

— 高効率ノンフロン型空調機器技術の開発 —
(平成23年度～平成27年度 5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28年10月13日

NEDO環境部

N I. 事業の位置付け・必要性

E II. 研究開発マネジメント

D III. 研究開発成果

O IV. 成果の実用化・事業化に向けた
P 取り組み及び見通し
L

I. 事業の位置付け・必要性

II. 研究開発マネジメント

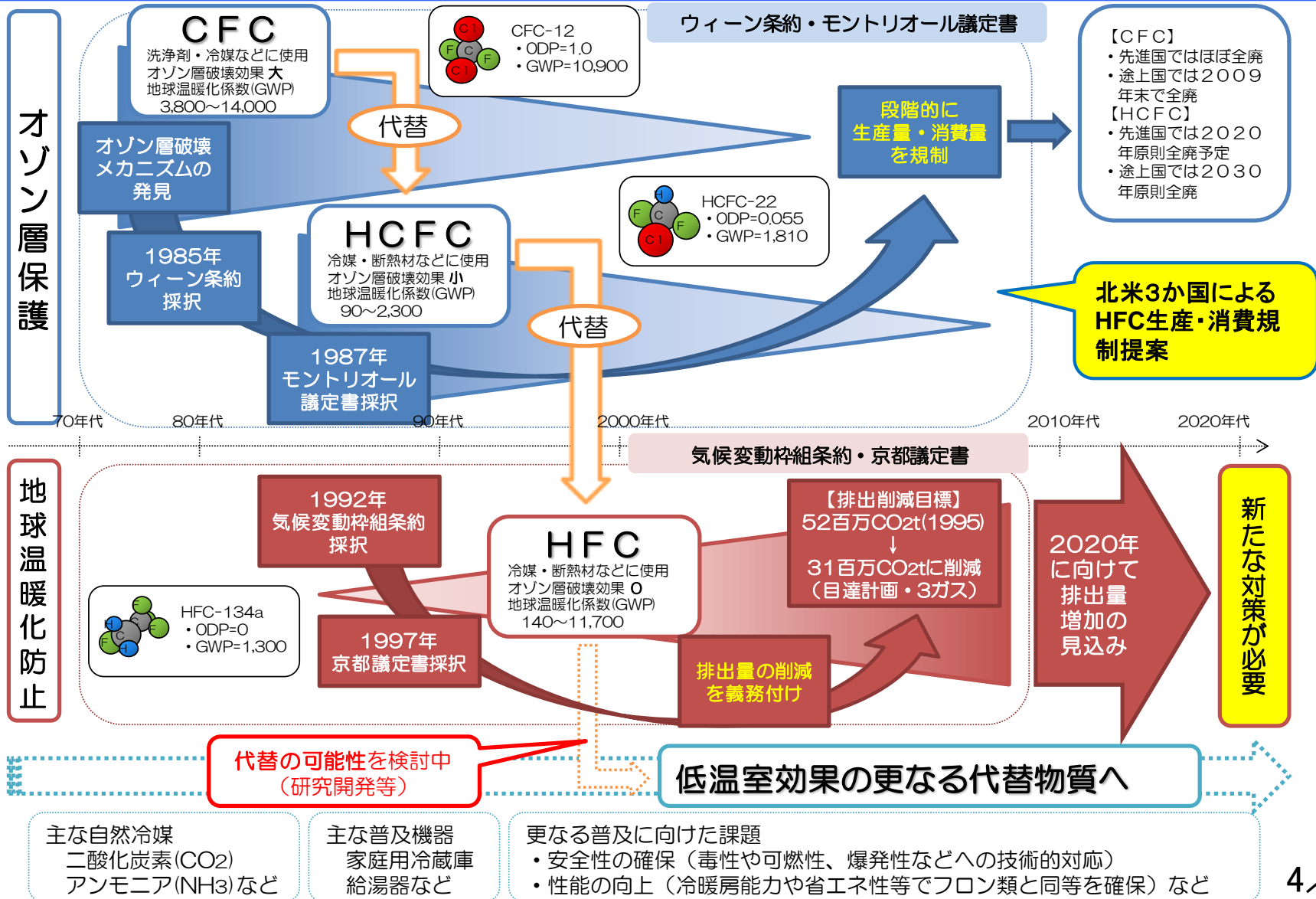
III. 研究開発成果

IV. 成果の実用化・事業化に向けた
取り組み及び見通し

「高効率ノンフロン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 ~フロン類を巡る規制と対策の流れ~



「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

◆背景 ～特定フロンと代替フロン等3ガスについて～

公開

- 冷凍空調機器の冷媒等に使用されてきたオゾン層破壊物質(CFC、HCFC: 京都議定書対象外)は、モントリオール議定書による生産、輸入規制の対象。このため、近年代替フロン(HFC: 京都議定書対象)への転換が進行。

種類	特定フロン		代替フロン等3ガス		
	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	SF6 六フッ化硫黄
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 (他の京都議定書対象はCO ₂ 、メタン、N ₂ O)		
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6,000～9000)	極めて大きい (23,900)
主な用途	(96年以降全廃済)	・冷凍空調機器の 冷媒 ・洗剤、溶剤等 (2020年全廃予定)	・冷凍空調機器の 冷媒 ・断熱材の発泡剤	・半導体、液晶製造 ・洗剤、溶剤	・電気絶縁機器 ・半導体、液晶製造 ・マグネシウム casting

※1 GWP: 地球温暖化係数・・・CO₂の何倍の温室効果を有するかを表す値

※2 主な冷媒種としての値

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

◆背景 ~我が国の「京都議定書」による温室効果ガス削減目標~

公開

- 京都議定書目標達成計画における削減目標(▲6%)のうち、代替フロン等3ガス分野で▲1.6%を担っており、本分野における排出削減が我が国の目標達成に大きく貢献。

「京都議定書」目標達成計画(1990年比で6%削減)の内訳

	計画年度	基準年 百万 t-CO ₂	2010年 百万 t-CO ₂	増減比
エネルギー起源 CO ₂	2008	1 0 5 9	1 0 8 9	+2.3%
	2005	1 0 4 8	1 0 5 6	+0.6%
	1998	1 0 4 8	1 0 2 4	▲2.0%
非エネルギー起源 CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	2008	1 5 1	1 3 2	▲1.5%
	2005	1 3 9	1 2 4	▲1.2%
	1998	1 3 9	1 3 3	▲0.5%
代替フロン等3ガス HFC、PFC、SF ₆	2008	※ 5 1	3 1	▲1.6%
	2005	5 0	5 2	0.1%
	1998	5 0	7 3	2.0%
森林吸収・CDM等	2008	— — —	(▲68)	吸収源 : ▲3.8%
	2005	— — —	(▲68)	CDM等 : ▲1.6%
温室効果ガス排出量 合計	2008	1 2 6 1	1 1 8 6	▲6.0%
	2005	1 2 3 7	1 1 6 3	▲6.0%

2008: 目達計画(改定)
2005: 目達計画
1998: 推進大綱

※: 代替フロン等3ガス分野は1995年を基準年としたCO₂換算排出量比

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

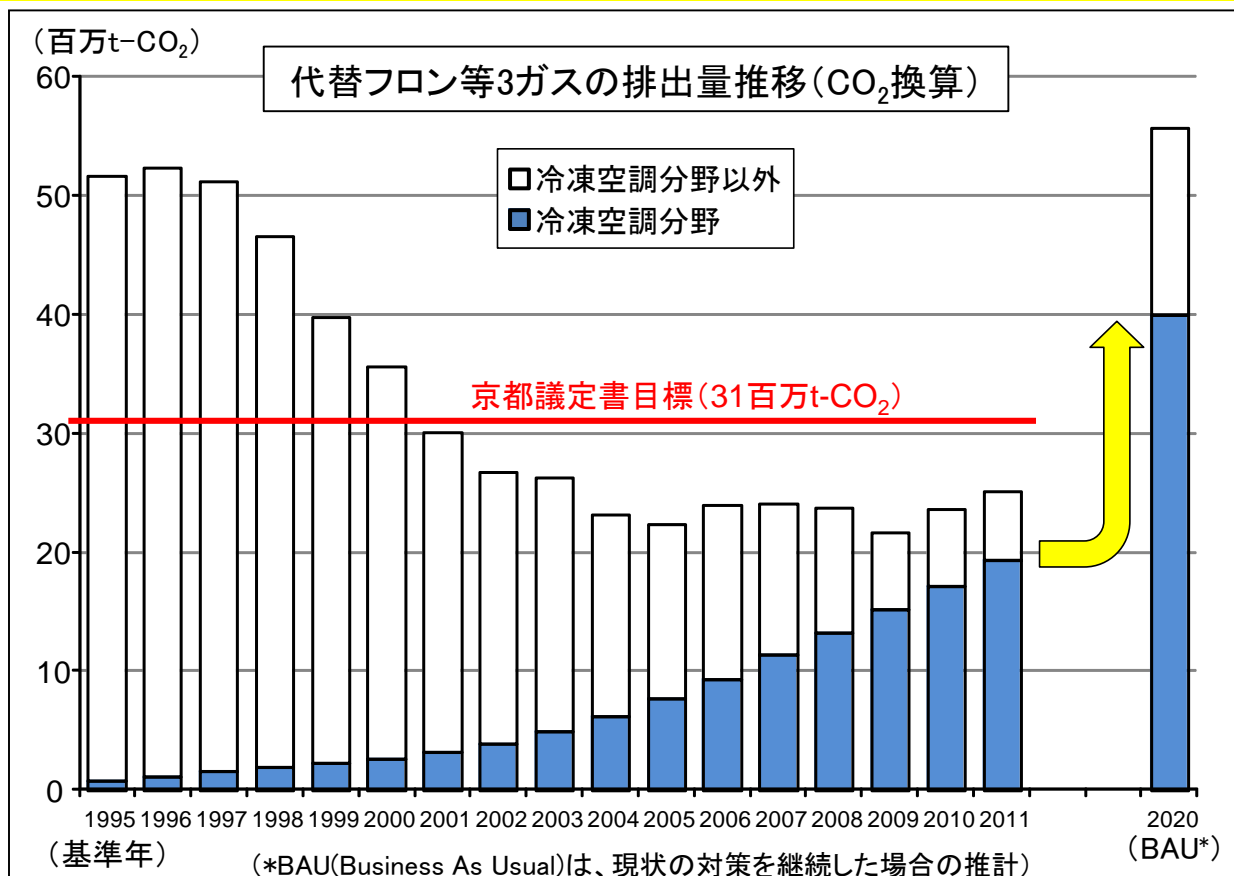
I. 事業の位置付け・必要性

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～

●冷凍空調分野からの代替フロン等3ガスの排出量は、オゾン層破壊物質から代替フロン(HFC)へ転換により、今後大幅な増加が見込まれる。

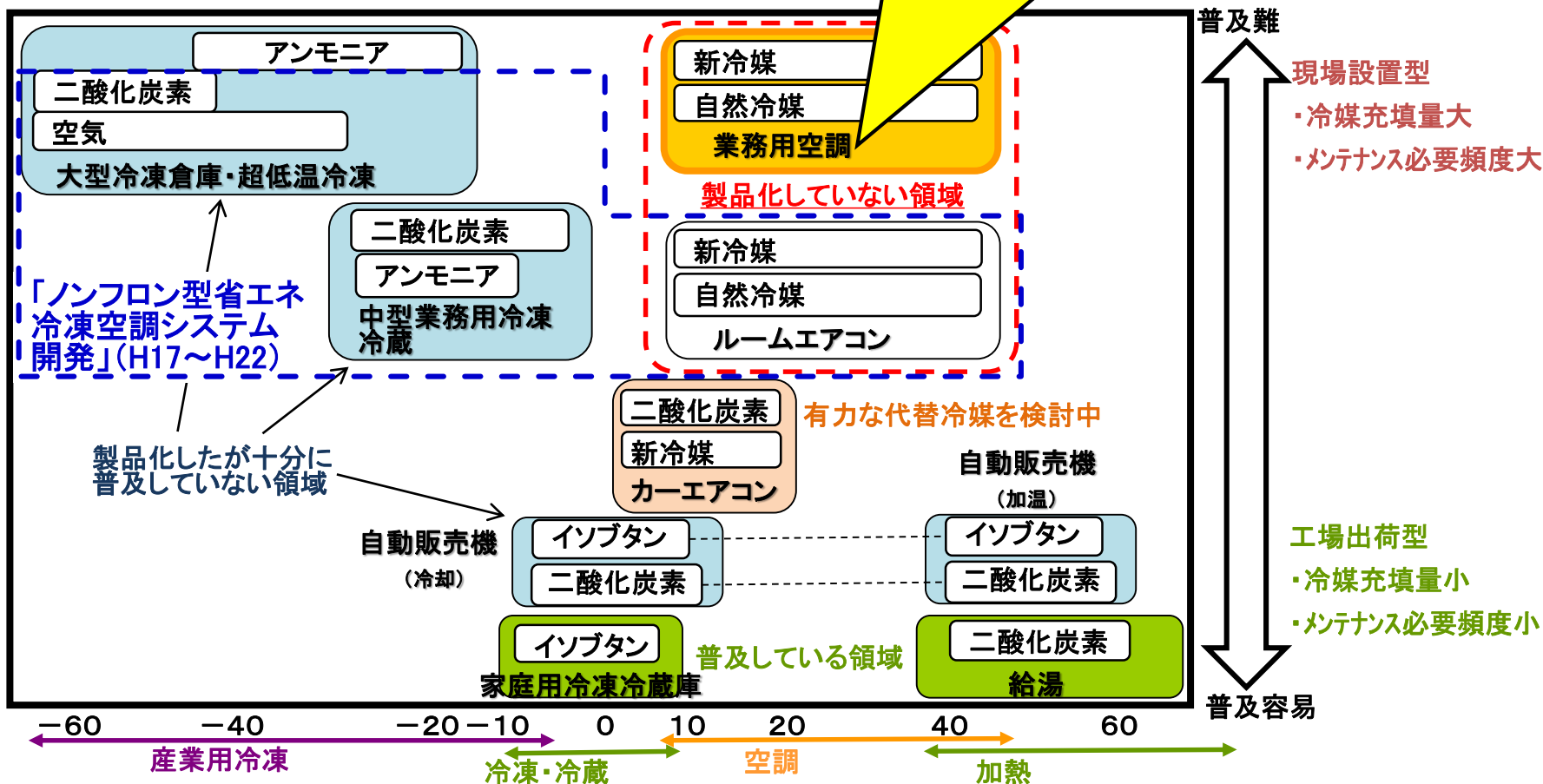
⇒代替フロン等3ガスの排出を抑制するためには、冷凍空調分野からの排出抑制が重要。



