

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

事後評価報告書（案）概要

目 次

| | |
|---------------|---|
| 分科会委員名簿 | 1 |
| 評価概要（案） | 2 |
| 評点結果 | 4 |

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」（事後評価）の研究評価委員会分科会（平成29年12月5日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第55回研究評価委員会（平成30年3月16日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成30年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」分科会
（事後評価）

分科会長 渡邊 激雄

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成29年12月現在)

| | 氏名 | 所属、役職 |
|----------------|---------------------|---------------------------------------|
| 分科 会長 | わたなべ ちょうゆう 渡邊 激雄 | 中部電力株式会社 技術開発本部 エネルギー応用研究所 特別専門役 |
| 分科 会長 代理 | しかぞの なおき 鹿園 直毅 | 東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター センター長 |
| 委員 | ささき まさのぶ 佐々木 正信 | 東京電力エナジーパートナー株式会社 経営企画室 部長 |
| | なかじま ひであき 中島 英彰 | 国立環境研究所 地球環境研究センター 主席研究員 |

敬称略、五十音順

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総合評価

地球温暖化防止に向けての世界的な大きな流れの中で、低温室効果冷媒利用技術の開発を目的とする本事業は時宜を得たものである。当初の計画による5年間の実施期間が1年半に短縮されたが、計画の変更や各テーマにおける開発内容の取捨選択などのマネジメントが適切になされ、世界的に解決策が見つかっていないモントリオール議定書のキガリ改正対応のための優れた成果を挙げた。高効率化と低地球温暖化係数（GWP）化を両立させた製品実用化のための技術開発に加えて新規冷媒の安全性評価、冷媒物性情報の国際発信をパッケージとして推進し多くの成果を達成したことは、国際的にも高い評価に値する。

空調用途で決め手となる有望な代替冷媒が流動的である中、冷媒代替を契機に空調技術全体が今後大きく変化する可能性がある。性能、安全性及び環境性の全てを考慮しなければならない分野であることから、喫緊の課題解決に加えて共通基盤技術は今後とも重要であり、継続的な研究開発を期待する。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

パリ協定やモントリオール議定書のキガリ改正を受けて地球温暖化防止を目的とする国際的な冷媒規制の動きが活発化する中、我が国も冷凍空調機器用冷媒の大幅な低GWP化を急いで進める必要がある。本事業は空調用途のうちでも台数の多い中小型機器を対象とするものであり、タイムリーで重要性が高い。機器開発だけでなく冷媒の基礎物性解明や安全性評価も含む多面的な事業であること、冷媒の低GWP化と機器の省エネ化を両立させる挑戦的な開発であること及び安全性評価に関する国際的な信頼性を確保すべきことから、民間企業だけの開発は困難でありNEDO事業として妥当である。

今後、中小型に限らずヒートポンプを含む冷凍空調機器全体の低GWP化に関する研究開発戦略をよく検討していただきたい。

2. 2 研究開発マネジメントについて

当初の計画では5年の実施期間であったものが1年半に短縮されたが、研究開発の目標と計画は適切に調整された。短縮された年限で達成できる内容に課題を組み換え、選択された項目を重点的に実施することにより、優れた成果につなげたことを高く評価する。実施体制としては産学官連携による次世代冷媒リスク評価研究会が上手く機能し、特に安全性評価法の検討にあたっては、日本冷凍空調工業会等と協議したことにより、実態に合った評価が実現している。

実施期間短縮のため、暖房時の実証試験など、製品化のために必要ないくつかの研究項目

が積み残しになった。これらの課題を含め、次期関連事業では再びオールジャパン体制のもと、システム全体としての研究開発を実現してほしい。

2. 3 研究開発成果について

要素技術開発及び安全性評価の両テーマとも定めた目標を達成しており、多くの成果を出した。特に、海外メーカーが支配している冷媒開発において、国産冷媒実現に必要となる基礎特性・毒性・燃焼性の評価を実施し十分な結果を得たことや、新冷媒の物性情報の成果が標準化ツールである米国標準技術研究所 (NIST) の冷媒熱物性データベース REFPROP に登録される予定であり、国際標準の熱物性計算が可能となったことは高く評価できる。PCT を含む特許出願及び論文発表も短期間に数多くの実績を残し、国際エネルギー機関 (IEA) 主催ヒートポンプ会議 (HPC) などの専門的国際会議における発表も 5 件以上行った。これらは日本企業の国際競争力強化及び知的基盤の整備や社会的利用に寄与するものと考えられる。

