

一般論文

スマート電力供給システム (SPSS) ～前橋実規模検証から5つの ソリューション提案へ～

Smart Power Supply Systems (SPSS)
～ Five Business Solution Proposals Based on the Actual-scale
Verification Operation at the Maebashi Plant ～

藤原基伸*	出野慎一*
M. Fujiwara	S. Ideno
竹内雅靖**	小松宣夫***
M. Takeuchi	N. Komatsu
井筒達也*	荻原義也****
T. Idzutsu	Y. Ogihara

概要

当社では電力の安定的な確保、省エネ、省コスト、CO₂排出量削減などの問題に対するソリューションとして、「SPSS (Smart Power Supply Systems: スマート電力供給システム)」の開発を推進している。2011年から当社本社工場での開発検証を開始し、その後、取り組みを拡大して、当社前橋製作所に実規模検証システムを構築し、2014年3月から実証を進めている。そして、2016年1月には、これまでの電力機器事業を発展推進するために、5つの出口を定義してソリューションビジネスとしての販売活動を開始した。本稿では、SPSSのこれまでの進歩と現在の取り組み状況について紹介する。

Synopsis

Nissin Electric Co, Ltd. is propelling the Smart Power Supply Systems (SPSS) as solutions to realize stable power supply, energy and cost saving, CO₂ emission reduction, and so on. In 2011, we started to develop and examine the SPSS at our head office, and expanded our efforts to construct an actual-scale verification system at our Maebashi plant in March 2014, and have been operating it since then. In January 2016, we defined 5 target fields as the exits of our solution business and began to sell them in order to expand our conventional power equipment business. In this paper we will describe our ongoing efforts to develop the SPSS solutions.

1. はじめに

SPSSは、当社がこれまで培ってきた受変電システム技術と電力系統技術に、ソフトウェアやネットワークの技術を融合して、従来からの機器販売にとどまるのではなく、コンポーネント、センサ、システム、ノウハウなどを組み合わせることで、電力の安定的な確保、省エネ、省コスト、CO₂排出量削減といったお客様のさまざまなニーズに対してソリューションを提供する事業の総称である。今、私たちの足元では「電力のパラダイムシフト」という大きな流れが起こっており、電力システム改革やCOP21（気候変動枠組条約

第21回締約国会議）など、日本のエネルギー環境は大きな変革期を迎えている。さらには、東日本大震災後に顕在化した電力供給力不足への対応や地球環境に配慮した新たなエネルギー社会への転換が求められる一方で、再生可能エネルギー（以下、再エネ）の大量導入による系統安定化対策が不可欠になるなど、エネルギーに関して課題が山積している。このような課題の解決に取り組むべく、当社は2011年から110kW太陽光発電システムの本社工場への導入や工場・事務棟の消費電力の見える化などに取り組んだ。その後、さらに規模を拡大して、66kV特高受変電設備に、太陽光発電

* 電力・環境システム事業本部
*** 株式会社日新システムズ

** 技師長
**** 研究開発本部

(PV)、コージェネレーション (CGS)、電池電力貯蔵 (BESS)、エネルギー管理 (EMS) のシステムを組み合わせた実規模レベルの設備を、前橋製作所に構築して2014年3月から実証を開始し、2016年1月には、これまでの電力機器事業を発展推進するために、5つのSPSSソリューションを定義してビジネスを開始した (図 1.1)。本稿では、これら5つのソリューションと、研究開発の取り組みについて紹介する。

- ・ SPSS-Factory (F) : 工場・ビル向けソリューション
- ・ SPSS-Grid (G) : 発電所・変電所向けソリューション
- ・ SPSS-Island (I) : 離島向けソリューション
- ・ SPSS-Water (W) : 水処理場向けソリューション
- ・ SPSS-Home (H) : 住宅街・家庭向けソリューション

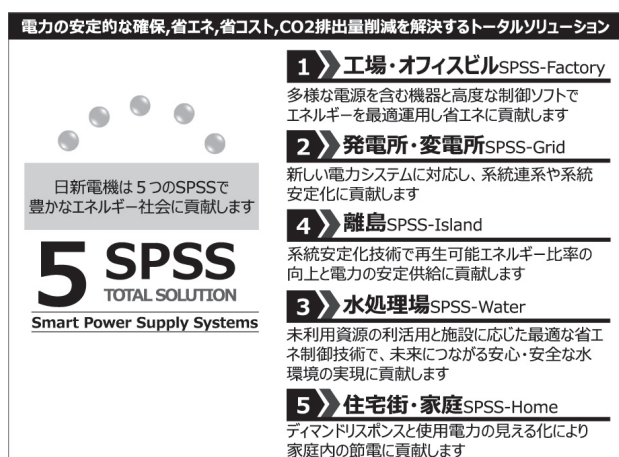


図 1.1 SPSS の概念

2. 前橋製作所モデル工場とSPSS-Fソリューション

エネルギー利用の多様化が進む中で、さまざまなソリューションを実現していくためには、エネルギーと情報を融合しながらエネルギー利用の最適化を実現していくエネルギーマネジメント技術がますます重要になる。また、これからのエネルギー社会においては、省エネ・節電対策のさらなる加速や太陽光発電、風力発電といった自然エネルギーの利用はもちろんのこと、エネルギーをより賢く使うために、各種の分散型電源を活用することが重要になってくる。SPSS-Fでは、このような環境変化に対応すべく、エネルギーマネジメント技術の開発に重点をおき、前橋製作所を分散型電源活用によるエネルギーソリューションのモデル工場として検証を進めてきた。前橋製作所モデル工場のイメージを図 2.1 に示す。本章では、エネルギーマネジメントシステムの開発経緯と前橋製作所における運用事例を中心に紹介する。

