

「次世代低 GWP 冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」

基本計画

サーキュラーエコノミー部

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

オゾン層保護の観点から特定フロン(CFC、HCFC)の代替として開発された4ガス(HFC、PFC、SF₆、NF₃)は、大気中に長期間に亘って安定に存在し、かつ極めて高い温室効果を有する化合物であることから、京都議定書及びパリ協定において排出削減対象ガスに指定され、排出削減のための対策が進められているところである。また、機器使用中・廃棄時の冷媒の漏れを完全にゼロにすることは極めて困難であるため、排出量削減の根本的な対策としては、地球温暖化への影響が極めて少ない冷媒（以下「次世代冷媒」という。）への転換が有効であると考えられている。特に、代替フロン(HFC)が使用されている冷凍空調機器は、一旦市場に出荷されれば十数年にわたり排出源として温暖化に悪影響を及ぼすため、一刻も早く冷媒転換技術を開発し、市場投入を図ることが不可欠である。

さらに、2016年10月に採択されたHFCの生産及び消費量の段階的削減義務を定める旨のモントリオール議定書の改正（以下「キガリ改正」という。）において、先進国は、HFC生産・消費量を2011-2013年の平均数量から最終的には2036年までに85%を段階的に削減する目標が定められており、既存冷媒物質の継続使用ではこの目標を達成できないことが予想されている。このことから、次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の早期開発が必須の状況となっている。

②我が国の状況

我が国はこれまで代替フロン等4ガスの排出抑制に努めるとともに、温室効果がより小さい代替物質の開発・普及と設備等の導入を推進してきた。

HFCの排出抑制対策の一つとして、2015年4月に「フロン排出抑制法」が施行され、2022年10月時点で冷凍空調関連分野の14区分の製品を指定製品として、地球温暖化係数（GWP^{*}）の目標値と目標年度を設定し、HFCを含むフロン類の排出量削減を促進している。また、同法においては、我が国におけるフロン対策に関する研究開発の推進が謳われている。

また、2019年1月のキガリ改正発効によるHFCの生産量・消費量の削減義務の履行を国内で担保するため、HFCの製造及び輸入を規制する等の措置を講じた「オゾン層保護法」が改正、施行されている。本法では、HFCの生産量・消費量の限度を定めて段階的削減を推進していくとしている。また、法運用において、HFC削減に寄与する画期的な低GWP冷媒の製造等に対するインセンティブの付与や次世代冷媒を活用した機器の開発・導入を促すこととされている。

更に、2020年10月には総理より2050年カーボンニュートラルが宣言され、我が国の温室効果ガス排出量を2050年までに実質ゼロにすることが求められた。さらに2021年4月には、2030年度において、2013年度比で温室効果ガス46%削減を目指すこと、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けることが表明された。これらを踏まえ、2021年5月にはパリ協定と共に2050年カーボンニュートラルを基本理念とすることを定めた「改正地球温暖化対策推進法」が成立、同10月には同理念に基づく「地球温暖化対策計画」及び「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定された。「地球温暖化対策計画」の中で、2030年度のHFCの排出量については、2013年度比で55%削減（従来目標は32.7%削減）という高い目標が掲げられている。また、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」の中で、HFCの排出抑制対策は喫緊の課題であるとし、2050年のカーボンニュートラル実現に向けてHFCの排出量の増加傾向を早期に減少に転じさせ、フロン類の段階的な削減を着実に進めるとともに中長期的にはフロン類の廃絶を目指すことが示されている。

こうした状況の中、これまで、冷凍空調分野に対しては「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」事業（2011～2015年度）において、業務用空調機器分野等を対象として冷媒転換の技術開発を行った。また、「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」事業（2016～2017年度）では、家庭用空調機器を対象として、高効率を実現しつつ低温室効果冷媒及び適用空調機器の基盤要素技術開発を実施した。また、「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発」事業（2018～2022年度）では、業務用冷凍冷蔵機器及び家庭用空調機器を主とする中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の安全性・リスク評価手法を確立する研究開発、並びに次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発を実施した。

※ GWP:地球温暖化係数 (Global Warming Potential) の略。CO₂の温室効果の大きさを基準 (1.0) として、同量・同期間における温室効果の大きさを相対比較した値。

