

熱関連トータルソリューション

Heat-related Total Solution

*E&Fソリューション事業推進部

要旨

三菱電機は、電力と熱のエネルギーコスト削減と脱炭素化の推進に貢献する“熱関連トータルソリューション”の提供を開始した。このソリューションでは、顧客の課題を明確化するコンサルティングから、データ分析、設備ごとの熱システム設計、電化に寄与する給湯・産業冷熱機器の提供、エネルギーマネジメントシステムによる電力と熱エネルギーの効率的な運用支援までをワンストップで提供する。これによって、製造業やビルオーナー、熱供給事業者の課題を解決し、電力と熱のエネルギーコスト削減と脱炭素化の推進に貢献する。

1. ま え が き

近年、2050年までに温室効果ガス(GreenHouse Gas : GHG)の排出を実質ゼロにするカーボンニュートラルや持続可能な社会の実現に向けて、様々な取組みが加速している。電力分野では電源の脱炭素化と電力の地産地消、産業・民生・輸送分野ではエネルギーの電化とグリーン電力の利用による脱炭素化が進められている。研究開発でも、カーボンフリー燃料として水素・アンモニアを有効活用する技術開発が推進されているほか、CO₂を回収してメタンを生成するメタネーション技術も進展している。また、非化石価値の取引をはじめとした経済的手法、脱炭素への取組みを投資判断の指標とする金融的手法が導入されるなど、様々な角度からのアプローチが試みられており、産業構造や社会経済の変革を伴う大きな潮流になりつつある。製造業等の需要家サイドでは、GHGの排出削減に加えて、サプライチェーン全体での脱炭素化達成への要請が高まりつつある。製造業のGHG排出量の削減では、燃焼系機器の脱炭素化が必要であり、その有力な対策手段としてヒートポンプへの置き換えなど電化への期待が大きい。しかしながら、コスト負担や多種多様な製造プロセスに対応したシステム設計の知見、技術者不足等が障壁になり、電化機器の導入は進んでいない。今後、製造業が持続可能な事業活動を推進していくためには、効率的かつ経済的に脱炭素化を進めることが必要になってくる。

このような背景で、当社は経営戦略として掲げる循環型 デジタル・エンジニアリング事業の一つとして、エネルギー&ファシリティ(E&F)ソリューションの事業創出に取り組んでいる。

本稿では、長年培った空調冷熱機器の設計開発技術をコア技術として、デジタル技術とコンポーネントの両面から顧客のエネルギーコスト削減と脱炭素化の推進に貢献する熱関連トータルソリューションについて述べる。

2. 熱関連トータルソリューション

製造業分野やビル分野等の大規模需要家のエネルギー利用では、電力だけでなく熱(蒸気、温水、冷水等)も広く利用されている。大規模需要家での熱エネルギー利用は、ビル分野では空調・給湯用途が多く、製造業分野では空調・給湯用途に加えて生産工程での利用も多い。さらに製造業の生産工程は多種多様であり、生産工程に応じて求められる熱の温度、圧力、容量、性質が全く異なる。それらの熱エネルギーを生成するために、パッケージエアコンやビル用マルチエアコン等の冷媒を利用した空調設備のほかにボイラー、冷凍機、ヒートポンプチャラー、エコキュート(注1)等の蒸気、温水、冷水を生成する熱源設備や、バーナーなどで直接加熱する工業炉が用いられている。また、電力と熱を同時に生成するコージェネレーションシステムや、電力や熱のエネルギーを蓄積する蓄電池、蓄熱槽等の設備も広く用いられている。熱源設備には化石燃料の燃焼によって熱を得る設備が多いが、脱炭素社会の推進には化石燃料からの転換が必要であり、既存の熱源設備を電化する取組みやカーボンフリー燃料の活用検討も活発になってきている。

このような背景から、当社は電力と熱のエネルギーコスト削減と脱炭素化の推進に貢献する熱関連トータルソリューションの提供を開始した。このソリューションのイメージを図1に示す。このソリューションでは、顧客の課題に応じた

コンサルティングからデータ分析に基づく施策提案，導入効果シミュレーションといったデジタルサービスと，熱システム設計・施工等のエンジニアリング，設備導入，さらに電力と熱エネルギーの最適運用をワンストップで実現する。

