

【Ambient Energy Platform の構築と社会実装】

～熱を含めた統合 EMS の早期実現を目指して～

2022年10月20日

産業競争力懇談会 **COCN**

【エグゼクティブサマリ（中間）】

1. 本プロジェクトの基本的な考え方

我が国においては、Society5.0の早期実現、2030年までにSDGsの実現、2050年までに脱炭素社会の実現が求められている。このような中、2020年12月政府発表のグリーン成長戦略が発表され、脱炭素社会を目指す取り組みの中でデジタル化技術としてのエネルギーマネジメントシステム(EMS)の確立に向けたロードマップが示された。ここでは、2025年までに、EMSに係る基盤技術を確立することが求められている。

EMSの技術開発の多くは、デジタル技術との親和性が高い電力系が中心に進められている。一方で、エネルギー最終利用の50%程度が熱であり、例えば、熱利用技術の中核となるヒートポンプ技術の導入が進むと、2030年度には約4千万トン、2050年度までには約1.3億トンものCO₂排出量削減効果が試算されている。このため、電力のみならず熱利用を含めたEMSによるエネルギーの全体最適化が必須であるが、熱利用技術については対応が大きく出遅れている。

そこで、本プロジェクトでは、熱も含めたEMSの実用化に向けての課題を検討し、ソフトウェアとしてのEMSだけではなく、ハードウェアとしての機器やセンサも含めて異業種、異システムが連携可能なプラットフォームを確立する。このプラットフォームを活用して急変する社会的要請にも応える技術として社会実装まで進め、その効果の検証体制まで含めたエコシステムを構築する。これにより、目指すべき未来社会像の早期実現に貢献する。

2. 検討の視点と範囲

2.1 検討視点

我が国では、熱利用技術については、長年デバイスやシステム単体のレベルアップに取り組み、国際競争力の強い技術を有するものの、その性能向上には限界が見えている。それにもかかわらず、熱を含む統合的なシステムとしての取り組みは出遅れている。一方でエネルギー問題を取り巻く社会的要請は大きく変化しており、カーボンニュートラル実現、DX、異常気象対策(超高外気温)、SDGs実現、感染症対策、食品ロス対策、労働環境急変対策を早急に進める必要がある。そこで、このような社会的情勢の変化に柔軟に対応しつつ、熱を含むエネルギーシステム全体の統合や全体最適化を進めることの重要性が増している。

2.2 検討範囲

熱のデジタル化を促進し、急変する社会的要請にも対応可能なハードウェアとしての機器やセンサーを開発するとともに、異業種、異システムの連携促進を可能とするEMSとしてのソフトウェアまで含めたプラットフォームを構築する。このプラットフォームを活用した技術の具体的社会実装を行うとともに、デジタルツイン等を活用した熱利用技術の効果予測・検証体制まで構築する。このような技術開発からプラットフォーム化、その検証体制まで含めることで我が国の高い技術力を結集し、真に強い国際競争力を持つ熱を含むエネルギーの統合や総合最適化を実現できるエコシステムを構築する。

2.2.1 対象とする社会領域

熱利用技術が重要となる農業・食物流、住宅・建築、産業での課題解決につながる次の社会領域を対象として具体的なプラットフォームや社会実装方法を検討した。

- ①水素サプライチェーン高度熱利用:液体水素をはじめとした極低温熱利用技術の連携(中断予定)
- ②持続的脱炭素コールドチェーン:EMSによるサプライチェーン全体の脱炭素化実現
- ③レジリエント次世代空調:感染症や異常気象等に柔軟に対応する住宅、ビル等の空調(④と統合予定)
- ④カーボンニュートラルキャンパス:教育環境や熱を含むエネルギーとの統合設計
- ⑤再エネ連携農業/都市型農業:再生可能エネルギーと農業の効果的な連携実現(⑤と統合予定)
- ⑥多角的活用次世代ヒートポンプ:住宅・産業における多様なヒートポンプ技術実現

2.2.2 共通領域

上記社会領域におけるプラットフォーム化や社会実装をする上で必要となる次の事項に浮いて検討を進めた。

- ①データ収集、通信:EMSに係る収集・分析のデータ利活用の横断的な最適化
- ②効果検証体制:EMS/省 CO₂ 効果の評価、検証、標準化/デジタルツイン活用(上記①と統合予定)

3. 産業競争力強化のための提言および施策

3.1 提言

WG および WG 間が連携した活動を中心に行い、以下のような提言を行う。

- ・ 熱利用技術のデジタル化戦略やソフト技術、ハード技術とこれらを組み合わせた EMS プラットフォームとしての Ambient Energy Platform の構築方法
- ・ 上記を踏まえ、社会実装の進め方を検討した上でのプロジェクト構想
- ・ 省エネルギー・省 CO₂ 効果予測や検証を可能とする効果予測・検証体制づくりの必要性

3.2 施策

なお、以下のような点で、産学の努力のみならず官の協力支援が必要となると考えている。

- ①異業種、異システム間連携を可能とするプラットフォーム化に必要な事項
 - ・ EMS の基盤アーキテクチャの明確化とルール作り(産学官)
 - ・ EMS における IoT やプロトコルのオープン技術の明確化とルール作り(産学官)
 - ・ データ収集、通信の一般化とセキュリティの明確化、ルール作り(産学官)
 - ・ 熱利用機器の制御をはじめとしたオープン技術の明確化とルール作り(産官)
- ②上記プラットフォームをベースとした具体的技術の構築と社会実装の進め方(事業化に向けた戦略、PoC/実証事業)
 - ・ 導入効果の予測(CO₂削減効果、コスト)や社会実装に向けたロードマップ構築と国際社会への広報(産学官)
 - ・ 社会実装を行う地方や大学との連携(産学官)
- ③導入効果の予測や検証を可能とするとともに、関連技術の普及策
 - ・ デジタルツイン等によるエネマネ導入効果の予測や検証体制構築(産学官)
 - ・ 補助金や規制緩和、ラベリングをはじめとした認証機能の構築(産学官)

4. 今後の展開

4.1 課題

今後は、社会領域と共通領域について WG を統廃合し、より合理的に検討を進めるようにする。今後は、領域の近い分野を再編し、下記の WG で検討を進める予定である。

社会領域：

- ①持続的脱炭素コールドチェーン←再エネ連携農業/都市型農業を統合
- ②カーボンニュートラルキャンパス←レジリエント次世代空調を統合
- ③多角的活用次世代ヒートポンプ技術

共通領域：

データ収集・通信・デジタルツインの共通化技術←「データ収集、通信」と「効果検証体制」を統合する。本年度は、ロードマップ等を設定することによって、最終的な出口を明確化しながら検討を進める。検討を進める中では、プラットフォームの具体的社会実装に向けて必要となる技術開発を明確化するとともに、標準化、規格化、ラベリング等を通じた見える化やインセンティブ等まで含めてプラットフォームの活用が促進される制度設計についても検討を進める。

4.2 展開

本プロジェクトは、次のように展開される。

- ・ 提言フェーズⅡ(2022 年度)：FS と 2 期目として、社会実装の進め方をはじめとして、各プロジェクト実現のためのより詳細な検討を進める。同時に SIP の FS である「熱エネルギーマネジメントシステムの基盤技術開発と共通化」を進める。
- ・ 実証フェーズ(2023 年度～2027 年度)：第 3 期 SIP 個別テーマ、「熱エネルギーマネジメントシステムの基盤技術開発と共通化」として、EMS の社会実装を進める。
- ・ プロジェクト終了後の展開(2028 年度～2030 年度)：熱も含めたエネルギーの EMS が実現するとともに水素のサプライチェーンプロジェクトへも参画し、水素、電力、熱まで含めた真のエネルギーの全体最適化を実現する。さらには、ここで構築されたプラットフォームを国内外へ次々と展開し、カーボンニュートラル実現に貢献する。

全体的な計画を次ページに示す。それらを通じ、日本社会において省エネルギー・脱炭素のみならず、持続的成長(SDGs)に必要なエコシステム作りを行い、社会課題解決を図るべく取り組む。

【目 次】

【エグゼクティブサマリ(中間)】	i
【プロジェクトメンバー】	1
【本 文】	2
1. 本プロジェクトの基本的な考え方	2
2. 検討の視点と範囲	5
2.1 検討視点	5
2.2 検討範囲	5
3. 産業競争力強化のための提言および施策	18
3.1 提言	18
3.2 施策	19
4. 今後の展開	19
4.1 課題	19
4.2 展開	20
Appendix	22
【持続的脱炭素コールドチェーン WG 中間報告書】	23
【レジリエント次世代空調 WG 中間報告書】	35
【カーボンニュートラルキャンパス WG 中間報告書】	41
【再エネ連携農業/都市型農業 WG 中間報告書】	57
【多角的活用次世代ヒートポンプ WG 中間報告書】	75
【データ収集, 通信 WG 中間報告書】	90

【プロジェクトメンバー】

リーダー： 齋藤潔／学校法人 早稲田大学

コリーダー： 佐々木正信／東京電力エナジーパートナー(株)

メンバー：

伊藤卓／アズビル(株)

宇田川陽介／(株)NTT ファシリティーズ

酒井寿成／大阪ガス(株)

笹脇厚／オムロンフィールドエンジニアリング(株)

小泉正泰／関西電力(株)

西宏章／慶応義塾大学

藤久保譲／甲南ユーティリティ(株)

後藤大悟／コールドストレージ・ジャパン(株)

村上宏次／清水建設(株)

薬師寺史朗／ダイキン工業(株)

原田政利／ダイナエアー(株)

政井竜太／(株)竹中工務店

梶山啓輔／東京ガス(株)

渡辺学／国立大学法人 東京海洋大学

本郷一郎／東芝キャリア(株)

丹羽英治／(株)日建設計総合研究所

馬場雅和／日本電気(株)

石井雅久／国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

鍋島弘樹／(株)ノーリツ

松井大／パナソニック(株)アプライアンス社

久保田淳／(株)日立製作所

松平信洋／(株)日立ハイテク

大久保進之介／富士通(株)

土屋敏章／富士電機(株)

町田明登／(株)前川製作所

中山英典／三菱ケミカル(株)

渡辺泰／三菱重工業サーマルシステムズ(株)

福田桂／(株)三菱総合研究所

加東智明／三菱電機(株)

実行委員：大石善啓／(株)三菱総合研究所，姉川尚史／東京電力ホールディングス(株)，望月康則／日本電気(株)

企画小委員：大久保進之介／富士通(株)，金枝上敦史／三菱電機(株)，中山慶祐／ENEOS(株)，菊地達朗／(株)日立製作所，岩田一／(株)地球快適化インスティテュート，佐藤桂樹／トヨタ自動車(株)

事務局長：山口雅彦，副事務局長： 五日市敦／(株)東芝，武田安司／日本電気(株)，土肥英幸／ENEOS(株)

プロジェクト事務局：大崎歌奈子／学校法人 早稲田大学

【本 文】

1. 本プロジェクトの基本的な考え方

我が国においては、2030 年代には、「IoT によりサイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を連携し、すべての物や情報、人をつなぐとともに、AI 等の活用により量と質の全体最適をはかる社会」としての Society5.0 の早期実現が目指される。また、2030 年までには「貧困に終止符を打ち、地球を保護し、すべての人が平和と豊かさを享受できる社会」を構築するのに必要な持続的開発目標としての SDGs の実現が求められている。併せて、2050 年にはカーボンニュートラルの実現が図られる必要がある。



Society 5.0 の早期実現

(出所)内閣府「Society5.0 とは」ページ



SDGs の早期実現

(出所)「国際連合広報センター」ページ

カーボンニュートラルを実現するためには、分散再エネ電源や水素利用技術の大量導入が計画されている。これにより、供給側では、大幅な CO₂ 排出量削減が可能なのは間違いないが、電力供給体系が不安定化するのには必至である。一方で、需要側では、エネルギー消費の 50%が熱であることを考えれば、電力と熱が混在する中で熱電のバランスを考えた脱炭素化が必須である。さらに、再エネ電源の自家消費、電力逼迫時や再エネ過剰時の DR による供給側からの強制的指令等への柔軟な対応も求められる。

以上のような社会を実現していく中では、従来のような部分的な運用だけではなく、全体最適化を可能とする効果的なエネルギーマネジメントの導入を進めなければならない。このため、2020 年 12 月発表のグリーン成長戦略では、エネルギーマネジメントシステム(EMS)の確立が位置付けられている。このグリーン成長戦略のロードマップに記載された 2026 年から「EMS の自立商用フェーズとしての制度見直し」に入るためには、それまでに基盤技術を確立する必要がある、すでに待ったなしの状況にある。

その他に関連する重要政策としては、革新的イノベーション戦略、パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略なども挙げられ、ゼロエミッション・カーボンニュートラルの実現に向けての社会産業構造の変革のための技術開発が必要であり、この EMS 基盤技術の確立の重要性は同様である。

EMS において、電力系技術に対しては、デジタル化技術と親和性も高いため、EMS やそれと連携した新たなエネルギー需給体系化が産業、民生(業務、住宅)、運輸などの多様な分野で確実に進展し、社会実装の事例も増えてきている。

2050 カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略より抜粋(2020.12.25)

	現状と課題	今後の取組
エネルギーマネジメント (AI・IoT, EV等の活用)	社会実装の加速化 現状：・市場獲得に向けた海外との共同研究・実証を実施 ・EV充電のピークシフト実証による課題抽出 課題：・エネルギーマネジメント取組への評価・認知度不足	社会実装に向けた規制・制度改革 ・ビッグデータやAI・IoTの活用による、EV・蓄電池、エアコン等の最適制御（規格・基準の整備） ・再エネ、EV、蓄電池等を活用したアグリゲーターや配電事業者による新たなビジネス創出（電事法関係省令の整備及び実証支援） ・エネルギーの最適利用促進に向けた制度見直し（省エネ法、インバランス料金制度の改訂）



一方で、エネルギーの最終利用の 50%は熱であり、熱の有効利用が脱炭素社会実現のポイントとなっている。例えば、熱利用技術の中核となるヒートポンプ関連技術の導入が進むと、2030 年度には約 4 千万トン、2050 年度までには約 1 億 3 千万トンもの大幅な CO₂ 排出量削減効果が試算されている。このため、低質な再生可能エネルギー熱の活用方法まで検討が進められているものの、熱利用技術全体ではまだ十分な活用が進んでいない。

熱利用の効率化が進展しない背景として、個別機器として考えると以下があげられる。



熱の重要性(出所)NEDO 技術戦略センターレポート「熱エネルギー分野の技術戦略策定に向けて」



熱の重要性 再生可能エネルギー熱の利用促進(出所)環境省

- ① 従来型のデバイスやシステム単体としての性能向上の限界
 - ② 高価な材料を利用するものの、効果は限定的。熱交換技術のような単品技術だけで、コスト的に見合わないことが多い
- 併せて、統合的なシステムとして考えた場合にも、熱も含めたエネルギーの統合や全体最適化が必要不可欠であるものの以下のような理由により、進展が思うように図られていない。
- (1) ハードウェア面
 - ・ 熱システムはアナログ的要素が多く、回転機器等の保護のため外部からの制御は大きく制限されている。
 - ・ 熱は電気と異なり面的広がりを持ち、とらえにくい。また、熱は移動すれば質が低下し、蓄えれば放熱等で容易に損失される。
 - ・ 熱を把握するためには測定すべき物理量が多い。また、面的分布も持つため複数のセンシングが必要である(温度、流量、圧力、湿度、濃度・・・を同時に多箇所測定することが必要)。
 - ・ 外部環境等に機器の性能が大きく影響を受け、どのような性能で運転されているのか把握が困難なことが多い。
 - (2) ソフトウェア面
 - ・ 熱のシミュレーション等のソフト的扱いが電気系と比べるとけた違いに困難である。また、面的・空間的・時間的シミュレーションの幅が広く、既述の通りパラメータも多様であり、シミュレーション結果として得られたものから実現象としての最適化等の分析が容易でない。
 - (3) システム連携
 - ・ センサや制御データの共有化・標準化があまり進んでいないことから、ユーザー側やメーカー側が独自技術を開発してしまい、連携が遅れている。
 - (4) 検証方法
 - ・ 熱の面的特性、損失特性、環境影響度大、理論分析の困難さから効率化の効果の予測や検証がきちんとできないことが多い。

- ・ デジタルツイン技術のようなシミュレーション技術を活用した効果検証も容易ではない。
このため、上記課題をクリアすることによって熱のデジタル化を容易とするプラットフォーム化を進め、EMS を活用した全体最適化や効率的活用を促進させることが本プロジェクトの大きな目的となる。

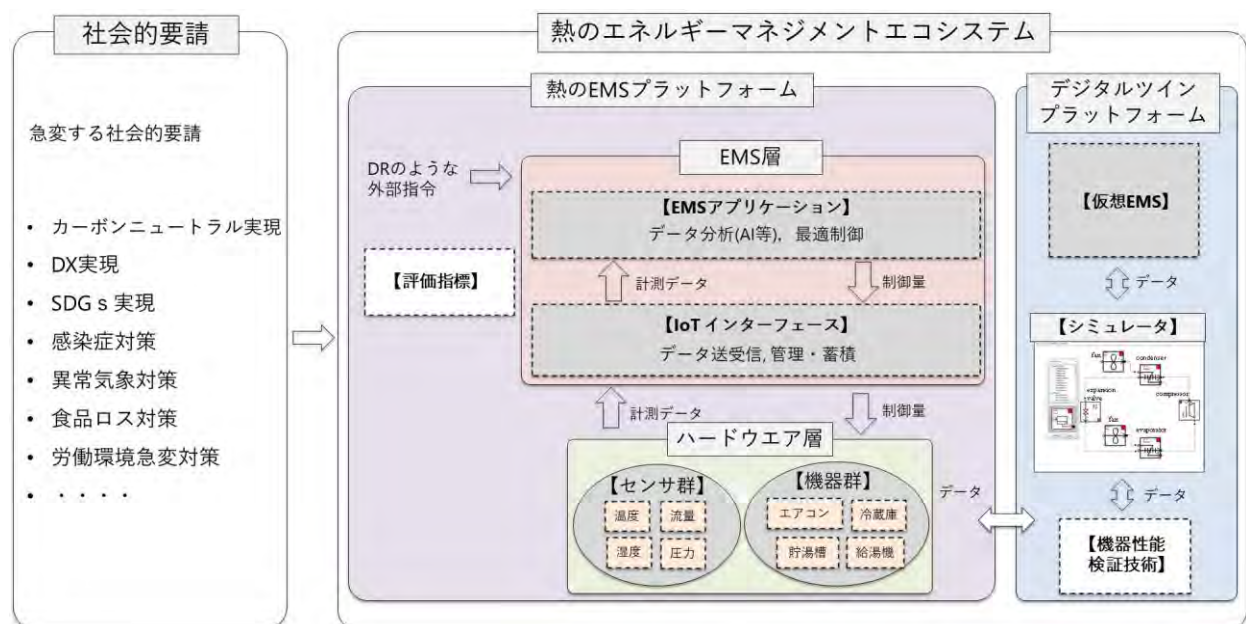
2. 検討の視点と範囲

2.1 検討視点

我が国では、熱利用技術については、長年デバイスやシステム単体のレベルアップに取り組み、国際競争力の高い技術を有するものの、その性能向上には限界が見えている。それにもかかわらず、熱を含むエネルギーシステムの全体への取り組みは出遅れている。一方でエネルギー問題を取り巻く社会的要請は大きく変化しており、カーボンニュートラル実現、DX、異常気象対策(超高外気温)、SDGs 実現、感染症対策、食品ロス対策、労働環境急変対策を早急に進める必要がある。このため、このような社会的情勢の変化に柔軟に対応しつつ、熱を含むエネルギーシステム全体の統合や全体最適化を進めることの重要性が増している。

2.2 検討範囲

そこで、熱のデジタル化を促進し、ハードウェアとしての機器やセンサを開発するとともに、異業種、異システムの連携促進を可能とする EMS としてのソフトウェアまで含めたプラットフォームを構築する。このプラットフォームを活用して急変する社会的要請にも柔軟に対応可能な技術の具体的社会実装を行うとともに、デジタルツイン等を活用した熱利用技術の効果予測・検証体制まで構築する。このような技術開発からプラットフォーム化、その検証体制まで含めることで我が国の高い技術力を結集し、真に強い国際競争力を持つ熱を含むエネルギー技術の統合や総合最適化を実現できるエコシステムを構築する。検討を進めるにあたっては、6 つの社会領域と 2 つの共通領域を推進する WG を設置し検討を展開することとした。



構築するプラットフォームとエコシステム

個別プロジェクトでは、熱が重要となるエネルギー供給、食品物流、住宅、建築、産業等の多様な社会領域に課題を設定した。また、熱技術的にみれば、極低温(水素)、低温(コールドチェーン)、中温(空調、キャンパス、農業)、高温(ヒートポンプ)まで幅広い温度領域で領域を設定している。共通領域は、それぞれの社会領域で共通化が必要となるデータ収集や通信を検討する領域、プラットフォームを活用した具体的技術の効果検証体制の構築方法を議論する領域である。なお、今後は、より効率的に検討を進めるために、WG の統廃合を進める予定である。

2.2.1 対象とする社会領域

各 WG では、主査企業・組織が中心となって検討を進める。全体会議および WG 間の連携や調整はリーダー(大学)、コリーダー(企業)が行う。全体会議では、各 WG の進捗状況の説明や、全体議論が必要な事項の検討を進めるとともに、WG 間の連携や調整方法について議論してきた。

① 水素サプライチェーン高度熱利用

昨年度 NEDO 調査事業が終了し、さらなる FS レベルの検討課題は、少なく、別プロジェクトで新たなセンター構築の可能性の検討も開始されたため、この WG は、廃止の予定である。

② 持続的脱炭素コールドチェーン

参画組織：パナソニック、関西電力、富士電機、東京海洋大学、ダイキン工業、前川製作所、コールドストレージ・ジャパン、三菱重工業サーマルシステムズ、三菱総合研究所

本 WG では、世界のフードサプライチェーン(Food System)全体の温室効果ガス排出量が 180 億トン(全排出量の 34%)と膨大である現実を踏まえ、2050 年カーボンニュートラル達成に向けて、食料供給に関わる社会システムの変革を促す提案を検討した。

温室効果ガス排出量削減には、ライフサイクルでの排出量が少ない食品、食材が、消費者から優先して選ばれる社会風土を構築することが重要と考える。その結果、企業間の競争原理が働き、事業者や業界団体による温室効果ガス排出量削減に向けた自主的な取組みが推進される。そのためには、各事業者における温室効果ガス排出量削減の取組を定量化し、可視化できる仕組みが有効であるとする。

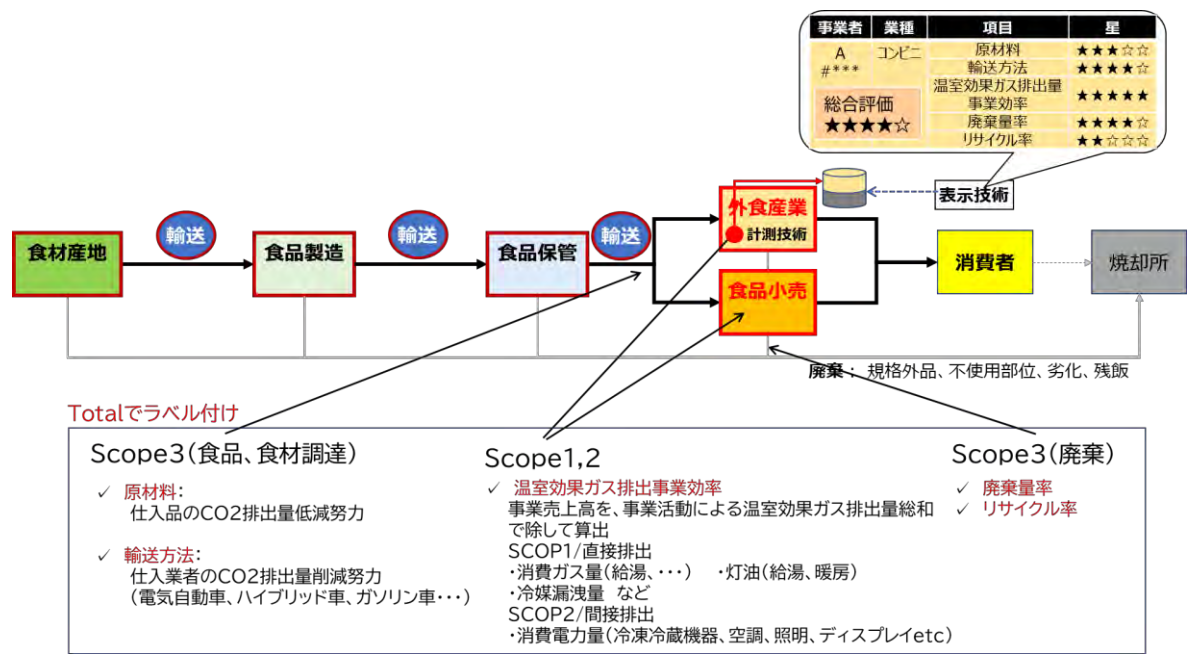
食品の生産、加工プロセスにおける温室効果ガス排出量を可視化する取組は、それがフードサプライチェーン全体に占める割合が大きいこともあり、既に様々な取り組みがなされている。例えば、農林水産省は、2021 年 5 月、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現させるための新たな政策方針として「みどりの食料システム戦略」を策定した。2050 年までに日本における農林水産業の CO₂ ゼロエミッション化を実現するため、「フードサプライチェーンにおける脱炭素化の実践とその可視化の在り方検討会」を設置し、フードサプライチェーンの脱炭素化の方策や分かりやすい可視化の在り方等について専門的知見から指導・助言を受け、総合的かつ幅広い視点から検討を進めている。

本 WG では、上記のような既存の取組を踏まえ、まだ取組が手薄な、フードサプライチェーン下流の食品小売業や外食産業など、最終消費者に近い事業者にもスコープをあて、それら事業者における温室効果ガス排出量を削減する取組を可視化する方法を提案する。これにより、既存の取組と合わせ、ライフサイクルでの温室効果ガス排出量が少ない食品、食材が、消費者から優先して選ばれる社会風土の構築に貢献できるものとする。将来的には、この仕組みを海外展開することで世界全体の温室効果ガス削減に貢献できると考える。

構築するWGとしての社会領域(6件)と共通領域(2件)

	プラットフォーム	目的	数値目標	参加企業
個別プロジェクト	水素サプライチェーン 高度熱利用	熱の有効利用による液体水素利用の高効率化	10%のエネルギーロス改善	早稲田大学(主査)、富士電機、追加募集
	持続的脱炭素 コールドチェーン	- サプライチェーン全体の脱炭素化 - 食品との連携(食品ロス等)による付加価値創出 - 温度レベル等と食品品質価値基準の明確化	2030：30%省エネ 2050：60%省エネ (再エネ導入分含まず)	パナソニック(主査)、関西電力、富士電機、東京海洋大学、ダイキン、前川製作所、コールドストレージ・ジャパン、三菱重工サーマルシステムズ、三菱総研、イオン
	レジリエント 次世代空調	- コロナのような多様な環境変化に対応可能な次世代空調の検討 - 新たな評価基準の策定	2030：450万トンCO ₂ 2050：900万トンCO ₂ (再エネ導入分含まず)	ダイキン(主査)、パナソニック、三菱電機
	カーボンニュートラル キャンパス	- 環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの概念設計 - 学校に特徴的な技術の明確化	2030：70%省エネ、この時点でCN実現(再エネ導入分含まず)	日建設計総研(主査)、ダイキン、日立製作所、ダイナエアー、三菱重工サーマルシステムズ、三菱重工冷熱、日本電気
	再エネ連携農業 都市型農業	- 再エネ導入促進 - 都市との連携、輸送の効率化 - フードロス低減	2030：800万トンCO ₂ 2050：1500万トンCO ₂ 再エネ導入考慮なし	農研機構(主査)、日本電気、オムロン、慶応義塾大学
	多角的活用 次世代ヒートポンプ	- 国際社会が要求するヒートポンプ10倍普及方策検討 - ヒートポンプの新たな形態(集合住宅、産業用) - 普及促進策(補助金、シミュレーション技術) - 今後の冷媒	2030：4000万トンCO ₂ 2050：1.3億トンCO ₂	前川製作所(主査)、早稲田大学、ダイキン、三菱電機、関西電力、三菱重工サーマルシステムズ、アズビル、富士電機、パナソニック、竹中工務店、ノーリツ
	データ収集、通信	- データ通信方法を一般化し、電気と熱のバランスの良い活用の実現 - 負荷予測、人流等まで含めた全体最適化 - 熱の見える化 - セキュリティ		NTTファシリティーズ(主査)、竹中工務店、東芝キヤリア、富士電機、ダイキン、アズビル、日建設計総合研究所、三菱電機、清水建設
共通	効果検証体制	- EMS導入効果の評価方法構築、標準化 - デジタルツイン、シミュレーション技術確立		早稲田大学(主査)、三菱電機、大阪ガス、東京ガス、東京電力、ダイキン、清水建設

本 WG が提案するプラットフォームを示す。次に、上記プラットフォームを実現するために必要な技術と解決案を表に示す。



提案するプラットフォーム

プラットフォーム構築に必要な技術と解決案

技術	課題	解決手段
「温室効果ガス排出事業効率」算定・管理技術	データの一元管理:事業者(店舗)における, ・各種エネルギー使用量 ・冷媒漏洩量 ・電力のCO2排出原単位 ・事業活動による売上高	・各種エネルギー使用量(測定値), 冷媒漏洩量(測定値), 電力のCO2排出原単位(電力供給会社より取得), 売上高を一元管理する仕組みを構築, データベース化
設備運転適正度評価技術	・食品, 食材を保管する冷凍冷蔵設備の負荷適正化 ・空調・換気設備の負荷適正化	・全ての食品, 食材について, それら個々の実際の保管温度を把握する仕組み構築 ・店舗内環境(温度, 湿度, CO2濃度など), および, 空調設備の運転状態把握による, 空調運転適正度評価
データベース標準化	不特定多数の最終消費者が, いつでも知りたいときに, 全ての事業者の評価結果を参照	データベース案 - 事業者名, もしくは店舗名 - その事業者の業態(コンビニエンスストア業など) - その事業者の評価項目(「原材料」「輸送方法」「温室効果ガス排出事業効率」「廃棄量率」「リサイクル率」)ごとの評価(1~5の星数など) - その事業者(店舗)の総合評価(1~5の星数) - 「温室効果ガス排出事業効率」に関わる設備運転適正度評価
取組表示技術	・最終消費者にとって分かりやすく, 高評価事業者の選択を促す評価提示	・評価結果を表示するだけでなく, 事業者の温室効果ガス排出量削減の取組・工夫も併せて提示

上の表に記載した内容は、机上検討のレベルであり、実店舗に導入した場合の課題はまだ仮定に過ぎないところも多い。そこで、本 WG では、まずは、事業活動に伴う温室効果ガス排出量を

SCOPE1,2,3 に区別して算出し、温室効果ガス排出量を削減する様々な取り組みを公開している大手コンビニエンスストアやスーパーマーケットに焦点をあて、国プロ等も活用しながら、本プラットフォーム導入による温室効果ガス排出量削減を検証するための実証実験を計画する、実証実験を通じて、導入課題の明確化、必要な技術開発、および、データベース仕様確立を進め、最終的には国際標準に提案したいと考えている。

③ レジリエント次世代空調

参加組織:ダイキン工業, パナソニック, 三菱電機

我が国の最終エネルギー消費において業務他部門(第三次産業のうち運輸関係事業とエネルギー転換事業を除く)と家庭部門の占める比率は約 3 割あり、この 2 つの部門の最終エネルギー消費量の伸び率(1973 年度比)は約 2 倍と他部門と比べて大きい。我が国の最終エネルギー消費量を低減させるためには、業務他部門と家庭部門の2部門の最終エネルギー消費量を低減させること求められる(2019 年度 エネルギー白書による)。省エネルギー政策や省エネルギー意識の向上により減少傾向となっていたが、2019 年より始まったコロナ禍の影響により、感染症対策のための換気の意識が高まり、換気量確保のためのエネルギー消費量の増加が危惧される。

本 WG では、コロナ禍や超高外気温化(40℃越え)だけでなく、可能性のある環境変化を想定し、今後換気を含む空調分野がどうあるべきかを明確にし、それらを可能とするプラットフォームや新たな技術を構築することを目的とする。

本 WG では課題克服の緊急度と難易度に応じて、大きく3段階に分けてアウトプットを出していくこととした。

- ・1 段階目:換気量増加に伴うエネルギー消費量の増加に対する対応。
- ・2 段階目:空調機と換気機器の連動のプラットフォーム化。
- ・3 段階目:想定される環境変化に応じた空調システムの提言。

昨年度より、1 段階目の換気量増加に伴うエネルギー消費量の増加に対する対応として、WEBPRO(エネルギー消費性能計算プログラム)の試算方法の改善提案を実施した。本年度では、空調機と換気機器の連動のプラットフォーム化に取り組む。なお、高効率な換気機器を導入することが、換気量の増加とエネルギー消費量の低減を両立させる手段であることを選定者や購入者に認知させることが必要となる。そこで、本 WG の取組みにより、高効率な換気機器を広めることで、CO₂ 排出量を年間約 450 万トンの削減を目標とする。

現状の空調機と換気機器の連動による省エネ技術は、運転・停止連動、在室人員不在時検知連動、予冷・予熱連動制御、ナイトパージ運転連動制御、霜取運転時連動制御が挙げられる。また、換気機器同士の連動制御として CO₂ センサ値の共有、室内湿度共有、室外湿度共有も挙げられる。今後、さらなる CO₂ 排出量削減を取り込むためには、高効率な換気機器を導入した上で、空調機と換気機器との連動制御を実施することが必要である。

しかし、空調機と換気機器の連動機能は連動をするための通信信号(運転指示、運転状態、センサー情報等)が機器メーカー独自のものとなっているため、同一機器メーカーで接続した場合の限定された

機能となっている。空調機と換気機器の機器メーカーが異なる物件は多く、そのような物件では省エネ効果を得ることができない。また、大規模物件では各機器をコントロールするための集中制御機器などを用いて、連動制御を行うこともできるが、店舗や小規模の建物では導入コストが見合わないため、集中制御機器がなくても機器間だけでの連動が求められる。空調機と換気機器の機器メーカーが異なっても連動制御を実施するためには、通信内容のプラットフォーム化が考えられるが、機器メーカー独自の機能や通信内容もあり、通信内容を全て見えるようにするのは、課題が大きい。

例えばテレビと BD レコーダの連動(リンク)の場合等、必要最低限の連動はメーカーが異なっても可能だが、より高機能な連動は同一メーカーでのみ可能となっている。そこで、機器メーカーによらず、連動制御を成り立たせるためには機器間での連動に関する情報のみをプラットフォーム化し、機器メーカー独自の情報と分けることが重要と考え、これらに必要な技術を明確化していく。

③ カーボンニュートラルキャンパス

参画組織：日建設計総研，ダイキン工業，日立製作所，ダイナエアー，三菱重工業サーマルシステムズ，三菱重工冷熱，日本電気

2015 年のパリ協定において、「2050 年までにカーボンニュートラル社会の実現」が提唱された。これを受けて日本では、2020 年菅義偉内閣の所信表明演説において、「2050 年までに温室効果ガスの排出をゼロ、すなわち、カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言され、2021 年 6 月の国・地方脱炭素実現会議において、地域の脱炭素ロードマップが策定された。さらに、2021 年 12 月に経済産業省の「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」において、カーボンニュートラルとグリーン成長戦略との関係が示され、日本はカーボンニュートラル社会の実現に向けて大きく舵を切ることになった。一方、キャンパスについては、地域の脱炭素ロードマップの中で示された脱炭素先行地域として、「大学キャンパス等の特定サイト」が明記されており、キャンパスのカーボンニュートラル化が求められている。本 WG では、カーボンニュートラルキャンパス実現のための環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの構築を目的とし、アカデミックな活動を支えるキャンパスに必要な技術をプラットフォーム化し、標準化を目指すとともに、必要な技術を明確化することを目的とする。

ここでは、次の図を示している。

- ・ カーボンニュートラル実現の考え方、実現へのアプローチ方法、実現のデザインメソッドと統合マネジメントシステム等、実現の枠組み
- ・ 環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの基本構造
- ・ 実フィールドにおけるカーボンニュートラルキャンパス実現のイメージ

