

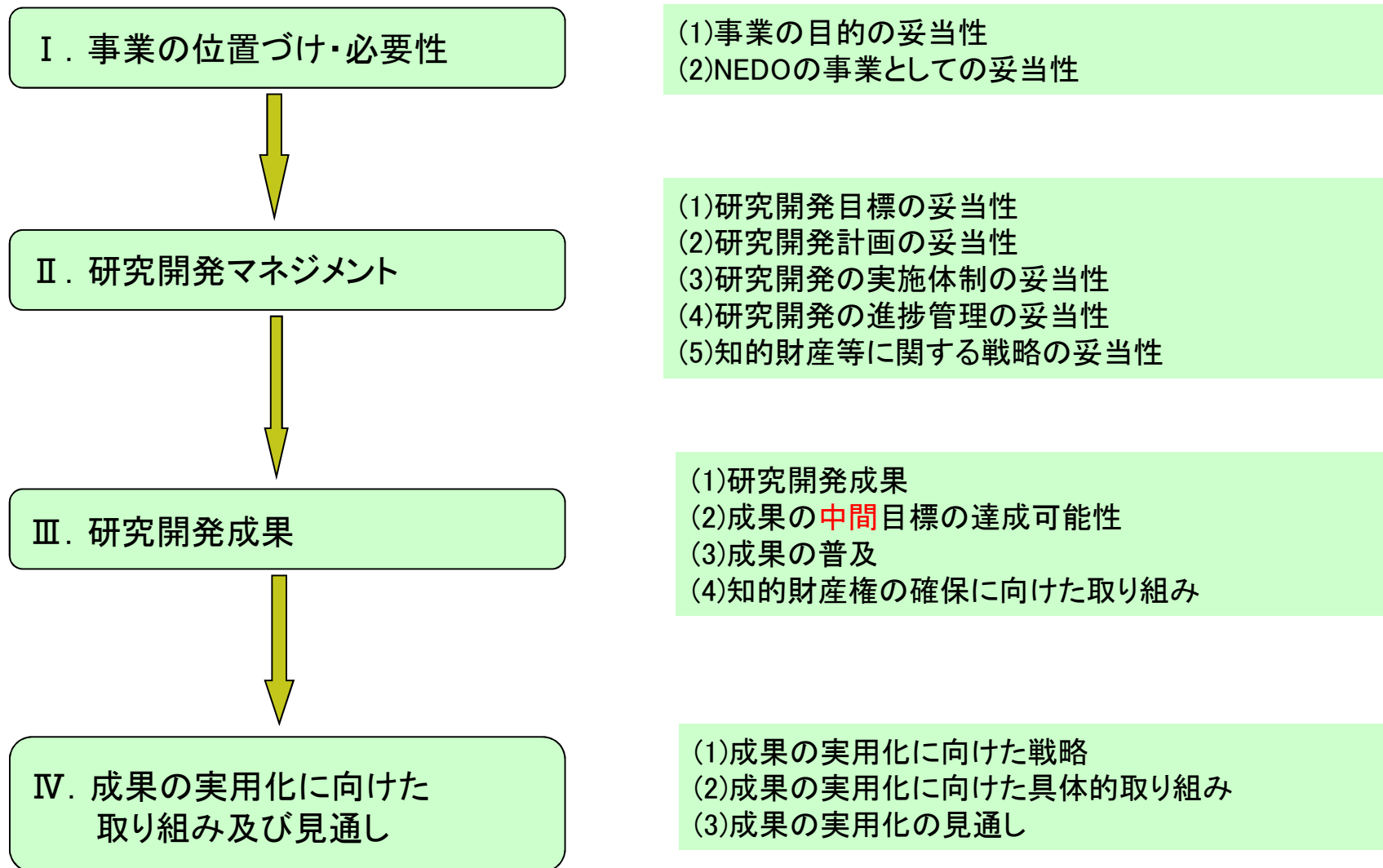
「未利用熱エネルギーの革新的活用 技術研究開発」(中間評価)

