未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発
事前評価報告書

平成２４年６月

産業構造審議会産業技術分科会

評　価　小　委　員　会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発の事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤　泠　東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委　員　名　簿

委員長	平澤　　泠	東京大学　名誉教授
	池村　淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス研究科研究科長・学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科　教授
	大島　まり	東京大学大学院情報学環　教授 東京大学生産技術研究所　教授
	太田　健一郎	横浜国立大学　特任教授
	菊池　純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林　直人	早稲田大学研究戦略センター　教授
	鈴木　　潤	政策研究大学院大学　教授
	中小路　久美代	株式会社ＳＲＡ先端技術研究所　所長
	森　　俊介	東京理科大学理工学部経営工学科　教授
	吉本　陽子	三菱ＵＦＪリサーチ＆コンサルティング株式会社 経済・社会政策部　主席研究員

（委員敬称略、五十音順）

事務局:経済産業省産業技術環境局技術評価室

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発の評価に当たり意見をいただいた外部有識者

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
畠山　実	一般財団法人機械振興協会　技術研究所　産学官連携センター長
梶川　武信	日本熱電学会会長　湘南工科大学名誉教授

（敬称略）

事務局：経済産業省　産業技術環境局　研究開発課

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

産業技術環境局　研究開発課長　福島　洋　（事業担当課長）

産業技術環境局　産業技術政策課　技術評価室長　　岡本　繁樹

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発事前評価
審 議 経 過

〇新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集（平成２４年５月）

〇産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成２４年６月１５日）
・事前評価報告書(案)について

目　次

はじめに
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会　委員名簿
未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発事前評価に当たり意見をいただいた外部有識者
未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発の評価に係る省内関係者
未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発事前評価　審議経過

ページ

第１章　技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要
　１．技術に関する施策の概要　……　１
　２．新規研究開発事業の創設における妥当性等について　……　２
　３．新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等　……　５

第２章　評価コメント　……　６

第３章　評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針　……　１２

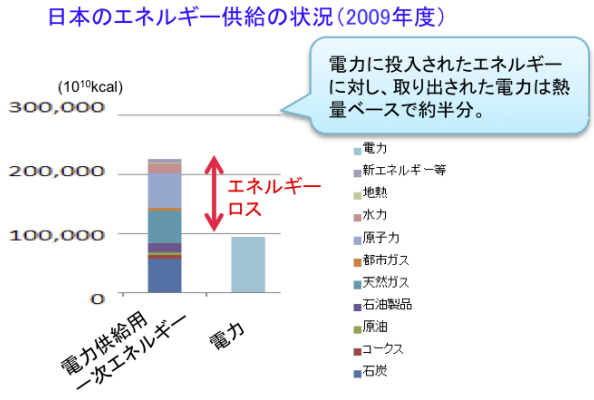
参考資料　未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発の概要（PR資料）

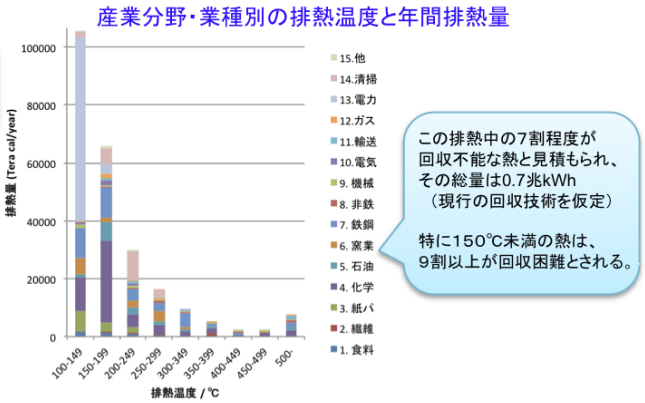
第１章　技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

