

「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」基本計画

省エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

我が国のエネルギー供給過程では、一次エネルギーの約6割が有効利用されずに排熱（未利用熱）として排出されている。社会全体のエネルギー効率を向上させて省エネルギーを実現するためには、これら未利用熱を有効活用する技術を開発し社会実装することが重要かつ必須である。低品位な排熱を効率的に回収し、経済的に再利用可能とするには極めて高い技術的ハードルが存在し、広く産官学の英知を集めて開発を行う必要があり、国が主導して取組むことが不可欠である。

②我が国の状況

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は、ニューサンシャイン計画の一環として実施した「広域エネルギー利用ネットワークシステムプロジェクト」での実績があるが、それ以降は各省庁において提案公募型の事業が一部存在するものの、基盤研究から実用化までをすべて網羅し、企業を含むプロジェクト研究体制では実施されていない。

③世界の取組状況

米国エネルギー省（DOE）ではWaste Heat Recovery Systems等、欧州（FP7/Horizon2020）ではNANOtherma、TransFlexTeg、I-ThERM、CREATE等、さらにドイツ連邦教育研究省（BMBF）、中国科学院、韓国（KAIST）等でも、産学官が一体となったプロジェクトを積極的に展開している。

④本事業のねらい

本事業では、未利用熱エネルギーを効果的に、削減（断熱、遮熱、蓄熱）、再利用（ヒートポンプ）、変換利用（熱電変換、排熱発電）するための技術開発と、これらの技術を横断的に取り組む熱マネジメント技術と基盤技術の開発を行い、環境中に排出される膨大な未利用熱を効果的に削減又は回収して再利用・変換利用することで、産業分野、運輸分野、民生分野における更なる省エネ化を目指す。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

本事業で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を確立する。具体的な開発目標は、別紙の研究開発計画のとおりとする。

②アウトカム目標

既存技術の限界及びコスト面での制約から、未利用熱エネルギーの大半、特に中低温領域の排熱は大部分が廃棄されているが、断熱材・蓄熱材・熱電材料等に代表される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、運輸分野、民生分野における社会実装を実現し、更なる省エネ化を進める。

本プロジェクトの研究開発成果の2030年時点における波及効果として、原油換算で600万kL/年程度以上の省エネ¹、1,700万t-CO₂/年程度以上のCO₂削減効果を見込んでいる。

③アウトカム目標達成に向けての取組

熱マネージメント技術の社会実装に向けては、欧米等の競合国も積極的に取り組んでいることから、研究開発のみならず評価方法の標準化や規格化のための調査を同時並行的に実施する。我が国のステークホルダが保有する材料技術、材料評価技術、モジュール製造技術や関連ノウハウを最大限活用できる基準づくりを進める。特に、我が国が優位性を持つ有機材料において早期に評価・規格の標準化を図る。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

【委託事業】

- ①断熱技術の研究開発
- ②遮熱技術の研究開発（2017年度まで）
- ③蓄熱技術の研究開発（2019年度まで）
- ④ヒートポンプ技術の研究開発（2017年度まで）
- ⑤熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発
- ⑥排熱発電技術の研究開発（2019年度まで）
- 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

このほか、個別要素技術の探索・育成に向け先導的に取り組むべき研究開発については、ステージゲート方式を採用した小規模研究開発スキームを活用し実施する。

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官

¹ 2016年度に実施した委託調査「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発の産業分野等への適用促進に関する検討」（みずほ情報総研株式会社）における試算

の複数事業者が互いのノウハウ等を持ち寄り協調して実施する研究開発であり、委託事業として実施する。

【助成事業】

④ヒートポンプ技術の研究開発（2018年度以降）

本研究開発は、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき段階に達したため、助成事業として実施する。（NEDO負担率：2/3、助成）

2. 研究開発の実施方式

（1）研究開発の実施体制

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

プロジェクトマネージャーにNEDO 省エネルギー部 岩坪 哲四郎を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

なお、各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が選定した研究開発責任者（プロジェクトリーダー）国立研究開発法人産業技術総合研究所 理事 エネルギー・環境領域 領域長 小原 春彦氏の下で研究開発を実施する。

（2）研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理・執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な対策を講じるものとする。運営管理に当たっては、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

NEDOは、主としてプロジェクトリーダーを通して研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術委員会を開催して定期的に技術的助言や評価を受けて、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

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。なお、調査

等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

③ステージゲート方式の実施

研究開発を効果的・効率的に推進するため、必要に応じて各研究開発項目を対象にステージゲート方式を適用する。

先導的に取組む小規模研究開発については、原則、毎年度ステージゲート方式により研究継続の可否を決定する。

なお、ステージゲート審査は、外部有識者による審査とする。

3. 研究開発の実施期間

2015年度から2022年度までの8年間とする。

なお、本プロジェクトは、2013年度から2014年度までは経済産業省により実施したが、2015年度からNEDOが実施する。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。評価の時期については、中間評価を2015年度、2017年度、2020年度、事後評価を2023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。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①共通基盤技術の形成に資する成果の普及

