

生産情報を活用した工場エネルギー管理システム(FEMS)

吉本康浩* 信太優子**
 牧田裕行* 野末直道***
 戸板滋人**

Factory Energy Management System Using Production Information

Yasuhiro Yoshimoto, Hiroyuki Makita, Shigeto Toita, Yuko Shida, Naomichi Nozue

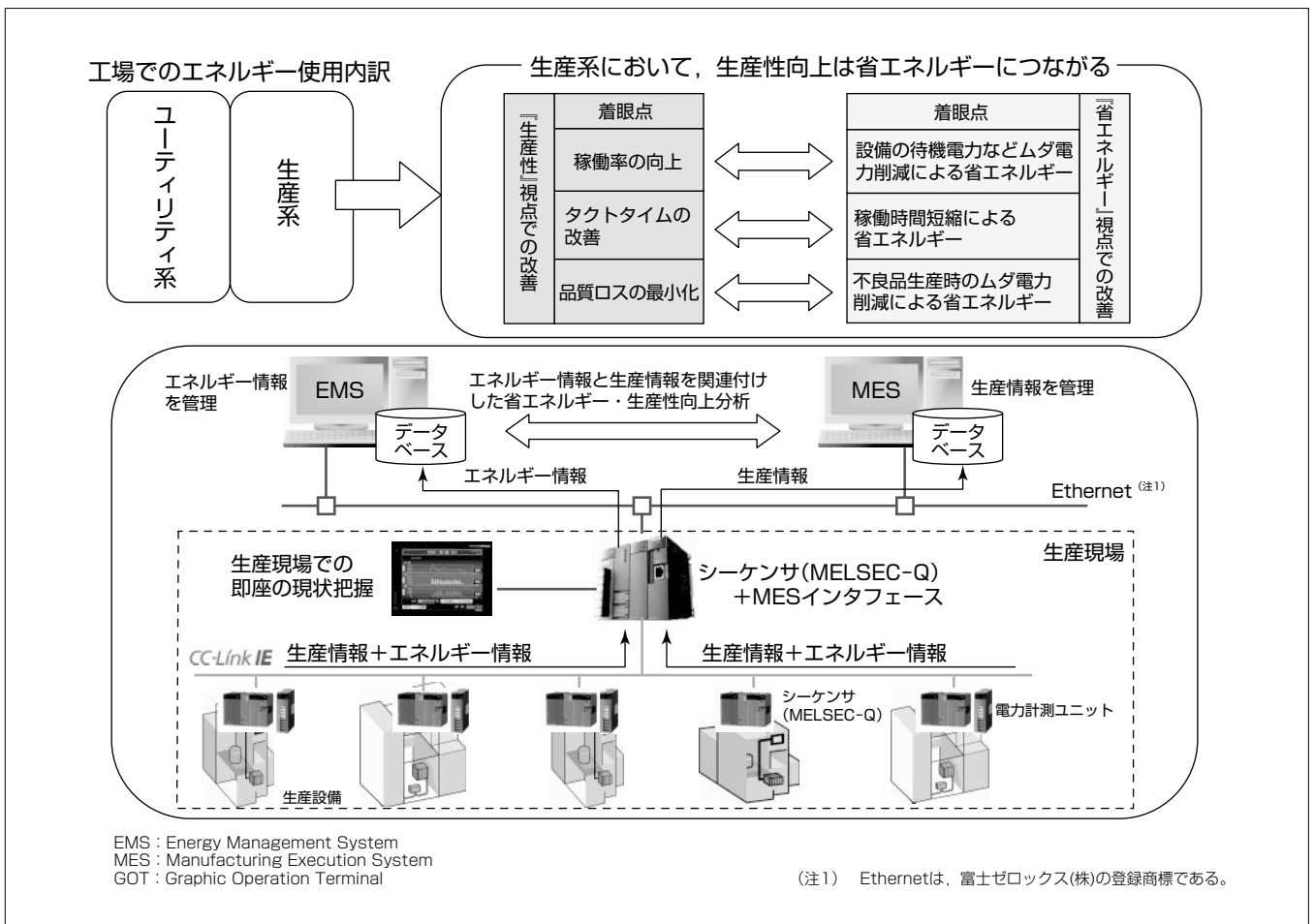
要旨

産業分野におけるエネルギー使用量は、国内全体のエネルギー使用量の約半分を占めている(経済産業省、エネルギー白書2010から)。化石燃料の枯渇が予想される将来のエネルギー問題への対処や低炭素社会実現のために、工場はエネルギーを大量消費する需要家として、省エネルギーの一層の推進が喫緊の課題となっている。また、東日本大震災を契機として、より一層の節電が社会的な要請となっている。

工場内におけるエネルギー使用の内訳は、業種によってその比率は異なるものの、“ユーティリティ系”(空調、照明、コンプレッサ等)と実際の生産活動に使用する“生産系”

に大別される。

本稿では、FEMS(Factory Energy Management System)の一環として、特に生産系で使用されるエネルギー使用量を、生産数や設備稼働情報等の生産情報と紐(ひも)付けして管理することで、エネルギーのムダや改善点の発見を行うための三菱FA(Factory Automation)エネルギーソリューション“e&eco-F@ctory”について述べる。具体的には、e&eco-F@ctoryの概念及びそれを実現するための製品群・システムの紹介に加え、e&eco-F@ctoryの導入事例として、当社福山製作所の遮断器生産ラインの事例について述べる。



生産情報を活用した省エネルギー技術

生産系における生産性向上と省エネルギーの関連性、及び生産情報とエネルギー情報を関連付けして省エネルギー・生産性向上を分析するためのシステム事例を示す。

1. ま え が き