１．技術に関する施策の概要

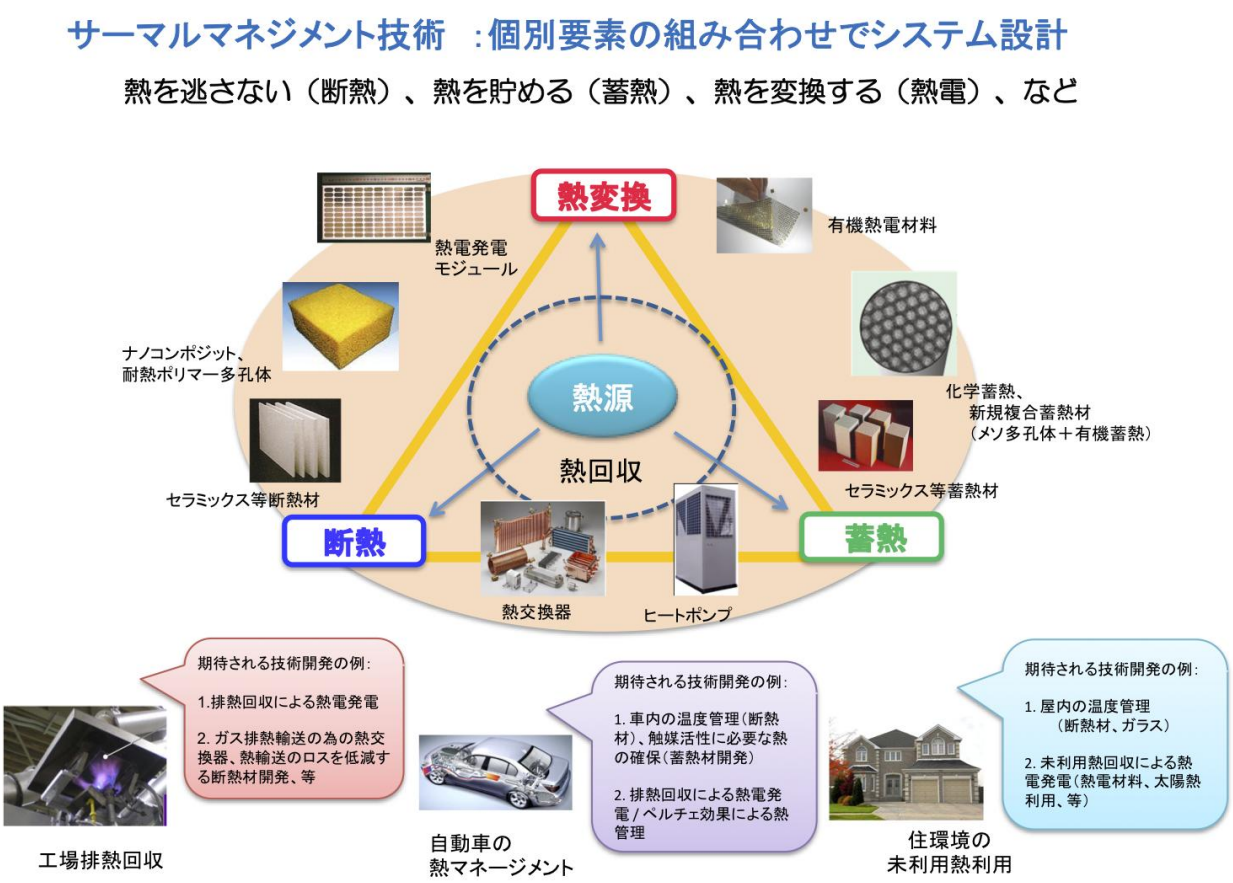
平成２３年３月に策定された「省エネルギー技術戦略２０１１」にあるように、一次エネルギーの大半は有効活用出来ておらず、年間１兆 kWh にものぼる未利用熱エネルギーの大部分が排熱として廃棄されている現状にある。また未利用熱の有効活用に関しては、自動車・住宅等幅広い分野において大きな課題となっている。

本研究開発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となる熱マネージメント技術として、熱を逃さない技術（断熱）、熱を貯める技術（蓄熱）、熱を電気に変換する技術（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と同時に、同技術の適用によって自動車・住宅等の日本の主要産業競争力を強化し、社会全体のエネルギー効率を向上させる、新省エネルギー技術を中核とした新たな産業創成を目指す。





出典：「工場群の排熱実態調査」、財団法人省エネルギーセンター



２．新規研究開発事業の概要及び創設における妥当性について

① 事業の必要性及びアウトカムについて（研究開発の定量的目標、社会的課題への解決や国際競争力強化への対応等）

ｲ) 事業の必要性（どのような社会的課題等があるのか？）

我が国の産業部門における最終エネルギー消費では、年間１兆 kWh にものぼる熱エネルギーが排熱として損失していると推定され、民生部門においても同程度の排熱が見込まれる。これら膨大な熱損失は、大部分が未利用のまま廃棄されているのが現状であり、その一部でも廉価に回収できるならば、その経済的な恩恵は甚大である。それを実現する為の新規技術を開発・国内普及すると同時に、国際標準化し我が国の産業に国際競争力に優れた新たな分野を創出することは、重要な政策的課題である。

