

国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善 —アナリティクス・AI を活用した EMS アドオン機能—

Improvement of Energy Efficiency According to International Standards—EMS Add-On Functions Using Data Analytics

竜田 尚登 TATTA, Naoto

鈴木 聡 SUZUKI, Satoshi

松本 晴幸 MATSUMOTO, Haruyuki

世界的な規制や規格が強化される中、日本企業を取り巻くエネルギー環境は、さらなるエネルギー運用効率の改善が求められている。富士電機は、現状の運用課題を整理し、その課題を解決するために、国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善に寄与するアナリティクス・AI を活用したエネルギーマネジメントシステムの新機能を開発した。本機能により、省エネルギー活動の維持管理活動を推進するための SDCA サイクルの運用環境が構築できるとともに、PDCA サイクルにおいてスピードアップした改善・革新活動・方針管理が可能となる。

As international regulations and standards become increasingly stringent, Japanese companies are being compelled to enhance energy efficiency by the environment situation surrounding them. Fuji Electric has reviewed current operating and developed new features for our energy management system, leveraging data analytics to improve energy efficiency in compliance with international standards. These features will facilitate the development of the framework of the SDCA cycle to maintain and manage energy-saving activities and will in turn speed up improvement, innovating activity and policy management through the PDCA cycle.

1 まえがき

2015 年 12 月の「パリ協定」(COP21) の下で、日本は国際公約として、2030 年までに温室効果ガスの排出を 2013 年度比で 26% 削減することに合意した。この高いハードルを越えるため、2016 年 4 月に経済産業省はエネルギー革新戦略を決定した。その中で“徹底した省エネルギー(省エネ)”を一つの柱とし、2030 年度までに石油危機後並みの 35% エネルギー効率の改善を目標に掲げた。

また、新興国のエネルギー使用の増大を背景に世界のエネルギー需要は増加し、エネルギーコストは中長期的に上昇し続けることが予想されている。このような世界的状況に対応するため、エネルギーマネジメントシステム(EMS: Energy Management System)の国際規格 ISO 50001 が発行され、ドイツ、米国、中国をはじめとする海外企業が積極的に導入している。

世界的な規制や規格が強化される中、設備単位での省エネ対策に加えて、エネルギー需要に合わせた設備のよりきめ細かな効率的運用が近年求められている。企業におけるエネルギー効率の改善は、部門ごとや局所的な対策ではもはや限界である。企業の経営課題と位置付け、日常的かつ継続的に改善を進めるためのエネルギーマネジメント基盤の整備が必要である。

本稿では、現行の EMS および省エネ分析アプローチからのエネルギー効率改善に焦点を当て、現状の運用課題を整理する。そして、これらの課題を解決するために国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善に寄与するアナリティクス・AI を活用した EMS の新機能について述べる。

2 現行のエネルギー分析管理システムにおける課題

富士電機では、効率的なエネルギー分析を実現するために製造実績分析支援パッケージ「MainGATE/PPA」(図 1)を用いたエネルギー分析管理システムを提供している。

本パッケージは、エネルギー計測データだけでなく、ユーティリティ設備や生産設備の稼働情報、生産出来高などの製造情報を有機的に結合して、工場のエネルギーの分析や管理(FEMS: Factory Energy Management System)を行うことができる。また、事務所やオフィスのエネルギー管理(BEMS: Building and Energy Management System)についても、熱源、搬送動力、照明・コンセントおよび空調やその他の動力に対しても、長年の EMS の構築経験から得た知見を基にしたエネルギー分析テンプレートを活用することで、容易に構築することができる。

