

【第148回エコ塾 競争力を生み出す省エネソリューション】

DX・AI技術を活用した エネルギーマネジメントシステムのご紹介

2024年7月4日

富士電機株式会社
エネルギー事業本部
エネルギーマネジメント事業部
GX推進部 笛木 豊

【講演者】 笛木 豊（ふえき ゆたか）

エネルギー事業本部 エネルギーマネジメント事業部 GXル推進部 主席

1982年 富士電機製造株式会社入社

1982年～2007年 富士ファコム制御株式会社 出向

- ・韓国製鉄所、メキシコ製鉄所の生産管理システム
 - ・国内製鉄所システム、物流・流通システム、医療システム
- など国内外のシステム開発を担当

2008年～

富士電機株式会社 復職

- ・国内スマートグリッド関連
- ・海外インフラ関連

など国内外のシステム企画・設計を担当

2022年～ 現在

エネルギー事業本部 エネルギーマネジメント事業部 GX推進部 主席

富士電機のxEMS

xEMSのさらなる高度化（LEVEL-4制御）

xEMS主要機能のご紹介

富士電機山梨工場導入事例

富士電機のxEMS（工場（FEMS）、街区（AEMS）、ビル（BEMS）、地域（CEMS）等EMS共通プラットフォーム）の導入実績、需給連携から需給双方向連携に向けての高度化、最適運転計画を含む主要機能の紹介、弊社工場への導入事例を説明します。

富士電機のxEMS



工場(FEMS)

・山梨工場、自動車、工業団地 他



スマートコミュニティ (CEMS)

・北九州、釜石、相馬、新島、VPP 他



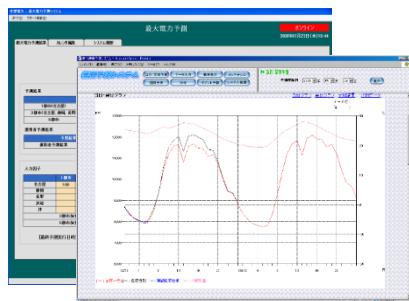
ビル (BEMS、AEMS)

・けいはんな、研究棟、ショッピングモール 他



電力会社 需要予測

・電力会社



新電力 需給管理

・需給管理けシステム



マンション (MEMS)

