

SIP課題名：スマートエネルギーマネジメントシステムの構築
サブ課題C：エネルギー最適利用

研究開発テーマ

「C2: 熱エネルギーマネジメントシステムの基盤技術開発と共通化」

早稲田大学

持続的環境エネルギー社会共創研究機構 機構長

次世代ヒートポンプ技術戦略研究コンソーシアム 会長

基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科 教授

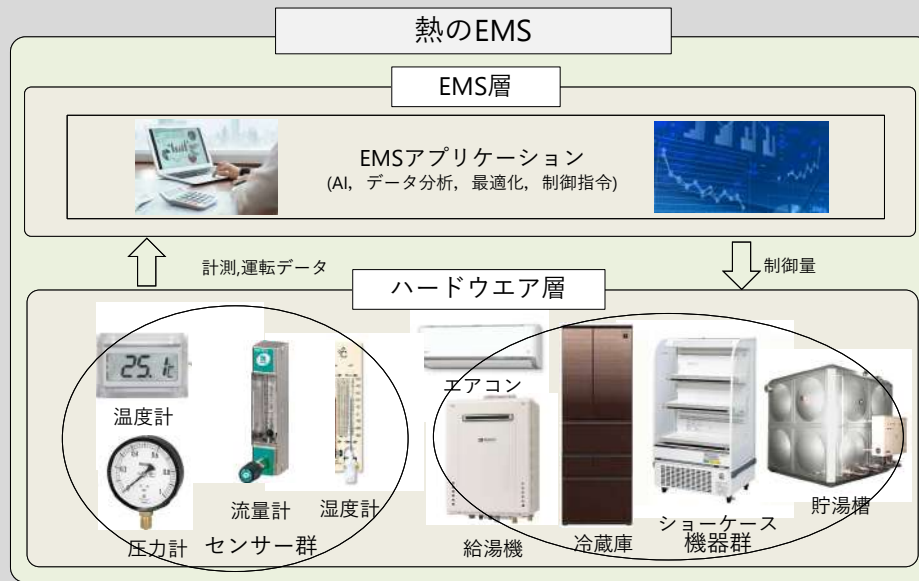
齋藤 潔

本事業の意義・ミッション

- エネルギーの最終利用の50%以上は熱! . しかし、その多くが直接燃焼を用いており、CO₂排出の最大の要因!
- 一方で、ヒートポンプによる熱の電化によって、2050年までにCO₂排出量1億トンもの削減効果の試算
「しかし、熱の効果的な利用がなかなか進んでいかない。なぜ？」

- ✓ 機器単体の性能向上に限界がある中で、熱のEMS導入への期待大。一方で、熱は見えないため、熱のEMSの大きな省エネ効果が謳われるが、それがEMS導入によるものなのか、検証する手立てがない。
- ✓ 熱利用機器はアナログ的要素が多く、回転機器等の保護のため外部制御(EMS)は大きく制限⇒導入されているEMSはいったい何なのか?(スケジューリングのみ?)
- ✓ 熱のEMSでは、多くの物理量の計測が必要なため、多くのデータのやり取りも必要。共通仕様ががないため、EMSは単品ものになり、極めて高価

真に効果のある熱のEMSを普及させる基盤技術構築が本事業のミッション



本事業の意義・ミッション

以上の課題を解決するため、本事業では、

- 熱のEMS + ハードウェア実機を**実際に導入**して、運用効果を実証
- **デジタルツイン**の導入により、**熱を「見える化」**し、**エネマネ効果の予測・検証**を可能とする
- プラットフォームにより、**オープン領域を共通化**し、**コストダウン**等による普及促進を目指す
- 効果検証体制等まで含めて、**真に効果のある熱のEMS**が普及可能な社会実装の形を明示する



熱のエネルギーマネジメントシステム(全体像)

◇現実空間◇

熱のEMSプラットフォーム

EMS層



EMSアプリケーション
(AI, データ分析, 最適化, 制御指令)



計測, 運転データ

制御量



IoTインターフェース
(データ送受信, 管理・蓄積)