ﾛ) アウトカム（目指している社会の姿）の具体的内容とその時期

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がある。既存技術の限界およびコスト面での制約から、これら未利用エネルギーの大半、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、輸送機器、住宅環境等の更なる省エネ化を進める。

ﾊ) アウトカムが実現した場合の経済や競争力、問題解決に与える効果の程度

省エネルギーセンターの調査によると、産業分野における工場排熱は年間１兆 kWh にも及び、現状では大部分が未利用のまま廃棄されている。また運輸分野、民生分野でも膨大な未利用排熱が廃棄されているが、一例として熱電発電をベースとした熱マネー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。またこの時の二酸化炭素削減量は 431 万 t/年と推定される。

ﾆ) アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標（技術的成果等）の具体的内容とその時期

上記目標の達成には、各種熱マネージメント部材単体としての性能向上、そして熱交換器等の周辺部品のコスト低減が必要となる。
・断熱材では、現行のグラスウール（熱伝導率 0.045 W/mK,150℃）を上回る性能（0.02 W/mk, 200℃）で、最低１０年間性能劣化のない柔軟性を持つ素材開発が目標となる。
・蓄熱材では、現行のエリスリトール（蓄熱密度 340KJ/kg, 119℃）にかわる、中低温域（100-150℃）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い、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。

またこれら個別要素を組み合わせてシステム設計を行うにあたり、現状システム価格の半分以上を占めている周辺部材に関しては、モジュール部品化、規格化、共通化等により１／２以下のコスト低減を目指す。

② アウトカムに至るまでの戦略について

ｲ) アウトカムに至るまでの戦略（研究開発のみならず、知財管理の取扱、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定、規制緩和等を含む実用化に向けた取組）

熱マネージメント技術開発および産業実用化については、我が国だけでなく、米国、欧州、中国、韓国等も積極的に実施していることから、評価方法の標準化や規格化のための調査、研究開発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。

ﾛ) 成果のユーザーの段階的イメージ・仮説　（技術開発成果の直接的受け手や社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か）

材料開発は基礎基盤研究に高いポテンシャルを持つ大学・産総研等の公的研究機関が実施し、知財やノウハウを蓄積しつつ技術の開発を進める。平行して、モジュール試作・開発、長寿命化や信頼性強化などの製品化開発は企業内部で実施する。参画企業は、電機関連企業、自動車・自動車部品関連企業、化学関係企業、重工業関連企業などを想定している。

③ 次年度に予算要求する緊急性について

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、産官学が一体となった熱マネージメント実用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、産官学協同体制で排熱発電技術に真剣に取り組んでいる。

我が国でも提案公募的なテーマでは、他省庁を含め一部事業が存在するものの、基盤研究から実用化までをすべて網羅した、企業を絡めてのプロジェクト研究体制は未だ実施されていない。これまでの大型国プロの蓄積や、国内各企業の外国企業に対する技術優位性は依然としてあるものの、大型予算をもつ海外勢が実用化に邁進しているため、将来的には遅れを取る可能性が大きくなっており、早急な研究開発体制の確立が必要である。

④国が実施する必要性について

ｲ) 科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性（我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か、また、他の研究分野等への高い波及効果を含む）

東日本大震災後の電力需要を考慮すると、新たな省エネ技術の必要性は明白であり、未利用熱エネルギーの有効活用技術開発は、国が政策として押し進めるべき重要事業の一つである。

断熱技術・蓄熱技術・熱電技術の共通課題として、提案目標を達成する為には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、大学の材料研究と企業での実用化技術の間の乖離が深刻な問題であり、両面で強みを持っている公的研究機関をドライバーとして用い、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。

ﾛ）未来開拓研究、民間とのデマケの整理等

本提案事業は未来開拓研究枠での実施を想定しており、文科省関連事業との密接な連携を図りながら推進していく。元素戦略PJ（研究拠点形成型）・CREST・ALCA 等、文科省関連事業の成果として新規な材料候補が提案された場合には、基礎研究のシーズと社会的ニーズの需要を見極めつつ、他省庁との密接な連携のもと、将来的な実用化・事業展開を見据えた研究開発を推進していく。

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・産総研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実証研究は、アカデミアでの研究成果を基礎として、各種社会システムへ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。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

<u>経済産業省</u>

NEDO 省エネルギー革新技術開発事業　H23　製鉄プロセスにおける廃熱を利用した熱電発電技術の研究開発
NEDO 助成事業　H23　太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発
→前者は製鉄所からの比較的高温の廃熱による廃熱発電を意図した実証研究、後者は室温近傍での住宅向け断熱材開発を意図した事業である。本提案事業では、これら既存事業での成果活用も見据えつつ、個別の要素技術を統合した上で、これまで十分な検討が成されていない中～低温排熱を中心とした、新たな熱マネージメント技術を提案・実証する事業である。

