

一般論文

スマート電力供給システム (SPSS) と 実規模検証計画の概要

Outline of Smart Power Supply Systems (SPSS) and
Practical-scaled Demonstration Scheme

荒川 修三* 荻原 義也**
S. Arakawa Y. Ogihara
吉田 忠男*** 野村 昭二***
T. Yoshida S. Nomura

概要

SPSSは日新版スマートグリッドであり、当社がこれまでに培ってきた受変電システム技術、電力系統技術、機器状態監視技術を駆使して構築するシステムである。2011年から当社本社での110kW太陽光発電 (PV) 設備、工場・事務棟の消費電力見える化、電池電力貯蔵設備 (BESS) の開発検証に取り組んできた。更に規模を拡大し、当社前橋製作所に550kW太陽光発電設備、700kWコージェネレーションシステム (CGS)、96kWh電池電力貯蔵設備 (BESS)、エネルギー管理システム (EMS)、受変電設備状態監視系から成る実規模検証システムを構築し、2014年3月から実証を開始した。本稿では、SPSSおよび実証計画の概要を紹介する。

Synopsis

SPSS (Smart Power Supply Systems) is our registered trademark, which means a smart grid concept of Nissin Electric. Its feature is the system configuration, making full use of the reliable electrical power equipment technology and condition monitoring technology which we have so far cultivated.

We have been installing the SPSS which consists of PV, CGS, BESS, EMS, and condition monitoring network in our Maebashi factory. In this paper, we will describe the concept of SPSS and the practical-scaled demonstration scheme which has started to operate in March 2014.

1. はじめに

受変電設備は本来、商用電力を工場、商業施設、水処理施設などの需要家構内に安定に供給する極めて重要な役割を担っている。東日本大震災以降、その重要性は更に深く認識され、以下のような幅広いニーズに対応することが要求されるようになった。

- ① 電力不足対策としての省エネ・節電
- ② エネルギーコスト (電力料金、ガス料金) の上昇に対処する多様な電源のベストミックス
- ③ 商用停電リスクの増加に伴う自家発電設備、蓄電設備の導入
- ④ 再生可能エネルギーの導入拡大

- ⑤ 受変電設備の安定稼働を確保する状態監視・劣化診断の導入

将来的には、限られた供給電力と需要家自らの発電および節電・保全ノウハウとを組み合わせたエネルギー管理、設備管理に加え、工場の廃水、騒音・振動、ボイラ施設などの環境要素についてもトータル管理システムとして組み込まれていくであろう。

一方、制度面では、再生可能エネルギーのFIT (固定価格買取制度)、政策的な二次電池導入促進、省エネ法の改正 (エネルギー管理が工場・事業場単位から企業単位となるなど) やトップランナー変圧器第二次判断基準の2014年度スタートなどの最近の動きがある。省エネ法の改

* エンジニアリング部
** 電力技術開発研究所
*** 新エネルギー・環境事業本部

正に関する需要家側の特記事項としては、従来の省エネ対策に加え、二次電池やEMS、自家発電設備の活用等により、電力需要ピーク時の商用電力の使用を低減する取組を行った場合に、これをプラスに評価できる体系となる点がある。⁽¹⁾

省エネと創エネ、蓄エネの三者がますます密接に関連してきている。

また2016年の電力小売全面自由化といった電力システム改革にも柔軟に対応できることが求められる。当社はこれまで特高・高圧受電の需要家や水処理などの公共施設等、多くの需要家に受変電設備、中央監視制御装置を納入してきたが、次世代の受変電システムとして「エネルギーコスト抑制+停電時の操業継続の実現+設備の安定稼働確保」をコンセプトとする、SPSS (Smart Power Supply Systems: スマート電力供給システム) の構築を進め、実証運転を開始した。

このSPSSの特長は、当社の得意とする受変電システム技術、電力系統技術、機器状態監視技術等を統合してシステム構築する点である。2011年から当社本社で110kW太陽光発電 (PV) 設備、工場・事務棟の消費電力見える化、電池電力貯蔵設備 (Battery Energy Storage System: BESS) の開発検証に取り組んできた。⁽²⁾

更に、需要家規模ベースでの開発・実証を一層推進するため、当社前橋製作所に①550kW PV設備、②700kW

コージェネレーションシステム (CGS)、③96kWh BESS、④EMS、⑤受変電設備状態監視から成るシステムを構築し、2014年3月よりこれらの実証運用を開始した。受変電システムを取り巻く情勢は今後も大きく変化していくと考えられるが、迅速にニーズの変化に対応し実証を重ねていく所存である。

(注) EMS (Energy Management System) は適用対象により以下のように分類されている。

FEMS (Factory Energy Management System)

BEMS (Building Energy Management System)

HEMS (Home Energy Management System)

CEMS (Community Energy Management System)

2. スマートグリッドを取り巻く背景と当社の取り組み

本章では、スマートグリッドの概要、海外・日本におけるスマートグリッドを取り巻く情勢を簡単に述べた後、当社のスマートグリッドを支える技術・製品について紹介する。

2. 1 スマートグリッドの概念

スマートグリッドの概念は、国・地域の電力・送配電網事情や目指す目的により異なるが「従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、ICT

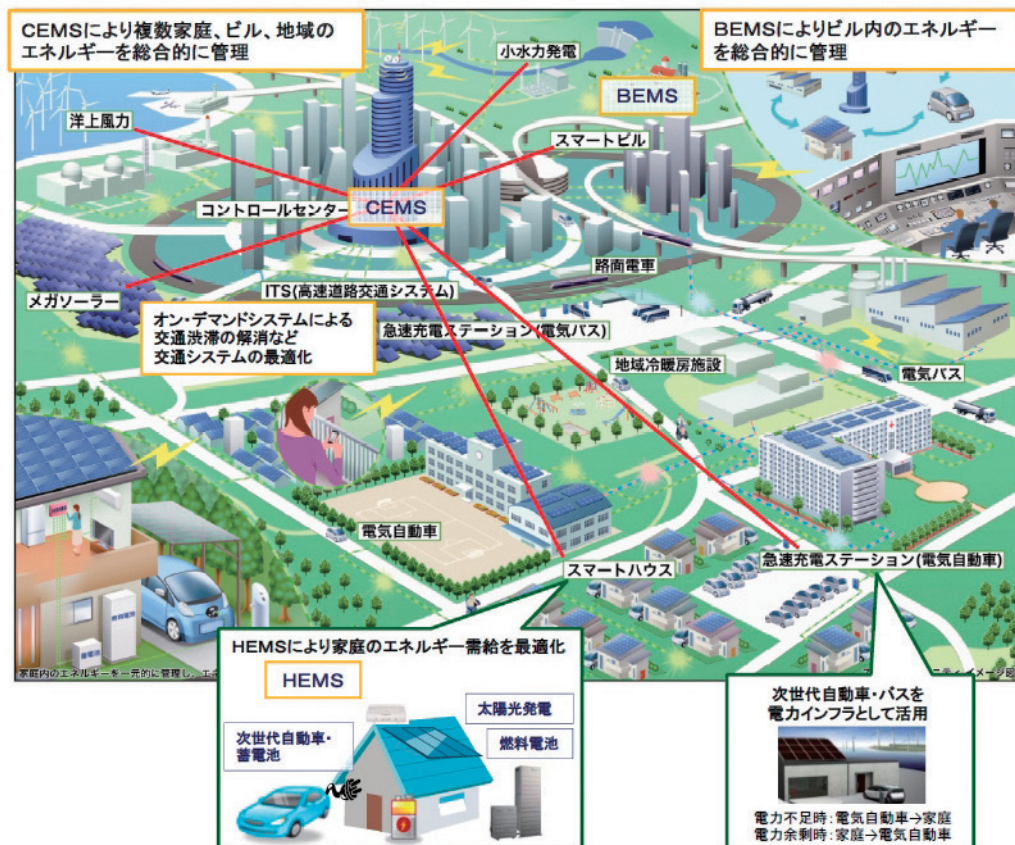


図 2.1 スマートコミュニティのイメージ図 経済産業省HPより転載⁽⁴⁾

(Information and Communication Technology：情報通信技術) の活用により、太陽光発電等の分散型電源や需要家の情報を統合・活用して、高効率・高品質・高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの」とされている。⁽³⁾

また、スマートシティ (タウン)、スマートコミュニティは対象を送電網に限定せず、上下水道、交通、病院などのインフラをICT技術で結び、広く利便さとエネルギーの地産地消など地域の全体最適を実現するコンセプトである。当社のSPSSもその中で貢献を狙うものである。スマートコミュニティのイメージを図2.1に示す。⁽⁴⁾

2. 2 海外におけるスマートグリッドの導入背景

スマートグリッドは、米国においてオバマ政権のグリーンニューディール政策の柱に据えられたことから、一躍注目を浴びることになった。米国では、送電網の容量不足や老朽化により停電事故が相次いで発生したこと、再生可能エネルギー導入を促進し電力取引を活発化すること、への対応策として位置づけられる。一方欧州では、風力発電の大量導入により電力の流れの調整が困難 (送電線過負荷発生) となったことから、再生可能エネルギーの出力監視と制御による低炭素社会の実現に重点が置かれている。新興国では、急成長する社会のエネルギー需要に対処する必要があり、発電所と送電網の建設を優先しながら、再生可能エネルギー導入にも力を入れている。このように各国の事情に応じたスマートグリッド化が推進されている。⁽⁵⁾

2. 3 日本におけるスマートグリッドの実証事例

日本では東日本大震災以降、エネルギー事情が大きく変化したため、スマートグリッドに対する認識も変わってきている。東日本大震災以前には、地球温暖化と、低いエネルギー自給率という課題を解決するために省エネと再生可能エネルギー導入を促進する必要があった。再生可能エネルギーの導入拡大に対しては、発電量が天候の影響を受けて大きく変動するため、電力品質低下や余剰電力による逆流発生等、様々な問題が発生することが指摘されていた。

そこで、2010年に日本政府の新成長戦略の中でスマートグリッドが取り上げられ、また本格的なスマートシティ/コミュニティの実証プロジェクトがスタートした。経済産業省が設置した「次世代エネルギー・社会システム協議会」がスマートシティの取り組みについて取りまとめ、スマートシティの実証地域として横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市の4地域が選定された。⁽⁶⁾

ところが2011年3月に発生した東日本大震災により原子力発電所が停止し、慢性的な電力逼迫状態から計画停電が実施されるなど、停電リスクの増大や、火力

発電への依存による発電コストの上昇が発生した。再生可能エネルギーへの期待は更に高まるとともに、大規模災害への備えから停電対策 (BCPの重要要素として) も注目されてきた。最近では、FIT制度により再生可能エネルギー、特に太陽光発電が急拡大しつつあるが、再生可能エネルギー源に対する電力系統の受容性・ロバストネス化がますます重要になっている。

2. 4 当社のスマートグリッドへの取り組み

当社は66/77kV級GIS (Gas Insulated Switchgear) をはじめとする受変電設備や調相設備のみならず、高調波フィルタ、静止型無効電力補償装置 (SVC)、瞬時電圧低下対策装置 (ユニセーフ、メガセーフ)、停電対策装置 (パワーセーフ) といった多数の電力品質対策装置の納入実績がある。いずれもスマートグリッドを支える製品・システムであり、そこで培ってきた系統解析技術・ノウハウをベースとしてSPSS実用化に取り組んでいる。当社の提案するSPSSの概念と構成要素を図2.2に示す。以下に個々の技術・製品・システムについて、当社のこれまでの取り組みを紹介する。⁽²⁾

