

**「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」
（終了時評価）2018年度～2022年度 5年間
プロジェクトの概要（公開版）**

2024年1月17日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
環境部

省エネ化・低温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

環境部 森 智和（主任研究員）

関連する技術戦略：

地球環境対策(フロン)分野の技術戦略

プロジェクト類型：標準的研究開発



プロジェクトの概要

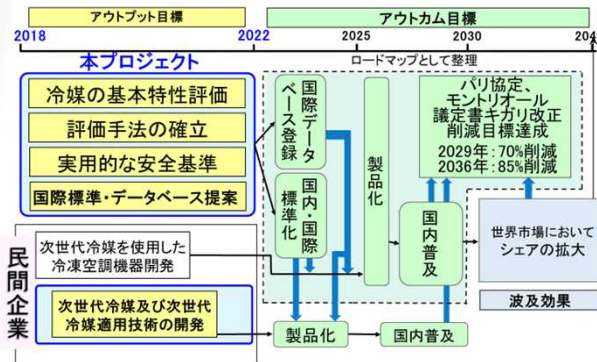
近年、HFC冷媒等の段階的削減義務を定めたモントリオール議定書の改正をうけ、次世代の低温温室効果冷媒（次世代冷媒）及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の開発が急務となっている。

しかし、いずれの次世代冷媒候補も、HFC冷媒適用時と同等の機器性能を維持するための技術的ハードルが高く、さらに安全性に課題（燃焼性、化学的不安定性等）があることから、これまで実用化されていない。本プロジェクトでは次世代冷媒の実用化に必要な、安全性・リスク評価手法の確立に関する技術開発を実施する。

さらに、次世代冷媒の適用が一部ではなされているものの普及に至っていない領域に対し、迅速な普及を後押しする技術開発を行う。

【研究開発項目】

1. 次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得・評価
2. 次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発
3. 次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発



前プロジェクトとの関係

(2016～2017)「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」
 ・中小型空調機器分野を対象とした機器システム及び冷媒の開発（助成）／冷媒の性能・安全性評価（委託）



空調機器の冷媒開発・機器開発の目途付け完了
 ⇒「安全性評価手法の確立」が、国が支援すべき優先課題
 +「改正オゾン層保護法」⇒機器・冷媒開発の加速

(2018～2022)「省エネ化・低温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」
 ・次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価、次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発（委託）／次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発（助成）

想定する出口イメージ等

<h3>アウトプット目標</h3>	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代冷媒の基本特性データ取得・評価を実施し、安全性・リスク評価手法を確立する。 ・次世代冷媒使用にあたっての実用的な安全基準（業界規格等）策定に資するデータや評価結果を提供する。 ・次世代冷媒の基本特性データや安全性評価手法等について、国際規格・標準（ISO/IEC）等への提案を1件以上、及び国際データベース等への登録申請を1件以上行う。 ・次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発において、現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する技術について、個別テーマごとに目標を定め、これを達成する。
<h3>アウトカム目標</h3>	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代冷媒の基本特性データや安全性評価手法等について、国際規格化・標準化（ISO/IEC）及び国際データベース等への登録を行う。 ・年間消費電力が現行機器より10%省エネを達成する次世代冷媒適用機種を、2026年を目途に製品化し、2029年までに国内普及する。 ・次世代冷媒適用冷凍空調機器が製品化・普及することで、パリ協定における日本のHFC排出削減目標及びモントリオール議定書キガリ改正における日本をはじめとする先進国・途上国でのHFC生産・消費量の削減目標に貢献する。

事業計画

期間：2018～2022年度（5年間）

総事業費(NEDO負担分)：28億円（委託/助成）[助成率：1/2]

<研究開発スケジュール・評価時期・予算規模>

年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023
研究開発項目1 [委託]	次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価					
研究開発項目2 [委託]	次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発					
研究開発項目3 [助成]	次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発					
評価時期			中間評価			事後評価
予算(億円)	2.5	6.53	7.0	6.5	5.49	

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業の位置づけ・意義
 (1)アウトカム（社会実装）達成までの道筋
 (2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

2. 目標及び達成状況（概要）

(1)アウトカム目標と達成見込み
 (2)アウトプット目標と達成状況

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 波及効果
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方及び見込み
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義
- 副次的成果及び波及効果
- 特許出願及び論文発表

3. マネジメント

(1)実施体制
 受益者負担の考え方
 (2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ（再掲）
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

ご参考資料

2. 目標及び達成状況（詳細）

(1)アウトカム目標と達成見込み
 (2)アウトプット目標と達成状況

（塗りつぶしなし）評価対象外

<評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

（※）本事業の位置づけ・意義 ※終了時評価においては対象外

（1）アウトカム（社会実装）達成までの道筋

（2）知的財産・標準化戦略

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム（社会実装）達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 国内外の動向と比較
- 他事業との関係
- アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- 知的財産・標準化戦略
- 知的財産管理

2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

- （塗りつぶしなし）評価対象外

3. マネジメント

(1)実施体制
受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

ご参考資料

2. 目標及び達成状況（詳細）

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

事業の背景・目的・将来像（1）

～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)</small> <small>(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・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	<ul style="list-style-type: none"> ・冷凍空調機器の冷媒 ・洗剤、溶剤等 (95年以降全廃済み) 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷凍空調機器の冷媒 ・洗剤、溶剤等 (2020年全廃予定) 	<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

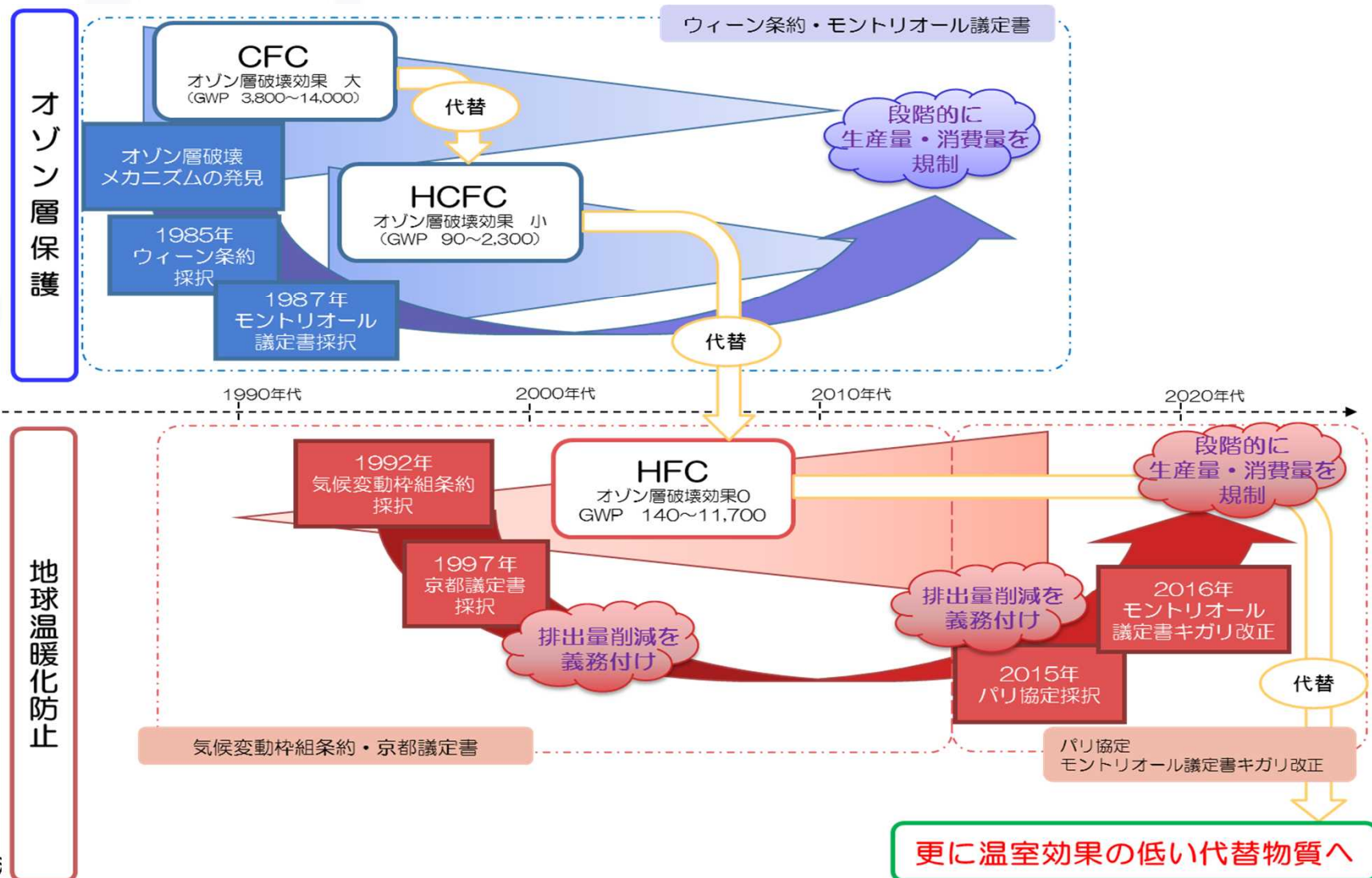
※1 GWP：地球温暖化係数（CO₂の何倍の温室効果を有するか表す値）

※2 主な冷媒種としての値

事業の背景・目的・将来像 (2)

～フロン類を巡る規制と対策の流れ～

- 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。

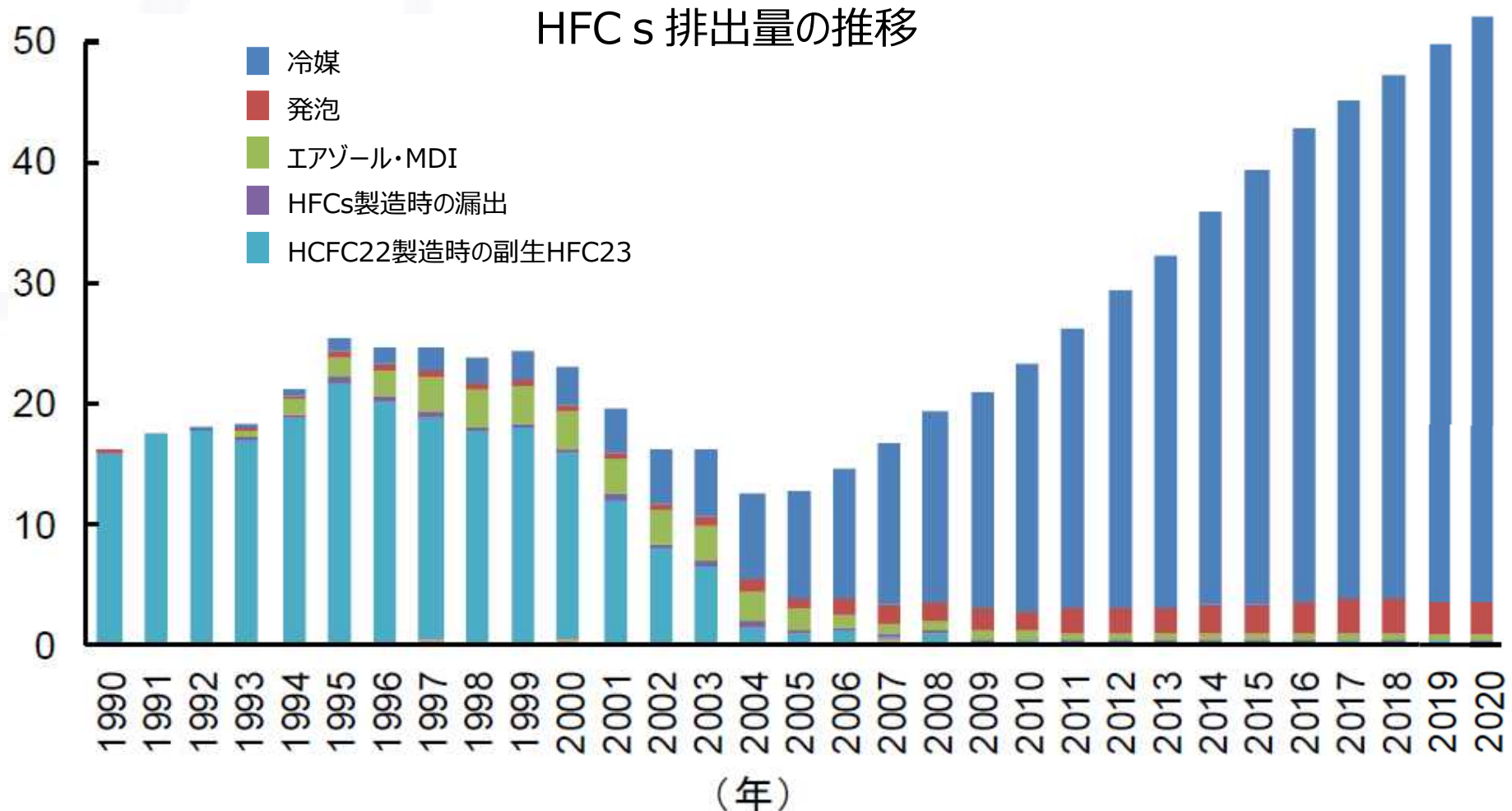




事業の背景・目的・将来像 (3)

～冷凍空調分野におけるHFC（代替フロン）の排出量推移～

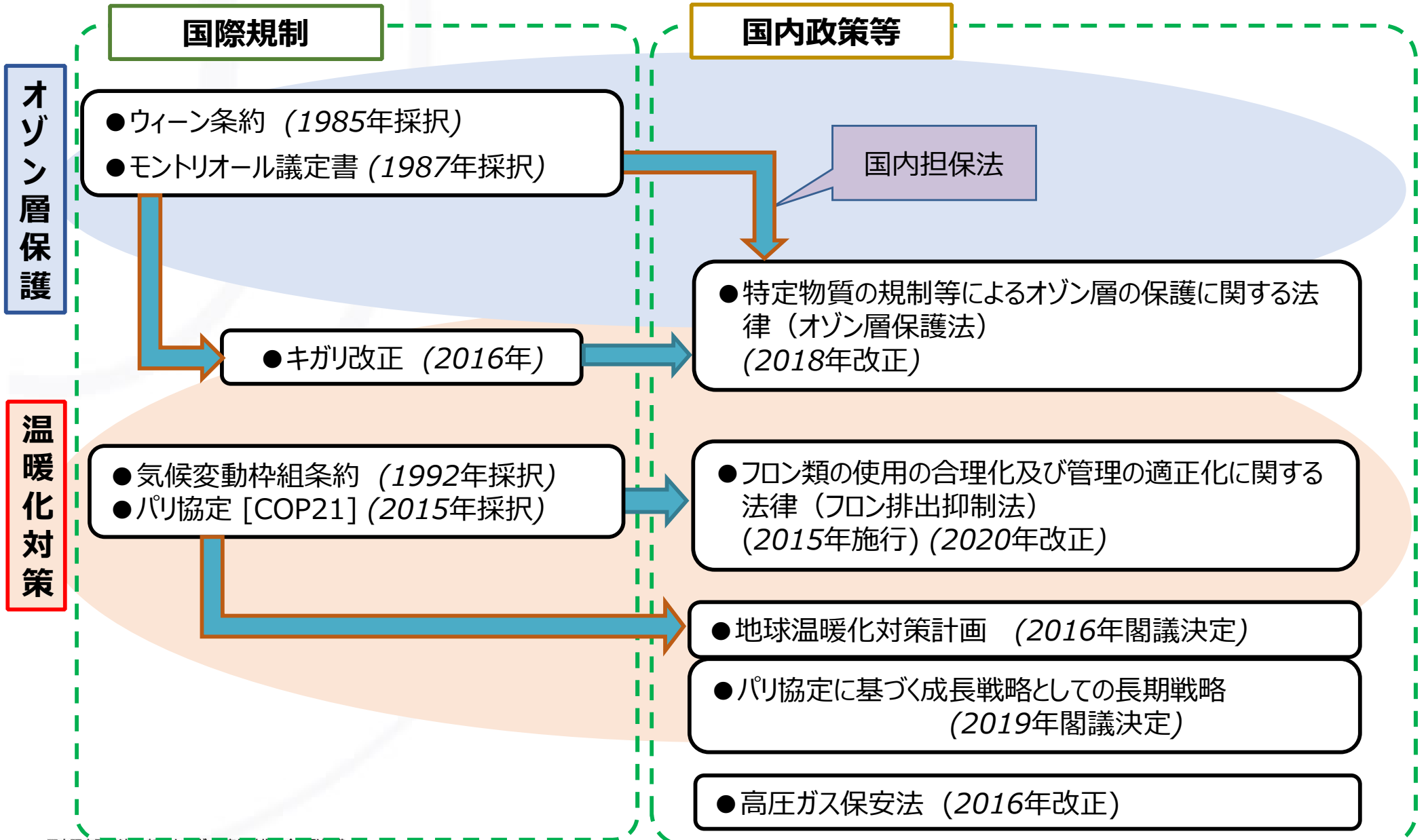
■ HFCの排出源として、冷媒転換に伴ってエアコン等の冷媒が増加しており、2020年度はHFC排出量全体の約92%を占める。



出典：環境省「2018年度（平成30年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について」より（2019.20年は環境省温室効果ガス「ネットゼロ」セミナー（2022年7月）資料を基に追記

政策・施策における位置づけ（1）

～フロン類対策における現在までの国際規制と国内政策等の対応～





政策・施策における位置づけ（２）

～パリ協定と地球温暖化対策計画（2016年5月閣議決定）～

- 「日本の約束草案」に基づき、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度において、2013年度比26.0%減の水準にする。
- 代替フロン等 4 ガスのみでは、2030年において、2013年度比25.1%減。
(総排出量で0.7%減。)

パリ協定における我が国の排出削減目標の内訳

	2013年 (百万t-CO ₂)	2030年 (百万t-CO ₂)	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	134.4	123.5	▲0.8
代替フロン等 4 ガス (HFC、PFC、SF₆、 NF₃)	38.6	28.9	▲0.7
温室効果ガス吸収源 (森林吸収等)	—	(▲37.0)	▲2.6
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場合がある。

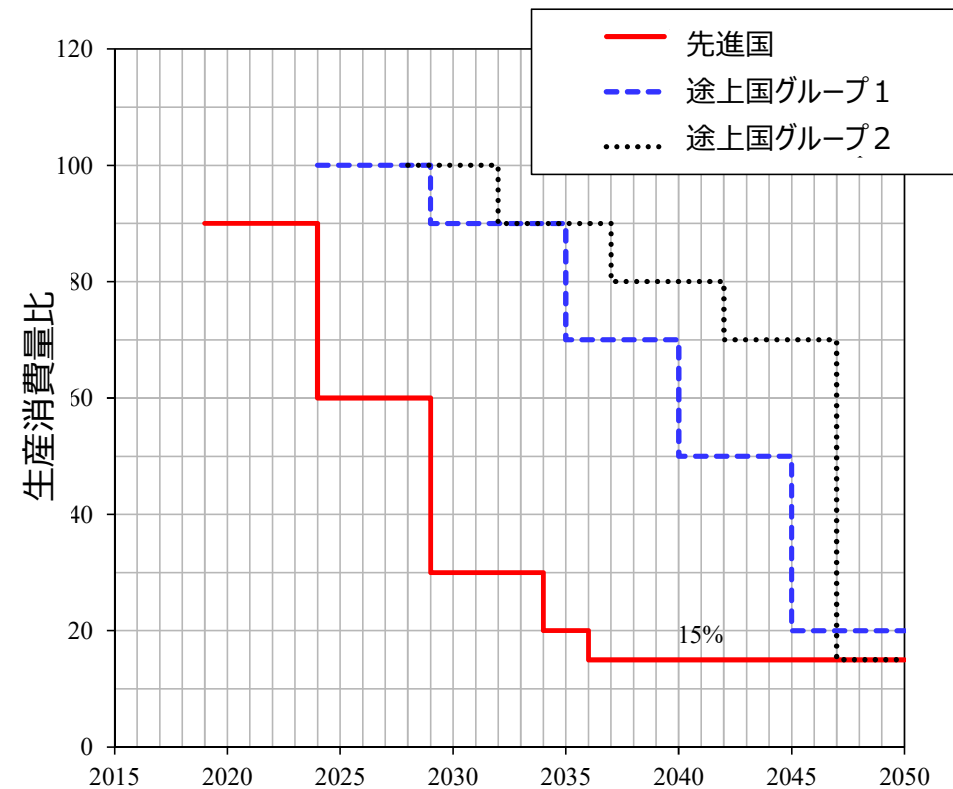


政策・施策における位置づけ（3）

～代替フロン（HFC）の生産・消費量の段階的削減義務～

- 近年では、代替フロン（HFC）の生産・消費量の段階的削減義務等を定めるモントリオール議定書のキガリ改正が2016年に採択、2019年に発効した。
- モントリオール議定書のキガリ改正は、**国全体のHFCの生産量及び消費量を一定の水準以下に抑えることが主な内容。**
- 先進国は、**2036年までにHFCの生産量及び消費量を段階的に85%削減する目標が示された。**
- 先進国グループに属する我が国は2019年から段階的な削減が求められ、特に**2029年以降、基準値比で約70%以上の大幅な削減が求められる。**

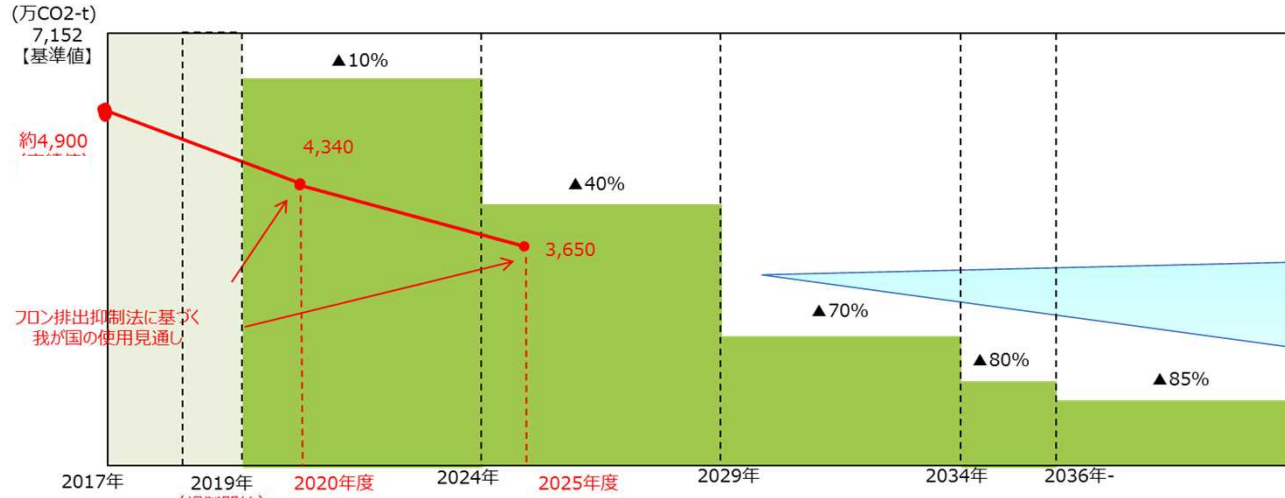
モントリオール議定書キガリ改正によるHFCの削減スケジュール





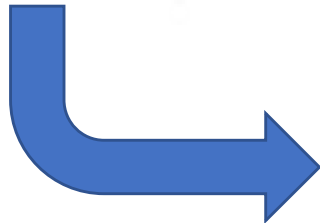
政策・施策における位置づけ（４）

～代替フロン（HFC）の生産・消費量の段階的削減義務～

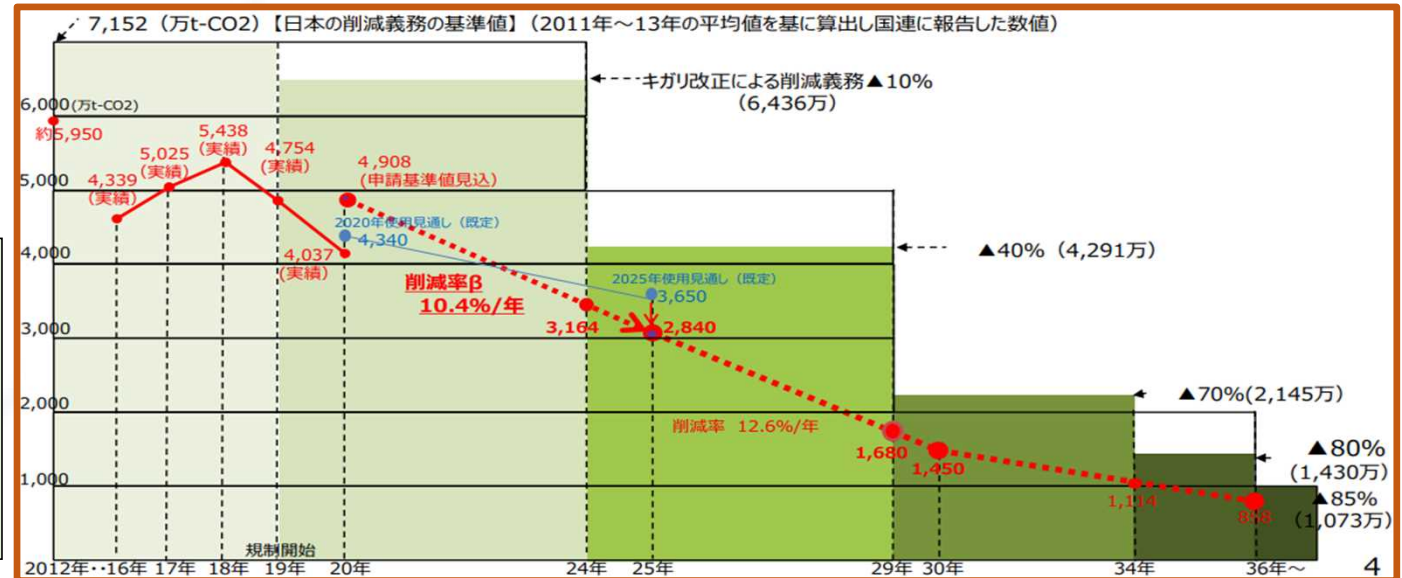


出典：産業構造審議会 製造産業分科会フロン類等対策ワーキンググループ（2019年1月16日）資料よりNEDO作成

フロン排出抑制法に基づく国の「フロン類使用見通し」（2015年策定）では、2020年は4,340万CO₂-t、2025年度は3,650万CO₂-tとなっており、**2029年以降の目標達成には新たな対策が必要。**



