

NEDOのフロン対策に係る取組概要

環境部フロン対策グループ
二関 洋子

2020年度成果報告会

目次

1. NEDOの取り組みの背景
2. プロジェクト①
「高効率ノンフロン型空調の開発」
3. プロジェクト②
「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」
4. 今後の展望

1. NEDOの取り組みの背景

2. プロジェクト①

「高効率ノンフロン型空調の開発」

3. プロジェクト②

「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」

4. 今後の展望

1. NEDOの取り組みの背景

フロン類の課題

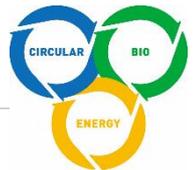


- 特定フロンはオゾン層を破壊することが問題視され規制対象となり、オゾン層を破壊しない代替フロン等4ガスへの転換が進んでいる。
- 一方で、代替フロン等4ガスは **温室効果が大きい点が問題** となっている。

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	<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

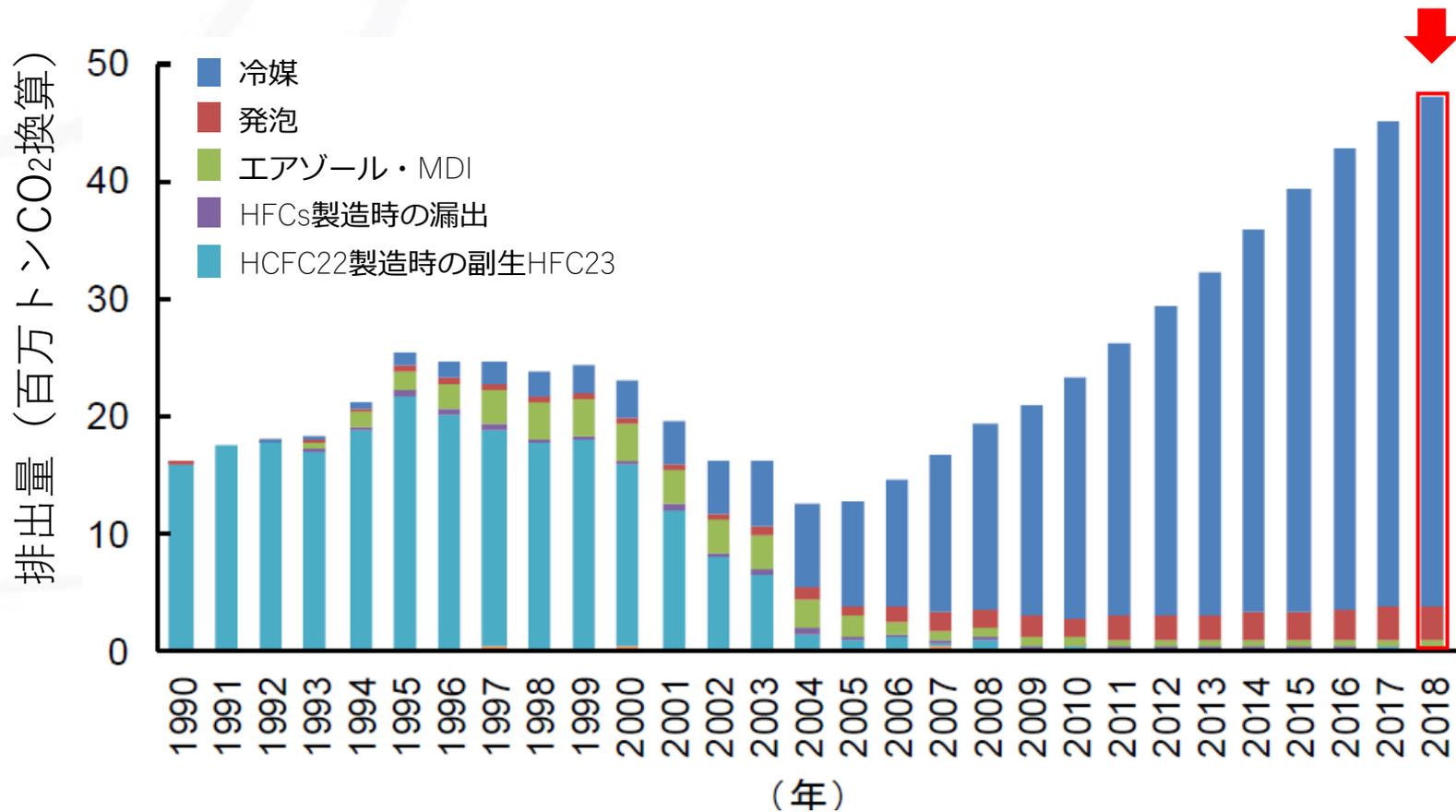


1. NEDOの取り組みの背景

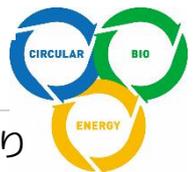
フロン類の課題



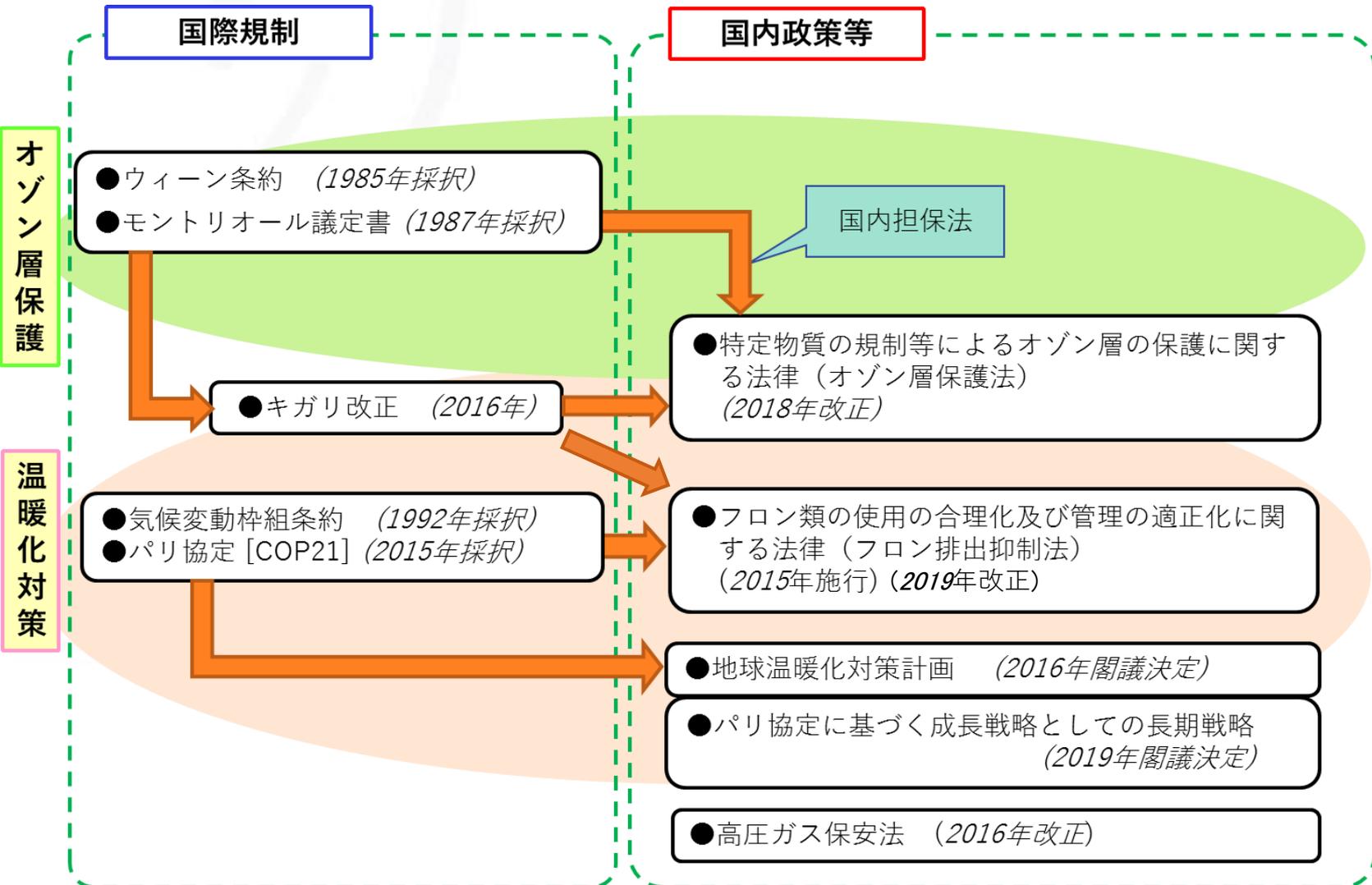
- HFCの排出源として、冷媒転換に伴ってエアコン等の冷媒が増加しており、2018年度はHFC排出量全体の約90%を占める。



