

「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」

事業原簿

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 サーキュラーエコノミー部
-----	---

更新履歴

更新日	更新内容
2025 年 5 月 12 日	初版発行

目次

概 要	1
●プロジェクト用語集	1-1
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	1-6
1.1. 事業の位置づけ・意義	1-6
1.2. アウトカム達成までの道筋	1-11
1.3. 知的財産・標準化戦略	1-11
2. 目標及び達成状況	2-1
2.1. アウトカム目標及び達成見込み	2-1
2.2. アウトプット目標及び達成状況	2-2
3. マネジメント	3-1
3.1. 実施体制	3-1
3.2. 受益者負担の考え方	3-4
3.3. 研究開発計画	3-4
4. 目標及び達成状況の詳細	4-1
4.1. 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	4-1
4.1.1. 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／低 GWP 混合冷媒の特性評価（国立大学法人九州大学、学校法人中村産業学園九州産業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社エイソス）	4-1
4.1.2. 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／混合冷媒に対応する要素技術開発（国立大学法人佐賀大学、国立大学法人神戸大学、国立大学法人静岡大学）	4-12
4.1.3. 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価（一般財団法人電力中央研究所、公立大学法人公立諏訪東京理科大学）	4-23
4.1.4. 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒のシステム評価手法開発（学校法人早稲田大学）	4-31
4.2. 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	4-39
4.2.1. グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発（日立空調清水株式会社）	4-39
添付資料	1
●プロジェクト基本計画	1
●関連する施策や技術戦略	9
●プロジェクト開始時関連資料	12
●各種委員会開催リスト	15
●特許論文等リスト	16

概 要

プロジェクト名	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 METI 予算要求名称：グリーン冷媒・機器開発事業	プロジェクト番号	P23001
担当推進部/ プロジェクトマネージャーまたは担当者及び METI 担当課	サーキュラーエコノミー部 森 智和チーム長（令和7年4月現在） 経済産業省 大臣官房 産業保安・安全グループ 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室		
0. 事業の概要	・代替冷媒候補の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機器要素技術の開発までを委託事業で一気通貫で実施する。（研究開発項目①） ・得られた成果・知見を展開し、家庭用／業務用空調機、業務用冷凍冷蔵機の要素機器・周辺機器開発を助成事業で実施する。（研究開発項目②）		
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	冷凍空調機器の冷媒等に使用されてきた特定フロンはオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書の規制対象になり、オゾン層を破壊しない代替フロン等4ガスへの転換が進んでいる。一方で、代替フロン等4ガスは温室効果が大きい点が問題となっている。モントリオール議定書キガリ改正に基づき、2034年及び36年までにHFC(代替フロン)の使用をそれぞれ80%及び85%以上削減することが求められ、また、2050年のCN実現に備え、冷凍・空調機器等由来のGHG抑制も必要。そこで本プロジェクトでは、早期にHF0新混合冷媒候補の組成・物性を決定するとともに、これを使用する家庭用空調機器、および業務用空調・冷蔵機器等の要素技術開発の加速化を図る。		
1.2 アウトカム達成までの道筋	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。		
1.3 知的財産・標準化戦略	知財コーディネーターの指導の下、オープン戦略として、研究成果としての各種基盤データについて、ステークホルダーと連携し冷媒・機器の国内・国際規格・ルール対応を進めると共に、国内メーカーに公開し、国産HF0系冷媒、およびその適用機器の普及と市場の拡大を図る。クローズ戦略として、低GWP混合冷媒及び空調要素機器の開発成果を特許・ノウハウ化して開発主体の利益を確保する。各社は当該データと自社技術・ノウハウを活用し製品開発し、上市加速化とシェア拡大を進める。		
2. 目標及び達成状況			
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	本事業による成果を通じて次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の実装を加速することで、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。		
2.2 アウトプット目標及び達成状況	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）物性や燃焼特性等の評価を累計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。併せて、当該混合冷媒の燃焼特性を解明する。（当初中間目標以上の成果を上げている） 2）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、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。（当初中間目標を達成） 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。（当初中間目標を達成） 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」 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。（当初中間目標を達成し、前倒しで進捗している）		
3. マネジメント			
3.1 実施体制	プロジェクトマネージャー	森 智和（サーキュラーエコノミー部）	

	プロジェクトリーダー	飛原 英治（東京大学名誉教授）				
	委託先	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 【委託先】九州大学、九州産業大学、（国研）産業技術総合研究所、株式会社エイゾス、佐賀大学、神戸大学、静岡大学、（一財）電力中央研究所、公立諏訪東京理科大学、早稲田大学 【再委託先】（国研）産業技術総合研究所、長崎大学、東京海洋大学、株式会社 UACJ、大阪電気通信大学、アドバンスコンポジット株式会社、AGC 株式会社、ダイキン工業株式会社、電気通信大学 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 【助成先】日立空調清水株式会社				
3.2 受益者負担の考え方	受益者負担の考え方 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。 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、助成事業（助成率：1/2）として実施する。					
	主な実施事項	2023fy	2024fy	2025fy		
	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	委託 100%	委託 100%	委託 100%		
	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	助成 50%	助成 50%	助成 50%		
3.3 研究開発計画						
事業費推移 [単位:百万円]	主な実施事項	2023fy	2024fy	2025fy		総額
	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	381	550	479		1410
	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	20	23	33		75
	事業費	2023fy	2024fy	2025fy		総額
	会計（特別）	401	514	512		1,427

		追加予算		59		59	
		総 NEDO 負担額	401	573	512	1,486	
	情勢変化への対応	業界団体（日本冷凍空調工業会）からのヒアリングを通して見えてきた課題に対し、必要となる追加施策を期中加速により対応した。					
	中間評価結果への対応						
	評価に関する事項	事前評価	2022 年度実施 担当部 環境部				
中間評価		2025 年度 中間評価実施					
終了時評価		2028 年度 終了時評価実施予定					
別添							
	投稿論文	「査読付き」19 件、「その他」1 件					
	特 許	「出願済」9 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 7 件） 特記事項：2025 年 3 月現在					
	その他の外部発表 （プレス発表等）	「外部講演」57 件 「受賞実績」1 件 「新聞・雑誌等への掲載」3 件 「その他メディア」3 件					
	基本計画に関する事項	作成時期	2023 年 1 月 作成				
		変更履歴	2024 年 7 月 改訂（部署名の変更に伴う改訂）				

●プロジェクト用語集

APF	Annual Performance Factor（通年エネルギー消費効率）：1年を通して、ある一定条件のもとにエアコンを使用した時の消費電力1kWhあたりの冷房・暖房能力を表したものの。
ASHRAE	American Society of Heating、Refrigerating and Air-Conditioning Engineers（アメリカ暖房冷凍空調学会）：暖房、換気、空調、冷凍など（空気調和、HVAC&R）に関わるあらゆる個人や団体のための国際的学会。冷媒の安全性に係る規格（毒性、燃焼性など）も作成している。ASHRAE34は冷媒に関する規格。
CFC(CFCs)	CFC（クロロフルオロカーボン）：フロン的一种。冷媒、発泡剤、洗浄剤等として使用される。オゾン層破壊物質であり、モントリオール議定書の規制対象物質。また、強力な温室効果ガスでもある。先進国では1995年末に生産・消費が全廃されており、開発途上国でも2009年末に生産・消費が全廃された。
COP	Coefficient Of Performance（成績係数（動作係数））：冷暖房器具のエネルギー消費効率をチェックするための係数のこと。消費電力1kWに対しての機器の冷却能力、暖房（加熱）能力を示す。
COP3(4,・・・)	Conference of the Parties（締約国会議）：気候変動枠組条約に基づき、温室効果ガスの排出量を削減するために開催されている会議。1997年12月に京都で開催されたものがCOP3(第3回)であり、COP3で採択された京都議定書では、地球温暖化問題に対して21世紀以降、人類が中長期的にどのように取り組んでいくのかという道筋の第一歩が定められ、この仕組みを京都メカニズムと呼んでいる。
Fガス規制	欧州では、京都議定書中のHFC（ハイドロフルオロカーボン）、PFC（パーフルオロカーボン）、SF ₆ （六フッ化硫黄）をFガスと呼んでいる。Fガス規制はこれらのガスを規制するもので、欧州において2006年6月に公布、7月4日から施行されている。
GHG	Green House Gas：温室効果ガスのこと。
GWP	Global Warming Potential（地球温暖化係数）：二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素などの各種の温室効果ガス毎に定められる、温室効果の程度を示す値。二酸化炭素のGWPを1とする。別表参照。
HCFC(HCFCs)	HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）：フロン的一种。オゾン層破壊物質であり、モントリオール議定書の規制対象物質。オゾン層破壊係数はCFCよりも小さい。また、強力な温室効果ガスでもある。先進国では2020年までに、また開発途上国でも2030年までに、生産・消費が全廃される予定。
HFC(HFCs)	HFC（ハイドロフルオロカーボン）：CFCやHCFCの代替物質として使用が増えている。オゾン層破壊効果はないものの強力な温室効果ガスであり、京都議定書において排出削減の対象となっている。
HF0(-1234yf, -1234ze(E)等)	HF0（ハイドロ・フルオロ・オレフィン）：フロン的一种。水とフッ素または二フッ化酸素が反応して生成する極めて不安定な化合物で、すぐにフッ化水素と酸素に分解する。オゾン層を破壊せず、GWPも1等と極めて低い。
IEC	International Electrotechnical Commission（国際電気標準会議）：電気工学、電子工学、および関連した技術を扱う国際的な標準化団体。その標準の一部は国際標準化機構(ISO)と共同で開発されている。IEC60335-2-40はエアコンに関する基準。
ISO	International Organization for Standardization（国際標準化機構）：電気分野を除く工業分野の国際的な標準である国際規格を策定するための民間の非政府組織。ISO5149は冷凍空調機器に関する基準、ISO817は冷媒の安全等級等に関する基準。

LCCP	Life Cycle Climate Performance（製品寿命気候負荷）：生産から使用、廃棄段階におけるトータルの冷媒漏洩とエネルギー消費（燃費）の影響を加味した環境影響評価手法。
ODP	Ozon Depletion Potential（オゾン破壊係数）：オゾン層を破壊する力を定数値化した値。R11（CFC）を1.0として、同一質量の他の物質が放出されたときのオゾンへの影響（破壊すると考えられる能力）を相対値で示すもの。別表参照。
PFAS	有機フッ素化合物のうち、ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物を総称して「PFAS」と呼び、1万種類以上の物質があるとされている。
PFAS規制	PFASの中でも、PFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）、PFOA（ペルフルオロオクタン酸）は、難分解性、高蓄積性、長距離移動性という性質から、人体や環境への影響が懸念されており、国内外で規制やリスク管理に関する取り組みが進められている。 一方で規制対象のPFASをより広く定義する動きがあり、その中でHF0の大気中分解生成物であるTFA（トリフルオロ酢酸）もPFASに含まれるとして、制約対象とすべきかどうかの議論がなされている。
R～（ex. R410A）	フロンに付けられている物質番号（冷媒番号）。別表参照。
RAC	Room Air Conditioner：家庭用室内エアコンの略称。
REFPROP	アメリカ 国立標準技術研究所（NIST）が作成する、冷媒物性データベースの標準版として現在流通しているソフトウェア。
アキュムレーター	圧縮機の吸込み蒸気配管に取り付ける液分離器。吸込み蒸気中に混在した冷媒液を分離し蒸気だけを圧縮機に吸い込ませることで、液圧縮を防止し圧縮機を保護する。
オゾン層	地球の大気中でオゾンの濃度が高い部分のこと。オゾンは、地上から約10～50kmほどの成層圏に多く存在し、特に地上20～25kmの高さで最も密度が高くなる。太陽からの有害な紫外線の多くを吸収し、地上の生態系を保護する役割を果たしている。
オゾン層保護法	モントリオール議定書の国内担保措置として、国内における特定フロンの製造や輸入を規制している。キガリ改正を受けて、2018年に本法を改正し、HFCについても国内における生産・消費を規制することとなった。
温度すべり （温度勾配、温度グライド）	非共沸混合冷媒では、液相、気相での組成が異なるため、熱交換器での蒸発（または凝縮）開始温度と終了温度が異なる。これを温度すべり（温度勾配、温度グライド）という。
キガリ改正	キガリとは、ルワンダの首都キガリのことで、2016年のモントリオール議定書第28回締約国会合（MOP28）開催地。その会合でモントリオール議定書改正が採択されたことに因んで、その改正は「キガリ改正」と呼ばれる。
京都議定書	1997年に京都で開催されたCOP3において採択された議定書。2005年2月に発効した。二酸化炭素（CO ₂ ）など6種類の温室効果ガスを先進国全体で削減することを義務づけるとともに、排出量取引などの京都メカニズムや森林吸収源の算定などを盛り込んでいる。
京都議定書目標達成計画	地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法）に基づき、京都議定書発効の際、温室効果ガス6%削減約束を確実に達成するために必要な措置を定めるものとして作成された計画のこと。
高圧ガス保安法	高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、輸入、移動、消費、廃棄等を規制するとともに、民間事業者及び高圧ガス保安協会による高圧ガスに関する自主的な活動を促進し、公共の安全を確保することを目的とする法律。本法律の一般高圧ガス保安規則によれば、HF0-1234yfは可燃性ガスに分類される。

コンデンシングユニット	一般的には、圧縮機、凝縮器、受液器等をユニット化した冷媒再液化装置（蒸発器は含まれない）のこと。冷凍冷蔵設備としては半製品であり、ユーザーが別置型ショーケースやクーリングユニットと組み合わせることで、冷凍・冷蔵・産業空調等の幅広い用途に使用可能。
自然冷媒	人工的に化学合成されたものではなく、もともと自然界に存在し生成から消滅までの循環サイクルがすでに確立されている物質を冷媒として使用する場合、このような冷媒を自然冷媒と呼ぶ。アンモニア、プロパン、ブタンなどの炭化水素、炭酸ガス、空気、水、等がある。別表参照。
次世代冷媒	地球温暖化への影響が極めて少ない冷媒
消炎距離	混合気中を火炎が伝播するとき、火炎が固体壁へ近づくと、壁に熱を奪われて、ある距離以下にまでは近づけず、そこで消炎が起こる。壁近傍の、この火炎伝播が阻害される領域の厚みのこと。通常、平板を向かい合わせにした配置での間隔で議論する。
ショーケース	スーパーマーケット、コンビニエンスストア等において冷凍・冷蔵が必要な商品の陳列に使用する冷凍冷蔵ショーケースのこと。「冷凍機別置型」と「冷凍機内蔵型」がある。
代替フロン	特定フロンの代替として産業利用されている合成化合物のこと。HCFC類やHFC類等が該当し、オゾン層破壊効果はないが温室効果はある。
代替フロン等4ガス	代替フロンのうち、温室効果が高く、広く使用されているHFC、PFC（パーフルオロカーボン）、SF ₆ （六フッ化硫黄）、NF ₃ のこと。 （代替フロン等3ガスは、HFC、PFC、SF ₆ のこと）
直膨型空調機	利用する場所で冷媒を膨張させ熱を奪う「直接膨張方式」を用いた空調機のこと。
低GWP冷媒（低温室効果冷媒）	GWPが小さく、温室効果の少ない冷媒。HFOや自然冷媒（CO ₂ 、アンモニア、炭化水素、水）など。
特定フロン	特にオゾン層破壊効果が大きい、CFC（クロロフルオロカーボン）等5種類のフロンおよび3種類のハロンのこと。
ドロップイン試験	冷凍空調機器において、システムには何の変更も加えずに冷媒だけを入れ替えて、性能等の変化を確認する試験。
燃焼限界	空気と可燃性ガスの混合気において、燃焼できる混合気に含まれる可燃性ガスの濃度の限界のこと。可燃性ガスの濃度の薄い方の燃焼限界を下限界、濃い方の燃焼限界を上限界という。
ノンフロン冷媒	オゾン層破壊の恐れが無く温室効果の低い冷媒の総称として使用。
パリ協定（COP21）	パリ協定は、1997年に定まった「京都議定書」の後を継ぎ、国際社会全体で温暖化対策を進めていくための礎となる条約で、2015年12月にフランス・パリで開催されたCOP21（国連気候変動枠組条約第21回締約国会議）で成立した。世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して、2℃より充分低く抑え、1.5℃に抑える努力を追求することを目的としています。
微燃性冷媒	燃焼性の弱い冷媒のこと。我が国の高圧ガス保安法や冷凍保安規則には不燃と可燃の分類しかなく、燃焼性の弱い冷媒の取り扱いについての考慮が少ない。ASHRAE34規格では2L（燃焼熱量<19MJ/kg、燃焼速度<10cm/s）に位置付けられており、アンモニア、R32、R1234yf、R1234ze(E)等が含まれる。

フロン	炭化水素の水素を塩素やフッ素で置換した化合物（CFC、HCFC、HFC）の総称で、このうち水素を含まないものをクロロフルオロカーボン（Chlorofluorocarbons; CFCs）と呼んでいる。化学的に安定で反応性が低く、ほとんど毒性を有しない。また揮発性や親油性などの特性を持っており、冷蔵庫などの冷媒、半導体などの精密な部品の洗浄剤、ウレタンフォームなどの発泡剤、スプレーの噴射剤などとして幅広く使用されてきた。
フロン排出抑制法	2001年に制定された「特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律（フロン回収・破壊法）」において、フロン類の適正な回収・破壊によるフロン類の大気中への放出抑制を進めてきたが、2013年にこれまでのフロン類の回収・破壊に加え、フロン類の製造から廃棄までのライフサイクル全体にわたる包括的な対策にとられるよう法改正され、名称も「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（フロン排出抑制法）」と改められた（2015年4月施行）
ポスト京都	京都議定書の第1約束期間（2008年から2012年まで）の後に来る、2013年以降の地球温暖化ガス削減を目指す枠組み。同議定書については、アメリカの不参加や、中国・インドなどに削減義務がないこと、途上国と先進国間の立場と意見の相違、各国の取り組みの温度差などさまざまな課題がある。第2約束期間（2013～2020）については、我が国は不参加となった。
マルチ空調機	一つの室外機で複数の室内機を使用し空調を行うもの。中小規模の建築物で一般に使用されている。室内機の個別起動・停止が可能で、増設が容易。マルチ、ビルマル（ビル用マルチ空調機）と省略されることが多い。
モントリオール議定書	正式名称は「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」。1987年に採択、1989年発効。日本は1988年9月30日に加入。事務局はナイロビのUNEPに置かれている。 ウィーン条約に基づき、オゾン層を破壊するおそれのある物質を特定し、該当する物質の生産、消費及び貿易を規制することをねらいとしている。具体的には、成層圏オゾン層破壊の原因とされるフロン等の環境中の排出抑制のための削減スケジュールなどの規制措置を定めている。議定書の発効により、特定フロン、ハロン、四塩化炭素などが先進国では1996年以降全廃となり、同議定書のキガリ改正により代替フロンも大幅に削減することとなった。
冷媒の自己分解反応	自己分解反応とは、ある物質が熱、光、圧力等によって外部環境から与えられるエネルギーにより、自発的に分解する化学反応のこと。一部のHF0系冷媒では、高濃度・高温・高圧下での放電等のエネルギー付与により連鎖的に発熱反応が生じる可能性がある。何らかの不具合により圧縮機内で発生した場合、圧力と温度の著しい上昇を引き起こし機器の損傷に繋がる可能性がある。
冷媒番号	ISO817（国際標準化機構）で定められた、冷媒の種類を表すRで始まる番号。冷媒番号はRの次に3ないし4桁の数字と英添え字で表される。別表参照。
レトロフィット	代替フロンを冷媒とする従来の冷凍空調機器に、低GWP冷媒を適用させること。

プロジェクト用語集（別表）

代表的な冷媒

●フルオロカーボン類^{*1}

種類	冷媒番号	略称	化学式（組成）	地球温暖化係数GWP ^{*3}	オゾン破壊係数ODP	安全性分類 ^{*2}
CFC	R12	CFC12	CCl_2F_2	12500	1	A1
H C F C	R22	HCFC22	CHClF_2	1960	0.055	A1
H F C	R32	HFC32	CH_2F_2	771	0	A2L
	R125	HFC125	CHF_2CF_3	3740	0	A1
	R134a	HFC134a	CH_2FCF_3	1530	0	A1
混合系	R404A	—	(HFC125/143a/134a)	4728	0	A1
	R407C	—	(HFC32/125/134a)	1908	0	A1
	R410A	—	(HFC32/125)	2256	0	A1
	R422A	—	(HFC125/134a/R600a)	3359	0	A1
	R422D	—	(HFC125/134a/R600a)	2917	0	A1
	R417	—	(HFC125/134a/R600)	2508	0	A1
	R454A	—	(HFC32/HF01234yf)	270	0	A2L
	R454B	—	(HFC32/HF01234yf)	531	0	A2L
	R454C	—	(HFC32/HF01234yf)	166	0	A2L
	R474A	—	(HF01132 (E) /1234yf)	<1	0	A2L
	R474B	—	(HF01132 (E) /1234yf)	<1	0	A2L
	R479A	—	(HFC32/HF01132 (E) /1234yf)	166	0	A2L
HFO	—	HF01123 ^{*4}	$\text{CHF}=\text{CF}_2$	0.3	0	(A2L)
	R1132 (E)	HF01132 (E)	trans-CHF=CHF	0.0056	0	B2
	R1234yf	HF01234yf	$\text{CH}_2=\text{CFCF}_3$	0.501	0	A2L
	R1234ze (E)	HF01234ze (E)	trans-CHF=CHFF_3	1.37	0	A2L

*1：「特定フロン（CFC/HCFC）およびフルオロカーボン類の環境・安全データ一覧表（日本フルオロカーボン協会）」より抜粋

*2：ASHRAE 34 冷媒安全性分類規格： A低毒性、B毒性、1不燃性、2L低微燃性、2微燃性、3強燃性

*3：IPCC AR6

*4：AGC株式会社技術資料より

●自然冷媒

種類	冷媒番号	化学式
プロパン	R290	C_3H_8
プロピレン	R1270	C_3H_6
ブタン	R600	C_4H_{10}
イソブタン	R600a	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$
二酸化炭素	R744	CO_2
アンモニア	R717	NH_3
水	R718	H_2O

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

1.1. 事業の位置づけ・意義

1.1.1. 事業の背景・目的・将来像

冷凍空調機器の冷媒等として使用されてきた特定フロンはオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書の規制対象になり、オゾン層を破壊しない代替フロン等4ガス（HFC、PFC、SF₆、NF₃）への転換が進んでいる。一方で、代替フロン等4ガスは温室効果が大きい点が問題となっている。

フロン類は時代の流れと共にオゾン層保護、地球温暖化防止等複数の観点から規制・代替物質への切り替えが進んでおり、今後更なる低GWP化が求められている。

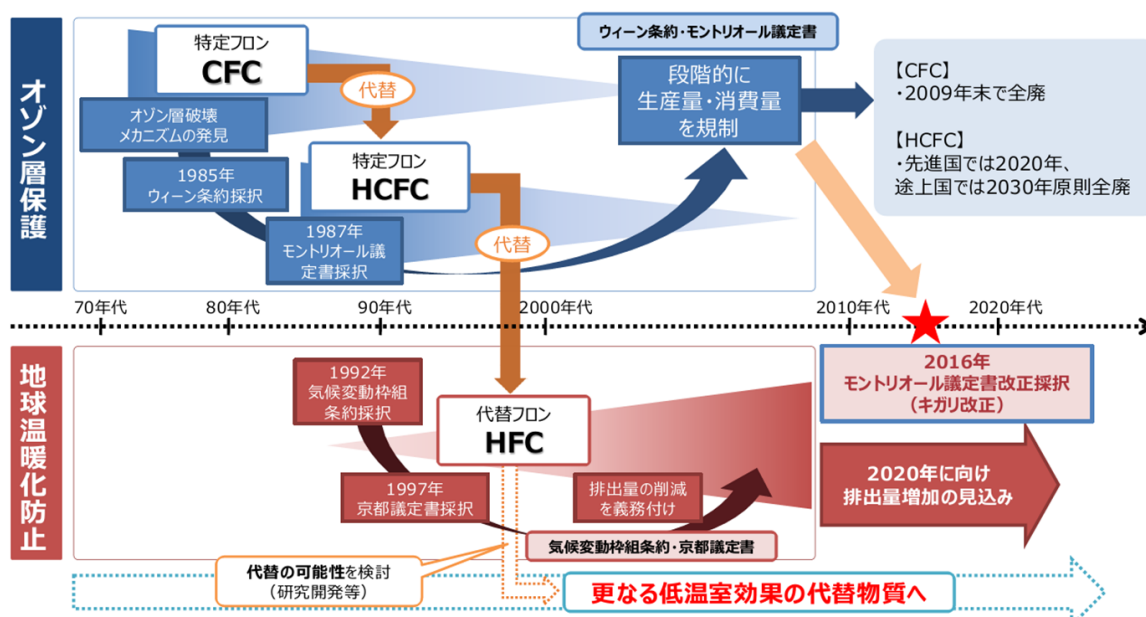


図 1.1.1 フロン対策を巡る規制と対策の流れ

1.1.1.1 オゾン層保護対策の動向

表 1.1.1.1-1 に主なフロン類の種類と性質および国際規制の状況を示す。

1970年代にフロンのオゾン層への影響が指摘されたことを受け、特定フロン等（CFC、HCFC等）のオゾン層破壊物質は、1985年に採択された「オゾン層保護に関するウィーン条約」に基づき、フロン規制のための国際的な枠組みとして、モントリオール議定書（1987年）により生産、輸出入の段階的な廃止が義務付けられることとなった。その後、2007年9月開催の第19回締結国会合において、消費量についても段階的に削減することが定められた。特定フロンについて、CFCは1996年に全廃、HCFCは2020年までに全廃することが決定されている。この結果、特定フロンの代替として、オゾン層破壊のおそれがない代替フロン等4ガス（HFC、PFC、SF₆、NF₃）が開発され、冷媒（冷凍・冷蔵庫、空調機器、自動車エアコン等）、発泡剤、洗浄剤、絶縁材等として利用されており、特定フロンからの転換が進むにつれ、これらの使用量・排出量が増加している。

我が国におけるモントリオール議定書の国内担保措置としては、「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（オゾン層保護法）」の下、特定フロンの規制を進めてきた。同法では、国が生産量・消費量の限度を定め、製造許可及び輸入承認を行うこととしている。

表 1. 1. 1. 1-1 主なフロン類の種類と性質および国際規制の状況

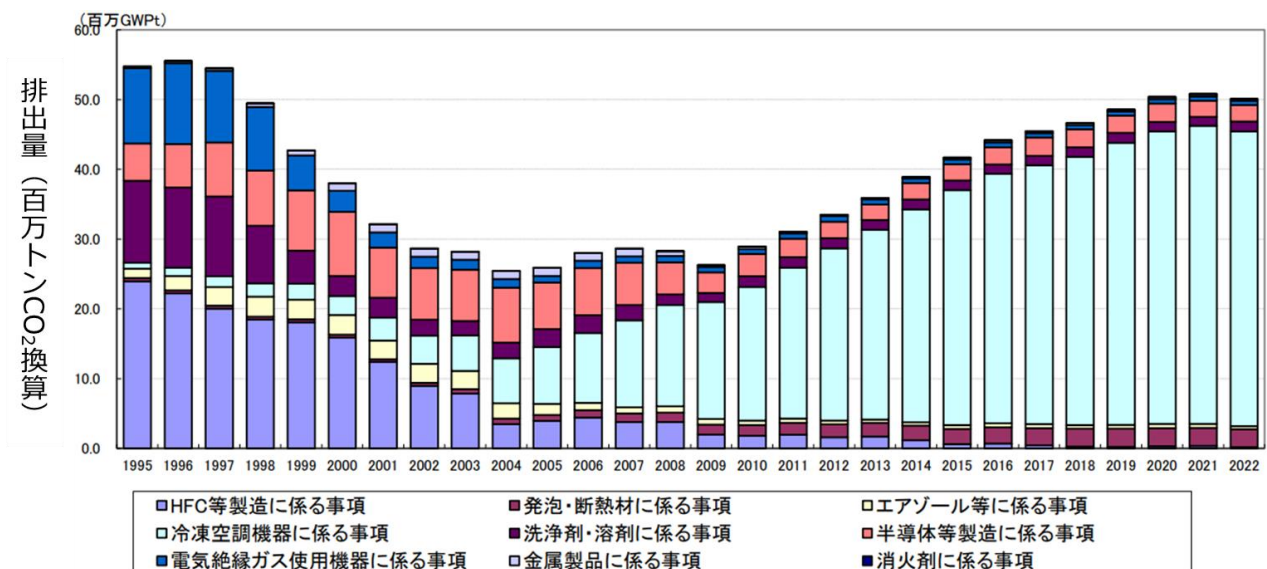
総称	特定フロン		代替フロン等4ガス			
			代替フロン等3ガス			—
種類	CFC (クロロフルオロカーボン)	HCFC (ハイドロクロロフルオロカーボン)	HFC (代替フロン) (ハイドロフルオロカーボン)	PFC (パーフルオロカーボン)	SF ₆ (六フッ化硫黄)	NF ₃ (三フッ化窒素)
国際規制	モントリオール議定書 対象物質(生産・輸入規制) 京都議定書対象外		京都議定書・パリ協定対象物質 (NF ₃ は2013年より)			
オゾン層破壊効果	大きい	比較的 小さい	まったくオゾン層を破壊しない			
温室効果 (GWP※1)	極めて 大きい (約10,000)	大きい (数百～約2,000)	大きい (数百～約4,000) ※2	極めて 大きい (約6,000～ 9,000)	極めて 大きい (約23,900)	極めて 大きい (約17,200)
主な用途	・ <u>冷凍空調機器 の冷媒</u> ・洗浄剤、溶剤 等 (95年以降全廃済み)	・ <u>冷凍空調機器 の冷媒</u> ・洗浄剤、溶剤等 (2020年全廃予定)	・ <u>冷凍空調機器の 冷媒</u> ・断熱材の発泡剤等	・半導体、液晶 製造 ・洗浄剤、溶剤	・電気絶縁機 器 ・半導体、液 晶製造 ・マグネシウ ム製造	・半導体、液 晶製造等

※ 1 GWP：地球温暖化係数（CO₂の何倍の温室効果を有するか表す値）

※ 2 主な冷媒種としての値

1. 1. 1. 2 温暖化対策の動向

代替フロン等4ガスは、大気中に長期間に亘って安定に存在し、かつCO₂の数百倍から一万倍超という極めて高い温室効果を有する。その中でHFCの排出源として、冷媒転換に伴って冷凍空調機器用途が増加しており、HFC排出量全体の約9割を占める。（図1. 1. 1. 2-1）。



出典：経済産業省「フロン政策における最近の動向と今後の展開について（NITE調査2024資料）」より

図 1. 1. 1. 2-1 我が国の HFCs の排出量の推移

この様に、特定フロンから代替フロン等への転換に伴い代替フロン等の持つ温室効果が問題となり、フロン類を巡る対策はオゾン層保護から地球温暖化防止へと移ってきている。

1.1.2. 政策・施策における位置づけ

モントリオール議定書キガリ改正に基づき、2034年及び36年までにHFC(代替フロン)の使用をそれぞれ80%及び85%以上削減することが求められ、また、2050年のCN実現に備え、冷凍・空調機器等由来のGHG抑制も必要になる。

2025年産構審における「フロン類使用見通し」(案)では、本プロジェクトで開発中のグリーン冷媒への代替が進むことを見込んでおり、プロジェクトの成果が政策に反映されている。

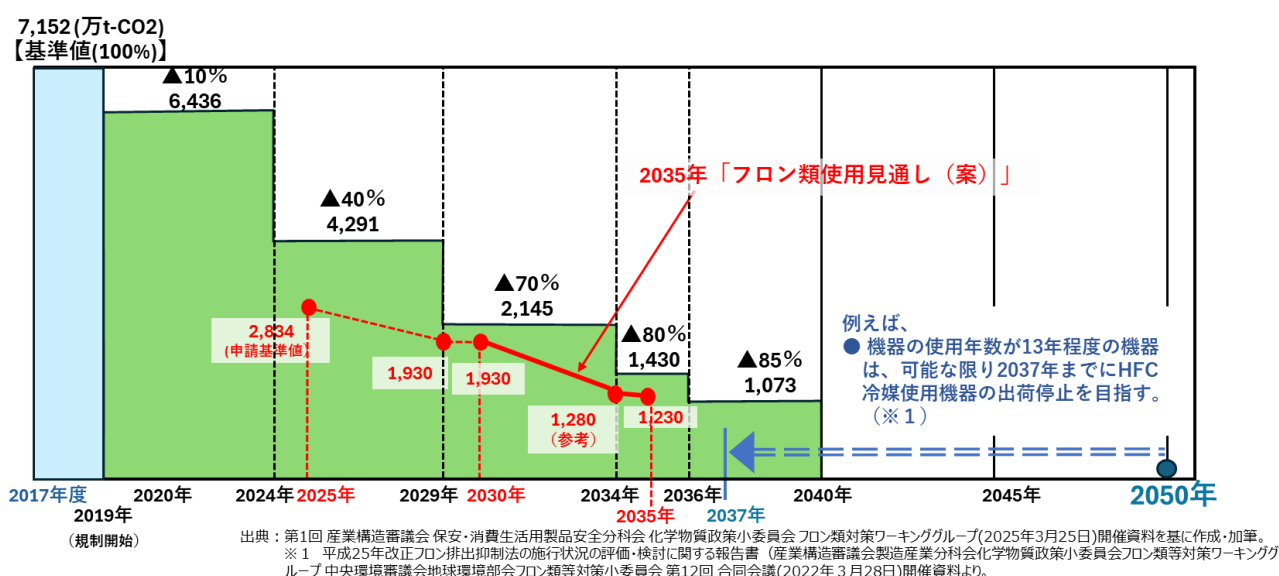


図 1.2.2-1 フロン類使用見通し(案)と2050年カーボンニュートラル

1.1.3. 技術戦略上の位置づけ

フロン対策分野の研究開発の取組は、フロン等の破壊・回収技術の開発と、フロンの代替物質の開発として物質の探求とその合成および精製技術の開発、さらに、フロン類を全く使用しないノンフロン化技術の開発に分類され、NEDOのプロジェクトとして体系的に実施してきた(図1.1.3-1)。

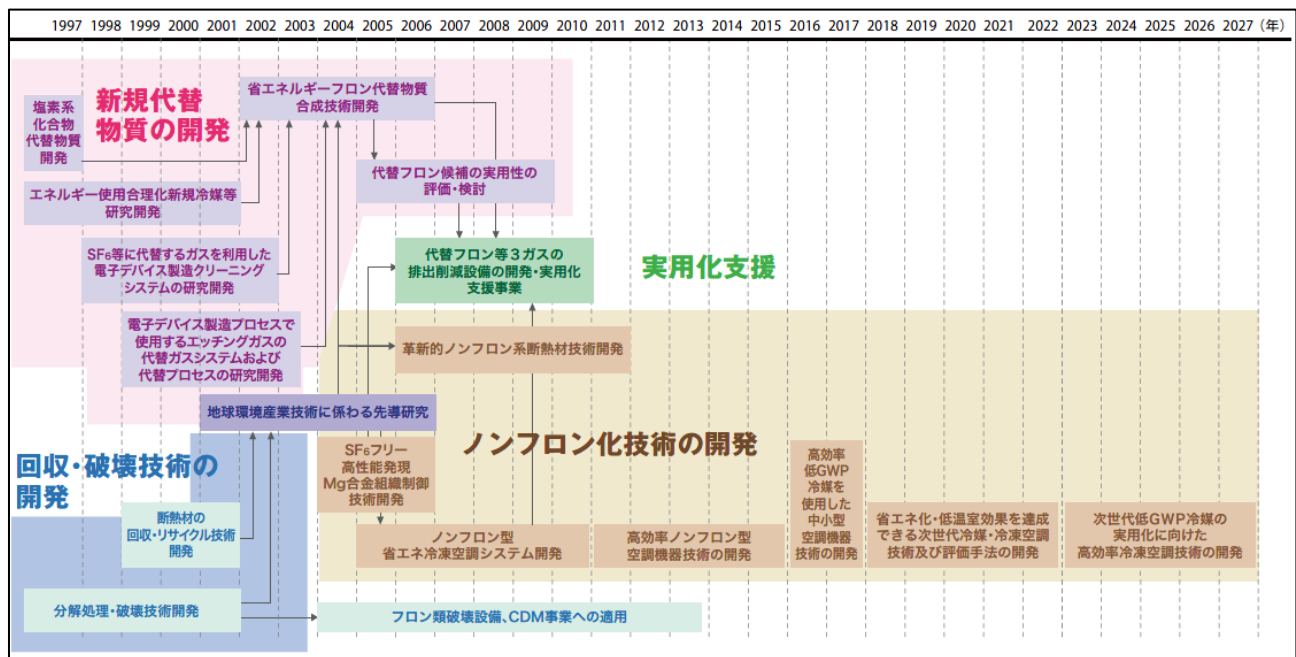


図 1. 1. 3-1 NEDO におけるフロン対策技術の変遷

このうち、ノンフロン化技術においては、「ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」事業（2005～2010 年度）により、冷却のみを行う業務用冷凍冷蔵や機器規模が小さい家庭用エアコン分野を対象として冷媒転換の技術開発を行い、従来機比 10%省エネのノンフロンショーケースを実用化する等の成果を挙げてきた。また、「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い、「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。さらに、「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開発・評価、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。

それぞれのプロジェクトにおいて掲げられた目標に対する成果は得られたものの、2050CN 達成に向けては、さらに新たな冷媒（グリーン冷媒）を探し、それに対応する要素機器の開発、システム性能評価を早急に行なわざるを得ない現実がある。この現状において、単一冷媒では新たな冷媒候補を見つけることは不可能に近いことが徐々に判明してきており、必然的に混合冷媒の活用を考慮せざるを得なくなっている。

このような背景を踏まえ、本事業「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」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。

1.1.4. 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

世界的にキガリ改正の受諾が進んでいる。米国・日本・中国では次期冷媒として HFO 冷媒開発を進めている。冷媒輸入比率の高い欧州では規制措置が先行しており、改正 F ガス規制の発効や PFAS 規制の検討等各国ともにその動向を注視しているものと思われる。

