

【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2月10日

産業競争力懇談会 **COCN**

【エグゼクティブサマリー（最終）】

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ーも含めて異業種、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う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
- 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
- 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

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

引き続き、6 社会領域と 2 共通領域について、WG を中心に検討を継続する。

社会領域：①水素サプライチェーン高度熱利用，②持続的脱炭素コールドチェーン，③レジリエント次世代空調，④カーボンニュートラルキャンパス，⑤再エネ連携農業/都市型農業，⑥多角的活用次世代ヒートポンプ

共通領域：①データ収集，通信，②効果検証体制

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を進める。

4.2 展開

本プロジェクトは、今後は、次のように展開される。

- ・ 提言フェーズⅡ（2022 年度）：今期，リソース制約のため検討途上な個所に関しては，来年度も継続的に検討を進める。
- ・ 実証フェーズ（2023 年度～2026 年度）：熱の EMS を含めた Ambient Energy Platform の動作検証と効果検証を行い，社会実装，事業化を図る。SIP を始めた国プロ申請に向けた準備を進める。
- ・ プロジェクト終了後の展開（2027 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等へも参画し，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。

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】

【エクゼクティブサマリ（最終）】	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
1.1 提案の理由背景	2
1.2 熱利用の現状	3
1.3 熱利用の総合的な課題	5
2. 検討の視点と範囲	5
2.1 検討視点	5
2.2 検討範囲	6
3. 産業競争力強化のための提言および施策	23
3.1 提言	23
3.2 施策	23
4. 今後の展開	24
4.1 課題	24
4.2 展開	24
Appendix	26
【持続的脱炭素コールドチェーン WG 最終報告書】	27
【レジリエント次世代空調 WG 最終報告書】	40
【カーボンニュートラルキャンパス WG 最終報告書】	47
【再エネ連携農業/都市型農業 WG 最終報告書】	66
【多角的活用次世代ヒートポンプ WG 最終報告書】	81
【データ収集、通信 WG 最終報告書】	94

【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）

古山幹洋／イオン（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）

坂口清文／キヤノン（株）

西宏章／慶応義塾大学

藤久保護／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

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）

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

COCN 企画小委員：大久保進之介／富士通（株），武田安司／日本電気（株），五日市敦／

（株）東芝，佐藤桂樹／トヨタ自動車（株），岩田一／（株）地球快適化インスティテュート

菊地達朗／（株）日立製作所，金枝上敦史／三菱電機（株），中山慶祐／ENEOS（株）

COCN 事務局長：山口雅彦，副事務局長： 五日市敦，佐藤桂樹，武田安司

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

1.1 提案の理由背景

① 目指すべき未来社会

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 2050 年実現（出所）shutterstock

② エネルギー・環境戦略

以上のような社会を実現していく中で、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。

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廃）	

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
制御・エネマネシステム ●AI・IoT等 を活用した エネマネ	アグリゲーターや配電事業者などの新たなビジネスを促すための 制度整備及び実証支援					エネルギーの最適利用促進に向けた 制度の見直し		
	エネルギーマネジメントの導入強化に向けた 規格・基準の整備							
	EV等の普及については、自動車・蓄電池の実行計画を参照							

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、そのために必要な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。

1.2 熱利用の現状

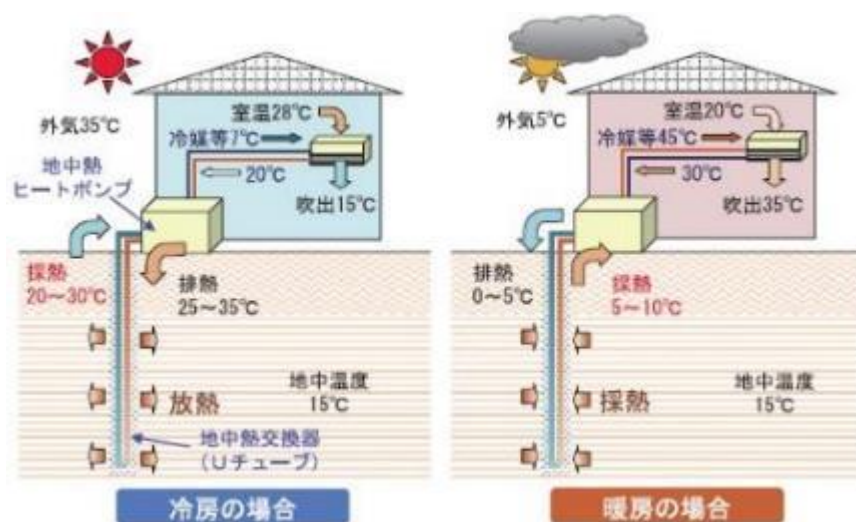
各種のエネルギー供給・利用システム、その EMS において、電力系に対しては、デジタル

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利用体系化が産業、民生（業務、住宅）、運輸などの多様な分野で進展してきている。

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。その大きな課題としてデジタル化技術の適用が困難であることにより、EMS 等を活用した全体最適化や効率的活用が進みにくいことがあげられる。



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

1.3 熱利用の総合的な課題

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。

- 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。

③ 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

- ・ センサー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。

2. 検討の視点と範囲

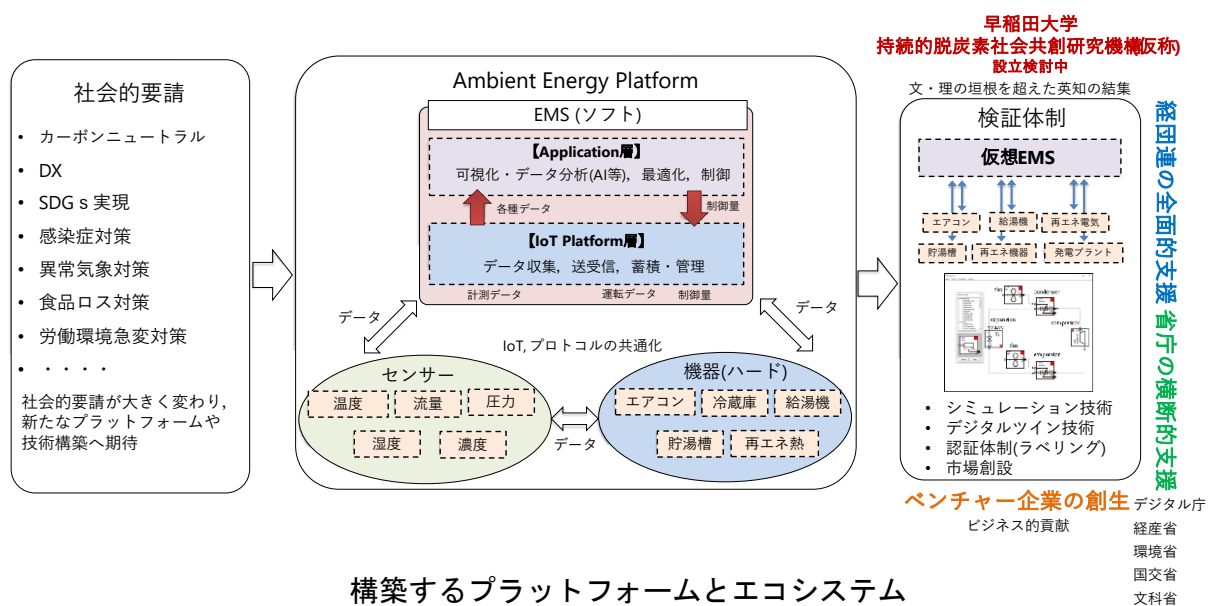
2.1 検討視点

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した。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、2領域を設置し、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。

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。

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

① 水素サプライチェーン高度熱利用

参画組織：早稲田大学，富士電機

主として液体水素に係る熱利用技術であり，極低温の液体水素の蒸発潜熱の効果的な活用方法を検討する．液体水素サプライチェーンでは，液体水素の気化熱の有効活用が極めて重要となる．このため，水素供給と極低温蒸発潜熱を活用する熱システム技術を連携させうるプラットフォームを構築し，水素サプライチェーンの全体最適化に寄与していく．なお，ここでは，NEDO の調査事業に採択され，潜熱の最適な活用方法について検討が進んでいる．一旦，NEDO プロジェクトを進め，その成果を活用し，そのエネルギーマネジメント方法等の検討を進める予定である．

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，イオン

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．

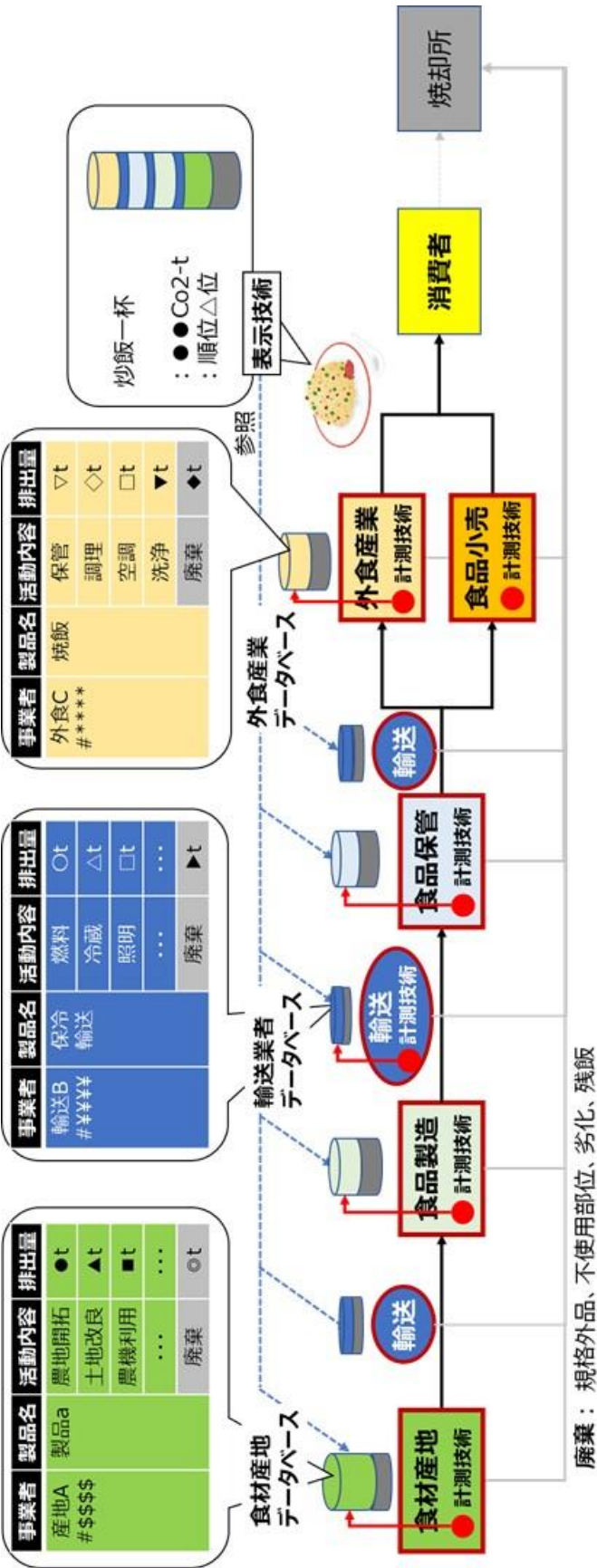
現在，一般消費者が，小売店にて食材，食品を購入する際，その食材，食品が店頭に並ぶまでに排出された温室効果ガスの量は知る由もない．したがって，仮に食料生産者が，肥料や飼料を自然由来のものに変換したり，生産・加工等に必要なエネルギーを再生可能エネルギーに変換したりしたとしても，その努力は，ほぼその食料品の価格（コスト）という形で消費者に還元されるのみである．現状のままでは，消費者には，温室効果ガス排出量が少ない食材や食品を購入するインセンティブは働かず，食品を生産，加工する事業者にも温室効果ガス排出量が少ないものを生産するインセンティブは働かない，つまり，フードサプライチェーン全体で温室効果ガス排出量を大幅に削減することは難しいと考えられる．

本 WG の提案の背景には，温室効果ガス排出量削減には，事業者や一般消費者が，ライフサイクルでの排出量が少ない食材・食品を優先して選ぶ社会風土に変革し醸成することが必要との認識がある．事業者は食料・食品の生産・加工時の温室効果ガス排出量が少なくなるように努力・工夫し，一般消費者は温室効果ガス排出量が少ない食料・食品を優先して購入する，そういった社会風土である．

これを実現するために，フードサプライチェーンの上流（生産）から下流（消費者に届く）までの温室効果ガス排出量を「見える化」できるプラットフォームを構築することを提案する．また，これを実行性のあるものとするために，「見える化」のためのデータベースを標準化し，さらに，フードサプライチェーン内の事業者全てが，それぞれの事業活動において発生させた温室効果ガス排出量を，標準化されたデータベース仕様に適合するように計測，記録，管理する責務を担い，温室効果ガス排出量削減に貢献できる仕組み作りを提唱する．

本 WG が提案するプラットフォームを図に示す．

脱炭素コードチェーンプラットフォームの全体像



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。

上の表に記載した内容は、机上検討のレベルであり、まだまだ深堀が必要である。フードサプライチェーンは様々な事業者が複雑に絡み合っており、食料・食品ごと、また、同じ食料・食品であっても、生産地や加工業者ごとに、温室効果ガス排出に関わる諸事情は大きく異なっていると想定される。

プラットフォーム実現のための技術と解決案

技術	課題	解決手段
温室効果ガス 排出量 定量化技術	事業者の活動により発生した 温室効果ガス排出量を測定、 その活動と紐づけ	・事業者の活動をコード化かつ標準化 ・エネルギー測定技術に、測定中のエネルギー と活動とを自動的に紐づける機能を付加
データベース	仕様の標準化	データベース案 - 事業者名(もしくは事業者No.) - 出荷製品名(生産、製造、販売する製品名) - 出荷製品を単位量生産するために必要な入荷品 ごとの温室効果ガス排出量 - 出荷製品を単位量生産・販売するために要した 温室効果ガス排出量 - 出荷製品を生産・販売するために要した活動内容 (温室効果ガス排出発生要因) - 入荷品のうち、廃棄されたものに要した温室効果 ガス排出量
温室効果ガス 排出量 参照・提示技術	温室効果ガス排出量が少な い製品、サービスを選択する インセンティブを働かせる	・データベース情報より、事業者の温室効果 ガス排出量削減の取組・工夫を抽出 ・同一の食材・食品で統計処理を行い、温室 効果ガス排出量の相対比較を提示

そこで、本 WG では、来年度以降、フードサプライチェーンの全体像がつかみやすい、プライベートブランドに焦点をあて、さらに対象となる食材・食品を限定したうえで、課題の深堀を実施していく予定である。そして、国プロ等を活用した実証実験を通じて、本プラットフォームを具体化し、最終的には国際標準化手法を提案したい。

④ 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

本年度は、1 段階目の検討を進めた。まず、換気量増加に伴うエネルギー消費量増加に対する対応としては、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。なお、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。

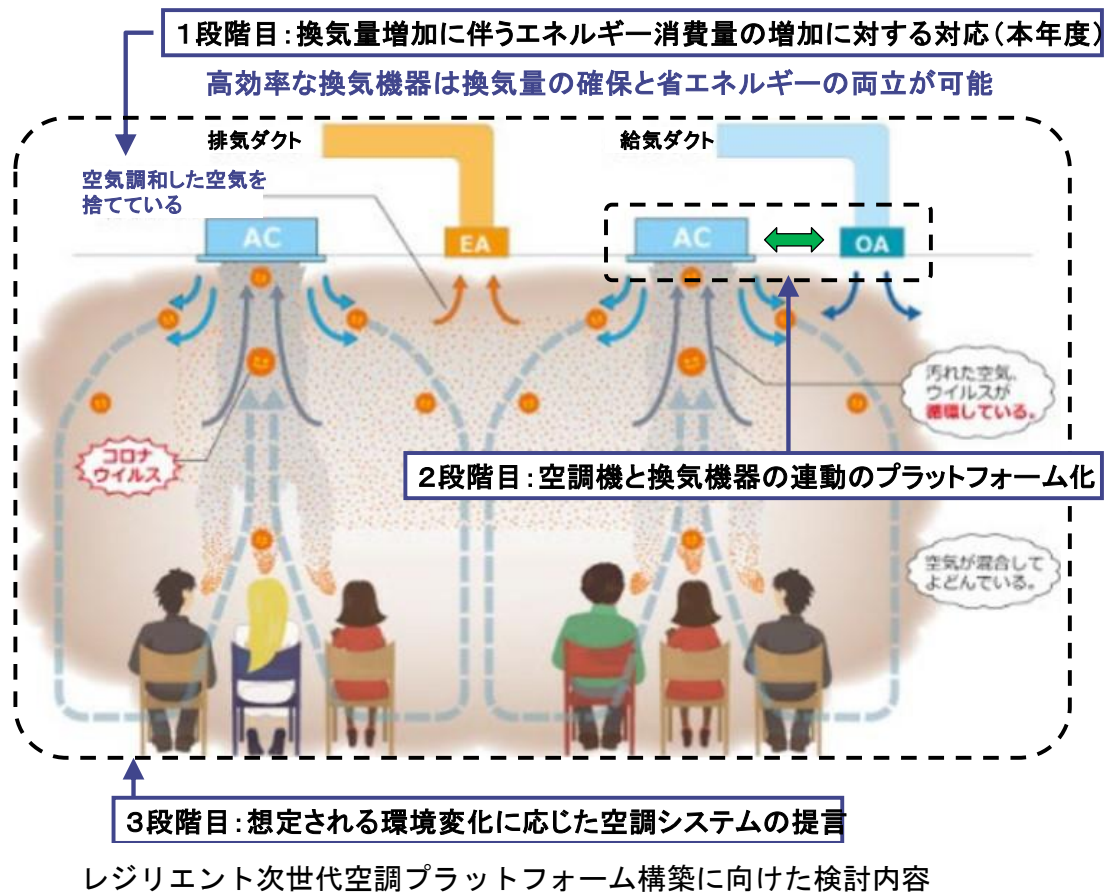
これまでの認知度を考慮して換気機器の省エネ指標は WEBPRO（エネルギー消費性能計算プログラム）を用いることとした。

非住宅版の WEBPRO は設計された建物が確実にその省エネ性能を達成できるかということに重点が置かれており、安全側（効率が低くなる側）を想定した評価をしている（表示値に関する係数・有効換気量率に関する係数・給気量と排気量のバランスに関する係数が考慮されている）。その結果、WEBPRO で建物に通常の換気扇を導入した場合と全熱交換器を導入した場合を比較すると、換気扇を導入した方が高い省エネ性能となる場合があることや CO₂ 濃度等による換気量制御による省エネ手法の効果を取り込めていないことがわかった。

一方で、住宅版の WEBPRO においては、空気調和の考え方は温度によるものだけで、全熱交換器による潜熱回収による省エネ性が反映できていない。特に夏期においては、第三種換気扇の導入した場合と比べて第一種的全熱交換器を導入してもエネルギー削減効果が表れない結果となる。また、非住宅版同様に CO₂ 濃度等による換気量制御による省エネ効果は取り込めておらず、自動換気切り替え機能、風量制御、予熱運転、外気冷房による省エネ効果も取り込めていないことがわかった。

小規模店舗においては、換気機器の導入の際に必要な換気量に対する選定だけを行い、省エネ指標により、機器選定を行っていないことが多いことがわかった。

以上の分析より、高効率な換気機器の導入を広めるためには、機器メーカー独自で作成した提案書による省エネ効果と WEBPRO 用いて試算した省エネ効果のギャップを埋め、選定者が安心して高効率な換気機器を導入できるようにすることが、建物の省エネ性につながることを明らかにすることができた。



⑤ 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，三菱重工サーマルシステムズ，三菱重工冷熱，日本電気

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。

カーボンニュートラルへのアプローチ方法を，次の A～E の 5 つのステップで表現することとした。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

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のプラットフォームについては、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こととした。

カーボンニュートラルキャンパス実現の目標（目安）としては、キャンパス内①建築物の省エネルギー率 70%、②オンサイトの再生可能エネルギー利用率 33%、PF（一次エネルギー係数）0.5 相当の低炭素インフラの利用、基準値の 10%相当の CO2 吸収・除去を達成することにより、カーボンニュートラルキャンパスが実現することがわかった。

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

カーボンニュートラルキャンパスの実現は、おおむね 10 年後に目指すべきものとした。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。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。

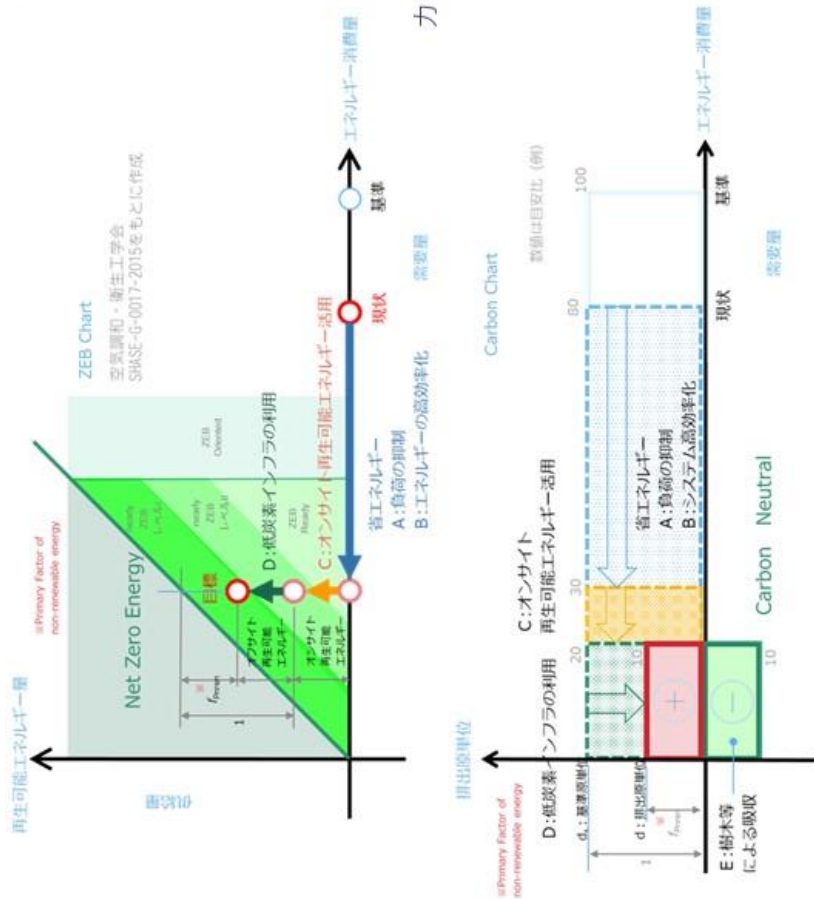
キャンパスマネジメントを強力に推進させるためには、パートナーとして、計画・設計段階から施工、運用・管理段階に至る関係者が連携する必要がある。さらに、効果の認証、評価を行うためには第三者的な評価者（学識経験者等）が加わる必要もある。また、プロジェクトを円滑に推進させるためには、国・自治体の支援が必要になると思われるが、具体的な支援内容については今後検討が必要である。