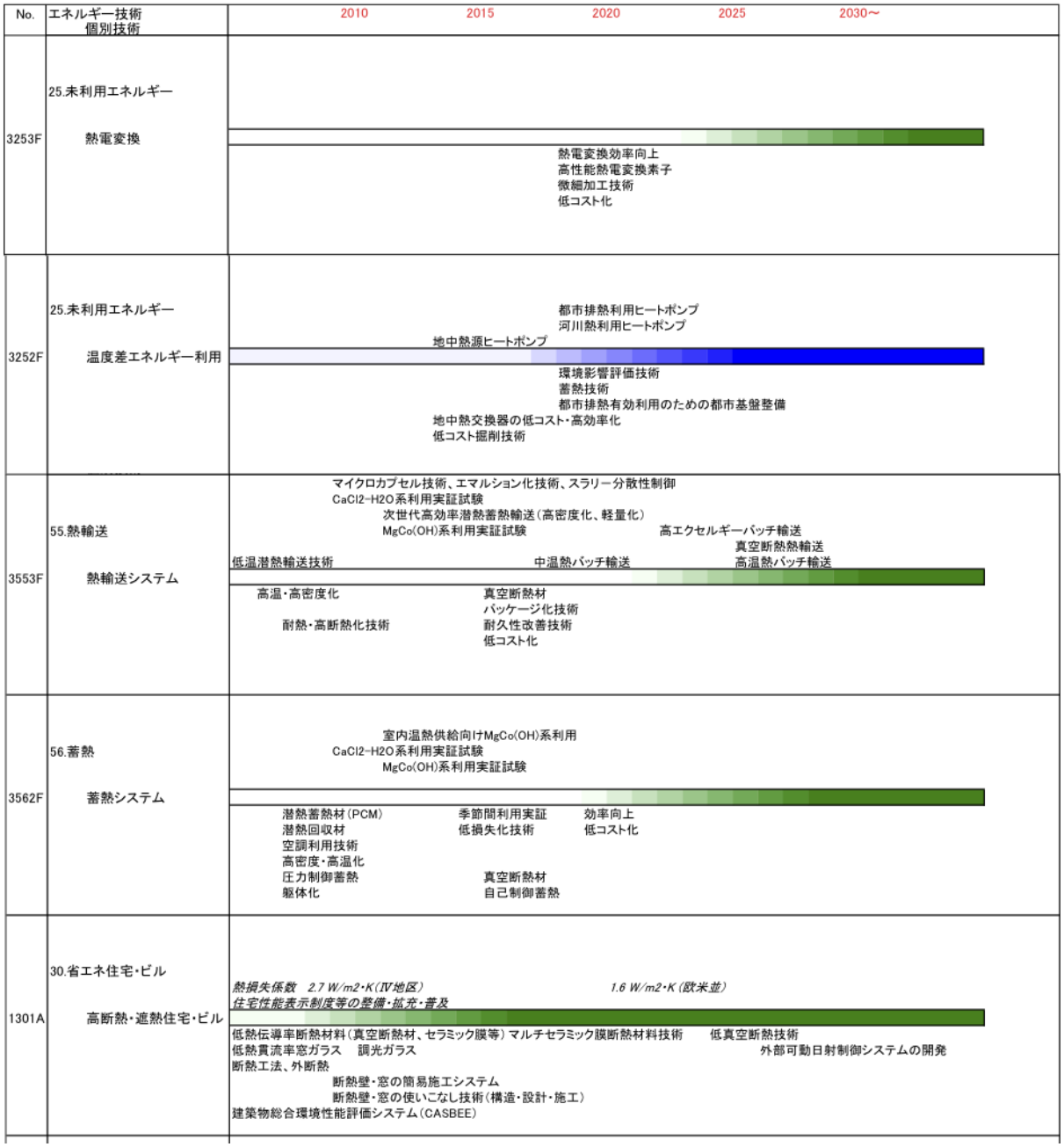
<u>文部科学省</u>

ALCA　H22　有機無機ハイブリッドエアロゲルを基材とする多用途断熱材の開発
　　H23　ナノスケール構造制御による高効率シリコン熱電材料の開発
　　H23　輻射熱反射コーティングによる革新的遮熱技術
CREST　H20　高効率熱電変換材料・システムの開発
　　H24　分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開

