

一 高効率低GWP冷媒を使用した 中小型空調機器技術の開発 一

(平成28年度～平成29年度 2年間)

事後評価分科会説明資料

議題5 プロジェクトの概要説明
(公開)

平成29年12月5日

NEDO環境部

N
E
D
O

I. 事業の位置付け・必要性

II. 研究開発マネジメント

III. 研究開発成果

P
L

IV. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

I. 事業の位置付け・必要性

II. 研究開発マネジメント

III. 研究開発成果

IV. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

公開

◆背景 ~特定フロンと代替フロン等4ガスについて~

- 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を破壊することが問題視されて規制対象になり、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い点が問題となっている。

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 <small>(クロロフルオロカーボン)</small>	HCFC <small>(ハイドロクロロフルオロカーボン)</small>	HFC <small>(代替フロン) (ハイドロフルオロカーボン)</small>	PFC <small>(パーフルオロカーボン)</small>	SF₆ <small>(六フッ化硫黄)</small>	NF₃ <small>(三フッ化窒素)</small>
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		京都議定書対象物質・パリ協定 (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)	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)※	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	<ul style="list-style-type: none"> ・冷凍空調機器の冷媒 ・洗剤、溶剤等 <small>(95年以降全廃済み)</small> 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷凍空調機器の冷媒 ・洗剤、溶剤等 <small>(2020年全廃予定)</small> 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷凍空調機器の冷媒 ・断熱材の発泡剤等 	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体、液晶製造 ・洗剤、溶剤 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気絶縁機器 ・半導体、液晶製造 ・マグネシウム製造 	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体、液晶製造等

※ 主な冷媒種としての値

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

公開

◆背景 ～我が国の温室効果ガス削減目標～

- パリ協定において我が国では、温室効果ガスの排出量を、2030年度に2013年度比－26.0%の水準にすることを目標としている。
- 代替フロン等4ガスについては、2013年比－25.1%の水準にすることを目標としている（総排出量比で－0.7%に相当）。

パリ協定における我が国の削減目標

単位：百万t-CO₂

	2013年	2030年	2013年総排出量比(%)
エネルギー起源 CO ₂	1235	927	▲21.9
非エネルギー起源 CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	134	124	▲0.8
代替フロン等4ガス HFC、PFC、SF ₆ 、NF ₃	39	29	▲0.7
森林吸収等	—	(▲37)	▲2.6
温室効果ガス 排出量合計	1408	1042	▲26.0

※上記表は四捨五入の都合上、各欄の合計は一致しないことがある。

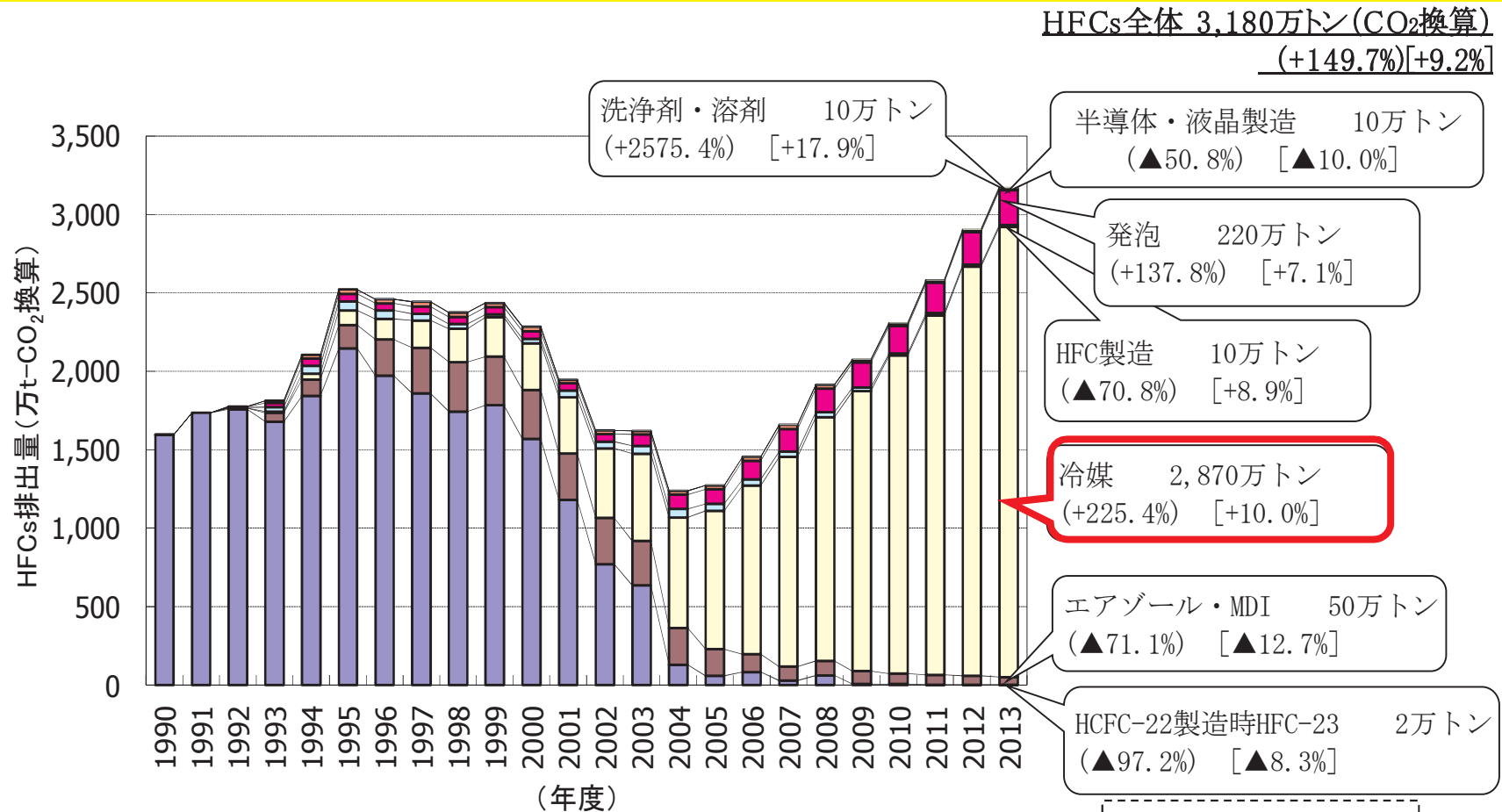
「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

公開

◆背景 ~ 冷凍空調分野における代替フロン等3ガス排出量推移~

●代替フロン等4ガスのうちHFCについては、冷媒転換に伴ってエアコン等の冷媒としての排出が増加し、2013年度はHFC排出量全体の約90%を占める。



HFC排出量の推移

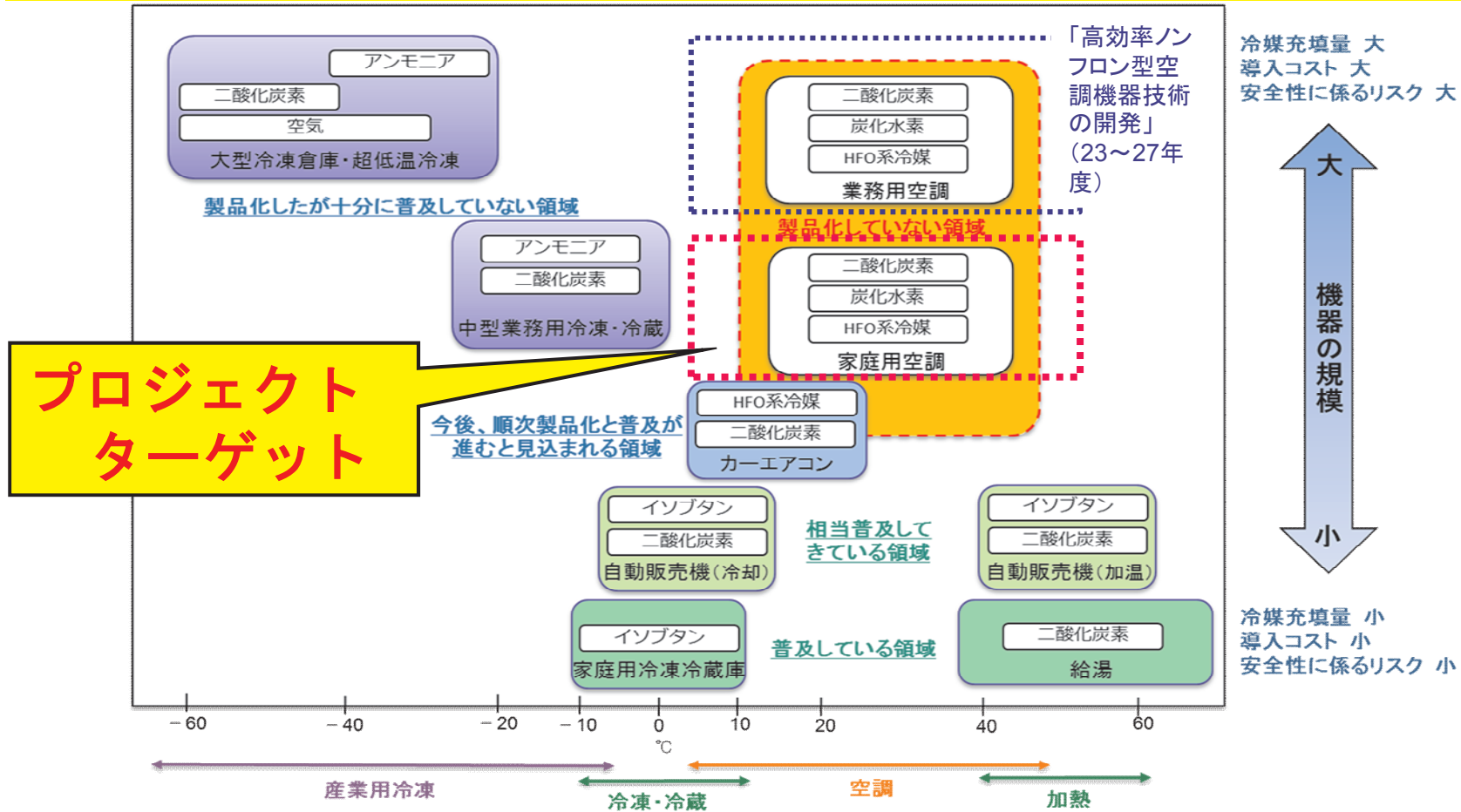
出典: 2013年度(平成25年度)の温室効果ガス排出量(速報値)について(環境省, 2014)

