

次世代冷媒に関する調査委員会
「次世代冷媒・冷凍空調技術の基本性能・最適化・評価手法および
安全性・リスク評価」

平成30年度 プロGRESSレポート

平成31年3月

公益社団法人 日本冷凍空調学会

目 次

1 はじめに 香川澄	1
2 調査委員会の体制と日程 井上順広	4

分冊：

- 第1部 次世代冷媒の基本特性・性能評価（WGⅠ）の進捗
- 第2部 次世代冷媒の安全性・リスク評価（WGⅡ）の進捗
- 第3部 次世代冷媒の規制・規格の調査（WGⅢ）の進捗

1. はじめに

公益社団法人日本冷凍空調学会 会長 香川澄（防衛大学校）

冷凍空調機器は現代社会において欠かせないものになり、さらに、機器が使用される分野が広がっている。それに従って、冷凍空調機器を運転する際の使用エネルギー量は年々増加し、国内で使用されるエネルギー量は国内全体量の 7%(CO₂ 換算)にまで達している。現在使用されている冷凍空調機器の多くは蒸気圧縮式であり、その冷媒としてフルオロカーボン（通称、フロン系冷媒）^{*1}が主に用いられる。しかし、1987 年に採択されたオゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書によって冷媒やフルオロカーボンを用いる断熱材を取り巻く状況が急変した。モントリオール議定書によって、先進国では 1996 年までにフルオロカーボンのうち塩素原子を含む CFC 系冷媒等の全廃（開発途上国では 2015 年まで）が決まった。さらに、2007 年のモントリオール議定書第 19 回締約国会合では先進国での HCFC 系冷媒の消費量・生産量は共に 2020 年に全廃（既存の冷凍空調機器の補充用冷媒を除く）^{*2}することになった。

ところが、2016 年のモントリオール議定書改定では、CFC 系冷媒や HCFC 系の代替冷媒である HFC 系冷媒が環境保護を目的としてその生産が規制され、先進国では 2019 年から（開発途上国では 2024,2028 年から）削減することが定められた。この削減スケジュールによると、日本では HFC の削減の基準値を約 7000 万 CO₂ トン（2011-2013 年の平均数量＝各年の HFC 生産・消費量の平均＋HCFC の基準値の 15%）とし、2036 年までにその 85%までに段階的^{*3}に削減することになる¹⁾。

この改定に伴って、冷媒を地球温暖化係数 GWP が小さいもの、さらに、それを使用する機器、断熱材を環境負荷のより少ないものへの変更が必要になる。また、HFC 系冷媒の総量規制（国内担保法）として、特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（オゾン層保護法、1988 年制定、逐次改正）が 2018 年に改正され、生産および消費を規制し、その需要を円滑かつ着実に削減する工程が始まっている。

また、フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（2001 年制定、フロン排出抑制法、2015 年改正）が改正されて、フロン類を使用している業務用冷凍空調機器の管理者（機器の所有者）機器の定期点検、国へのフロン冷媒漏えい量報告等が課せられ、冷凍空調機器の設備施工・保守・メンテナンス業者に冷媒の充填に関わる実施基準、そして充填・回収証明書の発行、破壊業者・再生業者への引渡しスキーム等が課せられた。この中で、温暖化に影響を及ぼす製品に対して GWP の目標値および目標年度が指定されている。さらに 2019 年に本規制において冷媒の管理がより厳しいものに改正された。また、地球温暖化対策計画（2016 年閣議決定）では、京都議定書、パリ協定約束草案の達成に向けた

^{*1} 炭化水素の水素原子をフッ素に置き換えた化合物、一般的にフロンとも呼ばれる。構成される原子によって、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（ハイドロフルオロカーボン）、HFE（ハイドロフルオロエーテル）、HFO（ハイドロフルオロオレフィン）などのように表記される。