産業分野におけるエネルギー使用量は、国内全体の使用量の約半分を占めている（経済産業省、エネルギー白書2010から）。エネルギー問題への対処や低炭素社会実現のために、工場はエネルギーを大量消費する需要家として、省エネルギーの一層の推進が喫緊の課題となっている。このような状況下で省エネルギー推進のため、工場全体のエネルギーを管理するFEMSが注目されつつある。工場全体のエネルギーの使用範囲は、生産設備によって実際の生産を行う“生産系”と工場のインフラ部分を担う“ユーティリティ系”に大別されるが、当社はFEMSの一環として、“生産系”での省エネルギーに寄与する三菱FAエネルギーソリューション“e&eco-F@ctory”を提案している。

“生産系”で、生産性向上は省エネルギーと密接な関係にある。設備の稼働率向上は、設備の待機時間や故障時間によるムダなエネルギー削減につながり、タクトタイムを改善することで、同じ生産量を維持しながらも、設備稼働時間短縮によって省エネルギーにつながる。また、品質（歩留り）を向上させることで、不良品生産時に消費したムダなエネルギーの削減に寄与する。

本稿では、生産情報とエネルギー情報を紐付けて管理し、生産時のエネルギーのムダを発見することで省エネルギーを実現するe&eco-F@ctoryについて述べる。

2. 三菱FAエネルギーソリューションe&eco-F@ctory

2.1 FA統合ソリューションe-F@ctory

“e-F@ctory”とは、生産現場と情報システムの連携に

よる生産の見える化を実現し、PDCA(Plan Do Check Action)サイクルを回転することでTCO(Total Cost of Ownership)の削減を実現する三菱FA統合ソリューションであり⁽¹⁾、“e&eco-F@ctory”はこのe-F@ctoryにエネルギーの要素を追加したものである。

e-F@ctoryの概念を図1に示す。生産設備の動作シーケンスを制御し、生産設備の頭脳となるシーケンサや各種デバイス、センサ等のFA製品はFAネットワークによって接続され、様々な生産情報が収集される。

シーケンサとデータベースとを直接連携させるMESインタフェースは、シーケンサの1ユニットであり、生産設備と情報システムをパソコンなどの通信ゲートウェイなしで直接接続する。これによって、簡単かつ低コストで生産現場と情報システムとの連携を実現する。