表 1.1.4-1 外部環境の状況

	動 向
米国	・2022年キガリ改正受入表明。HFCの削減計画はAIM法に基づき行われており、キガリ改正の削減スケジュールに沿ったものとなっている。 ・燃焼性冷媒の評価を諸機関で実施中。 ・冷媒メーカー(Honeywell, Chemours等)のイニシアチブのもと、HFO系冷媒を選択肢として関連規格との対応を含め種々提案されている。 ・2025年1月トランプ大統領がパリ協定からの離脱を表明。
欧州	・2024年3月欧州Fガス改正規制（2050年までにHFC（含むHFO）の使用が段階的に廃止）が発効し、製品・機器別にGWP値等の制限のある上市禁止日が定められた。 ・人体及び環境への影響への観点からPFASの規制検討が行われており（PFAS 規制 / REACH 規制）、一部フッ素系冷媒も対象とされている。 ・冷媒は輸入が多く、機器も日米系のメーカーが主導とみられ、技術開発より規制措置が先行している模様。
中国	・キガリ改正を2021年6月に批准。2024年より段階的削減が実施される。 ・中国政府の主導により家庭用RAC の代替冷媒としてR290 を推進しており、その動向が注目されている。 ・特許出願からみた冷媒動向では、機器メーカーに加え学術機関からの出願が多い冷媒別では自然冷媒系が多く、近年ではHFO 系が増加傾向。
途上国	・HCFC であるR22 の使用割合がまだ高い。 ・モントリオール議定書実施のための基金による支援等を受けつつ、議定書の削減スケジュールに則った対策が進められている。キガリ改正を受け、HFCを対象とする活動も開始されている。
日本	・キガリ改正を受けて、2019年1月にHFCの製造及び輸入を規制する等の措置を講じた、オゾン層保護法が施工されHFCの生産量・消費量の限度を定めて段階的削減を進めている。 ・2020年に総理より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る。 ・2022年に対象製品とGWP目標値、目標年度を定めた改正フロン法（指定製品制度）が施行され、以降順次見直しが行われている。 ・冷媒メーカー(ダイキン、AGC)によるHFO系冷媒開発が進んでいる。

1.1.5. 他事業との関係

環境省では、冷凍冷蔵倉庫、食品製造工場並びに食品小売店舗におけるショーケースその他の脱炭素型自然冷媒機器の導入支援を実施している。

本PJでは代替となる低 GWP 冷媒候補の検討が続いている、家庭用エアコン及び小型業務用冷凍冷蔵庫分野で、低 GWP 冷媒の技術開発と実用化に向けた機器開発を実施する。

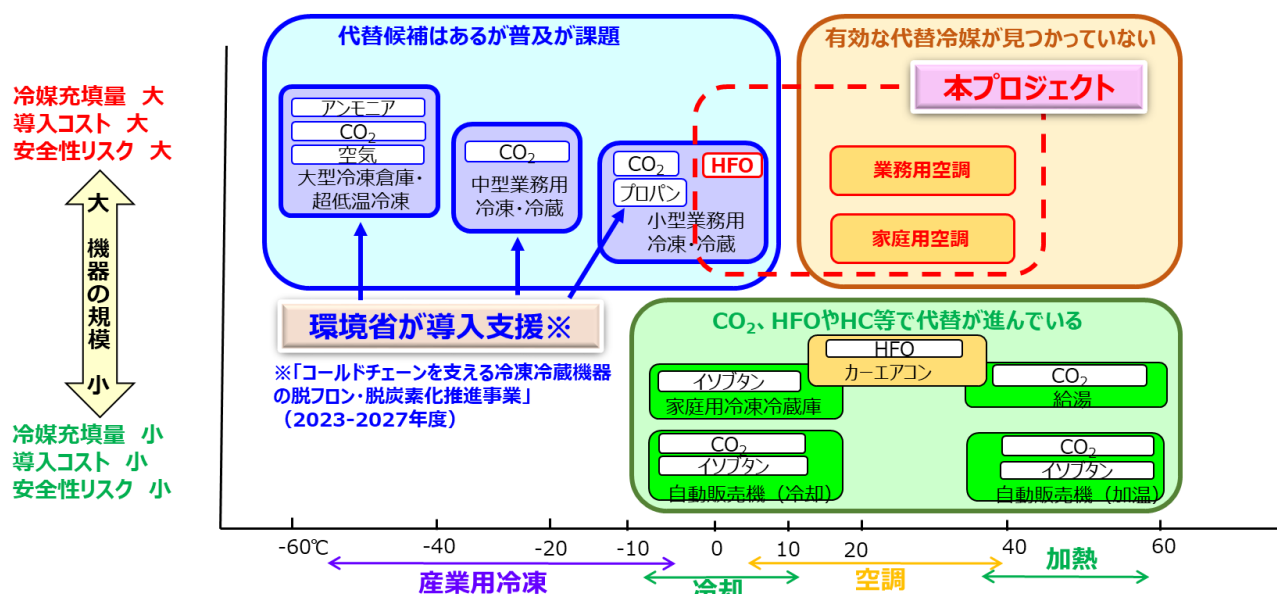


図 1.1.5-1 他事業との関係

1.2. アウトカム達成までの道筋

本プロジェクトの成果となる、混合冷媒の物理モデルおよび安全性・リスク評価手法を国際規格に登録し、企業による低 GWP 混合冷媒の実用化につなげる。また、要素機器設計指針およびシステム性能評価結果を提供することで、低 GWP 混合冷媒に対応した冷凍・空調機の開発を促し、製品普及を通して、HFC の削減を進め、2050CN 達成に結びつける。

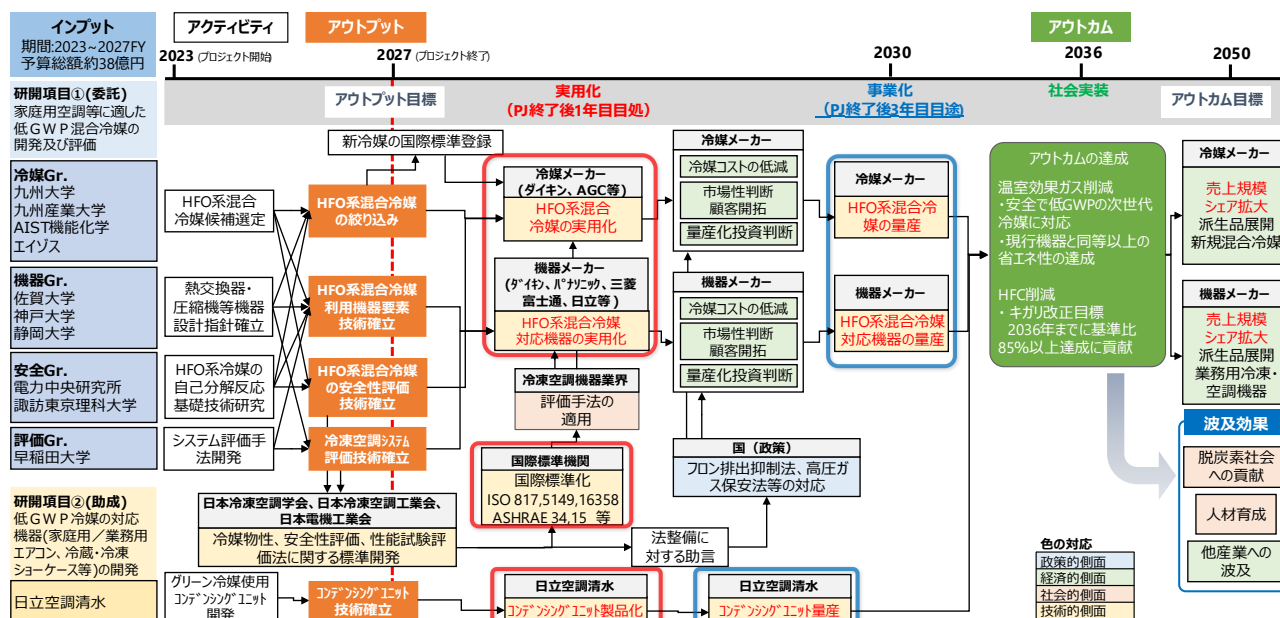


図 1.2-1 アウトカム達成までの道筋

1.3. 知的財産・標準化戦略

1.3.1. 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略

本プロジェクトでは、オープン戦略として、研究成果としての各種基盤データについて、ステークホルダーと連携し冷媒・機器の国内・国際規格・ルール対応を進めると共に、国内メーカーに公開し、国産 HFO 系冷媒、およびその適用機器の普及と市場の拡大を図る。他方クローズ戦略としては、低 GWP 混合冷媒及び空調要素機器の開発成果を特許・ノウハウ化して開発主体の利益を確保する。各社は当該データと自社技術・ノウハウを活用し製品開発し、上市加速化とシェア拡大を進める。

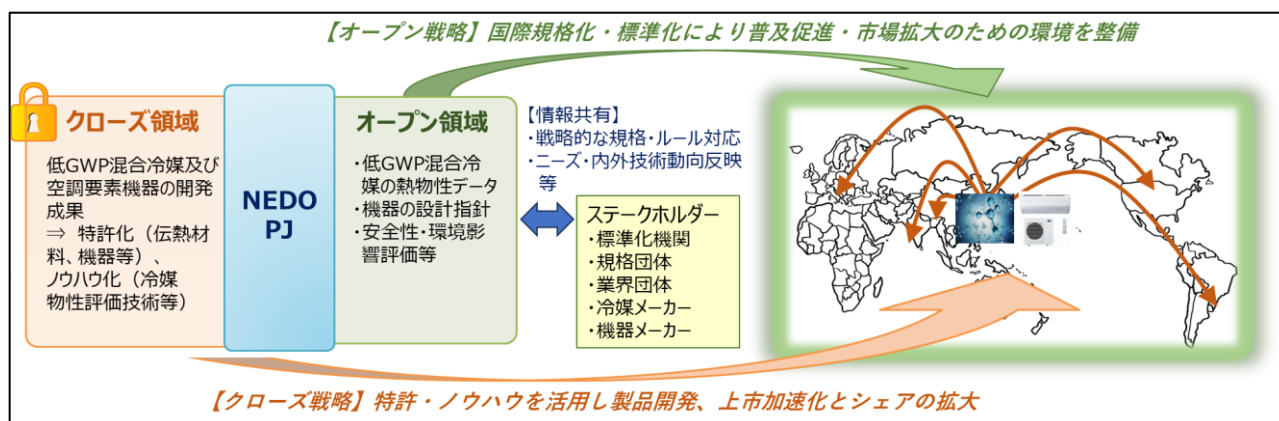


図 1.3.1-1 オープン・クローズ戦略

1.3.2. 知的財産管理

本プロジェクトでは、オープン・クローズ戦略に基づき、知財コーディネーターの指導の下、知財戦略策定と知的財産管理を実施し、研究成果の早期実用化に向け、業界団体との連携を深め、積極的に情報開示を進めている。

- ・知的財産権の帰属：産業技術力強化法第17条第1項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属。

- ・知財マネジメント基本方針：NEDO 知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成。

- ・データマネジメントに係る基本方針：NEDO データ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成。

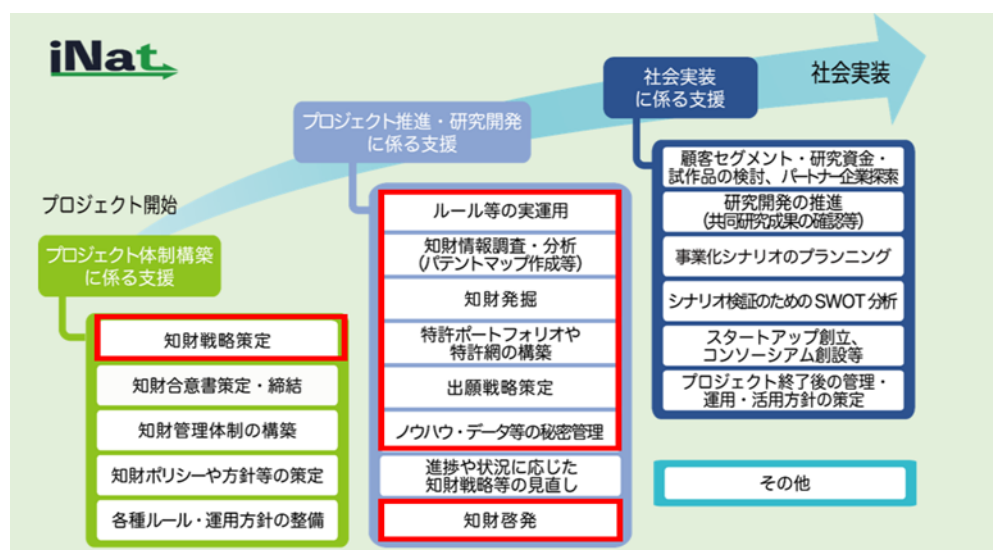


図 1.3.2-1 知財コーディネーターによる支援計画

2. 目標及び達成状況

2.1. アウトカム目標及び達成見込み

2.1.1. 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

本事業では、5年間で予算総額は38億円で代替冷媒の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た適用機器要素技術の開発までを一気通貫で実施する。また、得られた成果・知見を展開し、家庭用／業務用空調機、業務用冷凍冷蔵庫の要素機器・周辺機器開発を実施する。本事業のアウトカム目標として以下を設定した。

本事業による成果を通じて次世代低冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器実装を加速することで、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。

本事業での実用化の考え方は、研究開発項目①では、冷媒の物性、性能、安全性評価に係る公的な知的基盤が整備され、社会的利用（企画課、標準化、データベース等への利用、産業界における研究開発への利用、他の研究開発への利用等）に供されることである。研究開発項目②では、現状の市販フロン製品と同等以上の性能を実現する技術を確立し、その技術に基づく試作品等の社会的利用（顧客への提供等）が開始されることである。

事業化の考え方は、当該研究開発に係る商品、製品等の販売や利用により、企業活動（売上等）に貢献することである。

またアウトカム目標の設定および根拠は以下の2点があげられる。

モントリオール議定書キガリ改正や2050CN等、温室効果ガス対策やHFC規制の達成が困難となる可能性があるため、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。

技術開発の遅れにより、拡大が見込まれる政界市場での日本メーカーシェアの大幅な低下が危惧されるため、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、日本初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する。

実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定およびその根拠の関係性について図2.1.1-1に、また、中間評価時点での対象技術ごとのアウトカム目標の達成見込を表2.1.1-1に示す。

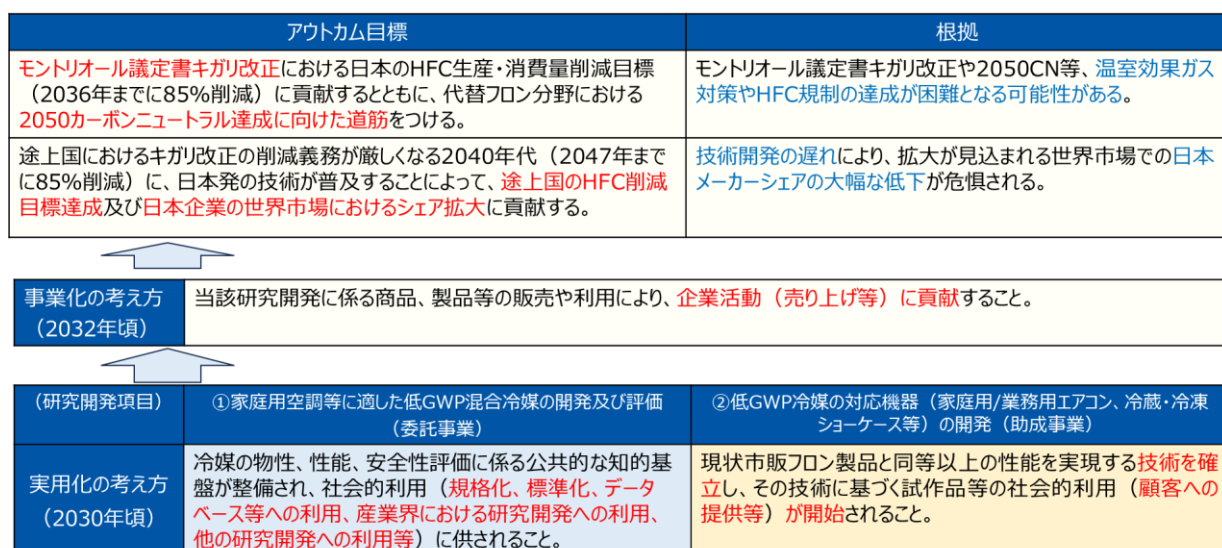


図 2.1.1-1 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定およびその根拠の関係性について

表 2.1.1-1 アウトカム目標の達成見込み

研究開発項目	達成見込み					課題と対応
①家庭用空調等に 適した低GWP混合 冷媒の開発及び評価	■ 次世代冷媒の普及に必要な各種国際規格・標準の改定、登録に向け、各研究Grが分担して対応する委員・国内審議団体等との情報交換を実施し理解が得られつつある。					■ PFAS規制の動向注視および規制内容への対応。 →情報収集活動及び非PFAS冷媒の検討 ■ 国際規格・標準化に向けたエビデンスの充実。 →研究会や技術委員会等を通じた外部有識者意見に基づく研究内容の追加・修正 ■ 国内外への成果発信の更なる充実。 →業界への知見提供、国際アピールのためのNEDO特別講座実施
	対象国際規格	規格の内容	対応Gr	提案時期	取り組み状況	
	REFPROP (NIST)	冷媒物性	冷媒Gr 機器Gr	'25-'26	NISTとの情報共有実施中。	
	ANSI/ASHRAE Standard34	冷媒燃焼特性 評価方法	冷媒Gr	'25-'26	ASHRAE委員と継続的に情報交換を実施中。	
	ISO817	安全性 評価指標	安全Gr	'25	冷媒安定性に関するTFが2024年に開始され、委員として参画中。	
	ISO16358	運転性能評価	評価Gr	'25-'27	ISO/WG15や日冷工規格検討分科会 等の作業部会に参画中。	
	■ 国内企業の開発促進、成果の国際的な普及促進のため、国内外に積極的に情報を公開。本PJの知見・開発の方向性が浸透しつつある。 詳細：「進捗管理：成果普及への取り組み」参照					
②低GWP冷媒の 対応機器の開発	■ 開発は順調に進んでおり、事業者は本事業と並行して製品設計、開発試験、量産技術検討を実施中。開発完了後、冷媒メーカーの上市に合わせて機器上市の予定。					■ 使用冷媒の安定性評価、量産化。

2.2. アウトプット目標及び達成状況

2.2.1. 前進事業との関連性

前身PJ「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（2018～2022年度）」において、有力な次世代冷媒候補である HF0 冷媒の物性・性能評価および、自己分解反応抑止の為の開発を進め、次世代混合冷媒の絞り込みが可能な段階となった。

しかし、低 GWP、安全性、現行と遜色のないサイクル性能全てを具備する HF0 系混合冷媒は見つかっていないため、本PJでは、これまでの研究開発成果、および上記の研究で得られた知見を展開し、早期に新混合冷媒候補の組成・物性を決定するとともに、これを使用する家庭用空調機、および業務用冷蔵庫等の要素技術開発の加速化を図る。また、研究開発と並行し、ステークホルダーとの情報交換を密にすることにより、外部環境変化への対応、および本PJの開発成果の普及

促進に必要な広報活動（学会など）、各種国際規格・標準等の登録・改定に積極的に取り組む。
以上のことや、2023年度実施の当該PJの終了時評価委員会（委員長：丸田教授、委員：産学の外部有識者6名）において戴いた助言（表2.2.1-1）を踏まえ、実施方針実施計画を作成した。

表 2.2.1-1 「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（2018～2022年度）」終了時評価委員会における取組の成果と委員からの評価

取組の成果	終了時評価（2023年度実施）委員からの評価
- HFO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。 - 次世代冷媒候補であるHFO冷媒の自己分解反応を抑制する手法や、機器側での燃焼抑止方法について一定の知見が得られた。	- アウトプット目標達成に向けて必要な要素技術の開発は網羅されており、その開発スケジュールも綿密に計画されていた。産学官の協調により着実に成果が出来てきており、今後も研究開発の継続を期待する。 - REFPROP10.1に、本研究開発の中から冷媒特性データと低GWP（＜150）の新規冷媒が複数搭載予定であり、さらにISO、IECにも多くの成果が登録されたことは、高く評価できるものであった。 - キガリ改正やPFAS規制の検討など、外部環境が短期間で大きく変化しつつあり、今後は、その動向に柔軟に適用した目標設定が求められるほか、世界と比較して、特異となっている日本の安全基準を国際標準へ適合させるための改善の取り組みも、本研究開発の発展の中で推進されることを期待する。

2.2.2. 本事業における研究開発項目の位置づけ

図2.2.2-1にアウトプットの全体イメージを、また、図2.2.2-2には本事業の研究開発テーマの詳細を示す。

委託事業（研究開発項目①）においては、次世代冷媒開発に必要な冷媒の基本特性に関するデータの取得を行うと同時に、このデータを基に次世代冷媒を機器で使用了場合の性能評価を実施した。また自己分解反応等の課題がある次世代冷媒候補を中心に、安全性・リスク評価手法の開発や、システム性能評価手法の開発を行い、国際規格・標準への登録や改定への貢献を図る。

助成事業（研究開発項目②）においては、次世代冷媒の社会実装の加速化を図るため、次世代冷媒および適用機器開発への取組みを実施する。

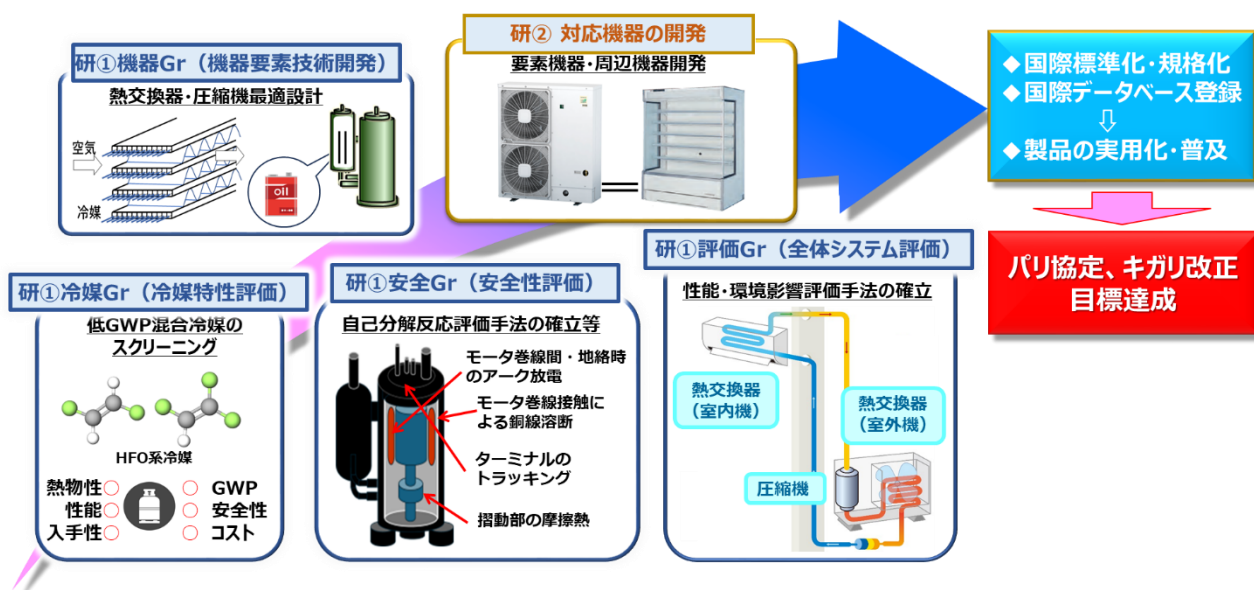


図 2.2.2-1 アウトプット（研究開発成果）のイメージ

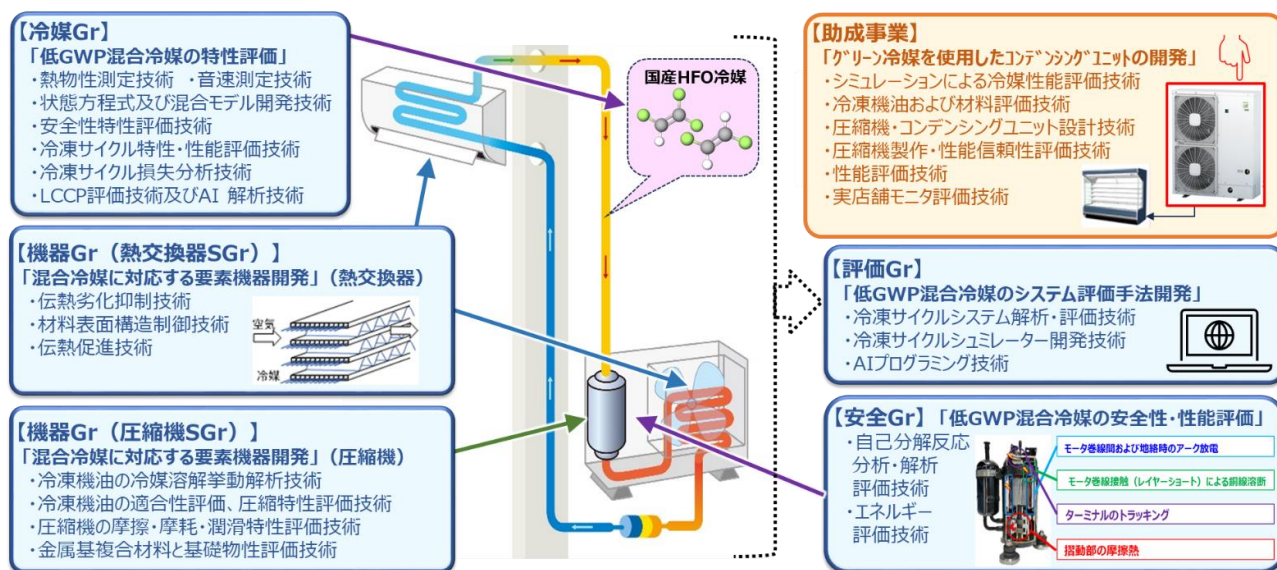


図 2.2.2-2 研究開発テーマ

2.2.3. アウトプット(中間)目標の設定及び根拠

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。

下記に基本計画にて設定したアウトプット目標を示す。

【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。

※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。

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。

これら基本方針で定めたアウトプット目標について、対象技術ごとに具体化した目標、及びその根拠を表 2.2.3-1 に示す。

表 2.2.3-1 アウトプット（中間時）の設定および根拠

研究テーマ	中間目標（2026年3月）	最終目標（2028年3月）	根拠
【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 注）表中の“冷媒”とは、開発中の“HFO混合冷媒”の事を差す。			
冷媒 Gr	- 冷媒候補の絞り込み。 - 物性等の詳細評価を15件以上実施。 - 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データ1種類以上の取得。 - 燃焼特性を解明する手法の確立。	- 物性等の詳細評価を累計25件以上実施基本物性データの3種類以上の取得。 - 熱物性値を高精度で計算できる混合モデルの開発。 - 候補冷媒の燃焼特性の解明。 - 企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案。 - 国際規格等3件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する。
機器 Gr	- 伝熱特性の解明と伝熱促進技術開発。 - 冷媒の圧縮特性の解明。 - 冷媒の溶解・潤滑特性の解明。	- 熱交換器の設計指針の確立。 - 圧縮機設計指針の確立。 - 冷凍機油の提案。	国際規格等3件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。
安全 Gr	- 冷媒の着火・爆発に関するモデル化。 - 自己分解反応の評価方法の確立。	- 冷媒の自己分解反応機構の解明。 - 空調機器の安全性に係るデータの取得。	従来と異なる混合冷媒に対応する機器要素技術を確立することは、企業の速やかな製品開発に必要不可欠である。
評価 Gr	- 冷媒のLCCP等の評価手法の確立 - 空調サイクル全体の性能評価装置製作。	各Grの開発成果を性能評価装置にて検証。（各Grにフィードバックしながら改善）	- 国産冷媒普及のためには、自己分解反応の解明や抑制技術の開発、および国際規格・標準化による環境整備が必要。 - 冷媒選定の上では環境影響も含め総合的な判断が必要。 - 機器開発加速化のためには実用に即した評価手法の確立が必要。
【助成事業(民間企業)】 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			
	現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	- 圧縮機の試作と評価。（長期信頼性現行同等） - コンデンシングユニット試作と評価。（性能現行機以上）	製品化、普及促進のためには、性能、価格、環境性等の観点から市場競争力が必要。性能を維持する必要がある。

2.2.4. アウトプット目標の達成状況

研究開発は順調に進捗し、対象技術ごとの中間目標に対する2024年度末の達成度は、開発促進財源を使用して実施した研究による追加項目を含め「達成度100%」となった。

表 2.2.4-1 に研究開発テーマごとのアウトプット目標の達成状況と根拠を示す。

表 2.2.4-1 アウトプット目標の達成状況

（赤字：2024年度までの実績
黒字：2025年度末までの見込み） （◎ 大きく上回って達成、○ 達成）

	中間目標（2026年3月）	主な成果（2026年3月）	達成度	達成の根拠／解決方法
【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 注）表中の“冷媒”とは、開発中の“HFO混合冷媒”の事を差す。				
冷媒 Gr	- 冷媒候補の絞り込み - 物性等の詳細評価を15件以上実施 - 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの1種類以上の取得 - 燃焼特性を解明する手法の確立	- 熱物性および音速等の詳細評価を8件実施。 - 候補冷媒の燃焼性について燃焼速度、燃焼限界等の国際標準に耐えうるデータを取得。 - 物性およびサイクル性能から候補冷媒を絞り込み、実用性の面からの最適組成の範囲を明確化。	◎	- 当初目標以上の成果を達成。 - 物性等の詳細評価を18件実施。1種類の3成分系燃焼特性データ取得を前倒して完了。さらに別成分のデータを取得中。
機器 Gr	- 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 - 冷媒の圧縮特性の解明 - 冷媒の溶解・潤滑特性の解明	- 伝熱面処理、断続流路の開発・適用による伝熱促進効果を確認。AIによる熱伝達予測モデルを構築。 - 圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。 - 冷凍機油溶解モデル、油膜計測技術、圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。	○	- 当初目標を達成。 - 熱交換器実験を加速化するため、自動制御機能を追加し、計画のキャッチアップおよび実験精度の向上を図る。
安全 Gr	- 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 - 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	- 自己分解反応を誘発する着火源の調査・比較・実験を通じ、国際標準に提案する着火手法を開発。 - 実機によるアーク放電エネルギーの定量化を達成。 - 次世代冷媒の自己分解反応境界条件を明確化。	○	- 当初目標を達成。 - 国際標準化についてはISO TRにて評価手法を提案。
評価 Gr	- 冷媒のLCCP等の評価手法の確立 - 空調サイクル全体の性能評価装置の製作	候補冷媒も対象とし、実機レベルでの機器性能予測精度を5%程度まで実現。	○	- 当初目標を達成。 - 国際規格化も順調に進めている。
【助成事業(民間企業)】 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				
	現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	- 環境・実用性・耐久性等の総合評価により適用冷媒、冷凍機油の選定を完了。 - 性能向上策積上完了。（計算上で効果を確認）	◎	- 当初目標を達成。 - 進捗はやや前倒し。

2.2.5. 研究開発成果の副次的効果等

表 2.2.5-1 に研究開発テーマの研究開発成果の意義を示す。副次的効果としては、以下の4点があげられる。

本事業では各種の計測・基礎実験を基に、最終的にデータベース化、モデル化、シミュレーター等に整理する。これらを標準化或いは業界の標準ツール等とすることにより、高度な技能・

多大な労力を必要とする実験・実機試験等を省略する事が出来、大学・企業における研究開発を促進する事が可能となる。

日本発の国際登録・国際標準化により、日本の技術に対する国際的な評価が高まり、国内製品の販売促進、市場の拡大に繋がる。

本事業の成果の一部は、国内法における評価指標としても採用され、国内の社会整備にも寄与する。

NEDO 講座において本事業に関するセミナー等を行ない、冷凍空調分野の人材育成が図られる。

表 2.2.5-1 研究成果の意義

【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	■ 開発中の低GWP、HFO混合冷媒は国際規格（ASHRAE STANDARD34）で定められている安全性分類において、微燃性冷媒（A2L）に位置づけられる。これは 現在普及しているR32冷媒と同じ分類 であり、 大きな社会整備も必要なく、製造責任を負うメーカーにとっても上市へのハードルが少ない ため、 発展途上国を含めた国際的な普及・市場拡大が期待出来る。
【助成事業(民間企業)】 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	■ 現在コンデンシングユニットの代替冷媒として実用化されているCO ₂ に比べ、本事業で選定した冷媒は 現行冷媒（R448A）と圧力条件が近く、機器設計、施工やメンテナンス性も現行機同等 とすることが出来、 既設機入替を目指すコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での普及が期待出来る。

2.2.6. 特許出願及び論文発表

論文等の成果は、表 2.2.6-1 に示すとおりである。委託事業においては積極的に論文投稿、講演発表を行った。

表 2.2.6-1 特許などの出願件数

テーマと対象	分類	2023 年度	2024 年度	2025 年度 (予定含む)	合計
冷媒 Gr	特許出願 (うち外国出願)	0	0		0
	論文	3	6		9
	研究発表・講演	11	9		20
	受賞実績	0	1		1
	新聞・雑誌等への掲載	1	1		2
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	2	0		2
機器 Gr	特許出願 (うち外国出願)	0	0		0
	論文	0	0	2(予定)	2
	研究発表・講演	0	11		11
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	0		0
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	0	0		0

安全 Gr	特許出願 (うち外国出願)	0	0		0
	論文	0	0		0
	研究発表・講演	0	4		4
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	0		0
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	0	0		0
評価 Gr	特許出願 (うち外国出願)	1	1(1)		2
	論文	4	4		8
	研究発表・講演	11	11		22
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	0		0
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	0	0		0
助成	特許出願 (うち外国出願)	0	7(6)		7
	論文	0	0		0
	研究発表・講演	0	0		0
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	1		1
	展示会への出展	1	0		1
	TV その他	0	0		0
合計	特許出願 (うち外国出願)	1	8(7)	0	9
	論文	7	10	2	19
	研究発表・講演	22	35	0	57
	受賞実績	0	1	0	1
	新聞・雑誌等への掲載	1	2	0	3
	展示会への出展	1	0	0	1
	TV その他	2	0	0	2

3. マネジメント

3.1. 実施体制

本事業の実施体制を図 3.1-1 に示す。

本事業は大学・国研による基礎研究が中心となり協調領域を担っている点が特徴となっている。このためアウトカムの達成に向けては、得られた成果を共通基盤化し、企業の開発につなげる事が重要である。

プロジェクトの効率的・効果的な運用を図るため、委託事業については特に関連する 4 つの研究 Gr を設置した。

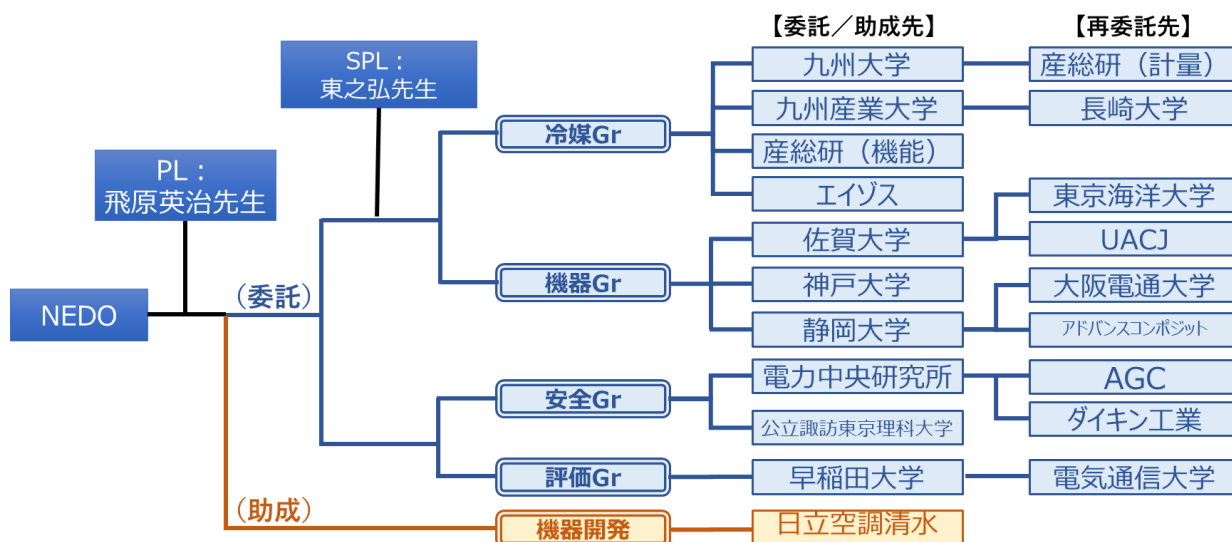


図 3.1-1 実施体制

3.1.1. NEDO が実施する意義

本事業を NEDO が実施する意義について以下に示す。

- 地球温暖化対策は国内外における緊要の課題であり、**HFC排出削減は急務**。
- モントリオール議定書キガリ改正における目標の達成（2036年までにHFCの生産及び消費量を85%削減）には、**より一層低GWP冷媒への転換が必須**。
- 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）」及び「革新的環境イノベーション戦略（2020年1月統合イノベーション戦略推進会議決定）」において、フロン類の削減に向けたイノベーション創出を推進。
- **我が国産業の競争力強化のためにも、世界に先駆けた次世代冷媒及びその適用機器の開発が急務**。
- 低GWP混合冷媒の実装には、①低GWP・サイクル性能・安全性等を満たす混合冷媒の開発、②新冷媒対応機器（省エネ性含む）の開発を、迅速に行うことが必要。一方で、**民間企業には、現存する高効率な冷媒・機器からの転換を加速する研究開発に取り組む優先度が乏しい**。
- 次世代冷媒の物性評価、安全性・リスク評価については、**多くの企業、大学、研究機関の知見の結集によるオープンイノベーションが不可欠であり、高度な研究開発マネジメントのもと国内安全基準の策定や国際規格化・標準化策定に取り組むことが重要**。

NEDOのミッション「エネルギー・地球環境問題の解決」「産業技術力の強化」

NEDOは、これまでもステークホルダーと連携し、次世代冷媒及びその適用機器の開発を進めて来ており、その知見やネットワークを生かすことで、効果的かつ効率的な事業実施が可能。

⇒ **NEDO事業としての妥当性は極めて高い。**

3.1.2. 実施体制（実施者間での連携）

委託事業では、冷媒開発および当該冷媒に対応した機器の要素技術開発、安全性・性能評価等の研究を並行して実施するため、進捗を共有しながら連携して研究を進める必要がある。このため、プロジェクト内で連携するための会議体と、実用化および国外動向共有の観点からプロジェクト外関係者を含めて情報交換を行う会議体とを別に設置し、両者が連携することで知財保護の元、効率的かつ効果的にプロジェクトを推進する体制とした。（図 3.1.2-1）

- プロジェクト内で連携するための会議体（）と、実用化および国外動向共有の観点からPJ外関係者を含めて情報交換を行う会議体とを別に設置し、両者が連携（）することで知財保護の元、効率的かつ効果的にプロジェクトを推進する。