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、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。

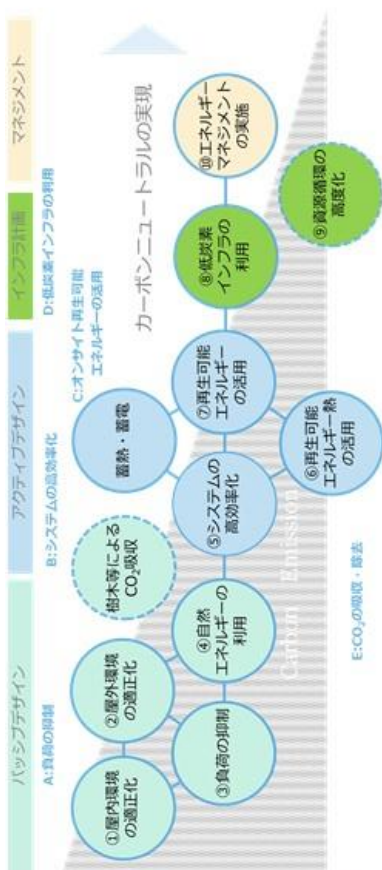
政策提言として、以下の 4 つがあげられる。このうち、①と②は共通課題に関するもの、③と④は個別課題に関するものである。①については、すでに経済産業省等で検討がなされている部分もあり、今後の継続的な展開が期待できる。③④についての具体的な支援制度についての詳細は今後検討が必要である。

- 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

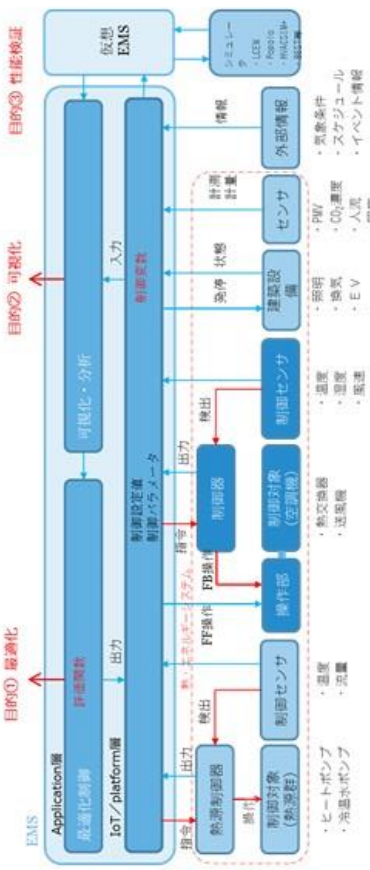
カーボンニュートラルキャンパス実現のための環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの構築



カーボンニュートラルキャンパス実現へのアプローチ



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ント



環境・熱・エネルギーマネジメントシステムの基本構造

⑥ 再エネ連携農業/都市型農業

参画組織：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構，日本電気，オムロンフィールドエンジニアリング，慶応義塾大学

農山漁村地域には太陽光，水力，風力，波力，地熱，地中熱，バイオマスなど多様な再生可能エネルギーが賦存する。しかしながら，これまでエネルギーを取り出す技術の開発が進められてきたのに比べ，エネルギーを利用する技術の開発は遅れていた。現在，農山漁村における RE100 を実現し，我が国のみならず世界の約 1/4 を占める農林水産分野の GHG 削減に貢献する地産地消型エネルギーシステムの構築を可能にする技術開発が期待されている。

農山漁村地域の再生可能エネルギーは変動が大きく，広く散在しているため，低コストかつ効率的に利用する技術開発が求められている。そこで，地域内のエネルギー供給量と需要量の予測に基づき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，需給バランスを調整する農山漁村エネルギーマネジメントシステム（Village Energy Management System, VEMS）の開発により，地域内で消費される化石燃料の削減と，地域経済が持続的に潤う地産地消型エネルギーシステムを構築する。

農山漁村地域のエネルギー供給群と需要家群のエネルギー需給バランスを調整する地産地消型のエネルギーマネジメントシステム（VEMS）を開発する。加えて，都市地域の HEMS, BEMS, FEMS, CEMS と，農山漁村地域の 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 や AI 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整備・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（図参照）。

一方，施設園芸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が，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。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である。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。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。



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

⑦ 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，三菱重工業サーマルシステム，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。

ヒートポンプを加熱工程に導入し、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、その実現に必要な政策提言としてまとめることを目的とする。

（一財）ヒートポンプ・蓄熱センターによると、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。

➤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

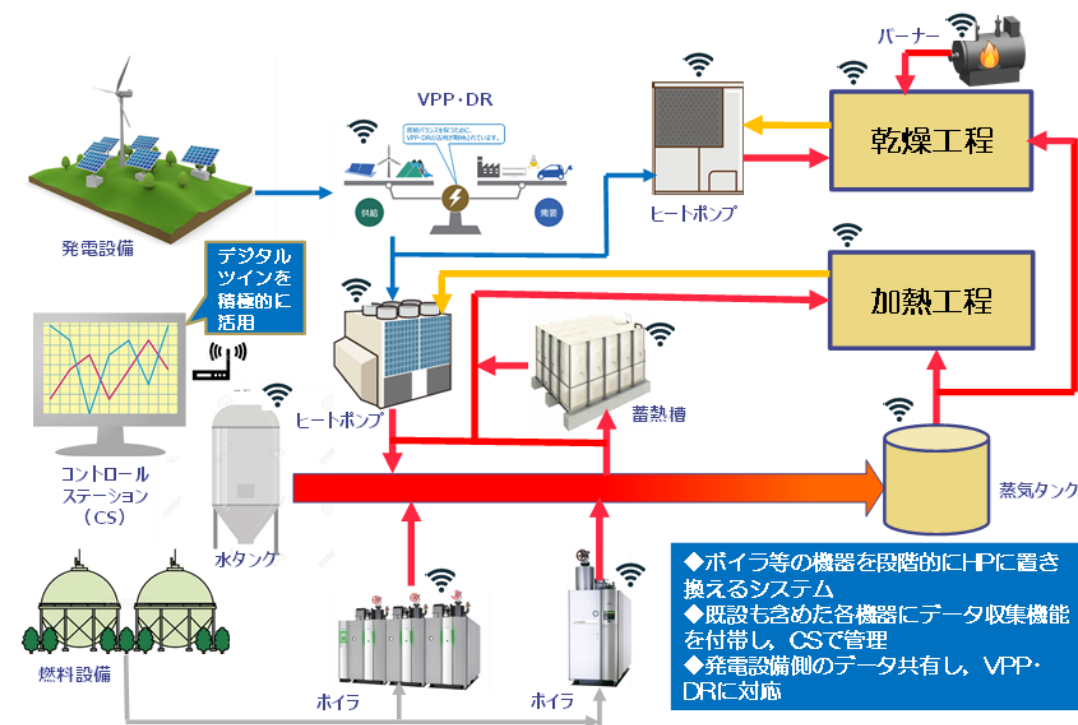
①業務用（マンション・病院・ホテル）セントラル給湯システム、②産業用ボイラ代替高温ヒートポンプシステムのモデルケースを対象に検討を行った。どちらも既存設備はボイラ等の燃焼系設備の代替として温室効果ガス削減効果が大きいシステムであるが、全てを一気にヒートポンプへ置き換えるのではなく、段階的にヒートポンプに置き換えていくことが現実的であると考え、

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ジメントを行えるようにすることが必要である。

本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。

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 が可能なようにし、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。

本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。



	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)
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, CO2 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

図 多角的活用次世代ヒートポンププラットフォーム

「地球温暖化対策計画」には、産業用ヒートポンプ導入に対策の削減量の根拠が示されており、温室効果ガス排出削減効果は、約 75%と大きな数値となる。ヒートポンプ自体の効率の向上、再生可能エネルギーの更なる導入による全電源平均の電力排出係数低下が加算されれば、排出削減効果はさらに大きくなる。

従来のヒートポンプ導入のための評価指標は、主に投資回収年数により行われた。すなわち、ボイラー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）で何年で回収できるかであった。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が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、それらをコストにカウントしたり、インセンティブにカウントしていくことが求められる。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。

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での実施）

②ユーザーでのモデルケース実証試験を行う

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も重要である。

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する検討が必要と考える。

2.2.2. 共通領域

① データ収集、通信

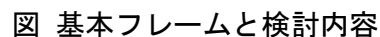
熱を含めたエネルギーの統合や最適化に向けては、これまでデータ収集が可能な情報に加え、新たに収集する情報と合わせて、分析し、制御・運用していく必要がある。また、異なるメーカー間、機器間での連携も見込まれるため、共通的なルール（仕組み）作りが必要になると考える。本WGでは、共通的なルール（仕組み）構築に向けた問題を整理し、その実現に向けた課題を整理する。

課題を整理するうえで、図に示すような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(i)基本的なアーキテクチャ、(ii)データ利用とセキュリティ、(iii)IoT/Platform層とのデータ授受、機能分担、(iv)各機器への上位からの制御範囲、(v)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。

(i) 基本的なアーキテクチャ

・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。



・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 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。

(iv) 各機器への上位からの制御範囲

- ・外部制御入力の実行は運用側、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。

(v) 普及促進、インセンティブ作り等の行政への要望

- ・仮想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となる。

今後の課題としては次の点があげられる。

- ・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。

② 効果検証体制

参加メンバー：早大(主査)、工学院大学(副査)、三菱電機、大阪ガス、東京ガス、東京電力、ダイキン、清水建設、日建総研

すでに述べたように熱を含めたエネルギーマネジメントは、その効果を予測したり、検証したりすることが非常に難しい。そこで、EMS の効果の予測や検証、標準化を進める。シミュレーション技術確立するとともにデジタルツイン技術を活用して熱を含めた EMS の効果を効率よく分析できる体制だけでなく、認証体制等まで含めて検討する。

検討内容は以下のとおりである。なお具体的な検討は、個別プロジェクトの進捗状況を見ながら、継続展開する。

(i)対象領域：家庭用空調、業務用空調、産業プロセス、農業分野

(ii)予測プラットフォーム：シミュレーション活用

- ・評価指標：COP, システム COP, 年間 COP, ランニングコスト
- ・機器側シミュレーション：LCEM, POPOLO, BEST, HVACSIM, Energy flow+M 等の従

来より実績のあるシミュレーションコードを用いる。

- ・ エネマネシミュレーション：ユーザーが開発したコードを用いる。
- ・ API：多様な API があるため、統一化することは困難である。エミュレーター等によって相違を吸収できるような仕組みも必要である。
- ・ エネマネ全体の評価：デジタルツイン技術を活用する。技術全体をだれが構築して、どのように継続的に継続的維持をするのか、今後検討が必要である。
- ・ 妥当性検証：設定した社会領域における社会実装を通じて妥当性検証を進める。

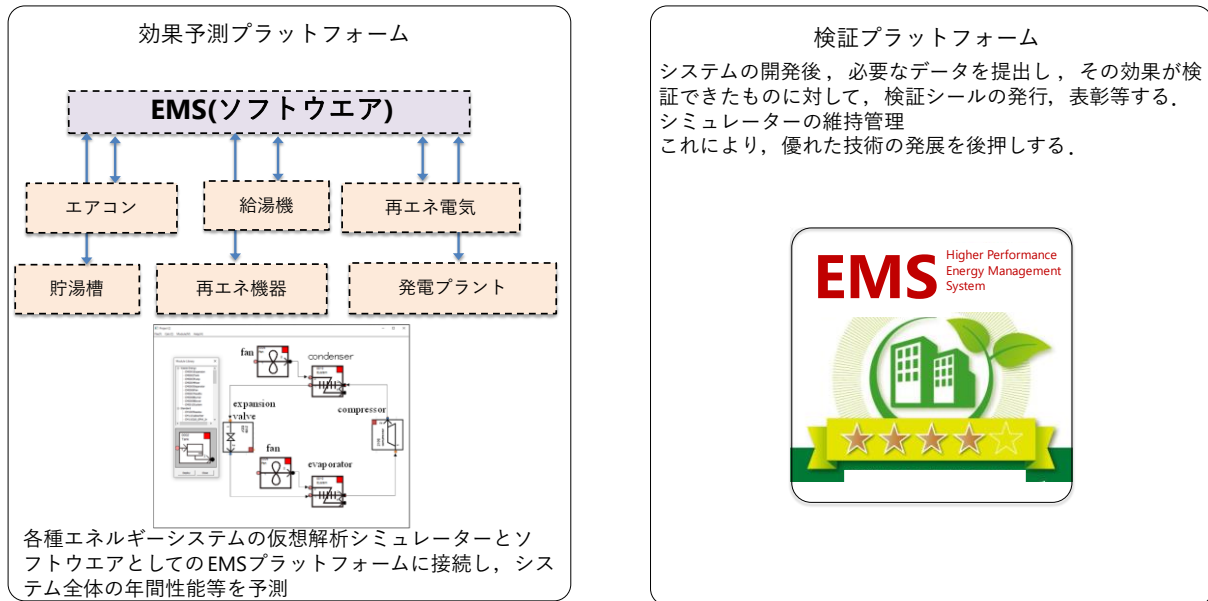


図 効果予測・検証体制

(iii) 検証プラットフォーム：実データ活用

- ・ 必要データ：機器評価に必要な取得すべきデータ分類(空調負荷、消費電力、外気温・湿度、室内温・湿度)
- ・ データの取り扱い：多様なデータを第三者が一括管理すべきか、ビルオーナー等が個別管理をするのか明確化する必要がある。
- ・ 取得データの検証方法：予測プラットフォームとの比較や類似技術との性能比較等によって検証が進められる。

(iv) 予測や検証の価値づけ

- ・ 認証ラベリング
- ・ ランキング

(v) 取引市場の設立：機器データや評価結果が取引される市場を設立し、その収益等によって体制の運用を可能とする。

(vi) 組織・体制：早稲田大学をはじめとした公的機関や何らかの新たな組織を設立することによって運用がなされる。どのようなメンバーが加わって、どのように運用されるのか明確

化する必要がある。

(vii)行政支援：ラベリング制度等を構築し、よりよい熱のエネルギーマネジメントが普及促進される制度が構築されるべきである。

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ーも含めた熱の 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术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

引き続き、6 社会領域と 2 共通領域について、WG を中心に検討を継続する。

社会領域：①水素サプライチェーン高度熱利用、②持続的脱炭素コールドチェーン、③レジリエント次世代空調、④カーボンニュートラルキャンパス、⑤再エネ連携農業/都市型農業、⑥多角的活用次世代ヒートポンプ

共通領域：①データ収集、通信、②効果検証体制

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。

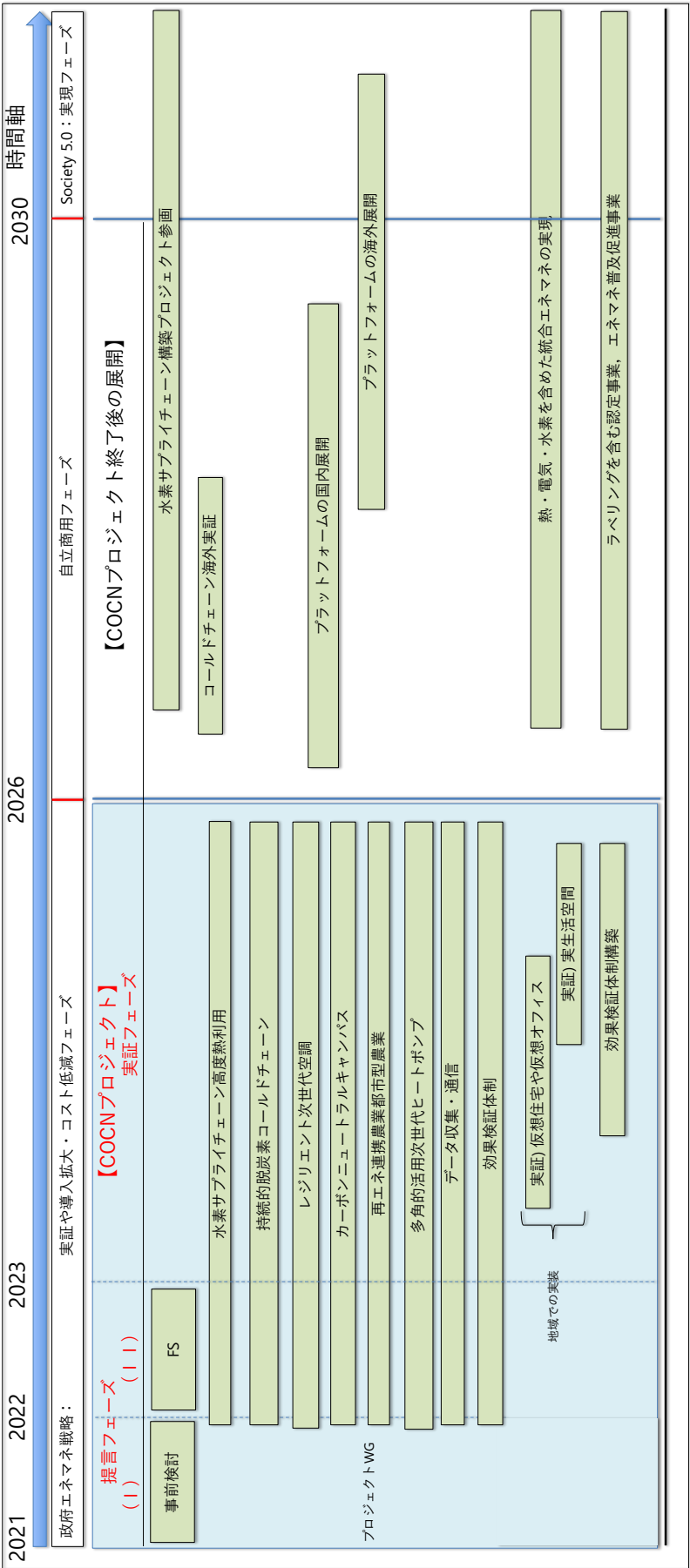
4.2 展開

本プロジェクトは、次のように展開される。

- ・ 提言フェーズ(2021 年度)：熱制御を含めた Ambient Energy Platform の確立と EMS ならびにその実証方法を明確化する。国プロへの提案を行う。
- ・ 提言フェーズⅡ（2022 年度）：今期、リソース制約のため検討途上な個所に関しては、来年度に提言を行う。
- ・ 実証フェーズ(2023 年度～2026 年度)：熱制御を含めた Ambient Energy Platform の動作検証と EMS としての効果検証を行い、社会実装、事業化を図る。
- ・ プロジェクト終了後の展開(2027 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における最終報告書を添付する。

- ・ 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 最終報告書】

1. 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。

本 WG では、フードサプライチェーン内の事業者や業界団体が、自主的に温室効果ガス排出量削減の取組を推進するために、各事業者の温室効果ガス排出量を定量化し、参照できる（見える化）の仕組みが有効であると考えた。

この仕組みの構築を実現するためには、2つの課題を解決しなければならない。1つ目の課題は、各事業者の活動に起因する温室効果ガス排出量を手軽に測定・算出し、排出要因とともにデータベース化する手法が定められていないこと、2つ目はフードサプライチェーンが細かく分断されており、業態・事業者間での連携が進まないことである。事業者が排出量を手軽に測定・算出・記録でき、そのデータをサプライチェーンで繋がる他事業者が参照し、食材・食品に紐づけることで消費者に温室効果ガス排出量が見える化できるが、現在の仕組みや技術では実現は難しい。

そこで、本 WG の提案は、上記の課題を解決し、フードサプライチェーンの生産から消費者に届くまでの温室効果ガス排出量が見える化できる仕組みを構築し、排出量が少ない商品が選ばれることで事業者が積極的に排出量を削減する社会風土を醸成し、フードサプライチェーンからの温室効果ガス排出量を削減することを目的とする。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)

2. 構築するプラットフォーム・新技術

2.1 プラットフォーム案

フードサプライチェーンの上流から下流に至るまでに発生した温室効果ガス排出量を、その発生要因とともに管理、参照できるプラットフォームを作り、フードサプライチェーン下流の事業者や一般消費者が、温室効果ガス排出量がより少ないフードサプライチェーン上流側の事業者を選択できる仕組みを構築するものである。プラットフォームには下記を含む

- ① フードサプライチェーンにおいて、食材・商品が通過するすべてのプロセス（生産・加工・保管・輸送、および廃棄）において発生する温室効果ガス排出量を測定あるいは計算し、当該温室効果ガス排出量を発生させた活動内容（生産手段、保管方法、輸送方法、調理方法など）とともにデータベース化。
- ② ①を実現するために、各プロセスにおいて発生する温室効果ガス排出量を測定あるいは計算する、標準化された手法。
- ③ ①を実現するために、各プロセスにおいて、温室効果ガス排出量を発生させる活動内容の標準化。例えば、生産手段、保管手段・温度、輸送手段・温度、販売温度、包装方法、廃棄量、冷凍冷蔵装置の冷媒など。
- ④ 上記①のデータベースの管理者の定義。
一案として、フードサプライチェーン内の各事業者（「食材産地」、「食品製造業者」、「食品小売業」、「外食産業」、「保管業者」、「配送業者」）が、等しく、食材、食品、包装材等を入荷してから、当該事業者の商品として出荷・提供するまでに発生させた温室効果ガス排出量の測定もしくは計算、および、その温室効果ガス排出量を発生させた活動内容情報とともに更新、管理する責務を負う。
- ⑤ 上記①のデータベースの参照方法の定義。フードサプライチェーン内の各事業者および最終消費者は、入荷もしくは購入した食材、食品の温室効果ガス排出量を参照することができる。