計測, 運転データ

制御量

ハードウェア層



温度計



流量計



湿度計



圧力計

センサー群



エアコン



給湯機



冷蔵庫



ショーケース
機器群



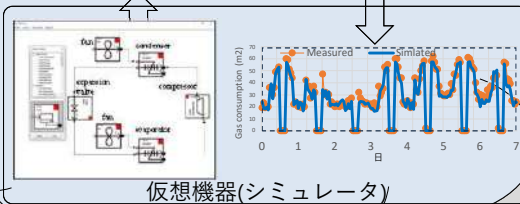
貯湯槽

◇仮想空間◇

デジタルツインプラットフォーム



仮想EMS層



仮想機器(シミュレータ)

★ゴール★

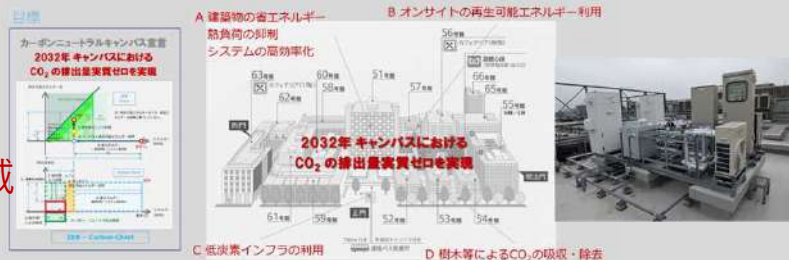
「見える化」と最適制御の実現

- CO₂削減効果の定量化
- 効果予測・検証
- 故障診断
- 運転改善



対象とする領域

30%
CO2削減



カーボンニュートラルキャンパス(300万トン※CO₂削減)

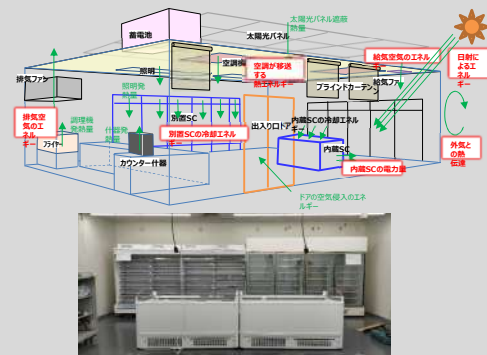
20%
CO2削減



多角的活用次世代ヒートポンプ(4500万トン※CO₂削減)

- 熱のEMS の効果が高い3つの領域を設定
- 10機関による共同研究(早稲田とメーカー中心)
NTTファシリティーズ, ダイキン工業, 三菱重工サーマルシステムズ, 三菱電機, ダイナエアー, 富士電機, 農研機構, 前川製作所, 東電EP, 早大
- ユーザーや専門家を含めた13機関により構成される
プラットフォーム委員会による共通領域の明確化
関西電力, コールドストレージジャパン, アズビル, 日本キャリア, パナソニック空室空調社, 三浦工業, 日立ハイテク, 鹿島建設, 清水建設, 慶応義塾大学, 東京海洋大学, 電気通信大学, 早大

30%
CO2削減



持続的 脱炭素 農業・コールドチェーン(1600万トン※CO₂削減)



実証1：カーボンニュートラルキャンパス

熱利用の中心となる空調には、多くの方式がある。そこで、EMS導入によるCO2削減効果は大きいですが、制御の難しさなどから、普及がなかなか進んでいないEMSユースケースを設定



- ・外調方式：外気導入の効率化が省エネ実現のキー。そのEMSの効果を検証
- ・セントラル空調方式：大型ビルがこの方式を採用。EMSの導入も進んでいるが、省エネ運転とは程遠い。貯湯槽によるDR含めて、EMSによる省エネ効果を実証
- ・潜熱分離空調方式：温湿度の独立制御の省エネ効果は絶大。その効果がわかりずらく、普及していない。EMSによる独立制御の効果を実証
- ・ウェルネス配慮型換気空調方式：今後省エネ追及が進むと快適性や健康を大きく損う懸念あり。EMSを用いてウェルネスを配慮しながらの省エネ空調方法を実証