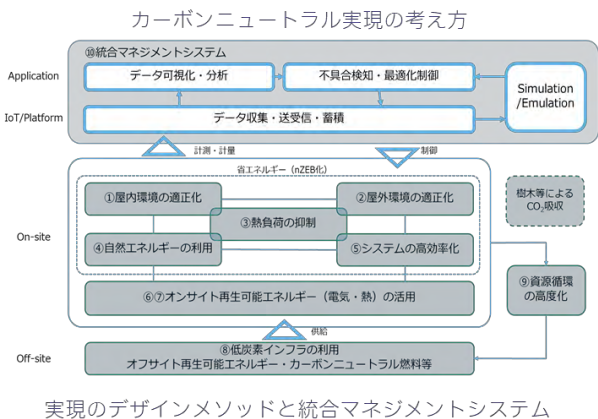
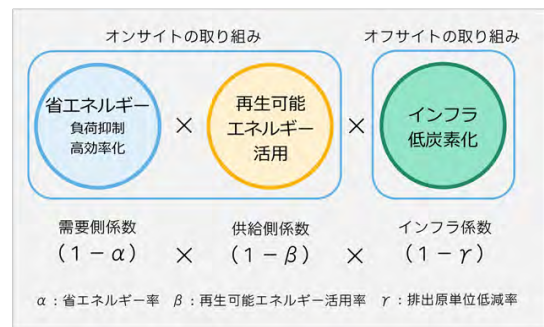
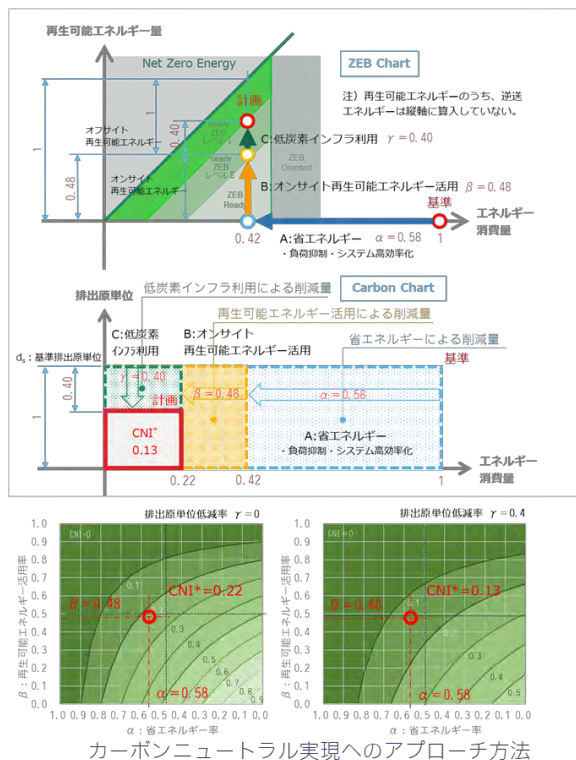
カーボンニュートラルキャンパス実現のための必要技術として、I～IV を抽出している。

I 屋内環境(温湿度・清浄度等)制御の高度化技術

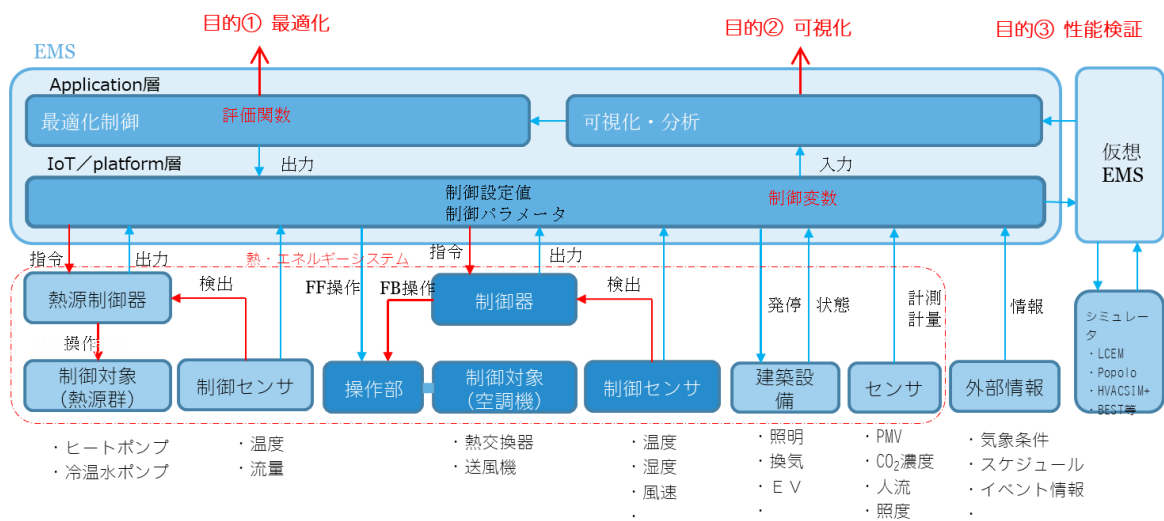
II 空気調和システムの高効率化技術

III AI による運用分析、最適化制御、故障検知・不具合検知手法

IV 環境パフォーマンス管理・カーボンシミュレーション手法等

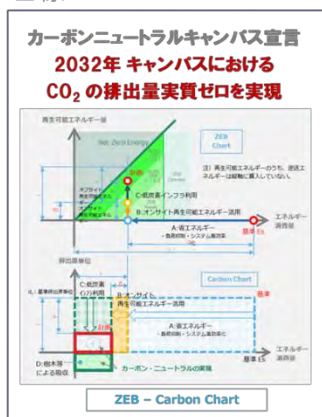


カーボンニュートラルキャンパス実現の枠組み



環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの基本構造

目標



A 建築物の省エネルギー

熱負荷の抑制
 システムの高効率化

B オンサイトの再生可能エネルギー利用



C 低炭素インフラの利用

D 樹木等によるCO₂の吸収・除去

カーボンニュートラルキャンパス実現のイメージ

④ 再エネ連携農業/都市型農業

参画組織：主査 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

メンバー：オムロンフィールドエンジニアリング株式会社，株式会社日立ハイテク，
 学校法人慶応義塾

農山漁村地域には太陽光，風力，水力，地熱，そしてバイオマスなど多様な再生可能エネルギーが賦存し，①農林地での太陽光発電や営農型太陽光発電，②農林地や沿岸での風力発電，③農業用水路を活用した小水力発電，④地域の温泉など地熱資源を活用した地熱発電，⑤バイオマス資源を活用したバイオマス発電，⑥畜産廃棄物/農業・食品残渣/家庭ゴミ/集落排水等のメタン発酵によるバイオマス発電など，様々な再エネ電力が供給されている。しかし，現在，農山漁村地域で発電された再エネ電力は FIT に基づいたビジネスモデルで売電されているが，FIT が終了した後も発電し続けるには，電力会社への売電だけではなく，地産地消するためのシステムを構築する必要がある。また，再生可能エネルギーは地域に密着したエネルギーであることから，自治体，地域企業，地域管理組織，住民を始め，各地域が主体となって導入を進める必要がある。加えて，再生可能エネルギーを用いた地産地消モデルの構築は，地域に新しい産業を起こし，雇用の創出と地域活性化につながる。また，地震，台風/大雨，国際紛争など緊急時に系統電力会社や燃料会社からのエネルギー供給が停止したとしても，地域内や隣接地域，そして，都市部への一定のエネルギー供給を確保できことが期待される。一方，農山漁村地域の再生可能エネルギーの特徴（短所）として，多様な安定・不安定の電源（あるいは熱源）が混在していること，発電設備・熱源設備が広範囲に分散していること，1箇所あたりの出力は小さいこと等がある。

農山漁村地域には太陽光発電，風力発電，水力発電，地熱発電，バイオマス発電などの再エネ電力に加えて，太陽熱，地中熱，地下水，農業用水，集落排水，ため池，ダム等には再エ

ネ熱源が豊富に賦存する。これらの再エネ電力と再エネ熱を活用する上で重要なのは、農山漁村の再エネに適応するヒートポンプ開発がカギとなる。そこで、農山漁村地域で稼働する太陽光発電、小水力発電、バイオマス発電等による再エネ電力や、農業用水や農地の地中熱などの未利用熱を地域内で融通/地産地消するための電熱輸送グリッド等のインフラ開発・整備を進めるとともに、対象地域内のエネルギー供給群（太陽光発電、小水力発電、バイオマス発電等）と需要家群（施設園芸、畜舎、乾燥・貯蔵施設、冷凍・冷蔵施設、流通・加工施設、事務所、住宅、公共施設、農業機械、自動車等）のエネルギー需給バランスを調整する地産地消型の農山漁村エネルギーマネジメントシステム（Village Energy Management System, VEMS）と農山漁村に適応するヒートポンプの開発・構築を目指す。加えて、都市部の HEMS, BEMS, FEMS, CEMS と、地方農山漁村部の VEMS が連携し、農山漁村地域で発電された再生可能エネルギー電力を都市部へ供給するには、ICT（Information and Communication Technology）、AI（Artificial Intelligence）等を活用した電力送電網や情報通信プラットフォームの構築が必須であり、オールジャパン体制で世界に先駆けた脱炭素社会のシステム開発やインフラ整備を推進・実現する。



都市地域と農山漁村地域を結ぶエネルギーネットワークの構築

⑤ 多角的活用次世代ヒートポンプ

参画組織：前川製作所，早稲田大学，アズビル，関西電力，竹中工務店，ダイキン工業，ノーリツ，富士電機，パナソニック，三菱重工サーマルシステム，三菱電機

2050 年カーボンニュートラルの実現を達成するには、再生可能エネルギーによる電源の脱炭素化とエネルギー需要の電化を同時に進めることが重要となる。中でも最終エネルギー消費に占める電力の割合が 24%と低い産業部門では熱需要の電化が重要であり、これを実現するためには従来の適用範囲を超えた産業用ヒートポンプが必要となる。ヒートポンプは電化だけでなく熱回収の技術でもあり、効率的な熱利用に有効である。経済産業省は、2022 年 5 月に「クリーンエネルギー戦略(中間整理)」を公表し、産業用ヒートポンプ導入促進を「省エネ・燃料転換」重点項目と位置付けている。本ワーキンググループでは、ヒートポンプを特に加熱工程に導入し、普及促進するための課題を整理し、多角的活用を想定した次世代ヒートポンプのプラットフォームを構築するとともに、2050 年までの CO₂ 排出削減量のポテンシャルを試算し、それを実現するための政策提言としてまとめることを目的とする。

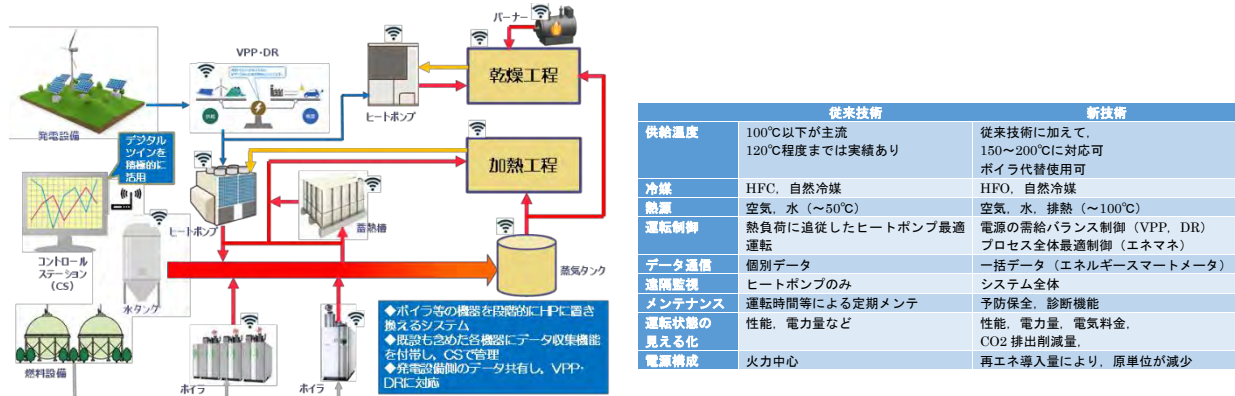
対象とするヒートポンプは、産業用・業務用の給湯・加熱用途に限定した。化石燃料を使用した燃焼用機器からヒートポンプへ置き換えることで、大幅な CO₂ 排出量削減効果が得られることでヒートポンプが最もカーボンニュートラルに貢献できる分野であると考えた。本年度は、(一財)ヒートポンプ・蓄熱センターの「令和2年度ヒートポンプ普及見通し調査」を基に今後の産業用・業務用の給湯・加熱用途ヒートポンプの需要予測を行った。

まず、加熱用途の産業用ヒートポンプは、2035 年以降は年間熱容量 800 万 kW の新規需要が見込まれ、2050 年度断面における産業用ヒートポンプによる CO₂ 排出削減効果は 3,354 万 t-CO₂/年(中位ケース)と推計されている。産業用ボイラ代替が可能な加熱用途の産業用ヒートポンプだけでも 3,000 万 t-CO₂/年を超える CO₂ 排出削減効果があり、2050 年カーボンニュートラル実現のためには最重要技術であることが確認できた。

また、業務用給湯ヒートポンプは、2035 年以降は年間熱容量 100 万 kW の新規需要が見込まれ、2050 年度断面における業務用給湯ヒートポンプによる CO₂ 排出削減効果は 601 万 t-CO₂/年(中位ケース)と推計されている。業務用給湯機をセントラル式に使用する場合で、2050 年度断面のセントラル式業務用ヒートポンプの CO₂ 排出削減効果は上記試算の半分の 300 万 t-CO₂/年程度であると考えられる。さらに、集合住宅向けのヒートポンプ給湯機として、2050 年度断面の集合住宅向けヒートポンプ給湯機の CO₂ 排出削減効果は 900 万 t-CO₂/年程度であると考えられる。

図に加熱用途の産業用ヒートポンプの場合の次世代ヒートポンプシステムの導入プラットフォームイメージと必要な新技術を示す。従来、ボイラ、バーナー等の燃料を使用する機器をヒートポンプに置き換えられるところから徐々に置き換えて燃料消費料を削減していき、最終的には全てをヒートポンプによるオール電化システムに変えていくことが現実的であり、普及促進に繋がると考える。全ての機器・設備は、必要なデータを収集出来るようにし、コントロールステーションでデータを共有する。発電設備側との関係も VPP・DR を可能とし、温暖化ガス排出削減とともに経済性に関してもコントロールを可能とする。このプラットフォームを有効活用するには、データ収集のための IoT 仕様を機器メーカーの枠を越えて同

一にする必要がある。さらに、機器の性能面に関しても公開し、共有化することで仮想空間でのシミュレーションを可能とし、VPP(バーチャル・パワープラント)・DR(デマンド・レスポンス)を活用して、再生可能エネルギー主体の電源構成でも安定した最適運転が可能となると考えられる。



次世代ヒートポンププラットフォームと新技術（加熱用途 産業用）

従来のヒートポンプ導入のために評価指標は、主に投資回収年数により行われた。しかしながら、気候変動対策としてカーボンニュートラルを目指す方針が打ち出され、経済性以外の評価指標必要になってきている。ボイラ代替としてヒートポンプ選定する際にも、エンジニアリング力を最大に発揮し、エネルギーマネジメントシステムの視点から最適化が重要となる。ヒートポンプはその特性上、なるべく定格運転で運転時間を長くすることでより大きな省エネ効果を得られる。また、イニシャルコストを発生させないサブスクリプションのビジネスモデルの検討も必要になってくる。

2022年5月に経済産業省が中間まとめを公開した「クリーンエネルギー戦略」において、「省エネ・燃料転換」政策として、「ヒートポンプなど熱利用の高効率・脱炭素化」が明記されている。さらに2050年カーボンニュートラルに向けたヒートポンプ導入目標の設定、各企業における脱炭素量基準を示しアクションプランを設定、などより具体的な政策を提示し、目標達成した際にはインセンティブを与えるような政策も必要だと考える。また、今まで省エネに対して成果を上げている「トップランナー方式」、「ラベリング制度」など企業の競争原理を活用した政策に対する検討が必要と考える。

機器メーカー、センサメーカー、制御メーカー、エネルギー系企業等と大学・国研等を含めて、社会実装に向けて具体的な研究開発を担当いただく機関を明確化する。

2.2.2. 共通領域

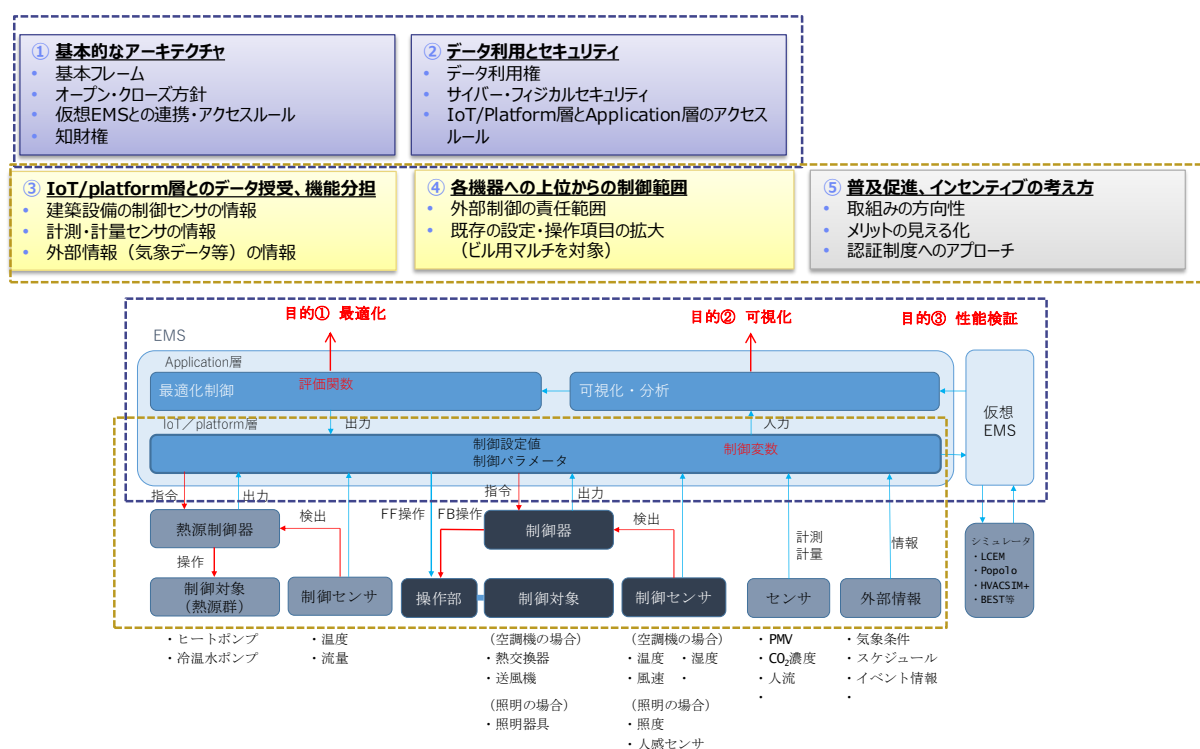
① データ収集、通信

参画組織：NTT ファシリティーズ、竹中工務店、東芝キヤリア、富士電機、ダイキン工業、アズビル、日建設計総合研究所、三菱電機、清水建設

熱を含めたエネルギーの統合や最適化に向けては、これまでデータ収集が可能な情報に加え、新たに収集する情報と合わせて、“見える化”し、分析し、制御・運用していく必要がある。また、異なるメーカー間、機器間での連携も見込まれるため、共通的なルール（仕組み）作りが必要になると考える。本WGで

は、共通的なルール(仕組み)構築に向けた問題を整理し、その実現に向けた課題を整理する。

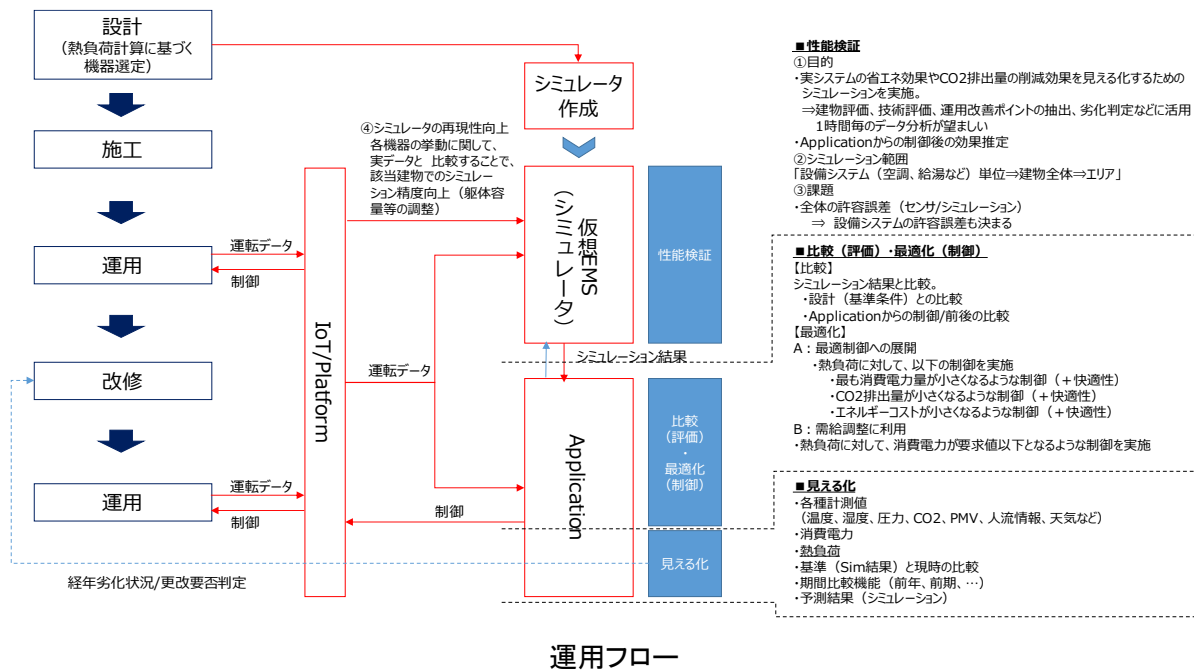
課題を整理するうえで、次のように基本フレームを設定した。基本フレームは、建物設備および各種センサ、外部情報からの情報を収集する IoT/platform 層とデータを可視化・分析・最適化制御を行う Application 層、実建物のデジタルツインである仮想 EMS、建物設備などのシミュレータから構成される。そのうえで、「①基本的なアーキテクチャ」、「②データ利用とセキュリティ」、「③IoT/Platform 層とのデータ授受、機能分担」、「④各機器への上位からの制御範囲」、「⑤普及促進、インセンティブの考え方」の5つの観点から検討を行った。



基本フレームと検討内容

検討結果は次のようになる。まず、基本的なアーキテクチャは下記のとおりである。

- ・「Application」部はクローズ(主に各社が独自に開発・提供する部分)で、「IoT/Platform」部はオープン(共通プラットフォーム部分など)、「仮想 EMS(シミュレータ)」は、オープンな汎用ツールを使用が望ましい。
- ・本 WG の取組みとしては国や省庁を巻き込んだ標準化の提案としつつ、標準化自体は日冷工など工業会の規格に落とし込むのが妥当。
- ・本検討で対象とした熱・エネルギーマネジメントシステムの運用フローの一例を示した。従来のエネルギーマネジメントシステムとの違いは熱負荷の見える化であり、熱負荷に対する制御検討の幅が広がることで現状よりも高度な制御が期待できる。
- ・知財権に関しては、クローズ部分は各社で知財権を取得する。オープンな部分で知財権が発生した場合には、基本公知化するか、RAND ライセンスなどで条件を決める。



データ所有権とセキュリティについては、次のとおりである。

- ・データの利用については、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」(経済産業省情報経済課)に則る。
- ・サイバーセキュリティおよびフィジカルセキュリティは、サービスの開発ベンダ、メーカーで一般の ICT 機器と同様に各種規約やガイドライン(「サイバーセキュリティマネジメントシステム 認証 基準」(IEC62443-2-1)など)に基づいて開発し、製品やサービスレベルで保証する。併せて、「ビルシステムにおけるサイバー・フィジカル・セキュリティ対策ガイドライン」(経済産業省商務情報政策局サイバーセキュリティ課)も参照する
- ・運用面では、サイバー・フィジカル両面を意識した運用規約の設定や、現地作業員の教育も必要

IoT 階層と機器階層のデータ授受と制御の機能分担/適用範囲は次のとおりである。

- ・「計測・計量センサ(CO₂ センサ等)」は各センサや情報源の通信方式・データ方式を確認し、「IoT/Platform」につなげられるよう個別エンジニアリングする。
- ・「外部情報(気象データ等)」は情報発信者の定義する方式で、契約により取得する。
- ・「建築設備」のセンサ情報に関しては、利用目的や提供サービスに応じて、必要な情報を収集できるような仕組みとする。通信プロトコルについては、すでに汎用となっている BACnet, OPC UA などを用いる。
- ・データ項目・データ間隔・データ精度については、利用目的や提供サービスに応じて個別検討する。ただし、建築設備のセンサ情報については、メーカー・機種により値が持つ意味が異なることがあるため仕様を統一することが求められる。

各機器への上位からの制御範囲は次のとおりである。

- ・外部制御入力の実現は運用側、入力後の挙動はメーカー責任が基本的な考え方。
- ・機器の信頼性(故障)、能力、寿命に対する懸念から、既存の設定・操作項目を活用し外部制御するのが原則。
- ・既存の設定・操作項目の拡大が必要(既存の項目で実現できない)な場合については、日冷工などで議論し、標準規格等に反映する。分野や項目が多岐にわたるなど、必要に応じて専用のコンソーシアムを設立し、標準規格化する。
- ・「熱の見える化」を実現するためには、事務所用パッケージ型空気調和機の冷房能力(冷房負荷)・暖房能力(暖房負荷)の把握が課題である。

普及促進、インセンティブ作り等の行政への要望は次のとおりである。

- ・仮想 EMS(シミュレータ)との連携、複数台の異機種制御のメリットの見える化が課題
- ・メリットは、投資コスト面、運用コスト面の他、認証などに省エネルギー効果を反映できる仕組みとすることが一つの手段。

今後の課題は以下のとおりである。

- ・エネルギーマネジメントの対象範囲(建物内、建物群など)により、具体的なシステム構成および役割は異なるため、マネジメント範囲毎に検討する。
- ・各機器の制御範囲の拡大やデータ収集項目および間隔などについては、Application に応じて、そのメリットを含め検討する。
- ・今後、実用化に向けて、エネルギーマネジメント範囲を始め、具体的なプロジェクトでの検証を行い、詳細な検討を進めていく必要がある。

②効果検証体制

効果検証体制 WG については、共通課題としてデータ収集・通信の WG と連携しながら進めていくことが効果的であるため、今後はこの2つの WG は統合して検討を進める予定である。

3. 産業競争力強化のための提言および施策

3.1 提言

各社会領域の実現のために以下のような提言を行う。

- ・熱利用機器やセンサも含めた熱の EMS 実現に必要なハード技術に対してデータ送受信や制御方法を含めた DX へのオープンクローズ戦略を早期に明確化すべきである。
- ・現在では、統一性なく熱の EMS 技術の構築が進められている。今後、熱の EMS 技術が進展し、適用される機器や運転方法が多様化した場合には、このままいくと技術の進展の限界をすぐに迎えてしまうことが予想される。そこで、EMS としてのソフト技術とデジタル化されたハード技術を組み合わせた EMS プラットフォームとしての Ambient Energy Platform における定義や適用範囲、構築方法を統一化することによって、熱の EMS の実現を進めるべきである。
- ・上記プラットフォームに対応可能な新たな技術を開発することによって、多様なシステム、メーカー、

業種が連携しながらも全体最適化が可能な体制の中で、社会実装を進めるべきである。

- ・ 熱の EMS については、その効果の予測や検証を行うことが容易ではない。そこで、シミュレーション技術やデジタルツイン技術を活用した省エネルギー・省 CO₂ 効果予測や検証を可能とする効果予測・検証体制づくりを早期に進めるべきである。

何が解決し、何が変わるのか？

- ・ 熱を含めたエネルギーの非効率利用が解消され、熱電(いずれは水素)を含めた真にトータルなエネルギーマネジメントの早期構築・運用が可能となり、全体最適化が効率よく進められる。
- ・ 個別機器の統合や更新を促進し、例えばコア技術の一つである、ヒートポンプ技術等を根本から変え、一層の高性能化を実現しうる可能性がある。
- ・ エネルギーマネジメントシステムの効率的運用により、自家消費も含めた再エネ利用促進を合わせて図ることができる。
- ・ 関連する、IoT、ソフトウェア、ハードウェアの新技術創出や関連産業の創出につながる。

3.2 施策

なお、以下のような点で、産学の努力のみならず官の協力支援が必要となると考えている。

①異業種、異システム間連携を可能とするプラットフォーム化に必要な事項

- ・ EMS 技術の基盤アーキテクチャの明確化とルール作り（産学官）
- ・ EMS における IoT やプロトコルのオープン技術の明確化とルール作り（産学官）
- ・ データ収集、通信の一般化とセキュリティの明確化、ルール作り（産学官）
- ・ 熱利用機器の制御をはじめとしたオープン技術の明確化とルール作り（産官）

②上記プラットフォームをベースとした具体的技術の構築と社会実装の進め方（事業化に向けた戦略、PoC/実証事業）

- ・ 導入効果の予測 (CO₂ 削減効果, コスト) や社会実装に向けたロードマップ構築と国際社会への広報（産学官）
- ・ 社会実装を行う地方や大学との連携（産学官）

③導入効果の予測や検証を可能とするとともに、関連技術の普及策

- ・ デジタルツイン等によるエネマネ導入効果の予測や検証体制構築（産学官）
- ・ 補助金や規制緩和、ラベリングをはじめとした認証機能の構築（産学官）

4. 今後の展開

4.1 課題

今後は、社会領域と共通領域 WG については、領域の近い分野を再編し、下記の WG で検討を進める予定である。

社会領域：

- ①持続的脱炭素コールドチェーン←再エネ連携農業/都市型農業を統合
- ②カーボンニュートラルキャンパス←レジリエント次世代空調を統合
- ③多角的活用次世代ヒートポンプ技術

共通領域：

データ収集・通信・デジタルツインの共通化技術←「データ収集、通信」と「効果検証体制」を統合する。本年度は、ロードマップ等を設定することによって、最終的な出口を明確化しながら検討を進める。検討を進める中では、プラットフォームの具体的社会実装に向けて必要となる技術開発を明確化するとともに、標準化、規格化、ラベリング等を通じた見える化やインセンティブ等まで含めてプラットフォームの活用が促進される制度設計についても検討を進める。

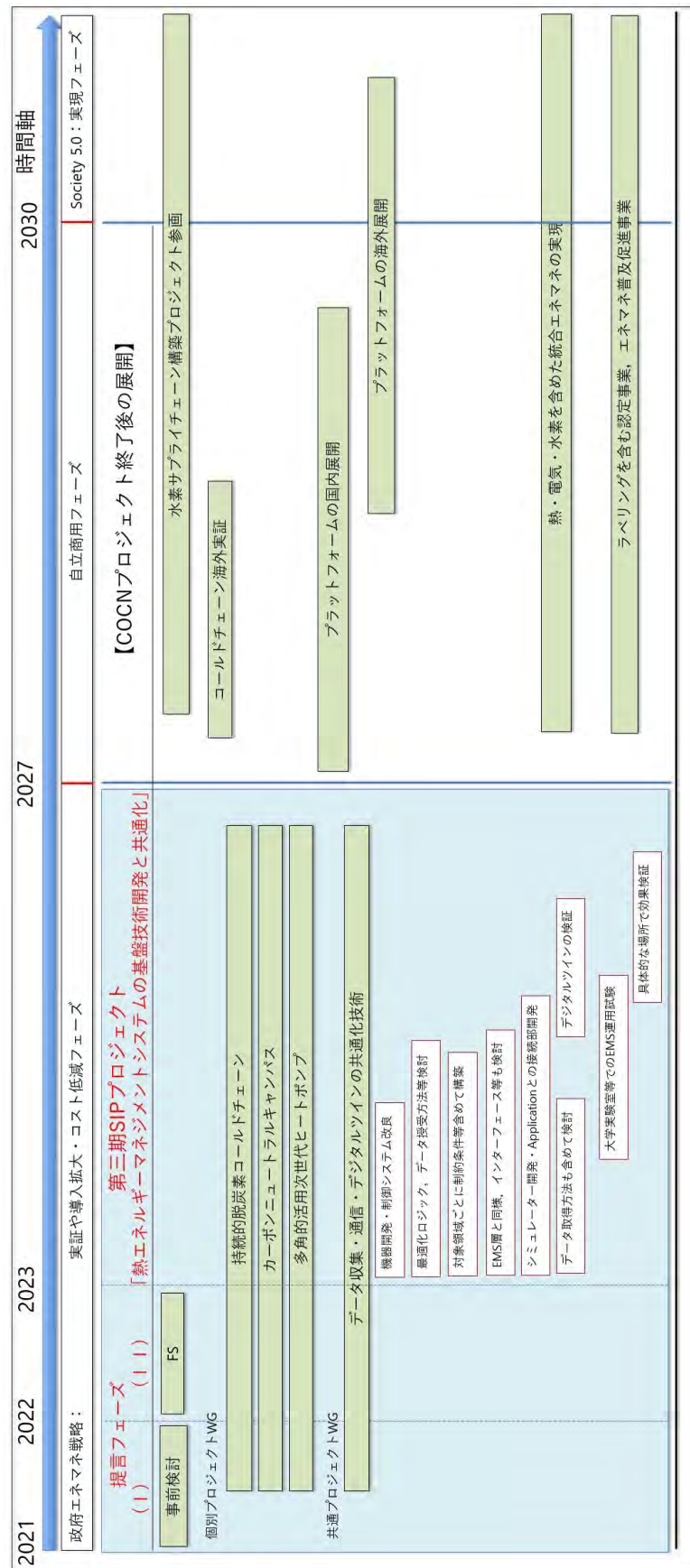
4.2 展開

本プロジェクトは、次のように展開される。

- ・ 提言フェーズⅡ(2022 年度):FS と 2 期目として、社会実装の進め方をはじめとして、各プロジェクト実現のためのより詳細な検討を進める。同時に SIP の FS である「熱エネルギーマネジメントシステムの基盤技術開発と共通化」を進める。
- ・ 実証フェーズ(2023 年度～2027 年度):第 3 期 SIP 個別テーマ、「熱エネルギーマネジメントシステムの基盤技術開発と共通化」として、EMS の社会実装を進める。
- ・ プロジェクト終了後の展開(2028 年度～2030 年度):熱も含めたエネルギーの EMS が実現するとともに水素のサプライチェーンプロジェクトへも参画し、水素、電力、熱まで含めた真のエネルギーの全体最適化を実現する。さらには、ここで構築されたプラットフォームを国内外へ次々と展開し、カーボンニュートラル実現に貢献する。

全体的な計画を次ページに示す。それらを通じ、日本社会において省エネルギー・脱炭素のみならず、持続的成長(SDGs)に必要なエコシステム作りを行い、社会課題解決を図るべく取り組む。

プロジェクト全体の計画



Appendix

各社会領域，共通領域においては，WG を設置して検討を行った．それぞれの WG における中間報告書を添付する．

- ・ 持続的脱炭素コールドチェーン
- ・ レジリエント次世代空調
- ・ カーボンニュートラルキャンパス
- ・ 再エネ連携農業/都市型農業
- ・ 多角的活用次世代ヒートポンプ
- ・ データ収集，通信

【持続的脱炭素コールドチェーン WG 中間報告書】

1. フードサプライチェーンにおける脱炭素化

2. 背景・目的

日本では 2050 年カーボンニュートラル実現に向け、2030 年に 2013 年比 46%の温室効果ガス排出量削減の目標が掲げられているが、達成に向けたハードルは高く、あらゆる方面から脱炭素化を推進する必要がある。

Nature Food 誌（2021※）によると、世界のフードサプライチェーン（Food System）全体の温室効果ガス排出量は、全排出量の 34%にあたる 180 億トンで、そのうち 71%は農作物の栽培や家畜の飼育といった「食材生産地」、残り 29%は輸送、包装、販売、廃棄などに起因している。また、冷凍冷蔵機器から排出される温室効果ガスは全体の 5%を占めるが、コールドチェーン技術の普及に伴い、今後増加すると予想されている。

日本におけるフードサプライチェーン全体からの温室効果ガス排出量は明確になっていないが、その絶対量は少なくないと想定される。日本においても、フードサプライチェーン全体の温室効果ガス排出量を削減するシステムの構築、制度の拡充が急務である。

温室効果ガス排出量削減には、ライフサイクルでの排出量が少ない食品、食材が、消費者から優先して選ばれる社会風土を構築することが重要と考える。その結果、企業間の競争原理が働き、事業者や業界団体による温室効果ガス排出量削減に向けた自主的な取組みが推進される。そのためには、各事業者における温室効果ガス排出量削減の取組を定量化し、参照（可視化）できる仕組みが有効であると考えます。

食品の生産、加工プロセスにおける温室効果ガス排出量を可視化する取組は、それがフードサプライチェーン全体に占める割合が大きいこともあり、既に様々な取り組みがなされている。例えば、農林水産省は、2021 年 5 月、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現させるための新たな政策方針として「みどりの食料システム戦略」を策定した。2050 年までに日本における農林水産業の CO₂ ゼロエミッション化の実現するため、「フードサプライチェーンにおける脱炭素化の実践とその可視化の在り方検討会」を設置し、フードサプライチェーンの脱炭素化の方策や分かりやすい可視化の在り方等について専門的知見から指導・助言を受け、総合的かつ幅広い視点から検討を進めている。

本 WG では、上記のような既存の取組を踏まえ、まだ取組が手薄な、フードサプライチェーン下流の食品小売業や外食産業など、最終消費者に近い事業者にもスコープをあて、それら事業者における温室効果ガス排出量を削減する取組を可視化する方策を提案する。これにより、既存の取組と合わせ、ライフサイクルでの温室効果ガス排出量が少ない食品、食材が、消費者から優先して選ばれる社会風土の構築に貢献できるものとする。将来的には、この仕組みを海外展開することで世界全体の温室効果ガス削減に貢献できると考える。

※M.Crippa et.al Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions, Nature Food 2, 198-209(2021)

3. 構築するプラットフォーム・新技術

3.1 プラットフォーム案

本 WG は、フードサプライチェーン下流の食品小売業や外食産業など、最終消費者に近い事業者（店舗）における、SCOPE1,2,3 それぞれの温室効果ガス排出量削減の取組を総合的に評価するプラットフォームを提案する（図 1）。

