

研究評価委員会
「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」(中間評価)分科会
議事録

日 時：2020年10月9日(金) 9:00~17:15

場 所：リモート開催(NEDO川崎2301/2302会議室、ほか)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	廣田 真史	国立大学法人三重大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻 教授
分科会長代理	宮崎 康次	国立大学法人九州工業大学 工学部 機械知能工学科 教授
委員	秋山 俊一	一般財団法人 省エネルギーセンター 理事
委員	岩井 良博	三機工業株式会社 プラント設備事業本部 執行役員/副事業本部長
委員	齋川 路之	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 首席研究員
委員	首藤 登志夫	東京都立大学 都市環境科学研究科 環境応用化学域 教授
委員	湯浅 裕美	九州大学 システム情報科学研究院 教授

<推進部署>

吉岡 恒	NEDO	省エネルギー部	部長
岩坪 哲四郎	NEDO	省エネルギー部	特定分野専門職
小笠原 有香	NEDO	省エネルギー部	主任
小林 正典	NEDO	省エネルギー部	主幹
高橋 伸幸	NEDO	省エネルギー部	主査
太田 年彦	NEDO	省エネルギー部	主査
亀田 治邦	NEDO	省エネルギー部	主査
島田 守	NEDO	省エネルギー部	主査
占部 亘	NEDO	省エネルギー部	主査
永田 重陽	NEDO	省エネルギー部	職員

<実施者>

小原 春彦	国立研究開発法人産業技術総合研究所 理事 エネルギー・環境領域長
宇都 浩三	未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合(TherMAT) 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(TherMAT) 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(TherMAT) プロジェクト推進グループ長
尾関 文仁	美濃窯業株式会社 RE事業部 生産部 亀崎工場 工場長
田中 洋介	美濃窯業株式会社 技術研究所 アシスタントマネージャー

福島 学	国立研究開発法人産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門 セラミック組織制御グループ 主任研究員
山口 泰弘	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 エアコン・コールドチェーン開発センター 開発第四部 部長
鈴木 基啓	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 エアコン・コールドチェーン開発センター 開発第四部 第二課 課長
引地 巧	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 エアコン・コールドチェーン開発センター 開発第四部 第四課 課長
町田 博宣	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 エアコン・コールドチェーン開発センター 開発第四部 第二課 主幹技師
竹口 伸介	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 エアコン・コールドチェーン開発センター 開発第四部 第二課 主任技師
森本 篤史	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 エアコン・コールドチェーン開発センター 開発第四部 第四課 主任技師
松林 成彰	パナソニック株式会社 アプライアンス社 技術本部 エアコン・コールドチェーン開発センター 運営企画部 技術企画課 主幹
坪内 修	アイシン精機株式会社 先進開発部要素開発 G 主任技師
竹村 文男	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域省エネルギー研究部門 研究部門長
末森 浩司	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス・製造領域センシングシステム研究センター 主任研究員
延島 大樹	国立研究開発法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス・製造領域センシングシステム研究センター 研究員
党 超鋌	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授
新濱 誠	マツダ株式会社 技術研究所 次世代エクセルギー研究部門 熱機械エクセルギー研究 研究長 兼 上席研究員
三好 誠治	マツダ株式会社 技術研究所 次世代エクセルギー研究部門 電気化学エクセルギー研究 研究長 兼 上席研究員
宮内 俊二	マツダ株式会社 車両開発本部 装備開発部 兼 技術研究所 次世代エクセルギー研究部門 熱機械エクセルギー研究 上席エンジニア 上席研究員
横田 和也	マツダ株式会社 技術研究所 次世代エクセルギー研究部門 熱機械エクセルギー研究” 主幹研究員
前川 耕太	マツダ株式会社 技術研究所 次世代エクセルギー研究部門 熱機械エクセルギー研究 主幹研究員
種平 貴文	マツダ株式会社 技術研究所 次世代エクセルギー研究部門 熱機械エクセルギー研究 シニアスペシャリスト
小池 祐輔	マツダ株式会社 技術研究所 次世代エクセルギー研究部門 熱機械エクセルギー研究 アシスタントマネージャー

佐藤 和浩	マレリ株式会社 グリーンテクノロジーシステム事業本部 常務執行役員
久永 徹	マレリ株式会社 グリーンテクノロジーシステム事業本部 先行開発部 主管
前多 信之介	マレリ株式会社 グリーンテクノロジーシステム事業本部 先行開発部
西田 良祐	日本エクスラン工業株式会社 デシカント事業開発室 室長
高橋 智三	日本エクスラン工業株式会社 デシカント事業開発室 主幹
西村 修平	日本エクスラン工業株式会社 デシカント事業開発室 課長
石田 豊和	国立研究開発法人産業技術総合研究所 材料・化学領域機能材料コンピューショナルデザイン研究センター 主任研究員
結城 啓之	三菱重工サーマルシステムズ株式会社 大型冷凍機技術部 設計課 主席技師
赤松 佳則	セントラル硝子株式会社 化成品営業部 HF0 営業開発室 室長
佐久 冬彦	セントラル硝子株式会社 化成品営業部 HF0 営業開発室技術サービスグループ グループ長
田村 正則	国立研究開発法人産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター 総括研究主幹
小林 直樹	三菱重工業株式会社 総合研究所 伝熱研究室 主席技師
宮良 明男	佐賀大学 理工学部 理工学科 機械工学部門 教授
町田 明登	株式会社 前川製作所 技術企画本部 執行役員
工藤 瑞生	株式会社 前川製作所 技術企画本部 技術研究所 次長
小林 恵三	株式会社 前川製作所 技術企画本部 技術研究所 係長
瀧上 英紀	株式会社 前川製作所 技術企画本部 技術研究所 係長
豊田 俊介	一般財団法人金属系材料研究開発センター 磁性材料研究部長