図 キャンパスのカーボンニュートラル化

実証2：農業・コールドチェーン

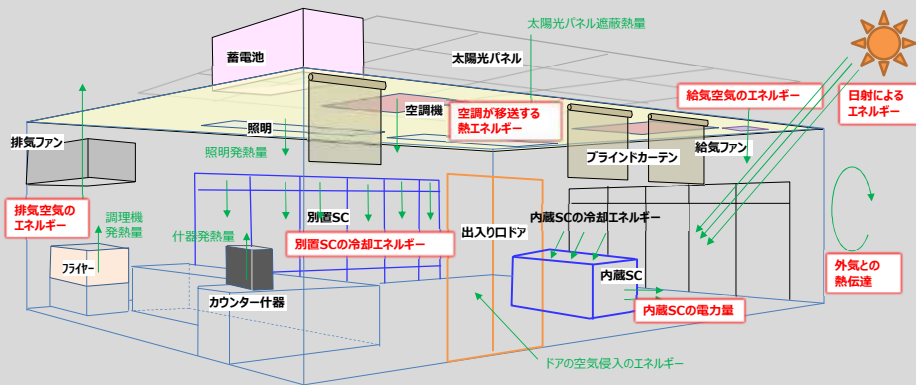


図 コールドチェーンの脱炭素化

冷凍食品のクオリティーが大きく向上

品質管理が優先されるため、コールドチェーンでは、非効率となる運転が多々存在し、CO₂排出量大

例えば、多数存在するコンビニエンスストアでは、以下のような非効率な運転が存在

- 冷熱、温熱が混在し、相互干渉。
- 人流やエアコン気流の干渉等によってショーケースエアカーテンからの多大な冷気漏洩
- 一体型ショーケース排熱の室内への排気

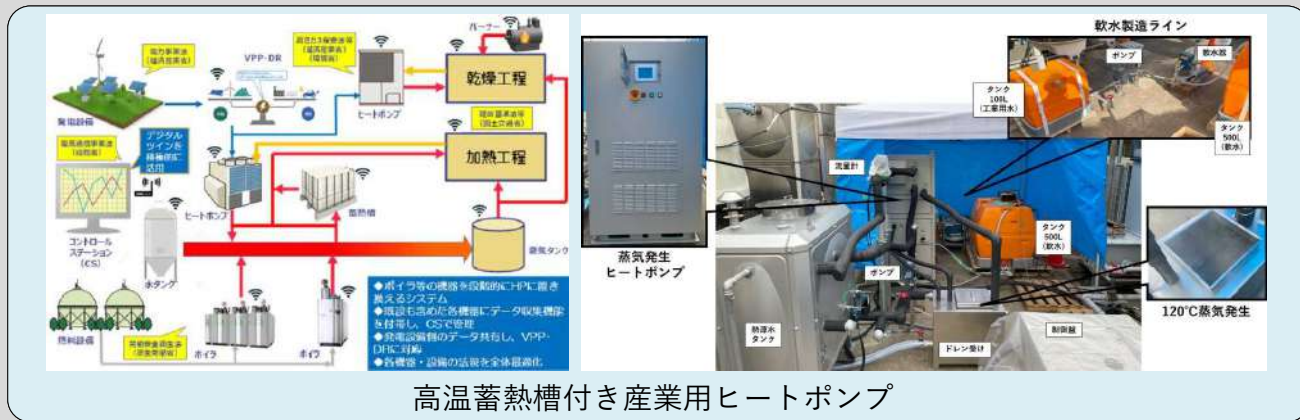
EMSとデジタルツインによる空気流動解析等を活用し、最適な運転を実現

※農業分野では、A2(農業のVPP)とも連携

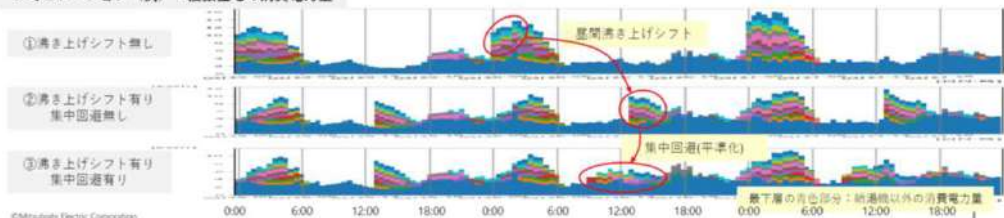
実証3： 多角的活用次世代ヒートポンプ

導入が進んでいかない産業用や集合住宅用のヒートポンプに対して、EMSを活用することによる普及促進方法を検討

- ・EMSを活用し、貯湯槽との連携による機器の最適運転やDRの実現
- ・EMSによる複数台機器の最適運用を実現



シミュレーション (例)：複数住宅の消費電力量

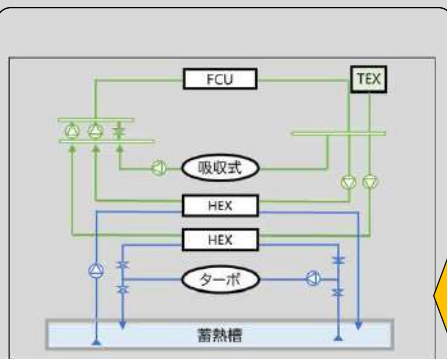


複数台ヒートポンプの最適制御

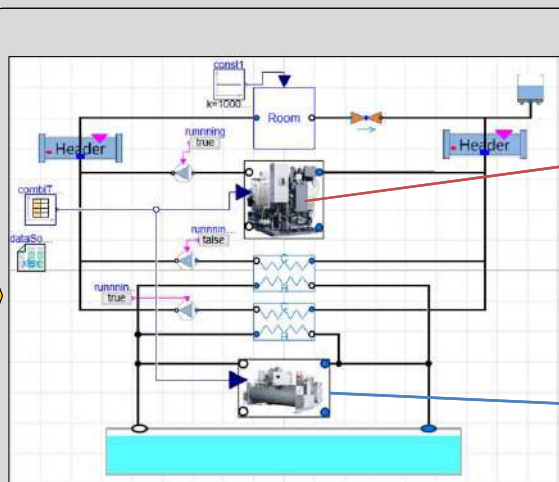