2. 1 検証ステージから実規模運用モデル工場へ発展

前橋製作所では、PV、CGS、BESSを段階的に導入して、2014年3月から検証実験を行ってきたが、その後、これらの分散型電源を最適に制御するためのEMSであるENERGYMATE-Factory (F) を開発・製品化して、2016年4月から完全自動運用に移行し、検証ステージから実規模運用ステージへと発展させた。その後は、さらなる省エネに向けて、分散型電

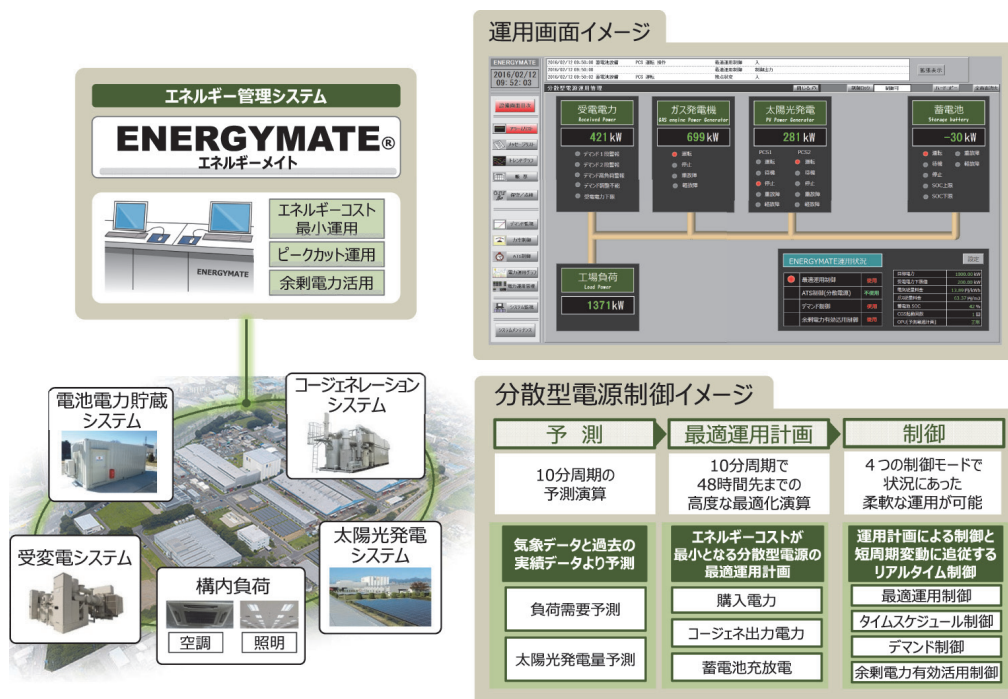


図 2.1 前橋製作所モデル工場のイメージ

源の導入やEMSによる最適制御というエネルギー供給側からのアプローチに加えて、エネルギー消費側の省エネアプローチにも挑戦しており、現在ではENERGYMATE-Fに空調・照明の省エネ制御機能を組み込んで運用している。この空調制御では、電力需要の裕度や室温、不快指数なども考慮した省エネ制御を行っている。これらの結果として、当初の契約電力よりも1,000kW低い目標デマンドでの通年連続運用を実現している。このような取り組みの全体効果を試算すると、年間エネルギーコストで約38%の削減（2012年度比）、年間CO₂排出量で約15%の削減（2012年度比）となっている。前橋製作所における分散型電源の設備構成を以下に、デマンド低減のイメージを図2.2に示す。

(1) 太陽光発電システム (PV)

売電目的ではなく、CO₂排出量削減、電源多様化による非常電源確保、ピーク電力抑制など、次世代の電力供給形態の実証を目的として、550kWのシステムを自家消費用に導入している。また、この設備は、新規開発するパワーコンディショナのフィールド検証用としても活用している。この他、クラウドサービスを活用したパワーコンディショナのリモート監視やストリング監視の機能も有している。

(2) コージェネレーションシステム (CGS)

確実に契約電力を低減できる分散型電源として700kWガスエンジンを導入し、廃熱蒸気は、工場の乾燥炉用熱源として活用している。

(3) 電池電力貯蔵システム (BESS)

ピークカット、停電対策用としてだけではなく、分散型電源から電力系統への逆潮流防止用としても余剰電力の有効活用を図っている。二次電池としては、市場規模の拡大が続き、今後も価格低下が急激に進む可能性が高いリチウムイオン電池を導入している。電池は24kWh容量のパックを4並列にして、合計96kWhとしている。

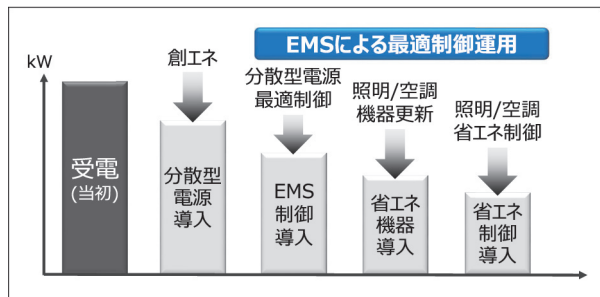


図2.2 デマンド低減イメージ

2. 2 SPSS-Fのコア機能を担うEMSの開発

当社の監視制御システム関連事業の歴史は古く、1950年代中頃に開発した電磁継電器を用いた2段同期式の遠方監視制御装置から始まった。その後60年の歴史の中で技術革新を繰り返しながら、MATEシリーズとして事業展開し、水処理場向けAQUAMATE、工場向けFACTMATE、ビル施設向けBUILMATE、道路施設向けHIWAYMATEの主力製品を多くの需要家に納入してきた。近年は、エネルギーマネジメント技術の革新が求められる中で、エネルギーの見える化、省エネ負荷制御、分散型電源の最適制御など、MATE製品の機能拡充を進めるとともに、エネルギーの見える化・分析機能を提供する製品としてEneMon、分散型電源の最適制御ソリューションとしてENERGYMATE-Fを開発してリリースしている（図2.3）。

