

特集記事・7

カーボンニュートラルに向けた日本の各産業の取り組み

冷凍・空調・ヒートポンプ分野における カーボンニュートラルへの取り組みと提言

Carbon Neutrality Initiatives and Proposals in the Areas of Refrigeration, Air Conditioning, and Heat Pumps

公益社団法人日本冷凍空調学会 カーボンニュートラル 2050 委員会

Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers Carbon Neutrality 2050 Committee

早稲田大学 理工学術院総合研究所
研究員客員教授
防衛大学校 名誉教授香川 澄
Noboru Kagawaダイキン工業 (株)
東京支社渉外室
担当課長繁永昌弥
Masaya Shigenaga(株) 前川製作所
ソリューション事業本部
審議役神戸雅範
Masanori Kando

1 はじめに

カーボンニュートラルとは温室効果ガスの排出量が全体としてゼロになっている状態を表し、温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させることを意味する。産業革命以降、文明の発展と共に大量に大気に放出されてきた二酸化炭素、一酸化二窒素、メタン、代替フロン等4ガス（HFC系冷媒、PFC、SF₆、NF₃）が地球の平均気温を上昇させる温室効果ガスに分類され、地球温暖化を緩和させるにはそれぞれのガスの排出を削減する必要がある。「2050年カーボンニュートラル社会」への厳しい目標の実現に向けて政官財はじめ各方面において諸施策が精力的に検討・精査されている昨今、エネルギーを多く消費している冷凍空調機器がカーボンニュートラル社会を早期に実現する際には広い分野において重要な役割を果たすことが想定される。2020年に若手技術者を中心に構成された日本冷凍空調学会ロードマップ策定WGにおいて生活の上でなくてはならない冷凍空調技術に関する種々の検討が行われ、その中で「カーボンニュートラル社会を実現するために学会が取り組むべきテーマ」として、「グリーン冷媒の普及」、「HFC系冷媒の回収」、「省エネルギー技術の向上」、「新冷凍空調システムの検討」、「エネルギー管理」、「フードロス対策」、「食品品質管理」などの項目を重要課題として抽出している。これらの中で高難度な課題について、政府や関連団体と連携しながらそれらを解決するべく多面的に挑戦してゆく必要がある。

日本冷凍空調学会では、長年に亘り、各時代における社会

的・政策的そして学術的な課題解決に向けて、営々と培ってきた研究、国際活動、教育・啓発などの役割・機能などを有効に活用しながら、公平中立な学術公益団体としての立場に基づき国内外において様々な貢献を行ってきた。このような経緯を踏まえて今回は、多方面からの要望が強くなることが予想されるカーボンニュートラルに取り組む「カーボンニュートラル2050委員会」を2021年6月に設置した。委員会においてはカーボンニュートラル社会を実現するために冷凍空調分野における課題を整理・検討し、学会から課題の解決策を提示してゆくことで、政府機関・大学・関連団体・関連企業・有識者との連携を深めカーボンニュートラルが進展する活動を国内外で試みてきた。なお、各テーマについての進め方については学会内の政策委員会、他関連委員会と連携をとって進めている。本報ではカーボンニュートラル2050委員会の活動成果を概略紹介する。

2 日本冷凍空調学会の概要紹介

2.1 学会の概要

日本冷凍空調学会は、大正14年（1925年）に日本冷凍協会として、低温・冷凍・食品・空気調和（これらを冷凍空調と称する）に関わる先端的及び普遍的な科学・技術を向上させる活動を通して公共の福祉と社会・産業の発展に寄与することを目的に設立され、以来わが国の冷凍分野における唯一の公益法人として100年近い歴史を歩んできた。また、その目的を達成するべく、「技術普及及び技術者育成などの教育

事業」、「国際冷凍学会などとの連携・協力による国際交流事業」、「調査・資料収集及び技術開発・研究開発などの調査研究事業」、「資格認定及び表彰による学術評価事業」、など幅広い事業を展開し、冷凍空調技術と、食品、エネルギー、環境問題などの周辺技術に関する振興を目指して活動している。

冷凍空調技術は、近年では、感染症や異常気象から人類を守り、安全安心な食の提供をも可能とする人類には必要不可欠な生命を守る技術にまで発展している。産業用熱プロセスなどでは、技術立国への再挑戦を目指す我が国にとっても必要不可欠な高温生成ヒートポンプ技術として、適用範囲を広げている。引き続き経済をも牽引可能な強力な技術であり、次の時代を創りうる一つのキーテクノロジーといっても過言ではない。