・デベロッパー

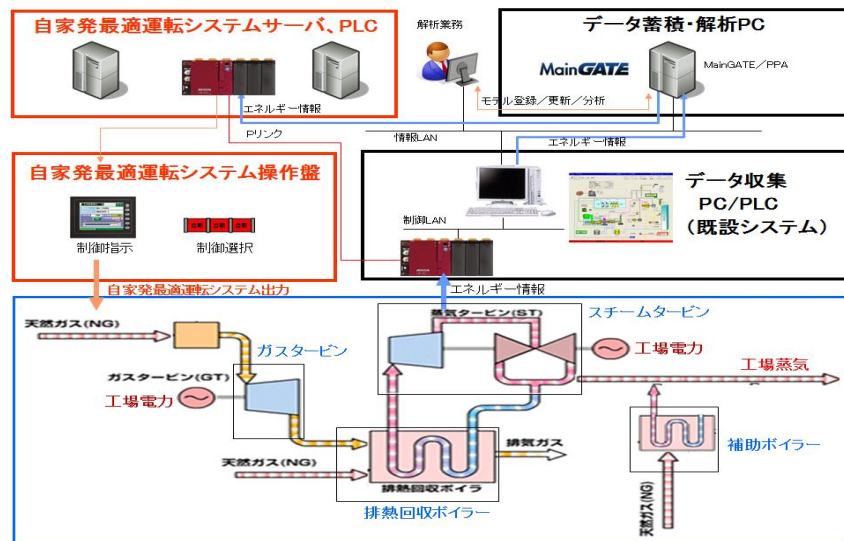


自家発最適制御システム事例（熱追従制御）

工場が必要とされる電力や蒸気などを**過不足なく、安全に**供給し、且つ**エネルギー運用コストを最小限化し、自家発設備の常時、効率運転を実現。**

安全性を考慮した速度型（設定制御系） による放熱量の最小化を実現！！

システム構成（自家発最適制御）



導入前の課題

通常運転時

逆潮を避けるため必要以上にガスタービン出力を下げ、**受電を増加させて運転。**

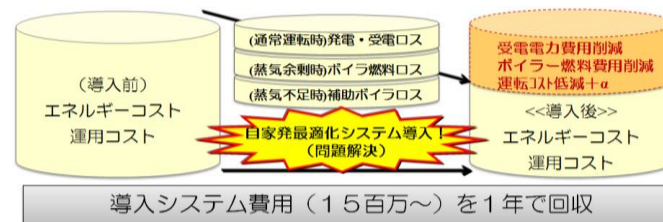
蒸気余剰時

排ガスボイラー出力を状況に応じて下げきれず、**放熱量を減らせず運転。**

蒸気不足時

排ガスボイラー出力を状況に応じて上げ切れず、**補助ボイラー燃料を減らせず運転。**

導入効果



これまで

- ・ビル単位でのエネマネ
- ・負荷予測機能や運転計画機能なし

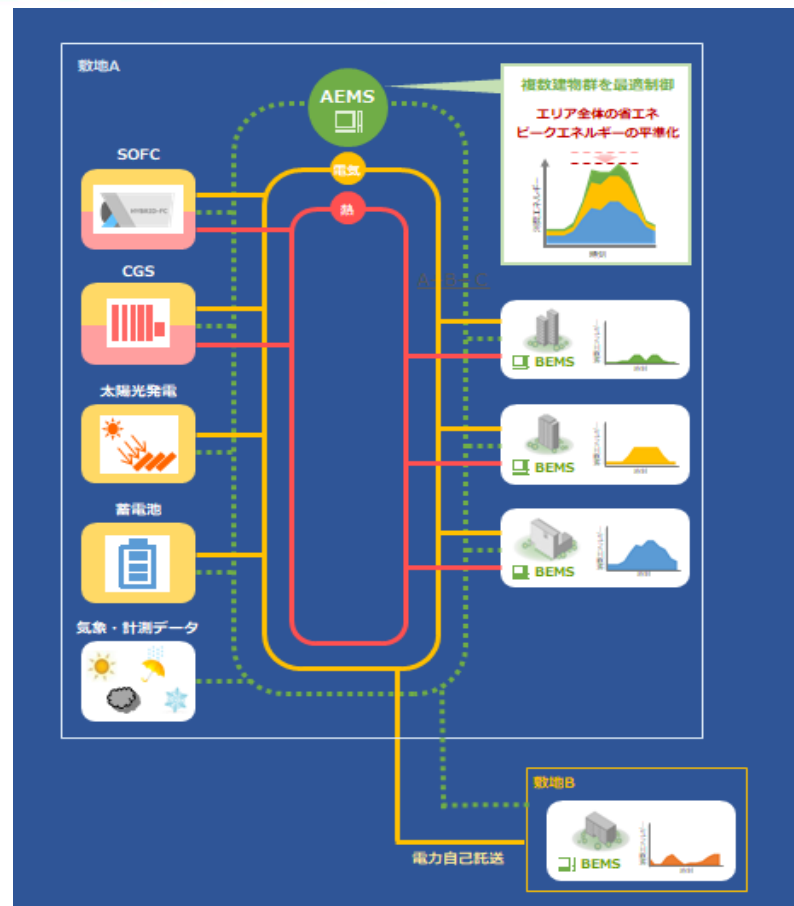


AEMSの機能

- ・エリアの各建物に対して統合的にエネマネを実施
- ・負荷予測や熱源の最適運転を計画
- ・気象データも利用しながらAIで賢く制御
- ・エリアで余った電力はエリア外への自己託送が可能

効果

- ・建物単体制御より 数%～の省エネ向上
- ・熱と電気のバックアップ機能の向上
- ・燃料電池SOFCやCGS、PVなどで創るエリアの電力・熱は、エリアの各建物で融通し合い
バランスよくエネルギーを利用



■ xEMSのさらなる高度化 (LEVEL-4制御)



プロジェクト概要

プロジェクト名	新さっぽろ駅周辺地区 I 街区開発プロジェクトにおけるスマートエネルギー事業 (2022年7月病院開業、2023年度中街びらき)
エネルギー事業者	エネルギー事業会社様
プロジェクト実施内容	● スマートな統合型インフラの構築による低炭素コンパクトシティの実現 ● 都市機能強靱化への貢献 ● 街区内外の電力需給調整機能を担う先導的なエネルギーシステムの実現