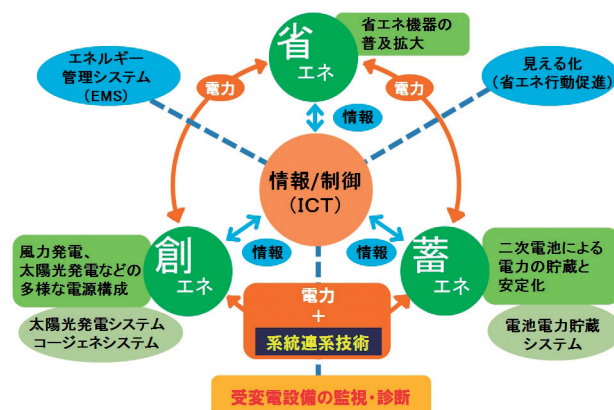


図2.2 SPSSの概念

2. 4. 1 太陽光発電 (PV) システム

再生可能エネルギーの一つとして、当社はPVシステム開発に早くから注力してきた。1979年にPV用パワーコンディショナ (PCS) 50kVAの開発に着手したのを契機に、NEDOプロジェクト案件や離島における再生可能電源として実証経験を積み上げてきた。近年では大容量化のニーズに対応し、2012年に東北電力株式会社殿に2MW PVシステム、海外では2012年にコスタリカ電力公社に1MW PVシステムを納入した。図2.3に当社のPV用PCSの納入実績 (累計) を示す。

近年ではFIT制度の後押しもあり、PVの系統への大量導入が進んでいる。パワーエレクトロニクス技術や系統連系技術を生かし、系統擾乱時の運転継続 (FRT: Fault Ride Through) 要件を満足するPCSを開発済みである。FRT要件には、系統側で雷撃などにより短絡故障が発生し変電所の保護動作が完了するまでのごく

短時間（系統電圧が低下する瞬低期間）でもPCSが運転継続する要求がある。

2. 4. 2 無効電力補償装置 (SVC)

再生可能エネルギーの系統連系時にその発電電力変動が引き起こす系統電圧変動への対策として SVCが有効である。SVCは主に、変動負荷による電圧フリッカの抑制、弱小系統に接続された負荷設備による電圧変動抑制や重負荷時の系統電圧安定化に用いられている。当社が1973年に世界で初めて製品化したSVCは、国内外の電力系統・電気鉄道・鉄鋼など多様な分野で電圧安定化に貢献している。図2.4に、風力発電出力の変動による系統の電圧変動を抑制する目的で導入されたSVCの外観を示す。



図 2.4 株式会社ユーラスエナジー宗谷殿
宗谷岬ウインドファーム納めSVC

2. 4. 3 多機能型電池電力貯蔵装置 (BESS)

SVCが無効電力を高速制御する装置であるのに対し、BESSは主に有効電力を高速制御する装置である。スマートグリッドにおけるBESSの機能には、再生可能エネルギー源からの余剰発電電力の蓄電、発電電力変動の安定化、電力需要のピークカットなどがある。更に、瞬低・停電対策装置としても活用されており複数機能を実現する多機能型BESSが多い。風力発電機が連系される離島電力系統の周波数変動を抑制する系統安定化装置の検証例を図2.5に示す。⁽⁷⁾

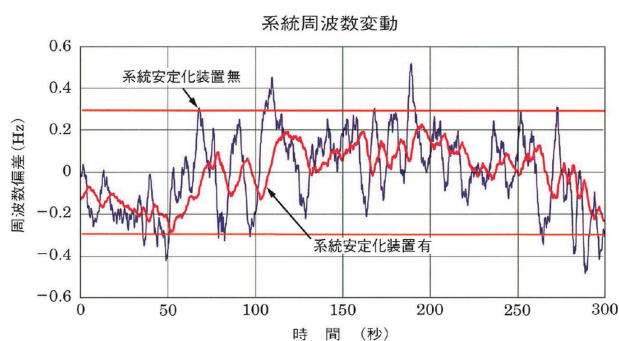


図 2.5 離島における安定化装置による周波数変動の抑制

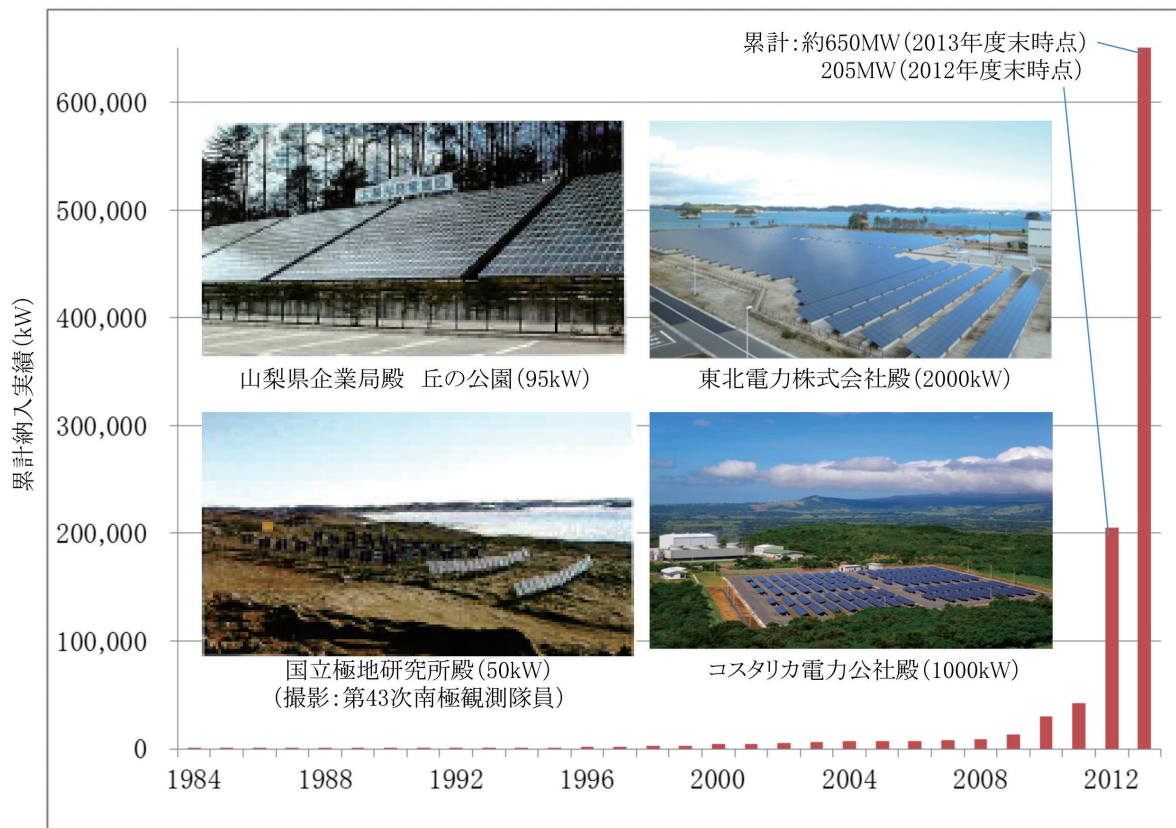


図 2.3 当社PV用PCSの累計実績の推移

なお、電池以外にフライホイール (FW) を電力貯蔵に用いた事例もある。⁽⁸⁾ 特長は、エネルギー蓄積量がFWの回転速度で正確にわかることなどであり、電池以外の貯蔵設備という選択肢についても実績を有している。

2. 4. 4 瞬時電圧低下・停電対策装置

BESSの応用として鉛電池を用いた瞬時電圧低下・停電対策装置があるが、半導体工場向けに単機容量6MVAの開発など、現在まで合計50MVA以上の納入実績を有している。図2.6に大容量 瞬低・停電対策装置の構成例を示す。

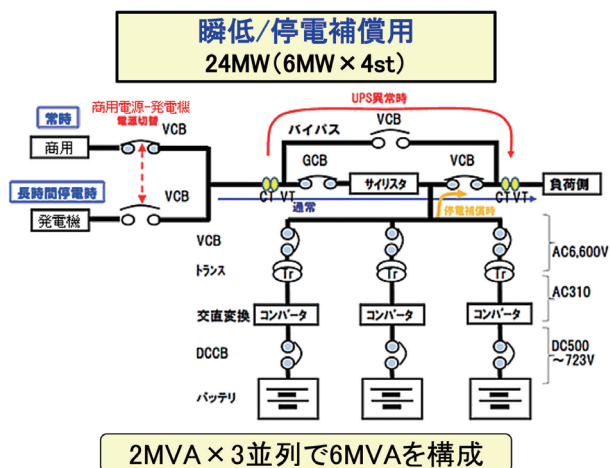


図2.6 大容量 瞬低・停電対策装置

2. 4. 5 電力品質監視装置 (PQモニター)

多様な電源が接続されるスマートグリッドでは、電力品質面での監視、すなわち電力供給系諸量のトレンド把握や異常発生時の波形記録などが異常原因究明に不可欠となる。当社は図2.7に示す受変電設備における電力品質を遠隔監視するための装置「PQモニター」を製品化している。親局 (パソコン) 側での分析により瞬時電圧低下や高調波など電力品質情報の収集解析、対策装置の導入効果評価、などに活用されている。



図2.7 PQモニター (親局・子局)

2. 4. 6 監視制御システム

スマートグリッドでは発電電力、電力消費等の見える化、需給状況に応じて自家発電設備・BESS・重要度

別負荷設備を最適に運用するEMSのシステム構築が必要となる。当社は、1967年に京都市下水道局吉祥院処理場へ計装設備一式を納入以来、国内の下水処理場、浄水場の集中監視制御装置、高速道路の遠方監視装置など多くの監視制御システムの実績がある。これらは、水処理設備向けにAQUAMATEシリーズ、工場向けにFACTMATEシリーズ、ビル施設向けにBUILMATEシリーズ、道路施設向けにHIGHWAYMATEシリーズとして、製品化されている。

図2.8にAQUAMATEシリーズの外観を示す。また、これらのICTやトンネル内の換気制御などの実績をベースに予測最適制御技術の開発にも取り組んでいる。



図2.8 AQUAMATEシリーズ 200312-③
(神戸市建設局 中央水環境センター 中央監視制御室)

2. 4. 7 電力機器の状態監視

受変電設備の突発故障による負荷設備の停電を未然防止する技術も、BCPにとって重要である。受変電機器の高経年化に伴い、機器の健全性を監視しながら継続使用したいという要求が高まっている。GIS、変圧器、配電盤の絶縁劣化兆候を事前に把握する技術として、当社では機器毎の特性を生かした内部部分放電を検出する状態監視装置の製品化を進めている。^{(9)・(10)} GIS用可搬形絶縁診断装置の外観を、図2.9に示す。



図2.9 GIS用可搬形絶縁診断装置

3. SPSSの技術開発と実証計画

前章では、当社がこれまで培ってきたスマートグリッド関連の要素技術・製品を紹介した。SPSSはこれらの

要素技術を統合し、一層のシステム高度化を図ったものである。本章ではSPSSの主な技術開発状況と、一部で先行開始している実証概要について紹介する。

3. 1 SPSSのコンセプト

CO₂削減のために今後も再生可能エネルギー導入が促進されると思われ、エネルギー源として積極的に取り込んでいく必要がある。一方、PCS制御の改良や電池電力貯蔵装置によって再生可能エネルギー導入が電力系統に与える影響を抑制できれば、さらなる導入が可能になる。また、節電や負荷ピークの低減、停電など非常時の操業継続にも電池電力貯蔵装置などの分散電源が必要となる。高経年機器の増加にともない、機器の健全性や更新時期を判断するために劣化診断技術の早期実用化が求められている。いずれも広い意味で電力品質に関わる問題であり、SPSSは長年の知見をもとにこれらの機能の統合を目指したものである。すなわち、信頼性の高い受変電機器と設置後の機器の保全サービスを組み合わせ、安定した経済的な電力を供



