり 2 割ちょっとしか有効利用できていない。どうしても交通分野というのは、皆さんご存じのように、移動体が多いものですから、こういうところでは非常に難しい、テーマとして取り上げていくのに難しい。だんだん未利用熱を使うことによって、いろんなデメリットも出てくるので、実際に研究テーマとして挙げられた中でも、実用化するには非常に障害になってくる可能性があると思われま。それでも取り組んでいかなければいけない分野でありますので、戦略的に、どこをどうやって、やっていくべきなのか。国のお金を使っています。国民のお金を使っていますので、無駄のないようにプロジェクトを計画していくのが一番大切ではないかなと思いますけど、如何でしょうか。

【小原研究戦略部長】 先生、大変貴重なご意見ありがとうございます。

まず、この堤先生、平田先生のエネルギーフローで、先生ご指摘のとおりで、最後の最終消費のところでは有効利用される率が、たしか半分ぐらいになってしまうと。要は、その最大の問題は、燃料から、例えば、自動車のようなものの今の効率が 20～30%であるために、動力として使える分はガクッと減ってしまうというところが大きな問題で、そこに対するアプローチとして、今回の、特に自動車関連の排熱活用技術というので、ざっくり言って、いろんな試算があるのですけれども、熱電変換に関しては、10%ぐらいできればいいのではないかと考えておりますし、あと、第 1 回のおきにお示しましたように、排熱活用型の空調機、これを使いますと、例えば、夏場の燃費が 3 割ぐらいはもしかすると、実効燃費でございますけれども、改善する可能性があるということになってきますと、それが大量普及すると、ここの最終の排熱の割合というのは、かなり目に見える形で減る可能性があるということです。

ただ、一方で、じゃ、本当に内燃機関——最近、トヨタの発表で、内燃機関の自動車 100%は、2050 年にはゼロにするというようなことをおっしゃっていますが、もちろんエンジンがなくなるというわけではなくて、多分、ハイブリッドとかがほとんどになってくるということだと思っておりますけれども、電動化がこれから進んでいくことなので、一律に燃費向上だけでは計算できないということがございます。そこに関しては、第 1 回でもご説明させていただきました。マツダを中心として、例え

ば、モーターであるとか、あるいは、インバーターの熱マネジメント、ここにも取り組んでいて、とにかくありとあらゆることを総動員でやっていかなければいけないと考えている次第でございます。ご指摘ありがとうございます。

【楠瀬主研】 ご指摘のとおりで、我々としましては、やはり研究資源の有効活用という意味では、より戦略的にやっていかなければいけないと。それに関しましては、今日同席しておりますけれども、NEDO の中でも技術戦略研究センターというのを新たに立ち上げていただきまして、そちらと密接に連携をしながら、長期的な戦略は、やっぱり研究戦略というのは我々だけでは作り切れないので、センターのほうで作って、我々はそれを実行していくという形で効率化を図ると。

特に、長期的には、やはり自動車、移動体というところの効率をもっと大きく変えていかなければいけないということですが、やはり実用化を一朝一夕にその部分でというのは達成できないということも考えて、我々としては、スライドの 7 ページに示させていただきましたが、運輸部門とともに、産業部門についても未利用熱の有効活用を図って、そちらのほうを取っかかりとして、その先に運輸というようなものを据えて、エンドレスというか、つながりのある開発というものも 1 つの姿かなというふうに今考えて、進めたいと考えております。

【宝田分科会長】 どうぞ。

【香川分科会長代理】 希望としましては、先ほど言いましたマッピングを少しでもしていただいて。当然、10年、20年先の技術は、いろんな技術、波及効果がありますので、効率向上ということで、そのところは除いて、このプロジェクトでどういうふうに変わっていくのか。それぞれの各テーマの目標値としては、確かに何%とか幾つというのが出てきているのですけれども、じゃ、これが本当に実用化という面を見て、どれほどに影響が、損失低減というダイレクトに言えますけれども、その効果が表われていくかというのを提示していくのが、1つのよろしい手かなと。

あともう一つ、小原さんのところをお願いがあるのですけれども、産総研、日本の技術、最先端工業技術の集約場所であるところでもあります。データベースの話が少しありました。最先端・最新素材等の開発も行っていくよというところがありましたので、やはり新素材、これからも新しい素材を作って、検討されて、今までの基本概念を変えるようなシステムも導入していくということも検討していくシステムにされるのがよろしいのではないかなと。