キガリ改正に基づく消費量の基準限度を確実に下回る運用を前提とし、**グリーン冷媒が各用途で十分に普及すること等を考慮して改定した「フロン類の使用見通し」（2020年7月）**





政策・施策における位置づけ（5）

～フロン排出抑制法における指定製品のGWP目標～

- フロン類使用製品のノンフロン・低GWP化を進めるため、家庭用エアコンなどの製品（指定製品）の製造・輸入業者に対し目標値・目標年度を定め、製造・輸入業者ごとに出荷する製品区分ごとに加重平均で目標達成が求められている。

2023年2月現在（空調機器、冷凍・冷蔵機器に関するもの）

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トン未満のものであって、④～⑦を除くもの	R410A(2090)	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、③～⑦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り、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り、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り、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）	R404A(3920) アンモニア(一桁)	150	2029
中央方式冷凍冷蔵機器（有効容積が5万m ³ 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

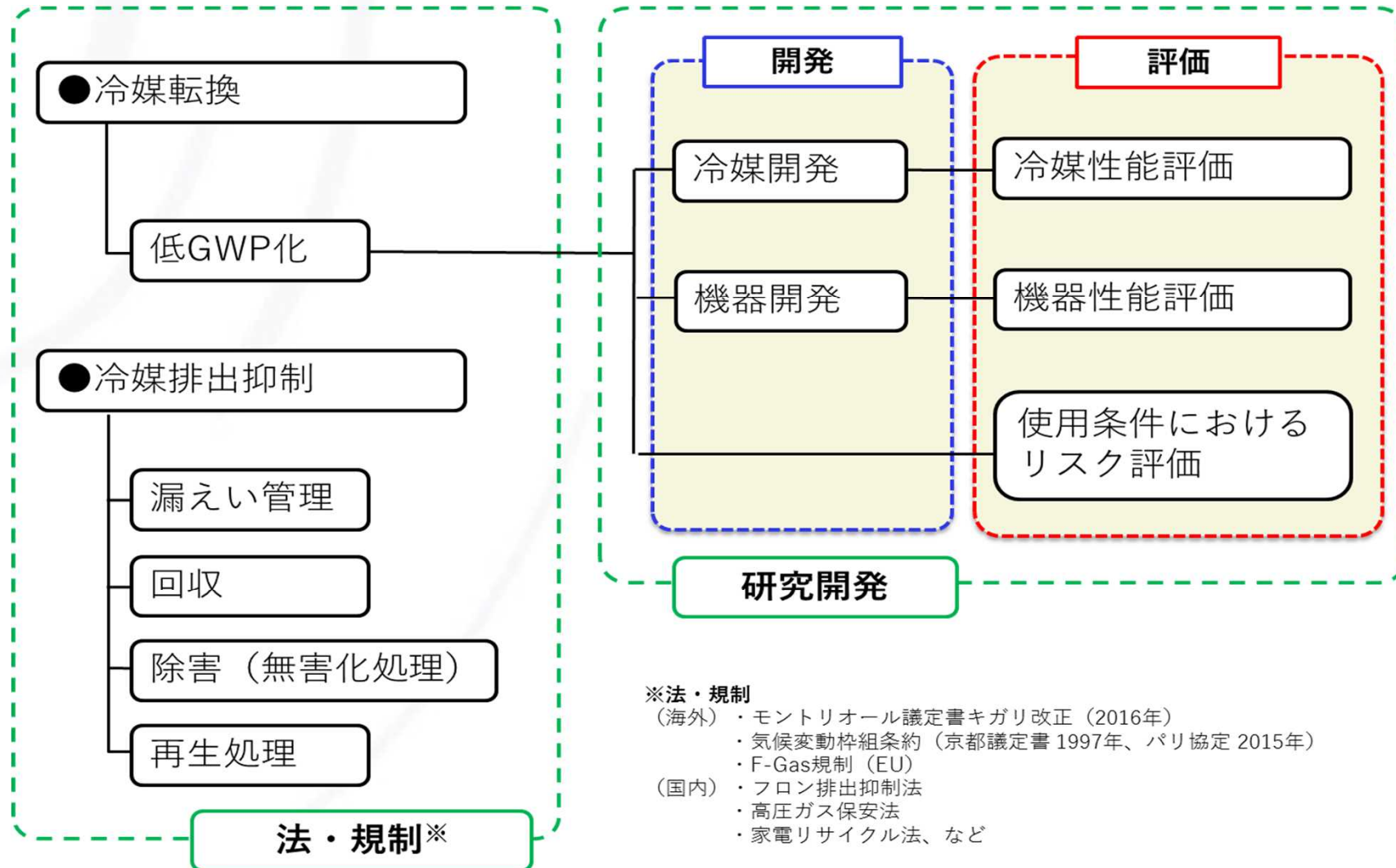
★印
2022年に
指定製品化

・環境省HP「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」パンフレット（2023年3月版）より空調機器、冷凍・冷蔵庫に関するものを抜粋。
・2022年指定製品化対象については第18回 産業構造審議会 製造産業分科会 化学物質政策小委員会 フロン類等対策ワーキンググループ開催資料 資料6を参考に作成。

政策・施策における位置づけ（6）

～事業の位置づけ・ターゲット～

■ 冷凍空調分野におけるフロン対策に係る技術等の方向性



※法・規制

- (海外) ・ モントリオール議定書キガリ改正 (2016年)
- ・ 気候変動枠組条約 (京都議定書 1997年、パリ協定 2015年)
- ・ F-Gas規制 (EU)
- (国内) ・ フロン排出抑制法
- ・ 高圧ガス保安法
- ・ 家電リサイクル法、など



政策・施策における位置づけ（7）

～事業の位置づけ・ターゲット～

■ 低GWP冷媒への転換

・低GWP冷媒の多くは、HFC冷媒に比べて性能や安全性に課題がある。

	HFC冷媒	低GWP冷媒
物質	<ul style="list-style-type: none"> ・HFC ・HFC同士の混合 	<ul style="list-style-type: none"> ・HFO ※ ・HFOを含む複数物質の混合 ・CO₂、NH₃、HC（炭化水素）等
GWP	高い傾向 ※※ (数百から～数千)	低い傾向 ※※ (～数百)
性能	低GWP冷媒に比べて 効率が良い傾向	HFC冷媒に対し 効率が悪い傾向
燃焼性	不燃性～微燃性	微燃性～強燃性

低GWP冷媒を使用して、従来機器(HFC冷媒使用)と同等性能を維持するためには、**機械側での工夫(機器開発)、性能を維持できる新冷媒の開発(冷媒開発)がある**

燃焼性のある物質を冷媒として用いるには、**リスクの存在や大きさ、必要な安全対策を明らかにする必要がある**

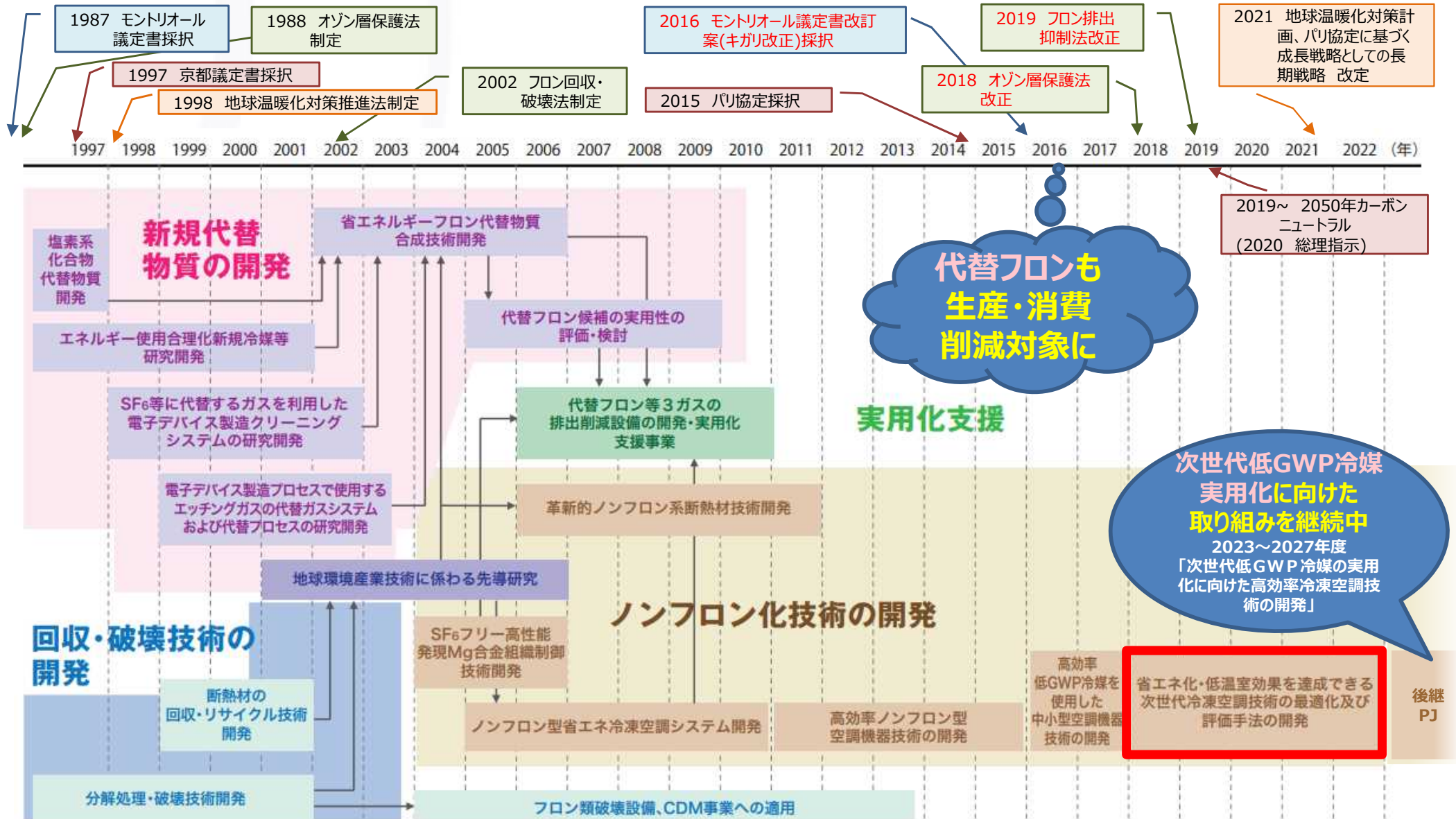
※ ハイドロフルオロオレフィン。

二重結合の特徴を持つフッ素化合物であり、地球温暖化係数が特定フロンや代替フロンよりも圧倒的に低い。

※※ 主な冷媒種としての値



技術戦略上の位置づけ

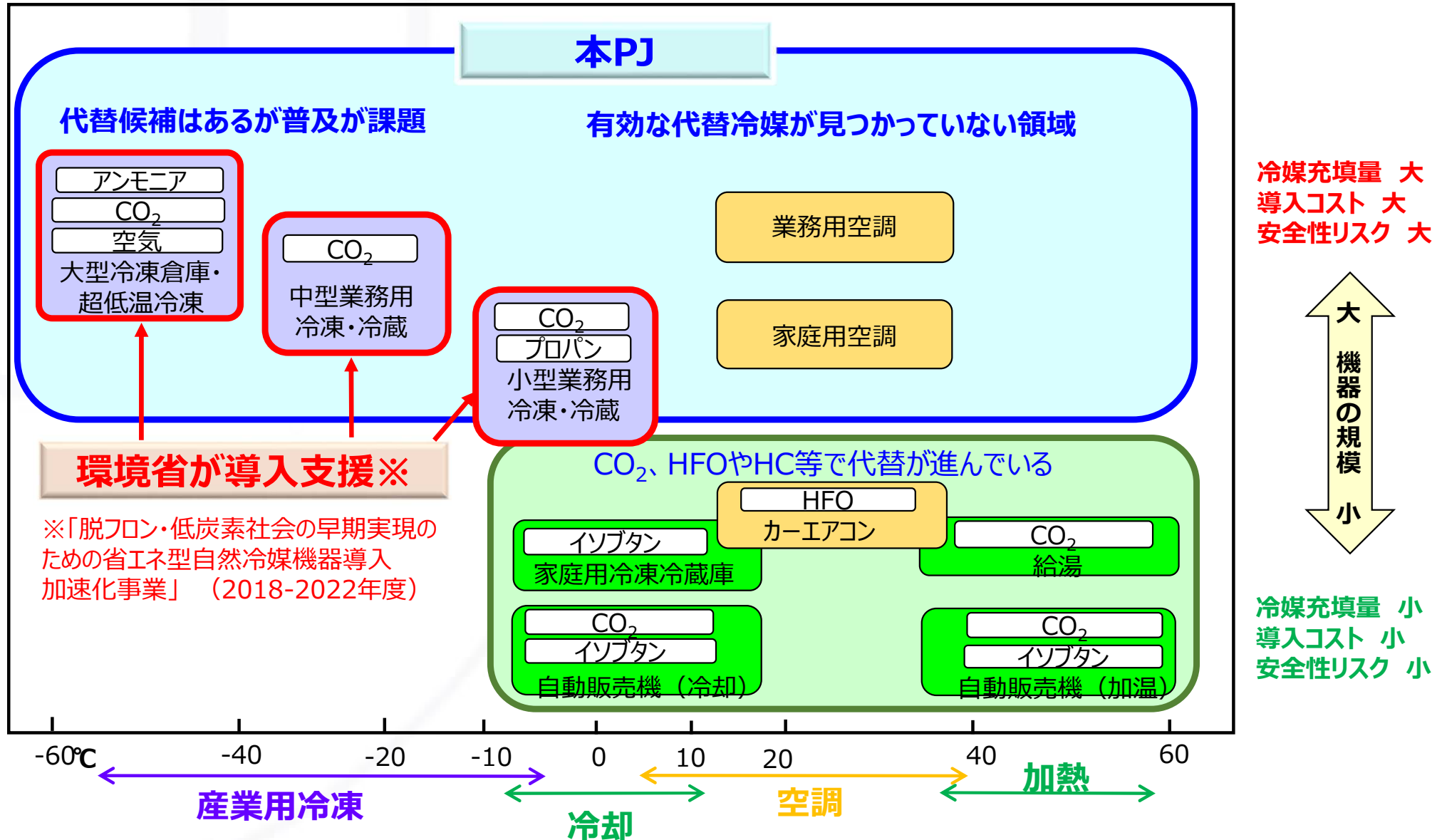


国内外の動向と比較

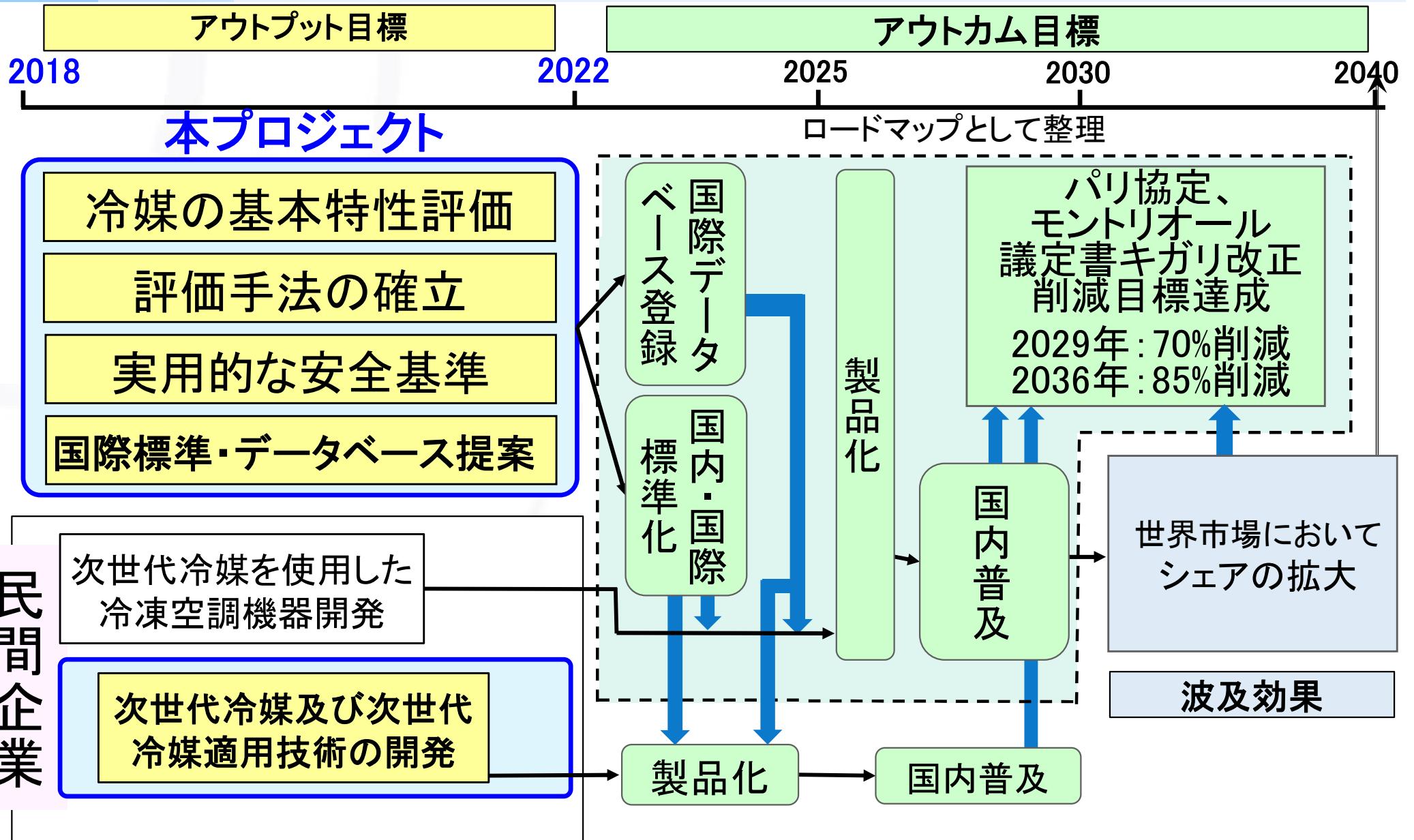
- 世界的にキガリ改正の受諾が進んでいる。米国・日本・中国では次期冷媒としてHFO冷媒開発を進めているが、冷媒輸入比率の高い欧州では規制措置が先行。2023年10月に欧州Fガス規制の改正について暫定合意が行われ、各国ともにその動向を注視しているものと思われる。

	動 向
米国	<ul style="list-style-type: none"> ・政権交代によりパリ協定に正式復帰しキガリ改正受入表明。HFCの削減計画はキガリ改正に沿ったもの。 ・可燃性冷媒の評価を諸機関で実施中。 ・冷媒メーカー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。
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ・2021年6月「欧州気候法」がEU理事会で採択。EUがパリ協定下で公約した2030年までにCO₂排出量を1990年比55%以上削減するという目標は、EU域内で法的拘束力を持つものとなった。 ・2023年10月、欧州議会および欧州理事会で欧州Fガス規制の改正（2050年までにHFCとHFOの使用が段階的に廃止）に向けた暫定合意が行われた。 ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・世界最大のCO₂排出国。 ・キガリ改正を2021年6月に受諾。2024年より段階的削減が実施される。 ・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（大学）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	<ul style="list-style-type: none"> ・途上国ではモン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	<ul style="list-style-type: none"> ・キガリ改正を受けて、2018年7月にHFCの製造及び輸入を規制する等の措置を講じた、オゾン層保護法の改正がなされ、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。 ・冷媒物性評価による国際規格基盤作りでは世界をリード。

他事業との関係



アウトカム達成までの道筋



知的財産・標準化戦略 (1)

■ 知的財産・標準化戦略

	知的財産・標準化戦略	実用化・事業化へ向けたアプローチ
委託事業（大学・国研）		
	<p>■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し、国際規格化・国際標準化や国際データベース等への登録を行う。（ただし、知的財産取得を妨げるものではない。）</p>	<p>■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。</p>
助成事業（民間企業）		
	<p>■各事業者の企業戦略（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する。</p>	<p>■原則として競争的雰囲気で実施する。</p>

知的財産・標準化戦略 (2)

■ 標準化戦略・標準化活動

- 調査事業「次世代冷媒に係る安全性・リスク評価に関する検討」において、次世代冷媒に係る規制・規格等の動向調査の他、**委託事業の事業者を中心とした産学官のワーキンググループを設定し**、次世代冷媒及びその適用機器の使用時における安全性・リスクに係る課題の抽出及びその対応方法の検討を進める。
- これにより、国際規格化・国際標準化に向けた提案内容を精査し、**効率的かつ効果的な国際規格化・国際標準化に向けた活動を推進**する。

実施体制



知的財産・標準化戦略 (3)

■ 対象となる国際規格、国際標準、国際データベース毎に具体的なロードマップを作成し、これに基づいてプロジェクトを推進する。（以下、ロードマップの対応例）

対象	規格の内容	—	2018	2019	2020	2021	2022	
【国際規格】 IEC60335-2-40	空調機器における可燃性冷媒の使用に関する規格（スプリットエアコン）	規格の動き	Edition 6.0が 発行 (A2L冷媒の規定が記載)	国際会議 (※1) 日本冷凍空調工業会が代表			Edition 7.0が 発行 (A2/A3冷媒の規定が記載)	
		本事業の インプット	安全性・ リスク評価	<ul style="list-style-type: none"> 着火源検討 不均化現象と対策 実機着火試験 他 	性能評価	<ul style="list-style-type: none"> 新冷媒物性測定 新冷媒性能解析 他 	国際会議 (※2)	次期改定
【国際規格】 IEC60335-2-89	密閉式業務用冷凍冷蔵機器における可燃性冷媒の使用に関する規格（冷蔵冷凍ショーケース）	規格の動き		Edition 3.0 (A2/A3冷媒の規定が記載)			国際会議 (※3) 日本冷凍空調工業会が代表	2023年 Edition 4.0 (改定版) 発行
		本事業の インプット		<ul style="list-style-type: none"> 着火源検討 内蔵ショーケース漏洩試験 実機着火試験 他 			国際会議 (※3) 日本冷凍空調工業会が代表	
【国際データベース】 REFPROP	NISTの作成する冷媒熱物性データベースソフトウェア	DBの動き	REFPROP 10 リリース					2023年 REFPROP 10.1 リリース
		本事業の インプット		燃焼性・低GWP冷媒の 性能評価	不燃化促進冷媒の添加	不燃性・低GWP冷媒の 性能評価		

※1 家庭用空調機器の安全性のための作業部会 WG16 (IEC SC61D/WG16)
 ※2 環境と冷媒 国際シンポジウム
 ※3 IECの充填量制限引き上げのための作業部会WG4 (IEC 61C/WG4)

知的財産管理

■ 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」）に関する事項

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）に関する事項

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

＜評価項目 2＞ 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム（社会実装）達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

- アウトカム目標の設定及び根拠
- 波及効果
- 本事業における「実用化・事業化」の考え方及び見込み
- 費用対効果
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義
- 副次的成果及び波及効果
- 特許出願及び論文発表