2.2 e&eco-F@ctory概要

製造業者（メーカー）がグローバルな競争を勝ち抜くためには、生産性の向上だけでなく、エネルギー効率の向上が生産コストを抑える上での課題となっている。

e-F@ctoryでは、ネットワーク技術と情報システムを活用して生産性向上を実現した。さらに、当社の配電制御機器事業で展開する受配電分野で培ってきた計測技術を活用することによって、生産性向上とエネルギー効率向上の両立を実現する。

e&eco-F@ctoryでは、エネルギーを“計測する”“見える化する”“削減する”“管理する”の4つのステップで省エネルギーを実現する。

エネルギーを“計測する”ときには、単に生産現場のエネルギー使用量を収集するだけでなく、生産数などの生産情

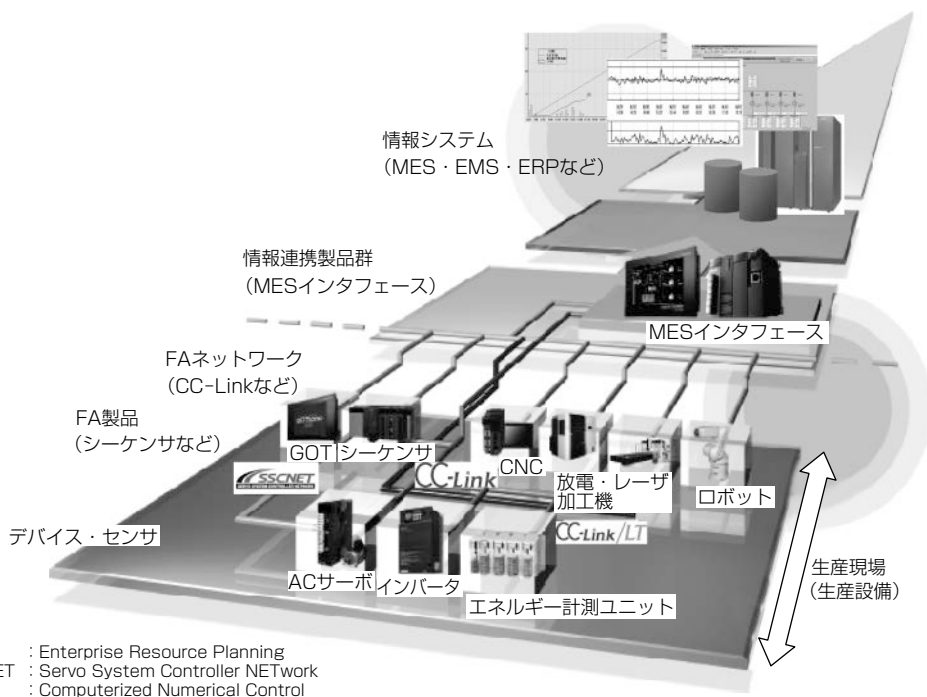


図1. e-F@ctoryの概念

報と関連付けしてデータ収集することが重要である。生産現場で生産情報を保持しているのはシーケンサであるため、シーケンサがエネルギー情報も取り込むことで、生産や設備稼働状況に応じたエネルギー計測が可能となる。そのため、当社はシーケンサ“MELSEC-Qシリーズ”に対応した電力計測ユニットをラインナップしている(図2)。

“見える化する”ステップでは、計測したエネルギー情報と生産情報をIT技術によって分析し、部品ごと、製品ごと、設備ごと等、あらゆる視点から多面的に“見える化する”ことがポイントである。MESインタフェースは、“計測する”ステップで、電力計測ユニットによって計測され、シーケンサへ取り込まれたエネルギー情報を、生産情報とともに情報システムに送信することで“見える化”に寄与する。

“削減する”ためには、エネルギー効率に優れた省エネルギー対策機器の導入が必要である。一例としては、インバータや高効率モータ等の駆動製品群を活用し、設備や装置のエネルギー消費を効率化することなどが挙げられる。

