



# 三菱電機技報

10

2025

Vol.99 No.10

人々の暮らしを支える  
快適で安全・安心な空間創造に貢献する空調と家電



## No.10

特 集	人々の暮らしを支える 快適で安全・安心な空間創造に貢献する空調と家電	Air Conditioning and Home Appliances Support People's Lives while Contributing to Creation of Comfortable, Secure and Safe Spaces
巻頭言	人々の暮らしを支える 快適で安全・安心な空間創造に貢献する空調と家電 … 1-01 安東正史	Air Conditioning and Home Appliances Support People's Lives while Contributing to Creation of Comfortable, Secure and Safe Spaces Masafumi Ando
巻頭論文	ライフソリューションの最新技術 ……………… 2-01 野本 宗	Latest Technologies for Life Solutions So Nomoto
	マルチエリア空調“Good Share！” とバーチャル機器技術 ……………… 3-01 石原正裕・沖野沙織・伊藤慎一・加藤芽美	Multi-area Air Conditioning “Good Share!” and Virtual Device Technology Masahiro Ishihara, Saori Okino, Shinichi Ito, Megumi Kato
	全熱交換形換気扇“ロスナイバーシャルリノベーション” 部分更新による施工性改善と環境負荷低減 ……………… 4-01 深谷繕弘・山口慶二郎	Commercial Use Energy Recovery Ventilation “Lossnay Partial Renovation” Yoshihiro Fukaya, Keijiro Yamaguchi
	低GWP冷媒を使用したクールマルチシステム ……………… 5-01 江上 誠・幕田史哉	Cool Multi System Using Low-GWP Refrigerant Makoto Egami, Fumiya Makuta
	空調・家電機器のIoT化を実現する通信技術 ……………… 6-01 樋原直之・遠藤弘明	Communication Technology to Realize IoT for Air Conditioning and Home Appliances Naoyuki Hibara, Hiroaki Endo
	野菜の冷凍で食品ロス削減“できちゃう V 冷凍” を搭載した三菱冷蔵庫“MZ／WZシリーズ” ……………… 7-01 小池成彦	Mitsubishi Refrigerator “MZ/WZ Series” Equipped with “Dekichau V Reitou” for Reducing Food Waste by Freezing Vegetables Narihiko Koike

執筆者の所属は執筆時のものです。

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標です。

三菱電機では、サステナビリティ経営を実現するビジネスエリアとして、「インフラ」「インダストリー・モビリティ」「ライフ」を設定しています。

三菱電機技報ではこのビジネスエリアを中心に特集を紹介しています。

今回の特集ではライフ領域の“人々の暮らしを支える快適で安全・安心な空間創造に貢献する空調と家電”をご紹介します。

# 巻頭言

## 人々の暮らしを支える快適で安全・安心な 空間創造に貢献する空調と家電

Air Conditioning and Home Appliances Support People's Lives while  
Contributing to Creation of Comfortable, Secure and Safe Spaces



安東正史 *Masafumi Ando*

上席執行役員 リビング・デジタルメディア事業本部長  
*Executive Officer, Group President, Living Environment & Digital Media Equipment*

世界気象機関(WMO)は地球の温暖化が進んで、今後5年間で新たな最高気温が記録される可能性が高いとの見通しを示しました<sup>(注1)</sup>。温暖化による社会課題は年々深刻さを増しており、私たちの生活に広く影響を及ぼしています。そのような中、持続可能な社会の実現に向けたSDGs(Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標)達成などの社会課題への取組みが求められています。

三菱電機グループは、サステナビリティの実現を経営の根幹に位置付けて、カーボンニュートラルをはじめとする社会課題に対して、事業を通じた解決に取り組んでいます。

また、リビング・デジタルメディア事業本部は、居住空間から産業空間まで様々な環境に直結した製品やシステムを全世界に対して供給しています。差し迫る様々な社会的課題に対応しながら、多様な生活空間で、人々の暮らしを支える快適で安全・安心な空間創造に貢献していくことを目指しています。

低GWP(Global Warming Potential：地球温暖化係数)冷媒に対応した高効率・冷媒転換対応製品の開発によって温室効果ガスによる地球温暖化の影響を抑制するとともに、家庭・店舗・オフィス・工場といった幅広い領域における快適空間を創造していきます。また、空調システムの省エネルギー運用・リニューアルに対応した製品やシステム・サービスを提案し、製品ライフサイクルを通じて顧客価値の提供を目指していきます。

この特集号は、リビング・デジタルメディア事業本部の製品・サービスに関する論文を掲載しています。それらの特集論文に先立って、幾つかの事例を紹介します。

### (1) マルチエリア空調“Good Share!”とバーチャル機器技術

熱中症対策など宅内全体の温熱環境の改善に向けて、温熱環境を改善しつつ省エネルギー及び省施工を実現するマルチエリア空調“Good Share!”(グッシェア)を開発しました。当社エアコンと送風ファン及び環境センサーを当社IoT(Internet of Things)ライフソリューションプラットフォーム“Linova”(リノバ)に接続し、機器を連携させた最適な制御を行うことで、温熱環境改善と省エネルギー性を両立し、生活の質向上に貢献します。

“Good Share!”は2024年度(令和6年度)省エネ大賞<sup>(注2)</sup>の製品・ビジネスモデル部門で“資源エネルギー庁長官賞(建築分野)”を受賞しました。

### (2) 全熱交換形換気扇“ロスナイパーシャルリノベーション”部分更新による施工性改善と環境負荷低減

製品の施工性改善と省資源化による環境負荷低減を目指した“ロスナイパーシャルリノベーション”を開発しました。既設建物に設置された天井埋込形に対して、既設品の筐体(きょうたい)を再利用し、主要部材だけを点検口から部分更新することで従来の製品本体更新と比較し、天井開口工事が不要になり、施工コスト・期間の削減が可能になります。また部分更新で調達・廃棄時の資源を削減しCO<sub>2</sub>排出量の削減につながることから環境負荷低減にも貢献します。

### (3) 低GWP冷媒を使用したクールマルチシステム

省エネルギー性及び経済性に優れた低GWP冷媒R32に対応したクールマルチシステムを開発しました。

微燃性冷媒に分類されるR32に対する燃焼・爆発対策に備えるとともに、室外での冷媒漏えいの検知及び漏えい箇所の早期発見を可能にする機能を持つことで安全性及び環境性に配慮しました。今後もS+3E(安全性、環境性、省エネルギー性、経済性)の観点に基づいた機器開発を通して、持続可能な業務用低温機器システムの実現に貢献していきます。

(注1) WMO : WMO Global Annual to Decadal Climate Update (2025–2029)  
<https://wmo.int/publication-series/wmo-global-annual-decadal-climate-update-2025-2029>

(注2) 一般財団法人 省エネ大賞は、同センターの登録商標です。

## ライフソリューションの最新技術

Latest Technologies for Life Solutions



野本 宗\*  
So Nomoto

\*住環境研究開発センター長

### 要旨

三菱電機は、ライフビジネスエリアの事業を通じて、あらゆる生活空間で、快適で安全・安心な環境を創造するソリューションプロバイダーになることを目指している。

環境負荷を低減し、資源を効率的に循環させるサーキュラーエコノミーへの取組み強化で、社会課題の解決を目指す。空調システムの保守・省エネルギー運用・リニューアルといった商品のライフサイクルを通じて、顧客価値の提供を目指す。持続可能な社会の実現、カーボンニュートラルとウェルビーイングの実現に貢献していく。

### 1. まえがき

社会課題の一つとして資源枯渇が挙げられる。既に各所で素材リサイクルは進められているが、持続可能な社会実現に向けては、更に環境負荷を低減し、資源を効率的に循環させるサーキュラーエコノミーへの取組み強化が求められている。資源有効利用の観点から、省エネルギー性や耐久性、修理性、長寿命化などを考慮した製品設計に加えて、機器の運転状態を監視し、故障の予兆を早期に検知して修繕や部品交換することで、機器の省エネルギー性の回復や改善を図るとともに、長寿命化につなげる運用面での取組みも重要である。

エネルギー資源の観点では、空調機器の省エネルギー化に加えて、複数の空調機器を連携した空調システムの省エネルギー運用が重要である。あらゆる生活空間で居住者の快適性の確保も求められており、エネルギーマネージメントと快適空間創造を両立する取組みが重要である。

本稿では、当社ライフソリューションを実現するため、サーキュラーエコノミー、遠隔保守、エネルギーマネージメント、快適空間ソリューションの取組みと最新技術について述べる。

### 2. サーキュラーエコノミー

この章では、サーキュラーエコノミーに関する事項として、関連法規制の動向、素材のリサイクル、製品の長寿命化について述べる。

#### 2.1 サーキュラーエコノミー関連法規制の動向

近年の世界的資源枯渇に歯止めをかけるため、EU(European Union)エコデザイン規制をはじめ、国内でも資源有効利用に関する法規制が進みつつある。エコデザイン規制では、製品設計段階から、省エネルギー性や耐久性、修理性、リサイクル性等の基準が定められて、これら法規への対応は、持続可能な社会の実現に向けた重要なステップになる。当社も、製品設計や製造プロセスの革新によって、環境負荷の低減と資源の効率的な利用を目指している。

## 2.2 再生プラスチックの活用

当社は、国内関連会社の(株)ハイパーサイクルシステムズ(HCS)及び(株)グリーンサイクルシステムズの高精度な分別技術と再生処理によって、自己循環型の素材リサイクルを進めている。家電4品目については、リサイクル法によって回収された製品を分解、分別・洗浄、粉碎・溶融して再生プラスチックを製造し、新しい製品の素材に利用するプロセスを確立している(図1)。更なる再生プラスチック適用拡大のため、家電や住設機器の意匠面への適用を目指して、外観品質を確保しつつ、環境配慮を想起するデザイン案を検討している。



図1-意匠面への再生プラスチック適用イメージ

## 2.3 保守・メンテナンスによる製品長寿命化への取組み

製品の長寿命化もサーキュラーエコノミーで重要な柱である。当社では空調機器をはじめとする製品に対して、機器の運転状態を示すデータを遠隔監視し、冷媒漏えいや機能変調等を早期に検知する技術を導入している(図2)。これによって、製品使用中の適切な時期にメンテナンスや部品交換をすることで、製品を長く使い続けることができる。換気機器の業務用ロスナイではパーシャルリノベーションを展開しており、既存機器の主要部品を部分更新することで、製造や運搬、機器の付け替えから廃棄時の資源削減等に伴うCO<sub>2</sub>排出の削減、さらに省エネルギー・機能向上も同時に実現している。

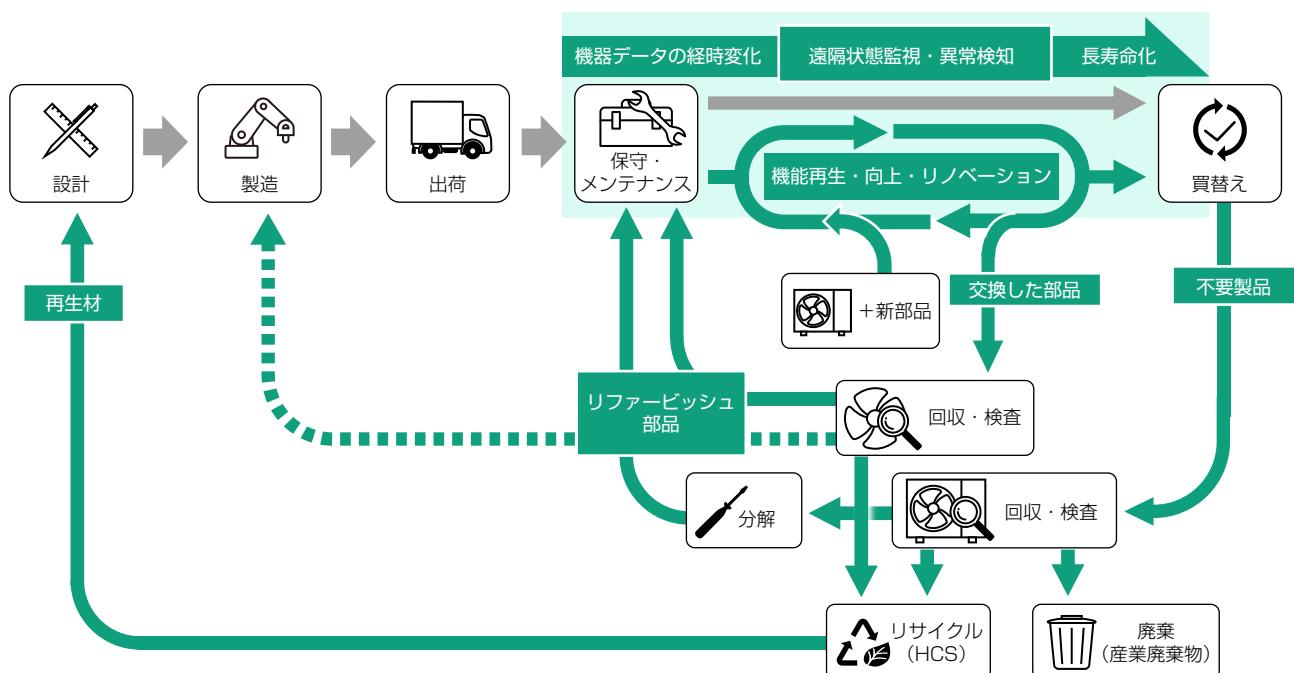


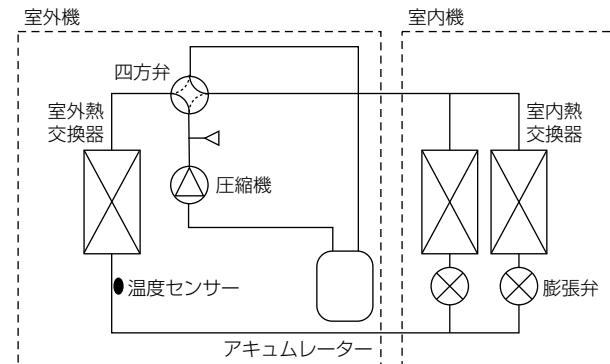
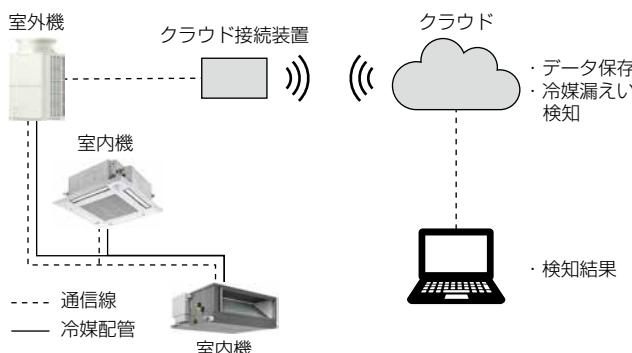
図2-サーキュラーエコノミーへの製品対応

る。これらの取組みは、持続可能な社会の実現に向けた重要なステップであり、資源投入と廃棄コストの削減、買替え費用の抑制やダウンタイムの最小化等、企業と消費者の双方にメリットをもたらして、社会課題の解決にもつながり得るセキュラーエコノミーの新しい価値創造の形になる。

