

## TODAY

## 2050年カーボンニュートラルに向けて



国立研究開発法人  
産業技術総合研究所  
上級執行役員、エネルギー・  
環境領域 領域長  
小原 春彦

本年5月にドイツ南部のフライブルグ市でドイツの公的研究機関であるフラウンホーファー研究機構が主催するワークショップ、Freiburg Energy Talksに参加してまいりました。このワークショップでは、先進国だけでなく途上国も含めて各国の研究機関の研究者、企業の技術者、また行政の担当者なども参加し、将来のエネルギー、温暖化対策と、それに向けた国際連携のあり方について議論が行われました。特にヨーロッパではウクライナ危機以降、エネルギーの脱炭素化だけでなく、安定供給や有効利用にも注目が集まり、その中で、日本の技術、特に水素や省エネルギーに関する技術に期待が高まっていると感じました。

昨年11月にはエジプトのシャルムエルシェイクで第27回国連気候変動枠組み条約締約国会議(COP27)が開催されましたことをご記憶の方も多いかと思います。COP27では、世界の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて1.5℃に抑えるための温室効果ガスの削減について、厳しい現状認識がなされました。気温上昇を1.5℃に抑えるためには、温室効果ガス排出量の削減に向けた対策をさらに加速する必要があります。

日本政府は2050年に温暖化ガスの排出を実質ゼロとする、カーボンニュートラルの実現を宣言しています。また、カーボンニュートラルに向けて、2030年には2013年度比46%削減、更に50%削減の高みを目指すとしています。日本政府のカーボンニュートラル宣言に先立つ2020年1月、政府の統合イノベーション戦略推進会議は温室効果ガスの大幅削減に向けて、革新的環境イノベーション戦略を策定し、日本の技術力で大き

な貢献が可能な39テーマを設定しました。この中で、「未利用熱・再生可能エネルギー熱利用の拡大」が挙げられています。

日本国内では、消費される一次エネルギーの6~7割程度が有効利用されずに熱として廃棄されていると言われています。発電などのエネルギー変換の効率を考えると、やむを得ないところはありますが、この膨大な未利用熱エネルギーを減らし、有効活用出来れば大きな省エネルギー化が可能となります。カーボンニュートラルに向けて、まず取り組まなければならないのはエネルギーの消費を減らすことであり、そのため未利用熱の有効利用は政府の革新的イノベーション戦略にも取り上げられています。

経済産業省とNEDOは、カーボンニュートラルの流れが本格化する以前から未利用熱の有効利用に取り組み始めていました。2013年に、まずは経済産業省の直轄のプロジェクトして始まり、その後NEDOに移管されたのが「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」プロジェクトです。本プロジェクトにはJRCMも参画し、さまざまな業種の企業、産業技術総合研究所と技術研究組合を立ち上げて10年間のプロジェクトに取り組んできました。詳しくは本ニュースに寄稿された未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合専務理事の宇都浩三氏の記事をご参照ください。本プロジェクトの成果は一部がすでに実用化されており、また多くの技術が今後大きな省エネルギー効果を生み出すものと期待しています。

冒頭にも書きましたが、カーボンニュートラルに向けた流れが加速する中、世界が日本の技術に注目しています。特に、エネルギー効率の高い製品に対するニーズは今後ますます高まるものと期待されています。「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」において開発された技術、製品が今後普及し、世界全体の省エネルギー化に資すると共に、日本企業の産業競争力の維持につながればと考えます。

# NEDO「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」事業の成果 — 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合の活動概要 —

未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 専務理事 宇都 浩三

地球温暖化防止のため、社会全体のエネルギー効率を向上させて省エネルギーおよび二酸化炭素排出の削減を実現することが喫緊の課題です。ところが、工場などの産業分野、自動車などの輸送分野、さらにはビルや住居などの民生分野の様々な場面で、化石燃料、再生可能エネルギーなどの一次エネルギーが、最終的に動力・熱・光などとして消費される過程において、一次エネルギーの約6割が有効利用されずに環境中に熱エネルギー（未利用熱）として排出されています。これらの未利用熱を少しでも削減し、有効活用する技術を開発し社会実装することが重要な課題となっています。