		プロジェクト内		外部を含む会議※ 【外部関係者】	国外情報収集
		全Gr会議	Gr個別会議		
機器 Gr	冷媒Gr	情報共有 会議 年1回 持ち回り主催	冷媒Gr会議 年1回 九産大主催	新冷媒に関する打合せ 【冷媒メーカー】	・アメリカ暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) ・ISO/TC 86/SC 8 Meeting ・沸騰凝縮伝熱国際会議(ICBCHT) ・国際冷凍会議 (ICP) ・ヨーロッパ熱物性会議 (ECTP) ・国際会議Micro Nano Flows(MNF) 他
	熱交換器SGr		機器Gr会議 年1回 佐賀大主催	熱交換器SGr会議 【材料メーカー】	
	圧縮機SGr			圧縮機SGr会議 【冷凍機油メーカー】	
	安全Gr		知財運営 委員会 電中研主催	自己分解反応研究会 【日冷工】	
評価Gr			安全Gr会議 月1回 電中研主催	NEDO次世代冷媒システム評価委員会 【日冷工】	
NEDO、PL		各会議体に参加し状況を把握、プロジェクト目標の達成の視点で必要な助言を行う。			

※必要に応じて他Grからも参加者。社内外有識者が多数参加する会議での情報漏洩の阻止のため、会議で知り得た情報の秘密保持同意を要件化。

図 3.1.2-1 事業者間での連携

3.1.3. 個別事業の採択プロセス

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（委託）

【公募内容】

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する。

公募予告（2023 年 12 月 28 日）⇒ 公募（1 月 31 日）⇒ 公募〆切（3 月 13 日正午・延長あり）

【採択】

採択審査委員会（2023 年 3 月 27 日）

採択審査項目：

本事業の目的達成のためには複数の要素技術を適切に組み合わせる必要があるため、採択基準においては基本計画全体の中での役割・他事業者との連携等の評価要素を含む「提案の実現性」および、本事業成果の社会実装に必要な周辺環境の整備（規格・標準化、外部ステークホルダー等との連携等）を評価する「成果の実用化」についての重み付けを高く設定した。

採択条件：

（全委託者）PJ 内外のステークホルダー連携等、成果の最大化に向けた必要な対応を行うこと

（全委託者）実施内容及び事業費金額の合理化を行うこと

（冷媒・機器 Gr のみ）GWP 等の目標や研究内容については随時、国の政策や業界ニーズ等、外部環境の変化に合わせて整合するよう事業管理を実施すること

(安全・評価 Gr のみ) 実施計画の一部具体化

研究の健全性・公平性の確保に係る取組：

公募の際、その他の研究費の応募受入状況を確認し不合理な重複及び過度の集中がないか確認。採択審査にあたっては NEDO 技術委員・技術委員会等規定に則り、応募者と利害関係に該当する採択審査委員については当該提案の審査はせず、採択審査委員会においても当該提案の説明および審議の際には会場から退出して戴いた。

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（助成）

【公募内容】

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、実用化及び普及化の研究を行う（1/2 助成）

公募予告（2023 年 12 月 28 日）⇒ 公募（1 月 31 日）⇒ 公募〆切（3 月 2 日正午）

【採択】

採択審査委員会（2023 年 3 月 22 日）

採択審査項目：

助成事業は企業の中で責任をもって事業化を進めてもらう位置づけであることから、採択基準においては企業がもつ技術力や事業化計画を評価するため「実現性」の重み付けを最も高く設定した。

採択条件：

冷媒の選定にあたっては、冷媒メーカーとの連携体制の構築など必要な対応を行うこと。（日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社※）

※ 現 日立空調清水株式会社

3.1.4. 研究データの管理・利活用

「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント方針」に基づき、グループ毎に「知財及びデータ合意書」を作成し、知財運営委員会を設けて研究成果の取り扱いを一元的に管理・運用する。尚、研究データは、オープン・クローズ戦略のもと積極的に公開し、産業界の早期上市に資するようにデータ登録、国際規格標準化を進める。

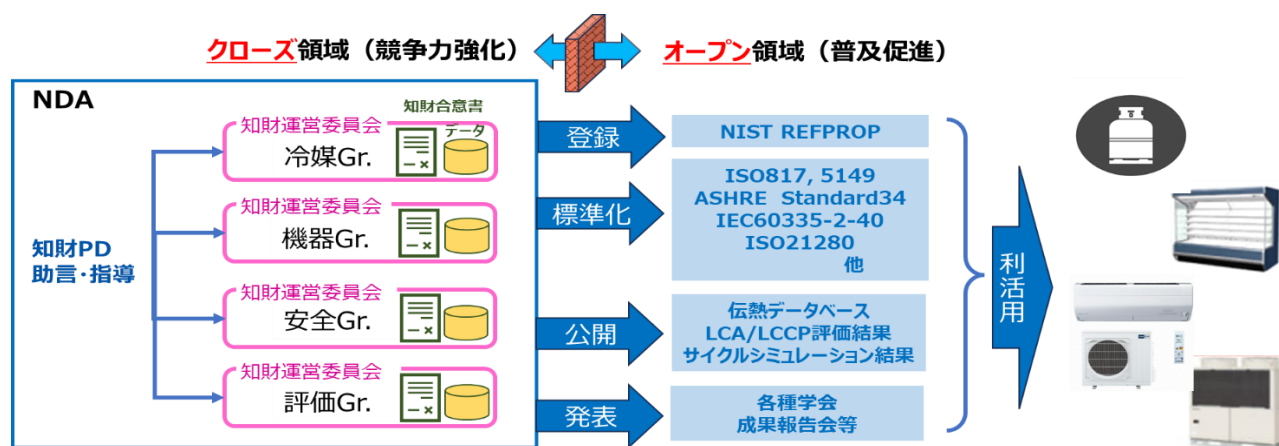


図 3.1.4-1 研究データの管理・利活用

3.2. 受益者負担の考え方

【委託事業】（研究開発項目①）

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。

【助成事業（助成率：1／2）】（研究開発項目②）

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、助成事業（助成率：1／2）として実施する。

表 3.2-1 【予算】

（単位：百万円）

研究開発項目	負担	2023年度	2024年度	2025年度	合計
① 家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価（委託）	委託 100%	400.7	579.6	503.9	1484.2
② 低GWP冷媒の対応機器の開発（助成）	助成率 50%	20.7	24.1	34.7	79.5
合計		421.4	603.6	538.6	1563.6

3.3. 研究開発計画

3.3.1. 目標達成に必要な要素技術

本プロジェクトの目標達成に必要な要素技術を図 3.3.1-1 に示す。

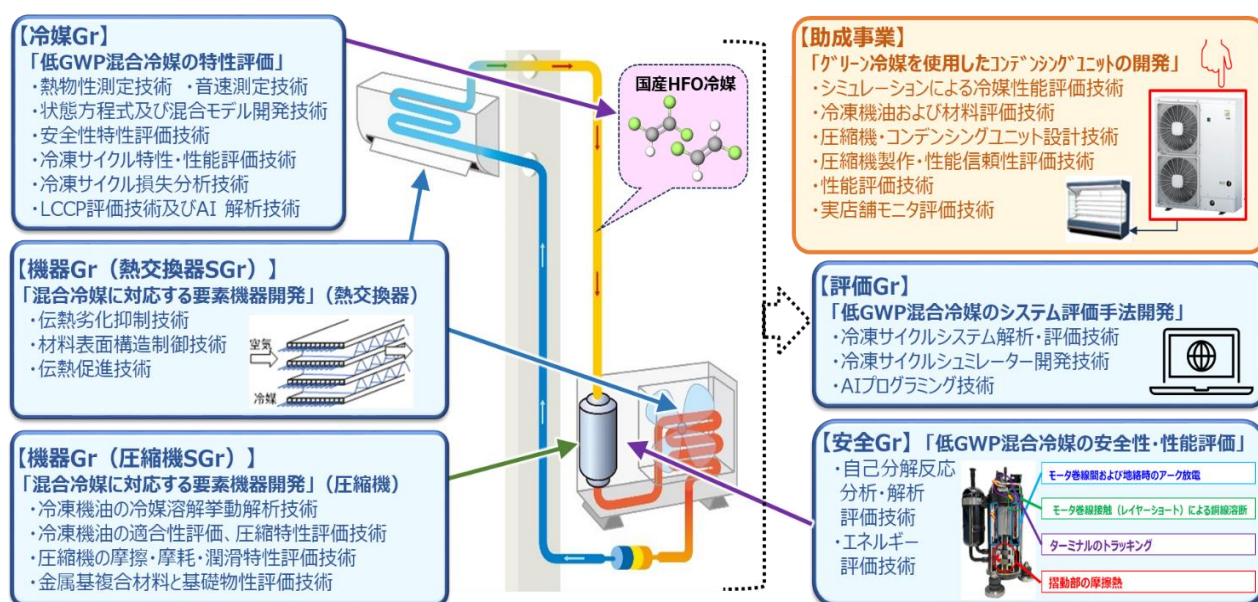


図 3.3.1-1 目標達成に必要な要素技術

3.3.2. 研究開発のスケジュール

本プロジェクトの研究開発のスケジュールを図 3.3.2-1 に示す。

研究開発項目			2023	2024	2025	中間 目標	2026	2027	最終 目標
委託事業	冷媒Gr	低GWP混合冷媒の特性評価	熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み・音速データ取得						
			状態方程式及び混合モデルの開発						
			安全性特性評価						
			サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価・サイクル要素内損失分析						
			LCCP 評価方法の開発及びAI 解析						
	機器Gr	混合冷媒に対応する要素機器開発	熱交換器	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発・伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発・アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発					
				熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発					
			圧縮機	圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び圧縮機特性の解明・圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性の解明・圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価					
	安全Gr	低GWP混合冷媒の安全性・性能評価	HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究						
			自己分解反応評価手法の開発（HFO-1123混合冷媒の研究・R1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認）						
			圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発						
	評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発	冷凍サイクル実機シミュレーション技術開発・AIを活用した冷凍サイクルシミュレーターの最適化技術開発・冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発						
助成事業			グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発			①シミュレーションによるHFO混合冷媒の性能評価と選定②冷凍機油および材料評価と選定③圧縮機設計④コンデンシングユニット設計⑤圧縮機試作・性能信頼性評価⑥コンデンシングユニット試作・性能評価⑦実店舗相当のモニタ評価			

図 3.3.2-1 研究開発のスケジュール

本プロジェクトは早期の事業化が求められている。このため各研究開発項目、規格・標準化への取り組み、企業の開発促進のためのプロジェクト成果の公開を同時並行的に実施し、研究開発および事業化の早期達成を図る計画としている。このため、この計画を実現する上で必要な、プロジェクト内外との連携を公募条件に加えるとともに（3.1.3. 個別事業の採択プロセス参照）、採択後に効率的・効果的な連携がとれる様、前述のように研究 Gr を設置し、研究体制を再構築した（3.1 実施体制参照）。

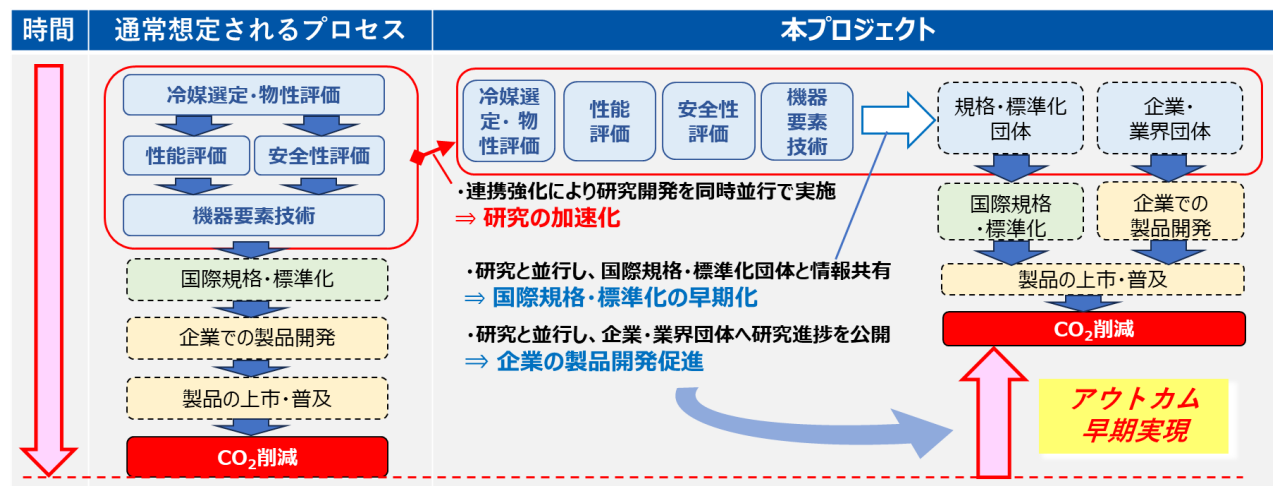


図 3.3.2-2 本プロジェクトにおける社会実装プロセス

3.3.3. 進捗管理

グループ内、グループ間の連携を重視し、定期的に情報共有・議論を行う場を複数用意することにより、プロジェクトの実効性を高め、効果的なプロジェクトマネジメントにつなげる事を目

標とした。また、研究成果をいち早く社会実装につなげるため、外部有識者を交えた会議を開催して情報開示を進めると共に、得られた意見を研究に反映させる。

これらを達成するため PL/SPL への月例進捗報告、PL 視察・指導等の充実を図ることで進捗状況を常に把握・共有し、目標達成を確実なものとする。

表 3.3.3-1 進捗管理

会議名	主なメンバー	対象・目的	頻度	主催
技術委員会	・外部有識者（技術委員） ・全事業者、PL、SPL、PM	・各Grの研究開発の進捗状況等について外部有識者が確認し、客観的立場からプロジェクトの方向性について意見を頂く。	年に1回	NEDO
情報共有会議	・全事業者、PL、SPL、PM	・各Grの研究開発の進捗状況について事業者全体で共有し、PL・SPLから研究内容についてのフィードバックを受ける。	年に1回	Gr持ち回り
冷媒Gr/機器Gr連携会議	・冷媒/機器Gr、PL、SPL、PM ・外部有識者	・Gr内事業者の研究進捗状況を確認し課題に関して議論する ・研究内容に関して外部有識者からの意見を聞く。	年に2回～4回	各Gr
自己分解反応研究会	・安全Gr、PL、SPL、PM ・外部有識者	・自己分解反応に対する評価手法の確立や、標準化への道筋をつけるために、外部有識者を交えた会議を開催。	年4回	電中研
NEDO次世代冷媒システム評価委員会	・評価Gr、PL、SPL、PM ・外部有識者	・開発中のシステム評価手法の実用化に向けて、外部有識者を交えて定期的に情報・意見交換を実施。	年4回	早稲田大
知財運営委員会	・各Gr知財運営委員	・研究開発の成果についての権利化・秘匿化等の方針決定や公開・実施許諾に関する調整を行う。	随時	各Gr

3.3.4. 進捗管理：外部委員意見への対応

事前評価における外部有識者の指摘・指導事項および、技術委員会における委員提言を踏まえた、本プロジェクトでの対応を以下に示す（表 3.3.4-1）。

表 3.3.4-1 外部委員意見への対応

■ 事前評価委員会における委員提言への対応

問題点・改善点・今後への提言	対応
「我が国の産業技術に関する研究開発活動の動向（経産省）」によれば、研究開発の段階から「コスト、収益、費用対効果」や「市場ニーズ、技術動向、特許動向」などの情報を把握・共有することが、事業化の成功に資するとされている。 - 現行および前PJで得られた成果、期待されるアウトカムの数値的説明等について、外部関係者に対し十分な説明が求められる。 - 本事業の成果が世界市場で優位性を発揮するためには、技術開発に加え、各国の関連規制や国際標準・規格への対応が不可欠である。しかしながら、これらは企業単独では対応が困難な課題であり、国による支援とともに、プロジェクトとしての計画的な環境整備が必要である。 - 国際標準化には5年以上の準備期間を要することもあり、事業期間中からの外部広報・周知活動の積極的な展開が望まれる。	- 各Grの外部有識者を含む会議体を通じて得られた、市場ニーズ・技術動向・費用対効果等の情報をPJ内に設置された会議体で共有する体制としている。 - 知財CNを採用し、知財戦略上の助言や特許動向に関する説明会を実施している。 - 前PJの成果は和英レポートを作成し、日本冷凍空調学会やNEDOのHPを通じて公開している。 - 現行PJの計画や進捗状況についても、学会等で積極的に公表するとともに、継続的な情報発信と理解促進を図る（下段：活動報告会、NEDO特別講座等も活用）。 - 各Grにおいては研究と並行し、国内規格団体・国際標準団体と連携し、その意見をPJに反映、早期の登録・標準化を実現する仕組みを構築している。 - 本事業の進捗状況を国内外の会議等でリアルタイムに発信し、標準化の加速や企業の開発促進に資する情報提供を行っている。 - 原課・業界の要望に基づき、活動報告会（'25年4月）を通じ、事業の成果を広く周知している。 '25年度より、NEDO特別講座を通じて、本事業に関する広報、人材育成、人的交流などの活動を展開する（調査、国際イベント開催、企業・大学向け講座開催、成果報告等）。

■ 技術委員会における委員提言への対応

問題点・改善点・今後への提言	対応
- 評価を行う冷媒種等について、グループ内・グループ間事業者で情報共有して進めるように。 - 自己分解反応評価手法の国際規格化をめざすのであれば、スピード感を持って広く関係者と情報共有しつつ進める必要がある。	- 事業者間で情報交換を密に進めており、今後、冷A-1,2で評価された、R32+HFO混合冷媒の組み合わせでの評価が各事業者において進んでいく。 - 日本冷凍空調工業会会員企業に対し、NEDOプロジェクトの研究状況を説明する機会を設け、課題とその対応状況について紹介した。

3.3.5. 進捗管理：動向・情勢変化への対応

各研究 Gr の委員会に国内ステークホルダーが参加する体制とし、国際情勢変化に関する動向や研究進捗を共有すると同時に、国際規格化や早期事業化達成のためのニーズを NEDO 事業に反映することで、プロジェクトの効率的な運用を実施している。

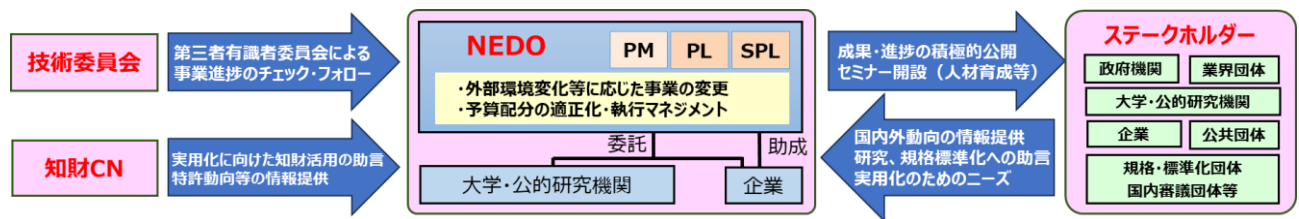


図 3.3.5-1 本事業における情報共有およびチェック・フォロー体制

表 3.3.5-1 事業期間中の具体的な動向・情勢変化への対応実績

アクションの内容	時期	理 由
事業者の追加	‘24.4月	研究の進捗に伴い新たな開発要素が必要となったため、当初外注先を予定していた会社を再委託先に変更し、研究を委託。
加速化予算の追加	随時	研究進捗およびステークホルダーのニーズに応え 5 件の加速化研究を追加。（詳細：開発促進財源投入実績参照）
知財CNの採用	‘24.4月	本事業のオープン・クローズ戦略に則り、事業者への知財戦略上のアドバイス、特許動向等の情報提供を強化。
活動報告会の開催	‘25.4月	原課、業界団体の要請を受け、企業への情報提供・開発促進のため、業界団体向けのNEDO事業の活動報告会を開催。
NEDO講座の開設	‘25予定	本事業に係る広報、人材育成、人的交流を強化する活動（周辺動向調査、イベント・セミナー開催、成果報告他）を開始。

3.3.6. 進捗管理：成果普及への取り組み

成果の普及に向け、国内外に向けて積極的・多角的な情報発信を奨励している。

表 3.3.6-1 成果普及への取り組み

主な対象	目 的	実 績
国際政治団体 ・技術者	・国際動向の把握 ・市場ニーズの把握 ・研究成果の普及促進	■ 環境と新冷媒国際シンポジウム（‘23.11）【全Gr】 成果報告、【NEDO】 ポスター展示 ■ その他国際会議等での成果発表 【冷媒Gr】 欧州冷媒会議（‘23.8）、欧州熱物性会議（‘23.9）、MRS(材料)国際会議（‘24.12） 【機器Gr】 冷凍空調に関するヘルシ会議（‘24.7）、エネルギー製造先端材料に関する国際会議（‘24.11） 輸送現象に関する国際シンポジウム（‘24.11）【冷媒・機械Gr】 熱物性国際シンポジウム（‘24.6） 【機器・評価Gr】 IIR持続可能性とコールドチェーンに関する国際会議（‘24.6） 【評価Gr】 アジア冷凍空調会議（‘24.4）
規格・標準化団体	・国際規格・標準・登録の早期実現	【冷媒Gr】 計量標準総合センター成果発表会（‘25.1） 【評価Gr】 IEAヒートポンプ会議（‘23.5）、家庭用電化製品のエネルギー効率に関する国際会議（‘24.10） ASHRAE冬季大会（‘25.2）
国内技術者	・技術開発促進 ・技術情報交流	■ 日本冷凍空調学会年次大会（‘23.9、‘24.9※）/近畿地区シンポ（‘23.10） ※【NEDO・全Gr】 関連講演を含め34件（全体の16%、NEDO-PJ3セッション）、ワークショップ開催。 ■ その他国内会議等での成果発表 【冷媒Gr】 化学工学会（‘23.9）、日本熱物性シンポジウム（‘23.10）、冷凍・空調・暖房展（‘24.1） 【冷媒・安全Gr】 電気学会全国大会（‘25.3）【評価Gr】 環境工学総合シンポジウム（‘23.7）、 空気調和・冷凍連合講演会（‘23.3/24.9）、空気調和・衛生工学会大会（‘23.9/24.9）
国内企業・業界団体	・企業の開発促進 ・普及促進・人材育成	■ NEDOプロジェクト活動報告会（‘25.4）【PL、安全Gr】 プロジェクト概要・成果報告 ■ NEDO特別講座の開催【NEDO（公募中）】 イベント開催、成果報告書、講座開設他
一般層	・普及に向けた理解醸成	■ プロジェクト紹介パンフレット（日本語版、英語版）の作成。（‘25.4）【NEDO】

3.3.7. 進捗管理：開発促進財源投入実績

事業進捗や産業界からの要望を踏まえ、2024 年度に 5 件（約 30 百万円）の開発促進財源を投入した。

表 3.3.7-1 開発促進財源投入実績

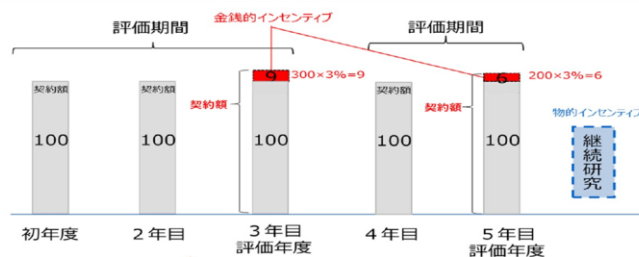
実施項目	内 容	百万円	目的	想定される効果・意義
機器Gr (佐賀大学)	①再委託先(UACJ)の追加 ②研究員の増員	6.37	①熱交換器伝熱性能向上のため、表面処理等実績にあるメーカーを再委託先として追加し研究項目を追加する。 ②冷媒の各種物性測定、および高精度予測モデルの開発(NIST※と協力)を加速化する。 ※米国の国立研究機関	①開発中冷媒に対応した実用に供する熱交換器設計指針の作成。 ②開発中冷媒の国際データベース(REFPROP)への反映早期化。
評価Gr (早稲田大学)	熱交換器デバイスの追加	2.50	産業界の要望を受け、従来冷媒に加え、温度グライドのある低GWP冷媒で最適化した熱交換器の実験を追加して実施することで、熱交換器最適化シミュレーターの開発を加速化する。	企業における開発中冷媒に対応した機器(熱交換器)の早期上市。
冷媒Gr (エイゾス)	研究員の増員	5.28	産業界の要望を受け、冷媒評価項目として当初のLCA/LCCPに加え安全性を追加するための関連技術資料、データ収集。	開発中冷媒の環境影響と社会受容性の両面からの検証による上市の加速化。
安全Gr (電中研)	高速度カメラの導入	9.37	国際標準化を目指す自己分解反応評価手法において、反応を誘発する一連の現象についての詳細な観察を行い、冷媒ガスに伝わるエネルギーの定量化と制御手法の開発を行なう。	開発中冷媒の上市・普及に必要な自己分解反応評価手法の開発、および国際登録の実現。
機器Gr (佐賀大学)	風洞装置改良(自動制御)	6.50	熱交換器評価試験における風洞装置の温度、湿度及び風速の設定を自動制御により安定化することで試験精度の向上と高速化を図り、熱交換器の開発を加速化する。	企業における開発中冷媒に対応した機器(熱交換器)の早期上市。
計		30.0		

3.3.8. モチベーションを高める仕組み

本事業では「交付金インセンティブ制度」を活用し、委託事業者を対象に実施者のモチベーション増大を図る。インセンティブ配賦対象者の選抜にあたっては、事業成果に加えてインセンティブ計画(提案書)を評価対象とする。ここで、インセンティブの使途については基本計画の目標に縛られず、事業者の自由な発想を尊重する。

「交付金インセンティブ制度」導入の背景

- ・2022年度に産構審 研究開発改革WGにて「イノベーションの創出を加速する研究開発事業のあり方」が示された。
- ・NEDOは顕著な成果を出した案件にインセンティブを支払う仕組みを試行的に導入し、実施者のモチベーションの増大や研究開発成果の社会実装の加速化を図る。



本PJのインセンティブ運用方針

1. インセンティブ実施内容（配賦額の使途）
 - ◆ 配布額の使途は、基本計画のアウトプットに記載のある内容に資するものとする
 - ◆ 中間目標・最終目標についてはインセンティブ独自の運用方針として、基本計画に縛られないこととする。
2. 評価の対象
 - ◆ 当初事業成果の評価に加えて、インセンティブ 計画(提案書)を評価の対象として重視する。
3. 配賦対象者・配賦額（分配）
 - ◆ 配賦対象者をインセンティブ計画の評価上位者に限定する。
 - ◆ 対象者への配布額は、基本的にインセンティブ 計画(提案書)に準じた額とする。

【金額規模（参考）】

1 回目：'23-'25年度委託事業費総額 × 3 %
= 約40百万円

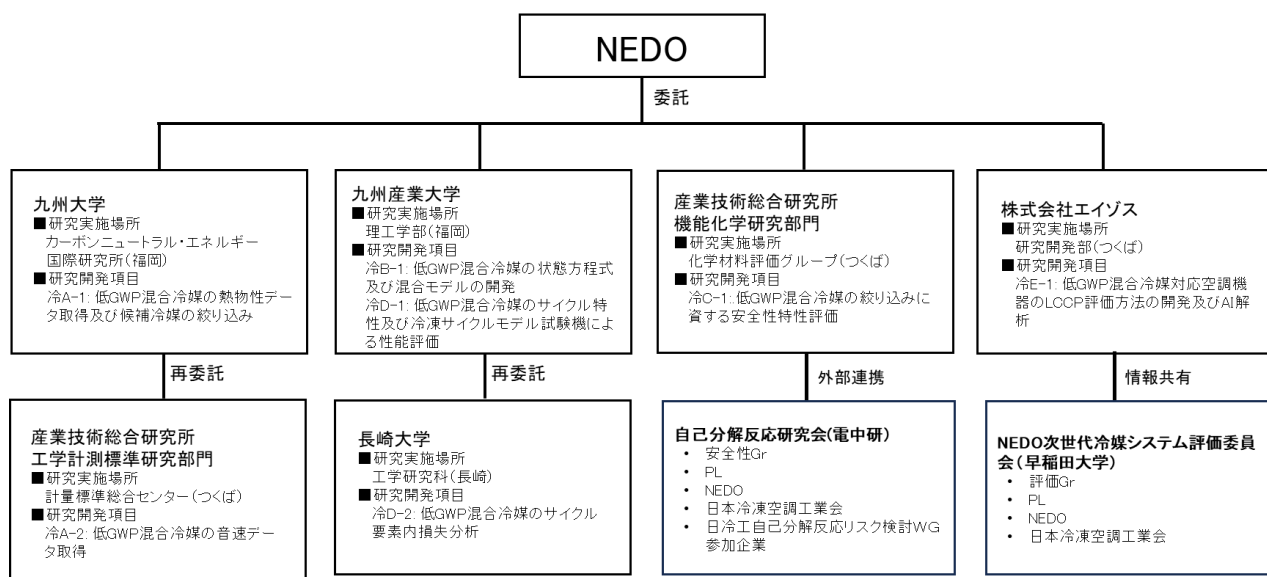
図 3.3.8-1 インセンティブ運用方針

4. 目標及び達成状況の詳細

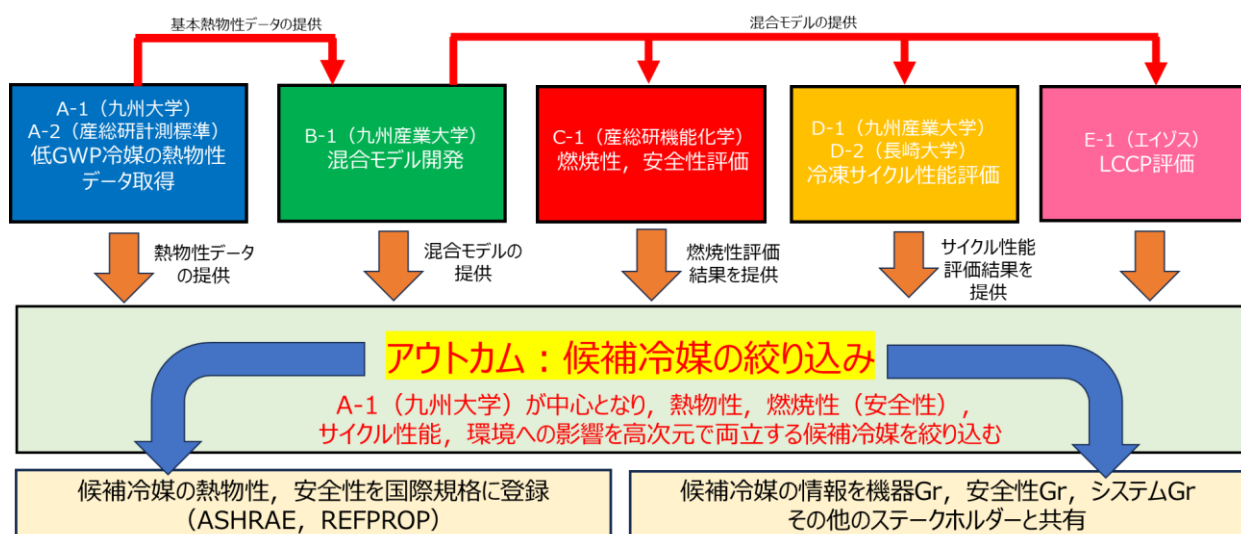
4.1. 研究開発項目①：家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価

4.1.1. 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／低 GWP 混合冷媒の特性評価（国立大学法人九州大学、学校法人中村産業学園九州産業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社エイゾス）

4.1.1.1 実施体制



4.1.1.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係



キガリ改正において我が国が課された削減義務を達成するためには、これまでの NEDO 事業により得られた純冷媒の成果をさらに発展させ、家庭用空調機等に対する混合冷媒の実用化研究を積極的に推進する必要がある。本研究開発項目では、可能性のある混合冷媒候補の熱物性データ取得、絞り込み、冷媒性能評価、サイクル性能評価及び環境影響評価を包括的に実施し、他の事業者や国内外のステークホルダーに対する情報提供を行う。プロジェクトアウトカム目標に資する取り組みとして、研究成果に基づいて混合冷媒に対する熱力学モデル及び燃焼性評価方法を提案し、国際標準である REFPROP や ASHRAE への登録を提言する。

4.1.1.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
冷媒Gr	低 GWP 混合冷媒の特性評価	—	・冷媒候補の絞り込み ・物性等の詳細評価を15件以上実施 ・国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの1種類以上の取得 ・燃焼特性を説明する手法の確立	・物性等の詳細評価を累計25件以上実施、基本物性データの3種類以上の取得。 ・熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルの開発。 ・候補冷媒の燃焼特性の解明 ・企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する。 ・国際規格等3件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	国際規格化・標準化及び国際データベース登録には、正確な冷媒特性・燃焼性の解明が必要である。
	冷A-1	(国) 九州大学	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とし、R32、R1234yf、R290などの低GWP冷媒を混合した低GWP混合冷媒の、(1)PVTx性質、(2)気液平衡性質、(3)臨界点、(4)気液共存曲線の冷媒物性を解明する。	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とし、R32、R1234yf、R290、およびnon-PFAS冷媒であるCO ₂ 、R152aなどを混合した低GWP混合冷媒の(1)PVTx性質、(2)気液平衡性質、(3)臨界点、(4)気液共存曲線の冷媒物性を解明する。	GWP150以下の次世代冷媒候補を絞り込むために、GWP10以下のHFO1123及びR1132(E)を成分冷媒に用いることで実現させる。現時点でHFO1123及びR1132(E)を含む混合冷媒の熱物性データは本グループ以外からの報告はない。
	冷A-2	(国研) 産総研 (計測標準)	R1132(E)の純冷媒、ならびにHFO1123やR1132(E)にR1234yf、R32を加えた混合冷媒について、音速データ等取得し、状態方程式及び混合モデルの高度化に資する熱物性値情報を整備する。	HFO1123やR1132(E)を含む各種低GWP混合冷媒について、状態方程式及び混合モデルの高度化に資する音速データ等の熱物性値情報を整備する。	HFO1123やR1132(E)を含む混合冷媒の熱物性値情報はまだ十分に整備されておらず、高精度な状態方程式及び混合モデルを開発するためには、音速データ等の精密な実測値が必要となる。
冷B-1	状態方程式及び混合モデルの開発	(学) 九州産業大学	従来から行われてきた混合モデルの開発手法を高度化し、より少ない実測値情報からのモデル開発を可能にする。この開発手法を用いてA-1で絞り込まれた混合冷媒のうち、1種類以上のモデルを確立する。	モデル開発をさらに進展させ、A-1で絞り込まれた混合冷媒のうち、3種類以上のモデルを確立するとともに、REFPROP等の熱物性データベースに登録する。	本研究開発項目で開発する混合モデルの最適手法は、開発効率を従来の手法よりも飛躍的に向上させるものであり、少ない実測値情報から短期間にモデルを開発することが可能である。
冷C-1	安全性特性評価	(国研) 産総研 (機能化学)	フルオロエチレン類を主成分とする低GWP混合冷媒の燃焼諸特性の評価を行い、1種類以上の3成分系の燃焼特性を明らかにする。	1種類以上の混合冷媒候補の燃焼性について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得する。	新冷媒の安全性の観点からの絞り込みに資するため、国内外の冷媒の安全性基準を満足するものと同等以上の高安全性となる混合組成範囲を明らかにする。
冷D-1	サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価	(学) 九州産業大学	サイクル試験装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒の性能試験を行う。また、性能試験結果を用いて広範囲の混合組成に対応したサイクルシミュレーションを確立する。	サイクル試験装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒の性能試験を行う。またサイクルシミュレーションを行い、広範囲の混合組成についても検討を行う。	サイクル試験は通常、ドロップイン試験を実施するか、作成した装置1つを用いて試験を行う。しかし本試験では同一の要素機器を用いた成績係数を測定するに特化した装置と、その要素機器の損失測定に特化した装置を2種類用いるため、要素機器の損失を把握した成績係数を取得する事が可能となる。その結果、広範囲での混合組成に対応したシミュレーションが可能となる。
	冷D-2	(国) 長崎大学	製作した評価装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒のサイクルにおける各要素機器の損失を測定する。また、候補サイクルの損失要因を分析できる詳細計算モデルを確立する。	製作した評価装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒のサイクルにおける各要素機器の損失を測定する。また詳細計算モデルを作成し、D-1で学がった候補サイクルの損失要因を分析する。	
冷E-1	LCCP 評価方法の開発及びAI 解析	(株) エイソス	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計する。他の研究開発項目に対して適宜AIを用いた解析ツールを開発・活用し、研究開発効率化を支援する。	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響低減に向けた施策の検討と提言。他の研究開発項目に対して適宜AIを用いた解析ツールを開発・活用し、研究開発効率化を支援する。	新規混合冷媒を搭載した家庭用空調機のLCA/LCCP評価を行い、将来需要推計と組合せることで、将来の日本全体における環境影響を推計することを可能とする。また、AIを用いた解析により、他研究開発項目の研究を促進することを可能とする。

4.1.1.4 研究開発スケジュール

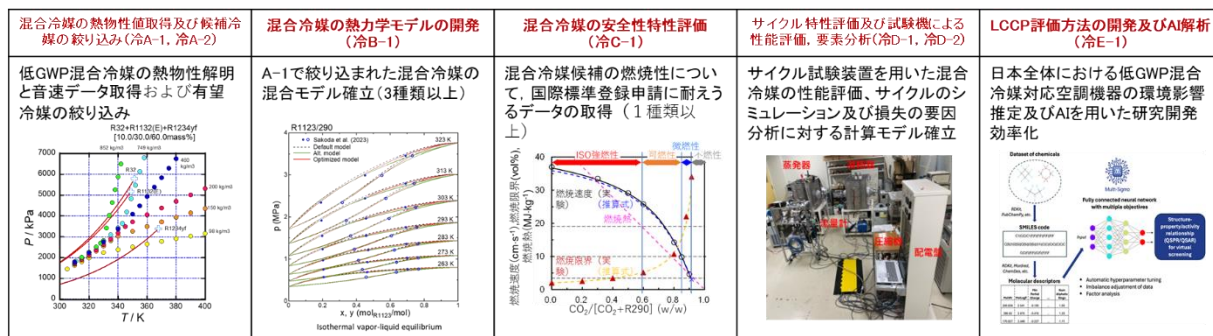
実施項目	2023	2024	2025	2026	2027
冷A-1：熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み	2成分系のデータ取得	3成分系のデータ取得	R290を含む2成分系のデータ取得	R1234ze(E)やCO2を含む2成分系のデータ取得	
冷A-2：音速データ取得	装置のセットアップ及び単成分系の音速データ取得	2成分系の音速データ取得	3成分系の音速データ取得	新たな混合系の音速データ及び低温におけるPVTxデータ取得	
冷B-1：状態方程式及び混合モデルの開発	既存モデルの高度化、暫定モデル開発	A-1で絞り込まれた冷媒の混合モデル開発	モデル改善、データベースの登録	新たな混合モデルの開発及び既存モデルの高度化	
冷C-1：冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価	2成分系までの燃焼性データ取得	3成分系の燃焼性データ取得・推算法開発	A-1で絞り込まれた系の燃焼性データ取得・推算法開発	A-1で絞り込まれた燃焼データの取得、安全性評価の実施	
冷D-1：サイクル特性及びモデル試験機による性能評価	混合冷媒の熱力学的解析 試験装置製作	直交流型熱交換器モデル構築 現行冷媒の評価	A-1で絞り込まれた冷媒の評価 (2成分)	A-1で絞り込まれた冷媒の評価(2成分)	A-1で絞り込まれた冷媒の評価(3成分)
冷D-2：サイクル要素内損失分析	試験装置製作	要素内計算モデル構築 現行冷媒の評価	A-1で絞り込まれた冷媒のシミュレーション	LCCP評価に活かせるデータ取得及び非共沸性の損失分析	
冷E-1：LCCP評価方法の開発及びAI解析	イベントリデータの収集、LCCP評価手法の開発等	LCA評価、AI解析の実施	環境影響を推計、AI解析の実施	安全性Grと連動した評価、AI解析及び研究開発の効率化支援	
評価時期			中間評価		終了時評価

4.1.1.5 成果の達成状況と根拠

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年3月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
冷媒Gr	低GWP混合冷媒の特性評価	—	混合冷媒候補の絞り込み、熱物性評価、燃焼性能評価等を行い、混合冷媒を実用化するための基礎的知見を得るとともに、他の事業者や国内外のステークホルダーに対する情報提供を行う。	各研究開発項目の成果参照。	◎	全体として当初の目標の成果を達成し、一部は目標以上の成果を達成したため。
冷A-1	熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み	(国)九州大学	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とした低GWP混合冷媒の冷媒物性を解明する。	8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒の熱物性を解明した。	◎ 2025年内達成見込み	目標で設定した以上の混合冷媒の熱物性測定が完了しているため。
冷A-2	音速データ取得	(国研)産総研(計測標準)	R1132(E)の純冷媒、ならびにHFO1123やR1132(E)にR1234yf、R32を加えた混合冷媒について、音速データ等を取得する。	R1132(E)の純冷媒、HFO1123を含む4種類の混合冷媒、R1132(E)を含む4種類の混合冷媒について、音速データ等を取得した。	○ (2026年3月に達成見込み)	当初の目標の成果を得ることができたため。
冷B-1	状態方程式及び混合モデルの開発	(学)九州産業大学	A-1で絞り込まれた混合冷媒うち、3種類以上の混合モデルを確立する。	高度化されたモデル開発手法により3種類以上のモデル確立を達成した。	◎ 2026年3月に達成見込み	モデル開発手法を高度化・効率化し、目標で設定した以上の混合冷媒のモデル確立を達成したため。
冷C-1	安全性特性評価	(国研)産総研(機能化学)	1種類以上の混合冷媒候補の燃焼性について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得する。	1種類以上のR1132(E)混合冷媒について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得した。	◎ 2026年3月に達成見込み	R1132(E)混合冷媒の燃焼限界、燃焼速度の評価を開始し、いずれも順調に完了したため。
冷D-1	サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価	(学)九州産業大学	候補冷媒の広範囲の混合組成に対して検討を実施し、最適な混合比を見出す。	候補冷媒の広範囲の混合組成に対して検討を実施し、実機に沿った三角図を示す。	◎ 2026年1月に達成見込み	三角図から得られる最適組成に基づいたシミュレーションにも着手しているため。
冷D-2	サイクル要素内損失分析	(国)長崎大学	要素内の不可逆損失を行いD1のサイクル評価を裏付けるとともに冷媒選択の材料を提供する。	要素内不可逆損失と必要伝熱面積を様々な混合系で計算し、三角図を示す。	◎ 2026年1月に達成見込み	三角図から得られる最適組成に基づいたシミュレーションにも着手しているため。
冷E-1	LCCP評価方法の開発及びAI解析	(株)エイソス	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計する。AIを用いて、他の研究開発項目の研究開発効率化を支援する。	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計結果を示す。	◎ 2026年1月に達成見込み	日本全体の環境影響評価が完了しているため。

4.1.1.6 成果と意義



成果 (2026年3月末見込み)

- 8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒の熱物性の解明。
- R1132(E)の純冷媒, HFO1123を含む4種類の混合冷媒, R1132(E)を含む4種類の混合冷媒音速データ取得。
- 高度化されたモデル開発手法により混合モデルの確立。
- R1132(E)混合冷媒に対する国際標準登録申請に耐えるデータの取得。
- 実機構成要素を用いたサイクル試験結果と構成要素内損失の明確化により、サイクル性能側からの候補冷媒の最適組成を提案。

意義

- 実用化が期待される混合冷媒を絞り込み、その熱物性及び燃焼特性を明らかにすることで、開発の方向性を明らかにする。
- 熱物性及び燃焼特性の情報を他の事業者と共有し、要素機器開発、安全性評価及び空調機シミュレーション等の基盤情報とする。
- 熱物性及び燃焼特性のモデルを国際標準として登録する。

(1) [冷 A-1] 低 GWP 混合冷媒の熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み (担当: 国立大学法人九州大学)

低 GWP 次世代混合冷媒の圧力-体積-温度-組成の関係 (PVTx 性質)、気液平衡性質、臨界点及び臨界軌跡、気液共存曲線及び飽和密度の関係を、下記に示す 8 種類の 2 成分系混合冷媒、2 種類の 3 成分系混合冷媒について、世界で初めて特性を明らかにした。

【GWP150 相当の混合冷媒】

- (1) 21.5%R32+28.0%R1132(E)+50.5%R1234yf(R479A); (2) 21.5%R32+40.0%HFO1123+ 38.5%R1234yf; (3) 21.5%R32+78.5%R1234yf; (4) 20%R32+80%R1132(E).