ENERGYMATE-Fは、SPSS-Fのコア機能を担い、当社の中核製品である受変電設備にPV、CGS、BESSなどの多様な分散型電源を組み合わせる最適制御のためのEMSである。「予測」「数理計画による最適化」「リアルタイム制御」の技術を駆使して、太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、目標電力、分散型電源の設備特性などの複雑な運用条件を考慮しながら、エネルギーコストが最小となるように分散型電源の最適運用計画を立案して制御する。分散型電源の運用を全て統合管理することで、設備管理者の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」「BCP対策」など、状況に合わせた運用に対応することもできる。

最適運用計画の立案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。さらに、10分毎の短周期で48時間先までという業界トップクラスの最適化演算を実現している。

また、太陽光発電量や負荷需要の急変など、最適運用計画による制御だけでは対応できない突発的な状況変化に対しても、指令値を秒単位で補正するリアルタイム制御を組み合わせることで、常に最適な運用が行えるようにシステム設計している。

なお、この製品は、きめ細やかな演算結果に基づくエネルギーの最適運用を実現していることから、地球温暖化の防止や安全・安心に貢献する製品として高く評価され、JECA FAIR 2017（第65回電設工業展）の製品コンクールにおいて環境大臣賞を受賞することができた。

エネルギー面的利用 需給調整	●バーチャルパワープラント、デマンドレスポンス対応 ●工業団地、地域コミュニティなどエネルギー面的利用 ●事業所拠点間融通など
分散型電源 最適運用計画・制御	●発電予測、負荷需要予測に基づいた、多様な分散電源による最適運用計画と制御
発電量予測 需要予測	●再生可能エネルギー発電量予測 ●負荷需要予測
再エネ・分散型電源 連系	●分散型電源を含めたエネルギー統合管理 ●連系制御、出力安定化、ピークカット、BCP運用など
負荷 省エネコントロール	●水処理設備(ポンプ、送風機など)省エネ制御 ●空調、照明、動力、熱源、その他省エネ制御
エネルギーモニタリング 見える化	●省エネを目的に、きめ細かな計測・計量を主としたデータ管理 ●見える化、統計、分析支援、シミュレーションなど
リアルタイム 監視制御機能	●各種設備の常時監視や遠隔制御、維持管理運用を目的とした集中監視制御

図 2.3 エネルギーマネジメント技術の革新



図 2.5 ENERGYMATE-F



図 2.6 リモートステーション



図 2.7 温湿度センサ

2. 3 システム構成

実規模運用システムの構成を図 2.4 に示す。前橋製作所のシステム構築では、無線技術も積極的に活用した。実際の工場においては、通信ケーブルの敷設が困難な場合や工事コストが非常に高額となる場合があるので、分散型電源の重要な制御は光ループによるネットワークを使用して信頼性を高める一方で、温度、湿度や照度の計測用センサのデータ通信など重要度が低い部分には無線技術を活用するなど、扱う情報の重要度によってネットワークを使い分けることで、工事コストの低減を図っている。無線通信には、920MHz帯でのマルチホップシステムを使用している。図 2.5～図 2.7 にENERGYMATE-F と無線ネットワークの適用事例写真を示す。

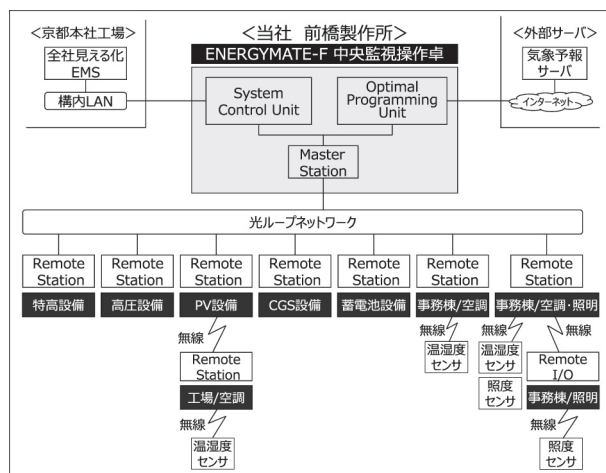


図 2.4 実規模運用システム システム構成

2. 4 制御運用事例

ENERGYMATE-Fによる前橋製作所での制御運用事例を図 2.8 と図 2.9 に示す。図 2.8 は、横軸を 10分周期での 24 時間とし、縦軸を各分散型電源の出力の積み上げ値としてグラフ化したものである。図 2.9 は、同じデータを 1 分周期のトレンドグラフで示したものである。この事例は、昼間時間帯は買電価格よりも CGS 発電価格が安価で、夜間時間帯は買電価格の方が安価という場合であり、このような時間帯別料金にも対応できるアルゴリズムを組み込んでいる。

昼間時間帯は安価な CGS がベースとなるが（図 2.8 ①）、負荷需要が減少して余剰電力が生じる可能性がある昼休みの時間帯に向けて、下限目標電力を管理しながら、蓄電池を事前に放電している（図 2.8 ②）。そして、昼休みの負荷減少に応じて蓄電池の充電と CGS の出力抑制を行うことで余剰電力が生じないようにコントロールしている（図 2.8 ③）。夜間時間帯には安価な買電がベースになる運用に移行するが、受電が上限目標電力を超過する時間帯は、CGS の出力でピークを抑制する運用となっている（図 2.8 ④）。ここで、夜間時間帯は買電が安価であるため、CGS は上限目標電力に合わせて最小限の出力でよいとも考えられるが、700kW の定格で運転している。この理由は CGS の効率も演算のパラメータに含まれており、定格出力で運転した方がコスト最小であるとして判断しているためである。このように CGS 出力効率などの設備特性も最適化演算のためのパラメータとして考慮したうえで、買電と CGS と蓄電池の中からエネルギーコストが最小になる電源を常に適切に選択して運用することが可能である。図中で“計画制御”となっているところは、最適運用計画に基づく制御を示しており、“リアルタイム制御”となっているところは、計画を逸脱した太陽光発電