図 3.1.1 SPSS実証フィールド（当社前橋製作所） 20137-⑧

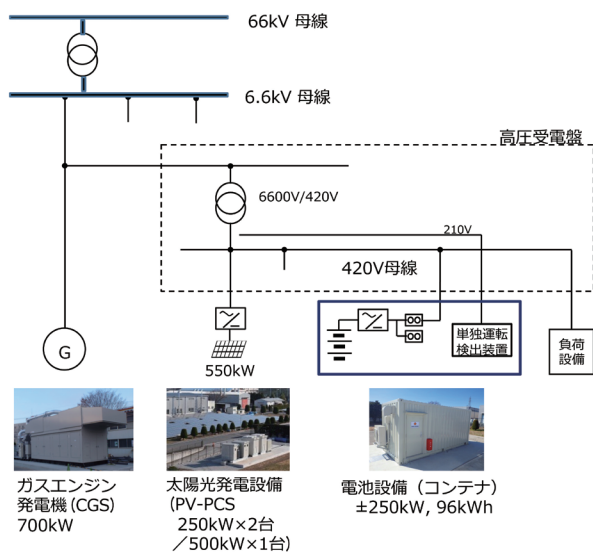


図 3.1.2 当社前橋製作所構内のSPSS実証設備構成

給し続けるソリューションである。SPSS実証フィールドである当社前橋製作所の全景写真を図 3.1.1 に、SPSSの設備構成概要を図 3.1.2 に示す。

3. 2 太陽光発電 (PV) システム

PVシステムは売電目的ではなく、CO₂削減、電源多様化による非常電源確保、ピーク電力の抑制など、次世代の電力供給形態実証を目的とし、2013年4月より運用を開始した。また、太陽電池架台及び基礎工事を数種類の施工方法で実施するなど、今後のPVシステムの発電効率向上・建設コスト低減化を見据えた実証にも活用できるものとした。以下に、設計・施工の概要と運転状況について紹介する。

3. 2. 1 太陽電池パネル設置場所

一般的な太陽光発電所のモデルとして容量500kW程度とし、設置スペースから工場屋根 (250kW) と地上芝生区域 (300kW) に分割配置した。太陽電池モジュールには、高効率で実績豊富な多結晶シリコン太陽電池 (京セラ製242W品) を採用した。



図 3.2.1 PCS250kW器×2台と500kW器×1台の設置状況

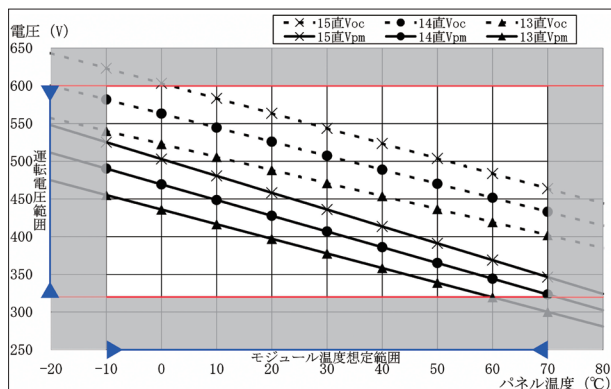


図 3.2.2 最適直列数の検討

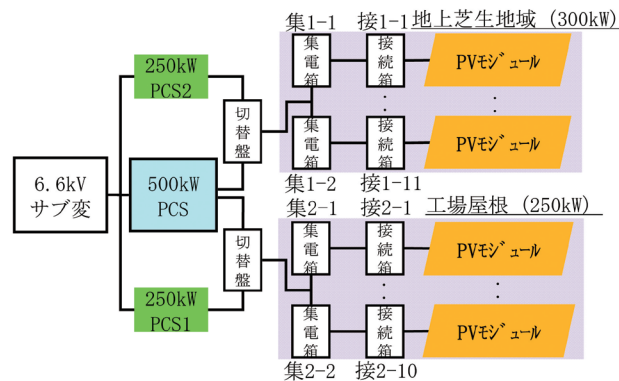


図 3.2.3 太陽光発電システムの構成

3. 2. 2 システム電気設計

(1) PCS容量の選定

PCS容量は、実質の日射量や直流ケーブル損失等を考慮した結果500kWとし、250kW器×2台及び500kW器のいずれの構成も可能とした。250kW器については、屋内形PCSを屋外盤に収納したものと直接屋外に設置できる屋外形PCSの2種とし、比較評価を行える構成としている。図3.2.1にその設置状況を示す。

(2) 太陽電池直並列数の検討

太陽電池モジュールは温度により電圧－電流特性が変化するため、低温時の開放電圧（Voc）がPCS上限電圧以下でかつ高温時の最大出力動作電圧（Vpm）がPCS下限電圧以上とする必要がある。今回－10℃から70℃の範囲で上記条件を満足する14直列構成とした。太陽電池直列数の検討結果を図3.2.2に示す。また、PCSと太陽電池架台、接続箱、切り替え盤等の接続関係を図3.2.3の単線接続図に示す。

3. 2. 3 太陽電池架台基礎の設計（地上設置）

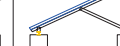
PVシステムの地上設置工事では太陽電池の架台及び基礎構造が重要となる。数種類の架台基礎工法を用いた設計・施工を行い、施工期間や施工の難易度（コスト）等の実証を行えるものとした。

(1) 架台傾斜角度の選定

500kW相当を例に架台の傾斜角10度、20度、30度で発電量、風圧荷重、架台質量、設置面積で比較検討を行った概算結果を表3.2.1に示す。上記概算結果から、傾斜角20度を基準とした場合に、発電量については10度で－6%、30度で＋3%となることが分かった。一方、風圧荷重については10度で－9%、30度で＋9%となることから、架台質量が－24%、＋24%となり、材料費・施工費とも大きな差異が発生する。また、傾斜角度を大きくすると太陽電池アレイ間を広げる必要があり、設置面積でもそれぞれ－21%、＋18%の大きな差異が発生する。

以上より、イニシャルコスト・単位面積あたりの総発電量などを総合的に判断し傾斜角10度を選定した。

表3.2.1 架台傾斜角度の選定

傾斜角度	10度	20度	30度	備考
				
年間期待発電量	558,371 kWh (94%)	591,314 kWh (100%)	610,409 kWh (103%)	500kW相当
風圧荷重	－1233Pa (91%)	－1356Pa (100%)	－1479 Pa (109%)	地上設置
架台質量	1,716kg (76%)	2,261kg (100%)	2,803kg (124%)	約10kWあたり
概算面積	4,900m ² (79%)	6,200m ² (100%)	7,300m ² (118%)	500kW相当

(2) 架台及び基礎構造の設計

今回の設計検討においては、基礎工法として2種類の工法を採用した。

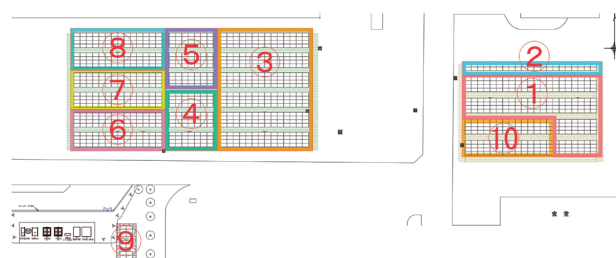
(A) コンクリート基礎工法（工法：2, 3, 4, 5）

特徴：地質条件に左右されにくく実績が多い。

(B) 杭基礎工法（工法：1, 6, 7, 8, 9, 10）

特徴：施工工期がコンクリート基礎に比べ短工期で施工可能であるが、地質条件に大きく左右され、引抜強度の検討も十分に行う必要がある。

図3.2.4に設置場所と基礎工法区分について、表3.2.2に設置場所と基礎工法区分を示す。



太陽光モジュール架台仕様一覧

アレイ仕様	アレイ数	モジュール数
① 鉛直杭基礎	4段7列	8
② 帯状コンクリート基礎	2段7列	3
③ 帯状コンクリート基礎	4段7列	12
④ 鋼製型枠ブロック基礎	4段7列	3
⑤ フロック基礎	4段7列	3
⑥ セメント地盤改良併用基礎	4段7列	4
⑦ コンクリート柱併用基礎	4段7列	4
⑧ スパイラル杭基礎	4段7列	4
⑨ 木製架台		1
⑩ 傾斜杭基礎	4段7列	4

図3.2.4 設置場所と基礎工法区分

3. 2. 4 架台工事概要

2012年12月から着工し、2013年3月末に運転を開始した。図3.2.5に架台配置図、表3.2.3に太陽電池モジュールの設置枚数、図3.2.6(a) (b)に太陽電池架台の設置写真を示す。

3. 2. 5 架台工法の実証評価

実際に施工を行った結果をもとに基礎工法の評価を表3.2.4にまとめた。これにより、コストのみで判断すると鉛直杭基礎となるが、礫が多くある場合には杭打設が困難となる為、事前の地質調査が必須であることが分かった。尚、地中条件が不明である場合には、コンクリート基礎が最適であると判断される。

3. 2. 6 杭基礎工法採用上の留意点

杭基礎工法の採用に当たっては、地中内の礫の有無を調査し、引抜強度不足とならないよう試験杭を打設し引抜強度確認を実施してから、基礎設計を検討をする必要がある。以下に本工事での対応を示す。

表 3.2.2 設置場所と基礎工法区分

工法	概 要 施工写真
1.鉛直杭基礎 (B)	打撃式杭打機により、杭を垂直に打設する。 
2,3.帯 状 コ ン クリート基礎 (A)	带状に組み立てた型枠内にコンクリートを打 設し、支柱はコンクリートにボルト固定する。 
4.鋼 鉄 型 枠 プ ロック基礎 (A)	予め組立てた鋼製型枠 (防錆処理) を設置し、 コンクリートを打設する。鋼製型枠は撤去 しない。 
5.ブロック基礎 (A)	ブロック状に組立てた型枠にコンクリート を打設。プレキャストの場合はコンクリート ブロックを設置。 
6.セメント地 盤 改良併用基礎 (B) 7.コンクリート柱 併用基礎 (A)	地盤改良若しくは、コンクリート柱の基礎 を地中内に設ける。 

8.スパイラル杭 基礎 (B)	回転式圧入機により、らせん状に加工され た杭を打設する。 杭と支柱はボルト接合する 
10.傾斜杭基礎 (B)	打撃式杭打ち機のリーダーを傾斜させ、 杭に傾斜をつけて打設する。 

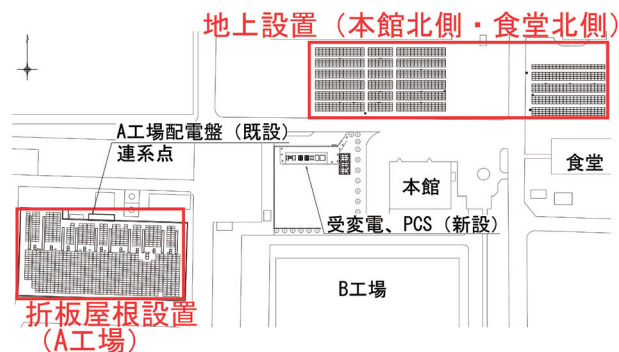


図 3.2.5 架台配置図

表 3.2.3 太陽電池モジュールの設置枚数

設置場所 (方位)	太陽電池モジュール 設置枚数	容量
地上設置	1,232枚	298.1kW
折板屋根設置	1,064枚	257.5kW



図 3.2.6(a)
地上設置全景



図 3.2.6(b)
工場屋根設置全景

(1) 杭基礎の引抜試験

杭基礎工法の採用に当たっては、引抜強度の確認が必要である。本工事においては、試験杭を打設し設計値の引抜応力を杭に加圧し変位 (杭の動き) を計測し、変位が見られる場合には、地中内の補強を行った。施工状況写真を図 3.2.7(a)に示す。

