

スマートグリッド実証実験

マルミローリ マルタ* 永松靖朗**
古塩正展**
清水恒夫**

Smart Grid Facility Implementation

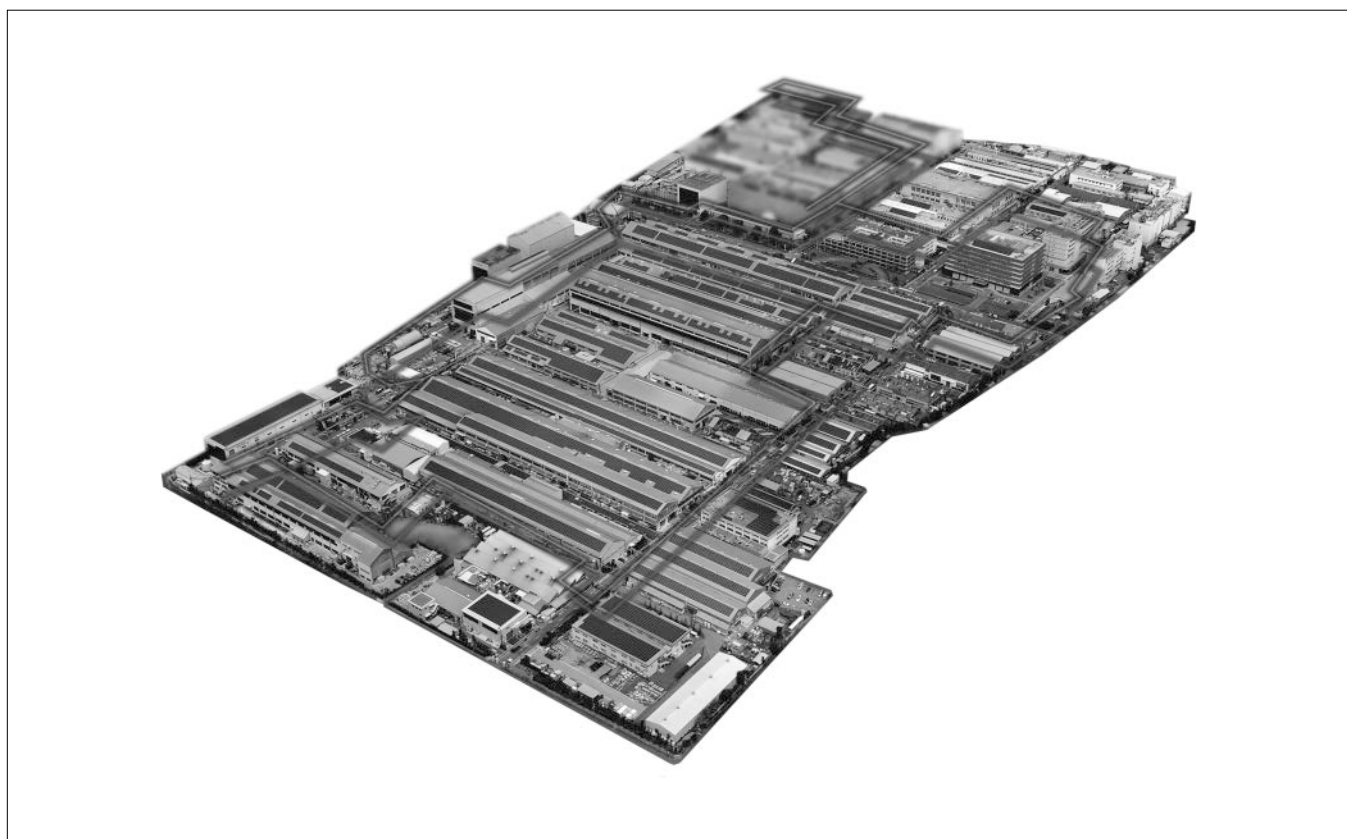
Marta Marmioli, Masanobu Koshio, Tsuneo Shimizu, Yasuaki Nagamatsu

要 旨

国際社会では、エネルギー、経済、環境という、いわばトリレンマの解決、つまりは低炭素社会実現に向けた動きが加速している。低炭素社会を実現するための手段は、供給側設備におけるエネルギー効率の向上、需要サイドの省エネルギーの更なる促進、及び自然エネルギーの活用である。二次エネルギーとしての“電気”は、経済の発展及び資源・環境問題の解決に不可欠なエネルギー源であり、環境負荷の小さな発電方式から、安定的な電力輸送、さらには効率的な電力消費を網羅するスマートグリッドの概念は世