③世界の取組状況

キガリ改正においては、新たにHFCの生産量・消費量の段階的削減義務が定められ、先進国及び開発途上国を問わず、HFCの生産量・消費量の削減スケジュールについて対応を迫られている状況にある。

欧州では、2006年に、HFC、PFC、SF₆、NF₃といったフッ素を含むガスの排出抑制を目的とするいわゆるF-gas規制^{*}が欧州議会において制定された。さらに、2030年までにF-gasの漏えいを現状の2/3のレベルにまで減らすこと及び環境に優しい冷媒が開発された分野ではF-gasを使用する機器の販売を禁止することを目標に、欧州で販売されるHFCの年間総量（各冷媒の販売量にGWPを掛けて総和をとった等価CO₂量）を2030年には現状の1/5にまで削減することを加えた改正F-gas規制が2014年に発効した。2022年現在、更なる規制強化のための見直しが行われている。

※Regulation on Fluorinated Greenhouse gases

米国は従来から州毎の取り組みが進んでいるが、2021年1月の政権交代によりパリ協定に正式復帰しキガリ改正を受入れた。EPA（米国環境保護庁）は、AIM（American Innovation and Manufacturing Leadership）Act に基づき、HFCの製造、輸入の割当、取引プログラム等の規定を発表し、2022年1月以降施行されている。HFCの削減は2036年に85%減としており、これはキガリ改正のスケジュールと同等となっている。また関連企業への開発支援、補助金などの制度を導入し、費用と利益面での検討を実施している。

こうした世界的なHFC削減意識の高まりの一方で、現在代替候補となっている次世代冷媒は、いずれも従来のHFC冷媒適用機器と同等の機器性能を維持、あるいはそれ以上の性能とするための技術的ハードルが高く、さらに安全性においても課題（燃焼性、化学的不安定性等）がある事等の理由から、世界的に次世代冷媒適用冷凍空調機器は実用化に至っていない。

④本事業のねらい

キガリ改正の結果、先進国は2036年までにHFCの生産及び消費量をGWP換算値で段階的に85%削減する目標が示されたが、現在普及している冷媒だけではこの目標を達成する

のは困難と考えられる。更に2050カーボンニュートラルに向けてはその排出量を実質ゼロにすることが求められている。温室効果ガスの中で排出量が増加傾向にある代替フロンの排出抑制対策は喫緊の課題であり、とりわけ代替フロンの代わる次世代冷媒・機器の技術開発と社会実装の加速が急務となっている。

冷凍機器のうち、家庭用冷凍冷蔵庫においては既に適用されている燃焼性の高い冷媒の安全性評価が十分に行われ、低GWP冷媒への転換が進んでいるが、業務用小型冷凍冷蔵庫機器等に対しては、次世代冷媒候補の使用に必要な安全対策の技術開発や安全性・リスク評価手法が確立していないことなどから、依然としてHFC冷媒が使用されている。また、市中冷媒ストック量が多く、大気中への漏えい源としても影響が大きい家庭用・業務用空調機に対する次世代の適切な冷媒候補は未だ開発途上である。

こうした状況をふまえ、本事業では代替冷媒の決まっていない家庭用空調機等を対象に、新たな混合冷媒のスクリーニングから適用技術の開発・評価までを一気通貫で実施し、適用機器設計指針の基盤技術を確立する。また、家庭用・業務用空調機、業務用冷凍冷蔵庫機器を対象とした次世代低GWP冷媒適用機器の普及に必要な要素機器・周辺機器の技術開発により、民間企業による次世代低GWP冷媒及び、その適用機器の早期開発・上市を促す。

（２）研究開発の目標

①アウトプット目標

2022年度までに実施した事業では、低GWP性を有するHF0冷媒の基本的な熱物性値とサイクル性能等のデータ収集により、混合冷媒開発の方向性について見通しを得た。また、HF0冷媒の欠点である自己分解反応を抑制する手法についても一定の知見が得られている。しかしながら低GWP、安全性、機器に適用した場合に現行と遜色のないサイクル性能、の全てを具備する冷媒は見つかっていない。