3. マネジメント

(1)実施体制
受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

□ （塗りつぶしなし）評価対象外

ご参考資料

2. 目標及び達成状況（詳細）

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

アウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標

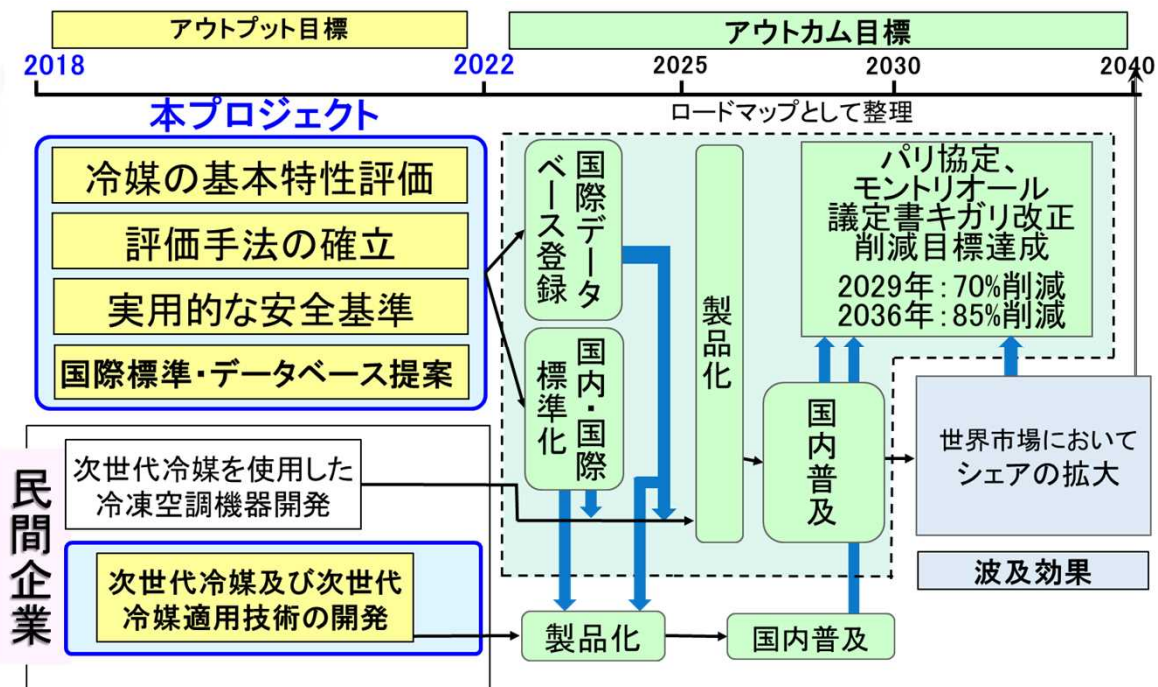
- 次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の特性データや安全性・リスク評価手法の**国際規格化・国際標準化及び国際データベース等への登録。**
- 次世代冷媒を適用して、現状市販されているフロン冷媒適用機器と同等以上の性能を有し、かつ年間消費電力量で現行機器より10%の省エネを達成する**製品の開発。**

根拠

モントリオール議定書キガリ改正やパリ協定における日本のHFC排出削減目標の達成に貢献するためには、次世代冷媒及び適用冷凍空調機器が、2026年を目途に製品化し、2029年を目途に国内で普及していなければならない。

- 国際規格化・標準化などにより、機器開発に向けた国際的な基盤を整えることは、次世代冷媒適用冷凍空調機器の実用化・普及に必要である。
- 日本発の次世代冷媒の実用化と、次世代冷媒を用いた性能と省エネ性に優れた製品を開発する必要がある。

アウトカム達成までの道筋

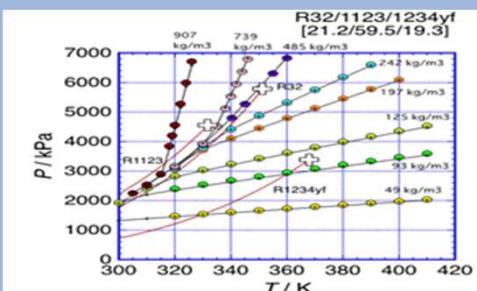


アウトプット（研究開発成果）とアウトカムのイメージ

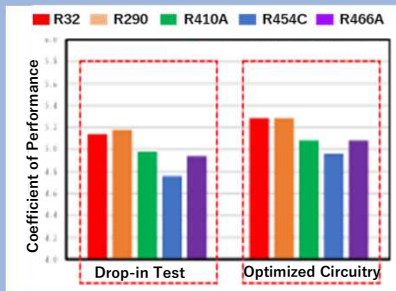
研究開発項目①

次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価

冷媒物性・熱物性



性能評価



研究開発項目②

次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発

漏洩・着火
危害度評価

危害抑止



国際規格・国際標準への登録

研究開発項目③

次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発

冷媒開発

	R1132(E)	R474A R1132(E): 23% R1234yf: 77%
臨界温度 ¹⁾	75.7	87.8
臨界圧力 ¹⁾	5.17	4.05
沸点 (101.3kPa) ¹⁾	-52.6	-43.4
蒸気圧 (25℃) ¹⁾	1.66	1.07
蒸気密度 (25℃) ¹⁾	55.9	42.8
液密度 (25℃) ¹⁾	916.5	1066.7
燃焼下限界 LFL	vol% 4.4	5.5
燃焼速度	nominal cm/s 32.9	2.9
燃焼速度	WCFF cm/s -	6.4
暴露限界 OEL	ppm 350	R1132(E): 48.9% R1234yf: 51.1% 430
急性毒性暴露限界ATEL	ppm 30,000	58,000
ASHRAE 安全性クラス	B2	A2L
GWP	AR4 AR6 ²⁾ (1) (0.0036)	(3) (0.039)

機器開発



自然冷媒

本プロジェクト

HFO系冷媒

本プロジェクト

次期（現行）プロジェクト

本事業における「実用化・事業化」の考え方

研究開発項目	実用化・事業化の考え方
①次世代冷媒の基本的特性に関するデータ取得及び評価 【基本特性評価】 ②次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【安全性・リスク評価】	<p>冷媒の性能、安全性・リスク評価に係る公共的な知的基盤が整備され、社会的利用（規格化、標準化、データベース、アセスメント等への利用、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。</p>
③次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発 【冷媒・機器開発】	<p>実用化とは、現状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り、事業化とは、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（売り上げ等）に貢献すること。</p>

アウトカム目標の達成見込み (全体)

研究開発項目	達成見込み	課題
①次世代冷媒の基本的特性に関するデータ取得及び評価 【基本特性評価】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷媒物性・状態方程式について、国際規格への情報提供 ■ 燃焼特性について、高圧ガス保安法令に反映 ■ 熱交伝熱特性について、伝熱データベースの公開 ■ 機器の性能評価手法について、国際規格の改定に向けて活動 ■ 実用機レベルのシミュレーターについて、業界標準ツールとして活用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷媒の基本特性の国際規格化・標準化等には時間を要するため、キガリ改正目標を見据えて、事業の取組みの継続および加速化が必要 ■ 評価手法についての一般化、規格化への取組みを継続 ■ シミュレーターについて、最新の産業界のニーズ把握とその反映に継続的に取組む必要
②次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【安全性・リスク評価】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 漏洩、着火源、実規模危害等、強燃性冷媒の安全性について、国際規格化、安全等級の改定作業に情報提供 ■ HFO冷媒の自己分解反応の安全性評価に関する国際規格化に向け提案 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国際的な動向も踏まえた強燃性冷媒の安全対策の検討の継続が必要 ■ 強燃性冷媒燃焼時の危害度について、本PJの結果を元に規格を適正化する必要 ■ 自己分解反応の抑制技術について、継続して検討する必要
③次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発 【冷媒・機器開発】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 【機器開発】 従来比同等性能で安価かつ省エネ性に優れた機器開発の技術を確立 ■ 【冷媒開発】 GWP10以下の冷媒 (R474A) を開発し、国際規格に登録 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 【機器開発】 上市に向けた課題解決 (製品の安全性・信頼性・性能・コスト) を引き続き実施 ■ 【冷媒開発】 上市に向けた課題解決 (冷媒の生産・回収体制、自己分解反応に対応する安全性確保) が必要

アウトカム目標の達成見込み

～本事業の国際規格化・標準化への貢献状況～

中間評価結果(後述)
#4への対応

研究開発項目	研究内容	国際規格化・標準化への貢献
①次世代冷媒の基本的特性に関するデータ取得及び評価 【基本特性評価】	冷媒物性計測、状態方程式作成	ISO17584, REFPROP10 (冷媒物性)
	伝熱データ計測・データベース構築	Web上で公開
	微燃性冷媒の燃焼特性	高圧ガス保安法 ANSI/ASHRAE Standard 34 (冷媒の安全等級)
	解析モデル、シミュレータ開発 (熱交、システム、LCCP)	IEC60335-2-89 (冷凍装置の安全基準) ISO期間性能規格 (16358後継) 化に向けて活動
	性能評価	ISO (負荷試験国際標準化) 改定に向けて活動
②次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【安全性・リスク評価】	冷媒漏洩シミュレーション、濃度分布計測	IEC60335-2-40 (エアコン安全基準) IEC60335-2-89, JRA4078, JRA GL-21*
	ディーゼル爆発の抑制	IEC60335-2-40
	HFO冷媒の自己分解反応	ISO 817 (冷媒の安全等級) 改定に向けて活動
	着火源の評価	IEC60335-2-40, IEC60335-2-89, JRA4078, JRA GL-21, JRA規格
	実規模危害度評価	IEC60335-2-89
③次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発 【冷媒・機器開発】	GWP<10の混合冷媒開発 (R1132(E), R474A)	ISO817 ANSI/ASHRAE Standard 34

アウトカム目標の達成見込み

～実用化への道筋～

▼ 事業終了

研究開発項目		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
③ 冷媒・機器開発	大形クーリングユニット	量産化検討		上市予定						
	コンデンシングユニット	企画	設計・据付業者教育		上市予定					
	CO ₂ 冷凍機	上市 (空冷一体型30～40HP、冷凍機用ポンプダウンユニット)						上記以外：量産開発着手予定		
	冷媒開発	準備				上市予定 (EV用途)				
		自己分解反応に対する安全性確認 (NEDO-PJ)					準備	上市予定 (空調機)		

波及効果

冷媒の低GWP化が困難な機器分野に、産学官の英知を集中させ、安全性が担保された次世代冷媒及び冷凍空調機器の開発・製品化を推進

＜社会的波及効果＞

- キガリ改正による世界のHFC削減に大きく貢献
- 世界に先駆けた次世代冷媒技術の開発による我が国産業の競争力強化
世界市場において日本企業のシェア拡大が期待

・ルームエアコン	:約6兆円/年
・パッケージエアコン・ビルマル	:約4兆円/年
・冷蔵・冷凍ショーケース	:約2兆円/年
・コンデンシングユニット	:約1兆円/年

(数字はいずれも2035年時点の予測値※1)

＜技術的波及効果＞

- 圧縮機、熱交換器等の高効率化及び他用途(広範囲の冷凍空調機器等)への展開

※1「ヒートポンプ 温水・空調市場の現状と将来展望 2021」(富士経済)より

費用対効果

＜プロジェクト予算総額＞
(NEDO負担額)

28億円
(5年間)

＜費用対効果＞

- 本プロジェクトによるCO₂排出量削減効果は2029年度に
最大で572万CO₂- t /年 (※)

※本プロジェクトの成果により、家庭用エアコン、業務用エアコン、小型冷凍冷蔵機器、中型冷凍冷蔵機器において、GWP（地球温暖化係数）が150に低下することを前提として算出。機器は、2025年に上市し、2025～28年の4年で新たに出荷される全品目を置き換えると想定。

前身事業との関連性

- 平成28年度実施の「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」事業に対するF S的俯瞰評価委員会（委員長：岡山大 稲葉英男名誉教授、委員：産学の外部有識者5名）を5月22日に開催して議論を行い、有用な意見を取り込んだ。
 - 新規プロジェクトはぜひ実施すべきとの結論
 - 下表に示す有用な意見を基本計画・実施計画に織り込むことで対応した。

主な意見と対応状況

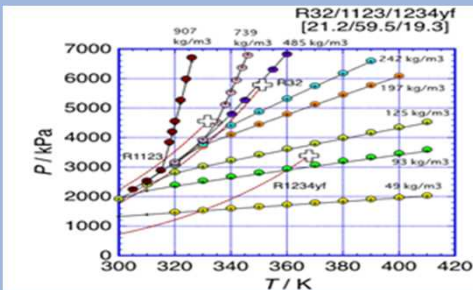
#	意見	対応
1	<ul style="list-style-type: none"> • アウトカムで想定されている50%のシェア獲得には、日本の技術が国際的に高く評価されるためのアクションが必要であり、単に国際標準に登録するだけでなく、国際的な議論でのリーダーになることが必要。そのためには、国際的な議論の場をリードしているというアウトプットが必要で、NEDOが主導すべき事項。相応の予算措置も必要。 	<ul style="list-style-type: none"> • 国際的な議論をリードしていくためのアクションプランとして調査委託事業を実施し、国際動向の把握とともに業界と情報交換・意見交換を行う場を設け、研究の方向性等を議論した。また研究成果毎年レポートとしてまとめてWEB上で広く公開した。
2	<ul style="list-style-type: none"> • 新規プロジェクトでは、混合冷媒も対象となっている。安全性、環境性、省エネルギー性を満足する混合冷媒の最適解を見つける手法もプロジェクト対象とすべき。 	<ul style="list-style-type: none"> • 基本計画策定段階で、混合冷媒の最適化に関するデータ取得及び評価および、安全性・リスク評価手法の開発をプロジェクト対象として取り組んだ。
3	<ul style="list-style-type: none"> • 公的機関や大学などでの研究遂行体制は、お互いに他者の厳しい指導や評価を好まない風潮があるので、研究進行内容を随時評価して、最終的に良い成果が得られるようにすべきである。この場合、客観的且つドライに評価できるコーディネーターを配置すべき。 	<ul style="list-style-type: none"> • NEDOの仕組み（技術委員会・中間評価等）の活用により第三者の意見・評価を取り入れた。 • 業界団体との情報・意見交換をする場を設け（上述）、研究進捗を随時共有するとともに実用化に向けて広く意見を取り入れる仕組みとした。

アウトプット（研究開発成果）のイメージ

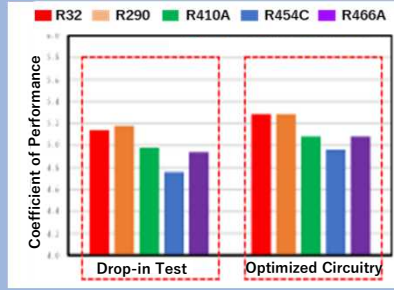
研究開発項目①

次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価

冷媒物性・熱物性



性能評価



研究開発項目②

次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発

漏洩・着火
危害度評価

危害抑止



国際規格・国際標準への登録

研究開発項目③

次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発

冷媒開発

	R1132(E)	R474A R1132(E): 23% R1234yf: 77%
臨界温度 ¹⁾	75.7	87.8
臨界圧力 ¹⁾	5.17	4.05
沸点 (101.3kPa) ¹⁾	-52.6	-43.4
蒸気圧 (25℃) ¹⁾	1.66	1.07
蒸気密度 (25℃) ¹⁾	55.9	42.8
液密度 (25℃) ¹⁾	916.5	1066.7
燃焼下限界 LFL	vol% 4.4	5.5
燃焼速度	nominal cm/s 32.9	2.9
	WCFF cm/s -	6.4
暴露限界 OEL	ppm 350	R1132(E): 48.9% R1234yf: 51.1% 430
急性毒性暴露限界ATEL	ppm 30,000	58,000
ASHRAE 安全性クラス	B2	A2L
GWP	AR4 (1)	(3)
	AR6 ²⁾ (0.0036)	(0.039)

機器開発



自然冷媒

本プロジェクト

HFO系冷媒

本プロジェクト

次期（現行）プロジェクト

アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠（全体）

研究開発項目	最終目標（2023年3月）	根拠
委託事業（大学・国研）		
①次世代冷媒の基本的特性に関するデータ取得及び評価 【基本特性評価】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒の特性及び燃焼特性を解明する。 ■ 次世代冷媒を用いた機器の性能について、広範囲で高精度に予測できる手法を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国際規格化・国際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。 ■ 次世代冷媒を使用した機器開発を加速化するためには、実用に即した評価手法の確立が必要である。 ■ 同時にこの評価手法と従来規格手法の結果を比較することで、従来規格の課題が明確となり改定に貢献出来る。
②次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【安全性・リスク評価】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強燃性冷媒漏洩時の濃度拡散、着火源熱源、燃焼の危害度を評価する。 ■ HFO系次世代冷媒の自己分解反応の抑制方法を開発する。 ■ エアコンの性能を適正に評価できる試験法（負荷試験法）を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃焼性冷媒を使用する機器の規格改定や機器開発においては、漏洩時の事故発生リスクや危害度等の評価が必要であり、そのための基礎データの取得が必要である。 ■ 自己分解反応を有する次世代HFO系国産冷媒の実用化のために、この反応を抑制する技術開発が必要である。 ■ 空調機の性能を適正に評価出来る規格を提案するためには、新しい試験法の開発が必要である。
助成事業（民間企業）		
③次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発 【冷媒・機器開発】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現状市販フロン品と同等以上の性能(COP等)を実現する技術（冷媒開発、機器開発）に関して、各事業者毎に目標を定め、これを達成する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒とその適用機器の製品化、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であり、既存冷媒と比較した際に性能が劣る等の課題をクリアする必要がある。

アウトプット目標の達成状況 (委託)

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

	最終目標 2023年3月	主な成果 (実績) 2023年3月	達成度	達成の根拠 / 解決方針
委託事業 (大学・国研)				
① 基本特性評価	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒の特性及び燃焼特性を解明する。 ■ 次世代冷媒を用いた機器の性能について、広範囲で高精度に予測できる手法を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷媒特性に関する合計127件の測定、モデル構築、評価を行った。 ■ 3つの混合系冷媒について、燃焼性の観点からの最適な混合組成を明確化、4種の冷媒について実用上の燃焼特性を明確化した。 ■ 冷凍サイクルを構成する各種デバイスの数値モデル・数値解析手法を確立し、これらを統合した実用的なシミュレーター、性能評価装置を開発した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒開発に必要な冷媒の基本特性を解明するとともに、燃焼性の面から見た安全性評価を確立出来た。 ■ 次世代冷媒および適用機器の開発・検証に必要な実用性のある性能評価装置を開発出来た。
② 安全性・リスク評価	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強燃性冷媒漏洩時の濃度拡散、着火源熱源、燃焼の危害度を評価する。 ■ HFO系次世代冷媒の自己分解反応の抑制方法を開発する。 ■ エアコンの性能を適正に評価できる試験法 (負荷試験法) を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃焼性冷媒漏洩時のリスク評価として、可燃域形成に係る機器の設置・運転条件の影響を明確化するとともに、着火源の評価、および着火時の影響評価に関するデータを取得した。 ■ 燃焼性冷媒の燃焼抑制対策、HFO系冷媒の自己分解反応抑制方法について、添加剤や機器の構造改善による手法を開発した。 ■ 空調機の新しい性能評価手法として、負荷試験法の妥当性を検証できた。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機器の安全性に関する国際規格の改定に必要なデータを提供することが出来た。 ■ 次世代冷媒・機器開発に必要な燃焼抑制技術・自己分解反応抑制技術を開発出来た。 ■ 空調機性能を適正に評価する規格改定への提案に向け、方向性を示す事が出来た。

アウトプット目標の達成状況 (助成)

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部未達、× 未達

	最終目標 2023年3月	主な成果 (実績) 2023年3月	達成度	達成の根拠 / 解決方針
助成事業 (民間企業)				
③ 冷媒・機器開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現状市販フロン品と同等以上の性能(COP等)を実現する技術 (冷媒開発、機器開発) に関して、各事業者毎に目標を定め、これを達成する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大形クーリングユニットにおける二元サイクル検討および最適冷媒を選定し、実証試験を完了した。 ■ コンデンシングユニットに適用するR454Cなどの3種類の冷媒を選定し、実証試験により省エネ性を確認した。 ■ CO₂冷凍機の大出力化や高外気温度対応、未利用熱利用などの技術を開発し、実証試験により性能改善を確認した。 ■ 冷媒評価と機器性能評価を実施し、GWP10以下の新たな混合冷媒を開発した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 年間COPが従来比100%以上で機器販売価格が140%以下を達成できた。 ■ 年間機器性能5%改善を達成できた。 ■ 30、40馬力のCO₂冷凍機を製品化。他技術についても実用化へ向けた技術的な課題を解決できた。 ■ R474Aとして国際規格に登録。空調機の基礎検討を行い、適用可能性を確認できた。

研究開発成果の意義（副次的成果）（全体）

研究開発項目	意義	副次的効果
委託事業（大学・国研）		
①次世代冷媒の基本的特性に関するデータ取得及び評価 【基本特性評価】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷媒特性および冷媒燃焼特性の解明は国際規格化・標準化等を通して次世代冷媒・対応機器の実用化につながる。 ■ 基本熱物性からシステム全体としての最適化評価技術を構築することは、国際標準化への貢献、ひいては次世代冷媒適用機器開発につながる。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒特性データ、および安全性・リスク評価の国際標準化は、冷凍空調機器用だけでなく、高温ヒートポンプ、医療技術、ナノテク産業にも貢献できる。
②次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【安全性・リスク評価】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒の安全性・リスク評価手法を開発することで、国際規格の改定に貢献でき、次世代冷媒・機器の開発が促進されるとともに、安全に普及させる基盤が整う。 	
助成事業（民間企業）		
③次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発 【冷媒・機器開発】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 省エネ性とコストを両立した自然冷媒やHFO系冷媒の実用化技術を確立し、量産化技術確立により早期の普及が見込まれる。 ■ GWP10以下の冷媒の開発により、直膨型空調機において性能・安全面でHFC系冷媒を代替する可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 開発したGWP10以下の冷媒は、CO₂、プロパン、既存のHFO系冷媒に対して適用範囲が広く、空調機、カーエアコン、冷凍冷蔵など、幅広い用途での活用が期待される。

特許出願及び論文発表

- 委託では成果の積極的な公表、助成では企業戦略に基づいた知財管理と、それぞれの知的財産・標準化戦略に沿った論文発表・特許出願等を実施した。

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度 (予定含む)	計
特許出願		9	20	20	12	1	62
(うち外国出願)		(2)	(10)	(10)	(8)	(1)	(31)
論文	1	4	16	13	17	14	65
研究発表・講演	17	38	25	85	55	18	238
受賞実績		3	2	2	7		14
新聞・雑誌等への 掲載		1	1	2	4	3	11
展示会への出展				1	2	1	4
合計	18	55	64	123	97	37	394

※2023年8月時点

国際会議等における研究開発成果の発信実績

事業者の発信

- 日本冷凍空調学会年次大会（2019～2022年）
NEDO調査委員会（日本冷凍空調学会）がオーガナイザーとなるワークショップ「次世代低GWP冷媒の安全性・物性・サイクル性能評価」を開催し成果を報告。
- 国際会議等での発表
日本冷凍空調工業会「環境と新冷媒国際シンポジウム」（2018年、2021年、2023年）、IEA Heat Pump Conference 2020（2021年）、HFO2021 Conference（2021年）、Purdue Conference（2022年）他
- NEDO調査委員会プロGRESSレポート（日本冷凍空調学会HPにて公表）
成果の発信を目的として、調査事業全般の紹介、各WGの成果を毎年レポートを作成して公開。
2023年には5年間の研究成果をまとめてファイナルレポートとして公開。（英文版あり）

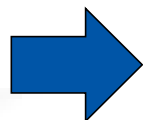
中間評価結果(後述)
#3への対応

NEDOの発信

- 国際学会等での発表
OEWG（モントリオール議定書締結国会合の公開作業部会）サイドイベント（2019年タイ）においてNEDOの取り組みを発信。
MOP（モントリオール議定書締約国会合）におけるワークショップ（2019年イタリア）においてNEDOの取り組みを発信。

ニュースリリース

- 東京大学・NEDO同時リリース；『家庭用・業務用エアコンへの適用が期待できる低GWP（地球温暖化係数）冷媒の**自己分解反応の抑制に成功**』（2022年5月13日）
- NEDOニュースリリース；『NEDOプロジェクトの成果が、**冷媒の状態方程式の国際規格（ISO17584）改定に貢献**—HFO冷媒の研究開発加速や普及による、地球温暖化対策に期待—（九州大学）』（2022年11月2日）