“管理する”ステップで、生産情報とエネルギー情報を結びつけて改善につなげるには、リアルタイムに設備・装置のエネルギー量や生産原単位の監視を行うことが重要である。生産原単位とは、製品1個を生産するために消費したエネルギーである。e&eco-F@ctoryでは、多様な管理ソリューションを提供し、エネルギー効率化のPDCAサイクルをスムーズに回転することで改善を図り、生産性とエネ

ルギー効率の向上を実現する。

生産工程ごとに生産原単位を見える化した例を図3に示す。生産品種変更等に伴って工程⑤の原単位(折線グラフ)が悪化した例であり、エネルギー消費の観点から注目されるポイントである。生産情報として、サイクルタイム(棒グラフ)を重ね合わせると、工程⑤のサイクルタイムが大きくなり、生産ライン全体のバランスを乱していることが分かる。この場合、工程⑤の設備改善によってサイクルタイムを短縮したことで、生産ライン全体の生産性向上に加え、全体のエネルギー消費量削減に寄与した。

3. e&eco-F@ctoryのシステム構成例

この章では、e&eco-F@ctoryの4つのステップのうち、“計測する”“見える化する”“管理する”ためのシステム構成例について述べる。

3.1 生産原単位の見える化システム

“EcoServer III”は、組み込み型のデータ収集サーバであり、Webサーバ機能によって、Webブラウザによるエネルギーの見える化を可能にする。EcoServer IIIの主な機能は次のとおりである。

- (1) 世界標準のFAネットワークであるCC-Link(Control & Communication-Link)対応の計測端末から計測情報(電流、電圧、電力、電力量、漏電電流等)を収集
- (2) CC-Link端末機器からの計測情報に加え、シーケンサからの生産情報を収集し、内蔵コンパクトフラッシュ(注2)メモリに蓄積
- (3) ユニット内に組み込まれたWebサーバ機能により、LAN(Local Area Network)経由でエネルギー使用状況と生産原単位が閲覧可能
- (4) 本格的なサーバ環境をベースとしたEMSを構築することなく、設定のみのプログラムレスで短期間にシステムの構築が可能(図4)。