〔出典：実績は政府発表値。
BAU推計値は経済産業省
試算値〕

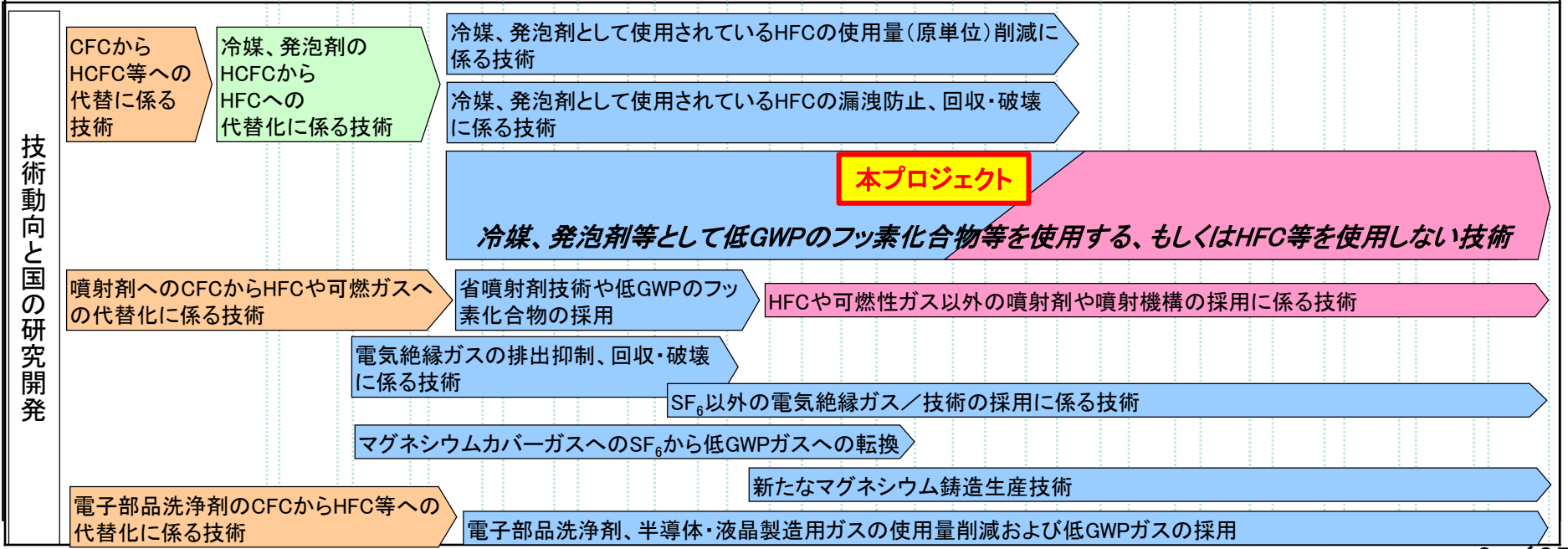
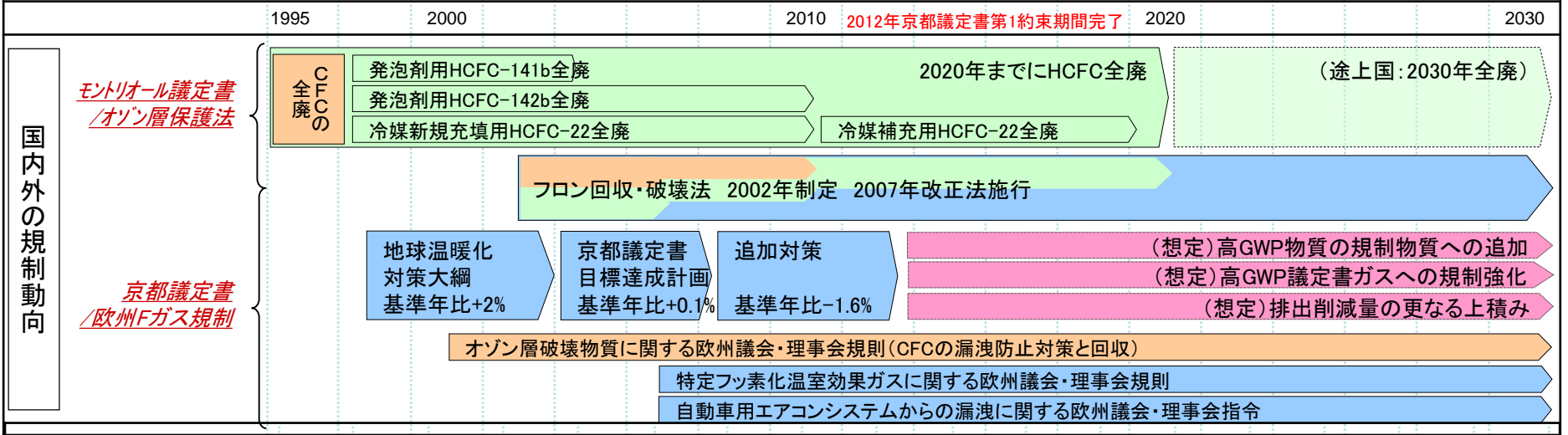
●中間的温度帯(空調)では、代替フロンと同程度の熱力学特性、不燃性を持つ冷媒が見つかっておらず、システム面で省エネ性、安全性の両面から技術的ハードルが高い。中でも業務用空調については、規模(冷媒量・配管長等)が大きいこと等から特に技術的ハードルが高い。

プロジェクトターゲット



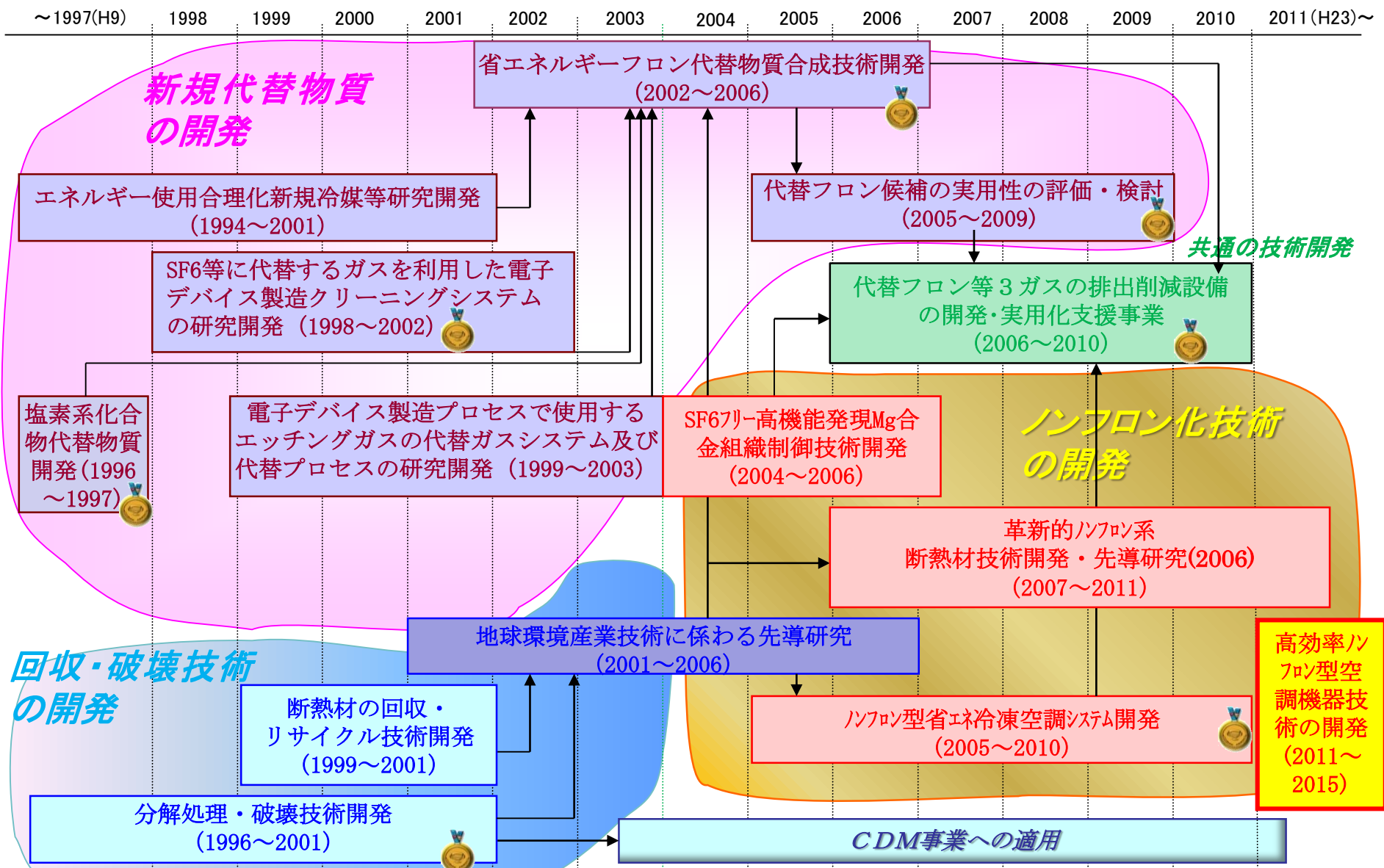
脱フロン対策分野の導入シナリオ

CFC対策(主にモントリオール議定書) HFC,PFC,SF₆対策(主に京都議定書)
 HCFC対策(主にモントリオール議定書) ポスト京都議定書対策



◆事業の位置づけ ～フロン対策分野におけるNEDOプロジェクトの経緯～

事業原簿 I-1 ~ 13



： オゾン層保護・地球温暖化防止大賞受賞PJ

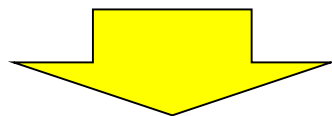
「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

◆NEDOが関与する意義

公開

- 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冷媒排出削減は急務
- 京都議定書がHFCの使用禁止を要求していないため、低温室効果冷媒による業務用空調システムを民間企業が単独で取り組むのにはリスクが大きい
- 低温室効果冷媒の安全性評価、物性評価等については、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レベル
- 我が国産業の競争力強化のためにも、世界に先駆けたノンフロン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」

I. 事業の位置付け・必要性

◆実施の効果

＜プロジェクト予算総額＞

18.9億円

(NEDO負担額)

＜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※1 約4000万t-CO₂

内訳 家庭用空調 約900万t-CO₂

プロジェクト
ターゲット

業務用空調 約1200万t-CO₂※2

業務用冷凍冷蔵 約1600万t-CO₂

他(カーエアコン等) 約200万t-CO₂

※1: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

※2:1990年総排出量約12億t-CO₂の約1%に相当

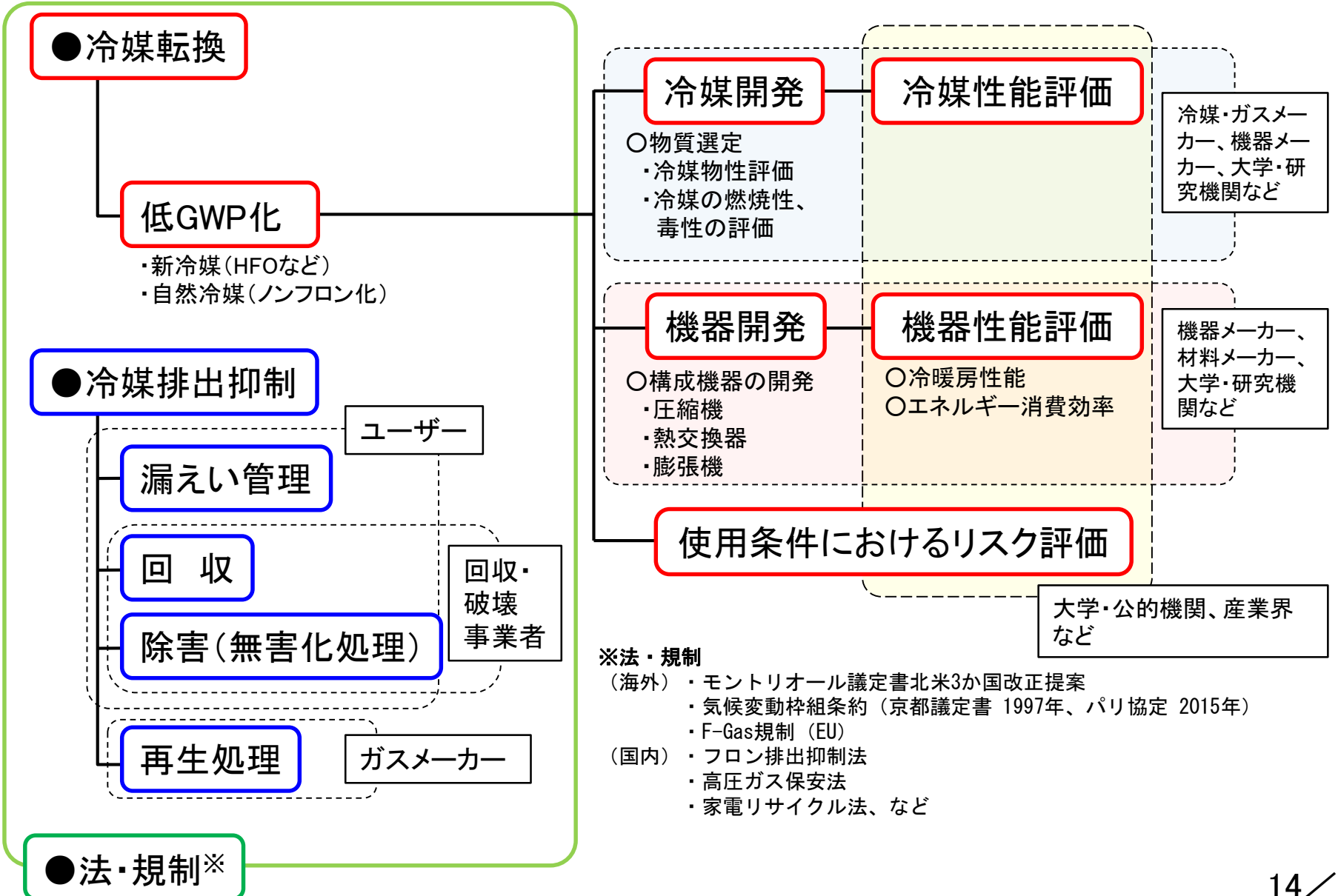
I. 事業の位置付け・必要性

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
取り組み及び見通し

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



Ⅱ．研究開発マネジメント

◆事業概要

公開

- 概要** 現行の代替フロン冷媒に比べ大幅に温室効果を下げた低温室効果冷媒を用い、かつ高効率を両立する**業務用空調機器**(ビル用PAC等)を実現するため、機器システム、冷媒の両面から以下の技術開発を行う。
- ①低温室効果の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、毒性等)

期間 平成23年度 ～ 平成27年度 (5年間)

予算

総額	18.9億円	研究開発項目毎配分		
		①機器 開発	②冷媒 開発	③性能・安全性 評価
		31%	17%	52%
H23年度	4.8億円	44%	16%	40%
H24年度	5.4億円	41%	13%	46%
H25年度	3.0億円	40%	19%	41%
H26年度	2.8億円	11%	15%	74%
H27年度	2.9億円	6%	25%	69%

研究開発項目②、③において大きな成果が見込めたため、NEDO内加速財源を投入(H24、H25、H27年度)

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

Ⅱ．研究開発マネジメント

◆研究開発項目および目標



公開

●基本計画目標

研究開発項目	最終目標(平成27年度末)	根拠
プロジェクト全体	低温室効果冷媒を用いつつ 現状市販フロン品と同等以上の性能 を実現する基盤技術の確立を目標とする。	開発した製品が市場に受け入れられるためには、従来機と同等以上のエネルギー効率が必要
①低温室効果の冷媒で高効率を達成する主要機器の開発 【機器開発】	低温室効果冷媒を用いつつ現状市販フロン機と同等以上の性能を実現する基盤技術の確立を目標とする。	同上
②高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発 【冷媒開発】	現状市販フロン品と同等以上の性能で温室効果の低い冷媒を実現する基盤技術の確立を目標とする。	同上
③冷媒の性能、安全性評価 【性能・安全性評価】	公共的な見地から国際的標準化を注視しつつ、冷媒の性能、安全性評価を実施する。	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