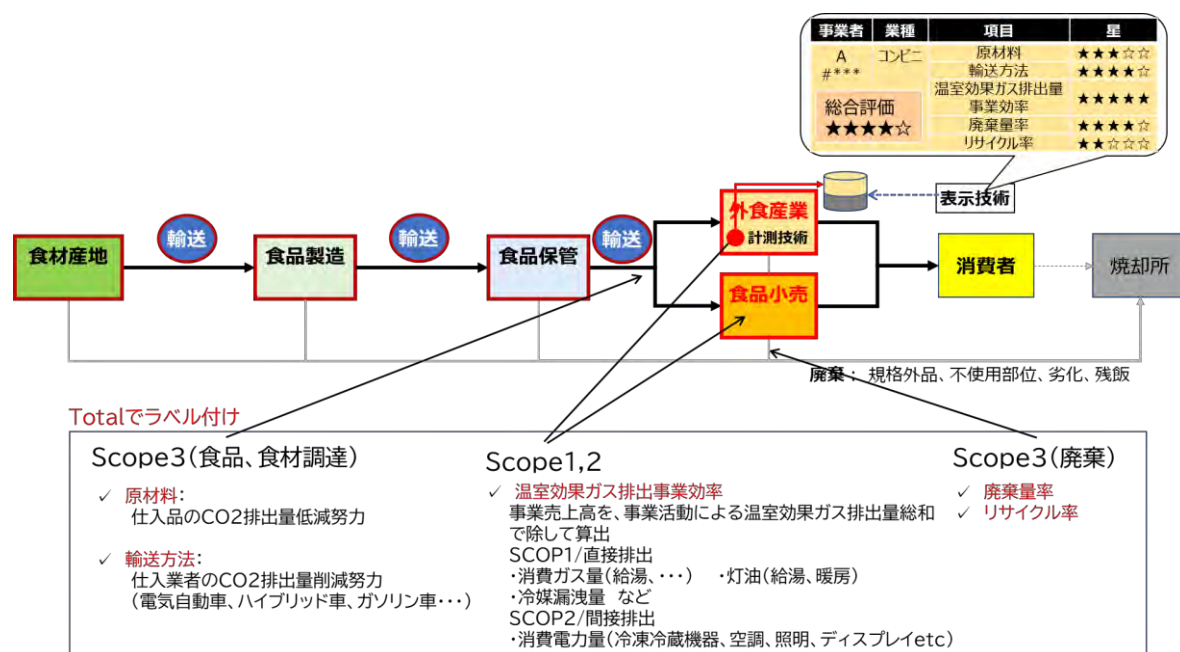


図 1 構築するプラットフォームと技術

SCOPE1,2 の評価は、対象事業者（店舗）の事業売上高を、対象事業者の事業活動による温室効果ガス排出量総量で除した、「温室効果ガス排出事業効率」を算出し評価する。この「温室効果ガス排出事業効率」が大きいほど、温室効果ガス排出量に対して対象事業者の事業効率が高いということになる。

SCOPE1 排出量（主に燃料の使用による温室効果ガス直接排出分）は、ガスや灯油など各燃料の利用量を測定し、それぞれの利用量に燃料ごとの CO₂ 排出原単位を乗じて総和を取る。また、SCOPE1 には冷媒漏洩に関わる温室効果ガス排出量も計算に入れる。事業者を設置した冷凍冷蔵機器や空調機器からの冷媒漏洩により、冷媒を追加チャージした場合は、その追加チャージ量を冷媒漏洩量と見なして CO₂ 排出量に換算し、SCOPE1 排出量に加算する。

一方、SCOPE2 排出量（主に電気使用による温室効果ガス間接排出分）は、対象事業者の使用電力量に、単位発電電力量あたりの CO₂ 排出原単位を乗じて計算する。この単位発電電力量あたりの CO₂ 排出原単位は、対象事業者が契約する電力供給会社よりリアルタイムで取得し積算することが望ましいが、できない場合は電力供給会社より平均 CO₂ 排出原単位を取得し計算してもよい。

なお、「温室効果ガス排出事業効率」が一般消費者に提示されたとしても、一般消費者にはその値の妥当性が理解しにくいと考えられ、その効率値を補足説明する情報を付随させるこ

とが望ましい。例えば、対象事業者内に設置された冷凍冷蔵設備が、保管された食品、食材に見合った適切な冷凍冷蔵温度に設定されているか、来店する一般消費者に適切な環境温度を提供しているか、などの要素である。これらについては、3.2 節で説明する。

SCOPE3 は、対象事業者から見て、フードサプライチェーンの上流側と下流側に分かれて評価する。上流側は食品、食材の調達に関わる評価項目で、「原材料」は調達した食品、食材が温室効果ガス排出量低減を考慮したものであるかを評価し、「輸送方法」は対象事業者が温室効果ガス排出量の少ない輸送手段を使っているか否かを評価する。下流側は主に廃棄に関わる評価項目で、食品廃棄（食品ロス）を減らす取組を評価する「廃棄量率」と、発生した廃棄物をリサイクル（資源再生や肥料化など）に回した努力を評価する「リサイクル率」からなる。

3.2 必要な新技術

上記プラットフォームを実現するためには、対象事業者（店舗）における各評価項目のデータを一元管理し、かつ、適切に一般消費者に提示する表示技術が必要となる。また、「温室効果ガス排出事業効率」に関わり、対象事業者の冷凍冷蔵設備や空調換気設備の設定適正度を最終消費者に提示するための、設備設定適正度評価技術も必要となる。

① 「温室効果ガス排出事業効率」算定・管理技術

対象事業者における、燃料、電力などのエネルギー使用量、および、冷凍冷蔵設備や空調機器の冷媒漏洩量（冷媒の追加チャージ量）を一元管理するとともに、対象事業者が契約する電力供給会社における単位電力量あたりの CO₂ 排出原単位を取得し、所定期間ごとの SCOPE1,2 排出量を計算する。さらに、対象事業者における当該所定期間の売上高をも管理し（あるいは対象事業者の経理システムと情報連携し）、当該所定期間における「温室効果ガス排出事業効率」を算定する。

② 「温室効果ガス排出事業効率」に関わる設備運転適正度評価技術

例えば下記が挙げられる。下記詳細や、下記以外の評価技術については検討中である。

(1) 冷凍冷蔵設備運転の適正度評価技術

冷凍冷蔵設備の庫内に格納されている食品、食材について、それらの保存温度に対し、設定温度（もしくは庫内の実測温度）の適正度を評価する。保存温度が異なる食品、食材が1つのショーケースに格納されている場合は、保存温度が過剰になっているものが存在し、その分冷凍冷蔵設備の負荷が増大する。食品、食材個々の保存温度に、冷凍／冷蔵ショーケースの設定温度（もしくは庫内の実測温度）を合わせることが理想的であるが、この理想状態からの乖離度を計算、評価する。

(2) 店舗内環境の適正度評価技術

対象事業者が、最終消費者が直接足を運ぶ食品小売店や飲食店のような場合、最終消費者に適切な環境を提供しているかを評価する。特に、冷凍冷蔵設備をも併設した店舗では、当該設備から漏れ出す冷気によって、最終消費者に寒冷的な店舗環境を提供するのみならず、冷凍冷蔵設備の運転に要する電力量の増加要因にもなる。店舗内における少なくとも1点の実測温度データに基づき評価する。

③ 食品廃棄量／リサイクル量計測技術

対象事業者が入荷した食品，食材のうち，販売されずに廃棄されたもの（廃棄物）の量を計測する技術．また，廃棄物のうち，リサイクル（資源再生や肥料化など）に回した量を計測する技術．

④ 取組表示技術

対象事業者における「温室効果ガス排出事業効率」をはじめ，「原材料」「輸送方法」「廃棄量率」「リサイクル率」のそれぞれの評価結果を，最終消費者に分かりやすく提示する技術．例えば，5項目ごとに5段階評価し星数で表示するとか，各5項目に重みづけをして（例：「温室効果ガス排出事業効率」：50%，その他項目は各10%），総合評価結果を5段階評価し星数で評価するとかの方法が考えられる．

また，「温室効果ガス排出事業効率」については，その効率値を補足説明する情報を付随させることが望ましい．例えば，上記②で説明した，冷凍冷蔵設備運転の適正度評価結果や，空調の適正度評価結果である．

4. 実現すべき目標とベンチマーク

4.1 実現すべき目標

2050年カーボンニュートラル実現に向けて，本提案のプラットフォームは，グローバルでのフードサプライチェーンにおける温室効果ガス排出量を実質ゼロへの貢献を目指す．まずは，日本において，フードサプライチェーン下流の食品小売業や外食産業など，最終消費者に近い事業者にもスコープをあて，各事業者の温室効果ガス排出量削減取組が最終消費者に「可視化」できるシステムの構築を進める．2030年に向けて当該「可視化」システムの確立を目指すとともに，その手法の国際標準化，および，国際認証プロセスの整備を進める．

この取組における2030年の温室効果ガス排出量削減の数値目標は，日本における温室効果ガス排出量12.12億トン（2019年確定値）のうち食品小売業や外食産業などの由来を3%，3,600万トンと仮定した場合，その約8%に相当する300万トンとする．

4.2 現状の取組のベンチマーク

日本国内では，各事業者単体だけではなく，サプライチェーン全体における温室効果ガス排出量削減に向けて，環境省主体で，グリーン・バリューチェーンプラットフォームの取組みが開始されている．本プラットフォームの大まかな概念図を図2に示す．本プラットフォームでは，大きく3つの区分（SCOPE 1,2,3）で排出量を試算するためのデータベースおよびその算定方法が示されている．SCOPE 1,2は自社が直接的な事業活動に起因する発生量が対象である．また，SCOPE 3は自社と間接的に関わる上流，下流の全てを含めた発生量が対象であり，細かく15のカテゴリーに分類されている．

自社で算出するSCOPE 1,2は，自社の努力により詳細な算出（製品別，プロセス別など）が可能である．一方，他社が関わるSCOPE 3は，他社との関係が複雑に絡み合うため，現状で詳細な算出は難しく，統計データなどを簡略化や平均化して算出する方法をとっている．

このプラットフォームを本 WG の提案に適用する場合、統計的に簡略化もしくは平均化した CO₂ 排出原単位を用いて温室効果ガス排出量を算出することになり、店舗ごとの「温室効果ガス排出事業効率」が実態に合わない可能性がある。また、冷凍冷蔵機器や空調機器が適切に使用されているか等を可視化することができず、事業者の排出削減の取組みを消費者に正確に伝えることができない。温室効果ガス排出量の削減を推進している事業者が優先的に消費者から選ばれるようにするには、事業者の取組みを正確に消費者に伝えることが可能な仕組みが必要である。

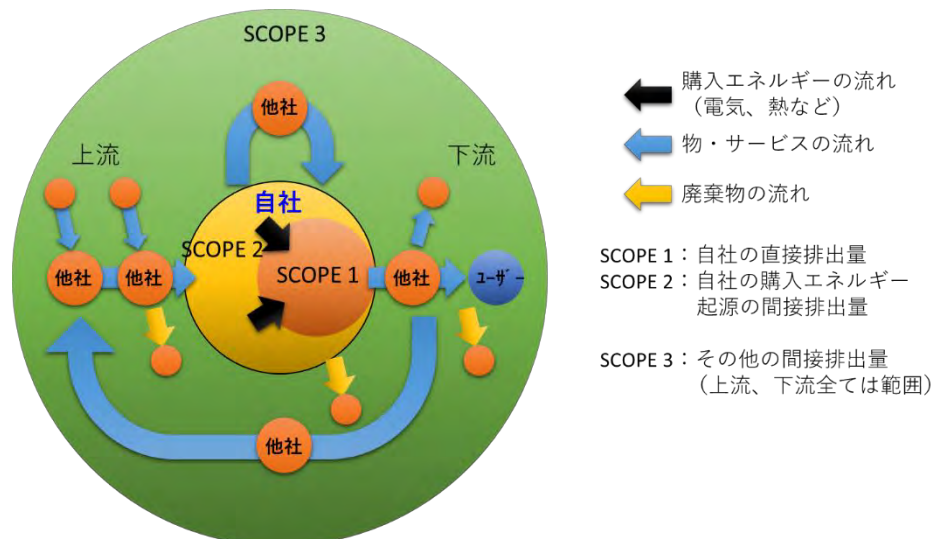


図2. グリーン・バリューチェーンプラットフォームの自社と他社の関係

上記グリーン・バリューチェーンプラットフォームの取組み以外にも、日本国内では「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）において、産業トップランナー制度（ベンチマーク制度）が設けられている。この制度では、当該産業に属する事業者が中長期的に達成すべき省エネ基準を示しており、省エネが他社と比較して進んでいるかを明確にし、遅れている事業者には更なる努力を促すことを目的としている。目指すべき水準は各産業で全体の1～2割の事業者のみが満たす値に設定されている。

表1にベンチマーク指標と目指すべき水準を示す。コールドチェーンに関連するコンビニエンスストア業と食料品スーパー業のみ抽出した。当該ベンチマークを本 WG の提案に適用する場合、両業態ともに電力使用量のみで比較しているため、SCOPE2のみが対象となっており、生産、輸送、廃棄等で生じる温室効果ガス排出量の低減取組は考慮されておらず、事業活動全体での評価ができないという問題がある。フードサプライチェーン全体の温室効果ガス排出量を削減するには、電力使用量だけではなく、事業活動で発生する全ての温室効果ガス排出量を考慮した評価が必要である。

また、目指すべき水準が事業者の括りで設定されているため、店舗毎での比較や、削減取組みの可視化ができない。食品小売業では店舗や地域によって食品、食材、店舗運営方法が異なるため、事業者としてではなく、店舗毎の温室効果ガス排出量や削減取組みを可視化す

ることで、削減取組みの加速、消費者の選択への影響度増大に繋がると考えられるため、店舗毎に比較できる仕組みが必要である。

表 1. ベンチマーク指標と目指すべき水準

区分	事業	ベンチマーク指標（要約）	目指すべき水準
7A	通常コンビニエンスストア業	当該事業を行っている店舗における電気使用量の合計量を当該店舗の売上高の合計にて除した値	707kWh ／百万円以下
7B	小型コンビニエンスストア業		308kWh ／百万円以下
10	食料品スーパー業	（店舗） 当該事業を行っている店舗のエネルギー使用量を当該店舗と同じ規模、稼働状況、設備状況の店舗の平均的なエネルギー使用量で除した値 （事業者） 当該店舗ごとに算出したベンチマーク指標について、店舗ごとのエネルギー使用量により加重平均した値	0.799以下

5. 想定される課題と解決手段

5.1 技術面の課題と解決手段

・「温室効果ガス排出事業効率」算定・管理技術

対象事業者（店舗）における、燃料、電力などのエネルギー使用量、冷凍冷蔵設備や空調機器の冷媒漏洩量（冷媒の追加チャージ量）、ならびに、対象事業者が契約する電力供給会社における単位電力量あたりのCO₂排出原単位、さらに、対象事業者における当該所定期間の売上高をも一元管理し（あるいは対象事業者の経理システムと情報連携し）、「温室効果ガス排出事業効率」を計算する技術の構築が必要である。

これを実現するために、「温室効果ガス排出事業効率」を計算するためのデータについて、データフォーマットを定義・標準化し、データベース化する。これにより、様々な店舗に簡単にシステムを導入することが可能となる。

・「温室効果ガス排出事業効率」に関わる設備運転適正度評価技術

例えば、冷凍冷蔵設備運転の適正度評価技術を確立するためには、冷凍冷蔵設備に保管されている個々の食品、食材の適正保管温度を把握する必要があるとともに、個々の食品、食材を保管している冷凍冷蔵設備の設定温度（もしくは庫内の実測温度）の把握も必要である。個々の食品、食材の適正保管温度は、それらの製造業者が設定した温度と紐づければよいが、全ての食品、食材について、それら個々の実際の保管温度を把握するには新たな仕組みが必要である。

また、店舗内環境の適正度評価技術を確立するためには、まずは店舗内環境（温度、湿度、CO₂濃度など）の実測が必要である。また併せて、空調換気設備の消費電力量を切り分けるなどして、店舗内環境が冷凍冷蔵設備からの冷気で空調している状態ではなく、空調換気設備が店舗内環境に相応しい運転をしているかをも判断し、適切な店舗内環境が提供できているか評価する。

・データベース標準化

全ての事業者（店舗）の評価について、不特定多数の最終消費者が、いつでも知りたいときに参照できるようにするためには、評価項目とその評価結果をデータベース化し、その仕様を標準化することは不可欠である。データベースには、下記を含む。

- 事業者名、もしくは店舗名（事業者 No.、もしくは店舗 No.）
 - その事業者の業態（コンビニエンスストア業、スーパーマーケット業など）
 - その事業者の評価項目（「原材料」「輸送方法」「温室効果ガス排出事業効率」「廃棄量率」「リサイクル率」）ごとの評価（１～５の星数、もしくは値）
 - その事業者（店舗）の総合評価（１～５の星数）。
 - 「温室効果ガス排出事業効率」に関わる設備運転適正度評価。
- ・ 取組表示技術

最終消費者が、知りたい事業者（店舗）の評価を参照するとき、その評価結果は、どの最終消費者にとっても、分かりやすく提示されなければならない。

そのためには、単に評価結果を表示するだけでなく、事業者の温室効果ガス排出量削減の取組・工夫も併せて提示し、評価の高い事業者（店舗）を最終消費者が選択するインセンティブを与える仕掛けが必要である。

5.2 制度面の課題と解決手段

- ・ 最終消費者が、全ての食品小売業や外食産業の評価内容を、いつでも、どこでも参照できるように、それら事業者（店舗）に対し本プラットフォームの導入を義務化する。あるいは、本プラットフォームの評価に関わる認証制度を導入し、各事業者が認証ラベルを自由に使えるようにし、事業者（店舗）が本プラットフォームを導入するインセンティブを与える。
- ・ 全ての事業者の本プラットフォーム導入を実現するために、評価に関わる技術導入（測定器やデータベースなど）に必要な投資を補助する制度を設ける。

6. 目標実現までのロードマップ

2022 年：評価方法の具体化を進めるとともに、実証実験先の検討

2023 年：実証実験開始（１～２店舗）

2024 年：実証実験の拡大（～１０店舗）、温室効果ガス排出量削減効果の検証

2025 年：プラットフォーム一次案の確定、ISO 標準化の提案開始

日本国内フードサプライチェーンにおける参画企業を呼び掛け

2027 年：日系メーカを主体として、海外に展開開始

2030 年：グローバルスタンダードとして標準化完了

7. 国プロの実施イメージ

まずは、事業活動に伴う温室効果ガス排出量を SCOPE1,2,3 に区別して算出し、温室効果ガス排出量を削減する様々な取り組みを公開している、大手コンビニエンスストアやスーパ

ーマーケットに協力を仰ぎ、実証実験可能な店舗を選択し、実証実験を行う。この実証実験を通じて、5章に述べた各技術の確立を目指す。

- ・「温室効果ガス排出事業効率」算定・管理技術：実際に事業者（店舗）に導入する場合の導入課題の明確化と、解決手段の開発
- ・「温室効果ガス排出事業効率」に関わる設備運転適正度評価技術：実際に事業者（店舗）に導入する場合の導入課題の明確化と、解決手段の開発。また、評価項目の充実検討。
- ・データベース標準化：評価方法の確立と、データベース仕様の確立
- ・取組表示技術：評価の高い事業者（店舗）を最終消費者が選択するインセンティブを与えるユーザインタフェースの開発

23 年度より開始し、25 年度までの上記技術の開発と、データベース仕様確立を目指す。また、国プロの成果の中で標準化すべきものは、25 年度中に ISO 提案を開始する。

8. 事業化への戦略、その後の推進主体案

7章でも述べたように、まずは大手コンビニエンスストアやスーパーマーケットに協力を仰ぎ、国プロ等も活用しながら、本プラットフォーム導入による温室効果ガス排出量削減を検証するための実証実験を行い、導入課題の明確化、必要な技術開発、および、データベース仕様の確立を目指す。その後は、段階的に対象事業者を増やしていくが、食品小売業や外食産業などが主体的に、このプラットフォームを導入するよう、本プラットフォームの評価に関わる認証制度を確立や、評価に関わる技術導入（測定器やデータベースなど）に必要な投資を補助する制度構築も実施する。

9. 政策提言

本プラットフォームは、フードサプライチェーン下流の食品小売業や外食産業など、最終消費者に近い全ての事業者（店舗）に導入し、事業活動において温室効果ガス排出量を削減する努力をしている事業者を、最終消費者が選択するよう誘導する仕掛けを提供するものである。したがって、個人が経営するような小さな店舗でも、本プラットフォームを導入できるよう、本プラットフォームの評価に関わる認証制度を確立や、評価に関わる技術導入（測定器やデータベースなど）に必要な投資を補助する制度構築が必要である。

10. 想定する主なメンバー

- | | |
|---------------|----------------------|
| ・ 関西電力株式会社 | ・ コールドストレージ・ジャパン株式会社 |
| ・ ダイキン工業株式会社 | ・ 東京海洋大学 |
| ・ パナソニック株式会社 | ・ 富士電機株式会社 |
| ・ 株式会社前川製作所 | ・ 三菱重工業サーマルシステムズ株式会社 |
| ・ 株式会社三菱総合研究所 | |

スライド 1

COCN

1. プロジェクトのタイトル:

「フードサプライチェーンにおける脱炭素化」

2. 背景・目的

- ・Nature Food誌によると、世界のフードサプライチェーン（Food System）全体の温室効果ガス排出量は180億トン（全排出量の34%）である。日本のフードサプライチェーンからの温室効果ガス排出量も少なくないと想定され、フードサプライチェーン全体の温室効果ガス排出量を削減する社会システムの構築、制度の拡充が急務である。

※M.Crippa et.al Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions, Nature Food 2, 198-209(2021)

- ・温室効果ガス排出量削減には、ライフサイクルでの排出量が少ない食材・食品が消費者から優先して選ばれる社会風土を構築することが重要と考える。その結果、企業間の競争原理が働き、事業者や業界団体により排出量削減に向けた取組みが推進される。
- ・食品の生産、加エプロセスにおける温室効果ガス排出量を可視化する取組は、それがフードサプライチェーン全体に占める割合が大きいこともあり、既に様々な取り組みがなされている。本WGでは、まだ取組が手薄な、フードサプライチェーン下流の食品小売業や外食産業など、最終消費者に近い事業者にもスコープをあて、それら事業者における温室効果ガス排出量を削減する取組を可視化する方策を提案する。
- ・これにより、既存の取組と合わせ、ライフサイクルでの温室効果ガス排出量が少ない食品、食材が、消費者から優先して選ばれる社会風土の構築に貢献できるものとする。将来的には、この仕組みを海外展開し、世界全体の温室効果ガス削減に貢献する。

0

スライド 2

COCN

3. 構築するプラットフォームや新技術

3.1 プラットフォーム案

フードサプライチェーン下流の食品小売業や外食産業など、最終消費者に近い事業者（店舗）における、SCOPE1,2,3それぞれの温室効果ガス排出量削減の取組を総合的に評価するプラットフォームを提案する（図を次ページに掲載）。

SCOPE1,2の評価は、対象事業者（店舗）の事業売上高を、対象事業者の事業活動による温室効果ガス排出量総量で除した、「温室効果ガス排出事業効率」を算出し評価する。さらに、冷凍冷蔵／空調機器が適正に運転しているかも評価する（設備運転適正度評価）。

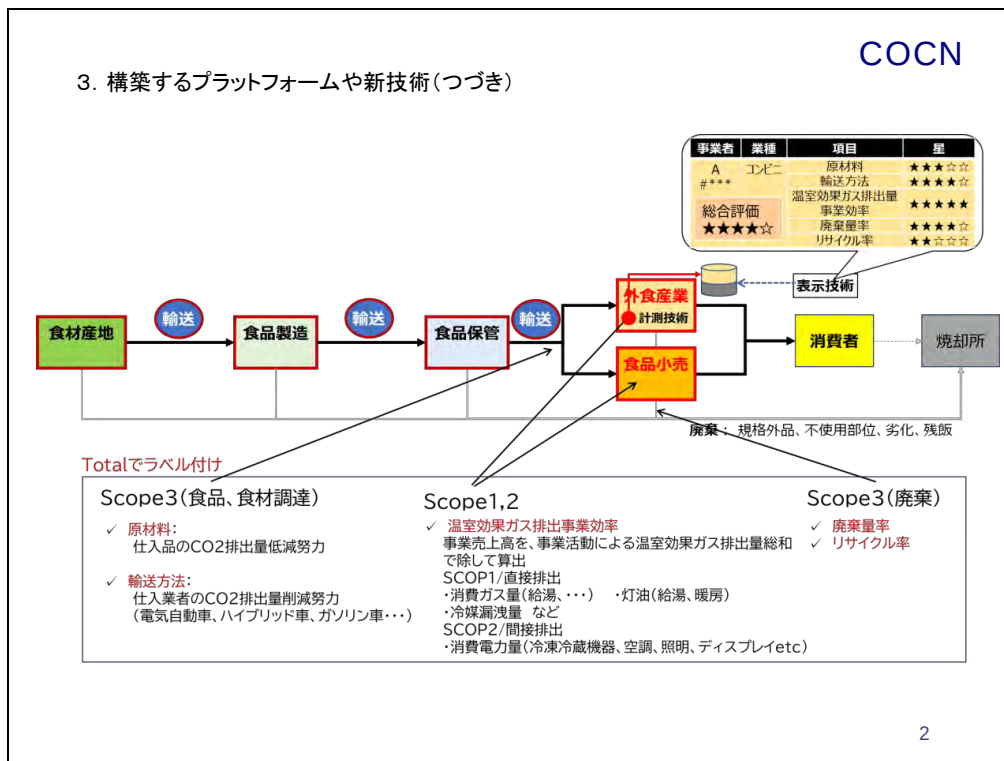
SCOPE3は、対象事業者から見て、フードサプライチェーンの上流側と下流側に分かれて評価する。上流側は食品、食材の調達に関わる評価項目で、「原材料」は調達した食品、食材が温室効果ガス排出量低減を考慮したものであるかを評価し、「輸送方法」は対象事業者が温室効果ガス排出量の少ない輸送手段を使っているか否かを評価する。下流側は主に廃棄に関わる評価項目で、食品廃棄（食品ロス）を減らす取組を評価する「廃棄量率」と、発生した廃棄物をリサイクル（資源再生や肥料化など）に回した努力を評価する「リサイクル率」からなる。

3.2 必要な新技術

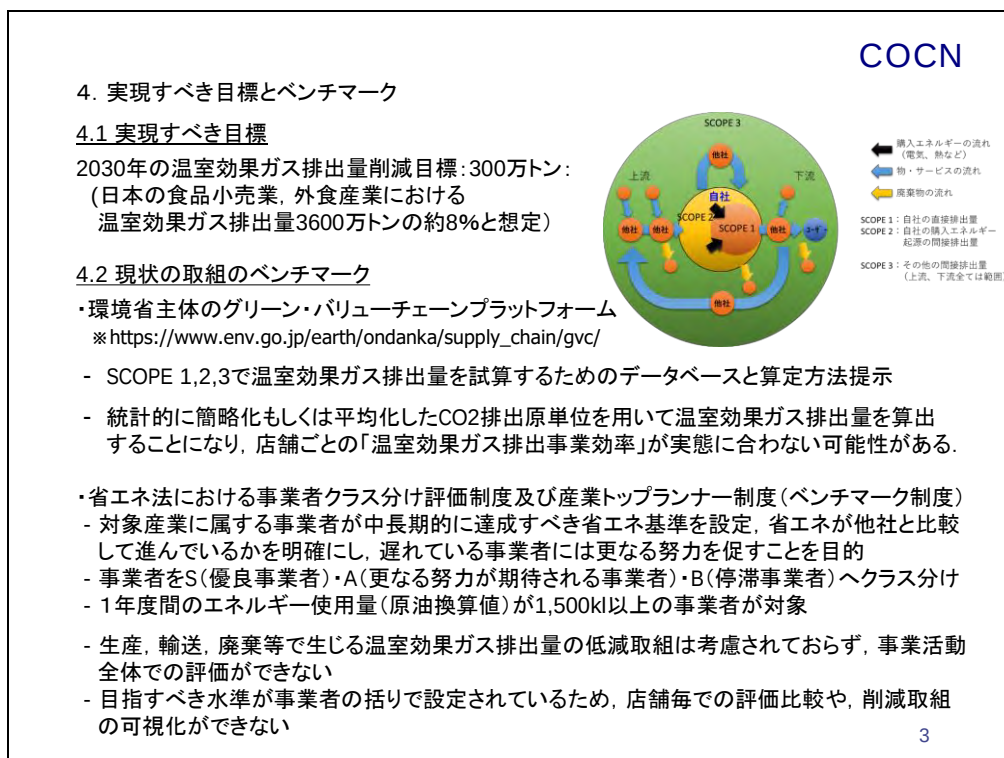
上記プラットフォームを実現するためには、対象事業者（店舗）における各評価項目のデータを一元管理し、かつ、適切に一般消費者に提示する表示技術が必要となる。また、「温室効果ガス排出事業効率」に関わり、対象事業者の冷凍冷蔵設備や空調換気設備の設定適正度を最終消費者に提示するための、設備設定適正度評価技術も必要となる。（詳細は5章に記載する）

1

スライド 3



スライド 4



スライド 5

5. 想定される課題と解決手段		
5.1 技術面の課題と解決手段		
技術	課題	解決手段
「温室効果ガス排出事業効率」算定・管理技術	データの一元管理:事業者(店舗)における, ・各種エネルギー使用量 ・冷媒漏洩量 ・電力のCO2排出原単位 ・事業活動による売上高	・各種エネルギー使用量(測定値), 冷媒漏洩量(測定値), 電力のCO2排出原単位(電力供給会社より取得), 売上高を一元管理する仕組みを構築, データベース化
設備運転適正度評価技術	・食品, 食材を保管する冷凍冷蔵設備の負荷適正化 ・空調・換気設備の負荷適正化	・全ての食品, 食材について, それら個々の実際の保管温度を把握する仕組み構築 ・店舗内環境(温度, 湿度, CO2濃度など), および, 空調設備の運転状態把握による, 空調運転適正度評価
データベース標準化	不特定多数の最終消費者が, いつでも知りたいときに, 全ての事業者の評価結果を参照	データベース案 - 事業者名, もしくは店舗名 - その事業者の業態(コンビニエンスストア業など) - その事業者の評価項目(「原材料」「輸送方法」「温室効果ガス排出事業効率」「廃棄量率」「リサイクル率」)ごとの評価(1~5の星数など) - その事業者(店舗)の総合評価(1~5の星数) - 「温室効果ガス排出事業効率」に関わる設備運転適正度評価
取組表示技術	・最終消費者にとって分かりやすく, 高評価事業者の選択を促す評価提示	・評価結果を表示するだけでなく, 事業者の温室効果ガス排出量削減の取組・工夫も併せて提示

4

スライド 6

5. 想定される課題と解決手段(つづき)	
5.2 制度面の課題と解決手段	
・事業者(店舗)に対し本プラットフォームの導入を義務化, あるいは, 本プラットフォームの評価に関わる認証制度を導入し, 各事業者が認証ラベルを自由に使えるようにし, 事業者(店舗)が本プラットフォームを導入するインセンティブを与える。 ・評価に関わる技術導入(測定器やデータベースなど)に必要な投資を補助する制度を設定。	
6. 目標実現までのロードマップ	
2022年:評価方法の具体化を進めるとともに, 実証実験先の検討 2023年:実証実験開始(1~2店舗) 2024年:実証実験の拡大(~10店舗), 温室効果ガス排出量削減効果の検証 2025年:プラットフォーム一次案の確定, ISO標準化の提案開始 日本国内フードサプライチェーンにおける参画企業を呼び掛け 2027年:日系メーカを主体として, 海外に展開開始 2030年:グローバルスタンダードとして標準化完了	
7. 国プロの実施イメージ	
まずは, 温室効果ガス排出量を削減する様々な取り組みを公開している, 大手コンビニエンスストアやスーパーマーケットに協力を仰ぎ, 実証実験可能な店舗を選択し, 実証実験を行う。この実証実験を通じて, 5章に述べた各技術の確立を目指す。	

5

8. 事業化への戦略, その後の推進主体案

まずは大手コンビニエンスストアやスーパーマーケットに協力を仰ぎ, 国プロ等も活用しながら, 本プラットフォーム導入による温室効果ガス排出量削減を検証するための実証実験を行い, 導入課題の明確化, 必要な技術開発, および, データベース仕様の確立を目指す.

9. 政策提言

個人が経営するような小さな店舗でも, 本プラットフォームを導入できるよう, 本プラットフォームの評価に関わる認証制度を確立や, 評価に関わる技術導入(測定器やデータベースなど)に必要な投資を補助する制度構築が必要である.