というのは、やはり運輸関係は、どうしても既存の——先ほどハイブリッド化、または電気自動車化という話もあったのですけれども、既存の概念ではもう既にクリアできない領域まで達していると思うところがありますので、もし本気で未利用熱の数値を減らしたいということでしたら、次の新たな手を考えられるように、そういうようなデータベースが開発されるとよろしいかなと思っております。

【小原研究戦略部長】 ご指摘ありがとうございます。我々としても、まさにそういった思いで行っております。もちろん、データベース、例えば、今回研究開発を行っている直近の、まさにその材料をすぐに公開するというのは難しいのですけれども、で

きるだけ、これは最終的には公開を、いろんな研究機関で使っていただけるようなデータベースを構築していきたいと思っておりますし、それと、今、計算シミュレーションを併せて、そういった今までにないアプローチで、まさに今まで考えられなかったような機器開発もできればと考えている次第です。是非、そこはしっかり担ってきたいと思っております。どうもありがとうございます。

【楠瀬主研】 1点、さっきの質問というか、ご指摘に関して。今回のプロジェクトの波及効果というか、成果がどれだけ先ほどのエネルギーフローに影響するかということにつきましては、今、そこまで到達できるかわかりませんが、検討しているところでございまして、そこについては、午後の非公開のセッションで、取り組みについて簡単にご紹介をさせていただければと思います。

【宝田分科会長】 ありがとうございます。私もほとんど同じようなことを聞こうと思っていたのですが、もっと簡単に言うと、最初に、年間1兆 kWh という中の、どれだけがターゲットになっているかというのは、やっぱり何らかの形でお示しいただきたいなという気がしました。

そのほか、如何でしょう。どうでしょう。齋川先生、どうぞ。

【齋川委員】 10年という長いプロジェクトで、基礎・基盤からということでやられていて、そういう意味で、共同実施で大学がたくさん入られていますけれども、ちょっとご説明はなかったのですけれども、大学の関わり方ですね。これはいいことだと思うのですけれども、具体例を挙げないと無理なのかもしれないのですけれども、その大学がどういう役割を果たしているのかというところをちょっと教えていただきたいのと、例えば、まだ3年目なので具体的に結果は出ていないかもしれないのですけれども、例えば、大学でこういうのが行われて、そのフィードバックがかかって、ここへ反映されたとか、そういう例があれば、そっちも含めてちょっと教えていただければと思います。

【小原研究戦略部長】 ありがとうございます。今回説明ができなかったのですけれども、大学としては、16の大学（注釈：H27年に1大学加わり、現在17大学となっている）に参加していただいております。かつ、1大学から何名かの先生が参加しているテーマもありますので、そういった意味では、大変多くの先生方にご参加いただいております。

その中で、私の記憶では齋川委員のご質問に全て答えるのは不可能かもしれないですけれども、幾つか例を申し上げますと、例えば、ヒートポンプに関しては、これはもう釈迦に説法かもしれないですけれども、冷媒開発に関して、まさに物性評価といったところで、大学の先生にご協力をいただいているところで、これはもうNEDOのプロジェクトでもずっとやられてきた、その延長線上でもございます。

あるいは、これは共同実施というのは、例えば、企業からの単純な委託だけではなくて、本当にオープンな関係として、先ほどちょっと事例として申し上げました、ループヒートパイプというのは、これは名古屋大学の長野先生の技術でございます。こういった大学のシーズを使った研究開発も同時に進めているところです。

そういったことで、非常に多面的に大学の先生方とは進めておりますし、かつ、今

の体制というのは決してフィックスしているところではなくて、実際、スタート時点からは14大学だったのですけれども、さらに2大学加わっていただいたりとか、あるいは、役割が終わった場合には交代していただくとか、そういうことも含めて、機動的にやっていただいているところです。

最後にもう一つ、これも申し上げるのは僭越でございますけれども、こういったプロジェクトで、やはり大学と一緒にやって、大学にもある程度の資金を投じた研究をお願いするというので、この分野の人材育成にも貢献できるのではないかと。特に熱関連の研究テーマは——今、例えば、JSTのプロジェクトなんかを聞くと、ライフ系とか、そういった非常に華々しいものにはお金はつきやすいのだけどなんていうことを、熱関連の先生方からよくお聞きして、そういった意味で、こういった中長期的なプロジェクトを走らせて、それで大学としっかりタッグを組んでいくというのは、今後の10年、20年の人材育成にとって非常に重要ではないかと、我々としては考えている次第です。ありがとうございます。