新さっぽろ I 街区



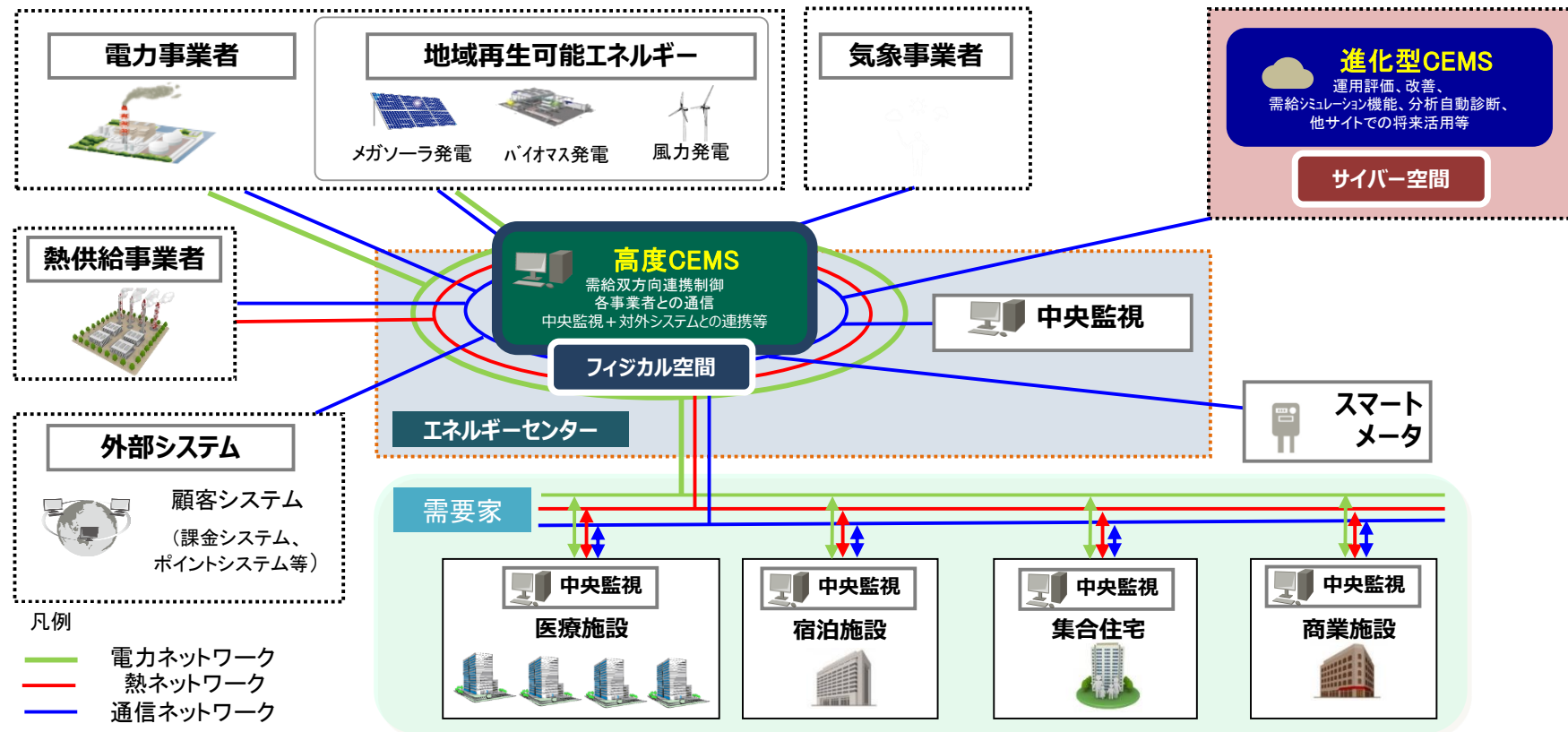
AIを活用した次世代CEMS（当社開発）

需給連携から需給双方向連携へ

従来：エリア需給連携（消費量に応じた供給機器の運転）
今後：需給双方向連携（需要調整も含めた需要供給間の運転）

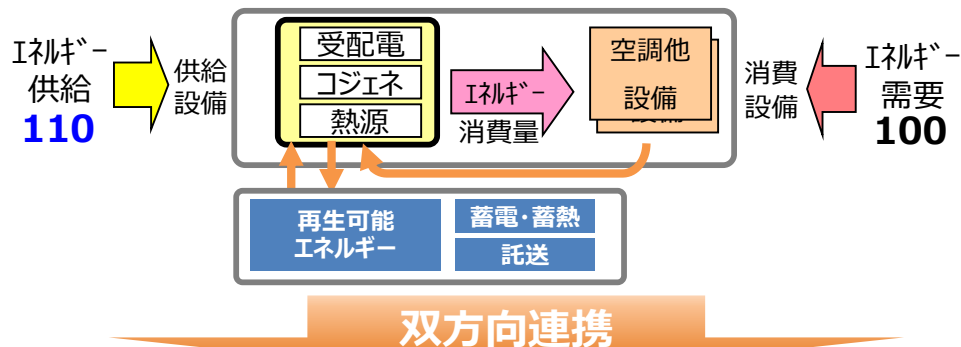


デジタル・ツインモデルの構築

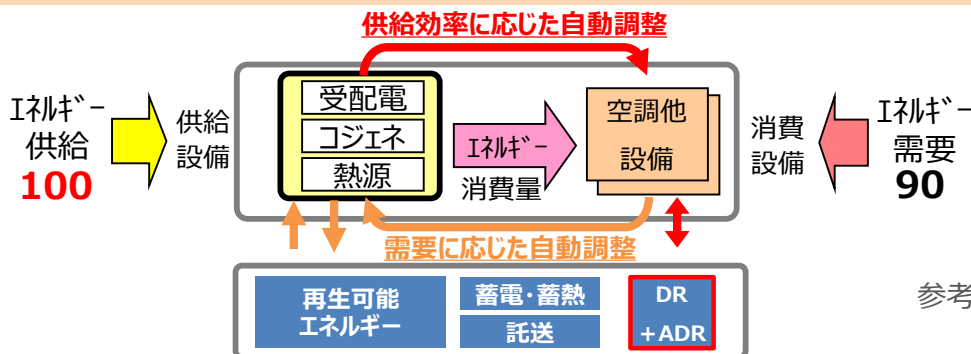


需給連携から需給双方向連携（LEVEL-4）へ

LEVEL-3 : 需給連携（消費量に応じた供給機器間の運転）



LEVEL-4 : 需給双方向連携（需要調整も含めた需要供給間の運転）



参考：JEITA革新的省エネルギー制御技術
（電子情報技術産業協会）

デジタルツインモデル型CEMS（需給双方向連携制御）の構築

中央監視のみ（熟練者の経験管理）

次世代CEMS（運用の高効率自動化）

Before

運用者



- ・中央監視（エネセン）のみ
- ・監視、制御検討
- ・データ管理

需要予測

熟練者による
経験管理

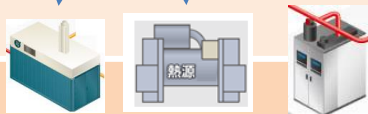
熟練者が経験と勘に基づいて設定

- ・需要を都度予測
- ・設備運転計画を検討
- ・燃料費状況を検討
- ・状況により都度設備運転操作
- ・設備メンテナンス
- ・状況監視モニタリング 等

運転計画



運転指令
（エネセン）

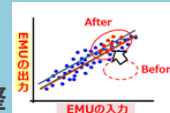


After

運用者



- ・エネルギー効率監視
- ・エネルギー管理＋活用
- ・自動で需要負荷、温度設定を調整



需要予測
予測修正

自動で需要予測

運転計画
再計画

自動で最適計画

運転指令
設備自動チューニング

自動で需給調整

導入メリット

需給の
最適化
+
快適性の
向上
↓
自動化の
実現

DR+ADR
（需要調整）

設定変更
（共用部）



空調



換気



各設備（ADR発動）

ADR：自動デマンドレスポンス

■ xEMS主要機能のご紹介



主要機能ブロックごとの要素技術

需要予測



- ・統計的機械学習手法
- ・予測因子の重み抽出、ユーザ調整可
- ・予測シミュレーション

効率分析



- ・エネルギー分析管理：3つのアプローチ手法
- ・エネルギー効率ベースライン管理
- ・効率要因の自動抽出（アナリティクスAI）

最適運転計画



- ・エネルギーネットワーク／設備モデル特性
- ・数理計画法
- ・最適化シミュレーション

運用監視・ダッシュボード

- ・エネルギー効率管理
- ・汎用ダッシュボード機能



AI技術の活用

① 需要予測



ニューラルネットワークの課題（**傾向変化に弱い・説明困難**）解決のため、
傾向変化に強く、説明可能な**統計的機械学習**を用いた予測手法を開発

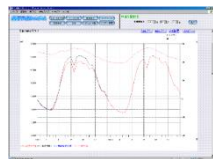
1990 2000 2010 2020年

ニューラルネットワーク / 深層学習(ディープラーニング)