(注1) エコキュートは，関西電力㈱の登録商標である。

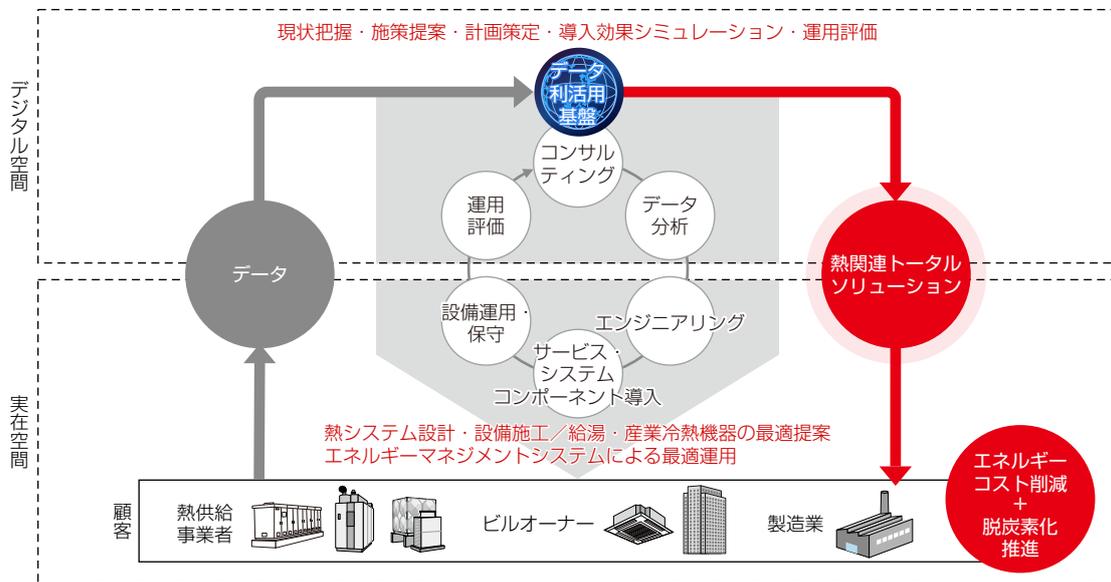
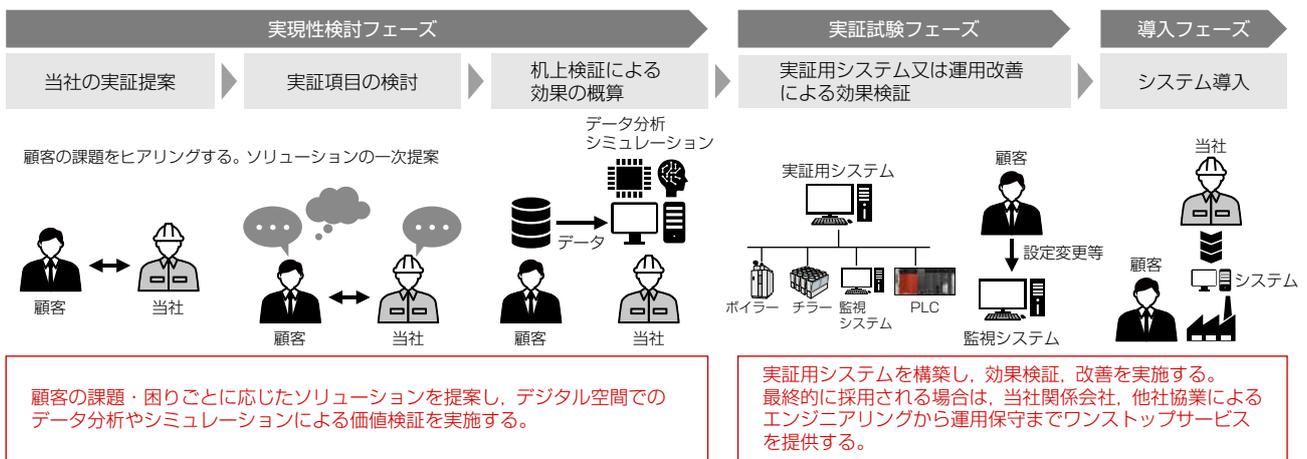