表 3.2.4 基礎工法における施工結果比較

工法	地質条件	工期
1. 鉛直杭基礎	地中内に礫・障害物があった場合に挿入できない場合がある	短工期
2. 3. 帯状コンクリート基礎	地質条件に左右されにくい	コンクリート養生に日数がかかる
4. 鋼板型枠ブロック基礎	地質条件に左右されにくい	型枠撤去の手間が省略できる
5. ブロック基礎	地質条件に左右されにくい	プレキャストコンクリートで代用すれば工期短縮が可能
6. セメント地盤改良併用基礎 7. コンクリート柱併用基礎	軟弱地盤に適している	重機を使用するため短工期
8. スパイラル杭基礎	地中内に礫・障害物があった場合に挿入できない場合がある	重機を使用するため短工期
10. 傾斜杭基礎	地中内に礫・障害物があった場合に挿入できない場合がある	杭打設時に手間がかかる

(2) 治具を使用した架台基礎方法

杭基礎の施工に当たっては、打設精度向上が課題となるため、本工事では治具を用いて施工を行った。

(3) モルタル打設による杭基礎の引抜強度確保

杭基礎は風圧荷重に耐えるため引抜強度の確保が必要であるが、地中内の礫で杭が打込みできない場所が発生した。そのため、杭打設部に試掘をし、礫がある箇所を特定し礫を除去した。本箇所においては引抜強度が低下するため、杭打込み後モルタルを打設し引抜強度不足を解消する対策を実施した。施工状況写真を図 3.2.7(b)に示す。

3. 2. 7 システム運転データの評価

運転開始後6か月間の発電電力量について、予測値と実測値の比較を行ったものを図3.2.8に、月別の設備利用率とシステム出力係数を表3.2.5に示す。設備利用率は日本国内では一般に12%程度とされているが、いずれの月もそれを大きく上回り、最大20%を超えている（5月）ことから、良好な運転を継続していることがわかる。また、システム出力係数は日射をどれだけ有効に電力として活用できるかを示す性能指標である。0.8（80%）を超えると良好なシステムであると判断され、安定したシステム性能を有していることが分かる。

3. 3 電池電力貯蔵システム (BESS)

本章では、SPSSにおけるBESSの役割と当社前橋製作所で構築したBESSの装置概要、検証する期待効果について紹介する。



図 3.2.7(a) 杭基礎引抜試験状況



図 3.2.7(b) モルタル打設による引抜強度対策

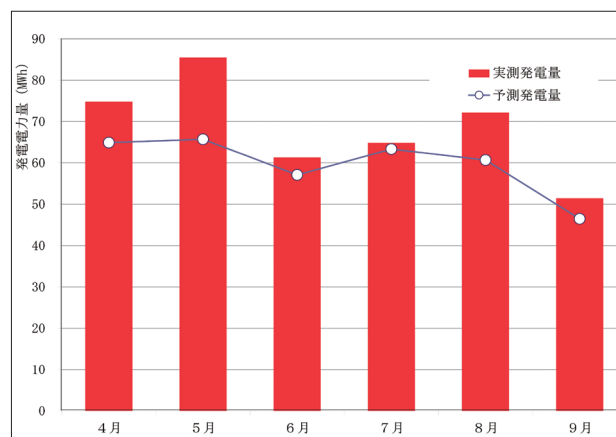


図 3.2.8 発電電力量の予測値と実測値の比較

表 3.2.5 月別の設備利用率とシステム出力係数

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
設備利用率	18.7%	20.7%	15.3%	15.7%	17.5%	12.9%
システム出力係数	0.84	0.82	0.83	0.82	0.81	0.84

3. 3. 1 当社の電池電力貯蔵技術

当社では1990年代より鉛電池をはじめとしてNaS電池、レドックスフロー電池などを用いた系統安定化装置、瞬時電圧低下・停電対策装置や電力貯蔵装置を開発、納入してきた。最近では関西電力株式会社殿、川崎重工業株式会社殿と共同でニッケル水素 (Ni-MH) 電池を用いた電力需給制御システムと多機能電力貯蔵装置の二つの装置を開発し、高速かつ高出力の電池充

放電特性を生かした制御・運用方式の研究・開発と機能検証を行ってきた。⁽¹¹⁾

図3.3.1に関西電力殿 石津川変電所で検証中の需給制御装置の概要を示す。制御の目的の一つは、PVなど再生可能エネルギーが大量連系した場合の天候変化による出力変動が電力品質（系統周波数）に及ぼす影響を電池の充放電制御で抑制することである。変換装置容量は±250kW、電池容量は102kWhで、系統の大きさに比べて非常に小さいが、系統の周波数変動や潮流変化に対しての出力応答、SOC（State of Charge：充電状態）動作点範囲など実規模特性を推定できる等価検証を行っている。一方、多機能電力貯蔵装置は電力ピークシフト機能に加えて瞬低・停電補償機能を有し、変換装置の定格出力は±50kW、電池容量102kWhである。⁽¹²⁾ 表3.3.1に電池電力貯蔵装置の機能と二次電池への要求特性、当社の納入・検証実績についてまとめた。

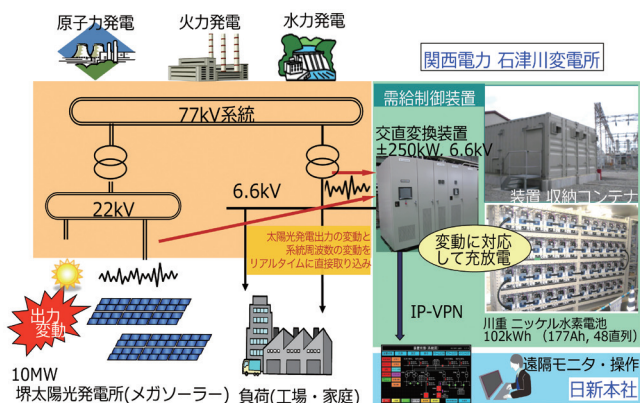


図3.3.1 関西電力殿 石津川変電所 需給制御概要⁽⁹⁾

当社は電池に対して短時間大電力放電特性を要求するオールセーフ、パワーセーフなどの瞬低・停電対策装置から、高エネルギー密度（大容量二次電池）を要

求するピークカット用途の電力貯蔵装置まで、それぞれの目的に適した電池および容量を選定、組み合わせることが可能である。

3. 3. 2 SPSSにおける電池電力貯蔵の狙い

電池設備はあくまでも「電力を貯蔵する」ものであり、電力を生み出すものではない。しかし、変動補償用途では充電～放電の両方向を活用することで、発電機よりも高速で幅広い変動補償を提供できるメリットがある。安定性・安全性を確保した上で充放電効率が高いこと、長寿命であることが求められるが、SPSSにおいても用途（運転パターン）に適した二次電池の選定や充放電制御、二次電池の保守サービス提供が技術的なポイントになる。

(1) 負荷平準化

平坦なkW値の夜間充電と昼間放電が典型的な運転パターンとなり、比較的少ない頻度の充放電サイクルと深い充電／放電深度が特徴の使い方になる。（図3.3.2(a））需要家にとっては、契約電力（kW）低減と時間帯別料金制度活用による電気料金低減が目的となる。

(2) 負荷ピークカット

需要家にとっては契約電力低減のメリットの他に、電力会社からの節電要請への柔軟な対応が可能になる。電池容量の有効活用という観点から、夜間充電に加え、昼休み時間など負荷減少時に停止または充電しつつピーク時間帯での放電により買電kWを削減する運転となるため、充放電頻度は増えることになる。（図3.3.2(b））

(3) 停電対策

半導体製造工場や情報通信分野では瞬時の系統電圧低下でもコンピュータシステムの停止などによる大きな損害を被るため、早くから瞬低対策装置や無停電電源装置の形で短時間の電力貯蔵を行ってきた。これは、ゆっくり充電し短時間で定格kW放電する運転パターンのBESSといえる。（図3.3.2(c））

表3.3.1 電池電力貯蔵装置の機能と二次電池への要求特性および当社の使用実績

機 能	要求される二次電池特性	二次電池の種別（■は当社使用実績あり）				
		鉛電池	Na S 電池	レドックスフロー電池	ニッケル水素電池	リチウムイオン電池
・負荷平準化 （夜間電力貯蔵）	・高い充放電効率 ・広いSOC運転／サイクル寿命	■	■	■	■	
・負荷ピークカット （短時間ピーク抑制）	・短時間充電特性 ・広いSOC運転／サイクル寿命				■	
・瞬低・停電時の 短時間電力供給	・低い自己放電率 ・高いSOC継続での寿命	■		■	■	
・離島系統安定化 ・再生可能エネルギー 出力安定化	・高速多頻度の充放電特性 ・中間的なSOCでの電力効率と寿命	■	■	■	■	

電力供給の逼迫時には不測の事態に備えて、重要負荷を自家発電機系に切り替えて待機したり、BESSと自家発電機、あるいは燃料電池との組み合わせで操業継続を達成する運用 (BCP) がとられている。電池特性の改良により、(1)~(3)の使い方を併用したバックアップ電源としてのBESS導入が拡大していくと考えられる。

(4) 離島系統・孤立系統の安定化

ディーゼル発電機が電力供給の主体となる離島に大きな容量のPVや風力発電を導入する場合には、発電変動により系統周波数変動が発生する問題がある。また、昨今の再生可能エネルギー導入拡大により大規模系統でも同じ問題が生じる可能性を指摘されている。BESSの応答性の速さから発電機のガバナ制御や系統周波数制御を代替する機能 (需給制御機能) がBESSに期待されている。電池のSOCを中間的な値に維持しながら、再生可能エネルギーの変動に対応した秒~分オーダーの頻繁な充放電を電池が担うことになる。(図3.3.2(d))

再生可能エネルギー源とBESSのみからなるCO₂発生の無い独立系統も実現可能である。

(5) BESSを中心とする電源制御

需要家構内に多種多様の分散電源が連系されている場合の系統連系上の課題や、瞬低・停電時の対応、経済価値最大化条件の見極めなど、BESS側パラメータを含めた全体システムの検証が必要である。たとえば、系統側が停電した場合も分散電源の影響ですぐには電圧や周波数が変化せず、停電を速やかに検出できない可能性 (単独運転の発生) がある。このような場合で

も、停電 (系統側の遮断器が開放) を速やかに検出し、分散電源系を解列する、あるいは系統から切り離された分散電源を中心に自立運転することで重要負荷に電力供給を継続する要求がある。このためには、系統側のインピーダンス監視により高速に停電検出する単独運転検出機能を需要家側に設ける必要がある。

更にPV設備では、2014年4月からFRT機能を有することが連系要件に明記されている。BESSへのFRT機能が連系要件に規程される時期は未定であるが、多様な分散電源が瞬低時や停電時にも安定な動作を実現できることもSPSSのコンセプトである。

3. 3. 3 当社前橋製作所SPSSにおける実証設備

当社前橋製作所に設置するBESSは二次電池、電力変換装置 (PCS) および次数間高調波注入方式の単独運転検出装置から構成され、これらをコンテナに収納している。(図3.3.3)