量や負荷需要の変動に対してリアルタイムに追従して制御したことを示している。このように、計画周期内に発生する突発的な状況変化に対しても適切に対応することが可能である。

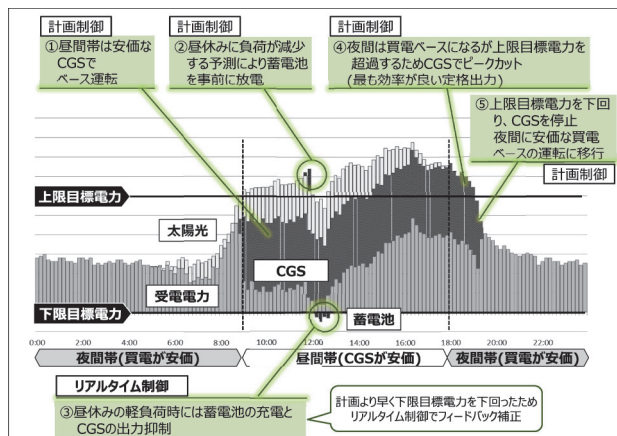


図 2.8 制御運用事例 (10分周期24時間の出力変動)

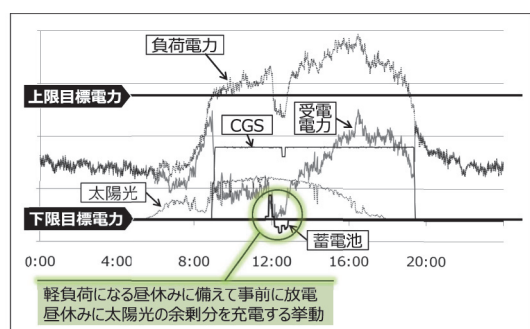


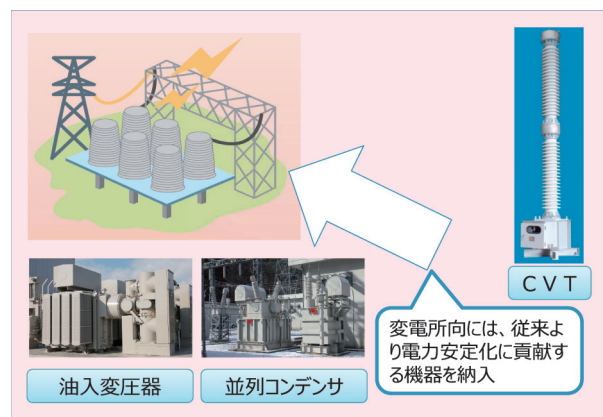
図 2.9 制御運用事例 (1分周期でのトレンド)

2. 5 今後の取り組み

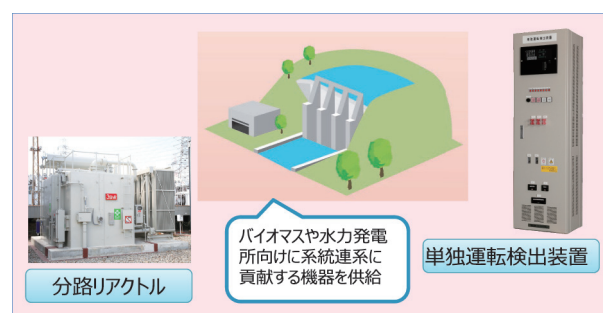
本章では、SPSS-Fとして、当社前橋製作所実規模運用モデル工場での実証試験結果の一部を、エネルギーマネジメント適用事例のひとつとして紹介した。今後は、バーチャルパワープラントやスマートコミュニティなどにおけるエネルギーの面的利用にも注目して活用の拡大を図り、さらなるエネルギー利用の最適化を目指していきたいと考えている。

3. SPSS-Gソリューション

SPSS-Gは、発電所・変電所向けのソリューションであり、新電力事業者などが保有する発電・変電設備を系統に接続したいというニーズにこたえるものである。当社独自技術による対応が可能であり、電力や系統の安定化に寄与できると考えている。



(変電所モデル)



(発電所モデル)

201014 20156®

図 3.1 SPSS-Gでのソリューション提案

風力発電やバイオマス発電などで得られた電力を遠く離れた既存電力系統へ送電する方法としては、架空とケーブルがあるが、前者は、鉄塔用地の獲得交渉や取得費用に加えて、鉄塔・送電線の保守費用や落雷のリスクなど、課題が多い。後者の場合には、土地所有者からの許可のみで、土地取得は不要であり、当然、落雷リスクも低い。よって、明らかにケーブル送電が有利なので、後者の事例が増加している。しかし、長距離交流ケーブル送電においても電力品質に関する対策は不可欠であり、当社ではこれらの課題に対応するためのソリューション提案も行っている。課題としては、

- ①ケーブル有効送電容量の減少
- ②ケーブル充電時の電圧変動
- ③高調波共振による機器の過熱
- ④高調波共振による機器の電圧歪発生
- ⑤ケーブル残留電荷の発生

などがある。具体的な対策方法は、適用電力系統の事情により種々であるため、個々の詳細は省くが、③の原因となる高調波共振について以下に簡単に解説する。

高調波共振現象は、ケーブルの静電容量とリアクタンス、系統インピーダンスの相互作用により発生する。図3.2で、長距離送電ケーブル設置による静電容量Cが大きくなると、系統のインダクタンスLとの共振周波数が低下し、特定の高調波が拡大する。

$$\text{共振周波数} = 1 / (2\pi\sqrt{LC})$$

共振周波数が低下すると、第5次や第7次の高調波で共振する場合があります、系統の電圧歪が拡大して高調波ガイドラインの規定値を超過することがあるので、高調波フィルタを設置して共振を回避する必要がある。

