

冷凍空調技術ロードマップ2050

2020年度ロードマップ策定WG報告書

令和3年5月

公益社団法人 日本冷凍空調学会



目次

1. 冷凍空調技術ロードマップ2050の概要	p.3
2. 本学会として考える2050年ビジョン	p.7
3. 2050年ビジョンに向けた冷凍空調技術の貢献	p.9
4. 冷凍空調技術ロードマップ2050（2020年度版）	p.11
5. 今後の予定	p.21
「冷凍空調技術ロードマップ2050（2020年度版）」関係者一覧	p.23

1. 冷凍空調技術ロードマップ2050の概要

ロードマップ策定の背景と目的

昨今、冷凍空調技術を取り巻く環境は大きく変化している。2015年には国際連合が定めた国際目標として「Sustainable Development Goals（持続可能な開発目標）」が発表されており、2030年までに世の中の様々な課題を解決していくことへの貢献が求められている。さらに、2020年には日本政府によりグリーン社会の実現について宣言があり、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」を目標として掲げている。

これからの冷凍空調技術は、持続可能な社会に向けた課題解決への貢献やカーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーを冷凍空調技術に最大限に導入していくことや次世代冷媒の開発など、省エネルギー技術戦略に基づいて革新的なイノベーションを促進していくための産学官及び学会の連携強化による基盤づくりがより強く要求されている。

以上のことを踏まえて、日本冷凍空調学会のロードマップ策定 Working Group (WG)では、世の中の共通課題に対して解決に貢献していく取り組みとして、技術開発テーマと方向性の提案をする「冷凍空調技術ロードマップ2050（2020年度版）」の策定を目的として行なった。

今回のWGを通して、カーボンニュートラルな時代への貢献について本学会として考える2050年ビジョンを提示した。今回策定したロードマップの前提範囲は、冷凍技術では生産から消費までの管理に関わる食品ロス問題、空調技術ではエネルギー需要と供給の制御に関わる地球温暖化問題といった中長期的な社会課題に焦点を当てた。

検討対象とした7つの冷凍空調技術分野

食品技術
コールドチェーン
食品冷凍

冷媒技術
冷媒
データベース
熱物性値表
JARef

圧縮技術
圧縮機
レシプロ圧縮機
ロータリー圧縮機
スクロール圧縮機
スクリー圧縮機
膨張機
冷凍機油
潤滑

熱交換器技術
熱交換器
フィンチューブ熱交換器
シェルチューブ熱交換器
プレート式熱交換器
マイクロチャンネル熱交換器
凝縮器
蒸発器
伝熱促進

着霜・除霜系技術
着霜
除霜
熱交換器
相変化
ヒートポンプ

次世代冷凍システム技術
次世代冷凍システム技術
蒸気圧縮式冷凍サイクルの制御
新冷媒や微燃性冷媒用センサーとアクチュエータおよび制御
HEMSとBEMS対応サイクル制御
潜熱顕熱分離空調システム

デシカント・吸着・吸収・化学系技術
吸着・収着
デシカント空調
吸着冷凍機
除湿
排熱利用
太陽熱

2020年度におけるロードマップ策定WGの活動概要

○ 第1回 前提範囲設定と共通課題抽出

- ・ 日時：2020年10月8日（木）15:00-17:00
- ・ 目的：本学会が対象とする技術分野と範囲設定、解決すべき世の中の共通課題抽出

○ 第2回 技術的課題抽出と解決策提案

- ・ 日時：2020年10月27日（火）13:00-15:00
- ・ 目的：第1回で抽出した世の中の共通課題における技術的課題とその解決策提案

○ 第3回 価値提案

- ・ 日時：2020年11月13日（火）13:00-15:00
- ・ 目的：第2回で提案した解決策による価値（社会・技術・経済・政治）の提案

○ 第4回 政策に求めるサポートの提言

- ・ 日時：2020年11月27日（火）13:00-15:00
- ・ 目的：提案内容の具現化に向けた政府に求めるサポートの提言

○ 第5回 2050ビジョン

- ・ 日時：2020年12月4日（火）10:00-12:00
- ・ 目的：カーボンニュートラルへの貢献に向けた本学会としての2050ビジョン構築

○ WGメンバー間意見交換セッション

- ・ 日時：2021年1月14日（木）13:00-15:00
- ・ 目的：WGメンバー間での意見交換を行い、本WGにおける成果物に反映

○ レビューセッション（理事会）

- ・ 日時：2021年1月28日（木）15:00-17:00
- ・ 目的：本学会理事・監事各位からフィードバックを得て、本WGにおける成果物に反映

2. 本学会として考える2050年ビジョン

本学会として考える2050年ビジョン

2050年には化石燃料由来のエネルギーを使わず、再生可能エネルギーへのシフトと冷媒回収及び冷媒再利用が促進されているカーボンニュートラルな時代

水素・燃料電池を活用した製品や水素の液化効率を向上させる磁気冷凍技術の開発なども新たな選択肢の一つと考えられ、また、AIやIoTを使った情報通信技術導入によるエネルギー効率の最大化（スマートファクトリーやZEB、ZEHの普及によるエネルギー消費効率の向上など）が実現