このような科学技術の目覚ましい発展の陰で、地球温暖化が人類に多大な影響を与えていることは承知の事実である。冷凍空調分野においても技術が普及するほど二酸化炭素排出量の増大は避けられず、更なる機器性能向上が求められており、オゾン層破壊に端を発した冷媒の問題は、地球温暖化問題へと形を変え、早急に地球温暖化係数 (GWP) の低い冷媒への転換が必要となっている。これら難題の解決に向け、関連学協会や業界団体とも連携を図り、学術機関として、早急に対策を打ち出してゆくことが重要と考えている。

3 冷凍空調分野を取り巻く課題

3.1 地球温暖化とパリ協定

気候変動に関する政府間パネルは2015年のパリ協定で産業革命以降の平均気温上昇を2 K未満に抑えることを目標とし、これを1.5 K未満とする努力を追及している。菅前内閣総理大臣は2020年10月の所信表明演説において、2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。さらに2021年4月の地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて2030年度に温室効果ガスを2013年度比で46%削減することを目指し、また、50%の高みに向けて挑戦を続けること表明しており、これが同年10月に閣議決定された (温対法)。ついで、2023年5月のG7サミット (広島) でまとめられた首脳宣言では、世界の温室効果ガスの排出量を2035年までに2019年度比で約60%削減することの緊急性が高まっているとし、今後、より厳しい目標値が提示されよう。なお、日本が排出する温室効果ガスのうち約9割が二酸化炭素であり、二酸化炭素の排出量の約4割が電力部門、残りの約6割が産業や運輸、家庭などの非電力部門からの排出となっている。温対法では代替フロン等の温室効果ガスの排出量を2030年までに2013年比44%減の約2,200万t CO₂にすることを目標とした²⁾。

温室効果ガスであるフルオロカーボン (通称フロン) は冷凍空調機器の作動流体の一つであるが、1980年頃からフルオロカーボンはオゾン層破壊物質とされ、近年では温室効果ガスとされた。冷凍空調用の冷媒としてはフッ素原子を含む合成化合物が主に用いられているが、冷凍機が発明された1830年ごろより二酸化炭素、アンモニア、イソブタン、空気などのいわゆる自然冷媒も使用されてきた。しかし、フルオロカーボン系冷媒の中で、オゾン層破壊問題の対策において1990年ごろより代替物質として開発された炭素、水素、フッ素原子より構成されるHFC系冷媒は大気中での寿命が長く地球温暖化ガス (温室効果ガス) とされる。

3.2 国際枠組み —モントリオール議定書—

また、1987年に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が採択され、日本では1996年までに炭素、フッ素、塩素を元素とするCFC系冷媒やハロンなどを全廃し、2020年まで炭素、水素、フッ素、塩素からなるHCFC系冷媒を全廃とした。2019年には地球温暖化を防止する目的で同議定書キガリ改正が発効され、HFC系冷媒の消費量を低減することが提案された。日本の目標としては、2036年までに2016年 (基準年) の約7,150万t CO₂から85%減の約1,100万t CO₂になった³⁾。

3.3 低GWP冷媒の開発および冷媒の大気排出低減

これらの目標値を達成するには、大気中の寿命が短い低GWPの冷媒、およびその機器を開発する必要がある。また、GWPが高いHFC系冷媒およびHCFC系冷媒の機器が市に多くあり、それらの運転時における冷媒の漏洩や、整備時・故障時の漏洩、そして機器廃棄時の未回収が指摘されている。

そこで、自然冷媒を用いたり、大気中の寿命が短い二重結合をもつHFO (ハロゲン化された不飽和炭化水素系冷媒) などの低GWP冷媒やその混合冷媒の研究開発、製品化が進められている。しかし、低GWP冷媒および機器の開発が技術面や法規制面で難しく、導入時期が未定であるものがある。

より健全で円滑な社会発展のために、環境負担が可能な限り低い機器、いわゆる持続可能で循環型の機器・システム開発を行ってゆくべきである。その中で、低GWPの冷媒、および機器の高効率化が求められている。加えて安全性の担保、少量の冷媒充填、運転時の冷媒漏洩が少ない機器、機器廃棄や保守時に冷媒回収しやすいシステム、冷媒管理システムの構築、そして持続可能な循環型機器や仕組みが望まれる。しかし、既存冷媒と同等な性能の新冷媒の研究開発、実用化は始まったばかりである。

4 課題解決に向けたカーボンニュートラル2050委員会の活動計画

4.1 2022年度までの活動報告

当委員会は、カーボンニュートラル社会を実現するため、2021年6月に設置されたが、それ以前の2020年から活動を行っていた2050年度に向けた冷凍空調技術の「ロードマップ」を策定するWGにおいて、検討を進める中でカーボンニュートラル社会を実現するための重要課題として抽出さ