<評価事務局>

森嶋 誠治	NEDO 評価部 部長
谷田 和尋	NEDO 評価部 主査
塩入 さやか	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
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
- 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
- 5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し
- 5.3 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
- 6.1 熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発、熱電変換評価技術（基盤技術）の研究開発
- 6.2 断熱技術の研究開発
- 6.3 蓄熱技術・熱マネジメントの研究開発
- 6.4 排熱発電技術・熱マネジメントの研究開発
- 6.5 熱マネジメントの研究開発、熱関連調査・基盤技術の研究開発
- 6.5.1 車両用小型吸収冷凍機の研究開発
- 6.5.2 熱マネジメントの研究開発
- 6.5.3 車両用高効率排熱利用技術の研究開発
- 6.5.4 計算科学およびデータベースの研究開発
- 6.6 ヒートポンプ技術の研究開発、熱関連調査・基盤技術の研究開発
- 6.6.1 機械・化学産業分野の高温熱供給に適したヒートポンプシステム技術開発、冷媒評価技術の研究開発
- 6.6.2 産業用高効率高温ヒートポンプの開発、産業用統合解析シミュレータ・データベースの開発
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認

- ・開会宣言(評価事務局)
- ・配布資料確認(評価事務局)

2. 分科会の設置について

- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき評価事務局より説明。
- ・出席者の紹介(評価事務局、推進部署)

3. 分科会の公開について

評価事務局より印刷資料及びスライドにより事前に説明、委員からの質問にも回答済み。事前説明及び回答を持って実施済みとする。

4. 評価の実施方法について

評価事務局より印刷資料及びスライドにより事前に説明、委員からの質問にも回答済み。事前説明及び回答を持って実施済みとする。

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

推進部署より資料5に基づき説明が行われた。

5.2 研究開発成果、成果の実用化に向けた取組及び見通し

引き続き、推進部署より資料5に基づき説明が行われた。

5.3 質疑応答

推進部署からの5.1および5.2の説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

【廣田分科会長】 委員による質疑の場合であるので、可能であれば画像をオンにしていたできれば助かります。

【宮崎分科会長代理】 ご説明ありがとうございました。私からの質問はありません。

【秋山委員】 ご説明ありがとうございました。コメントと質問をさせていただきたいと思います。今回の資料の中で、前の中間評価を受けて、例えば熱電変換の成果を表す34頁のスライドですが、従来はZTと言う評価を使っていたところ、変換効率にするといったところ。これは実用化に向けた評価ということで、研究を進めていくうえで、非常にいいことだと思います。

一方で、今後実用化に向けて、言葉の定義について、ユーザーが誤解しないように合わせる必要があると思っています。例えば、変換効率と発電効率という二つの言葉が出てくるが、熱電変換の方で両方の言葉が出てきたり、排熱発電の方では、発電効率という言葉が出てきます。私の理解では、変換効率というのは、熱電変換の方に入ってきた熱をいかに電気に変えるかという効率であって、一般的な事業者で使われている発電効率というのは、排熱が100入ってきたら、どれだけ電気になるかということでございます。したがって、これから実用化に向けてユーザー目線で考えた時にこの辺の誤解が生じないようにしていくといいのではないかと思います。

それから質問なのですが、本プロジェクトは、今年度から所管課が省エネ課さんになって、より実用化に向けた体制になったと思うのですが、13頁で、いわゆる2030年度の消費エネルギー50.3百万kL削減に向けて、このプロジェクトの成果を世の中に広めていくことになると思います。ここで、右の棒グラフで、原油換算6.7百万kLに相当するということで、中でもリユースとリサイクルが占める割合が多いと思います。このような点も踏まえつつ、今後、成果の発表がなされる中で、2030年に向けていかに省エネ効果を発揮していくかという視野で発表されるとよろしいのではのかと

思います。公開されている資料の中でも、50.3百万kL削減に対して一番進んでいるのは、LEDの普及や運輸部門での低燃費車であるので、これからがこの技術開発の正念場ではないかと思っています。

【岩坪特定分野専門職】 最初のコメントについては、仰るとおりでございまして、素子での変換効率と、システムでの発電効率というのは分かりやすい形で今後アピールしたいと思う。製品化や社会実用の中で当然必要なことであり注意して進めています。二番目のコメントについては、仰る通り、社会実用に向けて、ニーズ調査やマッチングも頑張っておりますので、今後も同じように製品化・実用化に向けた取り組みを進めさせていただきたいと思います。

【湯浅委員】 既に回答をいただいている件だったので、改めての質問はしなかったのですが、回答いただいた中で、発電変換デバイスの最初の目標値が材料によって違う理由として、実用環境温度を目指すところが違うという趣旨の回答をいただいていた。資料の中でどの材料が何度というのが特定できなかったの、改めて質問したく思っていました。ただし、これは個別テーマの質問でお尋ねの方がいいと思いここでは質問しなかったのですが、もしここでお答え頂けるなら有難いです。

【岩坪特定分野専門職】 環境温度も含めて、やはり狙い目が異なります。クラスレート系については、スタッキングを行ってとにかく効率を上げようとする、温度以外の目標のところ、シリサイド系材料は、そこそこの発電効率でも材料が最も安価であり低コスト化が狙えるというところで、ちょっと狙いが違います。細かい温度等につきましては、個別のテーマの中でご説明をしたいと思います。不足であればご質問をいただければと思います。