これらの実現に向けて、規制緩和を含めた規格や規制の国際的な統合化を日本の技術力でリーダーシップを図り、環境負荷の低い製品をグローバルシームレスに展開させる社会インフラ・法整備も実現

3. 2050年ビジョンに向けた冷凍空調技術の貢献

2050年ビジョンに向けた冷凍空調技術の貢献

食品技術

- ・ コールドチェーンによる食品ロス削減
- ・ 食品製造量の最適化
- ・ 衛生規格・基準の整備によるエネルギー使用量の削減

冷媒技術

- ・ 冷媒の低GWP化、自然冷媒の利用
- ・ 冷媒回収及び再利用の促進
- ・ ヒートポンプの用途拡大に向けた新冷媒の開発

圧縮技術

- ・ 圧縮機効率の向上
- ・ 新冷媒に対応した圧縮機
- ・ 圧縮機自体や被圧縮ガス（低GWPや自然冷媒）対応により環境負荷低減

熱交換器技術 及び 着霜・除霜系技術

- ・ 熱交換性能の向上、着霜・除霜による熱ロス削減による高効率システム普及

次世代冷凍システム技術 及び デシカント・吸着・吸収・ 化学系技術

- ・ 再生可能エネルギーを積極的に活用した次世代冷凍空調技術（吸収・吸着・蓄熱技術等）により環境負荷低減
- ・ 高温熱生成を可能とするヒートポンプシステム(家庭用、産業用)の普及

4. 冷凍空調技術ロードマップ2050（2020年度版）

冷凍空調技術ロードマップ2050（2020年度版）

	2021	2025	2030	2040	2050	ビジョン
食品技術	各種衛生規格に準拠した食品冷凍・コールドチェーン技術の確立 凍結～解凍～食するまでを包括的に評価できる品質評価モデルの確立 食品冷凍・コールドチェーンにおける、トータルエンジニアリングとしての最適値（最適なエネルギー投資量）の見える化			・ コールドチェーンによる食品ロス削減 ・ 食品製造量の最適化 ・ 衛生規格・基準の整備によるエネルギー使用量の削減	2050年には化石燃料由来のエネルギーを使わず、再生可能エネルギーへのシフトと冷媒回収及び冷媒再利用が促進されているカーボンニュートラルな時代	
冷媒技術	冷媒・空調用途の代替としての新冷媒の探索・開発 既存冷媒の使いこなし・規制緩和による用途拡大 冷媒回収の促進による大気放出量の低減 産業用高温用途の開拓としての高温ヒートポンプに適した冷媒の探索や開発 熱物性の把握と状態方程式の整備 熱力学的性能の評価と適したサイクルの選択 各種材料や冷凍機油との適合性の評価			・ 冷媒の低GWP化、自然冷媒の利用 ・ 冷媒回収および再利用の促進 ・ ヒートポンプの用途拡大に向けた新冷媒の開発		
圧縮技術	圧縮機の高効率化 各種低GWP冷媒への適応 省冷媒技術の確立			・ 圧縮機効率の向上 ・ 新冷媒に対応した圧縮機 ・ 圧縮機自体や被圧縮ガス（低GWPや自然冷媒）対応により環境負荷低減		
熱交換器技術	超低冷媒容量熱交換器の開発 内気循環と熱交換器通風の独立による快適性とCOPの向上 蓄熱機構による再エネ利用促進・電力ピークカット			・ 熱交換性能の向上、着霜・除霜による熱ロス削減による高効率システム普及		
着霜・除霜系技術	空冷ヒートポンプの暖房・加熱源としての利用促進による省エネ化 空冷ヒートポンプの安定的な暖房・加熱利用 暖房・加熱時の更なる省エネ化					
次世代冷凍システム技術	高負荷から低負荷まで高効率で運転可能なシステムの実現 全体熱負荷のネットワーク化によるエネルギー収支最適化 排(廃)熱の利用促進と、より低温の温排(廃)熱で作動可能な排(廃)熱利用冷凍・空調・ヒートポンプサイクル装置の開発 機器設置の簡易化、簡素化技術開発 AIと連携した要素・システム設計・運転・性能予測技術の確立			・ 再生可能エネルギーを積極的に活用した次世代冷凍空調技術（吸収・吸着・蓄熱技術等）により環境負荷低減 ・ 高温熱生成を可能とするヒートポンプシステム（家庭用、産業用）の普及	これらの実現に向けて、規制緩和を含めた規格や規制の国際的な統合化を日本の技術力でリーダーシップを図り、環境負荷の低い製品をグローバルシームレスに展開させる社会インフラ・法整備も実現	
デシカント・吸着・吸収・化学系技術	物性として優れた吸収・吸着・化学蓄熱材の開発 様々な吸収・吸着・化学蓄熱材における現象の解明とその理論の確立 運用時の吸収・吸着・化学蓄熱要素の小型化・高性能化とシステムの最適化技術の確立					