2.2 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、フードサプライチェーン内に属するすべての事業者において発生する温室効果ガス排出量を測定 or 計算することが不可欠である。ここでは、すべての事業者において必要とされる技術と、事業者ごとに個別に必要とされる技術について列挙する。

2.2.1 共通技術

- ① 温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術：

フードサプライチェーンにおいて、食材・食品が通過する各プロセス（生産・加工・保管・輸送、および廃棄）において製造設備、保管設備、輸送機器などの駆動に必要なエネルギー（電気、ガス、灯油、ガソリンなど）量を計測し、当該プロセスにおける温室効果ガス排出量を算出する技術。もしくは、各設備のエネルギー消費量特性に基づき、当該プロセスにおける温室効果ガス排出量を算出する技術。設備・機器の駆動に電気を使う場合、CO₂ 排出原単位情報との紐づけも必要。

② 食品廃棄量計測技術

各事業者が入荷した食材、食品のうち、出荷されずに廃棄されたものの量を計測する技術。また、食品廃棄のために、運送、焼却、埋立等のために温室効果ガス排出量が発生した場合は、それも併せて計測する。

③ 食材・食品保管（冷凍冷蔵）設備の冷媒漏洩量計測あるいは計算技術

食材・食品保管に、温室効果ガスを有する冷媒を使用したヒートポンプ機器を利用している場合、冷媒漏洩量を測定する技術。冷媒漏洩量は CO₂ 換算量で管理する。なお、冷媒漏洩量は、一般に公開されている冷媒漏洩リスクに基づく計算値でもよい。

④ 温室効果ガス排出量表示技術

事業者および最終消費者が入荷・購入する食材・食品について、それまでの温室効果ガス排出量と、その排出量の要因となった事業者の活動を分かりやすく表示する技術。入荷・購入する食材・食品のうち、廃棄による温室効果ガス排出量は別途表示する。

また、同一の食材・食品であっても温室効果ガス排出量が異なる場合、誰が、どのプロセスで、どのような工夫を行って温室効果ガス排出量を減らしたのかを理解できる表示方法が望ましい。また、同一の食材・食品であっても、他の生産者や事業者が出荷するものと比較して温室効果ガス排出量の多寡が分かるような表示方法が望ましい。

2.2.2 事業者個別技術

① 食材産地：

- ・食材の単位生産量ごとの温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術

食材を生産するまでに投入した資材（肥料、飼料、水など）量とエネルギー（電気、ガス、灯油、ガソリンなど）量を積算・定量化し、その食材の単位生産量あたりの温室効果ガス排出量を計測・計算する技術。なお、食材生産のために、土地開拓・改良等を行った場合は、それに必要な物資、エネルギーに起因する温室効果ガス排出量も測定、算出する。

② 食品製造業者：

- ・食品の単位生産量ごとの温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術

食品を生産するまでに投入した材料（食材、梱包材など）量とエネルギー（電気、ガス、灯油、ガソリンなど）量を積算・定量化し、その食材の単位生産量あたりの温室効果ガス排出量を自動的に計測・計算する技術。

③ 食品小売業：

- ・食品ごとの温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術

食材、食品を入荷してから保管、陳列、販売するまでに投入した材料（ディスプレイ材、販促材など）量とエネルギー（電気、ガス、灯油、ガソリンなど）量を積算・定量化し、その食品ごとの温室効果ガス排出量を自動的に計測・計算する技術。

④ 外食産業：

- ・料理ごとの温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術

食材、食品を入荷してから保管、調理、そして接客にいたるまでに投入したエネルギー

ー（電気、ガス、灯油、ガソリンなど）量を積算・定量化し、料理ごとの温室効果ガス排出量を自動的に計測・計算する技術。

⑤ 保管業者：

- ・保管する食材、食品ごとの温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術

食材、食品を入荷してから出荷するまでに投入したエネルギー（電気、ガス、灯油、ガソリンなど）量を積算・定量化し、その食材、食品ごとの温室効果ガス排出量を自動的に計測・計算する技術。

⑥ 輸送業者：

- ・輸送する食材、食品ごとの温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術

食材、食品を入荷してから出荷するまでに投入したエネルギー（電気、ガス、ガソリンなど）量を積算・定量化し、その食材、食品ごとの温室効果ガス排出量を自動的に計測・計算する技術。

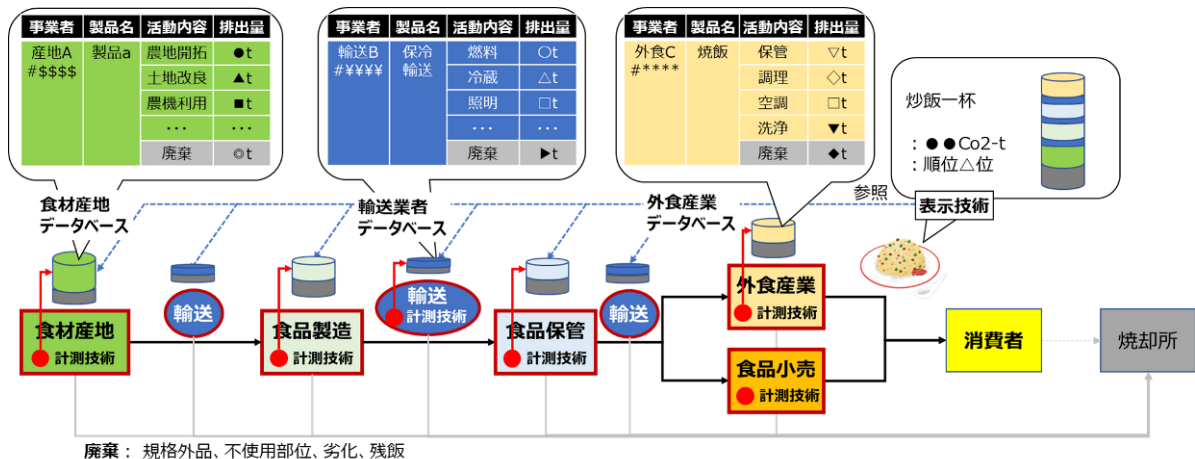


図1 構築するプラットフォームと技術

3. 実現すべき目標とベンチマーク

3.1 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全体の温室効果ガス排出量「見える化」システムの構築を進め、2030年には、各事業者における温室効果ガス排出量の定量化、および、その排出要因とともにデータベース化する手法を国際標準化し、本格稼働を開始する。

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）のうちフードサプライチェーン由来を30%、3.6億トンと仮定した場合、その約8%に相当する3,000万トンとする。

3.2 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※の取り組みが開始されている。製造業を例に、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コールドチェーンに適用を検討する場合の主な問題点を表1に示す。表にはコールドチェーンと廃棄に関わるカテゴリーのみを抽出した。共通して言えることは、エネルギー源や製品の種類に応じた排出原単位により算出されるため、個別の製品に関する排出量削減の効果を十分反映することができない。例えば、排出量の少ない素材や原料を使用して、常温保存で賞味期限が長い食品を製造しても、同じ品目の食品と同じ排出量として算出されてしまう。また、冷凍保存か常温保存かなどの輸送や保存の状態も適切に反映されず、企業価値や製品価値をユーザー（購買者）に十分伝えられない。したがって、各事業者が積極的に本プラットフォームを使用し、温室効果ガス削減を推進するためには、個別の製品毎に排出量が算出できる仕組みが必要である。

まずは、上流から下流までを実施している企業を対象に、ケーススタディとしていくつかの食品に対して詳細調査を実施して、技術的、実用的課題を抽出することが必要である。

※https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/

脱炭素経営促進ネットワーク会員：153社（2021/12/20 時点）

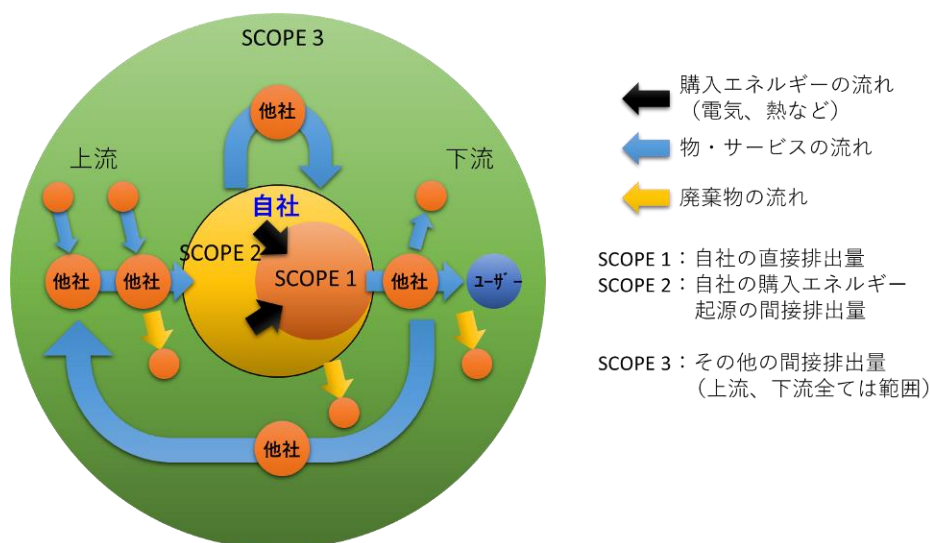


図2. グリーン・バリューチェーンプラットフォームの自社と他社の関係

表 1. 現行プラットフォームとコールドチェーンに適用時の主な問題点

項目	自社との関連	現行プラットフォーム	コールドチェーン適用時の問題点
購入品・サービス (Cate.1)	上流	- 上流側のサプライヤーの総和 or - 購入品/サービスの物量等から排出原単位を乗じて算出	- 自社管理不能の場合、算定から除外されるため、改善対象として検討できない - 製品/サービスの種別で一律に算出され購入先の優劣の判断ができない
輸送・配送 (Cate.4,9)	上流・下流	- 燃料法、燃費法、トンロ法で輸送機関、距離に応じた排出原単位を乗じて算出 - 冷媒漏洩は未回収量にGWPを乗じるなどして算出	- 輸送品と輸送手段の紐づけがないため、輸送手段の優劣の判断ができない。 - 輸送、保存温度の概念がないため、製品の品質に関する優劣の判断ができない。 - 中間の荷役、保管や冷蔵・冷凍ユニットは除外可能なため、改善対象として検討できない
廃棄 (Cate.5,12)	上流・下流	- 廃棄物・リサイクルの種類、方法、量に応じた排出原単位を乗じて算出 or - 処理・リサイクル委託費用、量に応じた排出原単位を乗じて算出	- 廃棄物の輸送は任意なため、廃棄・処理業者等の優劣の判断ができない - リユースや転用した量は反映されないため、企業努力が見えない - 処理方法が不明な場合は品目に応じた排出原単位で算出するため、製品やパッケージ改善による効果が見えない。
販売品の加工 (Cate.10)	下流	販売品の加工に伴うエネルギー量に排出原単位を乗じる等して算出	販売先データがない場合、排出原単位を用いて算出するため、製品の優劣を判断できない
販売品の使用 (Cate.11)	下流	- 直接使用段階排出：機器などの製品の使用に伴うエネルギー消費や冷媒漏れの排出量を算出 - 間接使用段階排出：衣類や食料などの製品使用時に間接的に使用するエネルギー起源の排出量	- 販売年に生涯排出量（耐用年数）として算出するため、耐用年数以上の使用分は0になる - 間接使用段階排出量の算定対象は、規模や重要性の曖昧な基準で判断するため、算出されているかわからない

4. 想定される課題と解決手段

4.1 技術面の課題と解決手段

・温室効果ガス排出量定量化技術

各事業者の活動（生産、加工、包装、販売など）において使用する設備機器の消費エネルギー（電気、ガス、灯油、ガソリンなど）を直接測定、あるいは当該設備機器の運転状態に基づき高精度に推算し、さらに、測定もしくは推算したエネルギーの CO2 排出原単位を特定、かつ当該エネルギー消費に伴う温室効果ガス排出量を計算し、当該温室効果ガス排出量を発生させた活動（生産、加工、包装、販売など）に紐づける技術が必要である。

上記を実現するためには、各事業者における企業活動（生産、加工、包装、販売など）をコード化かつ標準化し、現在商用化されている通信機能付きのエネルギー測定技術に、測定されているエネルギーがどのような活動に使用されているものなのかを自動的に紐づけする機能を付加することが必要である。また、測定するエネルギーの CO2 排出原単位情報をリアルタイムに収集し、エネルギー消費量に自動的に紐づける機能も必要である。

・データベース標準化

サプライチェーン全体で温室効果ガス排出量を保存、管理、参照するため、データベース仕様の標準化は不可欠である。データベースには、下記を含む。

- ・ 事業者名（もしくは事業者 No.）
- ・ その事業者の出荷製品名（生産・加工・製造、販売する製品名）

- その出荷製品を単位量生産するために必要な食材、物資（入荷品）ごとの温室効果ガス排出量
- その事業者にて、その出荷製品を単位量生産・販売するために要した温室効果ガス排出量
- その製品を生産・販売するために要した活動内容（温室効果ガス排出発生要因）
- その製品を生産・販売するために要した食材、物資（入荷品）のうち出荷製品とならず廃棄されたものに要した温室効果ガス排出量

活動内容は、コード化かつ標準化されており、フードサプライチェーン全体で共通理解できる仕組みとする。

なお、温室効果ガス排出量は、活動内容ごとに定量化されていてもよいし、時刻情報が付加されていてもよい。

・温室効果ガス排出量参照・提示技術

フードサプライチェーン内の各事業者は、事業活動で生じた温室効果ガス排出量をその排出要因とともに上記データベースに記録するが、データベース上の情報は、他の事業者および最終消費者が適宜参照でき、分かりやすく提示されなければならない。

そのためには、単に情報を参照・提示するだけでなく、参照した情報をもとに、事業者の温室効果ガス排出量削減の取組・工夫や、同一の食材・食品で統計処理等を行うことで、温室効果ガス排出量が少ない食材・食品の購入を促進する情報提示方法の開発が必要である。

4.2 制度面の課題と解決手段

- ・フードサプライチェーンにおける各事業者（「食材産地」、「食品製造業者」、「食品小売業」、「外食産業」、「保管業者」、「配送業者」など）に、温室効果ガス排出量を測定し、5.1で述べたデータベースに情報を保存し、さらに管理することを義務化する。例えば、温室効果ガス排出量を測定、保存、管理の一連のプロセスについて認証制度を導入し、フードサプライチェーン全体で統一的な動きが取れる仕組みを整備する。
- ・温室効果ガス排出量の測定、管理に関する認証制度を取得するため投資が必要な事業者には、投資を補助する制度を設ける。

5. 目標実現までのロードマップ

2022 年：プライベートブランドのサプライチェーン（例えば、イオン株式会社のトップバリュー）から、特定の食材、食品の温室効果ガス排出量データベースの構築、参照方法の具体的検討

2023 年：実証実験開始、対象のプライベートブランドの拡大検討

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

6. 国プロの実施イメージ

比較的サプライチェーンの全体像を掴みやすいプライベートブランド（例えば、イオン株式会社のトップバリュー）を指定し、さらに対象となる食材、食品を限定したうえで、実証実験を通じて、5章で述べた各技術の確立を目指す。

- ・ 温室効果ガス排出量定量化技術：各事業者が必要とされる技術のさらなる具体化と、解決手段の開発
- ・ データベース標準化：各事業者において標準化すべき活動項目の明確し、データベース仕様を確立
- ・ 温室効果ガス排出量参照・提示技術：温室効果ガス排出量が少ない食材・食品の購入を促進する情報提示方法の開発

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。

7. 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、まずはプライベートブランドのサプライチェーンを活用し、国プロ等も活用しながら、本提案の導入を試み、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、段階的に対象製品・サービスを増やしていくが、フードサプライチェーン内の各事業者、および最終消費者がそれぞれ主体的に、このプラットフォームを導入し活用するよう、すべての事業者および最終消費者にとって Win & Win の関係になる仕掛けも必要である。

8. 政策提言

5章でも述べたように、フードサプライチェーンにおける各事業者（「食材産地」、「食品製造業者」、「食品小売業」、「外食産業」、「保管業者」、「配送業者」など）が、温室効果ガス排出量を測定し、データベースに情報を保存、管理する制度の整備が望ましい。さらに、温室効果ガス排出量を測定、保存、管理の一連のプロセスについて認証制度を導入し、フードサプライチェーン全体で統一的な動きが取れる仕組みを整備することが必要と考える。

10. 想定する主なメンバー

- ・ イオン株式会社
- ・ 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。
- ・本WGでは、フードサプライチェーン内の各事業者の温室効果ガス排出量を定量化し、参照できる(見える化)の仕組みが有効であると考えた。これを実現するためには、下記課題の解決が必要である。

課題①: 各事業者の活動に起因する温室効果ガス排出量を手軽に測定・算出し、排出要因(具体的な事業活動)とともにデータベース化する手法を定められていない

課題②: フードサプライチェーンが複雑で、事業者間での連携が進んでいない。

- ・上記課題を解決するために、本WGでは、フードサプライチェーン内の各事業者が、等しく温室効果ガス排出量を測定、記録し、見える化できるプラットフォームの構築を提案する。これにより、各事業者が主体的に温室効果ガス排出量が少ない商品・サービスを提供する社会風土を醸成し、フードサプライチェーンからの温室効果ガス排出量削減を実現する。

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の上流から下流に至るまでに発生した温室効果ガス排出量を、その発生要因とともに管理、参照できるプラットフォーム構築のために、下記要素が必要である。

- ① フードサプライチェーン内の各事業者において発生する温室効果ガス排出量を測定・計算し、発生要因である活動内容(生産手段・保管、輸送、調理など)とともにデータベース化
- ② ①を実現するために、各プロセスにおいて発生する温室効果ガス排出量を測定あるいは計算する、標準化された手法。
- ③ ①を実現するために、各プロセスにおいて、温室効果ガス排出量を発生させる活動内容の標準化(生産、保管、輸送、販売、包装方法や廃棄量、冷凍冷蔵装置の冷媒など)。
- ④ 上記①のデータベースの管理者定義。フードサプライチェーン内の各事業者(「食材産地」、「食品製造業者」、「食品小売業」、「外食産業」、「保管業者」、「配送業者」)が、等しく、温室効果ガス排出量の測定、記録する責務を負うことが望ましい。
- ⑤ 上記①のデータベースの参照方法の定義。各事業者および最終消費者は、入荷もしくは購入した食材、食品の温室効果ガス排出量を参照することができる。

3.2 必要な新技術

- ① 温室効果ガス排出量計測あるいは計算技術: フードサプライチェーン内の各事業者において、食材・食品が通過する各プロセスにおける温室効果ガス排出量を手軽に測定する技術。もしくは、各設備のエネルギー消費量特性に基づき、当該プロセスにおける温室効果ガス排出量を算出する技術。
- ② 食品廃棄量計測技術: 各事業者が入荷した食材、食品のうち、出荷されずに廃棄されたものの量を計測する技術。また、食品廃棄のために、運送、焼却、埋立等のために温室効果ガス排出量が発生した場合は、それも併せて計測する。

1

表 2-1-1 製造業の標準的な会計処理と税務上の取扱いの相違点				
項目	点	自社の取扱い	現行付加価値率	3-04付加価値率の相違点
製造業、サービス業 (表 2.1)	上流	・ 上流側の 077 1 位の控除 ・ 購入品 07 位の物量等から排出原単位を乗じて算出		・ 自社管理費の控除、算定を除外するため、改善が働きにくい ・ 製品 07 位の物量等から算出される購入品の優劣の相違がない
輸送・配送 (表 2.9)	上流、下流	・ 燃料費、燃費費、140 位の輸送距離、距離に応じた排出原単位を乗じて算出 ・ 荷搬重は重量型に 09P を乗じるなどして算出		・ 輸送品と輸送手段の結びつきがないため、輸送手段の優劣の判断ができない ・ 輸送・保管の距離が異なるため、製品の品質に関する優劣の判断が難しい ・ 車の荷役、保管倉庫、冷凍・冷蔵コストは除外可転なため、改善が働きにくい
商業 (表 5.12)	上流、下流	・ 商業費、199 位の極端、方法、量に応じた排出原単位を乗じて算出 ・ 処理・199 位の委託費用、量に応じた排出原単位を乗じて算出		・ 商業費の排出は任意のため、商業・処理業者等の優劣の判断ができない ・ 199 位の処理・量は反映されないため、企業努力が見えない ・ 処理方法が異なる場合は量に目をつけて排出原単位が見えない ・ 製造や加工と比べ、製造や加工・加工・排出原単位は少ない
販売品の加工 (表 5.10)	下流	・ 販売品の加工に使う 1244 - 1 量に排出原単位を乗じて算出		・ 販売先が異なる場合、排出原単位を別々に算出するため、製品の優劣を判断できない
販売品の使用 (表 5.11)	下流	・ 消費単位 140 位に、機能などの数値の適用に伴う 244 - 1 消費台数・消費量の排出単位を乗じて算出 ・ 間接使用に排出単位：衣類や食料などの商品使用時に間接的に使用する 244 - 1 起産物の使用量		・ 販売先に生産量出（耐用年数）として算出するため、耐用年数以上の使用は分らない ・ 間接使用に排出原単位の出算が算定は、規模や事業規模などにより異なるため、算出できない可能性がある

スライド 5

COCN

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
温室効果ガス排出量 定量化技術	事業者の活動により発生した温室効果ガス排出量を測定、その活動と紐づけ	・事業者の活動をコード化かつ標準化 ・エネルギー測定技術に、測定中のエネルギーと活動とを自動的に紐づける機能を付加
データベース	仕様の標準化	データベース案 - 事業者名(もしくは事業者No.) - 出荷製品名(生産、製造、販売する製品名) - 出荷製品を単位量生産するために必要な入荷品ごとの温室効果ガス排出量 - 出荷製品を単位量生産・販売するために要した温室効果ガス排出量 - 出荷製品を生産・販売するために要した活動内容(温室効果ガス排出発生要因) - 入荷品のうち、廃棄されたものに要した温室効果ガス排出量
温室効果ガス排出量 参照・提示技術	温室効果ガス排出量が少ない製品、サービスを選択するインセンティブを働かせる	・データベース情報より、事業者の温室効果ガス排出量削減の取組・工夫を抽出 ・同一の食材・食品で統計処理を行い、温室効果ガス排出量の相対比較を提示