れた項目（分野）をとりあげ議論をすすめ、「政策提言に向けた課題の整理」という形で、2021年度末には報告として取りまとめていた。2022年度は、この報告内容に、社会の「カーボンニュートラルの広がり」を示すマップ（図1、図2参照）等の要素を加えた形で報告書として公開することとし、政府機関・大学・関連団体や企業などに説明、ヒアリングを行ない、関心が高く、注目を集める項目、重要と考える課題などを探ってきた。

冷凍空調分野におけるカーボンニュートラルに向けた検討事項(全分野)

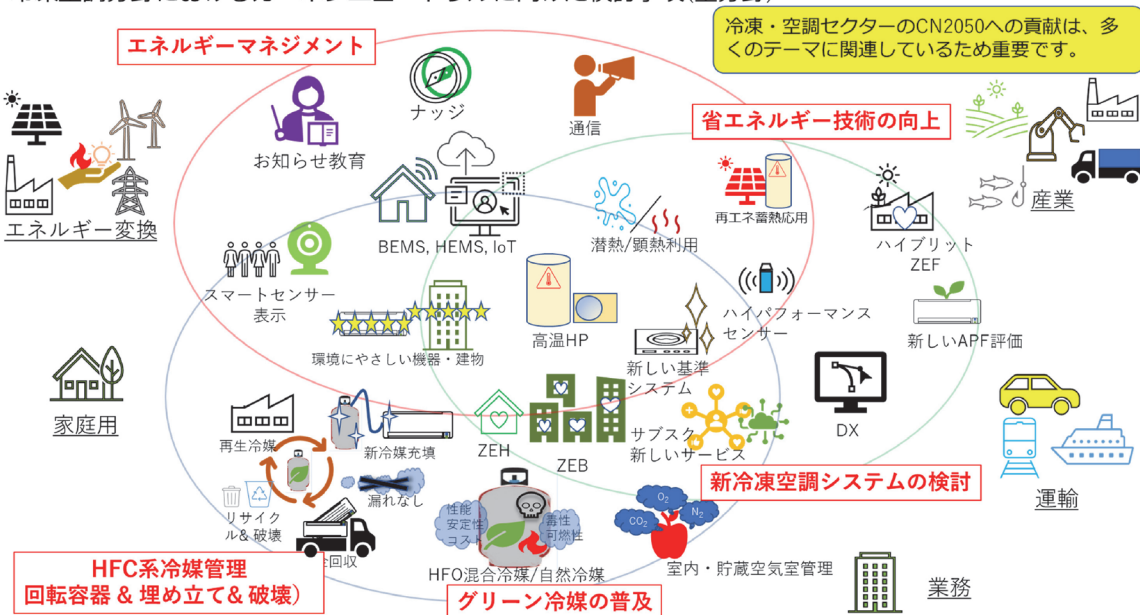


図1 冷凍空調分野におけるカーボンニュートラルに向けた検討項目（全分野）¹⁾ (Online version in color.)

冷凍空調分野におけるカーボンニュートラルに向けた検討項目（家庭・業務[民生]分野）

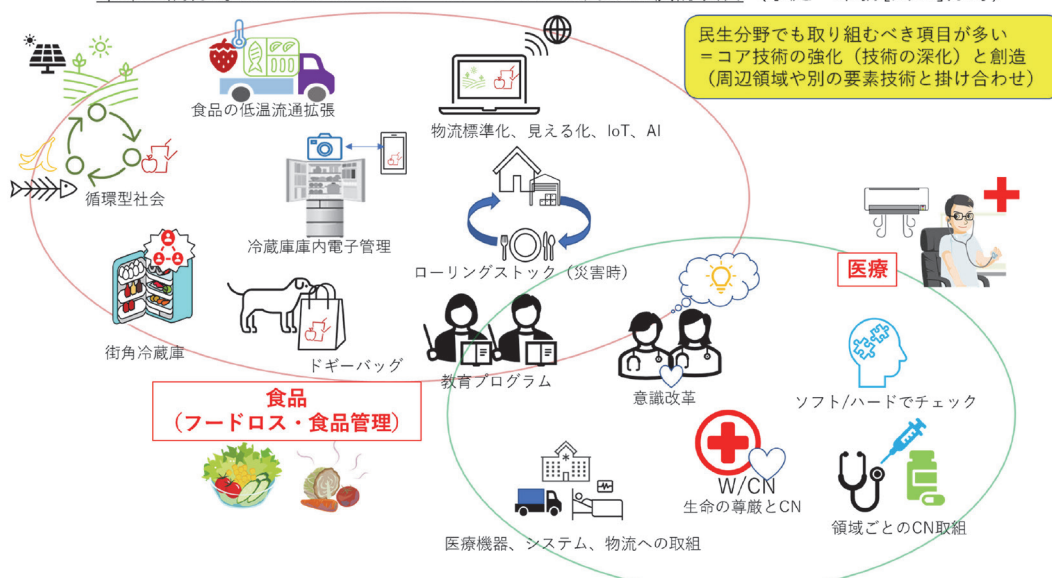


図2 冷凍空調分野におけるカーボンニュートラルに向けた検討項目（家庭・業務[民生]分野）¹⁾ (Online version in color.)