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

◆事業の位置づけ ~プロジェクトターゲット~

●冷媒を使用する機器のうち、中間的温度帯の空調機器分野では、HFCと同程度の性能・安全性を持つ低温室効果冷媒適用機器は製品化されていない。



低温室効果冷媒利用技術の開発・普及状況

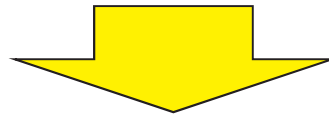
「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

公開

◆NEDOが関与する意義

- 地球温暖化対策は国内外において緊要であり、温室効果ガスであるHFC排出削減は急務
- パリ協定やフロン排出抑制法はHFC使用自体の禁止を要求しておらず、冷媒転換はコストアップ要因となる一方、メーカー・ユーザーともに直接の経済的利益がなく低温室効果冷媒への転換技術の開発インセンティブが乏しいため、民間企業が単独で取り組むには、ドライビングフォースが不足
- また、低温室効果冷媒の安全性評価、物性評価については、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、一企業では実施不可能な内容
- 我が国産業の競争力強化のためにも、世界に先駆けた低温室効果冷媒技術の開発が必要



NEDOの事業としての妥当性は極めて高い

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」

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

◆実施の効果

公開

＜プロジェクト予算総額＞

2.8億円

(執行額・NEDO負担額)

＜国内における冷凍空調分野のCO₂排出削減ポテンシャル＞

2020年 冷媒排出量推計※ 約4000万t-CO₂

プロジェクト ターゲット	内訳	業務用空調	約1200万t-CO ₂
		家庭用空調(ルームエアコン)	約900万t-CO ₂
		業務用冷凍冷蔵	約1600万t-CO ₂
		他(カーエアコン等)	約200万t-CO ₂

※:産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会第1回冷媒対策WG資料(2010/6)「2020年の機種別・排出形態別排出量BAU推計」より

I. 事業の位置付け・必要性

II. 研究開発マネジメント

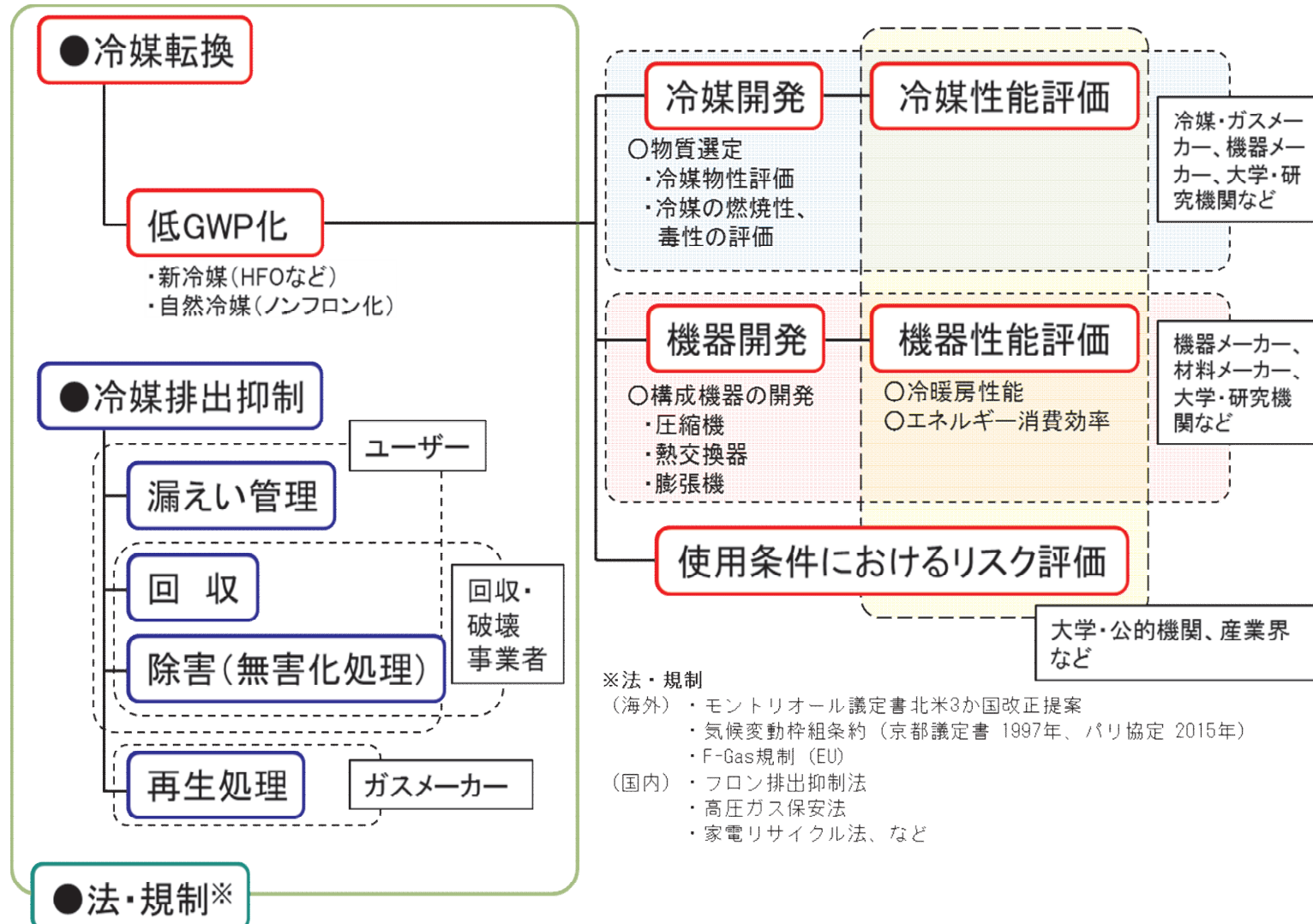
III. 研究開発成果

IV. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」 Ⅱ. 研究開発マネジメント

◆技術課題

冷凍空調分野における地球温暖化対策(フロン)分野に係る技術等の体系



「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

Ⅱ. 研究開発マネジメント

公開

◆事業概要

概要

家庭用空調機器等の中小型空調機器分野において、小型化や安全性を確保した上で、低温室効果冷媒への転換を可能にする要素技術開発を実施する。

- ①高効率かつ低温室効果の空調機器を実現する要素技術開発
 - 1)高効率かつ低温室効果の冷媒の開発
 - 2)低温室効果冷媒を用いつつ高効率を達成する主要機器の開発
- ②低温室効果冷媒の性能、安全性評価
 - 1)冷媒の性能評価
 - 2)冷媒の安全性(リスク)評価

期間

平成28年度 ～ 平成29年度（2年間）

予算

総額	億円	研究開発項目毎配分		
		①1) 冷媒開発	①2) 機器開発	②性能、安全性 評価
合計	2.8億円	12%	25%	63%
H28年度	2.2億円	6%	20%	74%
H29年度	0.6億円	36%	42%	23%

Ⅱ. 研究開発マネジメント

◆研究開発項目および目標

●基本計画目標

研究開発項目		最終目標	根拠
プロジェクト全体		温室効果ガスの削減ポテンシャルの大きい分野である家庭用空調機器の開発を見据え、機器サイド、冷媒サイド双方から、低温室効果冷媒を適用した中小型空調機器の省エネ化・高効率化実現のために必要となる基盤要素技術開発につなげるための核となる要素技術を確立する。将来、研究開発対象冷媒物質を2種以上、システム実用化研究へとつなげることを目指す。	
① 高効率かつ低温室効果の空調機器を実現する要素技術開発【要素技術開発】	1) 高効率かつ低温室効果の冷媒の開発【冷媒開発】	冷媒開発においては、既に冷凍空調機器に適用されている主たる冷媒以下のGWPと、同等以上の性能を両立するHFO系冷媒の実現につなげるための核となる要素技術を確立する。	製品が市場に受け入れられるためには、低温室効果冷媒を適用した機器が従来機と同等以上のエネルギー効率を有することが必要。
	2) 低温室効果冷媒を用いつつ高効率を達成する空調機器及び関連システム等の開発【機器開発】	中小型空調機器を対象として、GWPが既に冷凍空調機器に適用されている冷媒以下である低温室効果冷媒(自然冷媒、HFO系冷媒)を用いつつ現状市販フロン適用機器と同等以上の性能の実現につなげるための核となる要素技術を確立する。	同上
② 低温室効果冷媒の性能、安全性評価【性能、安全性評価】	1) 冷媒の安全性(リスク)評価【安全性評価】	空調機器性能と省エネ性を両立しうる、現在の空調機器適用冷媒に代わる低温室効果冷媒候補(自然冷媒、HFO系冷媒)について、システム実用化研究に値する冷媒選定に資する、安全性に係るデータ及び評価結果を得る。	新規冷媒に対する性能評価指針および安全基準が未整備
	2) 冷媒の性能評価【性能評価】	また、有識者と連携し、機器への適用と普及に必要な規格(リスク評価手法、標準化)や標準の新たな提案に向けた、知見を得る。	