●公募により 9テーマを採択 ⇒中間評価後 5テーマに絞り込み

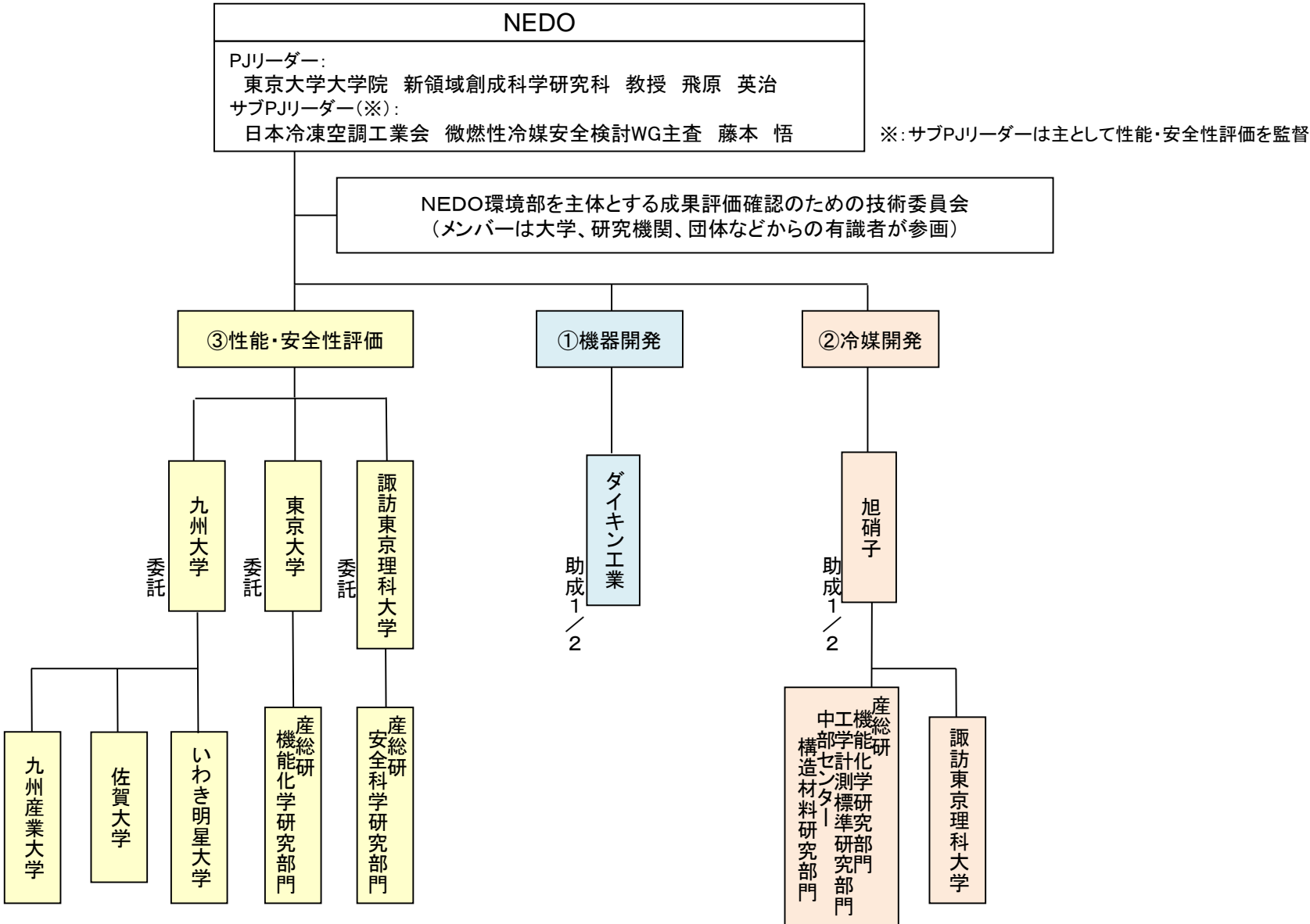
赤字は中間評価後の変更点

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機器開発	高効率ノンフロン型ビル用マルチ空調機の研究開発	ダイキン工業株式会社	助成 (2/3 →1/2)	H23 - H27	ビル用マルチエアコン(大型) ・中～大規模ビルの冷暖房用	CO ₂	
②冷媒開発	高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発	旭硝子株式会社 (委託:産総研、諏訪東京理科大学)	助成 (2/3 →1/2)	H23 - H27	低GWP冷媒開発	新規低GWP冷媒	・新規媒体を合成・評価
③性能・安全性評価	業務用空調機器に適した低GWP冷媒の探求とその安全性、物性および性能評価	九州大学 (再委託:佐賀大学、いわき明星大学、九州産業大学)	委託	H23 - H27	低GWP冷媒評価(性能・安全性※)	・R1234ze(Z), ・R1234ze(E)+R32+CO ₂ の三元系混合冷媒等	・既存媒体およびその混合媒体から冷媒探求、評価
	微燃性冷媒の燃焼・爆発性評価と空調機器使用時のリスクアセスメント	諏訪東京理科大学 (再委託:産総研安全科学研究部門)	委託	H23 - H27	<u>※特に微燃性冷媒(A2L冷媒)の安全性評価に関しては、「微燃性冷媒リスク評価研究会」の下、産業界と連携</u>	・R1234yf, ・R1234ze(E), ・R32 等	・実際に燃焼する場合に重点を置いて評価
	エアコン用低GWP冷媒の性能および安全性評価	東京大学 (再委託:産総研機能化学研究部門)	委託	H23 - H27			・燃焼に至る条件に重点を置いて評価

●基本計画最終目標に基づく各テーマの最終目標(H27年度末)

研究開発項目	対象技術等	テーマ	最終目標(H27年度末)
①機器開発	ビル用マルチエアコン(大型) ・中～大規模ビルの冷暖房用	高効率ノンフロン型ビル用マルチ空調機の研究開発	冷房定格COPを現行R410A機同等レベル, 2015年省エネ法基準値であるAPF 5.2(5HP)を超える性能を達成する
②冷媒開発	低GWP冷媒開発	高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発	現状市販フロン品と同等以上の性能で温室効果の低い冷媒を実現する基盤技術の確立を目標とする。
③性能・安全性評価	低GWP冷媒評価(性能・安全性)	業務用空調機器に適した低GWP冷媒の探求とその安全性、物性および性能評価	①R1234ze(Z)などの新規低GWP純冷媒の化学的性質、熱力学的・輸送的性質、伝熱特性およびサイクル基本特性の解明を行う。 ②業務用空調機器に適した低GWP混合冷媒の探求および選定と、その熱力学的・輸送的性質の測定と、伝熱特性およびサイクル性能の評価を行う。 以上より、低GWP混合冷媒を実用化する為の基盤技術を構築する。
		微燃性冷媒の燃焼・爆発性評価と空調機器使用時のリスクアセスメント	本研究開発では、A2L冷媒が使用された空調機のフィジカルハザードを評価し、A2L冷媒の空調機器適用に係るガイドライン作成への寄与を目標とする。
		エアコン用低GWP冷媒の性能および安全性評価	微燃性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。

◆研究開発実施体制(中間評価後)



Ⅱ. 研究開発マネジメント

◆ 運営管理

公開

● 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)
- (2) プロジェクトリーダー、NEDO職員による委託先/助成先のヒアリング
 - ・現地調査による研究開発能力・設備等の調査 (事業者参画初年度実施)
 - ・委託先/助成先の進捗報告(2回/年) (中間期ヒアリング、技術委員会前報告を実施)
 - ・以上に基づく、プロジェクトリーダーによる個別指導 (随時実施)
- ↓
- (3) (1)(2)による研究進捗の整理
 - ・NEDOでの絞り込み案の策定(計画修正・予算配分) → 適時研究開発計画の変更、加速など事業の推進
- ↓
- (4) 技術委員会によるコメント聴取 (各年度末に実施)
 - ・評価基準に基づく評価
- ↓
- (5) 絞り込み
 - ・次年度研究開発計画、予算の決定

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

Ⅱ. 研究開発マネジメント

◆運営管理

技術委員会 委員

委員長

稲葉 英男(国立大学法人岡山大学 名誉教授)

委員 50音順

亀山 秀雄(国立大学法人東京農工大学 名誉教授)

齋川 路之(財団法人電力中央研究所 エネルギー技術研究所 副研究参事)

松尾 一也(松尾技術士事務所 所長)

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

- 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、②（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、結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③（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（後述）を通じて成果を共有する。

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

●知的財産に関して

- ・研究開発項目①、②(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③(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。)

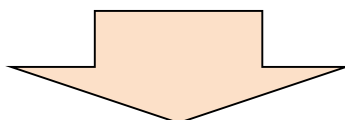
Ⅱ．研究開発マネジメント

◆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(JIS、IEC等)

- ・JIS(ルームエアコン)改訂へのデータ提供
- ・UL2182規格(冷媒)改定検討委員会への提案
- ・IEC 61D WG9委員会においてIEC 60335-2-40(エアコン安全規格)への提案
(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)
- ・物性データ集刊行(JSRAE Thermodynamic Tables, Vol. 4, - JARef HFO-1234ze(E), 日本冷凍空調学会(2011))
- ・ISO TC86 SC8(冷媒及び冷却用潤滑剤)において、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。WG8新設。



低GWP冷媒実用化促進に資する標準化等に寄与

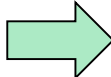
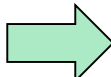
Ⅱ．研究開発マネジメント

◆情勢変化への対応

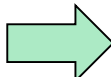
公開

国内外の規制動向と連携しつつ、研究開発を実施していく。

●国内の規制動向

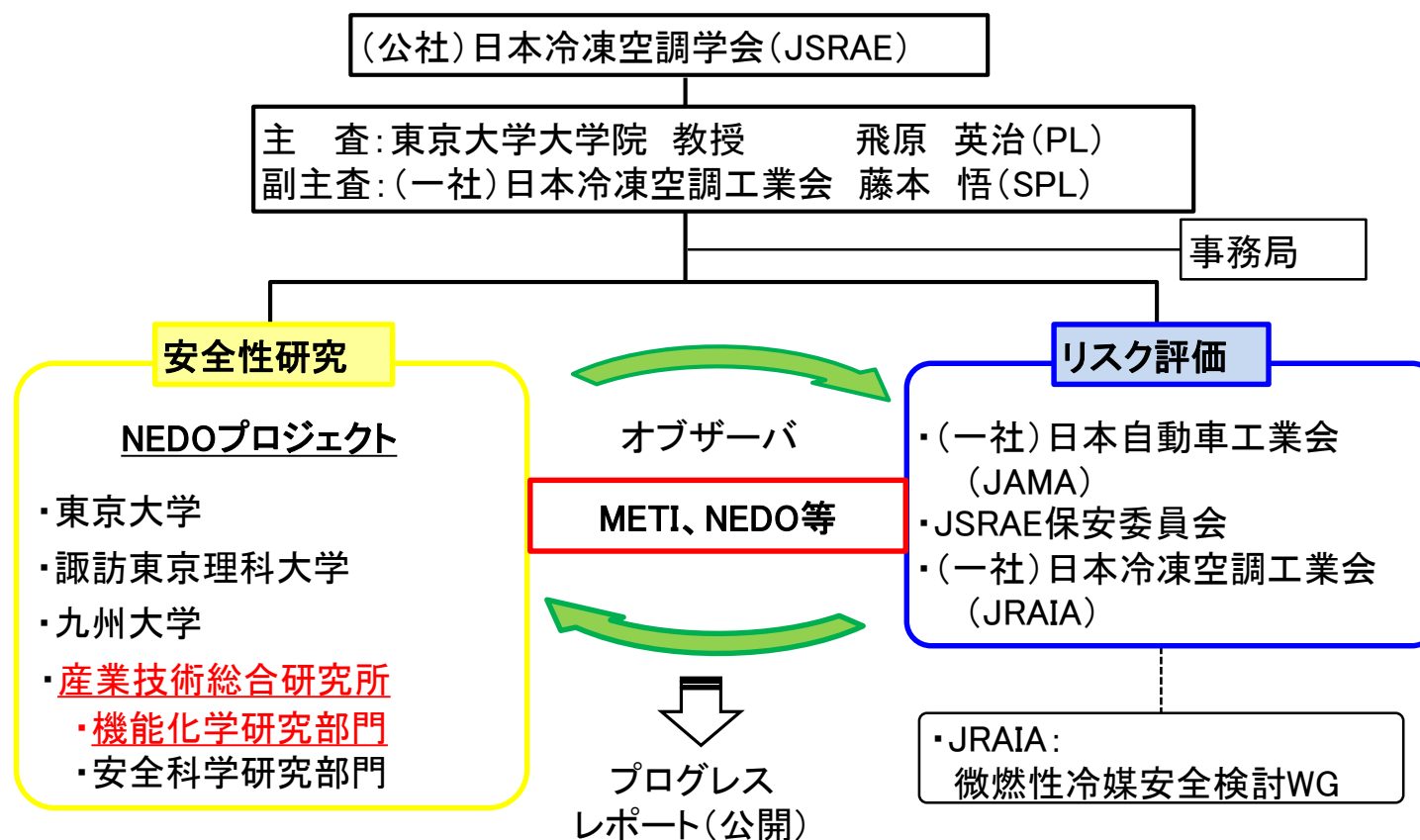
- ・高圧ガス保安法  微燃性冷媒実用化に資する法整備への寄与(後述)
- ・フロン回収・破壊法⇒「フロン排出抑制法」(平成27年施行)
 - ・・・製品の低GWP化促進を謳うもの
 -  低GWP冷媒適用技術開発の促進

●国外の規制動向

- ・欧州 Fガス規制の強化案
 - ・モンリオール議定書への北米3カ国提案
- } ・・・HFCのフェーズ
ダウンを図るもの
-  輸出、海外技術移転等を視野に入れた技術開発

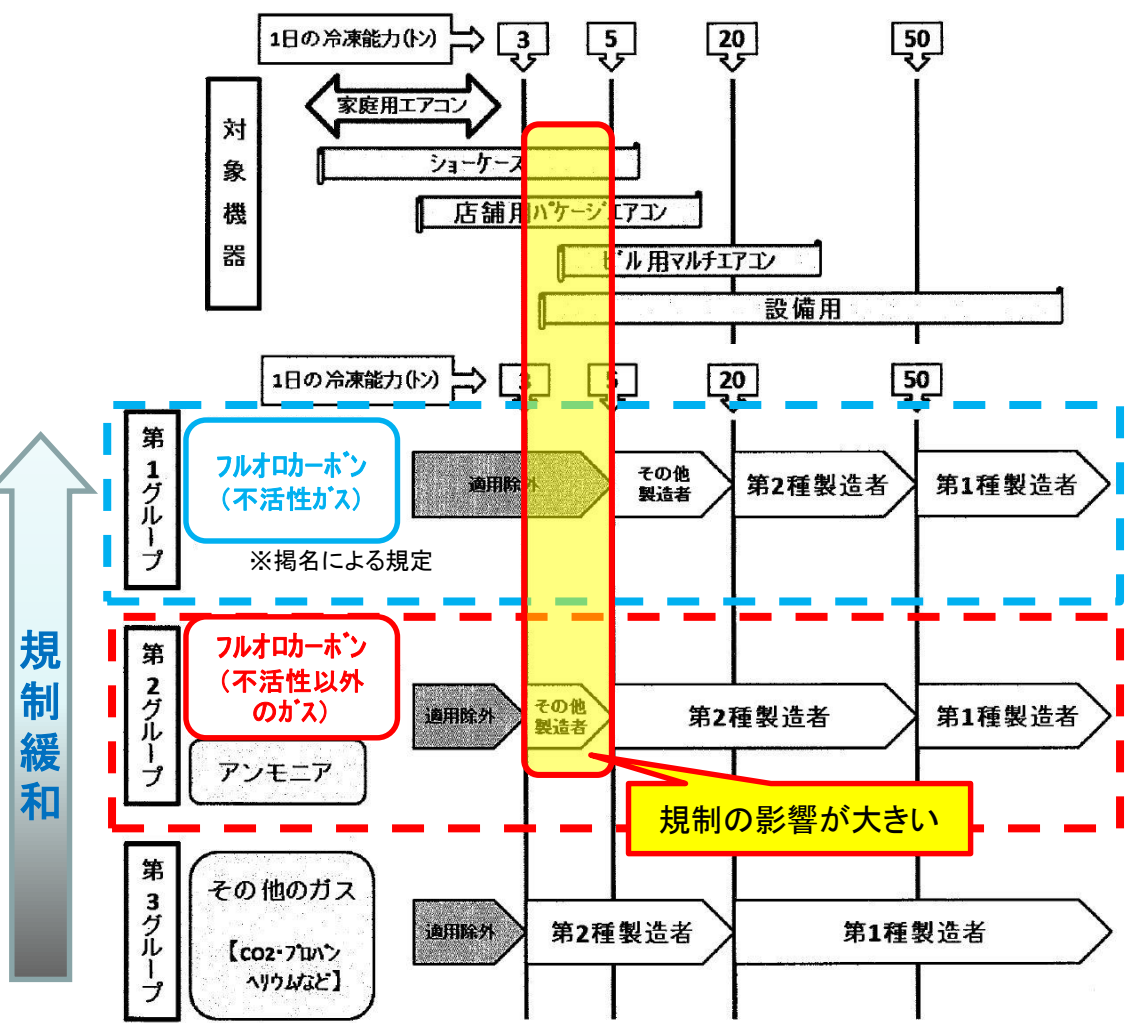
研究会の目的

1. 「③冷媒の性能、安全性評価」研究で得られた基礎データ(燃焼性、着火性等)を基に微燃性冷媒のリスク評価を推進
2. 工業会リスク評価結果の第三者レビュー。
→ 産業界のニーズを本プロジェクト研究内容(性能・安全性評価)にフィードバック