→主として大学間連携による、新学術領域の開拓に係る研究開発であり、ここで得られたシーズを実用化・事業展開を見据えるにあたって、経産省事業との連携が重要となる。

３．新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等

技術戦略マップ２００９より抜粋



第２章　評価コメント

新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

① 政策的位置付けの妥当性について

工場排熱等に代表される未利用排熱の有効活用技術は、省エネ技術の一つとして非常に重要である。大規模かつ集中的な排熱回収は既存技術で対応可能であるが、広域に分散した中小規模の排熱回収、そして温度が低く低品位ではあるが、量的には大量に排出される未利用低温排熱の有効活用に当たっては、革新的な技術開発が求められ、国策として重点的に取り組むべき課題の一つである。熱電変換素子は付帯設備が少なく設置スペースも取らない為、分散した熱源を有効活用する手段の一つである。

なお、熱の回収／輸送技術を基盤として、断熱、蓄熱、熱電変換等を一体として行う事は重要であるが、熱マネージメント技術を能動的熱マネージメント（熱電変換、蓄熱）と受動的熱マネージメント（断熱、伝導・放熱）に分けて、それぞれの位置づけを明確にした技術開発を行う事も重要である。熱電材料に関しては環境調和型の安価な材料開発が求められ、断熱材・蓄熱材の開発に対しては、価格性能比を向上させる事が重要である。

○ 肯定的意見

・エクセルギー損失最小化技術に代表される省エネ技術の開発と普及は重要な解決策の一つであるとしており、まさにその通りである。未利用排熱の有効利用技術は、温度が低いすなわち質の低い熱の有効利用となり容易ではないため、その技術体系の確立は必須である。
・熱の回収/輸送技術を基盤として、熱を貯める、逃さない、電気へ変換する技術開発を一体的に行うと具体的にあり、特に電気はエネルギーの質が高いため使いやすく、使いにくい質の低い排熱エネルギーを使いやすい質の高い電気エネルギーに変換する技術を競争力ある技術にすることは重要と考えられる。

・工場排熱等は安定的に得る事が出来、生産活動と密接な関連があるため、需要と供給の親和性が高く比較的豊富に存在する。また、エネルギー生産と消費の距離が近いことからも移送コストを低く抑えることが可能である。
・熱電変換素子は付帯設備が少なく設置スペースも小さくて済むことから、工場内に分散している熱源を有効利用し易いものと考える。
・断熱技術においては、冷蔵庫や住宅用断熱材において、真空断熱材が普及してきており、さらに普及が進むことにより価格性能比が向上し、様々な場所での利用が可能となるものと思われる。

・大規模・集中的な廃熱の対応は既存技術で十分であるが、これからは超分散型中小規模

廃熱利用技術や変動性の廃熱源即応技術が求められる。さらに量的には大量であるが、低質の 200℃以下の廃熱源利用適応技術の確立が急務である。これらの革新技術により、きめ細かい電力回収をすすめ、従来の未利用廃熱を国産エネルギー源として活用していく必要がある。これら 3 つの要素を兼ね備えた技術として、熱電発電技術が最も適している。

・未利用資源を国産化することにより、化石燃料資源消費量の削減につながり、安全保障への貢献および二酸化炭素排出削減につながる環境保全への貢献もできる。また、熱電発電技術の原理や構造は単純にみえるが、技術的にはナノテクなど高度な科学技術を熟成させる必要があり、他国の追従を許さない革新技術として確立できる可能性を持っている。それ故、環境・エネルギー技術として世界に発信し、高度な材料・プロセス革新技術を武器とするグローバルな展開につながり、国内の新産業の創出につながる。まさに、我が国の気質に適した技術であると言えよう。

○問題点・改善すべき点

・同じ工場内においても複数の熱源が分散していることが多く、その温度も異なることが多いため、複数の温度に対応した熱電変換システムを開発する必要がある。
・熱電変換素子の変換効率は現在ではあまり良いとは言えないため、比較的温度が高く発熱量が多い熱源に対しては、効率的な熱サイクル発電の開発なども検討に加えるべきであると思われる。
・熱電素子の材料については、希少金属を含んでいたり、毒性の強いものを含んでいたりすることも多いことから、安全で価格の安い材料の開発が求められる。
・断熱技術については、真空が一つの技術的な限界点となると考えられるが、真空断熱材の開発により断熱性能においては限界点に近づいたといえる。しかし、蓄熱に用いるには耐熱性の向上が必要で、価格についても大幅なコストダウンが必要と考える。