また、富士電機は、次の三つの領域ごとに EMS パッ



図 1 「MainGATE/PPA」の分析表示例

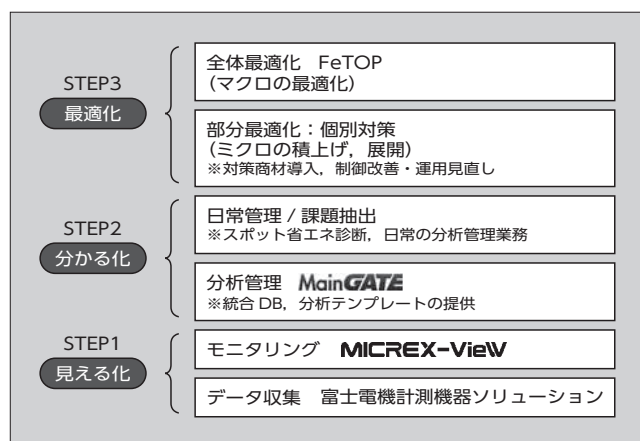


図2 富士電機のEMSの構造

パッケージソリューションを提供している（図2）。

(a) STEP1：見える化

エネルギーデータの収集および可視化

(b) STEP2：分かる化

収集実績データの多角的な分析

(c) STEP3：最適化

再生可能エネルギーやコージェネレーション、蓄電池の利用も加味したプラントの全体最適化

これまで富士電機は、MainGATE/PPAを用いて、顧客の省エネ活動サイクル（分析・管理からの課題抽出、個別対策）の改善に役立つように“分かる化”ソリューションを提供してきた。しかし、省エネ活動において主に次に示す二つの運用面での課題があるため、活動が定着しない、継続できていないケースが多く見られている。

(1) 運用課題1：省エネ活動の分析業務プロセス

顧客にエネルギー効率改善の課題抽出アプローチのPDCAルールや判断基準が根付かない。

さらに、分析業務に充当できる人的・時間的リソースには限りがあり、また、個個人の知見にばらつきがある。そのため、せっかく苦労して大量のデータを集められるようになって、誰がどんな情報を見るのか、その結果からどう改善に向けての評価を行って運用するのか、といった一連の省エネ活動の分析や業務プロセスの確立と運用が定着できていない。

(2) 運用課題2：部門を越えて一体となった省エネ改善活動

省エネ活動がエネルギー供給側に携わる原動施設部門に一任されて、エネルギー需要側の製造部門や業務部門などと一体となった活動に至っていない。原動施設部門としては、製造部門、業務部門などに省エネの意識や活動を根付かせたいが、有効な手段が見いだせていない。

また、エネルギー管理の取組みが一方的な管理要求の押し付けになっているため、現場の各階層の主體的な省エネ活動の弊害となっている。しかし、富士電機のMainGATE/PPAの現行機能を使用する上で、ユーザの力量や運用体制に頼る必要がある。そのため、改善活動において、省エネ課題解決プロセス（日常管理、課題抽出、個

別対策）が確立できないことが多い。

③ エネルギー運用効率改善パッケージ「MainGATE/PPA with DD」

3.1 開発コンセプト

富士電機は、②章で述べた省エネ活動における課題を解決するため、国際規格ISO 50001（EMS）の引用規格であるISO 50006（エネルギーパフォーマンスの計測）に準拠したEMSの新機能を開発した。

運用課題1に対しては、ISO 50006の管理フレームに従って定めたエネルギー管理ユニット（組織、ライン、設備など）ごとのエネルギーロス要因の分析機能と自動診断機能を開発した。また、運用課題2に対しては、エネルギー効率の達成率（実績/目標）、ロス要因（管理しきい値）などを表示して、リアルタイムに運用管理する汎用ダッシュボード機能を開発した。

これらの機能を用いることで、省エネ活動の維持管理活動を推進するためのSDCAサイクルの運用環境が構築できる。さらに顧客の分析業務の負荷を軽減することにより、PDCAサイクルにおいてスピードアップした改善・革新活動・方針管理が可能となる（図3）。

3.2 ISO 50006の管理フレーム適用

エネルギー管理において、エネルギー効率の変化（向上・低下）を評価する対象を定めることは重要である。ISO 50006の管理フレーム^{〔注〕}では、いくつかのエネルギーパフォーマンス指標（EnPI：Energy Performance Indicator）を管理する単位をエネルギー管理ユニット