図1ー熱関連トータルソリューションのイメージ

3. 熱関連トータルソリューションの導入までの検討ステップ例

図2にこのソリューションの導入ステップを示す。このソリューションは，まず顧客の課題・困りごとを起点として提案を開始する。そのため，決まった型がある提案ではなく，実証・PoC(Proof of Concept)を通じて顧客の課題を明確化し，まずは既存コンポーネントを最適な組合せで提案するほか，実証実験を経て，導入まで支援する。また，実証実験や導入後に得られたデータ・知見を活用し，更なる改善提案や新規コンポーネント・サービス開発に結び付けることで，循環型 デジタル・エンジニアリングを実現する。



PLC : Programmable Logic Controller

図2ー熱関連トータルソリューションの導入ステップ例

まず実現性検討フェーズでは，顧客とのディスカッションを通じて，設備や運用の課題を共有する。当社はこれまでの事例や社内外の技術，製品を踏まえて，その解決に資するソリューションアイテムの洗い出しを実施する。幾つかの候補の中から，実現性，効果が高いと思われるアイテムを選定し，検証内容を決定する。その際，実際に顧客の運用データや

システムの図面，仕様情報を入手し，現状の運用状況の分析や机上シミュレーションによって効果を概算する。その結果に基づいて，すぐに導入に進むか，顧客のフィールドを利用した実証試験に進むかを判断する。

次に，実証試験フェーズでは，顧客のフィールドでの実証試験によって，机上検証の効果を実システムで検証する。実証に必要なシステムの設計，製作を行い，計測データを基に評価を実施する。評価結果について顧客と議論することで，導入に足る効果が得られているのか，更なる改善点がないかを検討する。必要に応じてシステムの改善を行い，再度実証試験を行う場合もある。

最後に，導入に至る場合は，前ステップまでの検討結果に基づいて，システムを納入する。納入後の試運転調整や，運用改善までサポートする。また，導入後の運用で得られたデータを分析することで，更なる省エネルギーや脱炭素施策の提案を継続的に実施する。

