

国際標準化活動報告 日本発のFEMSの国際規格（IEC 63376）提案活動

IEC TC65国内委員会

1 はじめに

2023年の夏、世界各国で猛暑や異常気象が観測され、国連事務総長は「地球が沸騰している時代が到来した」[1]と危機を訴えた。もはや、地球温暖化への対応は待ったなしとなっている。

地球温暖化対策には、省エネや再生可能エネルギーの活用の推進が不可欠である。特にエネルギーの大消費者である工場で、省エネによるエネルギー効率の改善や再生可能エネルギーの導入が進めば、大きな効果が得られる。これらの活動には、工場エネルギーマネジメントシステム（Factory Energy Management System：FEMS）を活用したエネルギー使用状況の把握や最適化が有用である。しかし、工場におけるエネルギーの使われ方は製造する製品によって変わり、共通的な概念の抽出が難しいため、FEMSの国際規格は開発されていなかった。

この状況を打開すべく、IEC TC65（工業用プロセス制御）国内委員会（以下、本委員会）は、FEMSの基本機能の国際規格を提案し開発を牽引してきた。そして、COVID-19の流行により対面会議を開催できないなど制約がある中で、2023年8月に、IEC 63376 “Industrial facility energy management system (FEMS) - Functions and information flows（工場エネルギー管理システム – 機能と情報の流れ）”を発行した。なお、日本では、Factory Energy Management Systemの略として、FEMSが使われることが多い。一方、IECの用語定義によると、Factoryは工場の製造ラインを示す言葉であり、意味が変わってしまう。そのため、国際規格のタイトルでは、Industrial facility energy management systemとしている。

本稿ではこの国際規格の概要とともに、COVID-19禍の中で行った国際規格の提案・開発活動を紹介する。

2 FEMSの国際規格提案に至った経緯

2.1 カーボンニュートラル達成に向けた工場の役割

地球温暖化対策として、カーボンニュートラルを目指すことを宣言する国が増えている[2]。カーボンニュートラル達成のため、日本を含む多くの国が、エネルギー効率の向上と再生可能エネルギーの導入を推進する政策支援を行っている[3]。

これまで、エネルギー効率の向上では、エネルギー効率の良い設備への更新が多く行われてきた。近年では、その更新に加え、連携制御と呼ばれる複数設備の最適化運用、工場全体のエネルギー需要に合わせたエネルギー供給の最適化、さらに隣接の工場間でのエネルギーの融通などによって、エネルギー効率をさらに向上する事例も多く報告されている。

再生可能エネルギーの導入では、太陽光発電や風力発電が活用されている。これらは、二酸化炭素を排出しない発電方法であるが、気象条件の影響を受けやすく、安定出力の面で課題がある。工場は生産計画や設備稼働計画に基づいて運用されるため、計画通りに運用されたときのエネルギー需要量は予測しやすい。また、非常時などのエネルギー供給のために、非常用発電設備や蓄電池設備を所有している工場も多い。そのため、工場にはエネルギー需要量に応じて供給量を調整することで、不安定な再生可能エネルギー出力を補償する役割が期待されている。

2.2 FEMSの国際規格開発へのニーズ

前述のように工場を柔軟に運用するためには、工場で使われるエネルギー使用量の把握に加え、生産計画や設備稼働計画の各状況におけるエネルギー使用量の推測、さらに、それらの計画の最適化などを実行する機能が求められる。そのような機能を実現するために、データ収集や処理、最適化を実行するFEMSが重要になってきている。

既に“FEMS”と呼ばれ、様々な機能に特化したシステムが販売されている。例えば、エネルギー使用量などのデータの見える化に特化したもの、連携制御など複数設備の運転を最適化するもの、工場全体のエネルギ

一供給計画を立案するものなどがある。また、複数の工場でエネルギー融通を行うことが増えている。エネルギー融通では、エネルギー供給量や需要量を把握することが重要であり、各工場での“FEMS”による情報交換が必要になる。しかし、各工場で“FEMS”が持つシステムや機能要件、情報モデルが異なる場合、システム間の情報交換を妨げる結果となり得る。