(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



◆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。

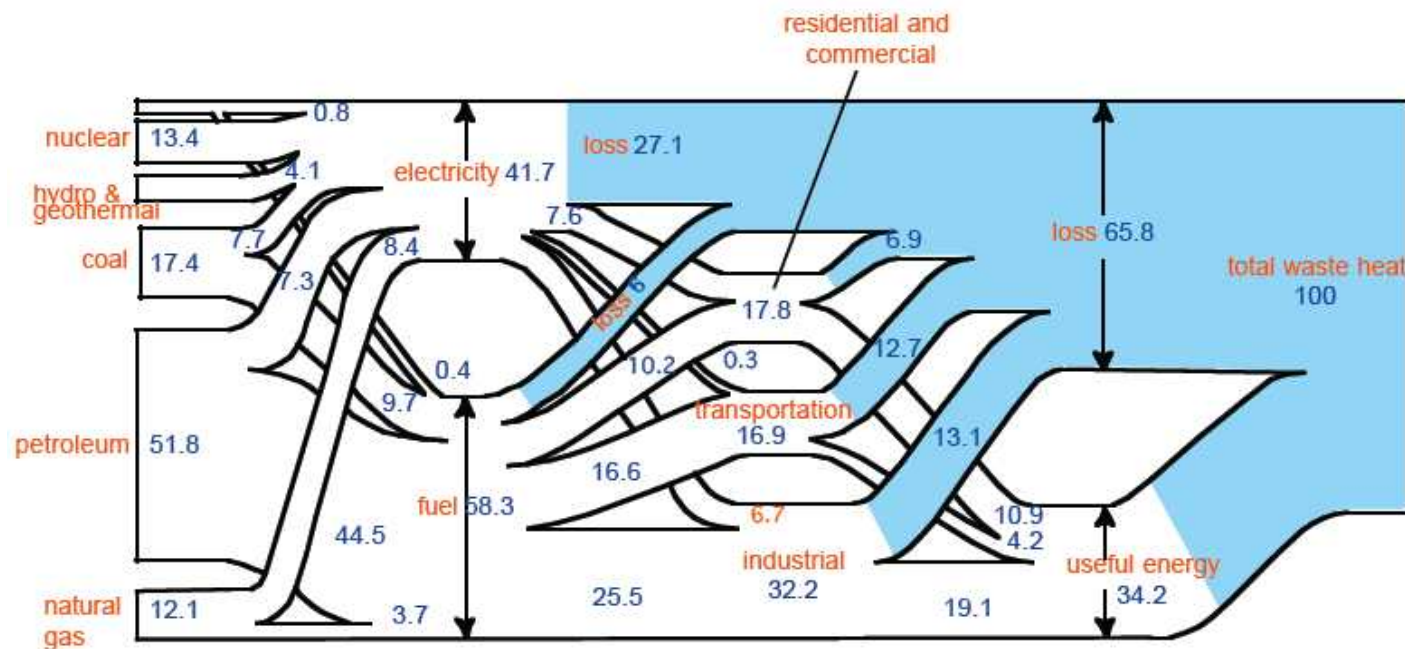
○欧州(FP7) Nanosciences, nanotechnologies, materials & new production technologies (NMP)

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。



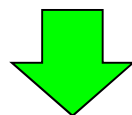
我が国のエネルギーフローと熱損失

出典: 第7回プロワークショップ 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。

◆NEDOが関与する意義

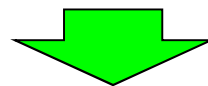
NEDOの第三期中期目標におけるミッション

- 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

◆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、 $1,500^{\circ}\text{C}$ 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 $0.2\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 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 $340\text{KJ}/\text{kg}$, 119°C)に代わる、中低温域($100\text{--}150^{\circ}\text{C}$)で $1\text{MJ}/\text{kg}$ 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

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」	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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」	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・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」	<ul style="list-style-type: none"> ・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/cm²を有する吸熱デバイスの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・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」	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・生産現場のニーズに適合できる具体的提案につなぐ ・今後の開発材料の情報の継続的かつ速やかな収録、プロジェクト共有化に向けた準備完了