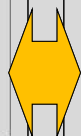


デジタルツインの開発

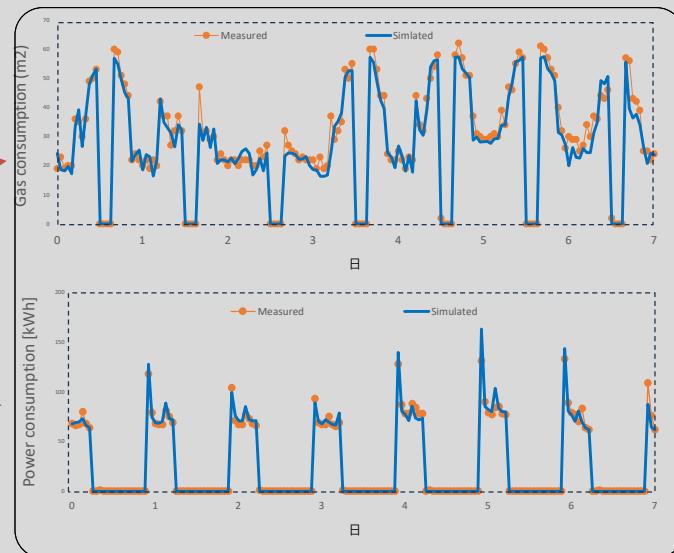
現実空間のエネマネをシミュレーションで完全に再現するデジタルツインを開発。妥当性検証まで進んでいる。
デジタルツインによる効果予測検証だけではなく、その多くの可能性を見出す



現実空間



仮想空間
(デジタルツイン)



CO2排出量削減効果の分析

個別テーマ	実証システム	比較対象	比較条件	CO ₂ 排出削減率
カーボンニュートラル キャンパス	潜熱分離空調	従来型業務用エアコン	季節と平日休日を考慮し、標準的な運転パターンを想定	33%
	セントラル空調	更新前のターボ冷凍機を含む冷水供給システム	更新前の運転実績データに、新規ターボ冷凍機の特性を代入して算出	35%
	ウェルネス配慮換気空調	既設の天吊り型エアコン	冬期実証試験（実証システムと比較対象システムを、ほぼ同条件で運転）	43%
	外調機連成調湿空調	従来型業務用エアコン	夏期冬期の定格運転条件＋ 年間の全負荷相当時間	29%
	統合EMS	－	－	－
持続的脱炭素農業・ コールドチェーン	模擬店舗	既存のコンビニエンス ストア	単位面積当たりの年間電力消費量	20%
多角的活用次世代 ヒートポンプ	産業用ヒートポンプ	石油焚き蒸気ボイラ	定格運転	37.5%
	集合住宅用ヒートポンプ	夜間沸き上げ運転	昼間沸き上げへの変更により昼間の余 剰PV電力を利用	26%