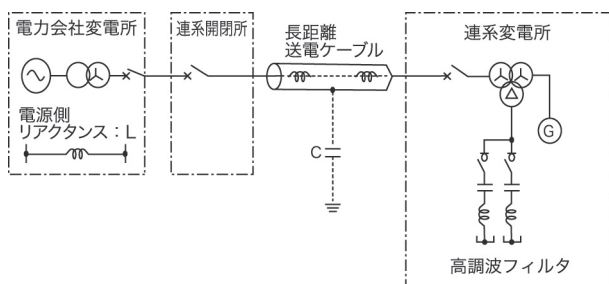


図3.2 高調波共振モデル

4. SPSS-Iソリューション

エネルギー供給構造が大きく変化中、エネルギーの安定供給（自立）や環境への適合という観点から、再エネの重要性はますます高まっている。特に、離島など電力系統が独立した地域においては、化石燃料輸送などの必要性も考慮すると、エネルギーコストの観点からも再エネ比率の拡大が望まれる。

当社は、SPSS-Iソリューションとして、電力系統、特に離島などのマイクログリッドにおける再エネ比率の拡大を目的とした機器・システムの開発に取り組んでいる。本章ではそのコアコンポーネントである蓄電池用交直変換装置（PCS）の開発とシステム構築の事例について紹介する。

4.1 汎用タイプの蓄電池用PCSの開発

代表的な再エネである太陽光発電や風力発電においては、気象条件によって発電量が変化するため、その構成比率を拡大させるためには、電力の需要と供給を調整する需給調整機能が不可欠である。現在、蓄電池システムが最も信頼性の高い需給調整装置として注目されており、その充放電を制御するのが蓄電池用PCSである。当社はすでに蓄電池システムや蓄電池用PCSで20年以上の納入実績を有しているが、今後の蓄電池市場拡大に対応すべく、汎用タイ

プの625kVA蓄電池用PCSを新たに開発し、販売を開始した。このPCSは、外部通信指令による充放電運転に高速に対応することができるので、蓄電池システムに高い需給調整機能を持たせることが可能となる。

また、負荷平準化と自立運転という基本的な制御機能を内蔵しており、需要家向けのピークカットや停電時のバックアップ、再エネ発電所向けの出力変動緩和、バーチャルパワープラントや電気事業者向けのデマンドリスポンス・アンシラリーサービスなど、多様な蓄電池システムへの適用が可能である。その装置外観を図4.1に示す。



図4.1 蓄電池用PCSの装置外観

4.2 太陽光発電と蓄電池によるハイブリッド電源システム

離島などのマイクログリッドにおいては、化石燃料を必要としない再エネの比率拡大は特に有効である。当社での事例として、宮古空港ターミナル株式会社の貨物ターミナルに、太陽光発電と蓄電池を組み合わせたハイブリッド電源システム（図4.2）を納入しており、2016年4月から実運用されている。



図4.2 ハイブリッド電源システム全景

本システムで発電した電力は、全量自家消費されるが、台風などによる商用系統停電時にも電力供給ができるシステムとなっている。太陽光発電用およ

び蓄電池用の2台のPCSは商用系統とは切り離され、独立電源として貨物ターミナルの空調・照明の一部に電力を供給している。また、天候不順などにより蓄電池残量が不足した場合には、対象負荷を本システムから商用系統に高速で自動切替することで、継続して安定運用ができるように配慮している。運用開始後1年間のデータ（2016年4月～2017年3月）によると、全消費電力量の約87%を太陽光発電が供給している。太陽光発電が1日の電力をすべて賄っている事例を図4.3に示す。

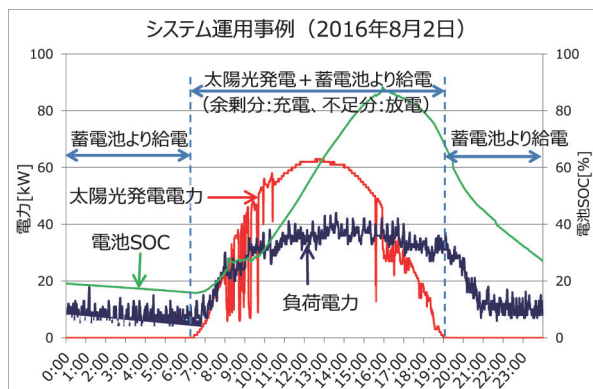


図4.3 太陽光発電が全電力需要を賄っている事例

4. 3 今後の取り組み

本章では、SPSS-Iの事例として、電力利用における再エネ比率の拡大への取り組みを紹介した。今後、ますます再エネの重要性は高まるものと考えており、EMSや蓄電池システムの活用による再エネ比率の更なる拡大に貢献していきたいと考えている。

5. SPSS-Wソリューション

社会インフラのひとつである下水処理施設は、日本全体の電力量の約0.7%を消費し、温室効果ガスの約0.5%を排出していると言われている⁽⁷⁾。自治体では消費するエネルギーの更なる削減を目指して、省エネ技術の導入や再エネ（創エネ）導入の努力を重ねている。

SPSS-Wはエネルギー削減が課題となっている水処理施設に対するソリューションであり、IoTとビッグデータ処理を利用した予測に基づく水処理最適制御による“省エネ”、水資源を有効活用する“創エネ”、電気を蓄えて高負荷時や災害時に利用する“蓄エネ”を組み合わせることで施設のエネルギー自立化（図5.1）を目指している。