HFC排出量の推移



1. NEDOの取り組みの背景 フロン類の課題



1. NEDOの取り組みの背景

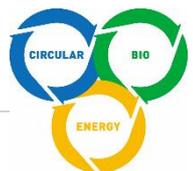
研究開発の必要性



- HFC排出対策の主な方法は、①漏えい管理 ②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	HFC HFC同士の混合	HFO ※ HFOを含む複数物質の混合 CO ₂ 、NH ₃ 、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	なし（不燃性）	微燃性～強燃性

※ 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



1. NEDOの取り組みの背景 研究開発の必要性

- HFC排出対策の主な方法は、①漏えい管理 ②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。

研究開発

	HFC冷媒	低GWP冷媒
物質	HFC HFC同士の混合	HFO ※ HFOを含む複数物質の混合 CO ₂ 、NH ₃ 、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	なし（不燃性）	微燃性～強燃性

低GWPを使用して、従来の機器（HFC冷媒使用）と同等の性能を維持するためには、

①機械側で工夫（機器開発）、②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

目次

1. NEDOの取り組みの背景

2. プロジェクト①

「高効率ノンフロン型空調の開発」

3. プロジェクト②

「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」

4. 今後の展望

2. プロジェクト①「高効率ノンフロン型空調の開発」 プロジェクトの概要



プロジェクト概要

現行のHFC冷媒に比べて大幅に温室効果を下げた**低GWP冷媒を用い、かつ高効率を両立するビル用エアコン等の業務用空調機器**を実用化するため、機器システム、冷媒の両面から以下の技術開発を行う。

- ①低GWP冷媒で高効率を達成する主要機器（圧縮機、熱交換器等）の開発
- ②高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発
- ③冷媒の性能、**安全性評価（可燃性等）**

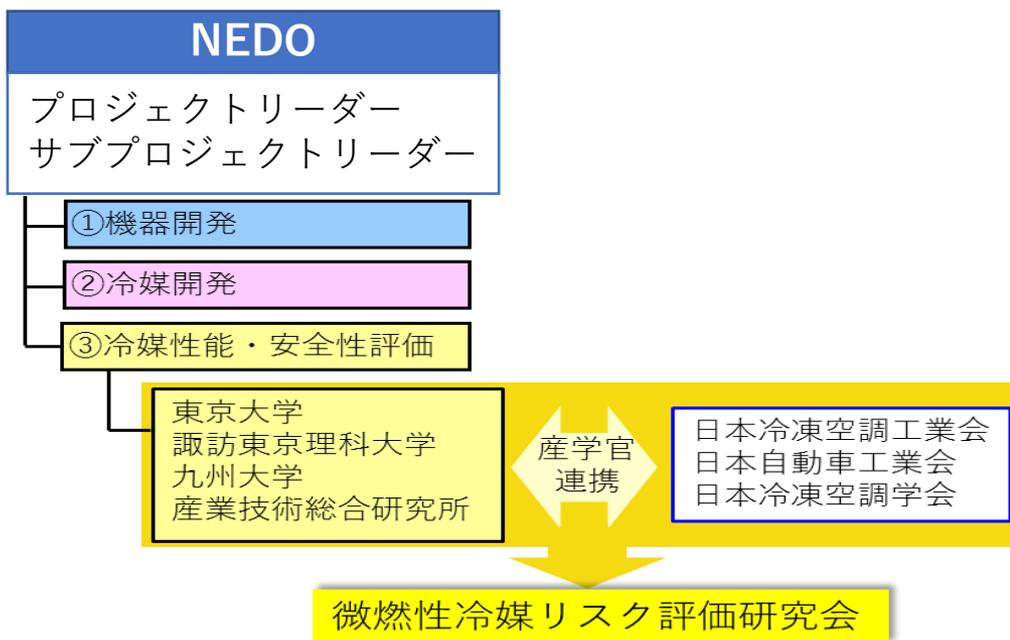
プロジェクト期間

2011年度～2015年度

予算規模

合計： 17.6億円

実施体制



機器・冷媒開発の成果

研究開発項目①**機器開発**
CO₂冷媒適用業務用空調機器の開発
・新機構多段圧縮機
(右図)
(ダイキン工業)



研究開発項目②**冷媒開発**
新冷媒開発
・HFO-1123
・HCFO-1224yd(Z)
(AGC)



2. プロジェクト①「高効率ノンフロン型空調の開発」



性能・安全性評価の成果①

- 冷媒の取り扱いは高圧ガス保安法で規制されている。
- これまで使用されてこなかった微燃性の冷媒の分類が課題であった。
- 可燃性ガスの区分となると、様々な制約（技術基準適用による機器コストアップ等）により普及が困難。
- 冷媒転換を促進するためには、従来のHFC冷媒の区分である不活性ガス並みの規制としても問題ないことを明らかにすることが重要。