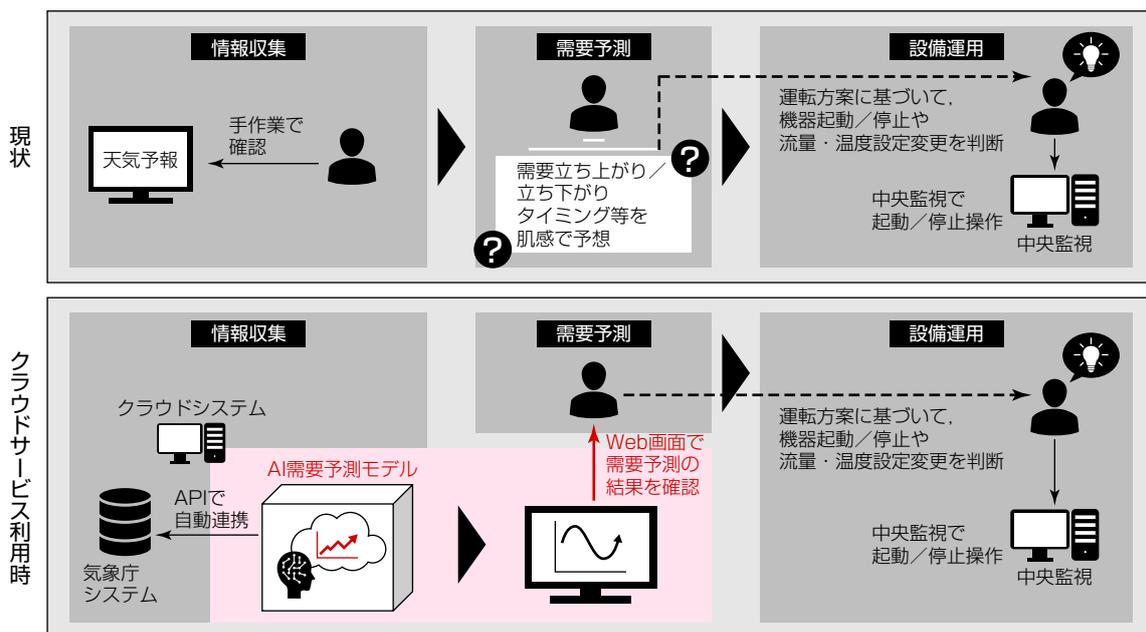
4. 熱関連トータルソリューションの具体例

この章では，これまでに取り組んだこのソリューションの具体例について述べる。4.1節の地域熱供給事業者の事例では，熱需要予測の精度，ノウハウ依存の課題解決のため，当社が提供したAIを用いた需要予測サービスについて述べる。4.2節の当社と建設会社との共同実証実験の事例では，今後のデマンドレスポンス(DR)機能の社会実装や発展に向けて，現在も実ビルでの実証実験を継続中の自動DRシステムについて述べる。

4.1 地域熱供給事業者向け需要予測サービス

地域熱供給とは，冷水や温水，蒸気等を1か所でまとめて製造し，導管を通じて地域にある複数の建物に供給するシステムである。供給された冷水や温水・蒸気は建物の冷暖房用途や給湯用途に使用されている。今回対象とした地域は中国地方の市街地にあるデパートや地下街，バスセンターを含む区域であり，A社が熱を供給している。A社のプラントが持つ熱源は，ターボ冷凍機，小型貫流ボイラー，空冷ヒートポンプチャラー，吸収式冷温水機などである。

地域熱供給プラントでは，省エネルギー運用を目指して，熱需要を予測した上で設備を運用している。図3に情報収集から需要予測，設備運用までの現状のイメージと当社が提供しているクラウドサービス利用時のイメージの比較を示す。現状，熱需要は天気予報を基に運転員の経験やノウハウに基づいて予測しているのに対して，クラウドサービス利用時はAIを活用した需要予測モデルをクラウド上に構築し，需要予測結果を画面に表示することで，運転員の省力化や技術伝承を支援することが可能になった。当社が提供した需要予測には，勾配ブースティング決定木(Gradient Boosting Decision Tree : GBDT)を利用した機械学習手法であるXGBoostを用いた。また，予測対象としたデータは，ターボ冷



API : Application Programming Interface

図3-情報収集から需要予測，設備運用までの現状とクラウドサービス利用時のイメージの比較

凍機等を用いた冷水供給に関する運用改善を目的として、プラント供給端の冷水熱量、冷水流量である。2023年4月から11月までのデータを用いて冷水熱量、冷水流量それぞれのAI予測モデルを構築した。

図4に中間期(春期と秋期)の例として、2024年4月29日～5月6日の予測値と実績値の比較を示す。赤色のハッチングは土日祝日を表す。予測のためにモデルに入力している外気温データは、予報値であるため、入力データ自体の誤差比較のため外気温の予報値と実績値も併せて示す。中間期は夏期に比べて熱需要が少なく、さらに変動が大きい外気温の影響で熱需要も日によっては変動が大きいこともあるため、主として土日祝日で予測が過小評価される傾向も見られたが、一日の需要カーブ形状は一定程度の予測が可能であることが確認できた。また、図は割愛するが、夏期では、冷水熱量がやや低めに予測されるものの、冷水流量はほぼ実績値と一致することを確認した。