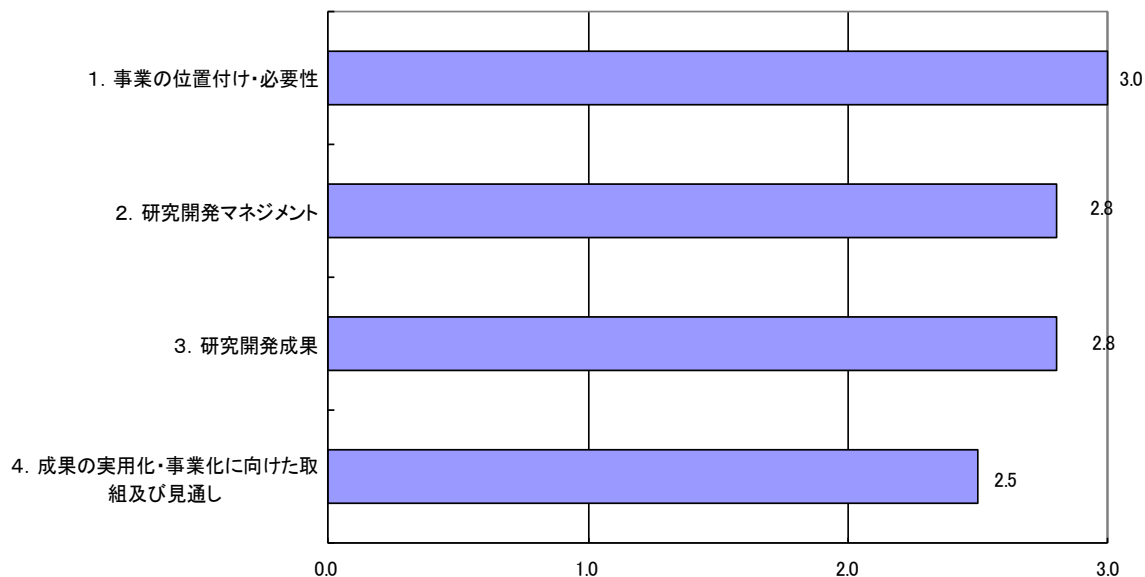
計画が短縮されたことにより各研究開発が要素開発段階にとどまり、システム全体の開発まで至らなかったのは残念である。次期関連事業においては、低負荷条件における効率向上や HFO-1123 の自己分解反応 (不均化反応) の解明等の基礎研究を含め、NEDO プロジェクトとして継続的な取り組みを望む。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

要素技術の完成度を着実に高めた本事業では、さらに各テーマの今後の課題を明らかにし、5、6 年後までのロードマップを示した。キガリ改正に対応した 2029 年の HFC 大幅削減を見越して実用化・事業化を目指しており、戦略は明確かつ妥当である。本事業で開発する機器は市場ニーズに合致しており、グローバル市場での販売拡大が期待できるほか、一部の開発技術は既存機器にも適用可能なため、既存機器の省エネルギー性能向上にも貢献する。

HFO-1123 には自己分解反応 (不均化反応) を起こす特徴があり、他の課題もいくつか指摘されている。現時点でこの冷媒ひとつに絞るのではなく、さらに優れた冷媒候補の探索も今後行っていただきたい。また、今回の成果を活かし、ビジネスとしてグローバル市場でのスタンダードになれるよう、海外と共通の安全性評価指標をどのように構築するかを含め検討してほしい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



| 評価項目 | 平均値 | 素点 (注) | | | |
|------------------------------|-----|--------|---|---|---|
| | | A | A | A | A |
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3.0 | A | A | A | A |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 2.8 | A | A | A | B |
| 3. 研究開発成果について | 2.8 | A | A | A | B |
| 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて | 2.5 | A | A | B | B |