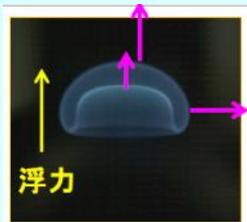
NEDOプロジェクト

低温室効果冷媒（微燃性）の安全性評価

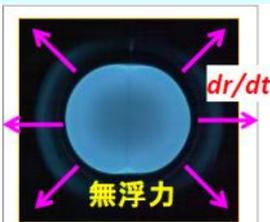
高圧ガス保安法の改正

低温室効果冷媒適用機器の製品化

例



【通常重力下実験】
火炎は大きくゆがむ

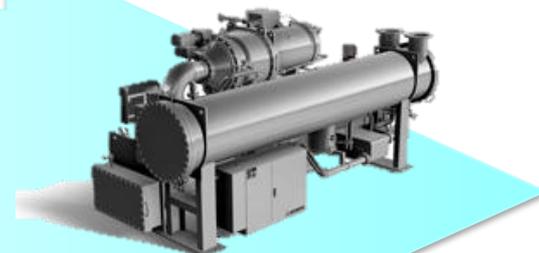


【微小重力下実験】
燃焼性を正確に計測

指定された微燃性冷媒について、
不燃性冷媒と同様の取扱いが
可能に。

**低温室効果の微燃性冷媒の
安全な使用を規定。**

(2016年11月1日)



**低温室効果冷媒を使用した大容量ターボ
冷凍機※を製品化 (2017年4月)**
冷媒のGWPは1以下 (R1234ze(E))

(三菱重工サーマルシステムズ)

出典：Press Information 2017年2月16日 発行 第 5840号

※：本製品に関する基盤研究開発は「ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発（2005～2010年度）」の成果

本プロジェクトの成果が低温室効果冷媒の普及拡大に貢献

2. プロジェクト①「高効率ノンフロン型空調の開発」



性能・安全性評価の成果②

NEDO
プロジェクト

機器の使用環境に適した
安全性評価

「微燃性冷媒を使用したエアコンの電磁開閉器（リレー）※1内でスパークが発生し着火しても、消炎直径※2よりもリレーカバーに設けた隙間が小さければ、カバー外に火炎は通過しない」

ことが判明。

※1 室外機内部の構成機器

※2 これ以下の隙間なら火炎が通過できずに消える大きさ。燃焼速度の逆数。

微燃性冷媒の正確な
燃焼速度測定が重要

→湿度影響を考慮したデータ取得・安全性評価が必要

微燃性冷媒について、湿度条件を考慮した燃焼速度試験法を確立。



● 湿度を考慮したリレーの安全要求適正化

2015年8月にIEC 60335-2-40（家庭用及びこれに類する電気機器の安全性）の電磁開閉器（リレー）の安全要求について、微燃性冷媒の消炎直径を考慮した改訂を提案し、規格が改訂された（2018年1月）。



● 微燃性冷媒の燃焼速度試験法

2015年5月に微燃性冷媒の湿度影響を考慮した燃焼速度試験法を提案し、ISO/TC86/SC8（冷媒及び冷却用潤滑剤）の下にWG8※3が発足。

※3 燃焼速度試験方法のワーキング

国際規格・標準
提案

目次

1. NEDOの取り組みの背景

2. プロジェクト①

「高効率ノンフロン型空調の開発」

3. プロジェクト②

「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」

4. 今後の展望

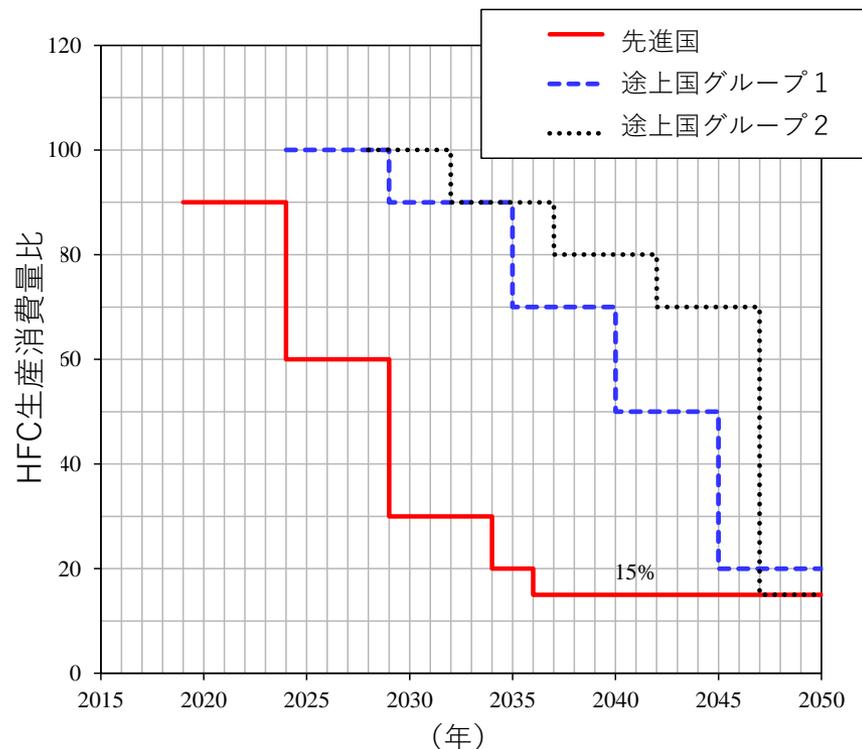
3. プロジェクト②

「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」

プロジェクト背景～キガリ改正の達成に向けて～

- 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2019年に発効した。
- 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。特に2029年度以降、大幅な削減が求められる。