5. 1 新しい省エネ制御技術の開発

下水処理施設では、流入する汚水に空気を送り、微生物の活動を利用して水を浄化しているが、送風機の使用電力量が施設全体の約30～50%を占めるた

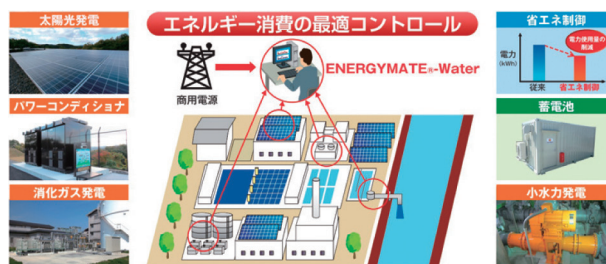


図5.1 水処理施設エネルギー自立システムのイメージ

め、その削減が課題となっている。従来は、水の汚れ度合を直接測定できる実用的な水質センサがなかったため、送気量が過多になっていたが、当社では、アンモニア性窒素計を用いる新しい制御方式（硝化制御）を開発しており（図5.2）、汚れ度合に応じた送気量を算出して制御することで10%程度の省エネを実現している。

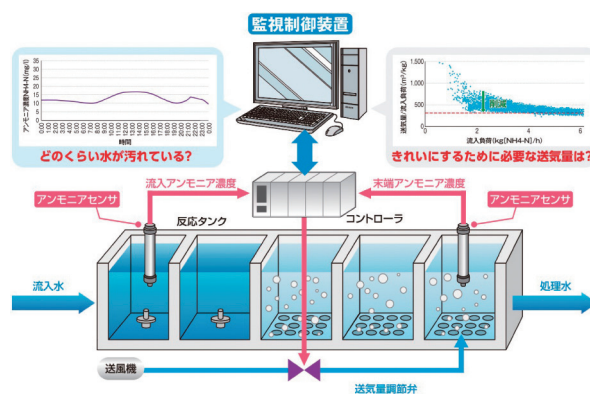


図5.2 アンモニア硝化制御のシステム構成

5. 2 IoT技術の下水処理施設への導入調査研究

地方共同法人日本下水道事業団（JS）と共同で、5.1項で述べた省エネ制御と、IoTの活用による反応タンク流入負荷量予測を組み合わせ、揚水ポンプや送風機などを制御することで、処理水質の安定化とエネルギー使用量の低減を両立させるハイブリッド型最適制御技術（図5.3）の開発に取り組んでいる。

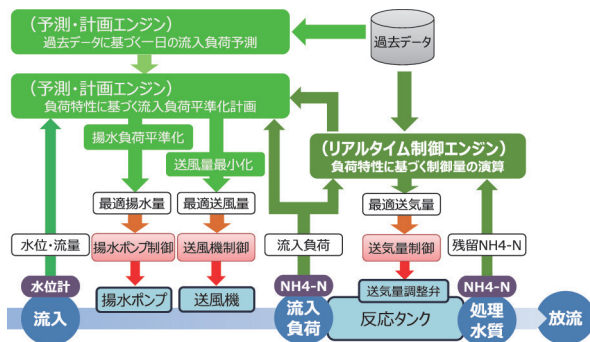


図5.3 ハイブリッド型最適制御システムの概念図

5. 3 水資源を活用した創エネ設備の導入事例

下水処理施設から発生する汚泥は量・質ともに安定したバイオマス資源であり、汚泥を発酵させて減容化する過程で発生するメタンガスを燃料とした消化ガス発電が導入されている。発電した電気は施設内で利用し、発電時の廃熱は消化タンクの加温に利用することでエネルギーの有効利用を図っている（図5.4）。

また、上水道施設では、水を引き込む導水管の圧力差を利用した小水力発電を導入し、発電した電気を施設内で利用することで、電力コストの低減と温室効果ガスの排出削減に貢献している。

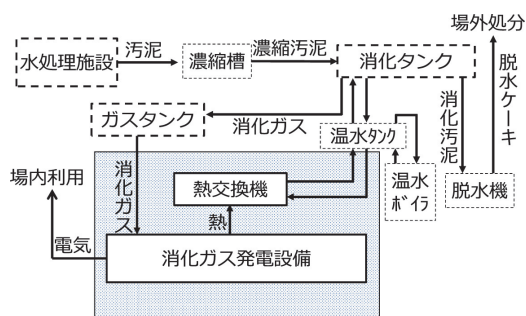


図5.4 消化ガス発電系統図

5. 4 今後の取り組み

自治体の上下水道事業は、人口減少による収入低下や人材の減少、老朽化施設の増加など、多数の課題に直面しており、より効率的な事業実施が求められている。IoTやAIなど先進技術を活用したソリューションを更に拡大することで、エネルギー使用量の削減、運転管理の効率化、BCP対応、地球温暖化防止などに取り組んでいく所存である。

6. SPSS-Hソリューション

再エネの普及や電力の自由化など、電力ビジネスの環境が移り変わる中、エネルギー技術を通じて「社会問題をビジネスで解決する」必要性が要求されている。

株式会社日新システムズ (NSS) は、SPSS-Hソリューションとして、主に家庭市場向けのビジネス展開に必要な機器やソフトウェアを提供している。本章では、当社の主な実証事業への取り組みやソリューションについて紹介する。

6. 1 宮古島市島嶼型スマートコミュニティ実証事業

本事業は、宮古島EMS利活用モデルの一環として進められている。昨今のエネルギー分野での制度改革を注視し、モデルの実現性を追究しつつ、全国的に普及展開され、標準化・低廉化された装置・技術

をシステム化して普及させることで、エコアイランド宮古島の実現と沖縄県内エネルギー需給構造の最適化を目指している。

当社は、スマートシティの実現に向けた取り組みの一環として平成28年度より本事業に参画している。

主に宅内対象機器を制御するための事業者端末として、高機能かつ安価で量産可能な屋外型HEMS-GWコントローラ（図6.1）を自社製品として開発し、可制御負荷を面的に群制御することで、系統負荷率を向上させるとともに、再エネ余剰電力の吸収を図ることを目指した開発を行っている。