^{*2} 2010 年までに 75%削減、2015 年までに 90%削減、2020 年に全廃

^{*3} 2019 年までに 10%、2024 年までに 40%、2029 年までに 70%、2034 年までに 80%、2036 年までに 85%削減

取組を含め温暖化対策を推進する計画が立てられている。

このように、冷媒に関する法規制が制定される中で、現在までに開発されている低 GWP 冷媒で、HFC 系冷媒と同等の性能を有するものは限られる。そこで、低 GWP 冷媒の開発は先の法規制に合わせて指定製品ごとに行われている。しかし、指定されていない機器製品や指定されている一部の製品においては低 GWP 冷媒が開発の途中である。また、開発されていても使用する機器の性能が劣っていたり（運転時の二酸化炭素排出量が増加することに結び付く）、燃焼性や毒性などの安全性（安全区分）や冷媒としての安定性に問題があったり、市場価格が高いものがある。一方、冷媒を混合した混合冷媒の検討が進められているが、多くの混合冷媒は非共沸混合冷媒になり、そのために信頼性の高い熱物性情報が十分に得られていなかったり、組成の取り扱いや伝熱特性に問題があったりするので早期に解決する必要がある。

これらの他に、既に設置された機器に充填されている冷媒には GWP が非常に高いものがあるので、これを低 GWP 冷媒に変更する試み（レトロフィット、ドロップイン）も大切であり、欧米では新規冷媒の生産量を減らす目的で積極的に進められている。また、機器運転時の漏洩を減らすにはその原因・箇所を探る必要がある。フロン排出抑制法に基づき業務用冷凍空調機器の管理者から得られたデータによると設置時の漏れ（配管部）、そして長期運転による漏洩事故（圧縮機や熱交換器、配管部）が多いとされる。さらに、高性能な冷媒回収機器の開発、廃棄時やメンテナンス時に冷媒回収を容易にする製品システムの開発、加えて、回収した低 GWP 冷媒の再生（蒸留、成分調整）、リサイクル（簡易再生）冷媒が普及することで冷媒漏洩の低減、そして回収率の向上に結び付く。

そのため、政府として補助金制度「自然冷媒機器の冷凍冷蔵分野への展開を目的とした脱フロン・低炭素社会の早期実現のための省エネ型自然冷媒機器導入加速化事業」、「フルオロカーボンの回収率向上を目指す環境研究総合推進費」や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発／次世代冷媒に係る安全性・リスク評価に関する検討」などを設けて、新冷媒および機器の開発・導入の促進を試みている。

先に触れたように、2016 年のモントリオール議定書キガリ改正により HFC 系冷媒の生産及び消費量の段階的な削減義務が追加され、低 GWP 冷媒の基本物性評価、及びそれを適用した省エネ冷凍空調機器の早期開発・最適化手法の必要性がこれまで以上に高まっている。一方で、新冷媒の候補となる炭化水素を含めた低 GWP の次世代冷媒は安全性に対する課題（燃焼性、化学不安定性等）があるため、次世代冷媒の基本的特性の把握及び次世代冷媒使用時の安全性・リスクの標準的な評価手法の確立が不可欠となっている。そこで、公益社団法人日本冷凍空調学会は NEDO 調査事業の「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発」（平成 30 年 9 月～平成 35 年 2 月（前期：平成 30 年 9 月～平成 33 年 2 月、後期：平成 33 年 3 月～35 年 2 月））の委託を受けて、平成 30 年 9 月より研究調査を行っている。

この調査研究では、研究開発項目①「次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価」、及び研究開発項目②「次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発」の研究開発の成果を効率的に国際規格化・国際標準化等へ結び付けることをねらいとして、本委託事業における各研究開発項目を横断して進捗・結果等の情報を取りまとめ、次世代冷媒の基本特性評価及びそれを使用した省エネ冷凍空調機器の早期開発・最適化と冷凍空調機器への適用に係る安全性・リスク評価に関する手法の調査を実施する計画である。

地球温暖化は人類が直面している最大の危機といえる。この危機を乗り越え、かつ持続可能な世界を構築するには冷媒に関する問題を解決する必要がある。しかし、関連する規制や対策が進んでいる欧米や日本においても道のりはまだ遠い。冷媒に関する制限値や目標値の到達を目指して、冷媒の市場投入量の制限（総量規制）が行われているが、環境負荷が大きい中型の冷凍冷蔵機器やビルマルなどに用いる低 GWP 冷媒が開発半ばである。このため、現在の法規制の下で安定して冷媒供給が継続できるか不明なところが多い。また、現在の対策による効果が十分でない場合には、台数が非常に多いルームエアコンや現時点ではまだ規制対象となっていない機器への新冷媒採用も検討する必要性が生じることが予想される。また、冷凍空調機器が運転時に使用するエネルギーは全エネルギーの約 1 割にも達しており、今後も冷凍空調機器の市場投入台数の増加に伴い増加する傾向にある。このため、新冷媒の開発と共に効率（成績係数）が高い機器を開発することも重要になる。