微燃性冷媒リスク評価研究会 (産学官連携)

高圧ガス保安法冷凍保安規則の規制体系の概要



- 低温室効果冷媒(微燃性冷媒)が第2グループに属すると、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、従来冷媒が属する第1グループ並みの規制とすることが重要。

(注) 第1種製造者: 都道府県知事への認可が必要
 第2種製造者: 都道府県知事への届出が必要
 その他製造者: 届出は不要であるが、技術基準を遵守
 適用除外: 高圧ガス保安法の適用を受けない

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

Ⅱ. 研究開発マネジメント

◆中間評価結果への対応

公開

【総合評価】

高効率ノンフロン型空調機器の実用化は、地球温暖化防止への効果が大きく重要な課題であるが、その具現化には技術的にも経済的にも困難なハードルが存在し、とりわけ安全性評価についてはNEDOが先導する意義は大きい。
機器開発及び新冷媒開発については着実に開発が進んでおり、特に新規冷媒の性能・安全性評価における、微燃性冷媒の燃焼性に関する研究は、世界的に見ても極めて高いレベルにある。

	評価のポイント	反映(対処方針)のポイント
1	機器開発については、実用化に向けて早期に実機でのCOP等の性能を確認すべきである。	基本計画を一部変更し、実証機を製作してシステム性能評価試験を実施する。
2	本技術開発だけではCOP向上見込みが不十分で今後の展開が難しいテーマがあり、対応を検討する必要がある。	現段階で中間目標達成見込みが立っていないテーマについては、中止する。
3	ノンフロン型空調機器技術では単に効率(COPやAPF)で判断するのではなくGWPを考慮したトータルな意味での判断が必要と考える。また、イニシャル・ランニングコスト、運転管理の容易性・長寿命性・安全性・安定性・快適性、設置面積・必要容積・重量・発生音・工事の容易性など建物側への制約が少ないことなど、総合的な評価方法を明確化することが重要である。	温室効果ガス排出抑制の観点ではLCCP(Life Cycle Climate Performance(製品寿命気候負荷))による評価を実施している。一方、機器普及、導入・運用に係る課題・評価方法については、実証機試験を実施する中で抽出・検討を行う。
4	国内外の法規制の行方が今後の研究・開発テーマ展開に大きく影響を及ぼすので、情報収集を適切に行い、法規制に対応して研究項目の変更等を行うことが望ましい。	先に成立した「フロン使用合理化・適正管理法」に早期に対応すべく、次年度実施予定実験を前倒し、冷媒性能評価の早期高精度化を図るとともに、国内外の法規制の情報収集結果に基づき冷媒燃焼時の危害度評価実験における測定項目を追加する。

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
取り組み及び見通し

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機器開発	ビル用マルチエアコン (大型) ・中～大規模ビルの冷暖房用	高効率ノンフロン型ビル用マルチ空調機の研究開発	冷房定格COPを現行R410A機同等レベル、2015年省エネ法基準値であるAPF 5.2 (5HP)を超える性能を達成する	5HPの室外機に新機構多段圧縮機、アルミマイクロチャンネル熱交換器、複合切換弁、新型液ガス熱交換器、膨張機を搭載し、性能試験を実施した。試験機実測に基づいて10HP最終製品のシステム性能を試算した結果、冷房定格COP 3.76、APF 5.24 となり、いずれも目標値達成の見込みがあることを確認した。	○
②冷媒開発	低GWP冷媒開発	高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発	現状市販フロン品と同等以上の性能で温室効果の低い冷媒を実現する基盤技術の確立を目標とする。	候補媒体について選定の為の燃焼性及び毒性(Ames試験・蓄積性)に関する基礎データを取得。有望候補媒体について、基本特性、応用特性に関するデータ取得・評価を実施、高効率かつ低温室効果の新冷媒を実現する基盤技術を確立した。	○

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

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
③性能・安全性評価	低GWP冷媒評価 (性能・安全性)	業務用空調機器に適した低GWP冷媒の探求とその安全性、物性および性能評価	<p>①R1234ze(Z)などの新規低GWP純冷媒の化学的性質、熱力学的・輸送的性質、伝熱特性およびサイクル基本特性の解明を行う。</p> <p>②業務用空調機器に適した低GWP混合冷媒の探求および選定と、その熱力学的・輸送的性質の測定と、伝熱特性およびサイクル性能の評価を行う。</p> <p>以上より、低GWP混合冷媒を実用化する為の基盤技術を構築する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・R1234ze(Z)の化学的性質、熱力学的・輸送的性質、伝熱特性およびサイクル基本特性を世界に先駆けて測定し、それらの特性を解明。 ・R1243zfの熱力学的性質を世界に先駆けて測定し、解明。 ・R1234ze(E)、R1234ze(Z)およびR1233zd(E)の水平平滑管外凝縮・沸騰熱伝達特性を世界に先駆けて測定。 ・次世代冷媒として有望なR1234ze(E)/R32系およびR1234yf/R32系の2成分混合冷媒、並びにR1234ze(E)/R32/R744系およびR1234yf/R32/R744系の3成分混合冷媒の組成を選定し、それらのPvT性質、臨界定数、輸送的性質を測定とともに、状態方程式を提案。 ・R1234ze(E)/R32系およびR1234yf/R32系2成分混合冷媒、並びにR1234ze(E)/R32/R744系3成分混合冷媒の溝付管内凝縮・沸騰熱伝達特性を測定／解明。 ・R1234ze(E)/R32系およびR1234yf/R32系の2成分混合冷媒、並びにR1234ze(E)/R32/R744系およびR1234yf/R32/R744系の3成分混合冷媒のサイクル性能を解明し、既存冷媒R410Aの代替冷媒として使用できる混合冷媒を提案。 	○
		微燃性冷媒の燃焼・爆発性評価と空調機器使用時のリスクアセスメント	本研究開発では、A2L冷媒が使用された空調機のフィジカルハザードを評価し、A2L冷媒の空調機器適用に係るガイドライン作成への寄与を目標とする。	本研究開発では、KG値や燃焼速度等を指標として、比較的実大に近い規模の実験により業務用空調機器搭載用低GWP冷媒の燃焼特性を明らかにするとともに、リスクアセスメントにて抽出された各種事故シナリオにおける火災発生可能性およびフィジカルハザードを明確化した。その成果は高圧ガス保安法をはじめとする各種規制緩和に資している。以上より本研究開発の当初の目的を達成した。	○
		エアコン用低GWP冷媒の性能および安全性評価	微燃性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。	微燃性冷媒のリスク評価を行うのに必要な燃焼特性や事故危険性について学術的な情報を提供するとともに、試験法についても新たに開発し、国際的な規格の改正に貢献した。産学官が協力して、微燃性冷媒のリスク評価を実施し、国内法の改正に協力した。	◎ 当初計画にはなかった研究項目を含むため

◎:計画以上、○:計画通り(目標達成又は達成見込)、△:ほぼ計画通り(一部計画遅れ)、×:計画未達

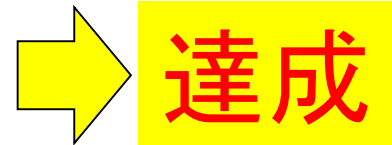
Ⅲ. 研究開発成果

◆各研究開発項目の目標達成度

公開

●プロジェクト最終目標:

低温室効果冷媒を用いつつ現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する基盤技術の確立を目標とする。



研究開発項目	最終目標(平成27年度末)	自己評価
①【機器開発】低温室効果の冷媒で高効率を達成する主要機器の開発	温室効果冷媒を用いつつ現状市販フロン機と同等以上の性能を実現する基盤技術の確立を目標とする。	○
②【冷媒開発】高効率かつ低温室効果の新冷媒の開発	現状市販フロン品と同等以上の性能で温室効果の低い冷媒を実現する基盤技術の確立を目標とする。	○
③【性能・安全評価】冷媒の性能、安全性評価	公共的な見地から国際的標準化を注視しつつ、冷媒の性能、安全性評価を実施する。	○

◎:計画以上、○:計画通り(目標達成)、△:ほぼ計画通り(一部計画遅れ)、×:計画未達

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 機器開発	ビル用マルチエアコン (大型) ・中～大規模ビルの冷暖房用	<ul style="list-style-type: none"> ・低GWP冷媒適用要素機器(圧縮機、熱交換器等)の開発 ・業務用空調機器への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 冷媒開発	低GWP冷媒開発	<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媒体の開発
③ 性能・安全性評価	低GWP冷媒評価 (性能・安全性)	<ul style="list-style-type: none"> ・リスク評価(産業界で実施)の推進に寄与 ・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

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機器開発 (1テーマ)	②冷媒開発 (1テーマ)	③性能・安全性評価 (3テーマ)	
論文 (査読付き)	2	1	115	118
論文 (その他)	0	14	146	160
その他外部発表 (プレス発表等)	0	2	1	3
計	2	17	262	281

- 公共的な知的基盤整備を目的とする研究開発項目③(委託事業)においては、論文投稿、講演発表等を多く実施。

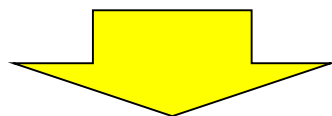
Ⅲ. 研究開発成果

◆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

- 神戸シンポジウム(「環境と新冷媒 国際シンポジウム」(日本冷凍空調工業会主催))(2012年度、2014年度、2016年度)
 - ・「微燃性冷媒の安全性分析」セッションを設置、研究会の成果を可能な限り公開。
- 微燃性冷媒リスク評価研究会(日本冷凍空調学会)
 - ・年度毎にプログレスレポートを作成(和文、英文)し、日本冷凍空調学会ホームページにて公開。
- 第24回IIR国際冷凍会議(ICR2015)
 - ・Risk Assessment of Mildly Flammable Refrigerants(微燃性冷媒のリスク評価)と題してワークショップを開催。



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機器開発 (1テーマ)	②冷媒開発 (1テーマ)	③性能・安全性評価 (3テーマ)	
国内	35	73	0	108
外国	3	37	0	40
PCT※出願	2	26	0	28
計	40	136	0	176

(※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、②(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
取り組み及び見通し

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

公開

研究開発項目	対象技術等	実用化・事業化の考え方
① 機器開発	ビル用マルチエアコン (大型) ・中～大規模ビルの冷暖房用	現状市販フロン製品と同等以上の性能を実現する基盤技術を確立し、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。
② 冷媒開発	低GWP冷媒開発	
③ 性能・安全性評価	低GWP冷媒評価 (性能・安全性)	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。

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

◆成果の実用化・事業化の見通し

公開

研究開発項目	対象技術等	成果の実用化・事業化見通し
① 機器開発	ビル用マルチエアコン (大型) ・中～大規模ビルの冷暖房用	<ul style="list-style-type: none"> ・技術面では、高効率化及びサイズ・重量アップを大きく抑制する基本技術を確立。 ・しかし、現行のR410A冷媒機に比べると、サイズや重量は依然として大きく、ブレークスルーが必要。 ・技術面以外の課題(国内外の冷媒規制(GWP 規制等)状況及び低GWP 冷媒の安全性(燃焼性等)リスク評価)、及び他社の新冷媒の動向を踏まえ、事業化フェーズへの移行を見極める。
② 冷媒開発	低GWP冷媒開発	<ul style="list-style-type: none"> ・技術面の課題は解決済み。 ・家庭用エアコンを例にリスクアセスメントを実施し、許容値をクリアしていることを確認。 ・技術面以外の課題(国内外の冷媒規格等の取得、各地域における化学物質登録、規制緩和等の法的対応)を解決し、早期実用化の為の商業生産を進める事により、新冷媒の実用化・事業化を推進する予定。
③ 性能・安全性評価	低GWP冷媒評価 (性能・安全性)	<ul style="list-style-type: none"> ・本研究開発を通して取得した成果が、本研究開発期間中に既に国内外の微燃性冷媒の実用化に向けた標準化および規制緩和の議論に供されており、効果的に新冷媒の実用化の支援に貢献。 ・今後も、各種規制の見直しのために本研究成果を提供することで、規制緩和の根拠としての活用が期待できると共に、企業等による新規の混合冷媒を用いた研究開発を行う上で、極めて有益な情報を提供するものと考えられる。

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

◆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	対象技術分野の冷媒排出量推計※2	社会的波及効果
①機器開発	ビル用マルチエアコン (大型) ・中～大規模ビルの冷暖房用	・高効率化技術(圧縮機、熱交換器等)の他分野への展開	・約1千億円	・約5百万t-CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> ・温室効果ガス排出削減による地球環境への貢献 ・世界に先駆けた低GWP冷媒技術の開発による我が国産業の競争力強化 <p style="text-align: center;">↓</p> NEDOのミッションに合致: 「エネルギー・地球環境問題の解決」 「産業技術力の強化」
②冷媒開発	低GWP冷媒開発	・他用途(広範囲の冷凍空調機器、ヒートポンプ、噴射剤、発泡剤等)への展開	・約1万t(業務用空調機器分野)	・約13百万t-CO ₂ ※3	
③性能・安全性評価	低GWP冷媒評価 (性能・安全性)	<ul style="list-style-type: none"> ・低GWP冷媒基礎データの普及による実用化研究開発の促進 ・リスクアセスメントの推進 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・内外の規格・法規整備への貢献(高圧ガス保安法、JIS、ISO、IEC等)

※1: 助成金交付申請書・企業化計画に基づく推算値

※2: 2020年BAU推計値(経済産業省推計)

※3: 業務用空調機器分野全体

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

公開

Ⅲ. 研究開発成果

Ⅳ. 成果の実用化・事業化に向けた
取り組み及び見通し

①機器開発における実施例の紹介

助成先: ダイキン工業(株)

1. 研究開発マネジメント

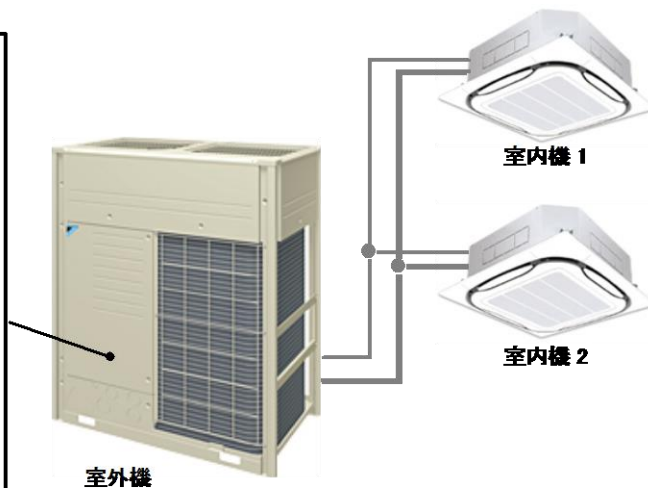
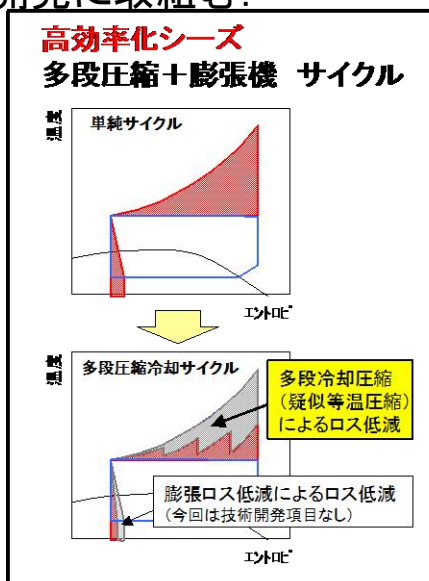
【開発目標値】