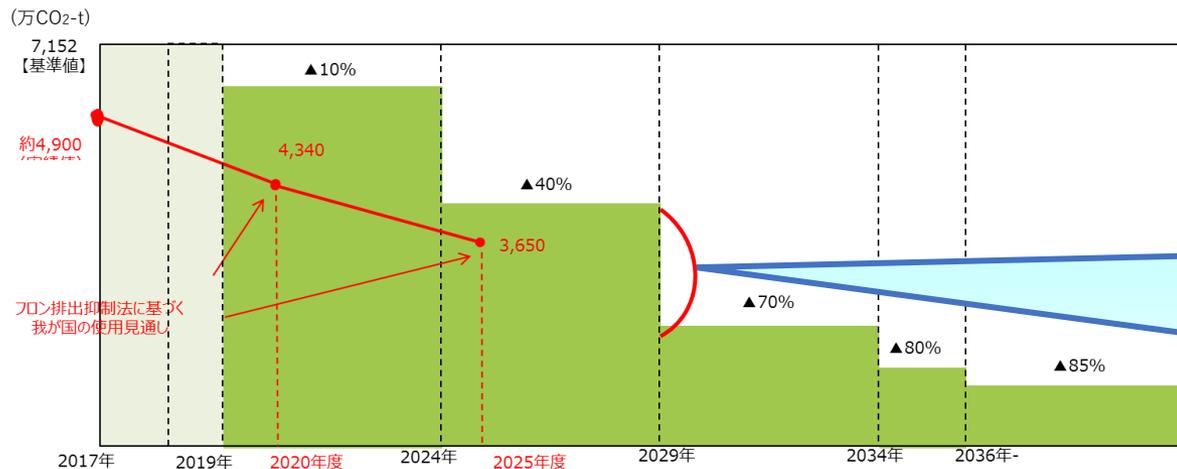
モントリオール議定書キガリ改正によるHFCの削減スケジュール



3. プロジェクト②

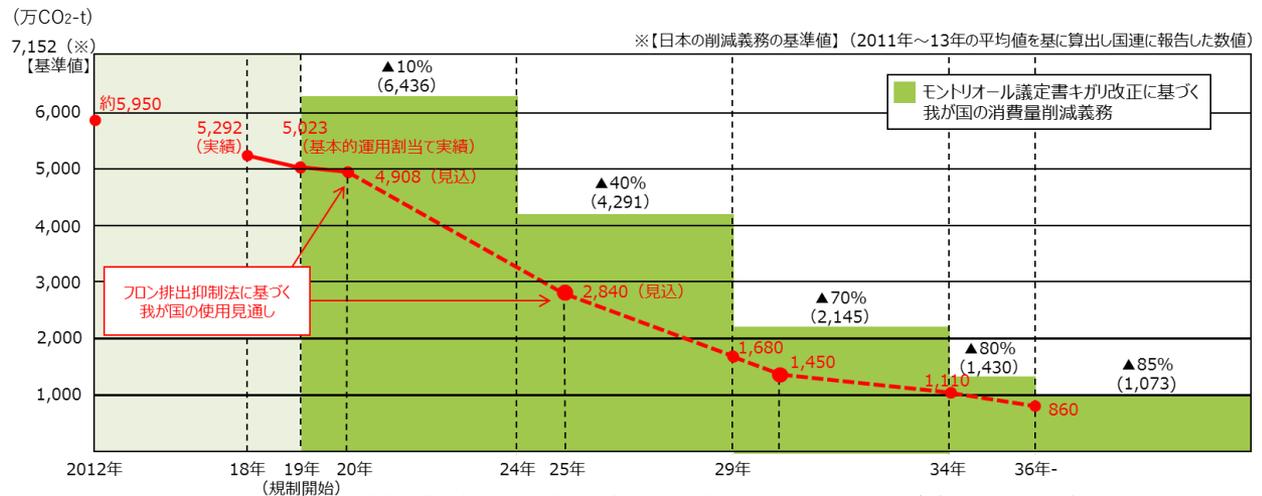
「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発」

プロジェクト背景～キガリ改正の達成に向けて～



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、2029年以降の目標達成には新たな対策が必要。



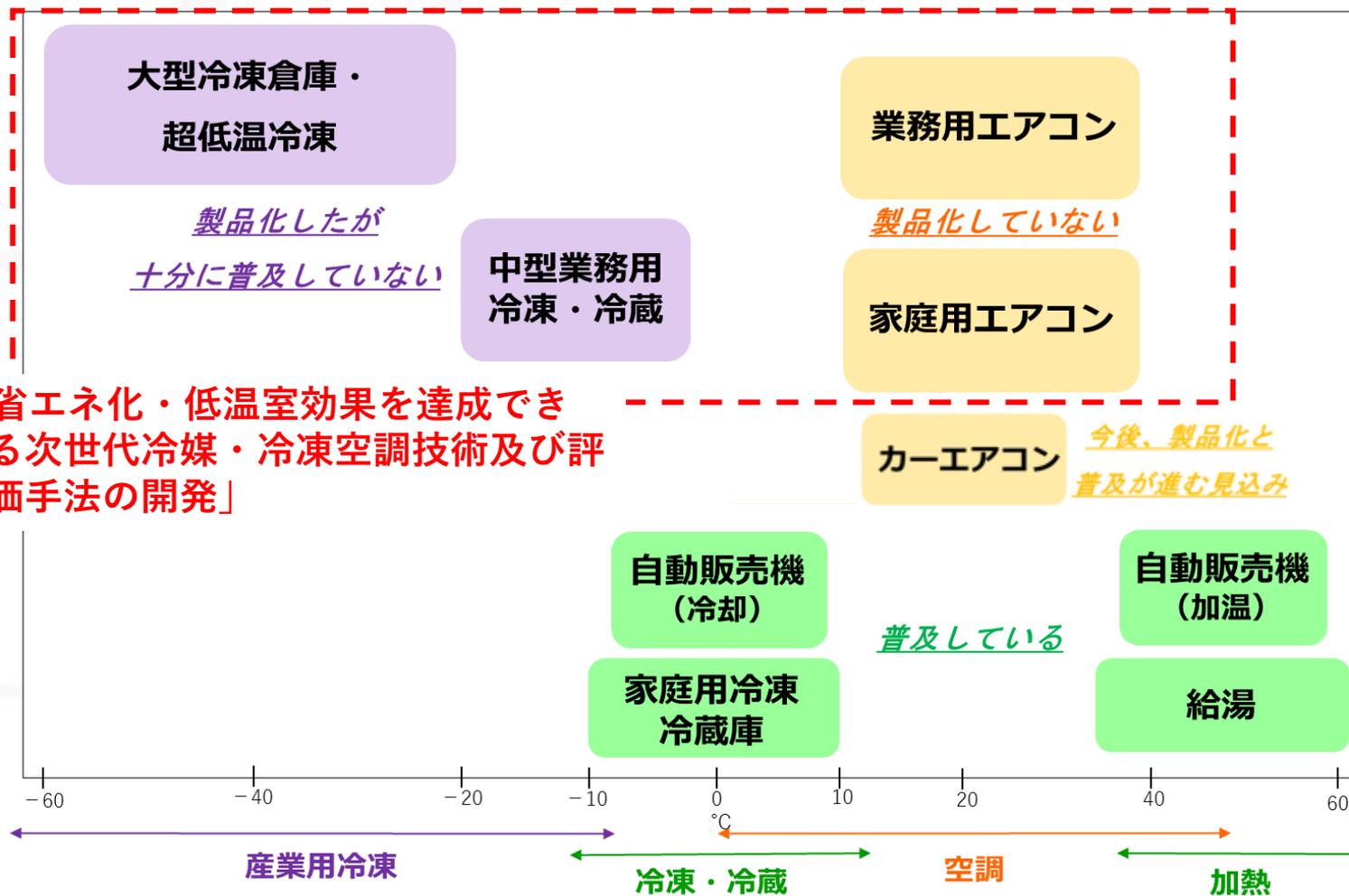
出典：産業構造審議会 製造産業分科会フロン類等対策ワーキンググループ（2020年2月14日）資料よりNEDO作成

キガリ改正の削減目標を達成するための「フロン類の使用見通し（案）」（2020年2月）を踏まえた今後の削減シナリオ

3. プロジェクト②

「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」

プロジェクトの技術開発対象



冷媒充填量 大
導入コスト 大
安全性リスク 大



冷媒充填量 小
導入コスト 小
安全性リスク 小

日本における低温室効果冷媒への転換状況

3. プロジェクト②

「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」

プロジェクトの概要

プロジェクト概要

キガリ改正が採択されたことをうけ、HFCに代わる次世代の低温室効果冷媒（以下「次世代冷媒」という。）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、さらに安全性においても課題（可燃性、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となる、**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、**普及を妨げる技術課題に対して技術開発**を進め、効率の向上・適用範囲の拡大を通して普及を促進していく。