本事業ではこれまでの研究開発の知見を踏まえ、市中冷媒ストック量の多い家庭用空調機を対象とした実装可能なHF0混合冷媒候補を早期に絞り込むとともに、熱交換器、圧縮機など、HF0混合冷媒に対応した要素機器の開発に資する基盤技術の開発（伝熱促進技術、圧縮特性の解明等）、および安全性や環境影響の評価を行うモデルや評価手法などの開発を行う。

また、これまでの関連研究開発事業の成果や、前述の家庭用空調機を対象とした冷媒・空調機器要素技術の知見を展開し、業務用冷凍空調機等、HF0混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器技術開発の加速化を図る。

【中間目標（2025年度）】

研究開発項目① 「家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価」

- 1) これまでのプロジェクトの知見をベースに、研究効率化のための手法（例えば AI 技術や DX 技術）を取り入れ、低 GWP・安全性・性能を考慮した次世代冷媒としての HF0 混合冷媒候補の絞り込みを行う。この結果得られた有力な混合冷媒について物性等の詳細な評価を累計 15 件以上実施し、基本物性データを整備する。
- 2) 1) で得られた基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐え得るデータを 1 種類以上取得する。
- 3) HF0 混合冷媒の伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発（例えば流路形状や構造の最適化）により冷媒に対応する熱交換器の設計指針案を作成する。
- 4) 冷凍機油・冷媒混合物の冷媒溶解・潤滑特性の解明により、HF0 混合冷媒に適した冷凍機油の提案を行う。
- 5) HF0 混合冷媒の圧縮特性（組成変化が圧縮性能に与える影響）を解明し、対応する圧縮機の設計指針案を作成する。
- 6) HF0 混合冷媒の安全性や環境影響に関する評価を行うため、HF0 混合冷媒の着火・爆発に関するモデル化、燃焼特性の解明、自己分解反応の評価方法、および LCCP(ライフサイクル温暖化特性) 等の評価手法を確立する。
- 7) 1) ～ 6) の研究と並行し、空調サイクル全体として総合的に性能評価が出来る試験装置を製作する。

研究開発項目② 「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

これまでの関連研究開発事業の成果や、本事業における家庭用空調機を対象とした冷媒・空調要素技術の知見を展開し、次世代低 GWP 冷媒に対応するとともに現状市販フロン品と同等以上の性能(COP、APF 等※)を実現する要素機器及び周辺機器の技術開発の道筋をつける。

※ COP:成績係数 (Coefficient Of Performance) の略。冷暖房器具のエネルギー消費効率を示す係数で、消費電力 1kW に対しての機器の冷却能力、暖房(加熱)能力を表したものの。

APF:通年エネルギー消費効率 (Annual Performance Factor) の略。1 年を通して、ある一定条件のもとに空調機を使用した時の消費電力 1kW あたりの冷房・暖房能力を表したものの。

【最終目標（2027 年度）】

研究開発項目① 「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

中間評価結果を踏まえ、混合冷媒の燃焼特性の解明、及び実用化可能性の高い HF0 混合冷媒の提案、当該冷媒の物性及び当該冷媒に対応した要素機器の設計指針の確立を図る。

- 1) 中間目標 1) に引き続き、物性等の評価を累計 25 件以上実施し、基本物性データを整備する。この評価を基に、HF0 混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発する。
- 2) 中間目標 1) ～ 6) に記した開発成果を、7) で作成した試験機により検証しつつ、各研究開発にフィードバックしながら改善を図ることで、企業の速やかな製品開発に貢献する低 GWP・安全性・性能を考慮した候補冷媒及び冷凍機油の提案、当該混合冷媒の燃焼特性、自己分解反応機構の解明、ならびに候補冷媒に対応し、安全かつ現行機器並みのサイクル性能に資する熱交換器・圧縮機の設計指針を確立する。候補冷媒のサイクル性能をシミュレーション技術により適切に評価し、候補冷媒の一部に自己分解反応を起こす可能性のある冷媒を含む場合には、その発生を十分に回避する組成やシステムを提案し、国際的な普及に資する成果公表を行う。
- 3) HF0 混合冷媒の基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐え得るデータを 3 種類以上取得する。また、安全性・リスク評価手法等について、空調機器の安全性に係る国際規格等 3 件以上の国際標準の改正の提案に必要となるデータを取得する。（具体的な国際規格、国際標準の例については 5.-(1)-②を参照）

研究開発項目② 「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

中間目標の成果を元に技術開発を行い、次世代低 GWP 混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器の技術を確立する。