国内外へ本プロジェクト成果を積極的に発信

＜評価項目 3＞ マネジメント

(1) 実施体制

(※) 受益者負担の考え方 **※終了時評価においては対象外**

(2) 研究開発計画

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム（社会実装）達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

(1)実施体制
受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- アウトプット（研究開発成果）のイメージ（再掲）
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

□ （塗りつぶしなし）評価対象外

ご参考資料

2. 目標及び達成状況（詳細）

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

NEDOが実施する意義

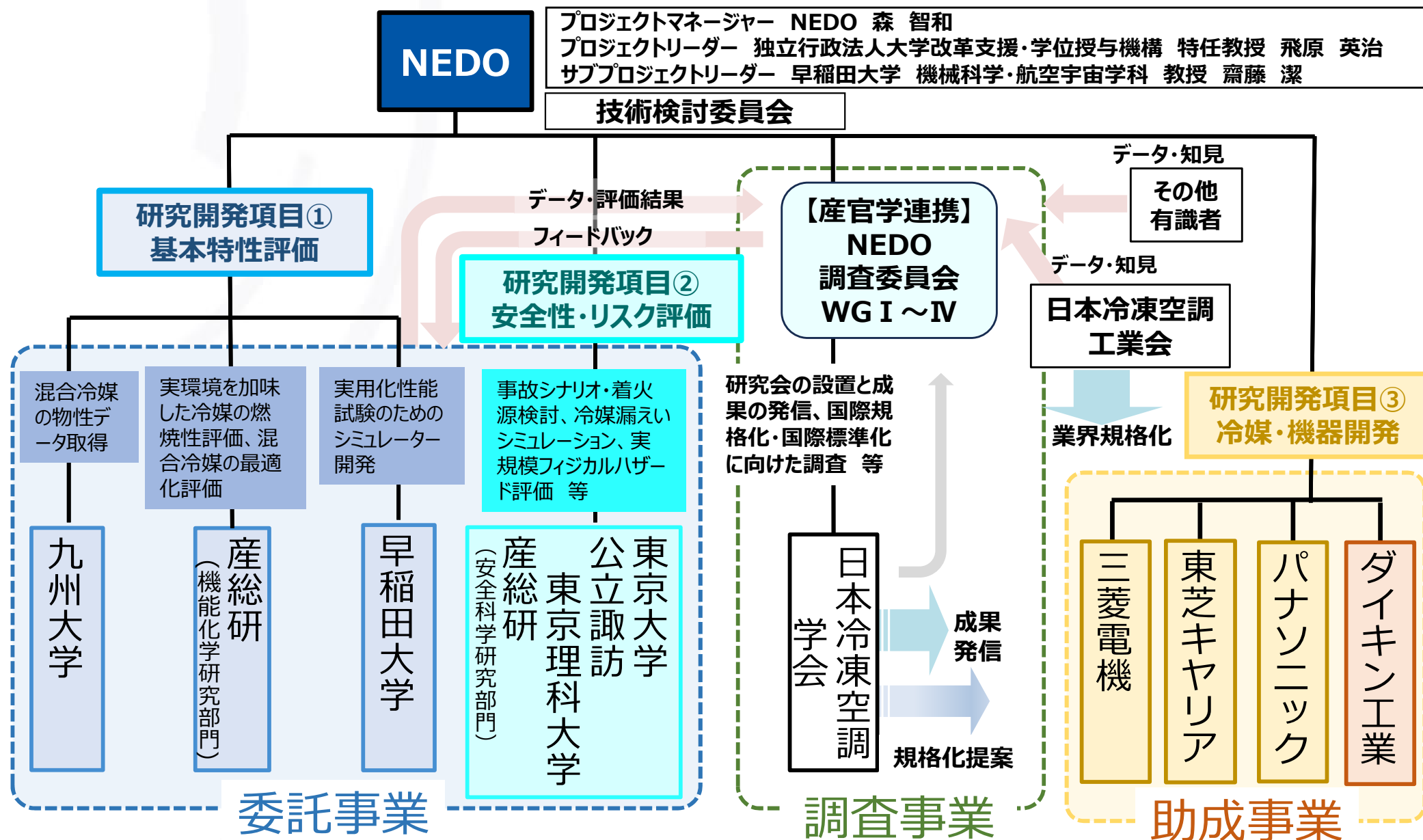
- 地球温暖化対策は国内外における緊要の課題であり、**HFC排出削減は急務**
- キガリ改正における目標の達成（2036年までにHFCの生産及び消費量を85%削減）には、**より一層低GWP冷媒への転換が必須**
- 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）」及び「革新的環境イノベーション戦略（2020年1月統合イノベーション戦略推進会議決定）」において、フロン類の削減に向けたイノベーション創出を推進
- **我が国産業の競争力強化のため**にも、世界に先駆けた**次世代冷媒及びその適用機器の開発が急務**
- 次世代冷媒の物性評価、安全性・リスク評価については、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



N E D O 事業としての妥当性は極めて高い

N E D O 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」

実施体制 (実施者間での連携)



個別事業の採択プロセス

■ 委託事業

【公募】 公募予告（2018年2月26日）⇒公募（3月30日）⇒公募〆切（5月21日※）

※各研究開発項目への部分提案のみであり、このうち一項目への提案が一件のため10日間延長

【採択】 採択審査委員会（6月5日）

■ 助成事業

【公募】 公募予告（2019年1月11日）⇒公募（2月12日）⇒公募〆切（3月13日）

【採択】 採択審査委員会（4月2日）

採択条件；採択審査委員会では、以下を条件に採択が行われた。

- ・中間目標及び最終目標について、定量的な目標を設定し実施計画に反映させること。
（三菱電機株式会社）
- ・候補冷媒の選定基準を明確化し実施計画に反映させること。（東芝キャリア株式会社）
- ・テーマ名を研究開発内容に即したものとするため、テーマ名中の「市場性評価」を再検討すること。
（パナソニック株式会社）

■ 留意事項（委託事業、助成事業共通）

研究の健全性・公平性の確保に係る取組； 公募の際に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した。

予算及び受益者負担

受益者負担の考え方

【委託事業】(研究開発項目①, ②)

上記研究開発項目は、次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の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③)

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。

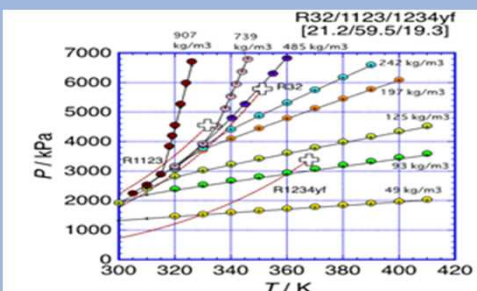
予算

	総額（5年間） 約28億円	研究開発項目毎配分		
		①基本特性 評価	②安全性・ リスク評価	③冷媒・ 機器開発
2018年度	2.5億円	65%	35%	—
2019年度	6.53億円	57%	28%	15%
2020年度	7.0億円	48%	25%	27%
2021年度	6.5億円	53%	24%	23%
2022年度	5.49億円	51%	26%	23%

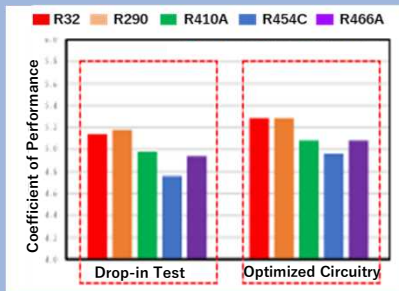
アウトプット（研究開発成果）のイメージ（再掲）

研究開発項目①
次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価

冷媒物性・熱物性



性能評価



国際規格・国際標準への登録

研究開発項目③
次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発

冷媒開発

	R1132(E)	R474A R1132(E): 23% R1234yf: 77%
臨界温度 ¹⁾	75.7	87.8
臨界圧力 ¹⁾	5.17	4.05
沸点 (101.3kPa) ¹⁾	-52.6	-43.4
蒸気圧 (25℃) ¹⁾	1.66	1.07
蒸気密度 (25℃) ¹⁾	55.9	42.8
液密度 (25℃) ¹⁾	916.5	1066.7
燃焼下限界 LFL	4.4	5.5
燃焼速度	nominal	2.9
燃焼速度	WCFE	6.4
燃焼速度	cm/s	R1132(E): 48.9% R1234yf: 51.1%
暴露限界 OEL	350	430
急性毒性暴露限界ATEL	30,000	58,000
ASHRAE 安全性クラス	B2	A2L
GWP	(1)	(3)
	(0.0036)	(0.039)

機器開発



研究開発項目②
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発

**漏洩・着火
危害度評価**



危害抑止

自然冷媒

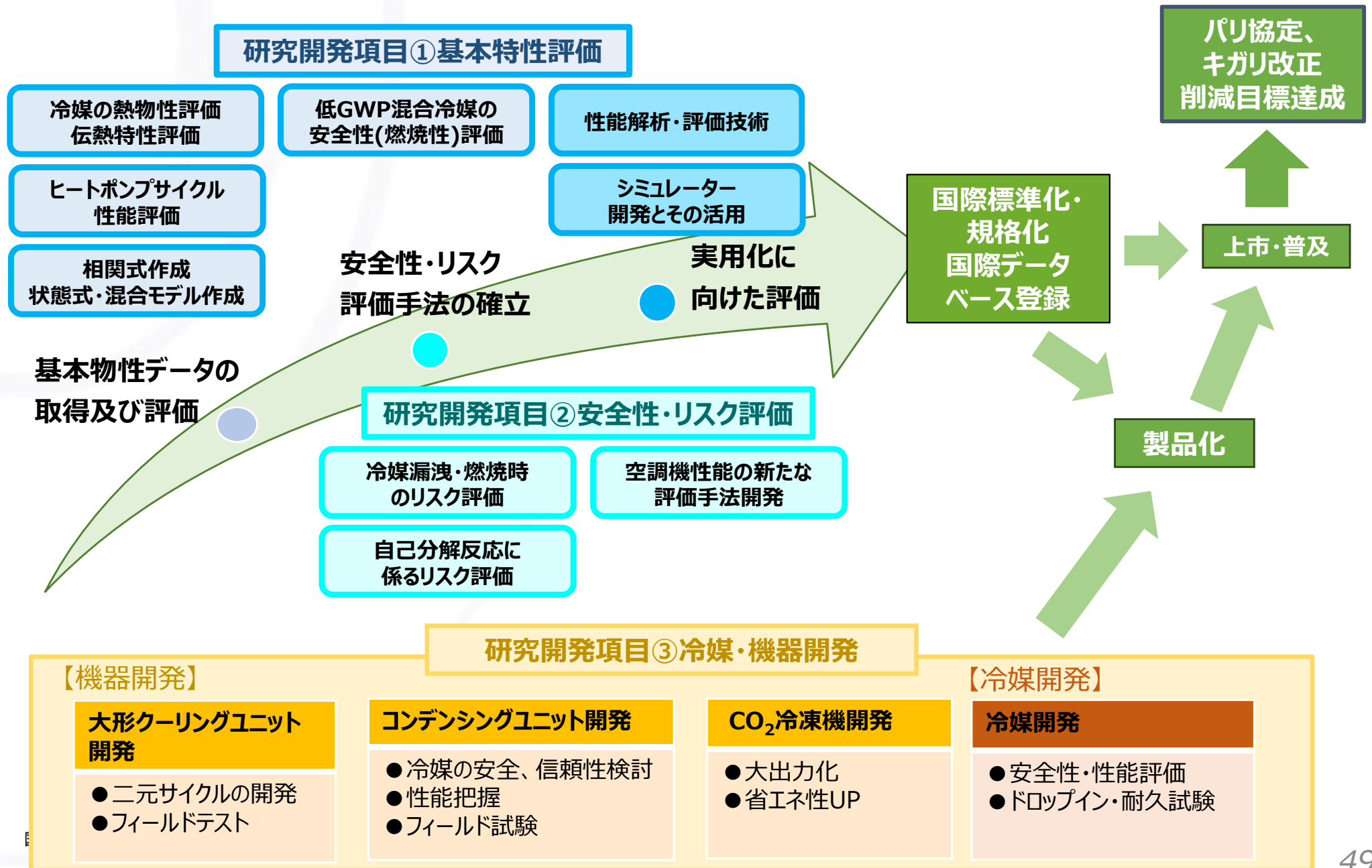
本プロジェクト

HFO系冷媒

本プロジェクト

次期（現行）プロジェクト

目標達成に必要な要素技術



研究開発のスケジュール

■ 基本特性、安全性・リスク評価、実用化評価の検討を平行して実施

■ 研究開発項目③ 助成事業は2019年度より開始

研究開発項目	2018	2019	2020	2021	2022
① 基本特性評価	熱物性、伝熱特性、基本サイクル性能評価				
	混合冷媒の安全性評価、実用上の安全性評価				
	性能解析・評価技術開発、シミュレータ開発・活用				
② 安全性・リスク評価	可燃性冷媒の燃焼性、HFO冷媒の自己分解反応解明、着火源を考慮したフィジカルリスク、実規模フィジカルハザード評価				
③ 冷媒・機器開発	大形クーリングユニット	冷媒サイクルおよび最適冷媒の選定		フィールドでの実機検証	
	コンデンシングユニット	冷媒選定・性能把握		機器の信頼性・安全性検討 フィールドでの実機検証	
	CO ₂ 冷凍機	大出力化（ラインナップ充実）			
		高外気温度対応、未利用熱利用、中高温領域への拡大（適用範囲拡大）			
	冷媒開発	安定性評価、燃焼性評価、毒性評価			材料適合性・圧縮機性能評価

進捗管理(1)

中間評価結果(後述)
#1への対応

■ 研究開発計画・予算の最適化

(1) (2)
による進捗管理

- (1) 月例報告 (委託先/助成先より**研究進捗報告書** (月報)、**予算管理表**を提出)
・NEDO及びプロジェクトリーダー (PL) による確認・把握
- (2) プロジェクトリーダー、NEDOによる**事業者ヒアリング** (年2回開催)
- (3) NEDOにおける**次年度繰越案の策定** (計画修正・予算配分)
- (4) **技術検討委員会** (年1回開催) による評価 (年度末)

運営管理に従った、計画・予算の絞り込み等により、**実用化・事業化の高い技術開発に資源を集中**

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
2018			委託事業 開始						PLヒア リング			技術検討 委員会
NEDO及びPLによる進捗把握												
2019	助成事業 開始				PLヒア リング				PLヒア リング			
NEDO及びPLによる進捗把握												
2020			技術検討 委員会 (※)		PLヒア リング		中間評価		PLヒア リング			技術検討 委員会
NEDO及びPLによる進捗把握												
2021					PLヒア リング				PLヒア リング			技術検討 委員会
NEDO及びPLによる進捗把握												
2022					PLヒアリング 委託 助成				PLヒア リング			
NEDO及びPLによる進捗把握												

進捗管理(2)

- 技術検討委員会等において、**各事業者は実用化・事業化の見通しについて発表**し、それに対してプロジェクトリーダー、サブプロジェクトリーダー、**外部有識者が意見を述べるとともに助言**を行い、**各研究開発項目の内容にフィードバック**させる。

■ 技術検討委員会 委員

委員長

亀山 秀雄 (国立大学法人東京農工大学 名誉教授)

委員 (50音順)

浅野 等 (国立大学法人神戸大学

大学院工学研究科 機械工学専攻 教授)

勝田 正文 (学校法人早稲田大学 名誉教授) (2021年迄)

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)

西村 伸也 (公立大学法人大阪市立大学 名誉教授)

進捗管理(3)

～中間評価結果への対応～

#	指摘	対応
1	委託事業である物性評価・安全性評価においては、継続的な研究が重要であり、知見集積、人材育成、状況変化への対応は必要である一方、研究リソースは限られることから、 今後の研究内容については優先順位を精査し、必要な研究はさらに加速化して いていただきたい。	事業者ヒアリング及び技術検討委員会において事業進捗を確認し、 プロジェクトリーダー、技術検討委員等の意見を踏まえ 、研究対象冷媒の追加や、より実用に即した研究内容を追加する等、 アウトカム（実用化・規格化）達成の早期化に資するテーマに対してリソースの選択と集中 を行なうマネジメントを実施した。
2	キガリ改正に対する課題解決のための冷媒候補としては、 自己分解反応や燃焼性、毒性の問題で解決しなければならない課題が残っており 、本研究開発の後半2年間で着実に開発していくことを期待したい。	実施事業者との密なコミュニケーションに基づき、 成果を最大化するための着実なマネジメント を引き続き実施し、 自己分解反応を有する国産冷媒の登録や、抑止方法の開発を達成 するとともに、この冷媒の早期普及を目指して 本研究独自の成果報告書、およびニュースリリース等での公開 を行なった。
3	安全性・リスク評価の研究成果は重要であり、当該研究成果を踏まえて、 産学間の関係強化 をより一層進め、合理的なリスクマネジメント対策についても検討して頂くのが望ましく、 安全性検討に際しては、実態に即した合理的な評価結果を一般にも解りやすい形で情報提供 をして頂きたい。	実態に即した合理的な安全性・リスク評価と、それを踏まえたリスクマネジメント対策の検討に資するべく、 本プロジェクトの参画研究機関と業界団体等との産学間での連携を推進 し、その連携のもとで得られた 成果を一般へ効果的に発信 することを目的とした調査事業を実施し 毎年レポートとしてまとめて公表 した。
4	実運転性能評価装置を用いた次世代空調機器の様々な性能評価を推進し、次世代冷媒の安全性を担保した上で、安全性・リスク評価の成果に基づいて、 複数件の国際規格への提案 をすることで、 国際規格化・標準化に貢献 していただきたい。	業界団体等との連携を強力に進める ことで、国際標準化・国際規格化等への提案に資するよう研究成果を最大化するマネジメントを実施し、 冷媒物性（ISO17584, REFPROP10）、エアコン安全基準（IEC60335-2-40）、冷凍装置の安全基準（IEC60335-2-89）等の規格化・標準化に登録・貢献 した。

進捗管理(4)

～動向・情勢変化への対応～

中間評価結果
#2,3,4への対応

- 調査委託（日本冷凍空調学会）を実施し、国内外の動向・情勢変化を随時把握するとともに各研究開発に対応した産官学の参加するWGを設置。情報共有および研究進捗・方向性の確認と対応を図った。
- 2019年のキガリ改正に対応し、製品開発促進のため2019年度より助成事業を開始。

研究開発項目	対応する委員会・WG	委員会・WG開催回数				
		'18	'19	'20	'21	'22
調査【委託】	次世代冷媒に係る安全性・リスク評価に関する検討	→				
	調査委員会	1	4	4	4	4
	WGⅢ		4	5	5	4
研開①【委託】	次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価	→				
	WG I	2	4	4	5	4
	WGⅣ	2	4	3	5	4
研開②【委託】	次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発	→				
	WG II				3	5
研開③【助成】	次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発	→				
主な情勢変化		キガリ改正発効 (2019年1月)		オゾン層保護法施行 (2019年1月)		

<各委員会、WGのメンバー（オブザーバー含む）>

【調査委員会】委員長：井上教授（東京海洋大）、有識者（防衛大学教授、高圧ガス保安協会理事、環境I社キガリネットワーク理事長、日本冷凍空調学会 ISO国内分科会主査、同ASHRAE国内分科会主査、同総務・会計担当理事）NEDO各事業者、日冷工、METI、NEDO

【WG I】委員長：齋藤教授（早稲田大学）、九州大学、佐賀大学、九州産業大学、早稲田大学、電気通信大学、日冷工、NEDO

【WG II】委員長：飛原教授（大学改革支援学位授与機構）、産総研（機能化学・安全科学）、公立諏訪東京理科大学、東京大学、日冷工、NEDO

【WG III】委員長：岸本理事長（環境I社キガリネットワーク21）、ダイキン工業、国土技術政策総合研究所、早稲田大学、高圧ガス保安協会、NEDO、日冷工

【WG IV】委員長：齋藤教授（早稲田大学）、大学改革支援学位授与機構、早稲田大学、東京大学、ダイキン工業、パナソニック、三菱電機、日立ジョンソンコントロールズ空調、日冷工、NEDO、JEMA

進捗管理：開発促進財源投入実績

中間評価結果
#1への対応

- **委託事業**においては**開発の加速化**および、より**実用的な研究成果**が得られる研究開発に対して、また**助成事業**においては**実用化、普及促進**に寄与する研究開発に対して**リソースの選択と集中**を行い、いずれも**追加されたアウトプット目標を達成**。

研究開発項目	開発促進財源投入 (対当初契約)		主な内容
	回数	総額 (百万円)	
委託事業 (大学・国研)			
①次世代冷媒の基本的特性に関するデータ取得及び評価 【基本特性評価】	5	165	<ul style="list-style-type: none"> ・冷媒開発加速化のための物性測定迅速化、高精度化、測定範囲拡大のための機器拡充。 ・実動作環境を反映した評価装置、評価用ソフトウェアの拡充。
②次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【安全性・リスク評価】	5	118	<ul style="list-style-type: none"> ・実使用環境に即した冷媒漏洩状況再現、点火能評価対象機器の拡大、危害度評価精度向上のための実験追加および機器拡充。 ・自己分解反応の実機試験の実施。
助成事業 (民間企業)			
③次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発 【冷媒・機器開発】	2	13	<ul style="list-style-type: none"> ・実用化 (国際登録)、普及促進に向けた、新冷媒毒性評価精度向上のための機器拡充。

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム（社会実装）達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

3. マネジメント

(1)実施体制
受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

ご参考資料 事業全体像の具体的説明

2. 目標及び達成状況（詳細）

(1)アウトカム目標と達成見込み
(2)アウトプット目標と達成状況

- アウトカム達成に向けた戦略
- アウトカム目標の達成見込み
- テーマごとの目標と根拠
- テーマごとの目標と達成状況
- 個別テーマの成果と意義

研究開発の体制と研究開発項目



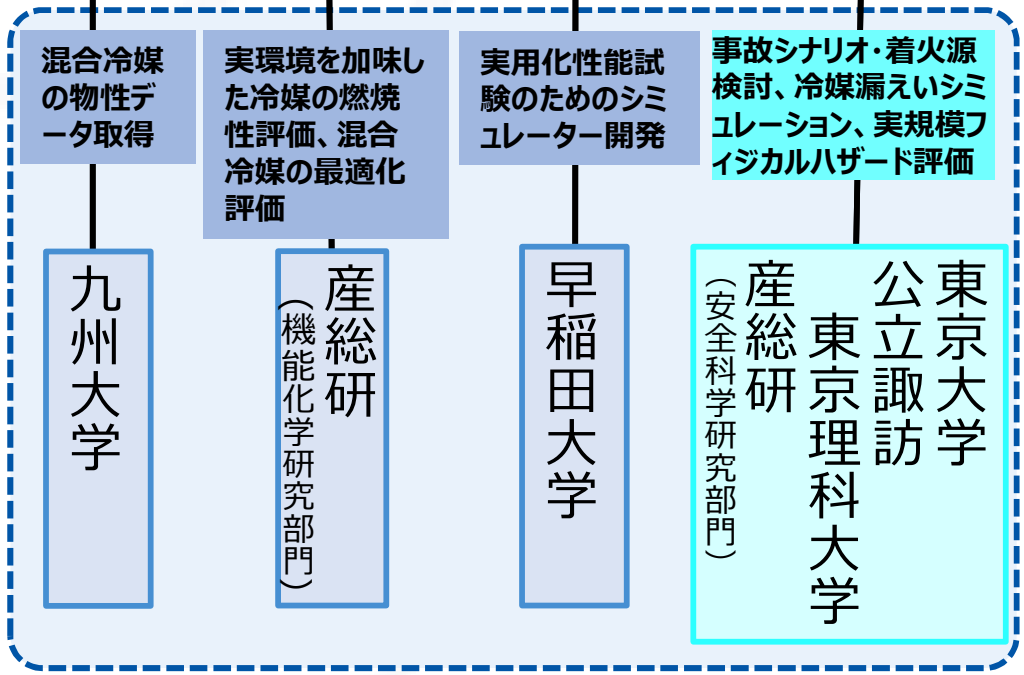
NEDO
 プロジェクトマネージャー NEDO 森 智和
 プロジェクトリーダー 独立行政法人大学改革支援・学位授与機構 特任教授 飛原 英治
 サブプロジェクトリーダー 早稲田大学 機械科学・航空宇宙学科 教授 齋藤 潔

技術検討委員会

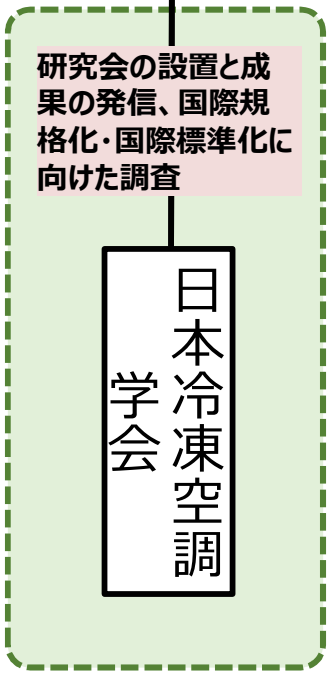
①次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価