得られた研究成果のうち、以下の項目に係る研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

- ・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、及びシナリオ実現に向けた技術・制度課題の抽出
- ・熱関連材料についての多角的な材料情報のデータベースの拡充、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

②標準化施策等との連携

得られた研究開発成果については、標準化等との連携を図ることとし、標準化に向けて開発する評価手法の提案、データの提供等を積極的に行う。

③知的財産権の帰属、管理等取扱い

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方」に基づき、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等により、原則として、全て委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、内外の研究開発動向の変化、社会・経済情勢の変化、政策動向の変化その他の情勢の変化を踏まえ、本プロジェクトの必要性、目的、目標、研究開発の内容、推進体制等について見直しを行い、必要に応じてプロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本プロジェクトは「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」第15条第一号二、第三号及び第九号に基づき実施する。

(4) その他

産業界が実施する関連する研究開発を行う企業等との間で共同研究を行う等、密接な連携を図ることにより、円滑な技術移転を促進する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 2015年3月、制定。
- (2) 2016年3月、プロジェクトマネージャー及びプロジェクトリーダーの氏名等追記。
- (3) 2018年3月、2017年度中間評価結果及びプロジェクトマネージャーの交代に伴う氏名等の変更等を踏まえた変更。
- (4) 2019年2月、プロジェクトマネージャーの交代に伴う氏名等の変更等を踏まえた変更。
- (5) 2020年2月、研究開発項目③「蓄熱技術の研究開発」及び⑥「排熱発電技術の研究開発」における研究開発は2019年度をもって終了とし、2020年度から研究開発項目⑦「熱マネジメントの研究開発」でのシステム化開発に移行することに伴う変更、2020年度中間目標の明記等の変更。
- (6) 2020年5月、プロジェクトマネージャーの変更等に伴う軽微な変更。
- (7) 2021年1月、2020年度中間評価結果等を踏まえた変更。

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目①「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及び、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】

- ・ 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 (2017 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 15MPa 以上、かつ熱伝導率 0.20W/m・K を有する断熱材料の開発 (2020 年度末)

【最終目標】

- ・ 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 (2022 年度末)

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、ますます高まっている。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、遮熱性及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。

なお、2017年度までの研究開発により、革新的遮熱技術の確立にめどが立ち実用化開発に移行するため、2017年度をもって本事業における研究開発は終了とする。

3. 達成目標

【最終目標】

- ・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（2017年度末）

研究開発項目③「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機時間の低減、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。

なお、2018年度までの研究開発により、複合蓄熱体の開発は実用化開発に移行するため、2018年度をもって本事業における研究開発は終了とする。また、2019年度までの研究開発成果を受け、システム化開発に移行するため、2019年度をもって本研究開発項目における研究開発は終了とし、2020年度から研究開発項目⑦「熱マネジメントの研究開発」にて研究開発を実施する。

3. 達成目標

【中間目標】

- ・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（2017年度末）
- ・-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（2017年度末）
- ・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（2017年度末）

【最終目標】

- ・蓄熱密度が 0.55MJ/L 以上であり、熱伝導率 2W/m・K 以上を有する複合蓄熱体の開発 (2018 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 (2019 年度末)
- ・-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 (2019 年度末)

研究開発項目④「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、それを構成するシステムから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、更なるヒートポンプ技術の市場拡大のためには、更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) 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、及び(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。

なお、2018 年度からシステム実証に移行することから助成事業として実施し、ユーザーとのマッチングを図りながら実証を進める。また、2017 年度までの研究開発により、低温排熱で駆動できる高効率冷凍機は、実用化のめどが立ち、順次、製品化に移行するため、2017 年度末をもって本事業における研究開発は終了とする。

3. 達成目標

(1) 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

【中間目標】

- ・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 (2017 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信頼性確立及び 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基本設計の完了 (2020 年度末)

【最終目標】

- ・200℃までの供給温度範囲に対応し、熱源水温度 80℃、加熱器出口温度 180℃条件で COP:3.5 以上を達成するヒートポンプシステムの開発 (2022 年度末)

(2) 低温排熱の下限レベルである 60°C排熱で駆動できる高効率冷凍機の開発

【最終目標】

・75°C以下の熱源で、供給温度-10°Cを実現するヒートポンプシステムの開発(2017年度末)

研究開発項目⑤「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、実用化及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、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ともに、低コスト化や長寿命化に資する技術開発を進め、更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とともにユーザーにおけるデバイス評価を実施する。

