

研究評価委員会
「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」(中間評価)分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2025年6月10日(火) 10:15~17:10

場 所 : ステーションコンファレンス川崎 A/B/C会議室(リモート開催あり)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 丸田 薫 東北大学 流体科学研究所 所長/教授
分科会長代理 中島 英彰 国立研究開発法人・国立環境研究所 地球システム領域 シニア研究員
委員 赤穂 啓子 経済ジャーナリスト/積水樹脂株式会社 取締役
委員 奥 真美 東京都立大学 都市環境学部 都市政策科学科 教授
委員 髭分 美次 一般社団法人 日本冷凍空調設備工業連合会 技術部 部長
委員 涌井 徹也 大阪公立大学 大学院工学研究科 機械系専攻 教授

<推進部署>

福永 茂和 NEDO サーキュラーエコノミー部 部長
森 智和(PM) NEDO サーキュラーエコノミー部 チーム長
牛腸 誠 NEDO サーキュラーエコノミー部 主査
井上 由樹 NEDO サーキュラーエコノミー部 主査
鈴木 秀士 NEDO サーキュラーエコノミー部 主査
須澤 寛 NEDO サーキュラーエコノミー部 専門調査員

<実施者>

飛原 英治(PL) 東京大学 名誉教授
東 之弘(SPL) 九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所附属
次世代冷媒物性評価研究センター 特任教授
赤坂 亮 九州産業大学 教授
宮良 明男 佐賀大学 教授
東 朋寛 一般財団法人 電力中央研究所 主任研究員
齋藤 潔 早稲田大学 教授
内藤 宏治 日立空調清水株式会社 部長

<オブザーバー>

山本 晃平 経済産業省 大臣官房 産業保安・安全グループ 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室
課長補佐
小島 拓 経済産業省 大臣官房 産業保安・安全グループ 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室
企画係長
亀山 秀雄 東京農工大学 名誉教授
高島 章吉 一般財団法人 日本冷媒・環境保全機構 専務理事
西村 伸也 大阪市立大学 名誉教授

| | | | | |
|-------|-------|---------------|-------|---------|
| 堀 宏行 | 経済産業省 | イノベーション・環境局 | 研究開発課 | 課長補佐 |
| 根上 友美 | 経済産業省 | イノベーション・環境局 | 研究開発課 | 課長補佐 |
| 白木 茜 | 経済産業省 | イノベーション・環境局 | 研究開発課 | 係長 |
| 菱本 貴康 | 経済産業省 | イノベーション・環境局 | 研究開発課 | 研究開発専門職 |
| 柴尾 優一 | 経済産業省 | イノベーション・環境局 | 研究開発課 | |
| 飯塚 裕介 | NEDO | イノベーション戦略センター | | 主査 |

<評価事務局>

| | | | |
|-------|------------|-------|-------|
| 山本 佳子 | NEDO 事業統括部 | 研究評価課 | 課長 |
| 植松 郁哉 | NEDO 事業統括部 | 研究評価課 | 主任 |
| 須永 竜也 | NEDO 事業統括部 | 研究評価課 | 専門調査員 |
| 指田 丈夫 | NEDO 事業統括部 | 研究評価課 | 専門調査員 |
| 宮代 貴章 | NEDO 事業統括部 | 研究評価課 | 専門調査員 |

議事次第

(公開セッション)

1. 開会
2. プロジェクト説明・詳細説明
 - 2.1 プロジェクトの説明
 - 2.1.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
 - 2.1.2 目標及び達成状況
 - 2.1.3 マネジメント
 - 2.2 プロジェクトの詳細説明
 - 2.3 質疑応答
3. プロジェクトの補足説明
 - 3.1 低GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／低GWP 混合冷媒の特性評価
 - 3.2 低GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／混合冷媒に対応する要素機器開発
 - 3.3 低GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低GWP 混合冷媒の安全性・性能評価
 - 3.4 低GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低GWP 混合冷媒のシステム評価手法開発

(非公開セッション)

- 3.5 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／グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発
4. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

5. まとめ・講評
6. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会

・開会宣言 (評価事務局)

・出席者の紹介 (評価委員、評価事務局、推進部署)

【丸田分科会長】 東北大学 流体科学研究所から参りました丸田薫と申します。専門は基礎的な燃焼学となります。よろしくお願いいたします。

【中島分科会長代理】 国立環境研究所の中島と申します。オゾン破壊に関する物質において、フロン・代替フロン等の観測や、その研究を行っております。本日は、よろしくお願いいたします。

【赤穂委員】 赤穂啓子と申します。2年前まで日刊工業新聞で記者や論説委員などをしておりました。代替フロンに関しては、産業構造審議会にて、フロンをいかに GWP 値の低いものに転換していくかという政策面を考えるワーキンググループの委員として10年間やってまいりました。今は、日刊工業新聞を退職し、経済ジャーナリストと積水樹脂の社外取締役として活動しております。よろしくお願いいたします。

【奥委員】 東京都立大学の奥と申します。私は、行政法という法律の分野がもともとのバックグラウンドであり、環境法政策の分野を中心に研究等をしております。環境省の中間審のフロン対策小委のほうのメンバーにもなっていて、そこでは飛原先生とも御一緒しております。本日は、どうぞよろしくお願いいたします。

【髭分委員】 日本冷凍空調設備工業連合会の髭分と申します。以前は冷凍空調メーカー系のプラント建設に従事しており、2年前から連合会のほうにお世話になっております。特に冷凍空調設備の据え付け、メンテナンスといった視点からいろいろと確認をできればと思いますので、よろしくお願いいたします。

【涌井委員】 大阪公立大学の涌井と申します。専門はヒートポンプ空調給湯システムをはじめとしたエネルギーシステム的设计・運用、そして制御の最適化に関する研究を行っています。また、このプロジェクトでは技術委員会のほうでもお世話になっており、いろいろとお話を伺っています。本日はまた別の立場になりますが、引き続きよろしくお願いいたします。

2. プロジェクト説明・詳細説明

(1) 意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料3-1に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

(2) プロジェクトの詳細説明

PLより資料3-2に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。

それでは、事業全体に関する御意見、御質問をお受けいたします。まずは、①の意義・アウトカム (社会実装達成) までの道筋に関して、何かございますか。

中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】 国立環境研の中島です。資料3-1の10ページ目、外部環境の状況に関して伺います。

特に欧州の中で、人体及び環境への影響の観点から PFAS の規制検討が含まれており、一部のフッ素系冷媒も対象とされています。確か、本事業で検討されている混合冷媒が関わってくるかと理解していますが、現在の状況がどのようになっているか教えてください。

【森 PM】 PM の森です。今御質問いただいた PFAS 関連ですが、現在、欧州のほうの化学物質に関する委員

会にて、3月に社会性の影響評価であるとか化学品に関する影響評価の委員会が開かれ、フッ素系のガスについてはある程度の結論が出たというような話を聞いています。最終的なPFAS規制に関する結論、全体的なまとめが今年末ぐらいに出てくるという話ですから、そのときに明らかになるのではないかと考えています。そうした状況であり、実際に何が規制されるのか、または規制されようと考えているのか、欧州のほうを考えているのかというのはつかめておりません。

一方で、PFASに我々が考えているようなフッ素系の冷媒が含まれるのかという観点に関しては、OECDであるとか、欧州、アメリカといった3つのところで異なるPFASの定義が使われています。恐らく現在我々が開発に対象としている国産のHF01123とR1132(E)の冷媒に関しては、化学構造上含まれないのではないかと考えております。二重結合を両方とも持っており分解性が高いため、そういう意味で残留性という点では含まれないと思われまふ。ただ、分解性生物で含まれるような可能性がある物質に変わってしまう可能性はあるかもしれません。そのところで確実な情報は出てきておりませんが、その点は少し心配される場所です。

それから混合冷媒に関して、先ほど飛原PLから御説明のあったようなHF01123とR1132(E)に加えたR1234yfのほうがかもしかしたら対象になってしまうのではないかと化学構造になっているため、そのところをどう対応していくかというのは現在プロジェクトの中でも検討している状況であり、なるべくそこを含まないような混合冷媒も検討したいと思っております。

【中島分科会長代理】 確かR1234yfはカーエアコンにも使われていると思ひます。BMWなども使っていたかと思うのですが、その点について欧州は大丈夫なのでしょうが。

【森PM】 多分、そこが欧州のほうでも産業界と規制をしたい側との綱引きが大きくあるところだと思ひます。この欧州の規制案が出たときに6,000件という多数のパブリックコメントが出されておひ、そういうところで議論の対象になっているところと理解しています。我々としては、直接的に何かしたいというときにはパブリックコメントなどを通じて出すしかないと思ひておひ、そういう機会があれば積極的に提言していくよう何かデータを出せればと思ひている次第です。

【中島分科会長代理】 分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ほかにいかがでしょうか。飛原PLお願いします。

【飛原PL】 今の質問の答えに対して補足いたします。R1234yfの欧州規制については、PFASでの規制というよりもFガス規制のほうでHF0冷媒を将来的に全廃するということが上がっているため、そちらの規制のほうがかより現実的かと思ひておひます。ただし、では本当に全廃されるのかというところと微妙でして、欧州のFガス規制は何度も検証するチャンスがあり、それが本当に規制されていくかどうかについてはまだ微妙と思ひておひます。その上で、カーエアコンの欧州のメーカーはR1234yfに対する規制があるかもしれないという点は考慮しながら、いろいろと研究開発を進めているという話を聞いておひます。以上です。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。奥委員お願いします。

【奥委員】 今の御質問は私も非常に興味のある点でした。また、それとは別の観点で、先日の現地調査の際にも質問いたしましたが、本研究プロジェクトの意義は当然理解するところであるものの、キガリ改正に対応するというところで、日本も2036年までに85%のHFCの削減にコミットしているということですから、当然そこに向けて技術的な開発が必要だというのは分かります。しかし、それと併せて、世界における本プロジェクトの位置づけ、諸外国で行われている他の研究との違いであるとか、それに比べての本プロジェクトの優位性・必要性といった点の説明が資料にありませんので、まずそこもしっかりと押さえていただく必要があると思ひます。その御説明を改めてお願いできればと思ひます。

【森PM】 ありがとうございます。資料にあまり書けておらず申し訳ございません。3-1の10ページに記載のとおり、開発に関しては国家的なプロジェクトというよりは、各国の企業、何より米国、それから日

本、中国では HFO 系の冷媒の開発が進められています。国家的なプロジェクトのほうで我々が把握している状況では、米国や欧州を中心に HFO 系に限らず、可燃性の冷媒を使用できるよう規制等のある程度広げていくような安全性などの研究が進められていると把握しています。そういったことに対し、日本では HFO 系の冷媒についてももう少し広げていきたいということで、ある意味、独自の研究を進めているような状況とっております。

【奥委員】 国際標準化を図ろうとされているわけですから、やはり世界が本プロジェクトの意義をしっかり認識され、国際標準化に向けてもそれを支持し、皆がついてきてくれる状況にならないといけなさと考えます。そこが果たしてどの程度実現可能なのか、そういう状況になり得るのかという点が十分に説明されているとは思えなかったことから伺った次第です。