食品技術開発テーマ

テーマ1： 各種衛生規格に準拠した食品冷凍・コールドチェーン技術の確立

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

- ・ 世界中で進むソフト側、ハード側の衛生規格準拠を推奨する流れに冷凍空調業界が乗れていない。

解決策案

- ・ European Hygienic Engineering and Design Group (EHEDG)、Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)等各種衛生規格に準拠した食品冷凍ラインの推奨をする。

テーマ2： 凍結～解凍～食するまでを包括的に評価できる品質評価モデルの確立

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

- ・ 品質の判断基準があいまいであり、何が本当に良い食品冷凍（解凍）技術・コールドチェーン技術なのか明確ではなく、体系化されていない。

解決策案

- ・ 体系的な食品冷凍技術、コールドチェーン技術の評価指標の明確化を推進する。

テーマ3： 食品冷凍・コールドチェーンにおける、トータルエンジニアリングとしての最適値(最適なエネルギー投資量)の見える化

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

- ・ 速く凍らせる、温度を保持する、等の定性的な基準はあるが、定量化された数値が無く、エネルギーコストのバランスを明確にできていない。

解決策案

- ・ 生産者～消費者までの流れをエネルギーコストの観点から定量化し、理想的な食品冷凍技術の姿を提唱する。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○ EHEDG、HACCP等国际規格に対する政府の指針

- ・ 数値目標を設定し、それをいつまでに日本として正式に適用するか、期限を設定して提示していただくことが望まれる。
- ・ 日本政府として国際規格の適用の流れの対応における方針を明確にすることで、その方針に合わせて産業界・学术界が連携を通して、目標に向かって進めていけると考える。

○ 経済面での指針作り

- ・ 地球温暖化による気候変動や疫病の発生による物価変動をできるだけ抑制するには、どのような準備が必要となるのか、政府から明確な指針の提示が望まれる。

○ 産官学の連携

- ・ 国内外コールドチェーンの発達、エネルギーコストの評価、食品ロス対策に対し、国としてプロジェクト及び予算を立ち上げていただき、産官学が連携して対策を考えられるような場を提供していただくことが期待される。

冷媒技術開発テーマ（冷媒・空調用途の代替）

テーマ1： 新冷媒の探索・開発

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

- ・ モントリオール議定書及びキガリ改正の代替フロン（HFC）使用量削減目標を達成するための候補となる新しい冷媒がまだ特定されていない。

解決策案

- ・ 新しい単体・混合冷媒の探索・開発を加速する仕組みを構築する（2021年時点でNEDOで実施中）。

テーマ2： 既存冷媒の使いこなし・規制緩和による用途拡大

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

- ・ 自然冷媒であるプロパンや二酸化炭素・アンモニア等には可燃性や高圧・毒性による使用制限や従来冷媒より効率が低いなどの課題がある。

解決策案

- ・ 可燃性冷媒（プロパン）や高圧冷媒（CO₂）など、これまで使いこなしていない冷媒の適用範囲を拡大する安全確保や効率向上のための技術開発の促進をする。

テーマ3： 冷媒回収の促進による大気放出量の低減

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

- ・ 使用量を削減する一方で、パリ協定に基づいた大気中への排出量の削減も環境負荷の低減には必要となるが、国内ではまだ十分な冷媒回収の制度・体制が構築されていない（2018年で回収率38%）。

解決策案

- ・ 冷媒の回収を促進するための機器・社会的仕組み・法体系の課題を抽出し対策を立案・実装する。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○ 規制緩和

- ・ 可燃性冷媒（プロパン等の強燃性冷媒やR32等の微燃性冷媒）を、安全性を確保しながら使いこなすための規制緩和が求められる。
- ・ 安全性対策の必要な冷媒を使いこなすための安全装置やセンサーなど、従来冷媒を使用する機器からの増加となる費用の補償が必要である。

○ 冷媒の大気放出量を削減するため冷媒回収の促進

- ・ 冷媒の回収しやすさの冷凍機器の規格への盛り込み、冷媒の回収を促進するインセンティブなどの動機付けをする施策、冷媒の流通を管理する仕組みの導入が期待される。

○ 新規冷媒生産量を抑制する冷媒再利用の促進

- ・ 国内外コールドチェーンの発達、エネルギーコストの評価、食品ロス対策に対し、国としてプロジェクト及び予算を立ち上げていただき、産官学が連携して対策を考えられるような場を提供していただくことが期待される。

○ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineersで認定された新冷媒に対して国内で使用するための審査、燃焼性区分の認定

- ・ 不活性ガスとして取り扱われる冷媒かどうかにより高圧ガス保安法の規制対象が決まるため、それらをできるだけ早く判断できるシステムの構築を支援することが求められる。
- ・ 海外の冷凍空調学会とも連携を取りながら、各製品毎に理想とする新冷媒の候補案を学術的に纏められるような研究を支援することが求められる。