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】

- ・性能指数 $ZT=2$ を有する無機材料の開発 (2017年度末)
- ・200°C~600°Cで使用可能な発電効率 12%以上を有するモジュールの開発及び出力 200W を達成する発電ユニットの基本設計完了 (2020年度末)

【最終目標】

- ・パワーファクター (PF) $700 \mu W/m \cdot K^2$ を有する有機材料及び温度差 35°C以下で、出力密度 $20 \mu W/cm^2$ を有するモジュールの開発 (2017年度末)
- ・ $1.5W/cm^2$ の発電モジュール、発電素子の実用化開発 (2020年度末)
- ・受熱温度 200°C~600°Cの条件で使用可能な発電効率²15%以上を有するモジュールの開発及び出力 200W (モジュール出力密度 $2W/cm^2$) を達成する発電ユニットの開発 (2022年度末)
- ・コージェネ中高温向け熱電変換システムの利用効率 5%向上³仕様の確立 (2022年度末)

² 熱電変換モジュールに流入する熱量と得られる電力の比

³ 従来のコージェネシステムの発電量を 5%向上するというもの

研究開発項目⑥「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のには適していないという欠点がある。

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及び装置の開発を行う。

なお、200℃以下の中低温排熱に対応した出力 10kW クラス小型排熱発電装置及び出力 50kW クラス排熱発電装置の研究開発については、システム化のための課題が明確化できたこと、出力 1kW クラス小型排熱発電装置の実用化にむけた研究開発に選択と集中を図る観点から、出力 50kW クラス排熱発電装置は 2015 年度末、出力 10kW クラス小型排熱発電装置は 2017 年度末で終了する。また、2019 年度までの研究開発成果を受け、システム化開発に移行するため、2019 年度をもって本研究開発項目における研究開発は終了とし、2020 年度から研究開発項目⑦「熱マネージメントの研究開発」にて研究開発を実施する。

3. 達成目標

【中間目標】

- ・ 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 (2017 年度末)

【最終目標】

- ・ 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基本要素技術確立 (2015 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膨張タービンの開発 (2017 年度末)
- ・ 開発した出力 1kW クラス小型排熱発電装置の性能実証 (2019 年度末)

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、運輸分野においては、車両における内燃機関熱効率の飛躍的な向上及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、車両のエネルギー効率の向上に

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。更に、産業分野においては、排熱を回収し、それを蒸気・温水として工場の加熱プロセス、空調、給湯、温度差発電等へ利用したり、効率的な熱の融通（蓄熱、熱輸送）を行ったりすることで、高い総合エネルギー効率が達成でき、より一層の省エネルギーが期待される。

2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、高効率熱マネジメントシステムを実現するために、熱の効率的な輸送を行うシステム、局所冷却を可能とする高性能熱電素子、高効率空調運転を実現するヒートポンプ技術、内燃機関やモーター／インバーター等における排熱の削減・有効利用技術の開発を図る高効率な省エネユニット等を開発する。最終的には、未利用エネルギー有効活用技術をトータル的に組み合わせることで、運輸分野及び産業分野等における高効率な熱マネジメントシステムを実現することで、車両又は工場ないし社会全体の効率向上を目指す。

なお、2017年度ないし2018年度までの研究開発により、吸熱デバイスの開発及び高効率ヒートパイプの開発は実用化開発に移行するため、それぞれ2017年度、2018年度をもって本事業における研究開発は終了とする。

3. 達成目標

【中間目標】

- ・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）（2017年度末）
- ・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（2017年度末）
 - (b) 極寒（-20℃）環境下などの実用条件で COP=1.5 以上の作動が可能な暖房ヒートポンプの開発（2017年度末）
- ・内燃機関、モーター／インバーター、空調、熱回収の車両トータル等における高精度熱発生・熱伝達シミュレーション技術の開発（2017年度末）
- ・安全性評価を完了し、過冷却度 2K 以内、120℃以下で、蓄熱密度 0.3MJ/kg（従来材料比 2 倍）の高密度蓄熱材料（低温用）を搭載した蓄熱モジュール及び-20℃～25℃環境下で 24h 以上の保持期間を実現する蓄熱材料を搭載した蓄熱モジュールの開発（2020年度末）
- ・工場等における、開発した出力 1kW クラス小型排熱発電装置を利用した未利用熱削減効果の実証（2020年度末）
- ・電気駆動車等の対流・輻射・伝導の高分解能計測技術の確立（2020年度末）
- ・数 kW 小型ヒートポンプシステムの開発
 - (a) 蒸発性能 1.7kW/19L の性能を有する冷房用ヒートポンプの開発（2020年度末）

(b) 極寒 (-20℃) 環境下などの実用条件で COP=1.5 以上の作動が可能な暖房用ヒートポンプ開発及び実アプリケーションでの実証 (2020 年度末)