【GWP70 相当の混合冷媒】

- (1) 10.0%R32+30.0%R1132(E)+60.0%R1234yf; (2) 10.0%R32+40.0%HFO1123+50.0%R1234yf

【GWP10 以下の混合冷媒】

- (1) R1132(E)+R1234yf; (2) HFO1123+R1234yf; (3) R1132(E)+R290; (4) HFO1123+R290; (5) R1132(E)+CO₂; (6) HFO1123+CO₂

本研究の成果を利用して、高精度で熱物性計算ができる次世代混合冷媒の混合モデルが作成できるようになった。さらに、作成された混合モデルが REFPROP に搭載されることにより、世界中の一般ユーザーにおいて次世代新冷媒の熱物性計算が可能になり、冷凍空調機器の機器設計、製品開発、性能評価が世界標準規格 (ISO、ASHRAE) の元で行えるようになる。

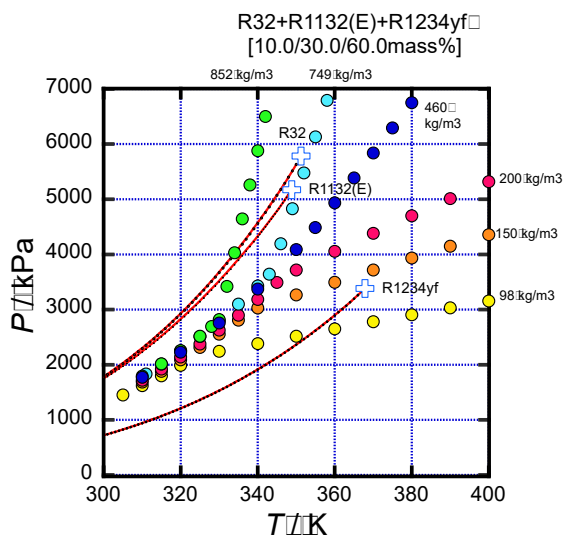


図 [冷 A-1]-1 GWP70 相当の混合冷媒
R32+R1132(E)+R1234yf [10.0/30.0/60.0
mass%] の PVT 性質測定結果

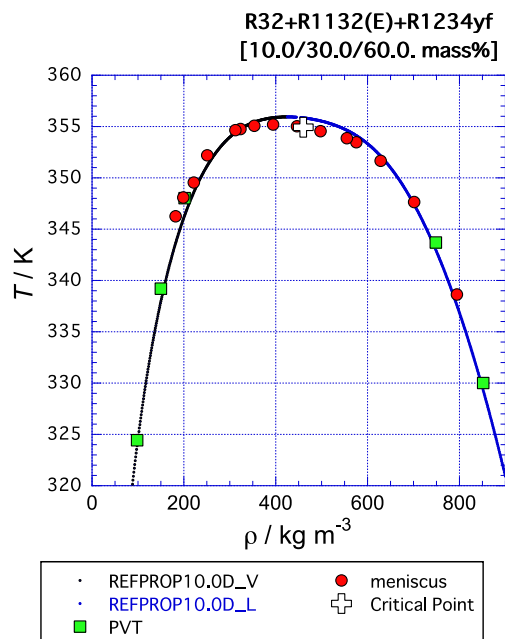
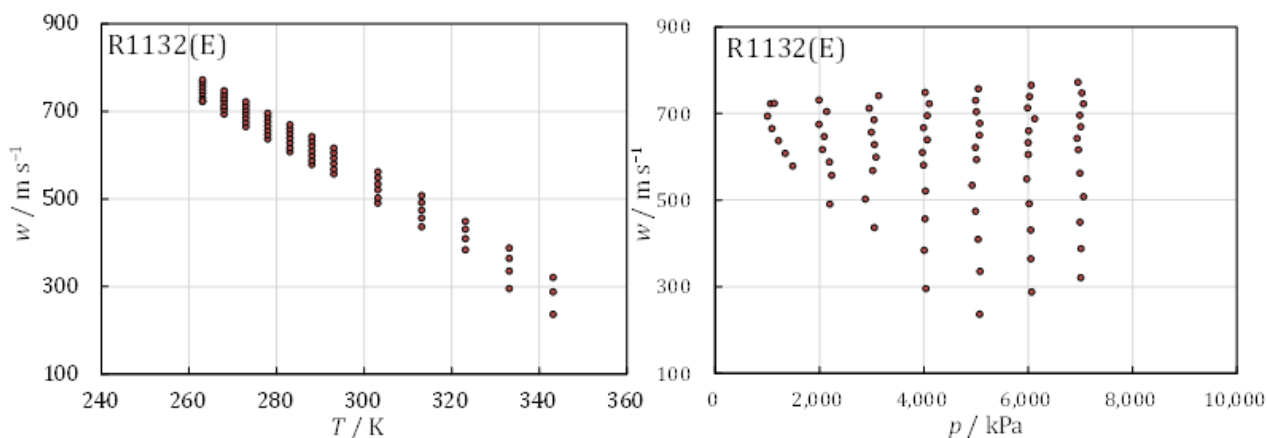


図 [冷 A-1]-2 GWP70 相当の混合冷媒
R32+R1132(E)+R1234yf [10.0/30.0/60.0
mass%] の気液共存曲線測定結果

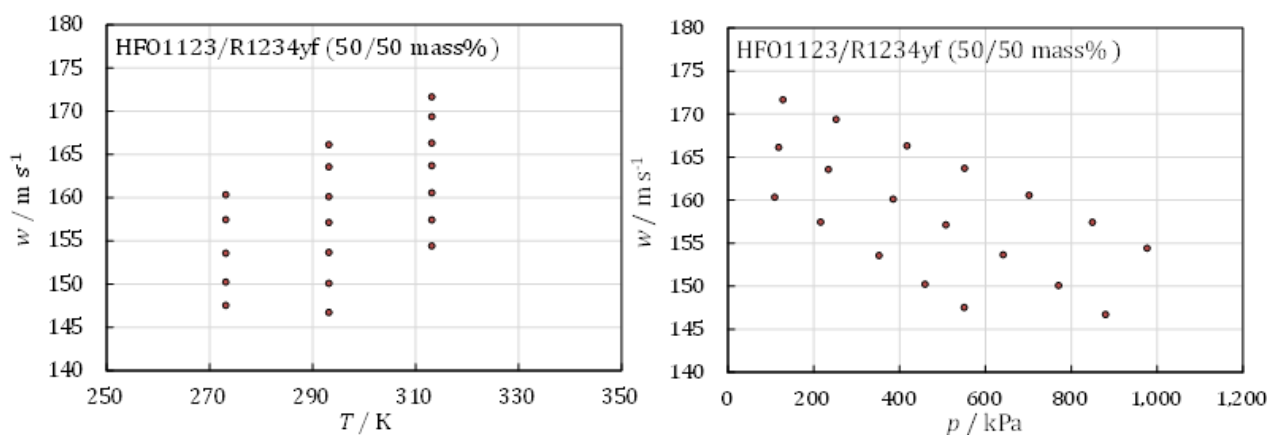
(2) [冷 A-2] 低 GWP 混合冷媒の音速データ取得（担当：国立研究開発法人産業技術総合研究所工学計測標準研究部門（再委託））

冷媒の高精度な熱力学状態方程式を開発するためには、熱力学理論に基づいて温度及び密度の関数で表される式の各係数を正確に求める必要があり、そのために式の温度や密度に関する微分で得られる様々な熱力学性質の実測値が必要となる。研究開発項目[冷 A-2]においては、HF01123やR1132(E)を主成分とする2成分系または3成分系の混合冷媒を測定対象として、状態方程式及び混合モデルの開発に必要となる音速データの取得を目標とする。音速は分子の熱エネルギーと密接に関連した熱力学性質であり、冷媒の状態方程式にとって重要なエンタルピーやエントロピーといった熱力学性質の計算精度向上に貢献するものである。また、状態方程式及び混合モデルの有効範囲拡張を図るために、室温以下の低温域におけるPVTx性質データの取得も行う。

研究開発項目[冷 A-2]では、音波共鳴式気体音速測定装置ならびに超音波パルス式液体音速測定装置を用いて、2024年度までにR1132(E)の純冷媒、R1132(E)+R1234yfの2成分系混合冷媒2種類、HF01123+R1234yfの2成分系混合冷媒2種類について、世界で初めて音速データを取得した。測定結果の一例を下図に示す。2025年度までに、R1132(E)+R1234yf+R32の3成分系混合冷媒2種類、HF01123+R1234yf+R32の3成分系混合冷媒2種類について音速データを取得し、状態方程式や混合モデルの高度化につなげる。



図[冷 A-2]-1 R1132(E)の液体音速データ



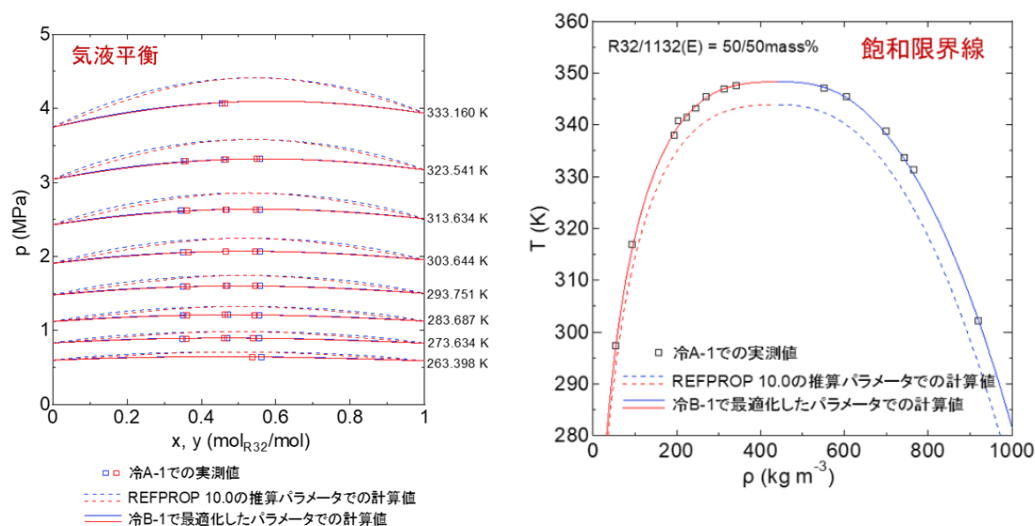
図[冷 A-2]-2 HFO1123+R1234yf(50/50 mass%)の気体音速データ

(3) [冷 B-1] 低 GWP 混合冷媒の状態方程式及び混合モデルの開発（担当：学校法人中村産業学園九州産業大学）

研究開発項目[冷 B-1]では、限られた実測データから広範な温度・圧力範囲に適用可能な混合モデルの開発手法を確立し、[冷 A-1]で選定された混合冷媒に適用して1種類以上のモデルを構築する。さらに、開発したモデルを基に REFPROP の物性定義ファイルを作成し、プロジェクトに関わる他の事業者やステークホルダーと共有することで、実用化に向けた基盤情報の提供を可能にする。また、フィードバックを受けることで、モデルの精度と信頼性をさらに向上させる。

本研究開発項目で開発する混合モデルは、ヘルムホルツ自由エネルギーの混合則に基づく多流体モデルである。従来、このモデルの構築には PVT 性質や気液平衡データなど、多くの熱物性値が必要とされていた。しかし、本研究開発では、等圧線や等密度線の傾きや勾配を最適化することで、少ない実測データから高い信頼性を持つモデルを構築することに成功した。

図[冷 B-1]-1 は、R32+R1132(E)系に対するモデルの再現性を示している。今後は、この手法を他の混合系にも適用するとともに、純物質の状態方程式開発における手法の改善も並行して進める予定である。



図[冷 B-1]-1 R32+R1132(E)系に対する混合モデルの再現性
(左：気液平衡、右：飽和限界線)

(4) [冷 C-1] 低 GWP 混合冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価（担当：国立研究開発法人産業技術総合研究所機能化学研究部門）

新規評価法の導入のため、軽量化した消炎距離測定装置を製作し、微小重力装置に組み込んだ。通常重力下では浮力の影響で評価困難な R32/R1234yf 混合系について微小重力下でデータを取得した。また、高圧用燃焼測定装置を製作し、高圧下で浮力の影響を低減した条件における R32/R1234yf 混合系の消炎距離を測定し、標準条件の消炎距離や燃焼速度を推算した。これらの消炎距離データを比較することにより、通常重力・常圧下の評価法の低燃焼性への適用限界を明らかにした。

3 成分系 $\text{CO}_2/\text{HF01123}/\text{R290}$ の燃焼特性評価を行った。まず、必要な 2 成分系 $\text{CO}_2/\text{HF01123}$ 、 $\text{HF01123}/\text{R290}$ 、及び $\text{CO}_2/\text{R290}$ について、標準条件における燃焼限界、燃焼速度、燃焼熱、消炎距離等の燃焼特性評価を行い、データを数式化した。次に当該 3 成分系の評価を行い、燃焼速度が 10cm/s 以下の微燃性等級（特定不活性ガス）となる混合条件を明らかにした。

冷媒開発グループで冷媒候補として選定された R1132(E)/R32(10 wt%固定)/R1234yf 混合系の燃焼特性評価を行った。まず、燃焼特性が明らかになっていない R1132(E) 単体について種々の温度・湿度条件における燃焼諸特性の評価を行った。次に 2 成分系 R1132(E)/R32 及び R1132(E)/R1234yf の標準条件における評価を行い、データを数式化した。それらを基に当該 3 成分系の燃焼特性の混合比率依存性を明らかにし、微燃性等級化する混合条件を明確にした。更に、1 種類の特定制成について、燃焼限界の必要な温度、湿度影響を明らかにし、国内外の標準登録申請に耐えうるデータを取得した。

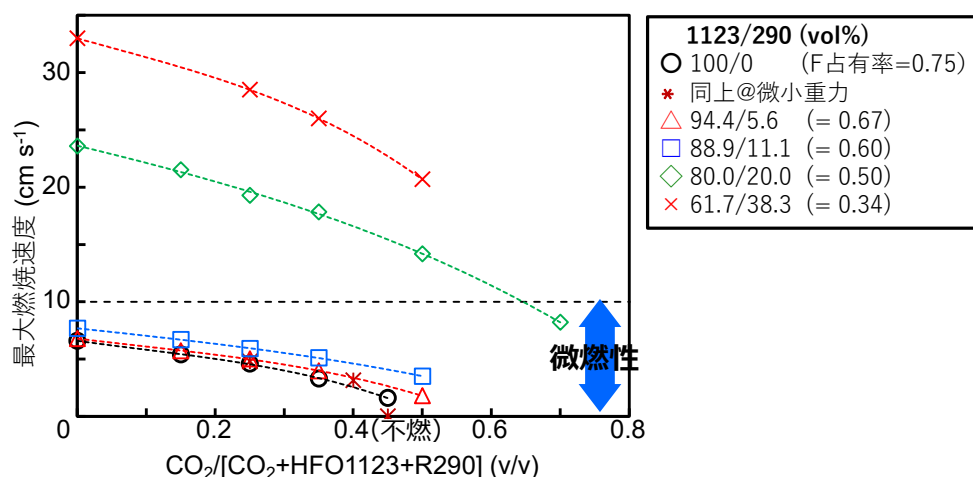


図 [冷 C-1]-1 $\text{CO}_2/\text{HFO1123}/\text{R290}$ 混合系の最大燃焼速度の CO_2 添加効果

(5) [冷 D-1] 低 GWP 混合冷媒のサイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価（担当：学校法人中村産業学園九州産業大学）

次世代冷媒選定のため候補冷媒のサイクル性能を測定するためのヒートポンプサイクル実験装置を製作した。図 [冷 D-1]-1 に製作した熱交換器の 3D モデルを示す。実際の家庭用空調機に同様に冷媒配管に直角に熱源が当たる直交式熱交換器を製作した。また、熱源には水を使用するが熱源の出入口温度を設定することにより、冷媒の温度分布を相対的に再現し、サイクル性能を取得する。実験装置の作成と並行しサイクル計算を実施した。図 [冷 D-1]-2 に R1123 と Propane の二成分混合系の計算結果を示す。横軸は R1123 の質量組成比であり、縦軸は COP および体積能力である。破線が [冷 D-1] で計算した対向流式の計算結果であり、実線が [冷 D-2] で計算したピンチ温度を固定した計算結果である。R1123 の質量組成比が 0.1～0.8 ではピンチ温度を固定した計算結果の COP と体積能力が対向流式の計算結果に比して低くなっている。この質量組成比の区間は混合物の温度すべり（露点沸点温度差）が大きいところであり、対向流式ではない場合に温度すべりの大きい混合冷媒を用いることはサイクル性能を下げることになる。家庭用空調機も対向流式熱交換器を用いることは困難であるため、今回作成した直交流式熱交換器を有したサイクル試験装置を用いてサイクル試験を行うことは重要である。

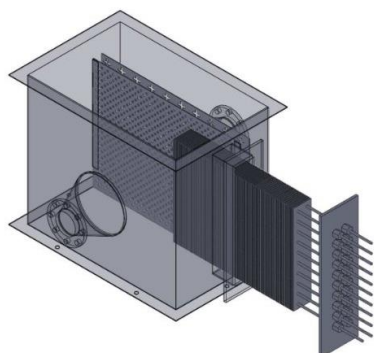


図 [冷 D-1]-1 熱交換器の 3D モデル

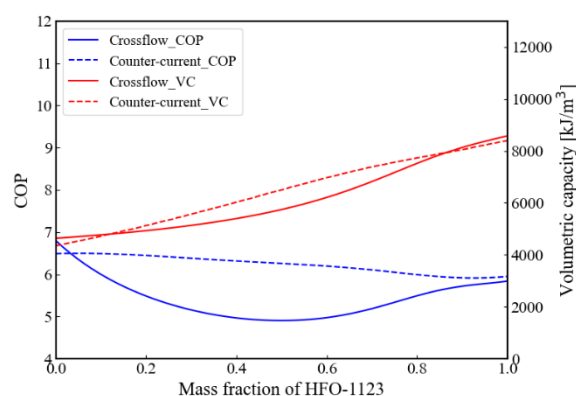


図 [冷 D-1]-2 R1123/Propane の計算結果

(6) [冷 D-2] 低 GWP 混合冷媒のサイクル要素内損失分析（担当：国立大学法人長崎大学（再委託））

冷房能力 2 kW 程度の家庭用空調機へ HFO-1123 などの低 GWP を含む混合冷媒を仕様する場合のサイクル性能を計算した。サイクル全体の取りまとめを[冷 D-1]（九州産業大学）で行い、熱交換器モデルや損失分析を[冷 D-1]（長崎大学）で行った。図 [冷 D-2]-1 は計算条件を示す。空気温度と冷媒温度の差が最小になるピンチ温度が常に 5 K に固定し、必要な伝熱面積を求めた。この方法により、温度勾配が大きな混合冷媒が不利にならぬよう評価した。計算の結果、物性測定値に基づく混合パラメータを使用する場合と、推算されたパラメータを使用する場合では最大 COP に 0.38、温度勾配に 1.5K、体積能力に 4.5%の差異が生じた。測定値に基づいた混合パラメータを用いて性能を評価することが重要であることを示した。HFO-1132/R32、 HFO-1132/R290、 ならびに HFO-1132/R152a の計算結果を比較し、冷媒質量流用を約 1.9 倍、熱交換器サイズを約 1.5 倍に増大させる必要があることなどを示した。図 [冷 D-2]-2 は三成分混合冷媒 HFO-1123/R32/R290(左)および HFO-11123/R32/R152a の計算結果を示す。温度勾配大きい組成では COP が低下しやすい。

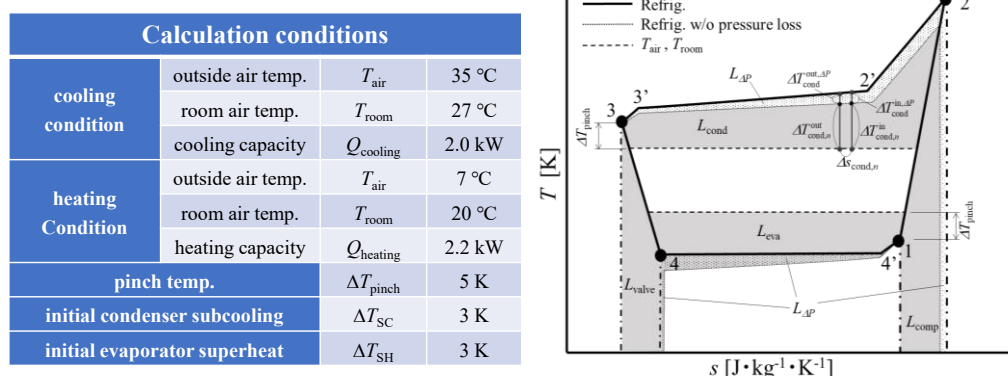


図 [冷 D-2]-1 計算条件（左）と計算方法を示す T-s 線図（右）。T-s 線図中の破線が空気温度、黒実線が冷媒温度を示す。3 番と 1 番のピンチ温度を固定し計算した。

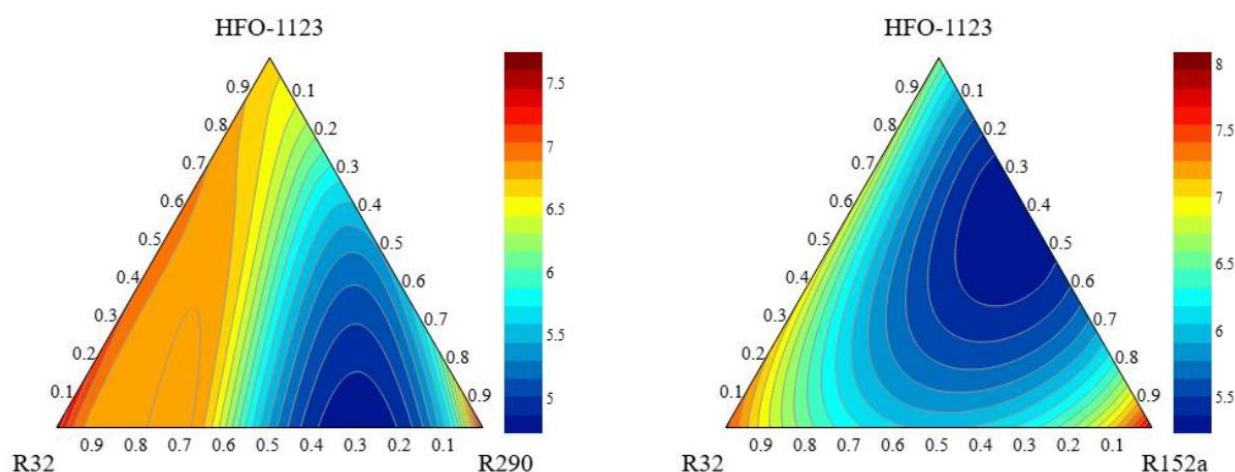
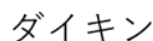
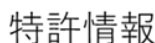


図 [冷 D-2]-2 HFO-1123/R32/R290(左)および HFO-11123/R32/R152a (右) の COP

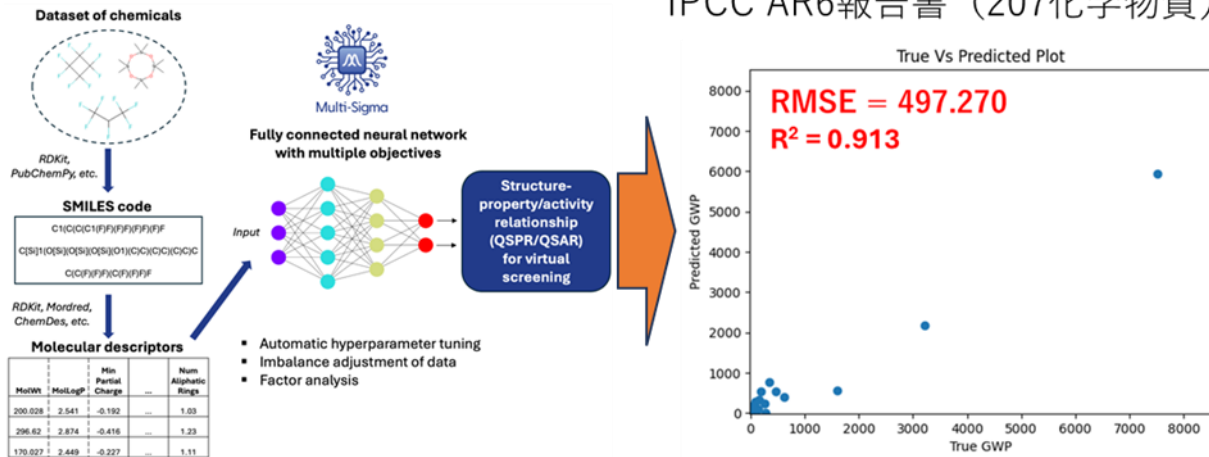
株式会社エイゾス)

また、IPCC AR6 報告書に記載の 207 化学物質のデータを AI に学習させ、冷媒の温暖化係数の推計が可能な AI を生成し、その推計精度を検証した(図[冷 E-1]-2 参照)。本検証により、既存の研究よりも高い精度で温暖化係数を予測することに成功し、それらの成果を学会発表するとともに、論文として投稿した。本研究の副次的効果として、様々な化学物質の温暖化係数を簡易に推計することが可能となった。

最後に、安全性評価に関する過去の調査や研究についてレビューを行い、冷媒の温暖化係数、LCCP、および安全性の3つの観点で最適な冷媒を探索するための研究の枠組みについて検討を行った。



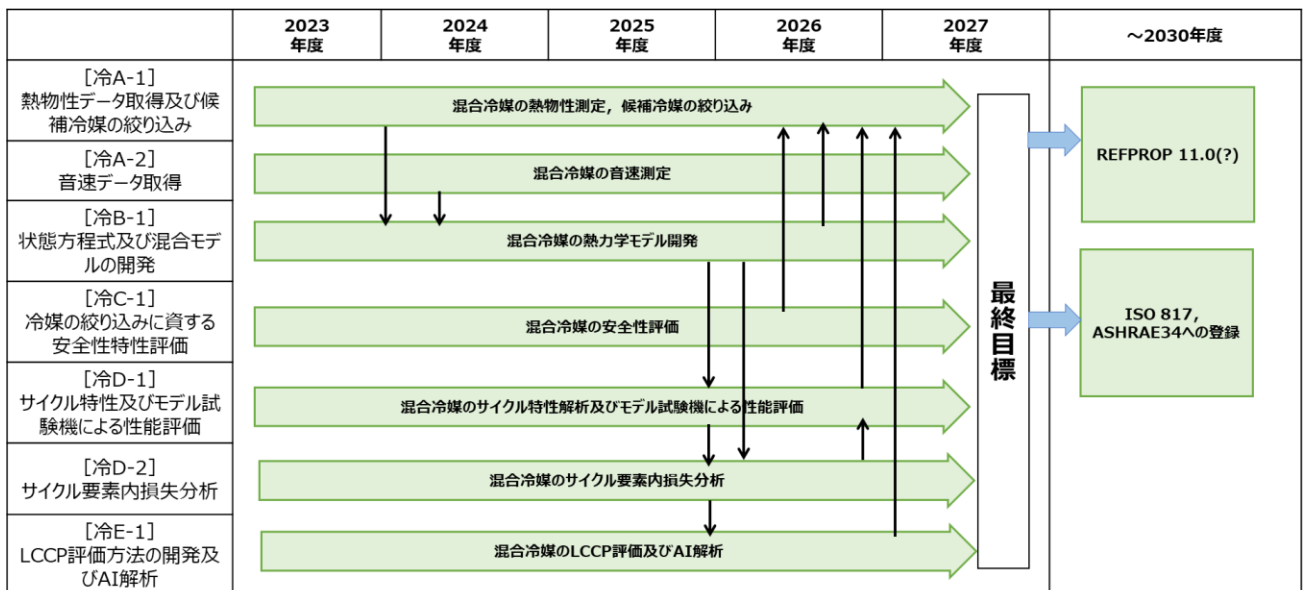
図[冷 E-1]-1. 冷媒の LCA 評価



図[冷 E-1]-2. AI を用いた冷媒物質の温暖化係数の推計

4.1.1.7 実用化・事業化への道筋

[冷 A-1]および[冷 A-2]では、候補となる混合冷媒の基本的な熱物性（臨界点、PVT 性質、気液平衡、音速など）を精密測定し、そのデータを基に[冷 B-1]で状態方程式および混合モデルを開発する。次に、[冷 D-1]および[冷 D-2]において、開発したモデルを用いた冷凍サイクル特性の実験的・解析的評価を行い、有望な混合冷媒を選定する。同時に、得られた評価結果を[冷 B-1]へフィードバックし、状態方程式および混合モデルの精度を向上させる。信頼性が十分に確立された段階で、REFPROP へ組み込み、他の事業者やステークホルダーと共有する。[冷 D-1]および[冷 D-2]における実験的評価では、機器開発グループが開発した熱交換器や圧縮機を用いてサイクル性能の評価を実施する。また、[冷 C-1]では、選定された混合冷媒の燃焼性などの安全性評価を行い、得られたデータを ISO 817 や ASHRAE 34 登録に向けた基礎的知見として提供する。さらに、[冷 E-1]では、[冷 A-1]から[冷 D-2]で得られたデータを活用し、混合冷媒の LCCP 評価や AI 解析を実施する。



4.1.1.8 期間・予算

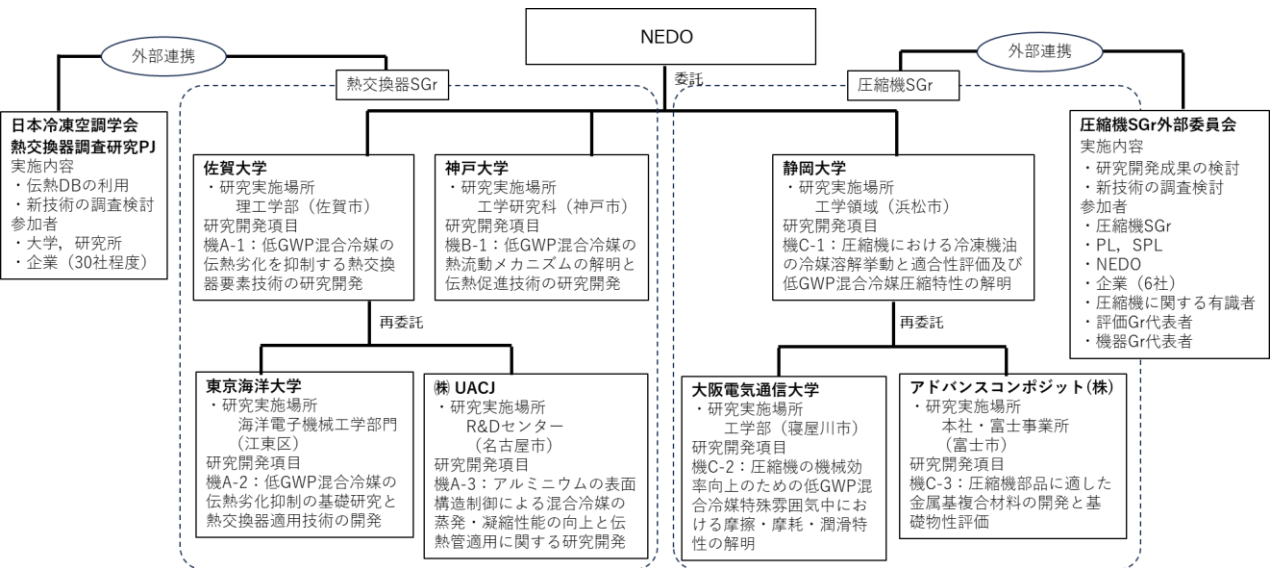
(単位：百万円)	2023FY	2024FY	2025FY
	170 百万円	187 百万円	178 百万円

4.1.1.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
0 件	9 件	20 件	1 件	2 件	0 件	2 件

4.1.2. 低GWP混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／混合冷媒に対応する要素技術開発（国立大学法人佐賀大学、国立大学法人神戸大学、国立大学法人静岡大学）

4.1.2.1 実施体制



4.1.2.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

オゾン層保護や地球温暖化防止の観点から、現在使用されている冷媒を環境影響の小さい冷媒に転換することが緊急の課題となり、低GWP冷媒が新規に開発された。しかし、安全に使用できる低GWP冷媒の種類は限られており、種々の用途や温度条件で使用される冷凍空調機器が要求する冷媒特性に対応することはできない。特に家庭用空調機では、適切な単一冷媒が無く、混合冷媒を使用する必要がある。混合冷媒は、熱交換器における性能低下や圧縮機における冷凍機油適合性などが課題となる。本研究開発項目では、混合冷媒の伝熱劣化抑制、熱交換器の適応性改善、混合冷媒圧縮特性の解明及び潤滑特性評価などの応用面での冷媒適合性評価を行うことで、新たな混合冷媒を使いこなす熱交換器や圧縮機を研究する。それにより、混合冷媒に対応する冷