●公募により 8テーマを採択

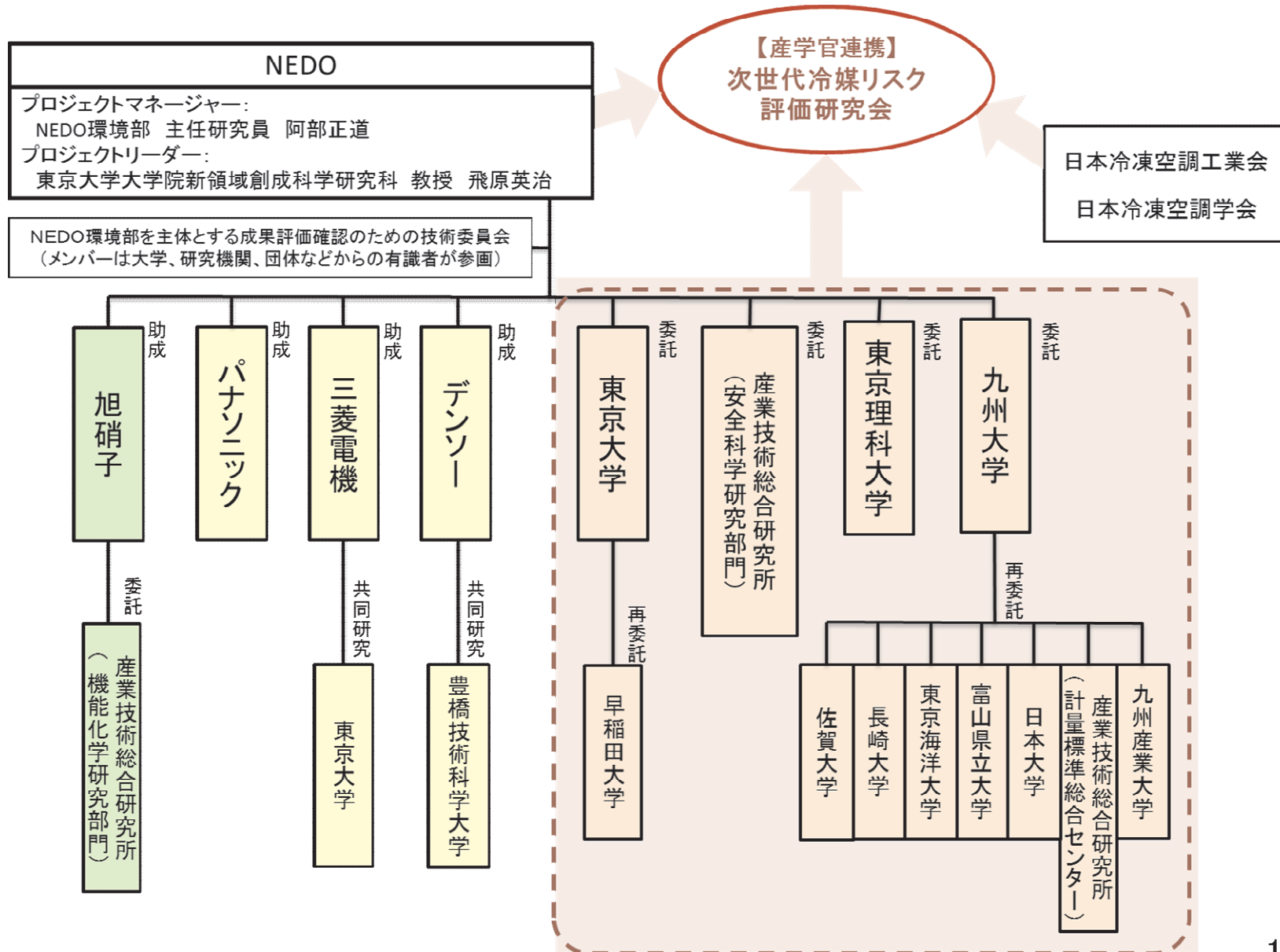
研究開発項目	テーマ	委託先/助成先	委託/助成	契約期間	対象技術等	対象冷媒	備考	
① 要素技術開発	1) 冷媒開発	高効率かつ低温室効果の冷媒の開発	旭硝子(株) (委託:産業技術総合研究所)	助成 (1/2)	H28-H29	低GWP冷媒開発	HFO-1123を主成分とした混合冷媒	安全性、実用性、燃焼性評価
	2) 機器開発	低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンの開発	パナソニック(株)	助成 (1/2)	H28	低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンを開発	HFO・HFC冷媒(混合冷媒)	
		自然冷媒を適用したルームエアコンの研究	三菱電機(株) (共同研究:東京大学)	助成 (1/2)	H28-H29	HC冷媒(プロパン)をルームエアコンに適用	HC冷媒(プロパン)	充填量の削減と性能確保
		高効率エジェクタを使用したCO2冷媒空調システムの開発	(株)デンソー (共同研究:豊橋技術科学大学)	助成 (1/2)	H28-H29	CO2を適用し、現行のR32冷媒と同等のAPFを達成	CO2	CO2冷媒用高効率エジェクタの開発
② 性能・安全性評価	1) 安全性評価 2) 性能評価	事故シナリオに立脚した低GWP冷媒の燃焼性評価とリスクアセスメント	東京理科大学	委託	H28	火災・爆発発生危険性及び火災爆発事故発生時の物理的危険度	HC冷媒(プロパン)	実際の使用条件を想定した事故シナリオを抽出
		中小型空調機器に適合する新規低GWP冷媒の物性評価及び基本サイクル性能評価	九州大学 (再委託:富山県立大学、日本大学、長崎大学、産業技術総合研究所、九州産業大学、佐賀大学、東京海洋大学)	委託	H28-H29	冷媒の物性・性能評価	純冷媒 HFO-1123、2成分系混合冷媒(HFO-1123+HFC-32系)	熱物性評価、伝熱特性評価、ヒートポンプサイクル評価
		低GWP冷媒を用いた空調機器の性能及び安全性評価	東京大学 (再委託:早稲田大学)	委託	H28-H29	低GWP冷媒の性能及び安全性評価	低GWP冷媒	次世代冷媒リスク評価研究会を外注
		自然冷媒を用いた中小型家庭用室内空調機の実寸大フィジカルハザード評価	産業技術総合研究所	委託	H28	実寸大フィジカルハザード評価	HC冷媒(プロパン)	実寸大でハザード評価

●基本計画最終目標に基づく各テーマの最終目標

研究開発項目	対象技術等	テーマ	最終目標	
① 要素技術開発	1) 冷媒開発	低GWP冷媒開発	高効率かつ低温室効果の冷媒の開発	中小型空調機器の省エネ化・高効率化実現のために必要となる基盤要素技術を確立する。
	2) 機器開発	低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンを開発	低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンの開発	事業者最終目標の低GWP冷媒を使用したルームエアコンの要素技術確立
		HC冷媒(プロパン)をルームエアコンに適用	自然冷媒を適用したルームエアコンの研究	HC冷媒を用いたルームエアコンで従来冷媒と同等性能且つ安全性を確保出来る冷媒充填量以下
		CO2を適用し、現行のR32冷媒と同等のAPFを達成	高効率エジェクタを使用したCO2冷媒空調システムの開発	冷房条件にてCO2冷媒でR32同等のCOPを達成する。(COP+31%)
② 性能・安全性評価	1) 安全性評価	冷媒の物性・性能評価	中小型空調機器に適合する新規低GWP冷媒の物性評価及び基本サイクル性能評価	<ul style="list-style-type: none"> ・中小型空調機器に適した低 GWP混合冷媒の提案 ・低GWP混合冷媒を用いた熱物性, 伝熱特性およびサイクルに関する基礎技術の構築 ・新冷媒の物性情報の成果を国際標準化ツールであるNIST REFPROP で情報公開
		火災・爆発発生危険性及び火災爆発事故発生時の物理的危険度	事故シナリオに立脚した低GWP冷媒の燃焼性評価とリスクアセスメント	中小型空調機器冷媒への低GWP冷媒適用の可能性を検討するために、実際の使用条件を想定した事故シナリオを抽出し、火災・爆発発生危険性及び発生時の物理的危険度(フィジカルハザード)を実験的に評価する。
	2) 性能評価	実寸大フィジカルハザード評価	自然冷媒を用いた中小型家庭用室内空調機の実寸大フィジカルハザード評価	中小型家庭用室内空調機に自然冷媒が使用された場合を想定して、実寸大のフィジカルハザード評価を行う。
		低GWP冷媒の性能及び安全性評価	低GWP冷媒を用いた空調機器の性能及び安全性評価	低GWP冷媒を安全に使用するために評価すべき事柄について、共通基盤的な情報を提供し、低GWP・微燃性冷媒の実用化を促進する。 15/47

