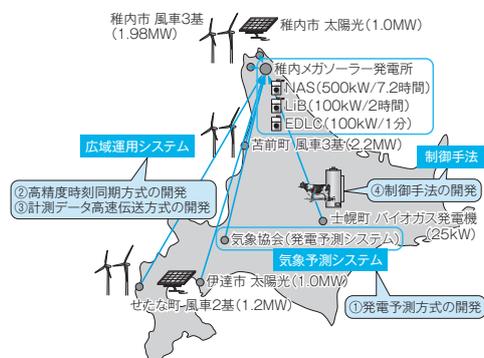


風力発電等分散型エネルギーの 広域運用システムに関する取り組み (地球温暖化対策技術開発・実証研 究事業)

佐野慎一 Shin'ichi Sano
 挾間洋平 Yohei Hasama
 栗原世治 Toshiharu Kurihara
 田邊隆之 Takayuki Tanabe

キーワード 再生可能エネルギー、蓄電システム、系統安定化、広域通信網、発電計画

概要



本実証研究事業の全体像

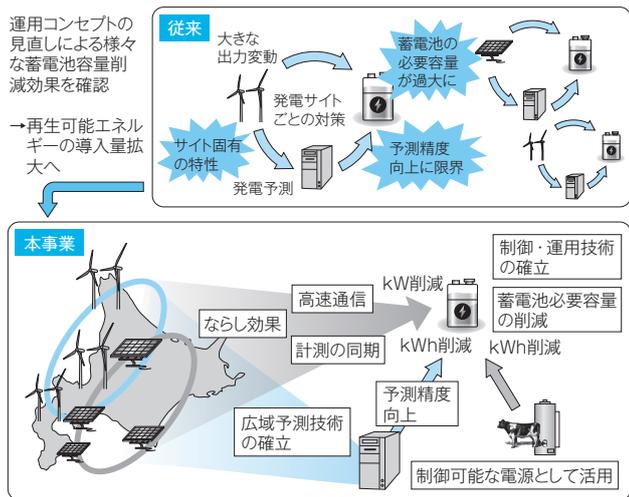
当社は2012年度から2014年度の3か年、環境省の地球温暖化対策技術開発・実証研究事業の一つとして実施された「風力発電等分散型エネルギーの広域運用システムに関する実証研究」に参画し、今後の再生可能エネルギー電源導入拡大に向けた技術開発に取り組んできた。本実証研究事業では、各地に分散配置された再生可能エネルギー電源を広域情報通信網で集約監視し、1か所の蓄電システムで安定化を図ることを目的としたシステムを構築するとともに、その検証及び評価をとおして課題解決を図った。再生可能エネルギー電源の品質や不安定性が電力系統に与える影響が懸念される中、本技術は再生可能エネルギーの系統受入量拡大に資することができる技術として期待される。

1 まえがき

2012年度から開始された固定価格買取制度 (FIT) の下で、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギー電源 (RE 電源) の連系量が急激に拡大し、その品質や不安定性が電力系統に影響を与えることが懸念されている。2014年の秋には、一部の電力会社で、設備認定を受けた太陽光発電容量が電力系統の最低需要を上回り、一時的に系統連系の申し込みに対して回答保留がなされるなど、問題が表面化し始めている。RE 電源の電力系統への影響は、発電出力の短周期変動によるもの、発電出力の不確実性によるもの、余剰電力発生への懸念によるものなどがある。このため、RE 電源の発電出力を事前に予測

し、蓄電システムなどと組み合わせて短周期変動を抑制しつつ、発電計画に沿った運用を実現することで、上記課題の多くが解決されるものと期待される。ただし、発電所単位に蓄電池を併設して安定化を図るシステムでは、計画運用の基となる発電出力予測の精度限界などから、必要な蓄電池容量が過大となってしまう問題がある。