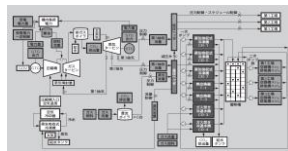
簡易予測

統計的機械学習

電力会社



自動車会社



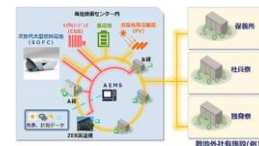
スマートコミュニティ実証事業
(北九州、けいはんなプラザビル、* * 様工業団地)



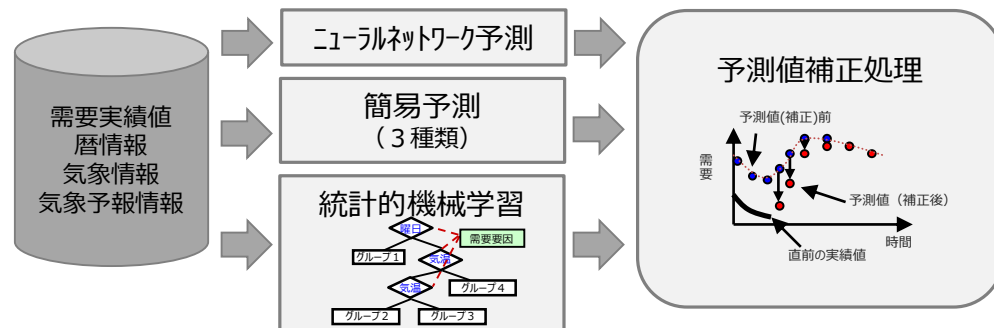
弊社 山梨工場



技術センター



統計的機械学習は全ての項目に優れている



【3つの予測手法】

①ニューラルネットワーク予測：過去の傾向を学習して予測

②簡易予測：固定要因から類似日を抽出して予測

③統計的機械学習
(JIT (Just In Time) 予測)

：需要要因を自動分析し、
その要因から類似日を
抽出して予測。

手法	高予測 精度	学習 データ数	計算速度	需要要因の 短期的変動	入力因子 自動調整	結果説明
簡易予測		○	○	○		○
ニューラル ネットワーク	○				○	
統計的機械学習 (JIT予測)	○	○	○	○	○	○

○：優位性

- 統計的手法で過去データから類似データを抽出&補正処理で高精度化（絶対値平均誤差：3～7%）
- 需要要因が類似するデータを用いて予測を都度モデル化し高精度なモデルを維持