○ 冷媒漏洩時の安全対策、ガイドラインの策定、換気装置や検知器の設置の補助金

- ・ 冷媒漏洩時のリスクを軽減するための研究支援、安全を担保するガイドラインを策定するための取組課題を明確化し、それらを戦略的に、目標期限を持って解決する研究の支援が期待される。

○ 冷媒のGWP値のみでなく、運用時冷媒保有量も考慮した機器評価制度

- ・ 漏洩時は、GWP値×漏洩量で判断（CO₂換算）しており、パッケージ製品は機器冷媒保有量＝運用時冷媒保有量となるが、直膨式などは現地で冷媒配管の施工があり、運用時冷媒保有量が大きくなる傾向にある為、運用時冷媒保有量を管理する必要がある。
- ・ 各製品群における冷媒漏洩量の算出精度を上げるための研究支援や、実際の施工状況から得られる情報収集の調査支援が望まれる。

冷媒技術開発テーマ（産業用高温用途の開拓）

テーマ1： 高温ヒートポンプに適した冷媒の探索や開発

- 達成目標時間軸：2040年

根本課題

- ・ ヒートポンプ供給温度に上限が生じているのは、臨界温度が高い冷媒が不足しているのが根本原因である。

解決策案

- ・ 臨界温度が高く、熱力学的性能に優れ、Ozone Depletion Potential (ODP) がゼロでGWPが低く、十分な化学的・熱的安定性を有し、低毒性かつ燃焼性の低い冷媒の探索や開発をする。

テーマ2： 熱物性の把握と状態方程式の整備

- 達成目標時間軸：2040年

根本課題

- ・ 探索または開発した冷媒の熱物性を十分に把握できる体制が整っていない。

解決策案

- ・ 冷媒の熱物性についてデータの取得から状態方程式の整備まで迅速に行う体制構築。

テーマ3： 熱力学的性能の評価と適したサイクルの選択

- 達成目標時間軸：2040年

根本課題

- ・ 冷媒の熱物性によって適したサイクル構成や高効率化技術が異なる。

解決策案

- ・ それぞれの冷媒に適した高効率化技術を選択することを可能とする評価とサイクルの選択方法の確立をする。

テーマ4： 各種材料や冷凍機油との適合性の評価

- 達成目標時間軸：2040年

根本課題

- ・ 酸素や水、金属と共存した状態での高温下での安定性、樹脂材料との適合性、冷凍機油との適合性を明確にする必要がある。

解決策案

安定性や材料適合性についても情報やタスクをシェアする体制を構築する。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○ 熱需要や排熱統計の整備

- ・ 工場の熱需要や排熱に関する情報の不足のため、開発すべき冷媒やヒートポンプの仕様特定が困難な状況。具体的には、現状の統計は日本標準産業分類の大分類レベルであり、かつ温度帯も50℃間隔と粗く、ヒートポンプの仕様特定に活用できない。中分類レベルで20℃間隔ほどの統計が望まれる。

○ 技術開発プロジェクト

- ・ 冷媒の開発、適した冷凍機油の開発が望まれる。
- ・ 冷媒や冷凍機油の機器レベルでの適用性の検証、実際の加熱プロセスへのヒートポンプ適用性の検証が望まれる。
- ・ 冷媒メーカー、冷凍機油メーカー、ヒートポンプ機器メーカー、エンジニアリング会社、ユーザ（工場）、大学・研究機関の産学連携が求められる。

○ ファunding

- ・ システム構築に関する融資、また、新規事業者への融資が求められる。

○ 規制緩和

- ・ システムの設置簡易化に向けた必要資格の緩和が期待される。

圧縮技術開発テーマ

テーマ1： 圧縮機の高効率化

➤ 達成目標時間軸：2040年

根本課題

容積式の圧縮機はレシプロ、ロータリ、スクリュー、スクロールなどがあり、各種圧縮機の技術的な成熟度は非常に高く、これまでに数多くの構造的な改良が繰り返されてきている。一方で圧縮機の高効率化には構造的な改良だけでなく、加工や組立の精度向上が重要な要素となっている。

解決策案

AIやIoTを活用した生産設備のデジタル化や自動化により加工や組立の精度、品質、生産効率などを向上する。

テーマ2： 各種低GWP冷媒への適応

➤ 達成目標時間軸：2040年

根本課題

国（各国の冷媒規制）・地域（熱帯地や寒冷地）・製品（冷蔵庫やエアコン、冷凍機など）毎に低GWP冷媒の候補冷媒は多種多様であり、圧縮機にはそれぞれの冷媒に対して安定した運用が可能な機器設計を求められている。このような需要に対して、圧縮機開発に必要な要素技術の分野は広く多岐に渡るため、低GWP冷媒に適応した部品の変更に伴う認定項目が多くなり、開発リードタイムが長くなっている。

