

# ENERGYMATE-Factoryによる分散型電源の最適運用制御

## Optimal Control of Distributed Energy Resources with “ENERGYMATE-Factory”

井尻 有策\*  
Yusaku Ijiri

藤原 基伸  
Motonobu Fujiwara

竹原 輝巳  
Terumi Takehara

角田 広樹  
Hiroki Sumida

貞利 章文  
Akifumi Sadatoshi

日本の電力エネルギーを取り巻く環境が大きく変化する中で、日新電機株式会社では多様な分散型電源を組み合わせることで省エネと電力の安定供給を同時に実現するソリューションを「SPSS (Smart Power Supply Systems: スマート電力供給システム)」として推進している。本稿で紹介するエネルギー管理システム「ENERGYMATE-Factory」はSPSSのコア機能を担い、当社の中核製品である受変電設備に太陽光発電システム、コージェネレーションシステム、蓄電池などの多様な分散型電源を組み合わせることで最適に制御することで、エネルギーコスト削減に貢献するソリューションを実現するものである。本稿では「ENERGYMATE-Factory」の概要や特長、および日新電機株式会社前橋製作所における実規模検証などについて紹介する。

Amid the changes in electrical power supply in Japan, Nissin Electric Co., Ltd. has been developing the Smart Power Supply Systems (SPSS) as a solution that integrates various distributed energy resources for power saving and stable power supply. The core system of SPSS, ENERGYMATE-Factory, enables the optimized control of energy provided by the combination of an electrical substation, one of the company's major products, and various distributed energy resources such as solar power generators, cogeneration systems, and grid energy storages. This paper describes the ENERGYMATE-Factory and its features, and introduces a practical-scale demonstration conducted at the Maebashi plant.

キーワード：エネルギー管理システム (EMS)、蓄電池、発電機、最適運用、エネルギーコスト削減

### 1. 緒 言

日本の電力エネルギーは大きな変革期を迎えている。再生可能エネルギーの普及や環境、BCP意識の高まり、さらに電力自由化も含めた電力システム改革への対応など、エネルギーに関して様々な課題がある。当社はこれまで特高・高圧受電の需要家や水処理、高速道路の公共施設など、多くの需要家に受変電設備、中央監視制御設備を納入して

きた。そこで当社は、長年培った系統連系技術、受変電設備技術を駆使して、多様な分散型電源を組み合わせることで省エネと電力の安定供給を実現するソリューションを「SPSS (Smart Power Supply Systems: スマート電力供給システム)」として推進し、豊かな社会を実現するスマートコミュニティの構築に寄与することを目指している(図1)。

本稿で紹介する「ENERGYMATE-Factory (F)」は、SPSSのコア機能を担い、当社の中核製品である受変電設備に、太陽光発電システムやコージェネレーションシステム(CGS)、蓄電池などの多様な分散型電源を組み合わせることで、最適に制御するエネルギー管理システム(EMS)であり、ハードとソフトを融合してエネルギーコスト削減に貢献するソリューションを実現するものである。

### 2. システムの概要

エネルギー環境が大きく変化する中、これからは自らエネルギーを選択し賢く使う時代に向かいつつある。環境に配慮したエネルギーの有効利用やエネルギー供給リスクの分散、エネルギーの地産地消など、よりエネルギーを賢く使うには太陽光発電、CGS、蓄電池といった多様な分散型電源を活用することが重要になってくる。本製品は、太



図1 SPSSのイメージ

陽光発電量や負荷需要を予測し、これらの予測情報と設備稼働状況ならびに目標電力や分散型電源の設備特性など、複雑な運用条件を満足しながら、エネルギーコストが最小となるように分散型電源の運用計画を立案して制御するものである。

CGS、蓄電池など、複数の分散型電源を設置するよう場合には、設備管理者は最適な運用を維持するために、複雑な運用条件を考慮しながら、設備毎に運用パターンを設定する必要があるが、本製品は分散型電源の運用を全て統合することで設備管理者にとっての運用負担を軽減するとともに「エネルギーコスト最小運用」「ピークカット運用」「余剰電力活用」などの運用を提供することができる。