界各国での話題となっている。

三菱電機では、スマートグリッドを構成する各種要素技術を開発するとともに、要素技術を結び付けた実証設備を構築し、技術検証並びに開発へのフィードバックを行っている。アナログ量である電力エネルギーを高度なデジタル技術を使って最適に運用するスマートグリッドは、これまでの電力系統技術と情報通信技術の融合によって実現するものであり、分野横断的な新しい社会インフラ体系構築への試みでもある。



当社尼崎地区のスマートグリッド実証設備

尼崎地区の実証設備には4 MWの太陽光発電設備のほか、こう長7km(模擬インピーダンス装置によって16kmまで)に設定可能な模擬送電網、火力発電模擬装置、揚水発電模擬装置、交直変換装置(BTB(Back to Back))、系統シミュレータ、スマートメータシステム、各種監視制御システムが設置されている。これらの機器を活用して将来の電力流通システムを作り出し、様々な観点からの実証試験を行うことができる。

1. ま え が き

世界的に太陽光発電や風力発電等の大規模な導入が進み、国内でも政府は2020年に約2,800万kWの太陽光発電の導入を目指す方針が示されている。

しかし、太陽光や風力をはじめとした再生可能エネルギーは天候の影響を受けやすく、発電量の変動が大きいため、周波数や電圧、安定度といった電力系統の品質に影響を与えることになり、それが電力供給の信頼性を低下させる懸念がある。そのため、電力流通の安定的な運用のためには、再生可能エネルギー大量導入の影響を送配電網全般にわたって検証し、様々な角度からそれを分析し、適切な対策を行うことが必要となってきた。

当社では、次世代の電力流通システムのあり方を検証するために、自社事業所内にスマートグリッドの実証設備の構築を進めている。本稿では、次世代電力流通システムの課題と対策、並びに当該スマートグリッド実証設備の概要と技術検証内容について述べる。

2. 次世代電力流通システムの課題と対策

2.1 電力品質の問題と対策

2.1.1 配電線電圧変動問題

現在の配電系統は、原則的に変電所から負荷に向けて電力が一方方向に流れることを前提に設計されている。しかし、家庭内に多くの太陽光発電設備が設置され、電力消費以上の発電が行われれば、配電系統に電力が逆流する逆潮流という現象が発生する。同一の配電系統に多くの逆潮流が発生することによって、電圧供給規定の規定値を逸脱する形で電圧が上昇する可能性がある。電圧の逸脱は、電気機器の故障を引き起こすなど安全上大きな問題となる。電圧変動の抑制対策としては、柱上変圧器の分割や配電線路の太線化、電圧調整装置の設置等がある。

2.1.2 余剰電力問題

太陽光発電設備が、天気の良い日に一斉に発電を始めると、系統需要を上回る電力が発生することが予想される。我が国の電力供給は、原子力、火力、水力等複数の発電所の最適な組合せで運用されており、需要の変動は火力及び水力で吸収されている。しかし、出力制御可能な発電所の発電出力を低下させても太陽光発電設備からの電力がそれを上回る場合、余剰電力という形で需要以上の発電量が発生する可能性がある。余剰電力に対する施策としては、揚水発電や他エリアへの融通、大型蓄電池による充電、将来的には電気自動車の小型蓄電池への充電などいろいろな方法が検討されている。

2.1.3 周波数変動問題

出力変動の激しい電源が多く連系されると、電力系統全体の需要と供給のバランスを確保することが困難となり、

需給バランスの逸脱による周波数の変動が起こる可能性が指摘されている。周波数変動は、電動機などの回転機の回転速度にむらを生じさせるなど電気機器の運転に影響を及ぼす。周波数変動への対策としては、火力、水力等の従来型電源の周波数調整能力の向上、系統に連系される蓄電池への周波数制御機能の付与、さらには温水器ON/OFF機能の周波数連動などがある。

なお、これらの問題(表1)以外にも、①インバータ型電源の相対的増大(回転機の相対的減少)に伴う系統慣性力の低下、②新エネルギー電源の一斉解列による需給アンバランスの発生、③電源多連系に伴う事故時復旧方法の複雑化など、様々な問題についての対策が必要となる。

2.2 技術開発

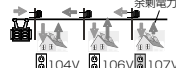
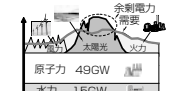