10. 想定する主なメンバー

- | | |
|--------------|---------------------|
| ・関西電力株式会社 | ・コールドストレージ・ジャパン株式会社 |
| ・ダイキン工業株式会社 | ・東京海洋大学 |
| ・パナソニック株式会社 | ・富士電機株式会社 |
| ・株式会社前川製作所 | ・三菱重工業サーマルシステムズ株式会社 |
| ・株式会社三菱総合研究所 | |

【レジリエント次世代空調 WG 中間報告書】

1. 背景・目的

我が国の最終エネルギー消費において業務他部門（第三次産業のうち運輸関係事業とエネルギー転換事業を除く）と家庭部門の占める比率は約 3 割あり、この 2 つの部門の最終エネルギー消費量の伸び率（1973 年度比）は約 2 倍と他部門と比べて大きい。我が国の最終エネルギー消費量を低減させるためには、業務他部門と家庭部門の 2 部門の最終エネルギー消費量を低減させること求められる。

業務他部門では、OA 化の反映や空調機の普及によりエネルギー消費原単位は拡大していたが、機器普及の一巡、機器自体のエネルギー消費効率の上昇や建物の断熱対策が進み、「ウォームビズ」などの省エネルギー政策により、減少傾向となっている。

家庭部門では、生活の利便性・快適性の追求により、個人消費の伸びとともに 2010 年度までは増加しましたが、トップランナー制度による省エネルギー技術の普及や節電などの省エネルギー意識の高まりにより、横ばいとなっている。

（2019 年度 エネルギー白書による）

一方、2019 年より始まったコロナ禍の影響により、感染症対策のための換気の意識が高まり、換気量の確保が優先され、これまで育んできた省エネルギー意識が薄まり、業務他部門や家庭部門のエネルギー消費量の増加が危惧される。（ある物件では、夏期や冬期に換気量確保のために窓開け換気を実施したため、冷暖房負荷が増大し年間の電力使用量が 1 ～ 2 割増加）

また、地球温暖化やヒートアイランド現象により、換気による冷房負荷の増大が予見され、建物の断熱性能の改善や空調機器単体のエネルギー消費効率の上昇だけでは、業務用他部門と家庭部門のエネルギー消費量の低減は困難となる。

本 WG では、コロナ禍や超外気温化（40℃越え）だけでなく、可能性のある環境変化を想定し、今後換気を含む空調分野がどうあるべきかを明確にし、それらを可能とするプラットフォームや新たな技術を構築することを目的とする。

2. 構築するプラットフォームや新技術

2.1 WG の段階的アウトプット

本 WG では課題克服の緊急度と難易度に応じて、大きく 3 段階に分けてアウトプットを出していくこととした。

- ・ 1 段階目：換気量増加に伴うエネルギー消費量の増加に対する対応。
- ・ 2 段階目：空調機と換気機器の連動のプラットフォーム化。
- ・ 3 段階目：想定される環境変化に応じた空調システムの提言。

昨年度より、1 段階目の換気量増加に伴うエネルギー消費量の増加に対する対応として、WEBPRO（エネルギー消費性能計算プログラム）の試算方法の改善提案を実施した。本年度では、空調機と換気機器の連動のプラットフォーム化に取り組む。

2.2 換気量増加に伴うエネルギー消費量増加に対する対応。

コロナ禍により、喫緊の課題となっている換気量増加に伴うエネルギー消費量増加に対する対応は例えば全熱交換器のようなエネルギーロスが少ない高効率な換気機器を導入することが挙げられる。

高効率な換気機器を導入することが、換気量の増加とエネルギー消費量の低減を両立させる手段であることを選定者や購入者に認知させることが必要。

3. CO₂削減数値目標

本 WG の取組みにより、高効率な換気機器を広めることで、CO₂ 排出量を年間約 450 万トンの削減を目標とする。

試算条件は以下の通り

- | | | |
|---|----------------------------------|------------|
| ①最終エネルギー消費量 | 業務他部門：2.2EJ | 家庭部門：1.8EJ |
| ②空調用途エネルギー消費量 | 業務他部門：0.6EJ | 家庭部門：0.5EJ |
| ③高効率換気機器導入による空調用途エネルギー削減量 | ▲20%（推定値） | |
| ④レジリエント次世代空調のプラットフォーム化により、高効率な換気機器の採用率 UP | | |
| | 業務他部門：+10% | 家庭部門：+25% |
| ⑤エネルギー削減量 | 業務他部門：12.1PJ 家庭部門：25.1PJ・・・②③④より | |
| ⑥単位換算 3600J=1Wh | 業務他部門：3.4TWh 家庭部門：7.0TWh | |
| ⑦CO ₂ 排出量換算 | 業務他部門：▲145 万 tCO ₂ | |
| | 家庭部門：▲302 万 tCO ₂ | |
| | ⇒合計≒450 万 tCO ₂ | |

(2020 年度東京電力 CO₂ 排出係数 0.434 kg-CO₂/kWh)

4. 検討内容とその課題

4.1 空調機と換気連動のプラットフォーム化

現状の空調機と換気機器の連動による省エネ技術は、運転・停止連動、在室人員不在時検知連動、予冷・予熱連動制御、ナイトパージ運転連動制御、霜取運転時連動制御が挙げられる。また、換気機器同士の連動制御として CO2 センサー値の共有、室内湿度共有、室外湿度共有も挙げられる。今後、さらなる CO2 排出量削減を取り込むためには、高効率な換気機器を導入した上で、空調機と換気機器との連動制御を実施することが必要。

4.2 空調機と換気連動の課題

空調機と換気機器の連動機能は連動をするための通信信号（運転指示、運転状態、センサー情報等）が機器メーカー独自のものとなっているため、同一機器メーカーで接続した場合の限定された機能となっている。空調機と換気機器の機器メーカーが異なる物件は多く、そのような物件では省エネ効果を得ることができない。

4.3 連動通信内容のプラットフォーム化

大規模物件では各機器をコントロールするための集中制御機器などを用いて、連動制御を行うこともできるが、店舗や小規模の建物では導入コストが見合わないため、集中制御機器がなくても機器間だけでの連動が求められる。

また、空調機と換気機器の機器メーカーが異なっても連動制御を実施するためには、通信内容をプラットフォーム化が考えられるが、機器メーカー独自の機能や通信内容もあり、通信内容を全て見えるようにするのは、課題が大きい。

4.4 解決方法

機器メーカーによらず、連動制御を成り立たせるためには機器間での連動に関する情報のみをプラットフォーム化し、機器メーカー独自の情報と分けることが重要と考える。例えばテレビと BD レコーダの連動（リンク）の場合等、必要最低限の連動はメーカーが異なっても可能だが、より高機能な連動は同一メーカーでのみ可能となっている。

5. 計画（案）

- ～2023 年 3 月
- ・ 必要最低限の連動内容の整理
 - ・ 連動通信の課題と解決方法議論
 - ・ 政策提言内容立案

COCN

レジリエント次世代空調 WG

1. 背景・目的

- ・我が国の最終エネルギー消費において業務用他部門と家庭部門の伸び率が大きく、最終エネルギー消費量を低減させることが必要。
- ・省エネルギー政策や省エネルギー意識の向上により減少傾向となっていたが、2019年より始まったコロナ禍の影響により、感染症対策のための換気の意識が高まり、換気量確保のためのエネルギー消費量の増加が危惧される。
- ・本WGでは、コロナ禍や、超高外気温化(40℃越)だけでなく、可能性のある環境変化を想定し、今後空調分野がどのようにあるべきかを明確にし、それらを可能とするプラットフォームや新たな技術を構築することを目的とする。

部門	伸び率
運輸部門	1.7倍
家庭部門	2.0倍
業務他部門	2.1倍
産業部門	0.9倍
全体	1.2倍

【図1 最終エネルギー消費と実質GDPの推移 2019年度エネルギー白書より】

0

COCN

2. 構築するプラットフォームや新技術

1段階目: 換気量増加に伴うエネルギー消費量の増加に対する対応(昨年度)

高効率な換気機器は換気量の確保と省エネルギーの両立が可能

2段階目: 空調機と換気機器の連動のプラットフォーム化(本年度より取り組み)

空調機と換気機器の連動のプラットフォーム化

3段階目: 想定される環境変化に応じた空調システムの提言

1

スライド 3

COCN

3. CO₂削減数値目標

レジリエント次世代空調のプラットフォーム化により、高効率な換気機器を広めることで
CO₂排出量を年間約450万トン削減する。

○試算条件

①最終エネルギー消費量	業務他部門: 2.2EJ 家庭部門: 1.8EJ (2019年度 エネルギー白書による)
②空調用途エネルギー消費量	業務他部門: 0.6EJ 家庭部門: 0.5EJ (2019年度 エネルギー白書による)
③高効率換気機器導入による空調用途エネルギー削減量	▲20% (弊社試算による)
④レジリエント次世代空調のプラットフォーム化により、高効率な換気機器の採用率UP(目標値)	業務他部門: +10% 家庭部門: +25%
⑤エネルギー削減量	業務他部門: 12.1PJ 家庭部門: 25.1PJ ……②③④より
⑥単位換算 3600J=1Wh	業務他部門: 3.4TWh 家庭部門: 7.0TWh
⑦CO ₂ 排出量換算	業務他部門: ▲145万tCO ₂ 家庭部門: ▲302万tCO ₂ ⇒合計≒450万tCO ₂ (2020年度東京電力 CO ₂ 排出係数 0.434 kg-CO ₂ /kWh)

2

スライド 4

COCN

4. 検討内容とその課題

高効率な換気機器を導入した上で、空調機と換気機器との連動制御を実施することが必要

空調機 換気機器での連動

①空調機—換気機器連動

- ・運転、停止連動
- ・不在時検知
- ・予冷、予熱制御
- ・ナイトバージ機能
- ・霜取運転時換気停止

②換気機器—換気機器連動

- ・CO₂センサ値共有
- ・室内湿度共有
- ・室外湿度共有

通信方法が各社独自仕様となっているため、同一メーカーでの接続の場合しか連動機能は働かない

連動情報をプラットフォーム化

空調機(A社)

換気機器(B社)

連動制御を成立できる
基本情報をやり取り

3

スライド 5

5. 今後の計画(案)

COCN

～2023年3月

- ・必要最低限の連動内容の整理
- ・連動通信の課題と解決方法議論
- ・政策提言内容立案

4

【カーボンニュートラルキャンパス WG 中間報告書】

1. 背景・目的

2015 年のパリ協定において、「2050 年までにカーボンニュートラル社会の実現」が提唱された。これを受けて日本では、2020 年菅義偉内閣の所信表明演説において、「2050 年までに温室効果ガスの排出をゼロ、すなわち、カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言され、2021 年 6 月 国・地方脱炭素実現会議において、地域の脱炭素ロードマップが策定された。さらに、2021 年 12 月に経済産業省の「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」において、カーボンニュートラルとグリーン成長戦略との関係が示され、日本はカーボンニュートラル社会の実現に向けて大きく舵を切ることになった。

一方、キャンパスについては、地域の脱炭素ロードマップの中で示された脱炭素先行地域として、「大学キャンパス等の特定サイト」が明記されており、キャンパスのカーボンニュートラル化が求められている。

本プロジェクトでは、カーボンニュートラルキャンパス実現のための環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの構築を目的とし、アカデミックな活動を支えるキャンパスに必要な技術をプラットフォーム化し、標準化を目指すとともに、必要な技術を明確化することを目的とする。

2. カーボンニュートラルキャンパス実現へのアプローチ方法

カーボンニュートラルへのアプローチ方法を、図 1 に示す A～E の 5 つのステップで表現する。このうち、A～C がエネルギー需要側、D は主にエネルギー供給側の努力となる。

- A：負荷を抑制する（断熱を高める、自然エネルギー利用等）
- B：システムを高効率化する（エネルギー効率を高める）
- C：オンサイトの再生可能エネルギーを活用する（太陽光発電等）
- D：低炭素インフラを利用する（排出原単位を小さくする）
- E：樹木等により温室効果ガスを吸収・除去する

上図は ZEB チャートと呼ばれ、ZEB の評価に用いられている。下図は ZEB チャートの縦軸を CO₂ の排出原単位で表現したもので、長方形の面積によって CO₂ の排出量が表現できる。

図 2 にカーボンニュートラル実現の考え方と評価指標の例を示す。このように、カーボンニュートラルの実現は、3 つの取り組みの掛け算で表現することができる。

3. カーボンニュートラルキャンパス実現のためのメソッドと統合マネジメントシステム

図 3 にカーボンニュートラルキャンパス実現のデザインメソッドを示す。大きくは、パッシブ手法、アクティブ手法、インフラ計画に分類され、それらを計画・設計から運用に至る一貫したマネジメント手法から構成される。一貫したマネジメントに不可欠な環境・熱・エネルギーの統合マネジメントシステムの基本フレームを図 4 に示す。

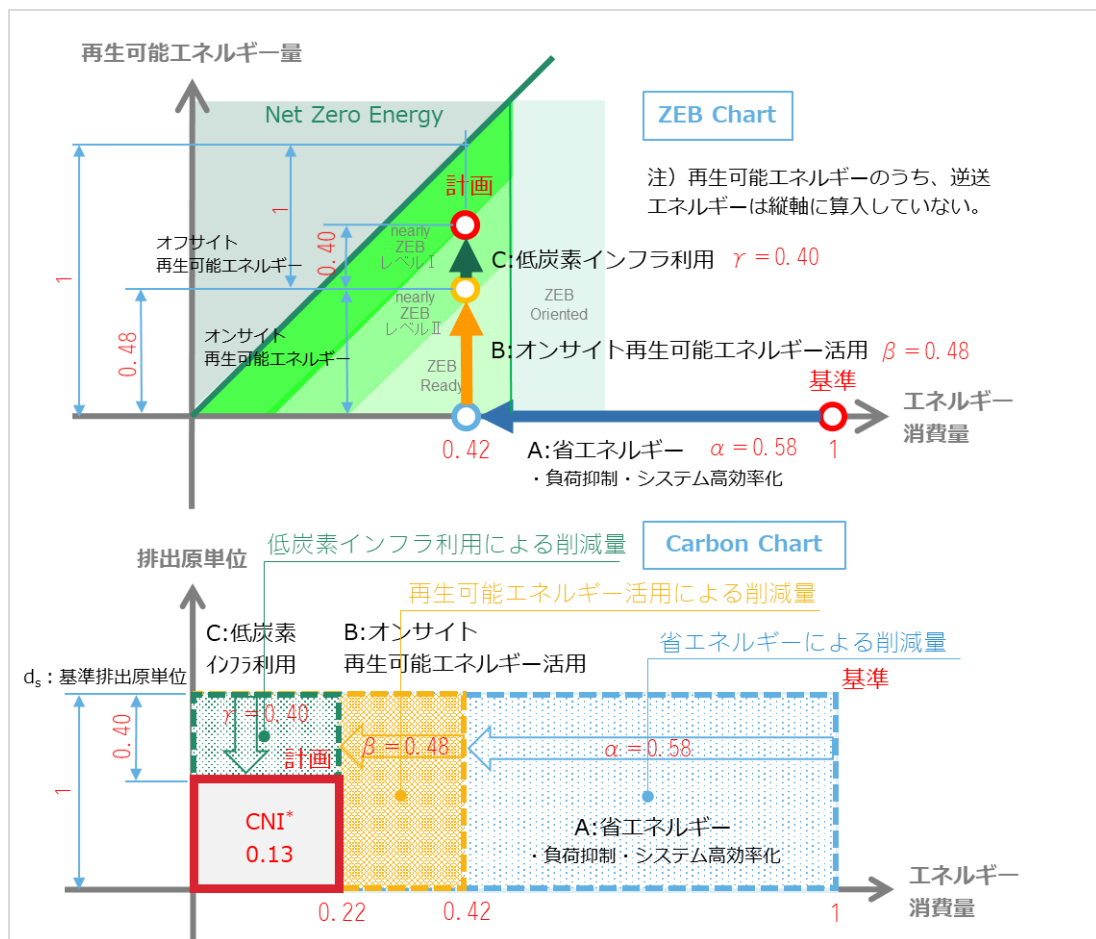


図1 カーボンニュートラルへのアプローチ方法

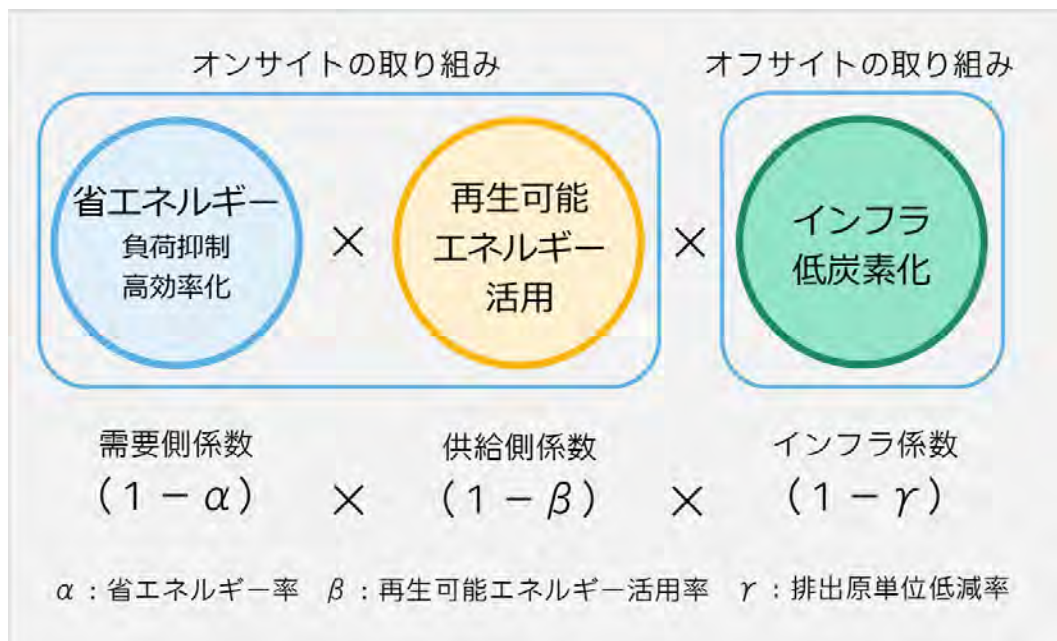


図2 カーボンニュートラル実現の考え方

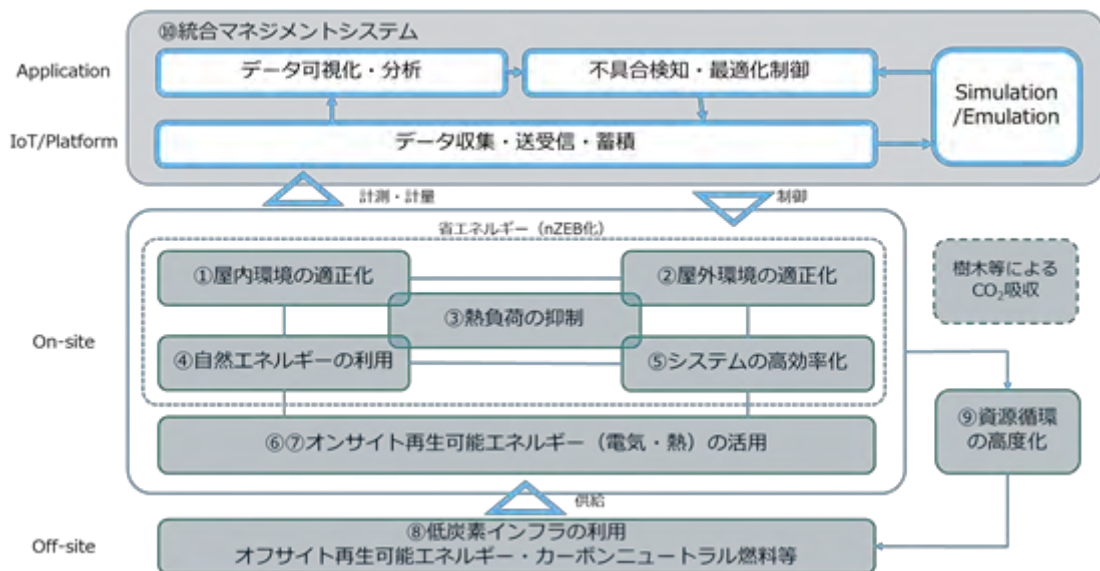
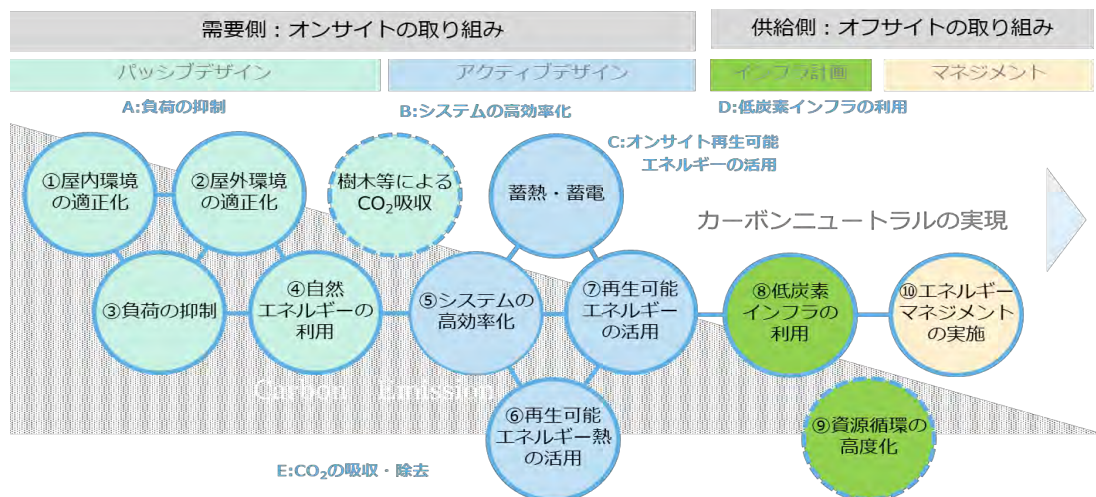


図3 カーボンニュートラルキャンパス実現のためのデザインメソッド

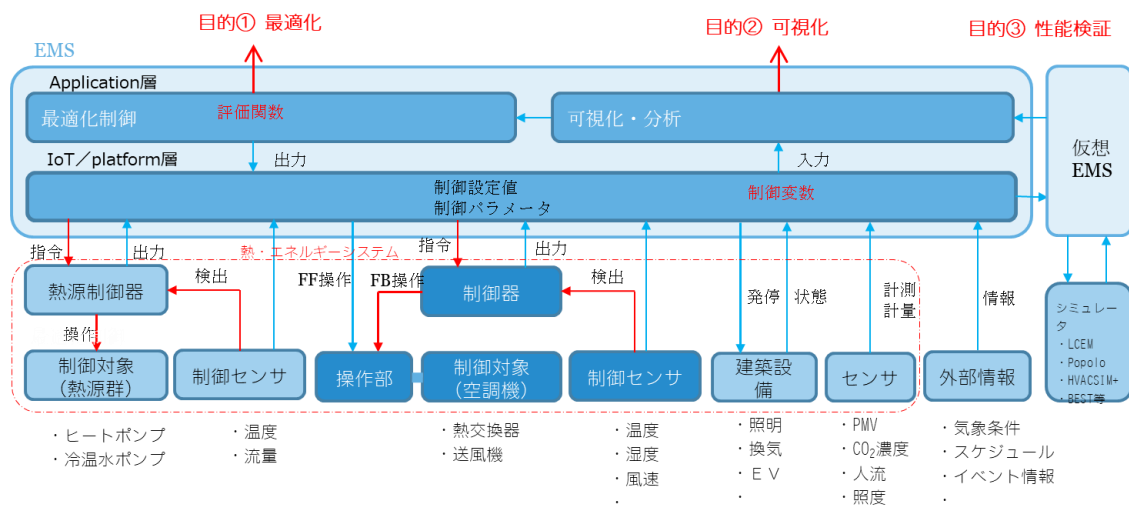


図4 環境・熱・エネルギーマネジメントシステムの基本フレーム

4. カーボンニュートラルキャンパス実現のイメージ

カーボンニュートラルキャンパス実現のイメージを図5に示す。キャンパス内 A：建築物の省エネルギー率，B：オンサイトの再生可能エネルギー利用，C：低炭素インフラの利用，D：樹木等によるCO₂吸収・除去を達成することにより，キャンパスにおけるCO₂の排出量実質ゼロの実現を目指す。

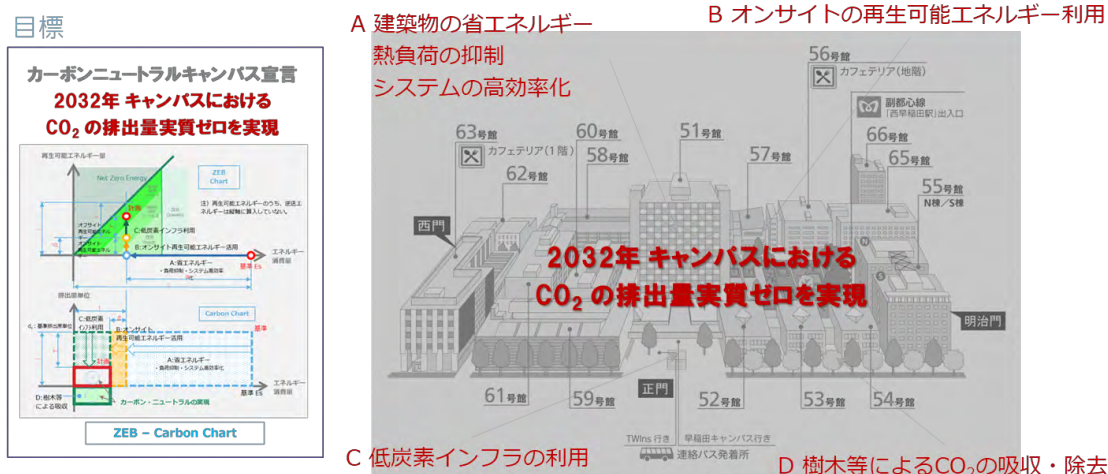


図5 カーボンニュートラルキャンパス実現のイメージ（案）

5. 検討内容，想定される課題と解決方法

本プロジェクトにおける検討内容を以下に示す。これらのうち，共通課題として①および②，個別課題として③，④が考えられる。共通課題については，カーボンニュートラルに関する定義や評価方法等の基準化，ガイドライン化が必要であり，国や学会等との連携が求められる。一方，個別課題については，キャンパス運営母体である大学発の事業主体の設立と協同が求められる。

- ①カーボンニュートラルキャンパス実現の枠組み
- ②環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの基本構造
- ③カーボンニュートラルキャンパス実現のための必要技術の検討
- ④カーボンニュートラルキャンパス実現可能性の検討

6. 目標実現までのロードマップ

目標実現までのロードマップを以下に示す。ここでは，おおむね10年後を目途にカーボンニュートラルキャンパスの実現を目指すものとする。



7. 国プロの実施イメージ

今の段階で、本WGにて国プロで実施すべく内容は考えていないが、統合マネジメントシステムのプラットフォームや仮想EMS、シミュレータ等については、他WGと連携しながら、本プロジェクト全体で国プロとして推進していく必要があると思われる。

8. 事業家への戦略、その後の推進主体案

大学発の事業主体を中核とし、カーボンニュートラルキャンパス実現に必要なパートナーを備えた体制を構築する必要がある。基本フレームを図6に示す。キャンパスマネジメントを強力に推進させるためには、パートナーとして、計画・設計段階から施工、運用・管理段階に至る関係者が連携する必要がある。さらに、効果の認証、評価を行うためには第三者的な評価者（学識経験者等）が加わる必要もある。また、プロジェクトを円滑に推進させるためには、国・自治体の支援が必要になると思われるが、具体的な支援内容については今後検討が必要である。以上より、大学キャンパスのカーボンニュートラル化推進メンバーとしては、図6に示すように、大学、事業主体、設計者、施工者、機器製造者、EMS製造者、管理者、評価者、国・自治体等が想定される。

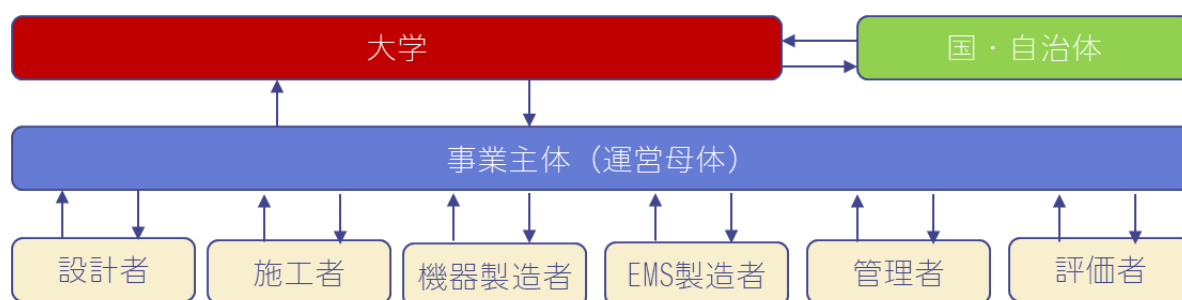


図6 事業化に向けた推進体制案

9. 政策提言

政策提言として、以下の4つがあげられる。このうち、①と②は共通課題に関するもの、③と④は個別課題に関するものである。①については、すでに経済産業省等で検討がなされている部分もあり、今後の継続的な展開が期待できる。③④についての具体的な支援制度についての詳細は今後検討が必要であるが、今後開発すべき個別技術等について、次節以降に抽出して記述することとする。

- ①カーボンニュートラルの定義と評価方法の確立
- ②カーボンニュートラルキャンパスの計画ガイドラインの策定
- ③カーボンニュートラルを目指すキャンパスの運営事業主体への支援制度
- ④EMS等の個別技術の開発・検証に対する支援制度

10. 必要な要素技術の抽出

10.1 屋内環境（温湿度・清浄度等）制御の高度化技術

屋内環境を安全かつ快適に維持，すなわち，適正量の新鮮外気の導入（換気）を行いつつ，温度及び湿度を維持する必要がある一方でカーボンニュートラルの達成に向けて，

- ① 空調負荷を抑制する
- ② 空調システム全体の効率を向上させる

必要がある．外気導入に伴う空調負荷（外気負荷）は空調負荷全体に占める割合が大きいことから，屋内二酸化炭素濃度等の指標を用いて，過不足のないよう換気量を制御する必要がある．かつ，主として屋内外の湿度の差に起因する負荷（潜熱負荷）を効率的に処理する必要がある．そのためには，潜熱処理と顕熱処理を分離し，それぞれを効率的に処理するのが有効である．

デシカント空調機は潜熱処理に優れることから潜熱負荷の大きい外気処理に向き，外気処理に加えて屋内で発生する潜熱も処理可能なよう，潜熱処理能力が高いデシカント空調機を外気調和機（外調機）として使用し，屋内の顕熱は顕熱に特化した空調機（顕熱特化型エアコンや快適性をより重視した輻射パネルなど）に行わせるものとする．デシカント外調機としては，除湿だけでなく加湿についても省エネ性及び制御性が良好なリキッドデシカント式を提案する．リキッドデシカント式外調機を使用し，潜熱処理と顕熱処理を分離することで，除湿冷房時の冷水温度を上げることができ，加湿暖房時の温水温度を上げることが可能となるため，冷温水を供給するヒートポンプチャラーの運転効率を大幅（20%～30%）に引き上げ，空調システム全体の二酸化炭素排出量を大幅に削減することができる．一方で除湿を行う場合，再生（除湿時に液体調湿剤に吸収された空気中の水蒸気を放出する操作）用に 50～60℃ 程度の温熱が必要となるが，これは太陽熱等のオンサイト再生可能エネルギーによってまかなうものとする．

近年，リキッドデシカント空調機は急速に進歩し，より小型化・省エネルギー化に成功しており，エアハンドリングユニットに搭載可能なモデルも登場している．図 7 に気液接触機構の従来方式と最新の 3 流体熱交換方式を示す．

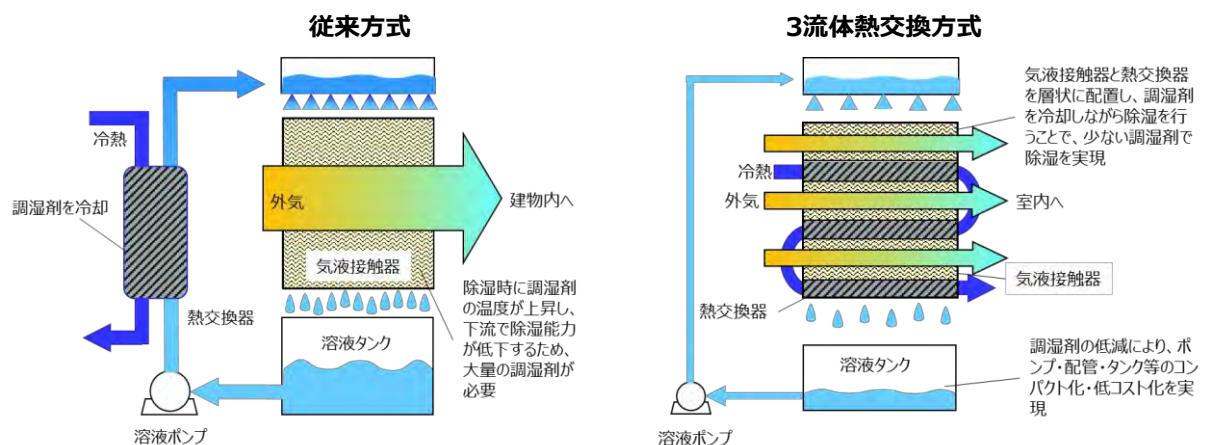


図 7 従来方式と 3 流体熱交換方式の対比

10.2 空調システムの高効率化技術

昨今の換気需要の高まりから外気導入機器の設置は不可欠であるが、外気導入に伴う空調負荷増加への対応と室内湿度環境の維持を行いつつ、システムの高効率化を図る必要がある。そのため室内空調負荷に伴う顕熱負荷をパッケージエアコンにて処理し、外気導入に伴う潜熱負荷をホットガス再熱式外気処理機にて処理を行う。また潜顕分離空調により二次側空調負荷処理機（パッケージエアコン）の給気温度目標を負荷に応じて可変させる事で高効率化を行う。

パッケージエアコンでは負荷に応じた圧縮機の目標圧力可変制御を行う事で給気温度を可変させ、従来に対しAPFを向上させる。また、ホットガス再熱式外気処理機では、排熱回収による除湿時の高圧上昇抑制および暖房時の低圧低下抑制を行うことで効率改善を図り、同時に外気処理機のデフロストによるパッケージエアコンへの負荷を軽減させシステム全体で消費電力低減を図る。

パッケージエアコンとホットガス再熱式外気処理機には省エネ型ヒートポンプ機を熱源機として用い、全体負荷処理バランスを調整する事でシステム全体としてAPF5~10%の改善が図れると考えている。

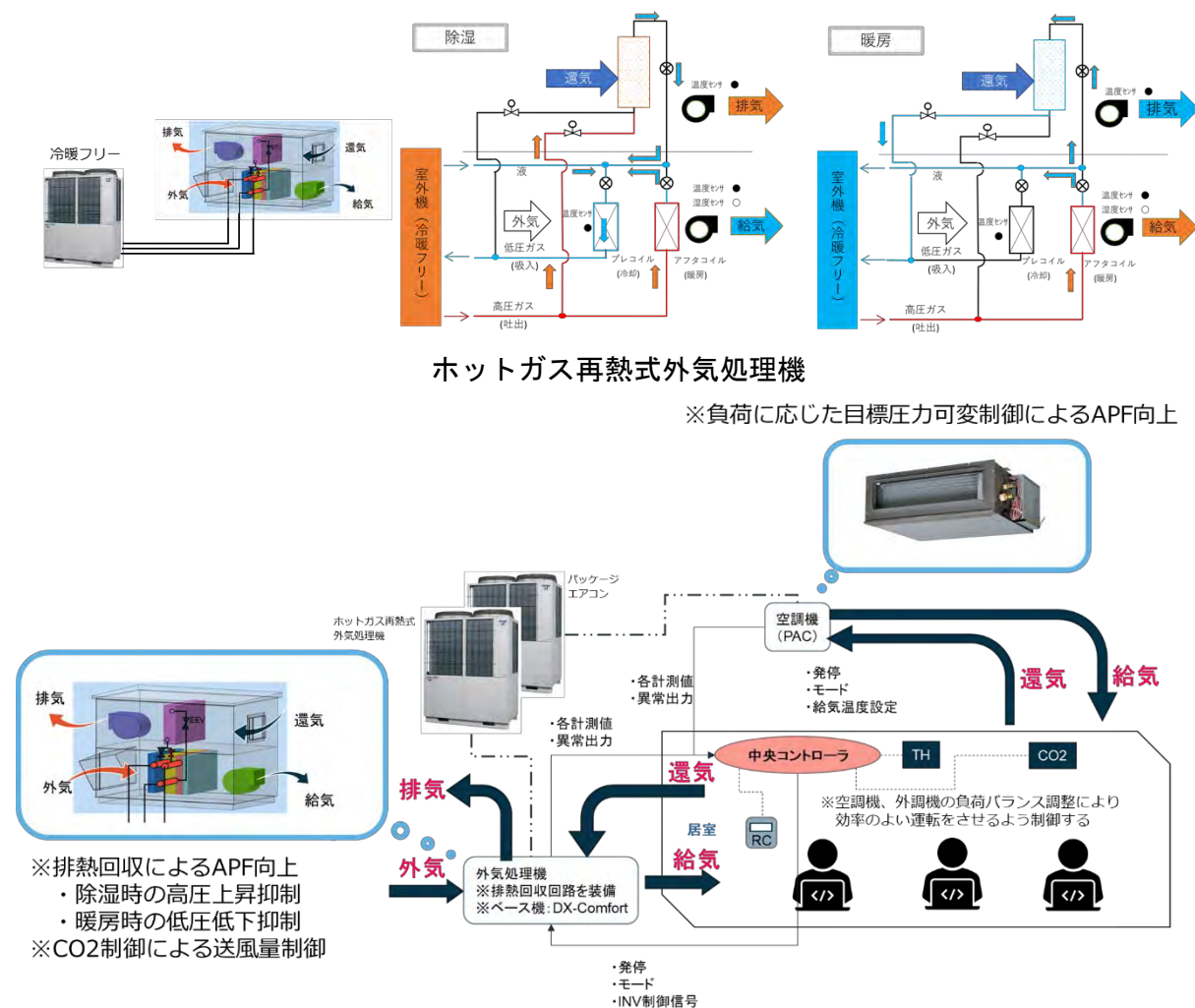


図8 LP/HP最適化による機器効率向上 (案)

10.3 キャンパス特有技術の抽出

1) 一般施設

パッシブ技術	アクティブ技術	制御	アドバンスト
④ 自然採光	⑤ LED照明	調光制御	⑩ モデル予測制御 (照度計⇒日射量計)
④ 自然通風		⑩ 外気、室内温湿度 による 空気通路開閉	自然通風時間の延長 (日射熱取得型自然通風)
⑥ 日射熱取得	⑥ ダブルスキン + 強制給気		⑥ 熱取得分布の分配 = 熱回収
	⑤ 潜熱顕熱分離 デシカント 直膨型ファンコイル 中性能フィルタ (高寿命・低圧損)		⑩ ゼロエネルギーバンド制御 デマンド制御 (室負荷予測) 故障・劣化予測 換気量制御 (相当換気量制御)
⑦ 太陽光発電			⑩ (蓄電/蓄熱) ⇒ 負荷予測 ベース電源が多い大学は 比較的容易なのでは?

2) 理科施設

④ 自然通風 (冬季サーバ冷却)	⑥ 熱搬送 (空気/冷媒)		
	⑤ タスク型 冷却システム		⑩ 冷却負荷予測⇒ 昼間 (蓄熱) 夜間利用

医学部施設

医学部周辺は、エリアに熱を供給 (蓄熱で電力需給を調整する?)