図2にシステムイメージを図3に機能概要を示す。

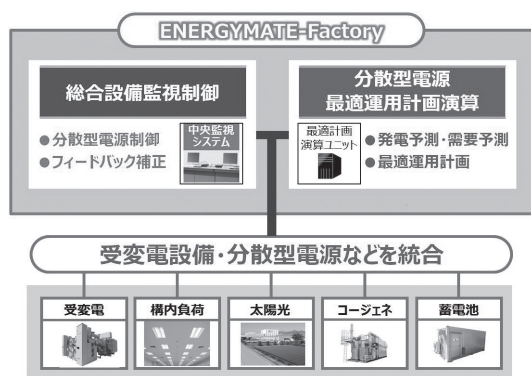


図2 ENERGYMATE-Fシステムイメージ

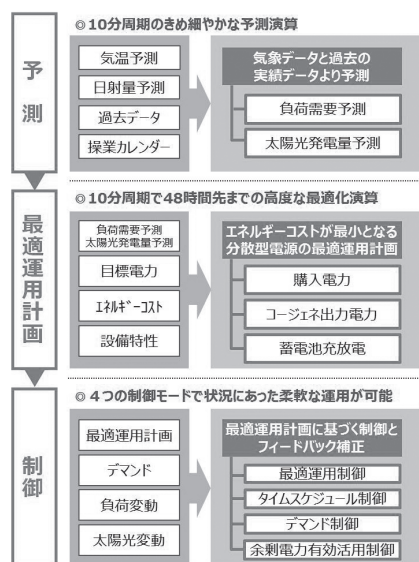


図3 機能概要

## 2-1 予測

### (1) 負荷需要予測

気象予測情報、現在の気象情報、過去の負荷需要実績、操業計画などから10分周期で48時間先までの負荷需要を予測する。

### (2) 太陽光発電量予測

気象予測情報、現在の気象情報、過去の発電電力量実績、パネルの設置条件などから10分周期で48時間先までの太陽光発電量を予測する。太陽光発電量予測、負荷需要予測のいずれも、10分周期のきめ細やかな予測演算を実現することで、予測誤差を低減している。

## 2-2 最適運用計画

太陽光発電量予測、負荷需要予測から、CGS、蓄電池など分散型電源の運用計画を立案する。ここでは電力量料金単価、燃料単価、契約形態、目標電力、分散型電源の設備特性などの運用条件を考慮して、エネルギーコストが最小となる分散型電源の制御指令値（起動停止指令、出力電力量）の計画を導く。

## 2-3 制御

最適運用計画に基づいた制御を実行する。また、太陽光発電量、負荷需要をリアルタイムに監視しており、太陽光発電量、負荷需要の急激な変動などによって計画を逸脱する場合には、制御指令値を補正して出力する。

## 3. システムの特長

### 3-1 高度な最適化演算

前述の最適運用計画は、48時間先までの長期計画を10分毎の短周期で実行している。計画においては、表1に示すような分散型電源の設備特性条件も考慮した最適化演算を行っており、これにより高精度な制御運用を実現できる。

この最適運用計画には数理計画法を用いており、複雑な運用条件に対して数学的に最適な計画を導くことができる。

表1 設備特性条件の一例

CGS	出力上下限制約、出力応答速度、起動時間、起動回数制約、出力/コスト特性、など
蓄電池	充電率、出力応答速度、充放電効率、充放電出力限界値、など

### 3-2 4つの制御モードによる柔軟な運用

「最適運用制御」「タイムスケジュール制御」「デマンド制御」「余剰電力有効活用制御」これらの4つの制御モード(図4)で分散型電源の運用を管理し、最適に制御モードを組み合わせることで、状況に応じた柔軟な運用を実現できる。「最適運用制御」「タイムスケジュール制御」は、計画に基づいて分散型電源を制御するが、計画による制御だけでは太陽光発電量、負荷需要の急変や計画周期以下の状況変

化に対応できない場合がある。「デマンド制御」「余剰電力有効活用制御」では、この状況変化にリアルタイムに追従しながら制御指令値を秒単位で補正することで、常に最適な運用が行える仕組みとしている。以下に概要を記す。

(1) 最適運用制御

最適運用計画で立案された制御指令値に従い、分散型電源を自動制御する。

(2) タイムスケジュール制御

予め設定したタイムスケジュールで分散型電源を自動制御する。1分間隔のきめ細かなスケジュール設定が可能である。また、分散型電源だけでなく、空調や照明のタイムスケジュール機能も備えており、負荷設備も含めた総合的な運用が行える。