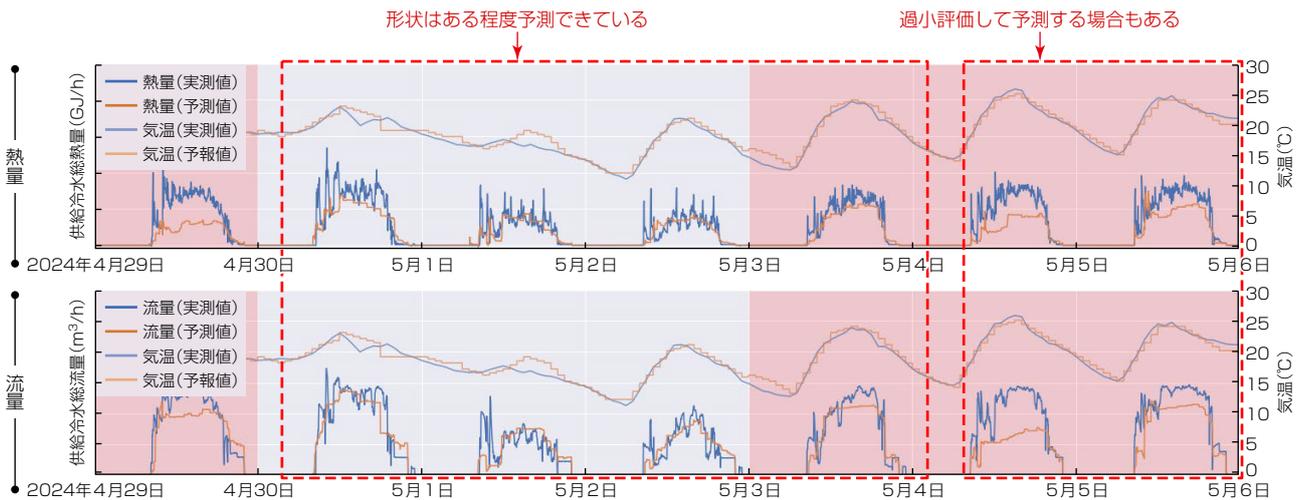


図4-2024年4月29日～5月6日(中間期の例)の予測値と実績値の比較

4.2 需要家建物での自動DRシステムの実証

現在実施されているDRは、アグリゲーターから単一の需要家へのDR依頼(電話、メールによる連絡を含む)によって、各需要家の管理者が手動で各設備の停止操作や設定変更、需要家内居住者へのDR依頼の周知を実施してDRに対応するケースが多く、手間がかかっていた。一方、実証レベルでは、アグリゲーターが複数の需要家を束ねて、需要家が持つ蓄エネルギー設備等を自由にコントロールすることで効果を創出する検証がなされているものの、実証された技術の広範な普及には至っておらず、現在の手動実施との乖離(かいり)が大きい。

建設会社B社との議論の中で、今後、DR機能の社会実装や発展を考慮すると、単一の需要家でも複数の調整リソースを柔軟に自動制御することで確実かつ経済合理性のあるDR効果を創出することが重要であるとの認識から、両社共同で実証実験を行うことになった。

この実証はKビル(延べ床面積8,914m²)を対象に実施している。KビルはRC造、地上5階、地下1階建ての研究棟である。事務用途部分の基準階の空調システムは、外気処理系統は外気処理空調機(OHU)と空冷ヒートポンプチラーを用いた中央熱源方式を、インテリア系統及びペリメーター系統は業務用パッケージ空調(PAC)を用いた個別分散方式を採用している。また、DRによる供出電力を安定的に制御するために蓄電池(20kW, 24kWh)を対象建物に新設して、DRの対象とした。

実証のために、建設会社B社と当社の共同で自動DRシステムを開発した。図5に構築した自動DRシステムの機能構成を示す。自動DRシステムはユーザーインターフェース機能、データベース、DR制御機能、外部通信機能から成り、自動でのDR機能を実現する。また、ビル中央監視システムはOHU、PAC、空冷ヒートポンプチラーを、蓄電システムは蓄電池を、それぞれ制御する。この実証では、自動DRシステムでビル中央監視システムと蓄電システムの制御設定を変更することによってDRを実現した。電力計測システムは電力量センサーで各箇所の電力量を計測する。また、インターネットを介して自動DRシステムを当社構内及びクラウドに接続することで、当社構内からの遠隔監視・操作とクラウドへのデータ収集・蓄積を可能にした。