[中間目標] 最終目標を達成するために必要な要素部品の基本仕様確立を目指す

[最終目標] 冷房定格COPを現行R410A機同等レベル, 2015年省エネ法基準値である APF 5.2(5HP)を超える性能を達成する

【狙い】

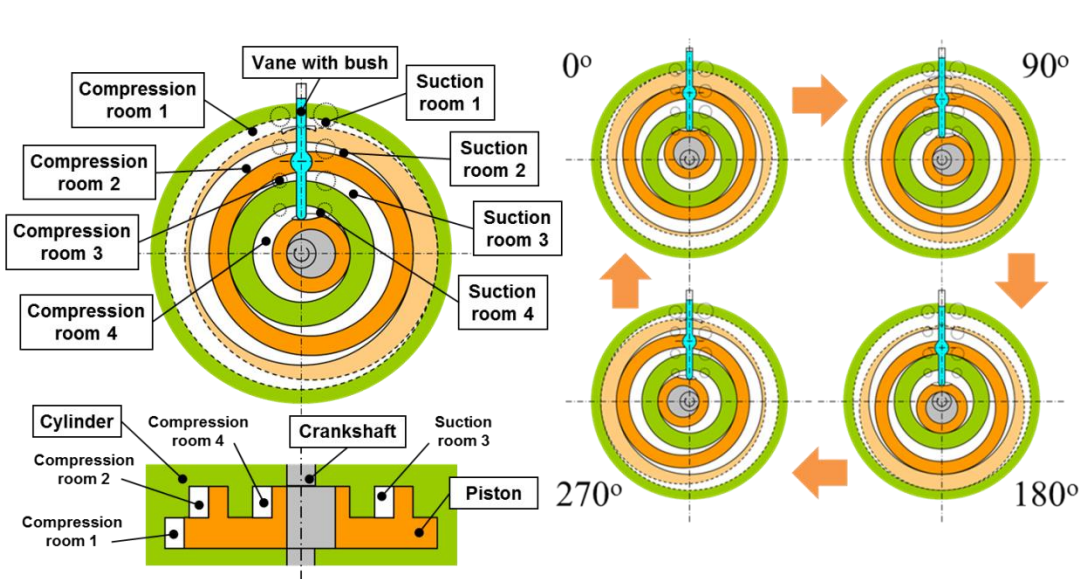
- 多段冷却圧縮(圧縮途中の冷媒を断続的に外気で冷却し, 再度圧縮することを繰り返すこと)で, 圧縮中の冷媒温度の上昇を抑制して圧縮動力を大幅に低減し, また膨張機技術を採用して膨張損失を回収することで高効率化を図る.
- CO2冷媒適用に伴い, 高耐圧化による熱交換器のコスト上昇や, 多段圧縮化によるシステムの複雑化や要素部品の複数化によるコスト上昇が懸念されるため, コスト抑制のための新たな要素技術の開発に取り組む.



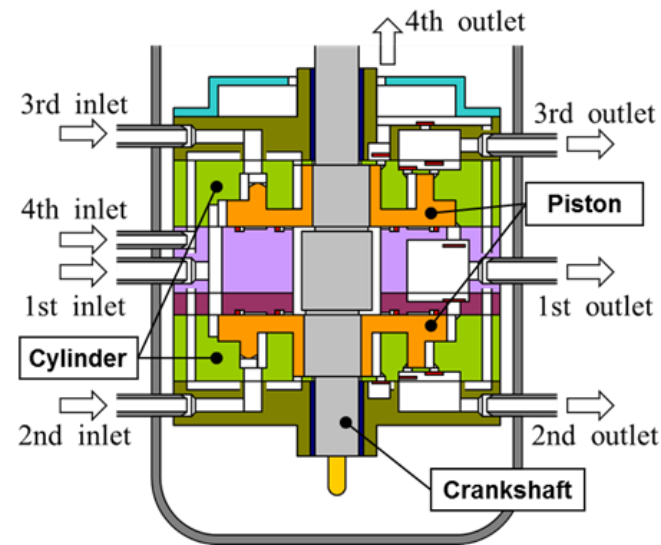
2. 研究開発成果

(1) 新機構多段圧縮機の開発

- 1台で4段圧縮が可能な新たな圧縮機構を考案
- 1つのピストンで4つの圧縮室を形成
- 多数の圧縮室を持つ割には可動部が少なくシンプルな機構となるため、部品点数や本体サイズの増加を抑制することが可能



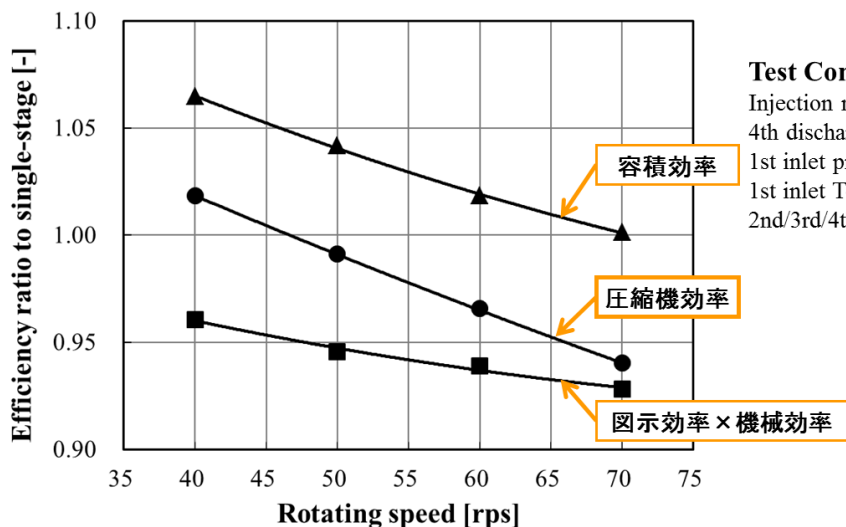
ピストンブッシュ穴とシリンダ溝に組み込まれたブッシュー体型ベーンがピストン回転角度に応じてスライドすることで、ピストンが揺動運動して圧縮を行うことができる。



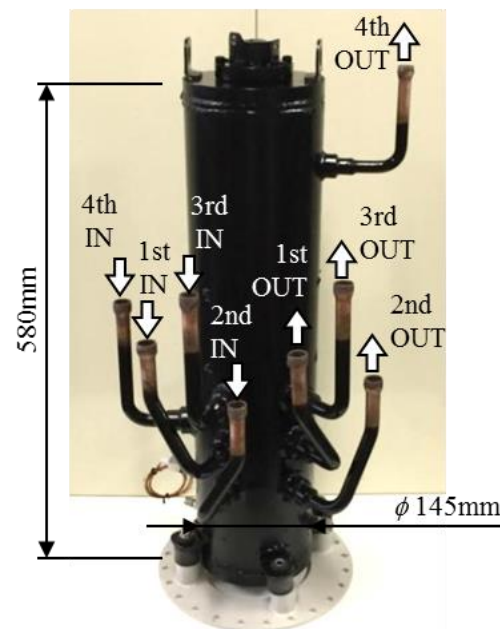
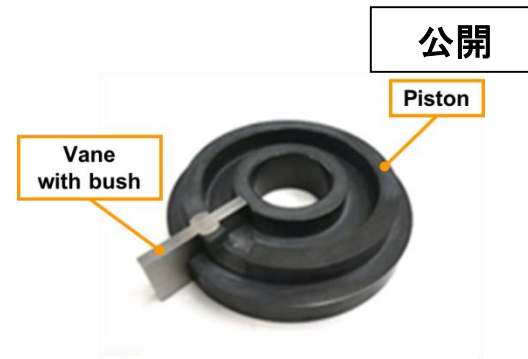
冷媒の流入出で発生する圧力脈動を抑制するため、2つのピストンを用いて合計8つの圧縮室を形成し、各段の圧縮を180deg位相差のある2室で行うことができる

- 各段シリンダ容積比設定やピストン背面ガス圧、メカ内冷媒流路形状などの最適化に取り組んだ結果、良好な性能が得られた
- 良好な圧縮機効率となり、特に低速域で優位性が得られた
- 当初の圧縮機効率の目標値も達成することができ、新サイクルに採用可能と判断した

スラスト摺動箇所が多数あるため摺動損失が増加し、また内部の冷媒流路が複雑かつ冷媒の出入り回数が多いため吸入部や吐出部での圧力損失も増加し、図機効率は単段圧縮機のそれよりも低くなる。一方で、圧縮過程を分割しているため、各段の圧縮室から吸入室への漏れや、各段のシリンダ間の漏れが少ないため、容積効率は単段圧縮機のそれよりも高くなる。



Test Conditions
 Injection ratio : 25%
 4th discharge pressure : 9.4 [MPa]
 1st inlet pressure : 4.6 [MPa]
 1st inlet Temp. : 28 [°C]
 2nd/3rd/4th inlet Temp. : 38/39/40 [°C]

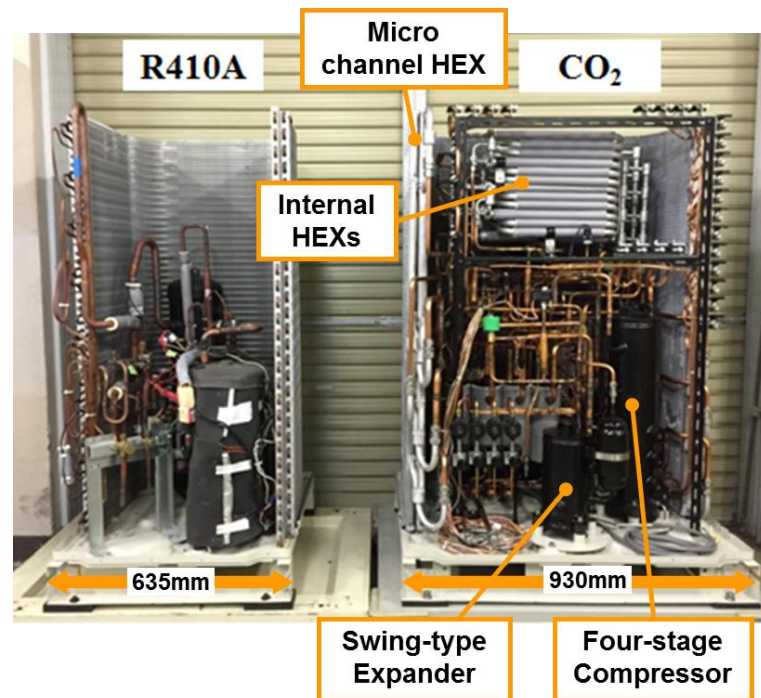


各段2室構成ではあるが、吸入管および吐出管は共通のため、接続配管数は最小限の8本となる

(2) システム性能評価

- 当社のR410A冷媒VRFのケーシングを流用して室外機を5HP試作機を製作
- 高効率化および軽量化や配管の簡素化を可能とするために、各機器の仕様は大きく異なり、本評価機は新形式の圧縮機や熱交換器等で構成されている
- 高効率化に伴い多数の内部熱交換器や油分離器、膨張機を搭載する必要があるため、同能力のR410A冷媒のケーシングに対して体積比146%となった

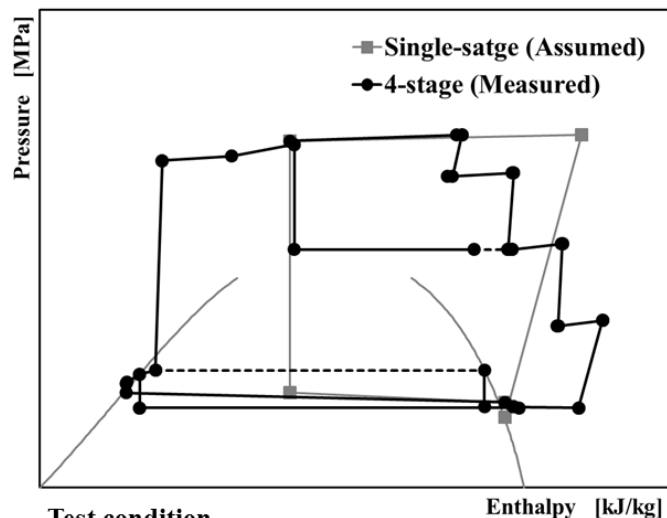
空気熱交換器の前面面積および有効長はR410A機と同等とした



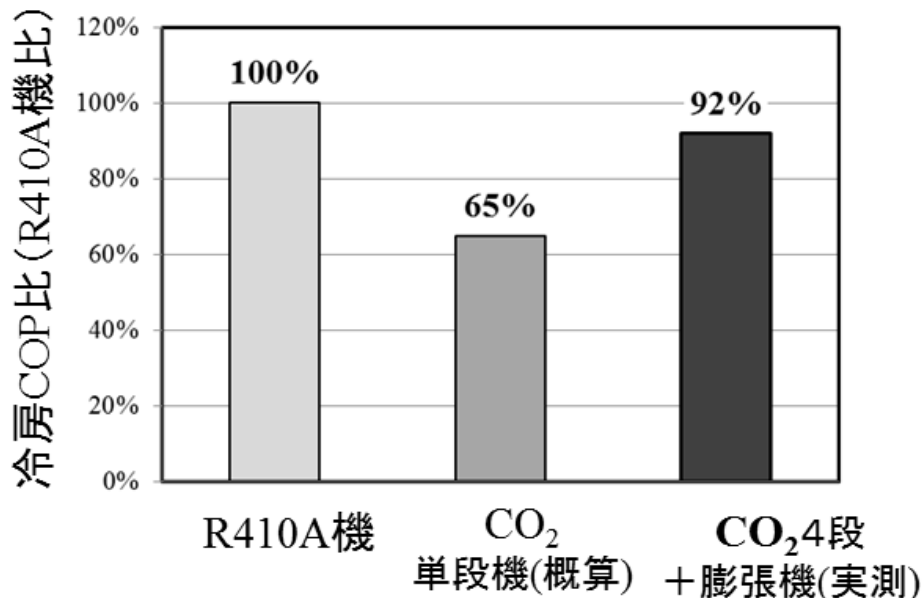
	R410A冷媒機 ※カタログ掲載値	CO ₂ 冷媒機(フィールド試験機)
容量	5HP	←
熱交サイズ比 (面積比)	100% (銅クロスフィン)	100% (アルミマイクロチャネル)
筐体サイズ比 (容積比)	100% (W635×D765×H1680)	146% (W930×D765×H1680)

公開

- 冷房条件では、適切な圧縮機のシリンダ容積設定とインタークーラの冷却効果によって圧縮過程をバランスよく分割でき、目論見通りの4段圧縮冷却サイクルを実現
- エコマイザ熱交換器と液ガス熱交換器の内部熱交換作用により、膨張前の温度を外気温よりも大きく下げることで、蒸発器入口冷媒のエンタルピが小さくなり、蒸発能力が増大
- 高効率化によってR410A冷媒機に対して冷房定格COPは92%にまで改善