【湯浅委員】 はい、個別のところの詳細の質問をさせていただきます。ありがとうございます。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【廣田分科会長】 まとめ・講評です。湯浅委員から始めて、首藤委員、齋川委員と講評を頂き、最後に私という順序で講評をいたします。それでは、湯浅委員お願いします。

【湯浅委員】 承知しました。本日は長い時間、貴重な成果をご報告いただきありがとうございます。今回初めて参加しましたが、未利用熱への熱い研究が計画的・戦略的になされていることを知り、細かな技術への理解を含めて大変勉強になりました。技術者目線としましては、個々の成果がそれぞれの部門で素晴らしく、今後の発展が期待されると感じました。最後のNEDOの省エネルギー部のマネジメント報告を拝見しまして、実に細やかに管理・推進していることがわかりました。

一方で、私だけかもしれないですが、各ゴールまでのタイムラインと現状の立ち位置がきちんと理解仕切れないところがございました。なので、その点を共通的なフォーマットなどで可視化していただくと実現可能性が理解しやすくなるのではと感じました。と言いますのも、多岐にわたる各技術をご報告いただいたのですが、一般的には先

物ほど課題が露見していなかったり、わかっているけども深刻に捉えられていなかったりするのに対して、実用に近い本当に役に立ちそうなものほど、評価が辛くなるのではと思っています。さらに、実用と言っても、一個作ったレベルから、うちにも売ってくれと言ってくれるレベルまで、広いレンジであると思っています。そういう意味で、様々なフェーズの成果が本日報告されたと思うので、お互いそれらを可視化することで、立ち位置を共有化することもタイムラインをすっきりする上で意味があるかと思いました。

何れにしても、本プロジェクトは、長いものと聞いていますが、中間評価としては最後ということで今後はこれまでの成果をバックアップし、産業用に持っていく段階ということでシビアな時期に突入すると思います。ぜひ、今日お聞かせいただいた個々の素晴らしい技術が、産業に結びつき、成果として実ればいいなと思っています。私からは以上です。

【首藤委員】 未利用熱の利用に関しまして、非常に幅広い検討が行われていて、全体的に優れた成果が得られていると思います。そしてこのプロジェクトは、公的な資金によって多額の研究開発費を使用しているわけですので、研究成果を社会に広く還元できるようにするという観点がとても重要かと思っています。そのために、システム化などの実用面での取り組みを今後さらに深めていただければより望ましいかと思いました。その際に、事業化の形態にもよるかとは思いますが、当面の研究開発の実用先以外での企業等でも広く有効な活用があるように、実証試験での条件設定や、その根拠などをより客観的に示すことが望ましいと思われるテーマもあったかと思いました。特に自動車での効果的な応用のためには、多くの熱で利用される必要がありますので、このニーズが高いかと思っています。これは個人的な印象ですが、自動車での早期の普及が特に望まれるテーマとしては、まず既に卒業したテーマではありますが、遮熱フィルムが挙げられるかと思っています。その他、今回ご説明頂いた、湿度交換膜を利用した車室内の空調技術ですとか、蓄熱材料による暖機促進技術などが特に上げられるかと思っています。以上です。

【齋川委員】 私は中間評価は3回目なのですが、昔からずっと見させていただいています。事業の位置づけや必要性というのは何ら変わっておらず、相変わらず重要だなと改めて思いました。中身としてすごく挑戦的なテーマもあって、リスクの高い研究開発もあるので、当然国とかNEDOさんが関与して是非やっていただきたいなと思いました。

最後の方でNEDOさんから、マネジメントに関してご説明がありましたが、研究を始めると、成果が出てきて次をどうしようか考えるのは当たり前のことですが、早いものは実用化になっていますし、あるものに関しては卒業して他のNEDOプロジェクトに行く、共通的な基盤が向いているものに関しては、基盤研究に持っていくという風になっています。さらに、将来的に面白そうだなという話に関しては、小規模な研究開発にしてやっていくという仕組みがあります。いろんな取り組みをして、うまくマネージをして、成果が出ているなと思いました。10年間のプロジェクトで8年目ということですが、実用化に向けて成果が出つつあるというか、そろそろ実用化を考えなければいけない時期にある中、今後の実用化に向けてエンジニアリング、システムとしての検討が大事という話が出たかと思っています。例えば熱電の場合、材料の開発、素子を作って、モジュールを作るとそこまでのいい成果が出てきているわけです。それを今度は使う熱のことも考えて、システム化して、実装していくという取り組みが、他のテーマも含めて必要なんだなと思います。よくよく考えますと、中身的には熱の問題に帰結するのかなという風に思っていて、ここから発想が飛んでしまっていますが、今回のプロジェクトで個々にこういうものを開発しますという位置付けで、技術開発をやってきていますが、ここで成果が出たというだけではなく、熱という視点で横串を指した時に、今後の研究

をやる際にこういう視点も大事であるという、熱の視点で今回のプロジェクトを見直して見て、知見が得られるのではないかと思います。NEDOさんに横串というイメージでまとめていただければ、今後の開発にすごく役に立つのではないかと思います。以上です。

【岩井委員】 長い間お疲れ様でした。日本国内の場合、こう言った低温排熱を上手く使うということが、特に民生の場合には温熱需要が少ないので、なかなか難しいというのがあって、ヨーロッパ等に比べると導入のハードルが高いかなと感じています。そういった中で各テーマの中で、いろいろなCO₂削減効果の試算があるのですが、この辺の根拠を明確にさせていただいて、誰でも納得できるような効果が大事かなという風に思います。いろいろなテーマで低温熱を使うために、工夫して需要先を探しているところ、特に低い温度のものをなんとか使う工夫ということで、ヒートポンプや熱電変換が利用されていると思います。ただ、各テーマ毎で進んでいる立ち位置が大分違うようなので、先ほどの湯浅先生のお話にありましたけれども、最終ゴールを見据えた時に、各テーマがどの辺にいてこれから実用化に向けてどのようなハードルがあるかが明確になると、より評価しやすいと思います。特に実証試験まで至らない研究もありますので、それが社会実装されるまでにどの程度時間が必要なのかというところも必要かなと思いました。