解決策案

多種多様なニーズに応えるために、冷凍機油、部品材料など互換性のある部品を組み合わせた製品のモジュラー化を推進する。開発リードタイムの短縮にはシステムを系統的にモデル化した1D-CAEの解析技術を取り入れ、開発の上流工程における設計強化により試験の手戻りや試験工数を削減する。

テーマ3： 省冷媒技術の確立

➤ 達成目標時間軸：2040年

根本課題

冷媒使用量の削減が可燃性冷媒を使用する際のリスク低減や地球温暖化防止に繋がる為、圧縮機容器の容積を縮小することが求められるが、低GWP冷媒の性能特性として冷凍能力が低下する場合、圧縮行程容積を増やす必要が生じ、ポンプ部が大きくなるため、圧縮機容器の容積を縮小することが難しくなる。

解決策案

日本のエアコンや冷凍機では吐出脈動が小さく、給油性に優れた高圧チャンバ方式の圧縮機が主流となっているが、家庭用冷蔵庫では可燃性冷媒R600aを使用した低圧チャンバ方式のレシプロ圧縮機が採用されており、低圧チャンバ化は圧縮機に付属するアキュムレータの容積を削減し、冷媒使用量を削減する手段の一つである。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○ 省エネ製品の導入を促す補助金制度

- ・ 冷凍空調機器の省エネ技術の基幹となるイノベーションや研究を促すような土壌作りを支援することが求められる。例えば、大学発ベンチャー企業や先進技術を持つ中小企業などとの学術的交流を促進するオープンイノベーションの枠組み作りなどが期待される。

○ 通信インフラの整備、5G・6G通信技術の普及と発展

- ・ スマートファクトリーや生産ラインのデジタルツイン化、スマートビルディング、スマートグリッド、空調デマンド制御など冷凍空調機器の生産からサービスに至る領域までAIやIoTの情報通信技術と連携した研究および検討が進んでおり、冷凍空調機器は特にコネクティッドとの親和性が高いため、他学会や異業種の企業で構成されるコンソーシアムの立ち上げを支援することが期待される。

○ メーカ設備投資に関する補助金または税制優遇

- ・ 3Dプリンターのような多品種小ロット生産にも対応が期待される製造装置の研究開発を助成し、多種多様な需要に適応できる装置の技術開発を支援することが期待される。

○ 研究開発に対する予算補助（産学官の共同事業）

- ・ 再生可能エネルギーの導入促進や水素社会の実現に向けて、蓄電池の電気による運転や太陽光発電の電気による運転など、新しい社会の取り組みから求められる高効率化の研究を支援することが期待される。

○ 微燃性や強燃性冷媒、毒性冷媒の使用に関する拡がりを支援する（法整備）

- ・ これらの冷媒の使用が現状、各製品に拡がりきれていない要因の一つとして、建築事業者様などステークホルダーとの折衝に難航があると考えられる。よって、ステークホルダー間の直接的な交渉だけでなく、冷媒の安全性を学術的にオープンに議論できるような研究を学会の垣根を超えて支援することが求められる。例えば日本冷凍空調学会と日本建築学会で冷媒の安全性に関する共同研究に取り組むことを支援することが期待される。
- ・ 省冷媒に関する研究対象の候補の実現性を考慮した上で各製品群の中から選定し、上市できそうな製品から順次、製品の市場導入を促す研究を支援することが期待される。

○ 低GWP冷媒導入時の開発費や設備投資に対する優遇税制・補助金

- ・ CO2冷媒のような高圧ガス、プロパン冷媒のような強燃性ガスの研究開発では安全上の対策が必要不可欠であり、研究自体の参入障壁が高いため、検討に着手できない側面があると考えられる。よって、これらの参入障壁が高い冷媒における性能や信頼性に関して大学などの協力を元にした基礎研究により、使用の用途を立てる支援をすることが期待される。

熱交換器技術開発テーマ

テーマ1： 超低冷媒容量熱交換器の開発

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

熱交換器の冷媒容量が大きいのは、分配器が大きいこと、また冷媒側熱流束が小さく冷媒流路が長いことが原因と考えられ、技術課題である。

解決策案

小型分配器の開発、空気側のフィン配置も考慮したうえで「流路面積×流路長×パス数」の最適化技術の確立。超低冷媒容量熱交換器の開発は、産学連携で進める必要がある。AI技術を応用した冷媒パスの最適化手法を確立する。

テーマ2： 内気循環と熱交換器通風の独立による快適性とCOPの向上

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

現在の室内機ファンでは気流の制御が不十分であり、室内機熱交換器周囲温度と室内平均温度の温度差が大きく、快適性とCOPの面で不利である。

解決策案

熱交換器への通風と気流制御を独立して行うことで、快適性とCOPの向上を図る必要がある。快適性に関する指標・目標の共有と併せて、産学連携で進める必要がある。熱交換器専用ファンを設けることで、設計の自由度が上がり熱交換器性能の向上につながる。