Test condition
 - Outside: 35°C DB
 - Inside: 27°C DB/19°C WB

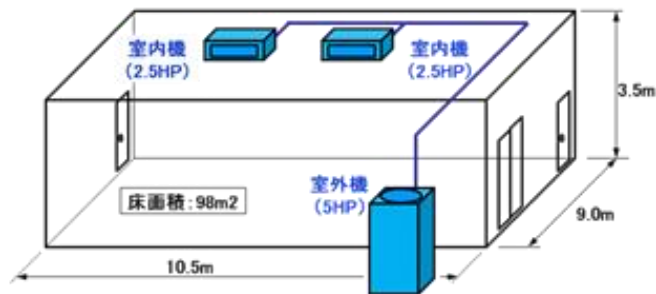


サイクル性能をR410A冷媒機同等とするためには、熱交換器のサイズアップ等の構成要素のさらなる高効率化が必要

(3) システム技術開発

- 実運転環境下での制御ロジック評価のため、実際に建屋(部屋)の空調用として据付して社内フィールド試験を実施した
- 温調室での試験で構築した制御ロジックの実運転評価および制御定数等の調整を行い、冷房運転と暖房運転ともに空調機として問題なく運転できることを確認した

■試験対象部屋概略



■堺製作所 金岡工場



■計測制御システム



■室外機(5HP)



(熱交換器側より)



■室内機



ダクト型
室内機(2.5HP) × 2台

3. 実用化, 事業化に向けての見通しおよび取り組みについて

公開

(1) 実用化, 事業化に向けての見通しおよび取り組みについて

- CO2冷媒を用いたビル用マルチ空調機の高効率化を可能とし, かつ従来技術の技術を組み合わせた場合よりも室外機のサイズや重量アップを大きく抑制する基本技術を確立することができた。
- しかしながら現行のR410A冷媒機に比べると, サイズや重量は依然として大きく, これを解決するための大きなブレークスルーが必要で, これらの課題の技術探索が今後必要である。
- また, 国内外の冷媒メーカーより新たな新冷媒も提案されており, これらの新冷媒の評価結果も考慮する必要がある。
- 今後は, 新冷媒に関する調査を行い, 世の中の技術動向に注視しつつ, 市場や規制の動向も踏まえながら, CO2冷媒化による優位性や経済性を見極めつつ商品化を検討していく予定である。

(2) 波及効果

- ノンフロン冷媒を用いた高効率な空調機は極めて環境性に優れた商品である。世界的に地球温暖化への危機意識が高まる中, 本研究により現行のHFC冷媒機同等性能の高効率なノンフロン型業務用空調機が開発されることで, 国内にとどまらず, グローバル規模で広く普及することが期待される。
- 本研究により高効率なノンフロン型業務用空調機を開発され商品化できれば, 業務用分野における空調機の使用から廃棄までの期間におけるCO2排出量を削減でき, 地球環境への負荷を抑制することができる。
- 現在開発中の高効率化技術は空調分野だけでなく, 冷蔵/冷凍分野等のその他分野にも展開が可能と考えている。

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

公開

Ⅲ. 研究開発成果

Ⅳ. 成果の実用化・事業化に向けた
取り組み及び見通し

②冷媒開発における実施例の紹介

助成先：旭硝子（株）

事業の目標

- 対象機器: 業務用空調機器、遠心式冷凍機
- 目標:
 - GWP値 GWP 300以下
 - 燃焼性 不燃性～微燃性(ASHRAE区分:1～2)
 - 毒性 LC50:20,000ppm以上
 - 冷媒性能 現行冷媒と同等
- 中間目標
 - 目標性能を満足する低温室効果を有する新冷媒の実用化の見通しを得る
- 最終目標
 - 目標性能を満足する市販フロン品と同等以上の性能で温室効果の低い冷媒を開発する

I 新冷媒の特性評価研究

(1) 安全性評価

① 毒性評価

- HFO-1123及びHCFO-1224ydはLC50 200,000ppm以上を確認

候補媒体	HFO-1123	HCFO-1224yd(Z)
急性毒性試験	LC ₅₀ >206,620ppm	LC ₅₀ >213,100ppm
Ames試験	陰性	陰性

② 燃焼性評価

- HFO-1123:ASHRAE34燃焼性区分 2L ・HCFO-1224yd:不燃性

	燃焼熱	燃焼下限濃度	燃焼速度
HFO-1123	9.9MJ/kg	10.0vol% (0.34kg/m ³)	6.6cm/s
HFO-1123/HFC-32 (45%/55%)	9.7MJ/kg	10.0vol% (0.27kg/m ³)	3.6cm/s

(2) 環境影響評価

- HFO-1123及びHCFO-1224yd(Z)はGWP < 1を確認

	大気寿命	GWP	ODP
HFO-1123	1.4日	<1	
HCFO-1224yd(Z)	21日	<1	0.00015

Ⅱ 新冷媒の実用化研究(実機性能試験)

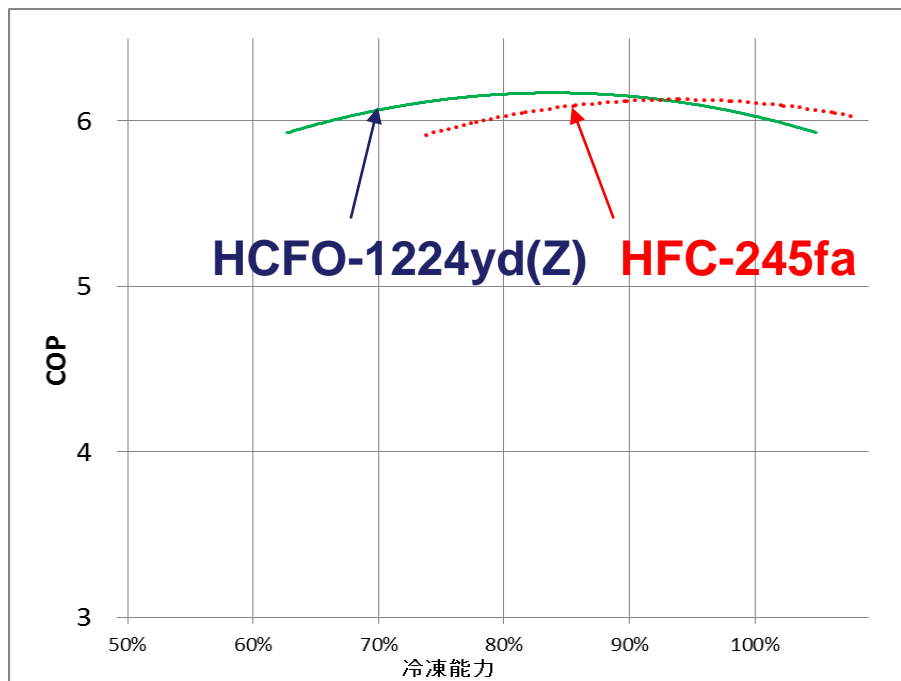
公開

(1) HFO-1123混合冷媒

R410A=100%

		HFO-1123/HFC-32/HFO-1234yf (40/44/16%)	HFO-1123/HFC-32 (40/60%)
COP	冷房定格	110%	116%
	暖房定格	96%	99%
APF		96%	97%

(2) HCFO-1224yd(Z)



・機器の最適化により現行冷媒と同等以上の性能が得られる事を確認

実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

公開

- 本助成事業において、現行冷媒と同等の冷媒性能を維持し、温室効果を大幅に低減できる新冷媒として、①HFO-1123を成分とする混合冷媒及び②HCFO-1224yd(Z)を開発した。
- HFO-1123混合冷媒における課題
 - HFO-1123が有している固有安全性問題
 - 家庭用エアコンを例にリスクアセスメントを実施⇒許容されることを確認
 - 今後の取り組み
 - リスクアセスメントの範囲拡大
 - 被害程度の低減、安全対策の検討
- HFO-1123混合冷媒並びにHCFO-1224yd(Z)に共通の課題
 - 高精度な物性情報の取得
 - 機器メーカーにおける機器の最適設計、長期信頼性評価
 - 関連規格・法規制対応
- 上記、課題を早期に解決すると共に、早期実用化の為の商業生産を進める事により、新冷媒の実用化・事業化を推進

「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」

公開

Ⅲ. 研究開発成果

Ⅳ. 成果の実用化・事業化に向けた
取り組み及び見通し

③性能・安全性評価における実施例の紹介

委託先:九州大学、諏訪東京理科大学、東京大学

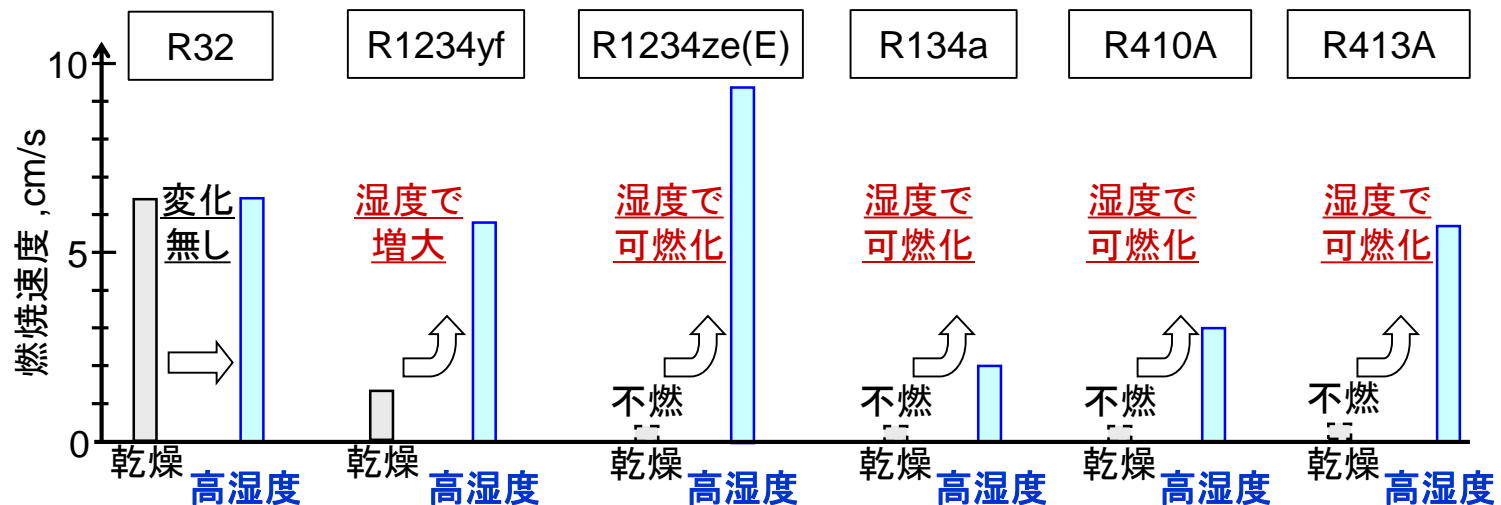
産業技術総合研究所

2L冷媒の燃焼速度に及ぼす温度・湿度影響の評価

公開

- 60°C, 相対湿度50%における燃焼速度を測定し, 微燃性冷媒および不活性冷媒 R134a, R410A, R413Aの評価をした。前2者については微小重力実験によって検証した。(下図および3頁)
- R413AのWCFF*は不明であったが, 九州産業大赤坂教授に計算していただき, R218/134a/600a (28.85/64.49/6.67wt%)として評価した. *WCFF: 漏洩時最悪組成

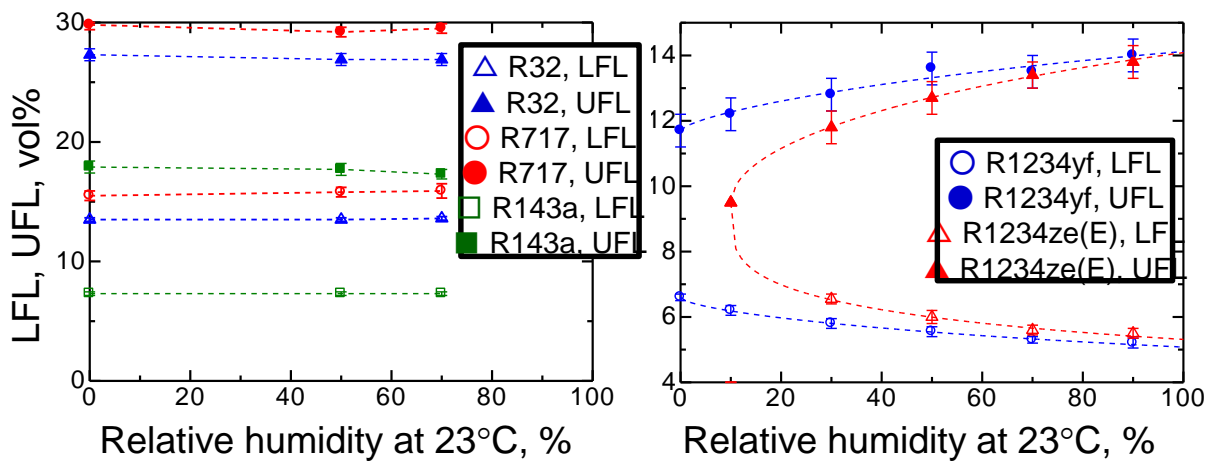
微燃・不燃冷媒の燃焼速度の湿度依存性(60°C,50%RH)



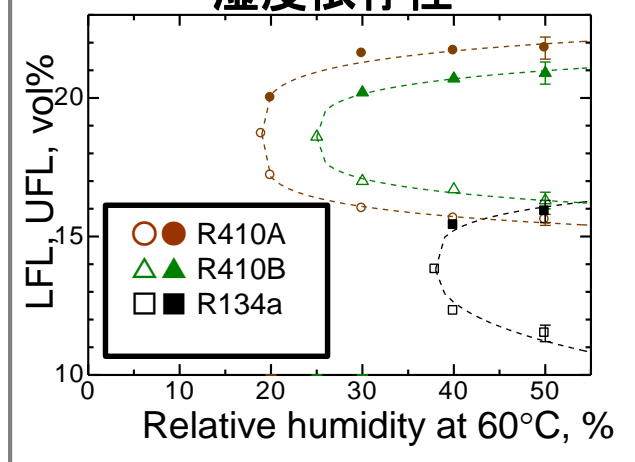
産業技術総合研究所 実用上の燃焼における最悪条件の設定, 最悪被害の想定

- 燃焼限界について, 温度・湿度依存性について関数としてまとめた(下図)
- 燃焼速度について, 温度依存関数としてまとめ, 高湿度のデータを取得した
- 燃焼限界と燃焼速度を組合せ、各地の気象条件における燃焼特性を得た。
- 最悪条件は, 工業会からの要望をふまえ, 60°C, 湿度によって燃焼性の増大するものは湿度50%として, 保安法規制緩和の検討委員会にデータを提供した

微燃性冷媒の燃焼限界の湿度依存性



不燃性冷媒の燃焼限界の湿度依存性



産業技術総合研究所 2L冷媒の最小着火エネルギー(MIE)評価法の開発・評価

- 2L冷媒に適したMIE評価のため最小火炎の電極による冷却を最小化し可視化する着火装置を製作した。
- MIEと燃焼速度、消炎距離との関係の理論から、最小着火エネルギーを統一的に推算した。
- 電磁開閉器を用いた実機試験を実施、MIEより遥かに強い火花が発生する場合でも、R32やR1234yfの着火は殆ど確認されなかった(<10⁻²)。
- 上記を説明するため、開閉器パーツを用いた基礎データの取得をし、着火が起こらない条件を提案した。