なお、中間目標、最終目標等については、研究開発費の確保状況、研究開発の進捗状況、産業への波及効果等を総合的に勘案し、適宜見直しを行う。

② アウトカム目標

- 1) 本事業による開発成果を踏まえ、安全で低 GWP の次世代冷媒に対応し、かつ年間消費電力量で現行機器と同等以上の省エネを達成する機器の開発に貢献する。その後、次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器が 2030 年頃より上市されることによって、モントリオール議定書キガリ改正における日本の HFC 生産・消費量削減目標（2036 年までに 85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における 2050 カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。
- 2) 途上国におけるキガリ改正の削減義務が厳しくなる 2040 年代（2047 年までに 85%削減）に、日本発の技術が普及することによって、途上国の HFC 削減目標達

成及び日本企業の世界市場におけるシェア拡大に貢献し、次世代混合冷媒の市場規模 630 億円の拡大を目指す。

③ アウトカム目標達成に向けての取り組み

本事業では、国内外の企業や市場のニーズ・技術動向・規制規格・特許動向等の各種情報把握とそれらも踏まえたプロジェクトマネジメントの実施、また、アウトプットやアウトカム目標の考え方についてのわかりやすい説明を行うと同時に、アウトカム目標達成に資する取り組みとして、例えば標準化活動を促すために、得られた情報やプロジェクトの成果を必要に応じ国内審議団体へ提供したり、進捗・成果について積極的な広報活動を行うなど、プロジェクト周辺のステークホルダーへの働きかけを試みる。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために以下の研究開発項目について、別紙 1 の研究開発計画及び別紙 2 の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

【委託事業】

研究開発項目① 家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価

上記研究開発項目は、次世代冷媒、及び次世代冷媒に対応する冷凍空調機器要素技術の開発と安全性評価手法の確立を目的としており、我が国の冷凍空調産業界全体にとって高い共通基盤性を有する研究であり、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うことが見込めない「公共財の研究開発」事業として、委託事業を実施する。

【補助事業（補助率：1／2）】

研究開発項目② 低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発

上記研究開発項目は、既に民間企業等が主要な技術やノウハウ等を所有している技術について、ユーザーサイドのニーズをくみ取ることにより開発終了後の事業化計画を明確にして、実用化及び普及化の研究を行う。本開発終了後、数年以内に製品化を想定できるものを対象とする。これらは、補助事業（補助率：1／2）として実施する。

2. 研究開発の実施方式

（１）研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下「PMgr」という。）は、事業の成果・効果を最大化させるため、実務責任者として担当事業全体の進行を計画・管理し、事業遂行にかかる業務を統括する。

NEDOは公募により研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に関し国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOはプロジェクトリーダー（以下「PL」という。）、サブプロジェクトリーダー（以下「SPL」という。）を委嘱する。PLは、PMgrの指示の下、プロジェクトに参画する実施者の研究開発を主導する。SPLは、専門的見地からPLを補佐する。

（２）研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgrは、PL、SPL及び研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。具体的には、年１回以上PL・SPL等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受け、必要に応じて、NEDOに設置する技術検討委員会等を開催し、外部有識者の意見を参考として、選択と集中により優秀な技術を短期間に育成するマネジメントを行う（例えば、成果が得られた時点で、標準化事業など次ステップへの転出を奨励する。反面、期間内に成果が見込めないと判断された事業は研究開発途中であっても中止するなど。）

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr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。なお、調査の効率化の観点から、必要に応じて本プロジェクトにおける委託事業として実施する。

③ 研究開発テーマの評価

研究開発を効率的に推進するため、研究開発項目①及び②を対象として、ステージゲート方式を適用する。

PMgr は、外部有識者による審査を活用し、2026 年度以降の研究開発テーマの継続是非を 2025 年度に決定する。

④ NEDO 特別講座およびその他付帯業務等の委託事業による実施

本事業の成果普及に資する人材育成、人的交流等に係る取り組みおよび国際標準化に向けた知的基盤整備として、NEDO 特別講座およびその他付帯業務等を実施する。その他付帯業務等としては、プロジェクトの方針策定のための情報収集、成果整理（報告書・レポート取りまとめ）・情報発信（国際会議開催を含む）、プロジェクト内の会議体運営（全体会議、各研究グループ単位会議やグループ間連携会議）が含まれ、NEDO 特別講座と一体的に実施する。また、企業・大学におけるプロジェクト成果の実用化や普及の加速に資するこれらの業務をシームレスにとりまとめる必要があり、一社による委託事業として実施する。なお、本取組は基本計画で掲げる研究開発の実施期間終了後も継続して 1 年間実施するものとする。