テーマ3： 蓄熱機構による再エネ利用促進・電力ピークカット

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

蓄熱機構が実現できないのは、有効な方法が確立されていないことに加え、コスト増、冷媒増および蓄電とのコスト競争激化などのマイナス要素があるためである。

解決策案

蓄熱機構による再エネ利用促進・電力ピークカットのためには、インセンティブを与える制度が必要と考えられるため、産学官連携で進めることが必要と考えられる。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○ 認証や購入補助金制度

- ・ 空調能力に対して充填される冷媒量が小さい機種、または能力に対して充填される冷媒量×冷媒のGWPの値が小さい機種に対し、認証や購入補助金制度を設ける。あるいは冷媒量×冷媒のGWPの値に対して課税する。
- ・ 快適性、省エネ性が高く、さらに熱中症予防に有効な機能を備えた機種に対する認証制度を設ける。製品は、従来製品よりも高いCOPや過剰空調を感じさせない十分な内気循環性能に加え、熱中症を予防するために、在宅を検知して自動で運転を開始する機能などを併せ持つ必要がある。
- ・ 余剰な再エネ発電の活用やピークカットに蓄熱機構で対応できる製品に対して、認証と購入補助金の制度を設ける。製品側は、再エネ発電量や電力消費ピークについての情報を受け取る機能を併せもつ必要がある。

着霜・除霜系技術開発テーマ

テーマ1： 空冷ヒートポンプの暖房・加熱源としての利用促進による省エネ化

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

空冷式は外気との熱交換を行うが、冬場は低外気との熱交換となり、特に寒冷地では外気が氷点下以下になるため、蒸発温度を外気の露点以下にすると凝結した水滴が氷結し、着霜してしまう。着霜した際に除霜のために冷凍サイクルを逆サイクルで回すことで対応している。そのため、室内側・水側が蒸発器となり熱交換による温度低下が起きる。これにより室内環境や二次側機器の制御性が低下する。除霜の時間が長ければ長いほどその影響は大きくなる。その時間の短縮・回数の極小化が課題となる。

解決策案

空冷ヒートポンプの暖房・加熱源としての利用促進による省エネ化といった課題解決を目指す技術開発プロジェクトとして進めていくために、政府のサポートによる補助金制度が必要である。

テーマ2： 空冷ヒートポンプの安定的な暖房・加熱利用

➤ 達成目標時間軸：2030年

根本課題

空冷式は外気との熱交換を行うが、冬場は低外気との熱交換となり、特に寒冷地では外気が氷点下以下になるため、蒸発温度を外気の露点以下にすると凝結した水滴が氷結し、着霜してしまう。着霜した際に除霜のために冷凍サイクルを逆サイクルで回すことで対応している。そのため、室内側・水側が蒸発器となり熱交換による温度低下が起きる。これにより室内環境や二次側機器の制御性が低下する。除霜の時間が長ければ長いほどその影響は大きくなる。その時間の短縮・回数の極小化が課題となる。

解決策案

室外機空気条件に合わせた冷媒制御変更（例 室外機の吹出空気の露点による制御 ※低外気になるほど難しい）、逆サイクル以外の除霜方式の検討、熱交換器の構造変更（例 高温凝縮液の室外機バイパス）、霜が付きにくい熱交換器の検討（例 超撥水性素材の活用 ※水飛びの懸念有）、着霜の予想技術の確保による最適除霜運転の検討をする。

テーマ3： 暖房・加熱時の更なる省エネ化

➤ 達成目標時間軸：2050年

根本課題

除霜と逆サイクルにより低下した室内温度・温水温度の昇温のために更にエネルギーが必要となってしまうのが現状である。

解決策案

エネルギー消費が低下すれば空冷ヒートポンプの暖房・加熱時の消費エネルギーが削減でき、更なる省エネ化が図れる。室外機空気条件に合わせた冷媒制御変更（例 室外機の吹出空気の露点による制御 ※低外気になるほど難しい）、逆サイクル以外の除霜方式の検討、熱交換器の構造変更（例 高温凝縮液の室外機バイパス）、霜が付きにくい熱交換器の検討をする（例 超撥水性素材の活用 ※水飛びの懸念有）。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○ 採用増の取組

- ・ 空冷ヒートポンプの省エネ性の更なる訴求が求められる。
- ・ 空冷ヒートポンプの採用率の上昇のためのさらなる補助金が期待される。
- ・ 政府建物への積極的採用が期待される。

○ データ収集・まとめの取組

- ・ 政府建物の採用後データ分析が期待される。
- ・ 環境省によるCO2削減へのヒートポンプの効果について、データのまとめと開示が期待される。
- ・ CO2削減効果のデータのまとめにも関係するため、海外も含めた空冷ヒートポンプの使用エリア、普及状況データのまとめと開示が期待される。