・国際競争の中で標準化において主導権を握るには、並大抵ではないことは枚挙にいとまはないが、まさに長期的知財戦略と国際会議・ワークッショップなど日常の地道な努力と世界的にも評価される革新技術開発力に裏付けられたリーダーシップを一元的に統括して進めていくべきである。残念ながら、熱電の世界ではチャンスを 2 度ほど逃がし、アメリカ・ヨーロッパに出遅れているのが現状である。未だ間に合う程度には流動的であるが、実用化の突破口ができるとあっという間に肝心なところは抑えられてしまう事態に陥らないことを懸念する。

②事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性について

アウトカムに至る具体的な目標は、日本を含む世界的な技術レベルの現状を見ても妥当だと考えられる。熱電材料の性能評価で性能指数を用いているが、これ以外の評価軸で材料を評価する事も必要。

またアウトカムに至る戦略として、産業創成を意図した産官学連携チームを設置し、将来のコアとしての育成を図る事も重要。

○ 肯定的意見

・ アウトプット、アウトカムについては、述べられている通りである。アウトカムに至る具体的な目標についても、現在の日本を含む世界的な技術レベルを見ても妥当と考えられる。標準化については、産総研の熱電開発グループが技術レベルも装置環境も整っていると考えられる。

・本未利用熱利用熱電技術や蓄熱・断熱を含めてのアウトカムが実現した場合には、熱エネルギーを持つ再生可能エネルギー（太陽熱、地熱、温泉熱、廃棄物焼却熱など）への適用による波及効果は市場性、産業規模をふくめて社会的にも非常に大きいと考えられる。純粋物性科学においても、複雑系材料科学分野、ナノテク、低次元化科学での大きな貢献が期待できる。

○ 問題点・改善すべき点

・フレキシブルな材料として有機材料による熱電が掲げられている。ただし有機の熱電材料をして 3 年間で ZT=1.5（室温）はやや高すぎる数値と考えられ、無機材料もしくは基板を有機、材料を無機とする有機-無機ハイブリッドのような材料で ZT=1.5 が現実的な目標と考えられる。有機材料の利点は、原材料がレアメタルに頼らないため、さまざまな国から材料の調達が可能である利点、言葉の通りフレキシブルなので利用しやすい点も考慮しておく必要がある。

・材料性能の改善で、熱電変換効率の向上として熱電性能指数（ＺＴ）の向上を掲げているが、一般にはわかりづらい。また、現状がどの辺りにあるのかも示すべきである。大面積化・フレキシブル化に重要な弾性限界の向上についても、現状に対して 5%や 10%向上した時にどの程度の大面積化が期待できるのかも示すべきである。

・市場コストは、既に 30 円～100 円/W を目標とするなどの声も上がっている。近々、極めて熾烈なコスト低減競争が待っていることは確実である。環境に優しく資源量の豊富な

材料でナノテクの導入により高性能化してきているものもあり、コスト低減化に対して十分な潜在力を有している。熱電発電システムのコストについては、ハイテク部分とローテク部分とを明確に分けることと一体化生産プロセスの採用など、それぞれのコスト低減の長期的戦略を持って臨むべきである。また、需要者は、最近のスマートグリッドやこの１年間の原子力発電所事故により、ｋＷよりもｋWh の重要性を認識し始めている。熱電発電では、稼働率の大きいというメリットがあるから、W 当たりのコストよりも、Wh 当たりのコストを市場コストとして争うべきではないか。

③事業の優先性について

欧米中韓では大規模なプロジェクト研究がスタートしている事を見ても、産官学が一体となった熱マネージメント実用研究を国プロで打ち上げる事は早急に必要である。

ただ、目標達成追跡型の線的な研究開発に陥る事がないように、プロジェクト後の応用展開を見据えて実施する事が重要である。

○ 肯定的意見

・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、産官学が一体となった熱マネージメント実用研究が世界中で展開されている。韓国でも熱電の標準化を具体的に進める動きが見られ、これまで先進的だった蓄積技術が各国に追い抜かれる前に事業を進めるべく緊急性が高い。日本には、幸い研究者が多く、このポテンシャルを今利用すべきである。

・本事業は 10 年先を見据えた事業であるから、東日本大震災への対応や、原発の停止による電力不足問題と比べると緊急性は劣るものの、再生可能エネルギーなど他の代替エネルギー源の決定打が無い現状や新興国のエネルギー消費の増加を考えると、長期的な視野に立ったエネルギー対策も重要な課題と考える。
・海外では既に大型のプロジェクトがスタートしているとのことであるが、熱電変換素子や真空断熱材などは量産によるコスト削減が期待できることから、先行者利益を享受しやすいデバイスである。現状の優位性を活かすためにも、早急に着手すべき課題と考える。