一方、ビルや家庭向けのエネルギー管理システムであるBEMS (Building Energy Management System) やHEMS (Home Energy Management System) は、消費するエネルギーの種類や設備が限定されることもあり、すでにISOやIECの他の技術委員会にて、国際規格が発行されている(図1)。しかし、FEMSは、工場におけるエネルギー利用方法が多様であることもあり、国際規格の提案が行われてこなかった。

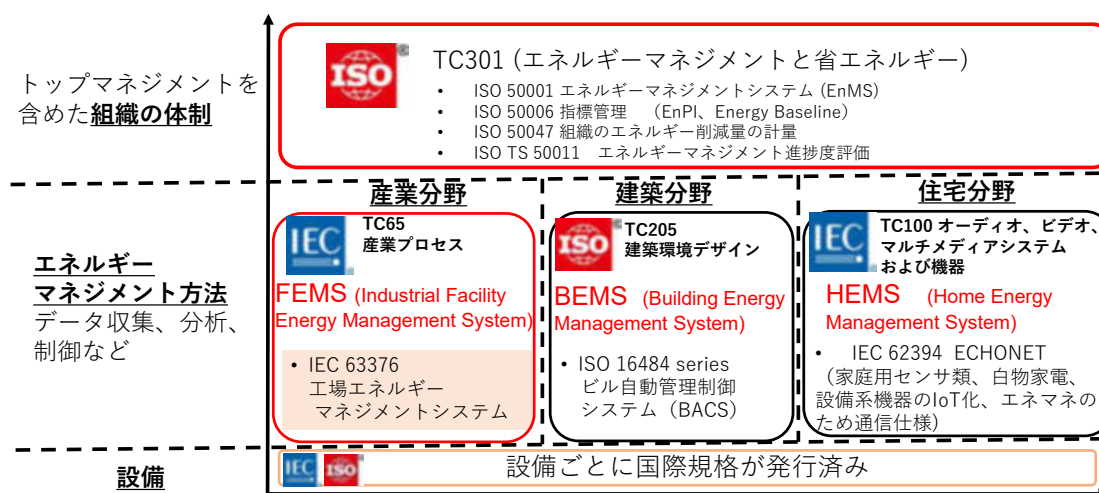


図1 エネルギー管理に係る国際規格

温暖化対策に取り組むことが急務である今、日本では見える化や現場のすり合わせ、同種の設備を複数稼働する場合に設備全体の効率が最もよくなるような運転方法などを通じた省エネ、エネルギー効率化の取り組みが進んでいる。工場のデータ収集や設備稼働計画を最適化するFEMSの国際規格化を通じて、これらの日本の取り組みが世界中に普及し、各国の省エネ、エネルギー効率化が進むことが期待される。そのため、日本から国際規格の開発を提案し、国際での議論を牽引していくため、本委員会での活動を行うことになった。

3 国際規格提案・開発における国内外での活動

3.1 国内委員会の体制

FEMSの国際規格提案を実現すべく、2019年より3年間、経済産業省の委託を受け、一般社団法人日本電気計測器工業会 (JEMIMA) 内にFEMS標準化委員会が設置された。委員長には早稲田大学の天野嘉春教授が就任し、アズビル株式会社、株式会社荏原電産、富士電機株式会社、横河電機株式会社などから委員が参加した。

3年間の委託期間終了後は、一般社団法人電子情報技術産業協会 (JEITA) 制御・エネルギー管理専門委員会WG1 (省エネルギー) 内にFEMS-TF(タスクフォース)が設置され、以降の活動を継承した。さらに、国際規格を発行した後も、次期の国際規格提案策定に向けた検討を継続している。

3.2 国内委員会における規格文書案作成

国内外の工場などのエネルギー管理の実態を調査するため、北海道下川町の地域エネルギー管理システム、東京都武蔵野市の清掃工場や静岡県製の製紙工場のエネルギー管理システム、電力の調整容量の取引を行っているドイツ・Next Kraftwerke社などを訪問し、事例調査などを行った。これらの調査から、エネルギー使用量の把握、予測に加え、状況に応じてエネルギー需要変動に対処する調整機能が必要であり、これらがFEMSに要求される重要な機能の一つとなることを確認した。