4.2 2023年度以降の計画

公開中の報告書において、重要課題として抽出された各項目（分野：図1、図2の7つの囲み文字）に包含・整理されている各々のキーワードがあるが、その各々のキーワードに対して、項目（分野）を横断しているキーワードの抽出をおこない、関心度や注目・重要度を考慮しつつ「横断的キーワード」として新たに7つに大別した。この、分野をまたぐ7つの「横断的キーワード」に対して、カーボンニュートラル実現の検討が行われている政府機関・大学・関連団体や企業の皆様にご活用いただける提言書となるよう、キーテクノロジーやマイルストーン、ポテンシャルなどの検討を進めている。

5 「カーボンニュートラル2050 委員会の各分野の課題整理と提言」

5.1 エネルギーマネジメント

冷凍空調機器はエネルギー消費機器であり、エネルギーマネジメントは、建物や設備の新設・既設を問わず広く導入することができる需要側の効果的な省エネ対策である。その普及にはエネルギー消費とエネルギー管理が一体不可分となるような需要側の行動変容を促進してゆく必要がある。具体的には、エネルギーマネジメントに対する有効性認知向上および手法・分析評価に関する知見獲得・環境整備がキーとなる。

手法については、センサーを含めて技術革新が進んできたビル用及び住宅用エネルギーマネジメントシステム（BEMS, HEMS）等の情報通信機能の活用を社会デフォルトとすべく、学校教育やコーポレートガバナンスに組み込んでゆく。業務・産業部門の活用については、得られたデータを基にPDCAを回すことが出来る人材育成・確保が重要であり、機械工学にデータサイエンス・人間科学・経営工学を総合した資格創設や学習素材・機会の提供を進める。家庭においては、HEMSを省エネナッジのポータルとして地域データの平均値提示や同規模家庭との比較機能を付加するなど、省エネトップランナーを目指すアプリを開発することによって、ムダに対する社会的規範の活用を強力に推進することが有効である。

エネルギーマネジメントシステム（BEMS, HEMS）等の情報通信機能が浸透することにより、それらのネットワーク化を通じて様々なエネルギー原単位情報を扱うデータプラットフォームが構築可能となり、国レベル・業種レベル・地域レベルでのPDCA基盤が整備され得る。

5.2 省エネルギー技術の向上

空調機器のエネルギー評価手法として、現在、通年エネルギー消費効率（APF）が用いられているが、これは例えて言

うならば人体における運動能力を評価しているようなものであり、平常時におけるエネルギー消費効率とは少なからず乖離が生じていると考えられる。従って、実際の使用環境に追随したコントロールが出来ているか否かを適正に評価するためには、ユーザーの運用実態を反映した評価指標の構築が必要となってくる。現行のラベリング評価（APF数値の向上）を進めると、将来の省エネ技術向上は限界を迎えてしまい、機器の極端な大型化やガラパゴス化を招く恐れがある。このため、機器性能とユーザー側性能評価法の統一や連動化、建築基準による評価方法と機器性能評価法が連動する必要がある。そうでなければ、評価する手立てが不十分でDX（Digital Transformation）化など進まず、省エネ技術の早期発展を阻害してしまうため、実現のためにはシミュレーションやデジタルツイン技術活用による新たな性能評価技術・数値的見える化技術の標準化などが重要となってくる。

5.2.1 システム単体

システムとしての制御性の改善による性能向上が求められ、インバーター化によって運転範囲が広がったため、低負荷時の性能改善が大きな課題となる、また、寒冷地でのヒートポンプ拡大が求められるため着霜・除霜への制御対応が必要となる。その他に、システムを構築する次世代のグリーン冷媒として、安定的で安全な冷媒を見つけ、それを使いこなす必要がある。また、新たな方式（磁気冷凍、音響冷凍等）の開発検討も必要となってきた。

5.2.2 システム統合・連携

アナログ的な冷凍空調技術もDXによって、設計方法、運転方法が変わり機器性能も向上し、高度なエネルギーマネジメントによって多様な機器の統合や連携運用が進んでゆく。例えば、情報通信技術により構築されたシステムによって、センシング技術やヒートポンプ&蓄熱技術をはじめとした高度再エネ利用技術が実用化され、上げ・下げDR（Demand Response）に対してタイムリー且つスムーズに対応できることなど、一連の統合・連携機能の拡充が重要である。