・日本の研究開発は、プロジェクトとなった場合は、目標達成追跡型の線的な研究開発となっているので、成果などその後の展開が深みや広さに欠けるというひ弱さがある。それに対し、欧米や、最近は中国でも、プロジェクト研究は面的な研究開発となっている。DOE は、自動車廃熱利用発電プロジェクトと並行して熱電冷却の HVAC のプロジェクトを並行させると共に、DOE と NSF 共同プロジェクトを制度化し、熱電材料からシステムまで基礎研究を大学・国研・企業の連携チームを９つ、全く同一アイテム(中身は当然それぞれの

オリジナリティを持つ)で並行開発をスタートさせている。それぞれが連携をさらにとっているまさにネットワーク的研究開発で成果を上げている。中国では、階層化されているが、一つの研究機関が全体を統括しある部分では絨毯爆撃的であり、ある場合には、純粋科学から実用化までの流れの中のそれぞれがフィードバックを繰り返しながら、実に綿密な研究を内部でのネットワーク化を図って進めている。我が国としても、それぞれの既存のポテンシャルをお互い活かし合えるような効率的な研究開発を早急に進めていただくことを望みたい。

④国が実施することの必要性について

民間企業の体力低下は著しく、現状では民間企業で長期的な投資を計画する余裕がない。そこで国の長期的な投資の下で、我が国の卓越性・先導性・国内企業の強みを生かしたプロジェクトを国家主導で実施する事は必要である。

○ 肯定的意見

・述べられている具体的な我が国の持つ世界的な卓越性、先導性、受け手である企業の強みは、指摘されている通りである。大学の基礎的研究と企業での実用化技術間の乖離を公的研究機関をドライバーとして用い、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提案は極めて妥当である。
・明記されていないが、現状、基礎研究を積み上げるだけの人的、経済的な余裕が企業に残っているとは考えにくく、公的研究機関を利用するためにも国が実施する必要性があると考えられる。

・長引く不況や、電力不足問題により民間企業の体力は著しく低下しており、円高による海外逃避も進んでいる。現状では民間企業には長期的な投資を計画する余裕は乏しく、国による手助けが必要と考える。また、新たな省エネルギー技術の獲得による国内産業の活性化や、国内産業拠点における省エネルギー化を進めることにより、国内へのつなぎ留めや、回帰も期待できる。

・第 1 世代の Bi-Te 系発電用に関しては、確かに世界一である。性能面ばかりでなく、量産技術も確立し、耐久性・信頼性に対する知見も最先端である。第 2 世代とされる材料系でも工業的量産を前提として且つ高性能な材料の製造プロセスは独走していたが、ようやくアメリカと中国がその入り口に到達した段階である。予断を許さない。熱電ナノテク分野での欧米の大学を中心にした底力は並大抵ではなく、種々のアプローチが提案され実証に向かっている。熱電ナノテクだけでも、十分インパクトのあるプロジェクトが組める革新技術の宝庫とも言えよう。複雑材料系科学やナノ現象の複合化（シナジー効果）や最適化および熱環境下での耐久性技術の確立はエレクトロニクス分野のすそ野を広げる大きなポテンシャルを持っている。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

他の事業は熱電変換デバイス開発に主眼を置いたものが多く、システム全体を見据えた事業はない。海外販売への展開を考えると、デバイスレベルを超えて、システム全体をとらえる事が求められる。

CRESTやALCAの成果を活かしていく方策も、大学を活用する意味で必要ではないか。

○ 肯定的意見

・具体的に挙げられているように、個々の小規模なプロジェクトが進み、研究者や各機関のポテンシャルが上がっており、このタイミングで新規事業を提案するのは妥当である。現在、走っている企業中心の補助事業は、昔の基礎的な開発技術を利用した成果が表れた結果であり、このような取り組みが将来も持続的に続くためにも、現段階での材料開発、基礎研究レベルの底上げが必須である。

・他の事業は熱電変換デバイス開発に主眼を置いたものが多く、システム全体を見据えたものではない。海外販売への展開を考えると、デバイスレベルの開発だけでは難しく、システム全体を扱えることが望ましい。幸い、各要素技術において、我が国は世界に対する優位性を持っており、システム全体を扱う上でも優位性を築ける可能性が高い。

○ 問題点・改善すべき点

・NEDO の現在のテーマとは現有技術を適用場を変えた場合の単純応用であるが、実際の運用場でのスタートアップ、変動対応、緊急時対応など知見を獲得しておく必要がある。CREST、ALCA の成果を活かしていく方策も大学を活用する意味で必要ではないか。