2. 研究開発マネジメント (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

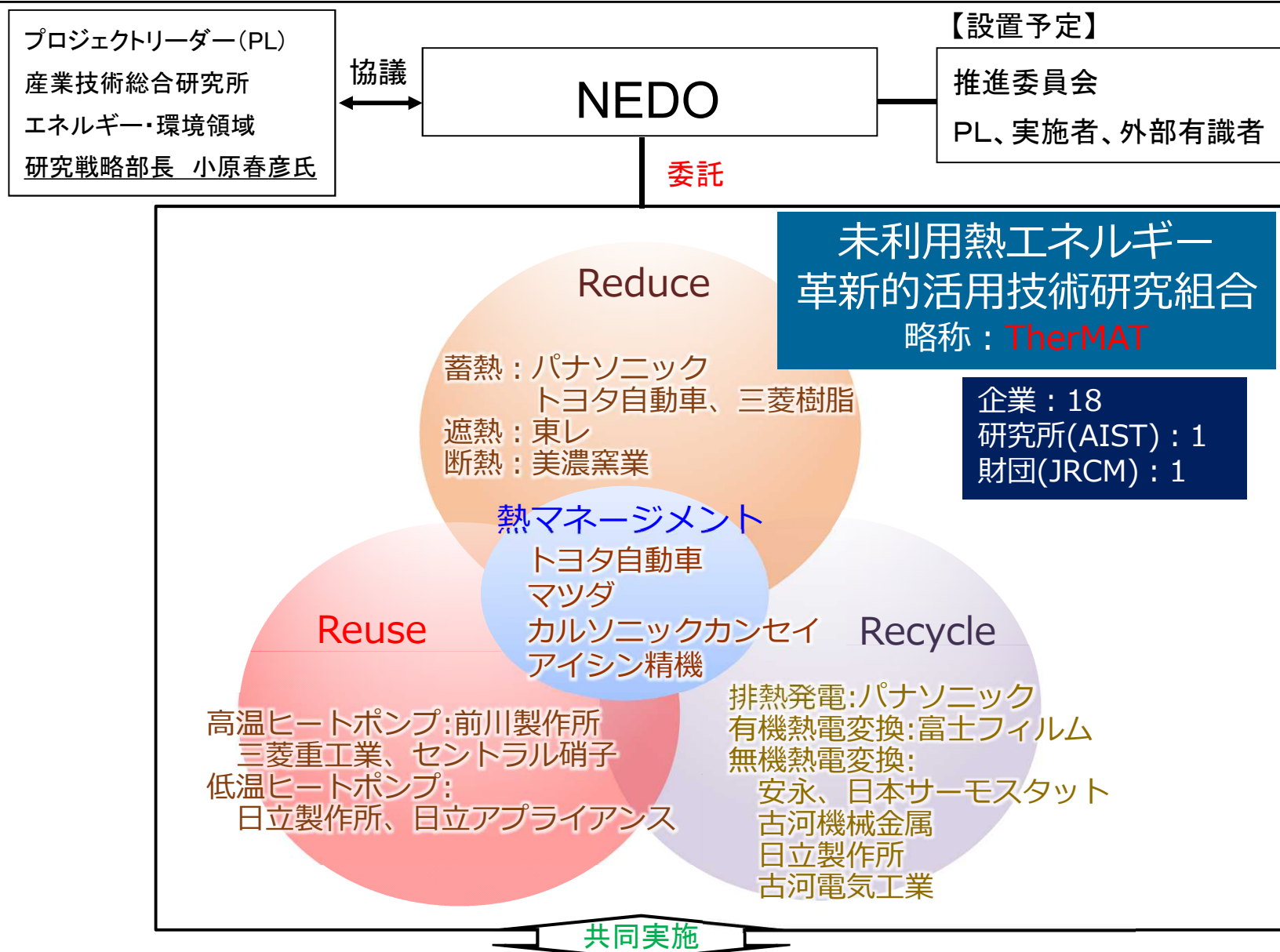
◆年度ごとの予算と実績

(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



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

◆ 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。

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

◆ 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。

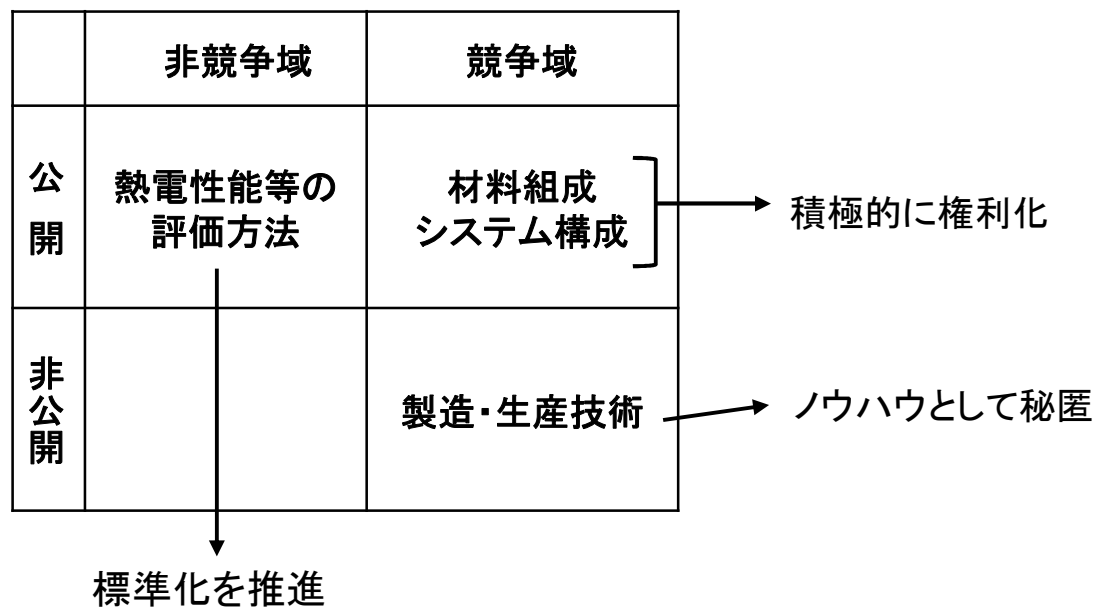
【対応事例】

情勢	対応
<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⇒採択結果公開: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