事例調査に加え、関連する既存の国際規格として、「企業管理システムの統合-第1部:モデル及び用語 (IEC 62264)」およびIEC TC65 JWG14 (エネルギー効率) で発行された「オートメーションシステムを通

じたエネルギー効率（IEC TR 62837）」に記述された内容を確認し、規格文書案と不整合が起きないように配慮した。具体的には、FEMSは製造オペレーション管理機能の一部として、製造実行システム（Manufacturing Execution System：MES）と密接にデータをやり取りするものであること、各設備への設定値などは、MESを介して通信すること、並びにエネルギー管理では、工場がエネルギーの使われ方に応じて設定されたエネルギー管理単位（Energy Managed Unit：EMU）、各EMUに定義された重要性能指標（KPI）を用いて、工場内の別システムで作られた生産計画や設備運用計画の最適化を行うことである。

3.3 国際への提案活動

IEC TC65への提案は、2019年12月にドイツを訪問し、IEC TC65議長および幹事へ規格提案の概要を直接説明することからスタートした。議長は規格提案に対して理解を示したが、幹事は賛同できない旨をコメントした。その背景は、複数工場でのエネルギー融通を行う事例では費用効果を追求しているものが多く、省エネや複数組織の全体最適の事例は日本以外では見られないことであり、国際規格のテーマとして適切ではないとの理由であった。さらに追加の説明を試みたが、お互い平行した議論のまま、帰国することになった。

その後、FEMS標準化委員会にて、説明方法の改善や幹事から出された質問に対する回答案を用意し、関連するIEC TC65 JWG17（工場とスマートグリッドのインタフェース）の会議（2020年1月米国・パークレー、5月WEB会議）にて規格提案の説明を繰り返した。その努力の結果、幹事から本提案の了解を得た。さらにJWG17の共同コンピナより、これまでの経験から日本のエキスパートによるコメントは有用であるという認識から、日本が提案する文書案を見て、規格開発をすべきか判断すべきとの旨のコメントをいただいた。このコメントにより、IEC TC65 JWG17に規格文書案を回付する機会を得た。

2020年7月に規格文書案をIEC TC65 JWG17に回付したところ、新業務項目提案（NP: new work item proposal）として適切な内容であること、および、文書審議はIEC TC65 JWG14で行うのが適切であるとのコメントが出された。さらに、2020年10月よりNPに対する審議の投票が行われ、IEC TC65の活動に積極的に参加している国（P-member）である19か国全員が国際規格開発に賛成を示し、可決された。規格の開発には、日本、カナダ、ドイツ、フランス、イギリス、韓国、中国、タイの8か国のエキスパートが参加を表明した。

2021年1月25日にWEBにてキックオフ会議が開催され、IEC TC65 JWG14での文書審議が始まった。国際規格の開発の体制として、提案者として池山智之委員が本国際規格開発のプロジェクトリーダーに、また、若狭裕委員とカナダのIan Verhappen氏が共同エディタに選出された。日本から天野嘉春委員長、末吉一雄委員、笹嶋久委員が参加した。

3.4 COVID-19禍における国際規格の文書案の審議

通常国際規格の開発では、キックオフ会議後3年以内での国際規格発行が求められる。規格の審議では、対面会議を3～4ヶ月間隔で開催し、国際規格文書案の審議を行うのが通常である。ようやく国際での審議が開始になったころ、COVID-19の世界的な流行が始まった。そのため、各国への渡航が制限され、WEB会議の開催だけで国際規格文書案の審議を行うことを余儀なくされた。

対面会議に比べ、WEB会議ではコミュニケーションの量が限定される。そのため、各エキスパートの意見を収集するため、WEB会議を高頻度で開催し、かつ、文書の正式回付前チェックとして文書案の回付回数を増やし、コメントの収集回数を増やした。WEB会議の開催時間としては、参加を表明した全8か国が参加できる日本時間20:00から23:00が選択されたため、WEB会議での意思疎通とともに時差にも苦労しながら進めることになった。