5.2 制度面の課題と解決手段

- ・各事業者に、温室効果ガス排出量の測定、データベースへの記録、管理することを義務化
- ・温室効果ガス排出量を測定、保存、管理の一連のプロセスについて認証制度を導入
- ・上記データベース構築や認証制度取得のために投資が必要な事業者には、補助金制度導入

スライド 6

COCN

6. 目標実現までのロードマップ

2022年: プライベートブランドのサプライチェーンから、特定の食材、食品にターゲットを絞り、温室効果ガス排出量データベースの構築、参照方法の具体的検討

2023年: 実証実験開始、対象のプライベートブランドの拡大検討

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

比較的サプライチェーンの全体像を掴みやすいプライベートブランドを指定し、さらに対象となる食材、食品を限定したうえで、実証実験を通じて、5章で提示した技術の確立を目指す。

8. 事業化への戦略、その後の推進主体案

まずはプライベートブランドのサプライチェーンを活用し、国プロ等も活用しながら、本提案の導入を試み、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、段階的に対象製品・サービスを増やしていくが、フードサプライチェーン内の各事業者、および最終消費者がそれぞれ主体的に、このプラットフォームを導入し活用するよう、すべての事業者および最終消費者にとってWin & Winの関係になる仕掛けも必要である。

9. 政策提言

フードサプライチェーンにおける各事業者が、温室効果ガス排出量を測定し、データベースに情報を保存、管理する制度の整備が望ましい。さらに、温室効果ガス排出量を測定、保存、管理の一連のプロセスについて認証制度を導入し、フードサプライチェーン全体で統一的な動きが取れる仕組みを整備することが必要である

スライド 7

COCN

10. 想定する主なメンバー

- ・イオン株式会社
- ・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
- ・三菱重工サーマルシステムズ株式会社
- ・株式会社三菱総合研究所

6

【レジリエント次世代空調 WG 最終報告書】

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。

本年度は、1 段階目に絞って報告を行う。また、2 段階目以降の方針についても WG の議論の内容や環境の変化によっても柔軟に変更を行う方針。

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 換気機器の省エネ指標

高効率な換気機器を導入することで省エネが高まることを広めるためには、機器メーカー独自で作成した提案書ではなく、公的もしくは一般的な省エネ指標が必要。新たな指標を作成し展開するよりも、WEBPRO（エネルギー消費性能計算プログラム）を用いる方が、認知度や適用までの展開スピードの面で有利である。

4.2 WEBPRO 計算における高効率換気機器の課題（非住宅）

非住宅版の WEBPRO は設計された建物が確実にその省エネ性能を達成できるかということに重点が置かれており、高効率換気機器である全熱交換器の建物の省エネ性に関わる試算では、表示値に関する係数・有効換気量率に関する係数・給気量と排気量のバランスに関する係数が考慮されている。実際には、採用する種類の設計条件下における有効換気量率及び全熱交換効率を用いることで、より良好な全熱交換効率を得られることがあり得るが、現時点では設計図書にこれらを明記する方法や施工及び就航後の調整や確認方法が課題となっており、安全側（効率が低くなる側）を想定した計算をしている。

その結果、WEBPRO で建物に通常の換気扇を導入した場合と全熱交換器を導入した場合を比較すると、換気扇を導入した方が高い省エネ性能となる場合がある。これは全熱交換効率を安全側に試算していることと一般的に同一風量、機外静圧の場合、熱交換素子の抵抗がない分、換気扇の方がファンの消費電力が低くなるためである。

また、CO₂ 濃度等による換気量制御による省エネ手法が広まってきているが、現状の WEBPRO にはその省エネ効果を取り込めていない。

4.3 WEBPRO 計算における高効率換気機器の課題（住宅）

住宅版の WEBPRO においては、入力方法が簡易で設備設計に関する知識が浅くても試算ができ裾野が広い。しかし、空気調和の考え方は温度によるものだけで、湿度は成行きという考えのため、全熱交換器による潜熱回収による省エネ性が反映できていない。特に夏期においては、第三種換気扇の導入した場合と比べて第一種的全熱交換器を導入してもエネルギー削減効果が表れない結果となる。

また、非住宅版の WEBPRO 同様に CO₂ 濃度等による換気量制御による省エネ効果は取り込めておらず、さらには非住宅版の WEBPRO では取り込めている下記の換気機器の機能による省エネ効果が反映できない。

- ・ 自動換気切り替え機能
- ・ 風量制御
- ・ 予熱運転
- ・ 外気冷房

4.4 小規模店舗における高効率換気機器導入の課題

小規模店舗においては、換気機器の導入の際に必要な換気量に対する選定だけを行い、省エネ指標により、機器選定を行っていないことが多い。

4.5 解決方法

高効率な換気機器の導入を広めるためには、機器メーカー独自で作成した提案書による省エネ効果と WEBPRO 用いて試算した省エネ効果のギャップを埋め、選定者が安心して高効率な換気機器を導入できるようになることが、建物の省エネ性につながる。

5. WEBPRO 試算方法変更までの計画（案）

- ～2022 年 3 月 ・ WEBPRO に反映したい項目の整理
- ・ WEBPRO 作成時の議論内容の確認
- 4 月 ・ WEBPRO 反映項目の要望提案 （→一般財団法人日本建築センター）
- 5 月 ・ 反映に必要な課題整理と課題解決に向けた計画立案

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
企業・事業所・官公庁部門	1.0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(本年度)

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

汚れた空気、ウイルスが循環している。

空気が混合してよどんでいる。

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

WEBPRO(エネルギー消費性能計算プログラム)を用いて、
 高効率な換気機器の導入の認知を広めるためには、下記の課題がある。

用途	WEBPRO	課題
オフィスビル	非住宅	■全熱交換器の省エネ性能が安全側(低くなる側)に設定されており、省エネ効果が見えにくい ・風量比 給気:排気=2:1での効率を採用 ・有効換気量率の補正が固定値 ・CO ₂ センサーによる換気量調整の省エネ効果が反映されていない ⇒換気扇を導入した場合と全熱交換器を導入した場合を比較すると換気扇を導入した方が高い省エネ性能となる場合がある。
住宅	住宅	■温度(顕熱)のみの効率による省エネ性能の評価であり、夏期の省エネ性能は反映されていない。 ■非住宅で導入されている換気機器の機能による省エネ効果が反映されない。 ・自動換気切り替え機能、風量制御、予熱運転、外気冷房
店舗		■必要換気量に対する選定だけを行い、省エネ指標により機器選定を行っていないことが多い

▼

WEBPROによる
省エネ効果試算結果

ギャップを埋める

機器メーカー独自で試算した
省エネ効果試算結果

3

スライド 5

5. 今後の計画(案)

COCN

～2022年3月

- ・WEBPROに反映したい項目の整理
- ・WEBPRO作成時の議論内容の確認

4月

- ・WEBPRO反映項目の要望提案（→一般財団法人日本建築センター）

5月

- ・反映に必要な課題整理と課題解決に向けた計画立案

2022年度中にWEBPROへの反映を目標とする。

4

【カーボンニュートラルキャンパス WG 最終報告書】

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. アプローチ方法と技術

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の評価方法と目標設定の例（目安）を示す。このように、カーボンニュートラルの実現は、A～E の諸量 a～e を用いた数式で表現することができる。

3. 構築するプラットフォームと新技術

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。

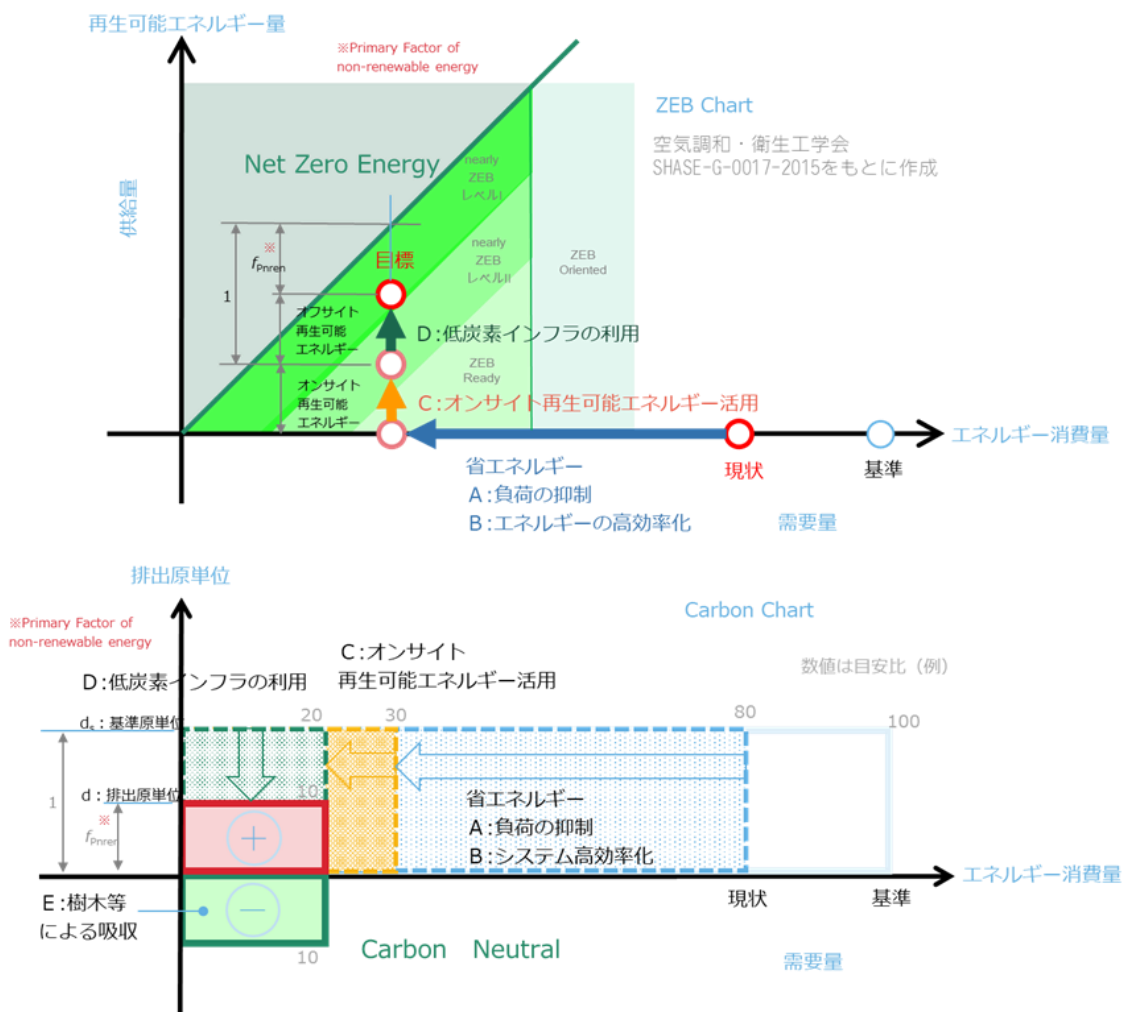


図 1 カーボンニュートラルへのアプローチ方法

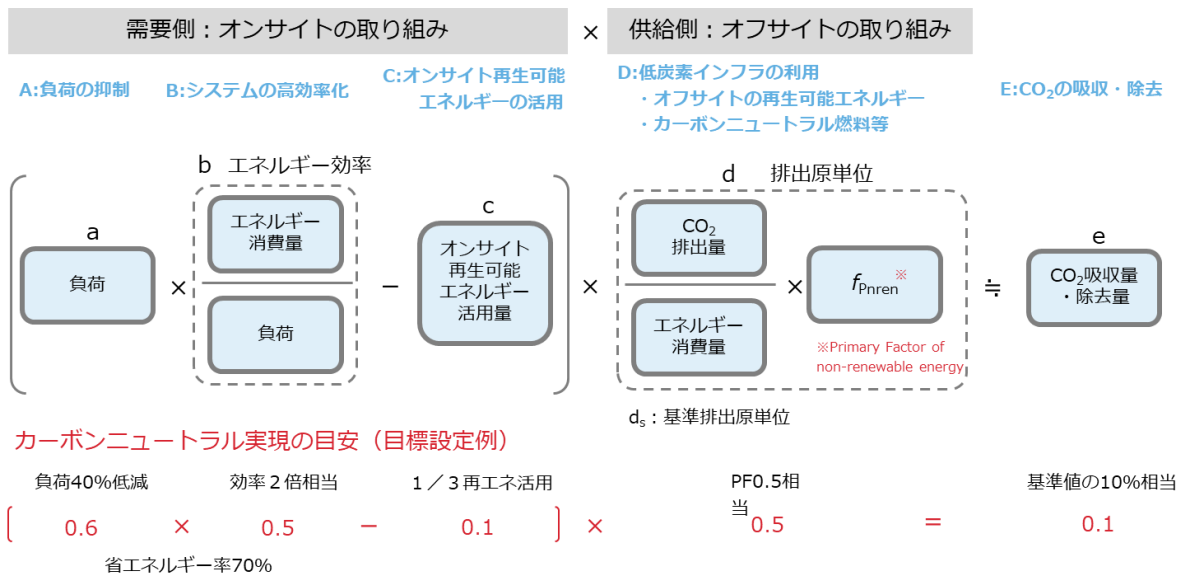


図 2 カーボンニュートラルの評価方法と目標設定

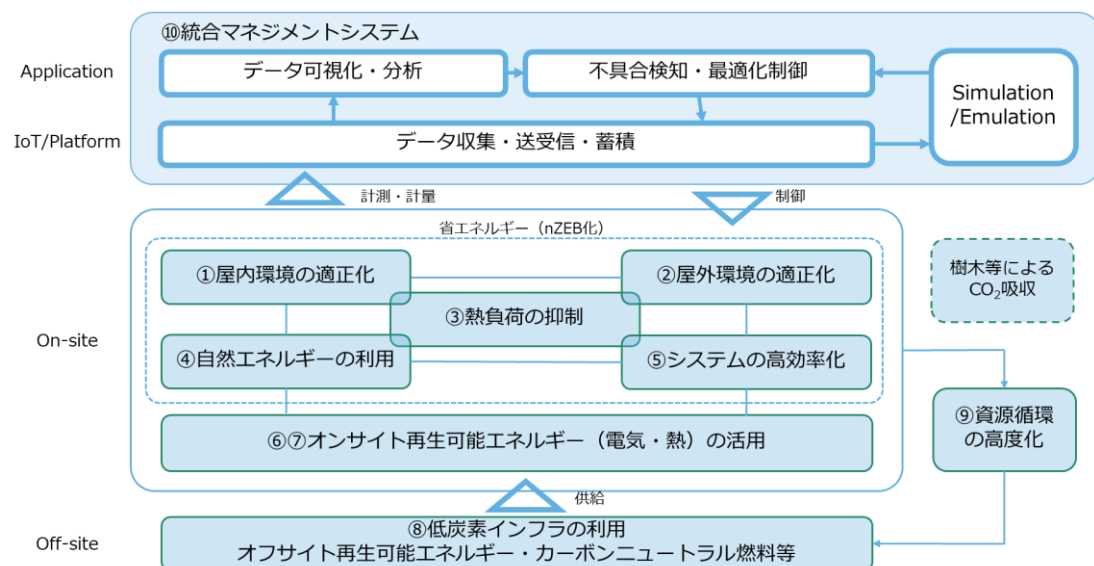
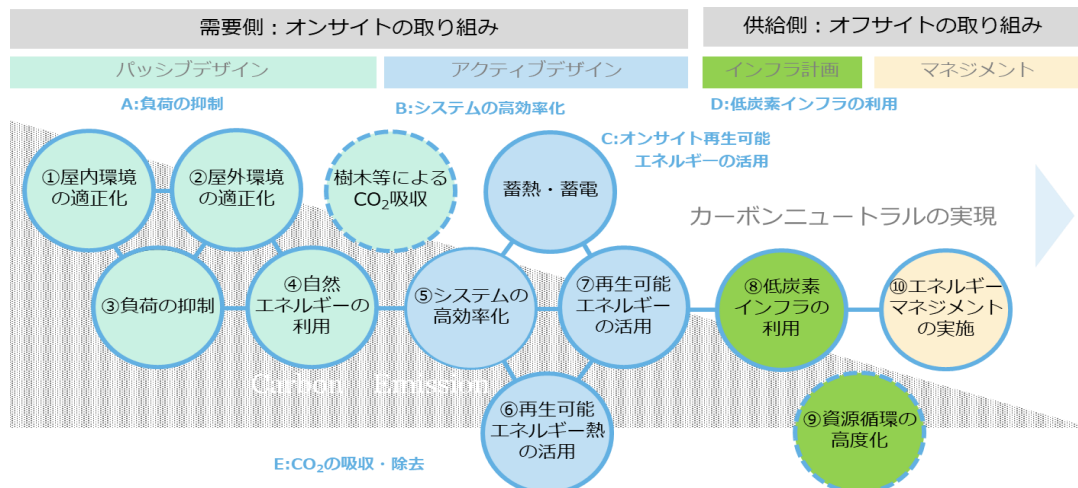


図3 カーボンニュートラルキャンパス実現のためのデザインメソッド

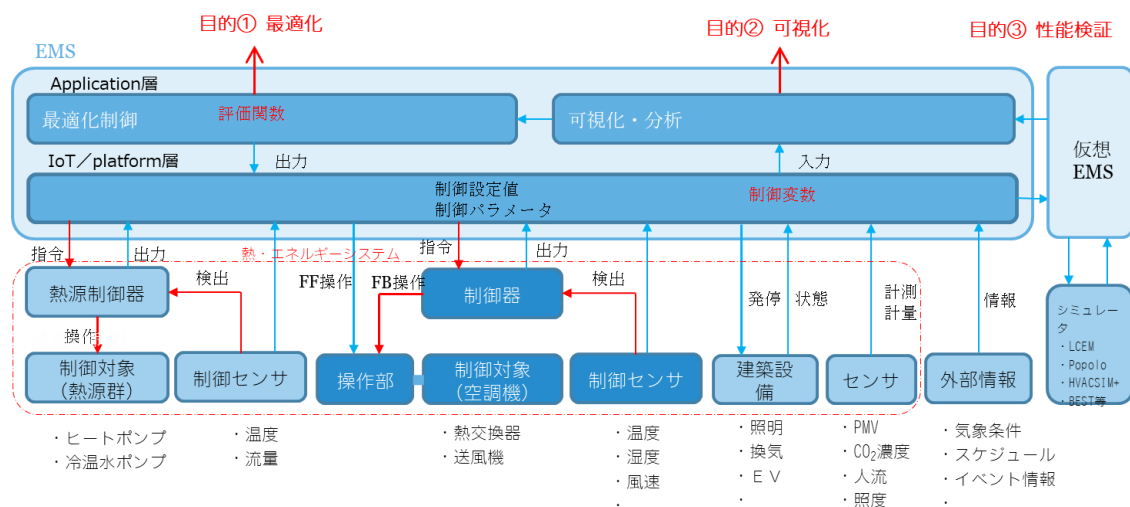


図4 環境・熱・エネルギーマネジメントシステムの基本フレーム

4. 実現すべき目標とベンチマーク

カーボンニュートラルキャンパス実現の目標（目安）を図5に示す。キャンパス内①建築物の省エネルギー率 70%、②オンサイトの再生可能エネルギー利用率 33%、PF（一次エネルギー係数）0.5 相当の低炭素インフラの利用、基準値の 10%相当の CO₂ 吸収・除去を達成することにより、カーボンニュートラルキャンパスが実現する。

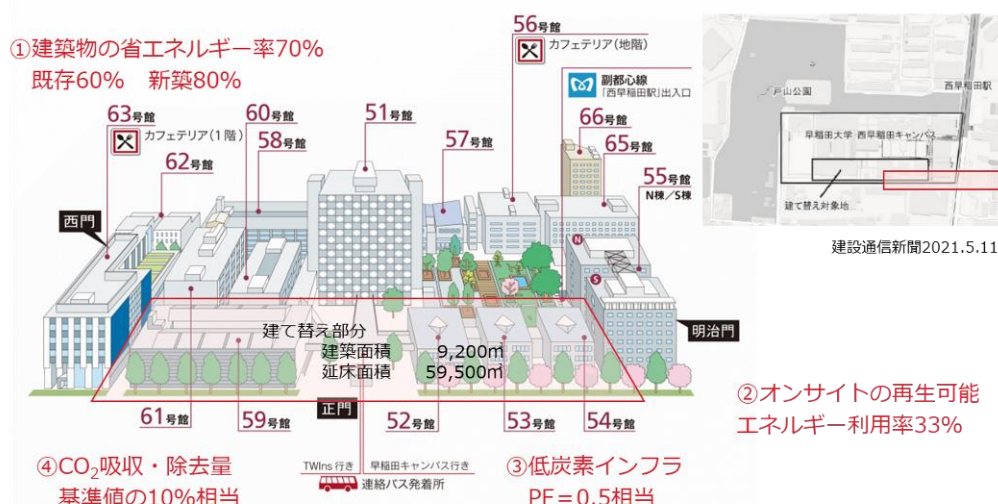


図5 カーボンニュートラルキャンパス実現の目標（目安）

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。

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
◆											
カーボンニュートラルキャンパス宣言											
	統合マネジメントシステムの構築				◆						
				運用開始						カーボンニュートラルキャンパス実現	
						カーボンニュートラルキャンパス実現に向けた運用					◆