2. 研究開発マネジメント (5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性

◆ 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

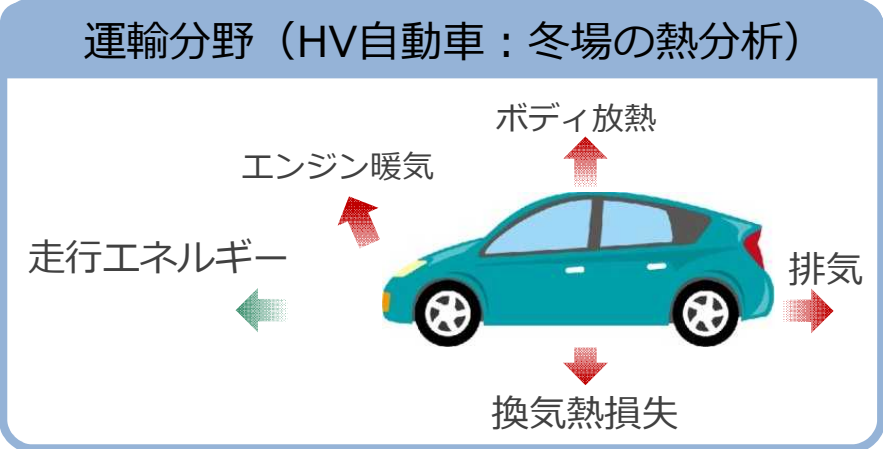
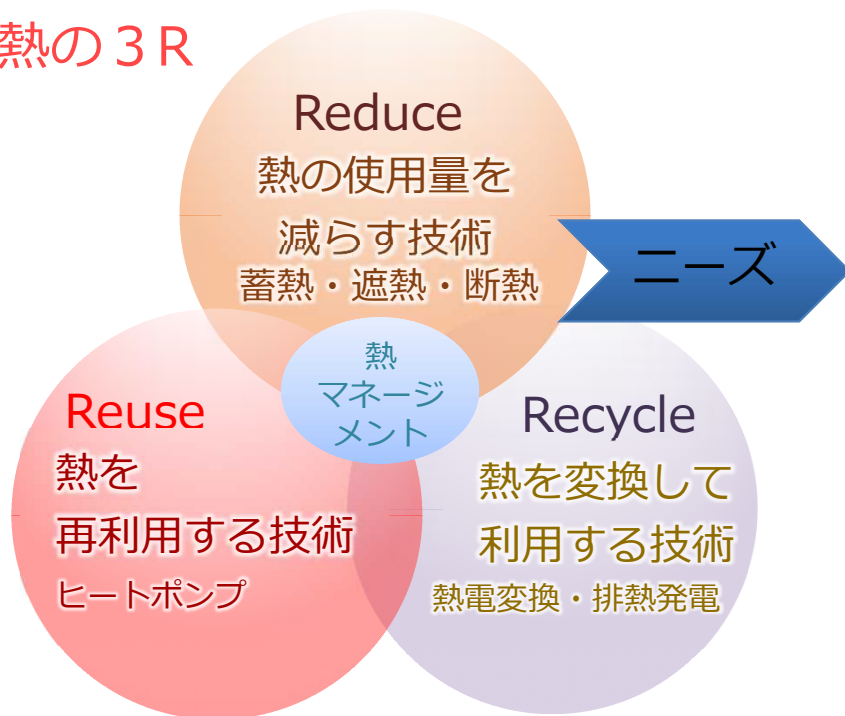
- 知的財産管理指針の策定
 - ・バックグラウンド知的財産権の取扱い
 - ・本事業により得られた知的財産権の帰属
 - ・発明審査委員会における審査等