### 3. 遠隔保守

第一種特定製品(業務用冷凍空調機器)には、フロン排出抑制法によって3か月に1回以上の簡易点検が義務付けられている。一方、改正フロン排出抑制法で定められた基準に適合した遠隔監視システムは簡易点検の代替とすることが認められており、冷媒漏えいの早期発見や日常的な点検作業を減少させる目的で、遠隔監視システムの必要性が高まっている。

当社では2022年に、法律に定められた基準を満たす冷媒漏えい検知機能を搭載した遠隔監視システム“MELく～るLINK”をリリースした。遠隔監視システムは、図3に示すとおり、クラウドで空調設備から送信された運転データを用いて冷媒漏えいの有無を検知し、検知結果をWeb画面に表示する。冷媒漏えい検知方法については、検知指標があらかじめ決められたしきい値を超えた場合に冷媒漏れと判断するルールベース型を使用している。第一種特定製品の一つであるビル用マルチエアコンでは、図4に示す冷媒回路の室外熱交換器の出口温度等から算出したものを検知指標として、検知指標が一定の回数以上しきい値を下回った場合に冷媒漏れと判断する仕様とした。しきい値は、冷房標準条件で冷媒漏えい率30%未満で検出できる設定とした。



将来に向けて、機械学習を用いた検知技術の研究開発も進めている。機械学習はルールベース型と異なり、外気温度や空調機の動作に応じてしきい値が変化するため、真陽性率TPR(冷媒漏えいしているものを冷媒漏えいと判断する割合)が向上する(図5)。検知フローとしては、まず冷媒漏えい発生前の正常時に取得した運転データを用いて、検知指標を目的変数、圧縮機や膨張弁を含むアクチュエーターの制御信号値と空調機が取得した温度などを説明変数として学習し、目的変数の正常下限値を推論可能な推論モデルを作成する。学習には、決定木の勾配ブースティングの一種であるLightGBM<sup>(2)</sup>を使用した。推論モデル作成後、説明変数を使用して推論した検知指標の下限値をしきい値として、検知指標がしきい値を下回ったデータの比率(はみ出し率)が所定値になれば冷媒漏えいと判断する。冷媒漏えい率を0%(冷媒

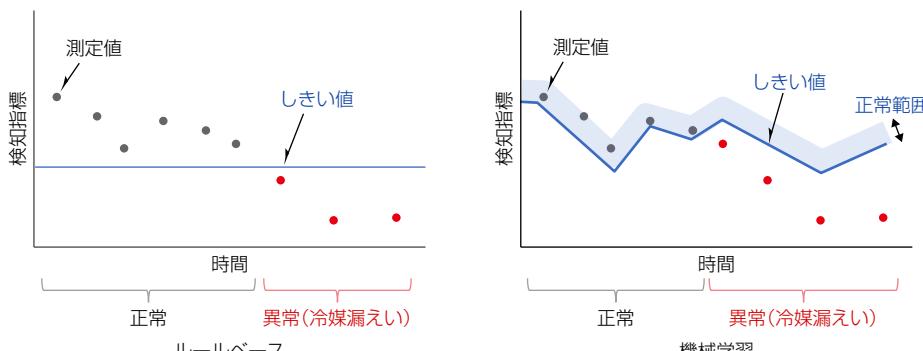


図5-ルールベースと機械学習の比較<sup>(1)</sup>

漏えいなし=正常), 15%, 30%とした運転データを適用したところ, 冷媒漏えい率が大きくなるにつれてはみ出し率が増加した(図6)。冷媒漏えいと判定するはみ出し率を25%に設定することで, 冷媒漏えい率15%での早期検知ができる可能性が示唆された。今後, 機械学習による検知対象を室外熱交換器の劣化, 膨張弁の不良などに拡張し, 実用化を目指す<sup>(1)</sup>。

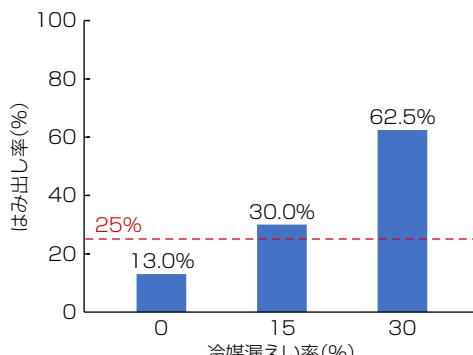


図6-はみ出し率変化<sup>(1)</sup>

#### 4. エネルギーマネジメント

ビル用マルチエアコンでは, 各種省エネルギー mode が搭載されており, 集中コントローラーで設定が可能になっている。冷房運転時, 負荷に応じて蒸発温度を上昇させて, 圧縮機入力を低減することによって運転効率を向上させて省エネルギーを実現する ET(Evaporating Temperature) 制御, 空調が低負荷, 高負荷の状態にかかわらず, 常に一定の割合で省エネルギーを実現するアドバンストパワーセーブ, 室外ユニットの運転能力の最大値を 60/70/80/90% 以内に抑えるように上限値を指定する能力上限セーブ制御などの省エネルギー機能が搭載されており, これらによって年間約 15%<sup>(注1)</sup> の省エネルギーを実現している。省エネルギー mode は集中コントローラーで設定が可能になっているが, 天候・外気温変化や建物躯体(くたい)蓄熱, 室内での人体や機器からの内部発熱などで, 空調負荷が時間経過によって変動するため, 最適な省エネルギー mode は状況によって異なる。また, 室内居住者の快適性もこの変動によって異なる。そのため, 現在の熱源機の能力を, 躯体蓄熱と内部発熱を含めた現在の空調負荷として, 過去データと天気予報に基づいて, 時間経過や外気温度の変化による空調負荷変動を予測する。この予測された空調負荷に基づいて各省エネルギー機能を用いた場合の室温変動と省エネルギー率を推定し, 室温変動をユーザーが設定する許容範囲に収めつつ省エネルギー効果が最も高い制御を選定する自動省エネルギー制御を開発している(図7)。これによって快適性を損なわず, 省エネルギー効果を最大化することが自動で可能になる。この制御を用いて当社内のオフィスで実証運用し, これまでの運転と比較し, 冷暖房時に消費電力量 16~20% の削減効果を確認している。

先に述べた制御技術とは別に, オフィス内執務者の快適性と空調の省エネルギーの両立を実現するため, 実際のオフィス環境で生成 AI を活用する新しいサイバーフィジカルシステムを構築して評価している<sup>(3)</sup>。大規模言語モデル, マルチモーダル基盤モデル<sup>(注2)</sup>, 及びエージェント AI<sup>(注3)</sup>を活用し, オフィス内の様々な環境パラメーター(例: 室内/室外温度, レイアウト, 執務者の位置), 執務者の主観的な温熱快適性のフィードバック, これらのリアルタイムデータと過去のデータを生成 AI モデルの入力プロンプトとして統合し, 最適な空調温度設定値を予測する。当社内のオフィスで実証運用し, これまでの運転と比較した場合, 大規模言語モデルを使用した方式では, 暖房時に消費電力量を最大約 48% 削減しながら, 執務者の快適性を最大約 26% 向上させることができている。さらに, エージェント AI を用いたシミュレーションでは, 暖房時の消費電力量を最大約 51% 削減することに成功した。オフィス内の空調機や執務者のデータを循環させて, 繰続的に生成 AI に最適な設定数値を求めさせるループは, 次世代型のサイバーフィジカルシステムとして国際的にも評価を得ている。今後も更なる省エネルギー化を推進するため, AI を活用したシステム構築を推進する計画である。

(注1) JIS B 8616のデータに基づいた当社試算

(注2) テキスト・画像・音声など複数の異なる形式のデータを同時に学習し処理できる AI モデル

(注3) 自律的に意思決定を行い処理できる AI モデル

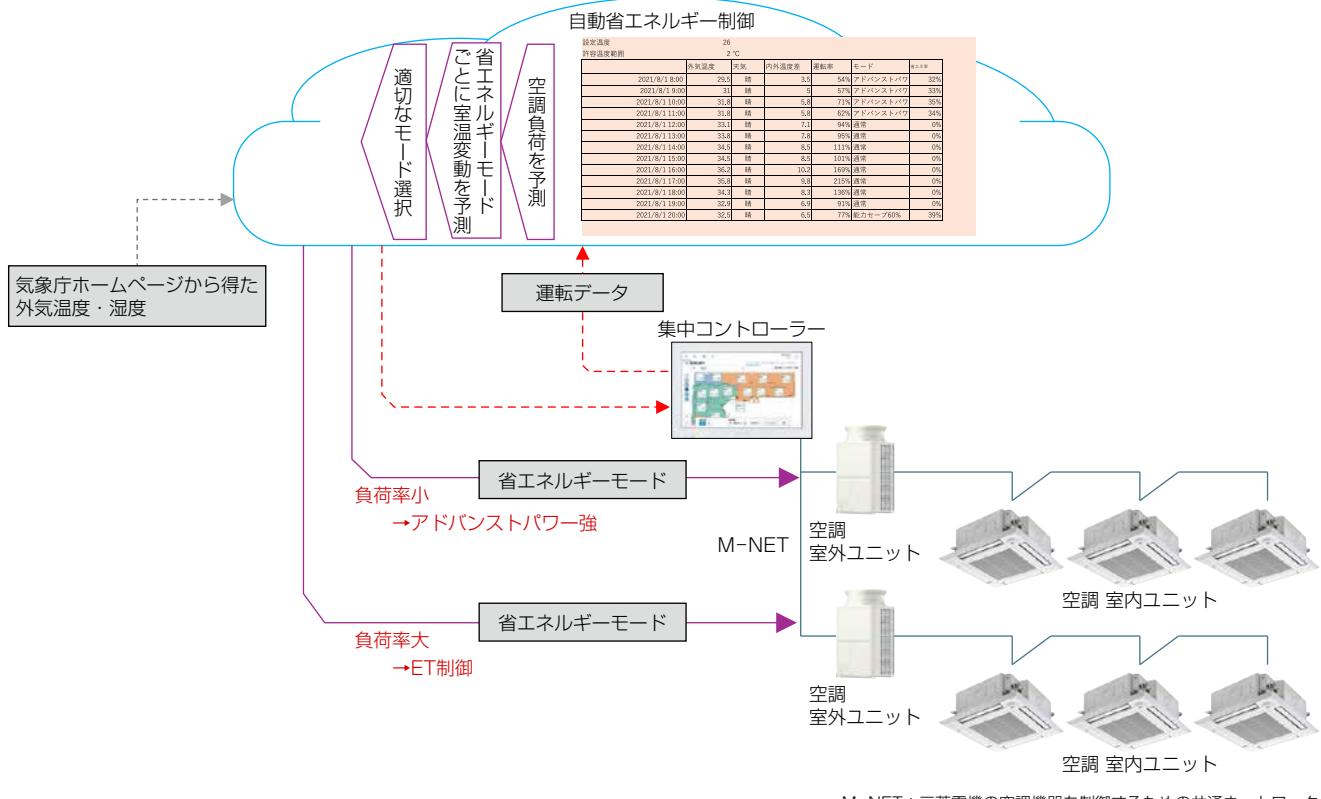


図7-最適省エネルギー-modeの自動選択の例

## 5. 快適空間ソリューション

居住空間では、住宅の高性能化によって、必要なときに必要な部屋を空調することで十分に快適な住宅環境が構築できるようになってきた。そのため、必要なときに必要な部屋を空調するシステムとして、“Good Share!”(グッシェア)を2024年にリリースした。Good Share!は、リビングに設置されたルームエアコンとダクト式の送風装置を連携運転させて、リビングの空調空気を送風装置で玄関や脱衣所、ランドリールーム、ウォークインクローゼットなどへ送って、複数空間を空調する。ルームエアコンの高効率運転(室温安定時)を生かして、送風装置と連携することで、シンプルな機器構成及び気象情報に基づく自然エネルギー(日射)の活用によって“快適性”と“省コスト”を両立しながら、一年を通して心地よい環境を提供する。例えば冬季は、リビングのルームエアコンが停止中でも、ルームエアコンに搭載している温度センサーや送風先の空間に設置している環境センサーから得られる“室内の環境情報”と外部から得られる“気象情報”を基にクラウドが送風装置を自動制御し、自然エネルギー(日射)を活用して暖房する(図8)。リビングの空気をほかの空間に送ることで温度差を小さくするだけでなく、気流制御によって玄関の圧力を上昇させて隙間風を抑制し、玄関への花粉侵入を抑制する機能や、日中の日射熱や、冬の夜間、就寝中にリビングに残った暖気を利用した衣類乾燥アシストが可能である。今後もIoT(Internet of Things)を活用した住宅内の機器やセンサーとの連携によって、更に進んだ空間環境の構築を目指す。

非居住空間では、昨今のコロナ禍をきっかけに多くの企業で働き方改革が進められて、在宅勤務制度が広く普及し、それに伴ってオフィス環境への新しい取組みも進められている。特に注目されて増えているのが、ABW(Activity Based Working)<sup>(注4)</sup>である。ABWでは作業効率や生産性が高まる一方、誰がどこにいるか分からぬなどの課題がある。こうしたABWの課題を解決するツールとして、当社では空調機の電波強度に基づいて、執務者が使用するパソコンの位置情報を検知し、クラウド上でデータ共有し、どこからでもオフィス利用状況を把握できる屋内環境可視化システム“MEL-IPS”を開発している。併せて、ビルの構造、断熱性などが異なる物件ごとにカスタマイズした設備機器制御を、誰でも簡単にノーコードで、居室環境の変化に応じた制御を試行できるテストベッドクラウドシステムを研究開発中である。このシステムでは、各種センサー値、設備機器の状態のほか、人の位置情報もクラウド上に集約し、環境データやエリア内の人数

変化に応じて、クラウドベースで設備機器を制御する構成にした。制御シナリオは、各機能ブロックをドラッグ&ドロップで配置して設定可能にすることで、誰にでも容易に扱えるユーザーインターフェースにしている。両システムは、現在当社内のオフィスで実証運用中であり、今後執務者の状態(集中度、温冷感等)の検知“HMS”(Human Monitoring System)や好みの温度範囲に基づく最適な空調自動制御“POE(Post-Occupancy Evaluation)最適制御”などの開発中の内容と併せて、新たな機能を順次追加し、市場展開を検討していく予定である。