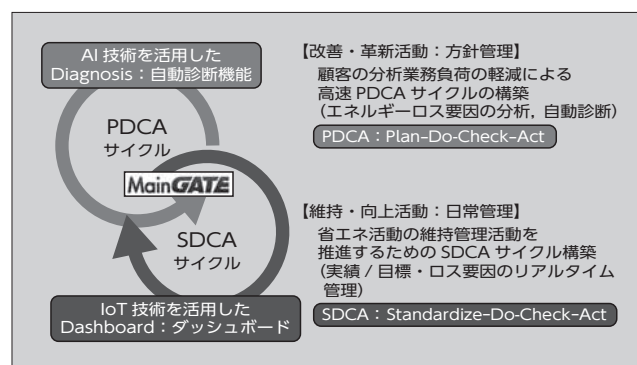


図3 高速PDCAサイクル・SDCAサイクル

〔注〕エネルギーパフォーマンス指標（EnPI）：エネルギー使用量やエネルギーの用途（用途）、エネルギー効率に関連する測定可能な結果を総称して、エネルギーパフォーマンス（エネルギー性能）と呼ぶ。具体的には、エネルギー使用量、ピーク電力、用途別エネルギー消費量、各種のエネルギー効率などである。これらについて、組織が定めた定量的な値（または尺度）をエネルギーパフォーマンス指標（EnPI：Energy Performance Indicator）と呼ぶ。エネルギー性能を計測する物差しに相当し、組織の判断で目的ごとにいくつでも使用できる。

(EMU: Energy Managed Unit) と呼ぶ。エネルギー効率の日々の管理、エネルギー効率に影響を与える関連変数(影響要因)を特定することを重要視している。過去の効率実績データから管理目標基準を定め、エネルギー効率(エネルギー原単位、機器効率など)を管理するとともに効率に深く影響する関連変数を管理することが重要である(図4)。

エネルギー運用効率改善機能は、EMU を核に構成している。EMU の定義に必要なデータ収集と設定(入力、出力、関連要因)のみを行うことで、各種エネルギー運用効

率改善につながる機能群(自動診断、リアルタイム管理機能など)に展開が可能なシステム構造とした(図5)。

ある製造工程における原単位の管理を例に取れば、EMU の入力には工程の消費エネルギーを、出力には工程の生産出来高、工程の原単位に関連する影響要因(設備稼働情報、運用情報などの複数の情報)を EMU の管理機能に登録することにより、原単位の悪化の期間、影響要因(原単位に最も寄与する設備稼働状態など)を分析し、自動診断機能にて特定することができる。さらに、原単位の目標値との乖離(かいり)を監視機能にて定周期で監視できる。エネルギー効率目標、実績の乖離、効率に影響を与える関連要因をリアルタイム管理機能にて毎日捕捉でき、製造現場における適正なエネルギー消費に関する運用の示唆が得られる。また、定義した EMU に基づいたモデル化は、類似の工程や設備などに複製することで横展開が可能であり、新規の省エネ活動を素早く立ち上げることができる。

3.3 エネルギー運用効率改善機能 (with DD)

エネルギー運用効率改善機能は、3.1 節で述べた開発コンセプトを基に開発した、MainGATE/PPA のアドオン機能である。これは次の主要機能を持つ。

- (1) エネルギー管理ユニット (EMU) とエネルギーベースライン (EnB) 定義機能

(a) EMU の定義機能

設備ごと、ラインごと、組織ごと、工場ごとの単位などのツリー階層に応じた EMU を定義することができる。EMU の入力、出力信号、要因関連情報の内部タグを作成し、そのデータの基となる MainGATE-DB (データベース) からタグを割り付ける。また、演算機能(四則演算機能)も持っている。

(b) EnB の定義機能

EnB とは、特定の期間における EMU 定義ごとの EnPI を定量化するための評価基準(ベースライン)である。定義した EMU ごとに、季節や操業形態ごとにグループ分けを行った任意の期間、運用条件などに絞り込んだ過去実績値から複数の効率目標ベースラインを定義できる。また、正常な範囲から逸脱した実績値を GUI (Graphical User Interface) 上で確認でき、GUI 上で逸脱した実績値を除外し、ベースラインの精度を高めることができる(図6)。