パッシブ技術	アクティブ技術	制御	アドバンスト
	⑤ 冷温水同時取り出し (給湯のHP化)		⑩ 蓄熱・負荷予測

3) キャンパスOS

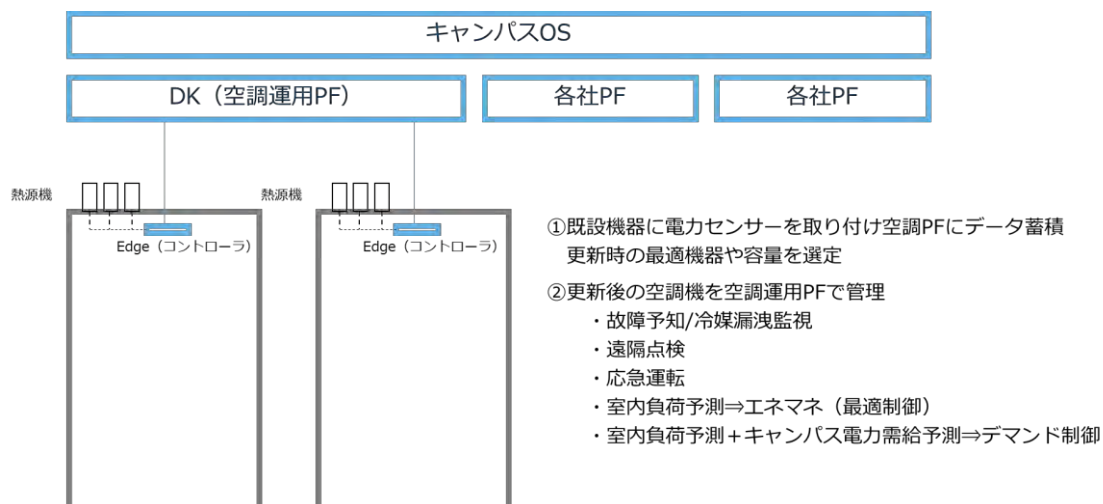


図9 キャンパスOSと空調用プラットフォーム

10.4 A Iによる運用分析，最適化制御，故障検知・不具合検知

大学の場合，夏季休暇や学会発表などのイベントにより，季節や特定期間ごとに施設の利用率が大きく異なる．さらにキャンパス施設の長期使用が想定され，機器劣化の影響も含めたエネルギー制御が望ましい．

そこで制御においては，建屋・機器のエネルギーシミュレーションだけでなく，人のスケジューリングや保守や修繕までを統合する技術開発が必要である．具体的には，1) 負荷や建屋，機器を統合した分単位から年単位までカバーするシミュレーション技術開発，2) スケジュール変数(時間，場所，人)を特徴量，エネルギー入力の評価関数とした機械学習の実装技術である．特に建屋，機器の熱エネルギーシミュレータやビルの入退出管理ソフトなど要素技術は既存のものを活用し，それらの統合化および実証が重要と考えられる．

- 【考え方】 建屋・機器のエネルギーシミュレーションと人のスケジューリングを統合して，機械学習によるエネルギーミニマム運用を実現する
- 1) 負荷まで含んだ建屋，機器の統合シミュレーションを開発
主要な変数に対して，分単位から年単位のシミュレーションを実現
 - 2) 「スケジュール変数(時間，場所，人)に対するエネルギー入力」を評価関数にして機械学習を活用

課題	アプローチ	備考
大学の場合、 季節やイベントにより、 施設の利用率が 大きく異なる	大学の主要イベントと設備稼働のスケジューリング活用技術 (時刻、場所、人、エネルギー) ・主要施設へのイベント集中化 ・ビルマネ技術の転用 入退出ログなどから機械学習でスケジューリング ・情報アセット(本や書類)電子化/研究室のフリーアドレス化や 学生、職員のスケジュール活用などの運用面での施行	学生の入退出なドスケジューリングソフト、ビル管理ソフト活用
	長期的なエネルギー予測 ・機器の劣化予測を組み込んだエネルギー評価技術 ・負荷を考慮した機器リプレース、建屋改修による省資源化	シミュレーションとデータ補正

図 10-1 AIによる運用分析の考え方

- 【具体的内容】
- 1) 負荷まで含めた建屋，機器の統合シミュレータの開発(分単位から年単位のシミュレーション)
⇒建屋，機器の熱エネルギーシミュレータに，スケジューラ機能を統合
 - 2) 階もしくは部屋単位のエネルギー入出力の時間履歴から，
ミニマム運用となるスケジュール(時間，場所，使用者)作成技術の開発。
 - 3) 入退出管理やテキスト情報の機械学習を活用した，ミニマム運用スケジュール作成技術の検証
⇒学生や教職員のスケジュール登録など，運用施行で検証



号館	階	部屋	要素	データ	データソース
1	1	101	建屋情報 ・ドア/窓 ・断熱 ・外気温、湿度、日射 機器 ・空調、換気、照明、給湯 使用者 ・在不在 ・活動内容	・開閉(分) ・断熱(年) ・気候(時間) ・入力/出力(分) ・劣化や寿命時期(年) ・使用人数スケジュール(分)	・建設/修繕履歴 ・天気予報 ・ビル管理ソフト ・IoT機器 ・授業/施設一括スケジュール
・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・

図 10-2 AIによる運用分析のデータ例

10.5 環境パフォーマンス管理

大学において、キャンパス全体における環境パフォーマンスを管理するためには、様々なスマートセンサーを通じてエネルギー使用量やCO₂排出量などの環境データを収集し、これを多角的に分析したり、管理したりすることが必要となる。

この環境パフォーマンス管理には、効率的に行うITシステムが非常に重要である。例えば下記の「GreenGlobeX」は、実際に大規模な企業において環境経営支援ツールとして実績があるソフトウェアである。全社目標値を踏まえた拠点や部門ごとの目標値を年度単位で設定し、進捗状況と対比することが可能となっている。拠点や設備単位に入力する実績データを、複数拠点に職場が分散する部門単位に組み替えて表示することも可能である。実績データは省エネ法や温対法の報告にそのまま出力可能であり、法改正による係数変更も自動更新で対応している。

大学キャンパスにおいては、本部や各学部、遠隔地の研究施設なども含めた、複数ある拠点を一元的に管理できる。大学における環境パフォーマンスの目標管理や可視化に繋がるとともに、データの収集・集計・進捗管理に必要な作業を省力化することが期待できる。

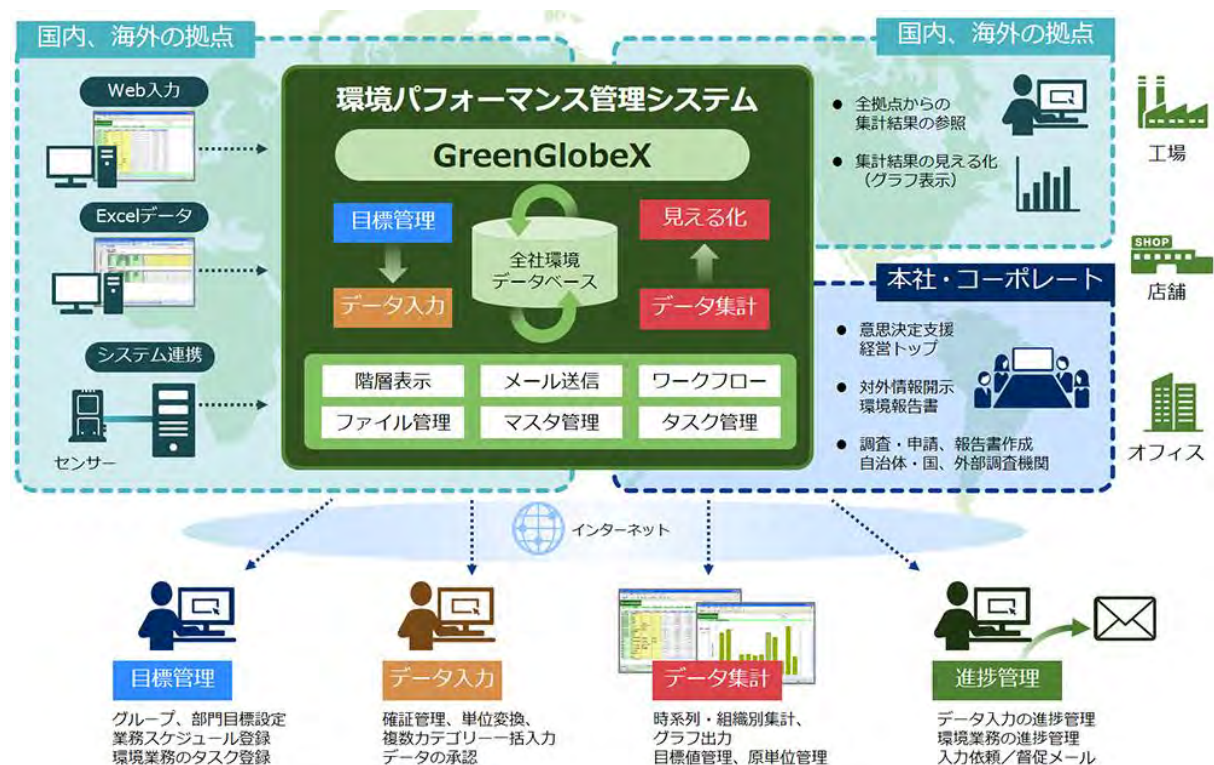


図 11 環境パフォーマンス管理システム

スライド 1

COCN

カーボンニュートラルキャンパス実現のための 環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの構築

カーボンニュートラルキャンパスWG

2022年中間報告

主査：丹羽 英治（日建設計総合研究所）
副査：松井 伸樹（ダイキン工業），
久保田 淳（日立製作所）
委員：原田 政利（ダイナエアー），
後藤 隆司（三菱重工サーマルシステムズ）
平 陽介（日本電気株式会社）
馬場 雅和（日本電気株式会社）
所谷 雅史（三菱重工冷熱）
加藤 隆博（三菱重工サーマルシステムズ）

2022年8月25日

スライド 2

COCN

背景・目的

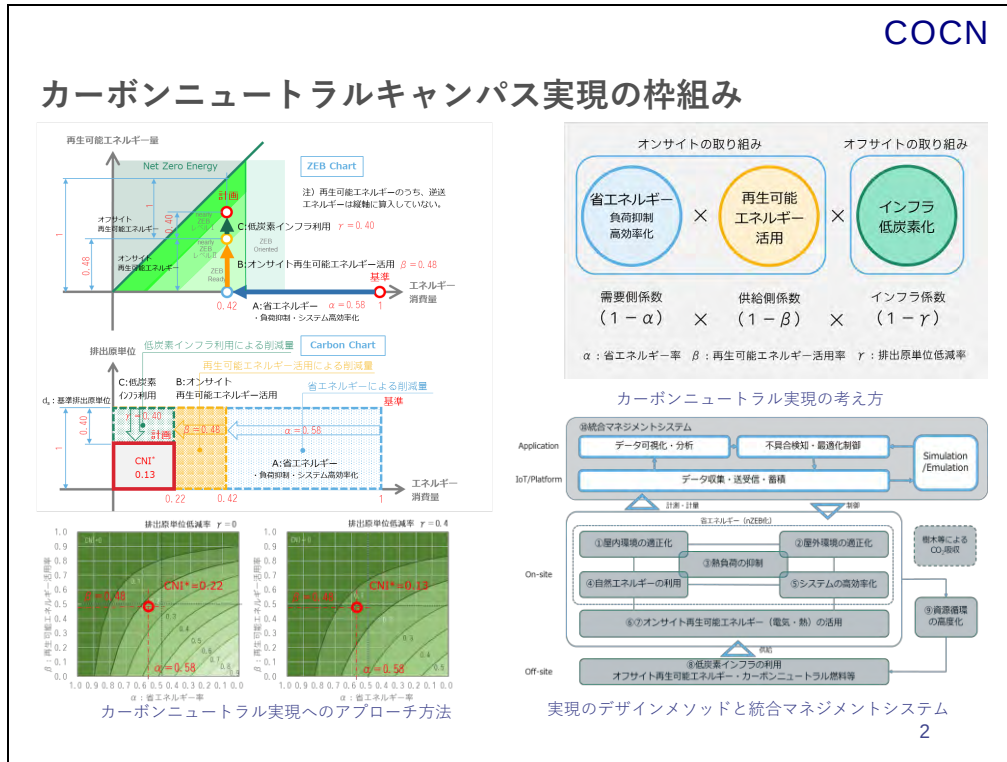
2015年のパリ協定において、「2050年までにカーボンニュートラル社会の実現」が提唱された。これを受けて日本では、2020年菅義偉内閣の所信表明演説において、「2050年までに温室効果ガスの排出をゼロ、すなわち、カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言され、2021年6月国・地方脱炭素実現会議において、地域の脱炭素ロードマップが策定された。さらに、2021年12月に経済産業省の「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」において、カーボンニュートラルとグリーン成長戦略との関係が示され、日本はカーボンニュートラル社会の実現に向けて大きく舵を切ることになった。

一方、キャンパスについては、地域の脱炭素ロードマップの中で示された脱炭素先行地域として、「大学キャンパス等の特定サイト」が明記されており、キャンパスのカーボンニュートラル化が求められている。

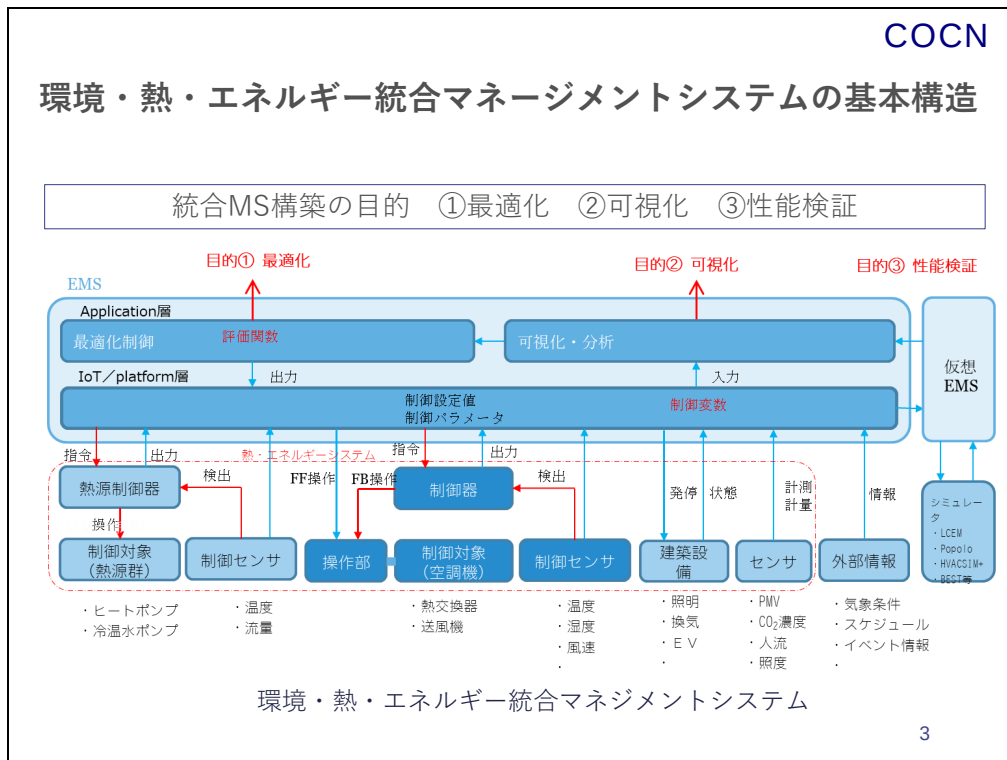
本WGでは、カーボンニュートラルキャンパス実現のための環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの構築を目的とし、アカデミックな活動を支えるキャンパスに必要な技術をプラットフォーム化し、標準化を目指すとともに、必要な技術を明確化することを目的とする。

1

スライド 3



スライド 4



スライド 5

COCN

社会実証試験による カーボンニュートラルキャンパス実現可能性の検証

目標

カーボンニュートラルキャンパス宣言
2032年 キャンパスにおける
CO₂の排出量実質ゼロを実現

ZEB - Carbon Chart

**A 建築物の省エネルギー
熱負荷の抑制
システムの高効率化**

B オンサイトの再生可能エネルギー利用

**2032年 キャンパスにおける
CO₂の排出量実質ゼロを実現**

C 低炭素インフラの利用

D 樹木等によるCO₂の吸収・除去

カーボンニュートラルキャンパスの実現イメージ

4

スライド 6

COCN

社会実証試験による カーボンニュートラルキャンパス実現可能性の検証

環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステム
③AIによる運用分析、最適化制御、故障検知・不具合検知
④環境パフォーマンス管理・カーボンシミュレーション

EMSの構築

Application層
IoT/platform層

目標設定

カーボンニュートラルキャンパス宣言
2032年 キャンパスにおける
CO₂の排出量実質ゼロを実現

ZEB - Carbon Chart

最优化制御 評価関数

可視化・分析

制御変数

仮想EMS

高度化技術
①屋内環境（温湿度・清浄度等）制御の高度化技術
②空調調和システムの高効率化技術
新規開発技術
キャンパス特有技術の開発

キャンパス整備
対象キャンパス
既存部分
新築部分
技術展開

実証試験 実証部分

周辺エリア

5

COCN

カーボンニュートラルキャンパス実現のための必要技術 屋内環境（温湿度・清浄度等）制御の高度化技術

提案する空調システム

潜熱処理

リキッドデシカント外調機(LDOHU)

顕熱処理

高顕熱エアコン or 輻射パネル

潜顕分離、冷熱・温熱の条件緩和により
屋内環境（温湿度・清浄度等）を高度に制御しながら
熱源機のCOP20%以上向上

熱・エネルギー統合マネジメントシステム

- 大学特有の負荷の変動に対応した制御
 - 生徒の出入りにより換気を含めた負荷の変動が急激であるため、安定した環境維持のためには、負荷の変動を予測した制御が必要
- 換気量のコントロールによる外気負荷抑制と室内環境向上
 - CO2濃度による適正換気量の維持
 - VAVとファンインバーター周波数による制御

ヒートポンプチャラー
夏季: 15℃
冬季: 35℃

再生用温水
再生可能エネルギー

オンサイト

新鮮外気

在室人員ゼロ（最低換気量）

在室人員（負荷）に応じた適正換気量

6

COCN

カーボンニュートラルキャンパス実現のための必要技術 空調和システムの高効率化技術（1）

ビル用マルチエアコン（VRV）

温度処理に徹し高い省エネ性を実現
負荷に応じて冷媒圧力を適切に制御し、運転時間の多い、部分負荷領域の運転効率を従来機と比較し大幅に向上

調湿外気処理機

HBデシカント—一般的な素子用フィン
直接冷却吸着と直接加熱再生によって低い再生温度で高い除湿性能を実現

ヒートポンプの凝縮排熱で吸着材の再生を実現

キャンパスOS

他社PF

他社PF

他社PF

空調プラットフォーム

- ・空調データ取得
- ・データベース
- ・分析アルゴリズム
- ・遠隔制御

ゼロエナジーバンド制御

運転状態から空調負荷を予測し、空調機と外調機の負荷率を最適に設定
快適性を維持しながらエネルギー消費量を削減
予測制御により制御安定性を向上

換気量デマンド制御

運転データから必要換気量を予測。予測制御により制御安定性を向上。

デマンド制御

運転データから最小限の快適性を維持しながら空調能力抑制により電力消費量を抑制可能な幅を予測・制御。

故障・劣化予測・診断

運転データからシステムの故障や劣化を予測することによりダウンタイムの低減を実現

冷媒配管

室内機

室外機

通信線

エッジ

湿度コントロールを行う（湿度セタにより湿度処理量を制御）

空調プラットフォーム（DX）

7

COCN

カーボンニュートラルキャンパス実現のための必要技術

空気調和システムの高効率化技術（2）

中～大講義室用空調システム

潜熱分離空調システム
+
輻射空調システム

機器

- 各機器の圧縮機圧力可変制御を行い運転点を適正化。
- 輻射空調を組み合わせる事で必要なポイントに絞って温度管理を行い空間全体を空調する無駄を削減。
- 居室からの還気(排気)の排熱回収を行い外気処理機のデフロストを抑えシステム全体で省エネを図る。

潜熱分離空調用外気処理機

吹出口

吹出口

吹出口

吸入口

講義室

中央コントローラ

RC

※後部は吹出位置が近く吹出温度の変化を感じ易い

TH

TH

TH

※前部と後部で温度差が生じる

空気式輻射空調床構造例

輻射空調用空調機

8

COCN

カーボンニュートラルキャンパス実現のための必要技術

AIによる運用分析、最適化制御、故障検知・不具合検知

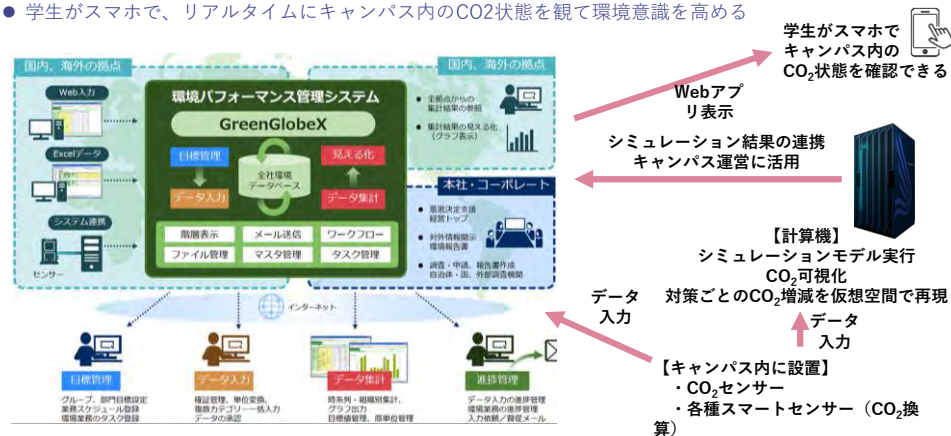
【具体的内容】

- 1) 負荷まで含めた**建屋、機器の統合シミュレータの開発**(分単位から年単位のシミュレーション)
⇒建屋、機器の熱エネルギーシミュレータに、スケジューラ機能を統合
- 2) 階もしくは部屋単位のエネルギー入出力の時間履歴から、**ミニマム運用となるスケジュール**(時間、場所、使用者)作成技術の開発。
- 3) 入退出管理やテキスト情報の機械学習を活用した、**ミニマム運用スケジュール作成技術の検証**
⇒学生や教職員のスケジュール登録など、運用施行で検証

号館	階	部屋	要素	データ	データソース
1	1	101	建屋情報 ・ドア/窓 ・断熱 ・外気温、湿度、日射 機器 ・空調、換気、照明、給湯 使用者 ・在不在 ・活動内容	・開閉(分) ・断熱(年) ・気候(時間) ・入力/出力(分) ・劣化や寿命時期(年) ・使用人数スケジュール(分)	・建設/修繕履歴 ・天気予報 ・ビル管理ソフト ・IoT機器 ・授業/施設一括スケジュール
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

カーボンニュートラルキャンパス実現のための必要技術 環境パフォーマンス管理・カーボンシミュレーション

- キャンパス内に設置されたセンサーから、環境データを取り込み、システムで統合管理
- どのような対策を打つと、どの様にCO2が減らせるのかをシミュレーションできる
- 学生がスマホで、リアルタイムにキャンパス内のCO2状態を観て環境意識を高める



【再エネ連携農業/都市型農業 WG 中間報告書】

主査：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

メンバー：オムロンフィールドエンジニアリング株式会社，株式会社日立ハイテク，
学校法人慶応義塾

1. 研究の目的

農山漁村地域には太陽光，風力，水力，地熱，そしてバイオマスなど多様な再生可能エネルギーが賦存し，①農林地での太陽光発電や営農型太陽光発電，②農林地や沿岸での風力発電，③農業用水路を活用した小水力発電，④地域の温泉など地熱資源を活用した地熱発電，⑤バイオマス資源を活用したバイオマス発電，⑥畜産廃棄物/農業・食品残渣/家庭ゴミ/集落排水等のメタン発酵によるバイオマス発電など，様々な再エネ電力が供給されている（図1）．2019年の日本全体の電源構成の中で，再エネ電力は約18%を占めるまで増加したが，これは一定の期間・価格で電気事業者が買い取ることを義務付ける再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）が2012年7月に導入されたことが大きい．しかし，FITには期限があるため，FIT終了後も再生可能エネルギーによる発電が継続できるビジネスモデルが成立しなければ，農山漁村地域には耕作放棄地や施業放棄森林に加え，廃業・放棄された発電所の問題も懸念されている．

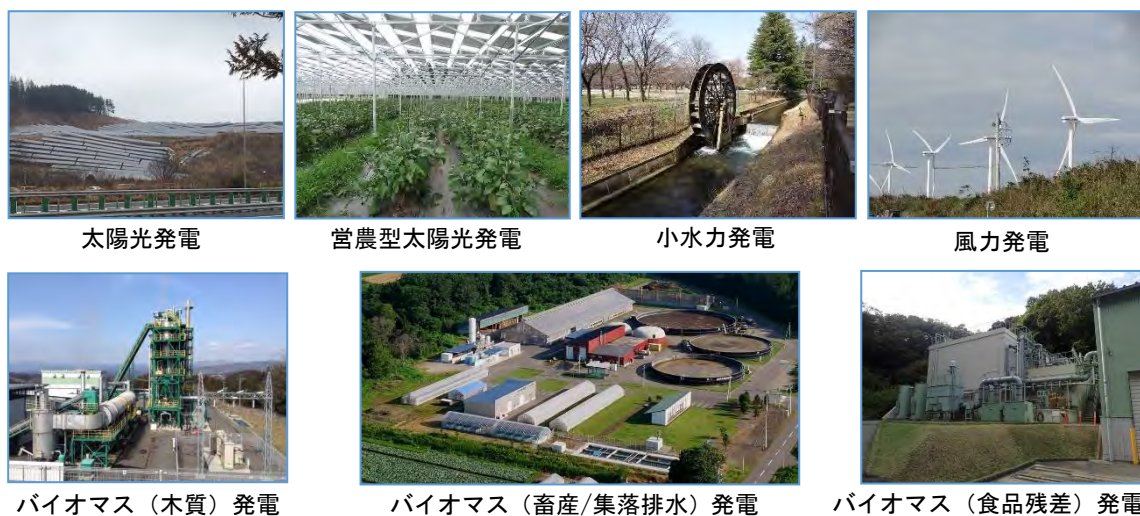


図1 農山漁村地域に賦存する再生可能エネルギー供給群

したがって，今後も農山漁村地域から再エネ電力を安定供給するには，電力会社への売電だけではなく，地域内で地産地消するためのシステムを構築する必要がある．また，再生可能エネルギーは地域に密着したエネルギーであることから，自治体，地域企業，地域管理組織，住民を始め，各地域が主体となって導入を進める必要がある．加えて，再生可能エネルギーを用いた地産地消モデルの構築は，地域に新しい産業を起こし，雇用の創出と地域活性化につながる．また，地震，台風/大雨，国際紛争など緊急時に系統電力会社や燃料会社から

のエネルギー供給が停止したとしても、地域内や隣接地域、そして、都市部への一定のエネルギー供給を確保できことが期待される。

2. 農山漁村地域のエネルギー需要

わが国の事業部門のエネルギー消費約 7483 PJ の内、農林水産業は全消費量の約 256 PJ（約 3.4%）を占めるが、主要なエネルギー源は、A 重油、灯油、軽油、電力である（図 2）。これらの中でエネルギー消費が多いのは、漁船、施設園芸の加温設備、乾燥施設、農業機械等の燃料であるが、その中で漁船の内燃機関と施設園芸の加温設備で燃焼される A 重油が最も多く、それぞれ約 1/3 の割合である。

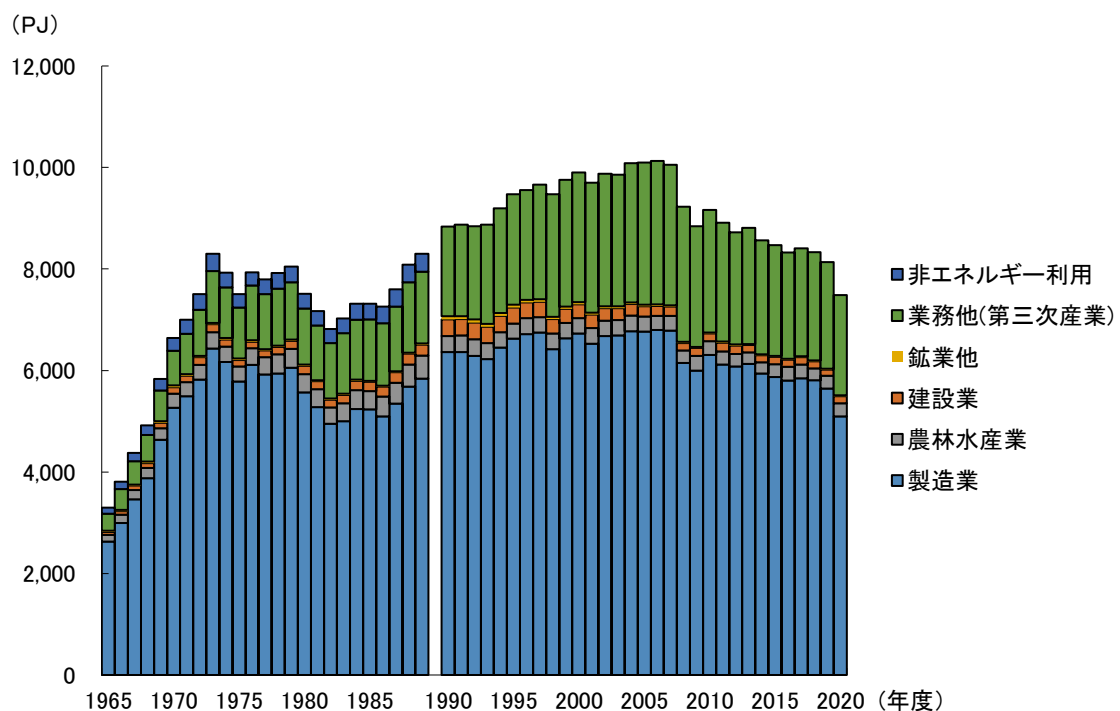


図 2 企業・事業所他部門のエネルギー消費の動向

出典：令和 3 年度エネルギー白書（経済産業省資源エネルギー庁）

特に、国内の温室面積は 43,220 ha で、その規模は世界第 4 位を誇るが、17,308 ha (40.0%) の温室に加温設備が導入され、この内、93%が燃焼式暖房装置である。すなわち、わが国の事業部門で消費される全エネルギーの内、施設園芸は約 1%を占め、暖房に使用される A 重油の燃焼により年間約 600 万トンの CO₂ が排出されている（図 3）。また、農山漁村地域には、施設園芸以外にも、畜舎、乾燥・冷蔵・冷凍・貯蔵施設、流通・加工施設、事務所、住宅等の電力や冷熱/温熱を必要とする様々な需要家群がある（図 4）。



図3 施設園芸で使用される燃焼式暖房機



図4 農山漁村地域に賦存するエネルギー需要群

3. 構築する技術

3.1 農山漁村エネルギーマネジメントシステム (VEMS)

農山漁村地域には太陽光発電，風力発電，水力発電，地熱発電，バイオマス発電などの再生電力に加えて，太陽熱，地中熱，地下水，農業用水，集落排水，ため池，ダム等には再生熱源が豊富に賦存する．これらの再生電力と再生熱を活用する上で重要なのは，農山漁村の再生エネルギーに適應するヒートポンプ開発がカギとなる．そこで，農山漁村地域で稼働する太陽光発電，小水力発電，バイオマス発電等による再生電力や，農業用水や農地の地中熱などの未利用熱を地域内で融通/地産地消するための電熱輸送グリッド等のインフラ開発・整備を進めるとともに，対象地域内のエネルギー供給群（太陽光発電，小水力発電，バイオマス発電等）と需要家群（施設園芸，畜舎，乾燥・貯蔵施設，冷凍・冷蔵施設，流通・加工施設，事務所，住宅，公共施設，農業機械，自動車等）のエネルギー需給バランスを調整する地産地消型の農山漁村エネルギーマネジメントシステム（Village Energy Management System, VEMS）と農山漁村に適應するヒートポンプの開発・構築を目指す．加えて，都市部の HEMS, BEMS, FEMS, CEMS と，地方農山漁村部の VEMS が連携し，農山漁村地域で発電された再生可能エネルギー電力を都市部へ供給するには，ICT（Information and Communication Technology），AI（Artificial Intelligence）等を活用した電力送電網や情報通信プラットフォームの構築が必須であり，オールジャパン体制で世界に先駆けた脱炭素社会のシステム開発やインフラ整備を推進・実現する（図5）．



図5 都市地域と農山漁村地域を結ぶエネルギーネットワークの構築

3.2 農山漁村に適用するヒートポンプの開発と社会実装

農業分野で導入されているヒートポンプは空気熱源方式が殆どである。しかし、空気熱源方式は、室外機が着霜すると空気との熱交換が阻害されるため、除霜運転（デフロスト）をしなければならず、この間は暖房機能が停止し、電力のみが消費される。特に、冬期は外気温が最も低下する深夜から明け方にかけて暖房負荷が最大となるため、空気熱源方式は設計通りの暖房性能を得ることができず、エネルギー消費効率（成績係数、COP）は2～3程度に低下する。一方、外気温の影響を受けない地中熱源方式のヒートポンプはCOPが4弱ある

が、設備等の導入に多額のコストを要するため普及していない¹（図 6）。施設園芸へのヒートポンプの導入を推進するには、空気熱源ヒートポンプの高効率化や地中熱源ヒートポンプの低コスト化など、これまでの既存技術にとらわれない革新的な技術開発が必要。特に、農林水産業地域には太陽熱、地中熱、地下水、農業用水、集落排水、ため池、ダム等の安定した未利用熱源があるので、これらを活用するヒートポンプ開発がカギとなる。

一方、家庭部門では年間 913 万 kl の灯油を消費し²、その CO₂ 排出量は年間約 1220 万トンにも及ぶ。特に、寒冷な北海道、東北、信越、北陸地域では灯油の消費量が多く、全消費量の約 54%を占め、その多くは燃焼式暖房機に用いられている。寒冷な条件でも安定的に稼働する施設園芸用ヒートポンプの開発で構築された技術は、ヒートポンプの主力市場である家庭用/業務用ヒートポンプにも適用することが可能であり、新たなヒートポンプ市場の開拓と、エネルギー消費量の 5 割を占める熱利用由来の CO₂ 排出量の削減に貢献する。

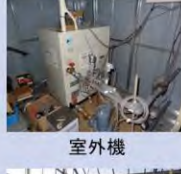
空気熱源	地中熱源 (縦孔、600m)	地中熱源 (浅層、深さ1.5m)	地下水熱源 (プレート型熱交換)	地下水熱源 (シート型熱交換)
 室外機	 採熱孔方式の熱交換器	 浅層方式の熱交換器	 井戸汲み上げ配管	 シート型熱交換器
 室内機	 室外機	 室外機	 プレート型熱交換器	 室外機
	 室内機	 室内機	 室外機と室内機	 室内機
成績係数 (COP、Coefficient of Performance)				
2～3	3～4	3～4	3～4	3～4

図 6 施設園芸用ヒートポンプ（10 馬力、暖房熱量 28kW）の比較表（出典 農研機構）

3.3 農山漁村地域の情報通信プラットフォーム

3.3.1 都市地域と農山漁村地域を結ぶ情報通信プラットフォームの構築

総務省は IoT や AI が経済成長に与えるインパクトを推計し、2030 年に実質 GDP を 132 兆円押し上げる効果を示している³。農業分野においても IoT や AI を導入したスマート農業

¹ 寒冷地域の施設園芸における地中熱源ヒートポンプシステムと空気熱源ヒートポンプシステムの暖房時運転特性の比較，農業施設，43(4)，131-137，2012

² 2016 年度総合エネルギー統計，経済産業省資源エネルギー庁，
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/xls/stte_2016b.xlsx

³ 平成 29 年版情報通信白書，第 3 章 第 4 次産業革命がもたらす変革，第 5 節 4 次産業革命の総合分析，<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/n3500000.pdf>

技術が普及し、新たな市場が形成されつつある。エネルギーマネジメントシステム（EMS）においても、①低コストかつ堅牢な各種センサや機器の開発、②fog/エッジコンピューティングとエリートデータへの変換による AI 処理、④情報匿名化等、⑤情報通信の標準/規格化などを体系的に進め、農林水産分野からシーズオリエンテッドを起点とするイノベーションを推進する。加えて、都市部の HEMS, BEMS, FEMS, CEMS と、地方農山漁村部の VEMS が連携する情報通信プラットフォームを構築する（図 7）。

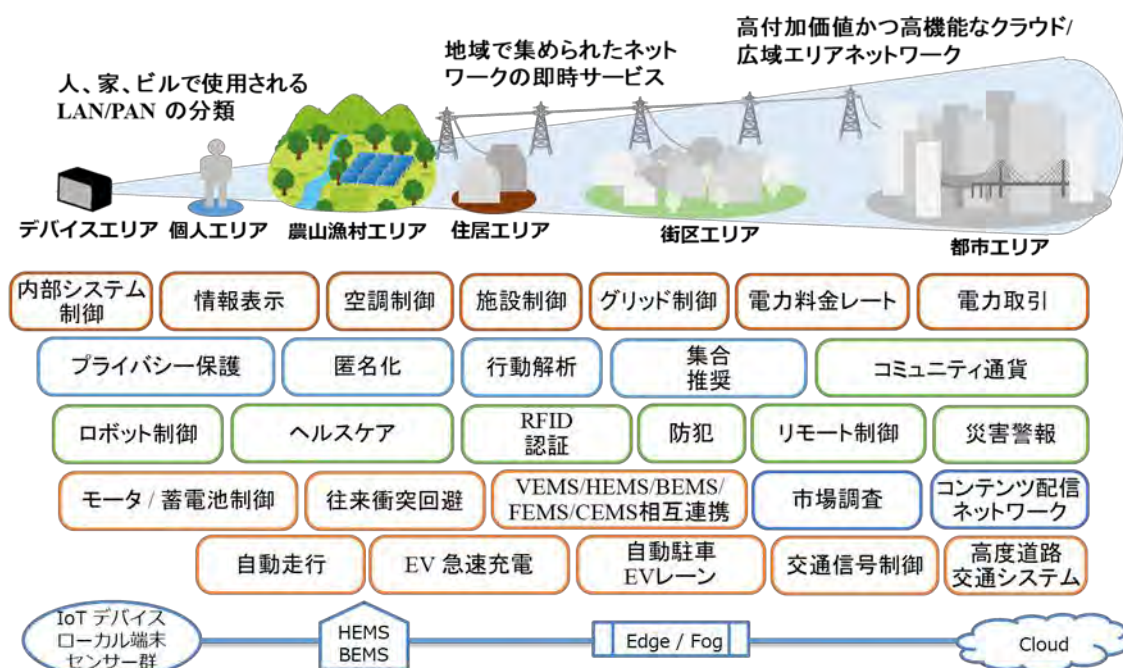


図 7 都市地域と農山漁村地域を結ぶ情報通信プラットフォームの構築

（慶應義塾大学理工学部、西宏章教授作成に一部、加筆）

3.3.2 農林水産業における ICT 環境の特殊性とその対応

農林水産業の現場は電源や通信環境が脆弱な場所が多い。大規模かつ設備の整った先進的な現場では電源や無線通信環境を整備できる可能性があるが、山や谷の多い中山間地では携帯網の電波が届かない場所も多く、プライベートの無線通信環境も整備しにくいという問題がある。農山漁村地域では人口減少や高齢化などが進んでおり、エネルギーの供給体制だけではなく、医療体制も脆弱である。情報インフラシステムを提供する側に立てば、市場は大きい方が参入障壁を小さくできるため、単純に大規模な経営体のみ対象とすることはリスクがある。また、農林水産業の現場では全天候型のシステムとなるため、ICT 機器の導入コストは一般の情報通信環境よりも大きなコスト増となるため、普遍的なシステム構成が必要となる。この観点に立てば、農林水産業の現場における大規模 ICT システム構築は非現実的であり、投資コストを抑えるため、より安価なセンサ、より効率の良いセンサ、より低コストなシステムを望むことは必然である。特に、農林水産業の現場において情報機器の導入が遅れている状況を打破するためにも、低コスト化・高効率化は重要である（図 8）。



図 8 スマートビレッジの全体イメージ
(慶應義塾大学理工学部, 西宏章教授作成に一部, 石井加筆)

3.3.3 大量センサ導入時に伴う問題の解決

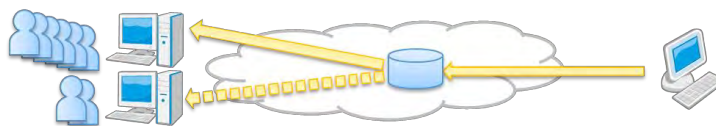
Society 5.0 では, あらゆる情報をセンサによって取得し, AI によって解析することで, 新たな価値を創造していくことが期待されている. NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラム (2015~2016 年度)「トリリオンセンサ社会を支える高効率 MEMS 振動発電デバイスの研究」において, 年間 1 兆個ものセンサを設置/消費することを想定した研究開発が進められている⁴. 農林水産業の現場においても, 大量センサ導入が想定され, センサの位置の管理, センサの校正情報の管理, バッテリーの管理, 精度やセンシング間隔といった情報の把握など, 様々な管理すべき情報が増大している. これを一元管理することは可能であるが, そのコストは膨大であり, 問題が発生する可能性が高い. そこで, IEEE1451 の応用による解決を考える. IEEE1451 では TEDS という不揮発性メモリを管理し, この中にこれらの情報を記録する仕組みについて技術標準を進めている. さらにその応用として IoT における, 情報管理方法についても規定している. このような観点での技術標準活用と標準化/規格化の提案を行う.