【飛原 PL】 GWP の高い冷媒が規制されていき、低いものへと移っていきます。その候補として何が残っているかを考えると、一つの候補として有力なのはプロパンで、プロパンの GWP がほぼ 1 です。しかし、一方で非常に強い燃焼性を持っているため、それを安全に使うことについては非常にリスクを伴うことから、ルームエアコンに使うか、あるいは業務用のビルの空調に使うかといった際にプロパンが使えるのかどうかといったような問題が発生していきます。日本としては、なるべく燃焼性の低いもの、GWP はもちろん下げるものの、燃焼性も下げ、非常に強い燃焼性を有するものではなく、リスクがある程度抑制されたものを使っていきたい。それはなぜかという、我々日本の冷凍空調産業を推進してきたものが、いわゆる「ビル用マルチエアコン」と呼ばれている、冷媒を室内まで引き込んで空調するという技術であり、その日本の専売特許のようなものがあつたことから日本の空調産業は世界で生き残ってきたと言えるからです。ですから、そのメリットを継続するというような意味から、強燃性ではない弱燃性冷媒を使用するために、そうした冷媒を開発し、それを維持していきたい。それが国の産業育成にも符合するというので、NEDO の中で開発していくことになりました。

また、国際的に差別化という、燃焼性の高いプロパンでよいのか、もう少し安全なフルオロ系の冷媒のほうがよいのではないかとこの NEDO プロはスタートし、開発支援をしていることになります。二酸化炭素の冷媒もあるではないか、あるいはアンモニアがあるではないかという話もあるものの、二酸化炭素冷媒というのは空調に使うと非常に省エネ性が悪く、ほとんど使えないものになります。冷蔵・冷凍は使えるのですが、そういうものは普通の空調には使えません。そして、アンモニアは残念ながら毒性が強いという点から拒否反応も強いです。我々 NEDO で開発しているフルオロ系の低 GWP 冷媒というのは、世界でも数少ない研究開発であり、それは非常に独創的などころではないかと思っております。その一方で、社会的な認知をしてもらわなければいけませんから、皆様に使いたいと思っただけのような努力をこれからもどんどん行っていく必要があります。

【丸田分科会長】 どうもありがとうございました。そのほか、いかがでしょうか。

赤穂委員、お願いします。

【赤穂委員】 赤穂です。使用の見通しに関して、データセンターの今後の普及というのがどのぐらい影響するかというのを、どう見ればいいのかをお伺いします。先般のエネルギー基本計画においても、データセンターの今後の増加がエネルギー需要に影響するという事です。データセンターが増えると、当然それに伴い大型の空調機が相当必要になっていく点から、その影響をどう見ておけばいいのかお聞きします。

【飛原 PL】 まだ確実なデータに基づいての回答はできませんが、電力が飛躍的に増えるということは予想されており、それに対応する電力会社もいろいろ苦慮していると聞いております。当然、空調によってサーバーラック類を冷却しなければいけませんから、冷凍装置の電力使用量が非常に大きいとも言われるとともに、冷媒の使用も増えます。ただ、このデータセンターの空調、あるいは冷却装置というのは、いわゆる大型装置ですから、冷媒を室内に持ち込んで冷やすといった装置ではありません。例え

ば冷水をどこかで作り、その冷水をうまく循環して冷やすことができるようであれば、GWP が小さい冷媒を使えます。従来のターボ冷凍機のような冷却システムでは非常にGWPの小さい10以下のものが今でも存在していますから、そういったものをうまく使えば、GWPの積算量を押し上げるような効果はあまりないという気もいたします。

【赤穂委員】 安心しました。ありがとうございます。それからもう1点、知財の取扱いに関して伺います。オープン・クローズ戦略で進められるのは大変結構だと思いますが、例えば以前 R32 の普及のときにも、当初、開発メーカーは機器メーカーからライセンスフリーを取りたいということで、いろいろともめて最後はライセンスフリーという形になりました。今後新しく開発される冷媒と、それに対応する機器についてのライセンスの扱いというのはどういう方向になるのか、現時点で何か決まっていることがあれば教えてください。

【森 PM】 ありがとうございます。決まっているというほどのことではありませんが、実際、冷媒の特に安全性を行っているグループの中に、ダイキン様と AGC 様などに入っただき、共通基盤的な領域について研究を進めています。そこで、実用化に際しての知財というのは非常に大きな障壁になるという話を聞いております。この HFO 系の冷媒に関しては以前から開発がありましたので、機器メーカー様であるとか、そうしたところの知財の絡みが様々あり、なかなか実用を持っていく、実装するための知財関係の解決が大変だという話です。そのため、このプロジェクトの中でも知財コーディネーターなどに助言をいただきながら、どういった方向で解決へ、うまく皆が使えるような形へ持っていけばいいのかを議論しているところです。いきなり全開放というわけにはいかないと思いますが、まずは国内の競争力を上げるために皆が使いやすいような形にする、そういったことを協議しながら進めていくということが我々のプロジェクトの中でできることかと思えます。そのためには、連携した会議などを使い、意見を交換しながら話をまとめていくのがよいとも考える次第です。

【赤穂委員】 ありがとうございます。

【丸田分科会長】 涌井委員、お願いします。

【涌井委員】 大阪公立大学の涌井です。3-1の14ページになります。アウトカム達成の道筋を出していたでいており、先ほど飛原 PL からも、実際に事業化をするのは30年を少し超えるかもしれないという話でした。2027年に本プロジェクトが終了し、その後、事業化と呼ばれているところに対して、このスライドを拝見すると3ステップぐらいあると思います。このあたりの具体的な工数であるとか、どのぐらい必要な作業項目を考えてつくられているのかといった背景を少し教えてください。

【森 PM】 実用化から事業化のところは企業様の領分となるため、具体的な点は申し上げられませんが、企業様に聞いたところでは、冷媒の候補が出てきて、それを機器に落とし込み、ある程度、実用品第1号ぐらいにしていくのに2年ほどとのこと。通常は3年、4年かかるそうですが、頑張ればもっと早くできるという話も聞いています。そこをいかに早くできるかというところで、プロジェクトを進めている段階でもなるべく情報を出していき、開発しやすい環境に持っていくということで、ここの期間を縮められるのではないかと考えています。そうした取組をこの中でやっていくという形です。

【涌井委員】 分かりました。そういう意味では、機器メーカーあるいは冷媒メーカーと意見交換、情報交換をする中で、そのような工数については見積りを立てられているものと理解しました。ありがとうございます。

【飛原 PL】 飛原から補足いたします。実用化というのは非常に重要であり、それには時間がかかるというのは承知しております。それで、工業会とはいろいろと意見交換を行っているところでして、機器メーカーからは、どんどん情報開示してほしい、どんな性能なのか、どんな危険性があるのか、あるいは回避するにはどうすればいいかといった様々な情報を開示してもらわないと対応がつかないといった意見をいただいております。それを受け、今年に入ってから我々の方針を少し変更しています。これまで

は開発者の秘密及び権利を守ることから、ある程度クローズにした状況でずっと運営してきたものの、実用化を図るためには公開をしていかないと周りの人たちがついていきません。開発フェーズが一步進んだと思いき、公開に重点を置くことを考え、機器メーカー様にとってもいろいろと開発がしやすいような状況をつくっていきたいと思っているところです。

それから、特許についても質問がありました。特許というのは、開発者の権利を守る一方、開発を阻害するという両方の側面を持っていて結構難しさが伴います。完全にフリーにしてしまえば、どこか知らない国の知らない会社が何か小さな特許を取ってしまう。そうすると、そこが障壁となっていていろいろなことに権利を主張してくるといった場合もあるため、あまり権利を公開フリーにしてしまうのも逆に危険を招くことから、私自身もどうすればよいのか分からないような状況になっています。なるべく公開をしたいのですが、公開し過ぎることで特許をとられてしまいNEDO 冷媒の実用化が遅れてしまうことも鑑みて、どんな情報をどういうペースで公開していくのが実用化にとって最もよいか、試行錯誤的に検討している状況です。

【涌井委員】 ありがとうございます。私も特許のことを少し伺いたいと思っていましたが、特許にすることと情報共有は非常にトレードオフであることを改めて理解しました。また、機器メーカーをはじめ、皆様の中でいろいろ情報交換を進められているのはとても良い方向に進むと思いますので、ぜひこのまま進めていただければと思います。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。続いて、②の目標及び達成状況と③のマネジメントも含めた議論に入りたいと思います。

それでは、奥委員、お願いします。

【奥委員】 奥です。1点目は資料3-1の21ページ、費用対効果について示されている点ですが、先ほどの御説明及び議論にもあったところで、実用化が2036年寸前との話でした。スライドには2035年時点の日本メーカーのシェアの増加が記載されております。具体的にどれぐらいのシェア増加が見込めるのか、その規模などについて定量的な情報を示していただきたいです。

それから2点目は、42ページ、43ページになります。広報や情報公開に関わる部分だと思いますが、問題点等の指摘提言に対して、42ページの最初の四角のラストに広報等を展開するとあります。それから43ページの一番下にも同じようなことが記載ありますけれども、実際にどういったことがなされているのか、今年度の取組について教えてください。よろしく願いいたします。

【森PM】 PMの森です。まず21ページ目の費用対効果ですが、波及効果の2035年時点の話になりますけれども、ここは2035年時点で世界の家庭用エアコンの市場が約1.5兆円程度という情報があります。その中で、現時点で2025年あたり大体30%ぐらいが日本メーカーのシェア獲得の割合ではないかと我々は試算しています。それが世界市場で、この時点ではHF0系の混合冷媒を使った機器というのが普及していくのはなかなか難しいかもしれませんが、この事業によって5ポイントぐらいの増加ができたらと思う次第です。そうしたことから、5ポイントぐらいですので、750億円程度の市場規模の拡大が見込めるものと考えています。

それから2点目、42ページ、43ページの御質問、広報関係で取り組んでいることとしては、今年度からNEDOのほうでプロジェクトに付随したNEDO特別講座というようなスキームがありまして、こちらのプロジェクトの成果の広報であるとか、プロジェクト期間中の業界であるとか、関連の技術分野の方々への成果の知見の共有などが可能なスキームとなっています。これを活用し、プロジェクトの進行に合わせて、プロジェクトの27年、28年の期間で並走するような形で広報活動を行います。特に標準化、規格化に資するような情報を公開して、国際的にアピールできるようなイベントの開催であるとか、それから関連する企業の方々が開発をしやすいように、プロジェクトで得られた知見を開発者の方々から共有していただき、連続講座という形で開く取組を進めていこうと考えています。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

髭分委員、お願いします。

【髭分委員】 日設連の髭分です。マネジメントに関して、3-1の35ページ、研究データの管理・利活用について伺います。文面に「グループごとに知財及びデータ合意書を作成し、知財運営委員会を設けて研究成果の取扱いを一元的に管理運用」とあるため、多分そのようにされているものと理解しますが、下の図でいくと、グループごとに知財運営委員会があるといった書き方になっています。この一元管理というのは、そうではなく、全体として最終的にオープンにするものを決定していくという理解によるのでしょうか。

【森PM】 PMの森です。おっしゃるとおり、知財運営委員会はグループごとに設定しています。この中で公開するものと非公開にするものを決めているのですが、その中でも、知財の面で競争力強化に資するもの、それから国際標準化に持っていくものは全体の中で考えていきます。そこは知財コーディネーターに御相談させていただきながら、助言を受けつつ、どういったものを出していったらよいかを全体方針として考えながら進めていきます。

【髭分委員】 知財コーディネーターとの最終的なところで、各グループにおいてこれを出していこうと決めたものに関連性があったとして、こちらは出してもよいが、この部分は一緒にしては駄目だろうといったものもあり得るということですか。

【森PM】 そういうコンフリクトが出てくるというのは、まだそこまで考えられてはいませんが、将来的には出てくると思いますので、そうしたところも検討を行います。

【髭分委員】 それから細かい話で恐縮ですが、3-2の21ページに成果と意義があります。こちらでR474Bを一応選定して採用にされていますが、このR474BのところのGWPが今1という表示になっています。それに対し、7ページ目の混合の比率とGWPの関係のグラフがあるところで、そこにはR474Bは書かれておらず、R474AはD社のものが書かれています。この既存R32を100とした場合の斜めの線ですが、これが一番左も一番右もGWP1という書き方になっているため、少し分かりにくさを感じました。この点について、説明をお願いしたいです。