②次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発

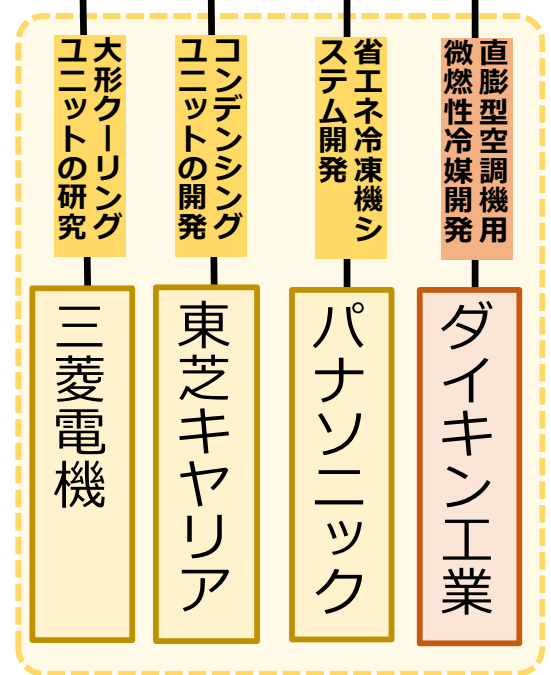
③次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発



委託事業



調査事業



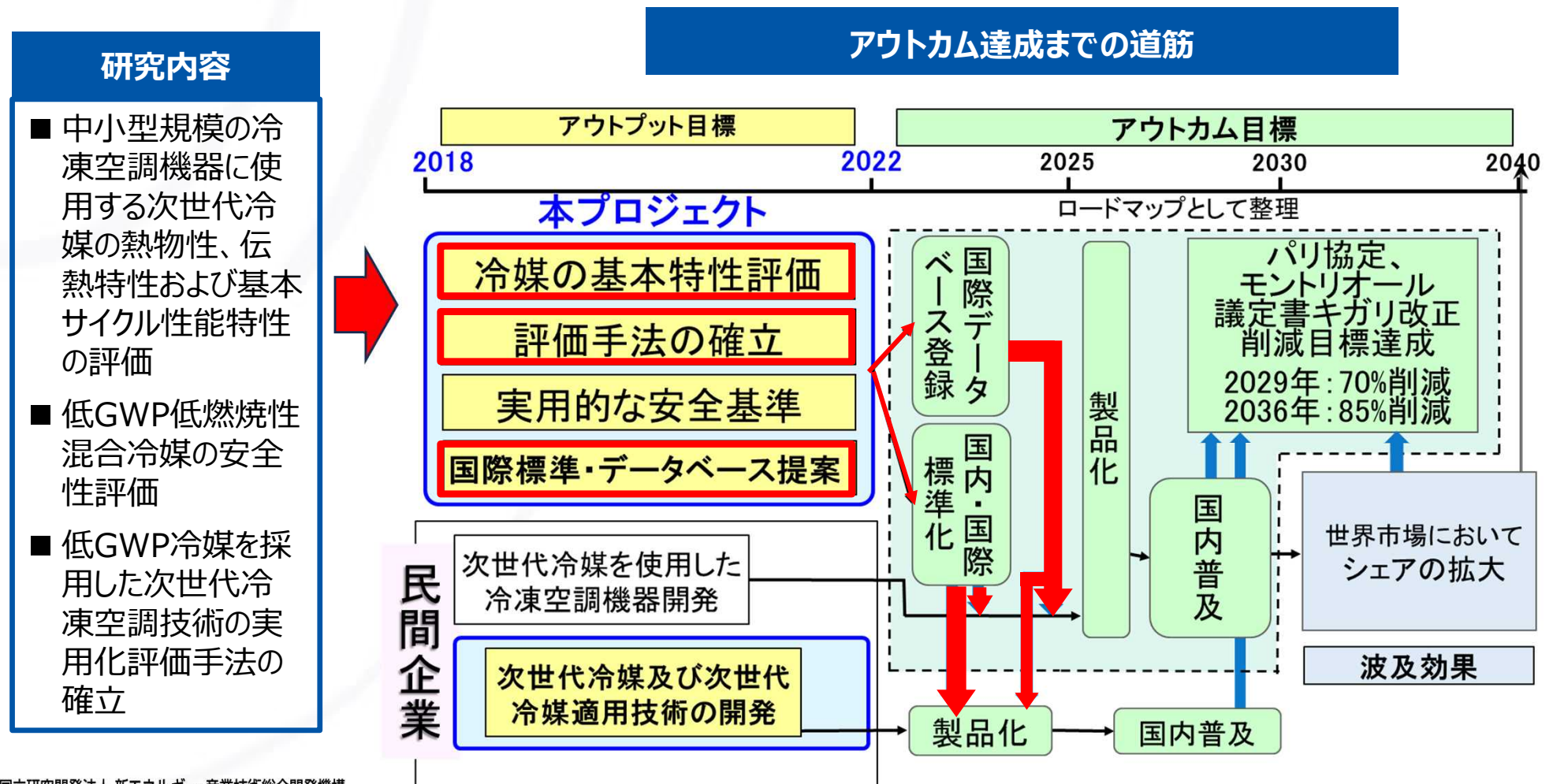
助成事業

研究開発項目①

次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価

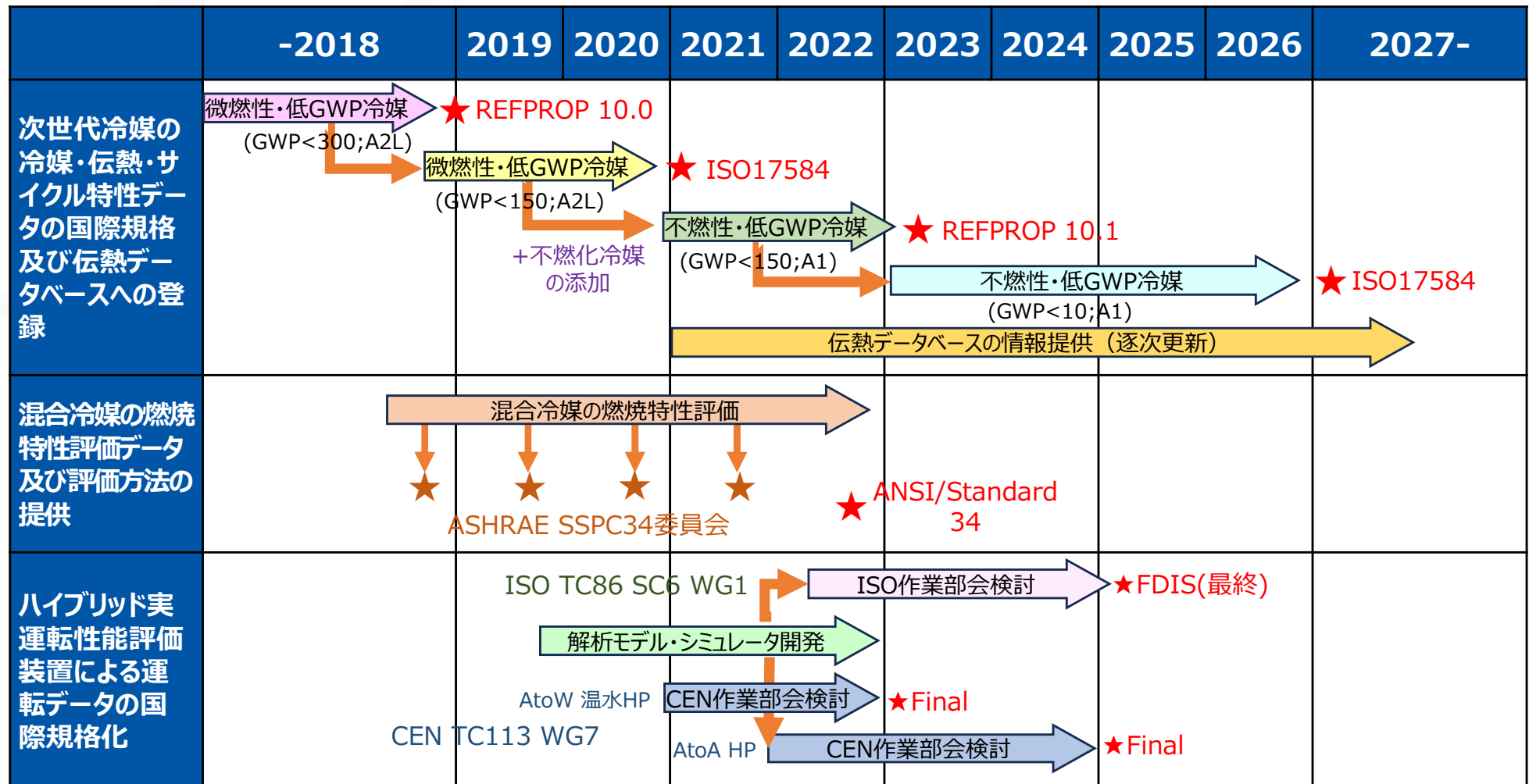
アウトカム目標の設定及び根拠 (研①)

- モントリオール議定書の削減目標を達成するためには、低GWP冷媒・機器の普及が必要。そのため研究開発項目①では、次世代低GWP冷媒・機器に関連する国際標準化等を目指して、冷媒特性及び燃焼特性を明らかにすると共に、冷凍空調技術の実用的評価手法の開発を実施。



アウトカム目標達成に向けた戦略・具体的取組 (研①)

- 冷媒状態方程式の国際規格(ISO17584)、流体熱物性データベース(REFPROP)、冷媒安全規格(ASHRAE)、空調機評価方法国際規格 (ISO TC86 SC6)、空調機の欧州性能規格 (CEN TC113) への登録を目指す



アウトカム目標の達成見込み (研①)

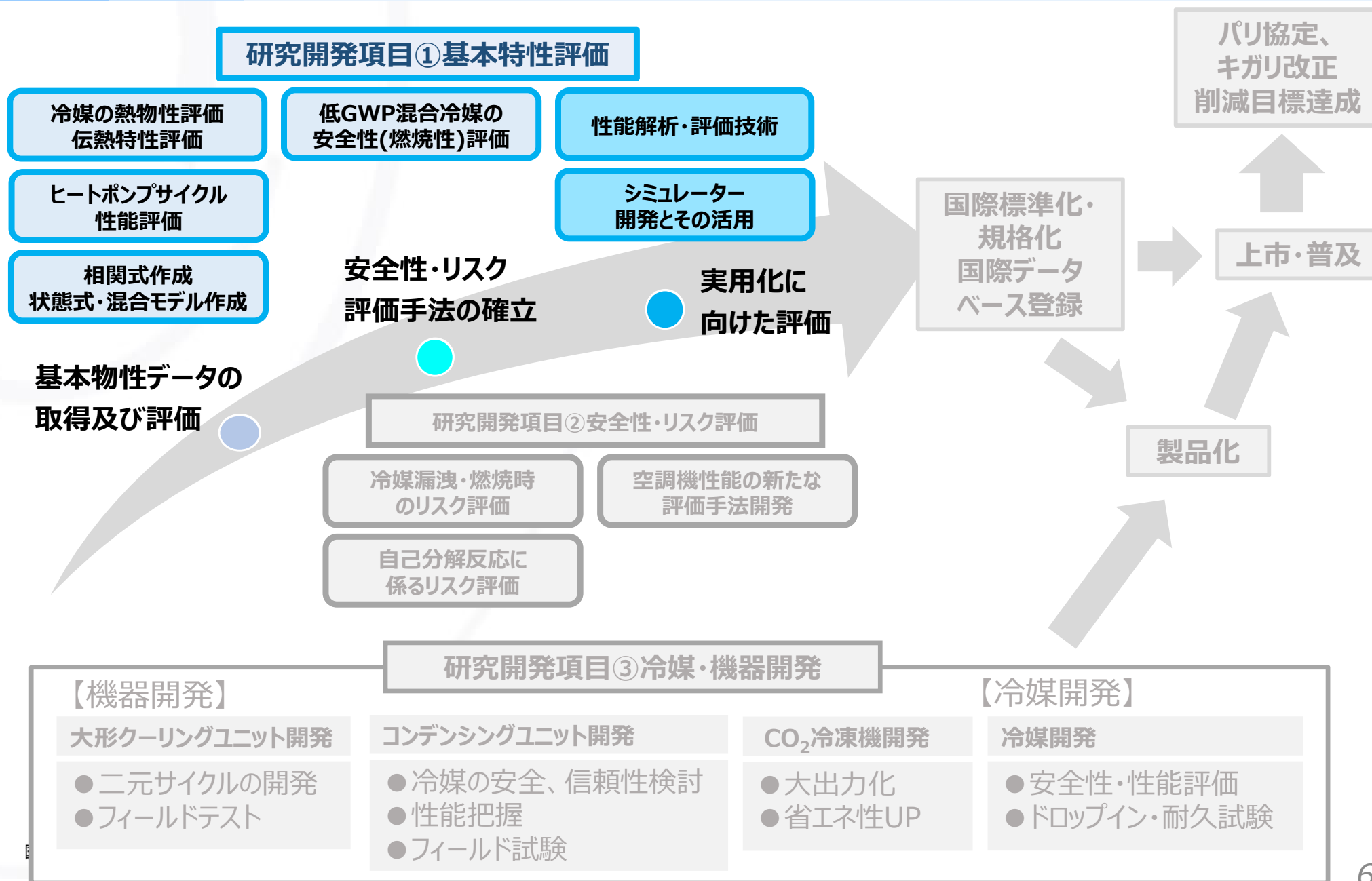
研究テーマ	達成見込み	課題
中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の熱物性、伝熱特性および基本サイクル性能特性の評価研究 【九州大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷媒物性・状態方程式について、国際規格への情報提供を行った。 ■ 冷媒物性について、国際データベース（NIST REFPROP）への登録を行った。 ■ 熱交伝熱特性について、伝熱データベースを開発し、WEB上で公開した。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒は毎年新たに提案されている。引き続き冷媒評価に取り組む必要がある。 ■ 冷媒の基本特性の国際規格化・標準化等には時間を要する。キガリ改正目標を見据えて、取組みの継続および加速化が必要である。
低GWP低燃焼性混合冷媒の安全性評価 【産業技術総合研究所】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高圧ガス保安法におけるHFO冷媒の爆発限界測定の基本値を改定。国際整合性、測定再現性、信頼性の観点から改善した。 ■ R32/1234yf混合系については、本研究を通して開発した評価法によって3種類の新冷媒の評価を行い規格認定の支援をするとともに、本研究で公表したデータは工業会規格に引用されるなど、成果の社会実装が進んでいる。 ■ HFO-1123混合系について、国内外の標準化に必要な燃焼特性評価結果を提供した。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 今後、低GWPかつ低沸点の冷媒の必要性から、本研究で対象外であったHFO混合冷媒について、引き続き、統一的・系統的な燃焼特性評価及び標準化を検討する必要がある。
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 【早稲田大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 多様な冷媒が導入された空調機器に関して、機器の性能が広範囲で高精度に予測できる機器の性能評価手法を確立し、国際規格の改定に向けた活動を行った。 ■ 実用機レベルのシミュレーターについて、業界団体へ提供し、標準ツールとして活用する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 評価手法についての一般化、規格化への取組みを継続する。 ■ シミュレーターについて、最新の産業界のニーズ把握とその反映に継続的に取り組む必要がある。

アウトカム目標の達成見込み (研①)

～国際規格・標準改定への貢献～

研究テーマ	研究内容	対象規格等	規格・標準改定への貢献	提案時期	発行時期
中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の熱物性、伝熱特性および基本サイクル性能特性の評価研究【九州大学】	次世代冷媒の物性計測、状態方程式	ISO17584	R1233zd(E)、R1336mzz(Z)、R1234yfの登録 混合冷媒の登録	2017-2022	2022.8
		REFPROP 10.1	R1336mzz(E)、R32/1123、R1123/1234yf、R1234yf/290 および R1123/290 の物性定義ファイルを提供	未定	未定
	伝熱データ計測 伝熱データベース	伝熱データベース	ユーザアカウントの権限レベルの設定とその機能を追加し、伝熱データのダウンロードを可能にすることで、研究開発や設計に必要な情報入手に貢献	2018-2023	2023(?)
低GWP低燃焼性混合冷媒の安全性評価【産業技術総合研究所】	微燃性冷媒の燃焼特性(燃焼速度、燃焼限界、消炎距離、混合則)	高圧ガス保安法	当NEDO事業で高度化した燃焼限界評価法が、特定不活性ガスの判定方法に採用された。	2020	2021.4
		ANSI/ASHRAE Standards 34	半年に1度開催されるASHRAE SSPC34委員会等へ、代表的な混合冷媒の燃焼特性の基準となるデータの提供や、燃焼特性評価方法の見直しとして規格改定に係る提案を主導することにより、その審議に適切に対処していく	2020	未定
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【早稲田大学】	解析モデル シミュレータ開発	IEC60335-2-89	A2L冷媒について、1.2kgの制限を外し、LFLの13倍まで冷媒を充填できるようにするという、日本提案に貢献した。	2019.12	2023
		ISO16358後継規格	開発したシミュレーションをISO次期期間性能規格のベースとして、デジタル規格化を目指す当該規格の根幹を形成し、また、必要な機能を追加して、測定の負担が少なく、高精度かつ利便性の高い規格の成立を目指す。	2023-2024	2026
	性能評価設備(エミュレータ方式試験室)	ISO(実運転性能データベース)	エミュレータ式負荷試験法が負荷試験の国際標準化に向けて認知されつつあり、これが主流になる。	未定	未定
	負荷固定試験方法	ISO5151, ISO15042, ISO16358-1,2,3	ISO/TC86/SC6のInformal group meetingで、NEDO成果を基に負荷固定試験方法に関する報告を行い、またこの方法の残課題の解決に向けて継続的に参画し、同方法の国際規格化を推進・支援している。今後、作業部会へ参画して、規格の成立を図る。	2021.6-	2026

目標達成に必要な要素技術 (研①)



アウトプット(終了時)目標の設定及び根拠 (研①)

研究テーマ	最終目標 (2023年3月)	根拠
中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の熱物性、伝熱特性および基本サイクル性能特性の評価研究 【九州大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 中小型冷凍空調機器への応用が見込まれる次世代低GWP冷媒について、その熱力学的特性、伝熱特性及びサイクル性能特性を実験・解析の両面から明らかにする 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代HFO系冷媒の特性は未だ解明されていない部分も多く、実用化促進の大きな障壁となっている。得られた成果をソフトウェアやデータベースとして提供することにより、冷媒の実用化を加速できる。 ■ これらの成果をISOやASHRAE、REFPROPなどの国際規格に登録して国際標準化することによって、全世界的な低GWP冷媒の実用化に貢献できる。
低GWP低燃焼性混合冷媒の安全性評価 【産業技術総合研究所】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3種類以上のHFO混合系について、燃焼特性の混合組成依存性及び混合効果を明らかにするとともに不活性化条件を明確化する。 ■ 3種類以上のHFO混合系の燃焼特性の温度及び湿度依存性を検討し明らかにする。 ■ 1種類以上のHFO混合系の燃焼特性の濃度分布影響を明らかにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安全性に優れた次世代冷媒普及のために、燃焼特性が殆ど解明されていない、多くのHFO混合系の燃焼特性を系統的に評価し、その燃焼特性データや評価手法および標準条件をこえた実使用環境を想定した燃焼特性データを取得し、国際規格化・国際標準化及び国際データベース等へ反映させることが重要である。
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 【早稲田大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 空調機器の各デバイスの現象究明、数式化による性能解析技術の確立 ■ 空調機器の動的性能評価が可能な性能評価装置の開発による性能評価方法の確立 ■ 空調機器の性能評価が可能な熱交換器、空調機器、LCCPの各シミュレーターの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒を使用した機器開発を加速化するためには、次世代冷媒を用いた空調機器の性能について、広範囲で高精度に予測できる手法を開発し、実用に即した評価手法を確立することが必要である。 ■ 同時にこの評価手法と従来規格手法の結果を比較することで、従来規格の課題が明確となり国際規格の改定に貢献出来る。

アウトプット目標の達成状況 (研①)

研究テーマ	成果 (実績) (2023年3月)	達成度	達成の根拠/解決方針
中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の熱物性、伝熱特性および基本サイクル性能特性の評価研究 【九州大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷媒特性に関する合計127件の測定、モデル構築、評価を行った。 ■ 中小型規模の冷凍空調機器への応用が見込まれる次世代低GWP冷媒の熱力学特性、伝熱特性及びサイクル性能を解析的・実験的の両面から明らかにした。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒候補となる低GWP冷媒の多面的性能評価を完了できた。<u>得られた成果の一部はすでに国際規格化・データベース化されており、実用化研究の基盤情報を形成している。</u>
低GWP低燃焼性混合冷媒の安全性評価 【産業技術総合研究所】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3種類のHFO混合系について、標準条件における燃焼特性の混合比依存性を明確化した。 ■ 3種類のHFO混合系について、実用上の温度・湿度条件における燃焼特性の混合比依存性を明確化した。 ■ 大規模容器を用いたR32/1234yf混合系の濃度分布による燃焼特性の変化を明確化した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3つの混合系冷媒について、燃焼性の観点からの最適な混合組成を明確化、4種の冷媒について実用上の燃焼特性を明確化できた。
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 【早稲田大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷凍サイクルを構成する各種デバイスの現象究明、数理モデル・数値解析手法を確立した。 ■ 上記を統合した空調機器の動的性能評価が可能な性能評価装置、空調機器の実用的な性能評価が可能なシミュレーターを開発した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒および適用機器の開発・検証に必要な、次世代冷媒を用いた空調機器の性能について、<u>広範囲で高精度に予測できる手法を開発し、実用性のある性能評価装置およびシミュレーターを開発出来た。</u>

個別テーマの成果と意義 (研①) _九州大学

「中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の熱物性、伝熱特性および基本サイクル性能特性の評価研究」

冷媒の熱物性測定および相関式作成	状態式・混合モデル作成	熱交伝熱特性の評価	ヒートポンプサイクルシステム性能評価
<p>(対象冷媒数)</p> <ul style="list-style-type: none"> 熱力学的性質 : 25種 気液平衡性質 : 7種 高温PVT性質 : 12種 定圧比熱 : 18種 表面張力 : 25種 音速 : 6種 熱伝導率,粘度 : 6種 <p>(例) 熱力学的性質</p>	<p>(対象冷媒)</p> <p><状態方程式></p> <ul style="list-style-type: none"> R1234yf (ISO) <p><混合モデル></p> <ul style="list-style-type: none"> R1123/1234yf系 R1234yf/290系 R1123/290系 (開発中) <p>NEDOプロジェクトで開発した状態方程式または混合モデル (太枠)</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 2px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> R1123 (Akasaka et al., 2020) </div> <div style="border: 2px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> R1123/1234yf (Akasaka and Lemmon, 2021) </div> <div style="border: 2px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> R1123/290 (開発中) </div> <div style="border: 2px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> R1234yf (Lemmon and Akasaka, 2022) </div> <div style="border: 2px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> R1234yf/290 (Akasaka et al., 2022) </div> <div style="border: 2px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> R290 (Lemmon et al., 2009) </div> </div>	<p>(対象冷媒数)</p> <p><円管内伝熱測定評価></p> <ul style="list-style-type: none"> 蒸発特性評価 : 4種 <p><扁平多孔管凝縮特性評価></p> <ul style="list-style-type: none"> 凝縮特性評価 : 5種 <p><プレート式熱交伝熱特性評価></p> <ul style="list-style-type: none"> 凝縮流動特性評価 : 5種 蒸発流動特性評価 : 5種 <p>(例) 扁平多孔管蒸発熱伝導率予測モデル</p>	<p>(対象冷媒)</p> <p><熱力学的解析></p> <ul style="list-style-type: none"> R32+125+CF₃I R32+1123+CF₃I <p><実験的評価></p> <ul style="list-style-type: none"> R32+1234yf R32+1234yf+CO₂ R32+1234yf+1123 <p>最適組成比の提案</p>

成果

- 冷媒特性に関する合計127件の測定、モデル構築、評価を行った。
- 次世代冷媒開発に必要な冷媒の基本特性（熱力学特性、伝熱特性及びサイクル性能）を解析的・実験的の両面から明らかにした。

意義 (副次的成果や波及効果等)

- 本研究で得た冷媒特性は、国際規格化・データベース化等を通して次世代冷媒・対応機器の実用化につながる。
- 次世代冷媒特性データの国際標準化は、冷凍空調機器用だけでなく、高温ヒートポンプ、医療技術、ナノテク産業にも貢献できる。