(注4) 仕事の内容に応じて執務者が効率的に業務するため、いつ、どこで、どのように働くかを自律的に選ぶ働き方

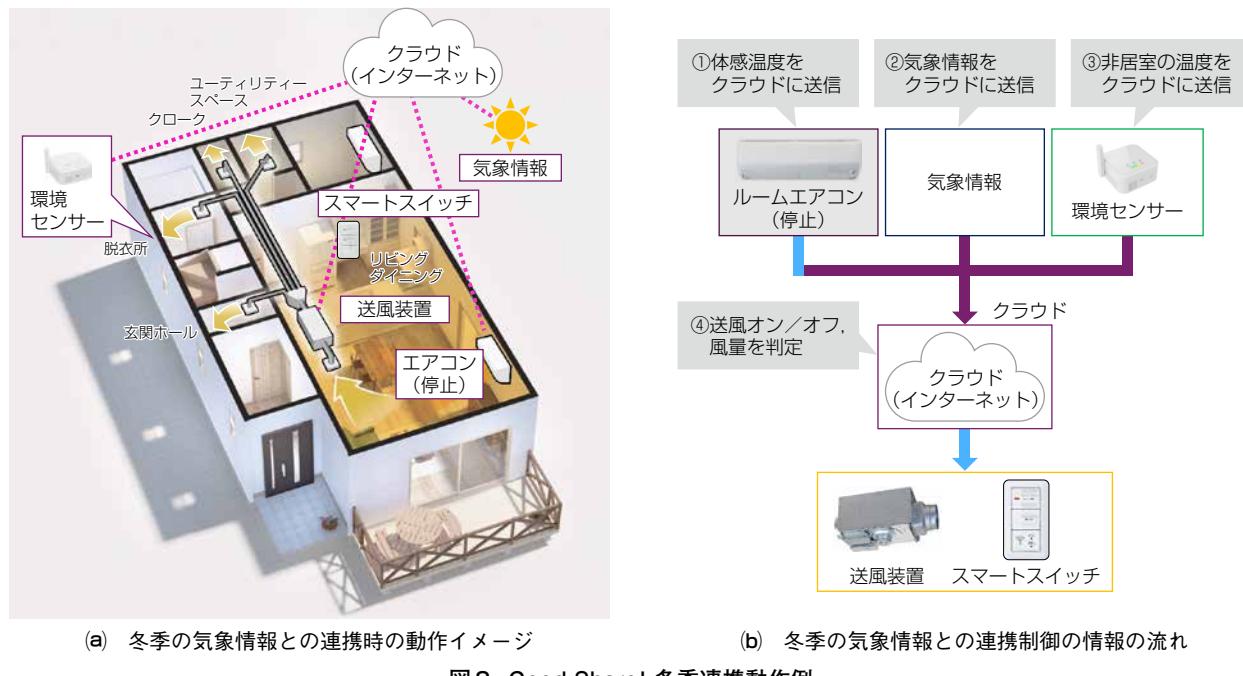


図8-Good Share! 冬季連携動作例

## 6. むすび

ライフソリューションの最新技術として、セキュラーエコノミー、遠隔保守、エネルギー管理、快適空間ソリューションの取組みを述べた。今後も当社は、あらゆる生活空間で、快適で安全・安心な環境を創造するライフソリューションを提供し、カーボンニュートラルとウェルビーイングの実現に貢献していく。

### 参考文献

- (1) Kato, H., et al.: Current Status and Future Outlook of Refrigerant Leakage Detection Technologies, The International Symposium on New Refrigerants and Environmental Technology 2023 (2023)
- (2) Ke, G., et al.: LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree, the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, 3149~3157 (2017)
- (3) Sawada, T., et al.: Office-in-the-Loop: an investigation into Agentic AI for advanced building HVAC control systems, Data-Centric Engineering, 6, e31 (2025)

## 特集論文

# マルチエリア空調“Good Share!” とバーチャル機器技術

Multi-area Air Conditioning “Good Share!” and Virtual Device Technology

石原正裕\*

Masahiro Ishihara

加藤芽美†

Megumi Kato

沖野沙織\*

Saori Okino

伊藤慎一†

Shinichi Ito

\*IoT・ライフソリューション新事業推進センター

†電材・住設家電事業部

### 要 旨

近年、社会課題になっているヒートショック、熱中症対策などの健康被害の抑制に向けて、三菱電機は、宅内全体の温熱環境を改善しつつ高い経済性と省施工を実現するマルチエリア空調“Good Share!”(グッシェア)を開発した。このシステムでは、当社エアコンと送風ファン及び環境センサーを、当社IoT(Internet of Things)ライフソリューションプラットフォーム“Linova”(リノバ)に接続して、機器を連携させた最適な制御を行うことで、温熱環境改善と省エネルギーを両立している。機器連携の制御は、Linovaの仮想機器機能を使用することで、複数の機器に対する複雑な制御を実現した。今後も仮想機器機能を活用した制御の高度化、複数の機器を組み合わせたシステムソリューションの提供に取り組んでいく。

### 1. まえがき

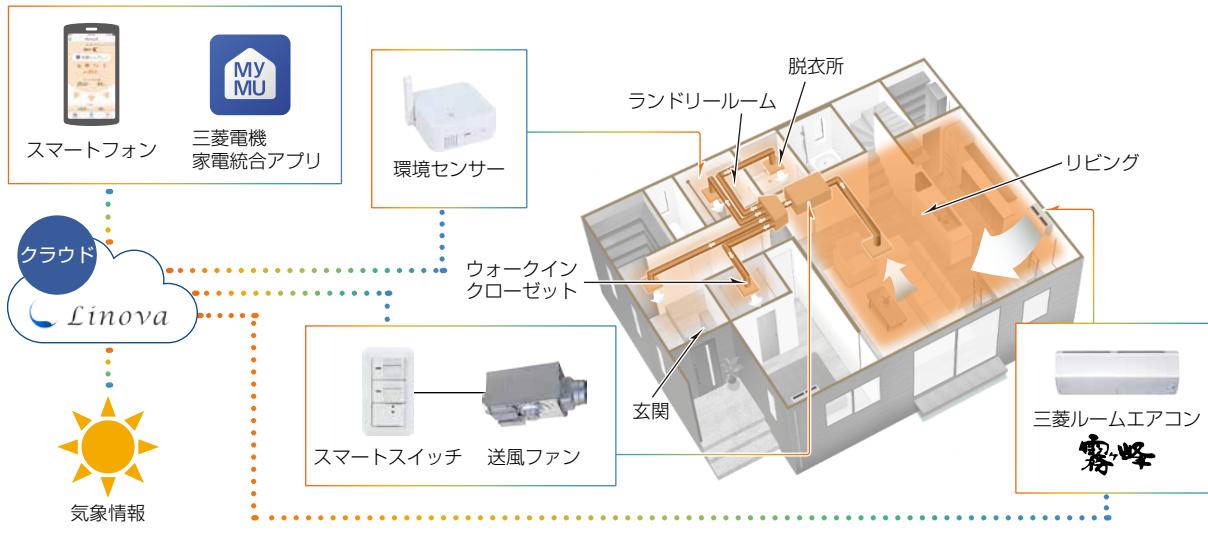
近年、温熱環境が要因とされる宅内事故は多く、2022年の65歳以上のヒートショックが要因とされる浴室での死亡事故件数<sup>(1)</sup>は6,307件、2023年5～9月の住宅内での熱中症による救急搬送人数<sup>(2)</sup>は36,541人に上る。これらの事故件数を低減するためには、玄関や脱衣所などの非居室を含む宅内全体の温熱環境の改善が必要である。

個別空調は、居室ごとにルームエアコンを配置し、不在時に個別にON/OFFできることから、全館空調に比べて経済性が高く、ダクトの施工が不要であり省施工である一方、空調機を設置しない非居室(玄関、脱衣所、ランドリールーム、ウォークインクローゼットなど)の温熱環境改善が難しい課題がある。また、全館空調はダクトを介して空調空気を宅内全体に供給することで家全体の温熱環境を改善できるが、空調機を24時間運転させる必要があり経済性が悪化すること、宅内全体にダクトを施工する必要があり施工費用が高額になることが課題である。

これらの課題に対して、住宅全体の温熱環境を改善しつつ高い経済性と省施工を実現するマルチエリア空調Good Share!を開発した。このシステムは、エアコンが設置されていない非居室に対して、リビングなど、エアコンがある居室の空気を送風ファンで非居室にシェアすることで宅内の温熱環境を改善するシステムである。このシステムは、個別空調のON/OFF運転による経済性の高さを生かしつつ、さらに、エアコンと送風ファンを連携させた制御を行うことで、高経済性と温熱環境改善を両立できる。また、一部の居室と非居室をダクト配管するだけのため、全館空調と比較して省施工で導入できる。

このシステムの特長は、当社エアコン、送風ファン、環境センサーを連携させることで、従来にない空調システムを実現している点である。Good Share!のシステムを構成する各機器は、当社IoTライフソリューションプラットフォームLinovaに接続される(図1)。Linovaには、複数の機器を単一の機器とみなす仕組みである仮想機器機能があり、この機能を使用してエアコンと送風ファンの連携制御を実現している。仮想機器機能では、複数の機器を組み合わせた仮想的な機器を生成し、生成された仮想機器に対する制御を定義できるため、複数の機器に対する連携制御を簡易に実現できる。

本稿では、マルチエリア空調Good Share!での機器連携制御と、それを実現する当社IoTライフソリューションプラットフォームLinovaのバーチャル機器技術について述べる。



## 2. Good Share! の機器連携制御

この章では、Good Share! の機器連携制御と、それによる温熱環境改善・経済性に対する効果について述べる。

### 2.1 Good Share! の機器連携制御

Good Share! では、当社エアコン、送風ファン、環境センサーを連携制御することで、リビングの快適な空気をシェアして非居室を快適にする。

リビングのエアコン運転中は、エアコンの赤外線センサー“ムーブアイ”で検知したリビングの温熱環境と、環境センサーで検知した非居室の温湿度を基に送風ファンのON/OFFや風量を自動制御して、リビングとの温度差を小さくする(図2)。エアコン運転開始時は、リビングの温熱環境を設定温度付近まで制御した後に送風を開始することで、リビングの室温制御の悪化を抑制する。また、リビングと非居室で温熱環境の乖離(かいり)が大きいときは送風ファンの風量を大きく、小さいときは風量を小さく又は停止させることで、送風ファンの電力を最適化する。

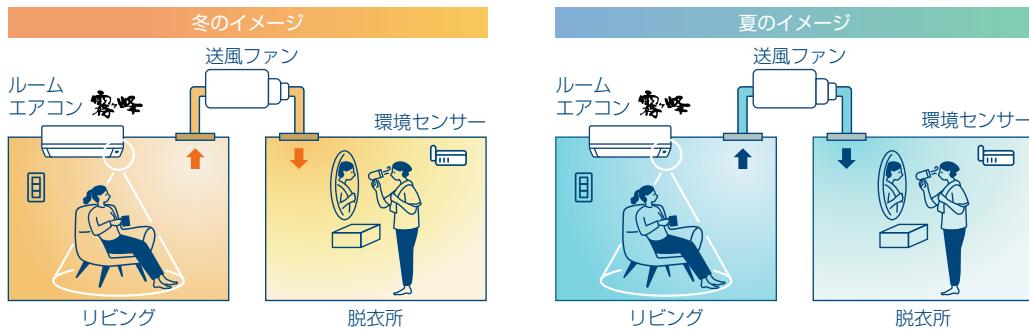


図2-Good Share! の動作イメージ

### 2.2 Good Share! の温熱環境改善・経済性に対する効果

Good Share! の機器連携制御による温熱環境改善・経済性に対する効果について、リビングの暖房された空気を非居室に搬送する場合を例に机上計算と実証試験で評価した(図3)。机上計算では、起床時に、期間平均で1.3°Cの非居室温度の上昇を実現し、電気ヒーターで同等の温熱環境とした場合と比較して、32.7%の消費電力量を削減できることを確認した<sup>(注1)</sup>。また、実環境での実証試験で、2.2°Cの非居室の室温上昇を確認した<sup>(注3)</sup>。

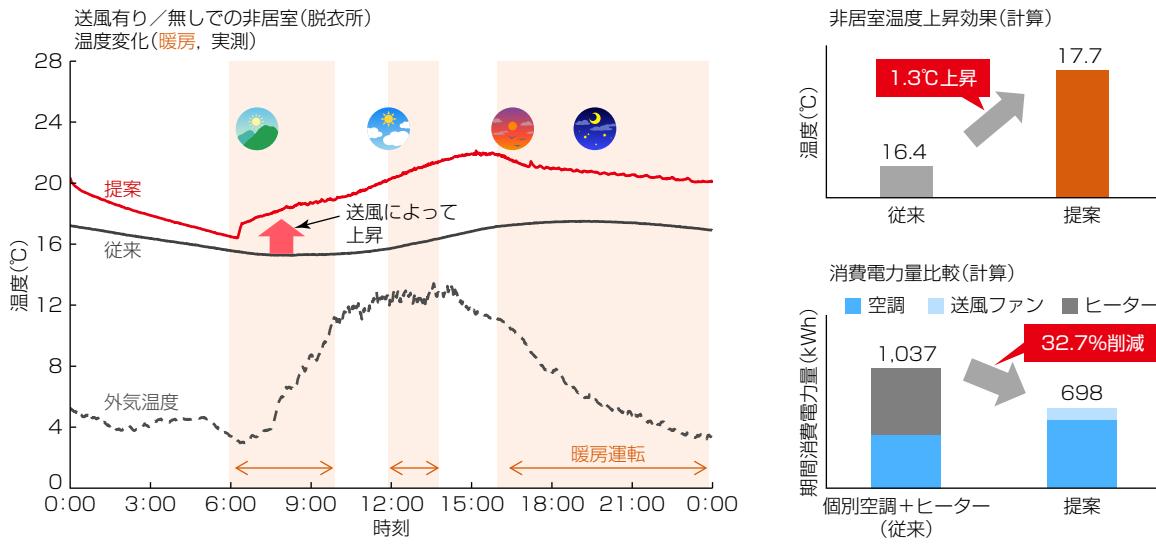


図3-Good Share! の温熱環境改善・経済性に対する効果

- (注1) 株建築環境ソリューションズのシミュレーションソフトウェアAE-Sim/Heat<sup>(注2)</sup>の計算で、自立循環型住宅モデル一般型に準拠した間取りでのリビングにルームエアコン“霧ヶ峰Zシリーズ”冷房能力5.6kWクラス(MSZ-ZW5622S、消費電力は住宅に関する省エネルギー基準に準拠したプログラムでのエネルギー消費効率の区分“い”として計算)を配置し、送風ファン(V-20ZMVR3、消費電力46W)を使用してリビングから玄関、廊下、脱衣所に送風するシステム(Good Share!)と、脱衣室に電気ヒーター(WD-240DK2、ヒーター定格出力2.2kW)を配置し、Good Share! がリビングから非居室に搬送する熱量と同一熱量を、電気ヒーターによって玄関、廊下、脱衣所に投入したと仮定した場合の暖房期間の消費電力量比較である。外気は2023年度の東京、ルームエアコンは設定温度20°CでIBECs(一般財團法人 住宅・建築SDGs推進センター)の設定する生活スケジュール(平日)に準拠して運転し、送風ファンはルームエアコン運転開始から15分後に送風開始した。ルームエアコン運転中の暖房消費電力量を比較した場合、ルームエアコン+送風ファン(Good Share!)：698kWh、ルームエアコン+電気ヒーター：1,037kWhである。
- (注2) AE-Sim/Heatは、株建築環境ソリューションズの登録商標である。
- (注3) 試験住宅は自立循環型住宅モデル一般型に準拠の試験住宅(延べ床面積：120.07m<sup>2</sup>、住宅性能は断熱材＝ZEH(net Zero Energy House)水準、C値＝0.8、鎌倉市)2棟を用いた比較評価試験であり、評価日は2022年12月15日(神奈川県鎌倉市)に基づく。空調機はリビングに当社エアコンMSZ-ZW5622Sを設置し、運転スケジュールはIBECsの設定する生活スケジュール(平日)に準拠して運転(暖房20°C)した。

### 3. Good Share! の機器連携制御を実現するバーチャル機器技術

この章では、Good Share! の機器連携制御に使用するLinovaの仮想機器機能と、Good Share! への適用手法について述べる。

#### 3.1 Linovaの仮想機器機能

Linovaは、接続されるIoT機器を自由に組み合わせることで、仮想的な新たな1個の機器を定義できる仮想機器機能を持つ。仮想機器機能を使用することで、複数の機器を連携させる機器連携制御を簡易に実現できる。