(1) 二次電池

二次電池には現在HVやEVへの搭載で市場規模拡大が続く、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採用した。急速充放電性能も改良が進んで、特性的に中規模の電池電力貯蔵に最も適していると考えられる。図3.3.4に電池パックの基本仕様と電池ラック (開放構造) を示す。

電池パックは1パック当たりの容量が24kWhで、4並列構成により合計96kWhの電池ラック構造としている。パック内の各電池セルの状態監視および保護は

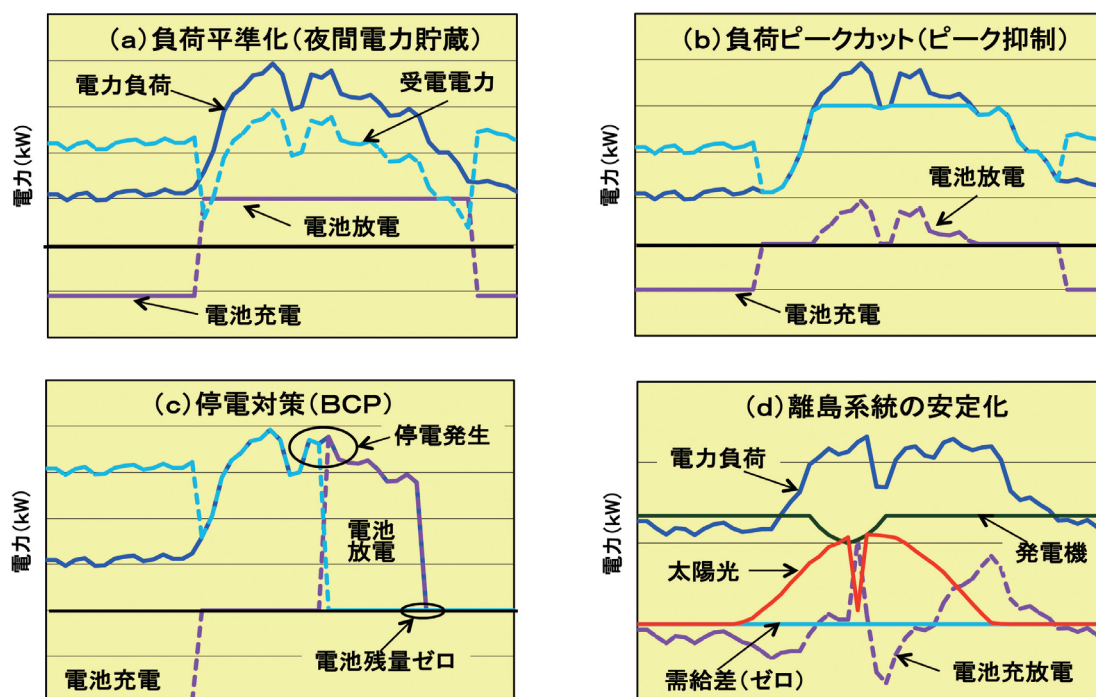


図 3.3.2 電池電力貯蔵装置の役割と機能

BMS (Battery Management System) により行われている。電池ラックは空調設備を有するコンテナ内に設置されるため、開放構造となっている。

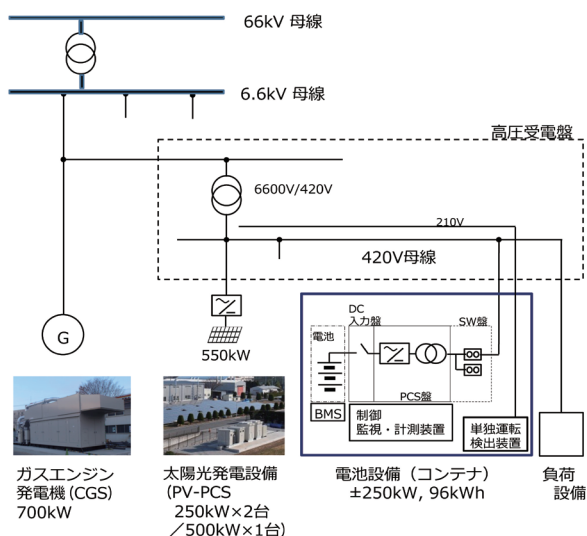


図 3.3.3 当社前橋製作所の分散電源とBESS

- ・電池方式 マンガン系正極材料ラミネート構造リチウムイオンバッテリー
- ・バック寸法 L 1547 × W 1188 × H 264mm
- ・公称電圧 360V
- ・公称容量 24kWh
- ・電流範囲 +400A(放電)～-200A(充電)
- ・重量 273kg
- ・使用温度範囲 -30～60℃



電池パック (24kWh)

4並列構成



電池オープンラック (96kWh)

図 3.3.4 電池パック仕様と電池ラック構造

(2) 電力変換装置 (PCS)

電力変換装置は当社にて豊富な納入実績を有するPV用PCSをベースに、電池に対応した保護機能を追加した仕様となっている。屋内設置型で装置容量は±250kW (連続) である。

また、SPSSを構成する分散電源を使った自立運転への移行のため、電源や負荷の切り替え機能を有するスイッチ盤を設けている。

(3) 単独運転検出装置 (次数間高調波注入方式)

コンテナには当社の次数間高調波注入方式を用いた単独運転検出装置 (エネリンク) を併せて設置・収納している。電力変換装置にもPV用PCS標準の単独運転検出機能 (受動: 電圧位相跳躍検出方式、能動: 無効電力変動方式) が搭載されており、複数の電力変換装置が系統連系される場合の単独運転検出装置間の干渉問題やその対策などの検証が可能となっている。

(4) 収納コンテナ

機器の収納には火災予防条例に対応した安全対策を

施したISO規格の20フィート・コンテナを採用している。内部には電池ラック、電力変換装置、次数間高調波方式単独運転検出装置、通信端末や空調設備などを設けている。(図 3.3.5)



図 3.3.5 電池収納コンテナ外観

3.3.4 実証項目概要

前橋SPSSにおいては、主に電池の運転パターンに対応した (1) 電池特性と変化 (2) BESS設置効果について実証を進めて行く。電池特性ではリチウムイオン電池の短時間過負荷能力や運用時の周囲温度が電池特性・劣化に及ぼす影響などの検証を進める。またBESS制御と導入効果については以下の検証評価を行っていく。

(1) 電力コストの削減 (負荷平準化/ピークカット)

- ・昼夜間の電力料金差を利用した電力コスト低減 (季節別時間帯別契約活用)
- ・ピーク電力抑制による契約電力 (kW) 低減
- ・CGS+PV+BESSによるコストミニマム制御 (分散電源のベストミックス制御)
- ・PV余剰電力の活用

(2) 防災電源機能 (自立運転/停電対応)

- ・停電時のCGS+PV+BESSによる重要負荷への電力供給継続

(3) 電力系統の安定化

- ・離島等の独立系統を想定した系統安定化 (系統電力に頼らない、CGS+PV+BESSによる需給制御)
 - ・再生可能エネルギー大量導入後の系統安定化
- 上記を実現するBESSの制御項目として、以下の検証を進めていく。

- ・発電電力と負荷電力のバランス制御
- ・受電点電力一定制御
- ・リチウムイオン電池のSOCや経年変化に応じた最適制御
- ・補機電力 (損失) を考慮した効率的な運用

BESS制御の基本ブロックを図 3.3.6 に示す。係数 K を変化させることによって負荷容量と二次電池容量

の比率を変えることができるため、BESSの相対評価が可能となる。

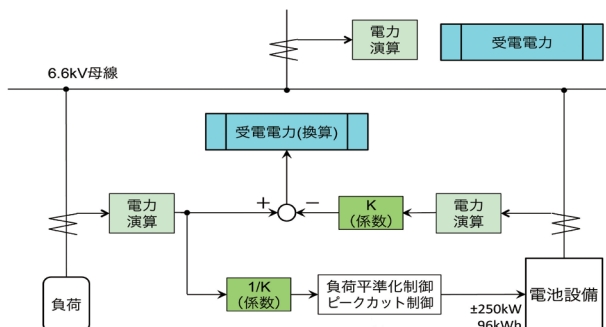


図 3.3.6 BESS評価に用いる電池制御基本ブロック

3. 4 エネルギー管理システム (EMS)

需要家ではCGSやPVなどの分散電源による電力供給が積極的に検討されており、今後は出力調整が難しい再生可能エネルギーを最大限に有効活用しながら、運用コストミニマム、受電電力ピークの低減、CO₂削減、停電時リスク低減など様々な効果が求められるであろう。これらの運用を総合的に管理・制御するのがEMSである。本章では、このEMSの目的と機能、導入効果と共に、顧客価値も考慮した最適な分散電源容量の導出機能などを紹介する。

3. 4. 1 EMSの概要

特高・高压受電の需要家や水処理施設において、電力を中心としたエネルギーの見える化、負荷電力／

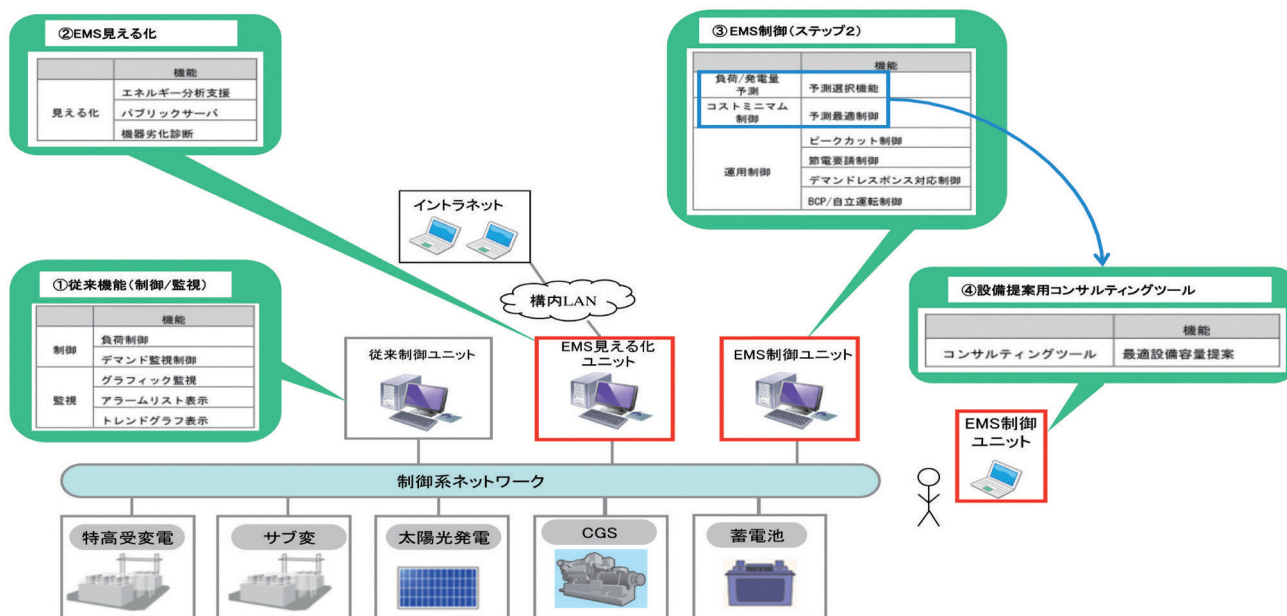
発電電力予測と多様な電源の運用方法の決定、負荷運用制御がEMSの基本的な機能となる。図3.4.1にEMSの構成を示す。需要家の業種によって、エネルギー管理／運用が大きく異なるため、これらの特徴を考慮したシステム構築が必要となる。EMSは中央監視システムと連携することでエネルギーデータ収集、表示（見える化）、分析し、わかりやすく可視化（見せる化）するのが最初のステップとなる。更にこの分析結果と各種予測結果に応じて電源や負荷の運用（発電パターン、起動・停止時間）を決定し、それによって対象機器を制御する。制御の目的関数は需要電力ピーク値（契約電力）の低減、エネルギー運用コストの最小化であり、時間とともに変化する各種電源の発電コストを考慮して決めることになる。停電などの緊急時には、定められた重要負荷に対して供給フィード切り替えやBESSなどの分散電源運転を行ってBCP対応を実現する。