上記課題を解決するための革新的な技術開発を行う目的で、様々な産業分野の18企業、1国立研究所、1財団法人の計20法人が参加して、2013年10月に未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（TherMAT）が設立され、経済産業

省直委託費「未利用熱エネルギー革新的活用技術研究開発」を受託しました。同事業は、2015年度からNEDOに移管され、「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」として2022年度までの8年間、合計10年間、未利用熱エネルギーを削減・有効活用するための革新的な研究開発を実施し、2023年3月に終了しました。

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（ヒートポンプ技術）、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研究開発を行い、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しました（図1）。表1に示すように、当初、8研究開発課題、19テーマを

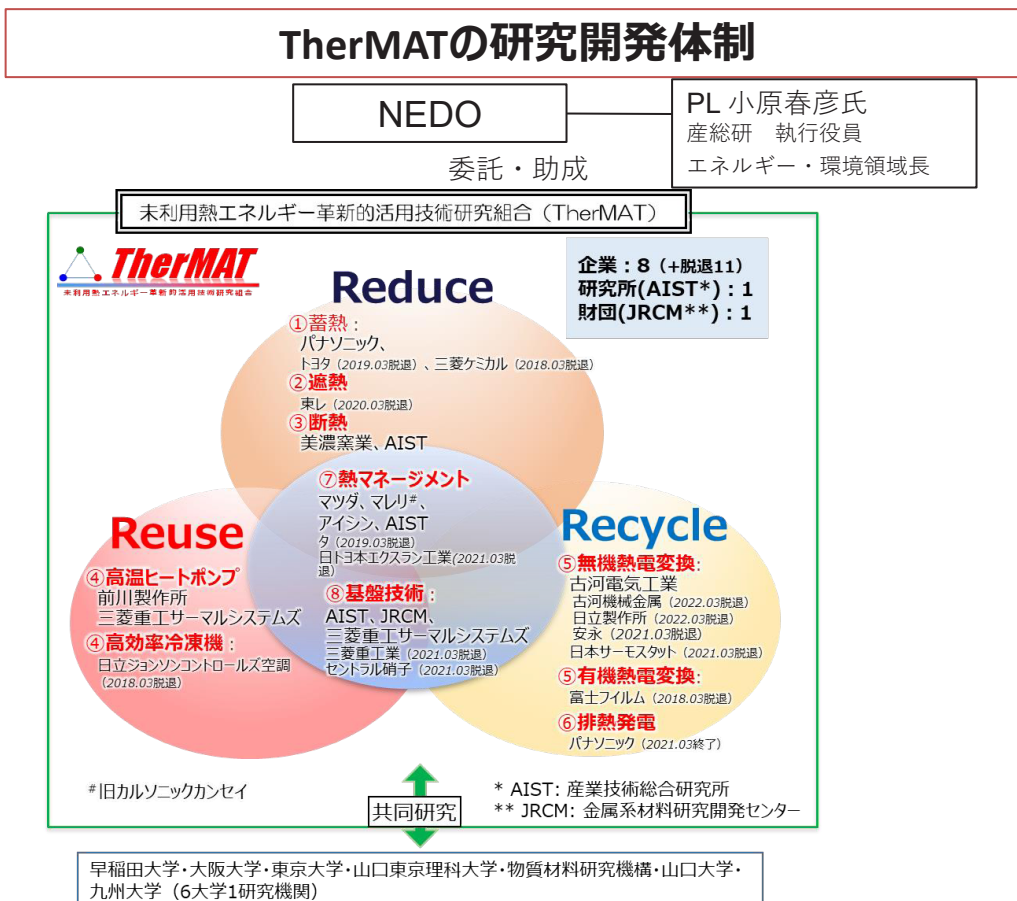


図1 TherMAT 2022年度研究体制

共同研究実施先を含め計 36 機関で研究開発をスタートしましたが、研究の進捗や社会の情勢変化などに対応し、期間中に、研究の組み換えや一部テーマの早期終了を行うとともに、多数のテーマが社会実装の早期実現のため NEDO 委託事業から NEDO 助成事業へと移行しました。