プロジェクト期間

2018年度
～2022年度
(5年間)

予算規模

2020年度
7.0億円

研究開発内容

- ① **次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価**
 - ・次世代冷媒の基本特性の評価試験
 - ・実用化評価試験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**
 - ・安全性・リスク評価手法を確立
- ③ **次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発**
 - ・次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発

委託事業
(2018～2022)

助成事業
(2019～2022)

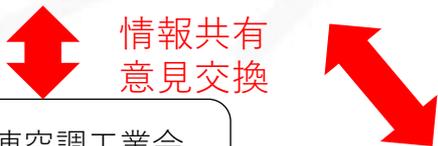


3. プロジェクト②

「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」

プロジェクトの概要

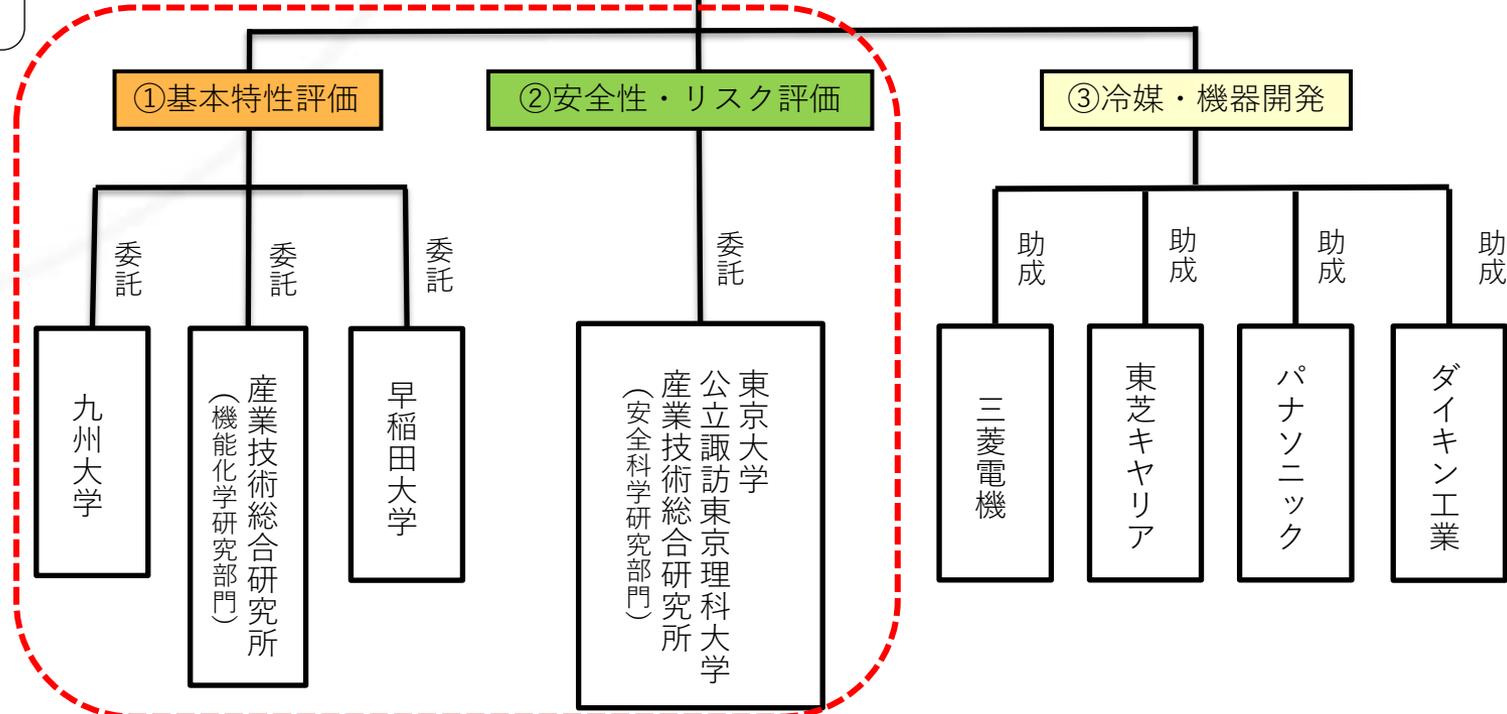
日本冷凍空調学会
調査委員会・ワーキンググループ



日本冷凍空調工業会
ワーキンググループ等

NEDO	プロジェクトマネージャー (PM) プロジェクトリーダー (PL) ✕ サブプロジェクトリーダー (SPL)
	技術検討委員会

※PM: NEDO環境部 阿部正道主研
PL: 独立行政法人大学改革支援・学位授与機構 飛原英治特任教授
SPL: 早稲田大学 齋藤潔教授



3. プロジェクト②

「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」

テーマ一覧

研究開発項目	テーマ	事業者名	対象
①基本特性	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	HFO系混合冷媒の物性データ取得
	低GWP低燃焼性混合冷媒の安全性評価	産業総合技術研究所 機能化学研究部門	HFO系混合冷媒の燃焼性評価
	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	性能評価シミュレーションの開発
②安全性・リスク評価	次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発	東京大学 公立諏訪東京理科大学 産業総合技術研究所 安全科学研究部門	HC系冷媒、HFO系冷媒の安全性評価
③冷媒・機器開発	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	三菱電機株式会社	【機器開発】 大型冷凍冷蔵倉庫向けクーリングユニット
	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	東芝キャリア株式会社	【機器開発】 コンデンシングユニット
	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	パナソニック株式会社	【機器開発】 コンビニエンスストア、スーパーマーケット、物流倉庫、食品加工工場のCO ₂ 冷凍機システム
	GWP10以下の直膨型空調機用 微燃性冷媒の開発	ダイキン工業株式会社	【冷媒開発】 冷媒、直膨型空調（家庭用エアコン、業務用エアコンの一部）