この問題を解決するため、環境省の実証研究事業として、「風力発電等分散型エネルギーの広域運用システムに関する実証研究」が2012年度から2014年度の3か年で実施された。本実証研究事業では、分散配置されたRE 電源を仮想的に集約することで、発電出力の平滑化を図るとともに、発電サイトごとの予測誤差の相殺によって更なる精度向上を図り、シス



第1図 本実証研究事業のコンセプト

従来からの運用コンセプトを大幅に見直し、システム全体で必要となる蓄電池のkW容量を削減するとともに、再生可能エネルギーの導入量拡大を目指す。

システム全体で必要とされる蓄電池のkW容量を、RE電源の総容量比50%とすることを目標とした。第1図に本実証研究事業のコンセプトを示す。

本実証研究事業で、当社は蓄電システムの制御を含めた広域運用システムの構築を担当し、広域情報通信網を介したリアルタイム制御の実現に向けた技術開発を実施した。本稿では、広域運用システムと技術開発の内容及びその成果を紹介する。

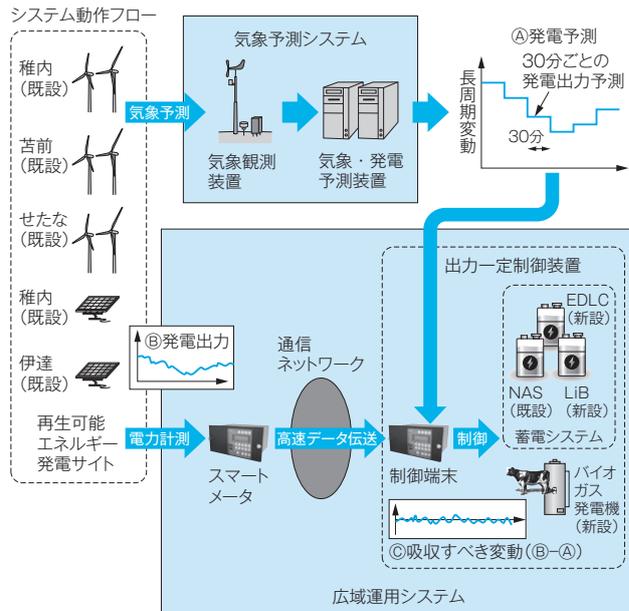
2 広域運用システムの構築

2.1 システム構成

本実証研究事業では、北海道内に設置された既設の風力発電サイト3か所、太陽光発電サイト2か所を計測対象に選定してシステムを構築した。第2図にシステム構成イメージを示す。稚内市の協力によって、出力一定制御装置を国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」で構築された稚内メガソーラー発電所（稚内MS）構内に設置した。

2.2 蓄電システム

蓄電システムでは、協調制御を図ることによる制



第2図 システム構成イメージ

スマートメータ及び広域情報通信網を介して各サイトのRE発電出力を取り込み、気象予測結果から算出された発電目標値との差分（変動）を蓄電池とバイオガス発電機で補償する。

第1表 蓄電池とバイオガス発電機の容量

変動成分の内、短周期分をEDLC、中周期分をLiB、長周期分をNAS電池の補償対象とし、バイオガス発電機はNAS電池の残存容量を50%に維持する役割とした。

種別	容量 (kW)	蓄電容量
NAS電池	500	7.2時間
LiB	100	2時間
EDLC	100	1分
バイオガス発電機	25	—

御性能の改善効果や、蓄電池容量の削減効果を検証するために、異なる特性を持つ3種類の蓄電デバイスを適用した。NAS電池は稚内MS内に設置された既設の設備を活用し、リチウムイオン電池（LiB）と電気二重層キャパシタ（EDLC）を新規に設置した。また、蓄電池容量の更なる削減効果を期待し、制御可能なRE電源としてバイオガス発電機を士幌町に設置した。バイオガス発電機は、ガスホルダを蓄エネルギー設備とすることで、即応性で劣るものの、蓄電池と同様の調整力として利用することができる。第1表に蓄電池とバイオガス発電機の容量を、第3図に蓄電システムの外観を示す。