【飛原PL】 飛原です。7ページの図の横の軸はR1234yfとR1132(E)などの混合の比率を横軸に取っています。このどちらの冷媒もGWPは1なのです。つまり、どこの組成を取ってもGWPは1ということになります。そして、この斜めの線は省エネ性能を示した線になっており、R1234yfが100%の組成、一番左端が省エネ性能が一番低く、右のほうのR1132(E)などを増やしていくと性能がどんどん上がっていく、R32に近づいていくといった見方になります。

【髭分委員】 分かりました。ありがとうございます。そうすると、今R474BはR474Aのところに近いところという理解で合っていますか。

【飛原PL】 AとBとで組成が少し違うのですが、どちらにしてもGWPは10以下です。1のオーダーになります。

【髭分委員】 分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

【滝澤首席主任研究員（産総研）】 産総研の滝澤から補足をよろしいでしょうか。

GWP1以下というのは、慣習的にこのように書くこととなっています。専門の論文などを投稿すると、皆GWP1以下と書くようになっているのです。実際に測定して評価をすると0.03などという数字が出るものの、1以下のものは1以下とするのが環境の専門家の中でのコンセンサスであるため、そのようになっています。以上です。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

ちょうど時間が参りましたが、私からも1点だけお聞きします。特許・論文等が多数出てきていると

ところで、情報のオープン・クローズの頃合いで難しいところとは思うものの、学のほうからここまで先端的な内容のことに對して原理原則をきちんと押さえられていますから、時間遅れでもよいので、先生方に少しインセンティブの経費を出していただき、例えばレビュー論文など将来に残っていくようなものを書いていただいて、学のほうのプレゼンスも追って上げていただくようなことを御検討いただけるとありがたいと思います。この点、いかがでしょうか。

【森PM】 ありがとうございます。NEDOの特別講座を先ほどお話ししましたが、そちらの取組の中で、この成果をまとめたような報告書を出したいと思っています。前プロジェクトでもプロGRESSレポートという形で毎年発行をされていて、それが論文のような形で残っており、様々な知見が集結されているものですから、そうした形を出していきたいというのは思っておりますし、御提案のあったレビュー論文として出していくというような取組も非常に重要だと思います。そして、今回、私の発表の中で最後に御紹介したようなインセンティブの取組も活用いただけるのではと考える次第です。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。大変盛んな議論になりました。

それでは、少し時間をオーバーしましたが、議題2の議論は以上で終了といたします。

3.プロジェクトの補足説明

3.1 低GWP混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価/低GWP混合冷媒の特性評価

実施者より資料4-1に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。

涌井委員、お願いします。

【涌井委員】 大阪公立大学の涌井です。非常に豊富な報告を興味深く聞かせていただきました。11ページのところでは混合モデルを作っているということで、この先の見込みかもしれませんが、混合冷媒のモデルを1種類作られていると理解しています。恐らく冷媒によってモデルが変わってくると思いますが、最終的に3つぐらいだったのでしょうか、正確な値は忘れてしまったのですが、ほかのものに適用するときには、1つ作ったものを応用して加速度的に進められるものなのか。あるいは、ほかの物性になるとゼロスタートになるのか、そのあたりの見通しを教えてください。

【赤坂教授】 3年間で1つのモデルというのは少し遅いのではないかとお考えの方もいらっしゃると思いますが、先ほど申し上げたように、混合モデルというのは非常に広い温度圧力の範囲で成立する必要があります。そうしないと、様々な条件下での空調機の性能評価ができないわけです。しかしながら、実際に測定できるデータというのは、非常に限られた圧力の範囲であるということで、このプロジェクトで私がモデルを作るときに一番考慮したことは、少ないデータで広い範囲に成立するモデルを作るという方法でした。それを最初に開発及び適用し、やっと1つモデルができたというところです。残りの2年間では、このモデルがある程度完成しつつあるため、これまでよりは短い期間であと2つ作るという見通しです。

【涌井委員】 そういう意味では、限られたデータで精度よく作るというモデル、そして基盤づくりが非常に大事なポイントであるということでしょうか。

【赤坂教授】 そのようになります。

【涌井委員】 分かりました。その先に、さらに展開できることを期待しております。

【赤坂教授】 ありがとうございます。

【涌井委員】 続いて、12 ページになります。絞り込みの話で、いろいろな要件を考えて絞り込んでいくと理解しております。現状、この先のプロジェクトにつながる 1 つの絞り込みとしては、今こちらに書いてある問題はどれを絞り込んだと理解すればよろしいでしょうか。

【赤坂教授】 ここで対象にしている冷媒は、熱物性で評価を行い、ある程度これでいけるのではないかといいるところで燃焼性を評価しました。ですので、この安全性評価だけが単独で動いているわけではありません。これからどういう冷媒を対象にしていくかというのは、熱物性の評価とも連動しているところですが、例えば PFAS 対応で R1234yf を含まないような冷媒であるとか、R32 の割合をもう少しどこまで減らせるのか、あるいは CO₂ を少し入れる、今回も少しやっているのですが、どれほどの効果があるのか。そういったところが次の研究開発項目として上がってくるのではないかと考えています。

【涌井委員】 そういう意味では、具体的に絞り込んでいくのはこれからであり、まず燃焼性の点で評価もできるようになり、これまでのような GWP や様々なことを考えて絞り込んでいくということでしょうか。

【赤坂教授】 おっしゃるとおりです。

【涌井委員】 ありがとうございます。それからもう 1 点伺います。最初の質問で、これから基盤をつくるほかの冷媒にも拡張できるということでした。最後のところでモデルを高度化されるという話をされていましたが、その部分はどういうことを考え、それというのは、このプロジェクト全体でいくとどのようなインパクトがあるのかを教えてください。

【赤坂教授】 少し込み入った話になりますが、現状のモデルは、これから産総研の計測標準部門で測定が行われる液体の音速の最適化まで十分に行えていないところです。液体の音速というのが、ほかの物性の最適化よりも若干困難なものですから、次のステップでは、その液体の音速まで含めたモデルの高度化を行い、よりそのモデルの完全性のようなものを高めていきたいと思っています。では、その液体の音速というのが一体何に関係するのかという点ですけれども、音速というのは比熱に関係しているものですから、例えば過冷却液や液体域の熱量、エンタルピーなどに関わっていきます。ですので、過冷却度を大きく取ったようなサイクルだと、そのあたりのエンタルピーというのが非常に性能に効いてくるだろうと考えています。

【涌井委員】 よく分かりました。ありがとうございます。この先、ほかのグループとの連携も視野に入れて展開されるということですので、今後さらに研究開発が進むことを楽しみにしています。

【赤坂教授】 ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。奥委員、お願いします。

【奥委員】 都立大の奥です。14 ページに関して、ここでいう環境影響といった場合に、環境といっても様々ありますが、低 GWP・GWP 以外でいかなる環境影響をそもそも見ているのかという点で、もう少し詳しく御説明いただきたいです。棒グラフが 2 つありまして、それを掛けて日本全体の環境影響となっていますが、その中身をお教えてください。

【赤坂教授】 こちらについて、実施者から回答いたします。

【河尻研究開発部長（株式会社エイゾス）】 株式会社エイゾスの河尻と申します。御質問ありがとうございます。中身としては、分かりにくくなってしまい恐縮ですが、一番左側のグラフの上に LCA/LCCP と記載しております。今回のプロジェクトの大きな目標というのは、GWP 温室効果を計測する LCCP 評価がメインのテーマとなるため、まず一義的には、日本全体の温室効果を計測しています。ただ、それと並行して、例えば使われている部材 1 キログラムにどれぐらいの影響があるのかというのは、結局係数を掛ければ簡単に計算できますので、並行して LCA もやっています。そちらのほうでは、GWP 以外にはほかの特性化係数であるとか被害評価、さらには LIME を使った統合指標の解析も行っております。回答になっているでしょうか。

【奥委員】 ありがとうございます。環境影響といっても、今御説明いただいたように GWP 以外にも様々な

項目要素が考えられます。それを環境影響評価している、もしくはその手法を開発しているといったときに、いかなる指標もしくは要素について、それをこのプロジェクトの中で捉えようとしているのかという点を明確化していただく必要があると感じました。低 GWP ではあるけれども、ほかの環境影響が懸念されるというようなこと、ある意味トレードオフのような関係というのも起こり得ますから、そうしたところも全体的にしっかり見た上で総合評価をする。それに資するような手法を開発されようとしているのかどうか今回の資料では分からなかったため、少し内容的な情報提供の充実を図っていただけるとありがたいです。

【河尻研究開発部長（株式会社エイゾス）】 承知しました。厳密に言いますと、LIME の日本版の影響評価の枠組みで考慮される全ての係数については計算されております。ですので、14 の特性化係数と 4 つの被害係数、そして最後に、そのコスト換算までを一応 LCA の作法にのっとって評価できる予定です。

【飛原 PL】 飛原です。普通の LCCP 評価や LCA 評価というのは、例えばルームエアコンであれば冷媒が機器から大気に放出されたときの温暖化、いわゆる GWP が 1 つめの要因です。それから機器が運転されているときに電力を消費するため、電力を消費するときの CO₂ の排出量が 2 つ目の要因です。3 つ目は機器の製造過程における CO₂ の発生量、冷媒も含め、そういうものの CO₂ の発生量です。以上の全ての要因を加えて環境影響をしています。GWP も CO₂ に換算するため、最終的には CO₂ の排出量として環境影響を見るということで、機器のライフサイクル全体にわたって評価するということです。製造から使用、消費電力を出して最終的に廃棄をし、その廃棄物がまた CO₂ を排出する場合がありますので、機器一生分の CO₂ 排出量として環境影響を見ていることになります。公害等々は考慮しません。

【奥委員】 分かりました。午前中の PFAS のような何らかの有害性が懸念されるような物質に関わる評価は入っていないということでしょうか。

【飛原 PL】 それは、考慮しておりません。

【奥委員】 そのあたりが定かではなかったため、伺った次第です。今の御説明でよく分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】 国立環境研の中島です。9 ページの冷媒の候補ですが、GWP の値で 150 以下と 70 ぐらいということでしょうか。あと、10 以下と 3 種類のグループに分けて書いてあります。これは、本プロジェクトの最終的な目標をどのように扱い、この 3 種類の GWP の冷媒を今後どういった形で認めていくのか。あるいは、実際の市場で使っていこうという意図をもって、こういう 3 種類で述べているのかを教えてください。

【赤坂教授】 この 3 種類に冷媒の絞り込みの categories を分けたのは、まず 150 というのが 1 つです。ヨーロッパでの規制である 150 が 1 つのボーダーラインになっていますので、それを満足する冷媒ということですが、しかし、この冷媒及び組み合わせでは最終的なキガリの規制をクリアするのが若干難しいところがあります。そうしたところで、GWP10 以下というのが、ほぼ CO₂ 換算で GWP が 1 という組み合わせになるため、これらの冷媒が実現できれば、キガリ改正の問題はクリアするだろう。しかし、10 以下の組み合わせはいずれもまだよく分からない部分が多い。それから、性能的に十分に現状の空調機の性能を担保できるかどうかは未知数というところで、NEDO として 1 つの新しい提案として 70 という間を取って基準のようなものをつくりました。それを満足する冷媒ということで、そこに 2 種類ほど上げております。この 3 つの categories をつくったのはそういう意図からくるものです。

【中島分科会長代理】 つまり、GWP70 の冷媒群も場合によっては、将来的には使っていくという想定でしょうか。

【赤坂教授】 そのようになります。どんなに良い冷媒であっても、実際の入手性が非常に悪く、午前中の飛原 PL の話にもありましたように、大量生産ができないようなものであれば、あまり意味がありません。