- 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

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

3. 研究開発成果 (1) 研究開発成果

◆ 研究開発項目毎の成果

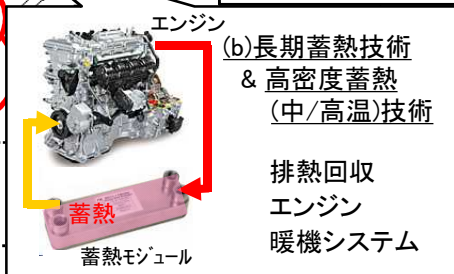
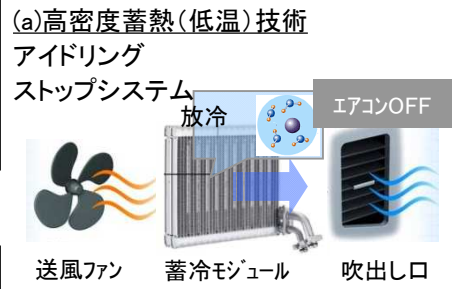
蓄熱技術：蓄熱技術の研究開発

■ 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)アイドリング時に蓄冷冷房
- (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)

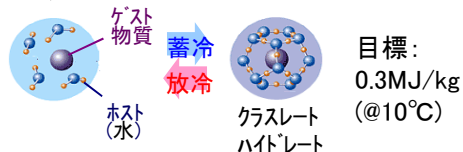
- ・単位重量、体積当りの蓄熱量が高い
『高密度蓄熱材料』の開発(従来材料比2倍)
- ・断熱材なしで長期間蓄熱が保持可能な
『長期蓄熱材料』の開発(24時間過冷却保持)

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

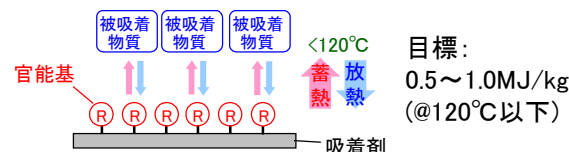
① 高密度蓄熱材料(低温)

クラスレートハイドレートによる高密度化



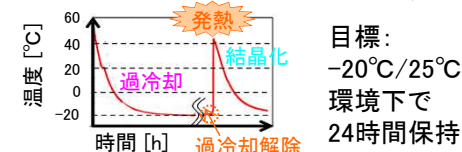
② 高密度蓄熱材料(中/高温)

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($\Delta T=18 \rightarrow 2$ 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°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

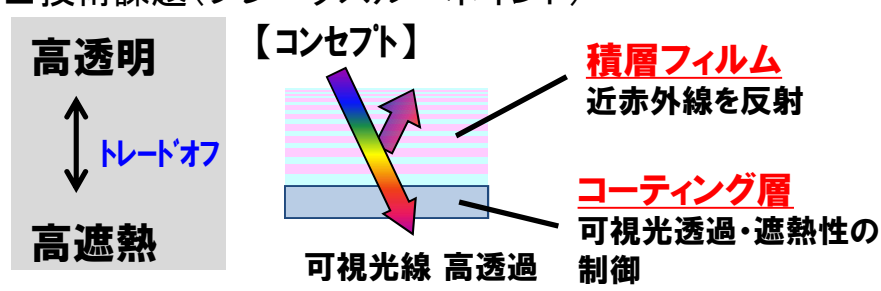
遮熱技術：革新的次世代遮熱フィルムの研究開発

■ 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



- ① 可視光の取り込み
照明電力低減
- ② 遮熱による室内温度低減
冷房負荷低減

■ 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。

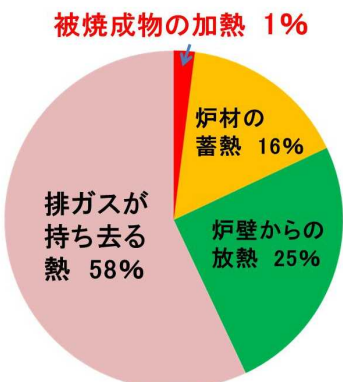


目標...

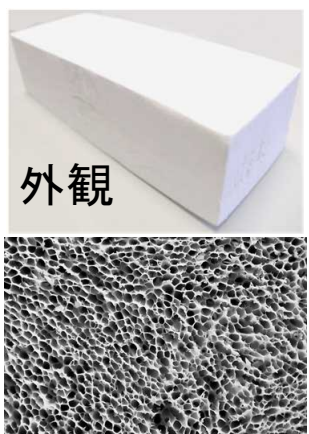
高性能ファイバーレス断熱材料と周辺技術の開発によって産業/工業炉の排熱量を50%以上削減

技術課題(ブレークスルーポイント)

- 1,500℃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



高性能ファイバーレス断熱材料の開発



高効率蓄熱放熱システムの開発(高効率バーナー)



高効率排気熱ガス回収システムの開発(熱交換器)

熱マネジメントシステム



高効率産業/工業炉(イメージ)
(目標：排熱削減率50%以上)