(a) NAS電池



(b) LiB・EDLC

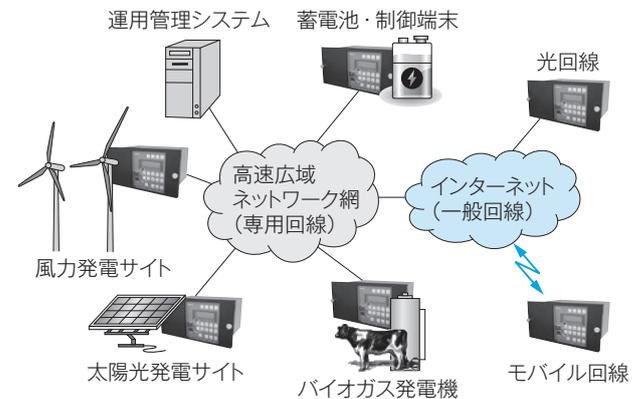
第3図 蓄電システム

NAS電池は既設1500kWの内、500kWを本実証研究事業で借用した（制御権で切り替える方式）。LiB及びEDLCは専用コンテナにそれぞれ収納した。

2.3 広域情報通信網

広域運用システムでは、広域情報通信網を介して各所に分散配置されたRE電源の発電出力を集約する必要があることから、通信網の伝送遅延や周期の不安定性が問題となる。そこで、広域情報通信網には帯域の確保された仮想的な専用回線を適用することとした。なお、多くのRE電源が市街地から離れた場所に設置されていることを考慮すると、性能面で不安のない光回線を利用できるとは限らないことから、回線種別として光回線・ADSL回線・ISDN回線の3種類をそれぞれ評価することとした。さらに各発電サイトのRE電源計測データでは、同時刻性を担保する必要があることから、近年注目されているIEEE1588時刻同期方式を適用し、高精度なタイムスタンプを付与した。本方式の適用によって、ネットワーク通信だけで中央時計装置と誤差±50ms以下の時刻同期精度を実現している。この精度目標を達成することは、実証試験結果を評価する上で必須となるだけでなく、本システムの制御性能を証明する手段として極めて重要な技術である。

一方、実用化の段階まで考慮すると、専用回線の利用はコスト面で負担となることが想定されるため、一般回線を用いた場合の制御応答特性も検証・評価することとし、光回線とモバイル回線の2種類を適用した。第4図に広域情報通信網のイメージを示す。



第4図 広域情報通信網イメージ

高速データ伝送を目的として各サイト間で専用回線（光）で接続した。一方で、実用化の際に想定される様々な事情を考慮し、ADSLやISDN、インターネットを経由した一般回線（光・モバイル）も適用した。

2.4 風車稼働状況監視システム

本実証研究事業で計測対象とした風力発電サイトは、風車が3基程度と小規模なものであり、発電所を管理する監視制御装置が設置されていないことから、稼働状況を正確に把握することが困難である。一方、気象予測システムでは翌日の気象予測データを基に風速を予測し、これと過去の発電実績などを用いて翌日の発電出力を予測しているため、RE電源の稼働状況を正確に把握することが重要である。また運用の段階でも、故障などで風車が停止している場合には、稼働状況に応じた発電予測データへの補正が必要である。このような背景から、風車稼働状況を把握する監視システムの構築を検討す

ることとした。**第2表**に風車稼働状況監視の手法と評価結果を示す。

事前検証の結果を基に、最も効果的に風車稼働状況を判定できる「振動加速度」を検出対象として、風車稼働状況監視システムを実際に構築した。風車は通常数百メートルの離隔距離をもって設置されており、既設の発電所では、風車間で有線通信の経路を確保することが容易ではない。そこで、既設設備の大掛かりな改造を必要としない、小電力無線を用