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」
 Ⅱ. 研究開発マネジメント
 ◆研究開発実施体制

公開



「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

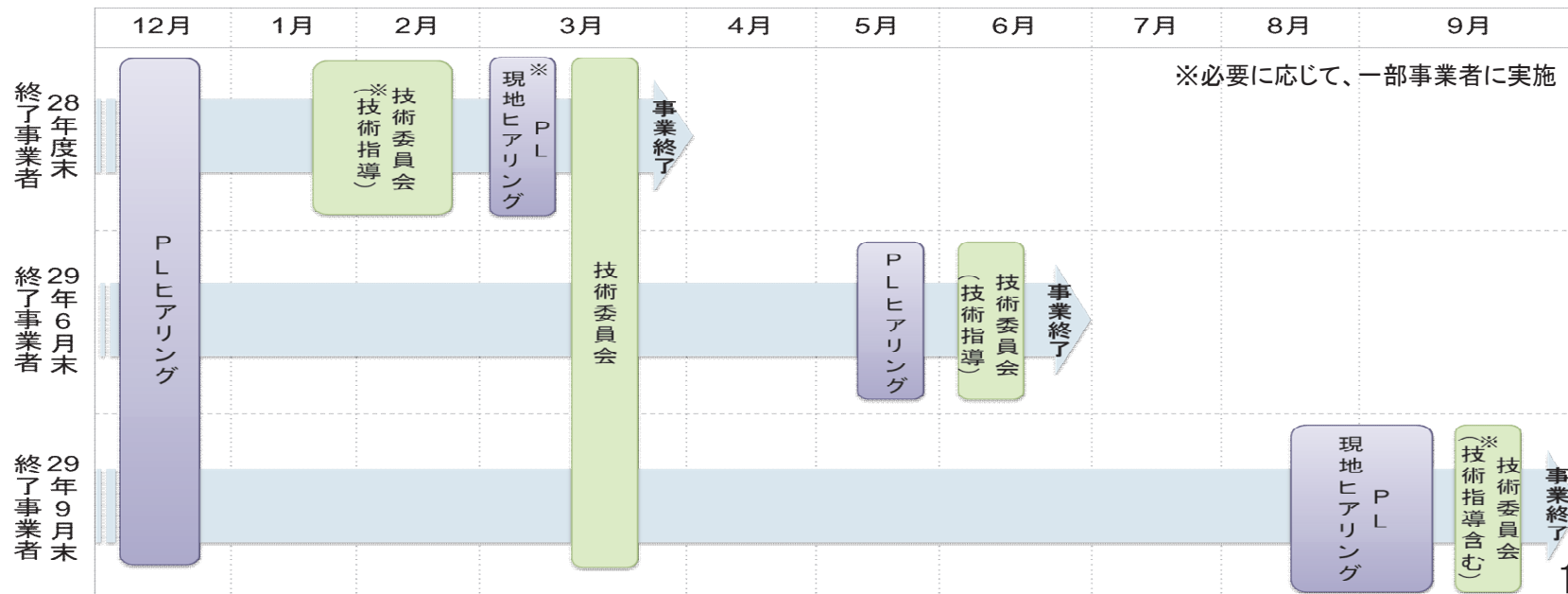
Ⅱ. 研究開発マネジメント

公開

◆運営管理

●研究開発計画・予算の最適化

- (1) 月例報告(委託先/助成先より研究進捗報告書(月報)を提出)
・NEDO及びプロジェクトリーダー(PL)による確認・把握
- (1)(2)による
研究進捗
管理 → (2) NEDO及びPLによる委託先/助成先のヒアリング
- (3) NEDOにおける次年度繰越案の策定(計画修正・予算配分)
- (4) 技術委員会による評価 (年度末及び事業終了前)



「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

Ⅱ．研究開発マネジメント

公開

◆実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

- 運営管理に従った、計画・予算の絞り込みにより、実用化・事業化の可能性の高い技術開発に資源を集中。
- 技術委員会等において各事業者は実用化・事業化の見通しについて発表、それに対してプロジェクトリーダー、技術委員（外部有識者）が意見を述べるとともに助言を行い、各テーマの研究開発内容にフィードバックさせる。
- 研究開発項目①（助成事業）は原則として競争的雰囲気を実施する。したがって、成果報告等は各事業者個別に呼び込み方式で実施する。
- 研究開発項目②（委託事業）は公共性が高いことから、産業界を加えた研究会を通じて成果を共有する。

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

Ⅱ．研究開発マネジメント

公開

◆実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

●知的財産に関して

- ・研究開発項目①(助成事業)については、各事業者毎の企業戦略(積極的な出願、ノウハウ秘匿のための出願抑制等)に沿った知的財産管理を推奨している。(出願件数については後述)
- ・研究開発計画②(委託事業)については、主として公共的な知的基盤の整備を目的とするため、原則として成果は積極的に公表する方針としている。(ただし、知的財産取得を妨げるものではない。)

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

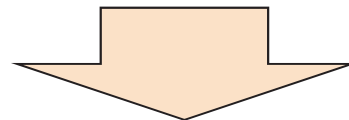
Ⅱ. 研究開発マネジメント

◆実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

公開

●標準化戦略・標準化活動等

- ・開発したHFO-1123+HFC-32系混合冷媒の状態方程式がREFPROP※1の次期バージョン(Version 10.0)に収録
- ・ASHRAE※2 Standard 34にて、HFO-1123の審議中



低GWP冷媒実用化促進に資する標準・規格等に寄与

※1 REFPROP:アメリカ国立標準技術研究所(NIST)が作成する、冷媒熱物性データベースソフトウェア

※2 ASHRAE:アメリカ暖房冷凍空調学会。空気調和システムに関連する工業規格を策定しており、Standard 34は冷媒の分類にかかるもの。

Ⅱ. 研究開発マネジメント

◆情勢変化への対応

公開

国内外の規制動向と連携しつつ、研究開発を実施した。

●国内の規制動向

- ・高圧ガス保安法・・・微燃性冷媒の取り扱いに関する法改正

➡ 実用化に対する戦略的な技術開発

●国外の規制動向

- ・モントリオール議定書キガリ改正・・・HFCのフェーズダウンを図るもの

➡ 段階的な削減目標を視野に入れた、抜本的解決のための技術開発の促進

- ・IEC60335-2-89^{※3}における改正審議・・・HC冷媒充填量拡大に係る審議

➡ 可燃性冷媒に関する国際規格の最新動向の情報入手
実環境を踏まえた適切な安全性評価の促進

※3 IEC60335-2-89: 家庭用および類似の電子機器の安全性にかかる規格のうち、内蔵型または別置型の冷媒ユニットまたは圧縮機を備えた業務用冷凍機器に対する特定の要件を定める国際規格

I. 事業の位置付け・必要性

II. 研究開発マネジメント

III. 研究開発成果

IV. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

Ⅲ. 研究開発成果

◆各テーマの目標達成度(事業者による自己評価)

公開

研究開発項目	対象技術等	テーマ	最終目標	成果	自己評価
①要素技術開発	低GWP冷媒開発	高効率かつ低温室効果の冷媒の開発	中小型空調機器の省エネ化・高効率化実現のために必要となる基盤要素技術を確立する。	中小型空調機器で使用されている既存冷媒のGWPの大幅な低減と冷媒性能を両立することを目的に、HFO-1123/HFC-32/HFO-1234yf混合冷媒を対象に検討を行い、基盤要素技術を確立するとともに、最適な冷媒組成物の選定を行った。	○
	低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンの開発	低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンの開発	事業者最終目標の低GWP冷媒を使用したルームエアコンの要素技術確立	主成分の一つと考えるHFO冷媒を用いて、事業者最終目標の低GWP化が実現できる可能性を確認。	○
	HC冷媒(プロパン)をルームエアコンに適用	自然冷媒を適用したルームエアコンの研究	HC冷媒を用いたルームエアコンで従来冷媒と同等性能且つ安全性を確保出来る冷媒充填量以下	圧縮機の高性能化、細径マイクロチャンネルにより性能確保により目標値達成。漏洩試験により目標冷媒量の安全妥当性も確認。	○
	CO2を適用し、現行のR32冷媒と同等のAPFを達成	高効率エジェクタを使用したCO2冷媒空調システムの開発	冷房条件にてCO2冷媒でR32同等のCOPを達成する。(COP+31%)	試作エジェクタ及びインジェクションを採用した試作機において冷房定格条件でCOP+31%の見込みを得た。 冷房中間条件においては定格条件の結果を加味したシミュレーションによりCOP+31%の達成見込みを得た。	○

◎:計画以上、○:計画通り(目標達成)、△:ほぼ計画通り(一部未達)、×:目標未達

Ⅲ. 研究開発成果

◆各テーマの目標達成度(事業者による自己評価)

公開

研究開発項目	対象技術等	テーマ	最終目標	成果	自己評価
②性能・安全性評価	冷媒の物性・性能評価	中小型空調機器に適合する新規低GWP冷媒の物性評価及び基本サイクル性能評価	<ul style="list-style-type: none"> ・中小型空調機器に適した低 GWP混合冷媒の提案 ・低GWP混合冷媒を用いた熱物性, 伝熱特性およびサイクルに関する基礎技術の構築 ・新冷媒の物性情報の成果を国際標準化ツールであるNIST REFPROP で情報公開 	<p>HFO-1123+HFC-32 混合冷媒が、熱物性評価、伝熱性能評価、サイクル実験によるヒートポンプサイクル性能評価から、次世代冷媒として使用できることを実証した。</p> <p>低GWP冷媒HFO-1123および低GWP混合冷媒HFO-1123+HFC-32の熱力学性質を算出するための状態方程式を、世界で初めて作成し、NIST のREFPROP Ver. 10 を利用して、世界中で計算が可能になるようにした。</p>	○
	火災・爆発発生危険性及び火災爆発事故発生時の物理的危害度	事故シナリオに立脚した低GWP冷媒の燃焼性評価とリスクアセスメント	中小型空調機器冷媒への低GWP冷媒適用の可能性を検討するために、実際の使用条件を想定した事故シナリオを抽出し、火災・爆発発生危険性及び発生時の物理的危害度(フィジカルハザード)を実験的に評価する。	<p>産官学連携の下で事故シナリオ及び着火源を抽出した。これに基づき実験を行い、</p> <ol style="list-style-type: none"> ①プロパン噴流の着火判定手法を構築した。 ②漏洩滞留空間底部の排水口が漏洩冷媒の滞留防止及び可燃性混合気形成抑制に及ぼす効果はあまりないことを示した。 ③燃焼威力を定量的に評価できるようピーク過圧・KG値・温度データを整備した。 <p>以上により、プロパンを中小型空調機器に適用する際の着火可能性及びフィジカルハザードを定量的に評価できた。</p>	○