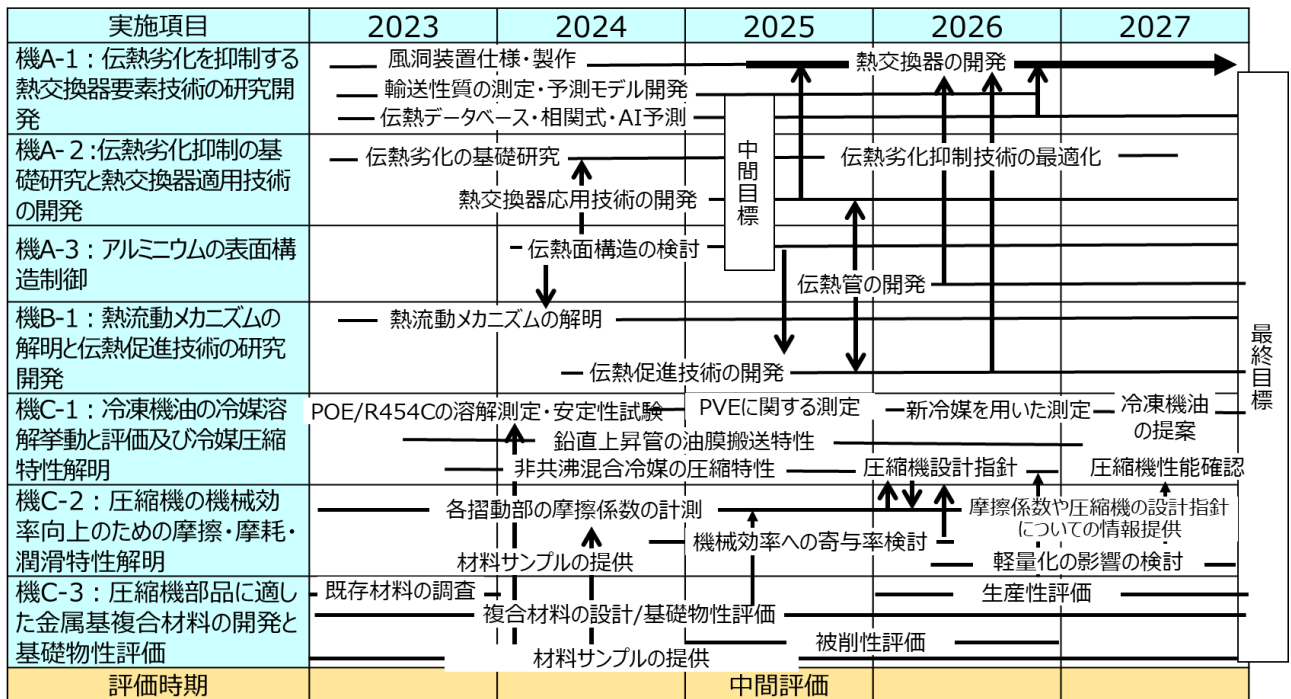
媒－空気コンパクト熱交換器及び圧縮機が開発され、軽量コンパクトスプリット型空調機が社会実装できる。

4.1.2.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	—	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 ■ 冷媒の圧縮特性の解明 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明	■ 熱交換器の設計指針の確立 ■ 圧縮機の設計指針の確立 ■ 冷凍機油の提案	■ 従来と異なる混合冷媒に対応する機器要素技術を確立することは、企業の速やかな製品開発に必要不可欠である。
	機A-1	(国) 佐賀大学	1) 候補混合冷媒1種類以上の熱交換器性能評価実験 2) 2種類以上の候補混合冷媒の粘度及び熱伝導率の測定と予測モデル 3) 3万点以上のデータの蓄積及びAI予測の基本機能確立	1) 3種類の混合冷媒について3種類以上の熱交換器を用いて評価 2) 粘度及び熱伝導率の測定と予測モデル 3) 4万点以上のデータ蓄積、10種類以上の相関式を評価、AI予測	1) 混合冷媒の伝熱特性を明らかにし、最適な熱交換器の開発に繋がる。 2) 粘度と熱伝導率の計算を可能になり、熱交換器設計に貢献する。 3) 実験値の直接検案、相関式評価、熱伝導率のAI予測が可能になる。
	機A-2	(国) 東京海洋大学	R1234yfと同程度の伝熱性能を示す伝熱劣化抑制技術の開発	低GWP混合冷媒に対応する熱交換器開発指針の獲得	非共沸混合冷媒は蒸発・凝縮過程で伝熱性能が低下するため、伝熱劣化抑制が重要となる。高性能熱交換器の開発のためには、混合冷媒に対応する表面処理および流路形状による伝熱劣化抑制、伝熱促進手法が必要である。
	機A-2	(株) UACJ	混合冷媒に対する伝熱性能劣化を低減する表面構造作製法の確立と実機適用可能性検討	候補冷媒の伝熱劣化メカニズムに基づく流路構造の最適化、伝熱劣化抑制効果のある表面処理を施した伝熱管を搭載した改良型熱交換器の試作	混合冷媒による伝熱性能劣化の対策として、伝熱管内面への表面処理による沸騰促進が有効と考えられる。また伝熱管内面への処理と熱交換器への搭載について技術確立の必要がある。

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	—	(前頁に記載)	(前頁に記載)	(前頁に記載)
機器B	機B-1	(国) 神戸大学	水力等価直径が1mm程度の円形及び非円形管を対象として、冷媒気液二相流の気液界面構造を評価可能なプラットフォームを構築する。これを用いて低GWP冷媒の熱流動現象を明らかにするとともに熱交換器に適用可能な混合方法を開発する。	細径流路内気液二相流の攪拌手法は冷媒の流動条件、流路形状（円形／非円形）、運用条件（質量速度、蒸気乾き度）に依存すると考えられる。低GWP混合冷媒に適用可能な攪拌手法を積極的に応用した熱交換器を開発する。	非円形細管内気液二相流の液膜構造を明らかにすることが伝熱性能改善の近道となる。 安定した定常流では非共沸冷媒による性能低下は明らかであり、非円形細管に適用できる振動流を引き起こすような伝熱促進法が必要である。
	機C-1	(国) 静岡大学	非共沸混合冷媒に対する冷凍機油の溶解特性、物性値、油膜流動特性を明らかにするとともに、冷媒組成を考慮した圧縮特性を明らかにする。低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の評価を行う。	新たな低GWP冷媒に対して適用可能な冷凍機油の特性を明らかにし、使用可能な冷凍機油を提案する。また、非共沸混合冷媒用圧縮機の設計指針を示す。低GWP混合冷媒用圧縮機の性能を確認する。	低GWP混合冷媒用圧縮機の性能と信頼性を確保するためには、低GWP混合冷媒に適した冷凍機油の開発・評価、および非共沸混合冷媒の圧縮特性の把握が重要となる。
	機C-2	(学) 大阪電気通信大学	2種の冷凍機油および3種の材料を用い、ベン・固定溝間およびベン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする。	機械損失に大きく関わる圧縮機構部での摩擦・摩耗・潤滑特性を詳しく調べ、高性能圧縮機の設計指針を明らかにする。さらに、圧縮機本体の質量を約10%軽量化した際の効率を明らかにする。	圧縮機本体に複合材を使用し、軽量化すること検討している。そのため、複合材を使用した場合の圧縮機構内摺動部の摩擦特性を把握しておく必要がある。軽量化が効率に及ぼす影響についても検討する必要がある。
	機C-3	アドバンスコンポジット(株)	アルミ複合材料の強化材選定を用いた新たな複合材料の設計・試作を行う	圧縮機本体の質量10%の軽量化を図る	鉄系比重：7.2～7.6g/cm ³ 複合材料比重：2.7～3.3g/cm ³ 比重差で約4g/cm ³

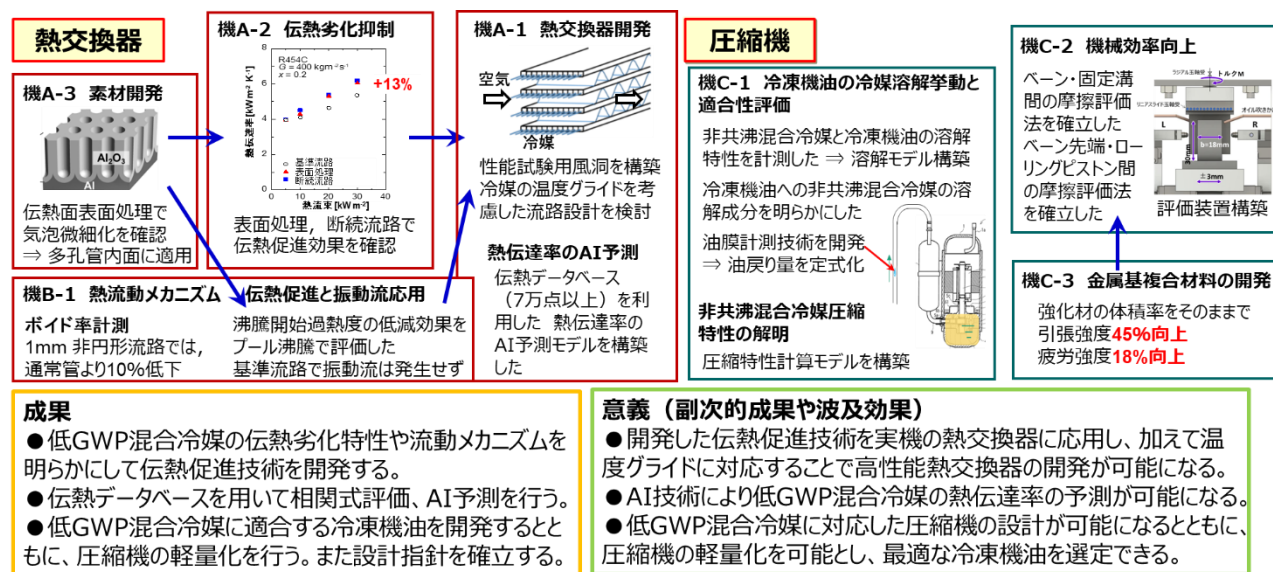
4.1.2.4 研究開発スケジュール



4.1.2.5 成果の達成状況と根拠

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年3月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	—	・混合冷媒に対応する伝熱面構造及びその作製方法の試行 ・実機への適用方法を検討 ・設計に利用できるデータベースの確立 ・対象冷媒に対する冷凍機油の溶解特性や流動特性、材料の摩擦特性の解明 ・新たな複合材料の試作	・特殊構造を有する伝熱面を試作し、実験的に混合冷媒伝熱特性を実験的に検討 ・7万点の伝熱データを蓄積 ・冷凍機油の溶解特性や流動特性、摩擦特性を実験的に検討し、一部は学会で発表 ・試作した複合材料の特性を測定	○：2026年3月に全ての項目で達成見込	・各研究機関で当初の目標を達成できる成果が得られている。 ・熱交換器実験が若干遅れているが、自動制御機能を追加することで加速できる。
機A-1	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発	(国) 佐賀大学	1)混合冷媒熱交換器の評価 2)輸送性質の測定と予測モデル 3)データ蓄積とAI予測基本機能	1)混合冷媒1種類の性能評価 2)候補冷媒2種類の予測モデル 3)3万点のデータ蓄積とAI予測	○：2026年3月達成見込 ●：2026年3月達成見込 ●：2026年3月達成見込	1)自動制御を追加し加速 2)順調に開発が進行中 3)予定以上のデータを蓄積
機A-2	伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発	(国) 東京海洋大学	・候補冷媒について伝熱劣化抑制効果の評価 ・R1234yfと同程度の伝熱劣化抑制技術の検討	・候補冷媒に対する伝熱劣化抑制効果の評価を実施 ・R1234yfと同程度の伝熱劣化抑制の指針の獲得	○ 2026年3月に達成見込み	評価装置は構築済みであり、概ね予定とおり伝熱劣化抑制効果の評価を進めている。
機A-2	アルミニウムの表面構造制御	(株) UACJ	混合冷媒に対する伝熱性能劣化を低減する表面構造作製法の確立と実機適用可能性検討	・最適な表面構造の解明 ・伝熱管内面への実装方法の検討	○ 2026年2月に達成見込み	現時点で概ね予定通りのため
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	—	(前頁に記載)	(前頁に記載)	(前頁に記載)	(前頁に記載)
機B-1	熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発	(国) 神戸大学	微細流路内冷媒気液二相流の気液界面構造を評価するプラットフォームを構築する。低GWP冷媒の熱流動現象を明らかにするとともに熱交換器に適用可能な混合方法を開発する。	細管内気液二相流のボイド率、沸騰開始過熱度の低減のデータは確認された。伝熱面改質、リ形状操作による伝熱改善法を開発する。	○ 2026年3月に達成見込み	実験プラットフォームは構築済みであり、表面改質面の沸騰開始過熱度の評価も予定通り進められている。並列管振動流について振動流と熱伝達の相関を得ている。
機C-1	冷凍機油の冷媒溶解挙動と評価及び冷媒圧縮特性解明	(国) 静岡大学	非共沸混合冷媒に対する冷凍機油の特性を明らかにするとともに、冷媒組成を考慮した圧縮特性を明らかにする。低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の評価を行う。	非共沸混合冷媒に対する、冷凍機油の適合性、油膜流動特性、圧縮特性を明らかにする。低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の特性を明らかにする。	○ 2026年3月に達成見込み	実験装置、方法はほぼ確立できたため、今後試験が進むと予想しており、達成と評価
機C-2	圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性解明	(学) 大阪電気通信大学	2種の冷凍機油および3種の材料を用い、ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする	ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする。	○ 2026年3月に達成見込み	目標の摩擦特性を明らかにできたため達成と評価
機C-3	圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価	アドバンスコンポジット (株)	圧縮機部品に適した軽量高剛性金属基複合材料を設計し基礎物性を明らかにする	実施計画書 P23 表2に記載8項目の機械的物性値・他	○ 2026年3月に達成見込み	2種類の複合材料を設計試作し1種類は目標の物性値を概ね達成している。

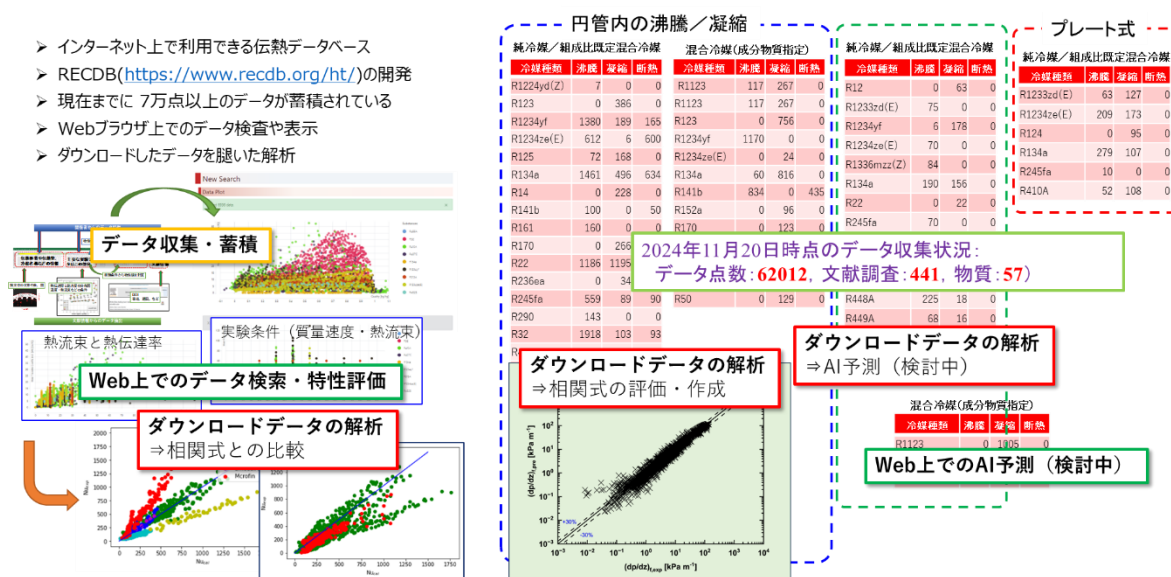
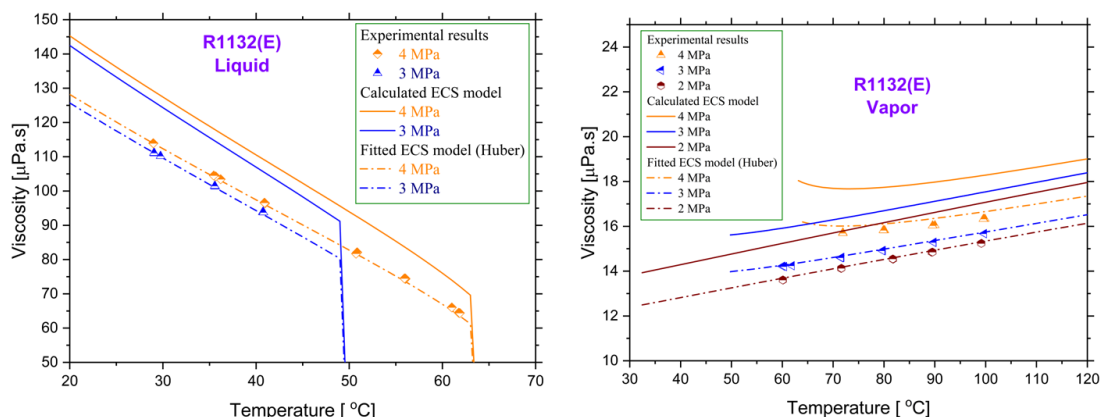
4.1.2.6 成果と意義



(1) [機 A-1] 低 GWP 混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発（担当：国立大学法人佐賀大学）

[機 A-1]では、混合冷媒と空気との熱交換を効率的に行うことができる凝縮器および蒸発器の開発を行うとともに、熱交換器の性能評価や設計、また他の研究開発項目で行うシミュレーションなどに必要となる低 GWP 純冷媒及び混合冷媒の粘度および熱伝導率の測定とそれらの予測モデルの開発を行う。また、本プロジェクトで得られた実験データや文献情報を収集して伝熱データベースを構築するとともに、相関式の評価や AI による予測機能を追加する。熱交換器開発では、性能比較のための既存熱交換器の性能評価を行うとともに、[機 A-3]と協力して新規構造の低 GWP 混合冷媒用熱交換器の基本概念を構築して開発を進めている。また、[機 A-2]、[機 A-3]及び[機 B-1]と協力して開発中の伝熱面を実機に適用する方法を検討した。粘度及び熱伝導率に関しては、低 GWP 混合冷媒の有望な成分冷媒である R1132(E)の粘度及び熱伝導率の測定を完了し、予測モデルを作成した。図 [機 A-1]-1 に粘度の測定値と予測モデルの比較を示す。R32 と R1234yf の混合冷媒である R454B 及び R454C については、測定を完了し、予測に必要な混合モデルの開発を進めた。伝熱データベースに関しては、データ収集を継続し 7 万点近くのデータを蓄積するとともに、蓄積したデータを用いて相関式を評価するプログラムを作成した。AI 予測では、いくつかの機械学習モデルの評価を行い、入力データの適正化や隠れ層の最適化の検討を進めた。図 [機 A-1]-1 にその全体概要を示す。

これらの成果は、低 GWP 冷媒を用いる冷凍空調機器の熱交換器設計において有益な情報となるとともに、新たな熱交換器の開発につながる事が期待できる。



(2) [機 A-2] 低 GWP 混合冷媒の伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発 (担当: 国立大学法人東京海洋大学 (再委託))

研究開発項目[機 A-2]は、低 GWP 混合冷媒の伝熱劣化メカニズムに関する基礎的な伝熱実験及び理論的な考察に基づき伝熱劣化を抑制する要素技術を開発するとともに、それを実際の熱交換器において具現化する技術の開発を行う。表面処理を行った伝熱面や間欠壁を有する流路形状により、伝熱劣化の原因である濃度境界層抵抗を低減する技術を開発する。また、研究開発項目[機 A-1]、[機 A-3]および[機 B-1]と連携し、高性能熱交換器の開発につなげるとともに、伝熱データベースシステムの機能拡張とデータ収集に貢献する。

これまでに扁平多穴管を模した並列マイクロチャンネル内における混合冷媒の相変化をとまなう流動様相および液膜構造の可視化、ならびに蒸発・凝縮熱伝達率の評価を行った。2024年度までは主に入手可能な現行冷媒 R454 系を用いて、混合冷媒の基礎的な伝熱実験を行った。図 [機 A-2]-1 および図 [機 A-2]-2 に示す流動様相の可視化により、伝熱面への表面処理による核沸騰熱伝達の促進効果および間欠壁による流れの攪拌効果を確認した。また、図 [機 A-2]-3 に示すよう

に、伝熱面への表面処理および間欠壁を有する流路形状が混合冷媒の熱伝達特性に及ぼす効果を検証し、表面処理および流路形状が特定の条件において伝熱劣化抑制効果があることを確認した。

これらの成果は、低 GWP 混合冷媒を用いる際の運転条件選定や伝熱面開発につながる事が期待できる。

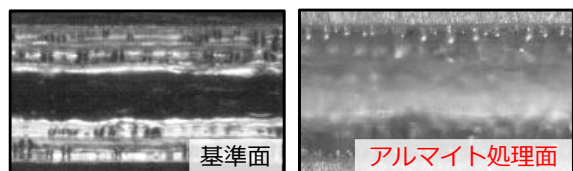


図 [機 A-2]-1 基準面およびアルマイト処理面の流動様相

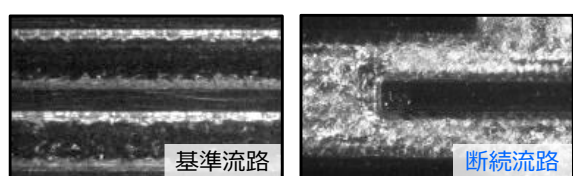


図 [機 A-2]-2 基準流路および断続流路の流動様相

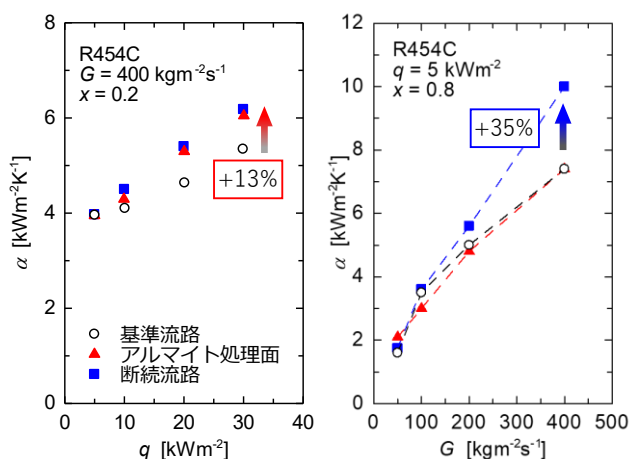
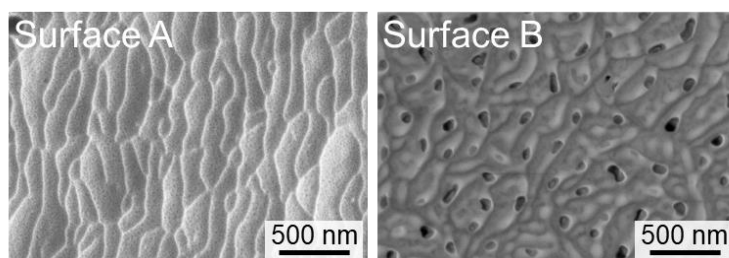


図 [機 A-2]-3 蒸発熱伝達特性に及ぼす伝熱面への表面処理および流路形状の効果検証

(3) [機 A-3] アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発（担当：株式会社 UACJ（再委託））

孔径の大きく異なる伝熱面を[機 A-3]において作製し（図[機 A-3]-1）、沸騰様相の可視化、伝熱性能測定を[機 A-2]、[機 B-1]と連携して試みた。[機 A-2]で作製した流路形状に加工したアルミニウムブロックサンプルに対して、それらの流路へ大小様々な形状を有する多孔質層を形成し、その表面における沸騰様相を[機 A-2]で観察した。表面処理を行った流路表面において沸騰気泡の微細化が確認されたが、伝熱性能の向上は限定的であった。また、[機 B-1]とはφ10mm 未満のアルミチップの片側表面のみに表面処理を施したサンプルを提供し、プール沸騰試験により伝熱性能を評価している。加えて、多穴管内壁への表面処理の予備検討をビーカースケールで実施した。定電流電解法によりアルミニウム表面に形成される酸化皮膜は、外面と内面とで酸化皮膜厚さを比較すると内面側は皮膜が薄くなる傾向が見られた。従って、多穴管内壁の処理においては、付き回り性も考慮した製造法の検討が必要であるものと考えられた。



図[機 A-3]-1 作製した多孔質表面の SEM 写真

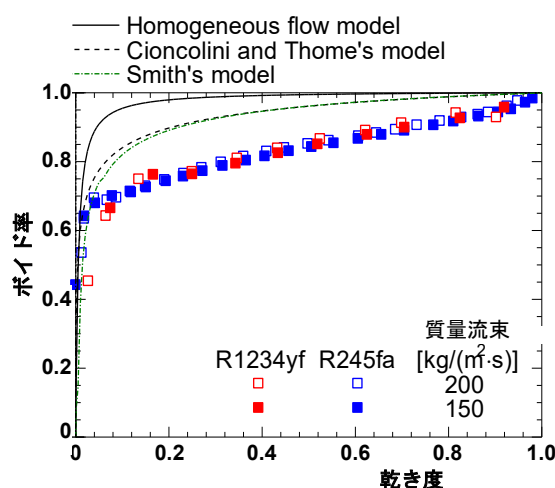
前述のように実施計画における伝熱性能の劣化を抑制する伝熱面表面の検討では、表面処理による沸騰性能の改善は限定的な条件下のみであり、表面処理条件を変更した検討を継続している。伝熱性能のさらなる改善のため、表面処理に適した扁平多孔管の形状検討において、流路形状による蒸発性能の改善も加味した押出用ダイスを製作中である。

これらの成果は、多孔質構造の最適化と表面処理方法の確立につながることを期待できる。

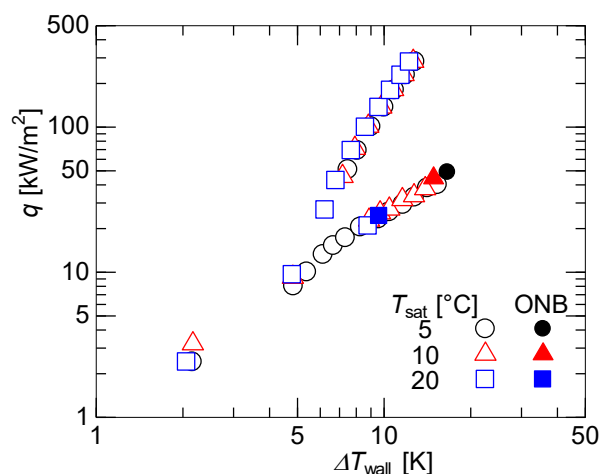
(4) [機 B-1] 低 GWP 混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発（担当：国立大学法人神戸大学）

研究開発項目[機 B-1]は、非共沸混合冷媒の扁平多孔管熱交換器への応用を想定し、微細流路内の気液界面構造を明らかにするとともに、その流動構造に応じた濃度境界層攪拌による伝熱促進技術を開発する。気液界面構造に関する知見は、研究開発項目[機 A-1]、[機 A-2]と連携し、[機 A-3]からは伝熱促進のため表面改質面の提供を受けてメカニズムの解明と高性能熱交換器につなげる。これまで、①細管内気液二相流の流動特性の解明、②沸騰開始過熱度の把握とその低減、③並列流路蒸発流の振動流、3つの研究開発課題を進めた。

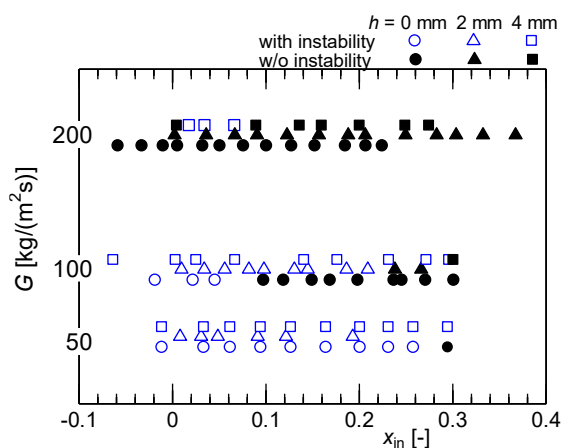
2024 年度までに、課題①では微細非円形流路内気液二相流実験プラットフォームの構築し、気相体積割合であるボイド率が従来モデルより 10%低くなること（図[機 B-1]-1）、非共沸混合冷媒の場合も純冷媒とほぼ同じであることを示した。環状流での液膜安定化が予想され、液膜内核沸騰の必要性を示すものである。課題②では、プール沸騰実験装置を構築、非共沸混合冷媒の場合、高沸点冷媒を単一で使用したときの沸騰開始過熱度より低下することを示した（図[機 B-1]-2）。液膜内核沸騰を積極的に利用する観点では、好ましい結果であるが、試作アルマイト処理では核沸騰促進効果が得られなかったことから、処理方法にフィードバックし、伝熱促進面の開発につなげる。課題③では、熱交換器で観察された振動流を分類し、それぞれの形態での伝熱特性を明らかにした（図[機 B-1]-3）。得られた知見をもとに、振動流を積極的に発生させる手法の開発につなげる。



図[機 B-1]-1 断面平均ボイド率



図[機 B-1]-2 R454C の沸騰曲線



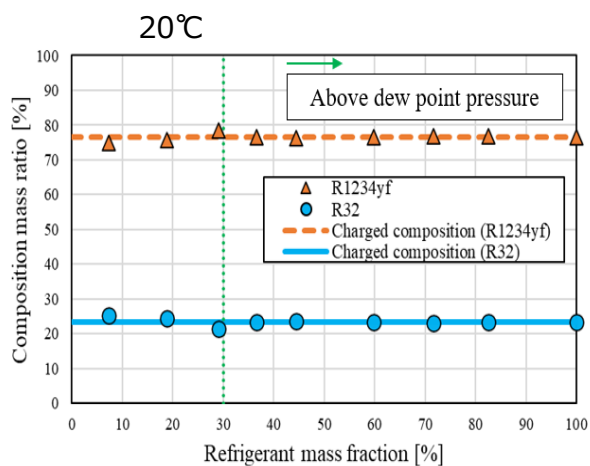
図[機 B-1]-3 不安定流動マップ

(5) [機 C-1] 圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低 GWP 混合冷媒圧縮特性の解明（担当：国立大学法人静岡大学）

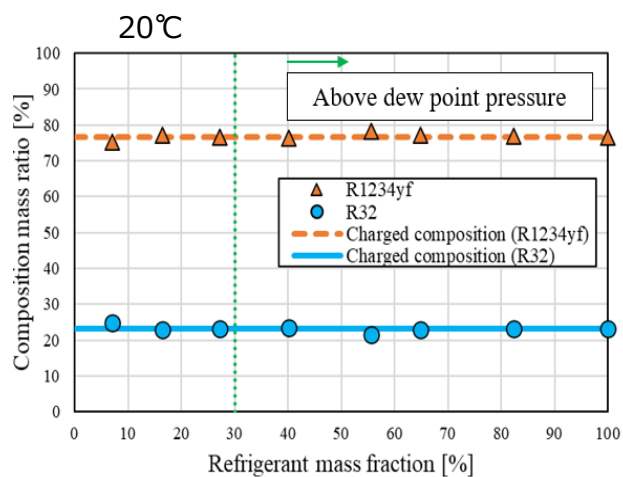
低 GWP 混合冷媒対応の冷凍システムを実現するためには、冷媒に対応した圧縮機の開発が必要であり、圧縮機の性能と信頼性を確保するためには、冷媒に適した冷凍機油の開発・評価、および非共沸混合冷媒の圧縮特性の把握が重要となる。冷凍機油の評価においては、冷媒と冷凍機油との適度な溶解性、冷凍機油／冷媒混合物の安定性、材料適合性、吸込み配管における油戻り特性などに注意をする必要がある。

2024 年度は、非共沸混合冷媒 R454C と冷凍機油混合物の溶解特性と物性値を二種類の油に対して測定し、非共沸混合冷媒が冷凍機油にほぼ組成と同じ成分で溶解することを明らかにした。また、非共沸混合冷媒用冷凍機油の安定性をオートクレープ試験により確認し、アルミ／セラミック複合材との適合性も問題がないことを確認した。さらに圧縮機吸い込み配管における油膜計測技術を開発し、今後冷凍サイクルにおいて油膜状態を測定し、油戻りを定式化する予定である。圧縮特性計算モデルに関しては、基本的な計算モデルの構築が終わり、今後は混合冷媒の成分変化を考慮して圧縮特性を検討することで、非共沸混合冷媒に対する設計指針を得る予定である。

これらの成果により、企業における圧縮機設計（冷凍機油選定）を可能とし、非共沸混合冷媒用圧縮機の設計指針や圧縮機の信頼性（油戻り）に対する設計指針を示すことにより、新たな冷媒用圧縮機の実現を目指す。

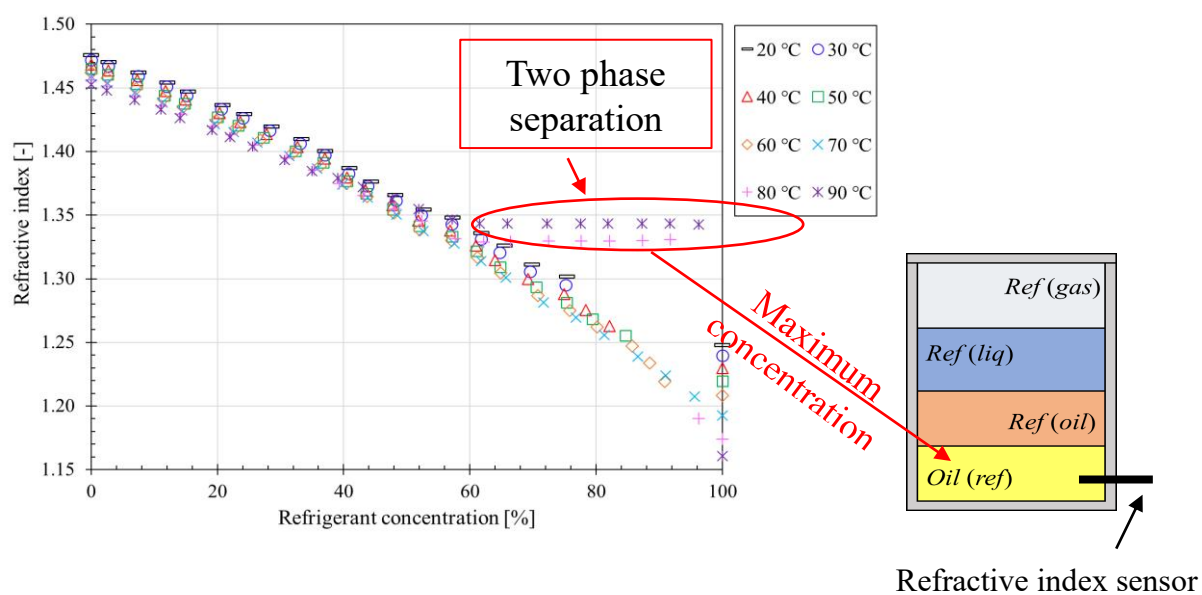


Charged composition
R32 : R1234yf = 23.5 : 76.5 [wt.%]
(POE/R454C)

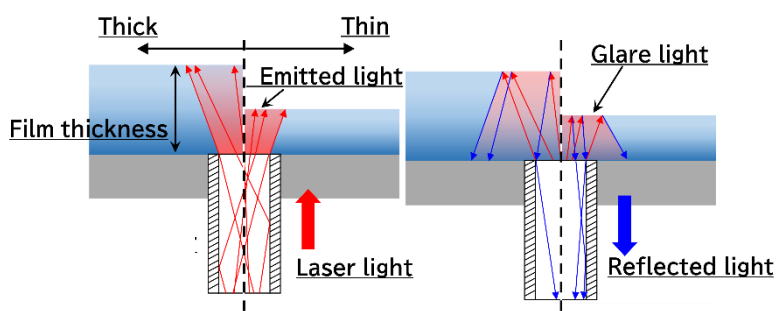


Charged composition
R32 : R1234yf = 23.3 : 76.7 [wt.%]
(PVE/R454C)

図[機 C-1]-1 冷凍機油に対する R454C の溶解組成



図[機 C-1]-2 冷凍機油／冷媒混合物の屈折率



図[機 C-1]-3 光ファイバを用いた油膜測定技術の開発

(6) [機 C-2] 圧縮機の機械効率向上のための低 GWP 混合冷媒雰囲気中における摩擦・摩擦・潤滑特性の解明（担当：学校法人大阪電気通信大学（再委託））

圧縮機の寸法を大型化せず、大容量化を実現するために、高速運転化が望まれている。高速運転を行うためには、圧縮機構に複合材を使用した圧縮機の軽量化が有用であると考えられる。しかしながら、高速運転時の摩擦による摺動損失が大きければ、機械効率が低下することになる。そこで、[機 C-3]で開発される複合材料の摩擦特性が高速運転可能な圧縮機の要求を満たすことを確認するために、低 GWP 混合冷媒雰囲気中における圧縮機摺動部の摩擦特性を計測する。

2024 年度はロータリー圧縮機のベーン・固定溝間に着目した実験装置を作製し、摩擦の有効な評価法を確立した。今後はベーン先端・ローリングピストン間他の各摺動部における摩擦を順次計測していく予定である。

得られた摩擦係数は軸受定数等を用いて整理し、実機運転状態の摩擦係数を推定できるようにする。得られた結果を[機 C-1]、[機 C-3]と共有し、低 GWP 混合冷媒用圧縮機的设计指針作成に役立てる。

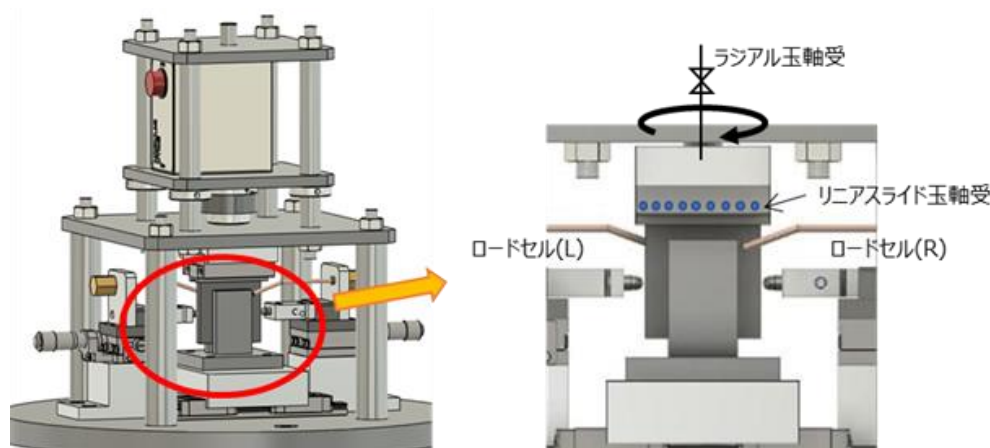


図 [機 C-2]-1 ベーン・固定溝間の摩擦力計測モデル

(7) [機 C-3] 圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価（担当：アドバンスコンポジット株式会社（再委託））