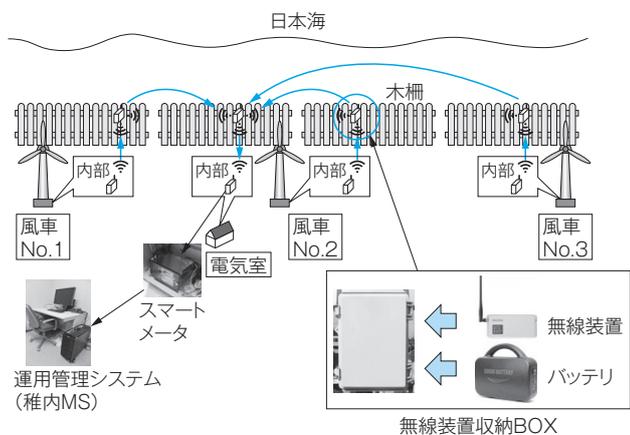
第2表 風車稼働状況監視の手法と評価結果

監視カメラは、レンズに付着した汚れを定期的に除去するなどのメンテナンスも発生する。精密騒音計とCCDカメラでは天候も阻害要因となるほか、各種外乱（例えば騒音を発する移動体や鳥、飛行機など）を除去する技術が必要となる。

監視手法	検出対象	判定方法	評価
監視カメラ	風車全体画像	目視	阻害要因：天候など
精密騒音計	風切り音	周波数分析	阻害要因：個体差
CCDカメラ	ブレード画像	画像の差分	阻害要因：微動
振動分析計	タワー振動加速度	周波数分析	阻害要因無し（採用）



(a) 風車内部



(b) 全体構成

第5図 風車稼働状況監視システムの設置イメージ

振動センサと無線の一体型装置を風車1～3号機のタワー内壁へ設置した。それぞれ直近の無線中継装置（屋外）を経由させることで、電気室内の無線親局装置へ検出情報を伝送・集約した。

いたマルチホップによる監視通信網を構築することとした。**第5図**に風車稼働状況監視システムの設置イメージを示す。

3 広域運用システムの評価

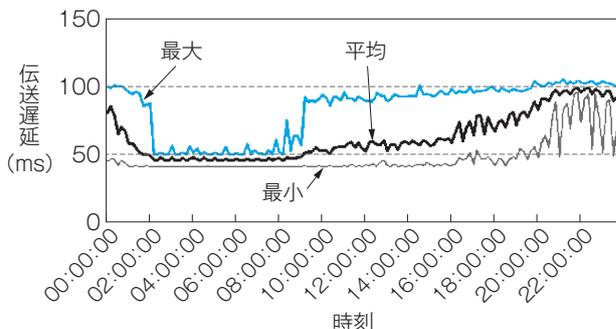
3.1 制御応答特性

本実証研究事業で構築した広域運用システムにおける広域情報通信網の性能評価結果を**第3表**に示す。専用回線を用いた場合には、回線種別によらず高速かつ安定な通信性能が得られることを確認した。他方、一般回線を用いた場合には、光回線では必要十分な通信性能が得られたものの、モバイル回線ではやや大きな通信遅延が発生することを確認した。また**第6図**と**第7図**に示すように、一般回線では通信速度が不安定に変化する傾向があることも確認した。専用回線と一般回線では伝送品質と通信コストがトレードオフの関係にあるため、実運用時に確保すべき制御性能に応じて適切な通信回線を選択する必要がある。

第3表 広域情報通信網の性能評価結果

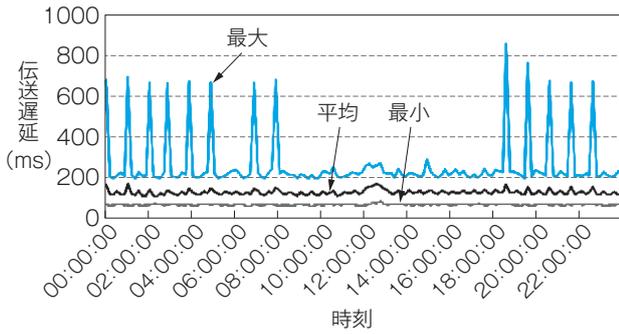
一般回線（モバイル）以外の全回線種別で性能目標を達成した。

回線種別	時刻同期 (ms)	伝送遅延 (ms)	性能評価	
専用回線	光	±0.3	10	目標達成
	ADSL	±0.7	16	目標達成
	ISDN	±8	38	目標達成
一般回線	光	±7	25	目標達成
	モバイル	±17	102	制約有り