◎:計画以上、○:計画通り(目標達成)、△:ほぼ計画通り(一部未達)、×:目標未達

Ⅲ. 研究開発成果

◆各テーマの目標達成度(事業者による自己評価)

公開

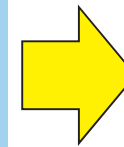
研究開発項目	対象技術等	テーマ	最終目標	成果	自己評価
②性能・安全性評価	実寸大フィジカルハザード評価	自然冷媒を用いた中小型家庭用室内空調機の実寸大フィジカルハザード評価	中小型家庭用室内空調機に自然冷媒が使用された場合を想定して、実寸大のフィジカルハザード評価を行う	IEC60335-2-40の最大許容充填量を守った場合の漏洩拡散挙動と燃焼爆発影響評価を行った。 許容充填量を守っている限り4分間全量放出の条件でも放出終了後には可燃濃度域がないことを確認した。	○
	低GWP冷媒の性能及び安全性評価	低GWP冷媒を用いた空調機器の性能及び安全性評価	低GWP冷媒を安全に使用するために評価すべき事柄について、共通基盤的な情報を提供し、低GWP・微燃性冷媒の実用化を促進する。	モントリオール議定書キガリ改正の規制を見通して、GWPが極めて小さい炭化水素やHFO冷媒のリスク評価を行うのに必要な燃焼特性や固有反応発生可能性について学術的な情報を提供した。 産学官が協力して、新規低GWP冷媒のリスク評価を実施に協力した。	○

◎:計画以上、○:計画通り(目標達成)、△:ほぼ計画通り(一部未達)、×:目標未達

Ⅲ. 研究開発成果

●プロジェクト最終目標:

温室効果ガスの削減ポテンシャルの大きい分野である家庭用空調機器の開発を見据え、機器サイド、冷媒サイド双方から、低温室効果冷媒を適用した中小型空調機器の省エネ化・高効率化実現のために必要となる基盤要素技術開発につなげるための核となる要素技術を確立する。将来、研究開発対象冷媒物質を2種以上、システム実用化研究へとつなげることを目指す。



達成

研究開発項目		最終目標	自己評価
① 高効率かつ 低温室効果 の空調機器 を実現する 要素技術開発 【要素技術 開発】	1) 効率かつ低温室効果の新冷媒の開発【冷媒開発】	既に冷凍空調機器に適用されている主たる冷媒以下のGWPと、同等以上の性能を両立するHFO系冷媒の実現につなげるための核となる要素技術を確立する。	○
	2) 低温室効果冷媒を用いつつ高効率を達成する空調機器及び関連システム等の開発【機器開発】	GWPが既に冷凍空調機器に適用されている冷媒以下である低温室効果冷媒を用いつつ現状市販フロン適用機器と同等以上の性能の実現につなげるための核となる要素技術を確立する。	○
② 低温室効果 冷媒の性能、 安全性評価 【性能、安全 性評価】	1) 冷媒の安全性(リスク)評価【安全性評価】	空調機器性能と省エネ性を両立しうる、現在の空調機器適用冷媒に代わる低温室効果冷媒候補について、システム実用化研究に値する冷媒選定に資する、安全性に係るデータ及び評価結果を得る。 また、有識者と連携し、機器への適用と普及に必要な規格(リスク評価手法、標準化)や標準の新たな提案に向けた、知見を得る。	○
	1) 冷媒の性能評価【性能評価】		

◎: 計画以上、○: 計画通り(目標達成)、△: ほぼ計画通り(一部未達)、×: 目標未達

Ⅲ. 研究開発成果

◆成果の意義

公開

研究開発項目	対象技術等	成果の意義
①要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・低GWP冷媒開発 ・低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンを開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・性能・安全面で従来冷媒と代替する可能性のある新規低GWP冷媒の開発 ・低GWP冷媒適用要素機器の開発 ・CO₂冷媒適用に関する幅広くかつ確度の高い知見の取得
②性能・安全性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒の物性、性能、安全性評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・新冷媒の熱物性計算が世界中で利用することができるようになり、国際標準値としての情報を我が国から発信、提供 ・内外の規格・法規整備への提言のための知見の取得と発信 ・リスク評価の推進に寄与 ・低GWP冷媒実用化のための共通基盤的な情報の提供

Ⅲ. 研究開発成果

◆成果普及について

公開

研究開発項目 区分	成果の発表		計
	①要素技術開発 (4テーマ)	②性能・安全性評価 (4テーマ)	
論文 (査読付き)	0	12	12
論文 (その他)	0	18	18
その他外部発表 (プレス発表等)	0	0	0
計	0	30	30

●公共的な知的基盤整備を目的とする研究開発項目②(委託事業)においては、論文投稿、講演発表等を多く実施。

Ⅲ. 研究開発成果

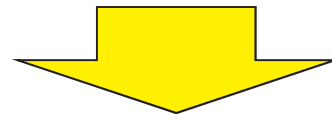
◆成果普及について

公開

国際会議等における本プロジェクト成果の発信実績

- ・JRAIA International Symposium 2016, 3-3, Kobe, Japan
DIESEL COMBUSTION OF OIL AND REFRIGERANT MIXTURE DURING PUMP DOWN OF AIR CONDITIONERS
- ・12th IEA Heat Pump Conference, Rotterdam, Netherlands
Compressor Explosion Accident at Pump-Down of Air Conditioners
- ・JRAIA International Symposium 2016, 3-3, Kobe, Japan
Safety research and risk assessment of lowerflammable refrigerants in JAPAN
- ・JRAIA's Side Event at OEWG39, Bangkok, Thailand
Safety Research of A2L / A3 Refrigerants and Risk Assessment in Japan
- ・Proc. 21th European Conference on Thermophysical Properties, FPF-O43, Graz, Austria, Sep. 2017.
Speed of Sound and Dielectric Constant Measurements for Low-GWP Refrigerants in the Gas Phase

等



国内外へ本プロジェクト成果を積極的に発信

Ⅲ. 研究開発成果

◆知的財産権の状況

公開

研究開発項目 区分	特許出願		計
	①要素技術開発 (4テーマ)	②性能・安全性評価 (4テーマ)	
国内	6	0	6
外国	0	0	0
PCT※出願	3	0	3
計	9	0	9

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

- 製品開発を目的とする研究開発項目①(助成事業)においては、各事業者毎の企業戦略に沿った特許出願を実施。

I. 事業の位置付け・必要性

II. 研究開発マネジメント

III. 研究開発成果

IV. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」
IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

公開

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

研究開発項目	対象技術等	実用化・事業化の考え方
①要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・低GWP冷媒開発 ・低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンを開発 	<p>低GWP冷媒を使用した中小型空調機器の要素技術を開発し、その技術に基づく製品の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。</p>
②性能・安全性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒の物性、性能、安全性評価 	<p>冷媒の性能、安全性評価に係る公共的な知的基盤が整備され、社会的利用に供されることを言う。</p>

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」 IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

公開

◆成果の実用化・事業化の見通し

研究開発項目	対象技術等	成果の実用化・事業化見通し
①要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・低GWP冷媒開発 ・低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンを開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・空調機器を適用した低GWP冷媒の事業化は、国際合意(キガリ合意)で要求される2020年代前半を予定する。 ・技術的課題の解決に取り組み、HFC規制に関する各地域や国ごとの対応策動向を注視しつつ、低GWP冷媒を使用したルームエアコンのタイムリーな実用化を検討していく予定 ・HC冷媒を適用したRACは、分配器の開発、暖房時の冷媒量削減等の技術開発、リスクアセスメントの精緻化、法規・施工面等の課題をクリアした後の実用化を目指す。 ・CO2冷媒空調システムは、暖房時のCOP向上、可変機構の開発を経て、ヒートポンプ給湯器と冷凍サイクルを共用した住設機器として2020年代前半に量産化を目標とする。
②性能・安全性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒の物性、性能、安全性評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・本研究開発で得られた熱力学的・輸送的性質や伝熱特性は、空調機器開発の基盤を提供するものであり、これらの基盤技術は、今後、民間企業が、HFO-1123などを含む混合冷媒を用いるシステム開発を行う上で、極めて有益な情報を提供するものである。 ・安全性評価に関する成果は、強燃性の炭化水素のリスク評価、ならびに炭化水素を含む低GWP冷媒の実用化に大きく貢献する。

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

◆波及効果

公開

研究開発項目	対象技術等	技術的波及効果	対象技術分野の国内市場規模※1	対象技術分野国内冷媒排出量推計※2	社会的波及効果
①要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・低GWP冷媒開発 ・低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンを開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・中小型空調機器以外に広く(大型空調機器、冷凍・冷蔵機器等)応用 ・低GWP冷媒機器の多様化 	ルームエアコン <ul style="list-style-type: none"> ・国内: 約 830万台/年 ・海外: 約 8,000万台/年 	ルームエアコン: <ul style="list-style-type: none"> ・約 900万t-CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> ・キガリ改正によるHFC削減に大きく貢献 ・世界に先駆けた低GWP技術開発による我が国産業の競争力強化
②性能・安全性評価	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒の物性、性能、安全性評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・新冷媒の開発、実用化の指標 ・安全対策の立案、基準作り ・可燃性冷媒を安全に使用するための機器の構造設計 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒転換にかかる法規制・各種基準等の規制緩和 ・世界標準化のリーダーシップ ・現行規制値の妥当性確認

※1: 2016年のルームエアコン見込台数(冷凍空調機器の中期需要予測報告書、日冷工2017)よりNEDO環境部作成(2017)