【首藤委員】 よろしいですか。この事業の位置付けとか必要性に関してなんですが、もちろん、未利用熱エネルギーの利用は非常に重要で、これに関しては、国民から見ても、重要性に関して異存はないと思うのですが、155億円トータルで使う予定ということで、十分な説明責任を考えると、それは十分意識しなければいけないかと思うんですが。先ほどご説明で、例えば、8番目のスライドで、NEDOが関与する意義としまして、赤字で書かれているハイリスクの課題に取り組むとか、連携の必要とか、公共性とかありまして、連携の必要性、有効性とか公共性というのは十分にわかると思いますし、先ほどのエネルギーフローなんかの改善効果が図で示されれば非常にわかりやすいと思うのですが。

ただ、このハイリスクの課題にという点に関しては、なかなか国民からは見えにくい印象がありまして。材料開発等であれば、企業だけでやるとハイリスクな課題がありそうというのは想像つきやすいのですが、それ以外、多少地味な分野ですと、何がハイリスクなのだろうと。そういうところを国民に十分説明するようなところというのは、どんな感じで意識されているかというのを、念のためお聞きしたい。

【楠瀬主研】 リスクが高いということは、要するに、成功確率が低いということだと思えるのですけれども、これを説明するというのはなかなか難しい。特に技術系以外の方も含めてということだと思えるので、そこについては大変難しい課題だと思っております。

ただし、やはりこれまで、そういう意味では、NEDOの省エネルギー部でも、この分野については、かなりのテーマについていろいろな意味で投資、あるいは、テーマに対してのプロジェクトをやってきたわけで、でも、残念ながら、本当の意味で実用化に至っているというのは少ないということで、やはり成功確率という意味では、我々としては、実態としてかなりリスクの高い分野だということで、それをどう説明していくかというのは、なかなかこれだけやってきて失敗しているのも説明しにくいところですので、やはりこれだけの排熱の量に対して、今使われているのは、今までの技術を積み上げてこのぐらいまでしかいかないのですよと。そこに対して、

先ほどからご指摘あるように、今後の課題でございますけれども、ここを目指すためには、これまでのやり方では駄目なので、そこについては挑戦的にやっていくというようにご説明をしていくのかなと、今は考えております。少し定性的なお話で、大変恐縮ですけれども、今、一応そのような考えでございます。

【宝田分科会長】 よろしいでしょうか。ほかにもございますか。

私のほうから、よろしいですかね。全体的なところなのですけれども、NEDOさんの最初の事業の目的のところも、これは断熱、蓄熱の技術開発を一体的に行うと。今回、これだけ広範囲のものを総合的にやるというところの位置付けというものも必要だと思うのですね。それで、小原さんの説明にも、垂直連携による研究開発というようなことも掲げて、今日のこの成果のところ、ややそれがわかりにくかったかなと。やっぱり、前にお話を聞いたときに、全般というのはなかなか難しいのだと、それはもう十分承知しているのですが、一つ一つの個別のところでも、本当に連携したからここがうまくいったとか、そういうアピールをするというのかなという気がいたしました。

【楠瀬主研】 これにつきましては、当初のプロジェクト立ち上げのときの経緯から、やはり企業中心の技術開発でやるということで、知財の問題もあって、当初は、大きく言いますと、テーマ間に壁を設けてやるということで走り始めた。一方で、今年度からはNEDOのほうに移管されましたので、そういう意味では、初めの助走期間は過ぎて、これからはやはり本格的な研究に入るということで、もともとの目的であります一体的な研究というのを指向して、出口も見据えて最善を尽くすという形に、これからはNEDOとしては、その相乗効果、あるいはシナジー効果とよく言われますけれども、そのような形を目指した開発に少しずつ広げていきたいと考えて、既にもう実施者様とは、そういう形で、どういうことをやればいいのかということを打ち合わせし始めているところでございます。

【小原研究戦略部長】 先生のご質問に補足させていただきます。例えば、具体例としては、先ほど申し上げましたように、ヒートポンプに関して、断熱材の研究開発をやっているチームとの協議を始めていますし、それから、熱電変換に関しても、今、自動車メーカー、あるいは、いわゆる Tier1 と呼ばれているような大メーカーも入っているの、素材メーカーと、そういった、まずは Tier1 クラスのメーカーさんとの協議を始めて、それで順次最終の自動車に試験的に搭載していただくようなことを検討しております、実際に、もう今具体的な動きを、定期的に技術委員会というのを、全分室で集まっていたいただいてディスカッションしているのですけれども、そこで幾つかターゲットを絞って、共同の開発をこれから進めていこうというところで、まさにそこは強化していきたいと思っております。