要因強度が強い順に段階的にグルーピングして決定木モデルを作成

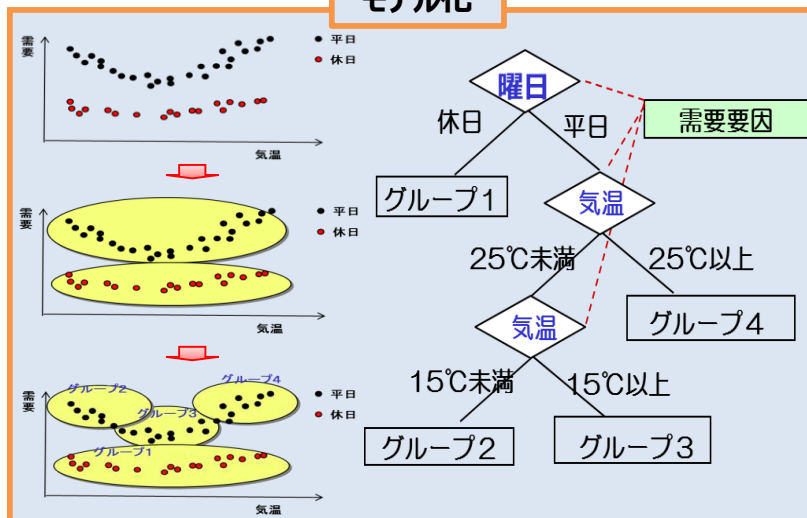
例えば、気温データ、曜日データから需要を予測する。

直近実績データをもとに予測値を自動補正

需要予測の例

需要実績値
暦情報
気象情報
気象予報情報

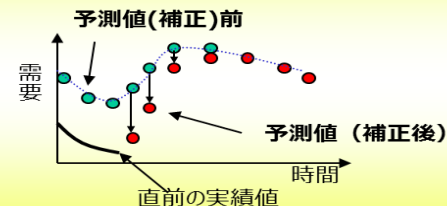
モデル化



予測

モデルと各種データより需要予測
○ ○ を考慮し補正

予測値補正処理



最適運転
計画へ

② 最適運転計画



最適運転計画（全体概要）

電気・熱を供給するユーティリティ設備の運転計画を最適に立案し、トータルのエネルギーコストやCO2排出量の削減を実現

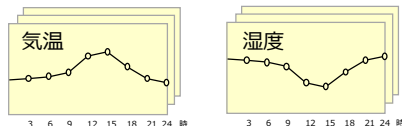
入力

最適運用システム

出力

需要実績値・予測因子等

気象予報
データ（例）
（配信会社より
自動入力）

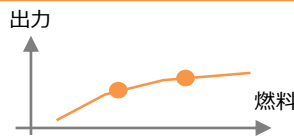


プラント
運用条件
（例）

- ボイラ、冷凍機等機器の使用可／不可
- 必ず考慮する必要のある使用優先順位
- その他

プラント設備の
特性データ
（例）

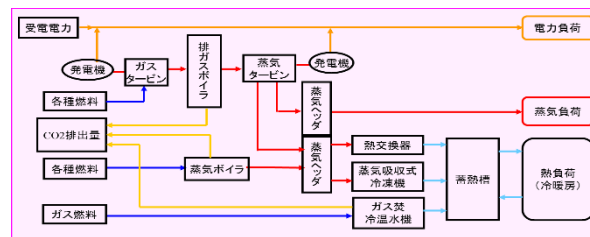
- 入出力特性
- 上下限制約
- その他



負荷予測機能

プラントシミュレータ

最適運転計画
生成機能（数理計画法）



電気・熱負荷予測値



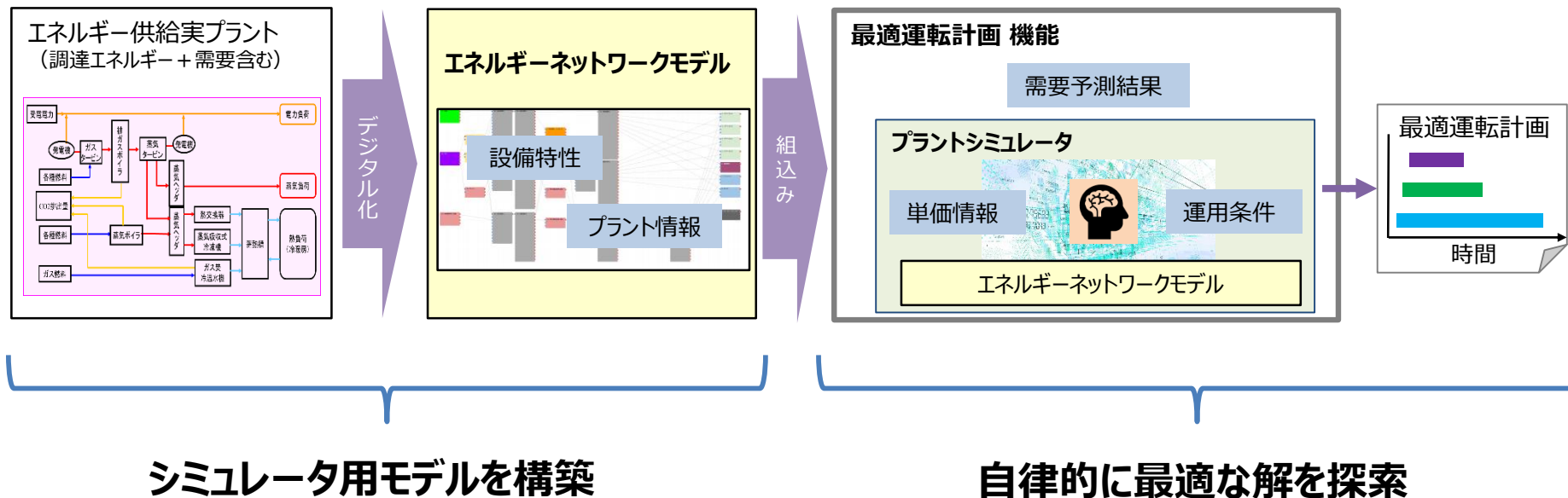
運転計画値



その他の
プラント状態量

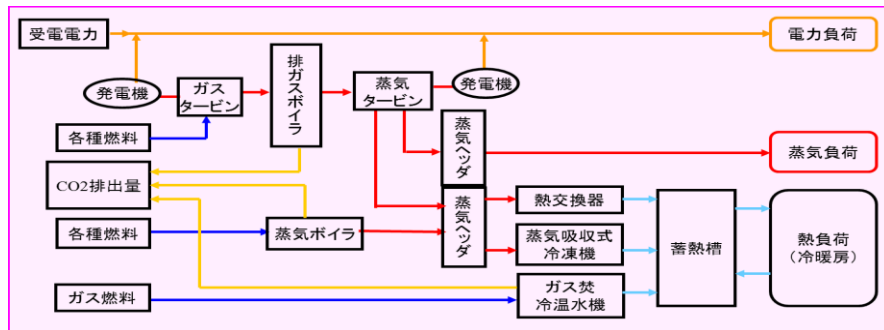