第6図 一般回線（光）の不安定性

夕方から朝方の時間帯に通信速度が大きく変動する傾向があるものの、専用回線と同等に利用可能であることを確認した。

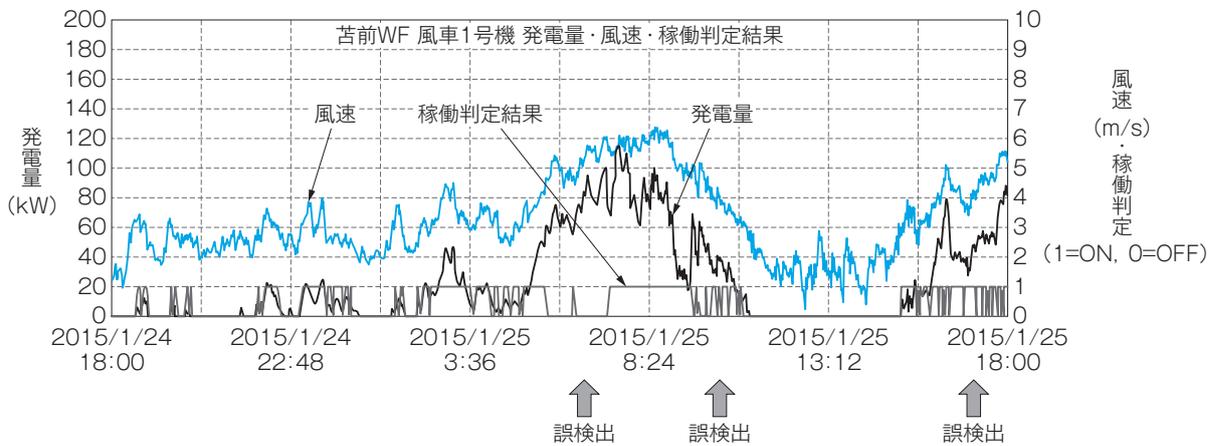


第7図 一般回線（モバイル）の不安定性

光回線と同様に、夕方から朝方の時間帯に通信速度が大きく変動する傾向がある。性能目標には達しておらず、高速な制御を必要としないバイオガス発電機や有線回線が利用できない地域などでの利用が考えられる。