それから、あともう一つは、これも大変重要なポイントなのですけれども、メーカーさんにとっては、実はご自身もそういった産業排熱を持っているところもありますので、まさにプロダクトも作りながら、ユーザー企業にもなっていただけそうなところもあって、例えば、排熱発電を参加企業のメーカーさんの工場で使ってもらおうとか、そういったことも今検討を行っているところでございます。

【宝田分科会長】 わかりました。最初に、この体制で企業さんのグループ分けができて
いるのですけど、これは募集されたのでしょうか。その経緯がよくわからなかったの
ですが。

【小原研究戦略部長】 これは、2013年に経済産業省が公募をやって、そのときに幾つか
の今あるテーマを出して、それに対する公募を行いました。そこに対して、各企業さ
んが応募されて、採択審査委員会で採択された企業を、それをくくって技術研究組合
を作ったという体制でございます。

【宝田分科会長】 わかりました。あと、もう1点、これはお願いなのですが、先ほどの
成果の公表と申しますか、普及で、大学が一緒だと。一応大学が一緒だと、論文が増
えたりするのですけれども、今、私、大学にいて、先ほど小原先生がおっしゃったと
おり、やっぱりそれで研究資金の支援だとか、それも重要なのですけど、若い人だ
とか、そういう人たちに産業界の本当のニーズがちゃんとわかるような仕組みの共同開
発と申しますか。ですから、論文にしても、できれば連名になるぐらいの関わり方、
大学だけがただ論文を出せばいいというのではなくて、ここと企業さんと連名で出し
ていくような。そうすると、やっぱりそこに関わった人というのは、産業界のことを
非常に理解して、仕事にもある程度影響するのではないかと思いますので、是非そん
なようなご指導もお願いしたいなと思います。

【小原研究戦略部長】 ありがとうございます。そういった意味では、今回のプロジェク
トでは、各分室とも、その分室の企業と大学が、そのテーマに協力していただい
ている大学と共同実施という体制をとっているのですけれども、そのテーマリーダー
は、実は全部企業の方にやっていたいております。

【宝田分科会長】 それはいいですね。

【小原研究戦略部長】 ですから、研究発表の場合には、そのテーマリーダーの承認を
いただいてから、大学の先生——これは大学の先生にとって大変なことかもしれない
のですけれども、そういった流れになっています。もちろん、その大学の先生だけの
発表もあるかと思いますが、しっかり企業と一緒にになって取り組んでいるとい
うことは、そういった仕組みで担保しております。

【宝田分科会長】 わかりました。ありがとうございます。

(公開セッション)

7. まとめ・講評

【宝田分科会長】 それでは、次、議題 7、「まとめ・講評」になります。冒頭お話ししましたとおり、各委員の皆様からご講評いただきたいと思いますが、簡単に1~2分程度で結構でございますので。それでは、宮崎先生からお願いいたします。

【宮崎委員】 今日、いろいろと結果とか成果を拝見して思ったのは、やっぱり最初に説明のあった、ニーズプル型で来ているというようなことが強く出ているのかなと思いました。基礎研究レベルのところもあるのですが、やっぱりニーズプルになっていて、最後は、だから、すごく一点突破型の、何か最終のものとして出ていくのだろうと思っていました。なので、そういうものがよくできるものは早く、やっぱり10年ぐらいかかるものは10年でもしょうがないかなと思うのですが。そういうものが出ていったときに、やっぱり最初に気になったプレスリリース、新聞とか、展示会とか、本当にものとして出れば——10年で出るかどうかわからないですけども、でも、ものとして出れば、それがすごく成果につながって、この基礎としてあるものは、蓄熱とか、断熱とか、非常に幅の広いものなので、そういう一点突破型で成果が出て、周りにいる人間が、その技術があるのならこれにも使えるというふうな広がりを見せていくきっかけになれば、やっぱりこのプロジェクトの成功だと思いますので、それに突き進んでいていただきたい。まだ中間評価ですので、まだまだ先は長い話ですから、是非そういう方向でと思っております。