【秋山委員】 本日は様々なテーマでのご発表、ありがとうございました。私は初めて参加させていただいたのですが、業種や分野に横断した、未利用熱の利用の技術が今後実用化になれば非常に効果が大きいところ、NEDOさんがこのプロジェクトに関わっていることの意義を再認識しました。マネジメントに関しては非常にうまくやっているとしました。特にいろんな資料の中でも、エネルギーフロー図というのが出てきたが、これは熱の見える化だと思えますが、電気の見える化は測ることが簡単なこともあってよくあるが、熱の見える化をすることによって、実際の事業者の方も非常に腑に落ちるところが多く、理解が深まるのではないかと思います。

各技術についても、中間目標に向かって成果が出ていることが確認されており、今後はいかに実用化に向けて開発を進めていくかといったことが今後重要になってくると思う。先ほどの岩井先生からのお話にあったように、この成果から、日本の省エネの中でも重要視されているのではないかと思いますので、各プロジェクトでの省エネの効果について、kLにつながるころはきちんと整理をした方がいいと思います。2030年まで50.3百万kLの消費エネルギー削減というのがありますので、そこへの貢献というのは大きいのかなと思っています。

実用化に関しては、事業者によってコストの削減や耐久性の向上など様々な課題があるとは思いますが、コストの削減という点ではいろいろ考えられるとは思いますが、省エネ技術ですので、補助金ですとかございますので、そういうところも視野に入れて投資回収ができるのかななどの検討もすれば、より実用化に繋がるのかなと思いました。以上です。

【宮崎分科会長代理】 今日はありがとうございました。マネジメントの方はすごくしっかりされているなという印象を受けました。研究の方ですが、どの研究にあたって、精力的に取り組まれていて、良い成果が出ているのではないかと思います。その中でコスト等の話が上がっていて、大学にいるとその辺りがなかなかわかりにくいですが、どうしてこのような良い技術が上がってきていて導入が進まないのかというのが、大変残念な気がしています。特にマネジメントの中で卒業していったグループもあり、せっかくいい技術があったにも関わらず、そこまで管理されているか知らないですが、うまく実用化がされればいいなと思います。これは技術がいいだけにプレーヤーだけが

頑張ってもどうしようもない気がしています。税金を投入して開発したものだけに、技術がいいのは確かなのだから、何かうまく実用化につながる助けがあればいいなあと考えて拝見していました。

【廣田分科会長】 本日は長時間にわたって、活発な意見をいただきありがとうございました。ほとんど私が申し上げたかったことを皆様に言っていただいたのですが、個々のテーマに関しては、目標値をクリアされて、非常に良い研究成果が上がっているなどと思って拝聴していました。

これからの実用化に向けて気になったのは、チャンピオンデータとしては非常に良いデータが出ているのですが、実際にフィールドに出た時、システムを組んだ時にどのくらいの数値・性能が出るのかなというのがこれからは大事になってくるのかなと思います。そういう意味で、シミュレーションであらかじめ予想できるのは効果が高いと思いました。導入の際にコスト高で普及していかないこともあるかもしれませんが、秋山先生のご指摘にもあった通り、助成金のような仕組みも含めて、市場に広がるような仕組みが必要だろうなと思っています。マネジメントに関しては、要所要所的にマネジメントをされていて、進めていく上で効果があったのだと思います。以上です。

【吉岡部長】 本当に、御礼しかないので、本日は丸一日かけて10点以上のプレゼンを川崎、また全国各地からご対応いただきまして、貴重なご意見をいただきまして誠にありがとうございました。この未利用熱は、巨大なポテンシャルを持つ資源でして、まさに未来の省エネのフロンティアだと思っています。我々はまさにそれをプロジェクトで開拓していくところです。

残り2年となり、実用化に向けてシビアな時期に入るわけですが、いろいろとご指摘がありましたように、広く社会に還元すること、実用化の視点、社会実装・市場に広げていくこと、熱の視点で横串を刺していくこと、誰もが期待する成果の可視化というところを意識しながら、残り2年しっかりマネジメントしてまいりますので、引き続き御指導のほど、どうぞよろしくお願いいたします。ありがとうございました。

【小原PL】 どうも本日は、委員の先生方、特に分科会長を引き受けていただいた廣田先生、分科会長代理の宮崎先生、委員の先生方、本当に長時間ありがとうございました。途中中座させていただき、大変失礼いたしました。

このプロジェクトは大変重要で、特に熱に関しては、秋山先生からもありましたように、熱の見える化は難しくこれまでされてこなかったという状況があります。世の中は電気のはかなり気にしているが、熱のことはなかなか話題に出てこないところ、熱の重要性は今後もどんどんアピールしていかなければならないと考えています。このプロジェクトで、すべて50.3百万kLの省エネ目標を達成できるとは考えていないのですが、これが核となって、いろいろところで省エネ技術の波及が進んでいけばいいと思っています。

ご指摘のあったコストに関し、導入支援や政策的支援も各省庁にお願いしていきたいと思っています。

今日いただいたコメントはいずれも心に響くもので、真摯に受け止めてやっていきたいと思っています。今後のプロジェクトに関しては、NEDO省エネ部さんが丁寧にマネジメントしてくださいまして、技術研究組合であるTherMATが各企業をまとめる団体としての活動をやっていただいているというのが、これだけ長くプロジェクトを続けてこられた大きな要因ではないかと考えています。