（３）その他

本プロジェクトは非連続ナショナルプロジェクトとして取扱う

３．研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、2023 年度から 2027 年度までの 5 年間とする。

４．評価に関する事項

N E D O は技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を 2025 年度、終了時評価を 2028 年度とし、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等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取り扱い

① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDO は、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

② 標準化施策等との連携

得られた研究開発の成果については、データベースへのデータの提供、規格・標準の提案等に積極的に活用する※と共に、内容を公開し国内外の基準（標準）形成に資することとする。

※ 次世代冷媒の社会実装に必要な国際規格、国際標準としてはISO5149（機器）、ISO817（冷媒物性）、IEC60335-2-40（空調）、IEC60335-2-89（冷凍冷蔵）、ASHRAE34（冷媒物性）、ASHRAE15（機器）が想定される。また、国際データベースでは、NIST（アメリカ国立標準技術研究所）が作成する冷媒熱物性データベースソフトウェア；REFPROPが想定される。

③ 知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発委託事業の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・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、すべて委託先に帰属させることとする。なお、基盤技術の研究開発段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

④ 知財マネジメントに係る運用

本事業は、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

⑤ データマネジメントに係る運用

本事業は、「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

(2) 基本計画の変更

PMgrは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総

合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本事業は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 号二、第 3 号及び第 9 号に基づき実施する。

(4) その他

本事業の実施を通じて、イノベーションの担い手として重要な若手研究員及び女性研究員の育成等を支援することとする。

本事業は、交付金インセンティブ制度を活用することとする。当該事業における具体的運用等は公募を経て採択された実施者に提示する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 2023 年 1 月、制定

(2) 2024 年 7 月、部署名の変更に伴う改訂。

(3) 2025 年 7 月、NEDO 特別講座の実施に伴う改訂。

(3) 2025 年 12 月、中間評価結果の反映および NEDO 特別講座の記載変更に伴う改訂。

(別紙 1) 研究開発計画

1. 研究開発の必要性

2016 年のモントリオール議定書キガリ改正において、温室効果の高い代替フロン(HFC) が規制対象物質に追加されたことにより、我が国を含む先進国は 2036 年までに HFC を 85%削減することが求められている。また 2050 年のカーボンニュートラルの実現に向け、冷凍・空調機器等由来の GHG (温室効果ガス) 抑制も喫緊の課題となっている。

しかしながらこれらの課題を解決する低 GWP (地球温暖化係数) ・安全性・性能を備えた冷媒・機器は実用化されていない。早期に低 GWP 混合冷媒の絞り込みや適用機器要素技術、安全性・環境性等の評価等についての開発を行い、低 GWP 混合冷媒及び適用機器の省エネ等の技術実用化に目処をつけることが必要である。

2. 研究開発の具体的内容

研究開発項目① 「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

(1) 低 GWP 混合冷媒の開発及び熱物性等評価

- ・低 GWP ・安全性・性能を発揮できるこれまでにない混合冷媒を開発するため、最適な混合冷媒の成分及び組成を早期に絞り込み、当該混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発する。

(2) 低 GWP 混合冷媒に対応した機器の要素技術開発のための評価

- ・沸点が異なる混合冷媒の熱交換において、気液界面で発生する伝熱の劣化や気液各相の成分変化に起因する熱交換器性能の低下が生じることを踏まえた、新規流路形状・構造、混合冷媒の熱流動特性等を考慮した革新的な伝熱促進技術を開発するための試験及び評価を行う。