■ 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

3. 研究開発成果 (1) 研究開発成果

◆ 研究開発項目毎の成果

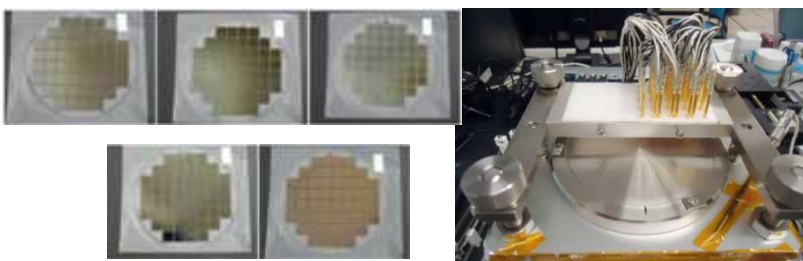
熱電変換技術：高性能熱電材料およびモジュールの開発熱材料

■ 出口イメージ

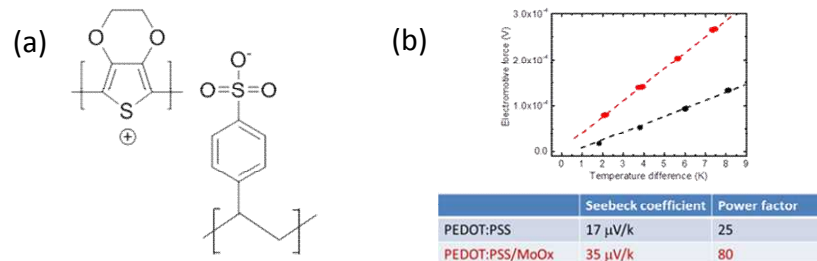


■ 技術課題(ブレークスルーポイント)

- ・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ドープ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

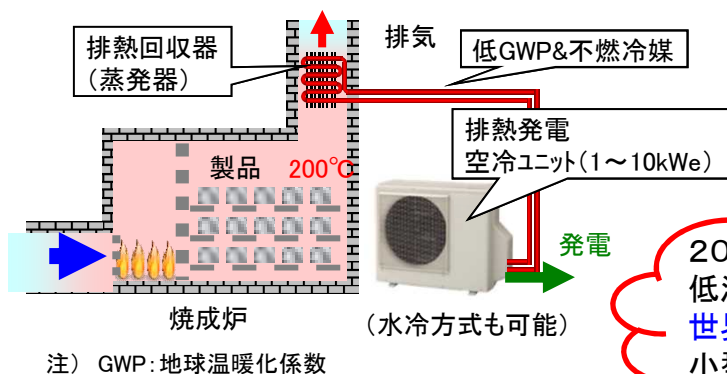
■ これまでの主な成果

- ・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溶融合成に成功
- ・Mo酸化物のドープによりゼーベック係数が増加し、パワーファクタFが従来材料の3倍以上の $80 \mu\text{W}/\text{m}^2\text{K}^2$ 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($413 \mu\text{W}/\text{m}^2\text{K}^2$)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

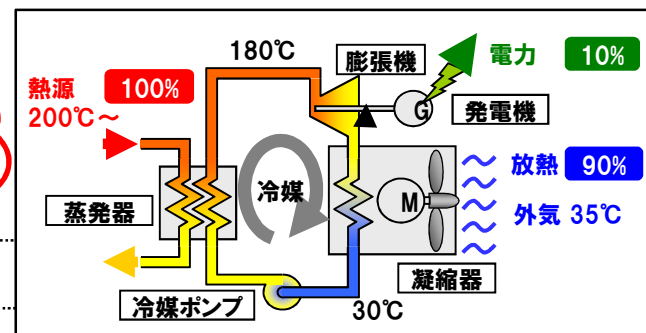
■ 出口イメージ
工業炉の排熱発電システム(例)