残り少ない期間ではありますが、是非、日本の産業界あるいは技術の発展に資する成果が出ればなと思っています。引き続きご指導のほどよろしくお願いいたします。ありがとうございました。

【廣田分科会長】 それでは議題8を終了します。

9. 今後の予定・その他

10. 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 同、公開について
- 資料3 同、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）
- 資料6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料7 事業原簿（公開）
- 資料8 評価スケジュール

資料番号なし 質問票及びその回答

回答に非公開内容が含まれる場合には、
回答は紙媒体の郵送とさせていただきます。

公開

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) プロジェクト評価分科会

質問票

資料番号 ・ご質問箇所	ご質問の内容	回答	委員氏名
資料 5、P12 実施の効果	・市場創出効果を国内と世界で比較した場合、熱を変換して再利用(黄色の部分)の世界での効果の割合が、国内に比べ大きくなっていますが、この主な理由についてご教示願います。	・全体的に国内の市場創出効果に比べ、マーケットの大きさから世界での市場創出効果が大きくなることを見込んでおりますが、熱を変換して再利用する熱電変換については特に、工場排熱の回収用途に加え、自動車用途など様々な用途への適用を見込んでおり、そのマーケットの大きさから、国内に比べて世界の市場創出効果が大きくなっております。	秋山俊一
資料 5、P22 研究開発の実施体制の妥当性	・実施体制の中で技術委員会が構成され、良い進め方と思います。外部有識者が構成委員になっていますが、熱のユーザである産業界の方などは参加していますか。ご教示願います。	・本プロジェクトでは、幅広い分野の基礎から応用に至るまでの熱技術を扱っていることから、ユーザ企業経験のある方を含め、学术界を中心に委員を構成しております。 ・2017年度の中間評価結果等も踏まえ、実用化がより強く求められる熱電変換技術のユーザサイドの企業の方を有識者として2018年度から追加しております。	秋山俊一

<p>資料 5、P27 情勢変化への 対応（政策動 向）</p>	<p>・対応欄で、2020 年度から省エネ施策として再構築し、システム化開発を重点化するなど、実用化に向けたマネジメントを一層強化したとの記載があり、ニーズに則した進め方だと思えます。その具体例をご教示願います。</p>	<p>・第 5 次エネルギー基本計画の策定等を踏まえ、2020 年度から経産省担当原課が製造産業局 金属課から資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 省エネルギー課へ変更となりました。これに伴い、要素技術の開発がメインであった蓄熱や排熱発電については、2020 年度から「熱マネジメントの研究開発」の項目の中で、工場のニーズに則したシステム化開発を重点的に行っていくこととしました。</p> <p>・これまで材料開発がメインであった熱電変換に関して、本技術のユーザ企業となり得る佐野分室と連携し、2020 年度からハイブリッド自動車の排気回収システムへ熱電発電モジュール搭載する際の最適配置や燃費効果の検討を開始することとしました。</p> <p>・ユーザからの厳しいニーズや導入条件に合致することを目指し、ユーザのニーズのヒアリングを継続して実施しています。</p>	<p>秋山俊一</p>
<p>資料 5、P31 断 熱技術出口イ メージ</p>	<p>・目標で、工業炉の排熱量を 50%以上削減との記載がありますが、削減量の計画値の内訳（例えば、低熱伝導率断熱材料、高効率熱交換器、高効率バーナ等）をご教示願います。</p>	<p>・「50%以上削減」は炉内の熱マネジメントの結果として達成されるものと考えておりますが、それぞれの要素での排熱削減効果は以下を目指しております。</p>	<p>秋山俊一</p>

	<p>・開発された低熱伝導率断熱材の密度はどれくらいでしょうか。炉壁の蓄熱量について把握したいので、従来のファイバー系の断熱材との比較でご教示願います。</p>	<p>低熱伝導率断熱材料：30% 高効率バーナー（高温蓄熱含む）：30% 高効率熱交換器：20%</p> <p>ただし、高効率バーナー及び高効率熱交換器は同時に使用することはできません。そのため、熱交換器は炉の冷却時に使用し、他の設備に利用する熱源として活用します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上記の排熱削減効果は、 <p>従来炉：(最内層)耐火れんが/耐火断熱れんが/JIS並れんが/ファイバーボード(最外層) 開発炉：(最内層)開発断熱材/耐火断熱れんが/JIS並れんが/ファイバーボード(最外層)</p> <p>の炉材構成で試算を実施したものとなります。これは、1,500℃以上の高温で使用するための工業炉開発を想定しているため、最内層にファイバー断熱材が使用できないためです。そのため、ご質問にあるような炉壁の蓄熱量算出については、単純に開発断熱材とファイバー系断熱材の密度比較では困難と考えますのでご了承ください。また、参考までに従来、開発炉に使用する炉材の平均密度を下記致します。</p> <p>従来炉炉材平均密度：1.37g/cm³ 開発炉炉材平均密度：0.55g/cm³</p>	
--	--	---	--

