

(エネルギーイノベーションプログラム)
「次世代型ヒートポンプシステム研究開発」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

近年、我が国での家庭・業務などの民生部門における最終エネルギー消費は、全体の3割強を占め、産業、運輸部門に比べて増加が著しい。その民生部門におけるエネルギー消費の内訳は、冷暖房・給湯用が家庭部門で6割、業務部門で5割を占めており、これらの削減が極めて重要である。また、最終エネルギー消費の5割を占めている産業部門においても、工場空調・加湿・乾燥などの分野でのエネルギー削減が重要である。ヒートポンプの高効率化は、「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の中でこれら消費エネルギーの削減に資する重要課題として位置づけられ、さらに「新成長戦略（基本方針）」（2009年12月30日閣議決定）の中でも、その重要性・必要性について言及されている。

本事業は「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。

②我が国の状況

我が国は、世界トップレベルの高効率ヒートポンプ技術を実現しているだけでなく（COP^{※1}が日本平均5.35、北米欧州3.0 [IPCC^{※2} AR4WGIIIより]）、世界初のCO₂冷媒ヒートポンプ給湯機開発に成功するなど、ヒートポンプ技術で世界をリードしている。しかしながら、「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の技術ロードマップでの効率の目標^{※3}を達成するためには、機器単体の開発だけでは困難とされている。そこで、個別要素技術の開発のみならず熱源や利用側等を含めてシステム化し、ヒートポンプが高効率に作動するよう建築側の対策等による周辺条件の整備を行うと共に、ヒートポンプ自体を周辺環境に適合するよう改善することが不可欠となっている。

※1 COP (Coefficient Of Performance)成績係数

※2 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)気候変動に関する政府間パネル

※3 目標：「超高効率ヒートポンプ」は2030年に現状比1.5倍、2050年に現状比2
「蒸気生成ヒートポンプ」では、2020年頃にCOP4.0

③世界の取り組み状況

ヒートポンプは国際エネルギー機関（IEA）の「エネルギー技術展望2008」において、温室効果ガス削減効果の高い主要17技術に選定されており、米・EUにおいても、高効率ヒートポンプシステム開発の国家プロジェクトに着手している。

④本事業のねらい

「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」で示されている極めて高い目標を達成するには、建築・機械・材料等の多様な領域にまたがる研究開発が必要となるため、幅広い関係者の技術を融合させた開発体制を構築し、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という）が主導的役割を担うことで、高い技術ハードルを克服するとともに、研究成果の確実な製品化を促進する。また、国際競争力の強化にも資する。

（2）研究開発の目標

①過去の取り組みとその評価

1985年度から1992年度まで実施した「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム研究開発」では、ふんだんな工場排熱を利用した超高性能圧縮式ヒートポンプやケミカル蓄熱などの要素技術開発、およびこれらの成果を統合したトータルシステムの技術開発が行われた。これらの取り組みについては一定の成果があがったが、コストや蓄熱材・冷媒（GWP^{※4}が高い）に対する配慮が十分でなかったため、技術開発成果の一部（熱交換器製造、冷媒圧縮技術など）が製品に適用されるにとどまっている。

※4 GWP (Global Warming Potential) 地球温暖化係数

②本事業の目標

本事業は、適用対象を家庭用、業務用、産業用とし、特に家庭用および業務用を重視する。いずれの適用対象についても、現状システムに比べて、1.5倍以上の効率を有するヒートポンプシステムを実現するための基盤技術開発を行うとともに、その性能を実機により確認する。ただし、産業用における高温を生成するヒートポンプシステム（120℃級を生成するシステム）に関しては、現状システムに比べて、1.3倍以上の効率を有することができればよいこととする。なお、これまでに実現されていない高温を生成するヒートポンプシステム（180℃級を生成するシステム）に関しては、現状加温システム（ボイラシステムなど）以上の効率が見込めるものとし、システムの実現可能性の可否も含めた技術課題を明確にすることを目標とする。

③本事業以外に必要とされる取り組み

当該システムの製品化及び普及拡大にあたっては、様々なシステムの実際の効率を統

一的に評価する指標が確立されることが望ましい。また産業用ヒートポンプシステムでは、システムを検討する上で、工場などで活用できる熱源やその時間帯、場所、また得られる生成熱の活用希望状況の情報が不足しており、熱需要調査などが必要となる。これらについては、NEDOが実施している「次世代型ヒートポンプシステム研究委員会」で検討を継続するとともに、IEA、ISO^{※5}など関係機関との情報交換を行う。