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。

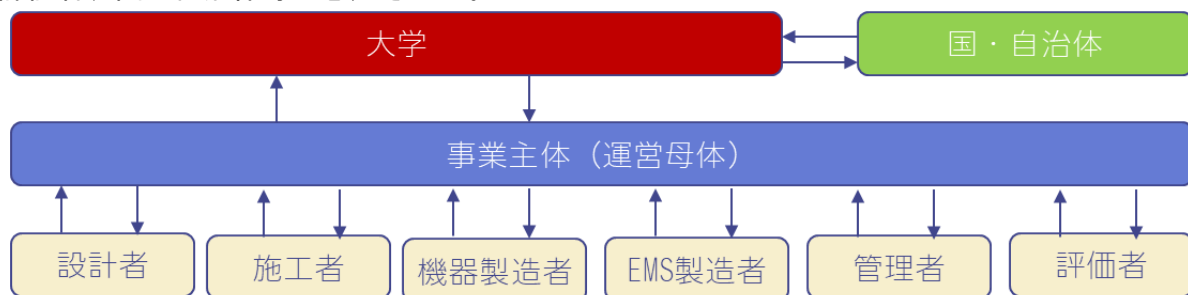


図6 事業化に向けた推進体制案

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、エアー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・n 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。

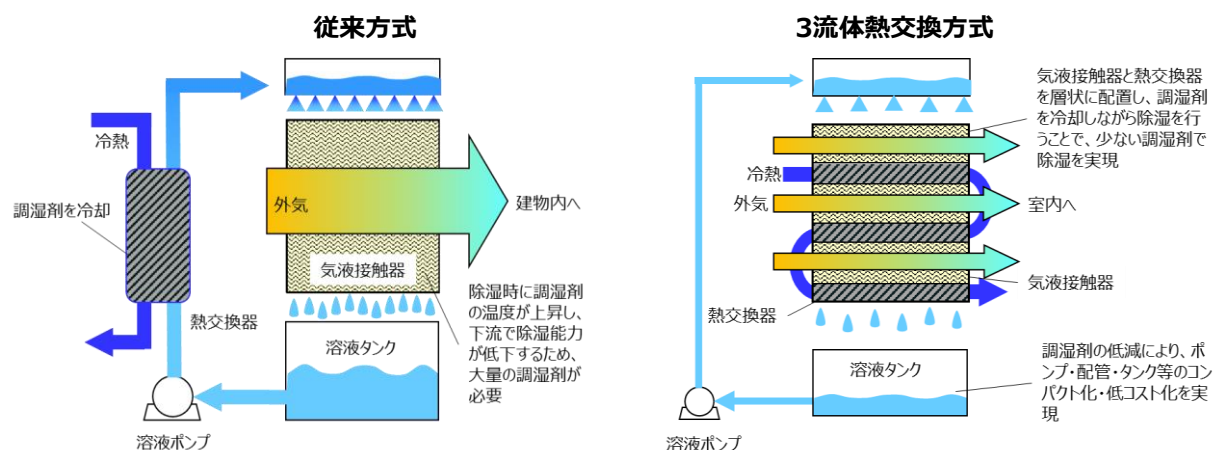


図7 従来方式と3流体熱交換方式の対比

10.2 空気調和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。

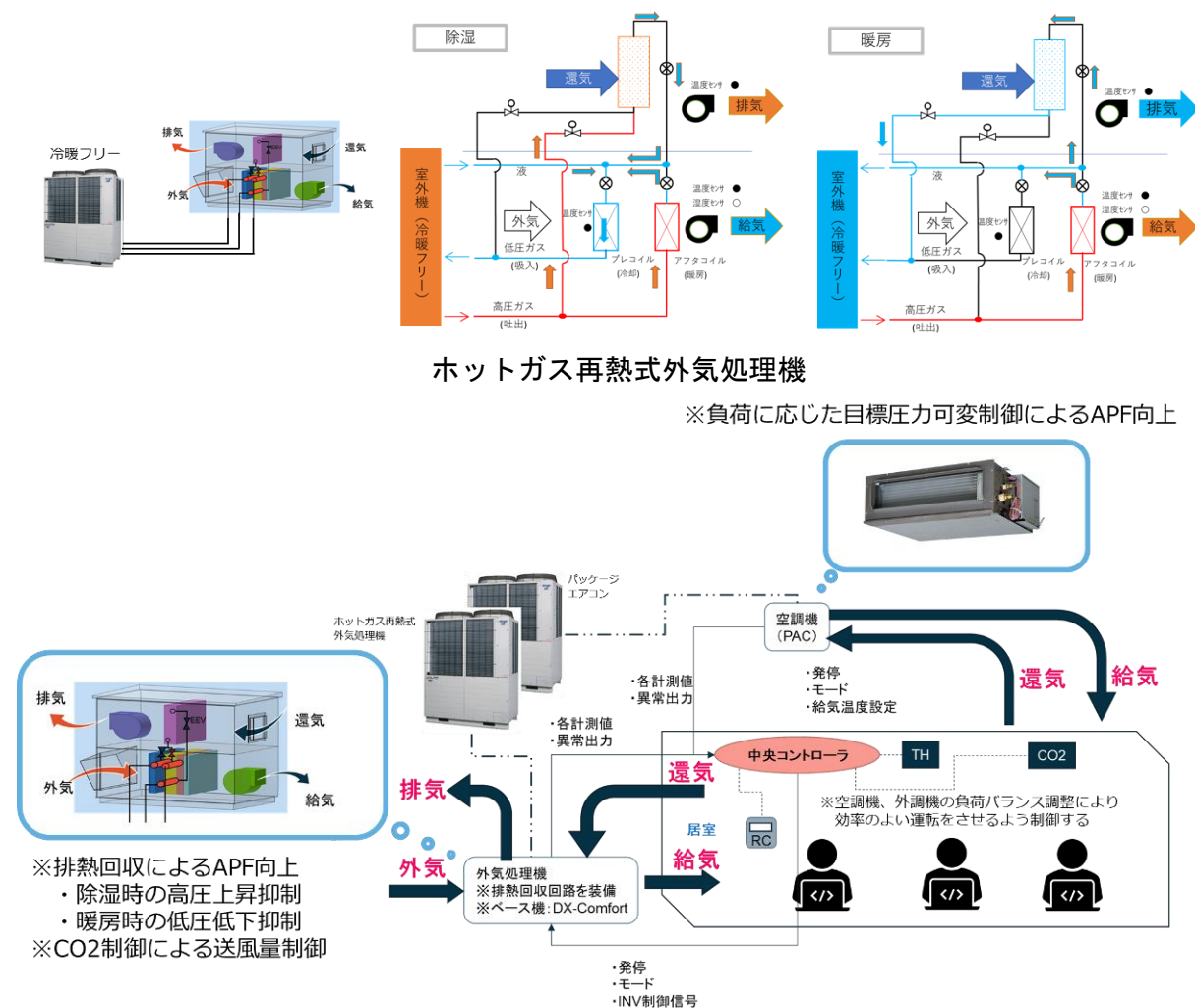


図8 LP/HP最適化による機器効率向上(案)

10.3 キャンパス特有技術の抽出

1) 一般系施設

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) 理科系施設

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

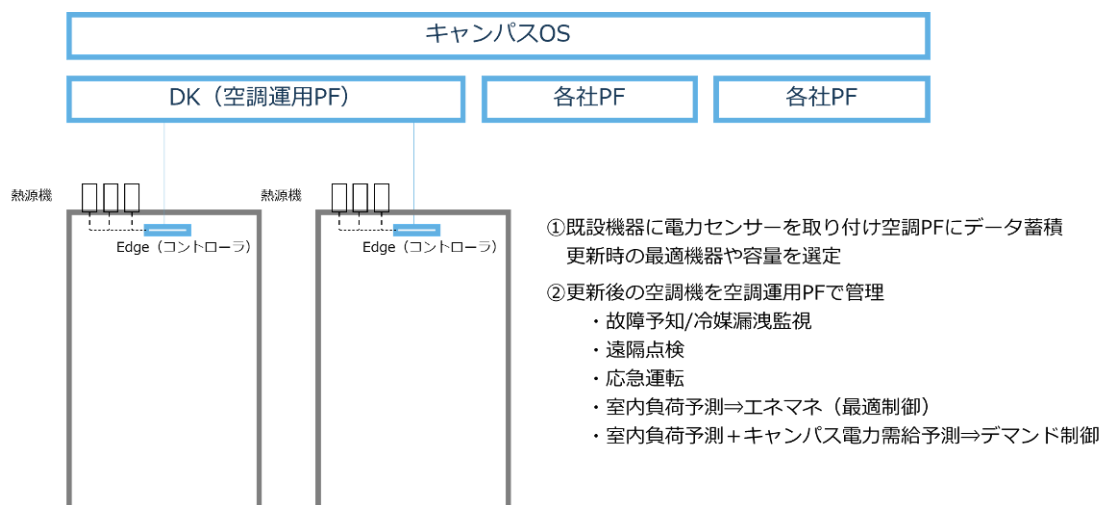


図9 キャンパスOSと空調用プラットフォーム

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。

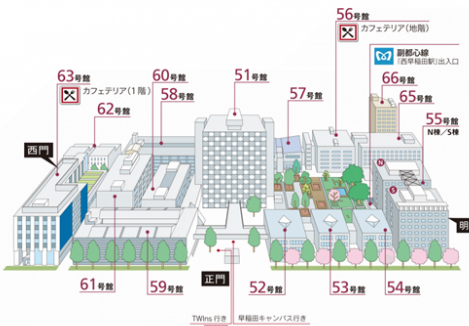
そこで制御においては、建屋・機器のエネルギーシミュレーションだけでなく、人のスケジューリングや保守や修繕までを統合する技術開発が必要である。具体的には、1) 負荷や建屋、機器を統合した分単位から年単位までカバーするシミュレーション技術開発、2) スケジュール変数(時間、場所、人)を特徴量、エネルギー入力を評価関数とした機械学習の実装技術である。特に建屋、機器の熱エネルギーシミュレータやビルの入退出管理ソフトなど要素技術は既存のものを活用し、それらの統合化および実証が重要と考えられる。

- 【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 A Iによる運用分析の考え方

- 【具体的な内容】
- 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 A I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。

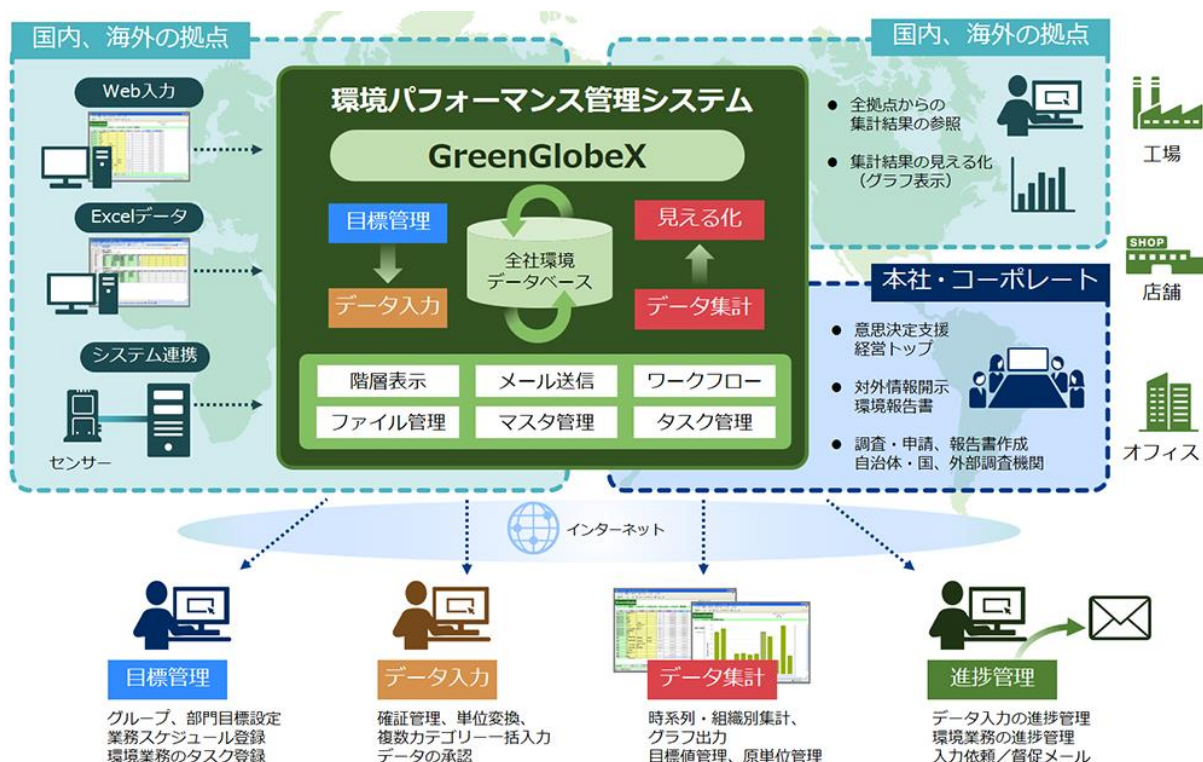


図 11 環境パフォーマンス管理システム

COCN

カーボンニュートラルキャンパスWG

プロジェクト名

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

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。

0

COCN

2. アプローチ方法と技術

カーボン・ニュートラルへのアプローチ方法を、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）

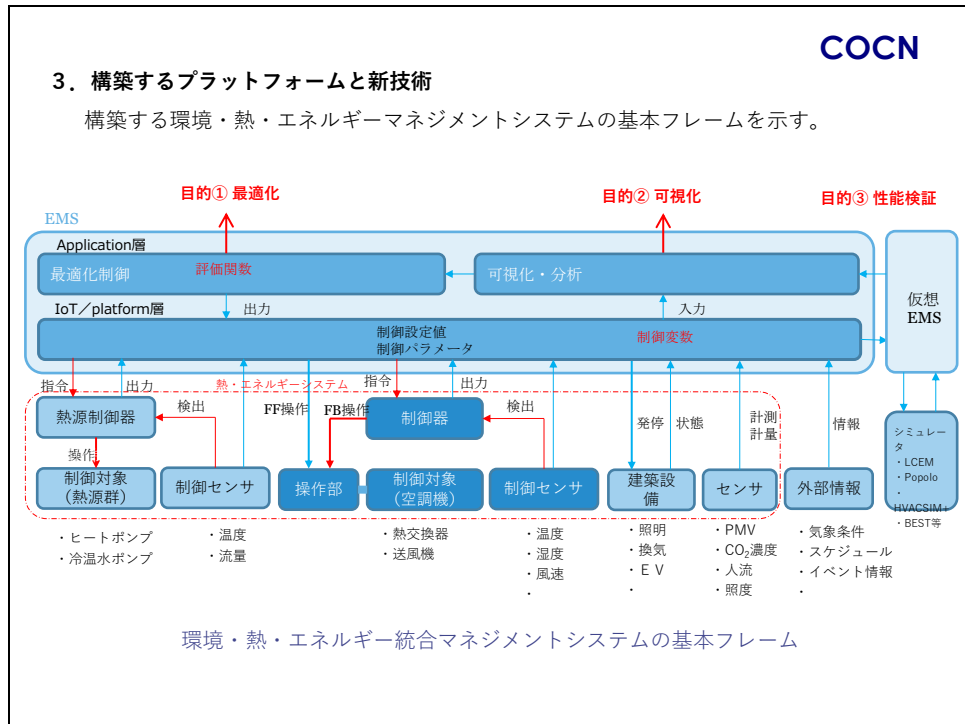
D: 低炭素インフラを利用する（排出原単位を小さくする）

E: 樹木等により温室効果ガスを吸収・除去する

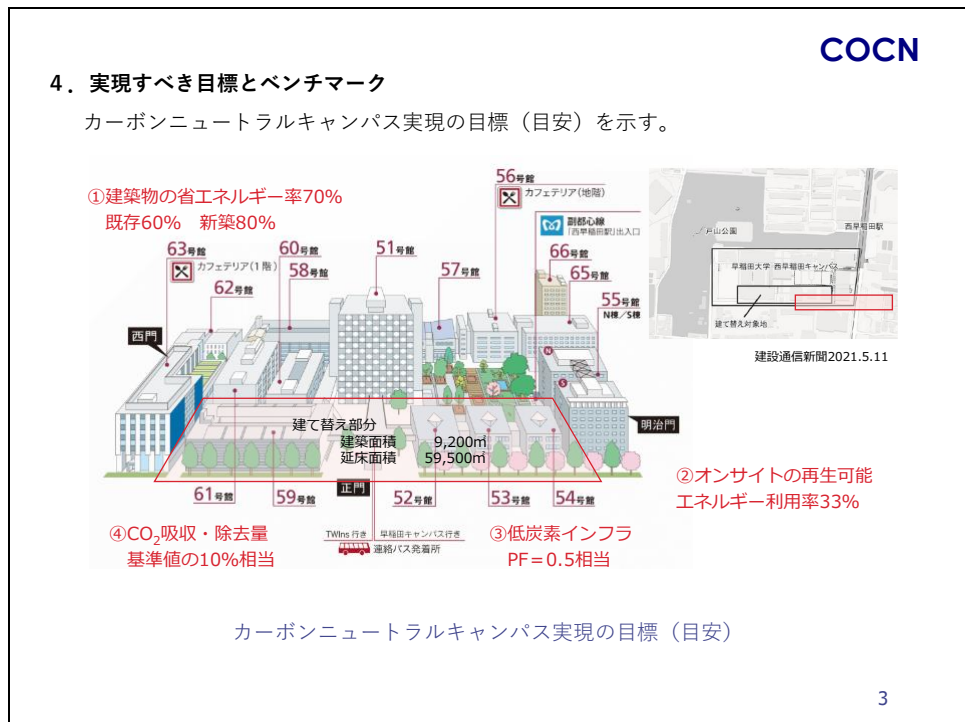
ZEB Chart
 零エネルギー建築物 (ZEB) の実現に向けたロードマップ。Y軸は排出量、X軸はエネルギー消費量。Net Zero Energyの達成を目指す。A: 負荷抑制, B: システム効率化, C: オンサイト再生可能エネルギー活用, D: 低炭素インフラ利用, E: 樹木等による吸収。

Carbon Chart
 排出原単位を小さくする。Y軸は排出原単位、X軸はエネルギー消費量。Carbon Neutralの達成を目指す。A: 負荷抑制, B: システム効率化, C: オンサイト再生可能エネルギー活用, D: 低炭素インフラ利用, E: 樹木等による吸収。

スライド 3



スライド 4



スライド 5

COCN

5. 検討内容、想定される課題と解決方法

- 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

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、基準化、ガイドライン化が必要である。
個別課題については、大学発の事業主体との協同が求められる。

6. 目標実現までのロードマップ

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
◆											
カーボンニュートラルキャンパス宣言											
	統合マネジメントシステムの構築				◆						
				運用開始					カーボンニュートラルキャンパス実現		
					カーボンニュートラルキャンパス実現に向けた運用						◆

4

スライド 6

COCN

7. 国プロの実施イメージ(公開できる範囲で)

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。

8. 事業化への戦略, 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。

9. 政策提言

政策提言としては、次の4つがあげられる。

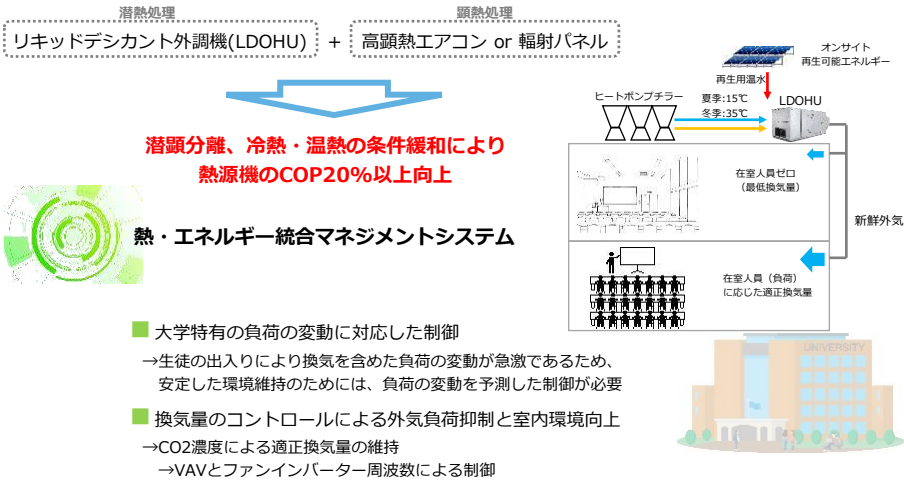
- ①カーボンニュートラルの定義と評価方法の確立
- ②カーボンニュートラルキャンパスの計画ガイドラインの策定
- ③カーボンニュートラルを目指すキャンパスの運営事業主体への支援制度
- ④EMS等の個別技術の開発・検証に対する支援制度

5

スライド 7

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



NIKKEN

NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 6

スライド 8

適用する技術の紹介

■ リキッドデシカント式空調機の仕組みと省エネ性

液体調湿剤によって空気温度及び湿度を調整する空調機であり、液体調湿剤の温度だけでなく濃度によっても空気湿度の調節が可能であることから、除湿時に空気を（過）冷却する必要がなく、除湿に必要な冷水の温度を上げることが可能である（空気の露点温度よりも高い温度の冷水を使用可能）。

→空調条件を変えずに冷水温度を7℃から15℃に上げた場合、熱源のCOPは20%～30%程度上昇する（空冷ヒートポンプチャラー）

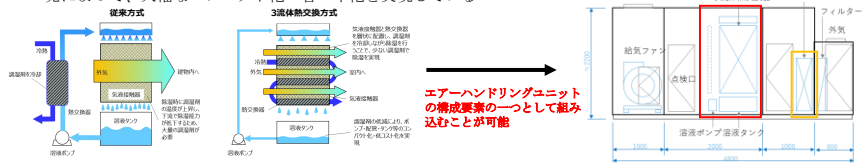
また、加湿時は気化冷却式と異なり、給気温度以上に空気を加熱する必要がないことから加湿に必要な温水の温度を下げる事が可能である。

→空調条件を変えずに温水温度を45℃から35℃に下げた場合、熱源のCOPは20%～30%程度上昇する（空冷ヒートポンプチャラー）

溶液の再生（除湿によって濃度が低下した液体調湿剤の濃度の回復）に温熱の手当てが必要であることから、再生可能エネルギー等の活用が有効であり、また、熱を含めた統合マネジメントシステム活用が有効である。