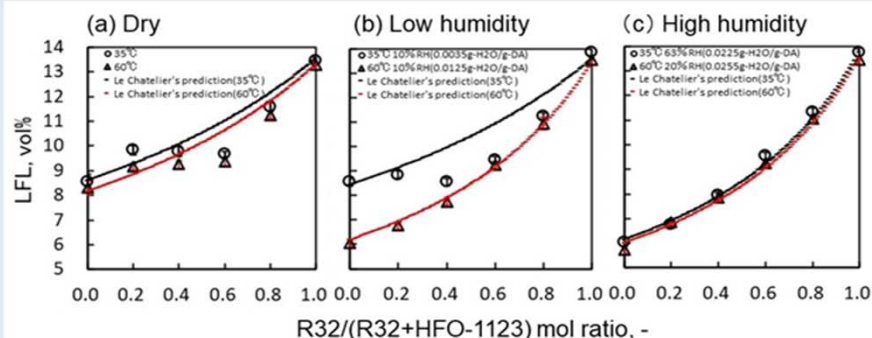
個別テーマの成果と意義 (研①) 産業技術総合研究所 (機能化学) 「低GWP低燃焼性混合冷媒の安全性評価」

低GWP混合冷媒の安全性評価

- 3つの混合系冷媒について、燃焼性の観点からの最適な混合組成を明確化。

対象冷媒	評価内容
R32/R1234yf系 HFO1123/R32系 HFO1123/R1234yf系	<ul style="list-style-type: none"> ・燃焼限界 (湿度影響) ・不活性ガス化条件 ・燃焼速度 (温度/湿度影響) ・断熱火炎温度 ・標準消炎距離 他

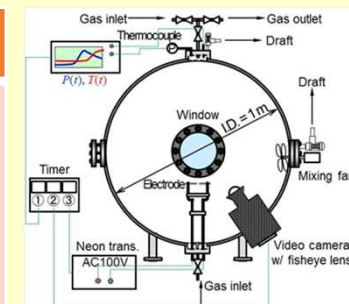
例) HFO-1123/R32混合系の燃焼限界の混合比依存性 (湿度別)



低GWP混合冷媒の実用上の安全性評価

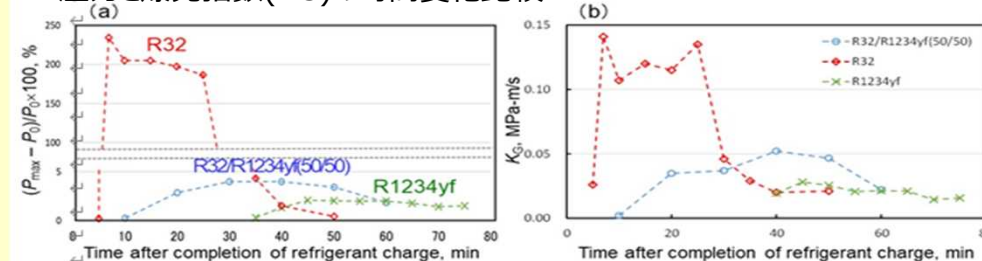
- 濃度分布のある系で実用上の燃焼特性評価を実施。

対象冷媒	評価内容
R32 CF ₃ I R1234yf R32/1234yf (50/50)	<ul style="list-style-type: none"> ・容器内濃度分布の経時変化 ・燃焼における最大到達圧力及び爆発指数の経時変化



大型燃焼特性評価装置

例) R32/1234yf 及び各成分単体の下方充填・燃焼における最大到達圧力と爆発指数(KG)の時間変化比較



成果

- 3つの混合系冷媒について、燃焼性の観点からの最適な混合組成を明確化した。
- 4種の冷媒について実用上の燃焼特性を明確化した。

意義 (副次的成果や波及効果等)

- 混合冷媒に関して広範な混合比、温度、及び湿度依存性を明らかにしたため、本成果はリスク評価等に活用され、国際規格化・標準化等を通して次世代冷媒・対応機器の実用化につながる。

個別テーマの成果と意義 (研①) _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」

性能解析技術	性能評価技術	シミュレーター開発とその活用
<p>機器を構成する各種デバイスの数理モデル・数値解析手法の確立。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ボイド率・伝熱予測式の構築 ■ 次世代冷媒採用機器のデバイスのモデリングと数値解析 (熱交換器・圧縮機・膨張弁) <p>例) 沸騰熱伝達の予測の一部</p> <p>熱伝達率 α [kW/m²K]</p> <p>クオリティ x [-]</p>	<p>非定常 (起動停止、断続運転等) でも機器性能を正しく評価出来る革新的評価装置の開発。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 評価装置の開発 ■ アイコン・ショーケース実運転データの取得 (R22, R290, R454c) ■ 性能解析モデルの妥当性検証 <p>例) 実運転データ取得 (冷媒別・負荷別)</p> <p>装置外観</p> <p>データ</p> <p>各種デバイスの数理モデル</p>	<p>実用的なシミュレーターの開発、機器の実用機レベルでの性能評価の実施、最適化の検討。LCCP評価。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ シミュレーターの開発と解析 <ul style="list-style-type: none"> ・ 熱交換器シミュレーター ・ 冷凍サイクルシミュレーター ・ LCCPシミュレーター <p>例) 熱交換器最適化解析</p> <p>冷媒ごとに熱交換器を最適化することでCOPが向上</p> <p>例) LCCP評価結果</p> <p>LCCP評価結果</p>

成果

- 冷凍サイクルを構成する各種デバイスの数理モデル・数値解析手法を確立した。
- 上記を統合した次世代冷媒および適用機器の開発・検証に必要な実用的な性能評価装置・シミュレーターを開発した。

意義 (副次的成果や波及効果等)

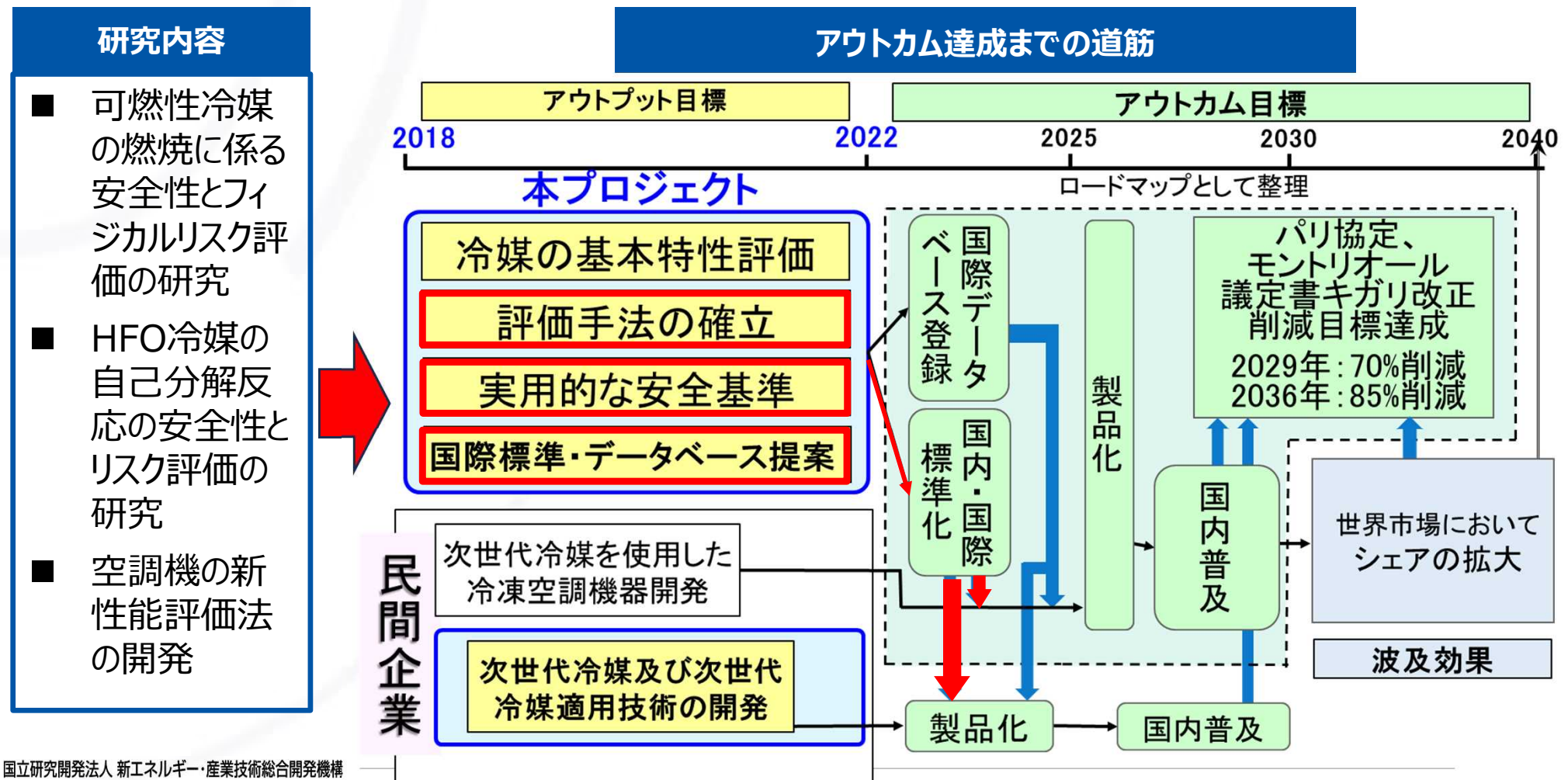
- 基本熱物性からシステム全体としての最適化評価技術を構築することは、国際標準化への貢献、ひいては次世代冷媒適用機器開発につながる。

研究開発項目②

次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発

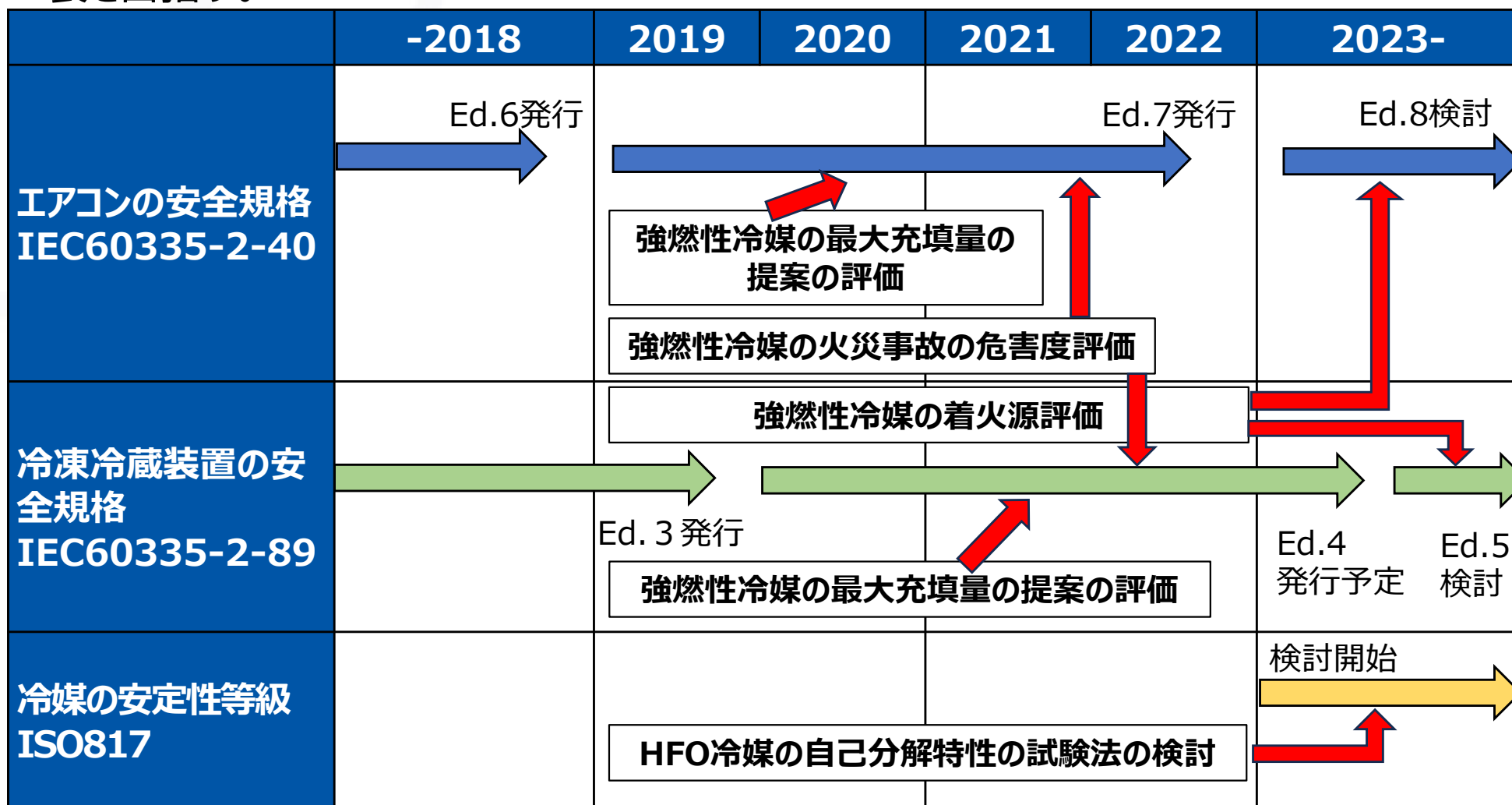
アウトカム目標の設定及び根拠 (研②)

- モントリオール議定書の削減目標を達成するためには、低GWP冷媒・機器の普及が必要。そのために研究開発項目②では、冷媒の実用的な安全基準の確立と国際規格化を目指し、可燃性冷媒及びHFO冷媒自己分解反応の安全性・リスク評価手法の研究を実施。



アウトカム目標達成に向けた戦略・具体的取組 (研②)

- 冷凍空調システムの安全基準(ISO5149)、エアコン・冷凍装置の安全基準 (IEC60335-2-40, 89)、冷媒の安定性等級(ISO817、ANSI/ASHRAE Standard34)への提案・実装を目指す。



アウトカム目標の達成見込み (研②)

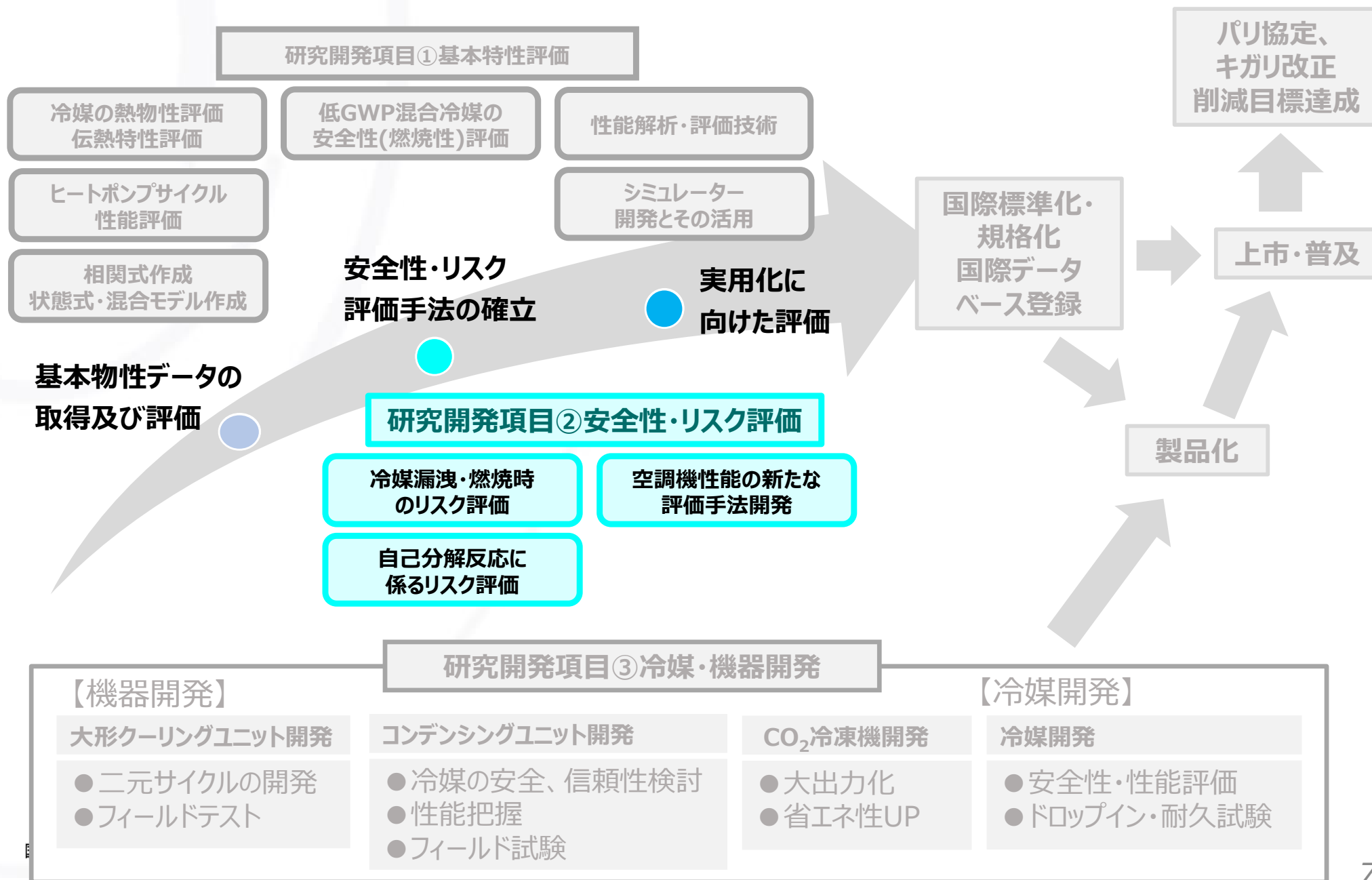
研究テーマ	達成見込み	課題
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【東京大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強燃性冷媒の安全性を規定する国際規格の妥当性を検討し、安全等級の改訂作業に情報提供した。 ■ HFO冷媒の自己分解反応の発生条件を実験的に明らかにし、安全性評価に関する国際規格化に向け提案した。 ■ ルームエアコンの新評価法として、負荷試験法を試行し、国内外の試験法の改正に提言した。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強燃性冷媒を用いることは安全面からは好ましいこととは言えないが、国際的な動向を踏まえ、安全に使用するために必要な最大充填量、室内機ファン風量の評価が必要である。 ■ 自己分解反応の発生条件の試験法の妥当性を検証する必要がある。 ■ 広く普及している空気エンタルピー式環境試験室で負荷試験を適切に実施できることを検証する必要がある。
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【公立諏訪東京理科大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強燃性冷媒の漏洩時に着火源になり得る機器と、その一般的な特性を解明することにより、強燃性冷媒の安全性についての、国際規格化、安全等級の改訂作業への情報提供につながった。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃焼冷媒の着火源になり得るものは多様に存在し、それぞれに着火源モデルを構築するため、引き続き、着火する条件についての一般的な特性を明らかにする必要がある。
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【産業技術総合研究所】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 燃焼性を有する冷媒が漏洩して火災になる時の危害度の特性を明らかにすることにより、強燃性冷媒の安全性についての、国際規格化、安全等級の改訂作業への情報提供につながった。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強燃性冷媒燃焼時の危害度はこれまで最悪と規定されてきたが、本PJの結果を元に規格を適正化する必要がある。

アウトカム目標の達成見込み (研②)

～国際規格・標準改定への貢献～

研究テーマ	研究内容	対象規格等	規格・標準改定への貢献	提案時期	発行時期
次世代冷媒の 安全性・リスク評 価手法の開発 【東京大学】	冷媒漏えい シミュレーシ ョン、濃度分 布計測	IEC60335-2-40	A3冷媒許容充填量緩和の妥当性を検証	-	2022.5
		IEC60335-2-89	日冷工で行った解析により、A2L冷媒の充填量緩和を實現。	2019.12	2023
		JRA4078 JRA GL-21	リーチインショーケースのA2、A3冷媒漏えい直後から、可燃域が形成される危険性を明らかにし、JIS C 9335-2-89での濃度基準を定めるのに貢献（IEC60335-2-89で規定されている5分間の測定免除をなくした）	2019-2020	2021
	ディーゼル爆 発の抑制	IEC60335-2-40	A3冷媒のディーゼル爆発に対する規定が必要ないとの結論を導くのに貢献した	2018	2018
	HFO冷媒の 自己分解反 応	ISO 817	HFO冷媒の自己分解反応のリスク評価を進め、自己分解反応の安全性評価の重要性をISO817の改訂委員会に提案することに貢献する。またCF ₃ Iのような物質の安定性についても議論する。	2023-2024	2025
	負荷固定試 験方法	JIS C 9612	実運転と同じように制御機能を生かしてエアコンの性能を測定する負荷試験法を実施した。JIS C9612改訂作業チームに、性能試験の改定案を提供する。	未定	未定
次世代冷媒の 安全性・リスク評 価手法の開発 【公立諏訪東京 理科大学】	着火源の評 価	IEC60335-2-40 IEC60335-2-89	着火源から除外可能な電気部品の電圧電流条件や負荷条件を整理、理論化。また、高温表面温度の着火性に関して対流要件や放熱メカニズムを整理、理論化する。これにより、実装前の着火性予測にまで言及した国際規格を提案する。	未定	未定
		JRA規格	各種着火源の評価及び着火有無判定結果について、日冷工規格へ反映する	未定	未定
次世代冷媒の 安全性・リスク評 価手法の開発 【産業技術総合 研究所】	実規模危害 度評価	IEC60335-2-89	リーチインショーケースに対し扉開放後5分間の測定免除に対する危険性を今後の改訂に提案する。	未定	未定

目標達成に必要な要素技術 (研②)



アウトプット(終了時)目標の設定及び根拠 (研②)

研究テーマ	最終目標 (2024年3月)	根拠
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発【東京大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可燃性冷媒漏洩時の冷媒拡散、危害度の評価、ディーゼル爆発の抑制方法を提案する。 ■ HFO冷媒の自己分解反応の抑制方法の検討および効果の確認をする。冷媒圧縮機内ショートの原因説明を行う。 ■ エアコンの負荷試験法の実現可能性を明らかにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可燃性冷媒漏洩時のリスク評価としては、実用に即し可燃域形成に係る機器の設置・運転条件の影響を明確にする必要がある。 ■ HFO1123などの国産冷媒の実用化のためには、自己分解反応を抑制する必要がある。自己分解反応は圧縮機の故障により励起されるので、圧縮機におけるショート発生要因を解明する。 ■ 現状のJIS規格においてはインバータ制御機器などについての適正な評価について課題がある。この課題を解決する手法として負荷試験方法について検討する。
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発【公立諏訪東京理科大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 着火源を分類し、分類カテゴリーごとに着火源モデルを構築する。 ■ 次世代冷媒のフィジカルリスク評価のための着火源評価手法を完成させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代冷媒の実用化には、安全基準（業界規格等）の策定に資するデータや評価結果が必要である。 ■ 室内に実在する幅広い着火源の着火性評価手法の確立のためには、実際の事故シナリオに基づく着火源の分類と、各々に対する着火性の評価、モデル化が必要である。
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発【産業技術総合研究所】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 評価実験に用いる漏洩条件をモデル化とこれに基づく実在機器類の点火能を評価する。 ■ エアコンから小流量で漏洩する場合の着火事故の危害度を評価する。 ■ エアコンとショーケースでの急速漏洩時の着火事故の危害度を評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実使用条件に近い漏洩条件で適切に危害度評価を行う必要がある。 ■ 実際に起こり得る漏洩条件で居室空間内への漏洩挙動を観測し、着火が起こった場合の危害度を評価することで、漏洩着火事故のリスク評価のためのデータを得ると共に、充填量制限や室内気の攪拌等の安全対策の有効性を確認することで、可燃性冷媒の普及に資することができる。

アウトプット目標の達成状況 (研②)