仮想機器機能では、複数の機器のデータを組み合わせた仮想機器を定義できる。例えば、温度センサーと湿度センサーを組み合わせることで、温湿度センサーのような仮想機器を定義できる。これによって、機器連携に必要なデータを仮想機器に集約して管理できる。

また、生成した仮想機器に対して、所定のルールに基づいて実行される制御を定義できる。例えば、温度センサーとエアコンを組み合わせた温度センサー付きエアコンという仮想機器に対して、“温度センサーのデータが更新されたタイミングで、温度が所定値以上になったら、エアコンの運転を開始する”というような複数の機器を連携させた制御を定義できる。この機能によって、仮想的な機器が実際に動作しているようなユーザー体験を得ることができる。さらに、仮想機器の制御はLinovaのクラウド上で動作するため、実際の機器を更新する必要がなく、機器連携制御の高度化を継続的に実施できる。

### 3.2 Good Share!への仮想機器の適用

Good Share!では、2.1節で述べた機器連携制御をLinovaの仮想機器機能を使用して実現した。Linovaに当社エアコン、送風ファン、環境センサーを組み合わせたマルチエリア空調仮想機器を定義し、マルチエリア空調仮想機器に対して実行される制御を規定した(図4)。制御のフローは次のとおりである。

- (1) エアコンからはムーブアイで検知したリビングの温熱環境の情報が、環境センサーからは非居室の温湿度の情報がLinovaにアップロードされて、マルチエリア空調仮想機器の機器状態が更新される。
- (2) データの更新と同期してLinova上でマルチエリア空調仮想機器の制御が動作する。エアコンの設定温度、取得した環境情報等から送風ファンの運転状態を判定する。判定した結果に基づいて仮想機器の運転状態を更新する。
- (3) マルチエリア空調仮想機器の運転状態に同期して、送風ファンの運転状態が変更される。

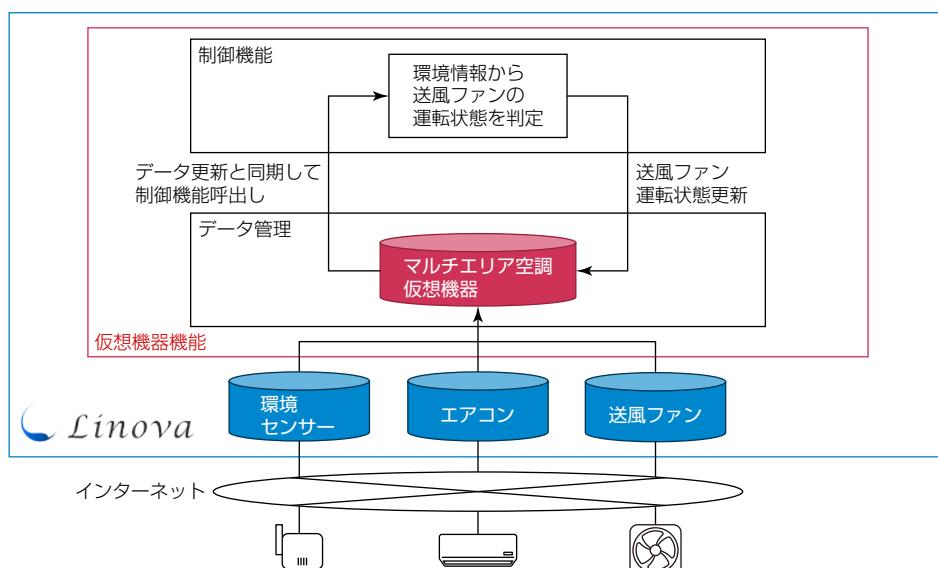


図4-マルチエリア空調仮想機器の制御フロー

### 4. むすび

近年、社会課題になっている宅内全体の温熱環境の改善に向けて、温熱環境を改善しつつ高い経済性と省施工を実現するマルチエリア空調Good Share!を開発した。Good Share!での機器連携の制御は、当社IoTライフソリューションプラットフォームLinovaの仮想機器機能を使用することで、複数の機器に対する複雑な制御を実現した。

今後も仮想機器機能を活用した制御の高度化、複数の機器を組み合わせたシステムソリューションの提供に取り組んでいく。

### 参考文献

- (1) 厚生労働省：人口動態調査(令和4年) 人口動態統計 確定数 死亡上巻 5-31 不慮の事故による死因(三桁基本分類)別にみた年齢(特定階級)別死亡数・百分率 | 統計表・グラフ表示 | 政府統計の総合窓口  
<https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003411675>
- (2) 総務省消防庁：熱中症による救急搬送人員に関するデータ（令和5年）  
<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html>

# 特集論文

## 全熱交換形換気扇“ロスナイパーシャルリノベーション” 部分更新による施工性改善と環境負荷低減

深谷繕弘\*  
Yoshihiro Fukaya  
山口慶二郎\*  
Keijiro Yamaguchi

Commercial Use Energy Recovery Ventilation “Lossnay Partial Renovation”

\*中津川製作所

### 要 旨

カーボンニュートラルの実現に向けた建物のZEB(net Zero Energy Building)化を背景に、空調と換気エネルギーの削減が重要視されていることから、全熱交換器の採用及び高効率化の需要は高まっている。

三菱電機は、既設建物に設置された天井埋込形に対して、既設品の筐体(きょうたい)を再利用し、主要部材だけを点検口から部分更新する新たなLCS(Life Cycle Solution)開発を実施した。従来の製品本体更新と比較し、天井開口工事が不要になるため、施工コスト・期間の削減が可能である。さらに、最新機種の高効率DCブラシレスモーターへの入替えを可能な仕様にして、既設品から消費電力削減を実現した。また、部分更新のため、機器更新と比較して調達・廃棄時の資源(鉄・スチロールなど)を削減し、CO<sub>2</sub>排出量の削減につながることから、環境負荷低減にも貢献した。

### 1. まえがき

建築物の消費エネルギーの中で空調の占める割合は大きく、オフィスビルなどで約30%に達している。その中で換気による外気負荷(換気のために室内に取り入れる外気の熱量によって生じる空調負荷)は20~30%を占めており、省エネルギー化の取組みで外気負荷の低減による空調エネルギー削減は重要な課題である。2050年のカーボンニュートラル実現を目指している中、建物のエネルギー消費量を大きく減らすことを目的としたZEBの普及が求められている。ZEB化に伴って、建物の断熱性能の向上に加えて、照明のLED化やパソコンなどのOA機器の性能改善によって建物の内部発熱は減少している。相対的に外気負荷の割合が増加してきたことで、外気負荷の低減が建物全体に寄与する影響は今後増加することが見込まれる。そのため、換気による外気負荷を低減する全熱交換器の高効率化の需要が高まっている。既設建物では、高効率な全熱交換器の導入によって省エネルギー性を高めることができるが、主にオフィスビルなどで採用されている全熱交換器は天井埋込形が多く、更新する場合には天井開口を伴う工事が必要であり、施工の手間・期間・コストが問題になり機器更新が進んでいない(図1)。また、2024年4月から建設業界にも時間外労働の上限規制が適用されたため、製品の施工性改善は現場作業者の労働時間削減に直結し、機器メーカーとして取り組むべき重要な課題になる。



図1-今までの課題

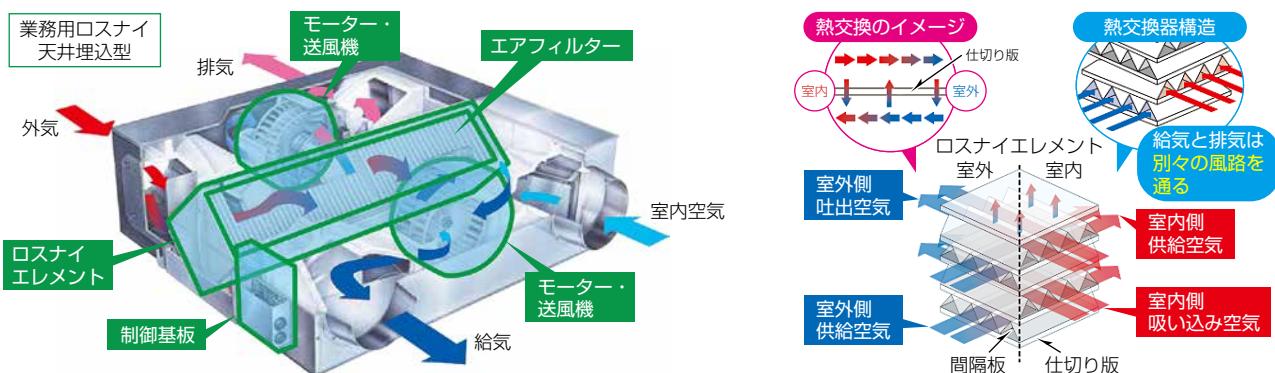
先に述べた課題を解決するために、施工の簡素化や風量調整容易化などによる現場での施工性改善を主軸として、機器更新による消費電力削減を行うことで、省エネルギー性の向上と、製品全体のライフサイクル(調達～廃棄)で発生するCO<sub>2</sub>排出量の削減を実現し、機器更新の向上を狙った製品開発を行うことを目的とした。

## 2. ロスナイパーシャルリノベーション

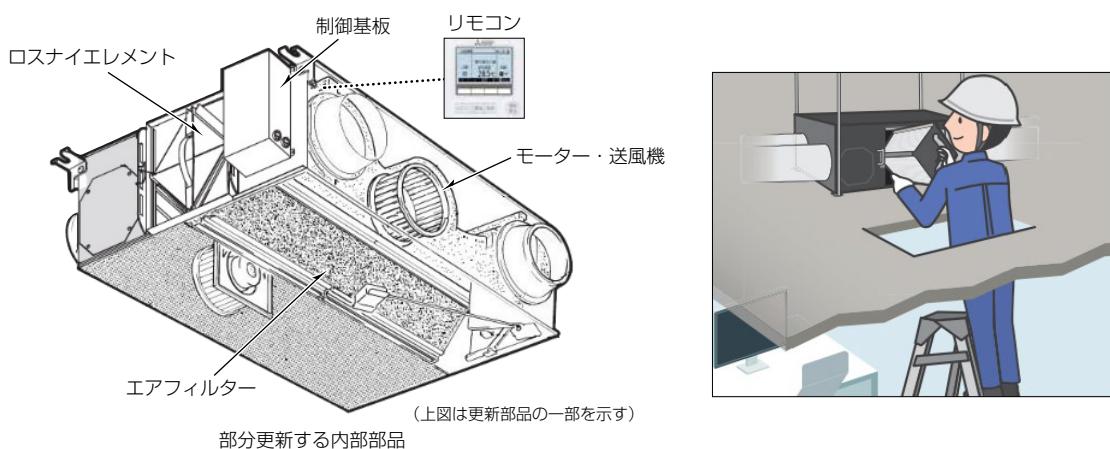
この章では、ロスナイパーシャルリノベーションの機能と特長について述べる。

### 2.1 製品などの詳細

全熱交換形換気扇“ロスナイ”は室外から室内への給気と室内から室外への排気を同時に行う第一種換気機器であり、機器内部にある熱交換素子(ロスナイエレメント)を用いて給気と排気を空気間で熱交換する省エネルギー型の換気装置である(図2)。



今回開発したロスナイパーシャルリノベーションは、全熱交換器の最新主要部品をパッケージ販売し、内部部品だけ更新を行う(図3)。内部部品だけの更新であれば、機器をメンテナンスするために設けられている点検口からの交換作業が可能で天井開口工事が不要になるため、省施工・省コストを実現できる。また、主要な内部部品の更新によって、省エネルギー性と機能性の向上でCO<sub>2</sub>削減に貢献し、既設品を継続して使用可能にする。



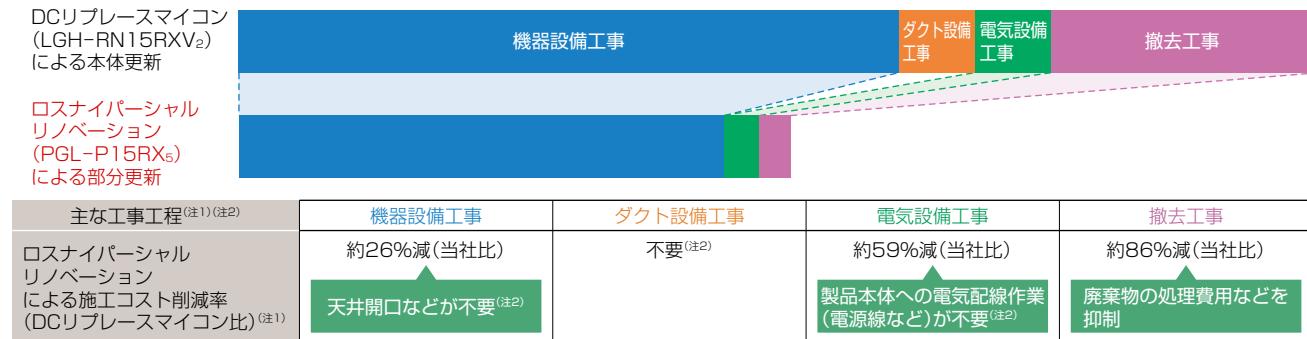
この開発の指針は、主要部品をパッケージ販売することで、施工性改善と既設建物に対する省エネルギー性改善を実現するソリューション提案である。そこで、①パッケージ販売による施工性改善、②設置現場の事前チェックによる設置可否確認、③作業動画製作による施工性改善、④DCブラシレスモーターとCO<sub>2</sub>センサーによる省エネルギー性改善の実現に取り組んだ。

この開発の適用機種は補修用性能部品の保有期限が切れる2008~2013年発売のLGH-\*\*RS(X)<sub>5</sub>(D) タイプとして、ストック需要として10万台程度を見込む。

## 2.2 パッケージ販売による施工性改善

1章に述べたとおり、全熱交換器の更新を行う場合は天井開口を伴う工事が必要であり、施工の手間・期間・コストが問題になって機器更新が進まない。この開発品は、性能改善が見込まれる送風機・ロスナイエレメント等と、長期使用での劣化によって更新が必要な電子部品等を交換し、長寿命で今後も継続使用が可能な製品筐体、内部風路部品は同梱(どうこん)部品に含まず継続使用する。この開発によって施工コストの機器設置工事は約26%減、ダクト設備工事は不要、電気設備工事は約59%減、撤去工事は約86%減と、全体で約49%の施工コスト削減を実現した(図4)。

### ■ 施工コストイメージ<sup>(注1)</sup>



(注1) 施工コストはDCリプレースマイコン(LGH-RN15RXV<sub>2</sub>)、ロスナイパーシャルリノベーション部材(PGL-P15RX<sub>5</sub>)それぞれ1台を既設品から更新した場合の当社試算値である。試算値は一例であり、実施の工事条件によって数値は異なる。

(注2) 現地の状況によって追加工事が必要な場合がある。

図4-ロスナイパーシャルリノベーションによる施工コスト削減

## 2.3 設置現場の事前チェックによる設置可否確認

既設品の設置環境によって、機器の劣化具合が異なる。そこで残置部品(パーシャルリノベーションで交換しない部品)がどの程度まで劣化していた場合に、この開発品を適用できるか、残置部品の加速試験で検証を行った(図5)。



図5-加速試験の例(天吊り金具劣化後の強度確認試験)