■ 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

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

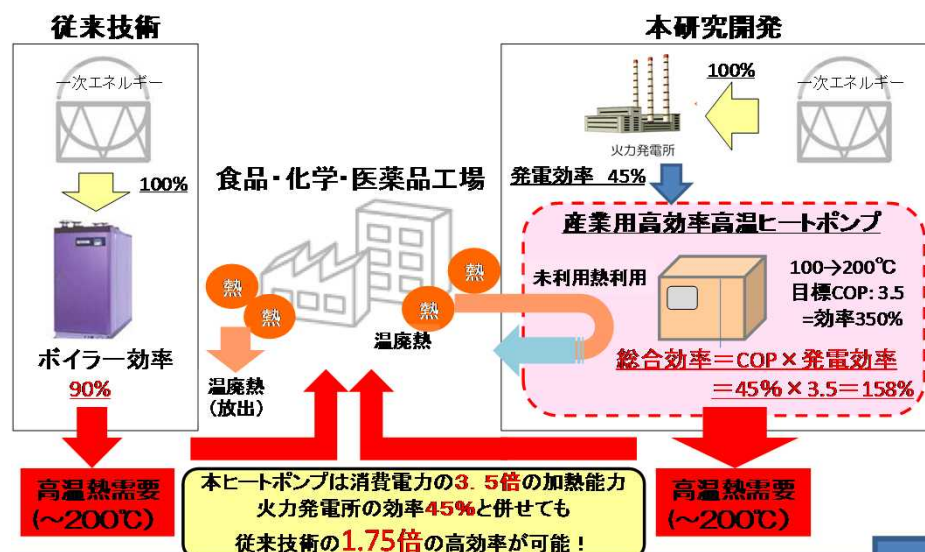
- ① 市場調査とビジネスモデルの明確化: 9業種28事業所の排熱実態調査を行い、適切な機器仕様や導入効果を明確化
実排熱を利用した課題抽出実験先を決定
- ② 高効率小型排熱発電技術開発: 1kWクラスの発電実験システム(中低温熱源200°C以下)を構築し発電効率10.7%を実証
10kWクラスでは、超音速小型膨張タービン動静翼の設計試作を完了
- ③ 余剰蒸気利用排熱発電技術開発: 出力50kWクラスの空力構想設計により翼車仕様を明確化

3. 研究開発成果 (1) 研究開発成果

◆ 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・膨張機の開発

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的设计と製作を行い、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。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発成果

◆ 研究開発項目毎の成果

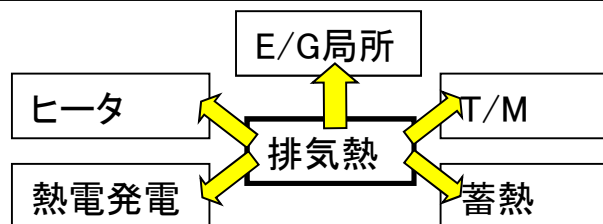
熱マネジメント技術：熱マネジメント材料

■ 出口イメージ



ハイブリッド車のエネルギーフローの一例(冬場)

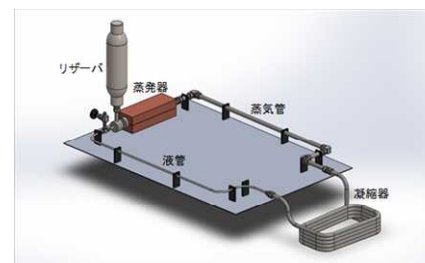
排気熱等の未利用熱エネルギーを回収(蓄熱)、暖機や暖房に活用することで、冬場の燃費を約1割向上



■ 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

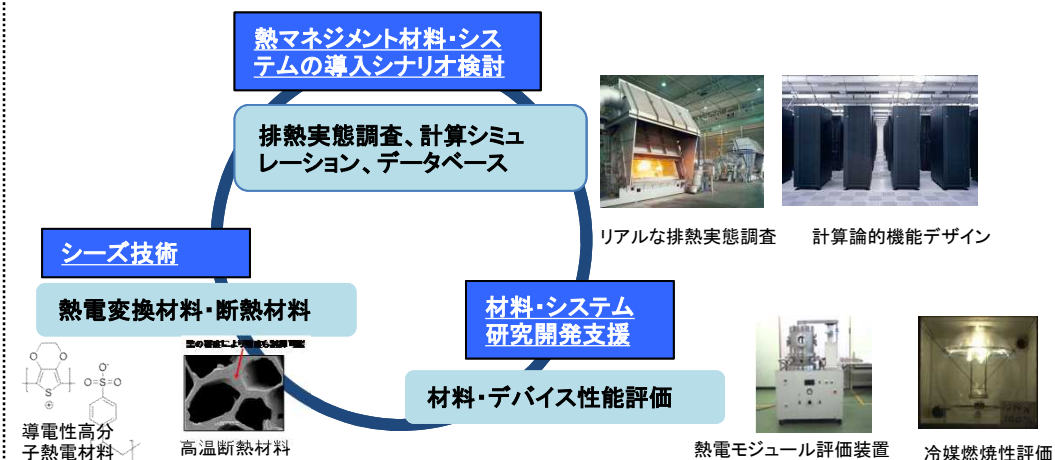
- ・過渡解析モデルを作成し、モデルの妥当性を小型ループ式ヒートパイプで確認。
- ・ナノ流体の添加粒子形状による効果を検討、銀ナノワイヤ(アスペクト比大)により、熱伝導率1.2倍向上を確認。
- ・沸騰評価装置を作製し、沸騰現象の可視化を実現。沸騰表面の撥水パターンによる沸騰熱伝達効率の向上を確認。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発成果