■ 最新技術の紹介

気液接触機構と溶液加熱冷却機構を一体化した3流体熱交換器の開発によって、大幅なコンパクト化・省エネ化を実現している



NIKKEN

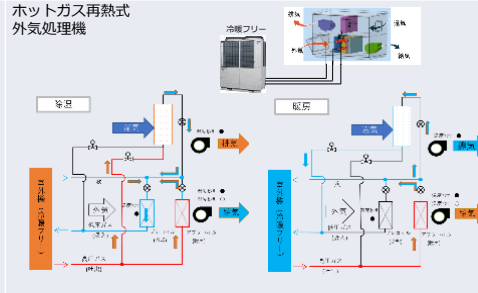
NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 7

スライド 9

10.2 空調システムの高効率化技術

◎空調に関わる効率向上に向けた取り組み（案） 三菱重工サーマルシステムズ(株) 資料1

■目的：外気処理機を主軸とした潜熱分離空調により、システム全体でのAPF 5～10%の向上を行う。
※空調機、外調機の負荷バランス調整により効率のよい運転をさせるよう制御する

処理負荷	機器	効率向上策
空調負荷 (顕熱負荷)	パッケージエアコン	給気温度目標に合わせた運転圧力制御 ※躯体断熱性向上に加え負荷軽減策として「空気式輻射空調方式」とする事も可能
外気負荷 (潜熱負荷)	ホットガス再熱式外気処理機 	除湿時：居室からの排気ラインへ放熱による高圧上昇抑制を行う事で効率改善を図る。 暖房時：居室からの排熱回収による低圧低下抑制を行う事で効率改善とデフロスト 頻度抑制に伴う能力向上により消費電力低減を図る。 風量制御：CO2濃度による送風機回転数制御を行う事で送風動力低減を図る。

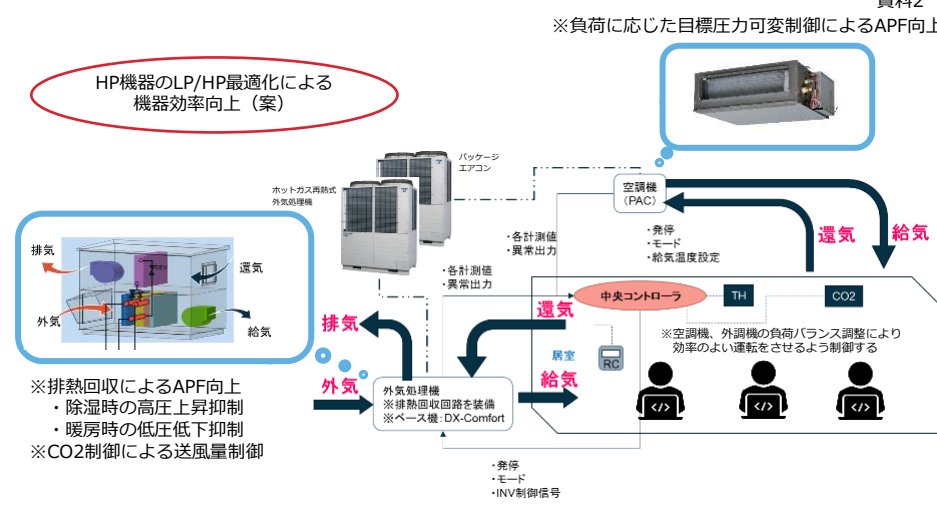
NIKKEN NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 8

スライド 10

システムイメージ

資料2
※負荷に応じた目標圧力可変制御によるAPF向上

HP機器のLP/HP最適化による機器効率向上（案）



※排熱回収によるAPF向上

- ・除湿時の高圧上昇抑制
- ・暖房時の低圧低下抑制

※CO2制御による送風量制御

※空調機、外調機の負荷バランス調整により効率のよい運転をさせるよう制御する

NIKKEN NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 9

スライド 11

10.3 キャンパス特有技術の抽出			
パッシブ技術	アクティブ技術	制御	アドバンス
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 ゼロエナジーバンド制御 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?

NIKKEN

NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 10

スライド 12

理科系施設のための必要技術			
ベース負荷が大きい理科系施設においては、 ・ 不要な実験設備の停止 ・ 実験設備やサーバー冷却用の空調省エネ が通常省エネ対策に加えて重要			
パッシブ技術	アクティブ技術	制御	アドバンス
④ 自然通風 (冬季サーバル冷却)	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
	⑤ 冷温水同時取り出し (給湯のHP化)		⑩ 蓄熱・負荷予測

NIKKEN

NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 11

スライド 13

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

【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ナム運用を実現する

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	学生の入退出など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

12

スライド 14

【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、スケジュール機能を統合

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、**ミナ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、**ミナ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

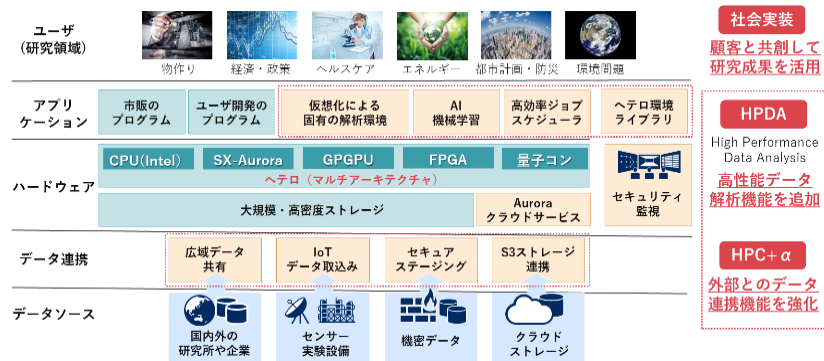
建物	階	部屋	要素	データ	データソース
1	1	101	建屋情報 ・ドア/窓 ・断熱 ・外気温、湿度、日射	・開閉(分) ・断熱(年) ・気候(時間)	・建設/修繕履歴 ・天気予報
			機器 ・空調、換気、照明、給湯	・入力/出力(分) ・劣化や寿命時期(年)	・ビル管理ソフト ・IoT機器
			使用者 ・在不在 ・活動内容	・使用人数スケジュール(分)	・授業/施設一括スケジュール

13

スライド 15

10.5 環境パフォーマンス管理

アカデミアとの共同研究を通じ、HPC（ハイパフォーマンスコンピューティング）技術を社会実装。デジタルツイン・DXのニーズに応えるために、最適な計算プラットフォームの提供、データとの連携、「必要な計算時間」を得るためのシミュレーションコードの高速化も行う。



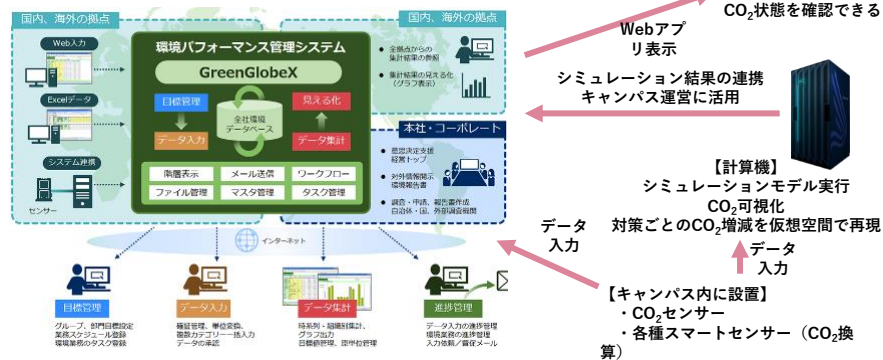
NIKKEN

NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 14

スライド 16

キャンパスにおける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状態をみて環境意識を高める



NIKKEN

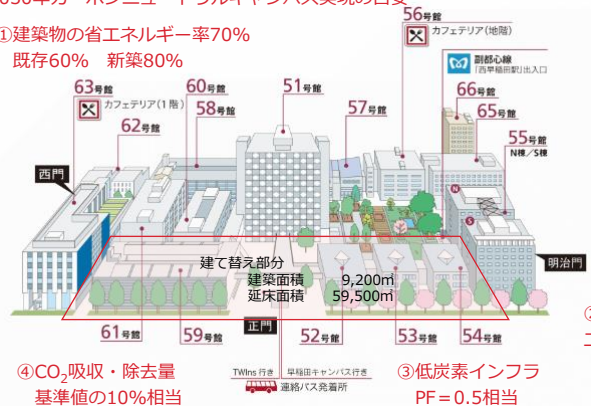
NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 15

スライド 17

11. カーボンニュートラルキャンパスの実現可能性

2030年カーボンニュートラルキャンパス実現の目安

①建築物の省エネルギー率70%
既存60% 新築80%



②オンサイトの再生可能
エネルギー利用率33%

NIKKEN

NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 16

スライド 18

12. カーボンニュートラルへの取組事例

テクノロジー・イノベーションセンター (TIC)

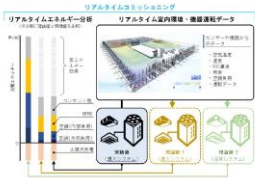
■設計時から空調技術開発者と建築設計者が協働して設計

ダイキン工業
最先端の最先端機器・制御開発
日産設計
製品特性を生かす建築設備計画
■竣工後の協働性能検証体制を確立



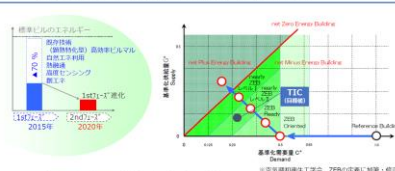
テクノロジー・イノベーションセンター (TIC)

■シミュレーションモデルをBEMSシステム内に構築し、基準値、理論値、実績値をリアルタイムで比較・検証できるシステム。室内環境もセンシングで見える化。
■空調開発技術者である執務者のコミッションングを加速させる



NIKKEN

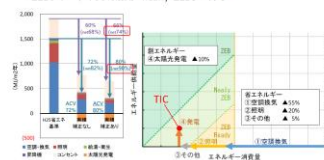
テクノロジー・イノベーションセンター (TIC)



2015年竣工段階の目標値 (規準ビル比較)
ビル全体 ▲70% (コンセント除き ▲77%)、空調 ▲76%

テクノロジー・イノベーションセンター (TIC)

■オフィス棟全体の2016年度の年間一次エネルギー消費量実績
コンセント込 495MJ/m2年 ▲削減率74%
コンセント除 145MJ/m2年 ▲削減率90%
■ZEBチャート: 90%削減 nearly-ZEBレベル1



NIKKEN

NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE 17

【再エネ連携農業/都市型農業 WG 最終報告書】

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：日本電気株式会社，オムロンフィールドエンジニアリング株式会社，学校法人
慶応義塾

1. 背景・目的

わが国の事業部門のエネルギー消費約 8225 PJ の内、農林水産業は全消費量の約 3 %を占めるが、主要なエネルギー源は、重油、灯油、軽油、電力である（図 1）。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が多く、それぞれ約 1/3 の割合である。

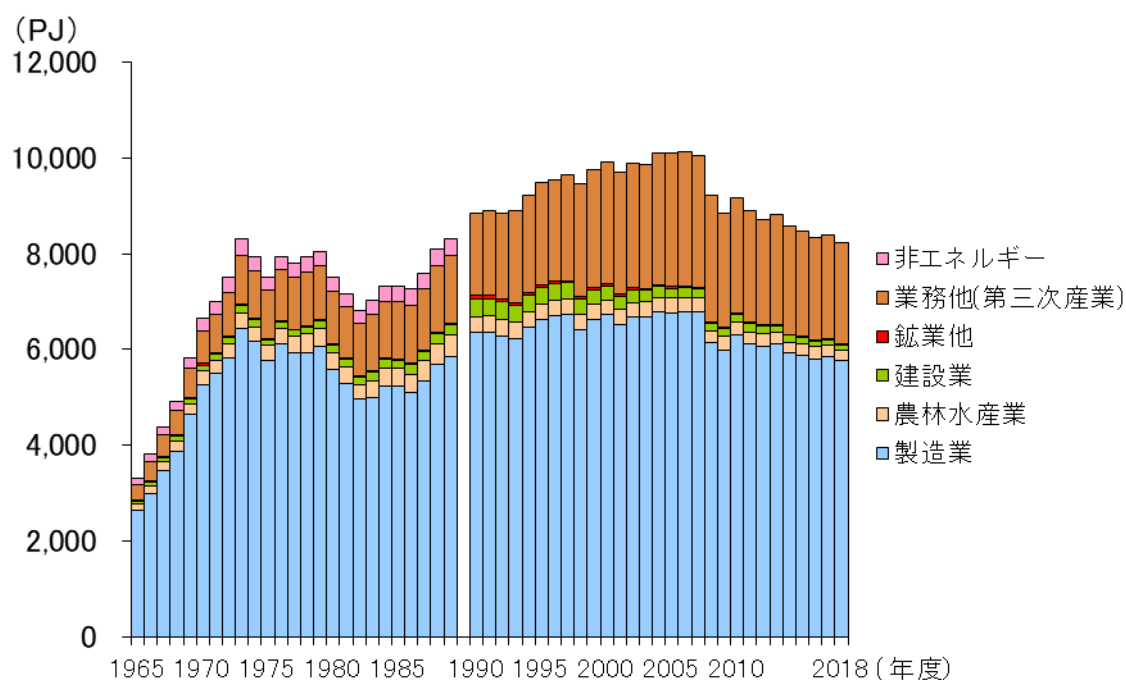


図 1 企業・事業所他部門のエネルギー消費の動向

出典：令和元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%が燃烧式暖房装置である。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 重油の燃烧により年間約 600 万トンの CO₂ が排出されている（図 2）。



図2 施設園芸で使用される燃焼式暖房機

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エネルギー需要家群がある（図3）。

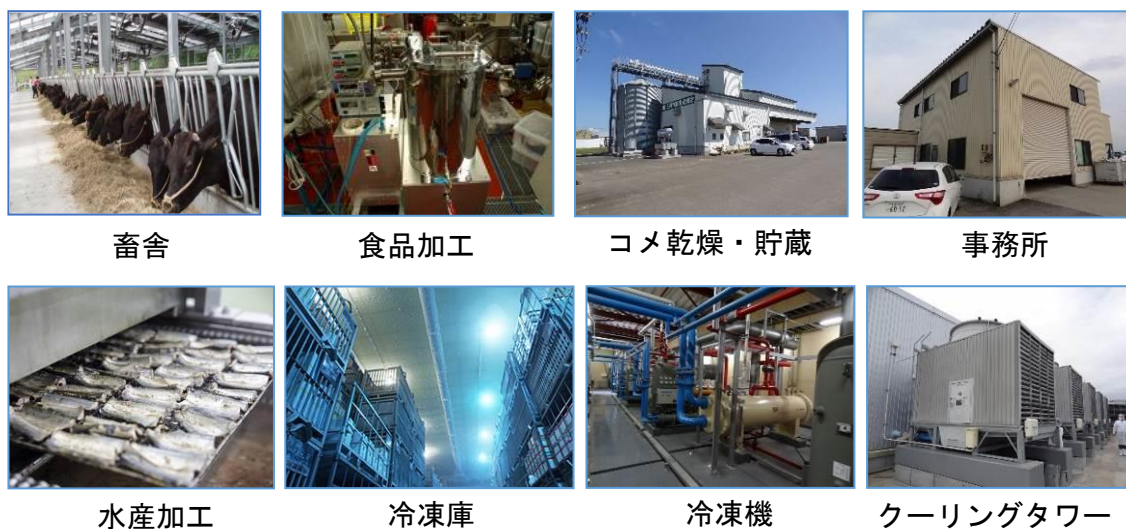


図3 農山漁村地域に賦存するエネルギー需要群

一方、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が賦存する（図4）。これら再生可能エネルギーを用いて発電された電力を、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、国内の農山漁村地域には様々な再生可能エネルギー由来の発電設備が導入されてきた。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る。



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（食品残差）発電

図4 農山漁村地域に賦存する再生可能エネルギー供給群

他方、平成 23 年東北地方太平洋沖地震、平成 30 年北海道胆振東部地震、平成 30 年台風 21 号、令和元年台風 15 号/19 号など自然災害に伴う長時間の大規模停電により農林水産業への様々な被害が発生した。これらの被害を大きくした要因として、系統電力会社や燃料会社からのエネルギー供給を前提とした生産体系があり、農林水産業にとってエネルギーの安定供給は生命線となっている。

現在、農山漁村地域で発電された再生可能エネルギー電力は 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、都市地域への一定のエネルギー供給を確保するエネルギーレジリエンスの強靱化が期待される（図5）。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5 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）

2. 構築するプラットフォームや新技術

2.1 施設園芸用ヒートポンプの開発

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。

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

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。

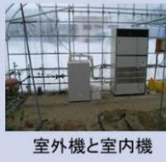
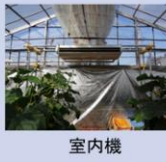
空気熱源	地中熱源 (縦孔、600m)	地中熱源 (浅層、深さ1.5m)	地下水熱源 (プレート型熱交換)	地下水熱源 (シート型熱交換)
 室外機	 探熱孔方式の熱交換器	 浅層方式の熱交換器	 井戸汲み上げ配管	 シート型熱交換器
 室内機	 室外機	 室外機	 プレート型熱交換器	 室外機
	 室内機	 室内機	 室外機と室内機	 室内機
成績係数 (COP, Coefficient of Performance)				
2～3	3～4	3～4	3～4	3～4

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）

2.2 農山漁村地域が持続的に潤う地産地消型エネルギーシステム

農山漁村地域に広く賦存する再生可能エネルギーを、低コストかつ効率的に活用する農山漁村エネルギーマネジメントシステム（Village Energy Management System, VEMS）を開発することにより、同地域で消費される化石燃料由来のエネルギーの削減と、地域経済が持続的に潤う地産地消型エネルギーシステムを構築する。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・冷蔵・冷凍・貯蔵施設、流通・加工施設、事務所、住宅等）のエネルギー需給バランスを調整する地産地消型のエネルギーマネジメントシステム（VEMS）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整備・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7）。

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



図7 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

2.3 農山漁村地域の情報通信プラットフォーム

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。農業分野においてもIoTやAIを導入したスマート農業技術が普及し、新たな市場が形成されつつある³。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、②フォグ/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8)。

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>

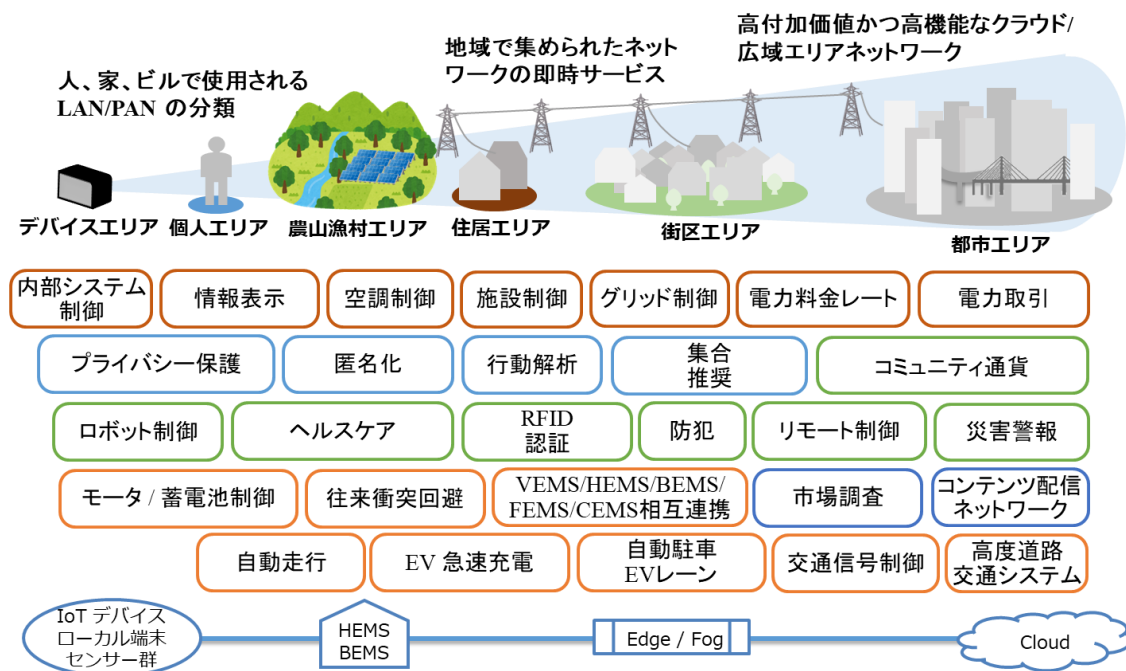


図8 都市地域と農山漁村地域を結ぶ情報通信プラットフォームの構築

(出典：慶應義塾大学理工学部、西宏章教授作成に一部、加筆)

一方、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9）。



図9 スマートビレッジの全体イメージ

(出典：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. 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

3.1 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 万 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。2030 年までに再生可能エネルギー導入率を 46%にする上で、営農型太陽光発電が担う役割は大きい。

3.2 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。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、年間約 4 億 3,000 万 kWh。

3.3 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。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。

3.4 施設園芸分野での燃烧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/30 kW/台、600 kW/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。

3.5 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、同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。これらをすべて電化することにより年間 7.2 兆円の市場が見込まれる。

3.6 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を期待。地域に雇用の創出と地域経済の活性化。

4. 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

4.1 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。

4.2 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。

4.3 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。

4.4 持続可能かつ GHG 削減に資する農林水産業を創生

農林水産業分野において 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気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）。