ある程度の大量生産も見込めて、性能や環境影響もそれなりに達成できそうだというところの 1 つの落としどころだと我々は考えております。

【中島分科会長代理】 一番下の 10 以下のところは混合比が明示されていませんが、これは、いろいろあり得る点を見越しているのですか。

【赤坂教授】 70 や 150 の混合比というのは、この GWP を達成するために決められた値であり、GWP の値は通常の過重平均で決まります。そのため、こういう組成になるわけですが、10 以下のものはほぼ全て GWP がゼロです。どのような混合比であっても 10 以下だということで、あえて混合比を書いておりません。当然、性能等から見て最適な混合比というものが出てくるはずですから、それは、これからの研究で決めていくというスタンスになります。

【中島分科会長代理】 分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ほかに、いかがでしょうか。髭分委員、お願いします。

【髭分委員】 日設連の髭分です。15 ページ、16 ページの中間年度見通しの目標と成果と達成度の表になります。この中で、成果というところに、結果として 2026 年 3 月成果で解明及び取得した、完了したという記述があります。一方、その後の見込みのほうで達成見込みであったという記述がありまして、どちらが正しいのかよく分かりません。この 2 ページにおいて、何箇所かそうした点が見受けられたので確認させてください。

【赤坂教授】 見込みということです。現状ここに書いているのは成果の完了形になってはいますが、来年 3 月にそのようになるように向けて今やっております。いずれも十分達成可能な現状であり、目標に対する見込みとして、二重丸もしくは丸をつけているという形です。

【髭分委員】 つまり、見込みと書いてあるものの、もう達成されているものが幾つかあり、その中で 3 月末まで状況を見ながら、また新しい問題が出てくれば、それにも対応していき、大きく上回っての達成、二重丸に到達するだろうといった理解で合っていますか。

【赤坂教授】 おっしゃるとおりです。

【髭分委員】 分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、以上のようなので、議題 3.1 を終了といたします。ありがとうございました。

【赤坂教授】 ありがとうございました。

3.2 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及び

システムの性能評価／混合冷媒に対応する要素機器開発

実施者より資料 4-2 に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【丸田分科会長】 ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。

では、私から伺います。まとめていただいているスライドがよいでしょうか、熱交換器、圧縮機いずれも様々なメニューがあって機器性能を上げるというのがあります。どういった冷媒でも適用可能なもの、混合冷媒特有のものといったある程度グループ分けがあると思います。そのあたりについて、一般性のあるもの、混合冷媒に対するもの、それから研究として成立するもの、今後実用化のほうにフィードバックできるような性質のもの、それも特性が少し分かれてくると思います。それらが全部まとまったときに、全体としてどれぐらい性能回復できるかといった見通しであるとか、そういった全体的

なことについて御知見があれば教えていただきたいです。

【宮良教授】 まず、熱交換器の性能低下に関して、混合冷媒の温度グライドというのは、その大きさは組合せによって違うものの、伝熱劣化のメカニズムは基本的に同じですから、熱物性が分かれば、ある程度予測できると考えられます。熱交換器グループでは現在、R454C を中心に研究をしているわけですが、基本的な特性がそういった入手可能な混合冷媒で解明されれば、他の冷媒についてもある程度分かってきます。ただ、物性値がそれぞれによって異なっていくから、それぞれに適した形での伝熱促進の技術というのはチューニングが必要です。それで、東京海洋大学のほうでは新たな冷媒についての実験も行っているところです。研究レベルの方と実用化レベルの方と言われましたが、前者では、そういった伝熱のメカニズムを解明のところからどうやって促進していくのか、後者では、コストとの兼ね合いも出てきます。しっかり実機レベルの技術まで落とし込めるのかといったところで、そのあたりは、今後も伝熱促進について、表面処理の開発であるとか、扁平多孔管の断面形状を変えた実験を行うという計画を今進めています、その製造コストも考えていく必要があります。

圧縮機については、冷媒によって冷凍機とのマッチングが変わっていきますので、先ほど冷媒グループのほうで冷媒選定を進めているということがありましたけれども、その選定ができた冷媒について、最終的な調整が要るだろうということになります。ただ、現在は入手可能な冷媒について基本的な特性を明らかにしていますので、新しい冷媒について、今使っている冷媒等と特性が異なっているとしても、基本的な取扱いは同じであり、少し新しい冷媒に対して測定を進めれば適切な油についても選定できるだろうと考えております。

それから、摩擦・摩耗に関しては、これは油との特性との関係がありますので、先ほど申しましたように、新しい冷媒についても溶解度の特性などが分かってくれば、機械的な効率についてそれほど違いはないと思っております。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。赤穂委員、お願いします。

【赤穂委員】 赤穂です。御説明ありがとうございます。まず、それぞれの機器の要素技術について、提案されたものは今の生産技術レベルで作れるものなのかどうか。何かピーカーレベルでやっているものもありましたが、実用化を踏まえたときにしっかりと製作できるのか確認いたします。また、作れたとして、それが現状と比べて難易度というのはどのくらい上がるのかということも併せて伺います。

【宮良教授】 まず1つは、このアルマイト処理というアルミの表面に酸化処理を行うのですが、これは、こういうオープンな面であれば、ある程度処理ができるということになります。ただ、熱交換器で今考えているのは内径が1ミリぐらいの流路がたくさんあるようなものですから、その中にこういった処理ができるかと言われると、今の技術ではまだできません。そのため、これを今後開発していくところです。そのハードルが非常に高いところでもあります。それから、この資料の中にはまだ示していないものの、こういった扁平多孔管、この図で内径が1ミリ程度の流路を少しいろいろ工夫した形の断面形状を考えており、今UACJ様の方で製作しているところです。それを神戸大学と海洋大学でそれぞれ凝縮、蒸発などの実験を進めようということです。その断面形状については、現状の技術で少し工夫をすれば製作できるといった状況です。

【赤穂委員】 コスト面へのインパクトというのはどのぐらいのものでしょうか。研究段階ではまだ難しいかもしれませんが、見通しとして伺います。

【宮良教授】 製造コストが非常に上がってくると実用機にはなかなか適用できないということになると思います。しかし表面形状、例えば断面形状であれば、それを工夫することでそれほどコスト高にはならないものと考えています。ただ、こういった表面処理に関して、一つ一つ例えば穴の中に表面処理をするのに相当時間がかかるとなれば、現実的には厳しいところで、コスト高になってくると思いますし、量産できない形になるので、その量産方法については何らかの目処が立たないと作れないとなります。

それについては、今検討中というところですが。複合材料などについては、私は材料の専門ではありませんが、比較的うまく進んできており、それほどコスト高にはならないと聞いております。

【赤穂委員】 分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。涌井委員、お願いします。

【涌井委員】 大阪公立大学の涌井です。ありがとうございます。熱交換器は空気と冷媒の熱交換器になって、あるときは凝縮器、あるときは蒸発器にならざるを得ないと思います。この場合、今開発しているその両方うまく性能を担保していく必要があると思いますけれども、今その方針としては、どちらに重きを置くというわけではないですが、両性能を上げていかなければいけないという点での見通しはどのようなものでしょうか。

【宮良教授】 基本的には両方です。先ほど申しました温度グライドは2つ影響が出てきます。1つは冷媒側の温度グライドにより、冷媒側の伝熱性能が劣化する。それから温度グライドがあることで、熱交換器では、純冷媒における一定温度で蒸発する冷媒と一様な温度の外気との熱交換をするのと違い、冷媒側の温度グライドがあることで熱交換器としての性能が低下することになります。凝縮器と蒸発器との比較では、空気側は同じなのですが、冷媒側の熱伝達の劣化に依存します。よく言われるのは、蒸発側において伝熱劣化が沸騰伝熱のところ非常に大きくなっていくということです。そのため、その沸騰促進が相当効いてくるのではないかとというようなところで、今表面処理の効果を検討しています。凝縮については、そこで凝縮液膜が形成されるので、このような多孔質の表面処理というのはそこまで効いてこないと考えています。

【涌井委員】 分かりました。そういう意味では、表面処理のところは沸騰、蒸発のほうにメインを置いた研究開発が行われるということでしょうか。

【宮良教授】 そうなります。断面形状については凝縮のほうにも影響があり、液膜の形状が伝熱性能に関わってきます。

【涌井委員】 例えば、それを凝縮のほうに使ったときには、あまり影響がないのですか。

【宮良教授】 表面処理で濡れ性の変化が現れれば、多少凝縮のところでも影響は出てくると思いますが、凝縮のところでは、酸化処理の効果はあまり出ないように思います。

【涌井委員】 ありがとうございます。それから、中間ではいろいろと現象が分かり、課題が見えてきたというところで非常によいと思いますが、今このグループですと具体的に数値目標が出されていて、伝熱特性を10%ぐらい上げようというのが3ページにあります。コンプレッサーも質量を軽量化したいといった数値目標が出ているものに対し、そこに到達するのがこれからの2年ないしは2年半だとして、その間で目標に到達するための工程というのは、どんなところが主な課題になるのでしょうか。

【宮良教授】 課題としては、熱交換器のところでは全体の流路形状などによってくるものと思います。現状エアコンに使われている R32 というのは伝熱性能も非常によいので、それに比べると同等というところまで持っていくのはなかなか難しいと考えています。少なくとも8割程度の性能があるようなものを作りたいと思っておりますので、そのためには、どうしても伝熱面積を従来のものよりも大きくしたような形で面積拡大効果をうまく使わないといけません。それと、流路を小さくして、熱交換器全体のコンパクト化を図り、それによって軽量化にも結びつけていくといったことが必要になってくると思います。

【涌井委員】 ありがとうございます。それと、コンプレッサーについて、先ほどの話ですと冷媒によって合う冷凍機油が様々変わってくるとのことでした。このプロジェクトでは、最後のアウトプットとしてこういった冷凍機油がよいという形を提案することが1つのゴールになると思いますけれども、そのときにターゲットにする冷媒がある程度見えていたほうがよいと考えます。そこは、残りの2年半でどういった冷媒をターゲットにした冷凍機油になるのでしょうか。

【宮良教授】 冷媒のターゲットは冷媒グループのほうになりますが、特に今 R454C、R32 と R1234yf の混合冷媒が現状では使われてきています。ただ、それではまだ GWP が高いため、先ほど目標としていた GWP が 70 であるとか 10 以下という冷媒になりますが、なかなか難しい状況です。実際に R1132(E) を中心とした混合冷媒が使われるようになってこない、GWP 値は目標に達成できないので、それに対して冷凍機油の選定を進めていかなければなりません。ただ、そのような冷媒がまだそれほど容易に入手できるような状況にはなっていないので、入手できるように冷媒メーカーと連携する必要があります。入手できれば、これまで築いてきた技術を使い、新しい冷媒についても冷媒選定ができるような冷凍機油の選定であるとか、特性評価を行えるようなことが進めていけるのではないかと考えます。

【涌井委員】 やはり、「NEDO 冷媒」と呼んでいるところにうまくつなげるとよいと思います。ありがとうございました。

【宮良教授】 ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】 国立環境研の中島です。今の話にあった R1132(E) のほかに、AGC 様のほうで HF01123 もプロジェクトで開発しており、両方同じようなほかのプロジェクトでは様々な評価もやっていますが、こちらの特性評価に関しては、そちらはやらないのですか。