【首藤委員】 この事業は、出口の目標、目的が非常に明確で、かつ、公共性の高い、非常に重要な事業だと、非常にすばらしい事業だと感じております。

ただ、強いていいますと、ニーズプル型ではありますが、10年間でハイリスクのターゲットに取り組むということで、企業によっては、実用化とか具体的な有用性に関する意識に多少温度差があるのかなという印象を受けました。その観点で、マネジメント計画にありましたように、システム化における課題をユーザー企業と一緒に検討していくというのが、非常に大事な取り組みだと思います。

ただ、そのときに、現時点での常識から見ると、ものにならないように見えても、実は時間をかければ大化けするようなテーマもあるかもしれませんので、その見極めが非常に重要かと思えます。

【齋川委員】 いろいろとプロジェクトのことを勉強させていただいて、目的とか、研究開発の内容とか目標、こういうのを見ていると、進めるべき話だなというふうには思いました。

ただ、それぞれ研究開発目標が掲げられていますけれども、わりと高く、特に熱電で非常に目標が高く、先ほど楠瀬PMのほうからもお話ありましたけれども、新たな取り組み、そういったことも必要かなと思ったので、先ほどのご説明はよかったかなと思います。

ただ、熱電、これまでいろんなところで多分やられていたと思うのですね。そういう意味では、今回、いい機会なので、もう徹底的に、どこまで熱電というのはいくのかというのを、この機会にやっていただきたいなど、それはすごく思いました。

それから、あと、全体的な話ですけれども、経産省から NEDO にこのプロジェクトは移って、先ほど話がありましたけれども、やっぱり省エネ部がやっている強みを是非活かして、ほかのプロジェクトへの橋渡しとか、そういうのをいろいろと考えていただきたいなど。

それから、最後に、ちょっとふざけた話になりますけど、今回、自動車関連が多いということで、例えば、成果の見せ方として、熱マネを完璧にやった車というのはこういうものなのだということで、例えば、TherMAT カーとか、そういうことも、ちょっとお金はかかるかもしれないですけれども、やってみんなに見せるという、日本の技術力を見せるということも必要だと。やったらおもしろいかなと。少しは夢のある話もしておかないと、と思いました。

【香川分科会長代理】 全般的によくマネジメントされている研究開発かなと思います。

1つ、コメントとしましては、日本、従来から弱いとされているのが、システム化だと言われています。この研究開発の中の 1 つの大きな目標としては、熱マネジメントとか、いろいろありまして、システム化も大切なキーワードの 1 つ、要素の 1 つになっています。是非、今回の研究開発プロジェクトで、未利用熱エネルギーの利用という観点で、システム化していくと。システム化も、いろいろなシステム化がありますけれども、どのようなシステムがいいのか。いわゆる欧米型のような、何となくあるターゲットに対してシステム化するのか、それとも、もっと広い目で、こういう未利用熱という非常に難しい、ちょっと曖昧さのあるターゲットに対して適切なシステム化を設けるのか、この辺はもう少し検討していく必要があるかなと思いますけど、是非、難しいところですが、チャレンジしていただきたいなと思います。

【宝田分科会長】 私からも一言ですが、経産省から NEDO に移られたということで、今回、中間評価があったわけなのですが、最初にその経緯を伺ったときに、当初の経産省の予定では、今、中間報告をやる予定ではなかったと思うのですね。でしょう。

【小原研究戦略部長】 そうです。

【宝田分科会長】 だから、やっているメンバーの人たちにとっては、なぜここで中間評価というのがあるのかなと、私は最初にまずそう思いました。というのは、たしか 5 年後の中間評価でスタートしているのですね。ですから、それに合わせた研究開発をされていたのではないかなと。そこで急に、ここの間にポンと入ったので、私は、その面では、気の毒だったかなというふうに思います。その辺も少し NEDO さんに聞いたのですけれども、今の時点で、そのまま 5 年後にもうまくいくかどうかというところを見ていただきたいということだったものですから、そういう観点で見せていただきました。ただ、そういうふうに思っているながらも、見たら、かなり皆さん、進捗状況はよくて、これだったら本当にうまくいくだろう。ただ、技術レベルといいますか、実用化に近いといいますか、そういったところから、そうでもないところまでの幅がかなり広いなというふうにも思いました。そのときに、じゃ、それをどういうふうこれからマネジメントしていくか。それはやはり波及効果が大きいところ、そしてまた、それがどのくらい実用化できるかという観点から、取捨選択、何年後かかもしれませんけれども、していくのかなというように思いました。