2.2.1 太陽光、風力の発電量予測

太陽光、風力は天候に左右されることから、気象シミュレーションに基づく気象データを活用し、地点ごとの発電量を予測することになる。太陽光の発電予測については、地点ごとの日射量データに基づいて、短期的及び長期的な発電量予測を行う。また、出力変動に対する平滑化効果を検証するために、複数地点での日射量に対する時刻同期データを収集することなどが行われる。一方、風力の発電予測については、太陽光と同じく、気象シミュレーションに基づく風況データを活用して、シミュレーション又は統計的分析によって発電予測を行う。

2.2.2 配電制御

太陽光発電が大量に連系された配電系統では、配電電圧の適正値運用、配電ロスの低減、事故区間の極小化等の最適系統運用が求められる。通信機能付き開閉器や遮断器に組み込まれたセンサ情報(有効/無効電力、電流、電圧、ステータス)を活用することで、より正確に配電系統をモニタリングするとともに、最近のパワーエレクトロニクス技術を活用した静止型無効電力補償装置(SVC)や多機能インバータによる配電系統制御の有効性が検討されている。

表1. 電力品質の問題と対策

問題	原因	対策案
1 配電線の電圧変動 	配電線に連系された多数の太陽光発電の逆潮流による	・変圧器の分割 ・電圧調整器の設置 ・太陽光発電の出力制御
2 余剰電力 	低負荷期における需要を上回る太陽光などの一斉発電による	・蓄電池の設置 ・太陽光/風力発電の出力抑制 ・需要側対策 (需要側電気利用拡大)
3 周波数変動 	瞬時の需要と発電のアンバランスによる	・太陽光/風力発電の出力変動抑制 ・揚水発電高度化(可変速化) ・蓄電池の設置

2.2.3 蓄電池制御

蓄電池は、配電線の電圧問題、余剰電力問題、周波数変動問題を解決する手段として期待されている。配電線の電圧制御に対しては、配電系統に設置された蓄電池の有効電力及び無効電力を制御することで、電圧を規定値以内に保つように運用することが可能である。また、軽負荷時に、系統又は家庭内に設置された蓄電池に余剰電力を充電し、重負荷時に蓄電池の電力を系統に放電することで余剰電力に対する対策を行うことが可能である。さらに、周波数変動に対しては、蓄電池が持つ高速制御性能を活用して、需給アンバランス時の過不足電力分を高速に蓄電池で吸収させることで周波数を一定値に保つことができる。

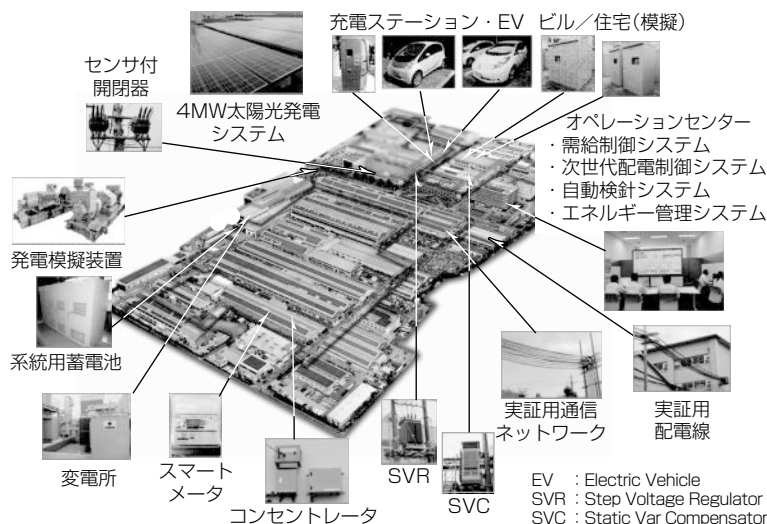


図1. 尼崎地区スマートグリッド実証設備

2.2.4 電力流通向け通信技術

電力流通システムを高信頼かつ効率的に運用する上で通信技術の果たす役割は大きい。広域を管理する基幹系ネットワークでは、信頼性の高い光ファイバやマイクロ波を活用した通信網が整備されている。今後、配電系統に分散電源や各種配電機器、蓄電池等が多数設置されると、基幹系ネットワーク網を拡張したアクセス系の整備が必要となる。アクセス系ネットワークによって各機器情報を収集し、よりきめ細かな監視や制御が可能となる。さらに、各家庭に設置されるスマートメータとの双方向通信を可能とするラストワンマイルを整備することで、遠隔検針や遠隔開閉器制御のほか、電気利用の見える化などのサービス提供が可能となる。ラストワンマイルについては、対象となるスマートメータが数千万個に上ることから、センサネットワーク技術の適用が期待される。