【宮良教授】 HF01123 についても佐賀大学のほうで粘度、熱伝導率の測定を進めております。HF01123 と R32 だったでしょうか、R1234yf など混合したものについても今後進めていく予定にはなっています。HF01123 についてもそれほど多くは作っていないため入手は容易ではなく、AGC 様とも話をしながら、熱物性の測定を進めています。ただ、まだ伝熱の実験やシステムの実験に使うほど大量に入手ができない状況ですから、まだこれはもう少し先の段階だと思います。また、R1132(E) を使った冷媒 R474A を東京海洋大学で今入手しており、まだ現状では非常に高価なのですが、一応その冷媒については伝熱実験ができるレベルぐらいの量は入手できるといった状況です。そうした状況の中で、少しずつ伝熱実験を進めているところであり、できれば、佐賀大学での風洞熱交換器全体の試験も今後 2 年間ぐらいで実施できればと考えております。

【中島分科会長代理】 ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、私から伺います。少し細かい話になりますが、温度グライドが発生するような状況の組合せと使用温度域といいますか、機器が作動するところが干渉し、原理的にこの温度域は苦しいといったことを他の開発とフィードバックするなどは行われていますか。

【宮良教授】 そこまでは見ていないものの、温度グライドがどれくらいあるかという点で、現在も残っていますが、R407C という冷媒だと温度グライドは圧力レベルによりながらも 7 度程度あります。ただ、それぐらいになると、実際以前は使われていましたが、性能の問題とか様々あって使われなくなってきました。したがって、今は少なくとも 5 度以下にはしたいと言っているのですが、そういう冷媒が先ほど言っていた GWP の目標値に対して存在するかというのは少し難しいところがあります。温度グライドが 10 度やそれ以上あると、空気側との熱交換で相変化の伝熱抵抗に加え、空気との熱交換のところでも熱交換効率が悪くなります。分科会長が言われたよううまく性能が出ないという課題も出てくるのではないかと思いますので、冷媒選定や組成比というのは、温度グライドと熱交換の効率など、そのあたりを考えながら組合せを見ていきます。そこは、冷媒グループもサイクル実験などを行っていますので、協力してどのような冷媒を使うべきかを今後検討する必要があると思っています。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、十分に議論が深まりましたので、以上で議題 3.2 を終了といたします。ありがとうございました。

【宮良教授】 どうもありがとうございました。

3.3 低GWP混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発

／低GWP混合冷媒の安全性・性能評価

実施者より資料4-3に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【丸田分科会長】 ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。

涌井委員、お願いします。

【涌井委員】 大阪公立大学の涌井です。とても大事なテーマであり、いろいろと興味深く聞いておりました。6ページに中間目標があり、自己分解反応の評価方法についてよく分かったのですが、もう1つの着火爆発に関するモデル化に関しては、今どのような状況でしょうか。安全性を評価するという点では、モデル化と自己分解反応の評価とはどのようにこの先展開をしていくのか、その関連性を教えてください。

【東主任研究員】 御質問どうもありがとうございます。まずは着火源に関するモデル化というところで、ちょうどこちらのページの下の方にも書いてありますが、圧縮機の中でどのようなエネルギーが発生するのかというところをデータベース化していこうというのが1つです。これは圧縮機側の目標になります。そして、冷媒側に関しては、反応に関するモデルが明らかになることで、少ない実験点数、得られた境界から、例えばほかの温度圧力条件であるとか、ほかの冷媒組成であっても、反応境界が予測できるのではないかとといった考えです。このあたりがしっかりと明確化、あるいは予測できるようになると、今後、例えば異なる事故シナリオであるとか、あるいは異なる冷媒組成において、安全性評価または組成の最適化といったところに役立つことができるのではないかなといったアイデアになります。

【涌井委員】 分かりました。このモデル化に関しては、めどが非常に立っているということでしょうか。

【東主任研究員】 今取り組んでいるところになります。ある程度、実験結果を使つての予測線という意味では、このような線が引けるのではないかとといったところに関しては出ております。ただし、実験結果を使わないゼロからの予測に関しては、まだ現状これからだと思っています。

【涌井委員】 分かりました。それから、13ページの最後に成果がまとめられています。右側の評価方法のところ、いろいろな着火源のバリエーションがあって、大体3つのサブグループでやっていると思うのですが、この先どういう形で連携していき、あるいは統合していくようなことを考えていますか。

【東主任研究員】 ありがとうございます。こちらに関しては、前NEDOプロも含め、特にAGC様、ダイキン様がそれぞれ手法を開発されてきたという経緯があります。また、今回のNEDOプロにおいて、国際標準化をするというのが非常に大きな目標になったときに、簡便性と再現性というのが大きなテーマになると思います。簡便性というと世界中の誰でもできるということであり、再現性というと同じ結果が出るということだと思いますが、それを実現するためにどのような手法が好ましいかという点で3社にて開発を進めているところです。その結果、こちらのページに書いてある発弧線溶断法発というのが今有望だということで、ISOにも提案をしています。ですので、国際提案に向けては今3社でこの手法をそれぞれ実施し、比較をしているところになります。

【涌井委員】 このときに、プラチナを使っていたり、ニッケルを使っていたりという材料の違いは、様々そのときの冷媒によって違いが出てくるのでしょうか。

【東主任研究員】 評価手法の検討という意味では、金属線の影響がないかどうかというのも重要な項目に

なり得ると思います。

【涌井委員】 分かりました。あともう1点、B-1の検討ですが、現状では自己分解反応が誘発する、生まれるようなケース、いろいろなケースがあまり見つけられていないというのが今の成果だと思いますけれども、この先どのようにこの知見を生かしたらよいか。実際は、自己分解反応に到達するようなことがあり得ないといったシナリオで進むのか。あるいはもっと最悪のケースでそのシナリオを探し続けなければいけないのか。それによって進むべき方向が変わっていきそうな気がしますけれども、この成果をもってどのように考えられているか伺います。

【東主任研究員】 御質問ありがとうございます。現状では、最悪に近いものを想定して評価法の開発を進めています。その理由は、最後に示したこちらのロードマップですが、今はクラスαの規定をまず行うといった想定です。このクラスαは基本的に反応しない、どのような機器でも使えるというのを目指しておりますので、最悪に近いようなものを想定し、例えばエネルギー量であっても決めていきます。今この「安B-1」で調べているようなものというのは、細かい話になりますが、発生し得るエネルギーが小さいようなシステムかと思われます。そうすると今度はクラスβ側で、この機器において発生し得るエネルギーが少ないと予想されるようなものに関しては、もう少しHF0組成が大きく、反応性は少し高いかもしれないけれども、性能はよい冷媒が今度は規定されるのではないかとこのところ、そのあたりにフェーズ2であるとか、あるいは機器の安全性等級に対して非常にリンクしてくるような話だと思っております。

【涌井委員】 内容と背景がよく分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】 国立環境研の中島です。9ページのAGC様の成果、一番左下になりますが、一定条件における自社冷媒組成の自己分解伝播発生境界条件を明確にしたといった成果の記載について、この具体的な結果が資料の中に見当たりません。これは、具体的にも値が得られたということでしょうか。

【東主任研究員】 こちらは、見込みも含めてですが、得られているという状況です。異なる圧力温度条件、例えば異なる温度条件によって、ある圧力以上では反応する、しないというような反応境界が得られています。

【中島分科会長代理】 それは、実際に実験してみて反応が起こったか、起こっていないかというのが見極められたということですか。

【東主任研究員】 おっしゃるとおりです。非常に地道な試験を繰り返して得られるようなものになります。

【中島分科会長代理】 ぜひその結果もどこかでお示しいただきたいかったです。それから12ページ、AGC様の「安A-2」、一番右のところにHF01123冷媒のR番号取得が遅延のため、リスク評価法に注力と書いてあります。確か私、前回のプロジェクトの際もお聞きした覚えがありまして、そのときは何か毒性の問題が引っかかっているような話だったかと思います。現状のR番号取得の状況というのはどのようなところか御存じでしょうか。

【東主任研究員】 AGC様、もし参加されていたら回答をお願いいたします。

【岡本 (AGC 株式会社)】 AGCの岡本です。今、御質問いただいた件ですが、現状、R番号の取得までに至っていないという状況に変わりありません。最終的に去年、追加で求められている試験を終了し、今その結果をベースに次のステップとしてR番号を取得するために必要なOELという人への毒性の閾値になるのですが、こういうものを求めていただく委員会にけるための準備を進めているところです。

【中島分科会長代理】 めどは立ったという理解でよろしいですか。

【岡本 (AGC 株式会社)】 めどが立ったといえますか、これが得られるかどうかというのは、その委員会の判断と言うべきか、どういう数値が出てくるかによります。我々としては、できる毒性に関する試験のデータを全て終了し、それを提出しておりますので、得られるであろうという前提でいろいろなこと

の準備を進めている状況です。

【中島分科会長代理】 分かりました。その委員会は、今後2、3年以内には完了して得られるかもしれないというぐらいの時間スケールでしょうか。

【岡本 (AGC 株式会社)】 時間的なスケールとしては、その数値を出すための根拠となるような毒性結果のまとめとシミュレーションというところが今年あと数か月の間に出てきます。それをもって、委員会の中で判断していただくということになります。今年中にはその数値というのが出てくるということで、最短R番号が取得できる場所の目標としては来年初頭のASHRAE委員会になり、そのあたりが我々の今計画しているタイムスケジュールとなります。

【中島分科会長代理】 分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、私から伺います。先日の現地調査のときにも伺いまして、飛原PLからも回答をいただいた件です。不均化に与える潤滑のための機油の影響ですが、不均化を見ていくときは多分プロパンなど割と炭素数の少ないものを使っていったときに不均化を抑える方向にある。試験条件 150 度ぐらいで進めています。潤滑油になるともう少し大きいイドロカーボンになっていって、大きくなったときに割と低温から自己分解していくことがあるかと思えます。そういったものが逆の影響を与えないかどうか。この点に少し懸念をするため、もしお考えがあれば教えてください。あと、混合される無機物の影響についても検討されていたら、併せて見解を伺います。

【東主任研究員】 御質問どうもありがとうございます。現状では、潤滑油の影響に関してはまだ考慮していないところでした。想定としては、冷媒の気相側で発生し得る現象であるため、液相に溶け込んでいる潤滑油は、そこまで今のところ大きな優先順位では調べていないというところでは。

【丸田分科会長】 先日、飛原PLにも答えていただき、割とゆっくり温度が上がるので、あるところで潤滑油も相変化を始めるような温度域が来ることから、大丈夫かどうかということでした。酸素の有無は関係あるのですが、潤滑油の中の無機物の影響などというのが、別の分野で結構効いてくるみたいでして、伺った次第です。大丈夫だということであれば、それはよろしいかと思えます。

【飛原 PL】 飛原です。考慮していないという話でしたが、AGC 様かダイキン様、何かこのあたりの経験があれば補足をいただくとありがたいです。

【後藤 (ダイキン工業株式会社)】 ダイキン工業の後藤です。自己分解反応は、メカニズム的にいいますと、反応で出てくる熱が伝播して反応を引き起こすといったメカニズムになっています。ですので、今回我々でいきますと、R1234yf という別の物質を混ぜているのですが、そういった自己分解反応に対して熱を奪ってくれるような物質が混ざると基本的には自己分解反応が抑えられる方向にいきます。冷凍機油でいきますと、混ざっているものが炭化水素系、それからエーテル系ですが、それらは熱を奪う物質になりますので、そうしていきますと自己分解反応を抑える方向にいくということがメカニズム的には考えられます。ただ、実験として冷凍機油を噴霧させて実験するということはできておりません。今私が申し上げたところは間接的な証拠になりますので、今後、検討として必要であれば進めていきたいと考えます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。私も見当違いのことを申し上げている可能性も高いのですが、今の御説明でよく分かりました。どうもありがとうございました。

【飛原 PL】 おっしゃるようにプロパンを抑制剤として混ぜることはあります。そうすると、非常に吸熱してくれてそれで不均化反応を抑制するため、潤滑油もそちらの方向に効くのではないかと思います。しかしながら、研究はやっていないので分からないという状況です。