※5 ISO(International Organization for Standardization) 国際標準化機構

④全体としてのアウトカム目標

本研究開発の成果は、家庭用・業務用・産業用への高効率ヒートポンプ導入普及促進に貢献し、大きな省エネ効果を発揮するものと期待できる。例えば家庭用給湯機においては一台当たり3.9GJ/年の省エネ効果が期待でき、普及台数を200万台と想定した場合は、原油換算で約21万kL/年の省エネルギー効果が見込まれる。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を行う。

[委託事業、(共同研究事業(NEDO負担率：2/3))]

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、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、原則、委託事業として実施する。ただし、上記以外のもの^{※6}は、共同研究事業(NEDO負担率：2/3)として実施する。

※6 民間企業単独、民間企業のみでの連携、大学等の単独等、産学官連携とならないもの。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが、企業、大学等から公募によって研究開発実施者を選定し、委託(または共同研究)事業として実施する。効率向上の目標の達成が機器単体の開発だけでは困難でありシステム化による効率向上が不可欠であることに鑑み、建築関係も含めた複数の企業および大学等による研究開発体制が組み立てられていることに十分留意する。また、平成23年度からプロジェクトリーダーとして、独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 主幹研究員 宗像 鉄雄氏をおき、プロジェクトリーダーと密接な関係を維持し、効果的な研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省および研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

また、目標を達成する可能性のある研究テーマが複数存在する場合には、研究実施主体が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、「ステージゲート制度」を導入する。具体的には、プロジェクト実施期間の初年度（平成22年度）にステージゲート評価を実施する。ステージゲート評価では、研究目標に対する「達成度」、「効果」、「実現可能性」等を踏まえて、定性的・定量的に評価を行い、次年度以降（平成23～25年度）における研究開発主体の選定を行う。次年度以降へ移行するにあたり、研究開発の進捗状況を踏まえ、必要に応じて、目標及び実施体制を見直すこととする。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発は、平成22年度から平成25年度の4年間実施する。

4. 評価に関する事項

初年度（平成22年度）に、ステージゲート評価を実施し、次年度以降（平成23～25年度）において継続的に実施する研究テーマの選定を行う。

また、事後評価については、平成26年度に実施する。なお、評価の時期については、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などに応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取り扱い

①成果の普及

得られた研究開発の成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

②知的基盤整備事業または標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、国内外の標準化活動や規制見直し活動への情報提供等を積極的に行う。

③知的財産権の帰属

研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・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条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先（または共同研究先）に帰属させることとする。

（2）基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、エネルギー政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、目標や契約等の方式をはじめ基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

（3）根拠法

本事業は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第一号ロ及びニに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- （1）平成22年3月、制定。
- （2）平成23年3月、プロジェクトリーダーの追加による改訂。
- （3）平成23年7月、根拠法を変更。
- （4）平成25年3月、事業の実施期間を1年延長。

(別紙) 研究開発計画

1. 研究開発の必要性

「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の「超高効率ヒートポンプ」、「蒸気生成ヒートポンプ」で記載されている目標を達成するためには、多様な未利用熱（下水熱、地中熱、太陽熱、風呂排熱、空調・給湯排熱、換気排熱、工場排熱等）を熱源に活用し熱源温度と取り出し温度の温度差を小さくし、蓄熱システム、熱搬送システム、高度な統合制御技術を有することで、熱源と利用側の負荷との時間的かつ量的なマッチングを最適に行い、ヒートポンプシステムへの投入エネルギーを大幅に削減する必要がある。また著しい低負荷が長時間続くなど、設計時に想定していた条件（定格条件）から大きく外れた場合でも、負荷状況を適切に把握しヒートポンプ自体を最適化制御することでヒートポンプシステムへの投入エネルギーを大幅に削減する必要がある。またヒートポンプが同時に生成する温熱と冷熱を最大限活用することで飛躍的な効率向上を図る必要がある。またこれまでに実現されていない高温を生成するヒートポンプシステム（180℃級熱を生成するシステムなど）の開発と用途拡大による消費エネルギー削減が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

本事業では、個別要素技術の開発のみならず、多様な熱源の活用や、建築物や設置場所などを十分配慮して、利用側の要求に対し高効率に作動することができる革新的なヒートポンプシステムを開発する。特に、未利用熱の活用については、大幅な効果が期待できる下水熱を活用したヒートポンプシステムの研究開発が重要であることに留意する。

なお、当該ヒートポンプシステムの効率は、動作する環境条件、熱源の利用条件、建築側の条件、利用側の負荷条件などによって異なるため、定格COPやAPF^{※7}など汎用の評価指標は用いることができない場合がある。従って、開発されるシステムごとに効率の評価指標を検討し、省エネルギー効果を検証するものとする。

以下に、研究開発にあたっての具体的な技術課題と効率向上に向けたシステム化技術の要素を示す。適用対象において目標の効率を達成するために、これらを複数あるいはその他の技術を組み合わせたシステムについて検討する。