実プラントを高精度でデジタル化し、正確な運用計画を立案



電気・熱を供給するユーティリティ設備の運転計画を最適に立案し、**トータルのエネルギーコストやCO₂排出量の削減を実現**

代表的な設備構成



工場や大規模施設などに電力・熱・蒸気を供給するエネルギーユーティリティプラント（発電・熱源などの動力設備）を対象としている

効果

従来の運用より、**約5～7%の省エネコスト効果を実現できます。**

省コスト効果をもたらす要因

- コストの高い設備運転比率の低減
- 蓄熱槽の効率運用（過剰蓄熱の回避／自然損失の減少）
- 電力負荷に応じた託送電力の最適決定 など

③ 効率分析

- ・エネルギー分析管理：3つのアプローチ手法
- ・エネルギー効率ベースライン管理 + 効率要因の自動抽出（アナリティクスAI）

④ 運用監視ダッシュボード

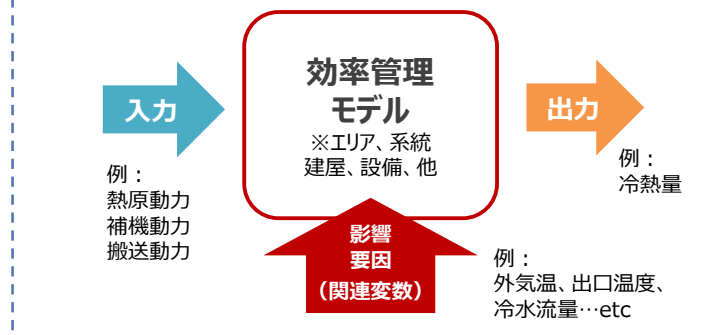
- ・エネルギー効率管理
- ・汎用ダッシュボード機能



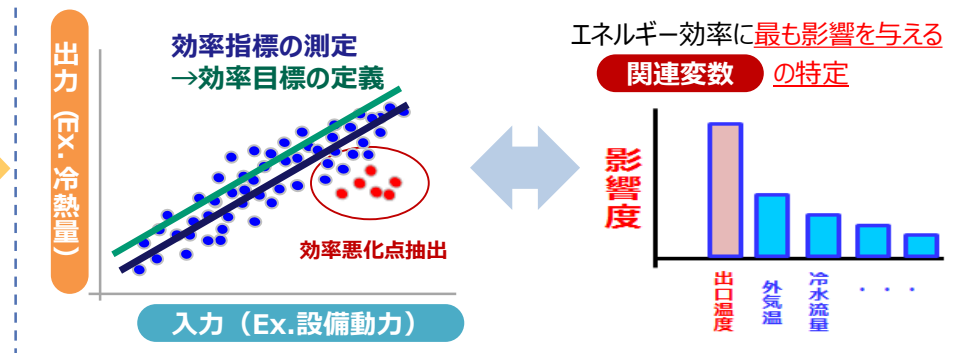
【課 題】・データ可視化を実施してきたが、アクションに繋げる可視化が出来ていない
・分析作業が運用者の知見・力量によるところが大きい

【対 策】・国際規格ISO50006の管理フレームをもとに
活動定着化、省力化（自動診断からの運用パターン展開）を目指す

エネルギー管理ユニット（効率管理モデル設定）



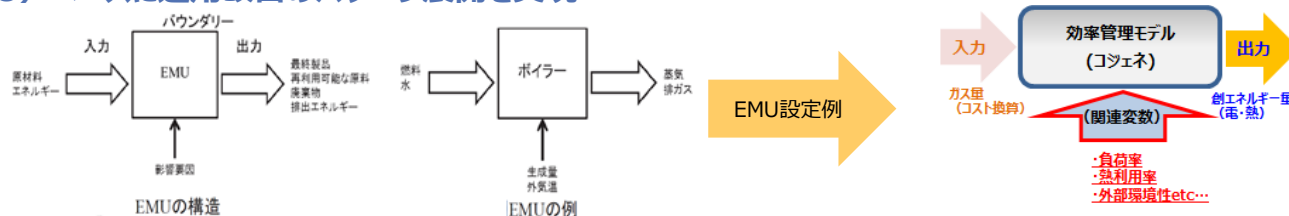
エネルギー効率管理、関連変数の特定



- ・アナリティクスA I 診断を実装し、診断解析後の目標計画や要因管理値抽出します
- ・KPI(EnPI)の見える化、課題の見える化を汎用ダッシュボード機能で提供します