(注2) コンパクトフラッシュは、Sandisk Corp.の登録商標である。

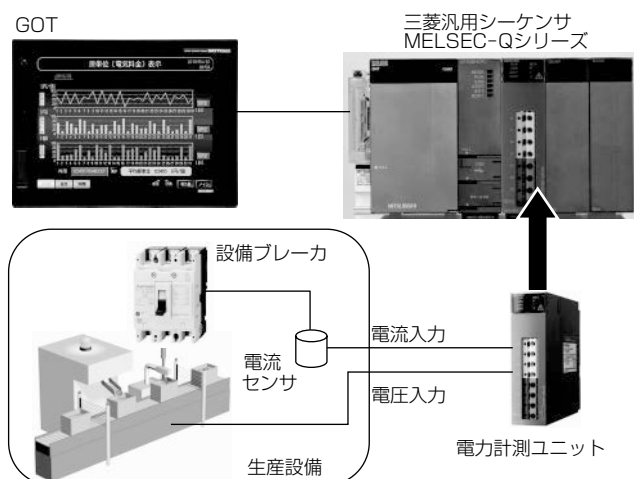


図2. 電力計測ユニットによるエネルギー計測

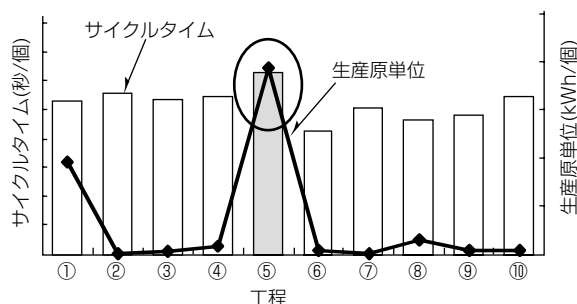


図3. 生産原単位を用いた見える化

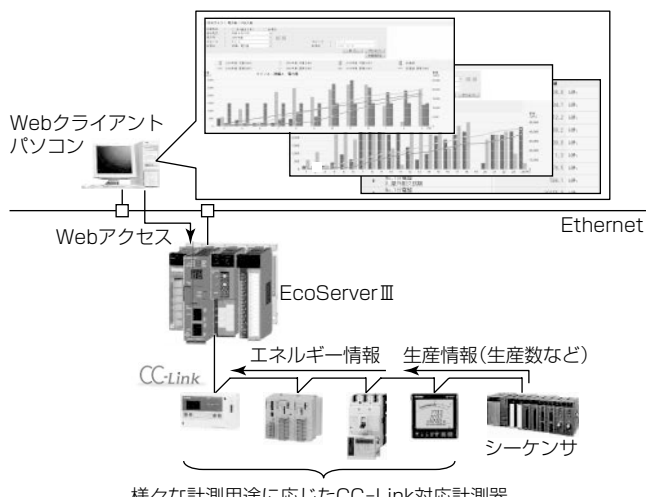


図4. 生産原単位の見える化システム

3.2 様々な生産情報と連動した見える化システム

e&eco-Factoryが目指す生産性向上と省エネルギーの同時実現のためには、生産・エネルギー使用の改善点の発見が不可欠であり、様々な生産情報とエネルギー情報を紐付けて管理する必要がある。例としては、各生産設備の稼働状態(稼働・待機・停止)に応じたエネルギー消費量を管理することで、待機・停止状態時のエネルギーのムダを発見し、待機の原因となる部品待ちや段取り替えの時間短縮を行うことなどが挙げられる。このような管理は、生産情報を管理するMESとエネルギー情報を管理するEMSを連携させることで実現可能である。図5は、当社FA機器を利用したシステム構成例である。各生産設備からは、生産情報に加え、電力計測ユニットによって収集された電力情報やエネルギー計測ユニット“EMU3”などによって収集されたエア流量などのエネルギー情報がMESインタフェースによってMES, EMSに送信される。

4. 当社工場のe&eco-Factory導入事例

3章で述べた“計測する”“見える化する”“管理する”事例として、当社の配電制御機器の生産拠点である福山製作所における遮断器生産ラインの事例について述べる。

従来、福山製作所では生産ラインごとの原単位管理を実施し、小集団活動の中で原単位悪化要因・改善策の洗い出しを行ってきたが、ラインごとの原単位管理では、詳細な生産情報とエネルギー情報がバラバラに存在していたため、原単位悪化要因の分析に膨大な時間と労力を要していた。また、ラインのどの設備がネックとなっているかまでは把握しづらい。そこで、図6に示すようにラインを構成する生産設備ごとに原単位管理を導入することで、即座にネック工程を把握し、さらにシーケンサの持つ生産・品質情報との突き合わせによって効果的な原単位悪化の要因分析・

対策を実施した。

このシステムの特長を次に示す。

(1) 生産設備ごとのエネルギー計測

小型装置(小型制御盤)の計測に最適なエネルギー計測ユニットEMU3を生産設備ごとに設置し、設備ごとのエネルギーを計測し上位データベースサーバで監視している。

(2) 生産情報、品質情報の取り込み

各設備のシーケンサが持つ生産情報(生産数)、品質情報(チョコ回数/時間/エラー内容等)をMESインタフェースユニット経由で上位データベースサーバへ取り込むことによって、きめ細かい原単位管理と効果的な要因分析が可能なシステムとなっている。

(3) 上位データベースサーバでの可視化

①原単位のばらつき管理

従来の原単位管理画面はライン全体の電力量と生産数で原単位を算出し、時系列にトレンド表示していたが、このシステムでは設備ごとの1日分の原単位を1画面に全設備分表示している(図7)。5分ごとの原単位を1本の棒グラフの中にプロットし、原単位のばらつきを視覚的に表現している。棒が短い設備(例えば、設備(a), (b))はばらつきが少なく、よく管理された設備と言え、グラフ上の棒が長い設備(設備(d))はばらつきが大きくネック設備と言える。ネック設備(対策必要性の高い設備)を容易に把握することができる。