現行の圧縮機的设计で低 GWP 冷媒に対応しようとする、圧縮機を 2 台もしくは圧縮機の回転部品の増速が必要となると言われている。しかし、圧縮機を 2 台とした場合、室外機が過剰に大きくなる、また、回転部品の増速を行うと軸受けの焼き付けなどが発生し、製品の信頼性を損なうこととなる。そこで、軽量・高剛性の金属基複合材料を開発し、低 GWP 混合冷媒に対応した設計指針に役立てる。2024 年度は、前年度ベンチマークとする材料調査で得られた情報を基に金属基複合材料の設計を行い試作・評価を行った。併せて金属基複合材料が持つ弱点を改良し、引張強度 45%、疲労強度 18%向上させた金属基複材料を完成させた。今後は、[機 C-2]に上記で得られた金属基複合材料を提供し摩擦摩耗特性を明らかにしていき、必要があれば表面処理などの検討も行う。併せて、[機 C-1]にも同様に材料提供を行い、冷凍機油との相性などを確認していただくことを行っていく。また、この金属基複合材料を市場に受け入れやすくするために、加工特性などを明らかにしていく。

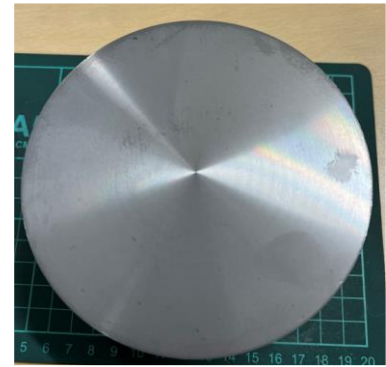
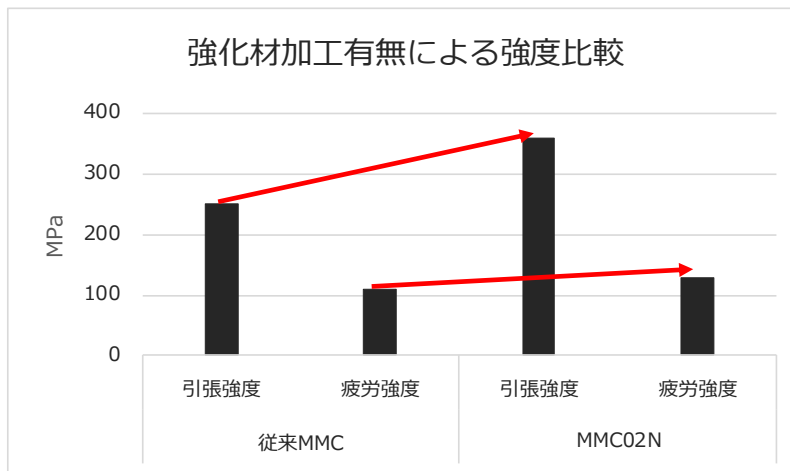


図 1[機 C-3] 性能向上比と開発素材

4.1.2.7 実用化・事業化への道筋

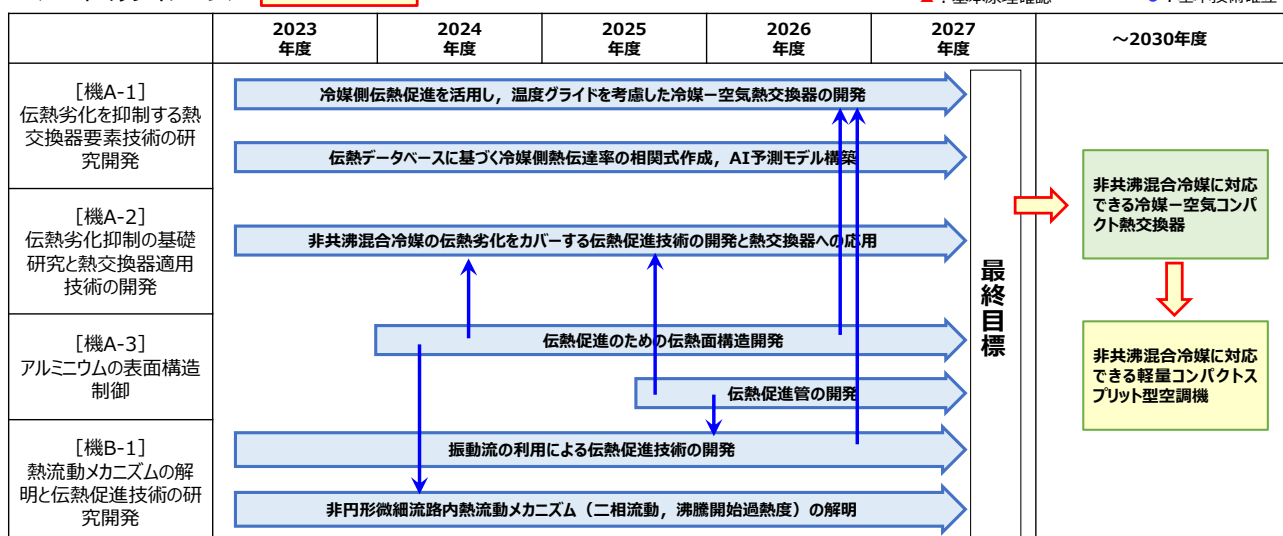
空調機の重要な要素機器である熱交換器及び圧縮機においては、その性能だけでなく、軽量かつコンパクトであることが実用化・事業化に要求される。本研究では混合冷媒の伝熱劣化抑制技術を開発するが、ある程度の性能低下は避けられない。冷媒流路の細径化や高密度化により伝熱面積を拡大して伝熱劣化を補うとともに、表面構造及び流路を最適化したオールアルミ製熱交換器により、軽量かつコンパクトな冷媒－空気高性能熱交換器を実現する。圧縮機においては、混合冷媒の圧縮特性に加え、冷凍機油の冷媒溶解や油戻りを解明するとともに、摩耗・摩擦・潤滑特性を解明して最適な金属基複合材料を開発することで、従来と同じ大きさの圧縮機に対して軽量化が実現できる。この熱交換器及び圧縮機の開発により、また熱交換器及び圧縮機的设计指針が提供されることにより、混合冷媒空調機の実用化・事業化が実現できる。

<ロードマップイメージ>

熱交換器

▲：基本原理確認

●：基本技術確立

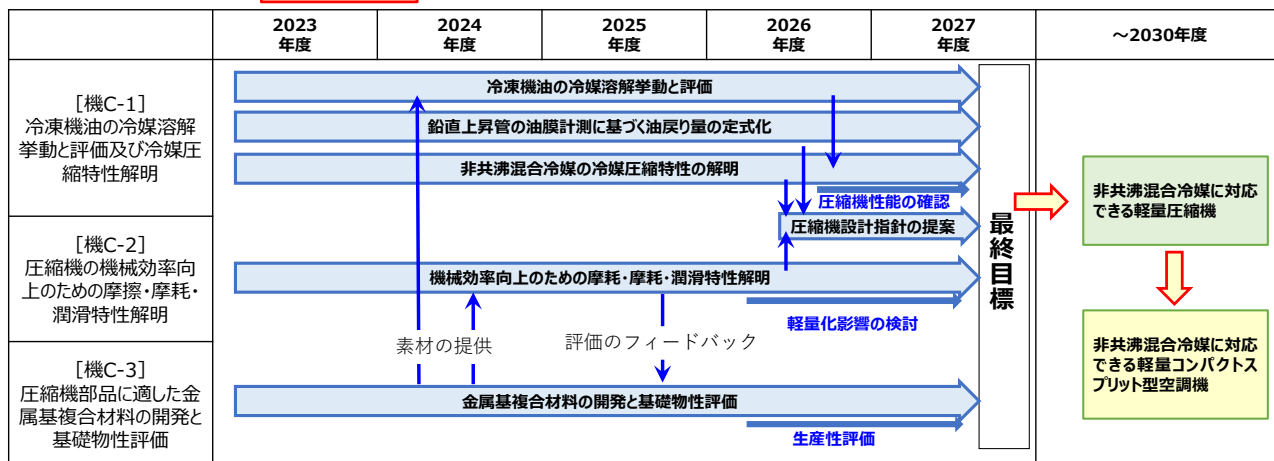


<ロードマップイメージ>

圧縮機

▲：基本原理確認

●：基本技術確立



4.1.2.8 期間・予算

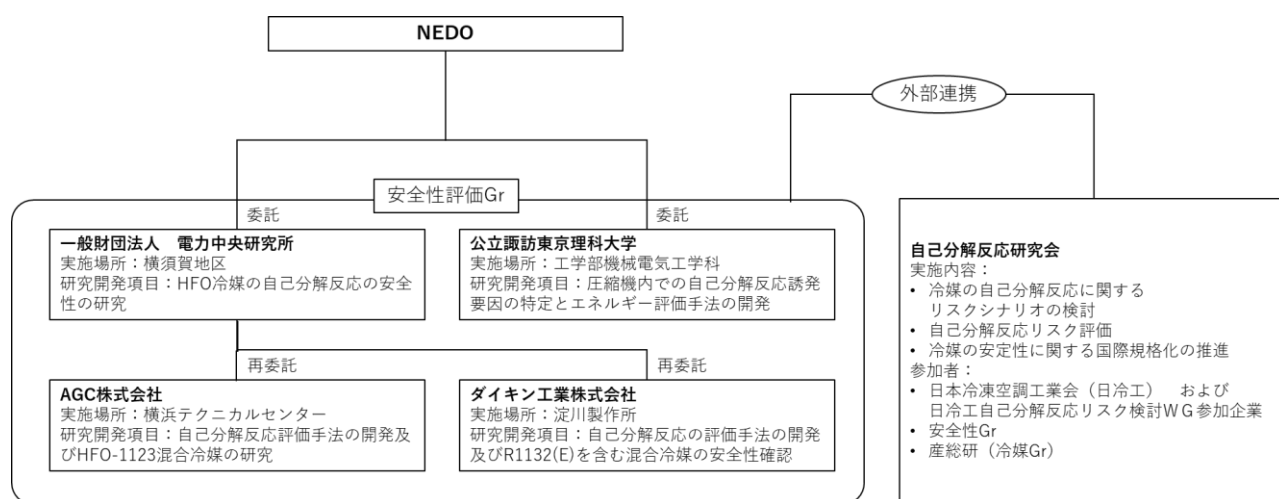
(単位：百万円)	2023FY	2024FY	2025FY
	106 百万円	169 百万円	150 百万円

4.1.2.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
0 件	2 件	11 件	0 件	0 件	0 件	0 件

4.1.3. 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価（一般財団法人電力中央研究所、公立大学法人公立諏訪東京理科大学）

4.1.3.1 実施体制



4.1.3.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

低 GWP 化を図る次世代冷媒として HFO 系の冷媒が注目されている。GWP が極めて低いことや優れた熱物性から、その実用化・普及が望まれている。しかしそれらの次世代 HFO 冷媒には自己分解反応と呼ばれる爆発的な反応を起こす懸念があり、実用化のためには安全性の検証や安全対策の確立、安全性・リスク評価が不可欠である。

本研究では、HFO 系低 GWP 混合冷媒の安全性評価を実施する。HFO-1123、R1132 (E) 及びそれらを用いた HFO 混合冷媒を対象に、自己分解反応の安全性評価手法の開発、混合冷媒の安全性評価、圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とそのエネルギー評価手法の開発を行う。さらに関連する業界団体と自己分解反応に係る事故シナリオや発生境界、着火源検討結果について情報連携し、国際規格改定に資する。

4.1.3.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
安全Gr	低GWP混合冷媒の特性評価	—	- 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 - 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	- 冷媒の自己分解反応機構の解明 - 空調機器の安全性に係るデータの取得	国産冷媒普及のためには、自己分解反応の解明や抑制技術の開発、および国際規格・標準化による環境整備が必要である。
安A-1	HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	(一財) 電中研	次世代冷媒の自己分解反応性評価について、ISO 817の改定提案を見据えた評価手法を開発・確立する。	安全性・リスク評価手法について、空調機器の安全性に係る国際標準の改定に資する知見を取得する。 実用可能なHFO混合冷媒の絞り込みを行う。	次世代HFO系冷媒は自己分解反応に係る安全性の懸念があるが、現状規格ではその規定ができていない。まず評価手法を国際標準化することにより次世代冷媒の安全性を定義し、安全対策を進めることで実用化に資する。
安A-2	自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	(株) AGC	結果再現性の高い自己分解リスク評価法の確立。規制計画にそった1123製品組成物のリスク評価を完了する。	自己分解リスク評価法の国際規格化。高性能冷媒実用化に向けた安全技術開発と実検証。	自己分解リスクを判定するための評価法を規格統一することで、適用範囲を明確化できる。
安A-3	自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	(株) ダイキン工業	3MPa以上で放電可能な装置を作成し、R1132(E)を含む新たな混合冷媒の組成の自己分解境界を最大ガス圧6MPaまで明らかにする。	機器リスクアセスメントに提供できる自己分解反応データの取得と国際規格化。	国際規格化により安全性の周知を促し事業化に貢献する。
安B-1	自己分解誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	(公) 公立諏訪東京理科大学	基本計画の中間目標6)に資するため、アーク放電発生を再現可能な模型実験及び数値シミュレーション環境を整え、各種運転条件におけるアーク放電エネルギーをデータベース化する。また、アーク放電エネルギーの推算法についてプロトタイプを構築する。さらに、圧縮機内部の摺動機構やトラッキングの発生可能性を調査し、エネルギー測定環境を構築する。これらの成果を2件以上の学術論文あるいは口頭発表等により発信する。	公募時の基本計画にある最終目標の2)および3)に資するため、中間目標の達成内容に加えて、測定回数の増加あるいは対象運転条件の追加などにより、放電エネルギーデータベースを完成させる。加えて、電流、電圧、放電時間等からアーク放電エネルギーを推算できる手法を完成させる。これらの成果は国際標準の改正提案に耐えられるものとして整備する。	本研究は圧縮機内で現実生じるエネルギーの定量化であり、安全Gr内他事業者が行う自己分解反応誘発条件が実際に生じるかを評価するものである。圧縮機内でのエネルギー発生は、特にアーク放電によるところが大きいことから中間目標としてアーク放電エネルギーの定量化を、最終目標としてその要因も含む圧縮機内でのエネルギー定量化を掲げた。

4.1.3.4 研究開発スケジュール

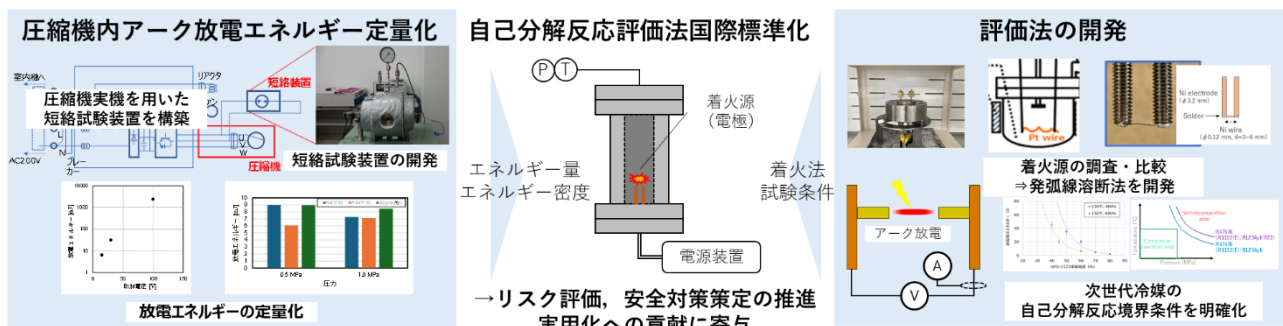
実施項目	2023	2024	2025	2026	2027
安A-1 : HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	ISO 817改定提案に向けた自己分解反応評価方法の確立	自己分解反応を抑制する冷媒組成の検討 シミュレーション・実機による冷媒安全性評価		自己分解反応の実証試験 HFO冷媒の総合的な性能評価	
安A-2 : 自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	放電着火方法の検討	自己分解反応領域確認試験 実機安全確認試験		冷媒製品自己分解反応領域確認試験 機器安全対策研究 安全対策実機確認試験	
安A-3 : 自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	高圧対応放電試験装置の開発/放電試験装置の改良 R1132(E)混合冷媒の反応境界明確化 普及に向けた安全対策実用化に関する課題とその対応			R1132(E)を含む新たな混合冷媒の研究 自己分解反応のメカニズム解明 対策含めた実機での安全性確認	
安B-1 : 自己分解誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	圧縮機内でのアーク放電発生メカニズムの解明と放電エネルギー推算法の開発 圧縮機内でのその他の自己分解反応誘発要因の調査とエネルギー定量化	実機を用いた実証試験		実機を用いた実証試験 試験法の構築とエネルギー推算モデルの確立	
評価時期			中間評価		終了時評価

4.1.3.5 成果の達成状況と根拠

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年3月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
安全Gr	低GWP混合冷媒の安全性・性能評価	—	- 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 - 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	- 実機によるアーク放電エネルギーの定量化を達成。 - 自己分解反応を誘発する着火源の調査・比較・実験を通じ、国際標準に提案する着火手法を開発。 - 次世代冷媒の自己分解反応境界条件を明確化。	○ 2026年3月に達成見込み	- 当初目標を達成。 - 国際標準化についてはISO TFにて評価手法を提案。
安A-1	HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	（一財）電中研	ISO 817の改定提案を見据えた、冷媒の自己分解反応評価手法を開発・確立する。	再現性が高く、簡便な評価手法を開発。圧縮機内発生エネルギーを踏まえ冷媒のリスク評価を実施。	○ 2026年3月に達成見込み	比較・調査により国際標準化に有望な手法を絞り込み開発中。参加中のISO TC86 SC8 TF3にて、冷媒安定性の評価手法を提案。
安A-2	自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	（株）AGC	結果再現性の高い自己分解リスク評価法の確立。規制計画にそった1123製品組成物のリスク評価を完結する。	結果再現性の高い着火法を確立し国際規格化に向けた基礎研究を終了。自社冷媒のリスク評価を完了。	○ 自己分解評価手法は2025年5月に達成見込み。2025年6月以降は自社冷媒リスク評価に注力。	1123冷媒のR番号取得が遅延のため、2025年5月まではリスク評価法開発に注力。2025年6月以降で組成開発に注力する
安A-3	自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	（株）ダイキン工業	3MPa以上で放電可能な装置を作成し、R1132(E)を含む冷媒の自己分解境界を明らかにする。	R1132(E)/R1234yf/R32の3元系の自己分解境界データを明らかにした。	◎ 2026年3月に達成見込み	スケジュール通り、装置作成及び自己分解反応境界データを取得したため達成と評価
安B-1	自己分解反応誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	（公）公立諏訪東京理科大学	各種運転条件におけるアーク放電エネルギーをデータベース化する。	圧縮機実機を用いて、6MPa、150℃におけるアーク放電エネルギーを実測した	◎ 2026年3月に達成見込み	圧縮機実機内のエネルギーを定量化したことで達成と評価

4.1.3.6 成果と意義



成果

- エアコン圧縮機実機を用いた短絡試験装置を構築。冷媒雰囲気下でのアーク放電エネルギー量を取得。
- 高圧冷媒雰囲気下で再現性良く放電を発生させる着火手法を開発。
- 自己分解反応評価手法を確立。

意義（副次的成果や波及効果）

- 自己分解反応が圧縮機内で起こりうるか否かを定量評価可能とする。
- リスク評価における事故発生確率の精緻化に資する。
- 次世代冷媒の安全性・リスク評価により、安全対策の策定に資する。

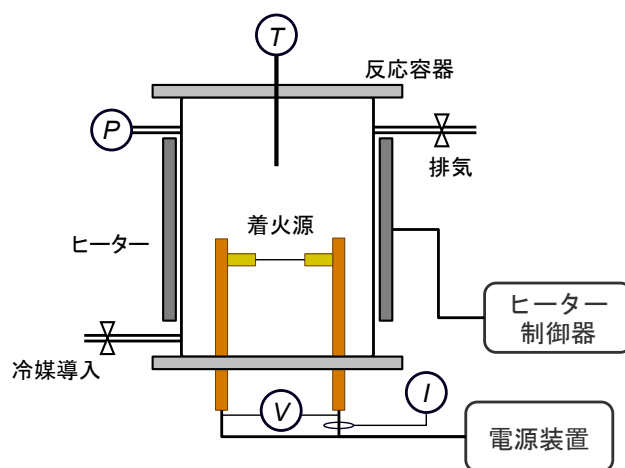
(1) [安 A-1] HFO 冷媒の自己分解反応の安全性の研究（担当：一般財団法人電力中央研究所）

次世代 HFO 冷媒の自己分解反応性評価はこれまで複数の評価手法により実施されてきたが、手法により同じ冷媒組成であっても反応境界条件が異なることが報告されており、国際標準化やリスク評価のためには評価法の確立が必須である。

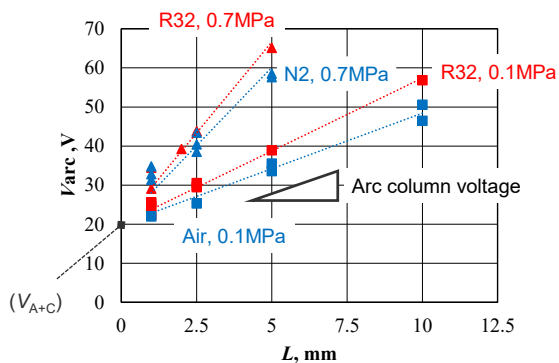
図[安 A-1]-1 に、自己分解反応評価試験装置概略図を示す。評価対象の冷媒を反応容器に所定の温度・圧力で封入し、反応の起因となるエネルギーを着火源により与え、反応伝播の有無を調べるものである。着火源や実験条件などを規定する必要がある他、標準化のためには再現性や簡便さが重要である。既存の規格や既往評価手法の調査・比較を実施し、標準化に有望な手法として発弧線溶断法を開発した。重要な試験条件の 1 つであるエネルギー量の評価を実施し、冷媒雰

囲気下でのエネルギー量の予測・制御を可能とした（図[安 A-1]-2）。本手法を導入した自己分解反応評価装置（図[安 A-1]-3）を製作し、HF0 冷媒の自己分解反応評価を実施した。

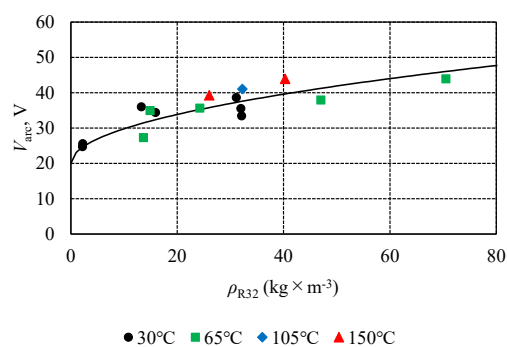
冷媒安全性国際規格である IS0817 に、自己分解反応性に関連する冷媒安定性の区分を追加する改定タスクフォースが 2024 年より開始された。確立した評価法を提案し、国際標準改定を主導した。今後は本手法を用いて次世代冷媒の自己分解反応性を評価し、次世代冷媒のリスク評価や安全対策策定に寄与する。



図[安 A-1]-1 自己分解反応評価装置概略図

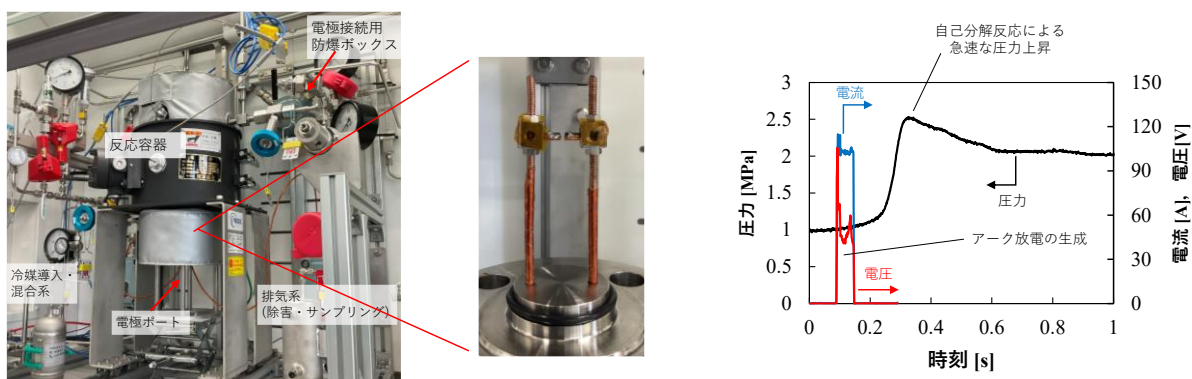


(a) 電極間距離の影響



(b) ガス密度の影響

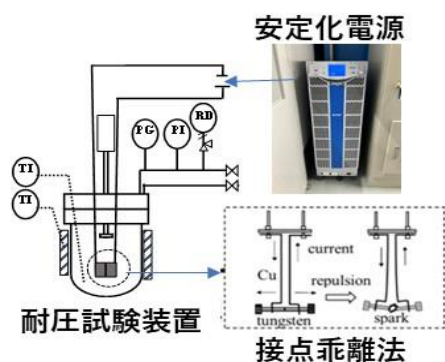
図[安 A-1]-2
種々の条件でのアーク電圧測定結果



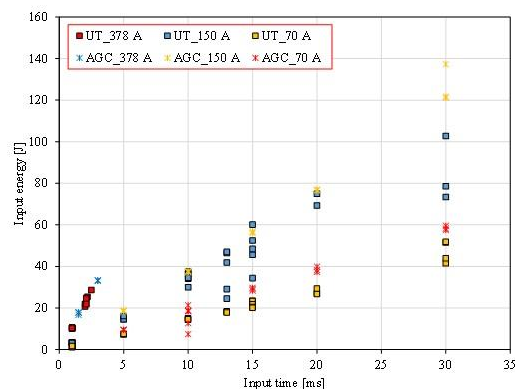
図[安 A-1]-3
自己分解反応評価装置（左）と実験結果例（右）

(2) [安 A-2] 自己分解反応評価手法の開発及び HF0-1123 混合冷媒の研究（担当：AGC 株式会社（再委託））

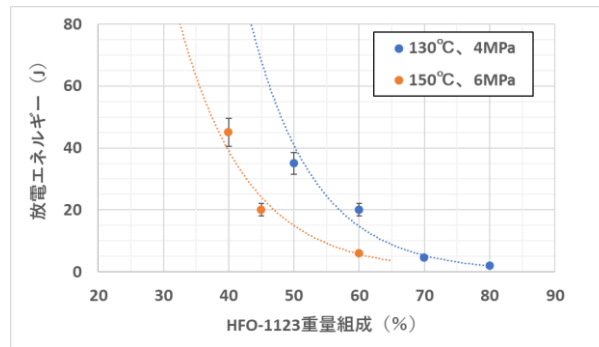
AGC は前 NEDO 事業における自己分解反応評価手法として、接点乖離型の電極を用いた評価手法を確立していた。この方法は交流電源を用いた実圧縮機内で発生する放電現象を忠実に再現可能な電極である一方、接点乖離時に発生する放電現象は発生時の電極間距離や継続時間などが一定でなく、発生エネルギーなどの試験毎の再現性が悪いという欠点があった。試験法の標準化を見据え、再現性や汎用性の高い放電法を確立することを目的に電極構造は変えずに安定化電源を導入することで電流・電圧値、放電時間を制御することで目的とする放電を再現性良く発生させることが可能な評価手法を確立した（図[安 A-2]-1、2）。



図[安 A-2]-1
自己分解反応評価試験装置



図[安 A-2]-2
放電エネルギーと電圧印加時間相関



[安 A-2]-3 自己分解伝播発生に至る HF0-1123 組成と放電エネルギー境界線図

電圧印加時間と電流上限値の設定により意図した放電を再現性良く発生させることが可能となった。この方法を用い、HF0-1123 混合冷媒における自己分解伝播発生境界に至る組成と放電エネルギー相関を評価し自己分解リスクアセスメントの指標を得ることが出来た（図[安 A-2]-3）。

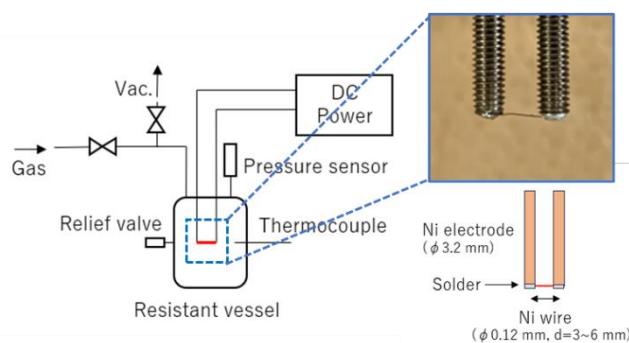
また、実機発生放電を模擬可能な接点乖離電極を用いた評価と国際標準化を目的とした発弧線溶断法での評価結果を比較することで、それぞれの評価法で得られた結果間の比較が可能となる。

(3) [安 A-3] 自己分解反応の評価手法の開発及び R1132 (E) を含む混合冷媒の安全性確認 (担当：ダイキン工業株式会社（再委託）)

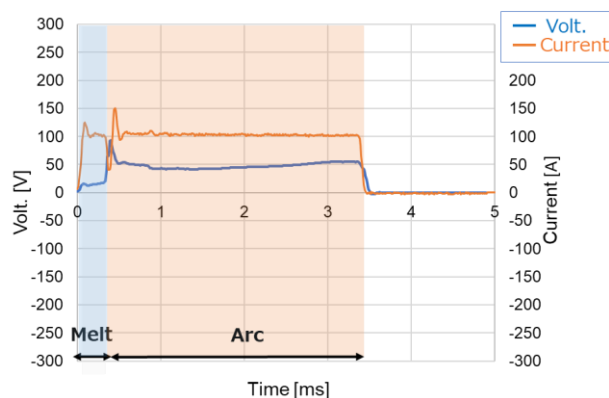
空調機内における自己分解反応の評価に適した試験方法の確立のため、高ガス圧に対応した放電試験装置を開発するとともに、試験方法を ISO817 に国際規格化し安定性の新区分を作ることで R-1132 (E) を含む冷媒の普及を図る。また自己分解反応メカニズムを解明し、空調機で使用する際に想定されるリスクを検証することで、機器対策の要否の際の判断材料を提供する。

図[安 A-3]-1 には、新しく開発した放電装置の概略図と電極形状を示す。本手法では電極間の金属細線に電流を流し、溶断時の熔融金属から発生する熱電子を介して放電が形成される。R-32、5MPa、150°C 雰囲気下で放電の有無を検証したところ、電極間距離を 1.0mm 以下に調整し、DC 電源を用いて電圧印加することで図[安 A-3]-2 に示す波形が得られた。印加初期 (0.4ms まで) に金属融解に伴う低電圧高電流の波形がみられた後、電流降下が生じた。これは金属線が溶断したことを示すもので、その後アーク放電に進展していることを確認した。また、放電時間や電流を制御することで任意の放電エネルギーに調整可能であることを確認した。放電の再現性が高く、装置作成のコストも低いことから ISO 規格に提案できる手法と考えている。

今後、R-1132 (E) を含む冷媒の安全対策の要否を判断するため、本試験法で自己分解発生境界を明らかにしていく。



図[安 A-3]-1 評価装置と電極形状

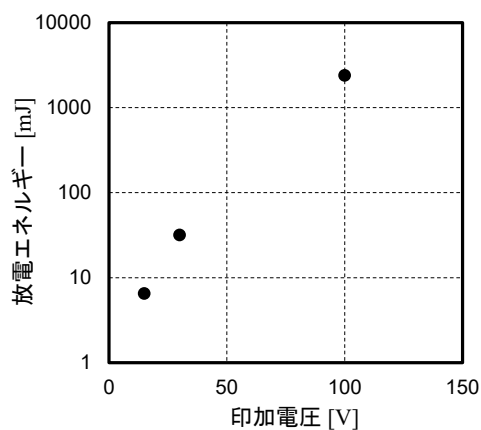
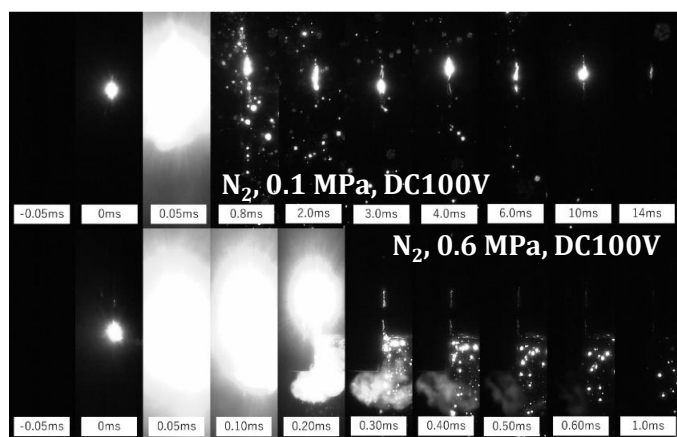


図[安 A-3]-2 アーク放電時の波形

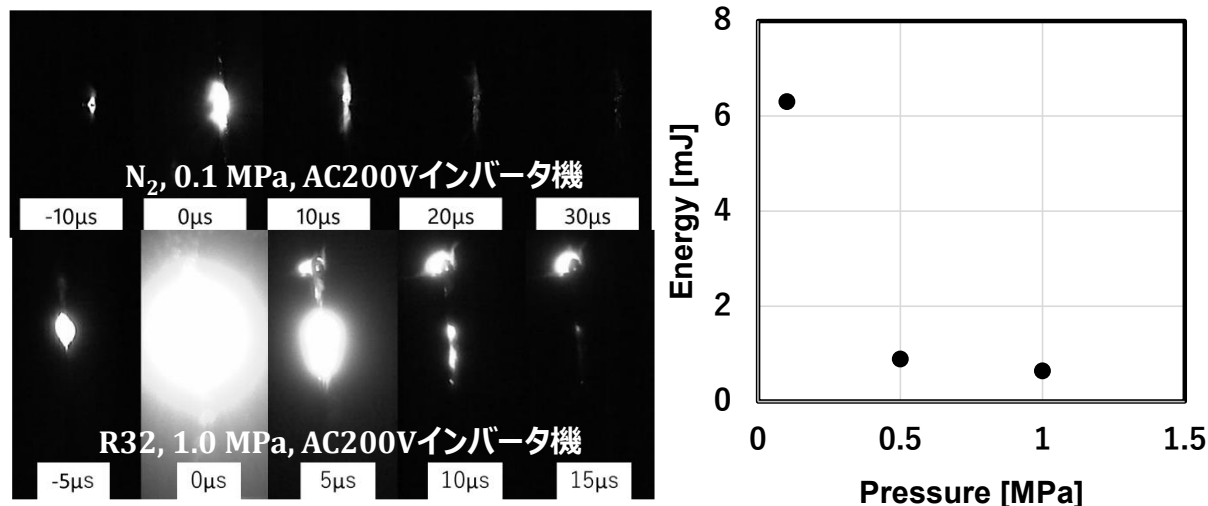
また、グローバルに普及させるための実用化における安全対策等の課題について抽出し、有識者から助言を得ながら解決策の検討を進めた。

(4) [安 B-1] 圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発 (担当：公立大学法人公立諏訪東京理科大学)

本研究は、実際の機器運転時に冷媒がエネルギー源と接触するシナリオとして圧縮機内での巻き線間の短絡によるアーク放電エネルギーを定量化するものである。まず、上記短絡を模擬するために、6MPa、150° Cを達成できる高圧容器内に可動式対向電極を備えたアーク放電観察装置を製作し、これを電源と負荷で構成された回路と接続することで、冷媒運転条件を再現した雰囲気下での短絡実験を可能とした。まず窒素雰囲気下で温度・圧力を変化させつつ直流電源を用いて短絡実験を行ったところ、制限電流の大きさにも依存するがJオーダーの放電エネルギーを認めた(図[安 B-1]-1)。放電発光の大きさは雰囲気圧力に依存して大きくなるが、エネルギー自体にはあまり影響しない。続いて、窒素及びR32 雰囲気下で、インバータ式エアコン実機を用いた短絡試験を実施したところ、放電エネルギーはmJ オーダーにとどまった(図[安 B-1]-2)。インバータの矩形波が発生している時間しか放電が起きないことによるとみられる。この結果はLTSpiceを用いたシミュレーションでも確認された。ただし、R32を用いた場合は自己分解反応による炭素の生成を認めた。以上の成果は、安全 Gr 他事業者の研究成果(自己分解反応発生のトリガーとなるエネルギー値)との比較により、自己分解反応が圧縮機内で起こりうるか否かの定量評価を可能とし、リスク評価における事故発生確率の精緻化に資する。

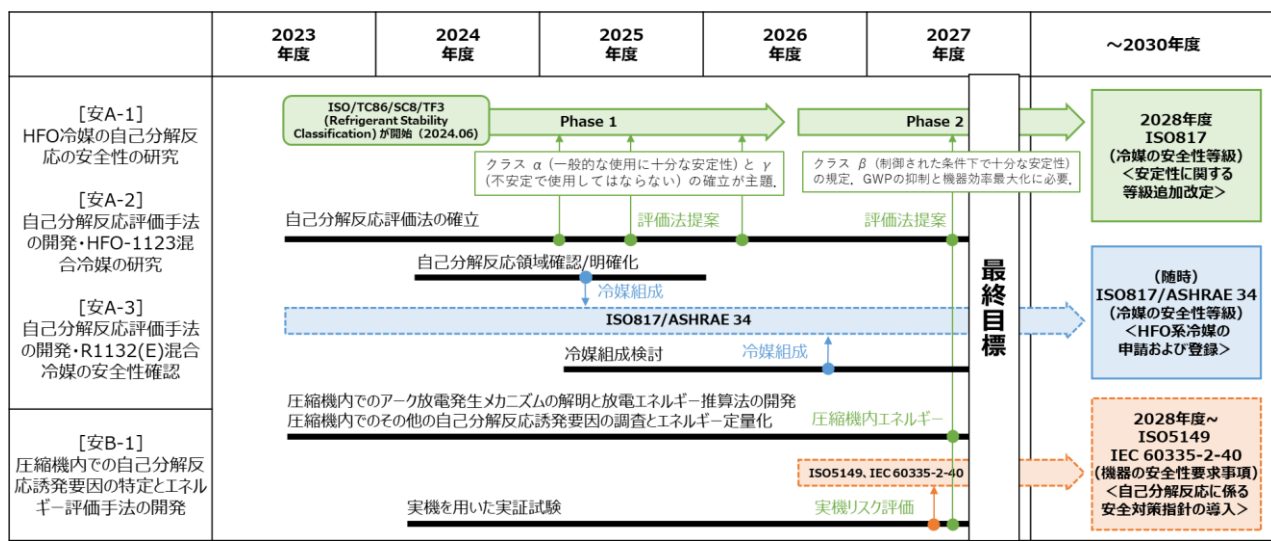


図[安 B-1]-1 直流安定化電源を用いた短絡実験によるアーク放電挙動とエネルギー



図[安 B-1]-2 インバータ式エアコン実機を用いた短絡実験によるアーク放電挙動とエネルギー

4.1.3.7 実用化・事業化への道筋



○ISO 817 (冷媒の安全性等級)