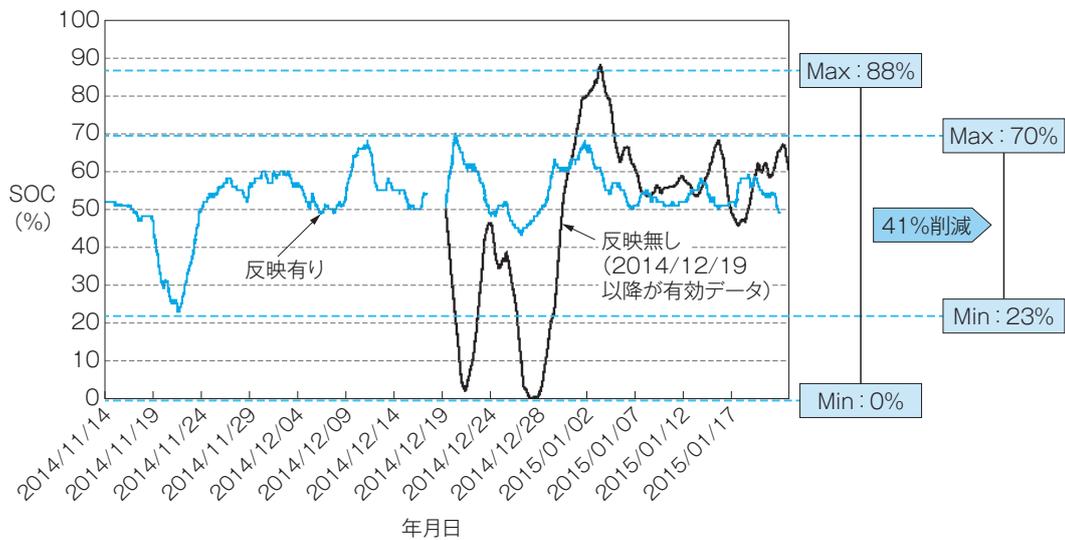
3.2 風車稼働状況監視システム

風車稼働状況監視システムで、約1か月間データを収集して運用性を確認した。第8図に風車の発電量・風速・稼働判定結果を示す。発電量が0kWとなっている時間帯では、不稼働（OFF）の判定が正しく得られている。一方、図中の矢印で示した部分では誤検出があるものの、試験データを分析した結果、検出閾値の見直しや判定方式の改善によって更なる判定精度の向上が期待できる。



第8図 風車の発電量・風速・稼働判定結果

風車が稼働中の場合は振動加速度の分布が分散し（標準偏差が大きくなる）、停止中の場合は基準値を中心とした一定の範囲に収まることを確認した。9軸振動センサで検出したX・Y・Z軸の振動加速度で稼働判定を実施した。



第9図 風車稼働状況の反映有無によるNAS電池SOC変動範囲の削減効果

蓄電池の残存容量（SOC）は、充電と放電のどちらにも対応できるよう、常に50%付近であることが理想と言える。本試験では、気象予測結果だけでなく、更に風車稼働状況を加味して発電目標値を算出することで、NAS電池のSOC変動範囲を大幅に抑制できた。

3.3 長期間連続運用試験結果

本実証研究事業では、2014年11月からの約2か月間で長期間連続運用試験を実施した。本試験を通して、構築した広域運用システムは安定して運用可能であることを確認した。また本試験では、風車稼働状況を反映した運用を行い、風車稼働状況を考慮しない場合との制御性能を比較した。評価の結果、**第9図**に示すとおり風車稼働状況を反映することで、NAS電池の残存容量（SOC）変動範囲を大幅に抑制できることを確認した。これは必要蓄電池容量の削減が十分可能であることを意味する。

4 むすび

本実証研究事業では、当初に設定した広域運用システムの目標性能を達成し、RE電源を効果的かつ安定的に計画運用可能であることを確認した。また、通信網の性能評価や風車稼働状況監視の基礎データを収集することで、将来的な実用化に向けた課題を抽出することができた。今後、RE電源の更なる普及が期待される中、本技術が電力システムに対するRE電源の連系可能量を拡大する方策として活用されることが期待できる。

最後に、本実証研究事業の実施にあたり、既存のRE電源発電所における試験機材の設置及び発電

データなどの取得にご協力いただいた稚内市をはじめとする各機関、本実証研究事業の委託先代表である(一財)日本気象協会、共同実施者である北海電気工事(株)・北電総合設計(株)・(大)北海道大学、前例のない広域情報通信網の構築にご尽力いただいた北海道総合通信網(株)に深く謝意を表する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



佐野 慎一
Shin'ichi Sano

ICT製品・サービス統括本部企画部
ICT関連製品の営業企画に従事



狭間 洋平
Yohei Hasama

ICT製品・サービス統括本部企画部
ICT関連製品の営業企画に従事



栗原 世治
Toshiharu Kurihara

電力システム技術部
電力システムの新規事業開発に従事



田邊 隆之
Takayuki Tanabe

電力システム技術部
電力システムの新規事業開発に従事