表2. 主回路機器

模擬送電線 (7~16km)	模擬送電線はインピーダンス可変。メガソーラーや負荷を含めた系統トポロジーの変更可変
模擬負荷	家庭用負荷からビル、工場の負荷をモデルする模擬負荷を設置
同期発電機 (200kW)	火力発電機を模擬する小型同期発電機を設置
揚水発電電動機 (200kW)	可変速揚水発電を模擬できる発電模擬装置を設置。電動発電機と励磁装置から構成
交直変換装置 (1MW)	模擬送電線に対する電圧源、周波数源として様々な系統出力を作り出すことが可能
リアルタイムシステムシミュレータ	実際の電力システムモデルを作成することができ、BTBを介して実機と相互干渉を検証可能
LRT (Load Ratio Transformer)	実証系統と既設系統を連系。既設系統は工場連系設備を介して関西電力と連系
メガソーラー (4MW)	事業所内の工場建屋の屋根を中心に設置
連系インバータ	有効、無効電力制御のほか、FRT (Fault Ride Through) 機能を持たせ、系統との協調制御を行える仕組みを保有
系統用蓄電池 (NaS, Li, NiH)	個々の特性評価及び系統から見た制御性能について検証を行える仕組みを保有
通信機能付き開閉器・遮断器	配電系統のモニタリング(有効/無効電力、電圧、電流)用にセンサ内蔵型機器を設置
SVC	配電網全般の電圧適正管理のために設置。通信機能付き機器
スマートメータ (150台)	事業所内の各負荷の30分電力量、電流、電圧等の情報をオンラインで収集

3. 当社のスマートグリッド実証実験事例

3.1 実証設備の概要

当社では、将来の電力流通網を想定したスマートグリッドの実証設備を自社尼崎地区に構築している(図1)。実際の電力流通設備(実証設備)を活用して、想定される外部要因(天候変化、需要変化、各種事故、制度変化、事業環境変化)を人工的に与え、電力系統の動特性、静特性の連続的な挙動を把握し、電力流通全体の計画、運用業務を実設備を活用して検証できる。これによって、将来にわたる電力流通の経済運用、安定運用に求められる各種要件の洗い出し、並びに対策の検証を行う。

表3. 通信機器

スマートメータ通信端末(150台)	スマートメータ内部に設置され、小電力無線による通信に利用
コンセントレータ(10台)	電柱や建物内に設置され、スマートメータの情報を集約し、上位通信網に転送
光通信網	基幹系、配電系、スマートメータの基幹通信網として構内に敷設
GE-PON	光通信のための端末装置として、配電系統制御に利用
OFDM	ペア線を活用した電力線搬送装置として、配電制御に利用
無線通信網(メッシュ通信)	小電力無線を活用した無線通信網として構内に設置
通信管理システム	構内の通信網全体を監視制御する装置として設置

3.2 主要設備

尼崎地区に設置する主要設備を表2、表3、表4に示す。

3.3 実証環境で確認できる技術

実証環境の検証内容について、その一例を図2に示す。

GE-PON : Gigabit Ethernet Passive Optical Network
OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

表4. 各種システム

基幹系監視制御システム	構内実証設備の基幹系に対する監視制御システム。メガソーラー、発電機、系統監視
配電制御システム	構内実証設備の配電系に対する監視制御システム。配電系統及び配電機器の監視
需給制御システム	構内実証設備の発電機、メガソーラー、蓄電池の需給制御
スマートメータシステム	構内実証設備の構内負荷に対するメータリング及びそれを活用したシステム