資料 5、P32 蓄熱技術・熱 マネージメン ト出口イメー ジ	<ul style="list-style-type: none"> ・高密度潜熱材料（低温）では、食品製造業等で、ピークシフト以外に、省エネ効果は、例えば、従来の蓄熱技術（水または氷など）比べどれくらい（例えば、電力を何%削減）を見込んでいるかご教示願います。 	<ul style="list-style-type: none"> ・高密度蓄熱材料（低温）を、10℃の冷熱を利用している食品製造業等に適用した場合、ピークシフト以外に、氷蓄熱と比較して約 30%の省エネ効果（電力削減）が得られると試算しております。 	秋山俊一
資料 5、P33 ヒートポンプ 技術これまでの 主な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの主な成果で、160℃超の温水出力、200℃温水出力との記載があります。今後の実用化及び普及拡大の為には、現在のユーザでの蒸気の使用状況（蒸気の凝縮伝熱を考慮した加熱システム）を考慮すると蒸気発生・加熱システムについても費用対効果を含め並行して検討が必要と思いますが、検討状況などご教示願います。 	<ul style="list-style-type: none"> ・産業部門でボリュームゾーンとなっている7気圧以上（飽和温度 170℃程度以上）のボイラ蒸気の代替や、塗装・乾燥用途などの空気加熱への適用を目指し、最高 200℃出力の高温ヒートポンプを開発しております。いずれもドレン水や下流工程から排出される熱を回収して熱供給できる可能性があり、高い省エネ効果（ランニングメリット）が見込めます。 ・現状、費用対効果を厳密には算出しておりませんが、「脱炭素社会」の実現に向けて、ボイラとのイニシャルコストの差額を 5 年程度で回収できるように検討しております（現状の産業用自家消費型太陽光発電の設備回収年は 10 年程度です） ・いずれのシステムも、熱源と熱需要のマッチングや適正なシステム構築、費用対効果の検証を行うため、「熱関連調査・基盤技術」の項目の中で、ユーザとなる工場との協業の中で、モデルケースの検討を並行して実施しており、導入効果が算出で 	秋山俊一

		きるシミュレータも開発しております。	
資料 5、P34 熱電変換技術 これまでの主 な成果	<p>・これまでの主な成果で、モジュール変換効率や出力密度など素晴らしい成果が出ていると思います。これらの成果を有効に活用するには発電システムとしての効率（発電効率に相当）を高める必要がありますが、どのような工夫がされているのでしょうか。即ち排熱を効率よくモジュールに伝えるための伝熱性能なども重要と思われる。（他の研究項目かもしれませんが）取り組みなどご教示願います。</p>	<p>ご質問をいただいた点につきまして、本プロジェクトの中でシステム化までを計画している分室に関し、以下ご回答をいたします。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・スクッテルダイト系（古河機械金属）：異種部材間の伝熱特性が部材の熱抵抗と界面熱抵抗によって左右されます。熱電モジュールへ熱を伝達しやすくするために、熱交換器の伝熱部材の肉厚を薄くし部材の熱抵抗を低減して熱が流れやすくすると共に、熱交換器と熱電モジュールの界面を密に接触させ、界面熱抵抗の低減を行っています。 ・シリサイド系 1（日立製作所）：熱電変換システムとしての発電効率を高めるために、熱源高温部からのモジュールへの熱伝達、また低温部の冷却効率を最大化させるための熱交換機構の設計・開発も並行して研究を行っております。具体的には、熱量、熱流形態に合わせたフィンの設計や熱源とモジュールの間の適用放熱材の選定になります。 ・シリサイド系 2（日本サーモスタット）：伝熱性能を高めるために、モジュールと熱源間及び放熱部間に、伝熱部材を検討しております。 <p>伝熱部材はその種類により、耐久中に著しい発電</p>	秋山俊一

		効率の低下を引き起こす場合がある為、安定的な材料選択が重要です。また、冷却側能力を高める為、放熱部の形状やレイアウト等の最適設計に取り組んでいます。	
資料 5、P35 排熱発電技術・熱マネージメント	・200℃以下の中低温排熱を活用した世界最高効率の 1kwe 小型発電システムを確立との記載があります。排熱の対象例として工業炉のイメージがありますが、発電設備などの排ガスはこの技術の対象になるでしょうか。本プロジェクトで実施した排ガスの排熱実態調査では、電力の 100～149℃の排熱の量が非常に多いという結果になっていましたので、この熱が利用できるこの技術の適用による省エネ効果が更に大きくなると思います。ご教示願います。	・工業炉以外の設備につきましても、展開先として対象範囲を拡大したいと考えております。熱量、ガス成分などの熱源情報と本開発技術の想定条件との比較を行ない、別途検討して参りたいと考えております。	秋山俊一
資料 5、P36 熱マネージメント技術これまでの成果	・吸収冷凍システムについて、車両への適用は効果があると思います。その際に、装置の軽量化が課題かと思いますが、現在の進捗では、燃費改善効果が大きく、装置を付加することによる重量増の燃費影響は相殺されてしまうと考えればよろしいでしょうか。ご教示願います。	・吸収冷凍機車載により年間 12%の燃費向上を期待しています。 市販 2 トン車のシャシダイナモ評価結果から重量が 100kg 増加すると燃費が 0.75~1.1%低下することを確認しています。したがって商用車 50 kg、小型商用車 30 kgの目標重量の場合、燃費低下はそれぞれ 0.6%、0.3%程度と推定され 12%の燃費効果から差し引かれることとなりますが、燃費改善	秋山俊一