- ・組成変化する混合冷媒に対応した冷凍機油及び圧縮機の要素技術の開発に資する冷凍機油/冷媒混合物の冷媒溶解・潤滑特性及び混合冷媒の圧縮特性の解明を行う。

- ・(1) 等により収集した精度の高い熱物性情報・伝熱性能情報を用いた混合冷媒の最適組成探索技術を開発する。

(3) 低 GWP 混合冷媒対応空調機器の安全性評価及び全体システム評価手法開発

- ・国内外の規制・標準・市場などの動向を踏まえつつ、混合冷媒の着火、爆発等に関するモデル化、燃焼特性の解明、LCCP(ライフサイクル温暖化特性) 等に関する評価手法の開発を行い、評価結果を各課題にフィードバックすることで全体システムの最適化及び高度化を図る。

研究開発項目② 「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

家庭用/業務用エアコン及び冷蔵・冷凍ショーケース等について、これまでの関連研究開発事業の成果や、研究開発項目①に基づく冷媒・空調要素技術の知見を展開し、次世代低 GWP 冷媒に対応する要素機器及び周辺機器技術開発の加速化を図る。

3. 達成目標

【中間目標（2025 年度）】

研究開発項目① 「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

- 1) これまでのプロジェクトの知見をベースに、研究効率化のための手法（例えば AI 技術や DX 技術）を取り入れ、低 GWP・安全性・性能を考慮した次世代冷媒としての HF0 混合冷媒候補の絞り込みを行う。この結果得られた有力な混合冷媒について物性や燃焼特性等々の詳細な評価を累計 15 件以上実施し、基本物性データを整備する。
- 2) 1) で得られた基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを 1 種類以上取得する。
- 3) HF0 混合冷媒の伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発（例えば流路形状や構造の最適化）により冷媒に対応する熱交換器の設計指針案を作成する。
- 4) 冷凍機油・冷媒混合物の冷媒溶解・潤滑特性の解明により、HF0 混合冷媒に適した冷凍機油の提案を行う。
- 5) HF0 混合冷媒の圧縮特性（組成変化が圧縮性能に与える影響）を解明し、対応する圧縮機の設計指針案を作成する。
- 6) HF0 混合冷媒の安全性や環境影響に関する評価を行うため、HF0 混合冷媒の着火・爆発に関するモデル化、燃焼特性の解明、自己分解反応の評価方法、および LCCP（ライフサイクル温暖化特性）等の評価手法を確立する。
- 7) 1) ～ 6) の研究と並行し、空調サイクル全体として総合的に性能評価が出来る試験装置を製作する。

研究開発項目② 「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

これまでの関連研究開発事業の成果や、本事業における家庭用空調機を対象とした冷媒・空調要素技術の知見を展開し、次世代低 GWP 冷媒に対応するとともに現状市販フロン品と同等以上の性能(COP、APF 等)を実現する要素機器及び周辺機器の技術開発の道筋をつける。

【最終目標（2027 年度）】

研究開発項目① 「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

中間評価結果を踏まえ、混合冷媒の燃焼特性の解明、及び実用化可能性の高い HF0 混合冷媒の提案、当該冷媒の物性及び当該冷媒に対応した要素機器の設計指針の確立を図る。

- 1) 中間目標 1) に引き続き、物性等の評価を累計 25 件以上実施し、基本物性データを整備する。この評価を基に、HF0 混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発する。
- 2) 中間目標 1) ～ 6) に記した開発成果を、7) で作成した試験機により検証しつつ、各研究開発にフィードバックしながら改善を図ることで、企業の速やかな製品開発に貢献する候補冷媒及び冷凍機油の提案、当該混合冷媒の燃焼特性、自己分解反応機構の解明、ならびに候補冷媒に対応した熱交換器・圧縮機の設計指針を確立する。
- 3) HF0 混合冷媒の基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを 3 種類以上取得する。また、安全性・リスク評価手法等について、空調機器の安全性に係る国際規格等 3 件以上の国際標準の改正の提案に必要なデータを取得する。（具体的な国際規格、国際標準の例については 5.- (1)-②を参照）

研究開発項目② 「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

中間目標の成果を元に技術開発を行い、次世代低 GWP 混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器の技術を確立する。

なお、中間目標、最終目標等については、研究開発費の確保状況、研究開発の進捗状況、産業への波及効果等を総合的に勘案し、適宜見直しを行う。

以上

(別紙2) 研究開発スケジュール

	2023	2024	2025	2026	2027	2028
研究開発項目① 「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」						
研究開発項目② 「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」						
評価時期			中間評価・ステージゲート			終了時評価