3. 4. 2 エネルギーの見える化

エネルギーの有効利用として、省エネや節電などの対策を検討する上で、まず必要となるのは実態把握である。エネルギーの使用状況や設備の運用状況を把握する事でムダな箇所を発見し、そこから様々な改善や対策に繋げることができる。図3.4.2にEMSの「見える化」機能を示す。

① デマンド監視

EMS機能の中でも活用する機会が多い機能であ



- ① 従来機能：各機器の制御／監視
- ② 見える化：電力消費の見える化、各種分析支援
- ③ 予測最適制御：需要予測、PV 発電予測をもとに発電機運転や電池充放電パターン予測を補正制御
- ④ 最適分散電源容量：最適制御理論を用いた最適分散電源容量の導出

図 3.4.1 EMSの構成

る。デマンド監視画面には、従来のデマンド予測だけでなく、過去のデマンド実績値グラフ表示や、フィード単位などの個別デマンドグラフ表示が可能であり、デマンド対策における詳細分析に有効となる。

② 分析支援グラフ

中長期的な省エネ対策に有効である。期間別比較や計測点別比較を多様なグラフで柔軟に分析対応することができる。

またユーザID毎にグラフ設定を登録することができるので、各部門毎の特徴に応じた分析が可能である。

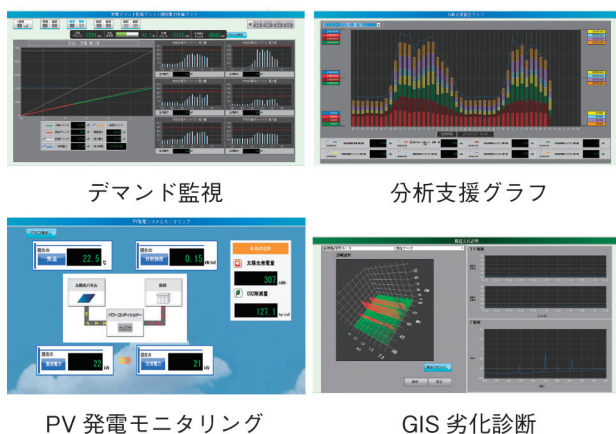


図 3.4.2 EMSの「見える化」機能

③ PV発電モニタリング

当社本社、前橋製作所に設置されているPVシステムの発電電力や発電推移グラフなどを表示すると共に、受付ロビーに大型モニタを設置している。(図3.4.3)



図 3.4.3 当社前橋製作所受付ロビーのSPSS運転モニタ

④ GIS劣化診断

機器劣化状態の見える化では、当社前橋製作所の受変電設備に取り付けられた状態監視装置と連携し、GISガス圧力やGIS・変圧器の部分放電、温

度などの情報をトレンドグラフや3Dグラフで表示し、視覚的に劣化診断状況を把握する事が可能である。

省エネ推進には末端負荷まで電力消費を計測し部門別に管理することが望ましいが、そのデータが無くとも過去の実績から自動補完する機能や、部門別に自動按分する機能などを備えている。

3. 4. 3 エネルギーの最適運用制御

(1) 電力需要パターン

当社前橋製作所における過去1年間の電力需要パターンを整理した。代表例を図3.4.4に示す。

- ・平日と土・日の電力ピーク値および需要パターンが大きく異なる。
- ・しかし、平日毎あるいは休日毎の比較では、月によりピーク値は異なるもののパターン形状の違いはほとんど無い。

したがって、電力需要パターンをあらかじめ設定し、BESSの充電／放電パターンを決め、当日のPV発電電力や負荷電力の予測からのバラツキに応じた電源制御の再調整を行うことで十分対応ができると考えられる。

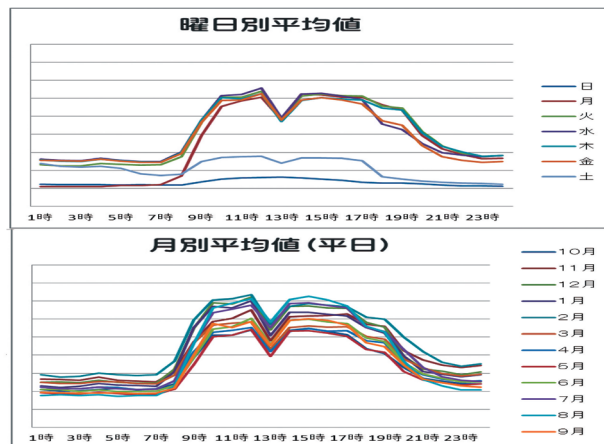


図 3.4.4 当社前橋製作所の電力需要パターン

(2) 予測最適制御

利便性（たとえば空調設備の運転）を損なわずに契約電力以内の消費とエネルギーコスト抑制を達成するにはBESSの制御が重要となる。二次電池への初期投資を抑制するためには、PV余剰電力も含めた安価な電気を充電に使い、料金の高い時間帯あるいは電力需要ピーク時に放電させることが必要である。二次電池の苦手な過充電や過放電を避ける運用実現にも負荷／発電量予測が必要となる。図3.4.5に予測最適制御フローを示す。

過去の負荷電力と天候予想（日射、気温）に基づくPV発電電力データから需給電力を予測し、分散電源（CGS, BESS）の最適運用計画を策定・運用する。実測値を基に負荷の増減率などの補正を行うことで、より高精度なコストミニマム運用が可能となる。

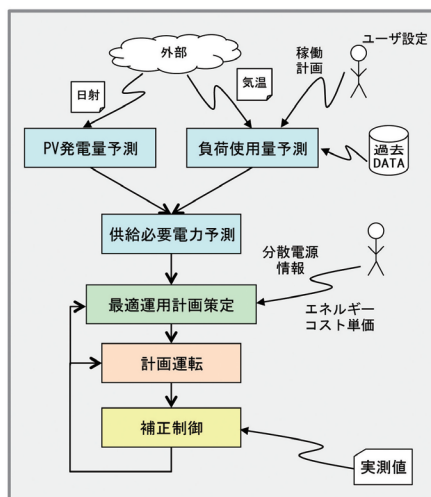


図 3.4.5 EMSにおける予測最適制御フロー

3. 4. 4 最適な分散電源容量の導出機能

分散電源の新設・増設を検討されている需要家に対しては、契約電力低減要求、BCP対応要求や、過去の負荷電力、契約電力などの設備運用データを基に、需要家施設にとって最適な分散電源設備容量を導出するコンサルティング機能も有している。(図 3.4.1 の④) イメージを図 3.4.6 に示す。

予測最適制御技術を応用した本ツールによる需要家の運用実態に合ったシミュレーションに基づき、カスタマイズした最適分散電源の導入により、予測最適制御を一層有効に運用できることになる。

3. 5 電力機器の状態監視

電力の安定供給には、基本となる電力機器の健全性を維持していくことも重要な要素の1つである。国内では電力機器の信頼性が高く事故・障害の発生率は低い。しかし、一旦事故・障害が発生すると安全や操業に与える影響が大きいことから、その重要性が早くから認識され、時間基準に基づく定期的な保守点検 (TBM : Time Based Maintenance) や状態基準に基づく保守 (CBM : Condition Based Maintenance) などが取り入れられてきた。一方、高経年機器や厳しい周囲環境のもとで運転する機器を継続使用／更新判断するための健全性判定にも大きな期待が寄せられている。SPSSは、エネルギーコストミニマム運用や多様な電源による電力のバックアップ機能に加えて、電力機器の状態監視機能を併せ持ち、これらをEMSで統合することにより安定した電力供給を実現する受変電システムでもある。

3. 5. 1 状態監視の必要性和監視項目

多種多様な電力機器の健全性を適切に維持管理し、停電リスクを回避するためには、保安規程や過去の事故・障害事例、これまでの蓄積データなどに基づいた

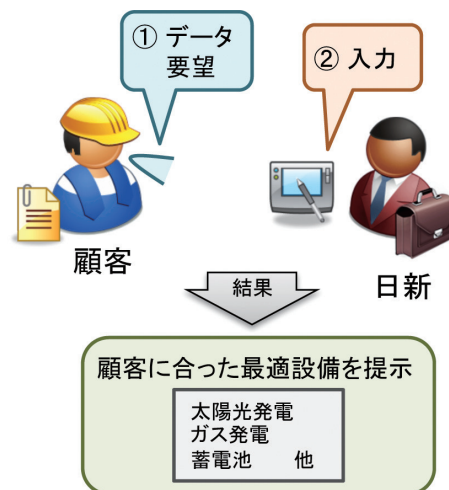


図 3.4.6 最適な分散電源容量の導出機能

膨大な項目に亘り、保守・保全を行う必要がある。

一般的な定期点検では、計画的な設備停止の下で部品交換や修繕作業、基本性能確認、機能回復等が行われ、電力機器の長期信頼性を確保する上で大きな役割を果たしている。しかしながら、運転中の突発的な異常やそれに至る兆候、あるいは部分放電など、課電中に発生する異常現象の把握が定期的な保守点検だけでは困難であり、電力機器の信頼性を確保するためにオンライン／オフラインのセンサによる状態監視と組み合わせた予防保全の形が求められている。電力機器の状態監視については、事故の予兆現象を捉えることで供給障害を未然に防止することが基本的考え方となるが、当社では早くからこのような要求に対応して部分放電の監視技術をはじめとした状態監視の研究開発に取り組み実用化してきた。機器の状態監視による「事故・障害の未然防止」は、SPSSの重要なコンセプトである。センサ情報に基づく監視結果を保全担当者が的確に判断・行動できるために、状態監視に対する基本的な要求事項を次のように定めた。

- ① 事故・障害の予兆現象に対して、センサ検出感度を高め、異常が軽微な段階で検出できること。
 - ② センサ検出感度を高くしたことに伴う、外来ノイズによる影響を抑制し、誤・不要動作が無いこと。
 - ③ 無線ネットワークも含めて、ネットワーク環境へ容易に接続可能なシステム構成とすること。
 - ④ イントラネット環境でセンサ情報のトレンド結果や分析結果が確認できるなど、電力機器の健全状態が見える化すること。
 - ⑤ センサの適用は、
 - ・ 電力機器本体の信頼性を低下させないため、外部センシングを基本とすること。
 - ・ 既設設備にも大幅な改造なく適用できること。
- SPSSに適用する状態監視項目は、電力機器での重

大事故の未然防止に効果的な項目に絞ってオンラインセンシング項目を選定し、そのほかの項目に関しては定期的な点検や日常メンテナンスによる診断技術を組み合わせることで、機器の信頼性と監視コストの抑制を図っている。実証システムの状態監視項目を表3.5.1に示す。