各種部品の加速試験検証結果から、設置可否判断チェックシート(図6)を作成し、チェックシートに基づいて事前の製品、及び周辺環境の確認を行うことで、誰でもこの開発品の設置可否の判断を可能にした。

## 2.4 作業動画による施工性改善

開発品は主要部品の交換作業が必要になるため、不慣れな場合は施工が困難である。そこで本体銘板に記載の二次元コードから施工動画の視聴を可能にすることで、据付け方法を理解しやすくなって、施工性の改善を実現した(図7)。

## 2.5 DCブラシレスモーターとCO<sub>2</sub>センサーによる省エネルギー性改善・筐体流用によるCO<sub>2</sub>削減

この開発で、既設品で使用していたACモーターからDCブラシレスモーターに変更することで既設品と比べて約30%(23,090円/(年・台))(図8)の省エネルギー化を図っている。なお、既設品のACモーターと開発品のDCブラシレスモーターは共に自社製であり、取付け構造を共通化しているため、容易に交換できる。

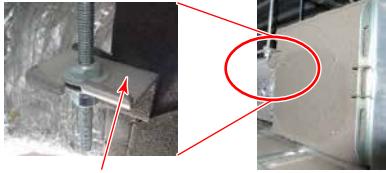
天吊り金具や防振吊り金具の表面に赤錆が発生していないですか？	 表面に赤錆がないこと (端面の赤錆は問題なし)	天吊り金具の表面(端面除く)に赤錆が発生していないか、ご確認ください。 防振吊り金具が設置されている場合は、同様に、表面(端面除く)に赤錆が発生していないか、ご確認ください。	赤錆が発生している場合、強度が確保できない可能性があります。 リプレースロスナイをご検討ください。
製品外部に赤錆や断熱材に破れがないでしょうか？	製品室外側の上面にも断熱材あり 	外装板金の表面に赤錆が発生していないか、ご確認ください。 また、外装板金に貼り付けられている断熱材に破れがある場合は補修をお願いします。(お客様手配) 	赤錆が発生している場合、強度が確保できない可能性があります。 リプレースロスナイをご検討ください。

図6-ロスナイパーシャルリノベーション設置可否判断チェックシート(一部抜粋)

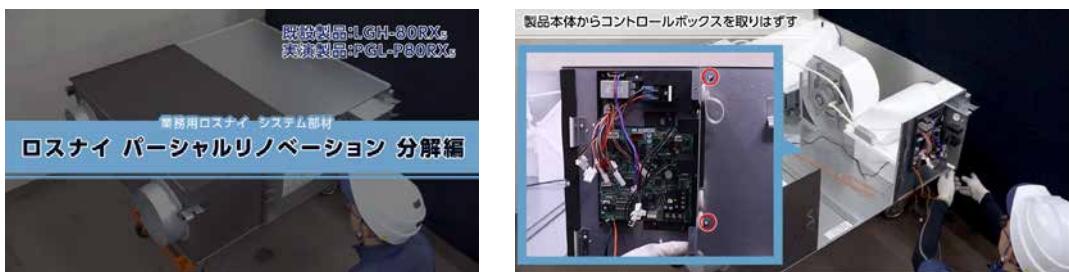


図7-ロスナイパーシャルリノベーションの作業動画(分解編)

■ ランニングコストの比較(参考値)(空調機のランニングコストは換気負荷処理分)<sup>(注3)</sup>既設品  
(LGH-50RX<sub>5</sub>)  
を更新しない場合

約29,170円(空調機)

約46,730円(ロスナイ)

既設品に対して  
ロスナイパーシャルリノベーション  
(PGL-P50RX<sub>5</sub>)を実施した場合

約29,170円(空調機)

約23,640円  
(ロスナイ)DCブラシレスモーター  
への更新で約30%  
省エネルギー(当社比)既設品に対して  
ロスナイパーシャルリノベーション  
(PGL-P50RX<sub>5</sub>)を実施し,  
さらに別売のCO<sub>2</sub>センサー  
(PGL-100TGS<sub>2</sub>)を実施した場合

約23,120円(空調機)

約14,550円  
(ロスナイ)CO<sub>2</sub>センサーの装着で  
さらに約28%  
省エネルギー(当社比)(注3) 既設製品(LGH-50RX<sub>5</sub>)の風量、全熱交換効率などの性能は新品時と仮定して試算している。  
ロスナイパーシャルリノベーションの風量、全熱交換効率などの性能は当社で作製したLGH-50RS(X)<sub>5</sub>の相当品にこの部材を組み込んだ結果から試算している。  
グラフの値はJIS B 8628 : 2003に規定された全熱交換効率測定時の室内外空気条件における当社試算値である。

## 計算条件

- 対象室体積 243m<sup>3</sup>(=9.5×9.5×2.7(m))
- 最大在室人数 12名(対象部屋(90.25m<sup>2</sup>)で、1人当たりの占有面積を5m<sup>2</sup>/人で計算した18人に対して、在室率67%の在室人数)
- 季節条件 夏期3.5か月(平日75日、休日32日) 冬期3か月(平日60日、休日30日) 中間期5.5か月(平日114日、休日54日)
- 温湿度条件 JIS B 8628 2003に規定された全熱交換効率測定時の室内外空気条件(夏期 室外34.5°C 75% 室内26.5°C 64.5%、冬期 室外5°C 65% 室内20.5°C 59.5%)
- 機器情報 空調機 暖房COP3.6 冷房COP3.19、ロスナイ 更新前LGH-50RX<sub>5</sub>(60Hz)(性能は新品の場合を想定)×1台 更新後PGL-P50RX<sub>5</sub>(60Hz)(当社で作製したLGH-50RS(X)<sub>5</sub>の相当品に本部材を組み込んだ場合の性能)×1台 換気回数2.1回/h(強ノッチ時)
- 運転条件 空調機8:00～20:00運転 20:00～8:00停止、ロスナイ8:00～20:00強運転 20:00～8:00微弱運転 CO<sub>2</sub>センサー装着時はCO<sub>2</sub>濃度に応じた風量自動制御
- 目標CO<sub>2</sub>濃度 1,000ppm
- 電気料金目安単価 31円/kWh

図8-通常運転時とCO<sub>2</sub>センサー使用による換気風量自動運転時の省エネルギー試算

## 2.6 多段階風量制御による既設品との同風量化

給気・排気を任意の換気風量に11段階(定格100%～下限30%風量まで7%ピッチ)で調整可能とした(図9)。開発品は既設品からの更新のため、基本的には既設品と同等の風量で運転することが求められる。既設品と風量を合わせるためにモーター出力の調整を行い、既設品の各ノッチの定格ポイントが11段階の風量設定に当てはまるようにした(表1)。

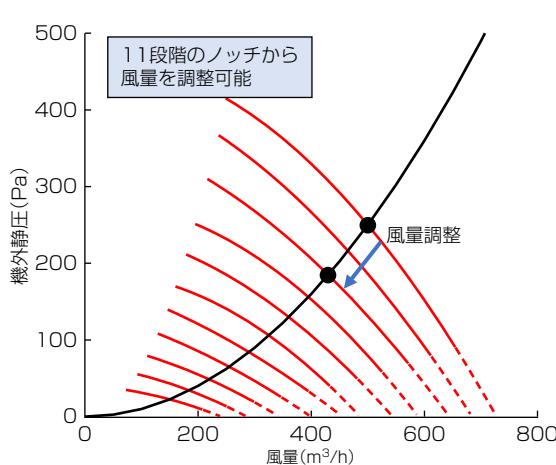


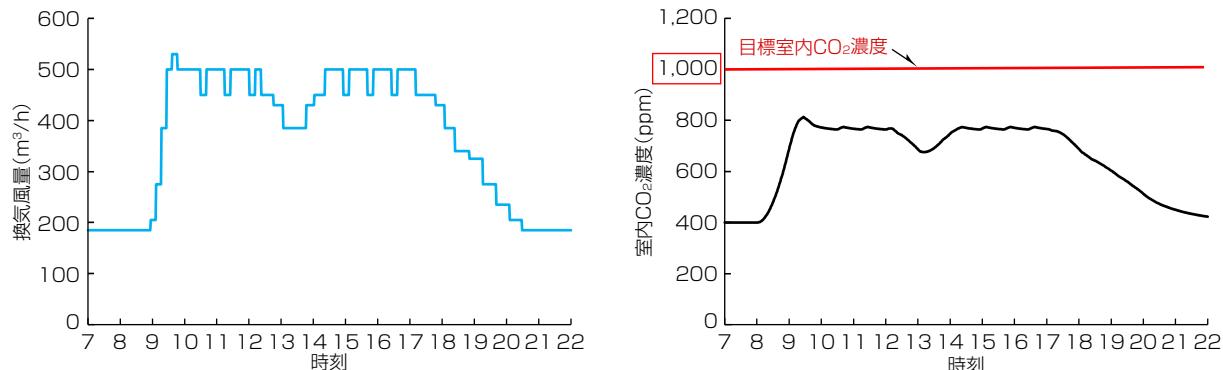
図9-風量調整イメージ図

表1-開発品と既設品の仕様、機能比較(60Hz)

機種	PGL-P50RX <sub>5</sub>		LGH-50RX <sub>5</sub>	
発売年月	2024年10月		2008年4月	
仕様	送風機出力	給気 93%	排気 100%	給気 強
	換気風量(m³/h)	500		500
	機外静圧(Pa)	145		145
	消費電力(W)	205		292
	送風機出力	給気 65%	排気 65%	給気 弱
	換気風量(m³/h)	340		340
	機外静圧(Pa)	67		67
	消費電力(W)	77		194
	送風機出力	給気 37%	排気 37%	給気 微弱
	換気風量(m³/h)	185		185
機能	機外静圧(Pa)	20		20
	消費電力(W)	26		110
	風量多段階制御	11段		3段
	CO <sub>2</sub> センサー風量自動制御	可		不可

### 3. DCブラシレスモーターとCO<sub>2</sub>センサー制御による省エネルギー換気

DCブラシレスモーターによる風量多段階制御と別売部材のCO<sub>2</sub>センサーを組み合わせることで、室内のCO<sub>2</sub>濃度に応じて最適な換気風量に自動調整し、居室空間に人が少ないときには換気風量を抑えた省エネルギー運転を自動で実施する(図10)。

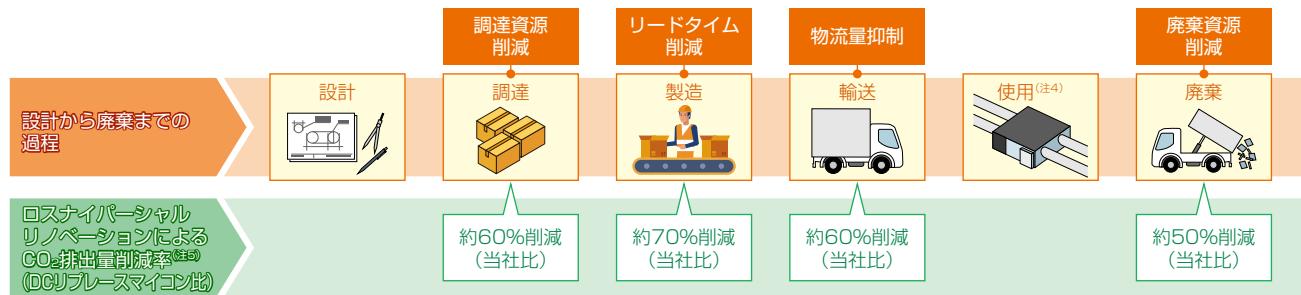
図10-CO<sub>2</sub>センサー制御による換気風量と室内CO<sub>2</sub>濃度のシミュレーション

11段階の風量切替えを行うことで、居室内のCO<sub>2</sub>濃度に応じて、きめ細かな風量制御が可能になった。必要以上に換気しないため空調機の負荷が低減し、ロスナイと空調機を合わせた電気料金は、CO<sub>2</sub>センサー未装着時と比べて約28%(15,140円/(年・台))削減可能である(図8)。

### 4. 環境負荷低減

この開発品は部分更新のため、本体更新と比べて調達、廃棄時の資源(鉄・スチロールなど)を削減し、CO<sub>2</sub>排出量の削減につながる。また、製品の製造や輸送にかかるCO<sub>2</sub>排出量も削減し、環境負荷低減に貢献している。

設計から廃棄まで、全ライフサイクルを本体更新と比較した場合、調達では約60%削減、製造では約70%削減、輸送では約60%削減、廃棄では約50%削減の効果を実現した(図11)。



(注4) DCUプレースマイコン、ロスナイバーシャルリノベーションどちらもDCブラシレスモーターを使用するため、CO<sub>2</sub>排出量を比較していない。

(注5) DCUプレースマイコン(LGH-RN50RXV<sub>2</sub>)、ロスナイバーシャルリノベーション部材(PGL-P50RX<sub>5</sub>)それぞれ1台で、調達、製造、輸送、廃棄におけるCO<sub>2</sub>排出量を試算し、削減効果を計算している。試算はISO14040及びISO14044の要求事項に従って実施している。IDEA Ver2.3、IEA(2020) Emission Factors、IPCC AR5、電気事業者別排出係数を参照し計算している。DCUプレースマイコン(LGH-RN50RXV<sub>2</sub>)は製品質量37kg、梱包材質量5kg、ロスナイバーシャルリノベーション部材(PGL-P50RX<sub>5</sub>)は製品質量13kg、梱包材質量6kgで試算している。代表機種のCO<sub>2</sub>排出量の比較であり、機種によってCO<sub>2</sub>排出量は異なる。

図11-既設品と開発品のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量の比較

## 5. む す び

省エネルギー性や製品の施工性改善、省資源化による環境負荷低減を達成した“ロスナイバーシャルリノベーション”開発について述べた。今後、既設建物の省エネルギー化(ZEB対応)の重要性は更に増して、この開発品の需要も高まると考えている。引き続き、市場ニーズを捉えながらカーボンニュートラル達成に向けた省エネルギー機器の開発に取り組んでいく。



## 特集論文

# 低GWP冷媒を使用した クールマルチシステム

Cool Multi System Using Low-GWP Refrigerant

江上 誠\*  
Makoto Egami  
幕田史哉\*  
Fumiya Makuta

\*冷熱システム製作所

### 要旨

フロン排出抑制法によって、業務用低温機器に使用される冷媒のGWP(Global Warming Potential)加重平均値を2025年度に1,500以下、2029年度に750以下にすることが求められている。三菱電機は、2019年にR463A-J(GWP: 1,483<sup>(注1)</sup>)を採用した機器を開発して2025年度の基準に対応してきたが、更なる低GWP化が求められている。そこで、S+3E(安全性、環境性、省エネルギー性、経済性)の観点からR32(GWP: 675)を選定し、業界初<sup>(注2)</sup>となるR32クールマルチシステムを開発した。このシステムは、微燃性冷媒に対する燃焼・爆発に備えるとともに、室外での冷媒漏えいの検知及び漏えい箇所の早期発見を可能にする機能を持っており、環境性と安全性の両立を実現した。