図2に示すように、5回の文書案回付によるコメント募集、17回のWEB会議により、規格の内容が洗練された。また、文書案回付のうち、照会段階、承認段階では規格文書案に対する審議投票が行われる。各投票では、いずれもP-member全ての国が賛成に投票して承認され、2023年8月16日付で国際規格IEC 63376として発行された。

・ IEC 63376

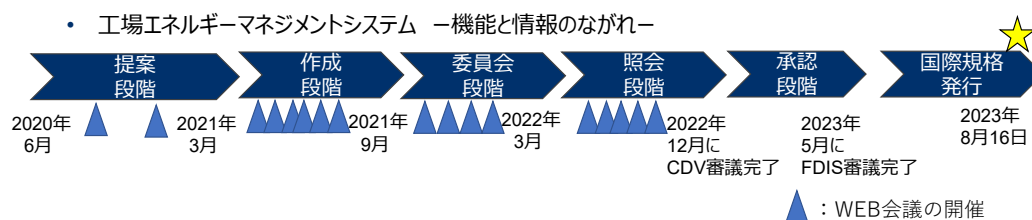


図2 IEC 63376の提案から国際規格発行までのスケジュール

4 FEMS国際規格の概要

4.1 FEMSの国際規格 (IEC 63376) の対象範囲

国際規格では、本文の1章にScopeとして、その国際規格が対象とする範囲を記載することが求められる。

IEC 63376では、①FEMSの機能を定義すること、②FEMSのクラス分けを定義すること、③工場内の製造オペレーション管理、製造実行システム、基幹システムなどとFEMSの情報交換を記載することを国際規格文書の範囲としている。本稿では、そのうち、①FEMSの機能の概要と、②FEMSのクラス分けについて紹介する。

4.2 FEMSの機能

本国際規格で想定しているFEMSは、データの見える化などに加えて、工場の運営が示したコスト、納期、環境などの制約条件に応じて、エネルギーマネジメントの観点から設備全体の生産計画や設備稼働計画をチェックし、複数のエネルギー供給設備、工場の一部の生産ラインや工場全体など、FEMSの管理対象設備の運転計画をエネルギーマネジメントの観点から最適化する。それらを実現するため、以下の4種の機能カテゴリを定義している。

- モニタリング (エネルギー情報、エネルギー使用の影響する生産量や生産設備の温度、湿度などのデータ、生産計画情報、設備情報の収集)
- 解析 (未測定データの推定、エネルギー効率の監視、エネルギー情報と収集した情報の因果関係の分析、エネルギー削減の可能性の有無の検討)
- 最適化 (将来の生産計画から設備稼働の戦略の導出、導出した設備稼働系の戦略に対する生産における制約条件の比較・検証)
- 指示 (生産計画、設備稼働計画を他のシステムに送信、最適化の結果のレポート作成)

これらは、工場全体のエネルギー最適化を実現するために必要な基本機能である。市場のFEMSは、これらの機能の一部またはすべてを有していると考えている。

4.3 FEMSのクラス分け

本国際規格では、FEMSの機能、FEMSが管理している範囲、処理の自動化度合いの3軸でクラス分けを定義している。このクラス分けの定義を用いることにより、各工場で導入されているシステムが対応している範囲が明確になる。本稿では、FEMSの機能、FEMSが管理している範囲の2軸でのクラス分けを紹介する。

前に述べた通り、市場では様々な機能を持ったFEMSと呼ばれる製品が販売されている。例えば、工場内のラインを対象としたエネルギーの見える化、エネルギー供給設備の台数制御、工場全体のエネルギー需給の最適化の各システムで、FEMSが管理している範囲と使用しているFEMSの機能を色付けした図を図3に示す。このように図3の色のついた部分で、FEMSの処理の内容、管理範囲が明確になる。さらに、この図の白い部分は、FEMSの拡張を検討する際、強化すべきFEMSの機能や拡張する範囲を示しており、システムを拡張する方針が明確になる。