- (2) エネルギー効率要因項目の抽出・監視機能

(a) 影響要因の関連強度算出における分析機能

EMU に定義した影響要因における関連強度の算出において、定義した複数の EnB ごとに EnPI に対する影響要因の相関係数の大きさに基づいて、関連強度が強い影響要因を洗い出すなどの分析ができる。また、EnB 上に特定の期間データ(製造シフトの切替時間、休憩時間など)、関連要因のデータ境界(特定の温度領域など)を設定することで、効率悪化点の要因を GUI 上に抽出する機能を持っている。

(b) 効率の自動監視機能

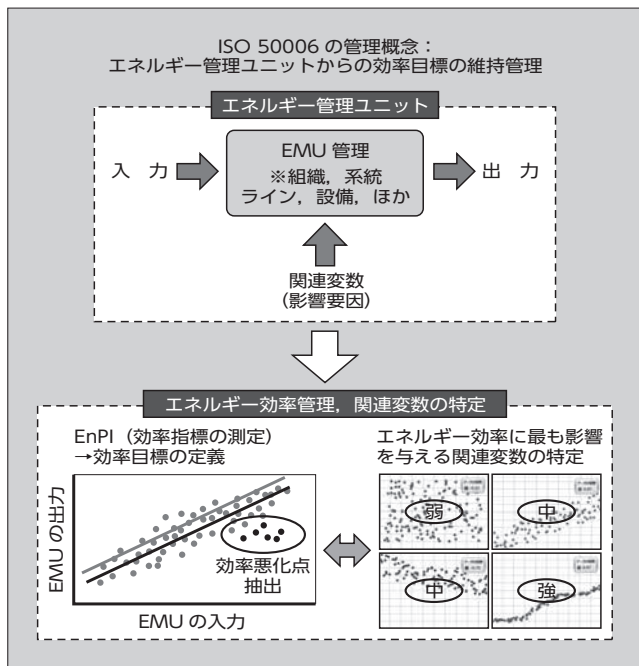


図4 ISO 50006 の管理フレームの概念図

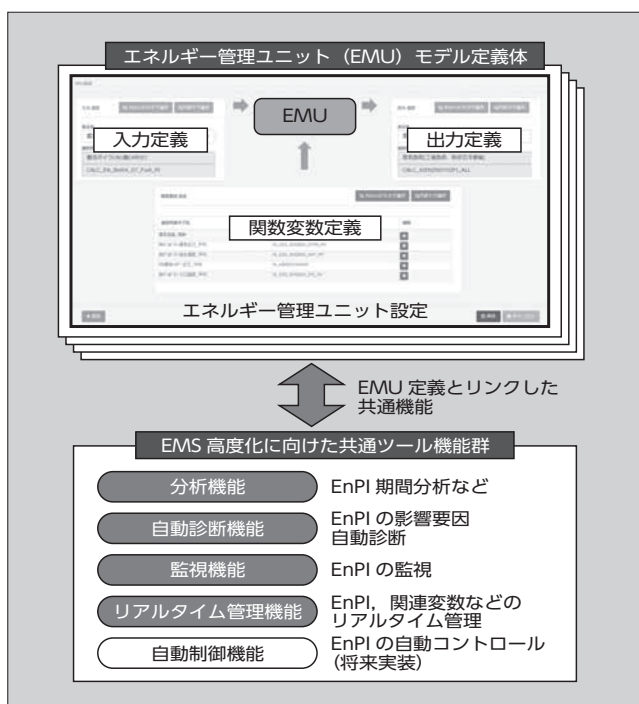


図5 EMU に基づいたモデル化の例

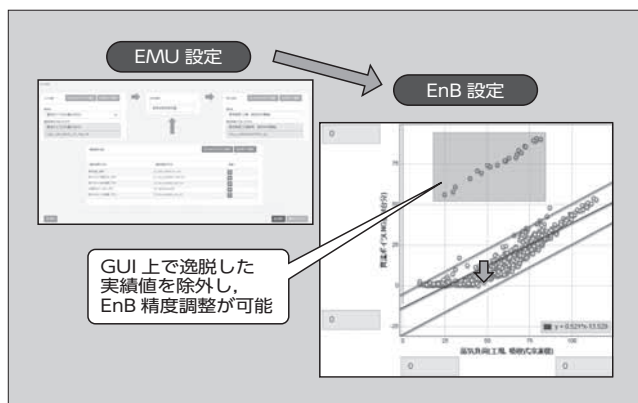


図6 エネルギー管理ユニットにおけるベースライン設定

EnB 定義機能にて設定したベースラインの他に目標ベースライン、アラートベースラインを定義できる。アラートベースライン境界を逸脱する点（効率低下点）を定周期監視機能にて監視できる（図7）。