⁴ NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラム (2015~2016 年度)「トリリオンセンサ社会を支える高効率 MEMS 振動発電デバイスの研究」,
https://www.nedo.go.jp/library/seika/shosai_201707/20170000000575.html

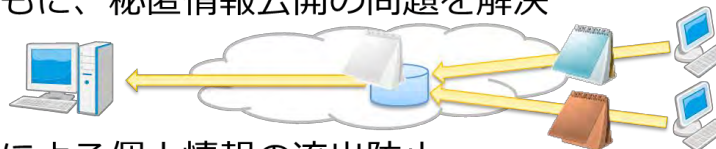
3.3.4 データモビリティ・データアブストラクション・データクリスタライゼーション

データモビリティとは、サービスを提供するアプリケーションの場所を自由に変更できるようにすることであり、その管理下にあるデータも、適材適所かつ適切な形で管理・利用されることを意味する。データアブストラクションとは、ネットワークの上位に行くほど、情報がより曖昧となること、つまり、農業従事者や特定の圃場を対象とするよりも、地域共通の法則といった側面が重要視される結果、情報がまとめられ、有用性が増大し、意味的に上位の概念が用いられ、大勢として議論されたりすることを意味する。データクリスタライゼーションは、情報が持つ意味や、その本質的な内容に置き換えることを意味する。ここで、上位ネットワーク階層ほど匿名度・情報深度・大域的利用価値増大することから、上位ほどデータアブストラクションが進むといえる。結果として、農林水産業に関わる情報の匿名化と共有化が進み、現地で学習、簡素な加工、管理、利用、情報発信といった、新たなサービスの提供や利益をもたらす利用が進むと考えられる（図9）。このような情報活用技術を構築する。

- ユーザー行動に基づく推奨や促しは、新しいサービスを提供する



- 個人情報を削除することにより、サービスの入手可能性を強化するとともに、秘匿情報公開の問題を解決



- 匿名化による個人情報の流出防止

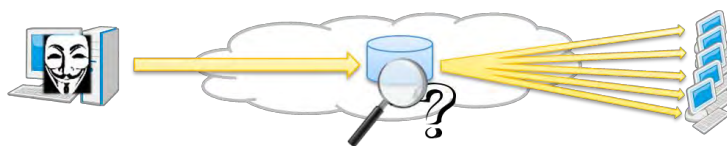


図9 データモビリティ，データアブストラクション，データクリスタライゼーション
（慶應義塾大学理工学部，西宏章教授作成）

4. その優位性，実現すべき目標とベンチマーク

4.1 営農型太陽光発電

日本の農地面積は約 440 万 ha，その内，耕作放棄地は全国に約 40 ha あり，全農地面積の約 10%に及ぶ。ここで太陽光発電を行えば年間約 1000 億 kWh になり，わが国の総電力需要の約 10%に相当する。現在，2030 年までに日本の電源構成の中で再生可能エネルギー

導入割合を36～38%にする目標⁵が示されているが、営農型太陽光発電が担う役割は大きい。

4.2 小水力発電

日本には約50,000kmに及ぶ農業用の用水路があり、現在、小水力発電所約150か所により年間約2億1,500万kWhを供給されている。2030年までに小水力発電所を300箇所に増設すると、出力合計8.8万kW、発電量は年間約4億3,000万kWhに増やすことができる。

4.3 バイオガス（メタン）発電

農村地域の家畜排せつ物、下水汚泥、食品廃棄物、農作物非食用部を発生量の10%をメタン発酵し、バイオガス発電をすると、エネルギー回収量は原油換算で年間約50万kLとなる。また、発酵残渣であるバイオ液肥の25%を化学肥料代替として利用すると、肥料製造に伴うCO₂排出量を年間60万トン削減される。

4.4 農山漁村地域から都市部へのエネルギー供給

農山漁村地域で発電された再生可能エネルギー電力は、地域内の電力需要を上回ることから、都市部と地域の連携と国内エネルギー自給率の向上が期待される。また、これまでエネルギー輸入によって海外へ流出していた対価が国内に環流されることになり、農山漁村地域には食料生産に加えて、エネルギー生産に関わる対価が支払われることとなり、新たな雇用の創出や地域経済の活性化も期待される。

4.5 施設園芸分野での燃焼式暖房機からヒートポンプへの代替

国内のエネルギー消費約8,225PJの内、農林水産業は233PJ消費し、全消費量の約3%。この内、施設園芸の燃焼式暖房では約36%を消費し、年間約600万トンのCO₂が排出されている。この燃焼式暖房からヒートポンプに代替すると、農林水産分野から排出される1/3のCO₂を削減（約600万トン）。また、燃焼/加温空調から電化によるヒートポンプ空調システムへの代替により、10年間で1兆5000億円（性能・価格250万円/30kW/台、600kW/ヘクタール、販売目標：1500ヘクタール/年）規模の新たな市場を創出。

4.6 ミニバン、軽トラック、フォークリフト等の農作業車の電動化

近年、農山漁村地域ではガソリンスタンドが減少しているが、地域内には再エネ電力が豊富にあるので、ミニバン、軽トラック、フォークリフト等の農作業車を電動化することにより、ガソリンスタンド減少の問題解消と燃油由来のCO₂排出量削減に貢献する。また、販売農家（約120万世帯）の軽トラック等を10年間隔で更新すると、2050年までに360万台の需要が見込まれる。これらをすべてEV化することにより年間7.2兆円の市場が見込まれる。

以上、これらを踏まえ社会実装されたスマート農業、スマートフードチェーン、コールドチェーン、ブロックチェーン等を活用し、中長期的に持続可能な生産・流通・消費の促進、エネルギー調達や、食品廃棄や集落排水まで一貫通貫の取組を通じて、持続可能な食糧生産/社会システムを構築することが重要となる。

⁵ 2021-日本が抱えているエネルギー問題（経済産業省資源エネルギー庁）

https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energyissue2021_1.html

5. 検討内容，想定される課題(共通課題と個別課題の明確化)，解決方法，官の分担必要性

5.1 再生可能エネルギーを地産地消するためのシステム構築

わが国で普及している太陽光発電，小水力発電，バイオマス発電等による CO2 フリー電力は FIT に基づいたビジネスモデルであるが，農山漁村地域からこれらの CO2 フリー電力を長期的に供給し続けるには，FIT 終了後は単に電力会社に売電するのではなく，発電設備の設置や維持管理の低コスト化を進めつつ，電力や熱を地産地消するためのシステムとして構築する必要がある。また，再生可能エネルギーは地域に密着したエネルギー源であることから，国や地方自治体，地域企業，地域管理組織，住民を始め，各地域がその環境に応じて主体となり導入を進める必要がある。加えて，再生可能エネルギーを用いた地産地消型エネルギーシステムの構築は，農山漁村地域にエネルギー産業を創出・誘致するとともに，地域に密着した新しい産業を起こし，雇用の創出と地域経済の活性化を目指す。

5.2 農林水産業に関わる生産・加工・流通に関わる燃焼機器や内燃機関の電化推進

燃油（ガソリン，軽油，A 重油）を利用した場合の運転費は 80～150 円/L，商用電力を利用した場合の運転費は 20～30 円/kwh を支出するが，再生可能エネルギーの地産地消を推進するには，設備導入や維持コストを含めて現状と同等になるようなシステム開発が重要である。特に，厳寒な環境でも安定的に採熱できる高効率かつ低コストな施設園芸用ヒートポンプの研究開発と社会実装，ミニバン，軽トラック，フォークリフト等の農作業車の電化と社会実装など，農林水産分野で脱炭素を推進・加速するための国や地方自治体の施策やインセンティブが必要。

5.3 農山漁村地域のエネルギーミックスの最適化と送電インフラの整備

太陽光発電とバイオガス発電，小水力発電，燃料電池等を組み合わせ，発電変動に追従する小規模発電システムの開発が必要である。日変動や季節を跨いだエネルギーの調整力として，蓄電池や水素化による燃料電池/アンモニアの利用に加え，農山漁村地域では太陽光発電の余剰電力のバッファとして，立地的に高低差のある農業用水路や親子ため池を活用した小規模揚水発電システムの開発など，農山漁村地域の既存の生産基盤を利活用することも重要である。また，農山漁村地域内で再エネ電力を自由に送電できるマイクログリッド網の整備，送電負担金の低コスト化，道路を跨いだ自家送電網との接続緩和などが必要である。一方，農業機械の電化を進めつつ，非可食バイオマス由来のバイオエタノールや BDF など CO2 フリー燃料で既存の内燃機関型の農業機械（トラクター，田植え機，コンバイン）を稼働させることも今後の農業生産を維持する上で重要である。

5.4 持続可能かつ GHG 削減に資する農林水産業を創生

農林水産分野において AI/IoT 技術が積極的に導入されているが，スマート農業，スマートフードチェーン，コールドチェーン等を情報通信プラットフォームにより横串をさし，生産・流通・消費に関わる情報共有，肥料・資材・エネルギーの調達等，食料・食品の生産から廃棄まで一貫通貫の取組を通じて，持続可能かつ GHG 削減に資する農林水産業を創生する。また，これらの取り組みに対し，GHG 削減食品認証制度の構築とともに，農林水産業者へのインセンティブ付与も重要（図 10）。

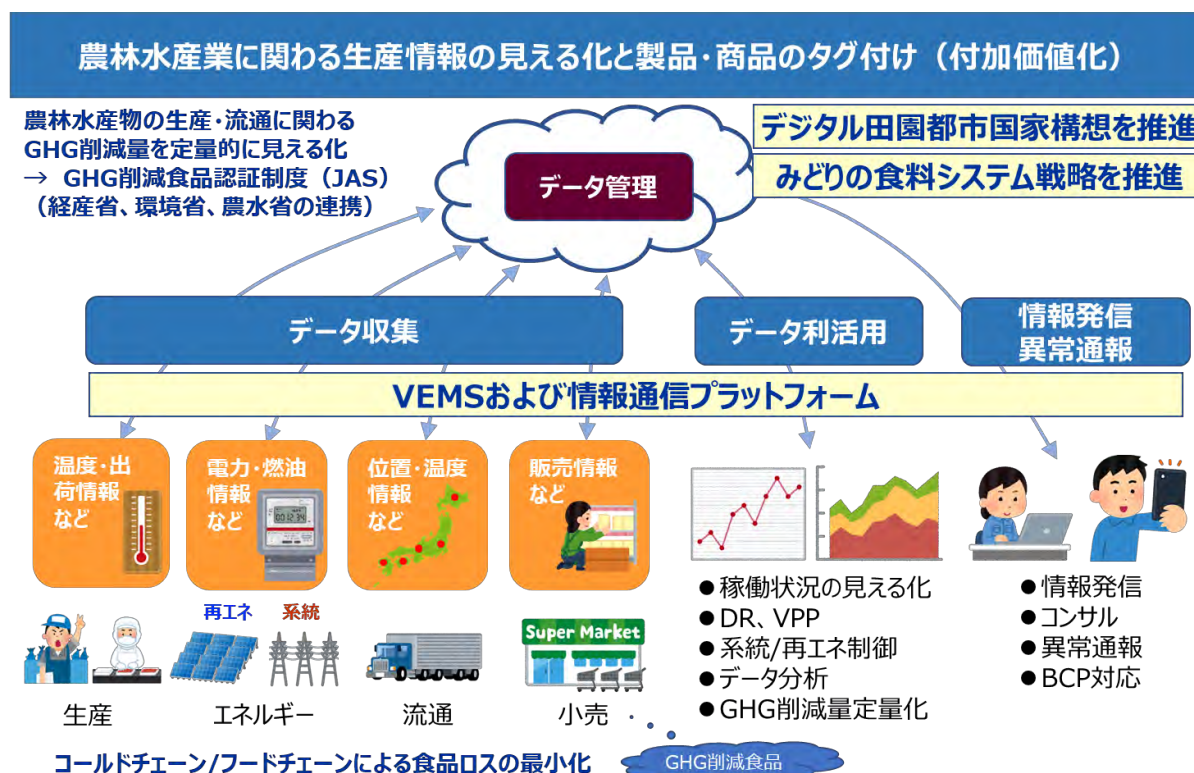


図 10 持続可能かつ GHG 削減に資する農林水産業の創生（出典 農研機構）

5.5 余剰電力の隣接地域や都市地域への電力供給とエネルギーレジリエンス強靱化

農山漁村地域で発電された再エネ電力は、地域内の電力需要を上回ることから、余剰電力を隣接地域や都市地域などに供給し、エネルギー貯蔵で足りない時間帯の電力を系統電力会社や新電力会社から受電することにより、差し引きゼロ（ネットゼロ）の RE100 を実現する道筋が見えてくる。そのためには、農山漁村部と都市部が連携する中規模送電網、マイクログリッド網、直流送電網等に送電網を再構築し、都市地域と農山漁村地域が連携した脱炭素モデルを社会実装する。また、再エネは地域由来のエネルギー源であることから、地震、台風/大雨、国際紛争など緊急時に系統電力会社や燃料会社からのエネルギー供給が停止したとしても、地域内や隣接する地域、周辺の都市地域への一定のエネルギー供給を確保（エネルギーレジリエンスの強靱化）できことが期待される（図 11）。さらに、農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステムは、エネルギーインフラが未整備の発展途上国や先進国の農村地域と親和性が高く、オフグリッド対応のシステムとして海外輸出が期待される。

エネルギーレジリエンス（経済産業省）

- 平時には需要者を含む社会に対して所要のエネルギーを安定的に供給するとともに、有事には自然・人為的災害等によるエネルギー供給支障（エネルギーの供給の途絶）が、人命・資産や経済活動及び社会にもたらす影響を低減するための、災害等の発生前後における、ハード・ソフト面での安全性・堅牢性及び迅速な停止復旧能力である。



図 11 VEMS による農山漁村地域のエネルギーレジリエンス強靱化（出典 農研機構）

6. 国プロの実施イメージ

6.1 研究開発の概要

- ・ 農山漁村地域内のエネルギー供給とエネルギー需給を調整する VEMS（アプリケーション及びハードウェア）を開発し、マイクログリッド網、温熱供給網、農業用水路網、農村集落と合わせて整備し、システム化と社会実装を進める。
- ・ VEMS を導入する地域の生産活動に合わせてエネルギー供給パターンを最適化し、VEMS 導入の効果（地域利潤最大化、GHG 削減効果）を最大化し、わが国の安定的な食料供給とエネルギー供給に貢献する。
- ・ 農林水産物への GHG 削減取り組みのタグ付けと、川上から川下を一気通貫でつなげるスマートコールドチェーン/フードチェーンを構築する。

6.2 研究開発目標

- ・ 農山漁村地域で生じる余剰電力/余剰熱を農地、多目的調整池、貯水/貯湯槽、冷蔵/冷凍庫等に蓄熱し、温冷熱を必要とする施設園芸、酪農、食品加工施設、農村集落等に、ヒートポンプを介して利活用する技術を開発する（日本版シュタッドベルケの創成）。
- ・ 農山漁村地域内で必要な電力は、ベース電力として小水力発電と木質バイオマス発電、負荷変動をメタンガス発電と揚水発電で再エネ電力の需給バランスを調整し、余剰電力は都市地域に供給する。
- ・ 実証試験に基づき、農山漁村エネルギーマネジメントシステム（VEMS）の基本モデルを完成させるとともに、地域内にマイクログリッド網、温熱供給網、農村集落を整備し、電力および熱の地産地消技術の社会実装とデジタル田園都市国家構想を推進する（図 12）。

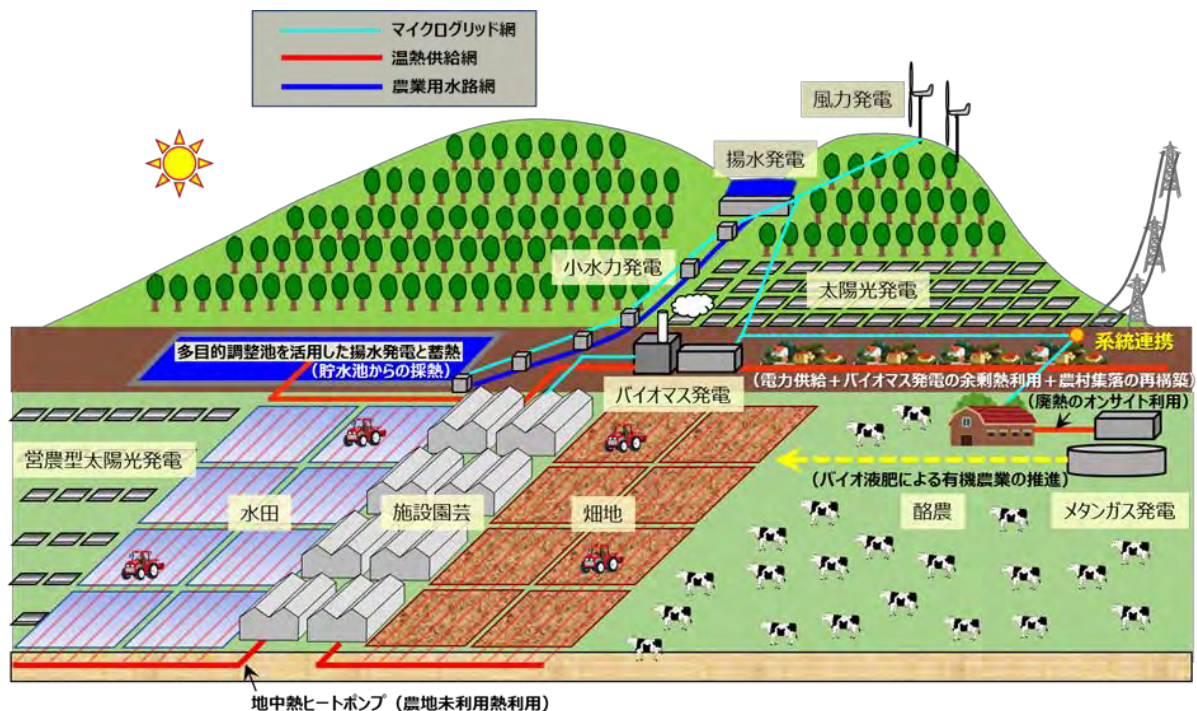


図 12 農山漁村エネルギーマネジメントシステム（VEMS）の社会実装イメージ

6.3 産官学連携による国プロの必要性

国プロによって開発した VEMS を事業化し、社会実装するには設備投資やインフラ投資が必要となる。その原資を VEMS 導入者が化石エネルギー代替の対価や、省エネによるコスト削減で得ることは難しく、脱炭素化のための施策とともに、持続的なインセンティブの付与が必要である。例えば、農林水産物の生産・流通に関わる GHG 削減量を定量的に見える化をすることにより、「GHG 削減食品認証制度」を設け、GHG 削減に貢献する生産者と消費者にインセンティブが還元されるような取り組みが実現すると、VEMS 導入の機運は高まると考える。そのためには、農林水産業に関わる生産、エネルギー消費、流通、小売りまでのすべてがつながる情報の見える化と製品・商品へのタグ付けが重要であり、VEMS に関わる一気通貫の情報通信プラットフォームの構築や国際標準化に向けた取り組みが必要である。

本技術戦略の研究開発と社会実装を進める上で、2023 年～2030 年の期間は産官学が連携した委託事業および補助事業を組み合わせた国プロで進めることとし、2030 年以降は国の施策や事業と連携しながら、RE100 に向けて企業を中心に研究開発と社会実装を積極的に進める。

7. 事業化への戦略、その後の推進主体案

脱炭素化に向けた世界的な潮流の中で化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が進められる中、バイオマテリアルの生産・供給ニーズが増えている。農山漁村地域での地産地消型エネルギーマネジメント技術の開発と、別プロジェクトで進めているバイオマス資源を石油

に代替するための化学品原料製造技術の開発と連携して両輪で事象化を進めることにより、農山漁村地域に新たな産業が生まれ、地域経済の活性化と雇用を創出する仕組みを創生できる。このモデルを諸外国に先駆けて確立していくことは、パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略の達成に貢献すると共に、脱炭素問題や気候変動問題への対応を進める国際社会においてわが国の立場を高めることに繋がる。これらの取組は欧米を中心に進められている Bioeconomy とは一線を画すものであり、日射量が豊富でバイオマス資源も潤沢かつ高効率に循環できるアジア、アフリカ、中南米等の発展途上国と共有可能な再エネ利用/循環型社会インフラシステムをわが国が中心となり構築する。そのため、CO₂ 取引や炭素税等のインセンティブを原資に、2023 年～2030 年の期間は産官学が連携した委託事業および補助事業を組み合わせた国プロで進めることとし、2030 年以降は企業が主体となり社会実装を積極的に進める。

8. 政策提言

本技術戦略は CO₂ を排出しないクリーンエネルギーの利用推進を図るのみならず、農林水産業という国民の生活に欠かすことができない第一次産業を、世界でも先進の技術力を有する第二次産業、また、世界経済第三位の GDP を支える第三次産業とともに連携し、持続・発展させることに資するものである。また、本技術戦略は国内だけではなく、発展途上国や先進国の農山漁村地域に応用可能な技術であり、地球規模の CO₂ 削減の課題解決に大きく貢献するほか、開発技術を国内・海外に展開することによりわが国の経済振興に資する。

9. 想定する主なメンバー

電機機器・設備企業、建設・設備企業、電力企業、自動車製造業、情報・通信企業、運送企業、食品企業、小売業、農業機械企業、農業・林業・漁業組合、国立研究開発法人、大学、地方行政機関/研究機関、公益法人等

スライド 1

COCNプロジェクト WG5 資料(案)(2022年8月30日)

【Ambient Energy Platform の構築と社会実装】
～熱を含めた統合EMS の早期実現を目指して～

＜個別プロジェクト＞

WG5:再エネ連携農業/都市型農業:再生可能エネルギーと
農業の効果的な連携実現

- 農林水産分野において再生可能エネルギーと食糧生産システムが連携するEMS技術を構築する
- 農林水産地域と都市地域との連携を実現し、エネルギーと共存する農業の新しい姿を明示する

メンバー

1. 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、
石井雅久(主査)・中村真人・小出水規行・後藤真宏
2. 株式会社日立ハイテク、松平信洋(副査)
3. オムロンフィールドエンジニアリング株式会社、笹脇 厚・梶原 大
4. 学校法人慶應義塾、西 宏章

スライド 2

農山漁村地域の再生可能エネルギー供給群

- 農山漁村地域には太陽光、水力、風力、波力、地熱、地中熱、そしてバイオマスなど多様な再生可能エネルギー供給群があり地域外へ送電されいるが、現在は固定価格買取制度(FIT)で発電者側に有利なインセンティブがあるため、海外と比べて地産地消の取り組みが遅れている
- FIT終了後も再生可能エネルギーによる発電が継続できるビジネスモデルが必要



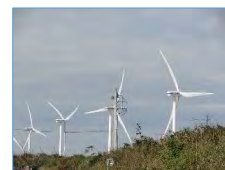
太陽光発電



営農型太陽光発電



小水力発電



風力発電



バイオマス（木質）発電



バイオマス（畜産/集落排水）発電



バイオマス（食品残渣）発電

農山漁村地域内のエネルギー需要群

➤ 農山漁村地域には、畜舎、乾燥・貯蔵施設、加工・流通施設、事務所、住宅等の電力や冷熱/温熱を必要とする様々な需要家群があるが、地域内に豊富な再生エネルギーや再生熱がありながら、外部からの電力や燃油の購入によりエネルギー需要が賄われている。



温室



燃焼式暖房機 (温風)



燃焼式暖房機 (温湯)



ヒートポンプ (空気熱源)
デフロストが課題



畜舎



食品加工



コメ乾燥・貯蔵



事務所



水産加工



冷凍庫



冷凍機



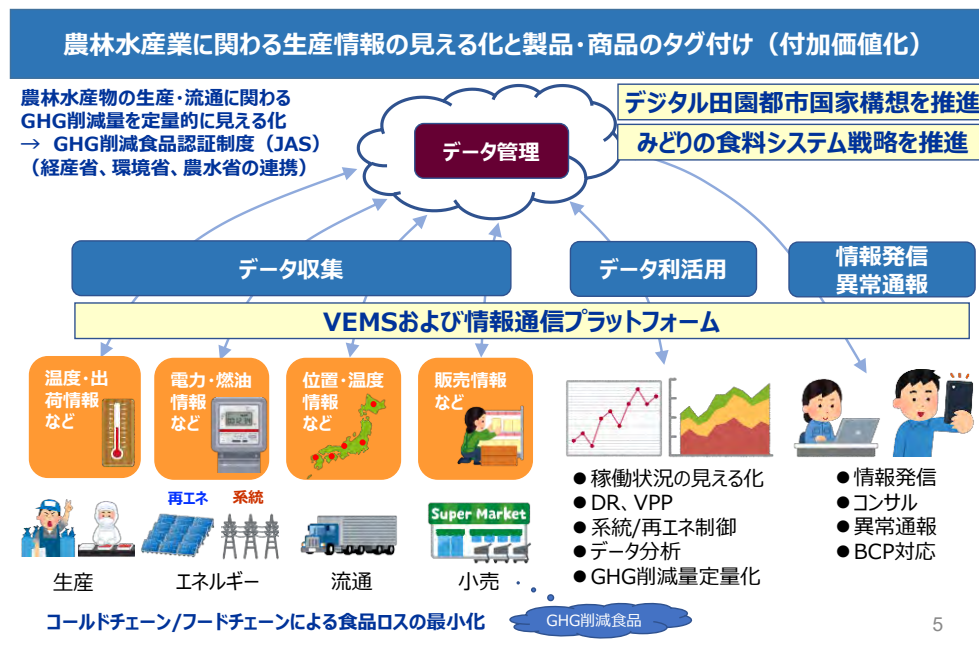
クーリングタワー

3



スライド 5

農林水産業における再生可能エネルギー利用のメリットをVEMSで示す



スライド 6

VEMSによる農山漁村地域のエネルギーレジリエンス強靱化

エネルギーレジリエンス（経済産業省）

■ 平時には需要者を含む社会に対して所要のエネルギーを安定的に供給するとともに、有事には自然・人為的災害等によるエネルギー供給支障（エネルギーの供給の途絶）が、人命・資産や経済活動及び社会にもたらす影響を低減するための、災害等の発生前後における、ハード・ソフト面での安全性・堅牢性及び迅速な停止復旧能力である。



(課題) 農山漁村エネルギーマネジメントシステム (VEMS) の開発

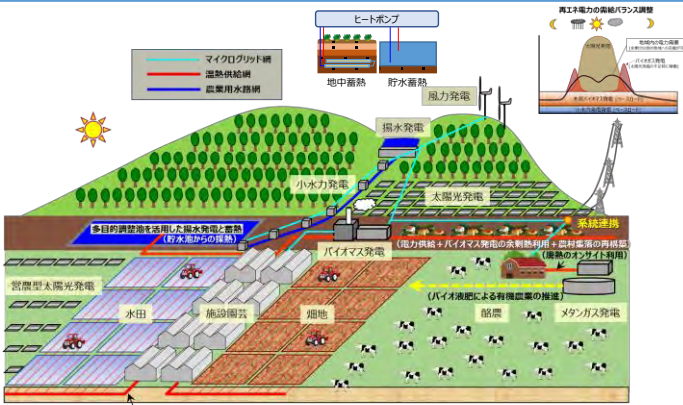


課題別研究開発目標

- ✓ 農山漁村地域で生じる余剰電力/余剰熱を農地、多目的調整池、貯水/貯湯槽、冷蔵/冷凍庫等に蓄熱し、温冷熱を必要とする施設園芸、酪農、食品加工施設、農村集落等に、ヒートポンプを介して利活用する技術の開発（日本版シュタッドベルケの創成）
- ✓ 農山漁村地域内で必要な電力は、ベース電力として小水力発電と木質バイオマス発電、負荷変動をメタンガス発電と揚水発電で再エネ電力の需給バランスを調整し、余剰電力は都市地域に供給することを想定
- ✓ 実証試験に基づき、農山漁村エネルギーマネジメントシステム (VEMS) の基本モデルを完成させるとともに、地域内にマイクログリッド網、温熱供給網、農村集落を整備し、電力および熱の地産地消技術の社会実装とデジタル田園都市国家構想を推進する。

研究開発の概要

- ✓ 農山漁村地域内のエネルギー供給とエネルギー需給を調整するVEMS（アプリケーション及びハードウェア）を開発し、マイクログリッド網、温熱供給網、農業用水路網、農村集落と合わせて整備し、システム化と社会実装を進める。
- ✓ VEMSを導入する地域の生産活動に合わせてエネルギー供給パターンを最適化し、VEMS導入の効果（地域利潤最大化、GHG削減効果）を最大化し、わが国の安定的な食料供給とエネルギー供給に貢献する
- ✓ 農林水産物へのGHG削減取り組みのタグ付けと、川上から川下を一気通貫でつなげるコールドチェーン/フードチェーンの構築
- ✓ VEMSによる農山漁村地域のエネルギーレジリエンス強化



農山漁村エネルギーマネジメントシステム (VEMS) が社会実装されたときのイメージ図 7

【多角的活用次世代ヒートポンプ WG 中間報告書】

1. 多角的活用次世代ヒートポンプ

2. 背景・目的

ヒートポンプは、カーボンニュートラル実現のためのキーテクノロジーであり、化石燃料を利用する燃焼加熱機器と比べ、大幅な CO₂ 排出削減効果が見込まれているにもかかわらず、普及が進んでいない。空調分野においても、家庭用のエアコン普及率が世界トップでありながら、暖房は燃焼加熱機器（ボイラ、ストーブ等）が好まれる傾向がある。暖房にヒートポンプを使用したとしても、燃焼加熱機器や電熱機器を併用するケースも多い。そこには、技術的・経済的課題や制約条件等があり、それらを克服しなければ本来の普及促進には至らないと考えられる。

2050 年カーボンニュートラルの実現を達成するには、再生可能エネルギーによる電源の脱炭素化とエネルギー需要の電化および未利用熱エネルギーの有効活用を同時に進めることが重要となる。中でも最終エネルギー消費に占める電力の割合が 24%と低い産業部門では熱需要の電化および未利用熱エネルギーの有効活用が重要であり、これを実現するためには従来の適用範囲を超えた産業用ヒートポンプが必要となる。ヒートポンプは電化だけでなく熱エネルギーの有効活用技術でもあり、ボイラ等からの置き換えによって、現在の日本の電源構成でも CO₂ 排出量をおよそ半減でき、電源の低炭素化にともなって削減量はさらに大きくなるため、産業用ヒートポンプへの期待は大きい。しかし、導入がなかなか進まないのも実情である。

経済産業省は、2022 年 5 月に「クリーンエネルギー戦略（中間整理）」を公表した。それによると、成長が期待される産業ごとの具体的な道筋「グリーントランスフォーメーション（GX）」、需要サイドのエネルギー転換、クリーンエネルギー中心の経済社会・産業構造の転換に向けた政策対応などを整理し、その中で、明確に産業用ヒートポンプ導入促進を「省エネ・燃料転換」重点項目と位置付けている。

本ワーキンググループでは、ヒートポンプを特に加熱工程に導入し、普及促進するための課題を整理し、多角的活用を想定した次世代ヒートポンプのプラットフォームを構築するとともに、2050 年までの CO₂ 排出削減量のポテンシャルを試算し、それを実現するための政策提言としてまとめることを目的とする。

2.1 従来技術の課題

ヒートポンプは熱エネルギーを移動させる装置であり、汲み上げる熱の温度差（温度リフト）が小さいほど高い効率で運用できるが、温度リフトが大きいほど適用先は広がる。従来においては、許容される温度リフトは燃料料金に対する電気料金の比や要求される投資回収期間などで決まるため、多くの場合において温度リフト 50℃以下が適用の条件であった。より大きい温度リフトでヒートポンプを適用できるようにするためには、ヒートポンプの性能を向上させることに加え、電気料金が相対的に安価になること、ヒートポンプの稼働率を上げ、耐用年数までを考慮して長期的な視点で投資できるようになることが求められる。

特に産業用ヒートポンプは、ボイラから単純に置き換えるユーティリティ設備としてだけでなく、加熱プロセスの熱回収設備としても活用でき、CO₂ 排出量削減効果も大きい。前者の場合には、外気熱や他のユーティリティ設備（空気圧縮機や冷凍機など）の排熱から熱回収するため、設計・施工の面では比較的容易だが、大きい温度リフトが求められる。一方、後者の場合には、比較的高い温度のプロセス排熱から熱回収するため、小さい温度リフトでの運用が可能となり、優先すべき導入方法であるが、プロセス熱回収を実現するためには、一般的に秘密情報であるプロセス側の情報が必須であることに加え、高度な設計・エンジニアリング技術が必要となる。

また、従来のヒートポンプに使用される冷媒は温暖化係数（GWP）が比較的高い HFC 冷媒であったが、将来にわたっての使用を考慮すると GWP が低いグリーン冷媒を使用することが望まれるが、現状は実績に乏しい状況である。

以下に、加熱利用ヒートポンプの従来技術の課題を整理する。

- ① 汲み上げる熱の温度差（温度リフト）が 50℃以下
- ② 温度リフトを大きくすると投資回収期間が長くなり、開発が進んでいない
- ③ プロセス排熱から熱回収するためには、高度な設計・エンジニアリング技術が必要
- ④ 冷媒の GWP が比較的大きく、グリーン冷媒の適用が望まれる

2.2 ヒートポンプの普及拡大による最終エネルギー消費量及び温室効果ガスの削減効果

（一財）ヒートポンプ・蓄熱センターによると、ヒートポンプの技術開発動向やヒートポンプ機器の適用分野等を踏まえて、ヒートポンプの普及見通しに係る定量的分析を行った結果、民生部門（家庭および業務部門）や産業部門の熱需要を賄っている燃焼機器などをヒートポンプ機器で代替した場合、最終エネルギー消費量及び温室効果ガスの削減効果は以下のように試算されている。

➤最終エネルギー消費量削減効果(2018 年度 BAU 基準：中位ケース)

2030 年度：▲914 万 kL

2050 年度：▲3,132 万 kL

➤温室効果ガス排出量削減効果(2018 年度排出量基準：中位ケース)

2030 年度：▲3,754 万 t-CO₂

2050 年度：▲13,699 万 t-CO₂

この値は、2015 年 7 月に発表された日本の約束草案の CO₂ 削減目標（2030 年度▲26%：約 3.08 億 t-CO₂）の約 12%、パリ協定における 2℃目標達成のため 2050 年までの長期的な温室効果ガス排出削減目標（▲80%：約 9.5 億 t-CO₂）の約 14%に匹敵する。さらに、2021 年 4 月の気候サミットにおいて、2050 年にカーボンニュートラル実現のために、2030 年度の温室効果ガス排出量を 2013 年度から 46%削減を目指すことを宣言するとともに、さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく決意を表明した。

このように、ヒートポンプは普及さえすれば高い温室効果ガス削減効果があり、2050 年カーボンニュートラル実現のためには必要不可欠な技術であることがわかる。

3. 構築するプラットフォームや新技術

本ワーキンググループで対象とするヒートポンプは、産業用・業務用の給湯・加熱用途に限定した。空調分野は「レジリエント次世代空調」ワーキンググループで検討することと化石燃料を使用した燃焼用機器からヒートポンプへ置き換えることで、大幅な CO₂ 排出量削減効果が得られることでヒートポンプが最もカーボンニュートラルに貢献できる分野であると考えた。

前年度に引き続き、本年度も産業用・業務用の給湯・加熱用途のヒートポンプに対して、それぞれのモデルケースを設定して詳細検討を行うこととした。

3.1 産業用・業務用の給湯・加熱用途ヒートポンプの需要予測

前年度の最終報告書において、(一社)日本エレクトロヒートセンター／(株)富士経済が調査を行った「2021 年度版 産業用ヒートポンプ導入量把握調査結果 報告書」(2021 年 10 月)より、産業用ヒートポンプの年度別導入台数を参照し、加熱用途としては年間 200～300 台で推移していることを示した。原油安、経済の低迷など種々の理由があると思われるが、温室効果ガス削減の取組みが燃料転換や単なる省エネが先行的に行われ、ヒートポンプの普及促進に結び付いていないと考えられる。