本規格では、冷媒の安定性を燃焼性 4 等級、毒性 2 等級で規定している。ここに、自己分解反応に関連する冷媒安定性に関する等級を追加・改定するタスクフォース (TF) が 2024 年 6 月に開始された。2 年間×2 フェースでのスケジュールで規格化が進行中であり、委員として参画中である。本事業で開発した評価手法や区分法を TF に提案し、国際標準化する。また、HFO 系冷媒の申請および登録を行う。

○ISO 5149 IEC 60335-2-40 (機器の安全性要求事項)

自己分解反応に関する安全性リスクアセスメント結果の提供、安全性向上手法の検討結果の提供を行う。自己分解反応に係わる安全対策指針の導入を通じて、次世代 HFO 系冷媒の安全な使用と普及に寄与する。

4.1.3.8 期間・予算

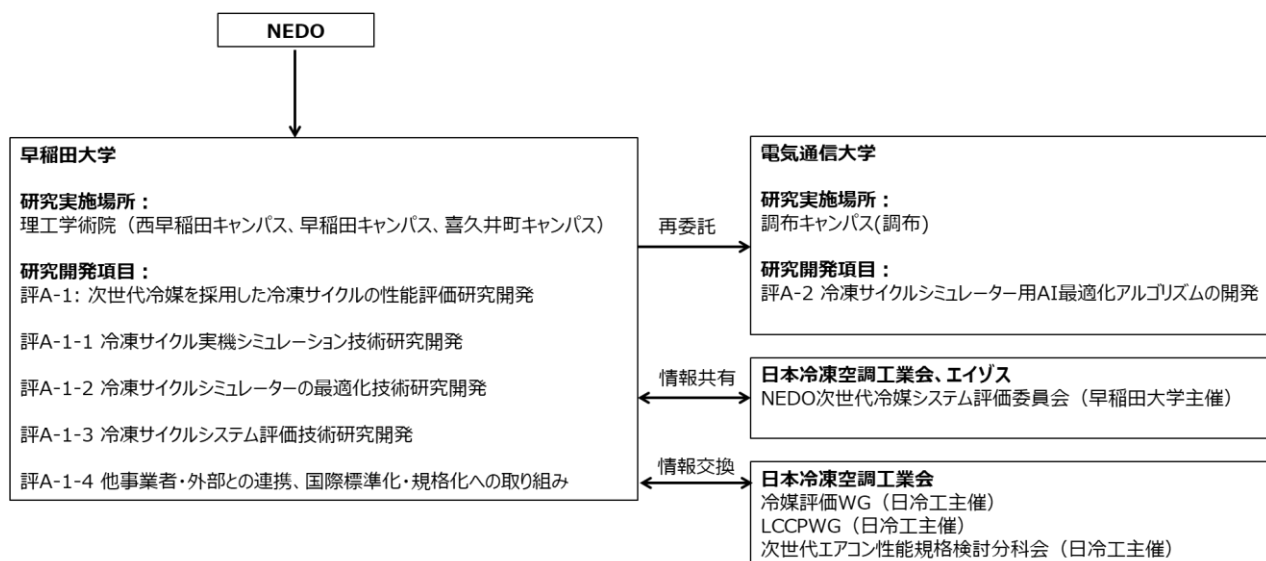
(単位： 百万円)	2023FY	2024FY	2025FY
	58 百万円	122 百万円	97 百万円

4.1.3.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
0 件	0 件	4 件	0 件	0 件	0 件	0 件

4.1.4. 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒のシステム評価手法開発（学校法人早稲田大学）

4.1.4.1 実施体制



4.1.4.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

背景：未だ次世代冷媒候補が見つかっていない家庭用・業務用空調機に対する低 GWP 冷媒の選定には、それら冷媒を導入した機器の性能を公平に評価する必要がある。しかし、製品もまだ開発されていない現状では、評価条件次第でいかような結果も得られてしまう状況である。

目的：次世代冷媒導入機器を含め、実機レベルでの機器性能を評価可能なシミュレーション技術、高精度実運転評価技術を確立することによって、公平公正に次世代冷媒の機器性能を評価できる体制を構築し、高性能な次世代冷媒導入機器の早期上市に貢献する。

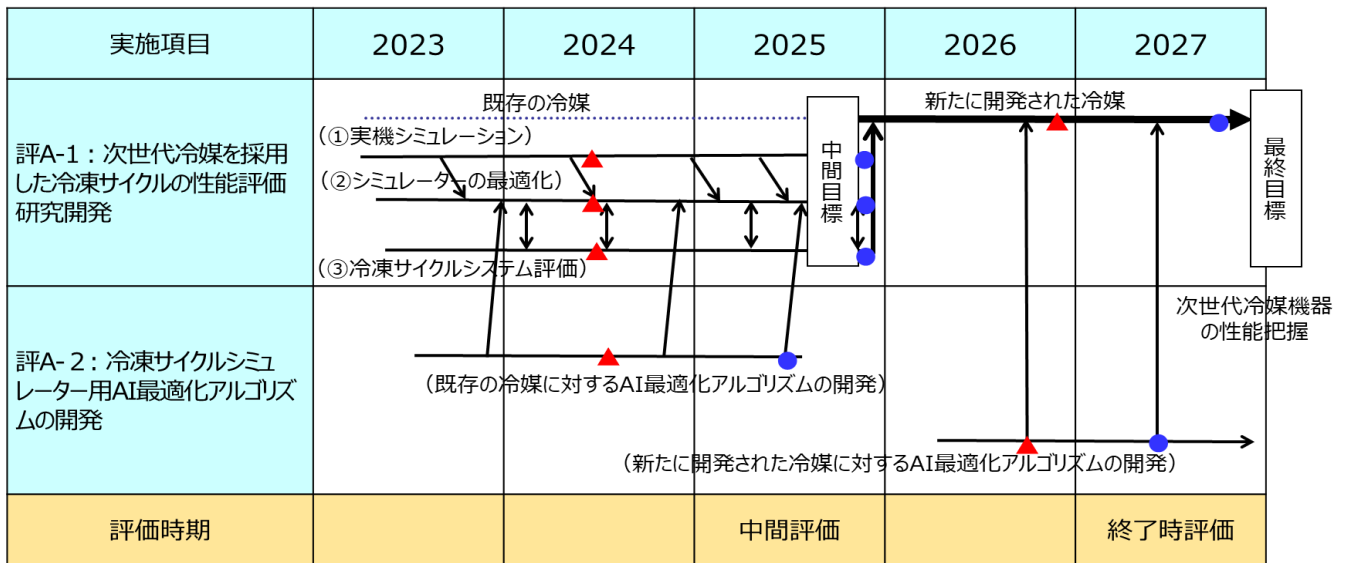
プロジェクトアウトカム目標との関係：多様な冷媒に対し機器の性能が高精度に評価できる理論としてのシミュレーション技術、実機評価技術を開発することによって性能評価技術の国際標準化や規格化を目指す。

4.1.4.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標	最終目標	根拠
評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発	—	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能をシミュレーションと性能評価装置にて検証し、5%程度の精度で実現	各Grが開発した次世代冷媒に対して本Grが開発したシミュレーターや性能評価装置にて検証し、5%程度の精度で実現（各Grにフィードバックしながら改善）	最適化された熱交換器シミュレーターと候補冷媒の選定の上では環境影響評価も含めて総合的な判断が必要である。 対応機器の開発加速化のためには、実用に即した評価手法の確立が必要である。
評A-1	次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発	(学) 早稲田大学	- 最適化熱交換器シミュレーター開発 - 高度システムシミュレーター開発 - 妥当性検証装置の開発と妥当性確認実験	物性が整備された次世代冷媒も対象として実機レベルの機器性能を予測可能とし、冷媒性能の比較検討を実施する。	実機としての評価が可能となるシミュレーターや評価装置を開発することによって、いち早い機器性能評価を可能とする。
評A-2	冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発	(国) 電気通信大学	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムの構築	製作上実現可能な条件下での熱交換器の最適化を実現するアルゴリズムの開発、改良	実機として実現性ある熱交換器分析が可能となるように、熱交換器シミュレーターに搭載する熱交換器の最適化を実現するアルゴリズムの実現。

4.1.4.4 研究開発スケジュール

▲：基本原理確認 ●：基本技術確立

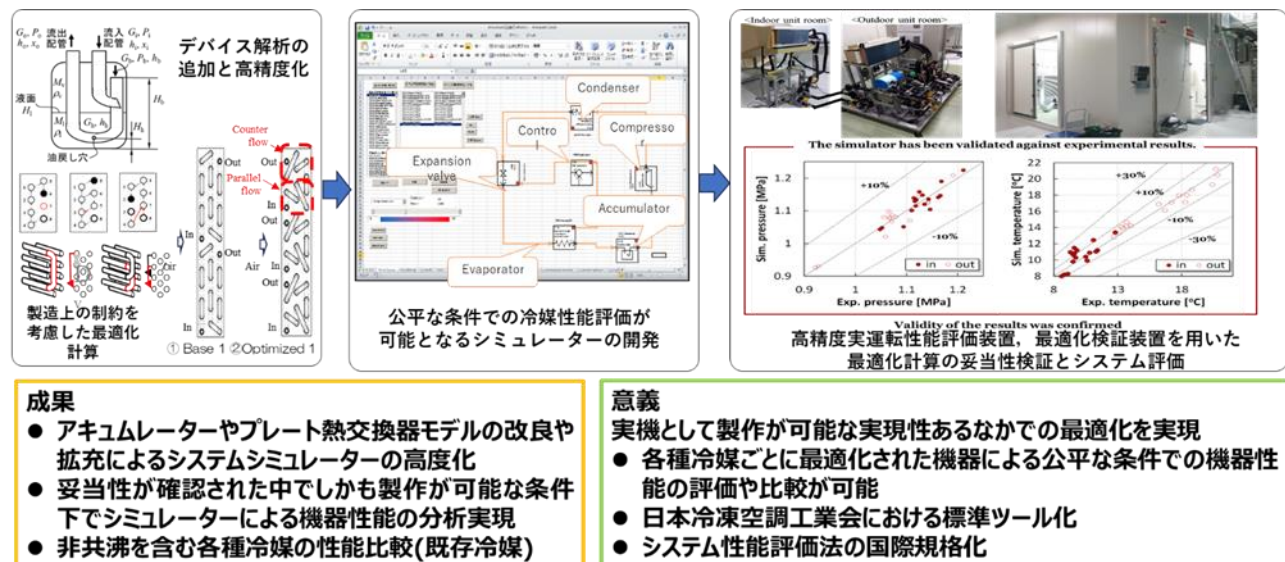


4.1.4.5 成果の達成状況と根拠

● 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年3月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発	—	■ 最適化検証装置の製作とこれを用いた最適化計算の妥当性検証 ■ 最適化した熱交換器を用いたLCCP等の評価	■ 物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を5%程度の精度で実現。	○ 2026年3月達成見込み	■ 当初目標を達成。 ■ 国際規格化も順調に進めている
評A-1	次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発	（学）早稲田大学	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を5%程度の精度で予測可能とする	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を5%程度の精度で予測可能を実現	○ 2026年3月達成見込み	目標通りのため達成と評価
評A-2	冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発	（国）電気通信大学	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムを構築する	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムの構築	○ 2026年3月達成見込み	目標通りのため達成と評価

4.1.4.6 成果と意義

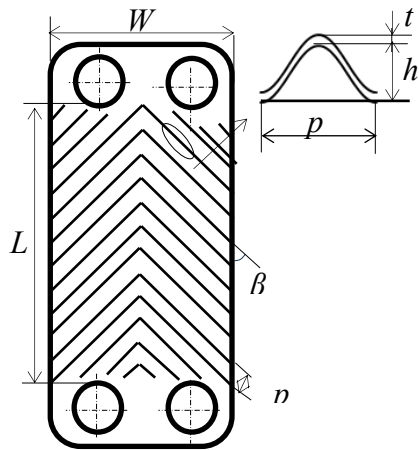


(1) [評 A-1] 次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発（担当：学校法人早稲田大学）

(1)-1. 冷凍サイクル実機シミュレーション技術研究開発

・各種低 GWP 冷媒の熱交換性能を解析できる熱交換器シミュレーターの開発

シミュレーション技術を高度化し、実機レベルで使用可能な技術に発展させるため、熱伝達率・圧力損失の式に波形角度 β と面積拡大率 ϕ が含まれている汎用的なプレート式熱交換器モデルを構築した。プレート式熱交換器の概略図を図 [評 A-1]-1 に示す。



A	: Area of heat transfer
D_{eq}	: Equivalent diameter ($= 2 \cdot D_{eq}$)
h	: Corrugation height
L	: Length of corrugated section
n	: Number of plates
p	: Corrugation pitch
t	: Thickness of plate
W	: Width of corrugated section
β	: Corrugation angle
δ	: Plate spacing
ϕ	: Area enlargement factor

図 [評 A-1]-1 プレート式熱交換器の概略構造図

長さ 118.5mm、幅 62mm、波形角度 60°、枚数 10 枚のプレート式熱交換器を用い、一次側に約 30℃、二次側に 39℃の水を対向流で流す実験を行った。冷媒側の質量流量を変化させて、プレート熱交換器における交換熱量と冷媒側の圧力損失を計算した。図 [評 A-1]-2 に、水入口流量：40L/min、水入口温度：40℃、水入口圧力：1000kPa、冷媒飽和ガス温度：50℃、冷媒入口状態：飽和ガスの実験例を示す。

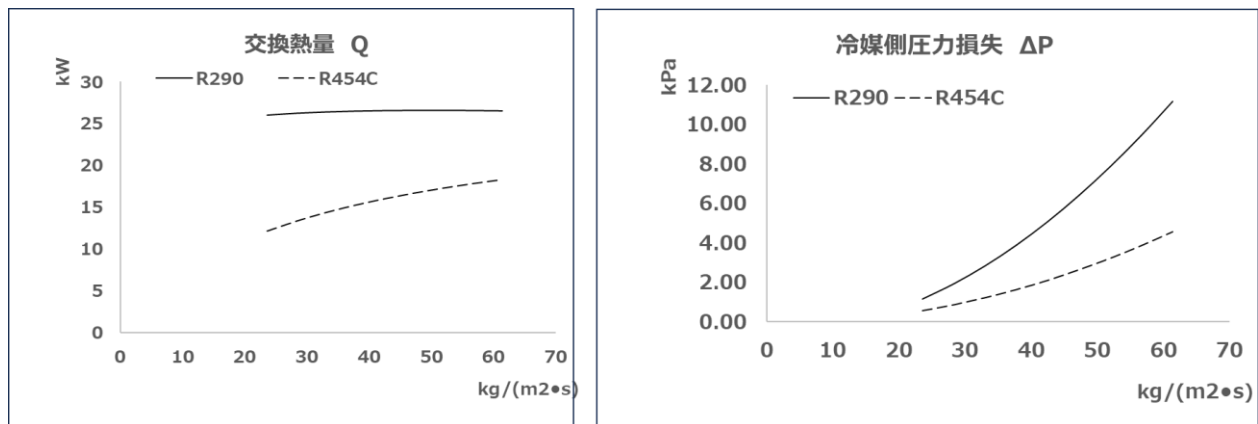


図 [評 A-1]-2 蒸発器の計算例

(1)-2. AI を活用した冷凍サイクルシミュレーターの最適化技術研究開発

蒸発器を対象に、2つの入力と2つの出力を持つ単純な冷媒回路の熱交換器を基準 (baseline) として AI を活用した冷凍サイクルシミュレーターによって最適化検討を行った。図 [評 A-1]-3 に、圧縮機断熱効率が 0.72、凝縮温度が 35℃、4 kW の冷却能力を持つ R32 冷媒での条件のシミュレーションと最適化の結果を示す。

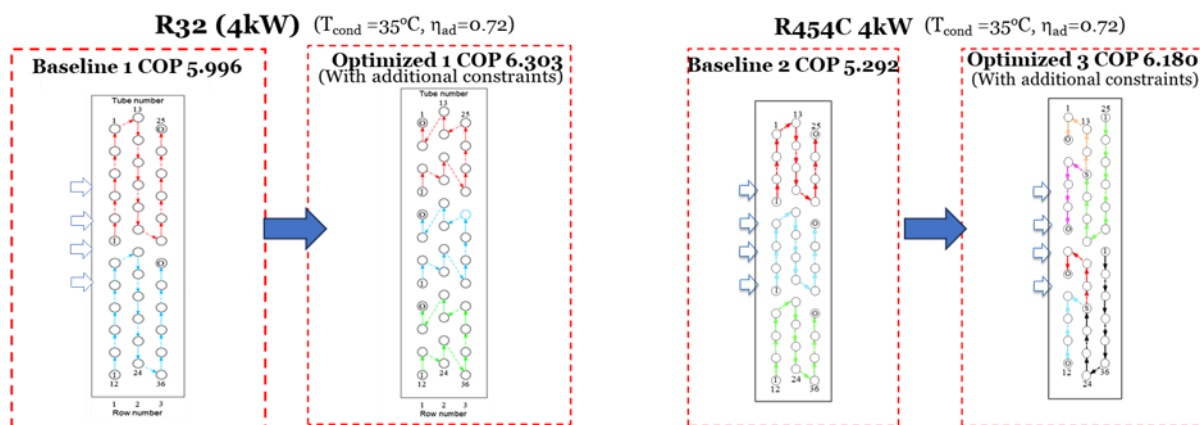


図 [評 A-1]-3 凝縮温度 35℃で 4kW の容量を供給する R32 蒸発器の最適化結果

(1)-3. 冷凍サイクルシステム評価技術研究開発

2024 年度は 2023 年度に構築した最適化検証装置の改良を行い、それを用いて AI を用いた最適化設計手法によって最適化された熱交換器やサイクルの妥当性確認の実験を行った。最適化検証装置を図 [評 A-1]-4 に、実験に使用した熱交換器の例を図 [評 A-1]-5 にそれぞれ示す。

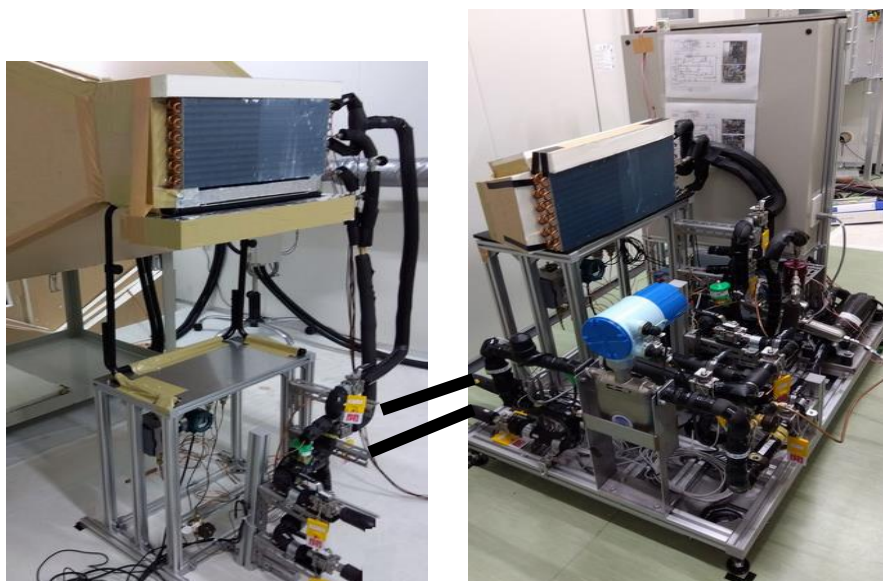


図 [評 A-1]-4 最適化検証装置の外観

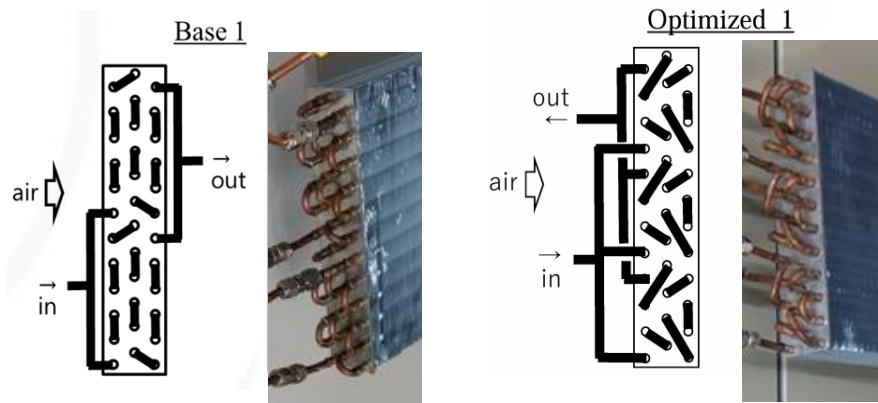


図 [評 A-1]-5 実験に使用した熱交換器の例

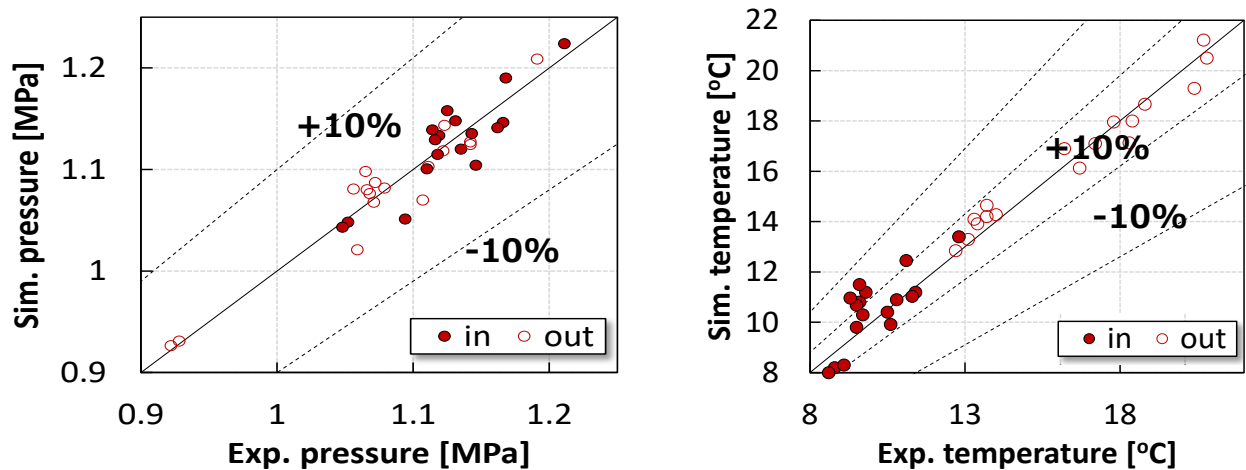


図 [評 A-1]-6 実験値によるシミュレーション計算値の妥当性検証

最適化検証装置で、冷媒は R32 とし、設計・製作した熱交換器を蒸発器として使用した場合の実験を行った。また、シミュレーションの合わせ込み用に、凝縮器周囲温度を変化させた場合と蒸発器の送風量を変化させた場合のデータも必要に応じて測定した。その結果、図 [評 A-1]-6 に示すように、実験値とシミュレーション計算値は概ね 10% の精度で合っており、妥当性が検証できた。

(2) [評 A-2] 冷凍サイクルシミュレーター用 AI 最適化アルゴリズムの開発（担当：国立大学法人電気通信大学（再委託））

実機レベルでの熱交換器最適化を実現する上では、シミュレーターの開発において、熱交換器を実際に製造する工程における各種の制約条件（例えば、熱交換機の物理的な大きさや熱交換器製作工程において実現可能な冷媒配管の分岐パス）なども考慮する必要がある。これら制約条件を考慮した AI 最適化アルゴリズムの開発を行うことが目標である。

そこで、熱交換器を実際に製造する工程における各種の制約条件について網羅的に洗い出し、日冷工と情報交換により、最終的に10の制約（1つは必須、9つはオプション）を整理した。図[評 A-2]-1 に制約の例を示す。

この熱交換器のベント管に対する物理的制約条件を AI 最適化アルゴリズムへ反映した。制約を入れることにより、実現不可能な最適化結果になる可能性が減少するとともに、最適化対象の探索範囲が大幅に縮小する。その結果、最適化に必要な時間短縮が見込まれる。

9 のオプション制約それぞれについて ON/OFF を可能にできるようにするため、合計 $2^9=512$ 通りの最適化シナリオが想定される。効率的なアルゴリズム実装に向けての検討を行い、2024 年度中にはどの最適化シナリオに対しても、指定された全ての制約を確実に満たす設計を出力できるアルゴリズムを実装した。

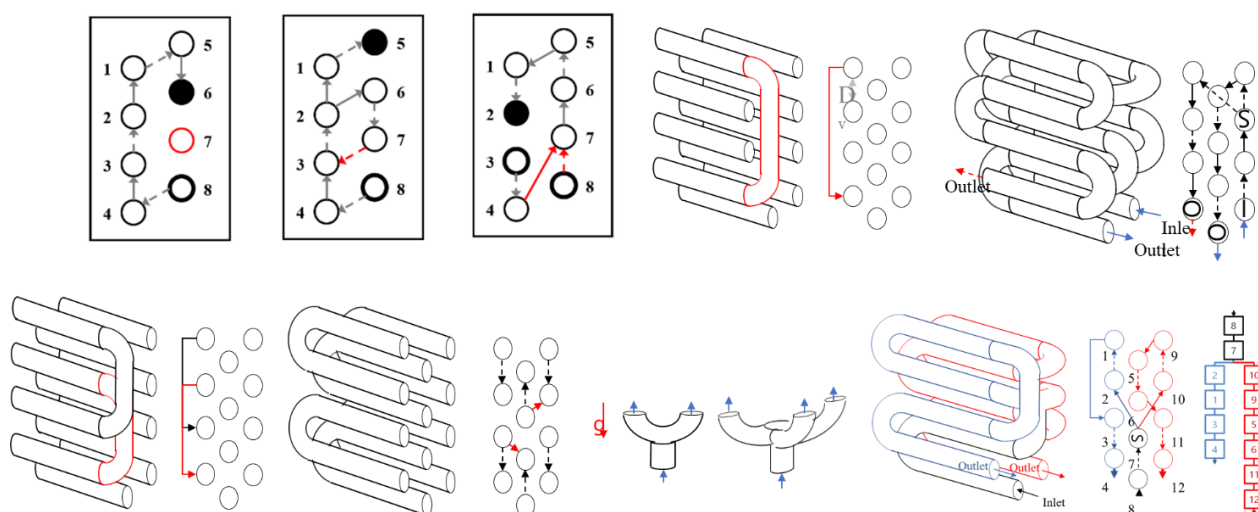


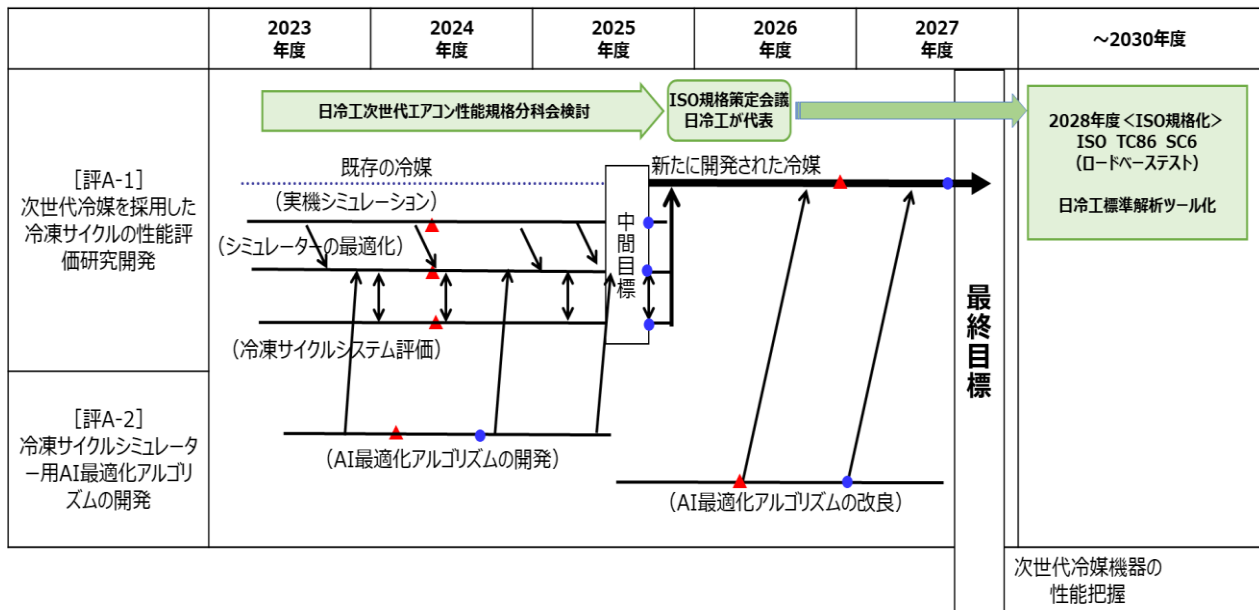
図 [評 A-2]-1 日本冷凍空調工業会から提示のあったベント管の物理的制約条件

4.1.4.7 実用化・事業化への道筋

日本冷凍空調工業会の主催する「次世代エアコン性能規格分科会」と情報交換を密に行いながら、シミュレーション技術や機器性能評価技術をさらに高度化することによって、公平な評価基準の中で次世代冷媒機器を理論と実機の両面から性能面から評価可能な体制を整える。そして、次世代冷媒導入機器を含め、実機レベルでの機器性能を評価可能なシミュレーション技術と高精度実運転評価技術確立することによって、公平公正に次世代冷媒の機器性能を評価できる体制を構築し、開発したシミュレーションツールは日冷工の標準解析ツールにすることによって、高性能な次世代冷媒導入機器の早期上市に貢献する。また、多様な冷媒に対し機器の性能が高精度に評価できる理論としてのシミュレーション技術と実機評価技術を開発することによって性能評価技術の国際標準化や規格化を目指す。

▲：基本原理確認

●：基本技術確立



4.1.4.8 期間・予算

(単位：百万円)	2023FY	2024FY	2025FY
	55 百万円	58 百万円	58 百万円

4.1.4.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
2 件	8 件	22 件	0 件	0 件	0 件	0 件

4.2. 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

4.2.1. グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発（日立空調清水株式会社）

4.2.1.1 実施体制

本研究の実施体制は以下の図に示すとおり。

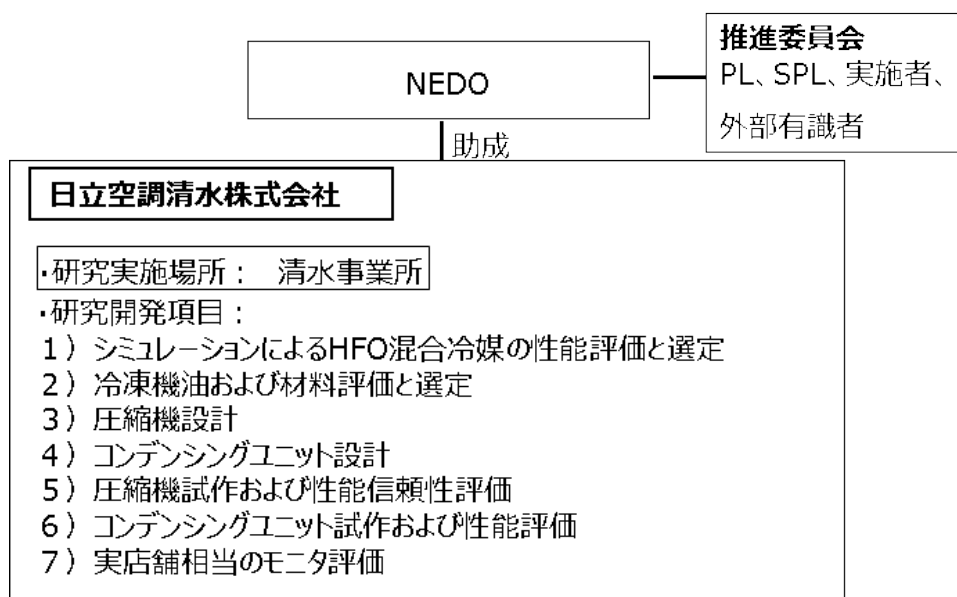


図 4.2.1.1-1 実施体制図

4.2.1.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

研究開発対象のコンデンシングユニットは、冷凍冷蔵ショーケースやユニットクーラーとの組合せでコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での利用を検討している。

現在、コンデンシングユニットの代替冷媒としてCO₂が実用化されているが、性能において従来フロン冷媒に劣り、経済性において主要部品がフロン品と異なり割高であり初期導入コストが高くなるため、普及に課題があると言われている。一方近年、ハイドロフルオロオレフィン(HFO)を使ったGWP10未満のグリーン冷媒の研究が進められている。

そこで本研究開発では、現行フロン機と性能を同等以上とし、初期導入コストも同等に抑えられる、グリーン冷媒(GWP<10)を使用したコンデンシングユニットを検討する。これにより速やかな低GWP機器の普及に貢献する。

4.2.1.3 アウトプット目標および設定根拠

本研究の目標は以下の表に示す通り。

表 4.2.1.3-1 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
助成	グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発	日立空調清水(株)	現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	1. 圧縮機の試作と評価（長期信頼性現行同等） 2. コンデンシングユニットの試作と評価（性能現行機以上）	製品化、普及促進のためには、性能、価格、環境性等の観点から市場競争力が必要。性能を維持する必要がある。

4.2.1.4 研究開発スケジュール

本研究の開発スケジュールは以下の表に示す通り。

表 4.2.1.4-1 研究開発スケジュール表

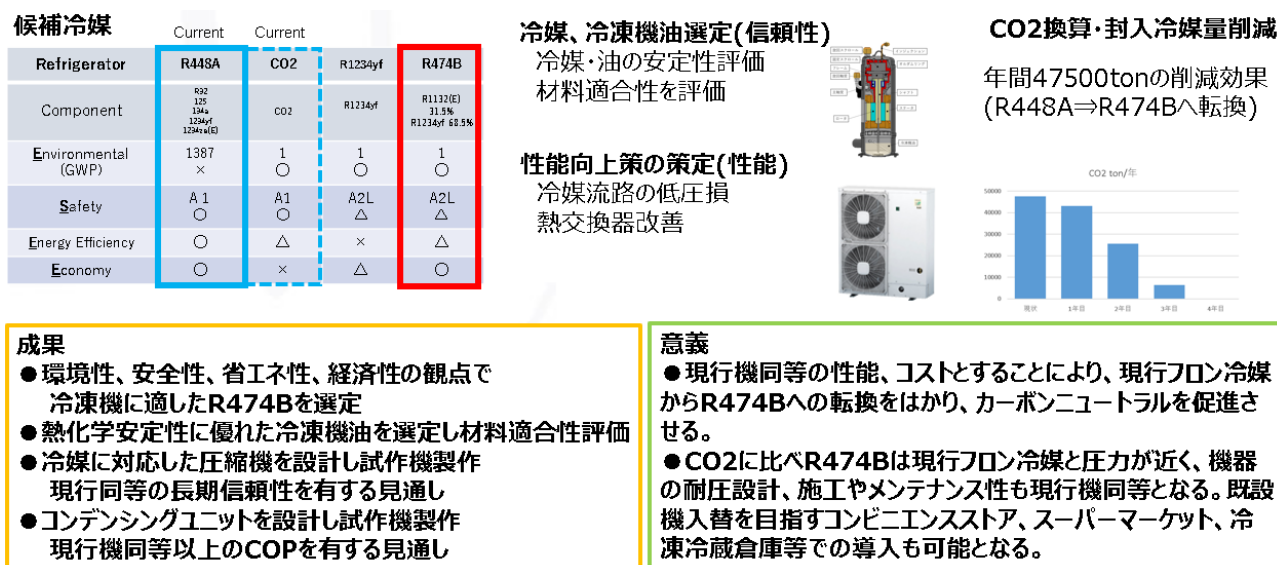
実施項目	2023	2024	2025	2026	2027
グリーン冷媒を使用した コンデンシングユニットの開発	候補冷媒選定	候補油選定	材料評価		
		圧縮機設計・試作評価	中間目標		
		コンデンシングユニット設計・試作評価	安全性の評価		
			モニタ評価		
					最終目標
評価時期			中間評価		終了時評価

4.2.1.5 成果の達成状況と根拠

表 4.2.1.5-1 目標達成状況

	実施内容	事業者	目標(2026年3月)	成果(2026年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠 /解決方針
助成	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	日立空調 清水株式 会社	■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 環境・実用性・耐久性等の総合評価により適用冷媒、冷凍機油の選定を完了。 ■ 性能向上策積上完了。 (計算上で効果を確認)	◎ 2026年3月に達成見込み	■ 当初目標を達成。 ■ 進捗はやや前倒し。

4.2.1.6 成果と意義



中間年度までの成果として、冷媒の選定において、環境性、安全性、省エネ性、経済性の観点で、冷凍機に適した R474B を選定した。表 4.2.1.6-1 に候補冷媒との比較を示す。

冷媒の選定と同時に、熱化学安定性に優れた冷凍機油を選定した。この冷媒と冷凍機油の組合せにて、材料適合性評価をおこない、良好な結果を得ることができた。また機器において、R474B に対応した圧縮機を設計し、試作機評価にて現行同等の長期信頼性を有する見通しを得た。図 4.2.1.6-1 に圧縮機の図を示す。

更にコンデンシングユニットを設計し、試作機評価し、現行機同等以上の COP を有する見通しを得た。図 4.2.1.6-1 にコンデンシングユニットの図を示す。

本研究の意義として、現行機同等の性能および製品コストの製品を開発することにより、現行フロン冷媒から R474B への転換をはかり、カーボンニュートラルを促進させる効果が期待できる。

また、R474B は CO₂ に比べ、現行フロン冷媒と圧力が近く、機器の耐圧設計、施工やメンテナンス性も現行機同等となる。特に既設機入替を要望されるコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での導入も、可能となり、普及促進が期待できる。