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

公開

◆背景 ~特定フロンと代替フロン等4ガスについて~

- 冷凍空調機器の冷媒等に使用されてきた特定フロンはオゾン層を破壊することが問題視されて規制対象になり、オゾン層を破壊しない代替フロン等4ガスへの転換が進んでいる。
- 一方で、代替フロン等4ガスは温室効果が大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 | | 京都議定書対象物質・パリ協定 (NF ₃ は2013年より) | | | |
| オゾン層破壊効果 | 大きい | 比較的 小さい | まったくオゾン層を破壊しない | | | |
| 温室効果(GWP) | 極めて 大きい (約10,000) | 大きい (数百~約2,000) | 大きい (数百~約4,000)※ | 極めて 大きい (約6,000~ 9,000) | 極めて 大きい (約23,900) | 極めて 大きい (約17,200) |
| 主な用途 | ・冷凍空調機器の冷媒 ・洗淨剤、溶剤等 (95年以降全廃済み) | ・冷凍空調機器の冷媒 ・洗淨剤、溶剤等 (2020年全廃予定) | ・冷凍空調機器の冷媒 ・断熱材の発泡剤等 | ・半導体、液晶製造 ・洗淨剤、溶剤 | ・電気絶縁機器 ・半導体、液晶製造 ・マグネシウム製造 | ・半導体、液晶製造等 |

※ 主な冷媒種としての値

「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性



公開

◆背景 ~我が国の温室効果ガス削減目標~

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

パリ協定における我が国の削減目標

単位: 百万t-CO₂

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

※上記表は四捨五入の都合上、各欄の合計は一致しないことがある。

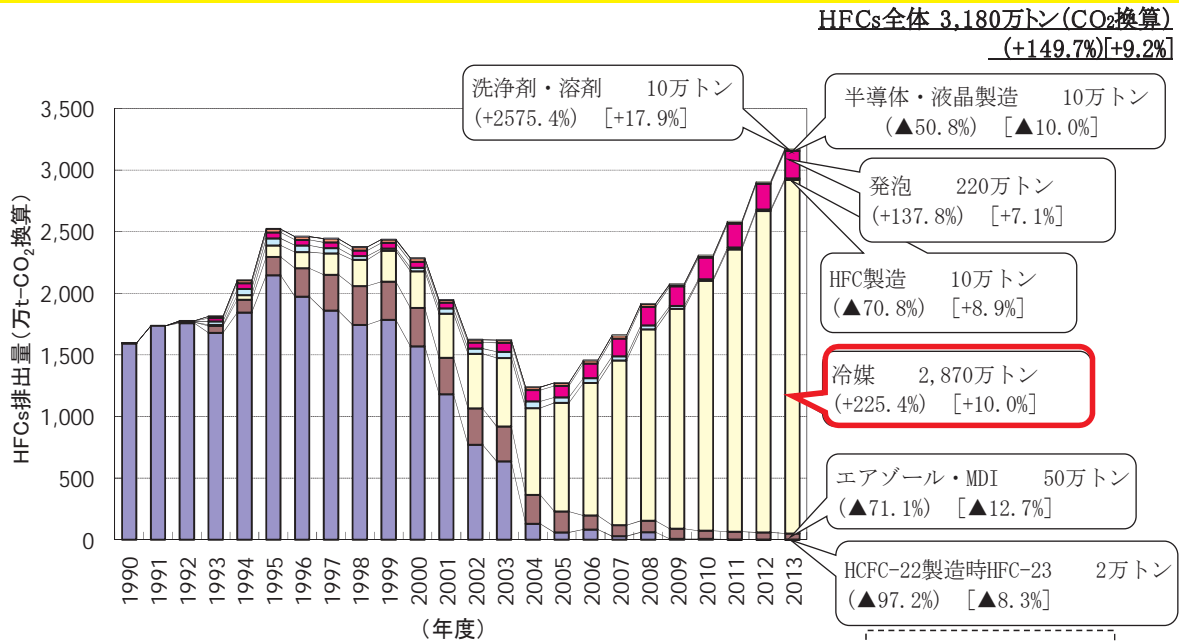
「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