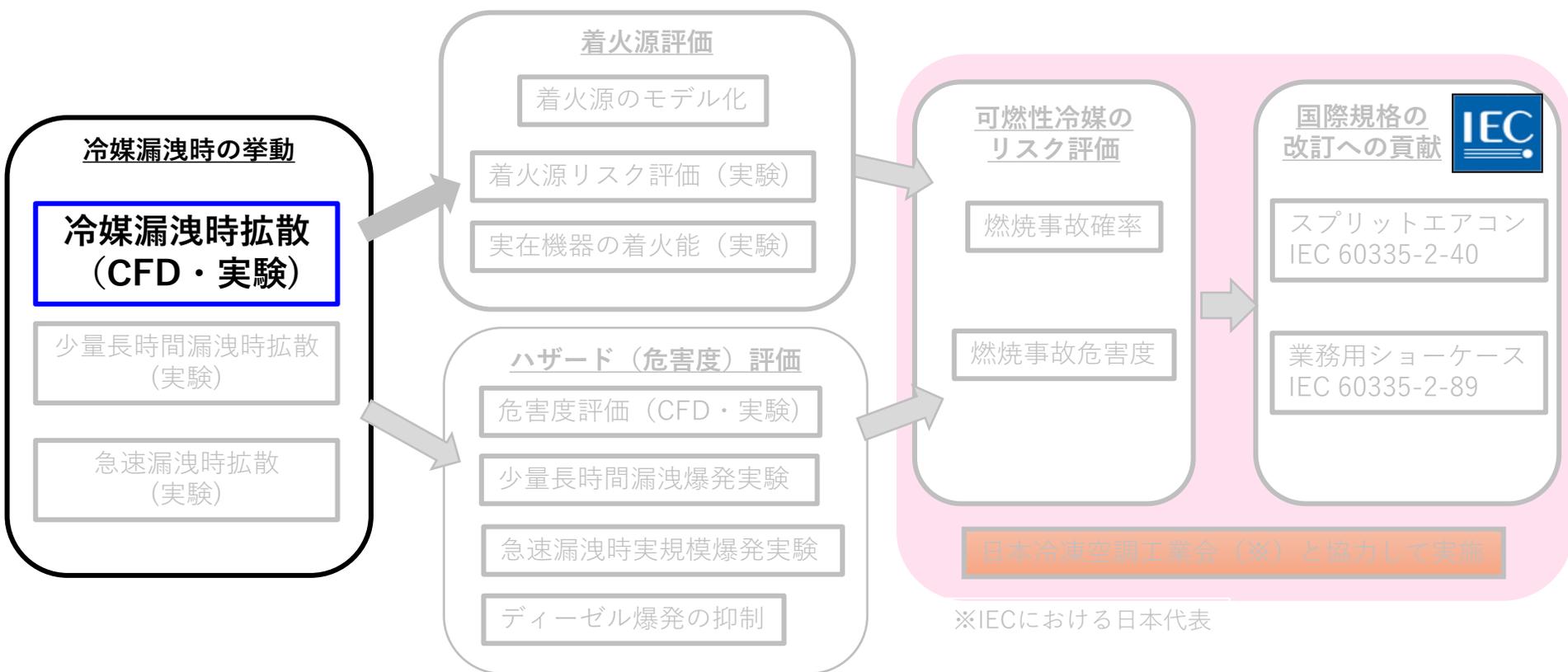
3. プロジェクト②

「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」

性能・安全性評価の成果①

- プロジェクト①「高効率ノンフロン型空調の開発」で**微燃性冷媒のリスク評価**を実施し、国際規格、国内法規、業界規格の改訂に貢献した。
- 本プロジェクトでは、**強燃性冷媒（プロパンなど）**のリスク評価を実施している。

冷媒燃焼時のリスク評価の概要



日本冷凍空調工業会 (※) と協力して実施

※IECにおける日本代表

東京大学

公立諏訪東京理科大学

産業技術総合研究所

3. プロジェクト②

「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」

性能・安全性評価の成果①

■ 可燃性冷媒漏洩時のリスクの研究（東京大学）

研究目的

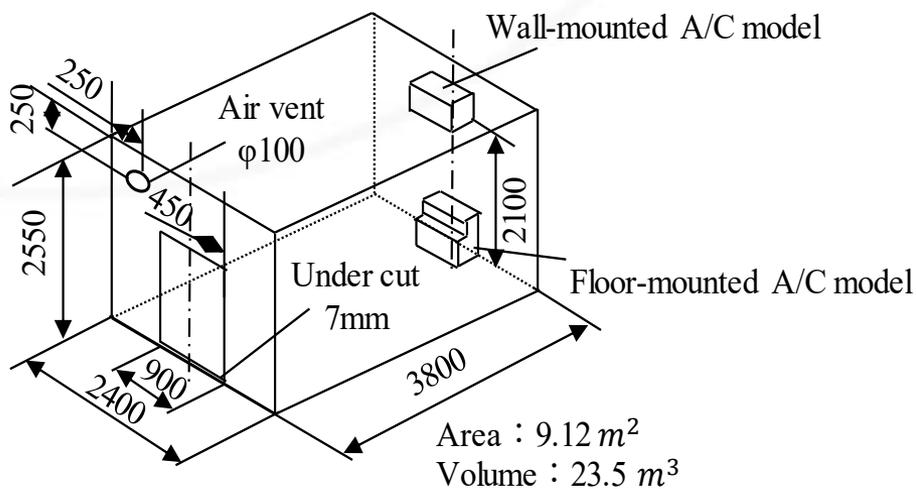
次世代冷媒として期待されているR290(プロパン)の室内漏洩時のリスク評価

可燃性冷媒の使用に関する規格への提案に貢献

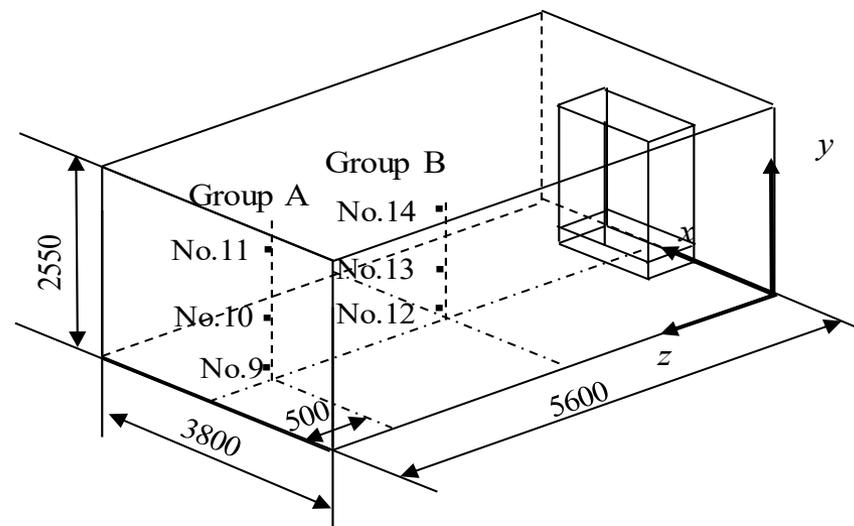
- 家庭用エアコン(IEC 60335-2-40)
- 業務用ショーケース (IEC 60335-2-89)

研究手法

- 実験装置を製作し、実験結果を使って、シミュレーションモデルの妥当性を担保
- シミュレーションを使って、国際規格の機器に入れる冷媒の**最大充填量規制の評価**の評価を行っている。
- 冷媒漏洩時の安全対策として、**室内機のファン駆動の妥当性**の検討をおこなっている。



ルームエアコン室内機からの漏洩



業務用ショーケースからの漏洩

性能・安全性評価の成果①

■ 可燃性冷媒漏洩時のリスクの研究（東京大学）

成果の一例

プロパンの漏えいによるリスクを評価するため、冷媒の最大充填量と室内機ファン駆動の効果について数値解析を実施

- 室内ファンはプロパンが室内へ漏えいした際の安全対策として有効
- スプリットエアコンは、エアコンのタイプによって結果に違い

エアコンのタイプ	結果
床置き式	<u>室内ファンが稼働していない場合は、可燃性ガスの領域が長時間残る。</u>
壁掛け式	可燃性ガスの領域は <u>漏えい中は徐々に発生したが、漏えいが止まると消失</u> する。