※2: 産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会第1回冷媒対策WG資料(2010/6)「2020年の機種別・排出形態別排出量BAU推計」より

Ⅲ. 研究開発成果

Ⅳ. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

実施例の紹介

Ⅲ. 研究開発成果

Ⅳ. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

①要素技術開発における実施例の紹介

助成先：旭硝子(株)、パナソニック(株)、三菱電機(株)、(株)デンソー

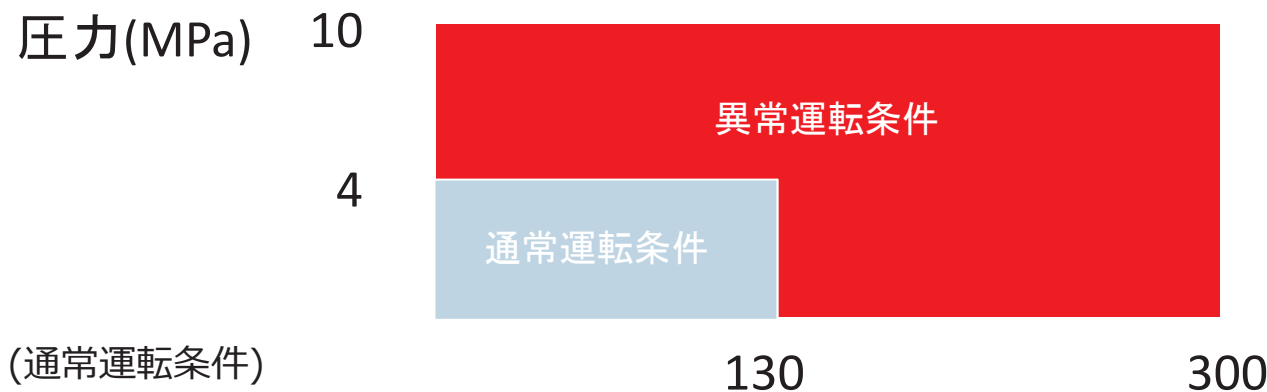
公開

旭硝子(株) 高効率かつ低温室効果の冷媒の開発

固有安全性評価

・安全性評価の考え方

「温度」「圧力」「着火エネルギー」により、不均化反応発生有無が決まるため、機械操作範囲内の温度圧力条件(通常運転条件)と範囲外の温度圧力条件(異常運転条件)に区分けし、それぞれの条件で発生する着火源について検討し、固有安全性についてのリスク評価を行う



(異常運転条件)
高温高圧に到達する故障モードを実験的に再現し確認した。
最大温度300°C、圧力10MPa

(通常運転条件)

R32のEnvelope線図から*)1、
HFO-1123/HFC-32/HFO-1234yf組成物の
機械操作範囲を算定した。

最大温度130°C、最大圧力4MPa

*1 : 2016 Purdue Conferences, "Interim and Long-Term Low-GWP Refrigerant Solutions For Air Conditioning" Emerson Climate Technologies, Inc

パナソニック(株)

低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンの開発

公開

【目標】

低GWP冷媒を使用した高効率ルームエアコンの開発

— 本事業期間の目標 —

- ・当社最終目標の低GWP化実現に向けて、
主成分の一つと考えるHFO冷媒の課題を把握し、その課題解決策を検証

[対象] 家庭用ルームエアコン

[対象冷媒] HFOおよびHFCを主成分とする冷媒

研究開発成果

1 HFO冷媒の課題把握

特定条件で発現するHFO冷媒の安定性低下課題を再現実験や可視化実験により深掘りし、課題となる事象を解明した。また、この取組みから、本冷媒の課題を招く事象を精度よく再現する実験手法を構築した。

2 HFO冷媒の課題解決策検証

解明した事象を軽減できる技術的着眼点を当社独自のアプローチから見出し、課題解決策を立案した。この有効性をスケールの影響も含めて検証した。

三菱電機株

自然冷媒を適用したルームエアコンの研究

公開

【目的】

- ・低GWP冷媒であるHC冷媒の安全性確保のため省冷媒化(冷媒充填量320g以下)

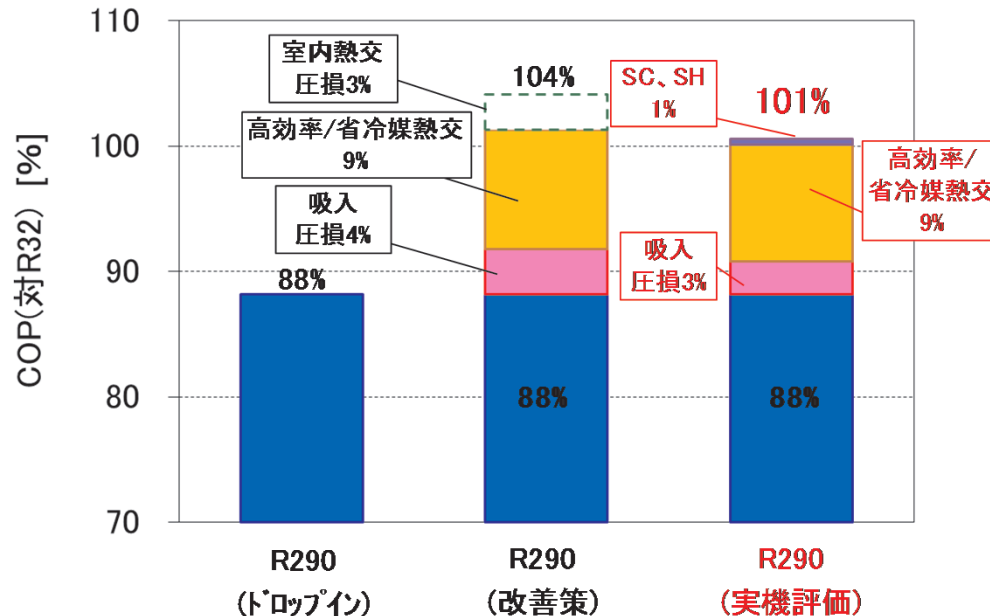
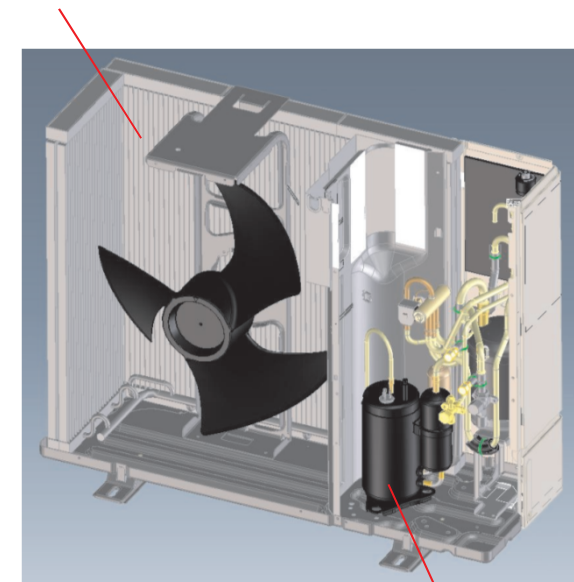
①高効率/省冷媒熱交換器

【達成手段】

- ①高効率且つ省冷媒熱交換器の開発
- ②圧縮機HC冷媒対応適正化(モータ/圧縮要素適正化)

ルームエアコンR290性能評価結果

- ・吸入圧損低減、熱交換器搭載により、COP101%確認
- 目標COP100%達成



②圧縮機HC冷媒対応適正化(モータ/圧縮要素適正化)

公開

(株)デンソー 高効率エジェクタを使用したCO2冷媒空調システムの開発

高効率エジェクタの開発(エジェクタ効率50%の実現)

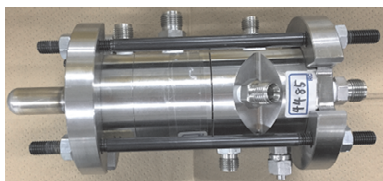
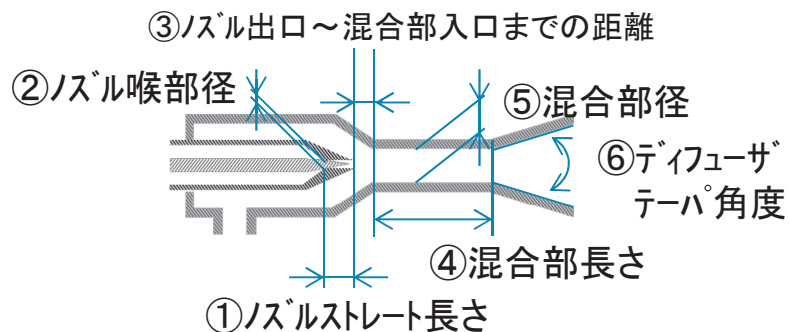
■冷房条件にてエジェクタ効率50%の実現
 目標値:エジェクタ効率50%(冷房定格・中間条件)

研究内容

■冷房条件における効率の向上

- シミュレーションの改良
 - ・既存シミュレーションツールにCO2を適用し、ノズル以降の仕様を決める
- 実機による効率改善効果確認
 - ・ノズル周り寸法を最適化する