(3) デマンド制御

目標デマンドを超過しそうな場合には蓄電池の放電やCGS出力でピークを抑制する。デマンド負荷遮断の機能も備えており、分散型電源の活用と負荷遮断の両方を組み合わせることで、より確実な制御を実現している。

(4) 余剰電力有効活用制御

発電電力が負荷需要を越えそうな場合に、蓄電池の充電やCGSの出力抑制を行う。

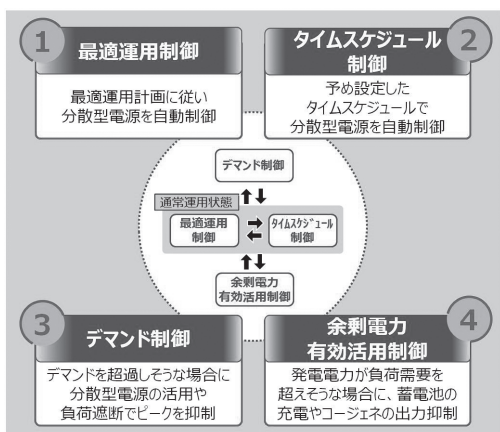


図4 4つの制御モード

3-3 充実したユーザーインターフェース

分散型電源を運用するための「制御運用メイン画面(図5)」の他、「太陽光発電量予測/実績グラフ」「負荷需要予測/実績グラフ」「最適運用計画/実績グラフ」などを備え、平常運用ならびに維持管理運用を快適に行えるように設計している。負荷需要予測は48時間先まで確認できるので、将来のピーク時間帯、ピーク需要を把握することができ、事前のピーク対策に繋げることもできる。

電力量料金単価、燃料単価、契約形態、目標電力、分散

型電源の設備特性など各種の運用条件は、ユーザがオンラインで簡単に変更できるインターフェースを備え、利用環境に応じて柔軟な運用を提供できるようになっている。

また、工場などでは大型の試験設備を不定期に稼働するようなケースがある。このような稀に生じる突発的な負荷増加に対しては、操業カレンダー設定機能として、平常時よりも増加する電力需要を10分単位で数値設定することができる。負荷需要予測では、ここで設定された数値をオフセット値として予測値に反映することで、より高精度な運用を提供できるようになっている。



図5 制御運用メイン画面

4. 運用事例

当社では、エネルギーに関するソリューションビジネスの発展に向けて、2011年から本社工場での110kW太陽光発電システム、工場・事務棟の消費電力見える化、電池電力貯蔵システムの開発検証に取り組んできた。その後は更に規模を拡大して、前橋製作所において、本製品と太陽光発電システム、CGS、電池電力貯蔵システムから成る実規模検証システムを構築し、2014年3月より運用を開始、その後の製品化開発を経て2016年4月から製品での実運用を継続している。前橋製作所における設備構成および導入効果は表2のとおりである。

表2 前橋製作所における設備構成および導入効果

＜設備構成＞	
設備	容量など
太陽光発電システム	550kW
CGS	ガスエンジン700kW
電池電力貯蔵システム	リチウムイオン電池96kWh
EMS	ENERGMATE-F
＜導入効果＞	
エネルギーコスト	2012年度比26%削減
CO2排出量	2012年度比8.5%削減