新MIE評価装置の開発

- ✓ 電極による熱損失を最小化
- ✓ シュリーレン光軸と電極対向を揃え火炎半径の測定を容易に



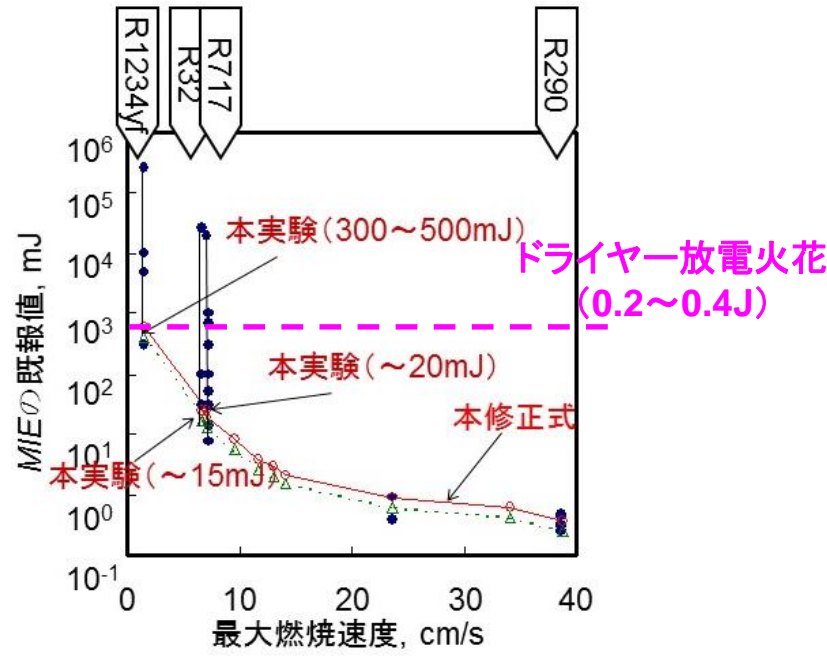
MIEの実測と推算の比較(右図及び3頁)

$$E_{\min} = (1/6)\pi (d_q - 2\delta)^3 \rho_b C_p (T_b - T_u)$$

実測

消炎距離
(最小火炎球直径)

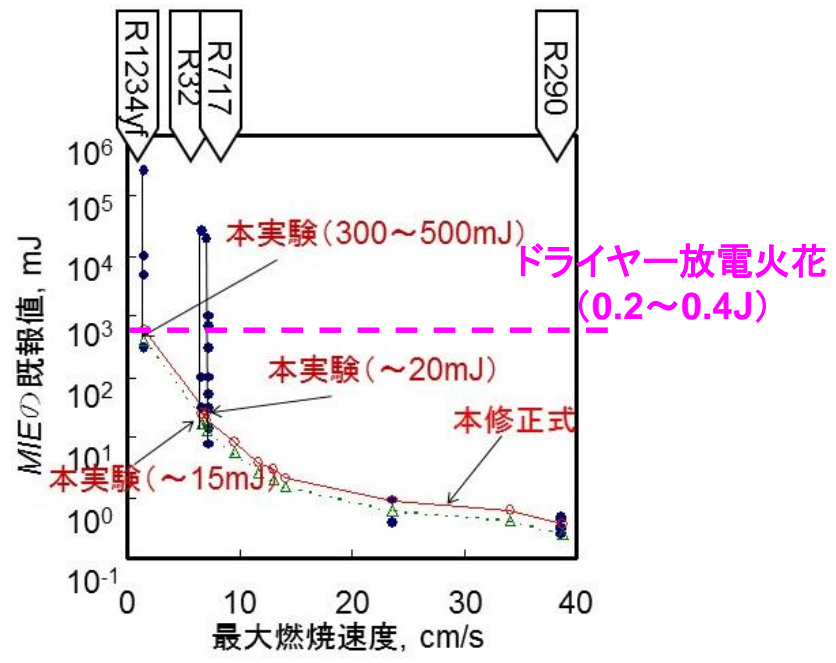
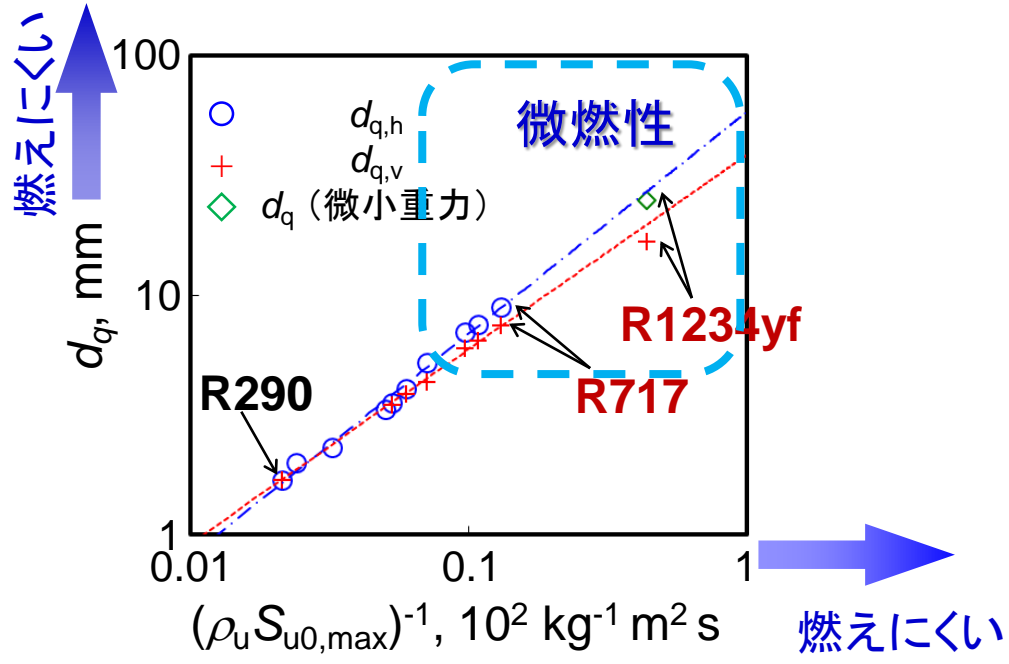
火炎帯厚さ
(∝ 燃焼速度⁻¹)



産業技術総合研究所 2L冷媒の最小着火エネルギー及び消炎距離評価方法の開発

- 強燃～不燃冷媒まで統一的に消炎距離の温度・圧力・湿度影響を評価した(左図、3頁)
- 消炎距離と燃焼速度の関係を明らかにし、MIEを推算した。従来報告MIEの3桁のばらつきを1桁まで低減した(右図)。

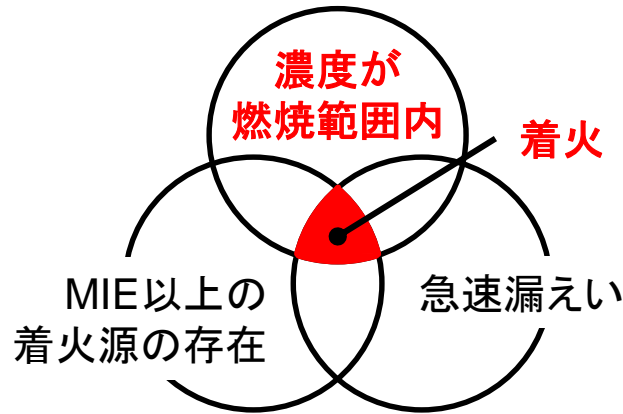
評価対象・・・種々の燃焼性を有する冷媒全タイプ
(HC、アンモニア、HFC、HFO、可燃不燃混合)



東京大学

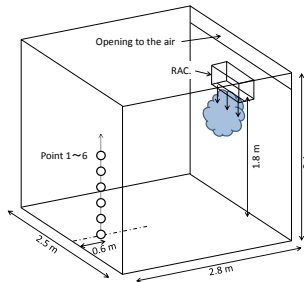
微燃性冷媒が室内へ漏洩したときの濃度分布の解析

大空間における冷媒漏えい時の『可燃濃度』の体積と存在位置, 存在時間をシミュレーションにより解析

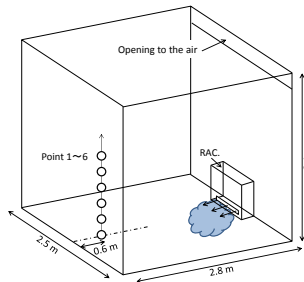


- 対象冷媒
 - R32, R1234yf, R290 (Propane)
 - HFO1123, HFO1123+R32
- 対象機器
 - 家庭用ルームエアコン (RAC)
 - ビル用マルチエアコン (VRF)
 - チラー
- 設置位置
 - 室内外
 - オフィスルーム
 - 機械室、屋上

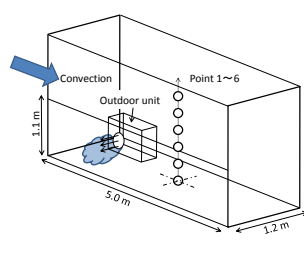
(a) wall-mounted indoor unit of RAC



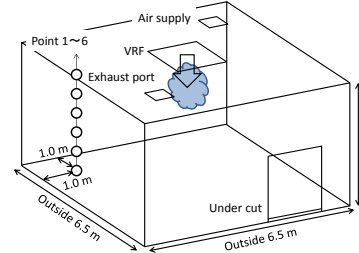
(b) floor-mounted indoor unit of RAC



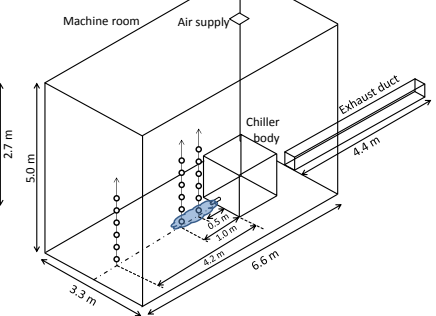
(c) outdoor unit of RAC



(d) VRF



(e) water-cooled chiller



産業技術総合研究所

微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価

公開

爆発影響評価

K_G 値: deflagration index* (*ISO 6184-2, NFPA68 2007)

爆発の激しさを示す指標として K_G 値に注目して燃焼性を整理した

$$K_G = \left(\frac{dP}{dt} \right)_{\max} \cdot V^{1/3}$$

P : Pressure (10^5 Pa)

t : time (s)

V : the volume of vessel (m^3)

爆発の激しさを示す指標として K_G 値に注目して燃焼性を整理した
ただし、

- K_G 値は計測環境（測定容器形状や容積）に依存する
- K_G 値は規模効果を持つ可能性がある

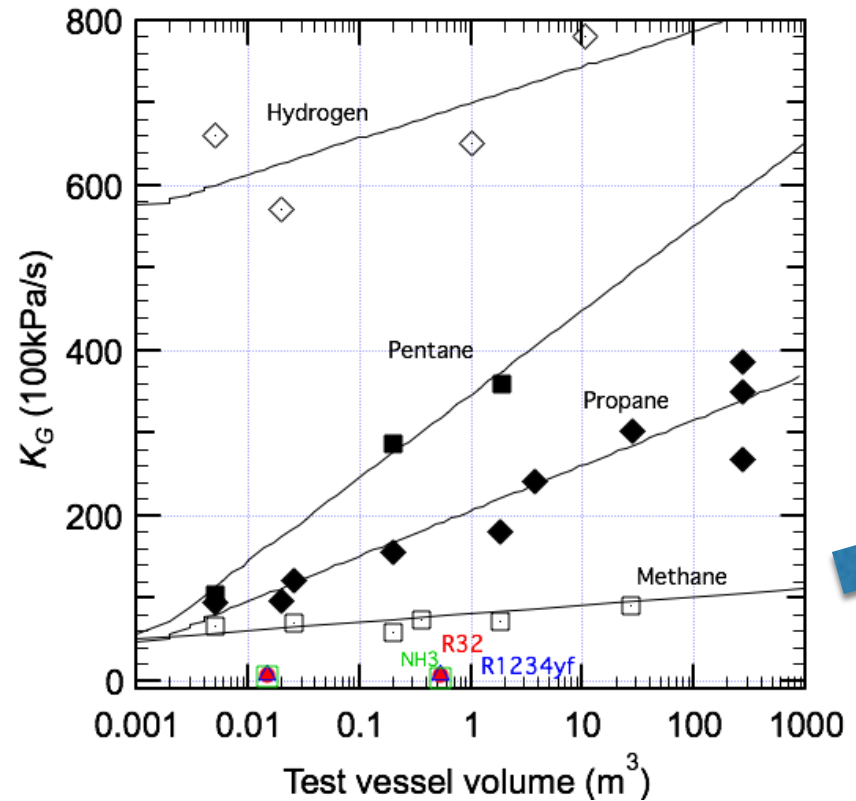
ことから、微燃性冷媒について直接的な比較と規模効果について検討を行った。

産業技術総合研究所

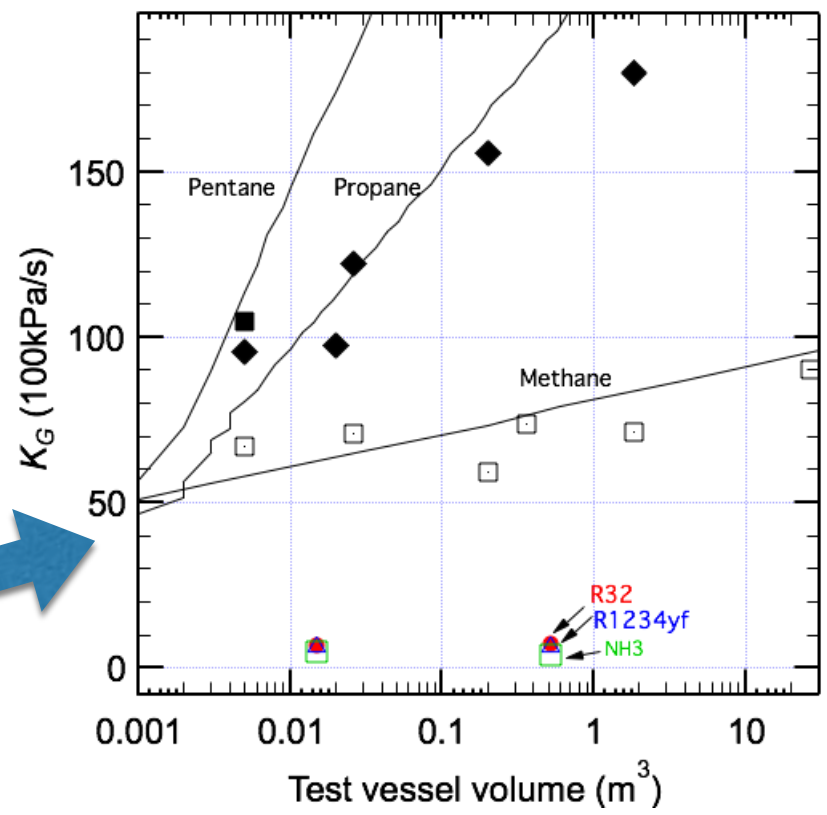
爆発影響評価 アンモニアとの直接比較

524L燃焼容器による K_G 値の規模効果

- 実規模での燃焼を想定し15L燃焼容器での試験結果との比較により、爆発強度指数のスケール効果を検討した。試験した範囲内では試験した範囲内では、火炎面の皺構造の発現や乱流燃焼への遷移の兆候は見られず、また爆発強度指数のスケール依存性は見られなかった。



Effect of test volume on K_G measured in spherical vessels.