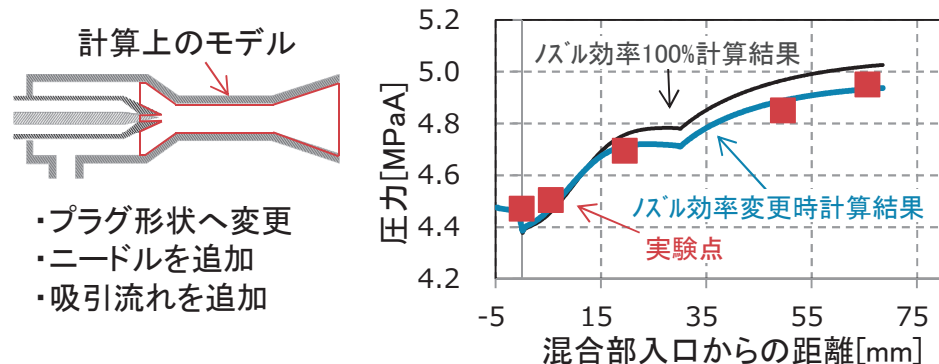
<エジェクタ主要パラメータ>



昇圧過程の計測も可能な分解型を作製した

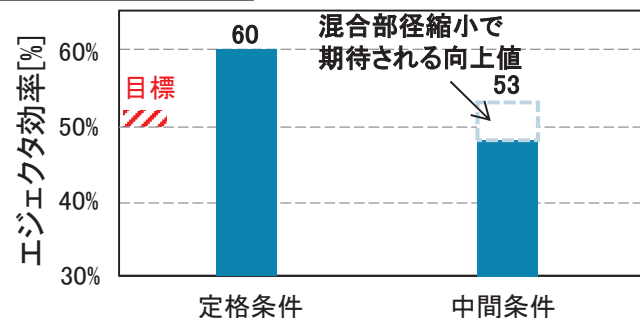
研究結果

■シミュレーションの改良



ノズル後の昇圧過程をシミュレートできた

■実機評価結果



Ⅲ. 研究開発成果

Ⅳ. 成果の実用化・事業化に向けた
取組及び見通し

②性能・安全性評価における実施例の紹介

委託先:九州大学、東京理科大学、
産業技術総合研究所、東京大学

九州大学

中小型空調機器に適合する新規低GWP冷媒の物性評価
及び基本サイクル性能評価

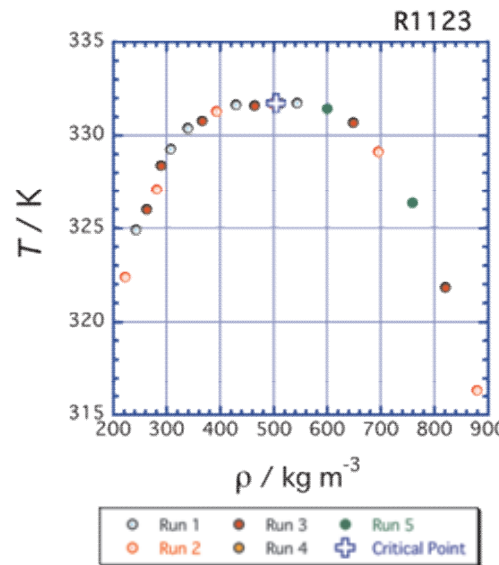
公開

◆ HFO-1123 およびHFO-1123+HFC-32 系混合冷媒の熱物性評価

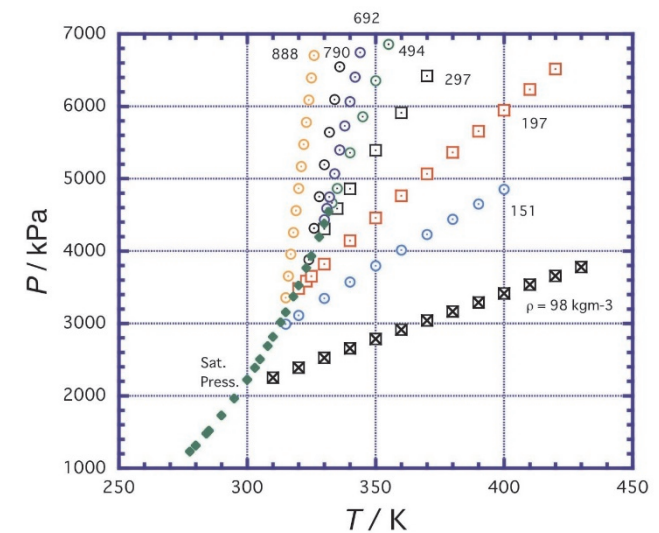
- 1) 熱力学性質および輸送性質の高精度測定を実施
臨界定数、飽和蒸気圧、飽和密度、PvT性質、音速、熱伝導率など
- 2) 熱物性情報から、Helmholtz型高精度状態方程式を作成
NISTの REFPROP Ver.10※ を利用して、世界中で計算が可能となった。



PvTx測定装置と臨界点測定装置



HFO1123飽和密度



HFO1123飽和蒸気圧
およびPVT性質

※REFPROP:アメリカ国立標準技術研究所(NIST)が作成する、冷媒熱物性データベースソフトウェア

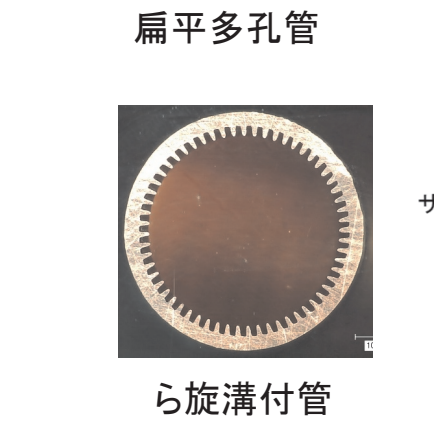
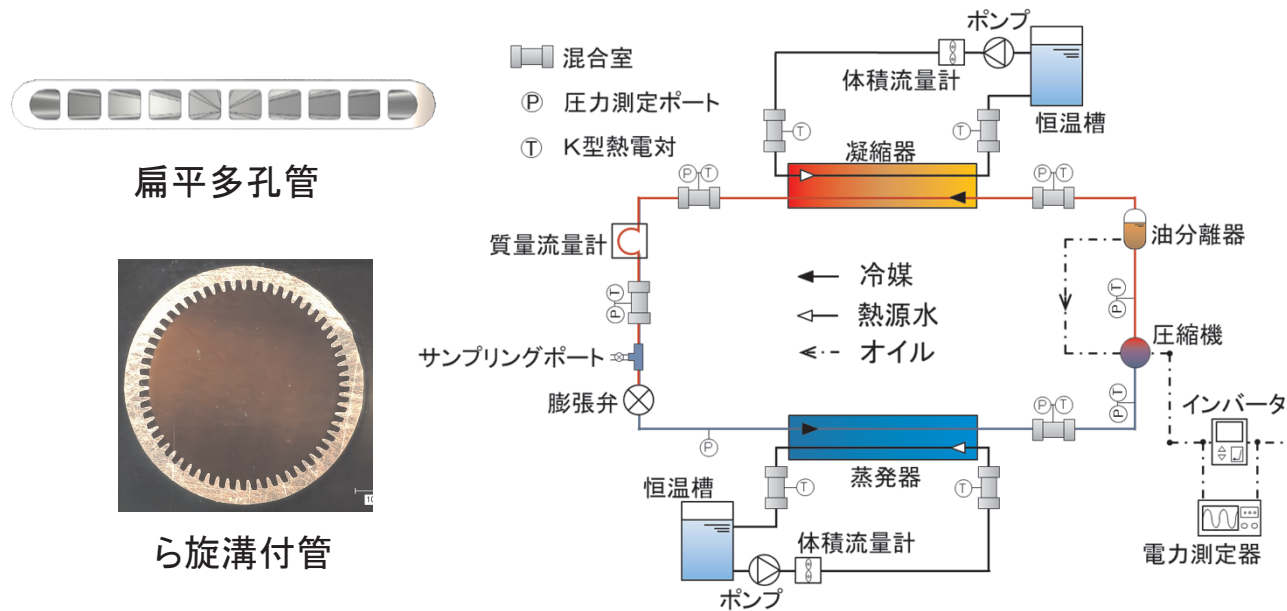
九州大学

中小型空調機器に適合する新規低GWP冷媒の物性評価 及び基本サイクル性能評価

公開

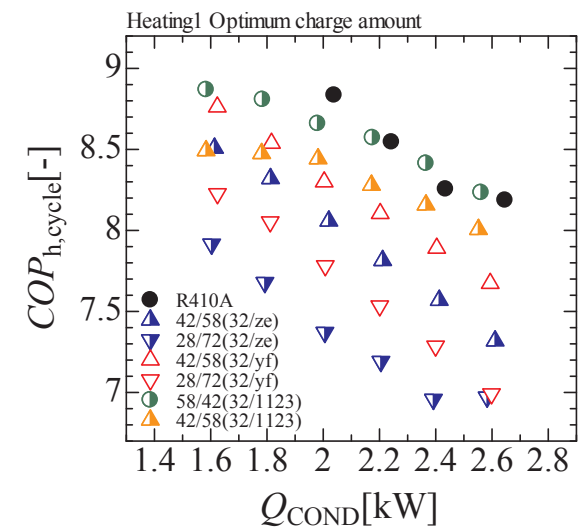
◆ HFO-1123+HFC-32 系混合冷媒の伝熱特性、システム性能評価

- 1) プレート式熱交換器内、扁平多孔管内、ら旋溝付円管内の伝熱特性評価を実施
- 2) 水熱源ヒートポンプ試験装置にて混合冷媒の暖房・冷房性能評価を実施
 HFO-1123+HFC-32系混合冷媒(42/58 mass%, GWP=393)の測定結果から、
 R-410Aと同等の性能を示すことが判明した。