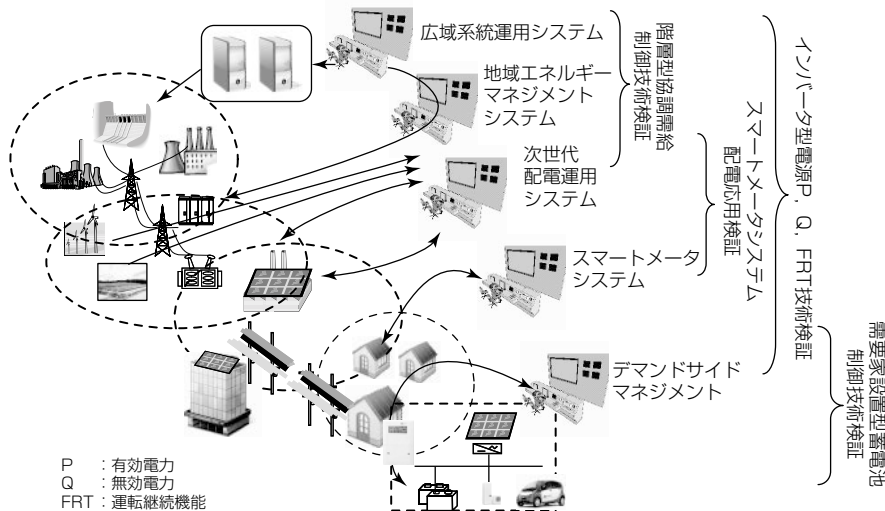


図2. 実証環境での検証技術

3.3.1 階層型協調需給制御技術

実証設備の模擬送電網及びリアルタイムシステムシミュレータ上のモデル系統から構成される電力システムを活用して、需給制御技術を検証する。中央給電指令所に相当する需給制御システム、並びに膨大な数の新エネルギー電源(分散電源)や蓄電池を監視制御する新エネルギー監視制御システム及び低圧系管理の配電自動化システムが相互に協調を取りながら需給バランスの確保並びに最適運用を実現する。

3.3.2 配電系統における電圧監視制御技術

模擬送電網には、太陽光発電装置及び模擬負荷だけでなく事業所内の工場建屋の実負荷の連系が可能である。このため、新エネルギー大量連系を想定した次世代配電系統における電圧制御技術に加え、工場、ビル、一般需要家等様々な種類の需要家を対象とした太陽光発電、負荷等のデマンドレスポンス制御技術についても検証することが可能となる。

3.3.3 スマートメータシステムの配電応用

スマートメータシステムでは、複数無線媒体を活用した無線通信の検証を行う。建物内部や金属壁に囲われた場所等の電波の届きにくい箇所に設置されるメータに対しても確実に通信できる技術としてメッシュネットワーク技術の検証や、スマートメータシステムによって収集したデータを活用した様々な配電アプリケーション(停電管理、状態推定等)の総合的な実証試験を行うことができる。

3.3.4 インバータ型電源に対する制御技術

実証設備では、太陽光発電及び蓄電池等の連系インバータに有効、無効電力制御機能やFRT機能を付与している。様々な系統事象で、既存電源との協調制御のあり方などを検証することができる。

3.3.5 需要家設置型蓄電池に対する各種制御技術

実証設備には、家庭用太陽光発電やエコキュート、空調、及びEV等の需要家内に設置される機器も導入されている。

EVや太陽光発電、蓄電池等の負荷特性の検証、需要家保有の各種電力設備に対する約款のあり方検討、さらには不特定多数の需要家保有の電力設備や負荷機器に対する監視制御のあり方等広範囲な検討が可能である。

3.3.6 各種配電新機材の系統試験

配電系統や需要家二次側系統には、今後も様々な電力機器の接続が予想される。実証設備では、系統構成を動的に変更することができ、また様々な事故なども模擬することができるため、将来予想される系統構成の中でのこれら新機種を系統接続して、各種設備の投入効果を検証することが可能となる。

4. むすび

次世代電力流通システムにおける課題とその対策並びに当社の事業所に構築しているスマートグリッド実証設備の概要並びに実証実験の目的などについて述べた。

低廉かつ安定した電力供給を維持しつつ、より環境にやさしい電力流通システムを実現するよう引き続き研究開発が必要である。今後、当社では実証設備を活用して将来の電力システムを模擬し、様々な角度から技術検証並びに安定運用に供する技術開発を継続する予定である。

参考文献

- (1) 経済産業省：低炭素電力供給システムの構築に向けて、低炭素電力供給システムに関する研究会報告書(2009)
- (2) 電力系統の利用を支える解析・運用技術調査専門委員会：電力系統の利用を支える解析・運用技術、電気学会技術報告調査書No. 1100(2007)
- (3) 塚本幸辰：次世代型送電網の主役となるか？スマートグリッドの概要としくみ、新電気、64, No.11, 31~38(2010)