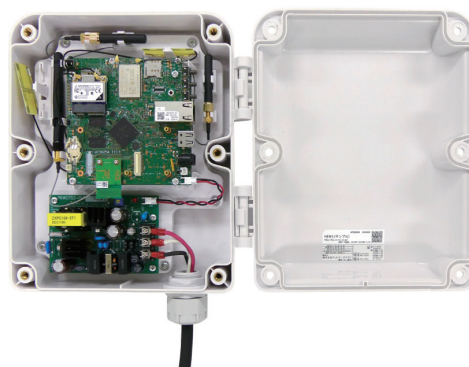


図6.1 屋外型HEMS-GWコントローラ

具体的には、各家庭のヒートポンプ給湯機、電気温水器、家庭用太陽光発電装置、家庭用蓄電池の制御性や普及性の検証を行っている（図6.2）。現在は、エコパーク宮古での模擬運用を終えて、コテージホテル実証サイトでの実運用検証を実施している段階であり、2018年度に宮古島で順次装置を稼働させることを目指している。

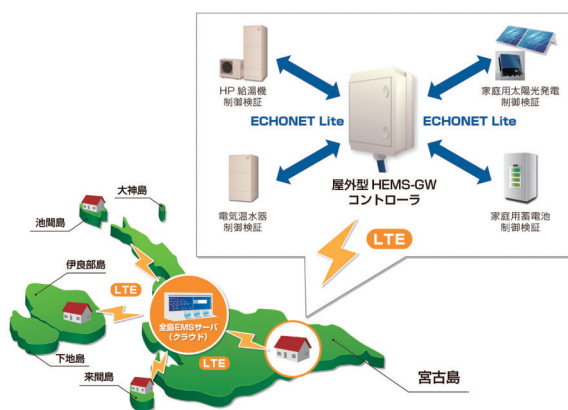


図6.2 実証事業イメージ

6. 2 バーチャルパワープラント (VPP) 構築実証事業

VPPとは、点在する小規模な再エネ発電システムや蓄電池、燃料電池などの設備と、電力需要を管理

するネットワーク・システムをまとめて制御することを言い、それらが、あたかも1つの発電所のように機能するので、VPP（仮想発電所）と呼ばれている。

「創エネ」「蓄エネ」「省エネ」のための各種取り組みを、当社が得意とする情報・通信技術を駆使することで統合制御することができる。1つ1つは小規模であっても、束ねてマネジメントすることで大規模発電設備に匹敵する電力の供給が可能になるので、効率的に需給バランスを最適化させる技術として注目を集めている。

また、当社では、平成28年度より本実証に参画している複数の企業に対して、ECHONET Lite^(注1)とOpenADR^(注2)を組み合わせたHEMSを電力の需給バランス調整用ソリューションとして提供している。

(注1)ECHONET Liteはエコーネットコンソーシアムの商標です。

(注2)OpenADRは、OpenADR Allianceの商標です。

6. 3 ECHONET Liteソリューション

ECHONET Liteとは、スマートハウスを実現するための通信プロトコルである。スマートフォンなどを利用して、家庭内にあるエアコンや照明などを制御したい、電力の無駄遣いを抑えるために家の電気代を把握したいなどの要望に応えるためには、機器メーカーに依存しない共通の通信プロトコルが必要であり、その役割を果たすのがECHONET Liteである。

当社では、ECHONET Liteを実現するための通信ライブラリ、機器オブジェクト、サンプルアプリケーションなどを集約したパッケージの販売や、各種機器・システムをECHONET Liteに対応させるためのカスタマイズ作業なども提供している。

7. お客様設備の安定な電力供給を支える技術開発

前橋製作所におけるSPSS実証実験においては、2章で紹介した内容に加えて、特高受変電機器や高圧配電盤などの重要電力設備の状態監視・劣化診断システムを構築し、設備の故障や停電を未然に防止するための技術開発を進めてきた。現在は、機械学習を中心としたAI技術の導入による機器劣化診断の精度向上に取り組んでいる。さらに、再エネを中心とする多様な分散型電源を組み合わせた電力供給システムの中核として、電池電力貯蔵システムの多機能化開発をReal-Time Simulatorを活用して進めている。これらは、いずれもSPSS-F、G、I、Wソリューションの拡大に貢献する基盤技術である。

7. 1 機器の絶縁状態監視・劣化診断技術

電力機器の絶縁劣化は電力供給回路の短絡事故や停電につながることから、その前駆現象である部分放電の常時監視（部分放電に伴う過渡現象の測定、放電音の超音波観測など）が特に高経年機器に対して重要である。当社はGIS内部の部分放電を外部アンテナを用いて検出し、図7.1に示されるような数百MHz領域での時間的・周波数的3次元スペクトルから、商用周波電圧波形に同期した部分放電起因の高周波信号をとらえている。機器外部から無侵襲で電磁波を検出できる点、機器の改修が不要という点で外付けセンサは使いやすいが、周辺から発生する電磁波（放送波や送電線のコロナなど）の影響を受けやすいという課題もあるので、得られたデータの解釈は熟練者の経験・判断にゆだねざるを得ない場合も多い。

そこで、実験モデルで獲得した図7.1のような数多くのスペクトルデータを、図7.2に示す手順で機械学習させることにより、部分放電発生の要因（突起物、ボイドなど）を自動的に判別するための技術開発も進めている。

7. 2 電池電力貯蔵システムの多機能化

需要家側で再エネを含む分散型電源の導入が進むと、それらを組み合わせて、自家消費によるピークカット（契約電力削減）、CO₂削減、瞬低・停電対策などを実現する多機能システムが求められるようになる。多様な分散型電源を組み合わせる際に中核となる設備は、高速で電力の充放電を行うことができる電池電力貯蔵システムである。特に、瞬低・停電時には、系統との連系・解列を行う高速SWと組み合わせることで、分散型電源の自立運転への移行と商用電源への復帰を円滑に行う「システムUPS」を実現することができる。現在、Real-Time Simulatorを活用して、様々な系統現象や負荷特性に対する電圧・周波数制御の安定性を検証しているところである。一方、二次電池としては、鉛電池、Liイオン電池のような種別に加えて、高レート充放電が得意な電池やゆっくりした充放電が得意な電池があり、用途に合わせて採用する電池を選択する必要がある。当社では、各種電池の特性評価試験を精力的に進めることで、システム視点で最適な電池の選定、劣化状態の把握、余寿命の推定などの技術開発を行っている。