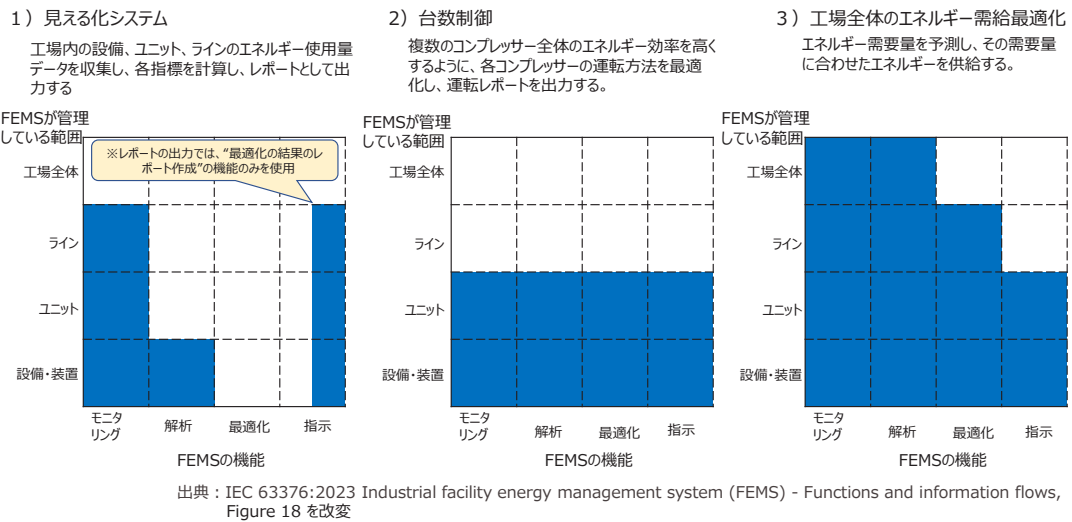


図3 各省エネ事例で使われるFEMSのクラス分け

FEMSの運用では、データ収集の一部、重要指標管理の計算式などをオペレータの手入力に対応している場合も多い。より細かい周期で工場の運用を最適化するためには、データの入力や解析、生産計画などの最適化が自動的に行われることが望ましい。FEMSのクラス分けのもう一つの軸である、処理の自動化度合いの軸では、この自動化がどこまで実現されているかを示している。

4.4 FEMSを使ったユースケース

開発した国際規格の附属書には、FEMSを活用したユースケースを記載した。

附属書Aでは、図4に示す通り、エネルギーの見える化に加え、同種の設備を複数稼働する場合に設備全体の効率が最もよくなるような設備稼働計画を立てる連携制御の事例、エネルギー使用量に関する数理モデルを生成し、生産計画に応じて推定する事例を挙げている。