【最終目標】

- ・ 吸熱量 5W/cm² を有する吸熱デバイスの開発 (2017 年度末)
- ・ 高効率ヒートパイプの開発 (熱輸送距離 2m、熱輸送量 3000W、蒸発器体格 0.5L、抗重力性、動力源レス) (2018 年度末)
- ・ 数 kW 小型ヒートポンプシステムの開発
 - (a) 蒸発性能 2.0kW/19L の性能を有する冷房用ヒートポンプの開発 (2020 年度末)
 - (b) 極寒 (-20℃) 環境下などの実用条件で COP=1.7 以上の作動が可能な暖房用ヒートポンプ開発及び実アプリケーションでの実証 (2020 年度末)
- ・ 車両トータルの熱移動を計測し、上記省エネシステムを組み合わせ、最適化したトータル熱マネジメント技術の開発 (2022 年度末)
- ・ 産業分野等における高効率な熱マネジメント技術・システムの開発 (2022 年度末)
 - (a) 氷蓄熱と同等の蓄熱密度 (従来材料比 2 倍) で、10℃前後にて冷却・保冷を行う潜熱蓄熱システム及び-20℃~25℃環境下で 24h 以上の保持期間を実現する長期蓄熱システムの確立

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及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】

- ・排熱調査を実施し、研究開発シナリオの検討の完了（2017年度末）
- ・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の明確化（2017年度末）
- ・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（2017年度末）
- ・優れた新規材料、機器開発を加速するための評価技術の構築（2020年度末）
- ・プロジェクト内部の共通基盤ツールとしての新材料探索の基盤情報の提供（2020年度末）

【最終目標】

- ・産業用高温ヒートポンプ向け冷媒候補の開発及び冷媒物性情報の収集（2020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（2022年度末）
- ・優れた新規材料、機器開発を加速するための評価技術の提供（2022年度末）
- ・産業用高温ヒートポンプ向け統合解析シミュレーション技術の構築（2022年度末）

(別紙2) 研究開発スケジュール (年度)

		中間評価	中間評価	中間評価	事後評価				
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
①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			● 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				
②遮熱技術の研究開発		● 可視光線透過率（明るさ）70%以上、日射熱取得率（遮熱）43%以下の遮熱フィルム							
③蓄熱技術の研究開発	高密度蓄熱材料	● 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			● 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				
	長期蓄熱材料	● 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			● -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				
	複合蓄熱体	● 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			● 蓄熱密度が0.55MJ/L以上であり、熱伝導率2W/mK以上を有する複合蓄熱体の開発				
④ヒートポンプ技術の研究開発	高温ヒートポンプ	● 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			● 200℃までの供給温度範囲に対応し、熱源水温度80℃、加熱器出口温度180℃加熱条件でCOP:3.5以上を達成するヒートポンプシステムの開発【助成】				
	高効率冷凍機	● 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							
⑤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=2を有する無機材料の開発 ● パワーファクター（PF）700μW/mk2を有する有機材料及び温度差35℃以下で、出力密度20μW/cm2を有するモジュールの開発			● 受熱温度200℃～600℃の条件で使用可能な発電効率15%以上を有するモジュールの開発及び出力200W（モジュール出力密度2W/cm ² ）を達成する発電ユニットの開発 ● コジエネ中高温向け熱電変換システムの利用率5%向上仕様確立				
⑥排熱発電技術の研究開発	1kW級	● 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			● 工場等にて、開発した出力1kWクラス小型排熱発電装置を利用した未利用熱削減効果の実証				
	10kW級	● 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膨張タービンの開発							
	50kW級	● 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基本要素技術確立							
⑦熱マネージメントの研究開発	高効率ヒートパイプ	● 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） ● 高効率ヒートパイプの開発（熱輸送距離2m、熱輸送量3000W、蒸発器体積0.5L、抗重力性、動力源レス）							
	小型ヒートポンプシステム	● 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 ● 極寒（-20℃）環境下などの実用条件でCOP=1.5以上の作動が可能な暖房ヒートポンプの開発			● 蒸発性能2.0kW/19Lの性能を有する冷房用ヒートポンプの開発 ● 極寒（-20℃）環境下などの実用条件でCOP=1.7以上の作動が可能な暖房用ヒートポンプ開発及び実アプリケーションでの実証				
	吸熱デバイス	● 吸熱量5W/cm2を有する吸熱デバイスの開発							
	熱マネージメント	● 車両トータル熱移動を計測し、上記省エネシステムを組み合わせ、最適化したトータル熱マネージメント技術の開発 ● 産業分野等における高効率な熱マネージメント技術・システムの開発							
⑧熱関連調査・基盤技術の研究開発		● 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等の特性・性能評価技術の開発							

※個別要素技術の探索・育成に向け先導的に取り組むべき研究開発については、ステージゲート方式を採用した小規模研究開発スキームを活用し実施