◆ 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°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化学蓄熱材料の開発	○
	・25°C、24h過冷却安定性を有する組成を明確化	・-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	◎
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°C以上で使用可能なファイバーレス断熱材で圧縮強度10MPa以上、かつ熱伝導率0.25W/m・K以下を有する断熱材料の開発	○
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 μW/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

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、 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	○

◎ 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

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆ 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)

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆ 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	応用物理学会論文奨励賞	公益社団法人応用物理学会	2015/09/14

3. 研究開発成果 (4) 知的財産権等の確保に向けた取り組み

◆ 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)

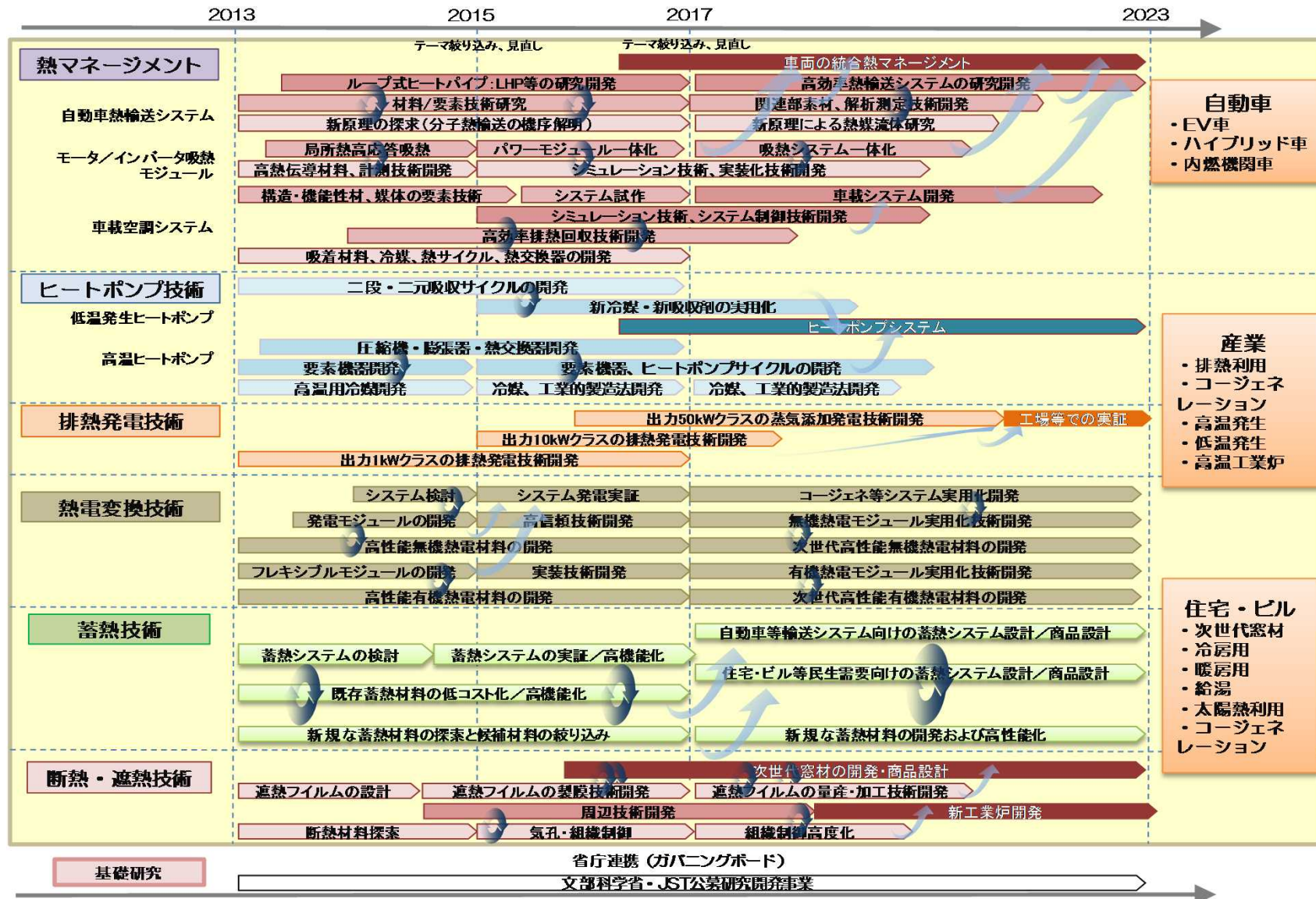
◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

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

◆ 実用化に向けた戦略

研究ロードマップ



◆ 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。