- 業務用ショーケースは、コンデンサーファンの稼働がない状況で、可燃性ガスが長時間残る

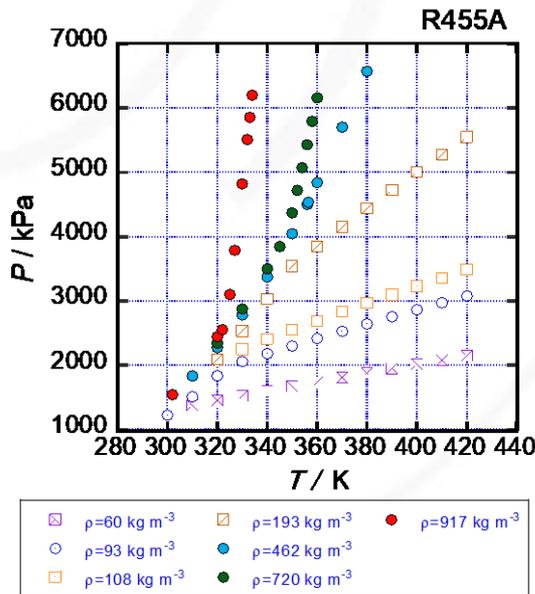
3. プロジェクト②

「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」

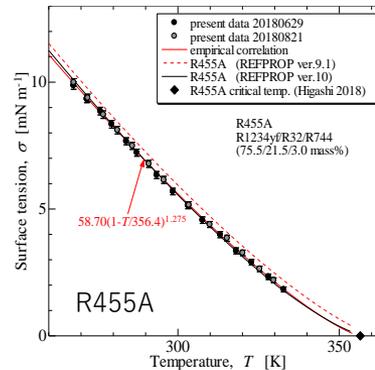
性能・安全性評価の成果②

■ HFO系冷媒等の熱物性評価（九州大学）

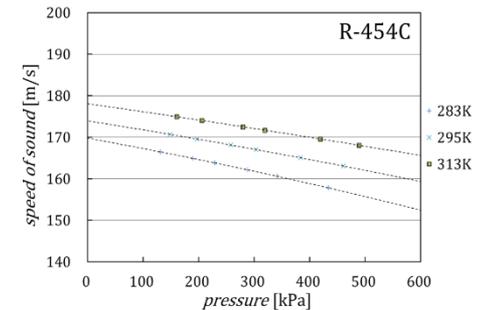
熱力学的性質の測定



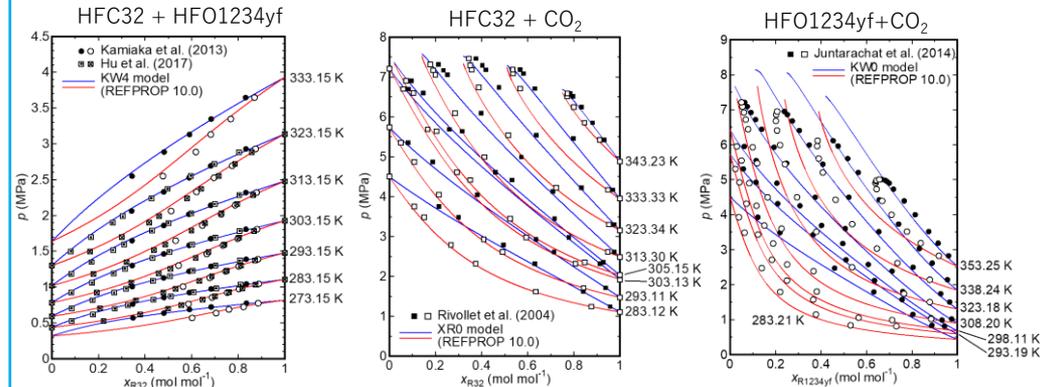
表面張力の測定



音速の測定



状態方程式 (※) の作成



3つの異なる物質 (HFC32+HFO1234yf+CO₂) の混合冷媒の状態方程式を開発するため各2成分系について推算式の信頼性を検証

※物質の状態 (温度・圧力・体積の関係) を表す式

NEDO プロジェクトの成果が採用された ISO 17584 及び NIST REFPROP 10.0 の冷媒物性国際標準化

● ISO 17584 (冷媒物性)

R1233zd(E), R1234yf, R1336mzz(Z)

● NIST REFPROP 10.0

(搭載済み) R1123, R1224yd(Z), R1234ze(Z), R1243zf (10.1 版にて搭載予定) R1336mzz(E), R32/R1123, R1123/R1234yf, R1234yf/CO₂