(3) リアルタイム管理機能

(a) 汎用ダッシュボード機能

現場運用者が見たいときに見たい情報を見ることができるよう、ダッシュボード機能を備えている。ダッ

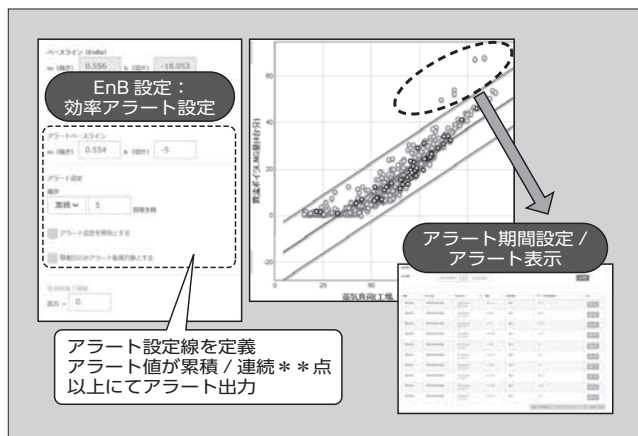


図7 エネルギー効率要因項目の抽出・監視機能



図8 汎用ダッシュボード機能

シュボード一覧（EMU と同じ組織ツリー）にて階層を選択すると、設定に応じたダッシュボードを表示する。ダッシュボードは任意のフレームサイズに変更でき、九つのフレーム（領域）から成っている（図8）。フレームそれぞれに折れ線/棒グラフ、メーター表示、数値表示、目標/実績管理、簡易画面作成、URL リンクなどが表示できる。また、設定画面を随時呼び出して、表示形式や表示対象データの設定や変更が自由に行える。

4 エネルギー効率要因の自動診断エンジン

エネルギー効率改善活動において、分析業務サイクルのスピードアップと高度化を図るため、3章で述べた機能に加えて、実績データからエネルギー効率要因を自動診断するアナリティクス（分析）エンジンを開発した。

4.1 エンジン機能

(1) アナリティクスエンジンへの入力

エネルギー効率要因を診断するためには、エネルギー効率が良かったときと悪かったときの実績データとの差異を生じさせている因子を抽出する必要がある。因子を抽出するために、効率が良いまたは悪いのラベルを付与したデータ群をエンジンに入力する。このラベルは、3.2 節で述べた EnB を基準として付与する。または、GUI 上でユーザが指定したデータグループにラベルを付与してもよい。

(2) アナリティクスエンジンの機能

アナリティクスエンジンはラベル付きデータを教師データとして学習し、ラベルを説明（予測）するモデルを自動作成する。このモデルから説明因子を抽出することで、ラベル（エネルギー効率の良しあし）に影響の大きい因子が分かる。また、ラベル予測のバウンダリー値（関連変数境界および時間境界）も抽出できるので、どの関連変数の、どの時期の値がエネルギー効率に影響しているのかを分析することができる（図9）。