②原単位分析

原単位分析画面は各設備の詳細な原単位グラフとチョコ回数、時間を時系列で表示している(図8)。原単位とチョコ停を1画面に表示することで原単位の悪化とチョコ停の相関関係を把握することが可能である。

③チョコ停分析

チョコ停分析画面では、各設備の1日のチョコ停発生

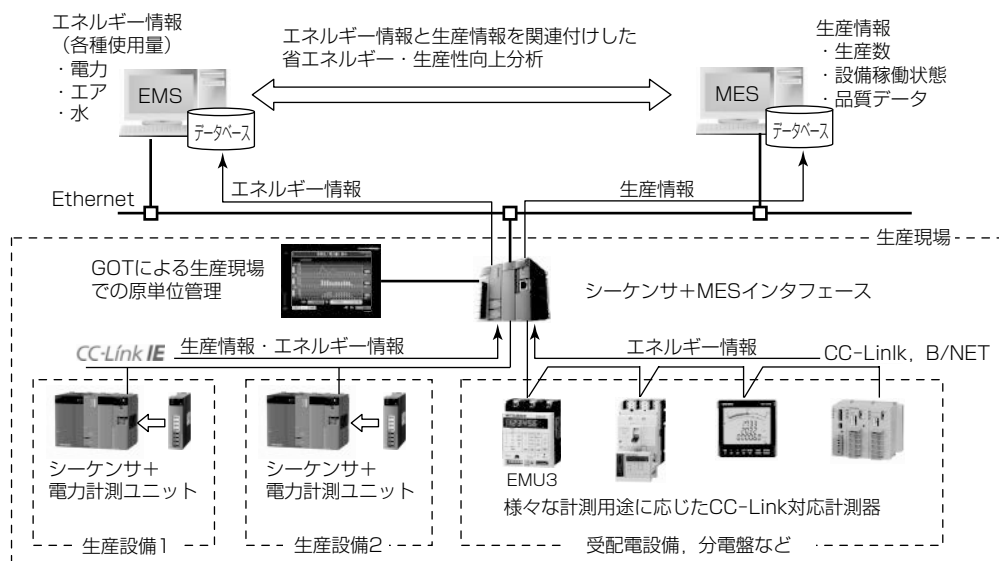


図5. 様々な生産情報と連動した見える化システム

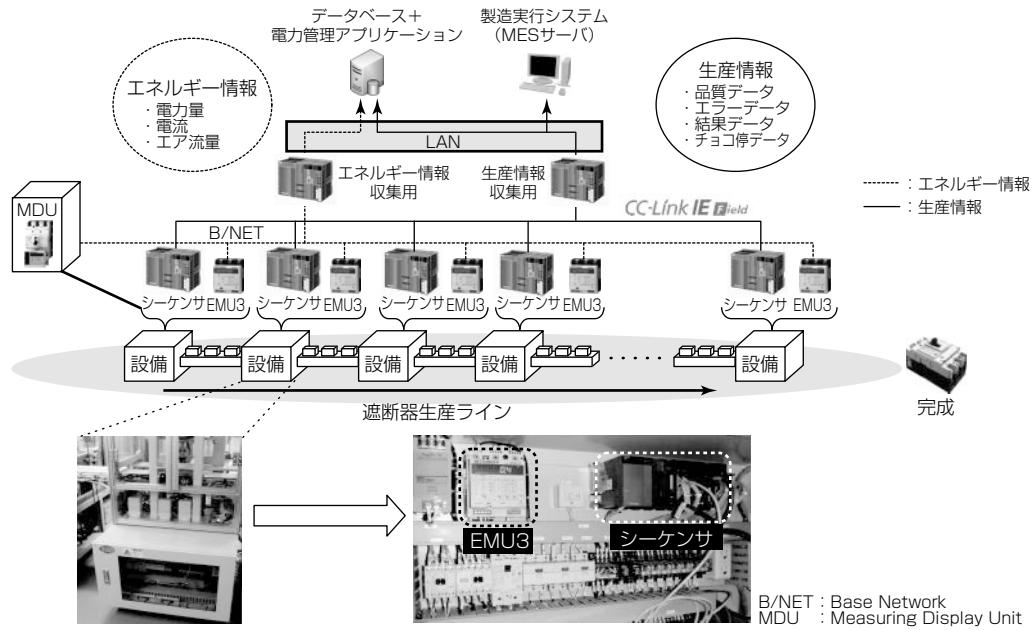


図 6. e&eco-F@ctoryシステムと制御盤

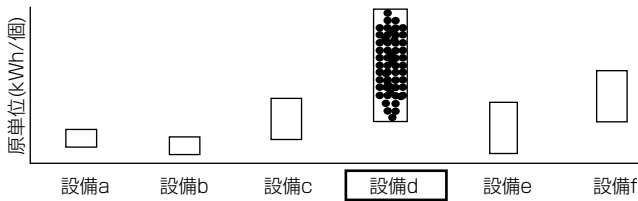


図 7. 設備ごとの原単位ばらつき画面

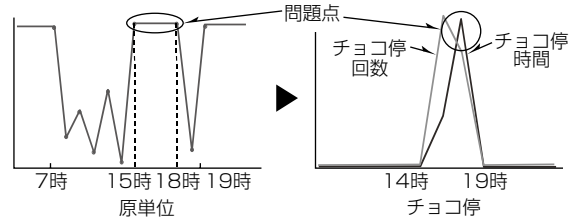


図 8. 原単位分析画面