※7 APF (Annual Performance Factor) 通年エネルギー消費効率

(1) 多様な未利用熱の活用

これまで未利用熱を用いたヒートポンプシステムは、太陽熱利用ヒートポンプ、地中熱利用ヒートポンプ等、単一熱源利用を前提としたものが一般的であるが、回収できる未利用熱と需要との条件（時間、量等）が整合しないとといった課題を有する。このため、多様な未利用熱（下水熱、地中熱、太陽熱、風呂排熱、空調・給湯排熱、換気排熱、工場排熱

等) を活用することによって熱源の不安定性を抑制しシステムの効率向上を図る必要がある。関連する技術は、複数の熱源を活用する技術、高効率な未利用熱回収・搬送技術、躯体一体型高効率熱回収・熱搬送技術、躯体蓄熱技術、高密度冷温熱蓄熱技術、多様な熱源に対応した高性能圧縮機、システム高効率運用のための統合制御技術、デシカント材再生にヒートポンプ生成熱を用いた潜顕熱処理技術、システムの年間非定常運転特性解析シミュレータ技術などがある。

(2) 実負荷に合わせた年間効率の向上

従来の空調用ヒートポンプはピーク負荷に合わせた定格性能設計となっているが、実負荷の年間出現率は概して低負荷領域が支配的となっている。低負荷領域などにおいては効率の低下が見られる場合があり、実運用上の効率向上を図るためには、低負荷領域などにおける効率向上を図る必要がある。関連する技術は、低負荷領域においても優れた効率特性を維持できる技術、負荷状況を適切に把握し連携制御する技術、運用時に最大効率点を調整可能な技術などがある。

また、寒冷地においては、ヒートポンプの熱交換器の結露・着霜等による効率の低下が課題となっており、これについても技術開発を進展する必要がある。ノンフロスト技術、耐着霜熱交換器技術、作動媒体密度低下対策等の基盤技術などが関連技術となる。

このように、ヒートポンプ本来の能力を発揮できていない領域の性能向上を実現することにより、実運用上の効率向上を実現する。なお、本技術要素は、他の技術要素との組み合わせによりシステム化して開発を行う。

(3) 生成熱の最大限の活用

ヒートポンプは温熱と冷熱を同時に生成することができる機器であるが、熱需給が時間的・空間的にバランスしないことが多く、温熱・冷熱の同時利用が十分には図られていない。このため、熱の時間的・空間的な需給調整や、利用側設備も含めた協調制御等により、ヒートポンプで得られる熱を最大限活用する開発が必要である。関連する技術は、高温蓄熱技術、高密度冷熱搬送技術、高顕熱型空調熱源・潜顕熱分離空調技術、局所気流の制御による最適空調技術などがある。

(4) 高温熱の効率的な生成

高温発生には一般的にボイラが用いられてきたが、ボイラの場合は、投入エネルギー以上の熱を生成することは原理的に不可能である。一方、ヒートポンプの場合、投入エネルギーを上回るエネルギーを生成することが可能であり、一次エネルギーベースで評価したとしても、既存のボイラと比較して飛躍的な効率向上を図ることが可能である。

従来のボイラ代替としてヒートポンプを利用するためには、最終的には出力温度は例えば180℃級熱を生成するシステムであることが求められるが、一方で、既存のヒートポ

ンプでは対応の難しかった120℃級熱を生成するヒートポンプの技術開発が進展すれば、産業分野での省エネ実現に大きく資するものと考えられる。このため、当面は、120℃級熱を生成するヒートポンプシステムと180℃級熱を生成するヒートポンプシステムの2つの目標を立てて開発を行う。関連する技術は、排熱利用による蒸気生成技術、冷熱・蒸気同時供給技術、空気熱源蒸気生成技術、循環加温時の高効率化技術、高温対応作動媒体、圧縮機、熱交換器、膨張動力回収等の基盤技術開発などがある。

3. 達成目標

本事業は、適用対象を家庭用、業務用、産業用とし、特に家庭用および業務用を重視する。いずれの適用対象についても、現状システムに比べて、1.5倍以上の効率を有するヒートポンプシステムを実現するための基盤技術開発を行うとともに、その性能を実機により確認する。ただし、産業用における高温を生成するヒートポンプシステム（120℃級を生成するシステム）に関しては、現状システムに比べて、1.3倍以上の効率を有することができればよいこととする。なお、これまでに実現されていない高温を生成するヒートポンプシステム（180℃級を生成するシステム）に関しては、現状加温システム（ボイラシステムなど）以上の効率が見込めるものとし、システムの実現可能性の可否も含めた技術課題を明確にすることを目標とする。