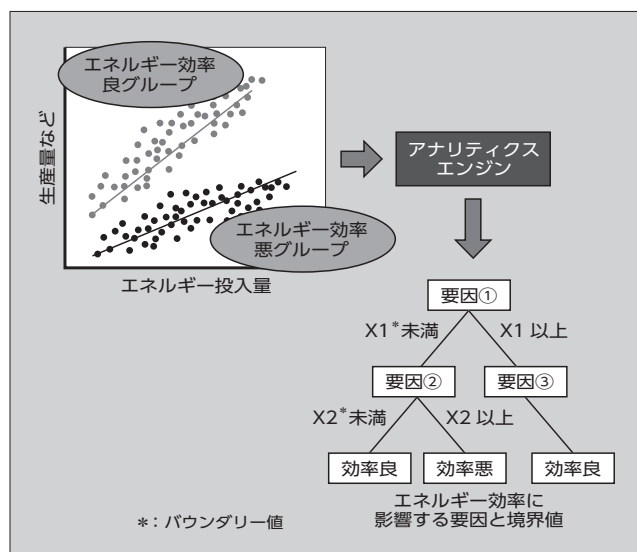


図9 アナリティクスエンジンの概念図

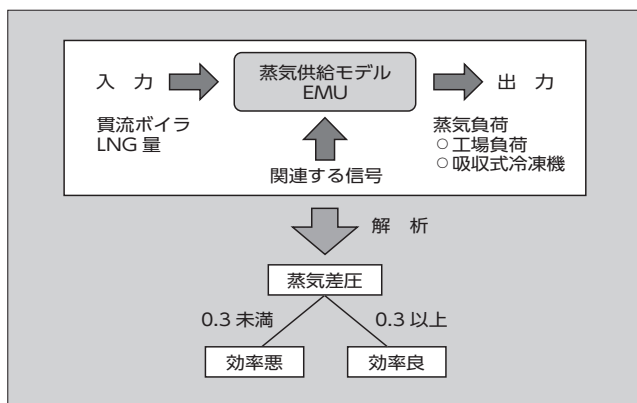


図10 アナリティクスエンジンによる解析事例

4.2 解析事例と評価

アナリティクスエンジンの機能を評価するために、プラントの実績データを使用して解析した（図10）。

(1) 対象事例

工場ユーティリティの蒸気供給ボイラ

(2) EMU 定義

- (a) EMU への入力：ボイラ燃料
- (b) EMU からの出力：蒸気供給量
- (c) 関連変数：ボイラ運転に関わる各種計測値

(3) 解析結果

上述で定義した EMU のエネルギー効率に影響する因子として、蒸気差圧の影響が大きいという結果を得た。

(4) 結果の評価

アナリティクスエンジンにより、ボイラ運転のエネルギー効率に蒸気差圧の影響が大きいという結果を得た。これは、別途、ベテランのオペレータが人手による時間をかけて分析した結果と同じであった。また、蒸気の差圧によるエネルギー効率への影響が生じるか生じないかの境界値についても、人手による分析結果とアナリティクスエンジンによる結果がほぼ同じとなった。

⑤ あとがき

国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善に寄与するアナリティクス・AI を活用した EMS アドオン機能について述べた。

エネルギー需要家は、各種法規制や、国際規格、CSRなどの観点、エネルギー単価の高騰の影響から、経営課題として自社のエネルギー・環境問題を解決する必要性がますます大きくなってきている。

富士電機は、現行のエネルギーマネジメントソリューション（見える化、分かる化、最適化）および新規に開発したエネルギー運用効率改善機能を活用し、今後需要の拡大が見込まれる再生可能エネルギーを含む新エネルギー、蓄エネ設備、ユーティリティ設備、生産設備を有機的に情報結合して、自動診断技術の確立、常時、高効率運転が可能な制御の自動化を目指していく。

これまで以上にお客さまの省エネルギー活動を支援し、お客さまの課題解決に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 東谷直紀ほか. 省エネルギー活動を支援するエネルギーマネジメントソリューション. 富士時報. 2011, vol.84, no.4, p.234-238.
- (2) 一般社団法人 電子情報技術産業協会. 標準のエネルギー管理手法～EnPI導入ガイド～ 実践編. 2015. https://home.jeita.or.jp/upload_file/20161004170422_BFV4HTaX8b.pdf, (参照 2018-06-26).



電田 尚登

製造管理・エネルギー管理・監視制御システムの企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部 EMS 技術部主査。エネルギー管理士。



鈴木 聡

情報・制御システムの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部先端技術研究所システム技術研究センター高度アルゴリズム研究部主任。計測自動制御学会会員、人工知能学会会員。



松本 晴幸

エネルギー分析管理パッケージの開発・エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部エンジニアリング統括部システム技術センター産業システム部。日本知能情報ファジイ学会会員。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。