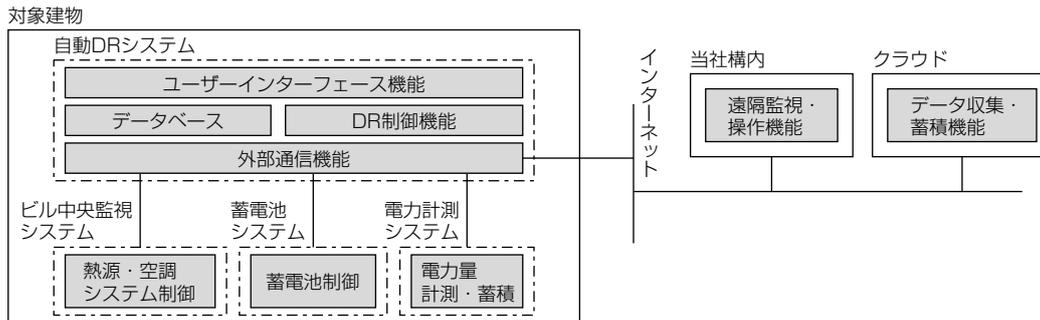


図5-自動DRシステム機能構成図

自動DRの制御対象は、OHUの室内温度設定値、給気温度設定値、CO₂濃度設定値、ファンインバーター回転数設定値、PACのデマンド抑制設定、空冷ヒートポンプチャラーの省エネルギーモード設定、蓄電池の充放電電力とした。図6にOHUに関する実証対象部分の制御システム構成を示す。DRの類型として多く見られる室内温度の設定値の変更だけではなく、室内温度制御の操作量である給気温度設定値やファンインバーター回転数設定値、換気量の制御に用いられるCO₂濃度設定値を制御対象とすることで、様々な条件でのDRを可能にして実証の柔軟性を向上させた。

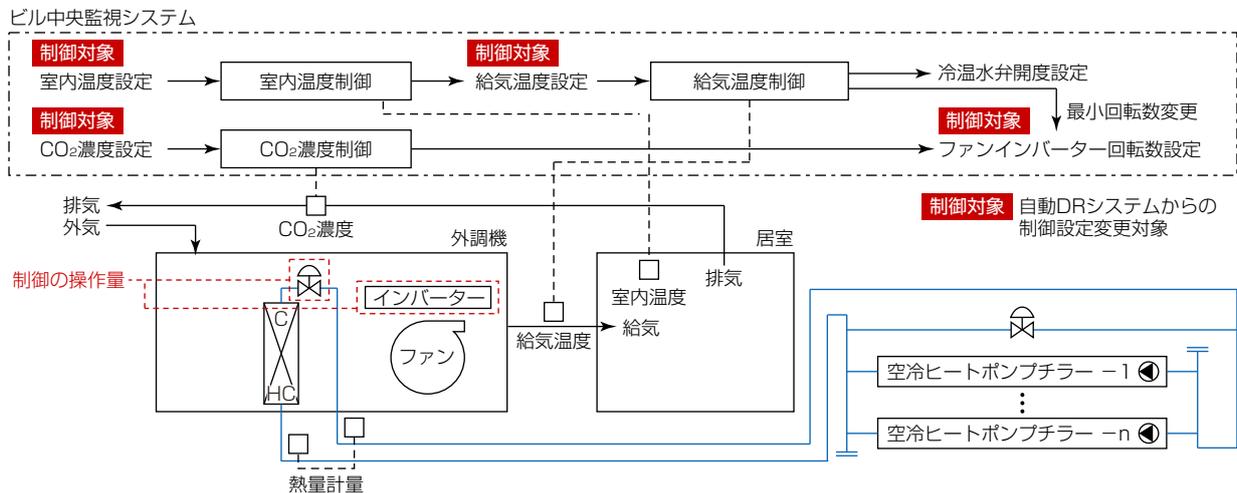


図6-外気処理空調機の制御システム構成

これまで消費電力量の大きい重負荷期である2024年1月、8月及び2025年2月に実証を実施しており、蓄電池と空調システムを応動性の観点から複合的に制御する手法など、自動DR制御手法の確立に向けた知見を得ている。今後も実証を継続し、更なる知見の獲得と早期社会実装の実現を目指していく。

5. むすび

脱炭素社会を巡る世界的な趨勢(すうせい)と、その実現に向けた当社の取組みとしてE&Fソリューションの一翼を担う熱関連トータルソリューションについて述べた。このソリューションの提供を通じて、製造業やビルオーナー、熱供給事業者の課題を解決し、電力・熱のエネルギーコスト削減と脱炭素化の推進に貢献していく。