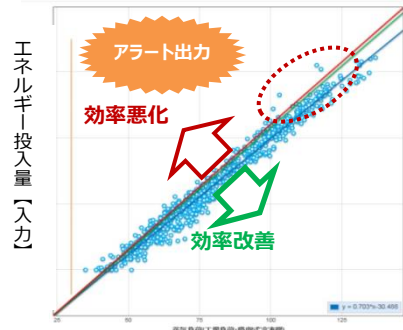
エネルギー管理ユニット（EMU）ベースに運用改善のパターン展開を実現

※EMU構築に必要なデータ収集（入力、出力、関連変数）、EMU定義のみを行うことで運用効率改善に繋がる機能群を共通化する。

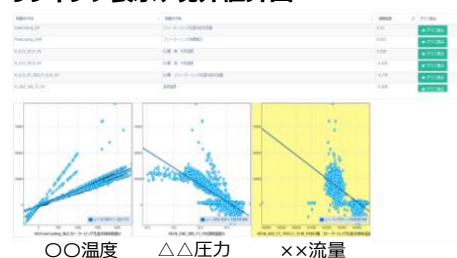


AI技術を活用した

Diagnosis : 診断機能



+ 効率悪化の【影響要因】の
ランキング表示、境界値算出



EMU定義から 2つの主要機能へ展開

IoT技術を活用した

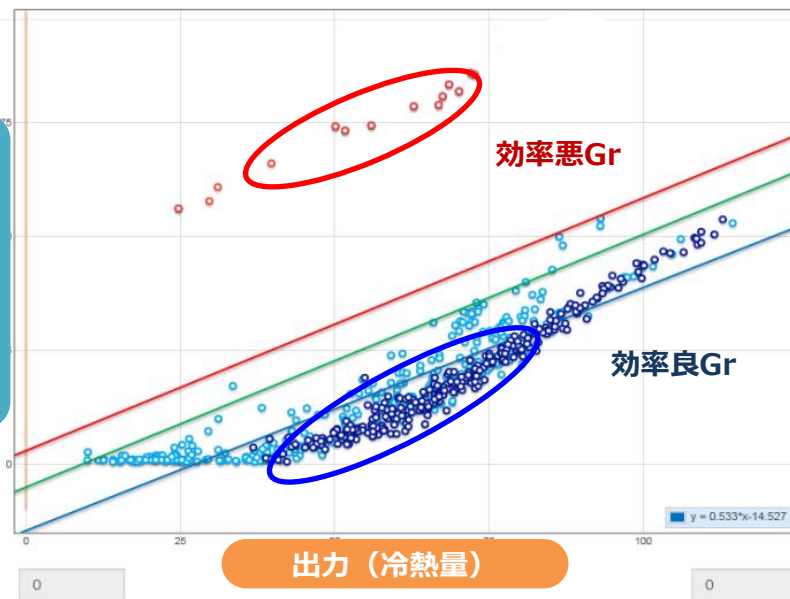
Dashboard : ダッシュボード



2次エネルギー（蒸気・エアー他）／生産量【出力】

2つの効率データグループの要因差異をAI診断技術を用いて自動的に判別

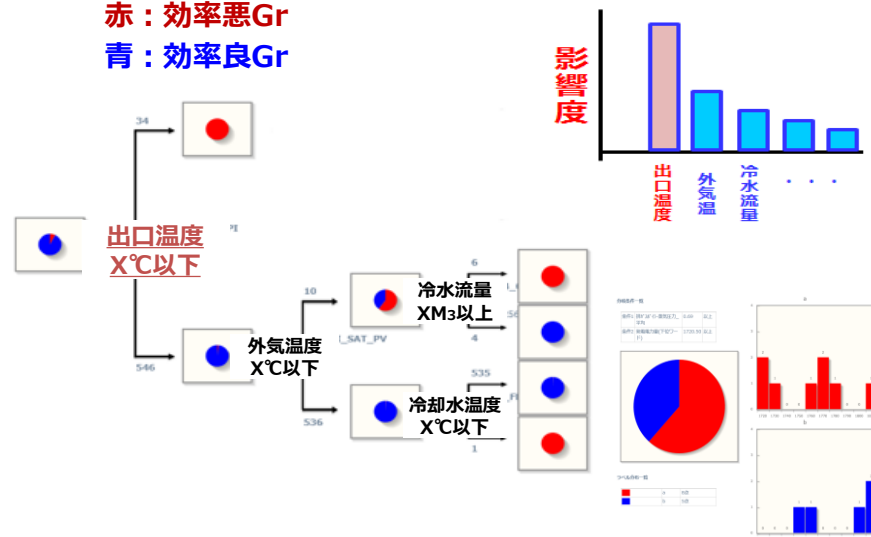
エネルギー効率管理 (効率監視機能)