あとは、こういった技術、企業さんの努力というのも大変だと思いますし、また、企業さんが絶対ものにするという意欲があったら、結構ものになっていくのではないかなと思いますので、そういったところも、NEDO さんにマネジメントをお願いしたいと思います。

それから、自動車関連、自動車をターゲットにしたというのは、私としては、やっぱり非常にいいことだったと思います。最後のこれからの方向性のところに、コストだとか、いろんな技術的な制約が厳しい自動車関連という、私もそういう認識を持っているのですけれども、そこをターゲットにしていたら、多分、全般的に普及できるのではないかなと思いますので、是非目標を高く、頑張っていたきたいと思います。

【宝田分科会長】 推進部長、あるいは、PL から何か一言ございますでしょうか。

【島部長】 それでは、推進部を代表して、一言ご挨拶を申し上げます。

委員の先生の皆様方におかれましては、本日の長時間のご審議、まことにありがとうございました。心から御礼申し上げます。

今日、私、ずっと聞かせていただいて、どちらかというと、非常に応援のエールをいただいた感じをととても強く受けております。前回の評価を拝見しても、比較的高い点数をいただいておまして、これで慢心することではなくて、香川先生おっしゃったように、NEDO というのは、実用化するための、そのための推進機関ということでありますから、是非成果を出せるように、引き続き、この事業を所管するものとして、しっかり成果を上げるような道筋をつけていきたいと思いますし、今日、委員の皆様方に、この NEDO の未利用熱事業の中間評価の委員をやってよかったと思われるように、成果につなげていきたいと思います。

本当に今日はどうもありがとうございました。

【宝田分科会長】 どうもありがとうございました。

8. 今後の予定、その他

9. 閉会

配布資料

- 資料 1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料 3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と
非公開資料の取り扱いについて
- 資料 4-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料 4-2 評価項目・評価基準
- 資料 4-3 評点法の実施について
- 資料 4-4 評価コメント及び評点票
- 資料 4-5 評価報告書の構成について
- 資料 5 プロジェクトの概要説明資料（公開）
「事業の位置づけ・必要性」、研究開発マネジメント」
「研究開発成果」及び「成果の実用化に向けた取り組み及び見通し」
- 資料 6-1 プロジェクトの詳細説明資料 第1回分科会概要（非公開）
- 資料 6-2 プロジェクトの詳細説明資料 今後の進め方（非公開）
- 資料 7-1 事業原簿（公開）
- 資料 7-2 事業原簿（非公開）
- 資料 8 今後の予定
- 参考資料 1 NEDO技術委員・技術委員会等規程
- 参考資料 2 技術評価実施規程