5.2.3 デバイス

個別のデバイスでの性能向上は、限界を迎えつつあるが、冷媒が変わる中で、低GWP冷媒技術に対応しながら、性能向上を図る必要がある。従来冷媒よりも熱力学的性質が劣ることも想定される中で、いかに性能向上を図るかがポイントとなる。また、可燃性や毒性を有するため、冷媒充填量を低減する必要がある。

5.2.4 普及促進

DXによって、より実運転に近い性能評価が進むとともに「見える化」が進み、これらが機器の性能向上を後押しすることが期待できる。

5.3 新冷凍空調システム（システム・要素）

「産業用分野」、「業務・家庭用分野」での新たな冷凍空調システムを考える際には、主に「ハード対応」、「ソフト対応」、「評価・規格・価格」の3つの側面を中心に検討を進めてゆかねばならない。それらを考慮した上で、今後、各分野で推進するべきであると考えられる具体的な内容を以下に記す。

5.3.1 新冷凍空調システム（産業用分野）

冷凍・冷蔵分野はグリーン冷媒（※5.4項参照）を主体とした高効率冷凍冷蔵システムによる温室効果ガス排出削減や、AI・IoTを活用し品質を担保するためのコールドチェーンへの取組が必要である。

上流側では、庫内の酸素、窒素、二酸化炭素濃度を調整することにより、貯蔵物の呼吸を抑制し、鮮度の低下をおさえる貯蔵方法＝CA（Controlled Atmosphere）の活用により、長期間品質・鮮度を保つことで、フードロス削減にも繋がることを期待できる。

高温ヒートポンプ分野はヒートポンプ供給温度の高温化によって、ヒートポンプの適用範囲を拡大し、産業部門の加熱プロセスにおける省エネ・CO₂排出量削減を促進する。

5.3.2 新冷凍空調システム（業務・家庭用分野）

冷暖房・給湯一体型、冷暖房・冷蔵一体型等のヒートポンプにより熱回収の最大限の利用や機器排熱のカスケード利用により省エネ・CO₂排出量削減を促進する。なお、複合システムでの品質を確保するため、IoTを活用した故障予知機能を合わせて持たすことが重要である。また、機器売りからサービス型ビジネス（サブスク）へ転換を図り、IoT利用による遠隔管理、AI利用による制御及び運用の最適化により、省エネ推進を図ることも必要である。

5.3.3 新冷凍空調システム（共通分野）

電気需要最適化の推進に当たり、時期・時間に応じて、太陽光発電などの再エネ余剰電力が発生している時に需要をシフト（上げDR）し、需給逼迫時等に需要を抑制（下げDR）する機能を持たすことが重要である。また、更なる効率向上は個別機器開発のみでは限界にきており、井水や地中熱、下水熱等の未利用熱や建物との融合など、二次側などを含めたシステム全体として、業界横断的対応が必要で、高温多湿な日本の気候に適した潜熱・顕熱分離空調の高度化や、省エネに

寄与できる容量最適化に向けた設計も重要となる。

資源の再利用可能な設計への取組や、年数の経つ既設機を対象に最新の構成部品（圧縮機・ファン・熱交換器等の交換）によるレトロフィット対応が求められ、このような、サーキュラーエコノミーへの取組にあたり、エコデザイン設計のあり方、そして、新たな産業に育ててゆく必要がある。

5.4 グリーン冷媒の普及*

現在、産業用・業務用・家庭用の冷凍空調機器に使用されているフロン系冷媒は、一般的に代替フロンと呼ばれる「ハイドロフルオロカーボン（HFC）」が主流である。この冷媒は、それ以前に主流であったオゾン層を破壊する特定フロン「ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）」とは異なり、オゾン層破壊係数（ODP）はゼロであるが、GWPは依然として高く、二酸化炭素の数百～数千倍の温室効果を有する。