「蓄熱技術の研究開発」では、蓄熱材料の高付加価値化（高密度蓄熱材料、長期蓄熱材料）および蓄熱温度ステージの拡大に取組み、自動車における暖機時間の低減や工場等の未利用熱有効利用に資する蓄熱技術の確立を目指し、蓄熱密度が高く過冷却が小さい蓄熱材料や過冷却を長時間保持できる蓄熱材料の開発とシステム化を実施しました。

「遮熱技術の研究開発」では、高精度なナノ積層技術を駆使することにより、可視光透過率 70%以上の明るさ日射熱取得率 40%以下の遮熱性を兼ね備えた革新的次世代遮熱フィルムを実証するとともに、建屋内の年間を通じた冷暖房負荷低減効果の評価をおこない、夏期は遮った日射の 7～8 割が冷房負荷低減につながることを実証しました。

「断熱技術の研究開発」では、工業炉の排熱削

減率 50%達成のための高強度高断熱性多孔質セラミックス製断熱材、入放熱速度が従来比約 2 倍となる高機能蓄熱体、耐高温高効率熱交換器の開発を行い、各開発部材を実装した検証炉を作製し、従来比で約 70%排熱削減を確認しました。

「熱電変換材料・デバイス高性能高信頼化技術開発」では、幅広い温度帯の排熱に適用可能な様々な熱電材料の高性能化、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の開発を実施しました。特に、資源制約の少なく 300～500℃の温度帯で活用できるシリサイド系、500℃以上の高温に適用可能なスクッテルダイト系及びクラスレート化合物において、高い発電性能をもつ熱電変換素子、長期安定な熱電モジュールの開発に成果を上げました。

「排熱発電技術の研究開発」では、工場などで捨てられる排熱や蒸気を有効利用する高効率小型排熱発電技術の研究開発を行い、出力 1 kWe クラスのシステムで、排ガス温度 200℃の定常運転の条件において年間平均発電効率 9.0%を達成しました。

「ヒートポンプ技術の研究開発」では、産業、

表 1 未利用熱プロジェクト年次展開

委託元	経済産業省		NEDO							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
蓄熱	パナソニック (2020: 熱マネジメント技術へ移行)									
	トヨタ・三菱ケミカル*・産総研 (*-2017)									
遮熱	東レ									
断熱	美濃窯業・産総研									
熱電変換	産総研									
	古河機械金属									
	日立製作所									
	富士フイルム									
	古河電気工業									
	日本サーモスタット・安永									
排熱発電	パナソニック(2020: 熱マネジメント技術へ移行)									
ヒートポンプ	前川製作所									
	三菱重工サーマルシステムズ*・三菱重工・セントラル硝子									
	日立・日立ジョンソンコントロールズ空調									
熱マネジメント技術	トヨタ									
	マツダ									
	アイシン									
	マレリ・日本エクスラン工業* (*2019-2020)									
基盤技術	産総研・金属系材料研究センター・前川製作所*・三菱重工サーマルシステムズ*** (*2018- **2021-)									
	三菱重工サーマルシステムズ*・三菱重工・セントラル硝子・産総研									
組合員数	20	20	20	21	21	18	18	17	12	10
項目数(テーマ数)	8(20)	8(20)	8(20)	8(20)	8(20)	7(16)	7(14)	5(14)	5(10)	5(8)
共同研究先数	16	16	20	22	20	14	12	12	8	7

民生分野で発生する 80～100℃の排熱を熱源として、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を行い、COP3.5 を達成可能であることを実証しました。また、60℃までの排熱で駆動できる高効率冷凍機の開発を行い、早期の市場導入を達成しました。

「熱マネージメントの研究開発」では、主に自動車の高効率熱マネージメントシステムを実現するために、熱の効率的な輸送システム、高効率空調運転を実現するヒートポンプ技術等の開発を行うと共に、内燃機関やモーター／インバーター等における排熱の車内での熱流れの計測・モデル化を行い、運輸分野及び産業分野等における高効率な熱マネージメントシステム実現に繋がる技術開発を行いました。