アナリティクスAI診断

AI診断による要因検知

赤 : 効率悪Gr
青 : 効率良Gr



需要予測と同様の技術を使用

概要（最大9フレーム内に各種設定が可能）

汎用ダッシュボード画面機能



ユーザが自由にダッシュボード部品・画面を設定可能

・関連システムURL張付け設定が可能
・Webカメラダッシュボード等も可能

最大9フレームを自由にリサイズが可能
※階層構造にて複数のダッシュボード設定が可能

富士電機 山梨工場導入事例



- 所在地：山梨県南アルプス市飯野221番地1
- 敷地面積：工場敷地 162,425m²

- 従業員数：約400名
- 取り扱い製品：産業用IGBT 車載用IGBT

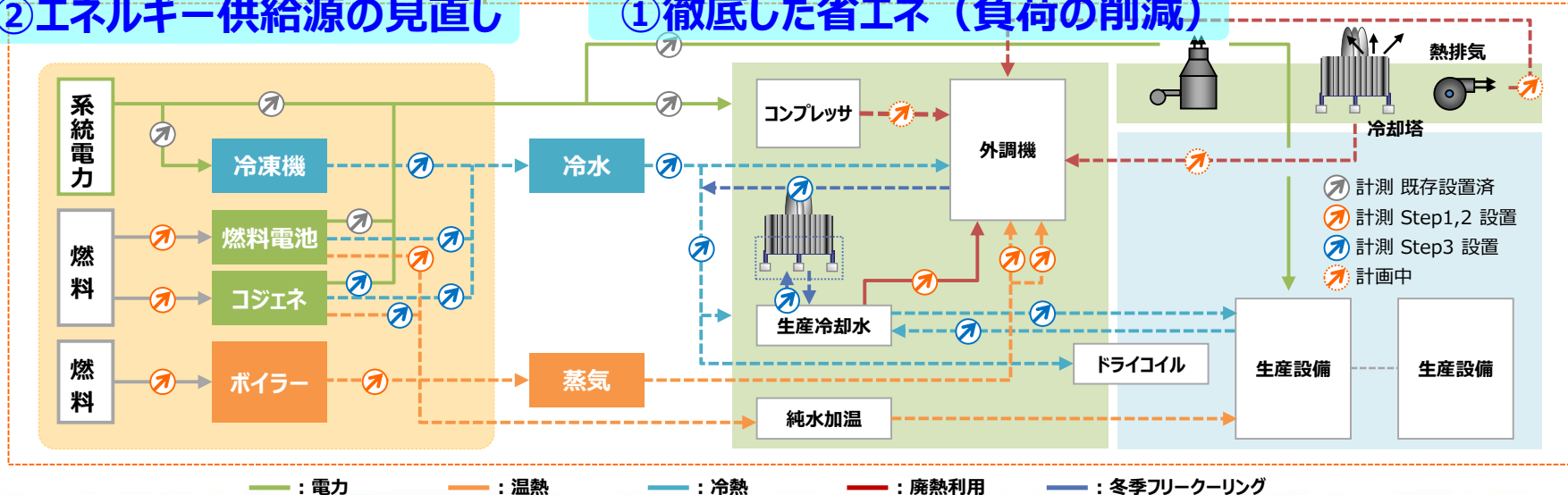


エネルギー効率改善を実現する3つの取り組み



② エネルギー供給源の見直し

① 徹底した省エネ（負荷の削減）

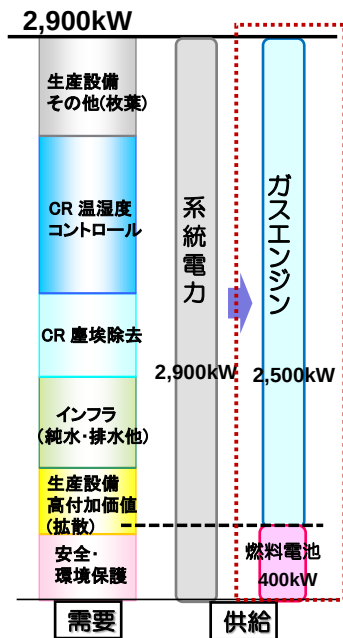


省エネルギー実績のまとめ（2015年度）

省エネルギー率

▲34%を達成(対2010年度)、電力自給率：0%→100%

電力自給の内訳

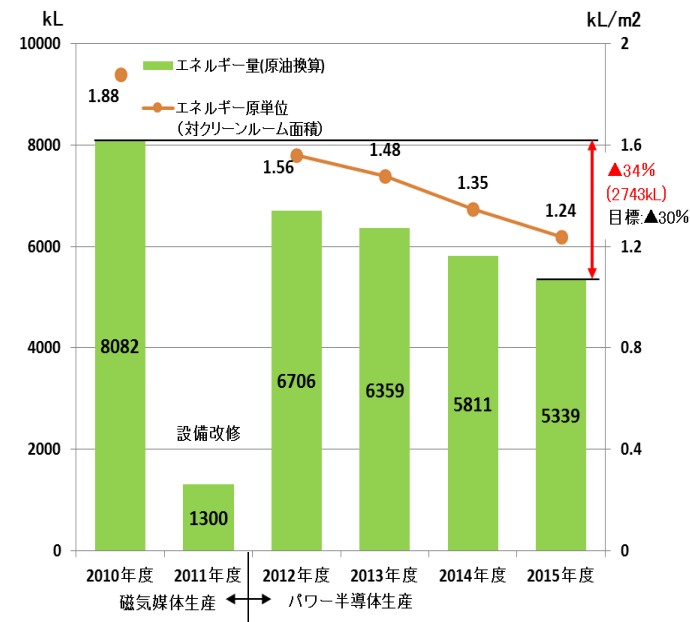


省エネ量の内訳

No.	省エネ施策	省エネ量* (kL)
1	クリーンルームの局所化FFUのDC化	172
2	ドライコイル方式冷却	343
3	外調機の気化式加湿	158
4	熱排気の回収	58
5	フリークーリングの適用拡大	343
6	ガスコージェネの排熱利用	895
7	ガスエンジンの高温温水の有効利用	172
8	燃料電池の高温温水の有効利用	100
9	貫流ボイラーの燃料削減	90
10	高効率機器導入	412
合 計		2743

*原油換算

エネルギー量の推移



◆2016年度 省エネ大賞「経済産業大臣賞」を受賞

受賞内容：経済産業大臣賞（節電分野）「FEMSを活用した電気と熱の最適利用による省エネの取り組み」

- 半導体製造工場において、FEMSを活用した電気と熱の最適利用による省エネと、エネルギー供給リスク回避の両立に取り組んだ事例である。
- 省エネ対策として、クリーンルームのFFU（ファンフィルタユニット）最適運転制御、加湿・温度制御方式の改良、FEMSと連携したフリークーリング運転等を実施。
- また省エネだけでなく、BCP（事業継続計画）の観点からも、高圧UPS、燃料電池とガスエンジンによるコージェネレーションシステムの導入を図り、コージェネの排熱も徹底的に活用した。

◆2017年度「コージェネ大賞」を受賞

受賞内容：産業用部門（優秀賞）

「IoTとの組合せでエネルギー供給リスク回避と省エネの両立を実現したコージェネレーションの導入」

■FEMS活用による省エネの実現

- ・コージェネの排ガスボイラーとガス焚きボイラーの蒸気圧力の設定を適正化して、排ガスボイラーの蒸気を効率的に利用できるように調整等

■防災性・電源セキュリティ性向上の取り組み

- ・ガスエンジンおよび燃料電池の組み合わせによる、電力自給率100%達成で、長期停電にも対応可能。
- ・高速遮断器に、半導体スイッチ（2m秒）を採用し、商用電源の電圧低下率75%まで生産ラインへの影響なしを確認

■各種PR

- ・顧客、行政、地域の見学者の受入れ ・大学における寄付講座にプログラム提供 等

コージェネ2号機の導入に合わせて、既存FEMSのリニューアル（2022年度）

【既存FEMS(見える化モニタ) ※2012～14年度構築】



【シンFEMS(エネルギーモニター等) ※2022年度リニューアル構築】



EnergyGATE

※青字（リニューアル対象機能）

■見える化（既存監視システム改修+見える化モニタ）

2011年度～2013年度の設備リニューアルとともに各種センサーの増強を実施。
既設監視システムの改修+見える化モニタの設置【2012年度～2014年度】

※汎用ダッシュボード・経営/運用管理ダッシュボード

■分かる化（エネルギー分析）

エネルギー運用管理に必要なデータ分析システム導入【2013年度】

※エネルギー効率管理/アナリティクスAI診断

■最適化（需給最適支援システム）

エネルギー供給源設備（燃料電池+ガスエンジン導入）に伴い、エネルギー供給計画システム（需要予測+最適計画）の導入【2014年度】

※最適化シミュレーション、オートチューニング

＜ご連絡先＞

富士電機株式会社 エネルギー事業本部
エネルギーマネジメント事業部 GX推進部 笛木 豊
E-mail : fueki-yutaka@fujielectric.com

富士電機株式会社 パワエレ営業本部 九州支社
営業部 営業第二課 赤根 英樹
E-mail : akane-h@fujielectric.com

＜技術資料＞



富士電機技報 第96巻第3号（2024年1月）特集 カarbonニュートラルの実現に向けたソリューション・技術
https://www.fujielectric.co.jp/about/technology/detail/gihou_2024_contents_96-03.html

富士電機は、本資料に掲載する情報の品質について、細心の注意を払っております。しかし、それらの情報の正確性、信頼性、適時性、有用性、お客様の利用目的への適合性等については、如何なる保証をするものではありません。本資料の特定のサービスに関する利用規約で別途の定めがない限り、富士電機は本資料のご利用に関して生じる如何なる損害についても、一切責任を負わないこととさせていただきます。

また、富士電機は、予告なしに本資料の情報の変更もしくは提供の終了させて頂くこともありますので、予めご了承下さい。富士電機は、これらによって生じる如何なる損害についても、一切責任を負わないこととさせていただきます。