【丸田分科会長】 分かりました。ありがとうございます。

【飛原 PL】 それからもう1点、涌井委員からの御質問にあった事故シナリオに関してですが、いろいろな

事故シナリオを考え、圧縮機の中で放電がどの程度のものが起こるかというのを検討しています。それで、今検討できているのはかなり限られた条件の下で、例えばインバータを使っているような圧縮機であれば、インバータ自体が非常に安全な電源装置を持っているため、ほとんど大きな放電エネルギーは出さないことが分かりつつあるので、ほぼ安全ではないかということになっています。しかし、インバータのない普通のモーターを使っている場合はそういう安全装置がないので、ひょっとしたらどんだんエネルギーが投入され、大きなエネルギーが出ていくかもしれないということもあり、完全な事故シナリオが潰せてはいないということです。ですから、限られた条件でやった中では、危険な状況はほぼなさそうだという感じですが、それを外して、世界にあるどんな圧縮機でもどうなのかと言われたら、まだ分からない点も多いといったところになります。

【涌井委員】 まだインバータを使わないものも多くあるということで、分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】 追加で伺いますが、最初の涌井委員の質問のところ、モデル化においてキネティクスを使う分析も今後予定されているのでしょうか。

【東主任研究員】 今村先生、こちら御回答いただけますか。

【今村教授（公立諏訪東京理科大学）】 公立諏訪東京理科大学の今村です。キネティクスを使っての解析というところまでは現状考えておらず、あくまでも投入エネルギーとして電流・電圧波形を測っています。そのエネルギーから計測される放電のエネルギーというのが自己分解反応のトリガーとなるエネルギーと比較してどうなるかという話になります。そのため、キネティクスを使って反応をしっかりと調べるとするのは、どちらかというと「安A」のほうでやられる自己分解反応のモデル化といえますか、そちらのほうでやられるところになると思います。

【丸田分科会長】 分かりました。ありがとうございます。

それでは、時間が延びてしまいましたが、以上で議題3.3を終了いたします。ありがとうございました。

【東主任研究員】 ありがとうございました。

3.4 低GWP混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発

／低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発

実施者より資料4-4に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【丸田分科会長】 ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。

赤穂委員、お願いします。

【赤穂委員】 赤穂です。御説明ありがとうございました。まず、今まではメーカーが自分にとって都合のよい評価を採用してアピールをされているというのがとても興味深かったです。

【齋藤教授】 少し言い過ぎてしまったかもしれません。

【赤穂委員】 新冷媒ではなく、現行の冷媒の段階でも今回の中間段階でできた成果で、空調機というのは毎年新製品が出るものですから、何らかの新製品に今回のシミュレーター、データの結果が反映される可能性というのはあるのでしょうか。

【齋藤教授】 ありがとうございます。先ほど言いましたとおり、メーカーにもシミュレーターなどを提供していますから、うまい形で活用いただけると期待しておりますし、期待が大きくて大変だなとも思っているところですが、活用が進むものと思っております。

【赤穂委員】 それは、1つの成果として評価できると思います。ありがとうございました。

【齋藤教授】 ありがとうございます。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。涌井委員、お願いします。

【涌井委員】 大阪公立大学の涌井です。今のスライドで規格化の話が進んでいるという話を伺い、まだ足りないデータなどはあるということですが、具体的に今規格化を進めるに当たり、求められている要件として必要になっているデータなりシミュレーションというのは、どのようなものが足りていない状況でしょうか。

【齋藤教授】 ありがとうございます。データが足りていないというよりも、世界的に見ても早稲田しかデータを持っていないため、それが正しいのかどうかというのを逆に聞かれている状況です。今、パナソニックから始まりまして、三菱電機、日立に彼らの試験装置を使っても同じ結果が出るかどうかというラウンドロビンテストを通じ、皆同じ答えが出るかどうかの確認作業に入りました。これがなかなか大変であり、半年から1年程度かかってしまうのですが、それをきちんと行ってから ISO の審議を進めていこうということで話が進んでいます。

【涌井委員】 分かりました。そういう意味では、規格化というのは、シミュレーションというよりも、それぞれの試験装置で測ったときの性能評価というところでしょうか。

【齋藤教授】 試験機を同じにして、彼らが持っている環境試験室で試験を行った場合に同じ結果が得られるかを確認する作業に入っているところです。

【涌井委員】 分かりました。ありがとうございます。それともう1点、シミュレーションのほうはさらに高度化されていてとても素晴らしいと思っているのですが、今既存の冷媒で非常に見通し立つようになってきて、次が次世代の冷媒を使うとなると、例えば今日お話に出ていた R1132(E) であるとか HF01123 のような混合冷媒が中心になるのだと思います。そういった場合に、このシミュレーションをそういった冷媒に切り替えていくときは、基本的に何か物性データなどがあると比較的簡単に切り替えられるのか。それ以外に何か新しい検討要素が出てくるのか。それによってこの先のどのぐらい工数がかかるかというのが変わってきそうな気がしますけれども、そのあたりはいかがでしょうか。

【齋藤教授】 実は今、現行の R454C という非常に非共沸性が強い冷媒の評価もしています。基本的にはこれができていると次の次世代冷媒もそのまま評価できるのではないかと考えていますが、先ほど言いましたように、圧損が大きくなる等とにかく性能が悪いほうにいくので、もしかしたらどこかの要素で、このあたりをより詳細に考慮しないといけないといったものが出るかもしれませんが、基本的にはそのまま使えると期待しています。

【涌井委員】 ありがとうございます。そのときに、新しい冷媒になると、まだ冷媒の供給が十分ではないという中で、先生のほうでも実験を行うなどがなかなか難しいような状況だと思いますけれども、この2年間で精度、妥当性というのは、どういう形で検証されていく予定でしょうか。

【齋藤教授】 これは NEDO の会議の中で議論をしているのですが、なるべく早く必要な量を教えてほしいと言われていています。ただ、冷媒開発が遅れたときには、先生が言われるように厳しい状況となるかと思われませんが、開発できたときには、いち早く私たちにいただけるように段取りをさせていただいていますので、多分順当にいけるのではないかと期待しております。

【涌井委員】 ありがとうございます。そうした前もった予定、計画も大事だというのがよく分かりました。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、私から少し伺いますが、8ページの熱交換器のベント管のところ、大分複雑な組合せがあります。7ページ、8ページあたりに製作可能なといったことが出ておりますが、その製作可能性やコストなど、どんな要素が最適化の方法の中に入っており、どんな要素が入っていないといったあたりをもう少し説明いただきたく思います。

【齋藤教授】 ありがとうございます。もともとはどういったものが必要かというのを、実は工業会の10社程度にアンケートを取っており、どのようなものが作れるのか、作れないかというのをヒアリングしています。その結果、この10パターンを導入してほしいということで、例えば、「全く冷媒の通らない管などがあってはいけない」といったシンプルな話から、下のほうを見ていただきますと、「ベント管が交差してぶつかるため、それはできないでしょう」といった話も含め、まさに冷媒の経路のところでは何が作れて、作れないが全て網羅できていると思っています。場合によっては、これは考慮しなくてもよいように選択できるようにロジックを最適化計算に入れているため、ほぼ網羅している状況です。一方、おっしゃられたように、コスト的にはどうなのかということまでは、まだ考慮できていないところです。このプロジェクトの中でやるかどうかは別としても、結局10パターンによって製造コストが変わってきてしまいます。もし業界から要請があれば、少しコスト計算に関しても、あまり複雑なものはいれられないと思いますが、制約条件の優先順位のようなものをつけて計算を行うことは、可能と考えますので、必要に応じて検討を進めてみたいと思います。

【丸田分科会長】 ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、時間は早いですが、十分に議論を行ったということで議題3.4を終了いたします。ありがとうございました。

【齋藤教授】 どうもありがとうございました。

(非公開セッション)

3.5 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
／グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発

省略

4. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

5. まとめ・講評

【涌井委員】 大阪公立大学の涌井です。本日は丸一日ありがとうございました。次世代の低GWP冷媒としてHFOを選ぶことの必要性もよく分かりましたし、選択した結果が、自分たちのこの国の産業の発展や競争力の強化につながり得るという話がたくさん聞けたと思っております。また、その結果、必要となる技術的な目標というのはおのずと見えてきて、それを5年間で達成するのはなかなか大変なところがあるのもよく分かりました。マネジメントの点につきましても、2030年ぐらいをめどに目標にしたアウトカムへの道筋というのを非常に考えられている印象です。それから、規格化に対してもオープンに重点を置き、知財コーディネーターも入りながらクローズドの情報交換というのが積極的に行われているという点もとても印象的でした。各研究グループでの成果につきましては、中間目標の到達の見込みがあることと、最終目標も適切に設定されていると思います。これからプロジェクト後半になるかと思いますが、日本初の技術あるいは冷媒が今後世界にいろいろ展開できるよう研究開発がさらに進んでいくことに期待しております。私自身もたくさん勉強になりました。理解が足りないところもありまして、この先につながるとしております。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。それでは、髭分委員、お願いいたします。

【髭分委員】 日設連の髭分です。今日はありがとうございました。全体的に見まして、当然中身の細かいところは皆様プロでいらっしゃるから、問題なくやっただけだと思います。ただ、非常に大きなプロジェクトであり、各グループの下にたくさんのグループがおられます。それぞれが専門性を持って進められているという中で、何度も質問にも書かせていただきましたが、その間の整合性の取り方、フィードバックの取り方です。多分、中間まではどちらかというと要素的な基礎的なことが多かったと思うので、意外に単独でできたことが多かったようにも感じます。これから後半にかけては、その検証といいますか、お互いのフィードバックや確認、それぞれのやっていることに対する理解といった中で、多分キャッチボールがたくさん出てくるなど、少し後戻りをすることや再確認をすること、これはちょっと駄目だったというものが出てくる可能性もあるかと思います。そうした点では、加速度的にあるデータによって想定が進む部分と、逆に、それらの結果によって、少し立ち止まる場所が出てくるかも知れませんが丁寧に進めていただければと思います。

【指田専門調査員】 ありがとうございました。それでは、奥委員、お願いいたします。

【奥委員】 都立大の奥です。本日はどうもありがとうございました。いろいろと話を伺い、本プロジェクトの意義であるとか、世界における位置づけもよく理解できました。この5年間という全体の中で、今年半たったところですが、この間、着実な成果を挙げてこられていることも確認できました。非常に重要と感じるところは、本日お答えいただきましたように、特に飛原 PL からお話のあった NEDO プロジェクトの世界における意義であるとか、これまで日本が開発してきた冷媒、空調システム、それから機器といったようなものを活かし、これから特に途上国での市場開拓の可能性といったようなところや、今後他の冷媒等が、例えば自然冷媒等も含めてもし駄目になったときの選択肢の1つとして、しっかり用意していく必要があるとご説明いただいたところです。そこが、そもそもこの NEDO プロジェクトを世界に対し、それ以前に国民に対してもそうですが、説得力を持って意義について説明する上で、非常に重要な内容だったと思っております。ぜひ、その部分の説明を今後もしっかりといただき、日本が国家戦略としてこのプロジェクトをやっている、そして、ある意味、世界戦略といったようなものを持って取り組んでいることを明確にさせていただくことが、そもそもの部分として重要ではないかと思った次第です。

あともう1点、この資料の作り方の問題かもしれませんが、いずれにしても成果は挙がっていて、その意義はこうだと整理されており、達成度も全て丸か二重丸しかついていませんでした。しかし、細かいところをお伺いしていると、まだ課題があり、あと2年半の間でクリアしなければいけない点が残っているところもあるようです。やはり PDCA を回しているその一環で本日がCの部分であると思いますから、今後に向けての課題が何なのかというのもこの場で明確にいただき、そこをどのように克服していくと、最終年度に目指すところに到達できるのか。その御説明も本来あったほうがよかったですのではないかと感じるとともに、本日は、私も大変勉強になった次第です。ありがとうございました。