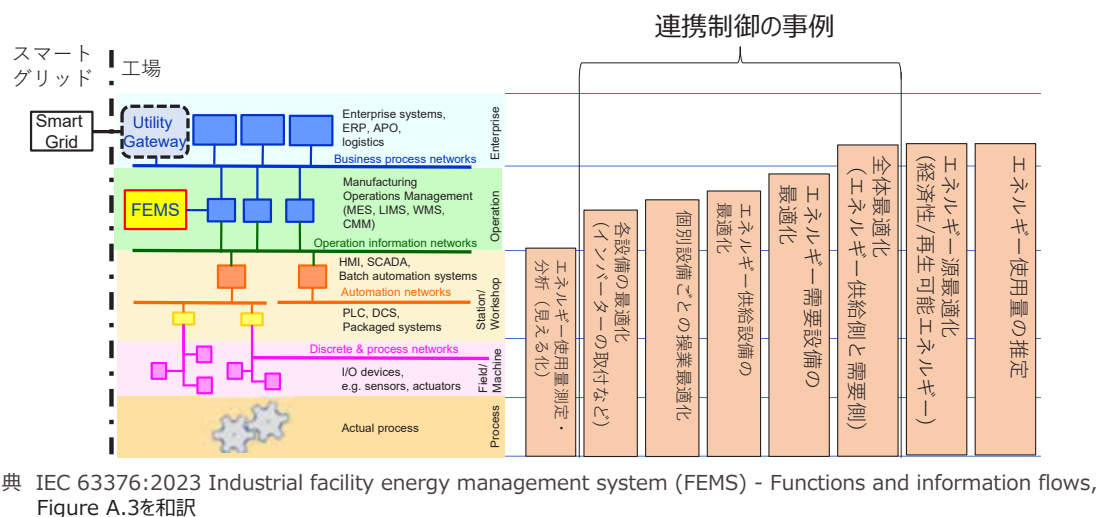


図4 FEMSを使ったユースケースの事例

また、附属書Bでは、工場の蓄電池とFEMSの情報交換の例として、工場の購入電力量を契約電力以下に制御するピークカット、エネルギー需要予測に基づく生産計画のシフトの事例を挙げている。

5 次期FEMSの国際規格提案に向けた検討

近年、地球温暖化対策として、カーボンニュートラルを目指す国が増えており、生産活動で排出するCO₂を管理するカーボンマネジメントに注目が集まっている。そのため、FEMSに対し、エネルギーだけではなく、カーボンマネジメントにも対応を求める声が高まっている。

カーボンマネジメントでは、自工場内で燃料を燃焼することで排出するCO₂をScope 1、電気の使用などによって排出するCO₂をScope 2として定義している。Scope 1、2はFEMSで管理している生産設備およびエネルギー供給設備で利用、供給されるエネルギー由来がほとんどである。その面でFEMSはカーボンマネジメントでも役立つと考えられる。

また、本国際規格は一つの工場でのFEMSを対象にしており、スマートグリッドやエネルギー融通など、複数のFEMSでの情報交換について記述していない。これらで使われるFEMSの要件についても議論が始まっている。3.1章で紹介したJEITA FEMS-TFでは、これらのユースケースを調査し、国際標準化すべきテーマの抽出の検討を行っている。

6 おわりに

本稿では、日本から提案したFEMSの国際規格（IEC 63376）の要旨とともに、COVID-19による渡航制限がある中、国際規格の開発の牽引を行った状況を紹介した。

国際規格の提案活動では、これまでの日本のエキスパートの方々の貢献に救われたところも多々あった。FEMSに関する初めての国際規格を提案、開発をリードし、COVID-19の渡航制限にもかかわらず、期間内に国際規格を発行したことで、日本の貢献をさらに上積みすることができたと考えている。

最後に、次のFEMSの国際規格のテーマとして、カーボンマネジメントに寄与するFEMSについて検討を開始している。様々な知見を取り入れ、よりよい国際規格を提案、開発を牽引すべく、IEC TC65 JWG17国内委員会（※IEC TC65 JWG14も所掌）およびJEITA 制御・エネルギー管理専門委員会では委員を募集している。国内委員会に参加することで、既存規格の動向や国際規格に盛り込まれる最新技術の情報が得られると期待している。詳細は、IEC TC65 国内委員会ホームページ、JEITA制御・エネルギー管理専門委員会ホームページを参照いただきたい。

IEC TC65 国内委員会：<https://www.jemima.or.jp/about/JNC-iectc65.html>

JEITA 制御・エネルギー管理専門委員会：<https://home.jeita.or.jp/indusys/seigyo-subcomi/>

参考文献

[1] Hottest July ever signals ‘era of global boiling has arrived’ says UN chief,

<https://news.un.org/en/story/2023/07/1139162>

[2] 国際エネルギー機関（IEA）World Energy Outlook2022

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

[3] 資源エネルギー庁 2021年2月「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた需要側の取組」

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene/shinene/sho_energy/pdf/030_01_00.pdf

執筆

IEC/TC65/JWG14 国際エキスパート、JWG17 共同コンピナ

IEC 63376 FEMS国際規格 国際プロジェクトリーダー

JEITA 制御・エネルギー管理専門委員会WG1(省エネルギー) 委員、FEMS-TF幹事

池山 智之（横河電機株式会社）