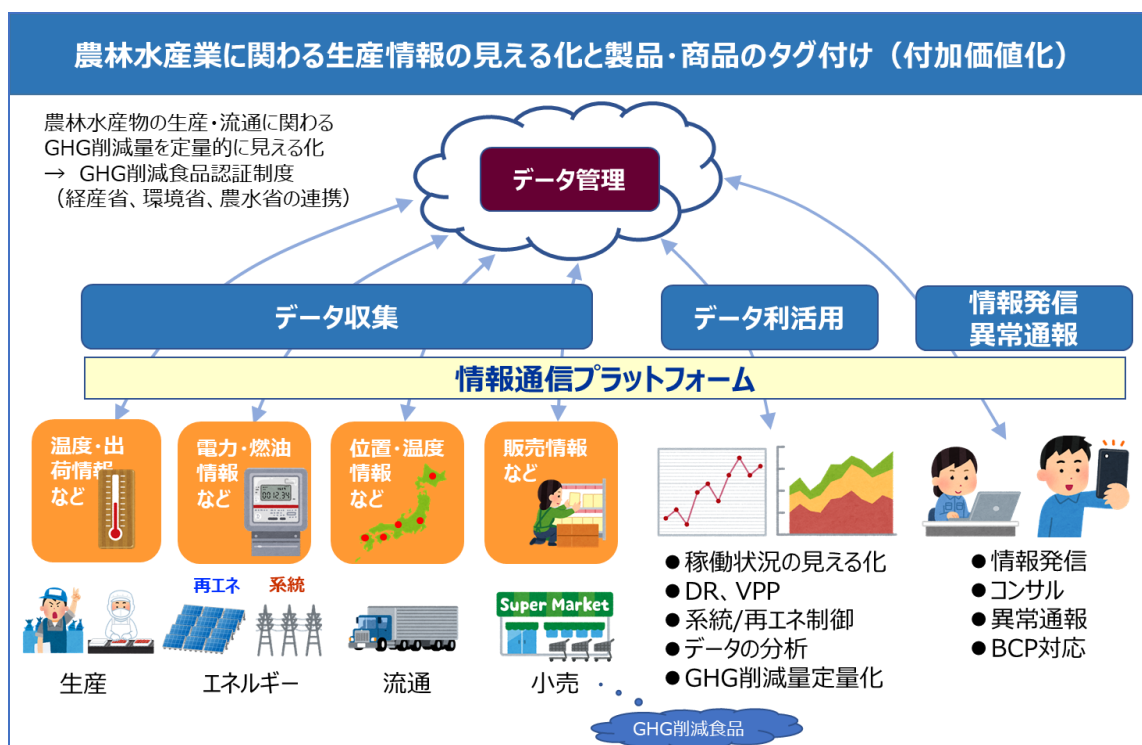


図 10 持続可能かつ GHG 削減に資する農林水産業の創生（出典 農研機構）

4.5 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、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グリッド網、マイクログリッド網、直流送電網へと送電網を再構築し、都市地域と農山漁村地域が連携した脱炭素モデルの社会実装に貢献する。また、再生可能エネルギー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。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。

5. 国プロの実施イメージ

本技術戦略の研究開発と社会実装を進める上で、2022 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 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。

6. 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、2022 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。

7. 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。

8. 想定する主なメンバー

電機機器企業、情報・通信企業、建設・設備企業、電力企業、自動車製造業、運送企業、食品企業、小売業、金融業、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 最終報告書（令和4年1月7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

事務局

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・後藤真宏・小出水規行
2. 日本電気株式会社、馬場雅和(副査)・渡辺 周
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RE100に資するVEMSの開発

【研究概要】

① 研究の背景

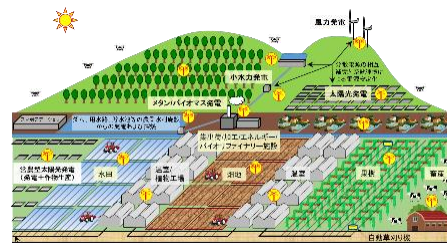
農山漁村地域には太陽光、水力、風力、波力、バイオマス、地熱、地中熱、流水熱など多様な再生可能エネルギーが賦存する。しかし、これまでエネルギーを取り出す技術開発が進められてきたのに比べ、エネルギーを利用する技術の開発は遅れていた。現在、農山漁村におけるRE100の実現と農林水産分野のGHG削減に貢献する、地産地消型エネルギーシステムの開発が期待されている。

② 研究の目的

農山漁村地域の再生可能エネルギーは変動が大きく、広く散在しているため、低コストかつ効率的に利用する技術開発が求められている。そこで、地域内のエネルギー供給量と需要量の予測に基づき、需給バランスを調整する農山漁村エネルギー・マネジメントシステム（Village Energy Management System, VEMS）の開発により、地域内で消費される化石燃料由来のエネルギーの削減と、地域経済が持続的に潤う地産地消型エネルギーシステムを構築する。

③ 研究の内容

- ・ 農山漁村地域のエネルギー供給群と需要家群のエネルギー需給バランスを調整する地産地消型のエネルギー・マネジメントシステム（VEMS）を開発する。
- ・ 都市地域のHEMS、BEMS、FEMS、CEMSと、農山漁村地域のVEMSが連携し、農山漁村地域で余剰な再生可能エネルギー電力を都市部へ供給するエネルギーシステムを開発・整備する。



2

農山漁村地域のRE100に資するVEMSの開発

【VEMSの意義】

- ① 農山漁村地域のエネルギーマネジメント実現**
エネルギー供給群（太陽光、小水力、バイオマス等）と需要家群（施設園芸、畜舎、乾燥・貯蔵・加工施設、住宅等）のエネルギー需給バランスの計測制御を可能にする。
- ② 地産地消型エネルギーシステムの構築**
再生可能エネルギーの地産地消により、外部の電力や化石燃料の利用を削減できる。
- ③ 地域経済の活性化**
再生可能エネルギーの地産地消モデルは、雇用創出と地域活性に繋がる。
- ④ エネルギーレジリエンス強靱化**
地震、台風/大雨、国際紛争など緊急時に系統電力や燃料などのエネルギー供給が停止しても、地域内で最低限のエネルギー供給を確保できる。
- ⑤ 都市地域と農山漁村地域の連携**
HEMS、BEMS、FEMS、CEMSと、VEMSが連携することで、農山漁村地域から再生可能エネルギーを都市地域へ供給することが可能になる。

農山漁村エネルギーマネジメントシステム (Village Energy Management System)
再生可能エネルギーの電熱供給量と農業生産・農村生活での電熱需要量を計測、最適管理

都市地域への再生可能エネルギー電力供給
HEMS、BEMS、FEMS、CEMSとVEMSとの連携

3

施設園芸用ヒートポンプの開発

【研究概要】

- ① 研究の背景**
わが国の企業・事業所他部門のエネルギー消費約8225 PJの内、農林水産業は約3%を占め、主なエネルギーは、重油、灯油、軽油、電力である。その中で漁船の内燃機関と施設園芸の暖房で消費されるが重油多く、それぞれ約1/3の割合を占めている。特に、施設園芸の暖房では、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。
- ② 研究の目的**
 - 施設園芸で導入されている現状のヒートポンプは空気熱源方式が殆どであるが、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。
 - 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。
 - 施設園芸にヒートポンプの導入を推進するには、空気熱源方式の高効率化や地中熱源方式の低コスト化など、これまでの既存技術にとられない革新的な技術開発が必要である。

ヒートポンプ室内機 着霜した室外の熱交換器
既存の空気熱源ヒートポンプ

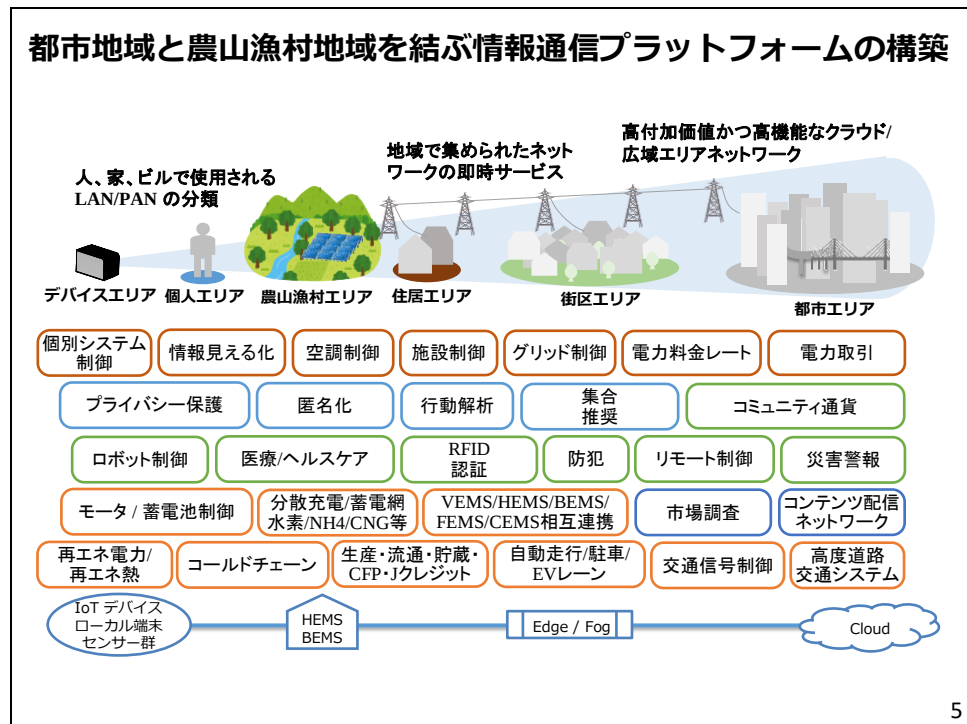
ボアホール掘削工事

シート型熱交換器埋設工事
既存の地中熱ヒートポンプ

ビル用マルチヒートポンプ

4

スライド 5



スライド 6

社会実装のイメージ・インパクト

- 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40haあり、全農地面積の約10%に及ぶ。ここで営農型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。
- 日本には約50000kmに及ぶ農業用の用水路があり、現在、小水力発電所約150か所で年間約2億1500万kWhの電力を供給。2030年までに小水力発電所を300箇所に増設すると、年間約4億3000万kWh。
- 施設園芸の燃焼式暖房では年間約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）できる。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。
- CO2削減目標：2030年(800万トン)、2050年(1500万トン)

参画機関

電機機器企業、情報・通信企業、建設・設備企業、電力企業、自動車製造業、運送企業、食品企業、小売業、金融業、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

6

【多角的活用次世代ヒートポンプWG 最終報告書】

1. 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。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。

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。

1.1 従来技術の課題

ヒートポンプは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などが求められる。

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

1.2 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。

2. 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。

2.1 既存ヒートポンプの納入実績

(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)より抜粋した産業用ヒートポンプの年度別導入台数を図1に示す。

主に加熱用途として利用されている図1に示す“2.HP給湯機+3.循環加温HP”，“4.水熱源HP”，“5.熱風HP+6.蒸気HP”が対象であり，2013年以降は200～300台で推移している。この期間では，加熱用途としては参入メーカーや機種が増えているにも係わらず台数が増えていない。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。図2に産業用ヒートポンプの業種別導入量[台数ベース]を示す。導入台数2,026台の業種別としては，食品・飲料が25.3%と最も多いが，その他の主要産業にも満遍なく納入されている。

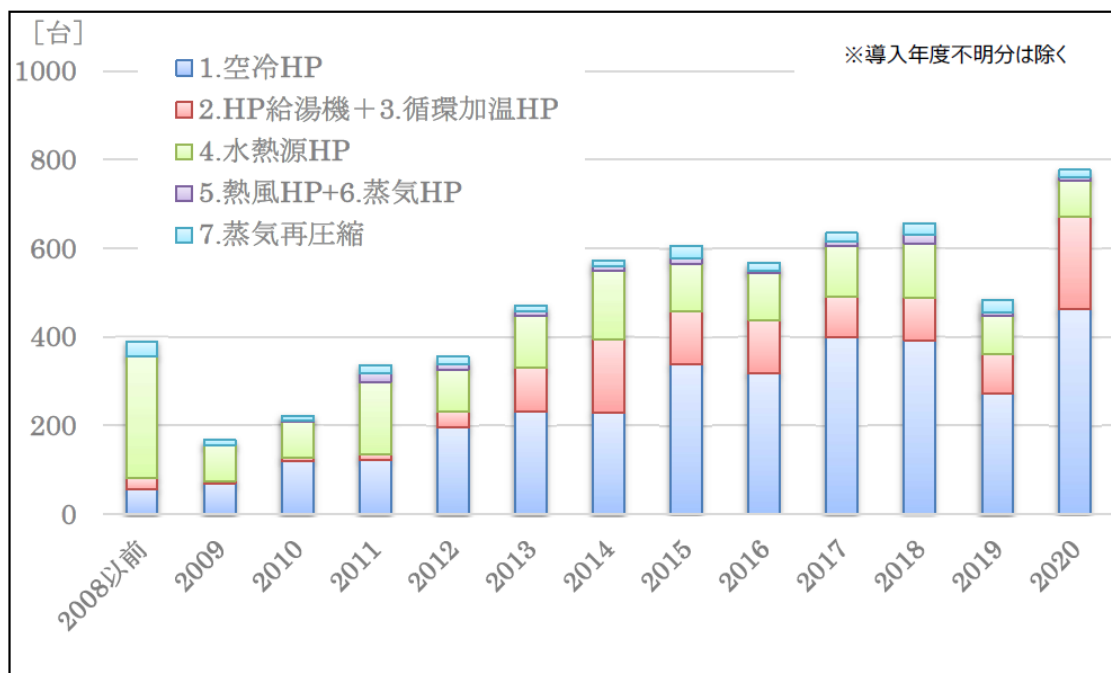


図1 産業用ヒートポンプ年度別導入台数

【2020 年度のストック台数[6, 244 台]のうち導入先業種判別分のみを対象】

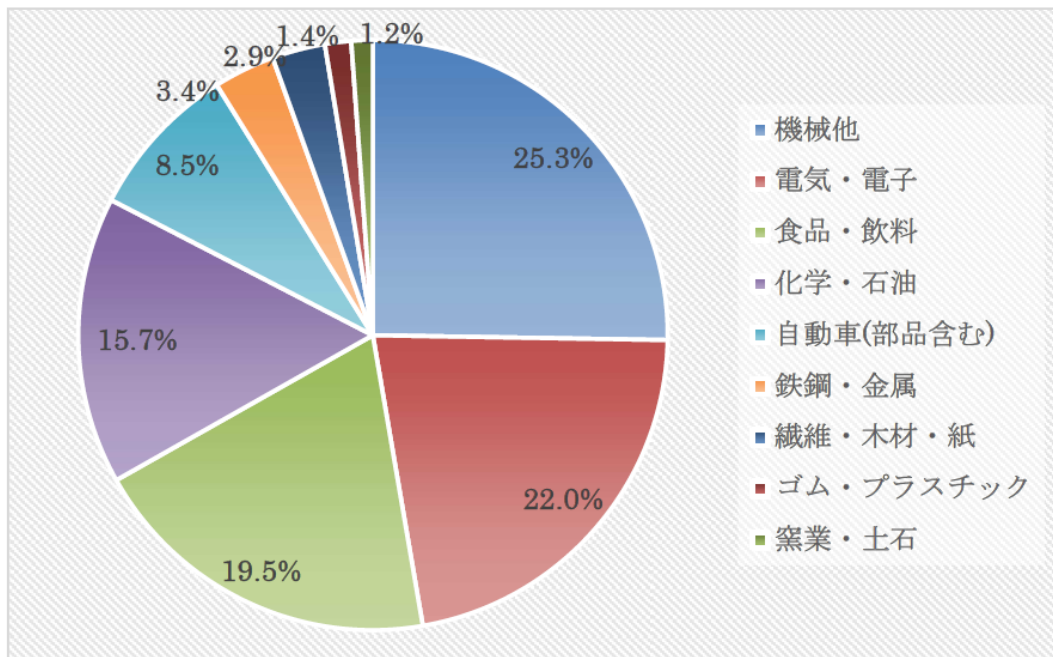


図 2 産業用ヒートポンプの業種別導入量 [台数ベース] N=2,026

2.2 既存ヒートポンプの代表的な納入事例

本ワーキンググループ参加企業に下記のように代表的な納入事例を紹介してもらった。どの事例も温室効果ガス削減率は 50%以上と大きいものの単発の事例しかないのが実情である。その中で比較的モデルケース化しやすいものは、集合住宅、病院、ホテル等の業務用であり、セントラル方式のヒートポンプ化により冷暖房・給湯を行うケースである。産業用は導入件数が少ないこともあるが、業種・温度帯・プロセスなど種々のケースが存在し、モデルケースを作りにくい。しかしながら、逆に今後を考えるとモデルケース化することで市場規模は大きく、本プロジェクトとして取り組むことで導入・普及を促進できると考えられる。また、新しい取り組みとして、バーチャル・パワープラント (VPP) 技術やエネルギー・マネージメントを活用した実証事例も出てきており、今後の普及促進に欠かせない技術である。

- ・ 食品プラントの省エネに貢献する先進の循環加温ヒートポンプ
- ・ 排温水熱回収少容量蒸気発生ヒートポンプ
- ・ 自然冷媒による廃熱を利用した「温水・チルド水」供給設備の年間導入効果
- ・ 集合住宅、病院の設備設計者へのヒアリングシート
- ・ 生産プロセスから生じる未利用エネルギーの有効活用
廃熱利用エンジニアリング（食品工場）
- ・ 集合住宅、ホテルでのセントラル給湯のイメージ
- ・ 老健設備へのヒートポンプ (MEGA Q) 導入事例
- ・ VPP 技術を活用した実証事例

- ・エネマネハウス設置のエコキュートを DR 運用した実証事例
- ・業務用途のヒートポンプ導入事例

2.3 課題と解決方法

前記した現状を踏まえて、課題とその解決方法の抽出を行った。ここでは、下記の 2 つのモデルケースを対象に検討を行った。どちらも既存設備はボイラ等の燃焼系設備の代替として温室効果ガス削減効果が大きいシステムであるが、全てを一気にヒートポンプへ置き換えるのではなく、段階的にヒートポンプに置き換えていくことが現実的であり、普及促進効果が高いと考える。

①業務用（マンション・病院・ホテル）セントラル給湯システム

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 1 はヒートポンプ＋燃焼機器のハイブリット給湯として検討した結果を示す。

②産業用ボイラ代替高温ヒートポンプシステム

従来の 100℃前後の加熱用途よりも多く、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を対象に検討を行った。表 2 はヒートポンプでボイラ等を全て置き換えるシステムの検討結果を示す。

表 1 業務用セントラル給湯システムの課題と解決方法（検討中）

	課題	解決方法
技術面	①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 ②給湯供給可能量と使用量の関係性により設備規模が変わる ③メイン熱源の HP が故障した場合の対処方法 ④デフロスト時の能力低減対策（空気熱源の場合）	①DX 活用により需給バランスをとれる設備規模、運用方法の最適化 ②既存物件で、その物件の利用者数と 1 日のトータル給湯量をモニタリングして傾向を調査・分析 ③緊急対応ではバックアップ熱源が独立動作するシステムの開発 ④システムの対応策
導入時 （法規・契約・補助金含む）	①課金管理システム（計測システム・規格）、それに準ずる法規の整備 ②導入コスト負担の軽減	①②現状の課題を解決するビジネスモデルの構築、補助金の導入
運用時 （評価指標含む）	①電源供給と電気・ガス併用の給湯バランスの調整方法 ②メンテナンス費用の負担	①エネマネのためのシステム構築と法規整備 ①②脱炭素量に換算したインセンティブ

表 2 産業用ボイラ代替高温ヒートポンプシステムの課題と解決方法（検討中）

	課題	解決方法
技術面	①蒸気ボイラ代替では適用温度 150～200℃が必要 ②ボイラと HP の特性の違い：負荷変動追従性と瞬発力 ③未利用熱の回収と熱負荷予測 ④再エネとのマッチング ⑤制御対象と既存システムとの接続 ⑥全体システムとしてデータのネットワーク化 ⑦GWP が低く、安価な冷媒の導入 ⑧排熱回収技術と熱源水条件の緩和	①市場導入促進により、参入メーカーを増やす ②システムとしての対応の他に、HP 導入を前提とした工程を検討 ③④⑤センシング、IoT とシミュレーション、DX 活用 ⑥プラットフォームの構築
導入時 （法規・契約・補助金含む）	①既設設備と取り合い（ボイラ則と冷凍則との関係） ②CO ₂ 排出量に係る契約 ③補助金申請：経産省、環境省、自治体等、単年度予算等の制約が多く、申請数少ない	①②③省庁を巻き込んで、規制緩和、補助金導入
運用時 （評価指標含む）	①従来の評価指標からの脱却：費用対効果→脱炭素量など ②EMS, VPP, DR などに応じた法整備 ③電源構成による評価の曖昧さ ④運用時の CO ₂ 排出量の見える化 ⑤メンテナンスに関する評価：耐用年数、費用	①脱炭素を目的とした新しい評価基準の策定 ②③④⑤インセンティブを含めたビジネスモデルの構築

2.4 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）
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， CO2 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

2.5 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。それには表 3 に示したように、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 4 に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。

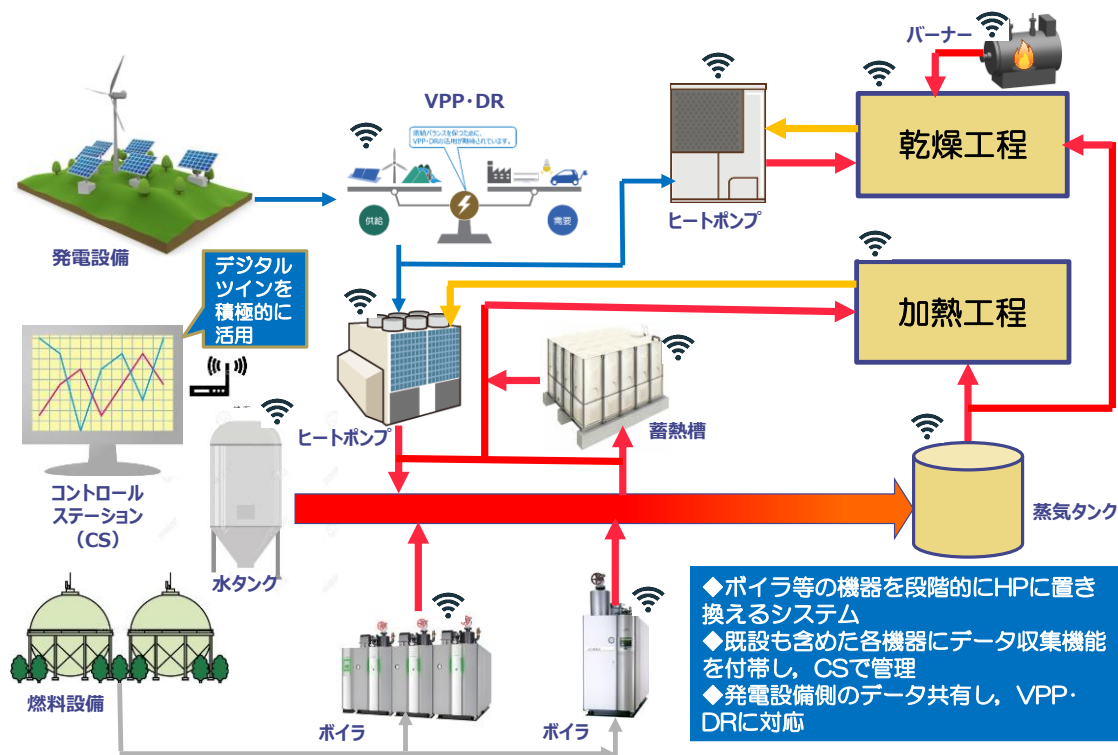


図4 次世代ヒートポンプシステム導入プラットフォーム（イメージ）

3. 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

3.1 ヒートポンプの温室効果ガス削減効果

2021年10月23日に閣議決定された「地球温暖化対策計画」には、産業用ヒートポンプ導入に関して以下の記載がある。

【地球温暖化対策計画 参考資料：地球温暖化対策計画における対策の削減量の根拠】
（産業 HP（加温・乾燥）の導入）

○産業 HP の導入設備容量

- ・ 2012 年度までに導入された設備の総設備容量は 6 千 kW
- ・ 2030 年度までに導入される設備の総設備容量を 1,673 千 kW と想定
- ・ 2012 年度以降 2030 年度までに導入される設備の総設備容量 = 1,667 千 kW