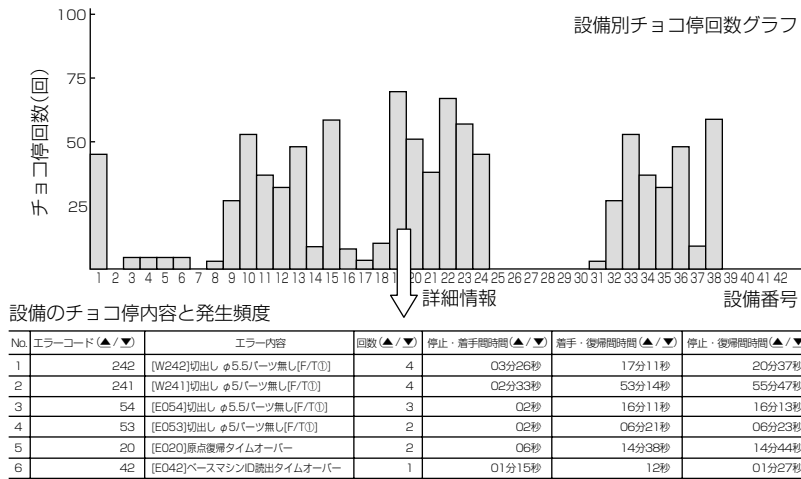


図 9. チョコ停分析画面

回数及びその詳細情報(エラー内容, 発生時間, 設備復帰まで要した時間等)も表示して, 設備改善のために効果的な分析・対策を打つことができる(図9)。

5. む す び

FEMSの役割の一つである工場全体のエネルギー総量削減のうち“生産系”に焦点をあてたソリューションとして, 三菱FAエネルギーソリューション“e&eco-F@ctory”につ

いて述べた。今後は, 工場の“ユーティリティ系”も視野に入れた工場全体の統括的なエネルギー総量削減及び創エネルギー・蓄エネルギーも含めた電力ピーク抑制についての手法を検討していく。

参 考 文 献

- (1) 野末直道: e-F@ctoryを支える情報連携技術, 三菱電機技報, 85, No.4, 219~223 (2011)