冷凍空調分野が抱える環境問題は非常に大きい。この問題を可能な限り速やかに解決できるように関係者が国内のみならず海外において開発・協力を努めることで、これからも冷凍空調分野が発展していくことを期待する。

平成 31 年 3 月 31 日

2. 調査委員会の目的・体制と活動状況

調査委員会委員長 井上順広（東京海洋大学）

2.1 はじめに

公益社団法人日本冷凍空調学会は、平成 30 年度 NEDO 調査事業「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発／次世代冷媒に係る安全性・リスク評価に関する検討」に 6 月 29 日に採択された。その事業を遂行するため、情報収集、取りまとめ等を実施する調査委員会を学会内に設置した。

2.2 背景

2016年モントリオール議定書改正による HFC 冷媒の生産及び消費量の段階的な削減義務が追加され、これまで以上に低温室効果の冷媒の基本物性評価及びそれを適用した省エネ冷凍空調機器の早期開発・最適化・性能評価手法の必要性が生じてきた。一方で、候補となる次世代冷媒（低 GWP 冷媒）は安全性に対する課題（燃焼性、化学不安定性等）があるため、次世代冷媒の基本的特性の把握及び次世代冷媒使用時の安全性・リスクの標準的な評価手法の確立が不可欠となっている。

2.3 調査目的

NEDO の研究開発事業「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発」では、次世代冷媒の基本特性に関するデータ取得及び評価や次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発を推進している。これらの研究開発の成果を効率的に国際規格化・国際標準化等へ結び付けることをねらいとして、本調査事業においては研究開発事業における各研究開発項目を横断して進捗にともなう問題点の抽出・結果等の情報を取りまとめ、次世代冷媒の基本特性評価及びそれを使用した省エネ冷凍空調機器の早期開発・最適化・性能評価と冷凍空調機器への適用に係る安全性・リスク評価に関する手法の調査を実施する。

2.4 調査体制

日本冷凍空調学会内に、調査委員会を設置する。さらに委員会内に 3 つのワーキンググループ (WG) を設置し、情報交換・討議を行う。

1) 調査委員会の設置と役割

- ・調査委員会は WG の内容を吸い上げてとりまとめ、全体を通して調査結果を確認・整理する。
- ・調査委員会では提供された情報の取りまとめ方法、さらに対外的発信する内容についての審議を行う。
- ・調査委員会は各 WG のまとめられた内容を「プログレスレポート」として毎年度公表する。
- ・調査委員会の開催は、4 回/年を予定する。

2) WG の設置と役割

- ・WG は NEDO 事業者をはじめとする学術研究者・業界団体・その他の有識者間の情報交換の場とする。
- ・WG は情報交換・討議を適時行うとともに、討議を踏まえ、調査委員会へ提供する情報の調整を行う。
- ・各 WG の内容は以下のとおり。
 - WG I 次世代冷媒の基本特性、性能評価
 - WG II 次世代冷媒の安全性・リスク評価
 - WG III 次世代冷媒の規制・規格調査