【指田専門調査員】 ありがとうございました。それでは、赤穂委員、お願いいたします。

【赤穂委員】 赤穂です。本日はありがとうございました。新しい冷媒の開発や機器の開発にこれだけ日本の大学の研究者の方々が御尽力いただいていることを知ることができ、大変感動いたしました。本当にありがとうございますと言いたいです。冷凍空調機というのは世界で成長市場であり、まだまだこれから伸びます。ですので、今回の成果を踏まえ、世界市場で日本の製品が普及することが最終の目的だと思っています。それができれば、日本における産学館連携の大きな好事例として輝かしい歴史を刻むことができると思っています。ただ、今後の普及に向かっては、これから大変なことが多々あると思います。何度も言って恐縮ですが、まずはガラパゴスにならないことです。そのためには、仲間を世界でつくっていく必要があると思っています。そして、普及のためには、なかなか知財を外に出すのは難しいものの、将来こういう世界になるということはある程度ユーザーに理解してもらう必要がある

といいます。2036年というのは先のようにもすぐにやってきます。特に業務用の空調機に関しては、ビルの普及などを考えれば、今からある程度情報を出していき、これから先々、空調機というのは世界的にこういう方向に行くというのをユーザーにも知っておいていただかなければ、普及もおぼつかないと思っていますので、そういう情報発信もこれから考えていく必要があると思います。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。それでは、中島分科会長代理、お願いいたします。

【中島分科会長代理】 本日は、大変立派な成果報告をどうもありがとうございました。モントリオール議定書のキガリ改正の2034年から2036年への対応に向け、HFCの消費量を85%削減するために本研究開発事業は着実に成果を挙げてこられているということが、本日の中間評価を聞かせていただいてよく理解できました。その中でも、国内の2社からそれぞれ独自の有望な国産低GWP冷媒の候補の開発の話も出てまいりました。また、そのうちの1社からは、早ければ毒性評価が完了すれば、来年初めにも待望のR番号が取得できるという明るい話も伺えました。また、機器メーカー様からも、新冷媒を実際に用いたショーケースを試作し、コンビニエンスストアでモニター評価を行う予定であるとの非常に心強い話を聞くこともできたのは非常によかったかと思います。今後は、着実にこの研究開発を進めていただき、5年間のプロジェクトを完了する暁には、さらにより成果を聞けることを今から楽しみにしております。本日はどうもありがとうございました。

【指田専門調査員】 ありがとうございます。それでは、丸田分科会長から、全体の議論を踏まえ、評価項目ごとのコメントをお願いいたします。

【丸田分科会長】 本日は、大変ありがとうございました。多彩な意見及びコメントをいただきましたので、評価項目ごとに集約するのは非常に難しいですが、頑張ってまとめたいと思います。

まず、項目①の意義・アウトカムについては、委員の皆様も言われるように、特に印象的だったものは、低GWPに対し、原理原則にのっとった研究開発をされた上で、現実に結びつけるという水準までを非常に丹念に多彩なグループ研究者の参加によって達成されており、素晴らしいと思いました。当然研究計画等もそうですが、さらにISOや知財などについても戦略が綿密に立てられている状況であり、緻密かつ素晴らしい成果が達成されていると思います。

それから、項目②の目標及び達成状況については、計画がリーズナブルに立てられているので、もちろん議論になるところはありましたが、順調に進捗されています。何が課題であるか、これから進めていく点が明確ですから、特に指摘するものはありません。しかしながら、ここで全てを褒めてしまえば、あとの後半は何をすればよいかということになりますので、引き続きの取組をお願いしたいところがございます。項目③のマネジメントですが、全体の方向性について、(委員のみでの打合せに時間がかかったことを受けて、)先ほど議論に時間がかかりましたが、その理由というのは、「GWPごとにグループ分けされた組成の違う状態のものが提示されており、組成が決まっていなように見える点は大丈夫か」という趣旨にかかるもので、そこでの説明としては、「GWPについては、不飽和結合を持った冷媒をどれぐらいの量入れるかということと、GWPの水準とが相関している」とのことでしたので、組成の違いについては、実施者が特性を理解された上で、GWP規制にどうやって適合していくかという段階で、いかようにも対応できる形で戦略を練られているとして、納得いただいています。

また、「マネジメントの外部環境」というスライドがあり、そこに各国の状況が記載されていました。これは実施者の皆様へのお願いというよりもNEDO、あるいは国への期待という側面が強いですが、外部環境や、研究の直近の進捗に対する調査を、継続的に行っていただいて、もし外部で良い成果があった場合には積極的に取り入れ、それを活用するということを、是非続けていただきたいと考えます。

現在研究開発をされている皆様に加えて、今後、よりTRLの高い開発に取り組まれるであろう企業様はまた違う制約の中で事業を進められるので、NEDOないしは国が主導され、現在の実施者と将来の実施者との情報共有やリレーを図りながら、研究開発事業を運営していくような、持続的なプロジェクト

を起こしていただくと良いと思います。大切な日本の技術を大事に育てていく際に、日本の立場だけでなく、何とか割り込んでこようとする外国であるとか、規制で対応をしてこようなどころへの対応も含め、国として見ていただけるようなどころに期待をします。

最後に、私個人としては、燃焼の基礎研究をしている点からハイブリッド車やEVあたりの動向に注視をしていますが、いろいろと感ずるものがあります。(多彩なポートフォリオを立てるといふ我が国の方針に、)間違いがなければ、(今後も我が国の強みがハイブリッド車やPHEVを中心に発揮されるという)そのような方向に落ちていくと思ふものの、なかなか一筋縄ではいかないところもあります。翻つて今回の混合冷媒開発においても、良い研究成果を挙げたということに引き続いて、そのあたりは実施者様というよりも、ぜひ国として継続的にフォローしていただけるような体制があればより良いと感じております。長くなりましたが、講評は以上となります。

【指田専門調査員】 委員の皆様、分科会長、御講評をいただき誠にありがとうございました。

ただいまの講評を受けまして、推進部から何かございますか、よろしいでしょうか。では、推進部長及びPLから一言いただきたく存じます。よろしくお願ひいたします。

【福永部長】 NEDO サーキュラーエコノミー部の福永です。本日は、長時間にわたり議論をいただきまして、ありがとうございました。最後の講評コメントをお聞きし、特に国際的な動向につきましては、NEDOとしてもしっかり把握をしていく必要があると考えております。最後に分科会長から自動車の話も出ましたが、我々NEDOとしても様々な技術開発を行つており、例えば自動車であれば、蓄電池は当然やっていますし、それから合成燃料もやっているところです。さらに、例えば発電分野ではアンモニアの混焼や水素の混焼、また CCS と様々な選択肢を遡上に乗せて技術開発をしております。それと同じことが代替フロン分野にも言えるかと思つています。PLからもありましたが、世の中では様々な方式を切磋琢磨して開発をしているところであり、我々としてはこの「NEDO 冷媒」をぜひ世界に広げていくところをしっかりとやっていきたいと考えております。それから標準化につきましても、これは今日の議論でもあつたように、特許をどうしていくかという知財の問題について併せて考えていく必要があります。個別で公開すべきか否かというのは丁寧に考えていく必要があると思ふので、このプロジェクトで始めた知財コーディネーターの御指導もいただきながら、しっかり判断し、実用化に向けて進めていきたいと考えております。また、技術開発は、今日の議論でもありましたが、産業界の意見をフィードバックしながら、実際に作れるものを研究開発していくというのが重要です。この点もNEDOとしてマネジメントをして取り組んでまいりたいと思ふます。本日は、どうもありがとうございました。

【指田専門調査員】 福永部長、ありがとうございました。

続いて、飛原PL、お願ひいたします。

【飛原PL】 飛原です。質疑の中でいろいろと発言しましたので、申し上げることはほとんど残つていませんが、今日、委員の皆様からいろいろと御意見を伺ひまして、これまで産業界の方や大学の先生たちとプロジェクトの中で話をしてきたこととは随分違つた意見をいただけたと感じております。それと同時に、少し考えを切り替えていかなければならないという気もいたしました。特に、奥委員、赤穂委員の御意見というのは、私にとってこれまでにないものであり、「ガラパゴスにならないように」あるいは「国際的な視点でリーダーシップを取っていく」というのは、日頃の作業をやっているとなつていってしまうようなところがありました。ですが、それを考えながら、日頃の研究推進に生かしていかなければならないと受け止めております。今2名の委員の名前を上げましたが、それだけではなく、他の先生方からもいろいろと御意見を伺ひましたので、そのことをまた新たに考えながら、このプロジェクト全体の今後の進め方について再度考えていきたいと思つた次第です。どうもありがとうございました。

【指田専門調査員】 飛原 PL、ありがとうございました。以上で、議題5を終了といたします。

6. 閉会

配布資料

| | |
|-------|--------------------|
| 番号無し | 議事次第 |
| 資料1 | 分科会委員名簿 |
| 資料2 | 評価項目・評価基準 |
| 資料3-1 | プロジェクトの説明資料（公開） |
| 資料3-2 | プロジェクトの詳細説明資料（公開） |
| 資料4-1 | プロジェクトの補足説明資料（公開） |
| 資料4-2 | プロジェクトの補足説明資料（公開） |
| 資料4-3 | プロジェクトの補足説明資料（公開） |
| 資料4-4 | プロジェクトの補足説明資料（公開） |
| 資料4-5 | プロジェクトの補足説明資料（非公開） |
| 資料5-1 | 事業原簿（公開） |
| 資料5-2 | 事業原簿（非公開） |
| 番号無し | 評価コメント及び評点票 |
| 番号無し | 評価スケジュール |