評価用試験熱交換器

ヒートポンプサイクル試験装置



暖房性能試験結果

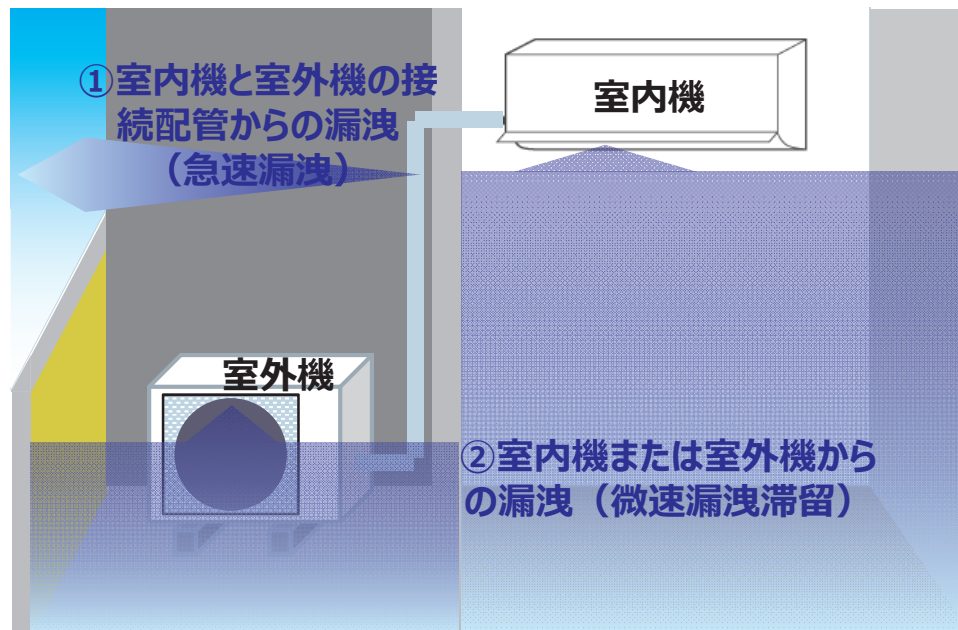
東京理科大学

事故シナリオに立脚した低GWP冷媒の燃焼性評価と リスクアセスメント

公開

◆ 中小型空調機器に低GWP冷媒(プロパン)を適用する際に発生しうる事故シナリオの抽出

- ・次世代冷媒リスク評価研究会に参加し、産官学が連携して事故シナリオを抽出
 - ①室内機と室外機の接続配管等からの噴出漏洩(急速漏洩)
 - ②室外機および室内機からの漏洩滞留(微速漏洩滞留)



【評価項目】

- ①急速漏洩では、自由空間でプロパンを噴出させ、濃度分布を計測するとともに、プロパン噴流に着火源を接触させる。
- ②微速漏洩滞留では、空間に隙間がある場合の滞留防止効果の明確化及び万一着火した場合のフィジカルハザードを評価する。

◆ 室外機からの漏洩冷媒着火時の火炎影響に関するフィジカルハザード評価

1) 2畳強の模擬ベランダを製作設置し、作業者が冷媒を急速廃棄した場合の濃度分布の時間履歴を計測。

⇒ 無風条件のためベランダ上部に大きな開口があるにもかかわらず、**床面付近に可燃域が観測された。**

排水溝など床面の解放口の効果は十分ではなく、意図的な放出廃棄の際にはプロパンが滞留しない配慮が必要である。

2) 上記の漏洩条件で、漏洩中や漏洩後の可燃性混合気が着火した場合の燃焼爆発影響評価を行った。

⇒ 開口が大きく爆風の影響は小さかったが、輻射の影響が大きく、**ベランダの壁面位置では、II度*の熱傷が生じる程度だった。**



高速度カメラで撮影した模擬ベランダの火炎
(漏洩開始後13分で点火)

* 皮膚のどの層まで損傷が及んでいるかで表される熱傷の深さ。II度は治癒に数日～数週間要する。

東京大学

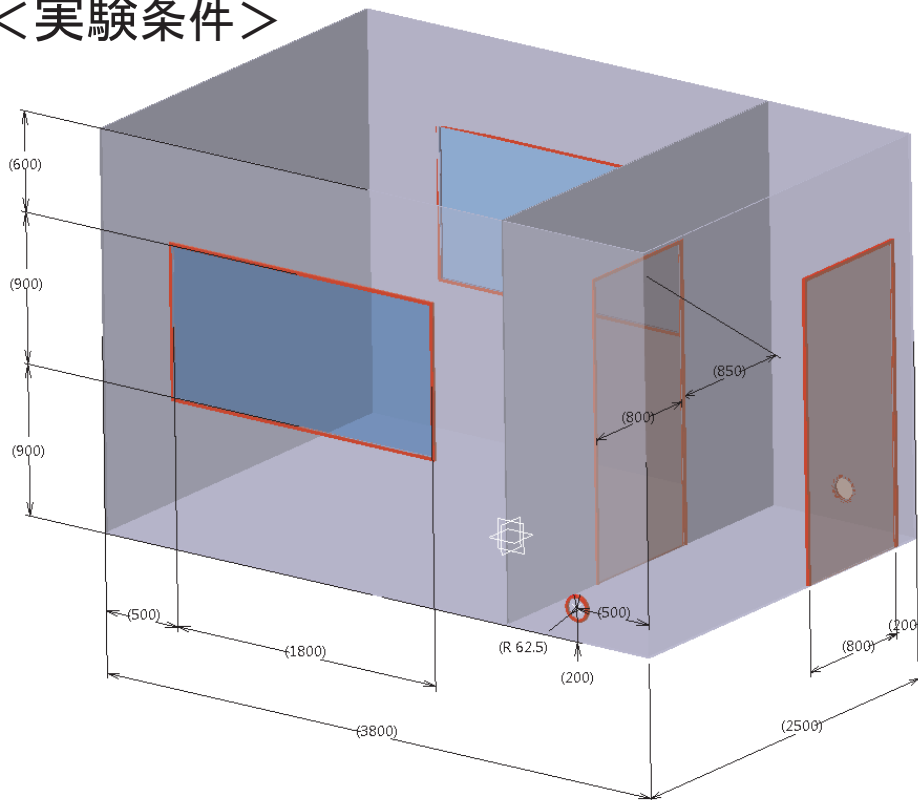
低GWP冷媒を用いた空調機器の性能及び安全性評価

公開

◆ 冷媒漏えい時の濃度分布のシミュレーション解析

- ・HFO冷媒、その混合冷媒、炭化水素などの自然冷媒が室内に漏洩したときの濃度分布のシミュレーション解析を実施。
- ・解析結果は漏洩実験を行い妥当性を検証した。

<実験条件>



番号	冷媒	冷媒量, g	流量, g/min	時間, min
1	R32	1000	250	4
2	R1234yf	1400	350	4
3	R32	1000	125	8
4	R1234yf	1400	175	8
5	R32	1000	1000	1
6	R1234yf	1400	1400	1
7	R290	500	125	4
8	R290	200	50	4

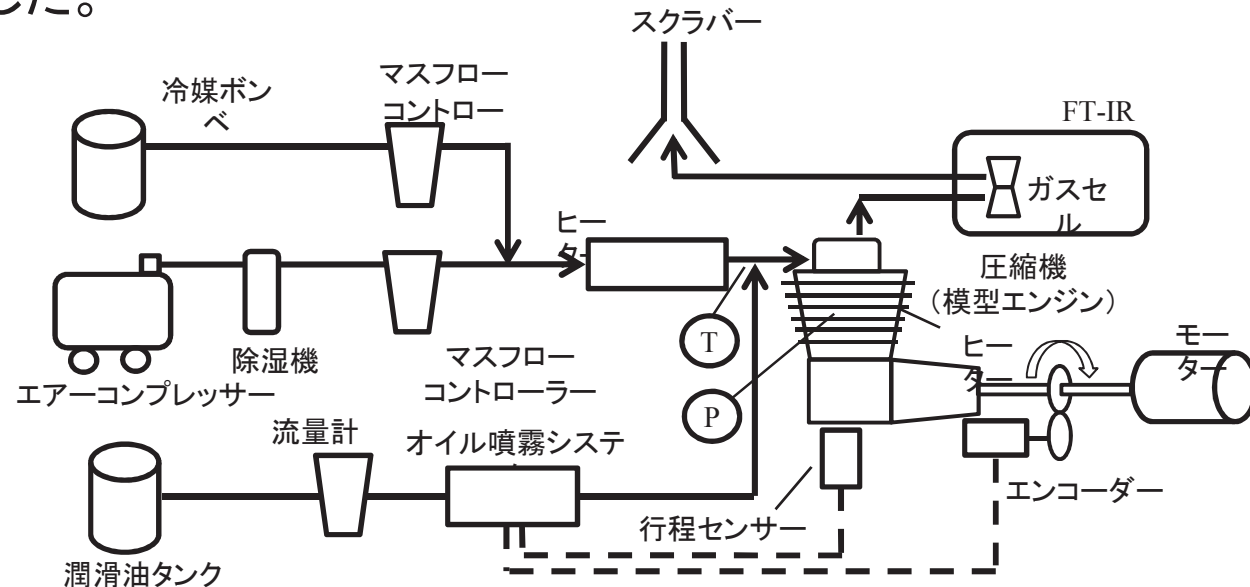
東京大学

低GWP冷媒を用いた空調機器の性能及び安全性評価

公開

◆ エアコンポンプダウン運転時のディーゼル爆発

- ・エアコンのポンプダウン運転時に弁の誤操作などにより冷凍サイクル内に空気が混入すると、圧縮機内で冷媒、空気、潤滑油の混合ガスが自己着火燃焼を起こし、ディーゼル爆発を起こすことがある。
- ・低温室効果冷媒の種類や潤滑油の種類を変えて、ディーゼル爆発の発生条件を実験により明らかとした。
- ・ディーゼル爆発のメカニズムは、先ず潤滑油が着火し、冷媒ガスへと火炎が伝搬することを解明した。



ポンプダウンによるディーゼル爆発実験装置