(注1) 経済産業省告示第五十四号に基づくものでありISO 5149-1: 2024 + And2: 2021に定める値を使用。

(注2) 2025年1月1日現在、当社調べ

### 1. まえがき

2050年までのカーボンニュートラル実現に向けて、業務用低温機器では冷媒の低GWP化及び省エネルギー化が重要な課題になっている。フロン排出抑制法に基づく指定製品制度によって、コンデンシングユニットの定格出力が1.5kWを超える機種には、2025年度までにGWPを1,500以下、2029年度までに750以下に削減することが義務付けられており、従来主流であったR410A冷媒(GWP: 2,090)からの転換が必要である。当社は、2025年の規制に対応するため、2018年からR463A-J(GWP: 1,483)を使用したコンデンシングユニット、ユニットクーラ、コントローラを含むクールマルチシステムを1.5kWから33.5kWの範囲でラインアップして規制に対応してきた(図1)。しかし、2029年に向けては更なる低GWP化が求められており、今後の対応が課題になっていた。

クールマルチシステムで、かんたん機種選定・手軽に省エネルギー

省エネルギー機能が充実 コントローラ



図1-クールマルチシステム

### 2. 代替冷媒の選定

冷凍空調分野でのカーボンニュートラル対応の方向性として、S+3Eの四つの指標が重要視されている(図2)。当社はこれらの要素のバランスが取れた冷媒が、2029年の規制に対してユーザーに多くのメリットをもたらすと考えて、冷媒の選定を実施した。その結果、R410A及びR463A-Jと類似した特徴を持つ高エネルギー密度冷媒<sup>(注3)</sup>であるR32を最

適解と位置付けて、業界初となるR32クールマルチシステムを開発し、2025年1月に発売した。次に、S+3Eの観点からR32の優位性を示す。

(注3) 当社では冷媒の潜熱が大きく熱の輸送能力が高い冷媒を“高エネルギー密度冷媒”と定義している。

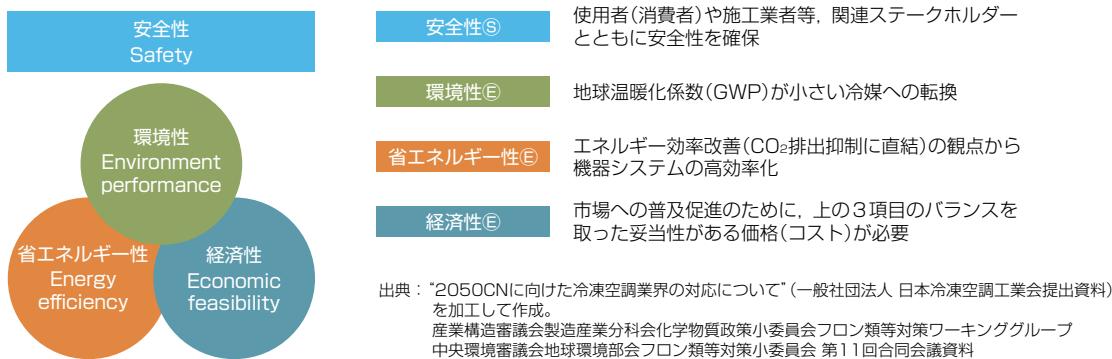


図2-代替冷媒に要求される条件(S+3E)

## 2.1 安全性

R463A-Jは不燃冷媒であり燃焼や爆発に対する安全対策が不要で、従来のR410Aと同様の運用が可能である。一方、R32は微燃性冷媒に分類されるため、安全対策が必要な場合がある。しかし、R32は微燃性冷媒の中でも燃焼下限界濃度(LFL)が比較的高く、安全対策不要で使用できることが多い。

## 2.2 環境性

冷凍空調機器による温暖化への影響には、冷媒の大気中への放出による直接的影響と、コンデンシングユニットの運転によって生じるエネルギー消費に伴う間接的影響がある。特に、間接的影響の方が環境への影響が大きいため、冷媒選定ではGWP値だけではなく、TEWI(総等価温暖化影響：直接影響と間接影響の合計)値の考慮が重要である。総合的に評価すると、高エネルギー密度冷媒であるR32は地球温暖化への影響が相対的に低いとされる。

## 2.3 省エネルギー性

低GWP冷媒としてCO<sub>2</sub>が有力な候補とされているが、CO<sub>2</sub>はフロン系冷媒と比較して吐出温度及び高圧が上昇しやすいという特性を持つ。特に外気温度が高くなる夏季には、機器の信頼性確保の観点から運転条件に制約を設ける必要があり、冷凍サイクルの効率が低下し省エネルギー性が損なわれる場合がある。一方、R32などのフロン冷媒は、外気温度が高い場合でも比較的安定した冷凍能力を維持することが可能であり、省エネルギー性に優れている。

## 2.4 経済性

高エネルギー密度冷媒は、潜熱が比較的大きい冷媒であり、圧縮機の押しのけ量や回転数を抑えつつ高出力を得ることが可能である。この特性によって、冷媒の圧力損失が低減されて、配管サイズを小さくできるため、R448Aなどの潜熱の小さい冷媒と比較して使用冷媒量を削減できる。また、冷媒配管材料費・冷媒費・配管工事費を含む初期コストを抑制でき、経済性にも優れる。

## 3. R463A-JとR32の兼用化

R32は空調機の主流冷媒であり、冷媒コストも比較的安価という利点があるが、微燃性であるため安全対策の検討が必要になる。一方、R463A-Jは不燃冷媒であり安全対策が不要なため、従来のR410Aと同様の使い勝手を求めるユーザーに適している。当社は、ユーザーが用途や将来の機器設備更新計画などに応じて冷媒を柔軟に選択できることが重要と考えて、R32クールマルチシステムで、R32とR463A-Jの冷媒兼用化を実現した(ただし、膨張弁は冷媒ごとに変更が必要)。兼用化によって、新規設置時には安全対策不要のR463A-Jを使用し、将来的にR32へ切り替えることが可能になる。

## 4. 製品の特長

開発したクールマルチシステムは、微燃性冷媒漏えい時の火災リスクを最小限に抑えるための安全機能に加えて、機器の安定運用、早期復旧の支援、及び環境性の向上に貢献する次の機能を搭載している。

### 4.1 室内側の冷媒漏えい検知システム

低温機器での微燃性冷媒漏えい時の安全対策は、一般社団法人 日本冷凍空調工業会によって規定されており、機器製造業者に対してはJRA 4072、設備工事管理業者と店舗関係者に対してはJRA GL-18が適用される。漏えい発生時の安全部材の必要性は、庫内の冷媒平均濃度が $1/4\text{LFL}$ (燃焼下限界濃度)を超えるか否かで判定される。クールマルチシステムは封入冷媒量が $1/4\text{LFL}$ を超える場合があるため、冷媒漏えい発生時に検知し、警報を発して、冷媒の遮断を行うことで、 $1/4\text{LFL}$ 超過濃度になるのを防止するシステムの開発を実施した(図3)。

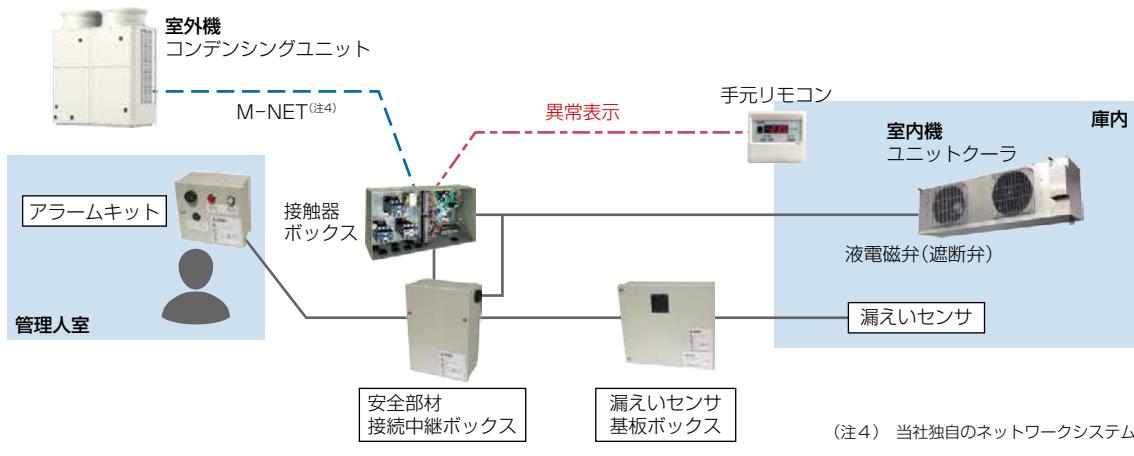


図3-冷媒漏えい検知システム

#### 4.1.1 漏えい検知器

ユニットクーラに内蔵可能な“漏えいセンサ”及びその入出力を制御する“漏えいセンサ基板ボックス”を開発した。ユニットクーラ内蔵型にすることで、施工業者が検知器の設置場所を検討する必要がなくなり、施工負荷が軽減される。漏えいは主に配管の腐食によるスローリークが多いため、これを模擬した流体解析及び実機検証を通じて、最適な設置場所を決定した。

#### 4.1.2 アラームキット

警報器は、常駐スタッフがいる管理人室などに設置する必要がある。漏えい検知後に警報信号を出力する“接触器ボックス”と管理人室が離れている場合、DC 5Vや12Vの警報信号では、配線抵抗による電圧降下の影響やノイズなどの外乱によって、警報信号未受信のリスクがある。そこで、それらのリスクを軽減できる200Vの信号で作動するブザーとランプを搭載した“アラームキット”を開発した。

#### 4.1.3 遮断弁

ユニットクーラには電磁弁及び膨張弁が内蔵されており、冷媒漏えい発生時には当該電磁弁が遮断弁として機能する。漏えいセンサによって冷媒漏えいが検知されると、電磁弁への通電を遮断し、ユニットクーラへの冷媒流入を遮断する。その後、自動的にポンプダウン運転へ移行し、冷媒はコンデンシングユニット側へ回収される仕組みである。

#### 4.2 室外側の冷媒漏えい検知

コンデンシングユニットは、従来機種では“サブクール効率”という指標を用いてシステム内の冷媒不足状態を検知

し、プレアラームを発信することで、冷媒漏えいの可能性をユーザーに通知する機能を搭載してきた<sup>(1)</sup>。今回、R32及びR463A-Jの両冷媒に対応した冷媒不足検知機能を新たに設計した。これによって室外側で冷媒漏えいも早期に検知可能になり、環境負荷の低減に寄与するとともに、JRA-GL17に準拠することで定期点検時の作業負荷軽減も実現した。

#### 4.3 冷媒漏えい箇所検出用蛍光剤の導入

低温機器では、熱交換器などの配管構造が複雑な箇所では、冷媒漏えい時にその箇所を特定することが困難な場合がある。そこで従来機種から、冷媒漏えい箇所を容易に特定する手段として、紫外線(UV)に反応する蛍光剤の導入を進めている(図4)。これによって、冷媒漏えい箇所の特定に要する作業時間の短縮を実現するほか、冷媒漏えい量の削減と早期復旧が可能になる。一方、蛍光剤の製品化では、コンデンシングユニットへの封入方法と蛍光剤濃度の検討が課題になる。



図4-漏えい箇所検出用蛍光剤

##### 4.3.1 封入方法の検討

蛍光剤を冷媒設備へ封入する方法として冷媒チャージと同時に封入する手法があるが、この手法では多くの工具が必要であり、さらに工具が蛍光剤で汚れてしまう問題がある。加えて、封入作業は煩雑で、手順ミスによって蛍光剤が飛び散るおそれがある。そこで当社は、真空引き時の圧力差を利用して圧縮機へ直接蛍光剤を封入する方法を採用した(図5)。カートリッジを給油口に接続するだけで簡単に封入できて、作業効率と安全性が向上し、さらに蛍光剤の循環も早まった。

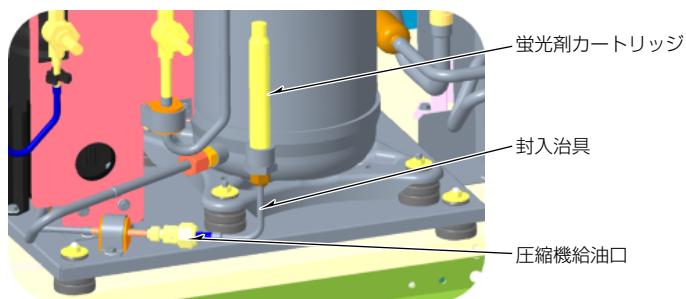


図5-蛍光剤の封入方法

##### 4.3.2 蛍光剤濃度の選定

蛍光剤をコンデンシングユニットへ導入するに当たって、適切な蛍光剤濃度について検討する必要がある。濃度が高すぎると、特定の条件下で蛍光剤が固体として析出し、冷媒回路部品の故障や異常な運転を引き起こす懸念がある。逆に濃度が低すぎると、UVライトを照射した際の発光が弱くなり、冷媒漏えい箇所の特定が困難になる。そこで、実機検証を通じて、圧縮機や膨張弁を含む冷媒回路部品の品質及び信頼性を確保しつつ、冷媒漏えい時に十分な発光が確認できる適切な蛍光剤濃度を特定した。これによって、機能と品質の両立を実現する濃度の蛍光剤の導入を実現した。

## 5. む す び

今回、フロン排出抑制法への対応と2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、低GWP冷媒としてR32を採用したクールマルチシステムの開発を行った。R32は省エネルギー性及び経済性に優れており、これを用いることで環境負荷の低減が期待される。それに加えて、システムに安全性及び環境性に考慮した機能を搭載したこと、S+3Eの観点に基づく機器開発を実現した。今後も法規制や市場ニーズに即した製品開発を継続し、持続可能なクールマルチシステムの実現に貢献していく。

## 参 考 文 献

- (1) 佐多裕士, ほか: 冷媒不足検知, 冷媒封入アシスト機能搭載 R410Aコンデンシングユニット, 冷凍, 93, No.1088, 358~359 (2018)

## 特集論文

# 空調・家電機器のIoT化を実現する通信技術

Communication Technology to Realize IoT for Air Conditioning and Home Appliances

樋原直之\*  
Naoyuki Hibara  
遠藤弘明\*  
Hiroaki Endo

\*IoT・ライフソリューション新事業推進センター

### 要 旨

IoT(Internet of Things)技術の発展によって、空調・家電機器のIoT化が進んでいる。三菱電機でも機器の遠隔操作に加えて、機器間の連携制御や、データ活用による新たな顧客価値の開発を進めている。一方、空調・家電機器はユーザーの元で長期間にわたって使用されるため、使い勝手やセキュリティに関する課題も顕在化しつつあり、製品ライフサイクルの期間、安心して使ってもらえるようにすることが必要である。通信部分の課題は機器によらず共通のため、当社では、機器に搭載する通信機能をプラットフォーム化して開発の効率化を図っている。

### 1. まえがき

Wi-Fi<sup>(注1)</sup>、Bluetooth<sup>(注2)</sup>など無線通信技術の発展によって通信機能を機器に安価に搭載できるようになり、空調や家電、住宅設備機器についてもIoT化によるインターネットへの接続が進んでいる。

当社では、これらのIoT機器からデータを収集する“Linova”(リノバ)、IoT機器の連携制御機能をスマートフォンアプリとして提供する“MyMU”(マイエムユー)、得られたデータを分析し新たな価値への気付きを得るデータ分析基盤“KOTOLiA”(コトリア)など複数のプラットフォームから成るIoT基盤を構築し、機器の遠隔操作だけでなく、機器間の連携制御の実現や、データ活用による新たな顧客価値を提供するソリューションの開発を行っている<sup>(1)</sup>。