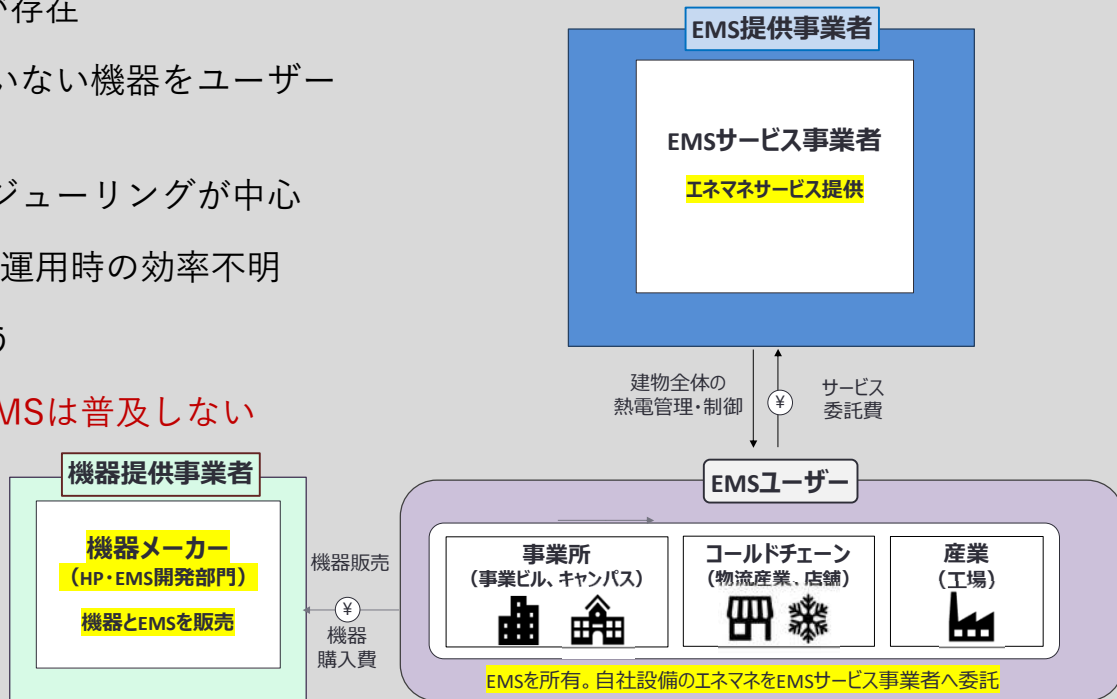


現状における熱のEMSにかかわる社会状況

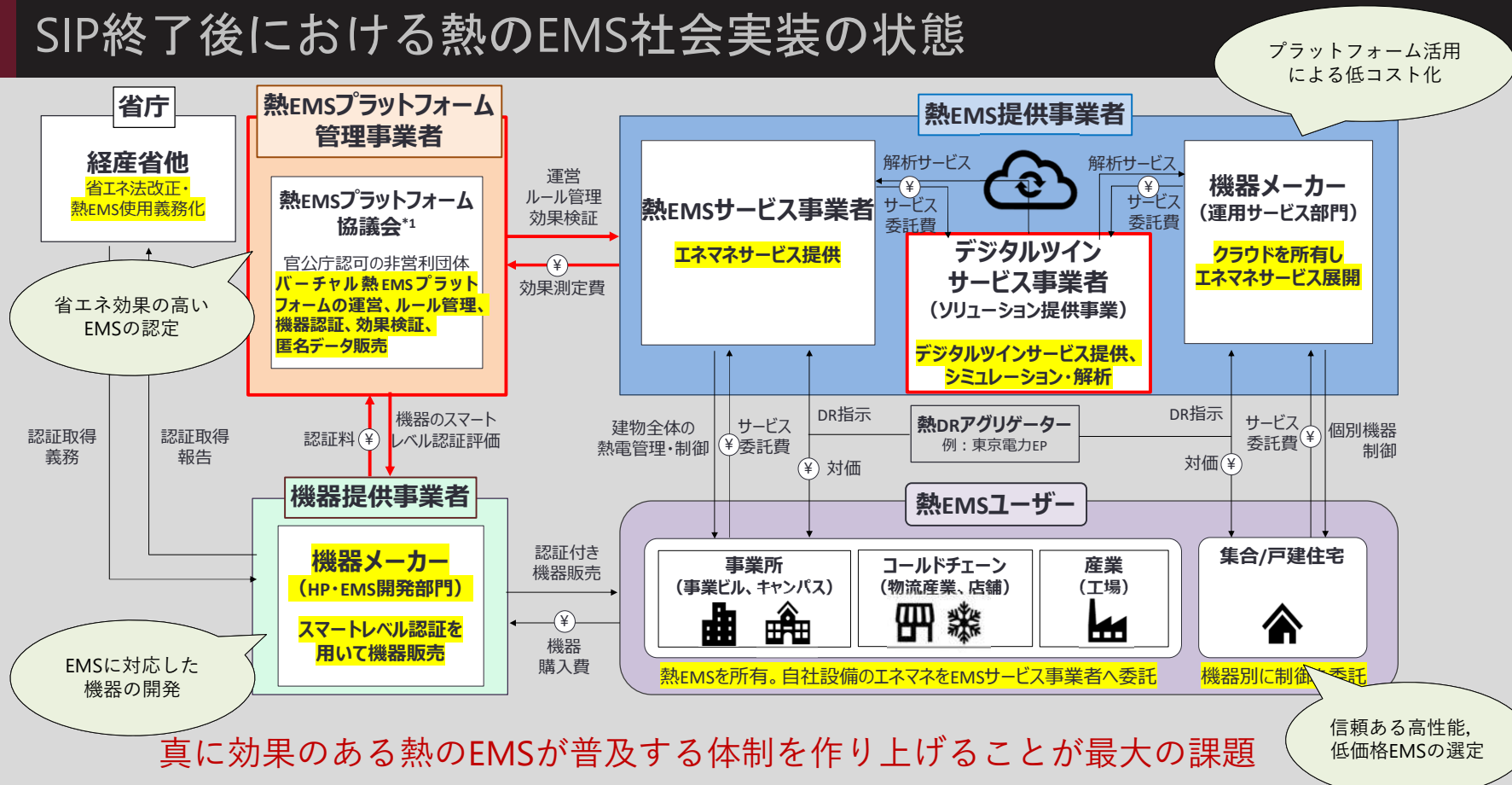
現状では、熱のEMSには、多くの課題が存在

- 機器メーカーがEMSへの対応もしていない機器をユーザー側に納入
- EMSは電力、ガス消費の管理、スケジューリングが中心
- 熱利用機器の運転状態の把握なし ⇒ 運用時の効率不明
- いくらでも省エネ効果を謳ってしまう

このような状態では、**効果のある熱のEMSは普及しない**

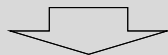


SIP終了後における熱のEMS社会実装の状態

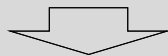


今後の展開

- ソフトウェア技術としてのEMSは、今後も大いに進展。
- 一方、ソフトとしてのEMSとハードウェアとしての熱利用機器のミスマッチの継続⇒デジタルツインによる熱の「見える化」や、熱利用機器のEMSへの対応レベルのルール化等、付随する技術やルール化でEMS発展支援

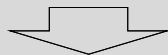


ソフトウェアとしてのEMSとハードウェアとしての機器をセットにしたインフラ技術化こそ今後の日本の競争力ある技術となる



ステージゲート後の残りの2年間で次のように展開

- デジタルツインの充実と高精度化
- 機器の非効率運転やEMSと機器のミスマッチ等の解明
- EMSを活用した全体最適化による省エネ運転法や省エネ効果の明確化
- 故障診断等の新たな技術展開の可能性模索



熱のEMSが正しく評価までされる社会システムを明確化させ、
真に効果のある熱EMSの早期普及に貢献