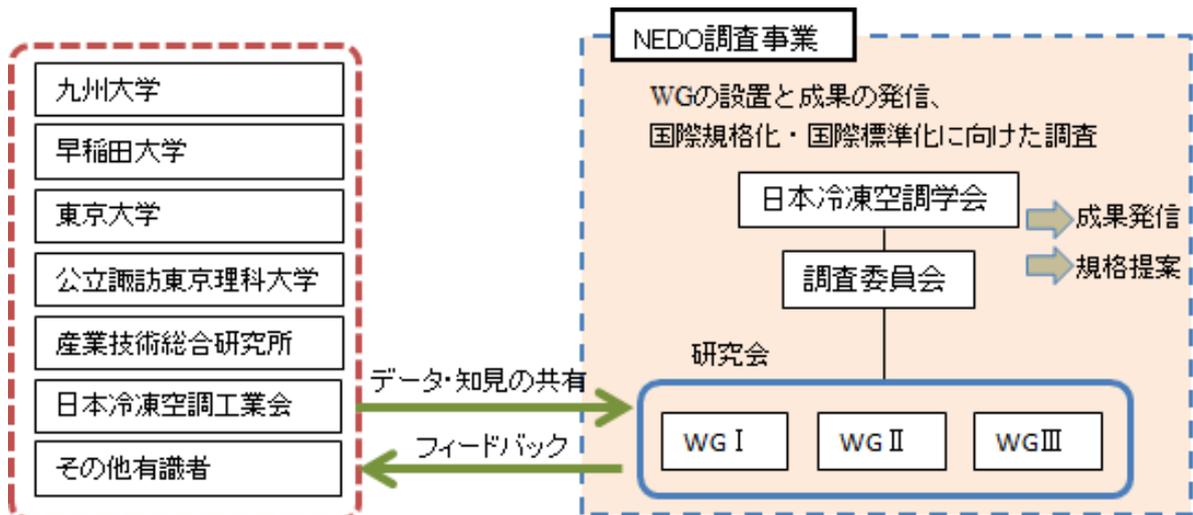


Fig.2-1 Interacting structure of research project

3) 委員会メンバー

委員長は東京海洋大学・井上順広教授が務め、委員の構成については Table 2-1 に示す産官学の有識者で組織する委員会とした。

4) WG メンバー

WG の構成を Table 2-2 に示す。WG I は次世代冷媒の基本特性、性能評価に係る事項で主査は早稲田大学・齋藤潔教授、WG II は次世代冷媒の安全性、リスク評価に係る事項で東京大学・飛原英治教授、WG III は次世代冷媒の規制、規格調査に係る事項で環境エネルギーネットワーク 21・岸本哲郎理事長とした。

Table 2-1 Member of research project committee

		氏名	所属
委員長		井上 順広	東京海洋大学 教授
副委員長		上村 茂弘	日本冷凍空調学会
委員	有識者 事務局	香川 澄	防衛大学 教授
		杉浦 好之	高圧ガス保安協会 理事
		岸本 哲郎	環境エネルギーネットワーク21理事長(WGⅢ主査)
		片岡 修身	日本冷凍空調学会 ISO国内分科会主査
		松本 浩二	中央大学 IJRアジア地区エディター長
		上田 憲治	日本冷凍空調学会 総務/会計担当理事
		松田 謙治	日本冷凍空調学会 事務局長
		学術関係者	東 之弘
	滝澤 賢二		産業技術総合研究所 主任研究員
	齋藤 潔		早稲田大学 教授 (WGⅠ主査)
	飛原 英治		東京大学 教授 (WGⅡ主査)
	今村 友彦		公立諏訪東京理科大学 准教授
	椎名 拓海		産業技術総合研究所 主任研究員
	業界 (日冷工)	岡田 哲治	日本冷凍空調工業会 専務理事
		酒井 猛	日本冷凍空調工業会 参事
オブザーバー		皆川 重治、直井 秀介	経済産業省 オゾン層保護等推進室
		古波倉 聖乃	
		阿部 正道、市川 直喜	NEDO環境部
		神戸 正純、須澤 美香	