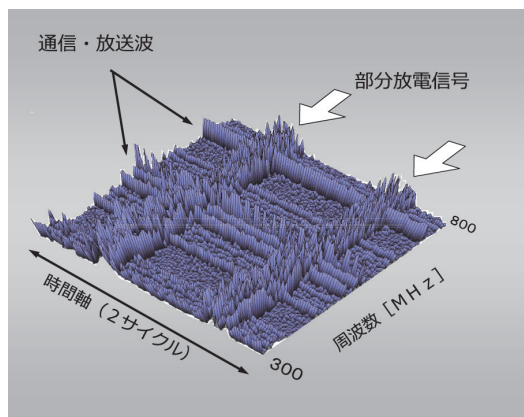
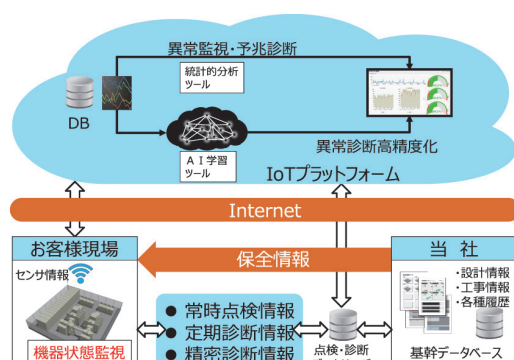
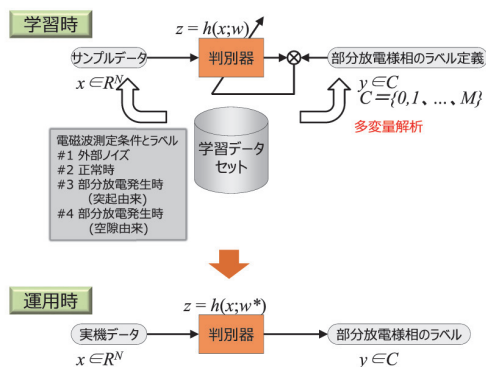


図 7.1 測定電磁波の3次元スペクトル



(a) 電力機器の状態監視システム構成



(b) 機械学習による部分放電とその様相判別

図 7.2 AI技術を導入した電力機器の状態監視システム

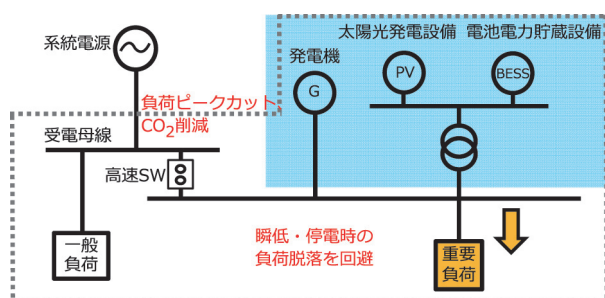


図 7.3 多様な分散電源を所有する需要家モデル

8. おわりに

前橋製作所実規模運用モデル工場におけるSPSS-Fの運用事例とその他4つのSPSSソリューション、並びに、将来に向けての技術開発の取り組み状況について紹介した。

今まさに、時代は電力エネルギーをめぐる大きな変革のうねりの中にあり、エネルギーを有効利用するためのソリューションが求められている。また、IoT、AI、並びに、これらを支えるネットワーク技術などの進歩も著しく、このような技術の多様化は、あらたな製品、サービス、ビジネスモデルを創出するチャンスにつながると考えられる。当社は、これまで培ってきた受変電システム技術と電力系統技術を核に、今後またゆまぬ研究開発に取り組み、ソリューションビジネスを推進していく所存である。

参考文献

- (1) 荒川修三 他：「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Vol.59 No.1, pp.38-58(2014.4)
- (2) 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Vol.25 No.10, pp.6-12(2016.10)
- (3) 藤原基伸：「分散型電源を統合管理する「エネルギー管理システム」の開発」、電気評論 第637号 第102巻、第3号、pp.53-57(2017.3)
- (4) 井尻有策 他：「ENERGYMATE-Factoryによる分散型電源の最適運用制御」、SEIテクニカルレビュー、第190号、pp.57-61(2017.1)
- (5) 植村浩之 他：受変電システム事業のあゆみ、日新電機技報Vol.62 No.1, pp.37-44(2017.3)
- (6) 藤原基伸 他：分散型電源を統合管理するエネルギー管理システム「ENERGYMATE-Factory」の開発、日新電機技報Vol.62 No.3, pp.76-81(2017.10)
- (7) 自由民主党政務調査会：「下水道エネルギー・イノベーションの推進」・「浄化槽の国際展開」に向けた提言(2017.5)
- (8) 国土交通省国土技術政策総合研究所：「B-DASH プロジェクトNo.14 ICT を活用した効率的な硝化運転制御技術導入ガイドライン(案)」、国総研資料 第938号(2016.12)
- (9) 長塩尚之 他：「下水処理施設に於けるアンモニア態窒素濃度計の活用検討」、日新電機技報Vol.62 No.3, pp.70-74(2017.10)

✎ 執筆者紹介



藤原 基伸 Motonobu Fujiwara
電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部長



竹内 雅靖 Masayasu Takeuchi
技師長



井筒 達也 Tatsuya Idzutsu
電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
新エネルギー技術部長



出野 慎一 Shinichi Ideno
電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部
主幹



小松 宣夫 Nobuo Komatsu
株式会社日新システムズ
ソーシャル・ソリューション事業部長



荻原 義也 Yoshiya Ogihara
研究開発本部
電力技術開発研究所長