また、実規模検証システムのイメージを図6、図7および写真1、写真2に示す。

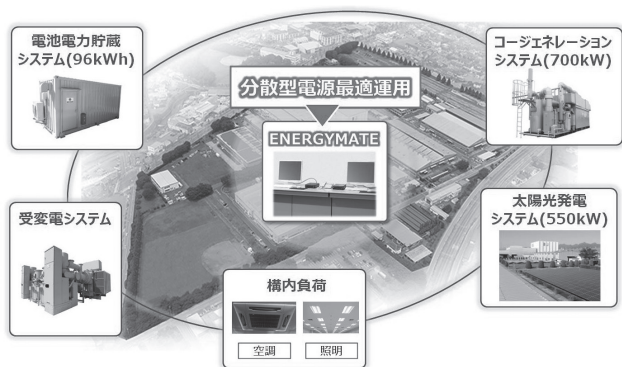


図6 当社前橋製作所実運用モデル工場

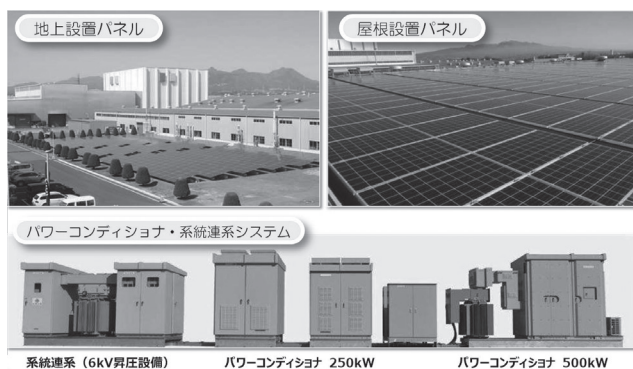


図7 太陽光発電システム



写真1 コージェネレーションシステム



写真2 リチウムイオン電池

ENERGYMATE-Fによる実規模検証の運用事例を図8～図11に示す。図8、図9の運用事例1では、仮にCGSよりも買電が安価な料金条件とした場合の一例で、1日の運用計画と、負荷や分散型電源の実績推移を示している。運用計画では、安価な買電がベースとなり、受電が上限目標電力を超過する時には、蓄電池の放電とCGSの出力でピークを抑制する運用となっている。反対に受電が下限目標電力を下回る場合には、蓄電池の充電とCGS出力を抑制して下限目標電力を下回らないようにコントロールしている。

図9の実績トレンドグラフで“フィードバック補正”となっているところは、計画を逸脱したことで「デマンド制御」や「余剰電力有効活用制御」で、太陽光発電量、負荷需要の変動にリアルタイムに追従して制御したことを示しており、計画周期以下の状況変化に対しても柔軟に対応しながら、常に最適な運用を行うことができています。

図10、図11の運用事例では、昼間時間帯は買電よりもCGSが安価、反対に夜間時間帯は買電が安価という時間帯別料金の場合で、かつ土曜出勤日といったイレギュラーな運用ケースを示したものである。昼間時間帯は安価なCGSがベースとなるが、土曜出勤日は平日と比較して低負荷のため、CGSの出力抑制や蓄電池の充電により余剰電力が生じないような運用計画となっている。夜間時間帯には安価