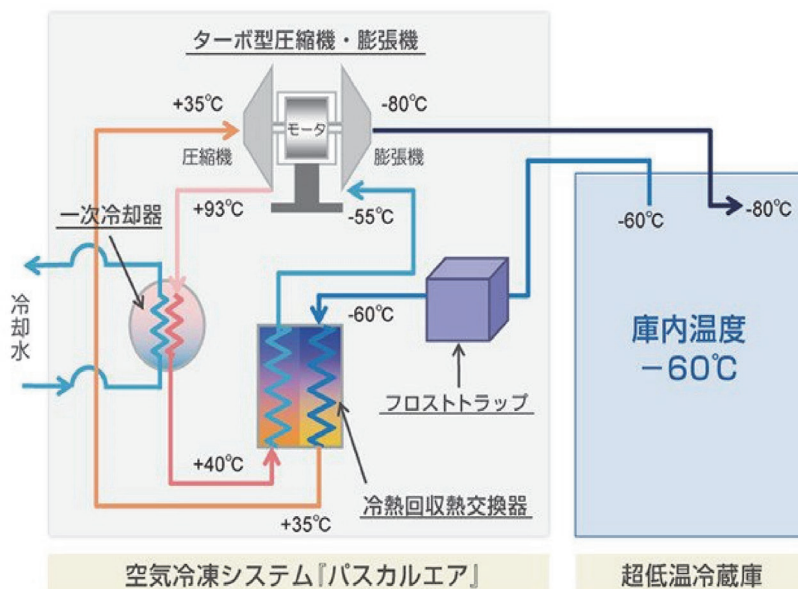
地球温暖化抑制に実効性が求められる今日においては、「アンモニア・二酸化炭素・炭化水素・水・空気」の自然冷媒と「ハイドロフルオロオレフィン（HFO）系等の低GWP冷媒」、即ち「グリーン冷媒」と通称される低GWP冷媒の普及促進を推進することが非常に重要である。

5.4.1 自然冷媒の今後の方向性と展開

自然界に存在する物質であるアンモニア・二酸化炭素・炭化水素・水・空気は自然冷媒と呼ばれ、近代的冷凍空調が始まった19世紀中頃から今日まで様々な分野で使用されている。1928年に登場したフロンが急速に普及拡大した高度経済成長期以降、自然冷媒はアンモニアによる低温冷凍冷蔵、水による吸収式冷凍機、空気冷凍（図3、図4：低温分野の活用例）サイクルによる航空機内空調など限定的な分野で使用されてきたが、フロンによる気候変動への影響が指摘され始めた1980年頃から再び環境影響の少ない自然冷媒が見直され、今日では産業用や業務用の低温冷凍冷蔵分野（冷凍冷蔵倉庫・ショーケース・フリーザなど）とヒートポンプ（エコキュートや自販機など）で普及が拡大している。

自然冷媒はフロンに比較して地球温暖化抑制に効果がある。しかし、可燃性・毒性・圧力が高いなどの物性特性を有するため、「高安全性」・「高信頼性」・「省エネ性」・「高経済性」・「低環境影響」などの必要条件を満たした上で、安全性と完成度の高い機器やシステムとして上市されている。今後は「冷媒漏洩の未然防止」対策の徹底を大前提として、普及拡大のために「高圧ガス保安法をはじめとする法的規制緩和」ならびに「各種ガイドライン策定（保守取扱い・冷媒回収と廃棄など）」と「普及促進のためのインセンティブ」を併行して進めるなど、総合的見地からの具体的な施策が求められる。

国内では、産業用冷凍冷蔵倉庫の50%以上が既にアンモニ

図3 空気冷凍装置のシステムフロー²⁾ (Online version in color.)図4 空気冷凍装置の外観²⁾ (Online version in color.)

アや二酸化炭素などにより自然冷媒化され、-50℃以下の用途（鮪の保管や液体窒素代替など）である超低温分野でも空気冷凍サイクルの普及が進み、また、二酸化炭素を冷媒として使用しているヒートポンプのエコキュートが800万台を突破する（2022年3月末）など、自然冷媒冷凍空調機器の普及が拡大していることから、今後も産業用・業務用・家庭用をはじめとして、コールドチェーンなどの分野においても堅調に应用範囲が広がるものと見込まれる。

5.4.2 HFO系等の低GWP冷媒の今後の方向性と展開

HFO系等の低GWP冷媒には、「HFO単一冷媒」と「HFOとHFCなどの混合冷媒」がある。これらは多方面で使用され

ているHFCよりもGWPは低く抑制されているため環境影響の低い冷媒であるが、反面、微燃性（A2L）や弱燃性（A2）であるなどの物性特性を有することから、不活性フロンと同等の扱いにはならないものも多い。しかし今後、脱高GWP冷媒を進めてゆくためには、多様な分野における空調温度領域を中心に必要不可欠な冷媒である。

HFO系等の低GWP冷媒は自然冷媒とは異なり、「冷媒開発」という基礎的な研究開発から取り組む必要があるため、安全性評価・性能評価・国内外の認証取得というプロセスを経た後、製品として販売することとなる。冷媒メーカーにとっては、開発期間と費用は少なからず負担となり、また、市場普及への遅延要因にもなる。これらの課題に対しては、「国家プロジェクトとしての開発補助」や「特定不活性ガスの性能規定化による評価を推進する施策」などが必要である。また、当該冷媒を使用した機器やシステムを普及してゆくためには、それらを導入する建築物に対して、「機器や設備に対する設置基準の規制緩和」などを推進することも重要である。