第３章　評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

【未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発】

コメント①　運用体制について 担当ＣＦＯ、ＣＴＯ等を配置して、プロジェクトを遂行すべきである。 コメント②　開発内容について 自動車の廃熱エネルギーの回収については、ターボ等の今までの技術以上のものが得られるか疑問である。また資料にあるような小型車両ではなく、救急車等の電力需要の多い特殊車両をターゲットにすべきである。 コメント③ 未利用の熱エネルギーの活用は古くからの課題だが、アイデアが先行し実用化が追い付いていない。 断熱、蓄熱、熱電変換等の用途ごとにターゲットやアプローチをさらに絞り込み効果的なプログラム設計を行うべきである。材料開発やプロセス開発については、文部科学省のプロジェクトの成果を絞り込み、実際に利用できる技術であるか見極め、真に革新的な技術にのみ取組むようにして欲しい。
対処方針① ご指摘の点を含めて検討し、最大限の研究成果が得られる実施体制を構築して事業を推進していきたい。 対処方針② 自動車をターゲットにした未利用熱エネルギー活用技術に関しては、ニーズとシーズを見極めながら、適切な研究開発ロードマップを作成して事業を推進していきたい。 対処方針③ 適切に市場ニーズを捉える事で開発ターゲットを絞り込み、プロジェクト開始後の到達目標の管理、ステージゲート評価を実施する事で、革新的な技術開発につなげていきたい。文科省プロジェクトの成果の取り込みについても、技術の絞り込みを含め、適切な取り組み方を検討したい。

未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発

産業技術環境局　研究開発課
製造産業局　ファインセラミックス・ナノテクノロジー・材料戦略室

事業の内容

事業の概要・目的

○一次エネルギーの約7割は有効活用出来ておらず、熱として損失しています。例えば産業部門における最終排熱量の見積もりは年間１兆kWh（84万Tcal）にも及び、膨大な量の未利用熱が再利用される事なく廃棄されています。

○本事業では、このような未利用熱を効果的に削減・回収して、必要な時に再利用する為の要素技術と、それらをシステム化した熱マネージメント技術を開発し、産業や運輸部門、さらに将来的には住宅などに応用することで、省エネ･省CO2社会の促進を目指します。

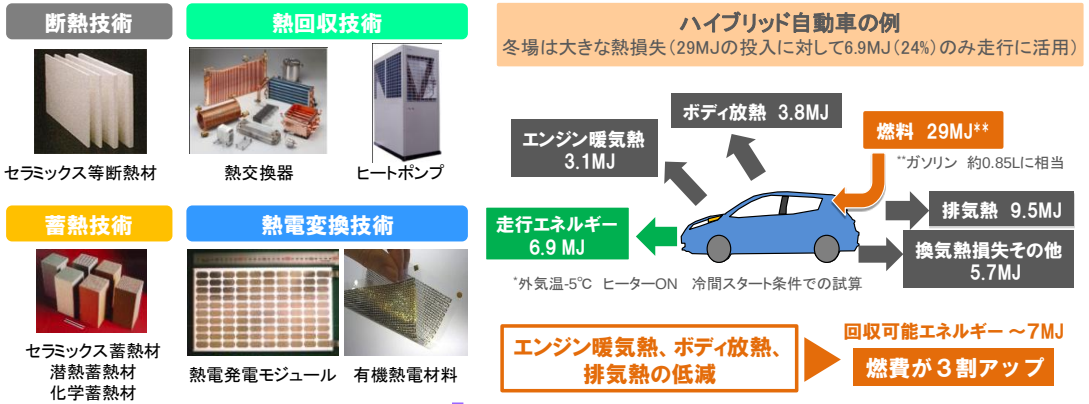
条件（対象者、対象行為、補助率等）

国 → 委託 → 技術研究組合、民間企業等

事業イメージ

○熱を貯める技術と逃さない技術の開発
断熱性能寿命に優れた断熱材や、蓄熱密度の高い蓄熱材を開発します。

○熱を電気に変換する技術の開発
既存の熱電変換材料の高性能化と、新規熱電変換材料の探索および開発を行います。

○温度エネルギーを作り出す技術
大気や排熱を回収し、必要な温度の熱エネルギーに変換する革新的なヒートポンプ技術を開発します。

○熱マネージメント技術の開発
自動車や工場など、用途に合わせて上記要素技術のマッチングを図り、未利用熱を有効活用するシステムを開発します。