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

研究評価委員会

公開可

「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」（中間評価）分科会

質問・回答票（公開）

| 資料番号・ご質問箇所 | 質問 | 委員名 | 回答 | 公開可/非公開 |
|----------------|---|-----|--|---------|
| 3-1・26頁（表安全Gr） | 国際標準に提案する着火法の概要が書かれた箇所は、配付資料中のどの部分かご教示下さい。 | 丸田 | 資料4-3（安全Gr）、P16の”補足”成果と意義”資料の中段に示しております、発弧線溶断法概略をご参照いただければと思います。 | 公開可 |
| 一般的質問 | 開発冷媒の冷却性能は、現行冷媒R32と比較して、どの程度の水準となる見込みか。 | 丸田 | 本PJで絞り込み候補冷媒の冷却性能としては、現行冷媒R32と比較して概ね8~9割程度を目指しているところです。さらに本PJの機器要素技術開発による機器性能向上策を加えることで、機器としての冷却性能を現行冷媒使用のものと同水準となることを目指しています。資料3-2 P.7を合わせてご参照いただけますと幸いです。 | 公開可 |
| 4-1・9頁 | GWP10以下の冷媒候補となっている各物質（計6種）の混合割合については、どのような割合を候補として絞り込んだのか？ | 中島 | スライドに示した6種類の混合系に関しては、全ての成分冷媒がGWPが10以下（大半は1以下）なので、全ての組み合わせの組成範囲でGWPが10以下の混合冷媒になります。そのため、全領域での熱物性計算が可能になるように、複数の組成での熱物性計測を行い、REFPROPでの混合モデルが幅広い組成で計算できるようにしました。具体的には測定を行った混合冷媒に関して、 (1) R1132(E)+R1234yf では、R1132(E)の組成が23, 30, 50, 70 mass%の4組成で測定しました。 (2) HF01123+R1234yf では、HF01123の組成が30, 50 mass%の2組成で測定しました。 (3) R1132(E)+R290 では、R1132(E)の組成が35, 60, 80 mass%の3組成で測定しました。 (4) HF01123+R290 では、HF01123の組成が65, 80 mass%の2組成で測定しました。 (5) R1132(E)+CO2 では、R1132(E)が60, 90 mass%の2組成で測定しました。 (6) HF01123+CO2 は2025年度中にCO2の比率が低い混合系で測定を行う予定です。 | 公開可 |
| 4-1・9頁 | R1132(E)+HF01123、もしくはR1132(E)+HF01123+R1234yfといった混合冷媒は候補になりえないのか？ | 中島 | R1132(E)+HF01123の2成分系混合冷媒に関しても一部測定を行いました。この2つの冷媒は熱物性が非常に似ています。そのため、市場に出て最初のうちはかなり高価になるであろう新冷媒2種を混合するよりは、2種類に対してそれぞれ同様なベアの混合冷媒を提案することで、機器メーカーの選択肢に幅を持たせた方が良いものと考え、あえてこの2つの混合することは今の所見送っています。 | 公開可 |
| 4-1・12頁 | 「CO2/HF01123/R290系の評価（終了）」とあるが、この3種混合冷媒は同資料P.9の冷媒候補の中には含まれていないのはなぜか？また、その混合割合はどのような割合か？ | 中島 | 冷0-1は、実施計画書に記載のとおり、3成分混合系の評価を行います。P.9には、冷媒候補として2成分系HF01123+CO2、HF01123+R290が挙げられていますが、2成分系は3成分系に包含されているため、結果として2成分系候補の燃焼特性についても対応しています。HF01123+R290は、HF01123混合比が半分程度を超えると不均化リスクがあるため、それ以下の混合比で使用する必要があります。しかし、燃焼性から見ると、R290混合比が高い条件では、燃焼速度が極めて高くなるため実用化できません。そこで、HF01123の混合比とR290の混合比を高くすることなく燃焼性を下げる低GWP冷媒の典型例としてCO2を第3成分として検討したものです。上述のとおり、HF01123が50 wt%を超える混合比については安全上の懸念があるため、燃焼限界についてはHF01123を上限値50wt%に固定した条件でCO2、R290の混合比を任意とした燃焼限界を得、規制緩和と適用条件を得ました。燃焼速度については、種々のCO2/HF01123/R290混合比※について、最大燃焼速度を得ました。※4種類の混合比のHF01123/R290に対して4種類の混合比のCO2を添加した。 | 公開可 |
| 4-2・8頁、20頁 | R1132(E)以外の新規候補冷媒（HF01123やR1234yf）に関しては、粘度や熱伝導率の測定は行わないのか？ | 中島 | HF01123については既に測定を開始しています。得られた結果は最新情報として学会等で一部報告しており、また今後も論文などでの発表を計画しています。なお、R1234yfについては、既に他の研究者により多くの測定が成されており、熱物性計算ソフトREFPROPにも反映され、正確な計算が可能になっています。従って、R1234yfの測定は必要ないと考えています。 | 公開可 |
| 4-3・資料 | 電中研、AGC、ダイキン工業、諏訪東京理科大それぞれで特許なアーク放電発生装置を試作して実験しているようであるが、最終的にはどれが一番結果が得やすい装置に絞って、各種混合冷媒の不均化反応を評価したほうが良いのではないのか？ | 中島 | 諏訪東京理科大は圧縮機内で発生し得るエネルギー量の調査、電中研/AGC/ダイキン工業は自己分解反応評価法の開発と冷媒の反応性評価という、異なる視点から開発を進めております。後者3社は国際標準化を見据えた再現性/簡便性の高い自己分解反応評価試験法の開発を進めております。ISOへの提案に向けて、同一手法を用いた比較試験を予定しております。 | 公開可 |
| 3-1・10頁 | 日本以外でのHF0系冷媒を対象とした開発状況は？ | 髭分 | 特許庁による特許動向調査（令和4年度）によれば、次世代冷媒に関する特許出願は日本国籍が最も多く、次いで中国、米国、欧州の順となっております。このうち日本と米国は国際特許が多く国際展開を見据えた技術を持つとされており、両国の次世代冷媒に対する技術開発への意欲がうかがえます。本委託事業の対象である家庭用空調分野においては、主成分となる純物質としてのHF0冷媒は世界的にもある程度絞り込まれており、米国および欧州では米国企業が開発したHF01234yf、日本では本事業で実施している国産冷媒を主成分とする混合冷媒の開発が大型プロジェクト等により実施されています。本事業の大きな目標である自己分解反応の研究は国産冷媒の性質であることもあり国際学会等でも他国の報告例はほとんどなく、日本がリードする技術分野となっております。 | 公開可 |

| | | | | | |
|-----|-----|---|----|---|-----|
| 3-1 | 26頁 | 冷媒Gr:「冷媒の絞り込み」の達成目標は最大何種類? 現時点の達成は何種類? | 髣分 | 達成目標は「数種類」といったレベルになると考えています。ルームエアコン用の冷媒は、機器及び冷媒の各メーカーが独自の判断の下で選択できるように、複数の選択肢を提供する必要があると考えているからです。現時点の達成状況としては、資料4-1 p99の左中央に困った冷媒のうち、GWP70および10以下の冷媒が、本プロジェクトの成果となる冷媒候補になります。今後、燃焼性や安全性、性能評価結果に基づき組成範囲をさらに絞りこみます。 | 公開可 |
| 3-1 | 26頁 | 上記について、絞り込み判断の条件は?条件における長所短所等の優先度はあるか? | 髣分 | 絞り込み判断の条件としては、GWP、入手性、安全性、熱物性、性能、コストが上げられます(資料3-1 p24左下)。プロジェクトとしてはGWP値が最優先であると考えています。現時点で絞り込んだ混合冷媒の組み合わせには、それぞれに条件のトレードオフが存在します。各条件の優先度は一概には決められませんが、研究段階ではコストの検討は難しいと思います。 | 公開可 |
| 3-1 | 33頁 | 全体スケジュール管理体制は?全Gr会議が年1回で充分と言える体制が不明? | 髣分 | PL・SPLとNEDOで全体スケジュール管理をしています。把握方法はP.41の通りで、各Gr会議に他Gr事業者も参加して相互の進捗状況を把握し、全Gr会議を複数回実施せずとも情報が共有できるような体制を進めています。 | 公開可 |
| 3-1 | 38頁 | 横軸記載内容を中間目標までの達成項目と最終目標までの取組項目に分類できないか? | 髣分 | 取組み内容毎の中間目標・最終目標までの開発スケジュールは各Grの説明資料に記載(例:資料4-1 P.8、資料4-2 P.7等)しておりますので、そちらをご参照いただけますと幸いです。 | 公開可 |
| 3-1 | 38頁 | 上記について、クリティカルパスが不明?時間軸が充分と言える根拠は? | 髣分 | NEDO冷媒の実用化に際してのクリティカルパスは様々あり、冷媒供給設備の整備などはNEDO PJに関わるものではありません。NEDO PJとしては、冷媒物性評価と性能評価による冷媒候補絞り込みと、自己分解反応の安全性評価手法確立を中心課題と捉えています。時間軸については十分な研究開発期間が確保できているとは言いがたいですが、国際約束に間に合わせるために限られた時間でもP.39に記載の通り連携して同時並行で進めていけるように取組んでいます。 | 公開可 |
| 3-2 | 11頁 | 研①最終目標が縦軸共通となっているが、Gr相互の横軸連携が曖昧? | 髣分 | 研①最終目標のうち冷媒の提案については、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HF0系混合冷媒を提案することが目標です。そのため、冷媒性能予測に必要な物性評価および機器要素技術、サイクル性能評価手法開発の成果と、安全性評価の成果を組み合わせ提案していくことが重要と認識しており、各Grの相互連携をGr会議等を通じて行っているところです。 | 公開可 |
| 3-2 | 11頁 | 上記について、▲と●のポイントにおけるGr相互の相関?各GrのPDCAへのフィードバック? | 髣分 | Gr相互連携に関する具体的な例を以下に示します。P.40も併せてご参照いただけますと幸いです。 ・冷媒Grで得られた熱物性や混合モデルは機器Grや評価Grで機器設計指針検討や評価手法開発に活用され、機器Grで得られた冷媒輸送性実質等は冷媒Grにフィードバックされ、相互での検討ループを回していくことになります。 ・安全Grで得られた安全性評価および安全な冷媒組成は冷媒Grにフィードバックされ冷媒候補の絞り込みに活用されます。 ・評価Grで得られたシステム評価手法やシミュレーションの成果は機器Gr等にフィードバックされ、機器設計指針検討に活用される。 | 公開可 |
| 4-1 | 18頁 | 縦軸のフィードバックに対して、横軸項目に変化しないか?資料4-1・8頁との相関含め | 髣分 | 縦軸のフィードバックはもとより、他Grからのフィードバックや外部有識者・技術委員等からの助言等に基づき横軸の取組項目については変化があり得ます。資料3-1 P.45に示す開発促進財源を活用した追加検討事項への取組や、今後のプロジェクト後半年度に向けての実施計画変更等を通じて、変化に対応した取組を進めていきます。 | 公開可 |
| 4-2 | 2頁 | 冷媒の短所を補完する観点における安全装置等は、開発に含まれていないか? | 髣分 | 今後リスク評価を進めるなかで現状機器では事故リスクが許容できない場合や、HF0割合がより高い冷媒組成の実用化を進める必要が生じた場合は、機器側の安全性要求を検討することも視野に入れております。ただし、まずは現状機器で安全に使用できる冷媒としての安定性等級標準化を目指しております。 | 公開可 |
| 4-2 | 2頁 | 上記に関連して、新たに法令や規制等の改正は想定されるか?(標準や規格の改定以外) | 髣分 | 上記が必要が生じた場合は、国内ではJRA規格(日本冷凍空調工業会が作成する標準規格やガイドライン)の追加改定や、高压ガス保安法の改定が想定されるかと存じます。 | 公開可 |
| 4-2 | 18頁 | 縦軸のフィードバックに対して、横軸項目に変化しないか?19頁あり。(資料4-2・7頁との相関含め) | 髣分 | (4-1・18頁への質問と同回答) 縦軸のフィードバックはもとより、他Grからのフィードバックや外部有識者・技術委員等からの助言等に基づき横軸の取組項目については変化があり得ます。資料3-1 P.45に示す開発促進財源を活用した追加検討事項への取組や、今後のプロジェクト後半年度に向けての実施計画変更等を通じて、変化に対応した取組を進めていきます。 | 公開可 |
| 4-3 | 3頁 | 冷媒漏洩による系統外での火災事故誘発については、対象外?その根拠? | 髣分 | ・自己分解反応性については:圧力が高い条件でのみ自己分解反応は発生し、大気圧では自己分解反応は発生しないと考えられます。そのため、系外漏洩時の安全性評価は対象外としております。 ・燃焼性については:現在検討中の冷媒は従来冷媒同様の燃焼性となるため、新たな安全性評価は不要と考えております。 | 公開可 |
| 4-3 | 3頁 | 上記に関連して、冷媒取扱技術者(充填、回収、メンテ、保守)に係わる安全上の懸念は? | 髣分 | 従来冷媒でも点検、回収、充填などの管理が行われており(例えば冷媒フロン類取扱技術者)、先述の通り燃焼性に関しては従来冷媒同等であることから、開発中の冷媒に関しても新たな安全上の懸念は生じないと考えております。 | 公開可 |
| 4-4 | 2頁 | 性能評価の中に安全性は含まれていないか? | 髣分 | 安全性を確保するための機器構成上の措置が性能に大きく影響を及ぼすとは考えにくいため、性能評価の中に安全性は含まれていません。安全性が確認された新規冷媒に対して、性能を評価してゆくことになっています。 | 公開可 |