3. プロジェクト②

「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」

基本特性評価／安全性・リスク評価の連携体制

**日本冷凍空調学会
調査委員会・
ワーキンググループ**

NEDO	プロジェクトマネージャー (PM) プロジェクトリーダー (PL) サブプロジェクトリーダー (SPL) ※
	技術検討委員会

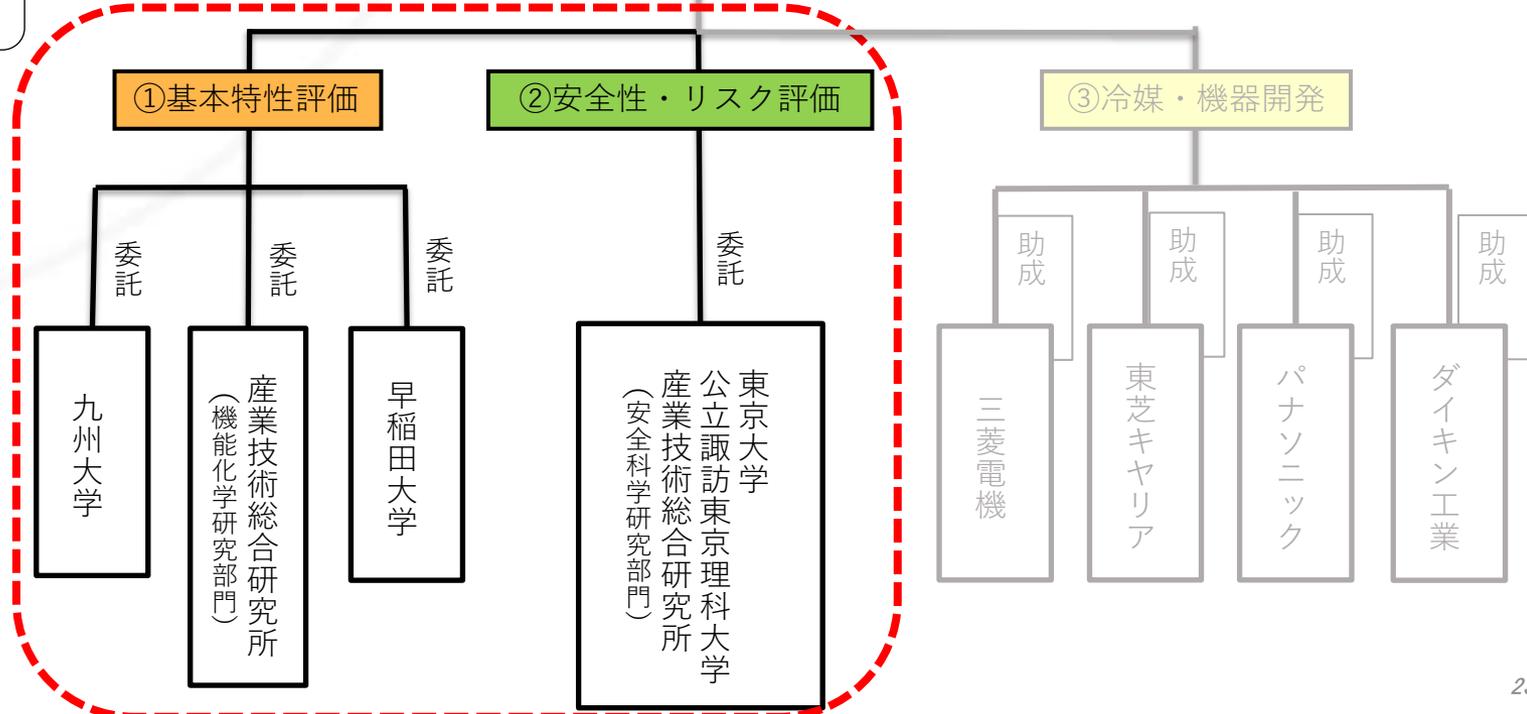


情報共有
意見交換



※PM: NEDO環境部 阿部正道主研
PL: 独立行政法人大学改革支援・学位授与機構 飛原英治特任教授
SPL: 早稲田大学 齋藤潔教授

日本冷凍空調工業会
ワーキンググループ等

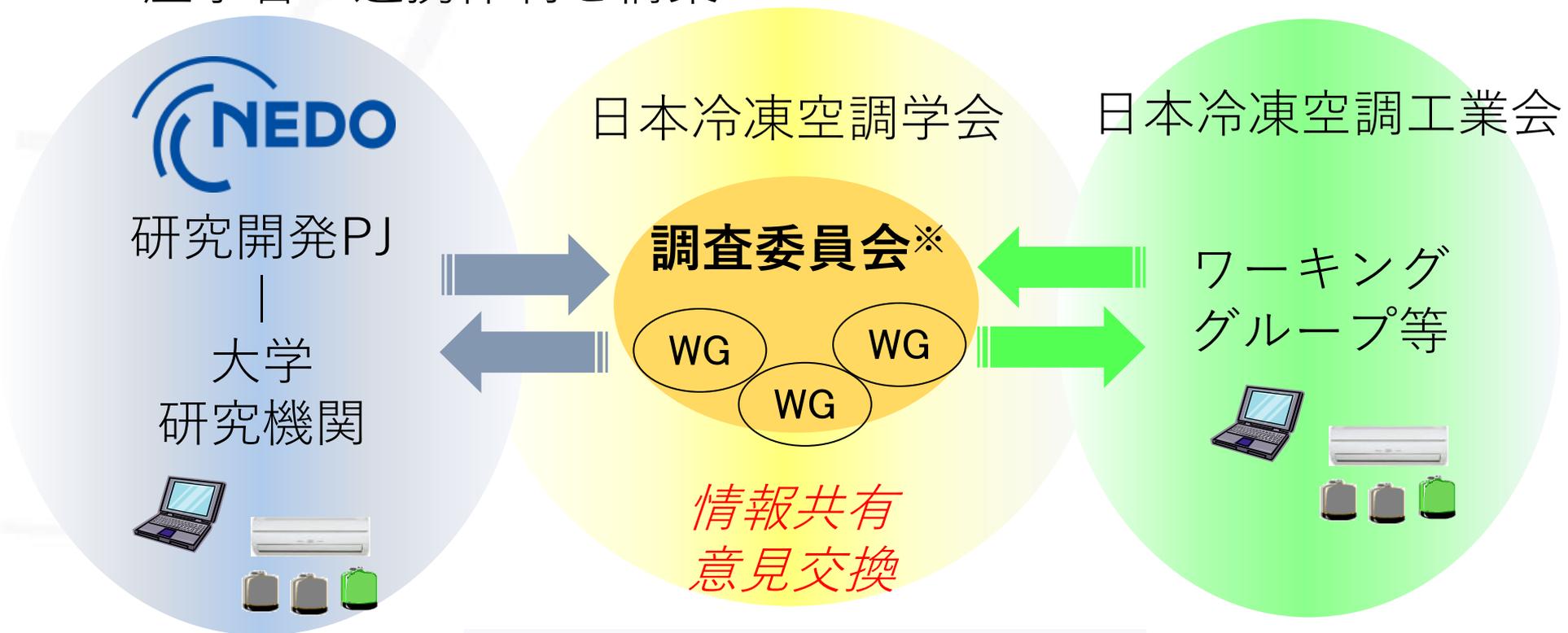


3. プロジェクト②

「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」

基本特性評価／安全性・リスク評価の連携体制

- より実用的な安全性やリスクの評価結果を得るために、産学官の連携体制を構築



※次世代冷媒に関する調査委員会：
https://www.israe.or.jp/committee/jisedai_R/jisedai_R.html

成果の国際発信

3. プロジェクト②

「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」



国際規格化・国際標準化等への登録に向けた取り組み

■ 国際規格化・国際標準化、国際データベース等への登録に向けた活動

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	Edition6.0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		Edition7.0が発行予定 (A2/A3冷媒の規定が記載)	次期改定
		本事業の インプット	安全性・リスク評価 (★)		性能評価 (物性・性能など)		
【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		Edition3.0 (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	Edition4.0 (改定版) 発行予定
		本事業の インプット	安全性・リスク評価 (着火源検討・漏えい試験など)		※3 IECの充填量制限 引き上げのための作業部会		
【国際データベース】 REFPROP	NIST (※4) 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					次期リリース
		本事業の インプット	性能評価 (燃焼性・低GWP冷媒)		性能評価 (不燃性・低GWP冷媒)		

★着火源検討、化学的不安定性への対策等 ※4 アメリカ国立標準技術研究所。世界標準の熱物性データベースを整備。

目次

1. NEDOの取り組みの背景

2. プロジェクト①

「高効率ノンフロン型空調の開発」

3. プロジェクト②

「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」

4. 今後の展望

- **モントリオール議定書キガリ改正のHFC削減達成目標やパリ協定のHFC排出削減目標の達成に向けて**、引き続きグリーン冷媒を含む次世代冷媒の基本特性評価及び安全性・リスク評価手法、適用機器の開発を推進する。
- **2050年カーボンニュートラルの達成に向けて、HFCを始めとするフロン類においてもより一層の排出量削減対策が急務**。「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」において謳われている「グリーン冷媒及びそれを用いた機器技術の開発・導入の推進」等をより加速していく。