3. 5. 2 実証システム概要

図3.5.1は、当社前橋製作所の66kV特高受変電設備である。キュービクル型のGISが用いられ、OF (Oil Filled) 式変圧器に直結されている。



図3.5.1 当社前橋製作所66kV特高受変電設備

また図3.5.2は、SPSS状態監視システム構成の概要である。各種センサの信号は、診断ユニットに取り込まれ判定処理されると共に、測定データと良否判定結果が、ゲートウェイや無線ネットワーク等を介して構内ネットワークに接続されている。これらのデータはEMSサーバに送られ、負荷設備の消費電力などの情報と共に一元管理されている。

(1) 部分放電監視

特高・高压機器の健全性判断で最も重要な指標の1つに絶縁性能があり、これには部分放電監視が有効で

ある。機器の絶縁性能が何らかの要因により低下した場合、閃絡事故に至る前兆現象として機器内部で部分放電が発生する場合が多い。GISと変圧器は、絶縁媒体や機器構造が異なるため、発生する部分放電の信号伝搬特性や最適な検出方法が異なってくる。このため当社では、それぞれの部分放電信号を異常状態が軽微な段階で的確にとらえる電磁波法と壁面電流法のセンサを開発し、実証検証システムに適用している。^{(9) (10)}

図3.5.3は、キュービクル型GISに設置した部分放電検出（電磁波監視）用のアンテナセンサ取り付け状況である。アンテナセンサは、内部で発生する部分放電からの電磁波をわずかな金属開口部を通して感度良く検出できる。この検出信号を診断ユニットに取り込み、同時に取り込まれている系統電圧の位相情報や検出信号の周波数帯域から部分放電有無を判断している。

また、図3.5.4に可搬型タイプのDCMセンサ（壁面電流法）を示す。図3.5.5は、DCMセンサによる変圧器内部の部分放電信号の検出事例である。壁面電流法による部分放電監視では、DCMセンサ出力信号に対して診断ユニット内で系統電圧の位相情報や発生頻度をもとに部分放電有無の判断を行っている。SPSSでは、EMSサーバに蓄積されたGISと変圧器の部分放電監視データの長期トレンドをWeb環境で確認する事ができ、診断ユニットによる異常判定が行われる前の軽微な異常段階から、その状態を把握することが可能である。

(2) 局部過熱監視

部分放電監視と並んで重要な監視項目に局部過熱がある。通常は、サーモビジョンを用いた活線診断により過熱状態の監視を行うが、配電盤内部の過熱状態は遮蔽板等により完全に把握することは困難であった。そこで、遮蔽板内部の機器の過熱状態を監視可能な非接触赤外線式のコンパクトなセンサを開発した。センサ表示部には、スマートフォンを活用し、利便性と装置の小型化を図った。このセンサにより、活線状態で診断可能な範囲を大

表3.5.1 電力機器の状態監視項目

監視対象	監視項目	センサ取込み条件	備考
C-GIS	部分放電監視	アンテナセンサ（電磁波法）	内部部分放電発生に伴う電磁波検出
	ガス圧力監視	圧力センサ、温度センサ	定格圧力に対する温度補正圧力
	GCB動作監視	電流センサ バレット接点	遮断・投入時間 動作回数
変圧器	部分放電監視	DCMセンサ（壁面電流法）	放電部への供給電流に伴う壁面電位差
	温度監視	温度センサ	壁面温度
配電盤	部分放電監視	DCMセンサ他	
	局部過熱監視	非接触赤外線センサ	ブスバー温度（可搬タイプ）
		無線式温度センサ	（開発検証中）

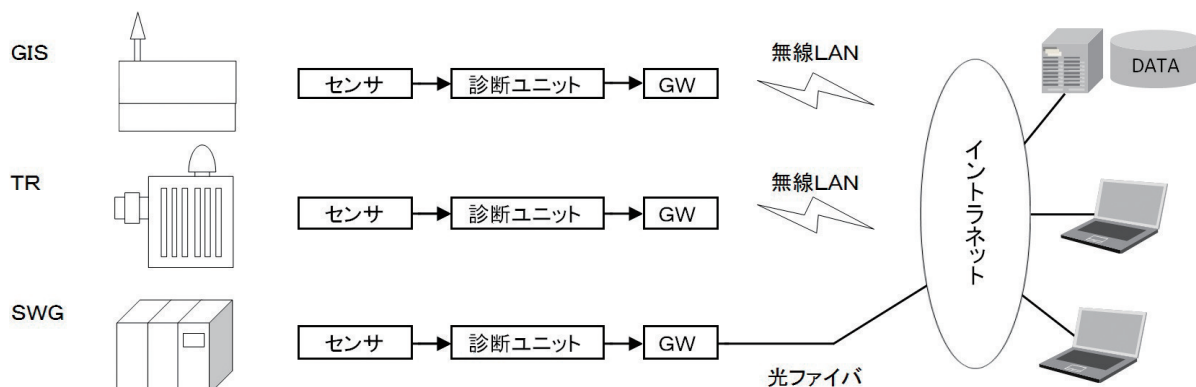


図 3.5.2 機器状態監視システムの構成

幅に向上させることが可能となった。図3.5.6にセンサ外觀と測定結果表示の一例（画面のマトリクス部）を示す。

なお、局部過熱監視で最も効果的なセンシング方法は、想定される過熱部の温度を直接連続的に計測する



図 3.5.3 アンテナセンサ（電磁波法）



図 3.5.4 DCMセンサ（壁面電流法）

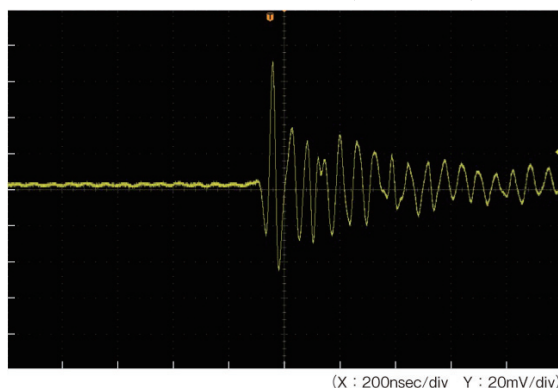


図 3.5.5 部分放電検出波形（壁面電流法）

方法であるが、当社ではこのような直接計測の電池レス無線式センサの開発にも取り組んでいる。

(3) 機器の健全性が見える化

SPSSでは、電力機器の健全性見える化も重要な要素であり、実証Web環境に接続されているPCからいつでも確認できるよう構成されている。

図3.5.7はGIS状態監視画面の一例である。ガス圧力値や遮断器動作時間、および部分放電診断アルゴリズムに基づいた電磁波レベルなど、GISの信頼性を維持管理する上で最も重要な監視項目のデータとトレンドを表示している。



図 3.5.6 可搬型過熱検出センサとスマートフォン

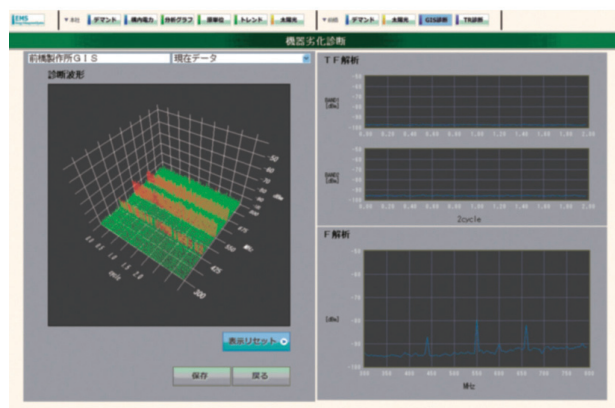


図 3.5.7 状態監視画面（GIS）

4. 事務棟、工場におけるSPSS導入効果

本章では、当社本社に導入したEMSの適用効果事例について紹介する。

4. 1 EMSによるデータ管理

EMSを採用することで、複数の汎用データ計測装置で分散管理していたサブ変電所の電力データや、中央監視装置FACTMATEで収集していた受電デマンドなどの電力データを集約して取り込むことができる。これにより当社では以下のデータ管理を実施している。

- ① 特高受電からサブ変電所までの電力情報を、ローカルシステムから一元管理。(図4.1)
- ② 社内イントラネットを活用し、デマンド監視やエネルギー分析グラフなど、省エネ・節電を支援するさまざまな機能をWeb環境で運用。
- ③ 特高受電と配電線での消費電力とをグラフ化することで大まかな傾向を把握し、サブ変電所の消費電力から建屋や設備単位での消費電力を分析。(例えば、事務所棟などのサブ変電所は変圧器バンク毎で、ある程度の負荷設備が想定できるため、照明・コンセント・空調単位での消費電力を分析)
- ④ 空調温度の設定変更や不要場所の消灯など実施した対策をグラフ化し、比較することで節電効果の詳細を把握。
- ⑤ 季節別や昼夜間および平日と休日の負荷パターンなどを建屋や設備毎に分析することで、消費電力の実態を把握し、運用の改善や負荷設備のリニューアルなどの対策を実施。(図4.2)

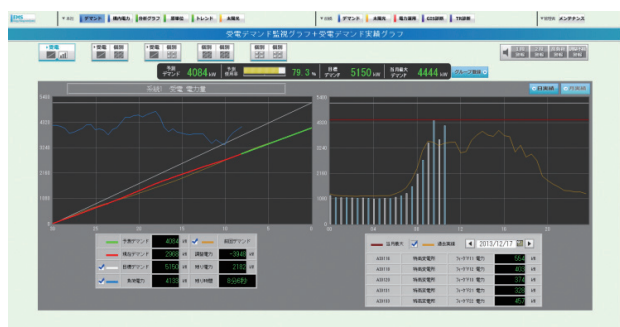


図4.1 受電デマンド監視画面

4. 2 EMSによるエネルギー管理

EMSを活用したエネルギー管理の例を紹介する。図4.1に示す受電デマンド監視グラフにより、デマンド超過予測を見える化し、自発的な節電対応を促している。

- ① 指定した過去のデマンド実績も折れ線グラフで表示することができるので、過去のデマンドパターンと対比分析することが可能。
- ② 画面表示を切り替えることで受電電力デマンドグラフと、個別デマンドグラフとを同時に表示し、

詳細なデマンド管理・分析が容易。

ピーク電力の抑制対策として、誰もがアクセスできるWeb環境での見える化は有効であり、節電目標の達成と省エネへの啓蒙活動に活用できる。

図4.2のトレンドグラフでは、建屋や設備特有の負荷特性を把握することができ、夏季の重負荷時間帯などのピーク時に負荷が重複しないようにシフトし、電力の平準化を図ることができる。

- ① グラフの時間軸を任意に変更可能で、短時間での変動を更に詳細に見ることで、異常値や傾向を容易に確認可能。
- ② サブ変電所を変圧器バンク単位で見ることで変圧器の負荷率を把握でき、年間データを基にして変圧器更新時の容量見直しや統廃合を検討し、変圧器の損失を低減することで省エネを図ることも可能。



図4.2 建屋別のデマンド監視画面

図4.3の分析支援グラフを活用し、負荷の推移を一週間のスパンで見ること、設備の立ち上がりや曜日による稼働状況を把握している。

- ① 昼夜間や平休日を比較することで、省エネ・節電のヒントやムダを発見。
特に昼休みの節電状況や定時デーなど、消費電力の変化を見ることで取り組み効果を把握可能。
- ② 分析支援グラフの詳細設定項目により、指定日や指定期間での比較が可能となり、省エネ・節電対策の効果をより高度に分析可能。