○ 技術革新への取組

- ・ 大学への研究費補助が期待される。

○ 枠組みの策定

- ・ CO2削減に向けてのヒートポンプ普及率の目標値及び他の技術の目標値の決定が必要である。（例：○○を●●%の普及率とすることで■■を達成する）

次世代冷凍システム技術開発テーマ

テーマ1： 高負荷から低負荷まで高効率で運転可能なシステムの実現

- 達成目標時間軸：2050年

根本課題

高負荷と低負荷時の高効率化を両立できないのは、高負荷に合わせて設計を行うと、低負荷時にデバイス性能が悪化することである（過圧縮、モータ効率悪化、熱交換器の冷媒流速低下など）。低負荷運転時には、全消費電力のうち送風などの熱搬送に使用される電力割合が大きく、熱搬送動力低減ができない、断続運転での性能低下のことも原因である。

解決策案

過圧縮防止機構の開発、産学連携での機構開発をする。常時、モータ特性最大となる回転数での運転(変速機構、可変容量)などである。産学連携での要素開発をする。負荷に応じた熱交換器の流路断面積変化(伝熱管膨張・縮小、パス数可変)とシステムの高効率制御技術開発をする。産学連携での材料、要素開発をする。自然循環やふく射による熱搬送。産学連携での基礎評価、デバイス開発をする。小容量ユニットの分散設置、連携制御による負荷と熱源の近接化をする。産学連携で実証をする。

テーマ4： 機器設置の簡易化、簡素化技術開発

- 達成目標時間軸：2050年

根本課題

R410AやR32など高圧の冷媒を使用しているため、金属(銅)を使用しての設置工事が基本であり、特別な技能が必要で、配管を切断して曲げたりロウ付けしたり施工時間も掛かる。耐食性、耐久性が必要である。真空引きに時間が掛かる。

解決策案

産学連携でR134a並みの低圧冷媒の開発、低圧冷媒使用時の圧力損失低減技術の開発をする。耐食性や耐久性が高く、フレキシブル性があり、加工性、コストに優れた材料開発。産学連携での材料開発をする。真空引き時間短縮、もしくは不要となる技術開発をする。（真空引きしなくても運転中に自動で空気を排除、吸着する技術）、産学連携しての材料、システム開発をする。

テーマ2： 全体熱負荷のネットワーク化によるエネルギー収支最適化

- 達成目標時間軸：2050年

根本課題

広範囲の個別の箇所に発生している熱負荷の把握・統合するシステム技術が乏しい。負荷のギャップが生じた場合に、広範囲に熱搬送するシステム技術が乏しい。時間的に熱負荷のギャップが生じた際に高密度で熱を貯留する技術が乏しい。

解決策案

個別の負荷を把握し、分配するシステムの開発。産学官連携でのシステム構築をする。余剰に発生した低温の熱を搬送可能なエネルギーに変換する技術開発をする（例：熱から電力への変換）。産学連携での材料開発、デバイス開発。分配した熱量に対して生じるコストの負担割合を分担する仕組みづくりをする。産学官連携での仕組みづくりをする。高密度で蓄熱可能な蓄熱材の開発、産学連携しての材料開発をする。

テーマ5： AIと連携した要素・システム設計・運転・性能予測技術の確立

- 達成目標時間軸：2040年

根本課題

冷凍空調分野でのAI技術の応用は現在初歩の段階でなる。応用技術をさらに広げるための適用・評価方法の構築とAI技術による研究成果の物理的な意味合いの理解が課題である。

解決策案

AIの技術における適切なアルゴリズムの開発とAI技術から想定できる物理現象を探索、これらの検討から最高能力を発揮する要素の設計と最適運転につなげる。

テーマ3： 排(廃)熱の利用促進と、より低温の温排(廃)熱で作動可能な排(廃)熱利用冷凍・空調・ヒートポンプサイクル装置の開発

- 達成目標時間軸：2050年

根本課題

多く存在する80℃程度の排(廃)熱の有効利用と、更なる排(廃)熱の利用促進のためより低温の排(廃)熱の利用が要求される。現在は利用可能な排(廃)熱の温度が限られ、単位体積当たりの能力も低く、高能力となるとシステムが大型化するため、設置場所が限られる。

解決策案

従来の排(廃)熱回収装置として利用されている吸収、吸着システムの更なる技術革新とより低温の排(廃)熱を熱源とする高効率ヒートポンプシステム技術の開発をする。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○産学官連携プログラム

- ・新機構開発、新材料開発、新冷媒開発、新工法開発、新デバイス開発、ITネットワーク構築、熱回路の構築などの産学官連携プログラムが求められる。
- ・国内と海外の規格差にも対応可能な技術戦略を立案し、海外に向けても発信していくことが期待される。

○基準整備

- ・今後の高断熱化に対し、実情に沿った性能表示方法の整備、また、新工法、熱量の消費、供給に関する基準整備と法整備が必要である。

○ファンディング

- ・システム構築に関する融資、また、新規事業者への融資が求められる。

○規制緩和

- ・システムにおける設置簡易化に向けた必要資格の緩和が期待される。

デシカント・吸着・吸収・化学系技術開発テーマ

テーマ1：

物性として優れた吸収・吸着・化学蓄熱材の開発

➤ 達成目標時間軸：2040年

根本課題

吸収・吸着・化学蓄熱材の耐久性・腐食性・安全性・吸収能力・吸着能力・蓄熱能力を考慮し、現在の材料の物性よりさらにレベルアップが必要である。

解決策案

機械工学系の分野で吸収・吸着・化学蓄熱の物理現象を数学的なアプローチで解明し、吸収・吸着・化学蓄熱材は化学材料となるため化学工学系の分野との研究連携をより深めることによる新たな吸収・吸着材の開発をする。