HFO系等の低GWP冷媒は主に空調分野での普及拡大が期待されており、現状ではカーエアコンを中心に進展しているが、今後はさらに用途が拡大するものと考えられる。世界の冷媒メーカーは様々なHFO系等の低GWP冷媒を提案しているが、中長期に亘って世界的にメジャーな冷媒として安定供給するためには、一定の生産量と流通量を確保することが重要となってくる。そして、多様な冷媒を適切に評価するためには「国際的な標準化や規格制定」が必要となる。

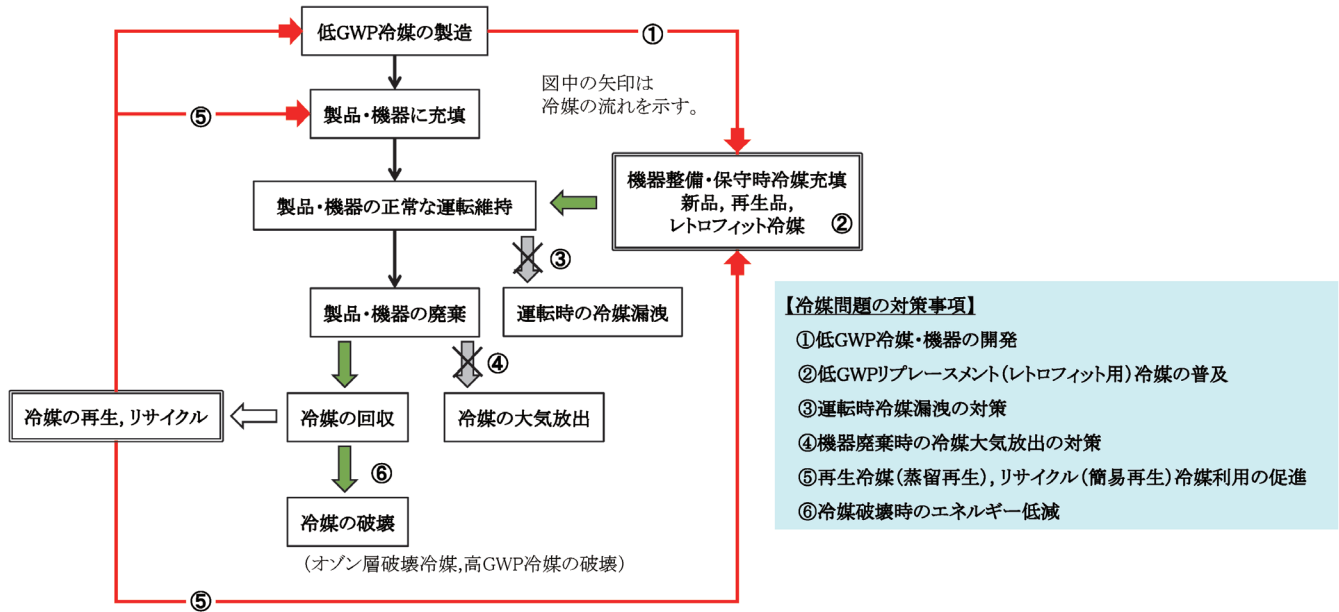


図5 冷媒管理サークルの概要³⁾ (Online version in color.)

5.5 HFC系冷媒管理

HFC系冷媒は漏洩させると負の環境影響を及ぼすが、別の視点から考えると国内に存在する貴重な資源である。HFC系冷媒の回収・再生・破壊に関して量的バランスを取りながら再生量および破壊量の推奨を可能とする「冷媒管理サークル」(図5参照)の整備、ならびに、新冷媒・再生冷媒・置換用冷媒について最適なものを提案できるシステム構築は、「グリーン冷媒」の普及と併行して進めるべき重要課題であるため、既に取り組みが始まっている。

今後さらにこの取り組みを推進するため、「冷媒容器を適切に実施するための管理システムの構築」、「廃棄された家庭用エアコン冷媒の回収率と再生率の向上を図るために家電リサイクル法の整備」、「カーエアコンから回収された冷媒の回収率と再生率の向上を図るために自動車リサイクル法の整備」、「冷媒回収センターなどの整備」、「グリーン購入法の品目と役務に再生冷媒を盛り込む」などのシステム構築や法整備に積極的に取り組む必要がある。また、「レトロフィット(冷媒置換)や新冷媒採用に対する高圧ガス保安法の緩和」、「冷媒漏洩検知システムや冷凍空調機器管理のDX化」、「RASIS(信頼性・可用性・保守性・保全性・安全性)が十分に確保できる総合的な冷媒管理システムの構築」などにも順次取り組んでゆく必要があると考えている。