省エネの第一歩は分析から始まるため、EMSでの実態把握が有効である。

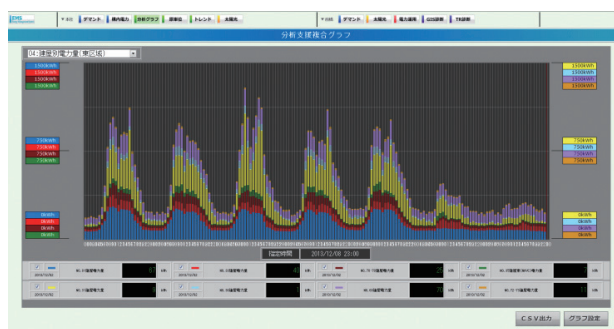


図4.3 1週間のフィーダ別デマンド分析画面

4. 3 負荷分析による節電効果

当社事務棟における2013年夏季の分析結果では、年間電力量の負荷比率が照明・コンセント負荷で約56%、空調・その他動力負荷で約44%であった。この結果を基に節電対象を照明・コンセント負荷に絞ることで、さらなる詳細分析に結びつけ、効果的な節電につなげる予定である。

4. 4 ピーク電力の抑制と負荷平準化効果

当社本社の2013年夏季は「ピーク電力を契約電力の10%減」とすることを目標に設定し、上記負荷分析結果に応じて、照明・空調負荷の集中削減を行った。また当社本社では、製品個有試験のために数箇所数百kWの電力を消費する場合がある。これを過去のトレンドグラフから負荷電力パターン分析し、各所別々に負荷電力を発生させるように試験時間等を調整することもピーク電力抑制に有効であった。以上のような照明・空調負荷の集中削減、負荷電力シフト、デマンド監視による負荷制御等により上記節電目標を達成することができた。これには太陽光発電の貢献も含まれている。

5. 水処理施設におけるSPSS導入効果の検討

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、これをベースに上下水道向けへのSPSS展開を図っている。最近の浄水場や下水処理場でのエネルギー管理状況の動向とともに紹介する。

5. 1 水処理市場のエネルギー消費動向

上水道市場では、安心安全な水供給を行うために、高度浄水化が進んでおり、浄水場での電気使用量が増加している。このため、エネルギー削減対策として、VVVF採用や更新時に省エネルギー型のポンプに更新するなど、省エネ機器への置き換えが進んでいる。下水道市場では、汚水浄化に大量の電気エネルギーが使

用されており、処理場での電気使用量の削減が急務となっている。特に、電気の使用量が多いポンプ、送風機や污泥処理に省エネ機器が採用されている。

また、広い敷地を利用した太陽光発電設備の設置や、浄水場では減圧が必要な部分や小落差部に小水力発電設備の設置が進められている。(図5.1) 下水処理場では放流落差や処理場内の小落差を利用した小水力発電設備、消化ガスを活用したバイオガス発電設備を採用するなど、再生可能エネルギーの導入が促進されている。(図5.2)

5. 2 水処理施設への再生可能エネルギーの適用

FITを活用しての設置検討を実施しているが、今後は民間資金の活用 (PPP/PFI) も視野に入れた再生可能エネルギー設備の導入拡大が予想される。

当社では、水処理施設での再生可能エネルギー導入の可能性を検討し、設置可能なシステムの導入費用や回収金額を算出し、施設に適したシステム導入提案を行っている。

5. 3 水処理施設の省エネ制御

水処理施設では大量のエネルギーが消費され、その消費電力の削減が従来からの課題である。省エネ化に向けたインバータなどの機器設置に加え、水質に合わせた動力の最適制御が消費電力削減のポイントである。特に大容量機器のポンプや送風機の最適制御が有効であると考え、実機場での省エネ制御の実績を活かした制御を提供している。

5. 4 水処理施設のBCP

水処理施設は重要なライフラインであるため、災害時でも必要最小限の操業継続が要求される。水処理施設では、まず災害の影響を最小限に抑制するための耐震化を行う。次に災害状況を把握し必要性の高い設備から災害復旧をスムーズに行うことになるため、電源

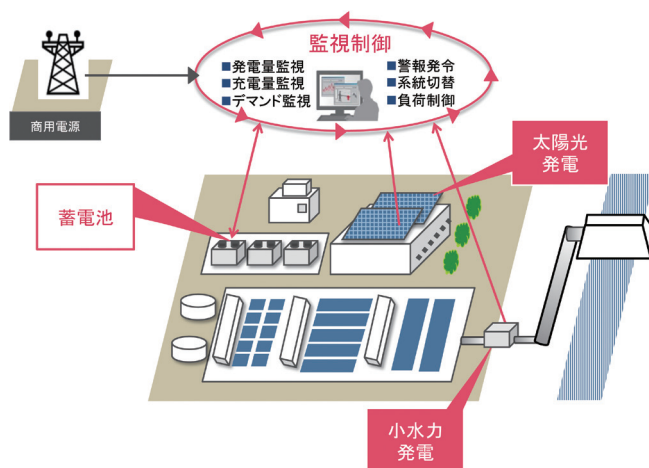


図 5.1 浄水場向けSPSS提案事例

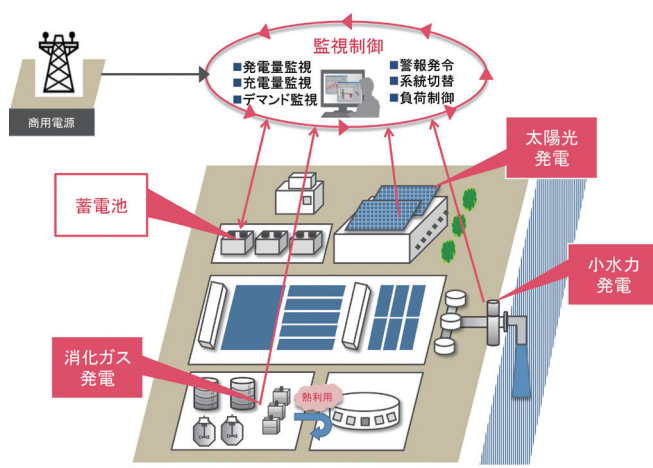


図 5.2 下水処理場向けSPSS提案事例

の確保が重要であり、PVシステムとBESSとの組み合わせで災害時に電源を確保できる電力供給システムを実用化している。

茨城県企業局県南水道事務所殿に阿見浄水場太陽光発電設備設置工事としてBESSを備えた系統連系自立運転型50kW PVシステムを納入した。PV設備と、BESSの双方向PCSにより電力需要の抑制と災害時の電力確保（照明、通信設備向け）を実現している。今後更にBESSの価格が低下すれば、施設運用に必要な規模の最適な電源システム設計ができる。

5. 5 水処理施設向けEMS

再生可能エネルギーや省エネ制御、更には非常時における操業継続のために施設に設置されている電源および負荷の緊急制御など、施設全体のEMSが必要となる。（図5.3）従来のAQUAMATEに加え、このEMS機能もAQUAMATE-7000シリーズで実用化している。

（注）PPP：Public Private Partnership（公民連携）

PFI：Private Finance Initiative（公共施設等の建設、維持管理、運営等を民間の資金、経営能力及び技術的能力を活用して行う手法）

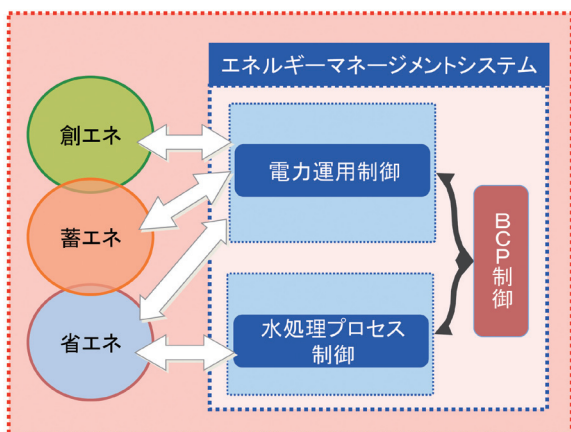


図5.3 水処理施設向けSPSSの基本形

6. おわりに

工場、商業施設、水処理施設などの需要家に、多様な電源を活用した安定で経済的な電力を提供するためのSPSS要素技術やシステム構築について紹介してきた。更に次のような視点で技術開発を推進し、当社前橋製作所をそれらの長期検証の場としても活用していく。

① 太陽光発電システム

PCS 250kW×2台で運転してきたが、新たに屋外型500kW器を設置し、長期実証運転中である。FRT機能や新しい単独運転検出方式（能動）の検証も進めていく。

② 電池電力貯蔵システム

基本回路構成としては無停電電源装置と同様であり、充電容量（kWh）を増やすことで負荷平準化／ピークカット運転にも対応できる。投資回収計画には二次電池の寿命（更新時期）も重要であり、電池種別に適した充電方法の採用や周囲温度環境整備も必要である。当面、電池電力貯蔵システムは、非常用電源（瞬低・停電補償機能）やBCP目的を主とした用途が先行するであろう。それまでに多様な分散電源のベストミックスに必要なシステム構成・運用・保護の知見を深めていく。

③ エネルギー管理システム

EMSの基本機能である「見える化」「見せる化」は標準仕様として製品化済みであるが、需要家毎に異なった負荷電力パターンとなるため、要求仕様に柔軟にかつ効率よく低コストでカスタマイズできることが重要である。特に多様な電源の最適運用制御の知見を深め、運用実績を蓄積していく。

④ 電力機器の状態監視

時々刻々と増え続けるセンサ情報をもとに、M2M（Machine to Machine）の本質である人が介在しないデータ蓄積と診断の仕組み最適化など、新たなICT基盤を取り込む。

一方でエネルギー環境は、原発運転可否、電力自由化、再生可能エネルギー普及など、今後も継続した変化が予想される。環境変化に柔軟に対応し経済的で安定した電力を提供するために、工場、商業施設や水処理施設などの需要家とともにSPSS技術開発を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 「省エネ法の概要について」、資源エネルギー庁ホームページ
- (2) 荒川 他：「当社のスマートグリッドへの取り組み」、日新電機技報、Vol.56 No.1、pp.27-33(2011)
- (3) 「低炭素電力供給システムに関する研究会報告書」、2009年7月、経産省ホームページ
- (4) NEDO再生可能エネルギー技術白書(2013)、平成25年12月、NEDO ホームページ
- (5) 「9 スマートグリッドの技術の現状とロードマップ」、NEDO再生可能エネルギー技術白書、平成22年7月、NEDO ホームページ
- (6) 次世代エネルギー・社会システム協議会(第13回) - 配付資料 平成23年6月、経産省ホームページ
- (7) 伊良皆 他：「新エネ出力安定化装置の開発」、太陽/風力エネルギー講演論文、Vol.58 No.1、pp.187-200(2000)
- (8) 日新電機：「TOPICS」、No.1007、pp.7(2010)
- (9) 岡田 他：「電磁波方式による部分放電検出技術について」、日新電機技報、Vol.53、pp.35-39、(2008)
- (10) 大木 他：「受変電設備の状態監視技術」、日新電機技報、Vol.57 No.2、pp.17-22(2012)
- (11) 栗尾 他：「大型ニッケル水素電池を用いた電力貯蔵装置の開発と検証」、日新電機技報、Vol.58、No.1、pp.45-52(2013)
- (12) K.Ikeda, et al. “ : Performance Test Results of the 50kW Multi-functional Electricity Storage System with 100kWh Nickel-Metal Hydride Batteries”, ICEE(2013)

執筆者紹介



荒川 修三 Shuzo Arakawa
電力機器事業本部
エンジニアリング部長



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



吉田 忠男 Tadao Yoshida
新エネルギー・環境事業本部
支配人



野村 昭二 Shoji Nomura
新エネルギー・環境事業本部
水環境事業部
システム営業部長