○省エネ見込量

- ・ 産業 HP の設備容量 1kW 当たりのエネルギー消費量を 1,365kWh/kW と見込む（産業 HP の性能と年間稼働時間より算出）
- ・ 産業 HP 設備容量 1kW 当たりの導入により削減される燃焼式設備のエネルギー消費量を 26.545 千 MJ/kW と見込む（燃焼式設備の性能と年間稼働時間より算出）
- ・ 導入された産業 HP のエネルギー消費量 = 21.5 億 kWh

①

- ・ 代替された燃焼式設備のエネルギー削減量 = 418 億 MJ

②

- ・ 省エネ見込量

$$\begin{aligned} & (② - ① \times (2 \text{ 次エネルギー換算係数})) \times (\text{原油換算係数}) \\ & = (418 \text{ 億 MJ} - 21.5 \text{ 億 kWh} \times 3.6 \text{ MJ/kWh}) \times 0.0258 \text{ kL/千 MJ} \\ & = 87.9 \text{ 万 kL} \end{aligned}$$

○排出削減見込量

- ・ 導入された産業 HP による CO₂ 排出量
(導入された産業 HP のエネルギー消費量) × (2030 年度全電源平均の電力排出係数)
= 21.5 億 kWh × 0.25kg-CO₂/kWh
= 54 万 t-CO₂

③

- ・ 代替された燃焼式設備の CO₂ 削減量
(代替された燃焼式設備のエネルギー削減量) × (燃料 (都市ガス) の排出係数)
= 418 億 MJ × 51.4t-CO₂/百万 MJ
= 215 万 t-CO₂

④

- ・ 排出削減見込量

$$\begin{aligned} ④ - ③ &= 215 \text{ 万 t-CO}_2 - 54 \text{ 万 t-CO}_2 \\ &= 161 \text{ 万 t-CO}_2 \end{aligned}$$

温室効果ガス排出削減効果は、約 75%と大きな数値となる。ヒートポンプ自体の効率の向上、再生可能エネルギーの更なる導入による全電源平均の電力排出係数低下が加算されれば、排出削減効果はさらに大きくなる。

前述した(一財)ヒートポンプ・蓄熱センターが試算した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 を目標に設定し、具体的な削減計画を作成することが必要と考える。

3.2 ヒートポンプの評価指標

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、それらをコストにカウントしたり、インセンティブにカウントしていくことが求められる。詳細は次年度に検討していくこととなる。

4. 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、官の分担必要性他に記載

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 排出量削減目標		2030 年度 3,754 万 t-CO ₂		2050 年度 13,699 万 t-CO ₂

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、建設会社、エンジニアリング会社、エネルギー会社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）

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しての検討が必要と考える。

9. 想定する主なメンバー

- ・ 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
- ・ 三菱重工業サーマルシステム株式会社
- ・ 三菱電機株式会社

COCN

多角的活用次世代ヒートポンプ

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。

本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。

◆ボイラ等の機器を段階的にCHPに置き換えるシステム
◆施設も含めた各機器にデータ収集機能を付与し、CSで管理
◆発電設備側のデータ共有し、VPP・DRに対応

次世代ヒートポンププラットフォーム

新技術

	従来技術	新技術
加熱温度	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）
監視監視	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、 CO2 排出削減量
電費削減	火力中心	再生エネルギーにより、原単位が減少

2

COCN

多角的活用次世代ヒートポンプ

優位性、実現すべき目標とベンチマーク

「地球温暖化対策計画」には、産業用ヒートポンプ導入に対策の削減量の根拠が示されており、温室効果ガス排出削減効果は、約75%となる。ヒートポンプ自体の効率の向上、再生可能エネルギーの更なる導入による全電源平均の電力排出係数低下が加算されれば、排出削減効果はさらに大きくなる。

（一財）ヒートポンプ・蓄熱センターが試算した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を目標に設定し、具体的な削減計画を作成することが必要である。

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、それらをコストにカウントしたり、インセンティブにカウントしていくことが求められる。

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。

	2020 年～	～2030 年度	～2040 年度	～2050 年度
従来 HHP				
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 HHP				
～200℃機関等・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				
温室効果ガス排出削減目標		2030 年度 3,754 万 t-CO ₂		2050 年度 13,699 万 t-CO ₂

3

多角的活用次世代ヒートポンプ

COCN

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での実施)
- ②ユーザーでのモデルケース実証試験を行う

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。

政策提言

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する検討が必要と考える。

想定する主なメンバー

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

【データ収集、通信 WG 最終報告書】

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、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、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、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。

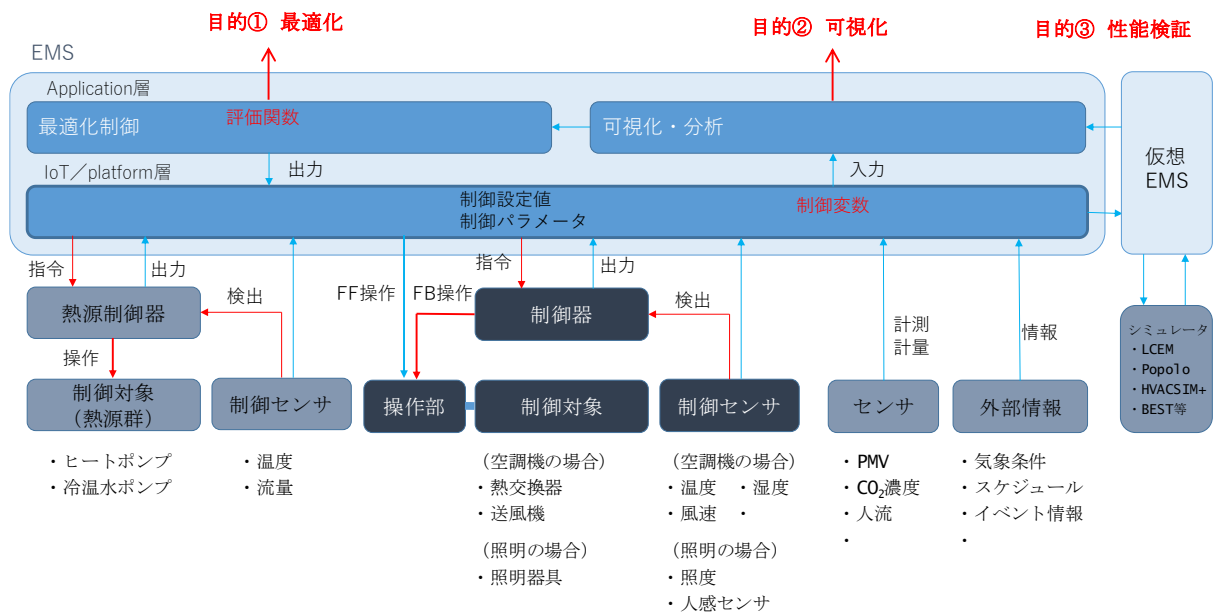


図 2.1 基本フレーム

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。

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。

②データ利用とセキュリティ

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。「AI・データの利用に関する契約ガイドライン 1.1 版」には、

- ・データは、無体物であり、日本の民法では所有権や占有権等の物権の対象とならない。
- ・データの利用権限を設定し、当事者による利用を促進するとともに、データの利用によって得られる収益を、投資インセンティブも考慮しながら、当事者間で分配するという考え方が基本。
- ・「データ・オーナーシップ」がいずれの当事者に帰属するのかというオール・オア・ナッシングで交渉するよりも、個別事案に応じて《どのデータを、どちらの当事者が、どのような条件で利用できるのか》という利用条件をきめ細やかに調整し設定していくことが重要である。

と記載されている。

セキュリティに関しては、サイバー・フィジカルの両面を考慮する必要がある。

サイバーセキュリティは、各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必要がある。

フィジカルセキュリティは、「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）などを参照し、ビル設計や施工に反映する必要がある。

運用においても、サイバー・フィジカル両面を意識した運用規約の設定や、現地作業員の教育が必要となる。

③ IoT/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、すでに汎用となっている BACnet 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。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などは、精度上の課題があることが分かった。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、検討する必要がある。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。

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。実運転にて実施する前に、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。

4. 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 4.1 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 4.2 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 4.3 に示す通り、建物外に「EMS」「仮想 EMS」の構成が考えられる。

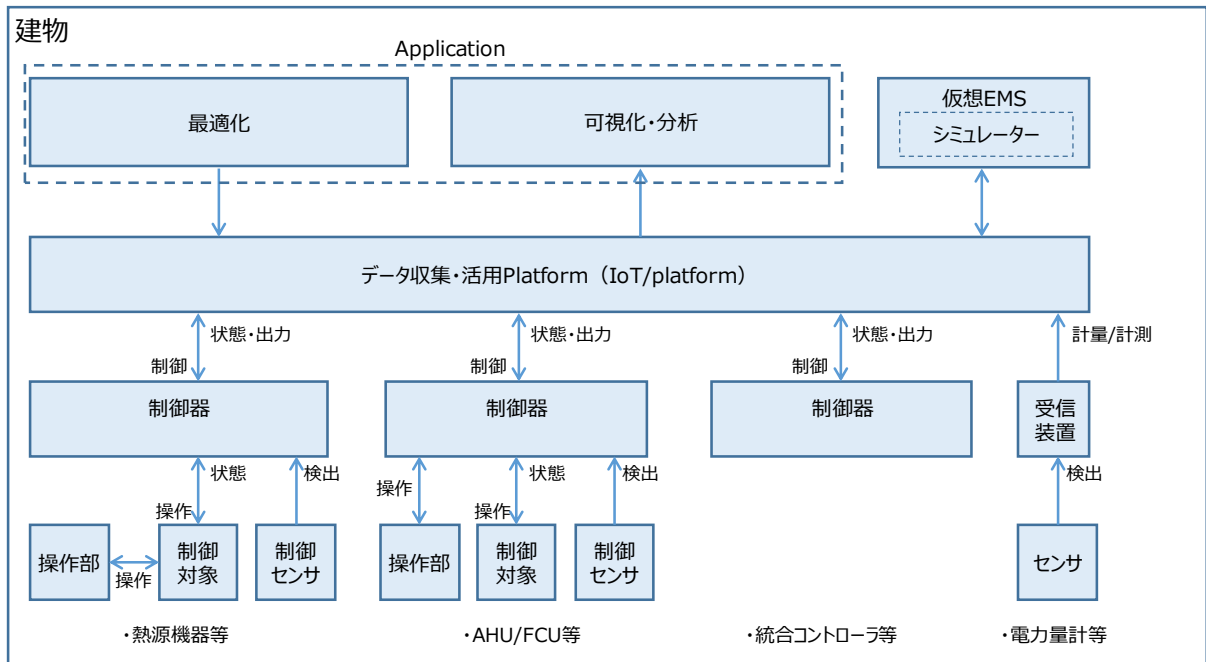


図 4.1 建物内に「EMS」「仮想 EMS」がある場合

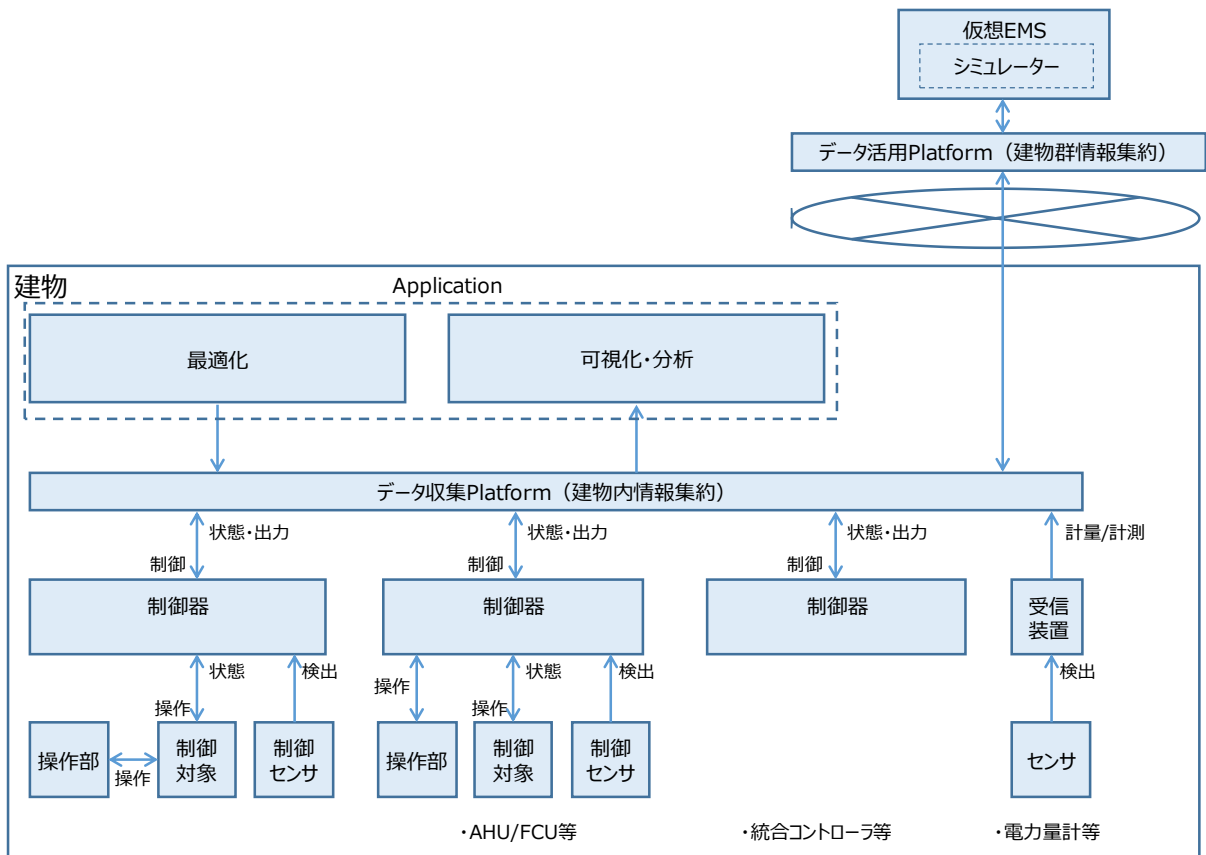


図 4.2 建物内に「EMS」、建物外に「仮想 EMS」がある場合

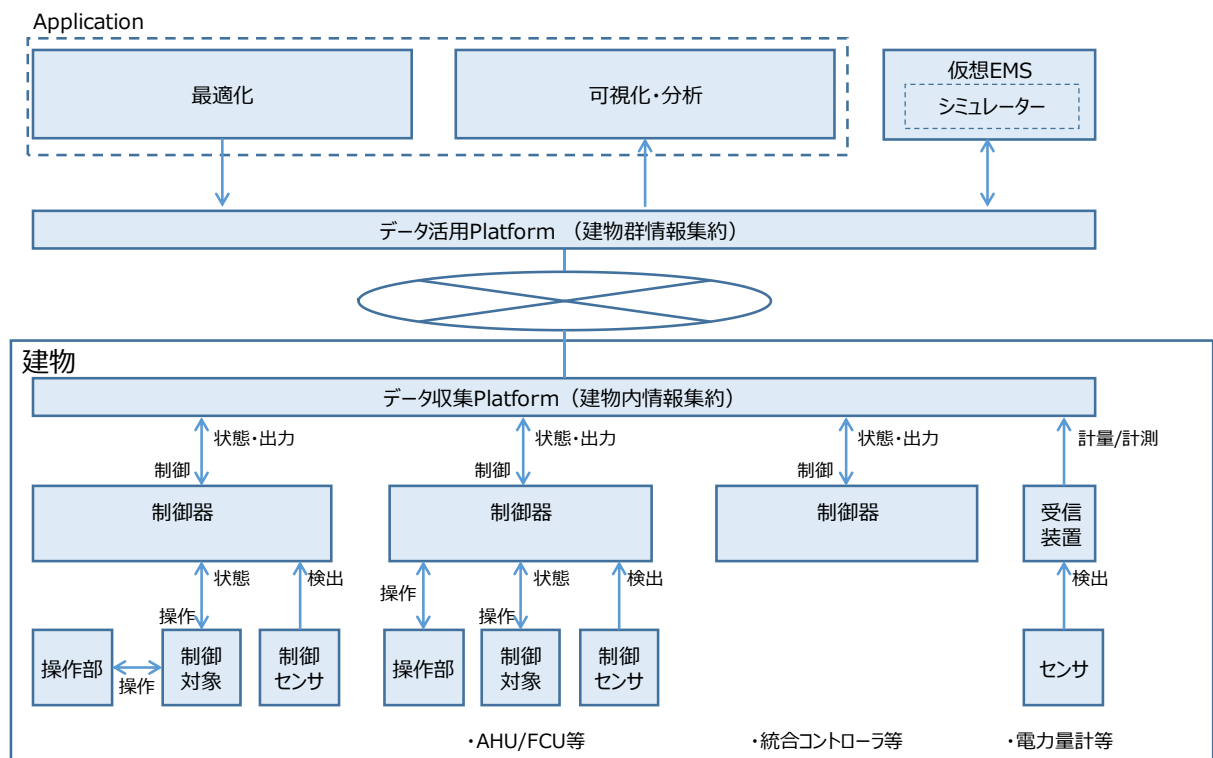


図 4.3 建物外に「EMS」、「仮想 EMS」がある場合

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、そのメリット含め検討して必要がある。

Application の例としては、

- ・建物および建物群のコミショニングへの活用
- ・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
- ・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

が挙げられる。

5. 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 を具現化したうえで、更に検討を進めていく必要がある。

COCN

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、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

COCN

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 基本的なアーキテクチャ

- 基本フレーム
- オープン・クローズ方針
- 仮想EMSとの連携・アクセスルール
- 知財権

② データ利用とセキュリティ

- データ利用権
- サイバー・フィジカルセキュリティ
- IoT/Platform層とApplication層のアクセスルール

③ IoT/platform層とのデータ授受、機能分担

- 建築設備の制御センサの情報
- 計測・計量センサの情報
- 外部情報（気象データ等）の情報

④ 各機器への上位からの制御範囲

- 外部制御の責任範囲
- 既存の設定・操作項目の拡大（主にビル用マルチを対象）

⑤ 普及促進、インセンティブの考え方

- 取組みの方向性
- メリットの見える化
- 認証制度へのアプローチ

The diagram illustrates the system architecture for energy management. At the top, the EMS Application layer handles optimization control and evaluation. Below it, the IoT/Platform layer manages control parameters and data exchange. The bottom layer consists of various building equipment: thermal sources (like heat pumps and chillers), sensors (temperature, flow), actuators (valves, fans, lighting), and external information (weather, schedules). A Virtual EMS (仮想EMS) acts as a central hub, receiving data from sensors and providing control commands to actuators. The diagram also shows the flow of data between the Application layer and the Virtual EMS, and the flow of control signals from the Application layer through the Platform layer to the equipment.

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、標準化自体は日冷工など工業会の規格に落とし込むのが妥当。
- ・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、基本公知化するか、RANDライセンスなどで条件を決める。

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は、各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。
- ・フィジカルセキュリティは、「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）を参照する
- ・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

2

検討結果2

COCN

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。

④ 各機器への上位からの制御範囲

- ・外部制御入力への責任は運用側、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。

⑤ 普及促進、インセンティブ作り等の行政への要望

- ・仮想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。

3

スライド 5

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

この図は、建物内に「EMS」「仮想EMS」がある場合のシステム構成を示しています。建物内には「データ収集Platform (IoT/Platform)」があり、その下に「制御器」が複数配置されています。各制御器は「操作部」と「制御対象」を有し、さらに「センサ」が接続されています。建物外には「仮想EMS (シミュレーター)」があり、建物内の「データ収集Platform」を通じてデータを収集・分析しています。また、建物外には「データ活用Platform (建物群情報集約)」があり、建物内の「データ収集Platform」を通じてデータを収集・分析しています。

この図は、建物外に「EMS」「仮想EMS」がある場合のシステム構成を示しています。建物内には「データ収集Platform (建物内情報集約)」があり、その下に「制御器」が複数配置されています。各制御器は「操作部」と「制御対象」を有し、さらに「センサ」が接続されています。建物外には「EMS (シミュレーター)」があり、建物内の「データ収集Platform」を通じてデータを収集・分析しています。また、建物外には「データ活用Platform (建物群情報集約)」があり、建物内の「データ収集Platform」を通じてデータを収集・分析しています。

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 建物内に「EMS」、建物外に「仮想EMS」がある場合
(建物内に運用管理者は常駐しているが、EMSは建物群を対象にする場合を想定)

4

スライド 6

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。
- ・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。

5

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 4 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