Table 2-2 Member of working group

WG	内容	主査	メンバー
WG I 次世代冷媒の 基本特性・性 能評価	次世代冷媒の ➢ 基本特性に係る データ共有 ➢ 性能評価手法に 係る検討 ※国際規格化・標準化等を 見据えたものとする。	早稲田大学 齋藤教授	東 之弘 (九州大学) 宮良 明男 (佐賀大学) 山口 誠一 (早稲田大学) 大野 慶祐 (早稲田大学) ※日冷工はオブザーバー参加
WG II 次世代冷媒の 安全性・リスク 評価	次世代冷媒の ➢ 安全性・リスク評価 (主としてHCIに関わる ものからスタート) ※国際規格化・標準化等を 見据えたものとする。	東京大学 飛原教授	滝澤 賢二 (産業技術総合研究所) 今村 友彦 (公立諏訪東京理科大学) 椎名 拓海 (産業技術総合研究所) ※日冷工はオブザーバー参加
WG III 次世代冷媒の 規制・規格調査	次世代冷媒の ➢ 規制・規格の調査 ➢ 国際規格化・標準化 への提案調査	環境エネルギー ネットワーク21 岸本理事長	片岡 修身 (日本冷凍空調学会) 宮田 征門 (国土技術政策総合研究所) 東條 健司 (日本冷凍空調学会) 飯沼 守昭 (高圧ガス保安協会) ※日冷工には必要に応じ参加要請

2.5 調査内容

次世代冷媒を適用した省エネ冷凍空調機器の実用化開発に係る冷媒基本特性・最適化・性能評価及び安全性・リスク評価について、以下の情報収集・取りまとめを実施する。

1) 次世代冷媒に係る規制、規格等の動向調査 (調査委員会 WGIII関連事項)

- ・国内外における次世代冷媒に係る規制動向、既存の安全規格 (国際規格、国際標準、業界規格等)、性能評価の情報収集・整理し、新たな策定・改正等の動向に関する情報収集・整理を行う。
- ・国内外における次世代冷媒の基本的特性の研究及び標準化の動向、機器開発における最適化・性能評価の動向を情報収集・整理し、新たな基本的特性・性能評価の標準化及び機器開発における動向に関する情報収集・整理を行う。

2) 次世代冷媒及びその適用機器の使用時における基本特性・最適化・安全性・リスクに係る課題の抽出及びその対応方法に係る調査 (調査委員会 WG I、II 関連事項)

- ・次世代冷媒の基本特性及びそれらを適用した省エネ冷凍空調機器の早期開発・最適化に関する課題、進捗にともなう課題の抽出と、その対応方法の調査を行う。
- ・次世代冷媒を適用した省エネ冷凍空調機器のシステムの最適化・性能評価に関する課題、進捗にともなう課題の抽出と、その対応方法の調査を行う。
- ・上記を踏まえ、次世代冷媒及びその適用機器を最適に安全に使用するための対応法を情報収集・整理する。
- ・次世代冷媒の安全性・リスク評価手法の開発に関する課題、進捗にともなう課題の抽出と、その対応方法の調査を行う。

3) 次世代冷媒及びその適用機器に係る安全性・リスク評価手法に関する国際規格化・国際標準化に向けた調査 (調査委員会 WGIII関連事項)

- ・(1)、(2)の調査結果及びNEDOの研究開発事業「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発」における次世代冷媒及びその適用機器の安全性・リスク評価手法に関する研究開発結果を踏まえ、国際規格・国際標準等へ提案すべき内容を情報収集・整理する。

2.6 調査委員会の活動状況

平成31年2月4日に第1回調査委員会を開催した。主な議事内容は以下の通りである。

1. 委員の紹介（事務局）
2. NEDOプロジェクトの背景と最近の政策動向について（オゾン室皆川室長）
3. NEDO調査事業の概要（香川委員）
4. 調査委員会/WGの設置と位置づけ・役割について（井上委員長）
5. WGの活動状況（上村副委員長）
6. 次世代冷媒関連の国内外発信（案）について（井上委員長）
7. 平成30年度成果のとりまとめについて（井上委員長）
8. 今後のスケジュール（上村副委員長）

2.7 調査委員会の2019年度開催予定

調査委員会は年4回開催とし、2019年度の開催日程を予め以下とする。

- 第1回 4月22日（月）
- 第2回 7月24日（水）
- 第3回 11月11日（月）
- 第4回 2月27日（木）

2.8 本プログレスレポートについて

平成30年度成果のとりまとめは、WGⅠ 次世代冷媒の基本特性・性能評価、WGⅡ 次世代冷媒の安全性・リスク評価、WGⅢ 次世代冷媒の規制・規格調査の3部構成とし、巻頭言として日本冷凍空調学会長から委員会の設置について述べ、調査委員会委員長から学会調査事業の推進体制・活動状況を述べた内容となっている。