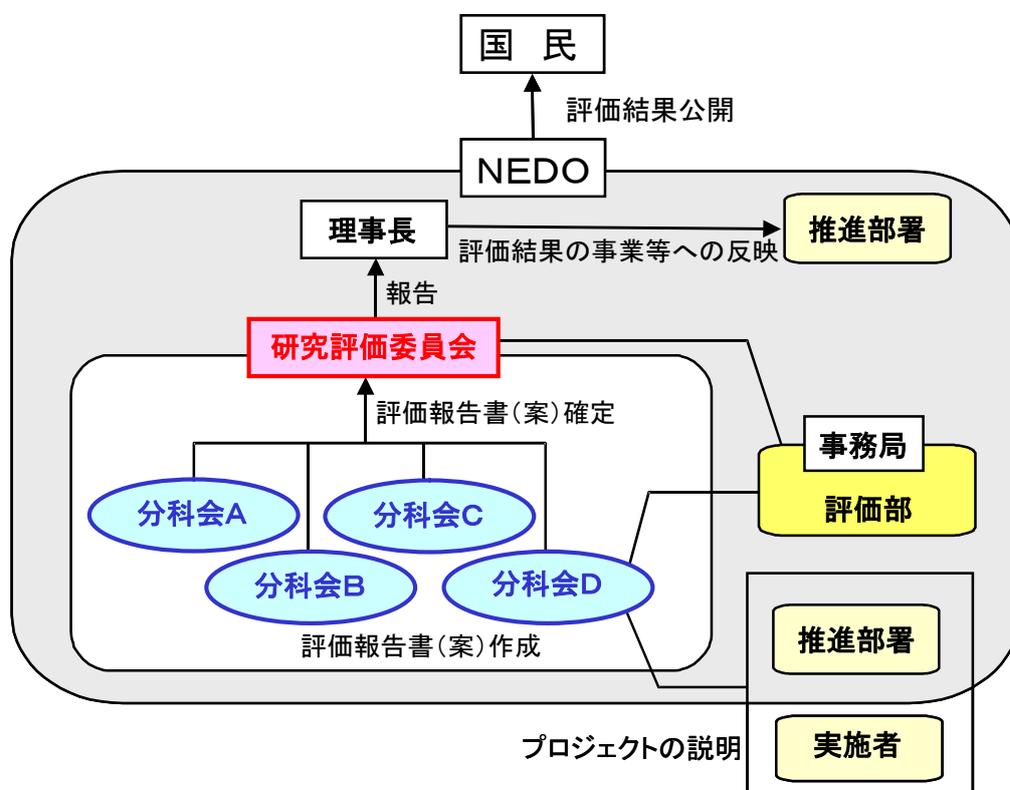
以上

参考資料 2 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて実施する。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における研究評価では、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
 - 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
 - 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する
- としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

なお、本分科会の事務局については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

評価対象プロジェクトについて、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての取り組みや見通し等を評価した。

「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」に係る
評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。

(2) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・ 達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）か。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、企業の取り組みに貢献しているか。

(4) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱い（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発の進捗

- ・ 研究開発は計画に沿って進捗しているか。
- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(2) 成果の中間目標の達成可能性

- ・ 中間目標を達成できる見通しはあるか。
- ・ 中間目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及する取り組みを実用化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。

4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されること。

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 実用化に取り組む者の検討は進んでいるか。
- ・ 実用化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 実用化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・ 想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しはあるか。
- ・ 競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

「プロジェクト」の中間評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

なお、「プロジェクト」が基礎的・基盤的研究開発に該当する場合は、以下のとおりとする。

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けての見通し及び取り組みについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業の目的の妥当性

- ・内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・特定の施策・制度の下で実施する「プロジェクト」の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(2) NEDOの事業としての妥当性

- ・民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費(研究開発項目の配分を含む)か。

- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、企業の取り組みに貢献しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・研究管理法人がある場合、研究管理法人の役割は必要・明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・成果は、中間目標を達成しているか。
- ・中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及する取り組みを実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

- ・知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その計画は順調に進捗しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・実用化・事業化に取り組む者の検討は進んでいるか。
- ・実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しはあるか。
- ・競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

【基礎的・基盤的研究開発の場合のうち、知的基盤・標準整備等を目標としている場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 知的基盤・標準の整備及び活用の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 知的基盤・標準を供給・維持するための体制の検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 整備する知的基盤・標準についての利用の見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

参考資料 3 評価結果の反映について

「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）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。 ・ 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。 ・ 広く一般に向けた研究成果の情報発信が望まれる。 ・ 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱電変換を含め、未利用熱を経済的に活用するための課題（目標レベル）、技術的選択肢と社会的効果（インパクト）を精査する委託調査を H28 年度に実施する。 これを踏まえ目標値見直しや新たな研究開発項目追加を検討して必要あれば H28 年度中に基本計画を見直す。以降も 2 年毎に最終目標の妥当性等を確認する。 ・ 今年度中に主たる大学の研究実施状況、企業との連携状況を確認し、適切な論文投稿等を推奨する。なお、各大学が全委託先企業に対して成果を発表する場を設け、まずは PJ 内での成果の有効活用を図る。 ・ 一般に向けては、学会等で未利用熱技術開発に関するセッションを企画・開催する等して成果発信を行うと共に、省エネフォーラム、プレスリリース等で幅広い層に対して分かり易い情報発信を心掛ける。 ・ 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 H28 年度に本格的に検討する。モデルシステムの検討結果を前記委託調査に提供し、プロジェクトの社会的効果の試算を充実させる。

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<ul style="list-style-type: none">・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。	<ul style="list-style-type: none">・有力と想定されるユーザーへの技術紹介を NEDO が主催して H28 年度に実施し、経済性を含めた課題の明確化を行う。その際には、部材レベルでなく、あくまでシステムとしての提供を志向すると共に、ユーザー側からのプロジェクトへの積極的貢献（ニーズ提供等）を確保するよう努める。

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部

部長 徳岡 麻比古

統括主幹 保坂 尚子

担当 渡邊 繁幸

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162