表 4.2.1.6-1 候補冷媒との比較

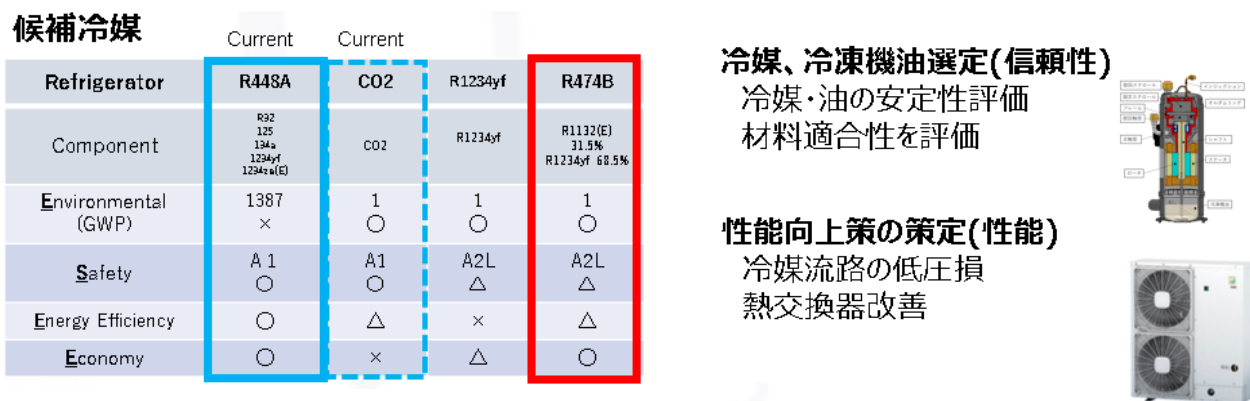


図 4.2.1.6-1 信頼性および性能

(1) 研究開発項目①シミュレーションによる HF0 混合冷媒の性能評価と選定

当社が持つシミュレーション技術により、冷媒組成が異なる複数条件を机上計算することにより、HF0 混合冷媒の新たな組成の検討を行った。冷凍機用 R1132(E) 混合冷媒については冷媒メーカーより冷媒情報を提供頂き、性能と燃焼性を考慮した結果 R474B が最も目標に合致し、冷凍機用に選定した。

(2) 研究開発項目②冷凍機油および材料評価と選定

R474B は、現行フロン冷媒と比較して冷凍機油の熱化学的安定性に課題がある。この課題に対して、新たに熱化学的安定性に優れた冷凍機油を選定し、圧縮機材料の適合性評価を実施した。評価の結果、圧縮機を構成する各部材に関して、現行機と同等以上の安定性を有する材料を選定できた。

(3) 研究開発項目③圧縮機設計

R474B は、現行フロン冷媒と比較して冷凍能力が低下する課題がある。この課題に対応するため、圧縮機の大きさを変えずに高速運転化することにより、冷媒循環量（押除量×回転数）を増加させ、冷凍能力を確保する設計を行った。高速運転化に際しては、要素試験結果を元に軸受摺動部の潤滑状態を把握し、現行機の軸受部構造にて運転範囲の検討を行い、長期間運転していても信頼性を確保出来る設計仕様とした。

(4) 研究開発項目④コンデンシングユニット設計

R474B は、環境負荷は小さいが冷凍機の性能が現行フロン冷媒 (R448A) に比べ性能低下が懸念される。一方で、市場では現行製品の性能を下回るものは受け入れられないため、シミュレーションにて、ドロップイン時の性能を確認し、現行比 COP94% となると試算した。また、計算にて COP 向上策を積み上げ、現行 100% 以上となる見込みを得た。

(5) 研究開発項目⑤圧縮機試作および性能信頼性評価

研究開発項目②及び③に基づいて、試作圧縮機の製作を行った。さらに R474B 冷媒を封入した圧縮機単体用のガスサイクル試験装置を用いて、試作圧縮機の性能及び信頼性評価を実施した。評価の結果、設計検討した運転範囲で稼働可能であることを確認し、信頼性試験においても最大回転数での試験条件で異常が無いことを確認した。

(6) 研究開発項目⑥コンデンシングユニット試作および性能評価

研究開発項目④を実施するにあたり、現行機へ冷媒 R474B をドロップインし、カタログ定格条件にて現行比 93% であることを確認した。また、過冷却回路を追加した試作機にて、+4.6% の性能向上効果を確認した。

(7) 研究開発項目⑦実店舗相当のモニタ評価

コンデンシングユニットに、ショーケースをつなぎ、実店舗を模擬した試験室において試験を開始した。試験では性能、信頼性に問題ないかの評価を実施し、圧縮機、コンデンシングユニットの設計改善に反映させる。

4.2.1.7 実用化・事業化への道筋

NEDO助成事業と並行して研究開発、製品設計を実施している。要素技術が確立された時点で製品開発試験に着手する。開発が順調に進めば、工場での量産化のための、技術検討も実施し、生産設備投資など必要に応じて行う。

一方で、事業化に向けては、冷媒メーカーのグリーン冷媒の上市タイミングをみて、製品を市場投入する予定である。

完成したコンデンシングユニットは、日立代理店、ショーケースメーカー等に販売され、コンビニエンスストアなどに納入される。

	2023	2024	2025	2026	2027	2028
助成期間	NEDO助成事業					
研究開発						
製品設計						
開発試験						
設備投資						
生産・販売						

4.2.1.8 期間・予算

(単位：百万円)	2023FY	2024FY	2025FY
	39 百万円	46 百万円	66 百万円

4.2.1.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
7 件	0 件	0 件	0 件	1 件	1 件	0 件

添付資料

●プロジェクト基本計画

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に代わる次世代冷媒・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。

※ 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。

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。

【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。

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する。

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。

【助成事業（助成率：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、助成事業（助成率：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限り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。

（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

NEDO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。

●関連する施策や技術戦略

(1) パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（令和3年10月22日閣議決定）

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai48/pdf/senryaku_honbun.pdf

以下、該当部分の抜粋

②代替フロン分野におけるカーボンニュートラルに向けた対策

我が国において、強力な温室効果を有する代替フロン（HFCs）の排出増加の傾向は継続しており、HFCsの排出抑制対策は喫緊の課題である。2050年のカーボンニュートラル実現に向け、HFCs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、中長期的にはフロン類を廃絶することを目指す。対策の実施に当たっては国民理解が欠かせないことから、国民理解の増進を図る。

その他、PFCs、SF₆及びNF₃については、既に産業界の自主行動計画により極めて高い水準の排出抑制を実現しており、引き続きその水準を維持する。具体的には、以下の対策を柱として着実に取組を推進する。

(a) モントリオール議定書キガリ改正の着実な履行

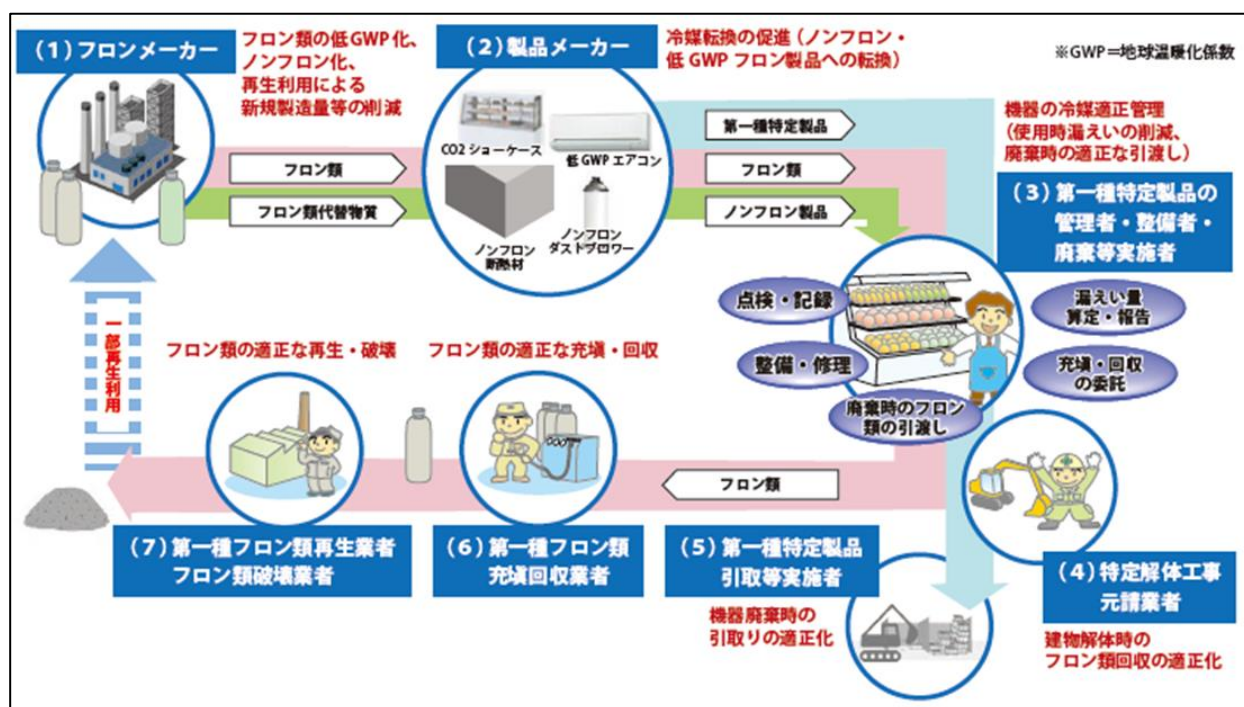
国際枠組みであるモントリオール議定書キガリ改正と、その国内担保法である特定物質等の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（昭和63年法律第53号）に基づき、HFCsの生産量・消費量を段階的に削減し、2036年に基準量比（2011～2013年の平均値＋HCFCsの基準値の15%）の15%まで削減した後、グリーン冷媒機器普及対策と一体的に対応することで、2050年に向けて更に消費量を削減する。

(b) グリーン冷媒機器普及拡大

自然冷媒機器の主流化をはじめとしたグリーン冷媒機器の普及拡大は、キガリ改正への対応及び冷凍空調機器の耐用年数を踏まえて早期に着手すべき対策であり、供給・需要の両側面から導入を推進する。具体的には、フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（平成13年法律第64号。以下「フロン排出抑制法」という。）に基づく指定製品制度等を積極的に運用し、指定製品の対象拡大や目標値の見直しなどにより、市場に適用可能となったグリーン冷媒機器の早期主流化を図る。また、現時点では市場での利用に課題を有する可燃性・微燃性冷媒についてはその性状を踏まえ、対応機器の開発及び普及を促進するとともに、超低GWP冷媒の開発を支援し、世界のグリーン冷媒機器市場をリードする。

(2) フロン排出抑制法（平成27年4月施行、令和2年4月改正法施行）

https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/law_furon_outline.html



(3) フロン排出抑制法に基づく指定製品制度

https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/furon_seihin_seizo.html

指定製品制度における現行の対象製品

指定製品の区分		現在使用されている 主な冷媒及びGWP	環境影響度 の目標値	目標年度
家庭用エアコンディショナー（壁貫通型等を除く）		R410A(2090) R32(675)	750	2018
店舗・オフィス用エアコンディショナー				
	①床置型等除く、法定冷凍能力3トン未満のもの	R410A(2090) R32(675)	750	2020
	②床置型等除く、法定冷凍能力3トン以上のものであって、③～⑥を除くもの	R410A(2090)	750	2023
	③中央方式エアコンディショナーのうちターボ冷凍機を用いるもの	R134a(1430) R245fa(1030)	100	2025
	④中央方式エアコンディショナーのうち容積圧縮式冷凍機を用いるもの（空調用チリングユニット）	R410A(2090)	750	2027
	⑤ビル用マルチエアコンディショナー（新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限る、冷暖同時運転型や寒冷地用等を除く）	R410A(2090)	750	2025
	⑥ガスエンジンヒートポンプエアコンディショナー（新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限る、冷暖同時運転型や寒冷地用等を除く）	R410A(2090)	750	2027
	⑦設備用エアコンディショナー（新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限る、電算機用、中温用、一体型などの特定用途対応機器などを除く）	R410A(2090)	750	2027
自動車用エアコンディショナー				
	乗用自動車（定員11人以上のものを除く）に搭載されるものに限る	R134a(1430)	150	2023
	トラック（貨物の輸送の用に供するもの）及びバス（乗用定員が11人以上のもの）に搭載されるものに限る	R134a(1430)	150	2029
	コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット（圧縮機の定格出力が1.5kW以下のもの等を除く）	R404A(3920) R410A(2090) R407C(1770) CO2(1)	1500	2025
業務用一体型冷凍冷蔵機器（内蔵型小型冷凍冷蔵機器）				
	業務用冷凍冷蔵庫（蒸発器における冷媒の蒸発温度の下限値が-45℃未満のものは除く）	R134a(1430) R404A(3920) R410A(2090) R407C(1770) CO2(1)	150	2029
	ショーケース（圧縮機の定格出力750W以下のものに限る）		150	2029
硬質ポリウレタンフォームを用いた冷蔵機器及び冷凍機器		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
硬質ポリウレタンフォームを用いた冷蔵又は冷凍の機能を有する自動販売機		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
中央方式冷凍冷蔵機器(有効容積が5万ℓ以上の新設冷凍冷蔵倉庫向けに出荷されるものに限る)		R404A(3920) アンモニア（一桁）	100	2019
住宅用硬質ポリウレタンフォーム用原液		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2020
非住宅用硬質ポリウレタンフォーム用原液		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
硬質ポリウレタンフォームを用いた断熱材		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
専ら噴射剤のみを充填した噴霧器（不燃性を要する用途のものを除く）		HFC-134a(1430) HFC-152a(124) CO2(1)、DME(1)	10	2019

●プロジェクト開始時関連資料

(1) 研究開発事業に係る事前評価書

https://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/e00/03/r04/J125.pdf

研究開発事業に係る事前評価書

事業名	グリーン冷媒・機器開発事業 「※NEDO事業名：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」
担当部署	経済産業省製造産業局 化学物質管理課オゾン層保護等推進室 (国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 環境部
事業期間	2023 年度～2027 年度 (5 年間)
概算要求額	2023 年度 600 (百万円)
会計区分	☐ 一般会計 / ☒ エネルギー対策特別会計
実施形態	経産省 (交付金) → NEDO (委託/補助(1/2)) → 事業者
類型	☐ 複数課題プログラム / ☒ 研究開発プロジェクト / ☐ 研究資金制度
事業目的	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) 抑制も必要である。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。 本事業では、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開発を行い、早期に低 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で、上記の社会課題解決に貢献する。
事業内容 (アキティティ)	研究開発項目①家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発および評価 (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と共に、当該混合冷媒の燃焼特性等を解明する。 (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・潤滑特性およ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、LCA (ライフサイクルアセスメント) や LCCP (ライフサイクル温暖化特性) 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/業務用エアコンおよび冷蔵・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。	
研究開発目標（アウトプット目標）の指標		研究開発目標（アウトプット目標）
中間目標 (2025 年度)	評価を実施した冷媒数	15 件（累積）
最終目標 (2027 年度)	・評価を実施した冷媒数 ・冷媒を社会実装するためのデファクトスタンダードとなっている国際規格等への提案及び登録件数	・25 件（累積） ・提案 3 件以上、登録 3 件以上
研究開発成果（アウトプット）の受け手		
冷媒メーカー、冷凍空調機器メーカー		
アウトカム指標		アウトカム目標
最終目標 (2035 年度)	キガリ改正の最終目標年度に冷媒由来で削減できる温室効果ガスの量（CO2 換算）	556 万 t-CO2（国内）
外部専門家		
亀山 秀雄 国立大学法人東京農工大学名誉教授 西村 伸也 公立大学法人大阪市立大学名誉教授 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		
総合評価コメント		
亀山氏	【肯定的意見】 ・今後 10 年間で 150 兆円の新規投資を目標に掲げる政府の新しい資本主義を具体的に進めるために、このグリーン冷媒・機器開発事業は、過去 15 年に渡り行ってきた研究による世界で日本が強みとする新冷媒製造技術と高性能省エネ空調技術の開発を行うものとなっており、それを活かして、将来のグリーン投資を呼び込める有効な事業である。 【問題点・改善すべき点】 ・経済産業省産業技術環境局が令和 3 年 11 月に出した「我が国の産業技術に関する研究開発活動の動向－主要指標と調査データ」によれば、「コスト、収益、費用対効果」や「市場ニーズ、技術動向、特許動向」の把握が研究開発中のプロジェクト内で共有されることが事業化を成功に導く上で必要であると述べられている。そのような研究項目が検討されることが必要である。	

	・本事業の成果が世界市場で優位性を持つためには、技術のみならず各国の関連規制や国際標準・規格等への対応を行うための環境整備が重要であるが、企業では荷が重すぎる課題であり、その分野での国の支援も継続して行う必要がある。
西村氏	【肯定的意見】 ・本プロジェクトは、冷媒の使用量 85%削減を定めたキガリ改正の達成や 2050 年カーボンニュートラルを国際公約としている我が国にとって、必須の事業である。プロジェクトでは、2027 年を目処として、低 GWP 冷媒の熱物性・伝熱特性、ならびに燃焼性・毒性等に関する基礎的研究に加えて、社会実装を目的とし、熱交換器や圧縮機などの要素技術開発、また商品化を加速するためのモデル機試作やシミュレーション技術の開発を並行して計画している。加えて、冷凍空調産業の国際競争力強化の観点から、助成事業も計画に組み込んでおり、高く評価できる。 【問題点・改善すべき点】 ・研究開発の成果（アウトプット）からアウトカム達成の道筋に関しては、事業の期間中から、セミナー（国内・国際）等の外部に対する広報・周知活動を企画することが望ましい。標準化には 5 年以上の準備期間が必要と考える。 ・現行プロジェクトで得られた成果や、本プロジェクトにおける達成目標の時期や期待されるアウトカムの数値について、十分な説明が必要である。
齋川氏	【肯定的意見】 ・地球温暖化防止、関連産業の国際競争力の維持・強化の観点から、NEDO（国）が主導して本 PJ を進めるべきである。 ・新冷媒の熱物性や伝熱特性、安全性などの基礎的な知見や開発機の性能評価は必要不可欠であり、産学官の連携が必須である。これまでの実績を踏まえ、NEDO による実施が望ましい。 ・家庭用エアコンを対象に、冷媒の選定から、新冷媒に対応した主要素機器技術の開発、モデル機の性能評価や安全性評価など、必要な課題が網羅されている。開発計画として妥当である。 ・業務用エアコンおよび冷凍冷蔵ショーケースの商品化に向けた技術開発を行う点も評価できる。 ・我が国の主要なメーカーが参画することに期待する。 【問題点・改善すべき点】 ・"GWP<70"という目標について、これまでの開発状況を踏まえると、相当高い目標である。少なくとも、70 の根拠を示しておくべきである。
問題点・改善すべき点に対する見解・対処方針	
ご指摘を踏まえ、企業や市場のニーズ・技術動向・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の必要なデータ収集をプロジェクト中で行い国内審議団体等と事業者の連携を促したり、また、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ます。	

(2) パブリックコメント募集の結果

・パブリックコメント募集期間

2022年12月27日～2023年1月10日

・パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞

計0件

●各種委員会開催リスト

採択審査委員会		
件名	内容	実施日
2023年度「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」採択委員会（助成事業）	提案事業者によるプレゼンテーション及び質疑応答	2023年3月22日
2023年度「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」採択委員会（委託事業）	提案事業者によるプレゼンテーション及び質疑応答	2023年3月27日
契約・助成審査委員会		
件名	内容	実施日
「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」の公募(新規)に係る委託・助成先の選考について	委託・助成先の選考	2023年4月11日
技術委員会		
件名	内容	実施日
令和5年度次世代低GWP冷媒実用化技術委員会	プロジェクト内容説明、各グループ進捗報告	2024年3月11日
令和6年度次世代低GWP冷媒実用化技術委員会	各グループ進捗報告、インセンティブ実施方針説明	2025年1月15日

●特許論文等リスト

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内外国PCT	出願日	状態	名称	発明者	テーマ No.
1	学校法人早稲田大学	特願 2023-110460	国内	2023/07/05	公開	空調機の性能測定方法、空調機の性能測定装置、及び、条件発生器の制御方法	齋藤 潔 他	評A-1
2	学校法人早稲田大学	PCT/JP2024/022837	PCT	2024/06/24	公開	空調機の性能測定方法、空調機の性能測定装置、及び、条件発生器の制御方法	齋藤 潔 他	評A-1

(PCT:Patent Cooperation Treaty 特許協力条約)

※助成事業の特許は非公開のため未掲載								
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月	テーマ No.
1	Uthpala Perera, Kozue Miyane, Naoya Sakoda, Kyaw Thu, Yukihiro Higashi	九州大学	PvT Properties and Thermodynamic Property Correlations for the Low Global Warming Potential Hydrofluoroolefin Refrigerant R-1132a (1,1-Difluoroethene)	Int. J. Thermophysics, 44, #84	有	2023/04/01	冷A-1
2	Naoya Sakoda, Kentaro Kitabatake, Hiroaki Ishimaru, Yukihiro Higashi	九州大学	Vapor-Liquid Equilibrium and PVtx Property Measurements of HF01123 + CF3I and HFC125 + CF3I	Int. J. Thermophysics, 44, #84	有	2023/12/01	冷A-1
3	Naoya Sakoda, Hiroaki Ishimaru, Yukihiro Higashi	九州大学	Thermodynamic Property Measurements of Binary Refrigerant Blends HF01123+R290	Int. J. Thermophysics, 44, #84	有	2024/03/01	冷A-1
4	Sannan Salabat Butt, Uthpala A. Perera, Takahiko Miyazaki, Kyaw Thu, Yukihiro Higashi	九州大学	Energy, Exergy and Environmental (3E) Analysis of Low GWP Refrigerants in Cascade Refrigeration System for Low Temperature Applications	Int. J. Refrig., 160, 373-389	有	2024/04/01	冷A-1
5	西橋奏子, 狩野祐也, 粥川洋平, 倉本直樹	産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門	低GWP冷媒の物性評価へ向けた液相域音速測定装置の開発	日本冷凍空調学会論文集, vol.41(4), 377-385	有	2024/12/31	冷A-2
6	Ryo Akasaka, Sho Fukuda, Yukihiro Higashi	九州産業大学、九州大学	Multifluid Mixture Models for the Binary Mixtures of Trifluoroethene (R-1123) with Difluoromethane (R-32), 2,3,3,3-Tetrafluoroprop-1-ene (R-1234yf), and Propane (R-290)	ACS Omega	有	2025/01/28	冷B-1
7	滝澤賢二, 五十嵐直治, 久保田栄, 中西裕子, 徳橋和明, 近藤重雄	産業技術総合研究所機能化学研究部門	CO2/プロパン混合系の燃焼特性評価	日本冷凍空調学会論文集 41(4)	有	2024/12/01	冷C-1
8	苗宇峰, 小川康太, 福田翔, 近藤智恵子, 赤坂亮	長崎大学、九州産業大学	HF0-1123 を含む二成分混合冷媒のヒートポンプサイクル性能評価および熱交換方式の影響	日本冷凍空調学会論文集, Vol.41, No.4 (2024), pp. 299-307	有	2024/12/01	冷D-2
9	Navin Rajapriya Inbaraj, 河尻耕太郎	株式会社エイゾス	Deep Learning for GWP Prediction: A Framework Using PCA, Quantile Transformation, and Ensemble Modeling	arXiv, Machine Learning (cs.LG)	無	2024/12/01	冷E-1
10	Tran Xuan Duc, Atiqur R. Tuhin, Monjur Morshed, Ryuga Hirata, Akio Miyara	佐賀大学	Measurement and Prediction Evaluation of Viscosity of Low GWP Mixtures R454B and R454C	日本冷凍空調学会論文集, in press (J-stageにて早期公開)	有	in press	機A-1
11	有賀弘展, Wannarat Rakpakdee, 福田充宏, 本澤政明	静岡大学	非共沸混合冷媒のPOE油に対する溶解組成	日本冷凍空調学会論文集, in press (J-stageにて早期公開)	有	in press	機C-1
12	宮岡 洋一	早稲田大学	エミュレーター式負荷試験装置による業務用空調機のラウンドロビンテスト第1報：冷房試験の結果ー	doi: 10.11322/tjsrae.23-21_OA	有	2024/02/15	評A-1
13	ジャンネッティ ニコロ	電気通信大学	Feed-Forward Compensation for Emulator-type Testing Facilities	doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2024.07.023	有	Nov. 2024	評A-1
14	ジャンネッティ ニコロ	電気通信大学	Thermodynamic optimization of heat exchanger circuitry via genetic programming	doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123623	有	Sep. 2024	評A-1
15	ジャンネッティ ニコロ	早稲田大学	Reproducibility assessment of an emulator-type load-based testing methodology	doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2023.12.032	有	Mar. 2024	評A-1
16	Kim CheolHwan	早稲田大学	Systematic development of multilayer-perceptron-based void fraction model	doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.108563	有	Mar. 2025	評A-1
17	Kim CheolHwan	早稲田大学	EXPERIMENTAL AND THEORETICAL CHARACTERIZATION OF TWO-PHASE FLOW DISTRIBUTION IN UNBALANCED FLOW NETWORKS	10.1615/JENHHEATTRANSF.2024051524	有	Mar. 2024	評A-1
18	ジャンネッティ ニコロ	早稲田大学	Circuitry optimization using genetic programming for the advancement of next generation refrigerants	doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124648	有	Dec. 2023	評A-2
19	金城 富宏	電気通信大学	Prediction of boiling heat transfer coefficient for micro-fin using mini-channel	doi.org/10.3390/app14156777	有	2024/08/01	評A-2

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月	テーマ No.
1	Yukihiro Higashi, Naoya Sakoda	九州大学	PVT Properties, Saturated Densities, and Critical Parameters of trans-1,2-Difluoroethene (R1132(E)) + 2,3,3,3-Tetrafluoroprop-1-ene (R1234yf)	The 26th International Congress of Refrigeration (ICR2023)	2023/08/23	冷A-1
2	Hiroaki Ishimaru, Kentaro Kitabatake, Naoya Sakoda, Yukihiro Higashi	九州大学	Vapor-Liquid Equilibrium of Binary Refrigerant Blends of R1132(E) + R1234yf and R1132(E) + R32	The 26th International Congress of Refrigeration (ICR2023)	2023/08/22	冷A-1
3	迫田 直也, 石丸 寛明, 東 之弘	九州大学	2成分系混合冷媒HF01123 + R290の気液平衡測定	日本冷凍空調学会2023年度年次大会	2023/09/07	冷A-1
4	東 之弘, 迫田 直也, 宮本 泰行, 田中 勝之, 近藤 智恵子, 狩野 祐也, 赤坂 亮, 宮良 明男, 飯屋 圭史	九州大学	次世代低GWP冷媒の熱物性計測 (NEDO プロジェクトの成果)	日本冷凍空調学会2023年度年次大会	2023/09/07	冷A-1
5	Naoya. Sakoda, Hiroaki Ishimaru, Yukihiro Higashi	九州大学	Thermodynamic Property Measurements of Binary Refrigerant Blends HF01123 + R290	The 22nd European Conference of Thermophysical Properties	2023/09/22	冷A-1
6	東 之弘	九州大学	低GWPの HF0系混合冷媒の熱物性	2023年度化学工学会第54回秋季大会	2023/09/13	冷A-1
7	東 之弘	九州大学	R454CおよびR454AのPvTx性質の測定: REFPROP 10.0における混合パラメータの重要性	日本冷凍空調学会2024年度年次大会	2024/09/04	冷A-1
8	東 之弘, 迫田 直也, Kyaw Thu, 宮根こず恵, 高田保之	九州大学	低GWP混合冷媒HF01123+R1234yfおよびR1132(E)+R1234yf の熱力学性質の測定	日本冷凍空調学会2024年度年次大会	2024/09/06	冷A-1
9	藤井直亮, 迫田直也, 高田保之, 東 之弘	九州大学	R32+R1234yf混合冷媒の実測値に基づく3次型および多項式型状態方程式の評価	第45回日本熱物性シンポジウム講演論文集	2024/10/28	冷A-1
10	羽川洋平, 狩野祐也, 西橋奏子, 倉本直樹	産業技術総合研究所工学計測標準研究部門	低GWP冷媒純物質/混合物に関する音速およびPVT性質の測定	環境と新冷媒国際シンポジウム2023	2023/11/17	冷A-2
11	Kanako Nishihashi, Yuya Kano, Naoki Kuramoto	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	Speed of sound measurements for trifluoriodomethane (R-131I) and cis-1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-butene (R-1336mzz(Z)) in the liquid phase	22nd European Conference on Thermophysical Properties (ECTP2023)	2023/09/13	冷A-2
12	Yohei Kayukawa	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	Dew-Point/Bubble-Point Measurements for HFC/HFO Refrigerant Mixtures	22nd Symposium on Thermophysical Properties	2024/06/28	冷A-2
13	西橋奏子, 狩野祐也, 倉本直樹	産業技術総合研究所工学計測標準研究部門	低GWP冷媒R1132(E)の音速測定	2024 年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	冷A-2
14	狩野祐也, 西橋奏子, 羽川洋平, 倉本直樹	産業技術総合研究所工学計測標準研究部門	次世代冷媒R1132(E)の気相域における音速・誘電率測定	2024年度計量標準総合センター成果発表会	2025/01/17	冷A-2
15	西橋奏子, 狩野祐也, 羽川洋平, 倉本直樹	産業技術総合研究所工学計測標準研究部門	次世代冷媒の液相域音速測定装置の開発	2024年度計量標準総合センター成果発表会	2025/01/17	冷A-2
16	Ryo Akasaka	九州産業大学	A Thermodynamic Property Model for R1234yf and Propane Mixtures	The 26th International Congress of Refrigeration (ICR2023)	2023/08/22	冷B-1
17	滝澤賢二	産業技術総合研究所機能化学研究部門	次世代冷媒の安全性・リスク評価	日本冷凍空調学会2023年度近畿地区シンポジウム	2023/10/20	冷C-1
18	滝澤賢二	産業技術総合研究所機能化学研究部門	冷凍空調用冷媒をめぐる最近の状況と展望	HVAC&R JAPAN 2024	2024/01/31	冷C-1
19	苗宇峰, 森啓太, 小川康太, 福田翔, 森崎弘大郎, 赤坂亮, 近藤智恵子	長崎大学, 九州産業大学	HF0-1123を含む混合冷媒のヒートポンプサイクル性能評価および物性計算精度の影響	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/04	冷D-1
20	Navin Rajapriya Inbaraj, 河尻耕太郎	株式会社エイソス	Multi-Sigma — An Easy-to-Use AI Analysis Platform for Prediction and Optimization	2024 MRS Fall Meeting & Exhibit	2024/12/01	冷E-1
21	Duc Tran XUAN, SILVIA, Tuhin ATIQUUR RAHMAN, Akio MIYARA	佐賀大学	Viscosity measurements of binary mixtures R-454B and R-454C at low temperature condition	8th IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain (ICCG2024)	2024/06/11	機A-1
22	Monjur Morshed, Atiqur R. Tuhin, Akio Miyara	佐賀大学	Viscosity Measurements of Binary Mixtures of Difluoromethane (R32) and 2,3,3,3-Tetrafluoropropane (R1234yf) Refrigerants and Their Empirical Models	22nd Symposium on Thermophysical Properties	2024/06/24	機A-1
23	宮良明男, Monjur MORSHED, Atiqur R. TUHIN, Tran Xuan DUC, 平田竜雅, 小川 竜飛	佐賀大学	低GWP冷媒の粘度および熱伝導率の測定と予測モデル開発	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	機A-1
24	Monjur MORSHED, Akio MIYARA	佐賀大学	Method for Calculating Viscosity Binary Interaction Parameters in Extended Corresponding States Viscosity Models for Mixture	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/04	機A-1
25	Atiqur Rahman TUHIN, Ryuga HIRATRA, Tran Xuan DUC, Ryuhi OGAWA, Akio MIYARA	佐賀大学	Measurements of Viscosity and Thermal Conductivity of R1132(E)	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/04	機A-1
26	Akio MIYARA	佐賀大学	Development of Refrigeration and Air-Conditioning Technologies for Use of Next-Generation Refrigerants	2nd International Conference on Energy, Manufacture, Advanced Material, and Mechatronics	2024/11/09	機A-1
27	沼田夏実, 西崎綾美, 野上大河, 地下大輔, 井上順広	東京海洋大学	放電加工面を有する並列マイクロチャンネルにおけるR454Cの沸騰熱伝達特性に関する実験	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	機A-2

28	Shota Akai, Kota Nakagawa, Katsumi Sugimoto, Hitoshi Asano	神戸大学	Effect of Thermophysical Properties on Wall Superheat at Onset of Nucleate Boiling	2024 Herrick Conference in Refrigeration and Air Conditioning	2024/07/15	機B-1
29	赤井彰太, 杉本勝美, 浅野等	神戸大学	非共沸混合冷媒の沸騰開始過熱度の評価	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	機B-1
30	有賀弘晟, ラックバックディワナラット, 福田充宏, 本澤政明	静岡大学	非共沸混合冷媒のPOE油に対する溶解組成の測定	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/05	機C-1
31	Wannarat Rakpakdee, Mitsuhiro Fukuta, Masaaki Motozawa	静岡大学	Mixing Behaviors of Refrigeration Oil and Zeotropic Refrigerant	34th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP34)	2024/11/12	機C-1
32	今村友彦, 高木雅翔, 平野凌成, 末松潤一	公立諏訪東京理科大学	次世代冷媒のリスク評価に資するアーク放電エネルギーの定量化	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	安B-1
33	岡本秀一, 張之華, 伊藤誠, 飛原英治	AGC株式会社	次世代冷媒のリスク評価試験方法の開発と空調機器での実検証	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	安A-2
34	後藤智行, 吉村崇, 臼井隆, 山田康夫	ダイキン工業株式会社	R-1132(E) 混合冷媒の開発および安全性評価	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	安A-3
35	伊藤誠, 東朋寛, 橋本克巳	電力中央研究所	ヒートポンプ用冷媒安定性試験法確立に向けたアーク電圧評価	令和7年電気学会全国大会	2025/03/18	安A-1
36	宮岡 洋一	早稲田大学	Development of a Refrigerant Evaluation Tool for Air Conditioners	14th IEA Heat Pump Conference	2023/05/16	評A-1
37	鄭 宗秀	早稲田大学	地域別稼働条件によるヒートポンプ給湯機の LCCP 評価	第33回環境工学総合シンポジウム 2023	2023/07/25	評A-1
38	キム チョルファン	早稲田大学	Circuitry optimization and parametric study on fin-tube evaporators for maximizing COP	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
39	ジャンネットィ ニコロ	早稲田大学	遺伝的冷媒回路生成アルゴリズムを用いた熱交換器の最適化に関する研究 最適化結果の熱力学的な検討	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
40	宮岡 洋一	早稲田大学	低 GWP 冷媒を採用した次世代冷凍空調技術の実用化評価に関する研究開発 第6報: 機器性能評価手法に関する取り組みと成果	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
41	水野 亜杜	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」によるラウンドロビンテスト 第1報: 冷房試験と暖房試験の結果	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
42	宮岡 洋一	早稲田大学	LCCP シミュレーターの開発とその活用	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/08	評A-1
43	金 武重	早稲田大学	ボイド率予測のための平滑管およびマクロ管の流動様式を考慮したドリフトフラックスモデルの開発	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/08	評A-1
44	宮岡 洋一	早稲田大学	空調負荷シミュレーターを搭載した空調機の性能評価装置の開発 第2報: 空調機の実運転性能評価	令和 5 年度空気調和・衛生工学会大会	2023/09/07	評A-1
45	ジャンネットィ ニコロ	早稲田大学	遺伝的冷媒経路アルゴリズムを用いた熱交換器回路の最適化に関する研究	環境と新冷媒 国際シンポジウム 2023	2023/11/16	評A-1
46	ジャンネットィ ニコロ	早稲田大学	エミュレーター式負荷試験装置によるエアコンディショナーの動的試験	環境と新冷媒 国際シンポジウム 2023	2023/11/17	評A-1
47	田原 大暉	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」を用いたパッケージエアコンの年間性能評価	第 57 回空気調和・冷凍連合講演会	2024/04/18	評A-1
48	宮岡 洋一	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」による空調機の性能試験と今後の展望	第 57 回空気調和・冷凍連合講演会	2024/04/18	評A-1
49	宮岡 洋一	早稲田大学	Development of “emulator-type load-based testing methodology	ACRA2024	2024/04/24	評A-1
50	宮岡 洋一	早稲田大学	Performance Evaluation of Low-GWP Refrigerants for Refrigerated Display Cabinet	8th IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain	2024/06/10	評A-1
51	宮岡 洋一	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」による業務用空調機の CD 値の実測評価	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/04	評A-1
52	中野 颯士	電気通信大学	円形流路内垂直沸騰流の実験的評価および深層学習による沸騰熱伝達率の予測	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/05	評A-2
53	ジャンネットィ ニコロ	電気通信大学	Manufacturability constraints for evolutionary optimization of heat exchanger circuitry using genetic programming	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/05	評A-1
54	ジャンネットィ ニコロ	電気通信大学	Development of Feed-Forward Compensation for Emulator-Type Testing Facilities	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/07	評A-1
55	宮岡 洋一	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」による空調機の性能評価 第2報: 地球温暖化によるパッケージエアコンの年間性能への影響評価	令和 6 年度空気調和・衛生工学会大会	2024/09/12	評A-1
56	宮岡 洋一	早稲田大学	Development and implementation of “emulator-type load-based testing methodology”	12th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL' 24)	2024/10/08	評A-1
57	キム チョルファン	早稲田大学	Analysis and Validation of Genetic Programming for Circuitry Optimization	2025 ASHRAE WINTER CONFERENCE	2025/2 (予定)	評A-1

(b) 受賞実績

番号	受賞者	所属	受賞タイトル	主催者	受賞年月	テーマ No.
1	西橋奏子	産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門	日本冷凍空調学会賞・優秀講演賞	日本冷凍空調学会	2024/12/26	冷A-2

(c) 新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月	テーマ No.
1	九州大学	冷凍空調用冷媒をめぐる最近の状況と展望	高圧ガス, Vol.60, No. 8	2023/08/01	冷A-1
2	産業技術総合研究所機能化学研究部門	冷凍空調用冷媒をめぐる最近の状況と展望	月刊「建築設備と配管工事」, p.21-29	2024/10/05	冷C-1
3	日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社	多面的な施策進む先進工場 日立ジョンソンコントロールズ空調 清水事業所	空調タイムス第3018号P8	2024/07/10	

(d) 展示会への出展

番号	所属	タイトル	展示会名	発表年月	テーマ No.
1	日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社	日立コンデンシングユニット次世代冷媒	HVAC&R JAPAN 2024	2024/01/30	

(e) TVその他メディア

番号	発表者	所属	タイトル	媒体、TV番組名など	発表年月	テーマ No.
1	東之弘	九州大学	次世代冷媒の基本特性評価	令和5年度日本冷凍空調学会近畿地区シンポジウム	2023/10/20	冷A-1
2	東之弘	九州大学	地球温暖化対策のためのカーボンニュートラル	信州大学工学部環境委員会第28回市民公開講座	2023/10/23	冷A-1