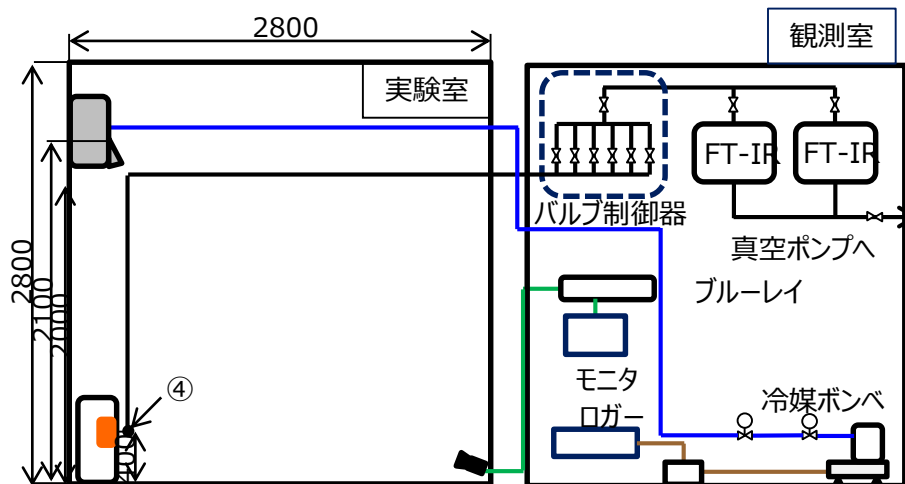


諏訪東京理科大学

暖房機器と同時使用時の安全性評価

公開

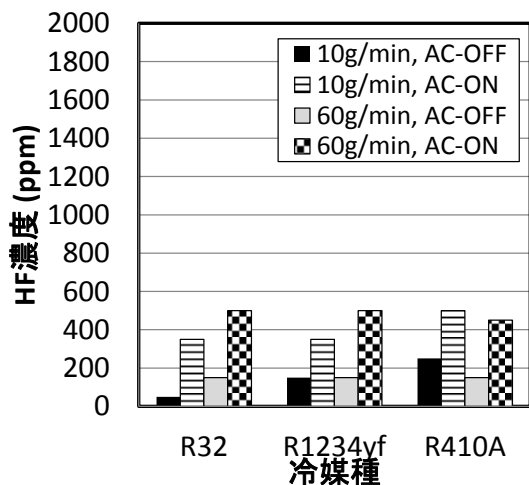
A2L冷媒を搭載した空調機器と、石油ファンヒーターや反射式ストーブなどの暖房機器を、一般的な居住空間で同時使用した場合のフィジカルハザードを評価する。



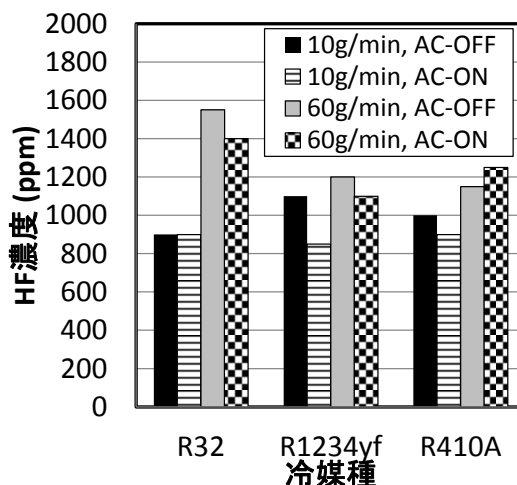
● 冷媒・HF濃度計測地点

Unit: mm

着火源：
 反射式石油ストーブ（出力2.4 kW）
 石油ファンヒーター（出力3.2 kW）
 セラミックヒーター（出力1.0 kW）
 漏洩量：800 g
 漏洩速度：10 g/min, 60 g/min
 冷媒種：R1234yf, R32, R410A
 計測項目：
 暖房直近傍の冷媒濃度，HF濃度，
 冷媒濃度の鉛直・水平分布を計測



(a) 反射式石油ストーブ



(b) 石油ファンヒーター

①暖房機器使用中にA2L冷媒が漏洩した場合

- R1234yf, R32及びR410Aのいずれも、漏洩して、熱源となる石油ストーブや石油ファンヒーターなどの暖房機器の熱源に触れると、許容濃度3 ppmを超えるHFを発生した。
- 冷媒の漏洩速度が大きく、石油ファンヒーター使用時にHF発生濃度が高くなった。また、特に反射式ストーブ使用時には、エアコン運転に伴ってHF濃度が高くなった。

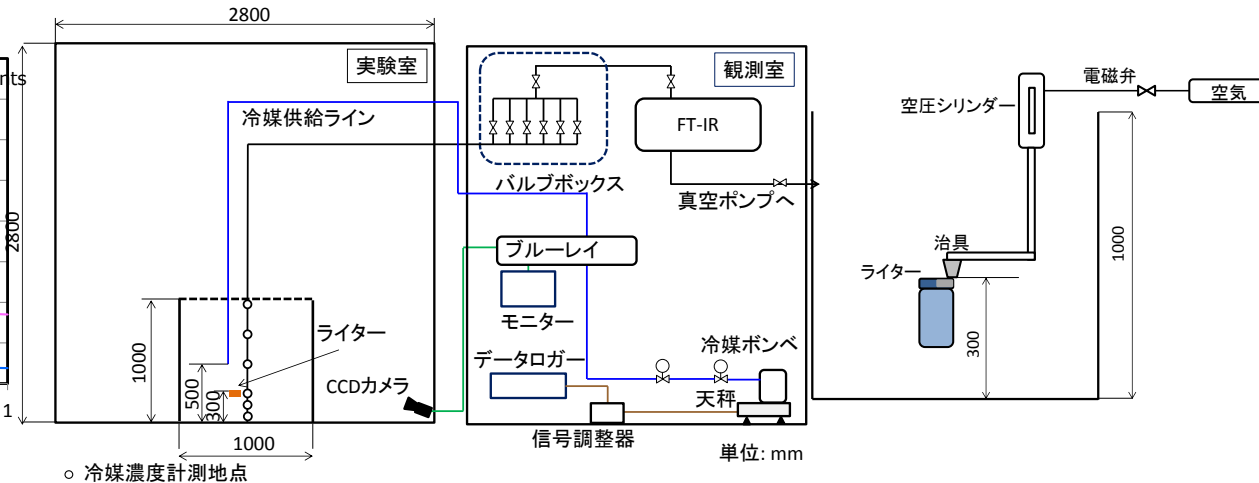
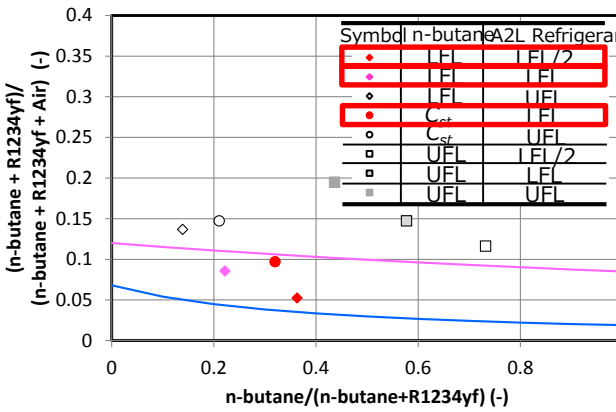
諏訪東京理科大学

サービス・据え付け時の安全性評価

公開

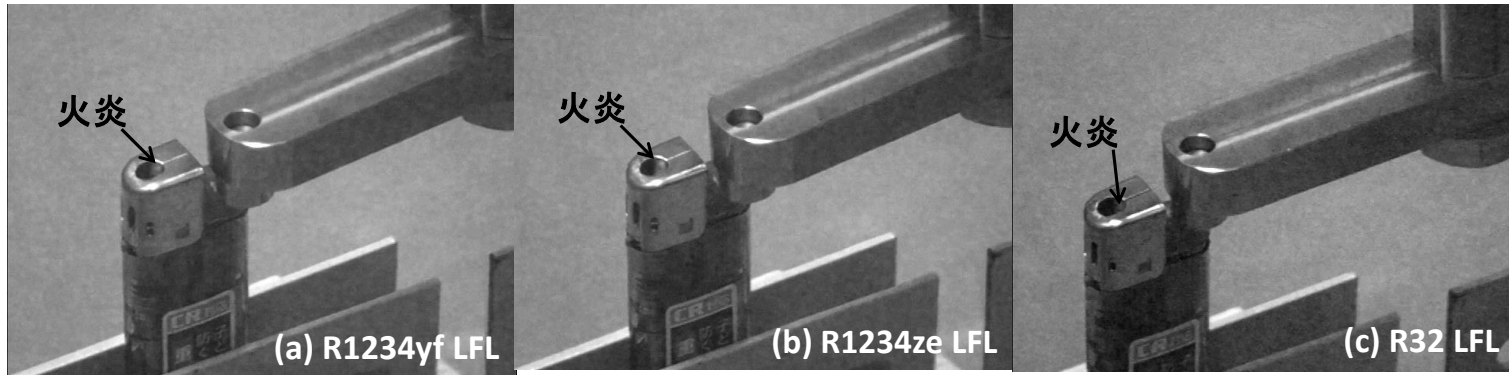
- a) サービス・メンテナンス時の作業空間において、A2L冷媒が漏洩した雰囲気下で、作業者が喫煙のために市販の電子ライター及び石油ライターを使用した場合
- b) 配管等に生じたピンホールや破断口から冷媒が噴出漏洩した場合
- c) 例えば冷媒回収機のようなサービス・メンテナンス機器内で、冷媒が漏洩した場合

a)-1 電子ライター使用時の着火危険性



Le Chatelierの式により燃焼範囲を予測
 > A2L冷媒がLFL以下の濃度で混合されると着火の危険性

1m³のプール内に冷媒を滞留させ、ライターを遠隔操作
 対象冷媒：R1234yf, R1234ze(E), R32



A2L冷媒への火炎伝播は認められなかった。

(a) R1234yf LFL

(b) R1234ze LFL

(c) R32 LFL

諏訪東京理科大学

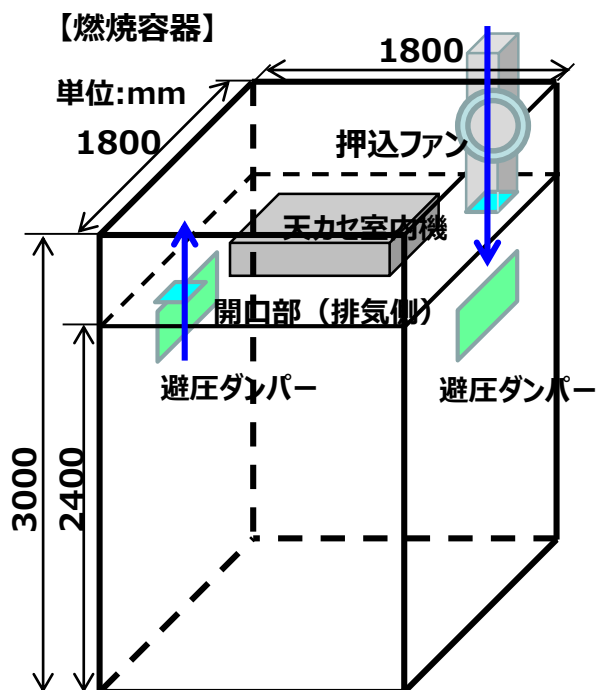
実際の事故シナリオを想定した実大着火実験

公開

- 微燃性冷媒の燃焼に伴う圧力上昇やKG値等のデータは、燃焼容器を用いた実験により取得されてはいるものの、スケール則が担保されているかどうかといった問題が残る。
- 事故シナリオを想定し、スケールも合わせた燃焼実験により火炎挙動・温度・圧力上昇データ等を取得し、着火危険性と危害度の同時評価を可能にする。

想定シナリオ

- 床面積約4m²のカラオケルームでパーティーを行っている状況下で、天井近辺設置の天井カセット型室内機（4方向式）から冷媒が急速漏洩（10 kg/h）し、床上50 cmの小テーブル上に置かれたケーキのろうそく（すなわち、裸火）を熱源として着火する場合を想定
- 測定危害度データ：火炎挙動，温度上昇，圧力上昇

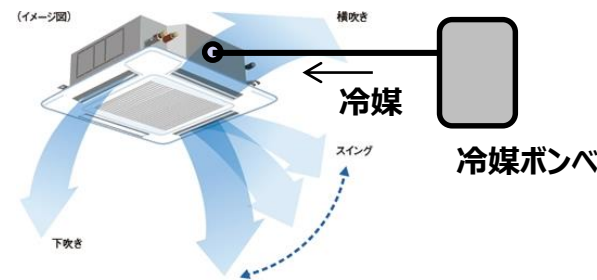


➢ 容器寸法：
2000mm×2000mm×3000mm

➢ 開口部：2か所（吸排気）
吸気側には押し込み式ファン（ヘアドライヤー）を設け、室内強制換気を模擬
（排気側に吸引ファンを設置した場合、冷媒漏洩自体も吸引してしまう可能性があるため）

開口部大きさ：一辺75 mm
（強制換気速度2.0 m/sを想定して、40 m³/hの換気量を確保できる開口面積より）

➢ 避圧ダンパーを2か所設置（安全対策）
ただし作動圧は2-3 kPaとする



➢ 4方向式天井カセット型室内機側面に穴をあけ、天カセ裏面に冷媒をいったん衝突させたのちにルーバーから漏洩させる。

東京大学

微燃性冷媒のリスク評価

公開

1. 日本冷凍空調学会内に微燃性冷媒リスク評価研究会を設置し、日本冷凍空調工業会や日本自動車工業会と協力してリスク評価を実施
2. 成果の公表
 - 毎年度末に英文, 和文のプログレスレポートを作成し, ホームページで公開
 - ICR2015でワークショップを開催:2015年8月
 - 冷凍空調学会でシンポジウムを開催(東京, 大阪)
3. 規制緩和への貢献
 - フロン排出抑制法の政省令の検討時に情報提供を行った
 - 冷凍機等への可燃性冷媒再充填の安全性評価委員会(高圧ガス保安協会)に対して, 情報提供を行っている
 - 微燃性冷媒の安全ガイドライン(日本冷凍空調工業会)の検討に対して, 情報提供を行っている
4. 日刊工業新聞社主催 第19回 オゾン層保護・地球温暖化防止大賞 経済産業大臣賞を受賞

東京大学

固有安全性評価手法の確立

公開

- (1) フロン系冷媒の固有安全性評価のために委員会を組織し、産学官共同で研究活動を推進した。対象は新提案のHFO-1123系冷媒。
 - 固有反応(自己分解反応)に関する知識の蓄積
 - 反応を回避する条件の検討
 - 固有反応に関するリスク評価の実施

- (2) 新提案の冷媒に対し、燃焼性に関するリスク評価を推進した。
 - 微燃性冷媒が室内へ漏洩したときの濃度分布の解析
 - 高熱壁面での分解反応
 - ポンプダウン時のディーゼル爆発
 - 燃焼事故のリスク評価の実施



成果と課題

- 冷媒メーカー、機器メーカー、大学、国研の研究者が集まり、自己分解反応についての実験結果を議論したことにより、飛躍的に理解が進んだ。結果として、実用化に向けて貢献できた。
- フロン系冷媒の自己分解反応は不明な点が多く、防止技術の確立のためには、今後も一層の研究が必要である。

九州大学

[研究開発成果概要]

公開

(1) 主要な成果

- 低GWP冷媒R1234ze(Z)の化学的性質(材料適合性/毒性/燃焼性)の基本特性を世界に先駆けて解明し、冷媒として使用可能であることを確認した。
- 低GWP冷媒R1234ze(Z)およびR1243zfの熱力学性質を世界に先駆けて明らかにし、その公表に努めた。R1234ze(Z)については、さらに輸送的性質及び伝熱特性も明らかにした。また、高温用ヒートポンプ冷媒としてR1234ze(Z)及びR1234ze(E)が適していることを見出した。
- R410Aの代替として有望な低GWP2成分混合冷媒R1234ze(E)/R32及びR1234yf/R32、ならびに3成分混合冷媒R1234ze(E)/R32/R744及びR1234yf/R32/R744の組成比を、GWP=200あるいは300となる条件のもとでそれぞれ選定した。そして、それらの基本物性を明らかにするとともにサイクル実験により次世代冷媒として使用できることを実証した。
- 低GWP混合冷媒R1234ze(E)/R32/R744 およびR1234yf/R32/R744の基本物性の予測の精度を向上させるとともに、組成比の伝熱特性に及ぼす影響を測定し、熱交換器設計に必要な情報を提供した。

(2) 成果の意義

- R1234ze(Z)などの基本物性とサイクル特性を解明したことは、冷媒選択肢が少ない現状の中で極めて有益である。また、高温用ヒートポンプ冷媒の低GWP化の可能性に道を拓くものである。
- 混合冷媒R1234ze(E)/R32及びR1234yf/R32、ならびにR1234ze(E)/R32/R744及びR1234yf/R32/R744がR410Aの代替として使用可能であることを示したことは、業務用を含む各種空調機器の低GWP化を促進する上で有用である。
- 取得した基本物性はデータベースとして基盤技術を構築するものであり、今後の低GWP冷媒を用いた空調機器を民間企業等が設計する上で極めて有用である。