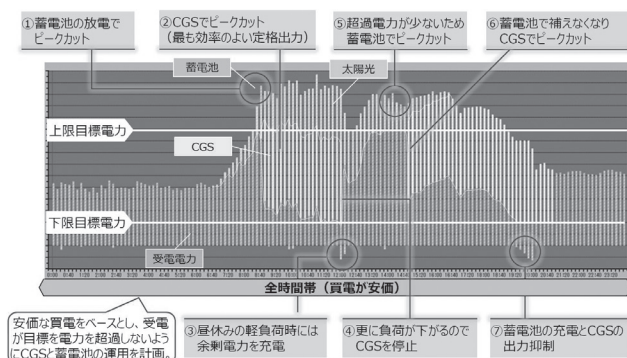


図8 運用事例1 (買電安価) 運用計画グラフ

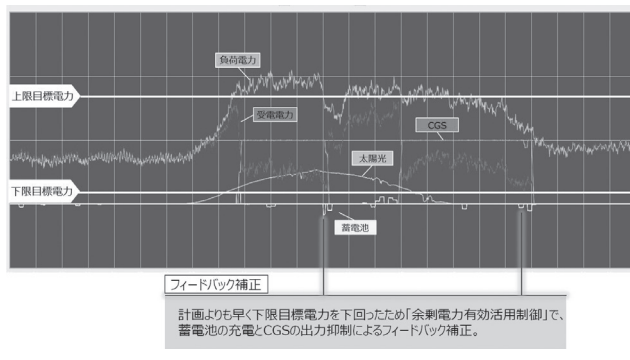


図9 運用事例1 (買電安価) 実績トレンドグラフ

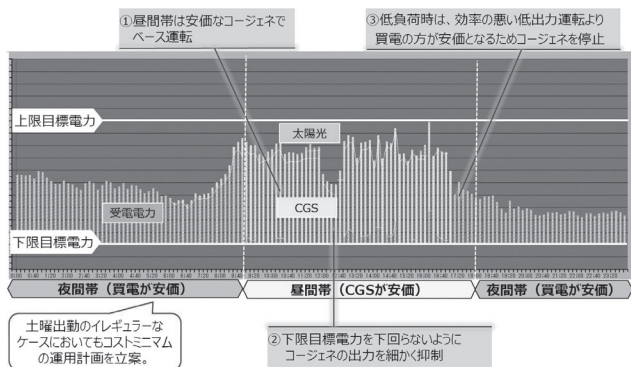


図10 運用事例2 (特異日) 運用計画グラフ

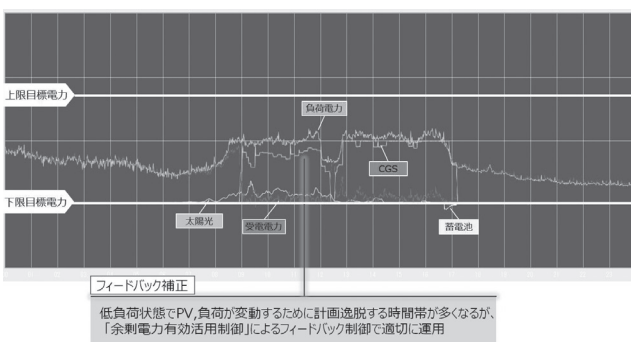


図11 運用事例2 (特異日) 実績トレンドグラフ

な買電がベースになる運用に移行するが、夜間時間帯に入る前にCGSを停止している。これは負荷需要の減少に応じてCGSの出力を下げていくが、このことによって運転効率が悪くなり、ある時点で買電の方が安価な条件に変わることによって買電を優先してCGSを停止するという挙動である。実際の運用においては低負荷状態で、太陽光発電量や負荷需要が変動するために、平日に比較すると計画を逸脱する時間帯が多くなるが、図11に示すようにリアルタイム制御によるフィードバック補正で適切な運用を継続することができている。

このようにCGSの効率や出力上下限制約、応答速度、および蓄電池の充電率などのさまざまな条件を満足しながら、CGSと蓄電池とでエネルギーコストが安価になる方を常に最適に判断して運用することができている。

## 5. 結 言

電力システム改革に加えガスの全面自由化が進められるなど、エネルギーを取り巻く環境は大きく変化しており、電力の需要と供給のバランスを制御して効率的なエネルギー利用を創出していくエネルギーマネジメント技術は今後ますます重要になってくる。

本稿で紹介した「ENERGYMATE-F」は、主に工場／オフィス (SPSS-F) を対象にした製品であるが、今後はさまざまな分野への展開を図っていく。

その一つとして、水処理施設では当社は特に省エネ技術について多くの知見を有しており、水質を維持しながら大量のエネルギーを消費する送風機や大容量のポンプなどの負荷設備を最適にコントロールすることで消費電力を削減する新たな省エネ制御技術の研究開発にも取り組んでいる。

また、水処理施設では、太陽光発電システムや、放流差や処理場内の小落差を利用した小水力発電システム、消化ガスを活用したバイオガス発電システムなどの再生可能エネルギーの導入拡大や、BCP用途での電池電力貯蔵システムの活用などが促進されており、分散型電源の最適制御と省エネ制御技術をベストミックスして、更なるエネルギー利用の最適化を創出していきたいと考えている。

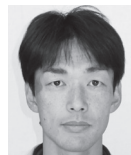
・SPSS、ENERGYMATEは日新電機㈱の登録商標です。

## 参 考 文 献

- (1) 藤原基伸、「多様な分散型電源を最適に制御するエネルギー管理システム「ENERGYMATE-Factory」の開発」、クリーンエネルギー、2016年10月号、pp.6-12
- (2) 「スマート電力供給システム (SPSS) と実規模検証計画の概要」、日新電機技報2014年4月号、pp.38-58

## 執 筆 者

井尻 有策\* : 日新電機㈱ システムエンジニアリング部主任



藤原 基伸 : 日新電機㈱ システムエンジニアリング部部長



竹原 輝巳 : 日新電機㈱ 事業統括室 主査



角田 広樹 : 日新電機㈱ ソリューションシステム事業部グループ長



貞利 章文 : 日新電機㈱ ソリューションシステム事業部



\*主執筆者