5.6 食品

食品分野のカーボンニュートラルを進める上で重要なことは、生産時のエネルギーや資源の最小化、需要に対して最適量の供給、合理的なロジスティックシステム、フードロス

の最小化、合理的な品質管理など、必要なエネルギーや資源、そして、生産物を如何にムダ無く活用するかということが大きなポイントである。

5.6.1 供給サイドと需要サイドで必要な対策

食品分野に関して重要なことは、供給サイドと需要サイドの双方で種々の施策を進めることである。

供給サイドでは、「食品や農産物の生産における循環型社会の構築(再生可能エネルギー・ヒートポンプ・バイオマスなどの活用)」、「食品の生産から消費に至るまでの需給予測システムの構築」、「食品の品質管理におけるRASISが確保できる情報管理システムの構築」、「生鮮食品の低温流通(コールドチェーン)活用による廃棄ロス削減」などのシステム構築を進めることが重要となってくる。

そして需要サイドでは、「家庭用冷蔵庫のIoT化推進による家庭系フードロス削減」、「街角冷蔵庫の設置推進による業務系フードロス削減」、「食・環境プログラムの構築による意識改革」、「ローリングストック法(災害時用の備蓄食料を定期的に消費して、消費分を買い足す備蓄方法)の周知と利用者数の向上」、「フードロス削減調理のための教育プログラム構築」などを進めて、総合的にフードロスを削減することが重要である。

5.7 医療

医療分野では生命の尊厳が第一であるため、現状において、カーボンニュートラルを推進してゆくという意識はあまり高くはない。そのため、「意識改革」、「気付き」、「見える化」

から始める必要がある。そして「患者目線」を大切にしながら「効率的医療」、「人材や機器の適正配置」などのソフト面での改革を行いながら、ハード面では「室内環境（室内空気質など）の最適化」、「病院など建築物の断熱構造強化」、「エネルギー効率改善」、「合理的な動線の再構築」といったことを推進してゆく必要がある。これらを進めてゆく際には、医療界以外とのコラボレーションが必須となるため、今後、外部ネットワークを強化してゆくべきであると考えている。

6 鉄鋼業界と冷凍空調分野の関り

鉄鋼業界と冷凍空調分野は、一見、関係性が薄いように感じられるかもしれないが、代表的なものでは、次のような装置やシステムにおいて、過去から空調装置や冷凍機が導入されている。

【空調用】：オフィス・コントロールルーム・作業空間などにおける空調装置。

【プロセス冷却用】：空気分離装置用冷凍機、高炉底冷却用冷凍機、高炉ガスからのCO₂ガス液化用冷凍機。

【排熱回収用】：ヒートポンプシステム。（利用側温度帯：60～200℃）

これらの空調装置や冷凍機に使用されている冷媒は、HFCもしくはHCFCが多く使用されているため、カーボンニュートラルを推進してゆく段階において、冷媒管理の強化、そして、グリーン冷媒への転換などが必要となってくると考えられる。そのため、冷凍空調分野における技術進展や国の施策などの情報は間断なく入手する必要がある。

7 おわりに

公益社団法人日本冷凍空調学会カーボンニュートラル2050委員会は、カーボンニュートラル社会の実現に向けて、非電力分野（産業用、運輸、民生）の中でも大きな効果が期待される冷凍空調分野に於いて課題の解決策提言を行い、政府機関・大学・関連団体・関連企業・有識者との協議の場を通じて連携強化を図ってきた。その過程において冷媒・省エネ・食品・医療・新冷凍空調システムなどの多岐に亘る課題に関して、効果的な提言（技術検討に基づく政策提言等）を随時取り纏めてゆくことが大切である。

今まで、カーボンニュートラル社会の鍵となるヒートポンプの分野横断的展開をはじめ、冷媒問題対策、適正な環境影響評価基準、DX、再エネ蓄熱応用、新システムと要素、フードロス、医療業界とカーボンニュートラルなどに関する提言を行ってきたので、これからは2050年までに達成すべき目標値の具体化・数値化など、今回の提言を基にブラッシュアップしてゆく。これらの提言がカーボンニュートラル社会の実現、そして、鉄鋼業界をはじめ関連分野のより一層の発展に役立つことを心より願っている。

参考文献

- 1) 日本冷凍空調学会カーボンニュートラル2050委員会：2021年度委員会報告書，(2022)。
- 2) NEDO：NEDO Web Magazine「空気冷媒でマイナス60℃を実現する超低温冷凍システム」，(2013)。
- 3) 香川澄：機械の研究，73 (2021) 11。

(2023年9月1日受付)