そこで本年度は、(一財)ヒートポンプ・蓄熱センターの「令和 2 年度ヒートポンプ普及見通し調査」を基に今後の産業用・業務用の給湯・加熱用途ヒートポンプの需要予測を行った。

3.1-1 加熱用途の産業用ヒートポンプ

上記調査では、産業用ボイラを産業用ヒートポンプで代替する用途として、「工場空調」、「加温 (100℃未満)」、「低温乾燥 (100℃未満)」、「高温 (100℃以上)」に分類して、高温用ヒートポンプの普及見通し、省エネ効果を算定している。

想定している条件は、以下の通り。

- ・用途比率は、工場空調：15%、加温：11%、低温乾燥：12%、高温：62%
- ・全負荷相当運転時間：16 時間／日×300 日×稼働率 35%=1,700 時間／年(ボイラ実績より)
- ・平均使用年数より、残存率を考慮
- ・全熱需要に対するヒートポンプシェア上限(中位ケース)：

工場空調 70% 加温 50% 低温乾燥 50% 高温 17%

以上の想定に基づく、産業用ヒートポンプのストック容量の推計結果を図 1 に示す。この調査報告では、産業用ボイラに対する経済優位性が働く市場に、加速度的に導入が進んだ後、当該市場が飽和した段階で一度落ち込んでいるものと考えられている。2045 年度以降は、導入された産業用ヒートポンプの更新需要等が加わるが、ストック容量としてはある程度の飽和状態になると推定している。全熱需要に対するヒートポンプシェア上限に関しては、ヒートポンプの開発動向やエネルギー政策などでも大きく変動する要因があり予測が難しいが、2035 年以降は年間熱容量 800 万 kW の新規需要が見込まれる。

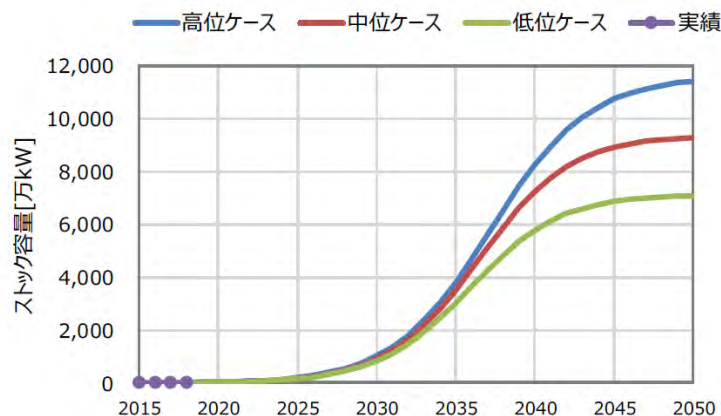


図1 産業用ヒートポンプのストック容量の推計結果

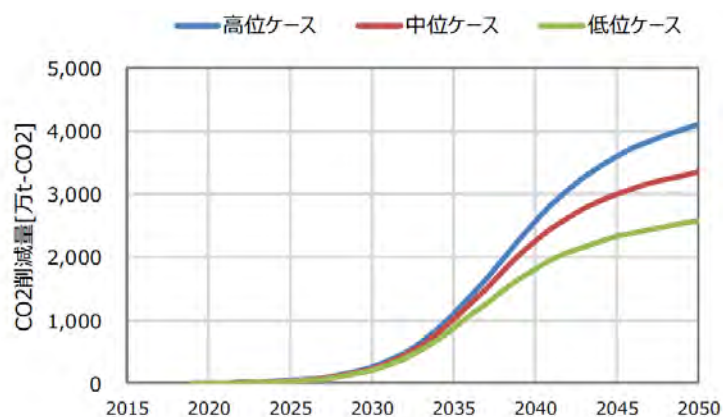


図2 産業用ヒートポンプによるCO₂排出削減効果の推計結果

図2に示したように2050年度断面における産業用ヒートポンプによるCO₂排出削減効果は3,354万t-CO₂/年（中位ケース）であり、産業用ボイラの代替効果は3,240万t-CO₂/年、産業用ヒートポンプの効率改善効果は114万t-CO₂/年と推計されている。

産業用ボイラ代替が可能な加熱用途の産業用ヒートポンプだけでも3,000万t-CO₂/年を超えるCO₂排出削減効果があり、2050年カーボンニュートラル実現のためには最重要技術であることが確認できた。

3.1-2 業務用給湯ヒートポンプ

前出の調査結果では、業務用給湯市場に関しても詳細な検討が行われている。導入適性がある市場セグメントとして、10,000m²以上の事務所・店舗、飲食店、学校、ホテル・旅館、病院、福祉施設、スポーツ施設・ゴルフ場などがピックアップされている。

設定されている算定条件等は細部にわたるためここでは省略するが、算定結果としてストック容量の推計結果を図3に示す。2035年以降は年間熱容量100万kWの新規需要が見込まれる。

図3に示したように2050年度断面における業務用給湯ヒートポンプによるCO₂排出削減効果は601万t-CO₂/年（中位ケース）であり、このうち燃焼系給湯器の代替効果は571万t-CO₂/年、

ヒートポンプ給湯機の効率改善効果は 30 万 t-CO₂/年と推計されている。但し、この算定結果は導入対象により熱容量に大きな差異があり、ヒートポンプ給湯機として民生用、業務用が混在することが想定できる。今回対象とするのは、業務用給湯機をセントラル式に使用する場合であり、2050 年度断面のセントラル式業務用ヒートポンプの CO₂ 排出削減効果は上記試算の半分の 300 万 t-CO₂/年程度であると考えられる。

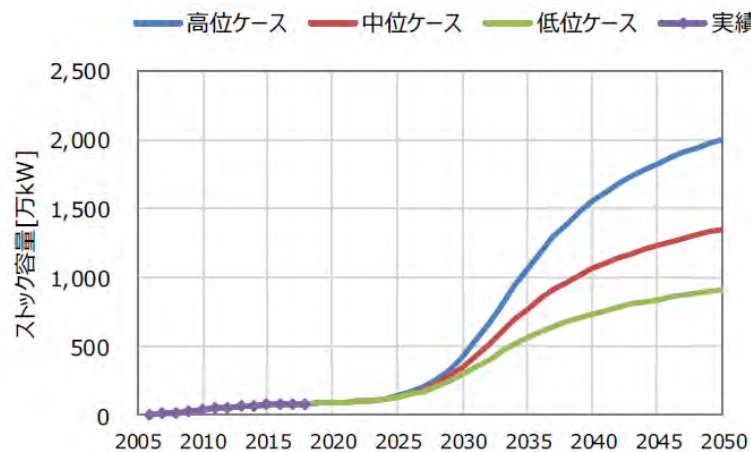


図 3 業務用給湯ヒートポンプのストック容量の推計結果

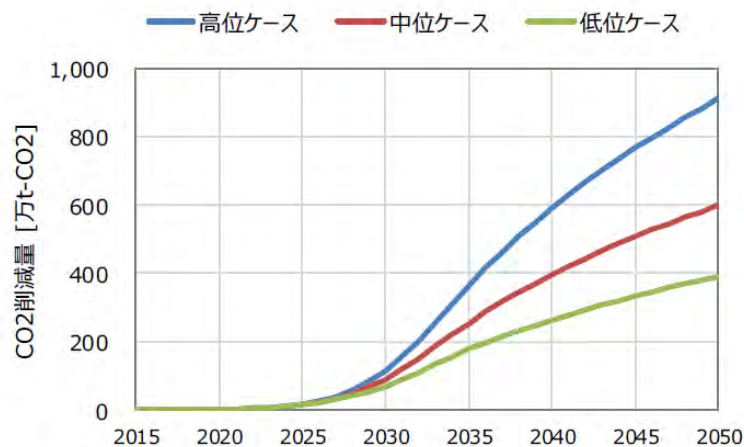
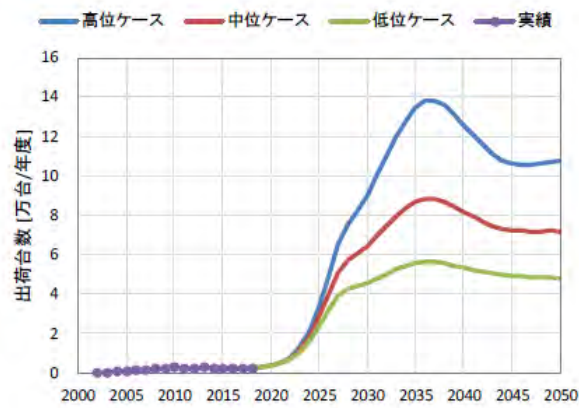


図 4 業務用給湯ヒートポンプによる CO₂ 排出削減効果の推計結果

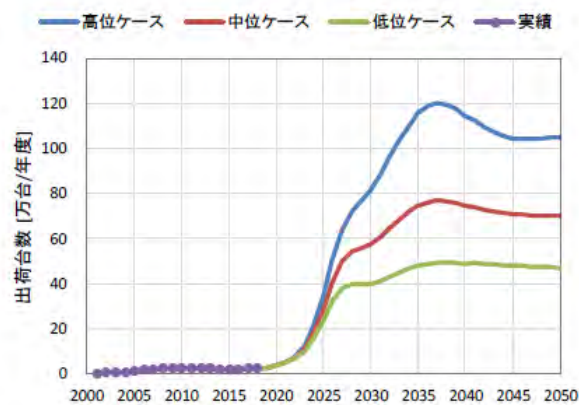
上記業務用給湯ヒートポンプの普及見通し調査による算定結果には、集合住宅向けのヒートポンプ給湯機が含まれていない。民生用ヒートポンプ給湯機を個別に設置する事例は僅かにあるものの図 5 に示すように 2035 年に年間 80 万台の出荷台数を達成するためには、多くの現状課題を克服する必要があると考える。今後、本 WG の検討課題として取り上げていく。

図 6 に示したように 2050 年度断面における民生用ヒートポンプ給湯機による CO₂ 排出削減効果は 1,878 万 t-CO₂/年(中位ケース)であり、このうち燃烧系給湯器の代替効果は 1,748 万 t-CO₂/年、ヒートポンプ給湯機の効率改善効果は 130 万 t-CO₂/年と推計されている。但し、このうち約

半分が集合住宅向けと算定しているため、2050 年度断面の集合住宅向けヒートポンプ給湯機の CO₂ 排出削減効果は 900 万 t-CO₂/年程度であると考えられる。



市場セグメント②：寒冷地、集合



市場セグメント④：温暖地、集合

図 5 集合住宅用給湯ヒートポンプの出荷台数の推計結果

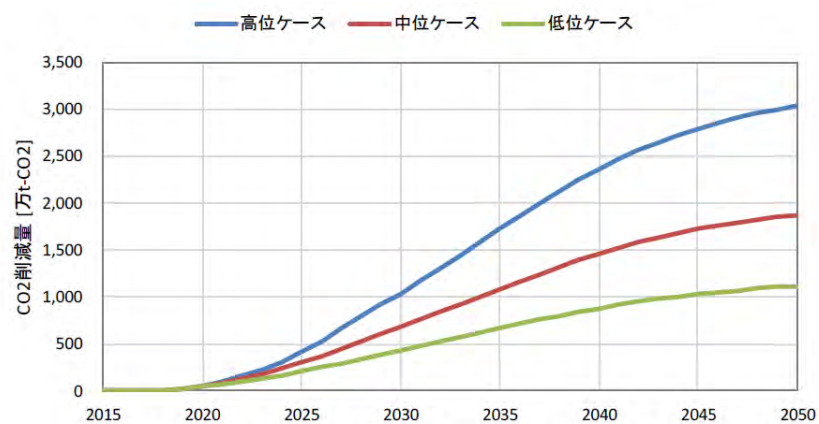


図 6 集合住宅用給湯ヒートポンプによる CO₂ 排出削減効果の推計結果

3.2 構築するプラットフォーム

従来のヒートポンプの実施事例や課題と解決方法等を検討した結果、次世代ヒートポンプの普及拡大を促進するためには、従来システムの中にどのようにヒートポンプを組み込み、トータルでエネルギー・マネージメントを行えるようにすることが必要である。ヒートポンプ本体だけではなく、各種データを共有化（見える化）し、全体最適なシステムを構築する必要がある。図7に加熱用途の産業用ヒートポンプの場合の次世代ヒートポンプシステムの導入プラットフォームイメージを示す。従来、ボイラ、バーナー等の燃料を使用する機器をヒートポンプに置き換えていくことになるが、加熱する温度、熱負荷変動に対する追従性など特性の違いがあり、現状としては単純に置き換えが出来ないことが、導入が進まない理由の一つである。したがって、置き換えられるところから徐々に置き換えて燃料消費料を削減していき、最終的には全てをヒートポンプによるオール電化システムに変えていくことが現実的であり、普及促進に繋がると考える。

全ての機器・設備は、必要なデータを収集出来るようにし、コントロールステーションでデータを共有する。発電設備側との関係も VPP・DR の可能なようにし、温暖化ガス排出削減とともに経済性に関してもコントロールを可能とする。このプラットフォームを有効活用するには、データ収集のための IoT 仕様を機器メーカーの枠を越えて同一にする必要がある。さらに、機器の性能面についても公開し、共有化することで仮想空間でのシミュレーションを可能とし、VPP（バーチャル・パワープラント）・DR（デマンド・レスポンス）を活用して、再生可能エネルギー主体の電源構成でも安定した最適運転が可能となると考えられる。

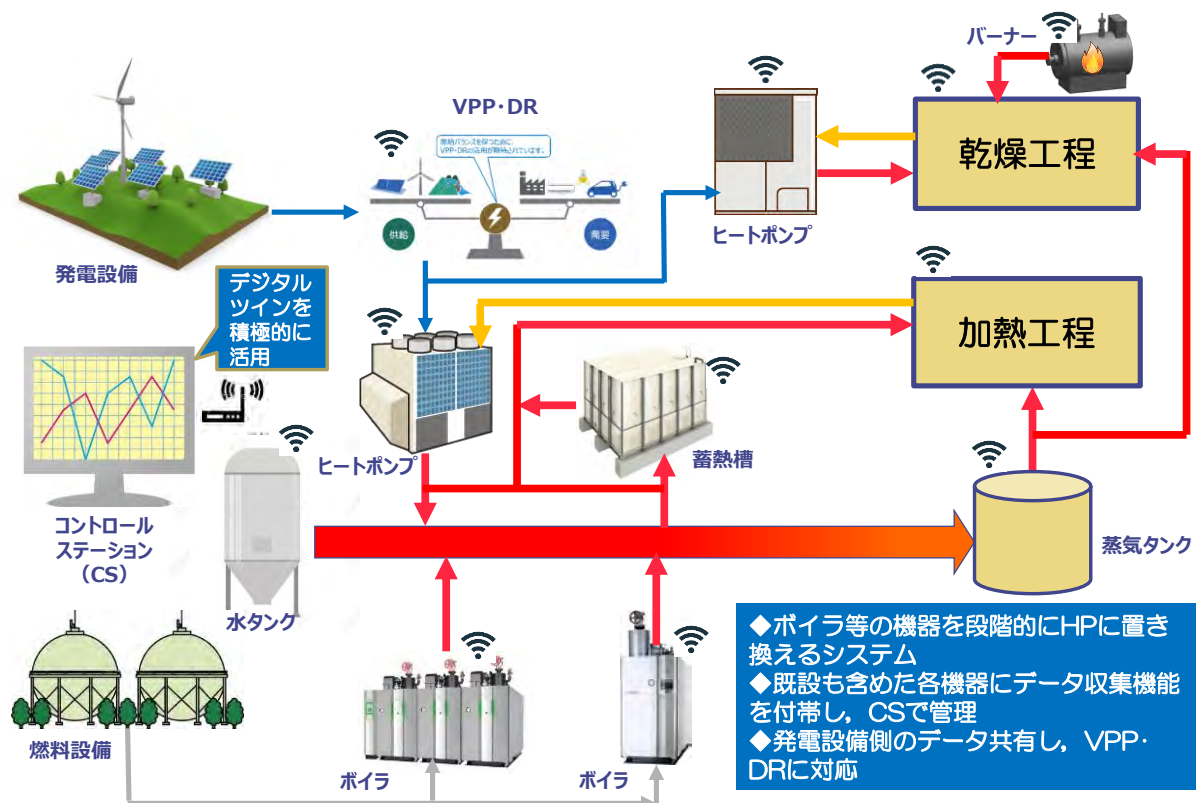


図7 次世代ヒートポンプシステム導入プラットフォーム（加熱用途 産業用）

図 7 に示した既存，新設機器のデータを，熱を含むエネルギー・マネージメント・システムの中で共通のプラットフォームで全体最適化をしていくことが重要と考える。したがって，データ通信に関しては他の WG と連携し検討を継続していく。

3.3 モデルケースの検討

3.3-1 加熱用途の産業用ヒートポンプ

従来の 100℃前後の加熱用途に加え，蒸気ボイラ代替となり得る 150～200℃の加熱が可能なヒートポンプも含めて検討を行った。表 1 はヒートポンプでボイラ等を徐々に置き換えるシステムの検討結果を示す。

表 1 加熱用途の産業用ヒートポンプの要件整理

項目	産業用
ターゲット市場	工業，食料品，化学，飲料・乳業，繊維，輸送用機械器具など
供給温度	① ～100℃（給湯，熱媒，熱風，冷却） ② 100～150℃（蒸気生成，熱媒，熱風） ③ 150～200℃（蒸気生成，熱媒，熱風）
熱量（供給量）	調査中
熱源（排熱）温度	10～40℃（①，②） 40～90℃（②，③）
冷媒（候補） 各システムでの最適冷媒の検討	自然冷媒（CO ₂ , NH ₃ , HC 系） HFC, HFO（低 GWP 冷媒を選択）
システムの特徴	ボイラ定格容量と対応するパッケージ製品 ボイラ・ヒータとのハイブリッド利用想定 熱負荷，電力需給量を予測した最適運転 トータルでエネマネが可能なデータ通信 一過式，循環式の組み合わせで最適化
IoT	エネルギー・スマート・メータの導入 コントロールステーションによるエネマネ クラウドデータ管理 VPP，DP，（電力側データ間隔を合わせる）
評価・規格・ラベリング等	エネルギー単価に脱炭素分を考慮，ビジネスモデル化 冷凍保安規則の適用 脱炭素ラベリング認証，インセンティブ導入
課題	イニシャルコスト：対ボイラ⇒機器容量小・運転時間長く 設置場所・スペース：分散配置，燃料系設備不要分の活用 運転特性：熱源必要， 新設時の比較対象の設定（ボイラ効率） 電力需給調整時の最適運転方法
市場規模（脱炭素量など）	2035 年以降は年間熱容量 800 万 kW 【参照】（一財）ヒートポンプ・蓄熱センター「令和 2 年度ヒートポンプ普及見通し調査」 https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/2020NewsRelease/news_release_siryo.pdf

3.3-2 業務用給湯ヒートポンプ

近年は個別空調・給湯のケースが多く，セントラル方式に関しては，既設の熱源機入替需要程

度だったが、温室効果ガス削減により見直しされている。表 2 はヒートポンプ＋燃焼機器のハイブリット給湯も含めて検討した結果を示す。

表 2 業務用給湯ヒートポンプの要件整理

項目	業務用
ターゲット市場	集合住宅、病院、ホテル、学校、福祉施設、スポーツ施設、ゴルフ場など
供給温度 熱量（供給量）	65～90℃、5～20℃（給湯、冷房） 調査中
熱源（排熱）温度	外気 ～40℃ 空気熱源 水熱源冷温同時取り出し（集合住宅以外）
冷媒（候補） 各システムでの最適冷媒の検討	自然冷媒（CO ₂ , HC 系） HFC, HFO
システムの特徴	オール電化対応 個別分散方式・セントラル方式 給湯使用量に応じた課金（集合住宅の場合）
IoT	エネルギー・スマート・メータ コントロールステーション 時間帯、使用料による課金（電力・水道） VPP, DR
評価・規格・ラベリング等	ZEB・ZEH 評価指標への適合 冷凍保安規則の適用（セントラルの場合） 脱炭素ラベリング認証、インセンティブ導入
課題	給湯需要に相当する大規模貯湯タンクなどのユニット設置場所の確保 故障した場合の対処方法 デフロスト時の能力低減対策（空気熱源の場合） 課金管理システム（計測システム・規格）、それに準ずる法規整備 導入コスト、メンテ費用負担の軽減策、ビジネスモデル化 負荷追従性、運転計画(DR)
市場規模（脱炭素量など）	集合住宅：2035 年以降は年間 80 万台（民生用給湯機ベース） 業務用給湯機：2035 年以降は年間熱容量 100 万 kW 【参照】（一財）ヒートポンプ・蓄熱センター「令和 2 年度ヒートポンプ普及見通し調査」 https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/2020NewsRelease/news_release_siryo.pdf

3.4 本次世代ヒートポンプの新技術

本多角的活用次世代ヒートポンプで必要となる新技術を従来技術と比較して表 3 に示す。既に NEDO プロジェクト等で開発中の技術もあるが、実際に導入後に必要な技術は、従来のヒートポンプやボイラ等にも適用可能な技術であり、波及効果は大きい。

最高加熱度 200℃の産業用ヒートポンプは、2021 年度より NEDO／未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発において、未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（TherMAT）の中で開発が行われ、2025 年頃に市場導入される予定で開発中である。

未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（TherMAT）ホームページ

<http://www.thermat.jp/>

また、2021 年度より IEA Annex58 に日本も参画し、高温ヒートポンプの技術開発動向や国際規格に関して、NEDO、ヒートポンプ・蓄熱センターを窓口に関米諸国と情報交換をしていくことになっている。

表 3 次世代ヒートポンプの新技术

	従来技術	新技术
供給温度	100℃以下が主流 120℃程度までは実績あり	従来技術に加えて、 150～200℃に対応可 ボイラ代替使用可
冷媒	HFC、自然冷媒	HFO、自然冷媒
熱源	空気、水（～50℃）	空気、水、排熱（～100℃）
運転制御	熱負荷に追従したヒートポンプ最適 運転	電源の需給バランス制御（VPP、DR） プロセス全体最適制御（エネマネ）
データ通信	個別データ	一括データ（エネルギー・スマート・メー タ）
遠隔監視	ヒートポンプのみ	システム全体
メンテナンス	運転時間等による定期メンテ	予防保全、診断機能
運転状態の 見える化	性能、電力量など	性能、電力量、電気料金、 CO ₂ 排出削減量、
電源構成	火力中心	再エネ導入量により、原単位が減少

4. その優位性(数値的に分析)、実現すべき目標とベンチマーク

従来のヒートポンプ導入のために評価指標は、主に投資回収年数により行われた。すなわち、ボイラ等との設備コスト差をランニングコスト差（ガス代と電気代の差額）により何年で回収できるかであった。燃料価格は社会情勢で大きく変動するため、原油価格が高騰した場合はヒートポンプのニーズは高まり、低迷した場合は停滞することを繰り返していた。また、我が国は 2011 年の東日本大震災以降、節電要求が高まり、ヒートポンプ導入には逆風が続いた。しかしながら、気候変動対策としてカーボンニュートラルを目指す方針が打ち出され、経済性以外の評価指標必要になってきている。基本的には、温室効果ガス排出量を重視していく方向だが、それらをコストやインセンティブにカウントしていくことが求められる。ユーザーに投資意欲を起こさせるためには、投資回収年数に温室効果ガス排出量見合うインセンティブ（補助金）加味することが重要であり、投資回収年数を 5～7 年程度に設定することが適当と考える。工場等に設置する自家消費型太陽光発電設備が投資回収年数を 8～10 年程度であったことから導入初期には適切な補助金事業が必須であると考えられ、さらに将来の炭素税等の軽減処置などの経済学的な視点の検討も必要であると考えられる。

ボイラ代替としてヒートポンプ選定する際にも、エンジニアリング力を最大に発揮し、エネルギー・マネージメント・システムの視点から最適化が重要となる。ヒートポンプはその特性上、なるべく定格運転で運転時間を長くすることでより大きな省エネ効果を得られる。ボイラは定格熱容量の 1/3 の稼働率で選定されることが多いため、その代替とするヒートポンプはボイラの 1/3 の熱容量を選定することで、大幅に投資回収年数を削減することが出来る。その分運転時間は長

くなるが、ヒートポンプの運転耐久性には大きな問題が生じない。また、イニシャルコストを発生させないサブスクリプションのビジネスモデルの検討も必要になってくる。

5. 目標実現までのロードマップ

前述の検討結果を表 4 のロードマップに示す。

表 4 目標実現までのロードマップ

	2020 年～	～2030 年度	～2040 年度	～2050 年度
従来 HP				
補助金による導入促進	→			
シミュレーションによる効果確認	→	→		
次世代 HP				
～200℃機開発・市場導入	→			
プラットフォーム構築	→			
実証試験	→			
補助金による導入促進			→	→
デジタルツイン活用			→	
新ビジネスモデル構築			→	→
温室効果ガス 排出量削減量見通し (万 t-CO₂/年)		2030 年度 HP 全体 : 3,754		2050 年度 HP 全体 : 13,699 次世代 HP : 4,554

6. 国プロの実施イメージ

今回提案するプラットフォームの実証試験を国プロとして実施する。実施方法としては、次の 2 つの方法を提案する。

① 国主導にてモデルケース実証試験を行う

例えば、福島再生可能エネルギー研究所、電力中央研究所での実施など

② ユーザーでのモデルケース実証試験を行う

7. 事業化への戦略、その後の推進主体案

オールジャパン戦略として、ユーザー、メーカー、建設会社、エンジニアリング会社、エネルギー会社、大学等が連携して本プロジェクトを推進すべきと考える。もちろん、並行して適度な競争原理を働かせ、性能アップ、コストダウン、標準化を進めていくことの重要である。

8. 政策提言

2021 年 11 月 6 日に開催された「カーボンニュートラルに向けた熱エネルギー利用の可能性と課題」において、「経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部長 茂木 正氏」が「カー

ボンニュートラルと熱の脱炭素化の取組」と題して講演を行っている。その中で、ヒートポンプ等の熱利用に関して、以下の政策的対応策を提示された。

- ① 省エネルギー促進事業(補助金)
- ② 未利用熱の実用化に向けた実証支援
- ③ コージェネレーション設備の導入支援
- ④ 省エネ法による制度的支援(連携省エネルギー計画)

さらに、2022 年 5 月に経済産業省が中間まとめを公開した「クリーンエネルギー戦略」において、「省エネ・燃料転換」政策として、「ヒートポンプなど熱利用の高効率・脱炭素化」が明記されている。

これら政策的対応策も重要だが、さらに 2050 年カーボンニュートラルに向けたヒートポンプ導入目標の設定、各企業における脱炭素量基準を示しアクションプランを設定、などより具体的な政策を提示し、目標達成した際にはインセンティブを与えるような政策も必要だと考える。また、今まで省エネに対して成果を上げている「トップランナー方式」、「ラベリング制度」など企業の競争原理を活用した政策に対する検討が必要と考える。

9. 想定する主なメンバー

機器メーカー、センサメーカー、制御メーカー、エネルギー系企業等と大学・国研等を含めて、社会実装に向けて具体的な研究開発を担当いただく機関を明確化する。

【本ワーキンググループ参加メンバー】

- ・ 早稲田大学
- ・ アズビル株式会社
- ・ 関西電力株式会社
- ・ 株式会社竹中工務店
- ・ ダイキン工業株式会社
- ・ 株式会社ノーリツ
- ・ 富士電機株式会社
- ・ パナソニック株式会社
- ・ 株式会社前川製作所
- ・ 三菱重工サーマルシステムズ株式会社
- ・ 三菱電機株式会社

COCN

多角的活用次世代ヒートポンプ

背景・目的: 温室効果ガス削減効果が大きいものの普及が進んでいない燃焼機器代替の加熱工程に利用するヒートポンプの課題と解決方法を検討し、プラットフォームを構築し、2050年カーボンニュートラル実現に貢献できる政策を提言する。

モデルケース: 加熱用途産業用ヒートポンプ(食品、飲料・乳業、化学、工業など)、業務用給湯ヒートポンプ(集合住宅、ホテル、病院など)

プラットフォーム: 燃焼機器から段階的にヒートポンプに置き換える、各機器をIoTで繋ぎデータ共有し全体最適制御、VPP・DRにも対応

新技術: 100℃程度→200℃まで適用可、グリーン冷媒、IoT、予防保全、診断機能、電力需給調整、システムとしての全体最適運転に対応

ロードマップ: 従来HP普及促進を進めながら、次世代HPの開発→実証→導入→新ビジネスモデル化

温室効果ガス削減量: ヒートポンプ全体⇒2030年度/3,754万t-CO₂/年、2050年度/13,699万t-CO₂/年

次世代ヒートポンプモデルケース試算⇒2050年度/4,554万t-CO₂/年

政策提言: 補助金・支援事業に加え、個別目標値設定・アクションプラン、ビジネスモデル化など

体制: 機器メーカー、センサーメーカー、制御メーカー、エネルギー系企業等と大学・国研等を含めて、社会実装に向けて具体的な研究開発を担当

次世代ヒートポンププラットフォーム(加熱用途 産業用)

新技術

	従来技術	新技術
供給温度	100℃以下が主流 120℃程度までは実績あり	従来技術に加えて、 150～200℃に対応可 ボイラ代替使用可
冷媒	HFC、自然冷媒	HFO、自然冷媒
熱源	空気、水(≒50℃)	空気、水、地熱(≒100℃)
運転制御	熱負荷に連動したヒートポンプ最適運転	電気の需給バランス制御(VPP、DR) プロセス全体最適制御(エネマネ)
データ連携	個別データ	一括データ(エネルギースマートメータ)
運転監視	ヒートポンプのみ	システム全体
メンテナンス	運転時間等による定期メンテ	予防保全、診断機能
削減効果の見える化	性能、電力など	性能、電力量、電気料金、CO ₂ 排出削減量
稼働環境	火力中心	再生エネルギーにより、炭素量が減少

目標達成のためのロードマップ

	2020年～	～2030年度	～2040年度	～2050年度
従来HP	増加傾向	増加傾向	増加傾向	増加傾向
次世代HP	導入開始	増加傾向	増加傾向	増加傾向
温室効果ガス削減量	増加傾向	増加傾向	増加傾向	増加傾向
2050年度温室効果ガス削減量見通し(試算)		2030年度 HP普及: 8,754	2050年度 HP普及: 13,699	2050年度 HP普及: 13,699

COCN

1. プロジェクトタイトル

「多角的活用次世代ヒートポンプ」

2. 背景・目的

温室効果ガス削減効果が大きいものの普及が進んでいない燃焼機器代替の加熱工程に利用するヒートポンプの課題と解決方法を検討し、プラットフォームを構築し、2050年カーボンニュートラル実現に貢献できる政策を提言する。

3. 構築するプラットフォームや新技術

従来、ボイラ、バーナー等とヒートポンプでは、加熱する温度、熱負荷変動に対する追従性など特性の違いがあり、単純に置き換えが出来ないので段階的に置き換えていく。全ての機器、設備は、必要なデータを収集出来るようにする。発電設備側との関係もVPP・DRの可能なようにし、温暖化ガス排出削減とともに経済性に関してもコントロールを可能とする。

① 加熱用途の産業用ヒートポンプ: 工場空調・加温(100℃未満)・低温乾燥(100℃未満)、高温(100℃以上)

② 業務用給湯ヒートポンプ: 集合住宅、ホテル、病院、学校、福祉施設、スポーツ施設、ゴルフ場など

次世代ヒートポンププラットフォーム(加熱用途 産業用)

2050年度温室効果ガス削減量見通し(試算)

① 加熱用途の産業用ヒートポンプ
3,354万t-CO₂

② 業務用給湯ヒートポンプ
1,200万t-CO₂

(一財) ヒートポンプ・蓄熱センター
「令和2年度ヒートポンプ普及見通し調査」
を基に独自に試算した

＜モデルケースの検討＞

①加熱用途の産業用ヒートポンプ

従来の100℃前後の加熱用途に加え、蒸気ボイラ代替となり得る150～200℃の加熱が可能なヒートポンプも含めてヒートポンプでボイラ等を徐々に置き換えるシステムについて検討した。

②業務用給湯ヒートポンプ

近年は個別空調・給湯のケースが多く、セントラル方式に関しては、既設の熱源機入替需要程度だったが、温室効果ガス削減により見直しされてきた。ヒートポンプ＋燃焼機器のハイブリット給湯も含めて検討した。

加熱用途の産業用ヒートポンプ要件整理

項目	産業用
ターゲット市場	工業、食料品、化学、飲料・乳業、繊維、輸送用機械器具など
供給温度	① ～100℃（給湯、熱媒、熱風、冷却） ② 100～150℃（蒸気生成、熱媒、熱風） ③ 150～200℃（蒸気生成、熱媒、熱風）
熱量（供給量）	調査中
熱源（排熱）温度	10～40℃（①、②） 40～90℃（②、③）
冷媒（候補）	自然冷媒（CO ₂ 、N ₂ H ₄ 、HC系）
各システムでの最適冷媒の検討	HFC、HFO（低GWP冷媒を選択）
システムの特徴	ボイラ定格容量と対応するパッケージ製品 ボイラ・ヒータとのハイブリット利用想定 熱負荷、電力需給量を予測した最適運転 トータルでエネマネが可能なデータ通信 一過式、直連式の組み合わせで最適化
IoT	エネルギースマートメーターの導入 コントロールステーションによるエネマネ クラウドデータ管理
評価・規格・ラベリング等	VPP、DR（電力側データ連携を合わせる） エネルギー単価に炭素素分を考慮、ビジネスモデル化 冷凍保安規則の適用
課題	脱炭素ラベリング認証、インセンティブ導入 インシヤルコスト：対ボイラ⇒機器容量小・運転時間長く 設置場所・スペース、分散配置、燃料系設備不要分の活用 運転特性：熱源必要 新設時の比較対象の設定（ボイラ効率） 電力需給調整時の最適運転方法
市場規模（炭素素量など）	2035年以降は年間熱容量 800 万 kW 【参照】（一財）ヒートポンプ・蓄熱センター「令和2年度ヒートポンプ普及見直し調査」 https://www.hptej.or.jp/Portals/0/data/0/press_topics/2020NewsRelease/news_release_siryo.pdf

業務用給湯ヒートポンプ要件整理

項目	業務用
ターゲット市場	集合住宅、病院、ホテル、学校、福祉施設、スポーツ施設、ゴルフ場など
供給温度	65～90℃、5～20℃（給湯、冷却）
熱量（供給量）	調査中
熱源（排熱）温度	外気 ～40℃ 空気熱源 水熱源冷温水同時取り出し（集合住宅以外）
冷媒（候補）	自然冷媒（CO ₂ 、HC系）
各システムでの最適冷媒の検討	HFC、HFO
システムの特徴	オール電化対応 個別分散方式・セントラル方式 給湯使用量に応じた課金（集合住宅の場合）
IoT	エネルギースマートメーター コントロールステーション 時間帯、使用料による課金（電力・水道） VPP、DR
評価・規格・ラベリング等	ZEB・ZEH 評価指標への適合 冷凍保安規則の適用（セントラルの場合） 脱炭素ラベリング認証、インセンティブ導入
課題	給湯需要に相当する大規模貯湯タンクなどのユニット設置場所の確保 故障した場合の対処方法 デフロスト時の能力低減対策（空気熱源の場合） 課金管理システム（計測システム・規格）、それに準ずる法規整備 導入コスト、メンテナンス負担の軽減、ビジネスモデル化 負荷追従性、運転計画(DR)
市場規模（炭素素量など）	集合住宅：2035年以降は年間 80 万台（民生用給湯機ベース） 業務用給湯機：2035年以降は年間熱容量 100 万 kW 【参照】（一財）ヒートポンプ・蓄熱センター「令和2年度ヒートポンプ普及見直し調査」 https://www.hptej.or.jp/Portals/0/data/0/press_topics/2020NewsRelease/news_release_siryo.pdf

＜新技術＞

次世代ヒートポンプは、ハードとソフトの両面から新技術を導入する。特にDXを用いてあらゆるデータを収集し、それを基にして全体最適化し、エネルギーマネジメントシステムを構築する。既にNEDOプロジェクト等で適用範囲200℃までヒートポンプを開発中であるが、実際に導入後に必要な技術は、従来のヒートポンプやボイラ等にも適用可能な技術であり、波及効果は大きい。

次世代ヒートポンプの新技術

	従来技術	新技術
供給温度	100℃以下が主流 120℃程度までは実績あり	従来技術に加えて、 150～200℃に対応可 ボイラ代替使用可
冷媒	HFC、自然冷媒	HFO、自然冷媒
熱源	空気、水（～50℃）	空気、水、排熱（～100℃）
運転制御	熱負荷に追従したヒートポンプ最適運転	電源の需給バランス制御（VPP、DR） プロセス全体最適制御（エネマネ）
データ通信	個別データ	一括データ（エネルギースマートメータ）
遠隔監視	ヒートポンプのみ	システム全体
メンテナンス	運転時間等による定期メンテ	予防保全、診断機能
運転状態の見える化	性能、電力量など	性能、電力量、電気料金、 CO ₂ 排出削減量、
電源構成	火力中心	再エネ導入量により、原単位が減少

スライド 5

COCN

4. 優位性, 実現すべき目標とベンチマーク

- ◆従来のヒートポンプ導入のために評価指標
 - ⇒投資回収年数：設備コスト差をランニングコスト差で回収する年数
- ◆燃料価格は社会情勢で大きく変動，2011年の東日本大震災以降の節電要求が高まり
 - ⇒気候変動対策として2050年度カーボンニュートラルを目指す⇒経済性以外の評価指標が必要
- ◆ボイラ代替としてヒートポンプ選定
 - ⇒エンジニアリング力，エネルギーマネジメントシステム最適化が重要
- ◆ヒートポンプの特性を上手く利用
 - ⇒ボイラは定格熱容量の1/3の稼働率で選定
 - ⇒ヒートポンプはボイラの1/3の熱容量を選定することで，大幅に投資回収年数を削減できる
- ◆イニシャルコストを発生させないサブスクリプションのビジネスモデルの検討