テーマ2：

様々な吸収・吸着・化学蓄熱技術における現象の解明とその理論の確立

➤ 達成目標時間軸：2040年

根本課題

新たな吸収材の導入による基礎的な物理現象の理解が不足。難解な吸収・吸着現象によるシステムとしての適切な運用が課題である。

解決策案

吸収・吸着・化学蓄熱現象を大学の研究機関で理論的に考察し学問として作り上げ、冷凍技術として応用できる技術の確立をする。

テーマ3：

運用時の吸収・吸着・化学蓄熱要素の小型化・高性能化とシステム最適化技術の確立

➤ 達成目標時間軸：2040年

根本課題

熱駆動の運用となるため、他のシステムとの組み合わせによるシステムの運転が一般化されつつある。より複雑なお巨大化となるため、全体システムの適切な制御運転技術が課題である。

解決策案

吸収・吸着・化学蓄熱の現象を応用したハイブリッドシステムの高効率制御運転を可能な制御システムの構築。すべての運転パターン(静特性、動特性、断続運転等)に対応する解析技術の開発をする。

提言：テーマの具現化に向けて政府に求めるサポート

○ 規格・運転規制緩和

- ・ 日本での吸収・吸着・化学蓄熱技術は管理技術を含め世界を代表するレベルである。作動媒体は自然冷媒となるため、低GWPに向けた技術革新の先は自然冷媒を有効活用する吸収・吸着・化学蓄熱技術が更なる注目を浴びることと予想される。そこで、これらの技術をさらに発展させるための規制をより緩和することが期待される。(食品および飲料、バイオガス、炭層メタン、熱電併給、地熱、ソーラー等々)

○ インセンティブ強化

- ・ コストの高いこれらの機器の普及や高性能技術革新をやり遂げるには、官民が密接に連携してインセンティブ制度をより強化する必要がある。特にハイブリッドシステムとしての使用が主となるため、排熱回収技術に関するインセンティブ付与は吸収・吸着・化学蓄熱技術をさらに発展させるのに有効であると考えられる。

○ 官民プロジェクトの活性化

- ・ 吸収・吸着による機器と化学材料となる蓄熱材による蓄熱機器等は今後サプライチェーン技術にもつながり、日本国内だけの問題ではなくなっていく。これらを見据えて、国内・国外を網羅した研究プロジェクトを積極的に創出していくことが求められる。

○ 政府がバックアップするコンソーシアムの活性化

- ・ 国際的な観点を視野に入れ、日本の技術力・発信力を高め、さらなる技術革新を得るためにコンソーシアム等の活動のサポートが期待される。

5. 今後の予定

今後の予定

関連ステークホルダーとの意見交換

- 2020年度のロードマップ策定WGの成果に基づいて、政府、大学、企業、さらには顧客など、関連ステークホルダーとの意見交換により、2050年ビジョン、技術開発テーマ、冷凍空調技術分野の方向性における整合性向上を目的とした取り組みを展開する予定である。

日本冷凍空調学会の国際化

- 2050年におけるテクノロジーのあり方と、世の中の価値観（デジタル・トランスフォーメーション（DX）、ナノテクノロジー、資源の利用を含む）の理解や将来予測、また、求められる機能や効果について本学会としてどのようにアプローチするか、国内の議論だけにとどまらず、国際的な視点を持って冷凍空調技術分野及び他分野との意見交換や議論の場を提供する役割を本学会が担うことを目指す。具体的な検討を進めるために新しい委員会を設立する。

2050年ビジョンへの貢献に向けた各種ロードマップの策定

- 今回のロードマップ策定WGでは、本学会として関係企業・大学・政府機関・学会等に対して、2050年ビジョンと技術開発テーマの方向性を示す提案型ロードマップを策定した。2050年カーボンニュートラルの実現への貢献において、世の中の共通課題を示すことで、これからの冷凍空調技術分野におけるイノベーション創出に向けた産学官及び学会の連携強化を進めていく初めの一步を示すこと（きっかけづくり）を目的とした。具体的なその道筋としての各種ロードマップについては今後の活動として進めていく予定である。

「冷凍空調技術ロードマップ2050（2020年度版）」関係者一覧

ロードマップ策定：日本冷凍空調学会 ロードマップ策定 Working Group (WG)

オブザーバー：日本冷凍空調学会 政策委員会

アドバイザー：廣瀬 雄大（東京都立産業技術大学院大学・ケンブリッジ大学）

公益社団法人 日本冷凍空調学会