研究テーマ	成果 (実績) (2023年3月)	達成度	達成の根拠 / 解決方針
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【東京大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ R290が漏洩するときのシミュレーションを行いIEC規格が適正であることを確認できた。 ■ HFO1123混合冷媒の自己分解反応を抑制する手法が明らかになった。 ■ 空調機性能評価精度の向上策として、負荷試験法の実現可能性を示すとともに、課題について整理した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日冷工のWGと協力をしながら、IEC規格等の改訂に協力した。 ■ HFO1123の自己分解反応を抑制する手段として、プロパンが有効であることを示した。 ■ エアコンのJISや国際規格の改訂に情報提供できた。
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【公立諏訪東京理科大学】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 着火源の分類を完了した。 ■ リレー接点、スイッチ押下、コンセント抜き差し、静電気などの電気系着火源、熱面・たばこなどの熱系着火源の着火性を評価した。 ■ 湿度の影響等について評価を完了した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 分類したそれぞれの着火類型における着火性評価を行い、結果をまとめて公表した。 ■ 査読付き論文8報，学会発表26件などの発信した。 ■ 研究成果が日冷工規格に反映された。
次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発 【産業技術総合研究所】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 過去の漏洩事故事例等から実規模実験の漏洩条件を決定した。 ■ 実在する電気機器の点火能を評価した。 ■ エアコンでは、R290、R32、R1234yfについて、ショーケースではR290について、実規模の漏洩着火実験を行い、危害度を評価した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本冷凍空調工業会のWGと協力をしながら、リスク評価を実施し、IEC規格等の改訂に協力した。 ■ 現在単体で用いられている微燃性のHFC冷媒の室内漏洩事故では着火が起きにくいことが示された。

個別テーマの成果と意義 (研②) _ 東京大学 「次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発」

可燃性冷媒の燃焼に係る安全性とリスク評価	HFO冷媒の自己分解反応の安全性とリスク評価	空調機の新性能評価法の開発
<p>●可燃域形成に係る機器の設置条件・運転条件の影響を明確化</p> <p>例) 風速影響 (ルームエアコン)</p> <p>●ディーゼル爆発抑制対策</p> <p>例) 潤滑油添加剤による燃焼抑制効果</p>	<p>●自己分解反応抑止方法を開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ R290添加による抑止効果 (R1123) <ul style="list-style-type: none"> ・ 反応伝播の放電エネルギー依存性確認 ・ 圧縮機構造改善による圧力上昇抑制確認 <p>例) 実証試験結果</p>	<p>●新性能評価手法の可能性と課題を整理。</p> <p>例) 風速モードとCOPの関係 (冷房時)</p> <p>例) 断続運転の計測 (25%冷房負荷。熱容量の影響調査等)</p>

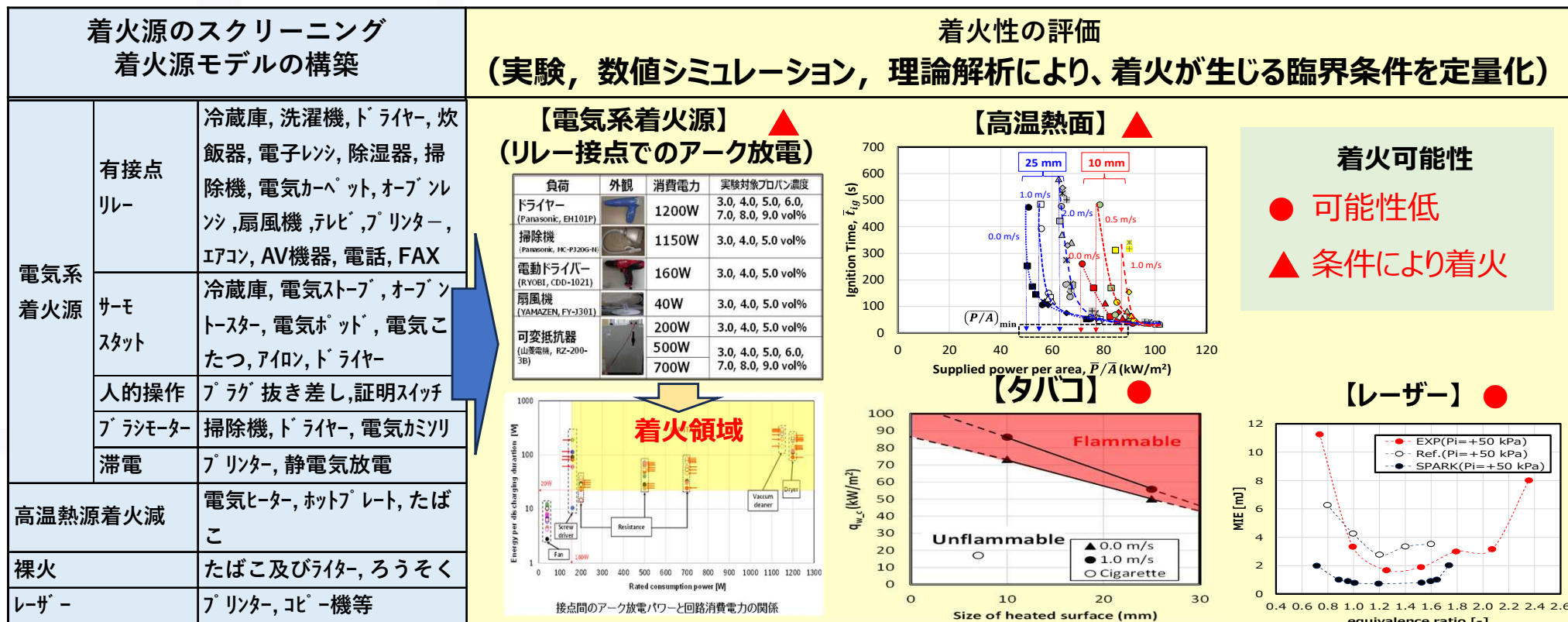
成果

- 可燃性冷媒漏洩時のリスク評価として、可燃域形成に係る機器の設置・運転条件の影響を明確化した。
- 可燃性冷媒の燃焼抑制対策、HFO系冷媒の自己分解反応抑止方法について、添加剤や機器の構造改善による手法を開発した。
- 空調機の新しい性能評価手法として、負荷試験法の妥当性を検証できた。

意義 (副次的成果や波及効果等)

- 可燃性冷媒の燃焼に係る安全性とリスク評価の成果の一部は、IEC安全規格等に反映。自然冷媒使用機器の安全な普及に貢献出来た。
- 国産冷媒の課題である自己分解反応の抑制に一定の足掛かりをつけたことで、今後の研究開発・普及に向けて大きく前進した。
- 適正な空調機性能評価の規格化に貢献。日本製品 (省電力・インバータ方式) の普及促進に寄与する事を期待。

個別テーマの成果と意義 (研②) 公立諏訪東京理科大学 「次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発」



成果

- 可燃性冷媒漏洩時のリスク評価として、冷媒漏洩時の室内で想定される着火源について、業界団体である日冷工のリスク評価と連携してスクリーニングを行い、**着火源モデルを構築した。**
- これらの着火源について、**実験、数値シミュレーション、理論解析により、着火が生じる臨界条件**（可燃性冷媒の濃度、機器の使用条件、エネルギー等）**について定量化した。**

意義 (副次的成果や波及効果等)

- 強燃性冷媒（プロパン）の着火源特性を定量的に評価することにより、**機器の設計指針や将来の国際規格の改訂、および機器の安全な普及に貢献出来る。**

個別テーマの成果と意義 (研②) 産業技術総合研究所 (安全科学) 「次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発」

「実使用条件を考慮した自然冷媒使用冷凍空調機器の燃焼に係る実規模フィジカルハザード評価」

<p>冷凍空調機器からの冷媒漏洩事象の検討と漏洩条件のモデル化</p>	<p>可燃濃度域内に存在する実在の機器類の点火能評価</p>	<p>実使用条件を考慮した自然冷媒使用冷凍空調機器の燃焼に係る実規模フィジカルハザード評価</p>																																																																																																
<p>過去の冷媒漏洩事象事例</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>製品</th> <th>室内/外</th> <th>漏れ箇所</th> <th>漏れ箇所形態</th> <th>相当径/mm</th> <th>液漏洩/度(63°C液)</th> <th>液漏洩度(10°C液)</th> <th>ガス漏洩度</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>mm</td> <td>kg h⁻¹</td> <td>g min⁻¹ / kg h⁻¹</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>家庭用ビル用マルチ</td> <td>内</td> <td>熱交換器伝熱管</td> <td>全面腐食</td> <td>0.17400</td> <td>4.03</td> <td>67.16667</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ビル用マルチ</td> <td>内</td> <td>熱交換器伝熱管</td> <td>全面腐食</td> <td>0.13000</td> <td>2.24</td> <td>37.33333</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>設備用ビル用マルチ</td> <td>内</td> <td>熱交換器伝熱管</td> <td>全面腐食</td> <td>0.08490</td> <td>0.958</td> <td>15.96667</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ビル用マルチ</td> <td>内</td> <td>熱交換器伝熱管</td> <td>線の束状腐食</td> <td>0.06310</td> <td>0.529</td> <td>8.81667</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ビル用マルチ</td> <td>内</td> <td>熱交換器伝熱管</td> <td>腐食</td> <td>0.06110</td> <td>0.496</td> <td>8.26667</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ビル用マルチ</td> <td>内</td> <td>液割フレア</td> <td>ろう付け不良</td> <td>0.04880</td> <td>0.316</td> <td>5.26667</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>設備用ビル用マルチ</td> <td>内</td> <td>熱交換器伝熱管</td> <td>腐食</td> <td>0.04260</td> <td>0.241</td> <td>4.01667</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>評価実験に用いる漏洩条件の決定</p> <p>漏洩ヶ所</p> <ul style="list-style-type: none"> 熱交換器接続部 (実際の配管を利用) 熱交換器中央・下部配管取回し空間 <p>漏洩口形状</p> <ul style="list-style-type: none"> 配管の全破断 <p>漏洩速度</p> <ul style="list-style-type: none"> 4分全量放出基本。3~20分全量放出 	製品	室内/外	漏れ箇所	漏れ箇所形態	相当径/mm	液漏洩/度(63°C液)	液漏洩度(10°C液)	ガス漏洩度						mm	kg h ⁻¹	g min ⁻¹ / kg h ⁻¹	家庭用ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	全面腐食	0.17400	4.03	67.16667	0	ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	全面腐食	0.13000	2.24	37.33333	0	設備用ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	全面腐食	0.08490	0.958	15.96667	0	ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	線の束状腐食	0.06310	0.529	8.81667	0	ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	腐食	0.06110	0.496	8.26667	0	ビル用マルチ	内	液割フレア	ろう付け不良	0.04880	0.316	5.26667	0	設備用ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	腐食	0.04260	0.241	4.01667	0	<p>電気機器類12種と石油ファンヒーターについて点火能を評価。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>異常数/個体数</th> <th>詳細</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>レーザープリンター</td> <td>0/2</td> <td>各250枚カラー両面印刷で異常なし</td> </tr> <tr> <td>ヘッドライヤー</td> <td>3/3</td> <td>本体スイッチオフ操作時に着火 外部電源の開閉繰り返し100回不着火</td> </tr> <tr> <td>電気掃除機</td> <td>1/2</td> <td>7秒オン5秒オフの繰り返し7回目で発煙</td> </tr> <tr> <td>電動ドリル</td> <td>0/1</td> <td>負荷有無、強弱、各100回で異常なし</td> </tr> <tr> <td>ホットプレート</td> <td>1/1</td> <td>最高温とオフの繰り返し20回程度で着火</td> </tr> <tr> <td>石油ファンヒーター</td> <td>2/2</td> <td>点火後にプロパン吹込みで着火</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	機器	異常数/個体数	詳細	レーザープリンター	0/2	各250枚カラー両面印刷で異常なし	ヘッドライヤー	3/3	本体スイッチオフ操作時に着火 外部電源の開閉繰り返し100回不着火	電気掃除機	1/2	7秒オン5秒オフの繰り返し7回目で発煙	電動ドリル	0/1	負荷有無、強弱、各100回で異常なし	ホットプレート	1/1	最高温とオフの繰り返し20回程度で着火	石油ファンヒーター	2/2	点火後にプロパン吹込みで着火	...			<p>■ 拡散挙動計測 例) エアコン, R290</p> <p>送風あり：可燃域形成なし</p> <p>送風なし：床面付近に可燃域</p> <p>■ 実規模フィジカルハザード評価 例) リーチインショーケース, R290, 充填量500g, ファン運転開扉後5分でパーク点火</p> <p>着火しガラス扉破損。ガラスが飛散。</p>
製品	室内/外	漏れ箇所	漏れ箇所形態	相当径/mm	液漏洩/度(63°C液)	液漏洩度(10°C液)	ガス漏洩度																																																																																											
					mm	kg h ⁻¹	g min ⁻¹ / kg h ⁻¹																																																																																											
家庭用ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	全面腐食	0.17400	4.03	67.16667	0																																																																																											
ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	全面腐食	0.13000	2.24	37.33333	0																																																																																											
設備用ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	全面腐食	0.08490	0.958	15.96667	0																																																																																											
ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	線の束状腐食	0.06310	0.529	8.81667	0																																																																																											
ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	腐食	0.06110	0.496	8.26667	0																																																																																											
ビル用マルチ	内	液割フレア	ろう付け不良	0.04880	0.316	5.26667	0																																																																																											
設備用ビル用マルチ	内	熱交換器伝熱管	腐食	0.04260	0.241	4.01667	0																																																																																											
機器	異常数/個体数	詳細																																																																																																
レーザープリンター	0/2	各250枚カラー両面印刷で異常なし																																																																																																
ヘッドライヤー	3/3	本体スイッチオフ操作時に着火 外部電源の開閉繰り返し100回不着火																																																																																																
電気掃除機	1/2	7秒オン5秒オフの繰り返し7回目で発煙																																																																																																
電動ドリル	0/1	負荷有無、強弱、各100回で異常なし																																																																																																
ホットプレート	1/1	最高温とオフの繰り返し20回程度で着火																																																																																																
石油ファンヒーター	2/2	点火後にプロパン吹込みで着火																																																																																																
...																																																																																																		

成果

- 過去の冷媒漏洩事故データおよび諏訪理科大の実験データより実験条件を決定し、**実在する機器** (電気機器12種、石油ヒータ1種) について**点火能**を評価した。
- 実使用を模擬した条件において**実規模フィジカルハザード評価**を実施し、**冷媒漏洩時の拡散挙動および着火時の影響**を明確化した。

意義 (副次的成果や波及効果等)

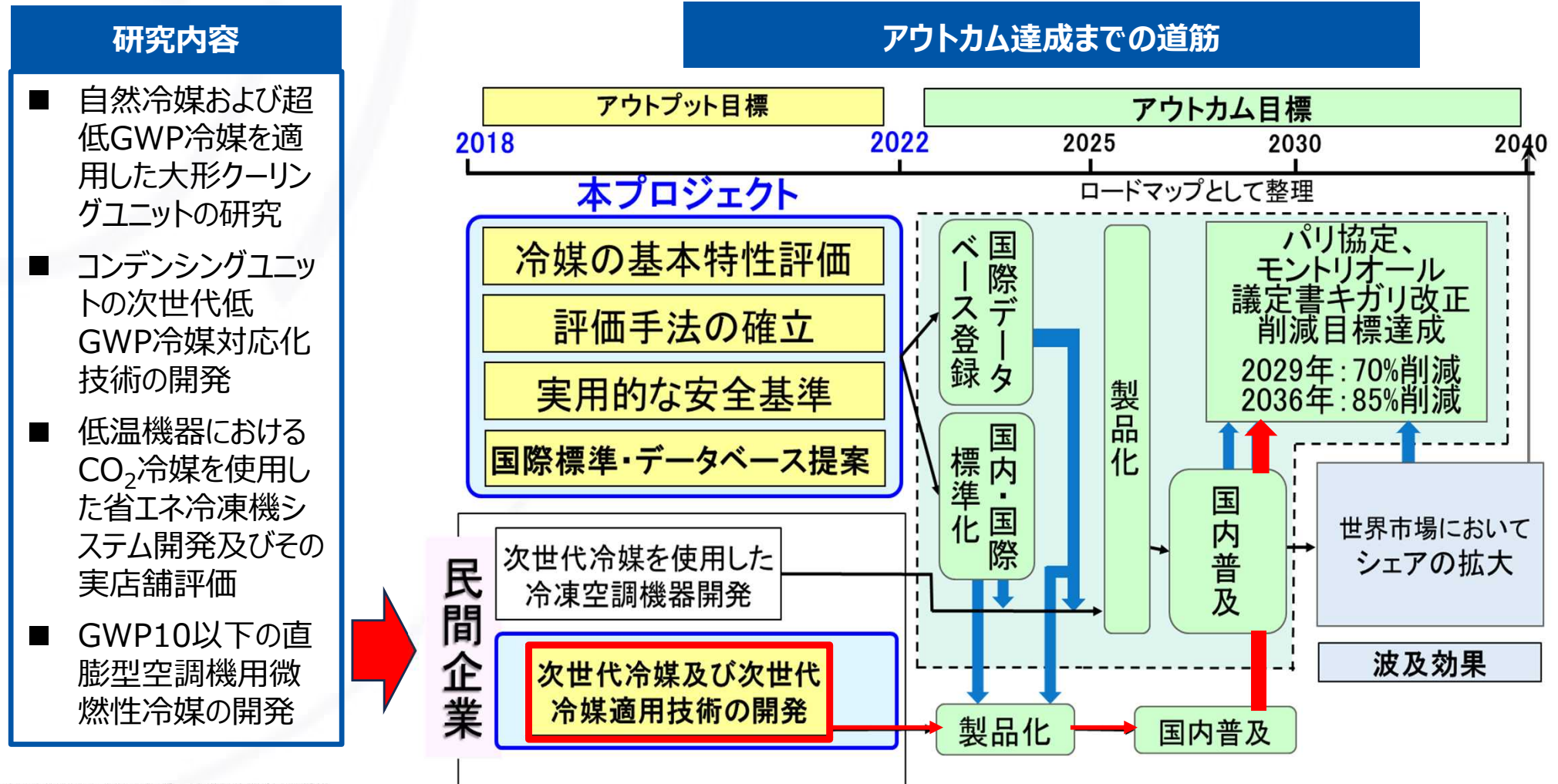
- 実在機器の点火能評価では、それぞれの電気機器について、どの部品が着火源となり得るかが示されたことで、**機器類の設計や設置の指針**とすることが出来た。
- 実使用条件を考慮した拡散挙動計測およびフィジカルハザード評価では可燃域形成に係る攪拌の影響や実際の危害度が明確となり、**可燃性冷媒使用に係る安全規格の適正化や普及**に貢献出来た。

研究開発項目③

次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発

アウトカム目標の設定及び根拠 (研③)

- モントリオール議定書の削減目標を達成するためには、低GWP冷媒を用いた製品の普及が必要。そのため研究開発項目③では、民間企業における製品化を支援するために次世代冷媒開発及び次世代冷媒適用技術開発を実施。



アウトカム目標達成に向けた戦略・具体的取組 (研③)

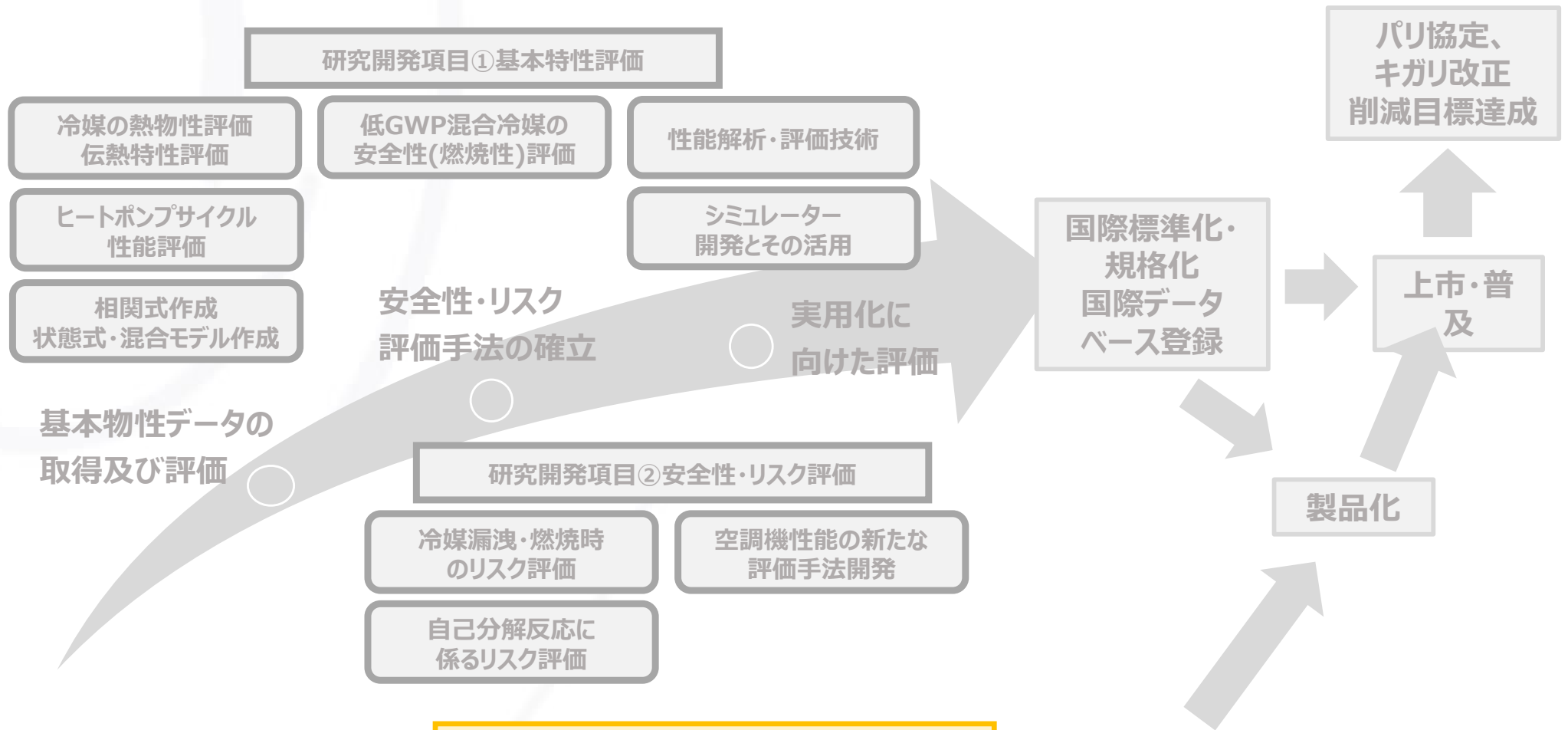
▼ 事業終了

研究開発項目		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
③ 冷媒・機器開発	大形クーリングユニット	量産化検討		上市予定						
	コンデンシングユニット	企画	設計・据付業者教育		上市予定					
	CO ₂ 冷凍機	上市 (空冷一体型30~40HP、冷凍機用ポンプダウンユニット)								
					上記以外：量産開発着手予定					
	冷媒開発	準備				上市予定 (EV用途)				
		自己分解反応に対する安全性確認 (NEDO-PJ)					準備	上市予定 (空調機)		

アウトカム目標の達成見込み (研③)

研究テーマ	達成見込み	課題
自然冷媒および超低GWP冷媒を適用した大形クーリングユニットの研究 【三菱電機】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大型冷蔵倉庫向けのクーリングユニットについて、自然冷媒および超低GWP冷媒を適用し、従来機器と比べ、安価で高い省エネ性を持ち、設備管理者も不要なシステムの量産化技術が確立できる見込み。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 今後の量産開発設計にて、製品の安全性・信頼性・性能・コストの詳細検討が必要。 ■ 量産機生産のためには設備投資が必要でありその検討が必要。
コンデンシングユニットの次世代低GWP冷媒対応化技術の開発 【東芝キャリア】	<ul style="list-style-type: none"> ■ コンデンシングユニット開発において、コストと性能の両立を図り、現状の要素部品をベースに改良することで、2025年の早期上市を予定している。 ■ 主にチェーン展開しているコンビニエンスストアをターゲットとすることにより迅速な市場浸透を可能とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 上市開始時の冷媒の供給量と冷媒価格、対応冷媒回収機の普及度について、迅速な市場への機器普及を妨げるリスクがある。
低温機器におけるCO ₂ 冷媒を使用した省エネ冷凍機システム開発及びその実店舗評価 【パナソニック】	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂冷凍機の大出力化技術により、部品の汎用化、低コスト化を実現する。 ■ CO₂冷媒の特長である高温排熱を利用したシステムにより、フロン冷媒以上の省エネ性を提供する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂冷媒の普及のためには最終ユーザーがCO₂冷凍機器を選択する経済的なメリットが必要。 ■ 従来冷媒からCO₂冷凍機器に切り替える際の施工期間・費用の圧縮が必要。
GWP10以下の直膨型空調機用微燃性冷媒の開発 【ダイキン工業】	<ul style="list-style-type: none"> ■ GWP10以下の冷媒 (R474A) を開発し、国際規格に登録した。 ■ 空調機での基礎検討で使用の可能性を示すことができた。直膨型空調機において性能・安全面でHFC系冷媒を代替する可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自己分解反応に対応する安全性確保の機器指針を検討し、市場に提供できるよう準備を進める。

目標達成に必要な要素技術 (研③)