公開

◆背景 ~冷凍空調分野における代替フロン等3ガス排出量推移~

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



HFC排出量の推移

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

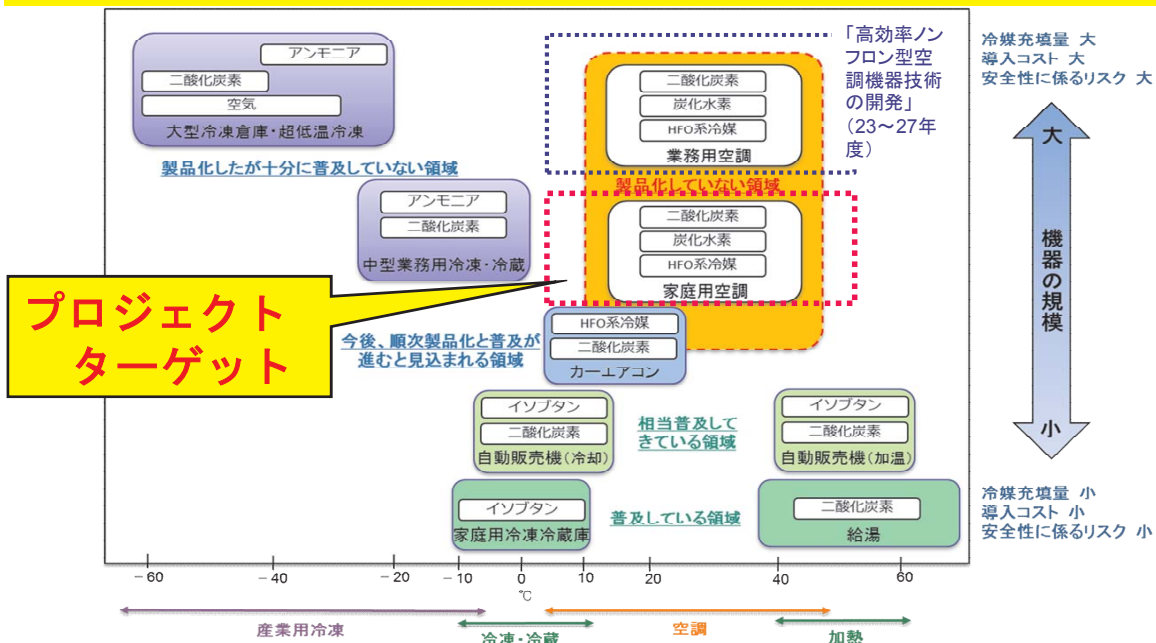
「高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」

I. 事業の位置付け・必要性

公開

◆事業の位置づけ ~プロジェクトターゲット~

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



低温室効果冷媒利用技術の開発・普及状況

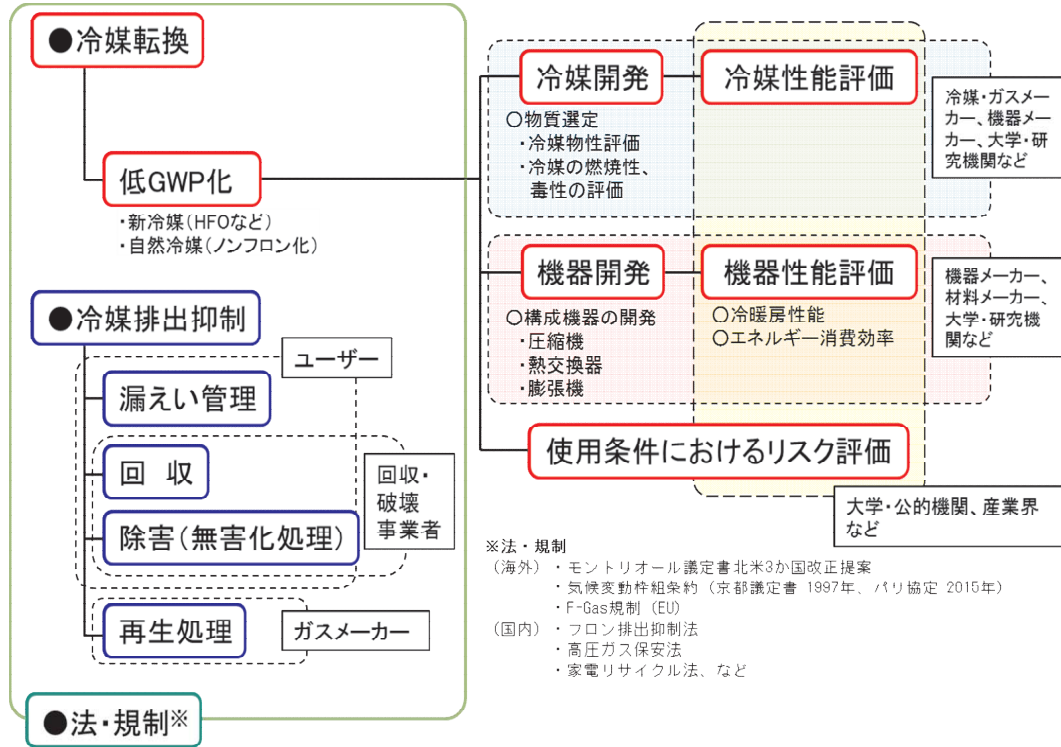
[出典:産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会第3回冷媒対策ワーキンググループ資料(2010/6)に基づきNEDO作成]