5. 目標実現までのロードマップ

従来ヒートポンプの普及促進を進めながら，次世代ヒートポンプの開発→実証→導入→新ビジネスモデル化を進め，2030年度，2050年度の削減目標の達成を目指す。

目標達成のためのロードマップ

	2020 年～	～2030 年度	～2040 年度	～2050 年度
従来 HP				
補助金による導入促進	→			
シミュレーションによる効果検証	→			
次世代 HP				
～200℃機関外・市場導入	→			
プラットフォーム構築	→			
実証試験	→			
補助金による導入促進	→			
デジタルツイン活用	→			
新ビジネスモデル構築	→			
温室効果ガス 排出量削減量見直し (万 t-CO ₂ /年)		2030 年度 HP 全体：3,754		2050 年度 HP 全体：13,699 次世代 HP：4,554

4

スライド 6

COCN

6. 国プロの実施イメージ

今回提案するプラットフォームの実証試験を国プロとして実施する。実施方法としては，次の2つの方法を提案する。

- ①国主導にてモデルケース実証試験を行う
(例えば，福島再生可能エネルギー研究所，電力中央研究所での実施)
- ②ユーザーでのモデルケース実証試験を行う

7. 事業化への戦略，その後の推進主体案

オールジャパン戦略として，ユーザー，メーカー，建築会社，エンジニアリング会社，エネルギー会社が連携して本プロジェクトを推進すべきと考える。もちろん，並行して適度な競争原理を働かせ，性能アップ，コストダウン，標準化を進めていくことの重要である。

8. 政策提言

2022年5月に経済産業省が中間まとめを公開した「クリーンエネルギー戦略」において，「省エネ・燃料転換」政策として，「ヒートポンプなど熱利用の高効率・脱炭素化」が明記されている。

ヒートポンプ等の熱利用に関して，補助金・支援事業の政策的対応策に加え，さらに2050年カーボンニュートラルに向けたヒートポンプ導入目標の設定，各企業における脱炭素量基準を示しアクションプランを設定，などより具体的な政策を提示し，目標達成した際にはインセンティブを与えるような政策も必要だと考える。また，今まで省エネに対して成果を上げている「トップランナー方式」，「ラベリング制度」など企業の競争原理を活用した政策に対しての検討が必要と考える。

9. 想定する主なメンバー

機器メーカー，センサメーカー，制御メーカー，エネルギー系企業等と大学・国研等を含めて，社会実装に向けて具体的な研究開発を担当いただく機関を明確化する。

【本ワーキンググループ参加メンバー】

早稲田大学，アズビル株式会社，関西電力株式会社，株式会社竹中工務店，ダイキン工業株式会社，株式会社ノーリツ，富士電機株式会社，パナソニック株式会社，株式会社前川製作所，三菱重工サーマルシステム株式会社，三菱電機株式会社

5

【データ収集，通信 WG 中間報告書】

1. 本 WG の目的

熱を含めたエネルギーの統合や最適化に向けては，これまでデータ収集が可能な情報に加え，新たに収集する情報と合わせて，“見える化”し，分析し，制御・運用していく必要がある．また，異なるメーカー間，機器間での連携も見込まれるため，共通的なルール（仕組み）作りが必要になると考える．

本 WG では，共通的なルール（仕組み）構築に向けた問題を整理し，その実現に向けた課題を整理する．また，熱の見える化および制御範囲の拡大に向けた検討においては，具体的なシステム例として，事務所用空調機（ビル用マルチ）を対象とし，冷暖房負荷の見える化，データ収集範囲の拡大および制御範囲の拡大に関して，課題を整理する．

2. 熱・エネルギーマネジメントシステムの基本フレーム

課題を整理するうえで，基本フレームを設定した（図 2.1）．基本フレームは，建物設備および各種センサ，外部情報からの情報を収集する IoT/platform 層とデータを可視化・分析・最適化制御を行う Application 層，実建物のデジタル・ツインである仮想 EMS，建物設備などのシミュレータから構成される．

建築設備は，建物ごとに異なるものの，一般的な構成要素としては空気調和設備，給排水衛生設備，その他建物設備である．空気調和設備としては，冷凍機，ポンプ，ファンコイルユニット，送風機，冷却塔，パッケージ型空気調和機，換気送風機，全熱交換器などが挙げられる．給排水衛生設備としては，給水ポンプ，排水ポンプ，ガス湯沸かし器やヒートポンプ給湯機などの給湯設備が挙げられる．その他にも照明設備，エレベータ，エスカレータなどがある．

ここでの各種センサとは，建築設備に付随する制御用のセンサ（制御センサ）ではなく，別設置のセンサを想定している．例えば，PMV センサ，CO₂ 濃度センサ，人流を把握するためのセンサ（人感センサ，画像センシング，レーザー，赤外線，他）などである．

外部情報は，気象予報，建物やエリアのイベント情報，スケジュールなどがある．

本検討では，冷凍機，ポンプ，ファンコイルユニット，送風機，冷却塔は熱原制御器を介して制御されると想定し，個々の機器の制御までは考慮していない．また，パッケージ型空調調和機，照明設備に関しても同様である．

現状の建物においては，BEMS 等の導入により，建物内に設定される各種設備機器の情報収集や制御，分析は行われているが，共通的な規格等がないことから，建物ごとに BEMS に接続される機器やセンサなどの仕様を確認したうえで，情報設計，構築されているのが実情である．本 WG では，各種データを活用した新たなサービス（制御）を実現するために複数の機器の運転データ，および，各種センサデータ，外部情報を効率的に収集，活用できる仕組みを構築することを目的に，基本フレームを用いて検討を行う．

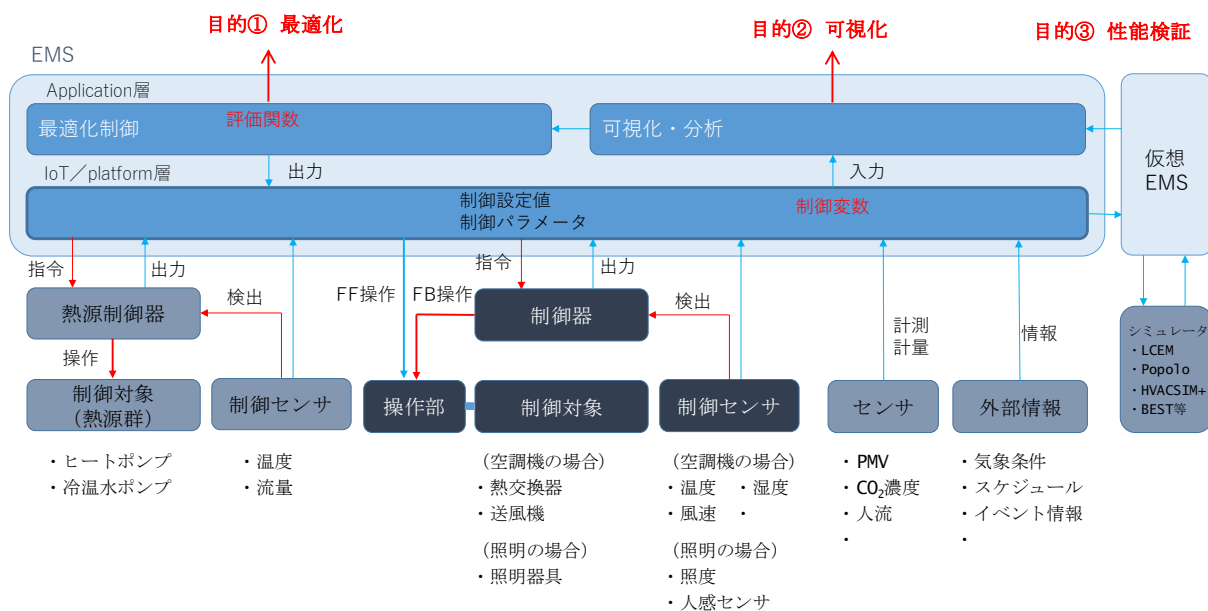


図 2.1 基本フレーム

3. 検討内容

検討は、基本フレームをベースに下記の 5 つの観点から実施した。また、④に関しては、事務所用パッケージ型空調調和機（ビル用マルチ）を対象に、データ収集範囲の拡大、および制御範囲の拡大に向けた課題を検討した。

- ① 基本的なアーキテクチャ
- ② データ利用とセキュリティ
- ③ IoT/platform 層とのデータ授受、機能分担
- ④ 各機器への上位からの制御範囲
- ⑤ 普及促進、インセンティブの考え方

4. 検討結果

①基本的なアーキテクチャ

基本フレームによる検討では、「IoT/platform 層」と「Application 層」は分けているが、実際の運用において、特に小規模の建物においては、「IoT/platform 層」と「Application 層」と特に分けて考える必要がない場合も考えられる。さらに、オンプレミスかクラウドかといった切り分けもでてくる。「IoT/platform 層」、「Application 層」共にクラウドの場合もあれば、「IoT/platform 層」はオンプレミス、「Application 層」はクラウドの場合もあり、または、「IoT/platform 層」、「Application 層」共にオンプレミスの場合もある。

どの構成とするかは、建物ごとに実施するのか、エリアで実施するのかといった点や、扱うデータ量や実施する処理内容によって、選択していく必要がある。

「IoT/Platform 層」のアクセスルールについては、WebAPI で共通化する。WebAPI は既に確立しているもの（ECHONET Lite WebAPI, Azure Digital Twins など）を使用するの

がよいと考える。

また、構築していくうえでは、建物種別や用途も異なるため、オープンな部分（共通的なルール（規格）が必要な部分）とクローズな部分（主に各社が用途に応じて独自に開発・提供する部分）に分けられる。基本的な考え方としては、共通的なルール（規格）があることで効率的に構築できる「IoT／Platform 層」部はオープンとし、建物やエリアの個別ニーズに対応するためや差別化を図るべき各社のノウハウが必要な「Application 層」はクローズとする。また、バラつきが無く公平で明確な評価が必要な「仮想 EMS（シミュレータ）」は、オープンな汎用ツール（LCEM ツールなど）を使用すべきと考える。なお、仮想 EMS（シミュレータ）との連携・アクセスルール、必要なデータ項目・間隔は、シミュレータ自体や評価目的によっても異なり、建物に応じたカスタマイズも必要になる場合もあることから、シミュレータのカスタマイズに関するルール化も必要である。

本検討で対象とした熱・エネルギーマネジメントシステムの運用フローの一例を図 4.1 に示す。設計時のデータに基づき、「仮想 EMS（シミュレータ）」は構築される。運用段階では運用データを「IoT／Platform 層」で収集し、「仮想 EMS（シミュレータ）」および「Application 層」に送られる。「仮想 EMS（シミュレータ）」では、設計条件における消費電力量や CO₂ 排出量を試算し、結果を「Application 層」に送る。「Application 層」では、実システムの運用結果と設計条件による試算結果を比較することができる。また、システムの制御目的に応じてパラメータを「仮想 EMS（シミュレータ）」に送り、試算結果を得ることで、実際に制御する前にその効果を推定できると共に、推定結果と実際の運転結果の比較も見える化できる。従来のエネルギーマネジメントシステムと本検討対象のエネルギーマネジメントシステムとの違いは、熱の見える化である。熱負荷を見える化することで、その熱負荷に対する制御検討の幅が広がり、現状よりも高度な制御も期待できる。また、見える化した結果は、日々の運用改善の他、機器の経年劣化状況より更改要否の判定にも利用でき、改修計画にも活用可能である。

なお、「仮想 EMS（シミュレータ）」の精度については、設計時のデータのみでは限界があると思われる。「仮想 EMS（シミュレータ）」で、実データとの比較を行い建物特性等や機器特性を補正することで、精度向上を図る仕組みを具備することが望ましい。

知財等の権利に関しては、クローズ部分は各社で知財権を取得することになると思うが、オープンな部分で知財権が発生した場合には、基本公知化するか、RAND ライセンスなどで条件を決めることになると思う。

③IoT/platform 層とのデータ授受、機能分担

「建築設備」のセンサ情報に関しては、利用目的や提供サービスに応じて、必要な情報を収集できるような仕組みとする。通信プロトコルについては、業務用ビルなどでは、採用事例の多い BACnet などを用いる。工場などでは、同様に採用事例の多い「OPC UA」などのプロトコルを利用することで早期のシステム導入が見込めると考える。データ項目・データ間隔・データ精度については、利用目的や提供サービスに応じて個別検討する。ただし、建築設備のセンサ情報については、メーカー・機種により値が持つ意味が異なることがあるため仕様を統一することが求められる。また、計量法に準拠可能な計量按分システムも求められる。

「計測・計量センサ（CO₂ 濃度センサ等）」は多様性や安価さを保つため、各センサや情報源の通信方式・データ方式を確認し、「IoT/Platform 層」につなげられるよう「IoT/Platform 層」側を個別エンジニアリングする。

「外部情報（気象データ等）」は情報発信者の定義する方式で、契約により取得する。

④各機器への上位からの制御範囲

各機器への上位側からの制御に対して入力後の機器の挙動に関する責任所掌の考え方が課題となる。メーカーは想定される入力に関しては、製品開発の過程で検証を行い、その挙動は保証範囲であるが、想定外の入力に対する挙動に関してまでの保証となると、開発負荷が大きくなる。そのため、「外部制御入力の責任は、原則、建物側（設計、構築、運用）。入力後の挙動はメーカー責任。」とするのが現実的であると考え。つまり、機器の信頼性（故障）、能力、寿命に対する懸念から、既存の設定・操作項目を活用し外部制御するのが原則となる。ただし、他機種との連携などで設定・操作項目の拡大が必要な（既存の項目で実現できない）場合については、そのメリットの検討は必要であるが、各メーカーにその項目の必要性を訴え、検討を依頼する必要がある。標準化が必要な場合は、空調機であれば、日本冷凍空調工業会などで議論し、標準規格等に反映する。分野や項目が多岐にわたるなど単一の業界での議論に限界がある場合には、必要に応じて専用のコンソーシアムを設立し、標準規格化する、などの仕組みが必要と考える。

また、事務所用パッケージ型空調調和機（ビル用マルチ）を対象に、データ収集範囲の拡大、および制御範囲の拡大に向けた課題を検討した。具体的には、更なる省エネルギー化、再生可能エネルギー導入を実現するための制御案（省エネルギー制御、デマンドレスポンス制御）に対して、運転データの出力項目の拡大および制御項目の追加が可能か検討した（表 4.1）。検討の結果、機器の保護に関わる制御項目に関しては、上位側からの制御を許容できないが、メーカーのコントローラ経由であれば実現可能な項目や、今後開発すれば実現可能な項目はあった。また、出力する運転データについては、直接計測する温度等であれば、ある程度の精度は見込めるものの、算出が必要な冷房能力、暖房能力などは、精度上の課題があることが分かった。しかし、本エネルギーマネジメントシステムの特徴である「熱の見える化」を実現するためには、事務所用パッケージ型空調調和機（ビル用マルチ）の冷房能力（冷

房負荷)、暖房能力(暖房負荷)の把握がポイントである。能力の推定方法としては、機器側の運転状態から機器側で推定する方法と運用状況(屋外の温度、湿度、日射、風向・風速などの外部環境と室内の温度、湿度、人員、照明・コンセント使用量などの内部環境)から試算する方法が挙げられる。システム全体の簡素化およびエネルギーマネジメントシステムの計算負荷低減の観点からは、機器側で推定する方法の方が望ましいと考えるが、機器側で推定する方法については、精度上の課題に加え、出力方法(BACnet オブジェクトの定義)も確立されていないため、実用化には時間を要すると考えられる。そのため、早期の運用システム実現に向けては、運用状況から試算する方法も手段の一つとして検討する必要がある。

なお、実用化に向けては、コストにも影響するため、各種項目の拡大においては、その必要性を十分精査のうえ、検討する必要はある。今後は、建物の設計、構築、運用側と機器メーカーとの間でより高度な制御方式を行うために、必要な項目、許容すべき精度を議論していくことも重要であると考えられる。

表 4.1 出力項目及び制御項目の対応状況

状況	出力項目	制御項目	目的
対応済	【参考】 発停 (ON/OFF)、運転モード (冷房/暖房/送風、など)、 室内温度設定、風量レベル、風向、室内温度、警報	【参考】 発停 (ON/OFF)、運転モード (冷房/暖房/送風、など)、 室内温度設定、風量レベル、風向	—
対応済 (一部メーカーで開発要)		電流値閾値、節電制御	デマンドレスポンス制御
開発すれば対応可能だが精度に課題あり	冷房能力、消費電力/電流、負荷率		省エネルギー制御
対応不可	蒸発温度、凝縮温度	蒸発温度設定	省エネルギー制御

⑤普及促進、インセンティブの考え方

カーボンニュートラル実現に貢献するための普及促進に向けて、長期的な方向性としては、グローバル展開を見据えたうえで規格化や法律などへ反映することが重要である。そのためには、仮想 EMS (シミュレータ) との連携、複数台の異機種との連携によるメリットの定量化が課題となる。

しかし、テナントオフィスビルの場合、専用部の空調の光熱費はテナント負担となるため、省エネルギー化によるビルオーナーへの直接的なメリットは少なかった。ただし、カーボンニュートラル化に向けた動向が社会的に注目されるにつれ、エネルギー消費の削減に対する企業努力が見え始めている。

メリットの例としては、運用コスト面その他、認証などに省エネルギー効果を反映できる仕組みとすることが挙げられる。例えば、BELS 認証の BEI 値算出時に算定できる省エネ手法と実運用時の省エネ運転手法の両方が確立できれば、導入に伴う便益を得やすくなる。また、建物全体の省エネ化以外に、仮想 EMS (シミュレータ) にて、省エネ手法の検討が可能とすると、設定温度を変更した場合の省エネ効果の予測値が確認できる。実運用にて実施する前に、省エネルギーと引き換えになるデメリットも把握できるため、省人省力で効率的な運用が可能になると思われる。

5. 今後の課題

①エネルギーマネジメントの対象範囲

エネルギーマネジメントの対象範囲（建物内、建物群など）により、具体的なシステム構成は異なる。それぞれのシステム構成により、セキュリティの考え方や、Platform の役割も変わってくるため、実用化に向けては、マネジメント範囲毎に検討する必要がある。

例えば、主に大規模建物などで建物内に運用管理者が常駐している場合であれば、図 5.1 示す通り、建物内に「EMS」「仮想 EMS」の構成が考えられる。

また、建物内に運用管理者は常駐しているが、エネルギーマネジメントは複数の建物を対象にする場合であれば、図 5.2 に示す通り、建物内に「EMS」、建物外に「仮想 EMS」の構成が考えられる。

一方で、小規模建物などで建物ごとの管理者不在の場合で、エネルギーマネジメントは複数の建物を対象にする場合は図 5.3 に示す通り、建物外に「EMS」「仮想 EMS」の構成が考えられる。

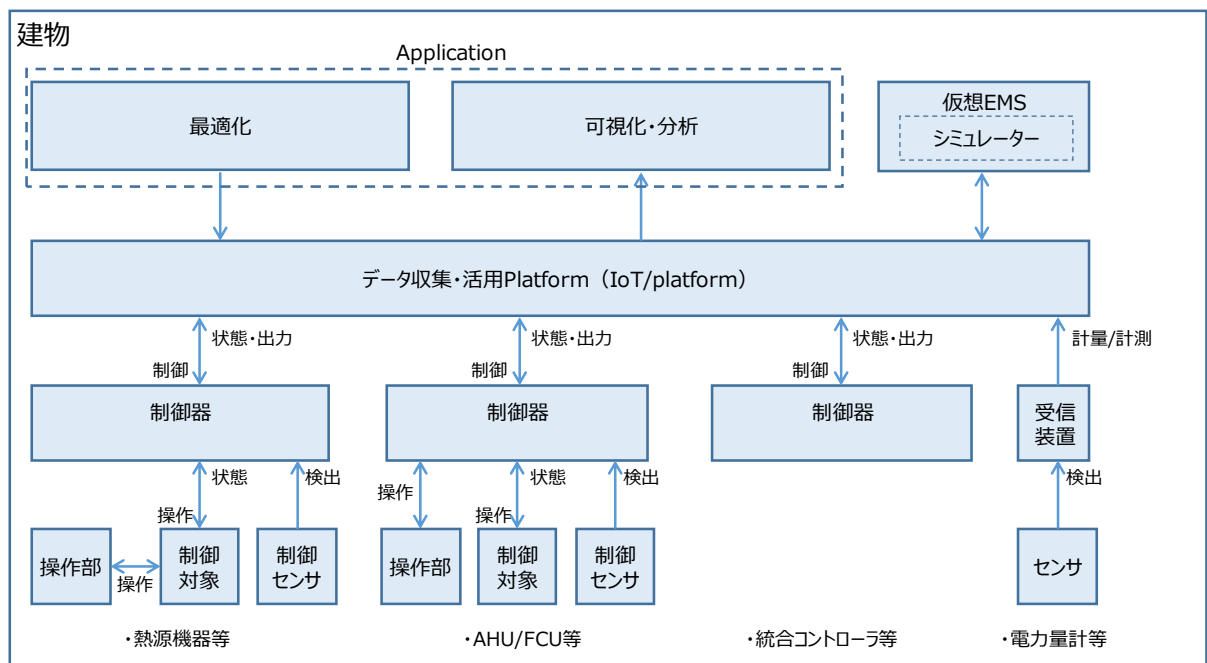


図 5.1 建物内に「EMS」「仮想 EMS」がある場合

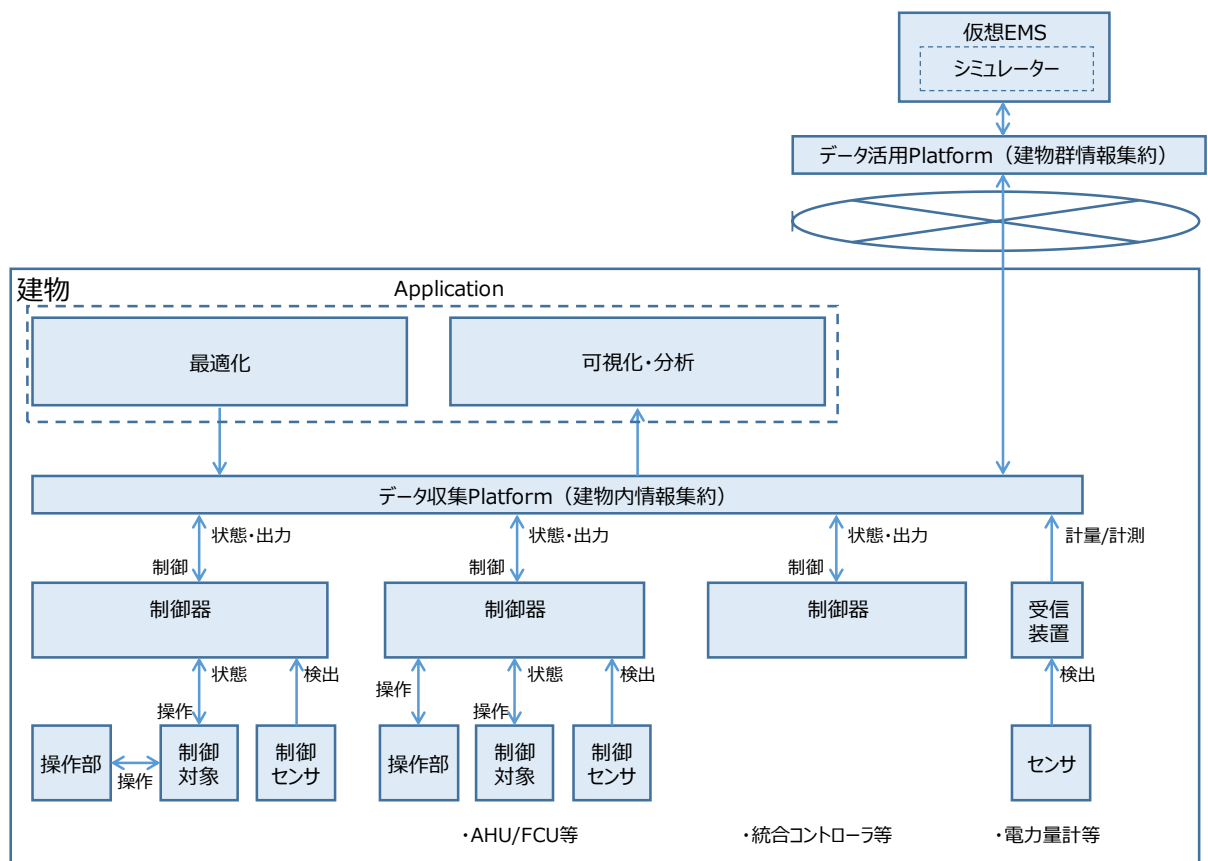


図 5.2 建物内に「EMS」、建物外に「仮想 EMS」がある場合

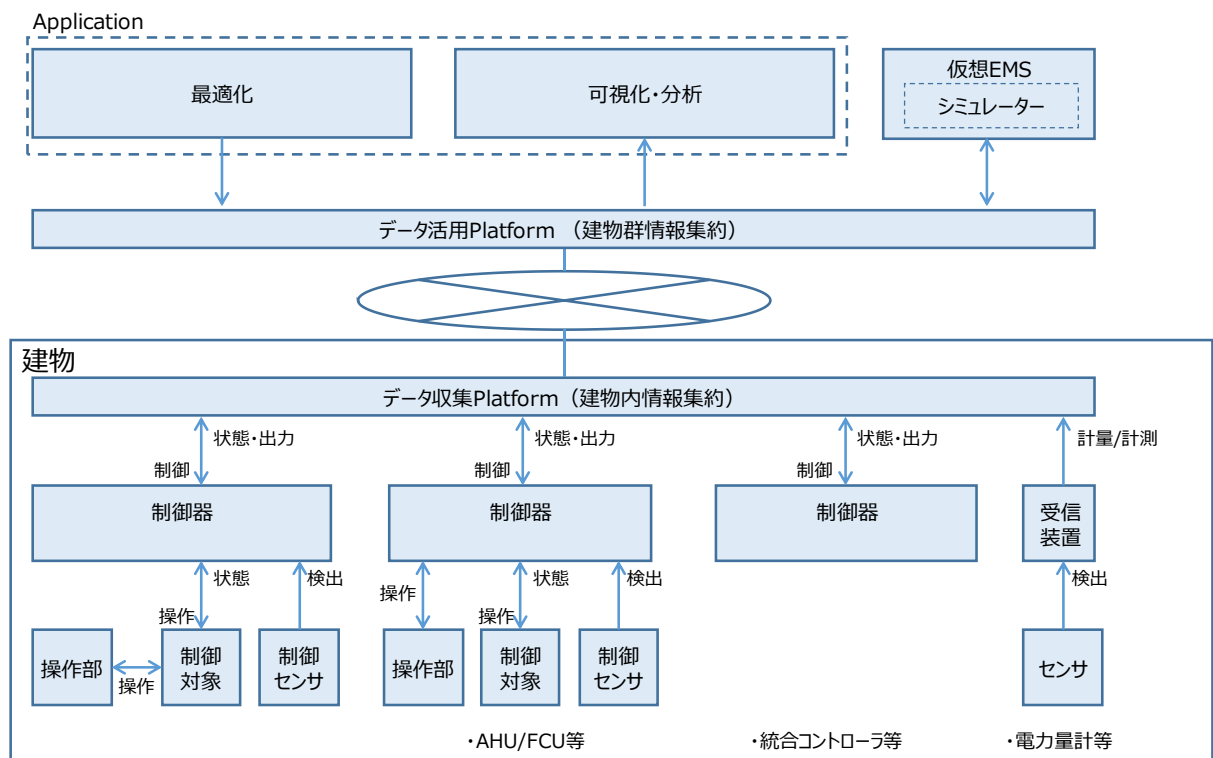


図 5.3 建物外に「EMS」、 「仮想 EMS」がある場合

②Application の想定

各機器の制御範囲の拡大やデータ収集項目および間隔などについては、Application に応じて、そのメリットを含め検討して必要がある。

Application としては、「最適化」と「可視化/分析」が主な役割であり、その例としては、「最適化」

- ・ 仮想 EMS（シミュレータ）と連携した各機器へのリアルタイム制御、設備劣化状況の把握
- ・ 電力アグリゲータからの指示に対応したデマンド制御
- ・ 各設備機器のコントローラへの需要情報入力

「可視化/分析」

- ・ 各種計測値の表示（消費電力、温度、湿度、圧力、CO₂、PMV、人流情報、天気など）
- ・ 建物および建物群のコミッショニングへの活用

が挙げられる。

6. まとめ

本WGでは、基本フレームを設定し、「①基本的なアーキテクチャ」、「②データ利用とセキュリティ」「③IoT/Platform 層とのデータ授受、機能分担」「④各機器への上位からの制御範囲」「⑤普及促進、インセンティブの考え方」の5つの観点から検討を行い、課題を整理した。

標準化およびルール化は重要であると考えるが、多機種で複雑なシステムとなり得るため、早期の実用化に向けては、できる範囲から実行していくことも重要だと考える。

また、普及促進に向けては、メリットの見える化も重要である。メリットを定量的に検討するためには、共通のルールに基づいた方法での効果算出をする必要がある。

効果算出はシミュレーションの活用が有効と考えるが、シミュレーションの目的により、必要な精度、間隔は異なるため、Application の具現化が必要である。そこで、一例ではあるが、本エネルギーマネジメントシステムを用いた場合の運用イメージを整理し、各種データを用いたより高度なエネルギーマネジメントのメリットを検討した。

今後、実用化に向けて、エネルギーマネジメント範囲を始め、具体的なプロジェクトでの検証を行い、詳細な検討を進めていく必要がある。

データ収集、通信WG

主 査:NTTファシリティーズ

副 査:竹中工務店、東芝キャリア

メンバー:アズビル、清水建設、ダイキン工業、日建設計総合研究所、富士電機、三菱電機

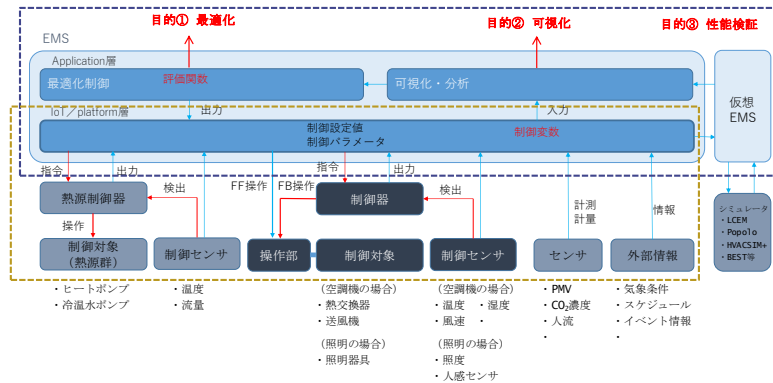
＜本WGの目的＞

熱を含めたエネルギーの統合や最適化に向けては、これまでデータ収集が可能な情報に加え、新たに収集する情報と合わせて、“見える化”し、分析し、制御・運用していく必要がある。また、異なるメーカー間、機器間での連携も見込まれるため、共通的なルール(仕組み)作りが必要になると考える。本WGでは、共通的なルール(仕組み)構築に向けた問題を整理し、その実現に向けた課題を整理する。

0

検討概要

本WGでは熱を含むEMSに関して、以下の基本フレームを設定し、以下の5つの観点から検討を行った。



1

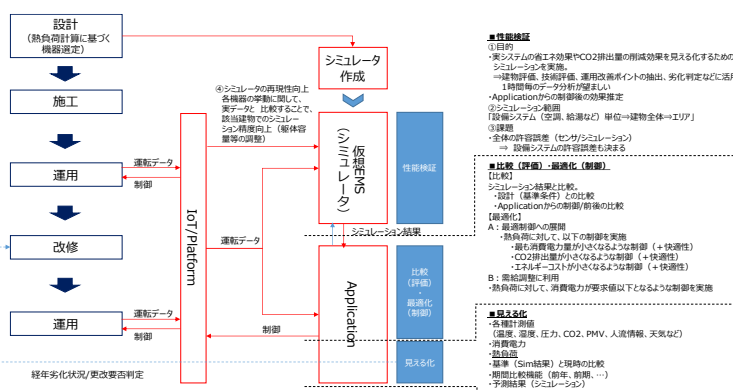
検討結果1

COCN

①基本的なアーキテクチャ

- ・「[Application]」部はクローズ（主に各社が独自に開発・提供する部分）で、「[IoT/Platform]」部はオープン（共通プラットフォーム部分など）、「仮想EMS（シミュレータ）」は、オープンな汎用ツールを使用が望ましい。
- ・本WGの取組みとしては国や省庁を巻き込んだ標準化の提案としつつ、標準化自体は日冷など工業会の規格に落とす仕組みが妥当。
- ・知財権に関しては、クローズ部分は各社で知財権を取得する。オープンな部分で知財権が発生した場合には、基本公知化するが、RANDライセンスなどで条件を決める。

本検討で対象とした熱・エネルギーマネジメントシステムの運用フローの一例



2

検討結果2

COCN

②データ所有権とセキュリティ

- ・データの利用については、「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」（経済産業省情報経済課）に則る。
- ・サイバーセキュリティおよびフィジカルセキュリティは、サービスの開発ベンダ、メーカーで一般のICT機器と同様に各種規約やガイドライン（「サイバーセキュリティマネジメントシステム認証基準」（IEC62443-2-1）など）に基づいて開発し、製品やサービスレベルで保証する。併せて、「ビルシステムにおけるサイバー・フィジカル・セキュリティ対策ガイドライン」（経済産業省商務情報政策局サイバーセキュリティ課）も参照する
- ・運用面では、サイバー・フィジカル両面を意識した運用規約の設定や、現地作業員の教育も必要

③ IoT階層と機器階層のデータ授受と制御の機能分担/適用範囲

- ・「計測・計量センサ(CO2センサ等)」は各センサや情報源の通信方式・データ方式を確認し、「IoT／Platform」につなげられるよう個別エンジニアリングする。
- ・「外部情報(気象データ等)」は情報発信者の定義する方式で、契約により取得する。
- ・「建築設備」のセンサ情報に関しては、利用目的や提供サービスに応じて、必要な情報を収集できるような仕組みとする。通信プロトコルについては、すでに汎用となっているBACnet、**OPC UA**などを用いる。
- ・データ項目・データ間隔・データ精度については、利用目的や提供サービスに応じて個別検討する。ただし、建築設備のセンサ情報については、メーカー・機種により値が持つ意味が異なることがあるため仕様を統一することが求められる。

3

検討結果3

④ 各機器への上位からの制御範囲

- ・外部制御入力（責任は運用側、入力後の挙動はメーカー責任が基本的な考え方）。
- ・機器の信頼性（故障）、能力、寿命に対する懸念から、既存の設定・操作項目を活用し外部制御するのが原則。
- ・既存の設定・操作項目の拡大が必要（既存の項目で実現できない）な場合については、日冷工などで議論し、標準規格等に反映する。分野や項目が多岐にわたるなど、必要に応じて専用のコンソーシアムを設立し、標準規格化する。
- ・「熱の見える化」を実現するためには、事務所用パッケージ型空調機の冷房能力（冷房負荷）・暖房能力（暖房負荷）の把握が課題である。

⑤ 普及促進、インセンティブ作り等の行政への要望

- ・仮想EMS（シミュレータ）との連携、複数台の異機種制御のメリットの見える化が課題
- ・メリットは、投資コスト面、運用コスト面、他、認証などに省エネルギー効果を反映できる仕組みとすることが一つの手段。

COCN

4

今後の課題

- ・エネルギーマネジメントの対象範囲（建物内、建物群など）により、具体的なシステム構成および役割は異なるため、マネジメント範囲毎に検討する。
- ・各機器の制御範囲の拡大やデータ収集項目および間隔などについては、Applicationに応じて、そのメリットを含め検討する。

COCN

図 建物内に「EMS」「仮想EMS」がある場合
(大規模建物などで建物内に運用管理者が常駐している場合を想定)

図4.3 建物外に「EMS」「仮想EMS」がある場合
(小規模建物などで建物ごとの管理者不在で、EMSは建物群を対象にする場合を想定)

5

まとめ

COCN

・本WGでは、基本フレームを設定し、「①基本的なアーキテクチャ」、「②データ利用とセキュリティ」、「③IoT/Platform層とのデータ授受、機能分担」、「④各機器への上位からの制御範囲」、「⑤普及促進、インセンティブの考え方」の5つの観点から検討を行い、課題を整理した。

・標準化およびルール化は重要であると考え、多機種で複雑なシステムとなり得るため、早期の実用化に向けては、できる範囲から実行していくことも重要だと考える。

・普及促進に向けては、メリットの見える化も重要である。メリットを定量的に検討するためには、共通のルールに基づいた方法での効果算出をする必要がある。効果算出はシミュレーションの活用が有効と考えるが、シミュレーションの目的により、必要な精度、間隔は異なるため、Applicationを具現化したうえで、更に検討を進めていく必要がある。

・今後、実用化に向けて、エネルギーマネジメント範囲を始め、具体的なプロジェクトでの検証を行い、詳細な検討を進めていく必要がある。

一般社団法人 産業競争力懇談会（COCN）

〒100-0011 東京都千代田区内幸町 2－2－1

日本プレスセンタービル 6階

Tel : 03-5510-6931 Fax : 03-5510-6932

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 山口雅彦