一方、空調・家電機器はユーザーの元で長期間にわたって使用されるため、使い勝手やセキュリティに関する課題も顕在化しつつあり、製品ライフサイクルの期間、安心して使ってもらえるようにすることが必要である。通信部分の課題は機器によらず共通のため、当社では、機器に搭載する通信機能をプラットフォーム化して開発の効率化を図っている。

本稿では、まず空調・家電機器向けIoT通信プラットフォームの概要を述べて、空調・家電機器のIoT化で留意すべき課題として“IoTセキュリティ”“初期設定容易化”“オープン化”“製品ライフサイクル”的4項目を取り上げてその取組みについて述べる。

(注1) Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標である。

(注2) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。

### 2. 空調・家電機器向けIoT通信プラットフォーム

空調・家電機器向けIoT通信プラットフォームの概念図を示す(図1)。当社では、このような空調・家電機器向けIoT通信プラットフォームの一つとして共通無線モジュールを開発し、各種製品に適用してIoT化を図っている。

プラットフォームは、下位通信層、ミドルウェア層、アプリケーション層に大別される。各階層は厳密に定義されるわけではないが、おおむね次のように構成している。

#### (1) 下位通信層

インターネットに接続するための通信機能を提供する。通信方式は用途やコストを考慮して選定し、家庭用では現在、無線LANを使用することが多い。また、業務用では現地の通信設備を不要にするためにセルラー回線を利用し、機器から直接インターネットに接続できるようになることが多い。空調・家電機器のIoT化の用途では安いやすいデバイスも多くなっており、それらを活用して構築している。

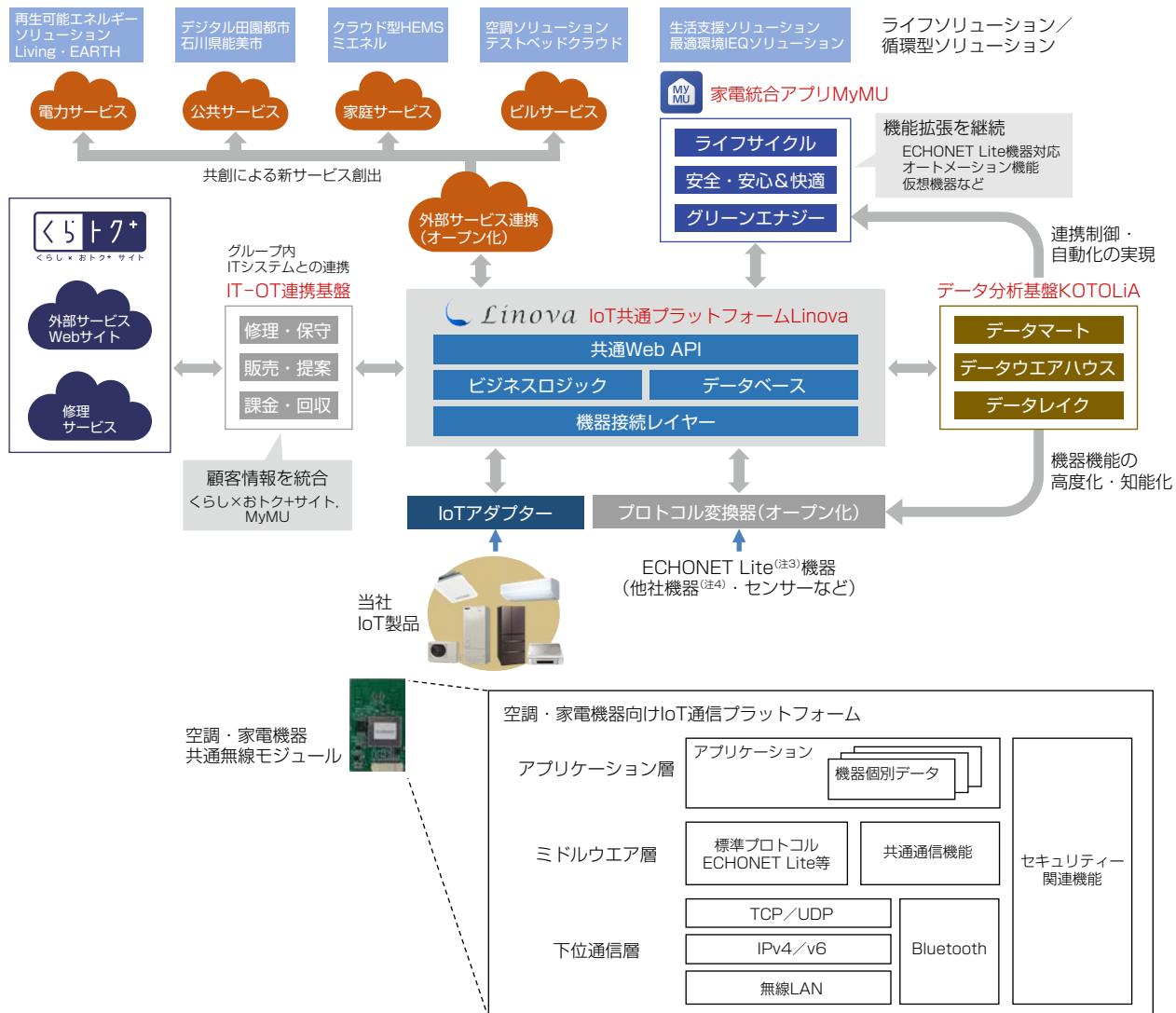
#### (2) ミドルウェア層

機器によらず共通の機能を提供する。例えば、当社のクラウドシステムと通信するための共通の通信手順やスマートホーム向け標準プロトコルECHONET Liteなどの処理機能を実装している。

### (3) アプリケーション層

機器ごとに固有の処理を行う部分である。通信機能のほとんどを機種によらず共通にすることで、データ定義の変更だけで各種機器に対応できる構成にしている。

このように階層的な構造にすることで、通信方式や接続機器が変わった場合でもその他の部分は共通で扱うことができ効率的な開発を可能にしている。セキュリティについてはシステム全体を考慮する必要があるため、全体を俯瞰(ふかん)して設計した上で、各階層に必要な機能や階層をまたぐ処理をそれぞれ実装している。



HEMS : Home Energy Management System, IEQ : Indoor Environmental Quality, OT : Operational Technology,  
API : Application Programming Interface, TCP : Transmission Control Protocol, UDP : User Datagram Protocol, IP : Internet Protocol  
(注3) ECHONET Liteは、一般社団法人 エコネットコンソーシアムの登録商標である。  
(注4) 蓄電池、太陽光発電システムなど

図1-空調・家電機器向けIoT通信プラットフォーム

### 3. 空調・家電機器のIoT化で留意すべき課題と取組み

2章では機器によらず通信機能を効率的に開発するためのプラットフォームについて述べたが、空調・家電機器のIoT化に当たっては、通信機能の搭載だけでなく、ユーザーの利便性や使用期間にわたるセキュリティを含めた信頼性などにも留意が必要である。ここでは、空調・家電機器のIoT化で留意すべき課題と取組みについて述べる。考慮することは多いが、特に“IoTセキュリティ”“初期設定容易化”“オープン化”“製品ライフサイクル”的4項目に焦点を当てて述べる。

### 3.1 IoTセキュリティ

IoT機器の普及に伴って、近年、IoTセキュリティへの関心が急速に高まっている。インターネットへの接続によって遠隔操作や機器連携による新たなソリューションが期待される一方、外部と接続されることでサイバー攻撃のリスクが生じる。従来は個々のメーカーでセキュリティ対策を講じていたが、近年は各国・地域で、IoTセキュリティに関する法規制やガイドライン、ラベリング制度等の整備が進んできており、IoT機器での共通のセキュリティ対応方針が示されるようになってきた。例えば、欧州では、無線機器指令でセキュリティの要件が強化されて、さらに無線機器だけでなくデジタル製品全般を対象とするサイバーレジリエンス法が制定されている。日本でもIoT製品を対象として、セキュリティ要件適合評価及びラベリング制度(JC-STAR)<sup>(2)</sup>が2025年3月から開始されている。

IoTセキュリティは、個別機能に対する処理の追加だけでは解決できず、システム全体を考慮した対応が必要である。例えば、認証・暗号化など最新のセキュリティ技術への対応、ファームウェアの安全な更新、情報資産の適切な管理、脆弱(ぜいじやく)性への速やかな対応などがある。さらに空調・家電機器は、パソコン等に比べて性能の低い組み込み機器の上でこれらを実現する必要がある。セキュリティ要件への包括的な対応のため、設計段階からセキュリティを考慮してシステムに組み込むセキュリティバイデザインの考え方方が提唱されている。当社でもこの考え方に基づいて、法規制等の動向も確認しながら、関連部門間で連携し継続的にセキュリティに関する対応・改善を図っている。

### 3.2 初期設定容易化

IoT機器をインターネットへ接続するためには、最初に適切な接続設定を行うことが必要である。その際、初期設定の手順が複雑であるとユーザーの負担が増えて、IoT機能が標準搭載された機器であってもIoT化されないことになる。空調・家電機器は専門の業者ではなく、エンドユーザーが初期設定を実施するケースが多く、設定作業を容易にすることが、普及拡大へのポイントである。

一方、セキュリティの観点では、不正なアクセスを防ぐため、初期設定でもセキュリティを適切に確保する必要がある。初期設定とセキュリティの関連性の例として、これまで無線LANアクセスポイントとの接続を容易に行うためにWPS(Wi-Fi Protected Setup)機能を搭載する機器が多くなったが、技術動向としては、セキュリティ上の理由からWPSは順次廃止の方向に進んでいることが挙げられる。初期設定容易化に当たっては、こうした動向変化も踏まえて、必要に応じて見直しを図っていく必要がある。

このように初期設定容易化はセキュリティとバランスを取って対応する必要がある。当社では、QRコード<sup>(注5)</sup>とBluetoothを用いた初期設定機能の開発や、ユーザーインターフェース改善などに取り組んで、ユーザーの利便性向上とセキュリティ確保の両立を図っている。また近年では通信規格Matter<sup>(注6)</sup>もQRコードによる簡単接続を謳(うた)っており、Matter規格対応の検討にも取り組んでいる。

(注5) QRコードは、(株)デンソーウェーブの登録商標である。

(注6) Matterは、Connectivity Standards Allianceの登録商標である。

### 3.3 オープン化

機器間の連携制御やエネルギー管理といった新たな顧客価値の創出に当たって、当社製品だけで構成されたシステムでは実現できる機能が限定されるため、システムをオープン化し、他社製品も含めたマルチベンダーでのシステム構築が不可欠である。マルチベンダーを実現する仕組みは、エッジ側で機器をまとめるか、クラウド側で機器をまとめるかに大別される。

エッジ側で機器をまとめる場合、ECHONET LiteやMatterといった標準規格が使われる。これらの標準規格に対応することでマルチベンダーを実現できる。一方、クラウド側で機器をまとめる例としては、Apple<sup>(注7)</sup>、Google<sup>(注8)</sup>、Amazon<sup>(注9)</sup>といったプラットフォーマーによるシステムがある。この場合、各プラットフォーマーは自身のプラットフォームに接続部を用意し、IoT機器メーカーが各社クラウドからこれらに接続することでマルチベンダーが実現される。さらにECHONET Lite Web APIはクラウド側のAPIを標準化するもので、標準化によってクラウド側でのマルチベンダー対応開発を効率化し各社の連携を促進することを狙っている。

こういったマルチベンダーの実現方式は、技術や市場の動向によって変遷してきている。2010年代前半までは、HEMSコントローラーのようにエッジ側で機器をまとめる方式が主流であったが、IoT技術の進展に伴ってクラウド側で

連携する方式も広まり、ECHONET Lite Web API等の整備によって更なる発展が期待される。一方、企業間のクラウド連携には課題もあり、Matterはエッジ側で機器をまとめる構成になっている。

このような状況はマルチベンダー化の技術がまだ発展途上であることを示している。また、エッジ側でまとめるか、クラウド側でまとめるかで、必要な技術も大きく変わってくる。当社では低圧エネルギー資源アグリゲーションシステム“Living・EARTH”<sup>(3)</sup>や、河村電器産業(株)と共同開発したクラウドHEMS対応住宅分電盤などの開発を通して、クラウド側、エッジ側の双方でマルチベンダーでのシステム構築に取り組んでいる。引き続き、標準化動向も踏まえてオープン化に必要な技術開発を進めていく。

(注7) Appleは、Apple, Inc.の登録商標である。

(注8) Googleは、Google LLCの登録商標である。

(注9) Amazonは、Amazon Technologies, Inc.の登録商標である。

### 3.4 製品ライフサイクル

現在、IoT化を実現する通信技術は日々進化している。一方、空調・家電製品は更に長い期間市場で利用されるため、ライフサイクルのギャップが生じる。出荷済みの製品であっても、通信規格のバージョン更新によって従来どおり接続できなくなる、セキュリティ要件の変化で新たな機能追加が必要になる、開発時には顕在化していなかった脆弱性が製品の出荷後に判明する、といった問題が発生する可能性がある。そのためファームウェア更新機能を備えて、出荷後も機能更新できるようにして、プラットフォーム化によって、要件の各機器への速やかな展開を可能にしている。

## 4. むすび

空調・家電機器のIoT化を実現する通信技術として、IoT通信プラットフォームの概要、及び空調・家電機器のIoT化での課題と取組みについて述べた。特に課題として“IoTセキュリティ”“初期設定容易化”“オープン化”“製品ライフサイクル”的四つを取り上げた。どれも特定の技術で解決できるものではなく、通信・セキュリティ等の要素技術と、製品の全体設計を組み合わせた高度な検討が必要になっている。

また、製品ライフサイクルの観点では、製品の譲渡・廃棄などを想定し、通信機能に関する設定情報や機器の稼働情報などの情報資産を適切に削除できることなども必要である。こうした様々なユースケースを想定し、安心して使えるよう継続して改良・改善を図っていく。

当社の掲げる“Serendie”(セレンディ)によるビジネスモデルの変革では、コンポーネントから生まれるデータが基点の一つになっており、機器をつなぐIoT技術はその重要な基盤である。ソリューションを実現するデジタル基盤技術として地道に取り組んで、ライフビジネスエリアでの新しい価値の創出につなげていく。

## 参考文献

- (1) 石原 鑑：ライフソリューションを実現するIoT基盤の進化、三菱電機技報、98, No.10, 2-01~2-07 (2024)
- (2) 独立行政法人 情報処理推進機構：セキュリティ要件適合評価及びラベリング制度(JC-STAR)  
<https://www.ipa.go.jp/security/jc-star/index.html>
- (3) 森實優太, ほか：低圧エネルギー資源アグリゲーションシステム“Living・EARTH”，三菱電機技報、98, No.10, 7-01~7-05 (2024)

# 特集論文

小池成彦\*  
Narihiko Koike

## 野菜の冷凍で食品ロス削減“できちゃうV冷凍” を搭載した三菱冷蔵庫“MZ/WZシリーズ”

Mitsubishi Refrigerator “MZ/WZ Series” Equipped with “Dekichau V Reitou” for Reducing Food Waste by Freezing Vegetables