		効果は期待できると考えています。	
資料 5、P37 計算シミュレーションこれまでの主な成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒートポンプ導入効果を見える化できる「産業用ヒートポンプシミュレータ」を開発との記載があります。このシミュレータは事業者が導入を検討する際に、非常に役立つものと期待をしております。この中では、温水製造を HP で行う場合の効果は試算できると思いますが、低圧の蒸気を排熱回収型の HP で製造する際の省エネに関する検討はできるのでしょうか。今後の計画も含め、ご教示願います。 	<ul style="list-style-type: none"> ・今回開発した「産業用ヒートポンプシミュレータ」は温水製造だけでなく、蒸気や高温空気を製造する際の省エネ検討も可能です。 ・今回、ヒートポンプ単体の省エネ効果が試算できるツールとして「産業用ヒートポンプ単体シミュレータ」を開発しました。現在、産業用ヒートポンプ導入支援ツールとして、複数のヒートポンプやポンプ・タンク・弁なども含めた生産プロセス全体の設計やエンジニアリングを可能とする「産業用エネルギー統合シミュレータ」も開発を進めており、来年度以降、公開していく予定です。 	秋山俊一
資料 5、P39 研究開発成果 ⑤熱電変換材料・デバイス	<ul style="list-style-type: none"> ・最終目標の達成見通しの項目で、シリサイド系では、2022 年度までにコージェネ適用を想定した出力検証を実施することで、最終目標であるシステム利用効率 5% が達成される見込みとの記載があります。システム利用効率を発電効率と置き換えた場合、5% の数値は低いように思いますが、どのようなシステム構成になるのでしょうか。ご教示願います。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コージェネレーション装置におけるガスエンジン近傍の 500℃ 近傍の中高温排熱源と 100℃ 未満の排温水の低温排熱源からそれぞれ独立に電力回生するシステムを想定しています。特に、中高温排熱源利活用は、開発したシリサイドモジュールを適用することを検討しています。 ・「システム利用効率 5%」は、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で、熱需要が十分ない場合に少しでも発電量を増やしたい場合など、最終的に利用価値がなく捨てられ 	秋山俊一

		てしまう熱を再利用できる価値を含めて検討しております。	
資料 5、P48 実用化・事業化に向けた戦略・具体的取組	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザからの厳しいニーズや導入条件（性能、コスト等）に合致することを目指し、ユーザのニーズ調査を実施して実用化計画へ反映との記載がありますが、ニーズ調査の具体的な手法についてご教示願います。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ニーズ調査については、NEDO が有する企業ネットワークあるいは外部企業からの問い合わせを軸として、個別にヒアリングを行っております。 ・その他、展示会への出展やシンポジウムの開催、国際会議等で、国内外での具体ニーズを抽出しております。 ・より一層実用化が求められる残りの2年間で、必要に応じて非公開ワーキングなどを開催しながら、効率的なニーズ抽出を行っていくことも視野に入れております。 	秋山俊一
資料 5、P49 成果の実用化・事業化の見通し	<ul style="list-style-type: none"> ・実用化について、高温用高効率熱交換器を実用化との記載があるが、どのような炉に設置して、その省エネ効果などは予定通りであったのか、何か課題はなかったかご教示願います。 ・事業化について、冷凍機の事業化の記載がありますが、導入国がヨーロッパとなっており、日本の例が記載されていません。理由など、ご教示願います。（国内は計画中でしょうか？） 	<p><高温用高効率熱交換器></p> <ul style="list-style-type: none"> ・1630℃にてファインセラミックスを焼成する『有効容積 3m³のバッチ式ガス燃焼炉』に設置しております。 ・設置当初、当 PJ にて実証した性能（省エネ効果 20%）での使用条件を提案したのですが、受熱気体（燃焼空気）温度が 500℃程度となる為、熱交換器以降の二次側の配管機器について、材質を考慮（SUS 製）する必要があることから客先の投資コストに合わない結果となり、従来の配管機器が使 	秋山俊一

		<p>用できる条件（受熱気体温度 360℃、省エネ効果 15%）を目的として設置しています。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設置後の省エネ効果（実績）につきましては、受熱気体温度 360℃・省エネ効果 15% を実現する為、放熱側気体温度（炉からの排気ガスが熱交換器入口に到達する温度）を 1300℃と想定していましたが、実際には 1000℃以下であった為、受熱気体温度（燃焼空気）が 190℃程度となり、省エネ効果は 6%に留まりました。 <p>今後、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高い省エネ効果を目指す場合の二次的に発生するコスト（炉から熱交換器間の配管材質）の削減。 ・熱交換器の設置位置（炉からの距離）。 ・排気温度の把握。 <p>が課題となっております。</p> <p><吸収冷凍機> 冷凍機の導入国がヨーロッパとなっている理由について、欧州と日本の機器選定のプロセスの違いがあり、日本の方が新技術、新製品の導入に対しては慎重な傾向があるためではないかと考えております。具体的には、コストに対する意識としまして、 欧州・・・ライフサイクル、ランニングコスト重視</p>	
--	--	--	--

		<p>日本・・・イニシャルコスト重視という傾向が影響しているものと考えられます。それに加えて日本よりも夏季の温水余剰熱が多く、冷房への活用に対する要望が大きい、余剰熱の温度レベルが日本よりも低いことも影響しているものと思われます。</p> <p>また、国内については、現在複数の導入計画案件があります。</p>	
資料 5 P.12	<p>2013 年～2022 年での市場創出金額の元データがあれば、参照資料として付けてください。インパクトのある（予定）成果のため目を引きませんが、根拠が分かりませんでした。</p>	<p>・市場創出金額については、秘匿情報を含みますので、非公開セッションにて御説明いたします。</p>	湯浅裕美
資料 5 P. 13 と P.16	<p>技術の最終目標値 (P. 16) と 2030 年の一次供給エネルギー値 (P.13) との関係が分かりません。各技術の技術目標のもたらす紐づけが必要と思われる。また、一次供給エネルギーの指標は石油なのか CO2 なのか、分かりませんでした。</p>	<p>・技術の最終目標値 (P. 16) と 2030 年の一次供給エネルギー値 (P.13) の関連については、秘匿情報を含みますので、非公開セッションにて御説明いたします。</p> <p>・2030 年の一次供給エネルギー値 (P.13) については、「長期エネルギー需給見通し」(平成 27 年 7 月、経済産業省) の数字を基にしており、原油ベースの数値となっております。</p>	湯浅裕美
資料 5 P. 26	<p>「研究開発成果」の「反映のポイント」におけ</p>	<p>・当該文書は、開発した熱電材料・モジュールにつ</p>	湯浅裕美