「熱関連調査・基盤技術の研究開発」では、断熱・蓄熱・熱電変換等の要素技術開発テーマを基盤的かつ横断的に支えるべく、産業及び民生分野の排熱実態調査と熱関連部素材性能評価、ヒートポンプ技術等の統合解析シミュレーション、計算による熱物性の予測や評価、熱物性データベースの構築といった基盤技術の研究開発を包括的に実施し、産業分野の排熱実態調査報告書、熱関連材料データベース、ヒートポンプシミュレータ等をインターネット上で公開しました。また、200℃温水高温ヒートポンプに適した低 GWP 冷媒候補を GWP、燃焼性、熱安定性、安全性、熱物性・輸送性質、毒性試験、量産性の検討を実施し、最適な冷媒候補を選定しました。

10年間の研究で、国際学術誌を含む論文発表が約 180 件、国際・国内学会発表が約 720 件、特許出願数約 600 件（うち海外が約 210 件）、特許登録数約 230 件（うち海外が約 100 件）など、多大な成果を得ることができました。また、NEDO の各種技術セミナー、ENEX などの各種展示会、プレス発表、NEDO 広報誌「Focus NEDO」での 2 度の特集記事掲載など、合計 100 件以上の様々な情報発信を行った結果、様々な外部関係者から高い関心を得て、新聞や各種メディアに度々紹介記事が掲載されました。プロジェクトを総括する NEDO「成果報告会」が 2023 年 2 月に

ウェビナー形式で開催され、600 人以上の参加を得ました。すでにいくつかの成果が製品化され販売が開始され、また「排熱実態調査報告書」、「産業用ヒートポンプシミュレーター」「熱物性データベース」などが公表され外部利用が始まっています。

TherMAT は、プロジェクトの終了をもって設立の目的を無事に達成したことを受け、5 月 24 日開催の通常総会での決議を経て、5 月 31 日をもって解散しました。

プロジェクトの各研究課題の具体的な研究内容及び具体的成果については、委託元の NEDO から以下のような媒体で紹介されているのでご参照ください。

● 事業紹介パンフレット：

<https://www.nedo.go.jp/content/100957589.pdf>

<https://www.nedo.go.jp/content/100957588.pdf>

● NEDO 広報誌「FocusNEDO」第 71 号：

[https://www.nedo.go.jp/library/ZZ\\_focus\\_71\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/library/ZZ_focus_71_index.html)

● NEDO 広報誌「FocusNEDO」第 87 号：

[https://www.nedo.go.jp/library/ZZ\\_focus\\_87\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/library/ZZ_focus_87_index.html)

● YouTube NEDO Channel NEDO プロジェクト紹介 最新の省エネルギー技術 Vol.4 未利用熱：

<https://www.youtube.com/watch?v=9u1bNzTj9Tw>

● YouTube NEDO Channel NEDO プロジェクト紹介 最新の省エネルギー技術 Vol.8 未利用熱：

<https://www.youtube.com/watch?v=Gy0QvgdOiTA>

● YouTube NEDO Channel 未利用熱エネルギー特集 | ~ Focus NEDO NO.87 ~ 「省エネ・脱炭素への道をひらく」：

[https://www.youtube.com/watch?v=Ovp7DhRRU\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=Ovp7DhRRU_o)

謝辞：10年間の長期プロジェクトに対し多額の国予算を確保頂くとともに、プロジェクト実施にご指導・ご尽力を頂いた経済産業省 製造産業局 金属課、資源エネルギー庁 省エネルギー課 及び NEDO 省エネルギー部に、厚くお礼申し上げます。

また、プロジェクトリーダーの産業技術総合研究所 小原春彦 上級執行役員以下、プロジェクトに参加し優れた研究成果を出して頂いた全組合員の皆様、さらに組合事務局運営に多大なるご支援を頂いた一般財団法人金属系材料研究開発センターの小紫正樹 専務理事および皆様に感謝いたします。

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS / 第 437 号

内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。  
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2023 年 6 月 1 日

発行人 小紫 正樹

発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目 5 番 11 号 第 11 東洋海事ビル 6 階

T E L (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

URL <http://www.jrcm.or.jp/> E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)

※送付先の変更・中止等は上記 E-mail に御連絡をお願いいたします。