Ⅱ. 研究開発マネジメント

公開

◆技術課題

冷凍空調分野における地球温暖化対策(フロン)分野に係る技術等の体系



Ⅱ. 研究開発マネジメント

公開

◆事業概要

概要

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

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

期間

平成28年度 ～ 平成29年度 (2年間)

予算

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

Ⅱ. 研究開発マネジメント
◆研究開発項目および目標

●基本計画目標

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

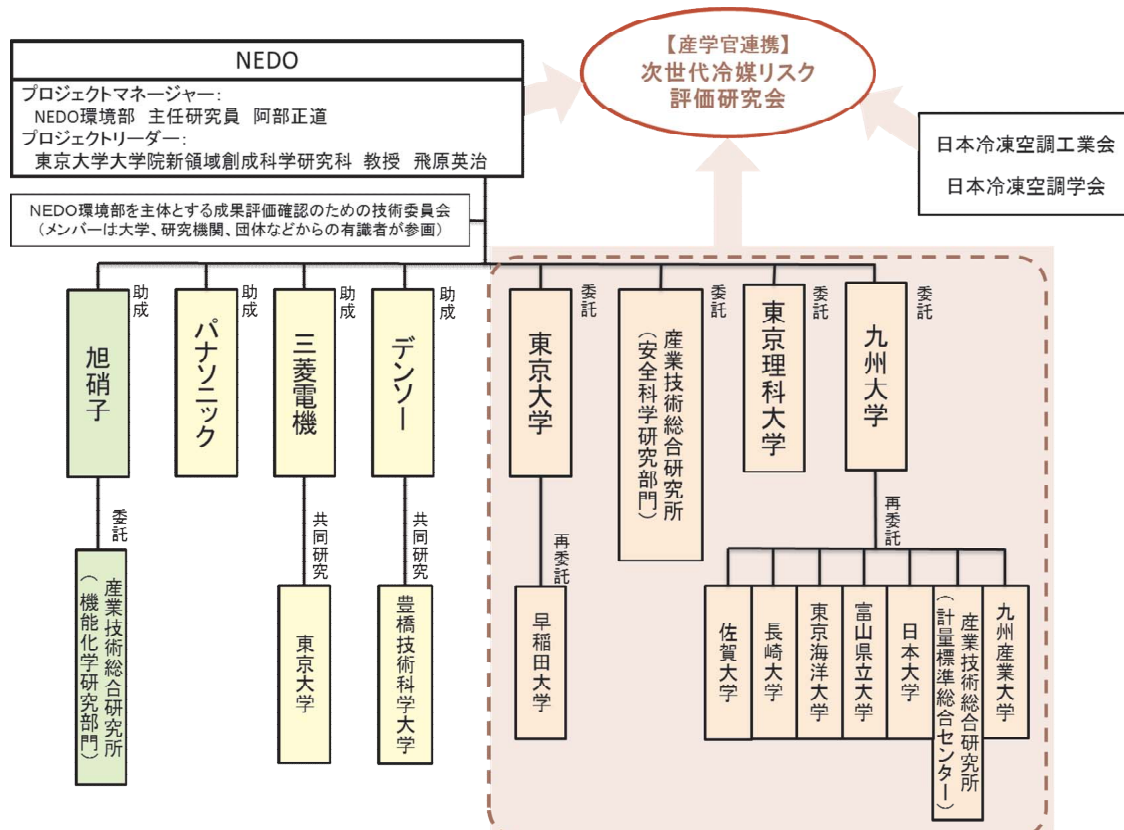
Ⅱ. 研究開発マネジメント
◆研究開発計画 ～プロジェクト参画テーマ～

●公募により 8テーマを採択

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

●基本計画最終目標に基づく各テーマの最終目標

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



Ⅲ. 研究開発成果

◆成果普及について

公開

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

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

Ⅲ. 研究開発成果

◆知的財産権の状況

公開

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

(*Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

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