	<p>る「研究開発項目⑤」に掛かる回答の、ユーザーとのマッチングを図るという記載の意味が分かりませんでした。具体的な反映方法を記載ください。</p>	<p>いて、ユーザのデバイス（システム）にて評価を行うため、そのマッチングを図っていく、という意味で記載しております。これまで、デバイス評価に向けて、企業や団体とのマッチングを図るために、個別のヒアリングや展示会への出展等を積極的に行ってきました。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・さらに、これまで材料開発がメインであった熱電変換に関して、本技術のユーザ企業となり得る佐野分室と連携し、2020年度からハイブリッド自動車の排気回収システムへ熱電発電モジュール搭載する際の最適配置や燃費効果の検討を開始することとしました。 ・ユーザからの厳しいニーズや導入条件に合致することを目指し、ユーザのニーズのヒアリングを継続して実施しています。 	
資料5 P.27	<p>「クルマを取り巻く情勢変化」として電気駆動車の普及が前提として課題が提起されているが、この課題に取り組む企業体が電気自動車を手掛けていないので矛盾を感じます。当該企業に在りきであれば背景から電気駆動車を除去してガソリン車前提でやるべきです。逆に、電気駆動車に対する課題を重視するのであれば、なぜ電気駆動車を手掛けない企業を採択したの</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・「電気駆動車」は、電動モーターを含む駆動系を持つ自動車全般のことを指しており、「電気自動車（EV）」だけでなく、エンジン走行とモーター走行を適宜切り替えるいわゆる「ハイブリッド車（HEV）」なども含んでおります。2030年には、世界で販売される新車のうちEVやHEVの割合が52%になると言われています（IEA/ETP ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVE 2015）。 	湯浅裕美

	<p>か、経緯を説明ください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・また、広島分室のマツダについては、2013年にHEVを、2019年には24V Mild-HEVを市場に投入しております。更に同社らしいEVを2020年めどに導入し、48V Mild-HEVやPulgin HEVも順次市場に投入予定です。これらにより2030年には生産するすべての内燃機関搭載車に電動化技術を搭載する予定であることを公表しています。そのため、将来的な自動車の熱の流れの大きな変化に対応するため、本研究開発項目をAll TherMATの取組みとして実施しております。 ・佐野分室のマレリ株式会社では、日産自動車様向けに電気自動車のインバータを2010年より市場に投入しております。また2019年の東京モーターショーでお示ししております通り、電気自動車向けの駆動モーターを車両メーカー様へ納入し、こちらもすでに市場投入されております。さらにエネルギーマネジメントという観点では電気自動車用のヒートポンプ、更にモーター、バッテリーなどを含めた統合エネルギーマネジメントシステムの研究開発も積極的に実施しております。上記マツダ様や他の車両メーカー様の電動化ニーズにお応えする基盤技術、量産実績、研究開発力を有していると考えております。 	
--	---------------------	--	--

資料 5 P. 29	バックグラウンド知財の仕組みは、企業参画モチベーション低下に繋がるというデメリットを感じる。これを上回るメリットを教えてください。また、実績として実施例はあるのでしょうか。	<p>・TherMAT の知財規程でのバックグラウンド知財の取扱いのポイントは以下の二つです。</p> <p>(1) 事前申請した他社知財を、プロジェクト研究開発の実施において無償で使用可能</p> <p>(2) 事業化において使用を申し出た場合、必要な範囲で原則許諾（ただし、自社の将来の事業化に影響が予想される場合、拒否することは可能）</p> <p>上記により、プロジェクト内での組合員間の連携が促進され、研究開発での無駄が省かれ、研究が円滑に推進されるメリットが期待されます。一方、事業化における許諾の拒否権により不利益の生じないようにしております。</p> <p>現在までのところ、(1)、(2)とも実例はありません。</p>	湯浅裕美
資料 5 P. 39	「⑤熱電変換材料・デバイス」の最終目標が材料によって異なるのはなぜでしょうか。使用温度領域が異なる、使用規模が異なるなどの理由を教えてください。	<p>・排熱量の多い 500℃以上の排熱を回収し、200℃～600℃で使用可能な熱電材料はこれまで実用化されておらず、この実用化を目指すために目標温度として 200℃～600℃を設定しております。</p> <p>・材料の性能は温度に依存し、各材料はそれぞれ得意な温度領域がありますので、実用化にあたっては用途に応じた材料を選定することになります。</p> <p>従ってご指摘のように使用される温度領域が異な</p>	湯浅裕美

		るため最終目標も材料によって異なります。	
資料 5 P. 43	修論執筆者は、同分野企業で活躍しているのでしょうか。	・秘匿情報となりますため、非公開セッションにて御説明いたします。	湯浅裕美
資料 5 P. 49	納入実績国の環境意識の高い事は分かるが、意識だけなのか、あるいは補助金など具体的施策があったのか、教えてください。	<p>・ご指摘の通り納入実績国の環境意識は高いのですが、それに加えて日本よりも夏季の温水余剰熱が多く、冷房への活用に対する要望が大きい、余剰熱の温度レベルが日本よりも低いことが影響しているものと思われます。</p> <p>その他、コストに対する意識としまして、 欧州・・・ライフサイクル、ランニングコスト重視 日本・・・イニシャルコスト重視 という傾向も影響しているかと考えます。</p> <p>現在、日本で導入検討いただいている案件も、ランニングコストを重視されて本製品に着目いただいているものです。</p> <p>補助金など具体的施策は特段無いと認識しております。</p>	湯浅裕美