\*静岡製作所

### 要 旨

三菱電機は、食品ロスの削減と、冷凍した野菜の使い勝手向上を狙って、野菜を手軽に冷凍し、調理の際にも悩まず・手間なく使える“できちゃうV冷凍”機能を開発した。冷凍した野菜の使い勝手向上だけでなく、野菜の冷凍を促す機能として提案することで、近年の物価高騰や、食品ロス削減意識の変化にも対応できて、これまで野菜を冷凍しなかったユーザーにも、野菜を冷凍するという新しい価値を提供できる。この機能は、冷凍した野菜を碎いて調理に使う、という従来にない新しい体験のため、機能に関連する動画コンテンツ・レシピを作成し、具体的な使い方・生活シーンも含めてユーザーへ提案した。できちゃうV冷凍を搭載した三菱冷蔵庫“MZシリーズ”を2024年12月に、“WZシリーズ”を2025年1月に発売した。

### 1. まえがき

循環型社会の実現に向けて、持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals : SDGs)の一つに、2030年までに世界全体の一人当たりの食料廃棄を半減することが設定されており、冷蔵庫にも家庭での食品ロスを削減できる機能が求められている。環境省の推定<sup>(1)</sup>によると、2022年度に日本で発生した食品ロスは約472万トンであり、家庭系食品ロスはその半数、約236万トン発生している。さらに、その内訳を見ると、未使用や皮のむき過ぎ等で過剰に捨てられる量が約135万トンであり、食べることができる食品が捨てられているケースが非常に多い。また、消費者庁の調査<sup>(2)</sup>によると、2021年の食品ロスによる経済損失は、一世帯当たり年間7.2万円と試算されて、水道代にかかる金額(年間5.1万円)よりも大きい。その調査によると、家庭での食品ロスによる温室効果ガスの排出量は1,138万トンにも上って、家計・環境共に、食品ロスが与える影響は無視できない状況になっている。

これまで当社の冷蔵庫は、ユーザーの生活を更に豊かにして、食の楽しみをシェアできる社会の実現を目指して、食品をおいしく長く保存できる“切れちゃう瞬冷凍”や“氷点下ストッカー”など、日々の生活が便利で使いやすくなる機能を実現してきた。“家事をもっとラクに楽しく”できることに加えて、先に述べた食品ロスに関する課題の解決を目指して、家庭で最も食品ロスが多い野菜に着目し、野菜の冷凍を促すことで食品ロス削減と使い勝手向上を両立できる、できちゃうV冷凍を開発した。本稿では、できちゃうV冷凍が解決する困りごと、ユーザーに提供する価値及び冷蔵庫での実現方法について述べる。

### 2. 野菜の冷凍保存の実態

近年の物価高騰による家計の節約意識の高まりや、SDGsを背景とした食品ロス削減意識の変化から、市販の冷凍食品やホームフリージングの活用ニーズが高まっている。ホームフリージングとは、家庭で食品を冷凍することを指して、保存期間の延長、すなわち食品ロス削減を目的に実施されることが多い。その一方で、家庭で発生する食品ロスは多く、アンケート調査の結果、野菜が27.5%と最多であり、さらに廃棄される野菜の内訳を見ると、葉物類が特に多いことが分かった(図1)。この理由として、野菜の下ごしらえ(洗う・切る・皮をむく等)に手間がかかるために、購入しても料理に使用するのを後回しにしてしまうこと、特に葉物類は冷蔵保存では長持ちしないことが挙げられる。この解決策の一つとして、野菜のホームフリージングが挙げられるが、アンケート調査によると(図2)、生の肉魚に比べて、生の野菜のホームフリージングの活用度は低い。特に、市販の冷凍野菜は約40%の家庭で冷凍保存されるにもかかわらず、生の野菜のホームフリージングは20%以下と、同じ野菜の冷凍であっても、両者にはギャップが存在しており、生の野菜を冷凍することにハードルが存在することが分かる。

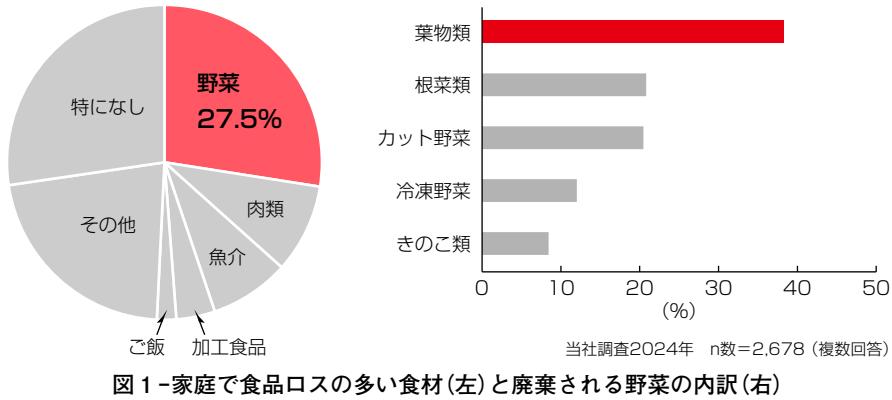


図1-家庭で食品ロスの多い食材(左)と廃棄される野菜の内訳(右)

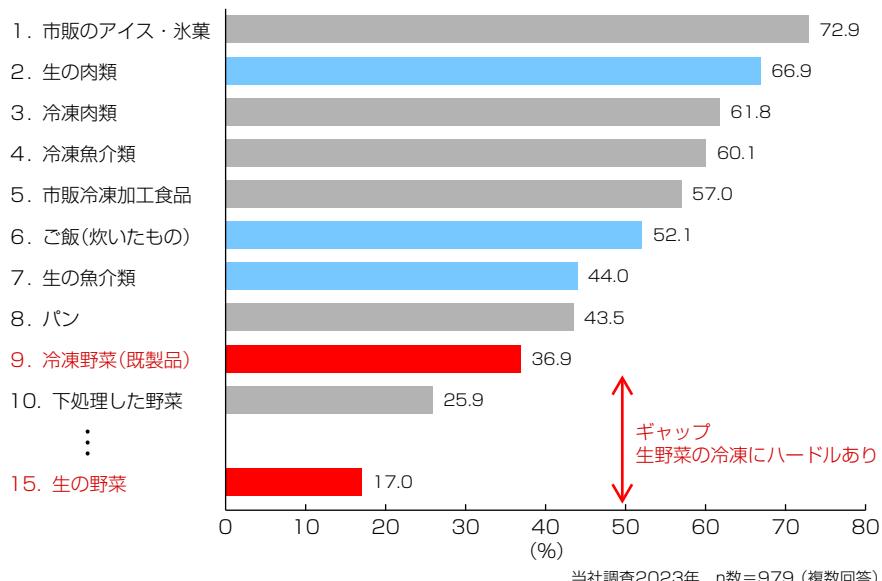


図2-家庭で冷凍保存される食品の割合

そこで、普段から野菜のホームフリージングを実施している人に、どのように野菜を冷凍保存しているかヒアリングし、野菜のホームフリージングが活用されない理由を探ったところ、二つの課題が存在することが分かった。一点目が、冷凍する前に計画が必要な点である。野菜は、冷凍後にそのサイズを変えることができないものが多いため、事前に冷凍後の使い方・メニューを想定してから冷凍保存する必要がある。計画なしにとりあえず冷凍した場合、冷凍したものを使い道が分からず、使わないまま古くなり廃棄してしまうことがある。二点目が、最適な下処理が必要な点である。計画した使い方に合わせて、食材・メニューごと、最適な下処理をしてから冷凍保存することで、手間なく冷凍野菜を活用できる。例えば、ブロッコリーやほうれん草は下ゆでてから、キャベツや玉ねぎは使用予定のサイズにあらかじめカットしてから、などである。しかし、この下処理の手間が、野菜のホームフリージングを避ける要因の一つにもなっている。これら二つの課題によって、野菜のホームフリージングをしない・できない、といった意識につながっていることが分かった。一方、この課題が解決できれば、野菜のホームフリージングに対する意識の改革と、冷凍した野菜の活用を促すことができて、結果として、家庭での食品ロス削減につなげることができると考えた。

### 3. できちゃう V 冷凍

この章では、できちゃう V 冷凍が提供する価値とその実現方法、操作について述べる。

#### 3.1 提供価値と原理

図3に、できちゃう V 冷凍が提供する価値を示す。野菜は一度冷凍するとサイズが変えられず、使い方が制限されて、料理の自由度が低くなってしまう、といった従来の困りごとを、冷凍した野菜を碎ける状態に変化させて、冷凍した後も

自由なサイズに変えられることで解決した。事前の計画・下ごしらえが不要になるため、悩まず・手間なく冷凍野菜を活用できて、使い勝手を向上できる。さらに、これまで野菜を冷凍しなかったユーザーにも、野菜の冷凍を促す機能として提案できる。

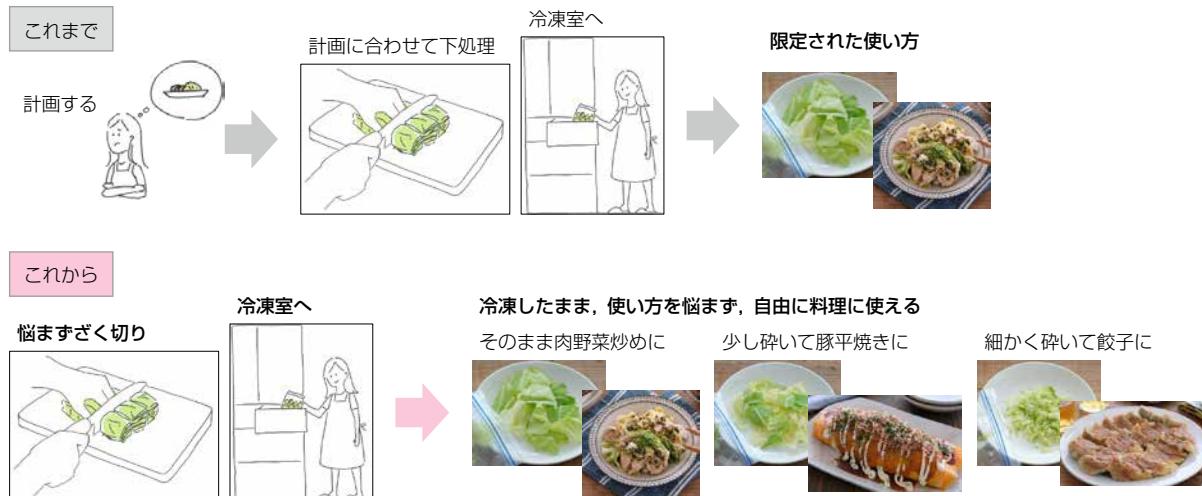


図3-できちゃうV冷凍が実現する価値

この価値を実現する方法として、食品の凍結濃縮によるガラス転移に着目した。食品を冷却すると、内部には氷結晶が生成される。温度を下げると、食品中の氷結晶の割合は増加し、未凍結部分の溶質濃度は上昇する(これを凍結濃縮と呼ぶ)とともに粘度が上昇し、やがて見かけ上は固体として振る舞う状態に転移する。この状態をガラス状態と呼んで、硬く脆(もろ)い物性にあることが知られている<sup>(3)(4)</sup>。できちゃう V 冷凍はこの性質を利用し、野菜が碎ける状態になる温度まで冷却することで、野菜を冷凍した後も、冷凍したまま、自由なサイズに碎けることを実現した。

### 3.2 冷蔵庫での実現方法

野菜を碎ける状態にするためには、野菜を保存する冷蔵室の温度を低温にする必要がある。しかし、常時低温化すると、冷蔵庫の消費電力が増加し、電気代の上昇が懸念される。そこで、ユーザーが使いたいときだけ、短時間で効率良く冷やしこむ制御にすることで、電気代の上昇と使い勝手の両立を実現した。ここで課題になるのが、碎ける状態まで冷却するのにかかる時間と、冷やしこみ中にほかの部屋に保存する食品への影響、の二点である。これらの課題は、当社独自の“全室独立構造”によって解決した。当社の冷蔵庫は、全ての部屋が仕切られて、独立した構造になっていることが特徴である。各部屋には温度センサーと扉開閉センサーを設置しており、部屋ごとの温度と扉開閉を検知し、ユーザーの用途に合わせた最適な温度管理を実現できる。全室独立構造によって、ほかの食品への影響なしに、対象とする野菜だけを短時間で冷やしこんで、電気代の上昇を最小限に抑えつつ、野菜が碎ける機能を実現した。

### 3.3 操作パネルとスマートフォンアプリ

図4にできちゃう V 冷凍を搭載した冷蔵庫の操作パネルとスマートフォンアプリ画面のイメージを示す。誰もができる「できちゃう V 冷凍」を簡単に設定できるよう、ワンタッチで設定できるボタンを操作パネル上に用意した。また、冷やしこみ完了後、野菜が碎ける状態に変化したことを操作パネル上に表示するとともに、スマートフォンアプリからも完了通知をお知らせする。さらに、スマートフォンアプリを通して、できちゃう V 冷凍を設定できるようにし、職場から自宅に帰宅中、スーパーでの買物中等、自宅以外の場所からも事前設定を可能にした。

できちゃう V 冷凍は、冷凍した野菜を碎いて調理に使う、という新しい体験になるため、具体的な使い方・生活シーンをイメージできる動画コンテンツや、碎いた野菜を使ったレシピを料理研究家の方と連携して作成し、当社のポータルサイト“くらし×おトク+サイト”<sup>(5)</sup>や“三菱家電ファンサイト”<sup>(6)</sup>に掲載した。碎いた後の野菜の使い方も含めてユーザーへ提案することで、野菜のホームフリージングを活用している人、活用していない人の両者へ、冷凍した野菜の活用を促すことが可能である。



図4-冷蔵庫操作パネルとスマートフォンアプリ画面のイメージ

## 4. むすび

食品ロスの削減と、冷凍した野菜の使い勝手向上を狙って、当社冷蔵庫の新機能として、できちゃう V 冷凍を開発した。野菜の冷凍を促して、冷凍によって保存期間を延長できるため、近年の物価高騰や、SDGsを背景とした食品ロス削減意識の変化に貢献できて、これまで野菜を冷凍しなかったユーザーにも、野菜を冷凍するという新しい価値を提供できる。今後も引き続き、ユーザーの困りごとと社会課題、両者の解決に貢献できる冷蔵庫の開発を進めていく。

### 参考文献

- (1) 環境省：我が国の食品ロスの発生量の推計値(令和4年度)の公表について  
[https://www.env.go.jp/press/press\\_03332.html](https://www.env.go.jp/press/press_03332.html)
- (2) 消費者庁：食品ロスによる経済損失及び温室効果ガス排出量に関する調査業務 調査報告書  
[https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer\\_policy/information/food\\_loss/efforts/assets/efforts\\_240131\\_0002.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/efforts/assets/efforts_240131_0002.pdf)
- (3) 川井清司：凍結濃縮による食品のガラス転移と浸透圧脱水, Journal of the Heat Transfer Society of Japan, 55, No.232, 18~23 (2016)
- (4) 君塚道史：食品冷凍技術の考え方, Journal of the Heat Transfer Society of Japan, 55, No.232, 24~28 (2016)
- (5) 三菱電機：くらし×おトク+サイト 冷凍機能  
<https://kuratoku.lcx.mitsubishielectric.co.jp/ref/frz/>
- (6) Nadia(株)：三菱家電ファンサイト 新着レシピ 冷蔵庫  
<https://oceans-nadia.com/fans/mitsubishielectric/recipe?pid=1>

**三菱電機株式会社**