研究開発項目③冷媒・機器開発			
【機器開発】			【冷媒開発】
大形クーリングユニット開発	コンデンシングユニット開発	CO₂冷凍機開発	冷媒開発
<ul style="list-style-type: none"> ● 二元サイクルの開発 ● フィールドテスト 	<ul style="list-style-type: none"> ● 冷媒の安全、信頼性検討 ● 性能把握 ● フィールド試験 	<ul style="list-style-type: none"> ● 大出力化 ● 省エネ性UP 	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全性・性能評価 ● ドロップイン・耐久試験

アウトプット(終了時)目標の設定及び根拠 (研③)

研究テーマ	最終目標 (2024年3月)	根拠
自然冷媒および超低GWP冷媒を適用した大形クーリングユニットの研究 【三菱電機】	<ul style="list-style-type: none"> 自然冷媒および超低GWP冷媒を適用し、従来比、定格条件ならびフィールド実使用条件下での年間COPが100%以上、機器販売価格が140%以下を達成する技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 高元側の冷媒として超低GWP冷媒（HFO冷媒含む）を用い、低密度冷媒の弱点である吸入圧力損失による効率低下および押しのけ量が多くなる課題に対しての改善を図りながら、クーリングユニットに適用した場合のユニット性能を評価し、実用化課題を抽出し改善策を立案する。また、可能な限り空調機で使用している部品を多用することで製品コストを低減させる。
コンデンシングユニットの次世代低GWP冷媒対応化技術の開発 【東芝キャリア】	<ul style="list-style-type: none"> GWP150冷媒採用のコンデンシングユニット開発にて、実運転時の年間機器性能を5%改善する技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> キガリ改正のフェーズダウンを見据えつつ、製品設置やサービス需要に支障が出ないようにGWP値を150に設定し、年間機器性能改善率を5%とすることでユーザに対してもメリットがある仕様とした。
低温機器におけるCO ₂ 冷媒を使用した省エネ冷凍機システム開発及びその実店舗評価 【パナソニック】	<ul style="list-style-type: none"> CO₂冷凍機の大出力化技術開発 高外気温対応技術開発 未利用熱利用技術開発 中高温領域対応技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂冷凍機の普及が促進されない要因の一つとして、30HP以上の大出力機種が無く、スーパーマーケットや大規模倉庫等では使用台数が多くなり、施工費用が高くなることが挙げられる。 業界の認識として、自然冷媒に転換するメリットが環境性のみになっていることも挙げられる。そこで、左記の技術開発を行うことで、CO₂冷媒の普及促進を狙う。
GWP 10以下の直膨型空調機用微燃性冷媒の開発 【ダイキン工業】	<ul style="list-style-type: none"> GWP 10以下のA2L冷媒を提案 市販HFO冷媒と同水準の機器性能 	<ul style="list-style-type: none"> GWP値に関して直膨空調機で温暖化規制を確実にクリアできる数値とした。安全性については、A1～A2Lでないと広く普及できないためこの値を目標とした。 直膨空調機で使用されているR454B (466), R454C (148)などのHFO系冷媒を基準にした。

アウトプット目標の達成状況 (研③)

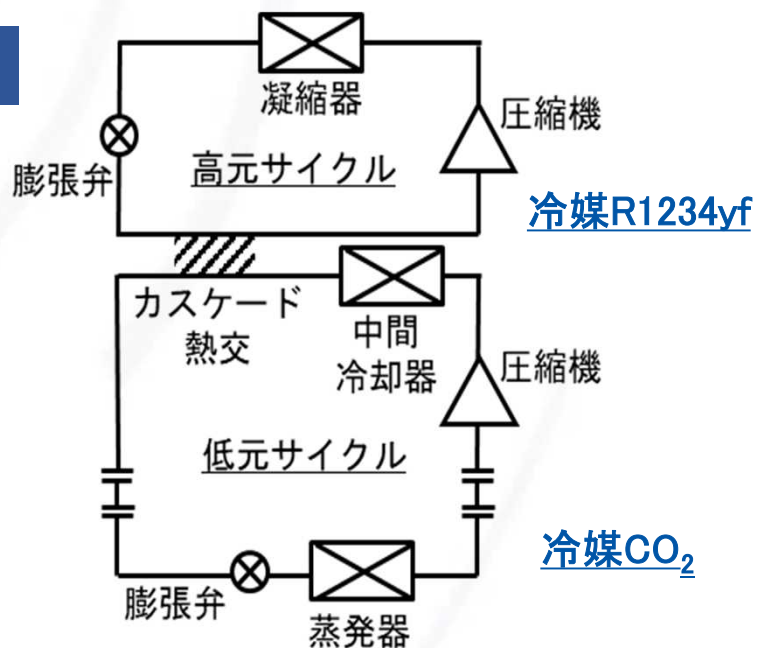
研究テーマ	成果 (実績) (2024年3月)	達成度	達成の根拠/解決方針
自然冷媒および超低GWP冷媒を適用した大形クーリングユニットの研究 【三菱電機】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大形クーリングユニットにおいて、二元サイクル検討および最適冷媒を選定し、実証試験を完了した。 ■ 自然冷媒を適用し安価で高い省エネ性のシステムの技術を確立できた。 ■ GWP<10 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 年間COPが従来比100%以上で機器販売価格が140%以下を達成できた。 ■ 今後の量産開発設計に向けて、製品の安全性、信頼性、性能、コストの詳細検討、量産機生産のための設備投資の検討、施工、アフターサービス対応の検討を行う。
コンデンシングユニットの次世代低GWP冷媒対応化技術の開発 【東芝キャリア】	<ul style="list-style-type: none"> ■ コンデンシングユニットに適用するR454Cなどの3種類のGWP150冷媒を選定し、実証試験により省エネ性を確認した。 ■ GWP<150 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 年間機器性能5%改善を達成できた。 ■ 検討中に発生したものを含め、想定していた技術課題を解決し、2025年度商品化が可能である見込み。
低温機器におけるCO ₂ 冷媒を使用した省エネ冷凍機システム開発及びその実店舗評価 【パナソニック】	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂冷凍機の大出力化技術、高外気温対応の間接散水式熱交換器ユニット、排熱給湯及び排熱空調技術、中高温用パラルレルコンプレッサ制御の要素技術を確立した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> ■ 30、40馬力のCO₂冷凍機を製品化。 ■ 冷凍機大出力化技術、間接散水式熱交換器ユニット、排熱給湯を用いた実運転実証により省エネ性を確認。
GWP 10以下の直膨型空調機用 微燃性冷媒の開発 【ダイキン工業】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷媒評価と機器性能評価を実施し、GWP10以下の新たな混合冷媒を開発した。 	◎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 開発冷媒をR474AとしてASHRAE, ISO規格登録したことは計画を上回る成果である。 ■ 不均化反応に対して安全な組成を見極め、機器の最適化によりCOP 90%を確保。安定性も既存HFO同等を確認。

個別テーマの成果と意義 (研③) 三菱電機 「自然冷媒および超低GWP冷媒を適用した大形クーリングユニットの研究」

事業の概要及び成果、意義

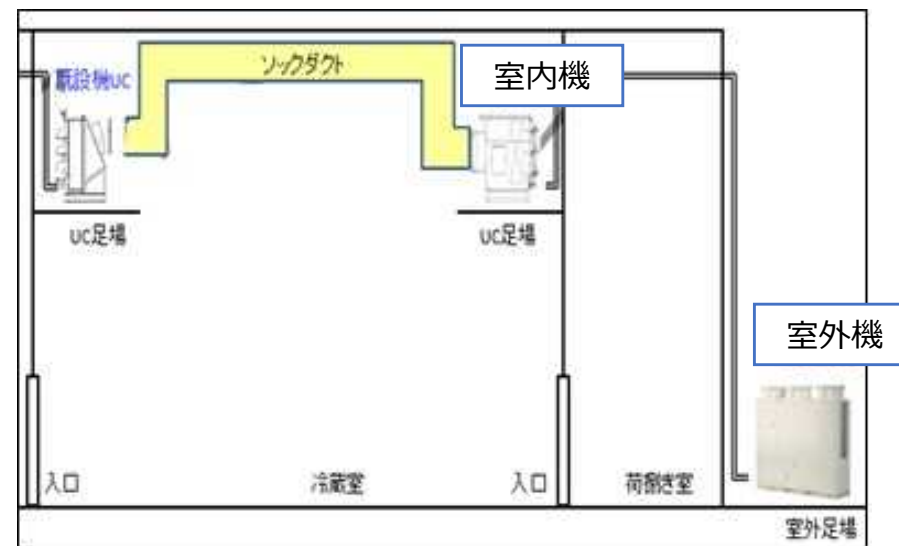
高効率かつ安価実現のための
冷媒サイクルおよび最適冷媒の選定

研究回路



二元サイクルの実機検証、
フィールドでの実機検証

フィールドテスト概略図



成果 (GWP < 10)

- 大形クーリングユニットにおける二元サイクル検討および最適冷媒を選定し、実証試験を完了した。
- 60馬力R404A冷凍機比年間COPが100%以上で機器販売価格が140%以下を達成出来た。

意義 (副次的成果や波及効果等)

- 自然冷媒であるCO₂を使用し、省エネ性とコストを両立した実用化技術を確認した。量産化技術確立により早期の普及が見込まれる。
- 将来の機種拡充も対応可能とできる知見を得た。

個別テーマの成果と意義 (研③) _東芝キャリア

「コンデンシングユニットの次世代低GWP冷媒対応化技術の開発」

事業の概要及び成果、意義

冷媒の探索と選定

R454Cなどの3種類の候補冷媒を選定

冷媒物性値の把握

低温域物性値計測とREFPROP精度検証実施

基礎フィールド試験

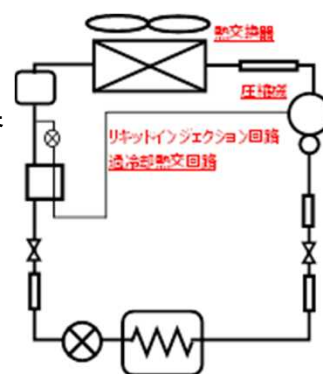
社内実験店舗にて、通期外気温変化や日射量変化、在室人員負荷などの模擬負荷を計画的に投与して実システムを再現。非定常省エネ性評価実施し、年間機器消費電力量

90.8%を確認

性能ポテンシャル把握

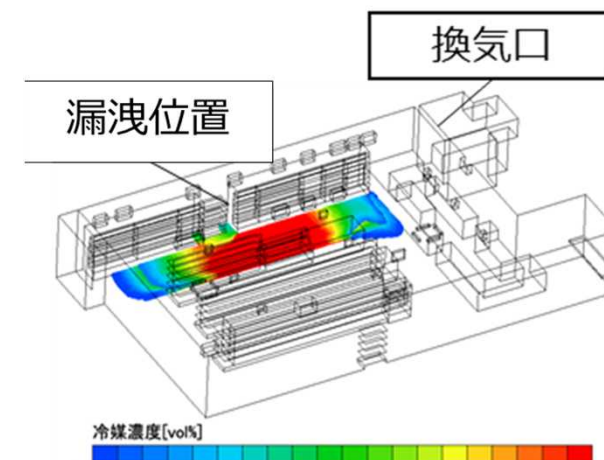
機器最適化設計と現行量産製品同等定格COP、年間機器性能5%改善

冷凍サイクル図



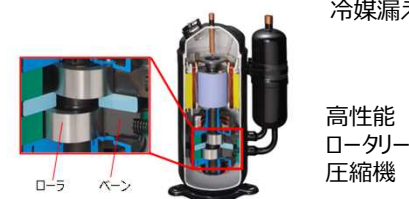
安全性検討

漏えいシミュレーション含むリスクアセスメント実施し、安全対策を立案



冷媒濃度[vol%]

冷媒漏えいシミュレーション結果



高性能ロータリー圧縮機

実フィールド試験



試験風景

信頼性把握

すべての候補冷媒種対応の冷凍機油選定

成果 (GWP < 150)

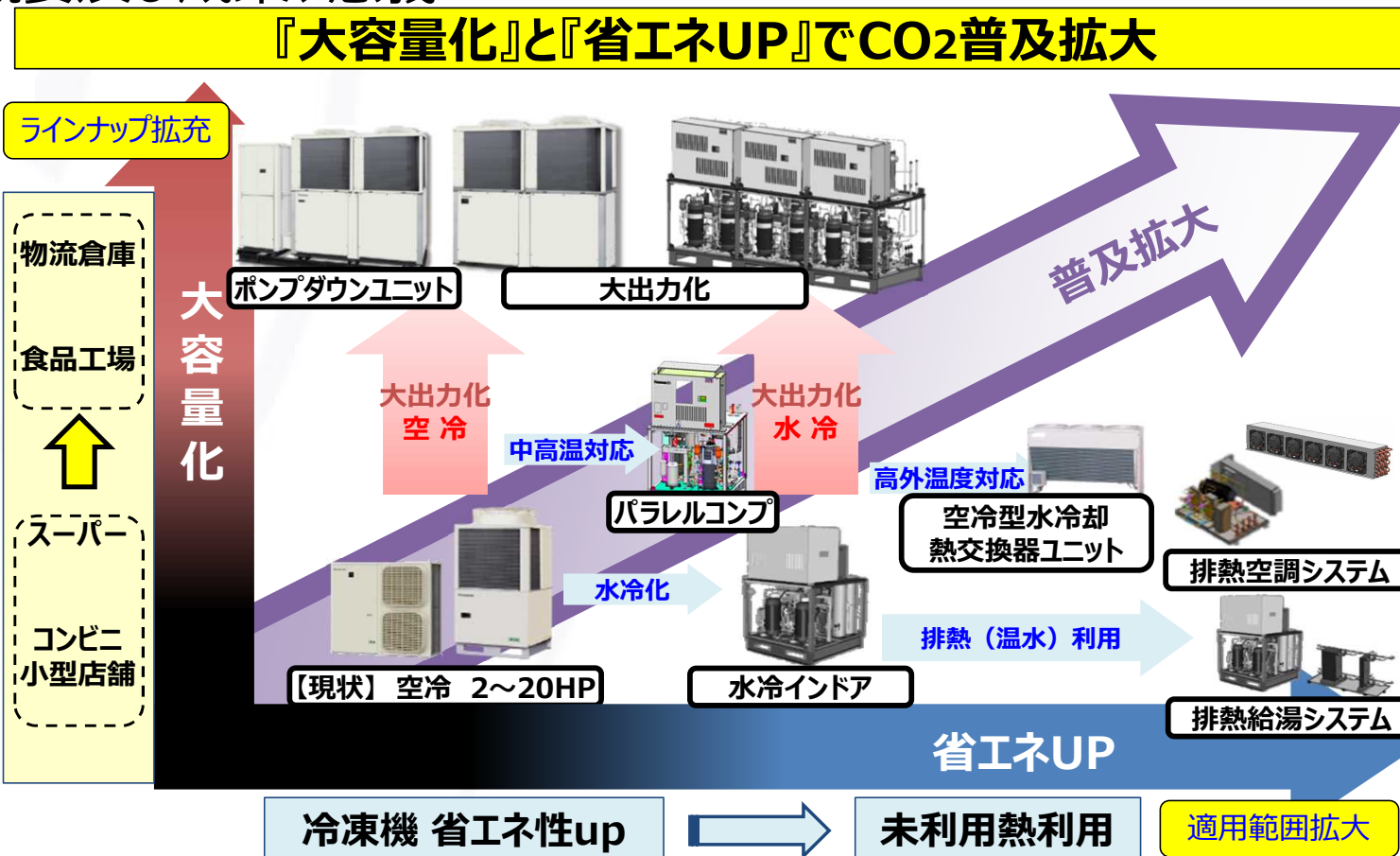
- コンデンシングユニットに適用するR454Cなどの3種類の冷媒を選定し、実証試験により省エネ性を確認した。
- 年間機器性能5%改善を達成出来た。

意義 (副次的成果や波及効果等)

- 省エネ性とコストを両立した機器を実用化することで、需要喚起し、機種拡充を容易とする。
- 要冷機器以外への技術展開が可能となる。

個別テーマの成果と意義 (研③) _パナソニック 「低温機器におけるCO₂冷媒を使用した省エネ冷凍機システム開発及びその実店舗評価」

事業の概要及び成果、意義



成果 (GWP=1)

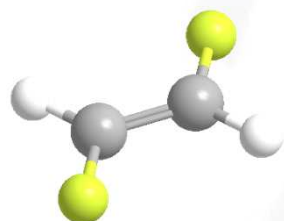
- CO₂冷凍機の大出力化技術や高外気温度対応、未利用熱利用などの技術を開発し、実証試験により性能改善を確認した。
- **30、40馬力のCO₂冷凍機を製品化**。他技術についても実用化へ向けた技術的な課題を解決できた。

意義 (副次的成果や波及効果等)

- 間接散水技術は、冷凍機へのオプション展開可能な技術としても期待できる。
- 実店舗評価を実施したことにより、**倉庫業界における冷凍機の選定方法や課題が把握**でき、普及促進の足掛かりとなった。

個別テーマの成果と意義 (研③) _ダイキン工業 「GWP 10以下の直膨型空調機用 微燃性冷媒の開発」

事業の概要及び成果、意義



R1132(E)

利点

- ・圧力がR32相当
- ・GWP=0.0056

課題 (助成事業 開始前)

- ・燃焼性が弱燃
- ・毒性クラスが不明
- ・自己分解反応



+ 最適な冷媒ガス

直膨型空調機に使用可能な
GWP<10、A2L 混合冷媒の
開発

R474A : R1132(E)23%, R1234yf77%

成果 (GWP<10)

- 冷媒評価と機器性能評価を実施し、GWP10以下の新たな混合冷媒を開発した。
- R474Aとして国際規格に登録。空調機への適用可能性を確認出来た。

代替対象冷媒	低GWP (A2L)	グリーン冷媒	用途
R410A GWP=2090	R32 GWP=675	1132(E) 混合	RAC, PAC, VRV
R404A GWP=3920	R454C R455A GWP=148		別置型ショーケース 内蔵型ショーケース 低温倉庫
R407C GWP=1770			車両用空調
R22 GWP=1810			
R134a GWP=1430	R1234yf R1234ze		カーエアコン, チラー

意義 (副次的成果や波及効果等)

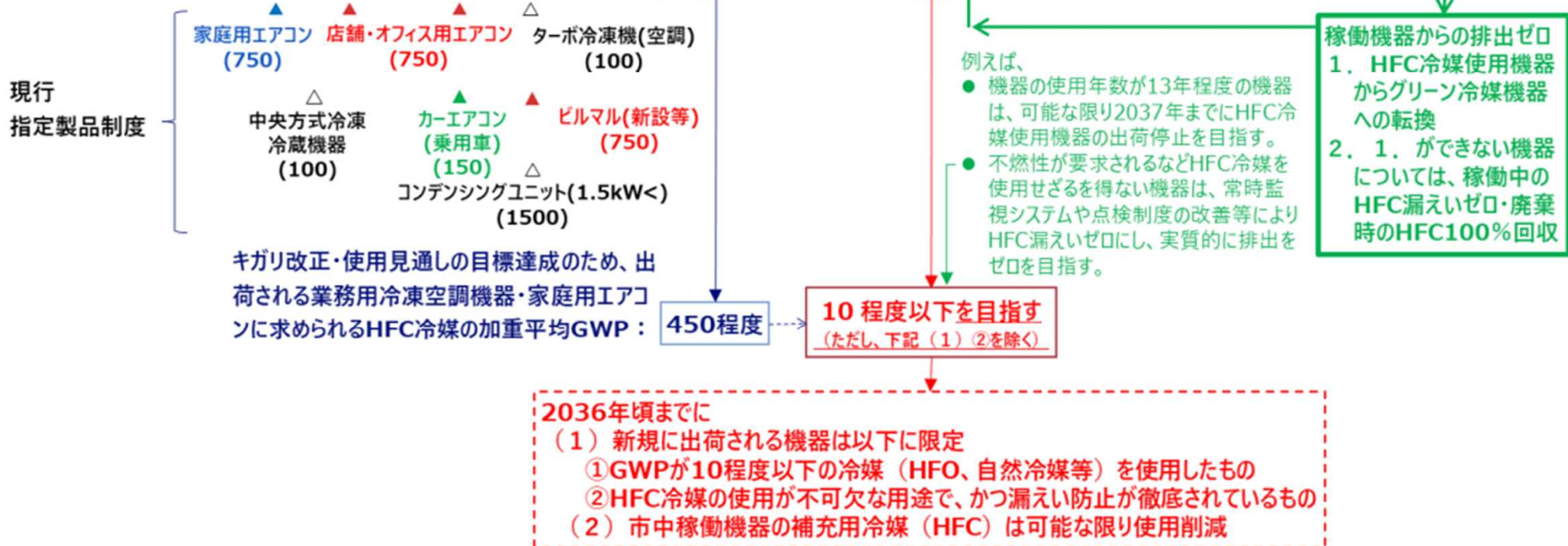
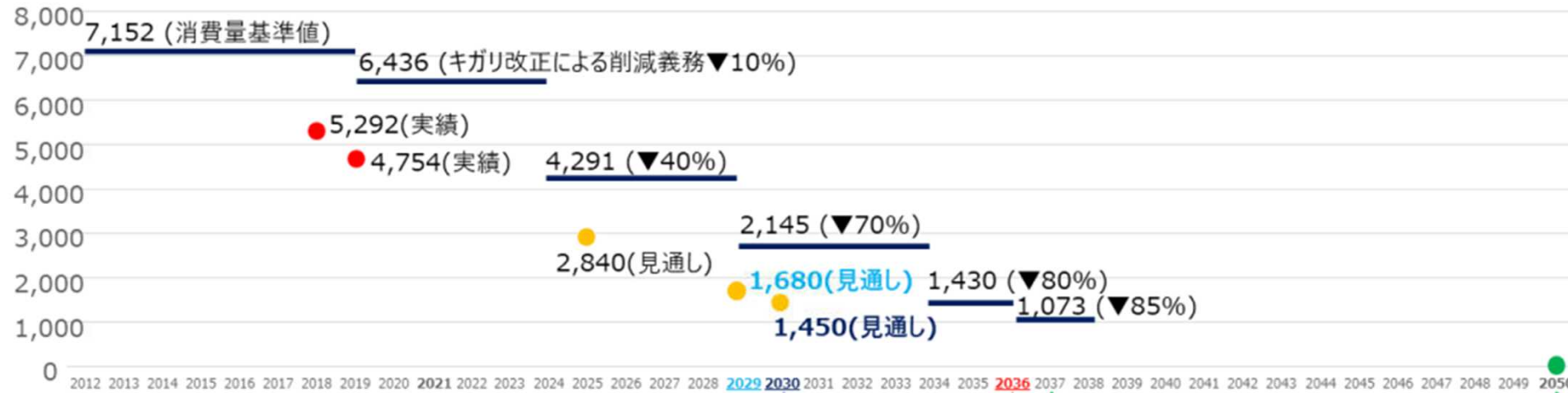
- GWP10以下の冷媒の開発により、直膨型空調機において性能・安全面でHFC系冷媒を代替する可能性がある。
- 開発した冷媒は、CO₂、プロパン、既存のHFO系冷媒に対して適用範囲が広く、空調機、カーエアコン、冷凍冷蔵など、幅広い用途での活用が期待される。

【補足】

現行プロジェクト「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」について

グリーン冷媒・機器の導入シナリオ

(万トン-CO2)



出典：産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会（2022年6月28日）報告書より

- 本PJにおいて有力な次世代冷媒候補である**HFO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。
- 現行PJでは**早期に新混合冷媒候補の組成・物性を決定**し、これを使用した**要素技術開発**を進める。

本PJの成果と課題

1. 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。
2. 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。
3. 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HFO系混合冷媒**は見つかっていない。
4. また、HFO系混合冷媒をHFC等既存冷媒利用機器へレトロフィットで利用した場合、**空調性能が低下**してしまう。



現行PJの開発内容

1. 家庭用空調機を対象に、実装可能な**HFO系混合冷媒**を早期に絞りこむ。
2. 上記冷媒に対応した機器の**要素技術の開発と評価**。
3. 冷媒・機器の**安全性評価**及び**全体システム評価**手法の開発。
4. これまでの研究開発成果、および上記1.～3. で得られた知見を展開し、**家庭用/業務用空調機**および**業務用冷蔵冷凍機等の要素技術開発の加速化**を図る。

現行プロジェクトの概要

◆ 委託事業「家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価」

代替冷媒が見つからない家庭用空調機を対象に、冷媒候補選定から機器要素技術開発、安全性・環境影響評価までを一気通貫で実施。

◆ 助成事業「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」

委託事業の成果を活用し、家庭用/業務用空調機、業務用冷凍冷蔵機の要素機器・周辺機器開発を行う。

■ 事業期間：2023～2027年度（5年間）

■ 予算額：5億円（2023年度）

