

ロシア国内独立系統地域における風力発電を利用した マイクログリッドシステムの導入可能性調査

FEASIBILITY STUDY ON MICRO-GRID SYSTEM WITH WIND POWER GENERATION FOR REMOTE ISOLATED GRID AREAS IN FEDERATION OF RUSSIA

豊田玲子¹⁾，細見雅生¹⁾
Leiko Toyoda, Masao Hosomi

平成 23 年度，経済産業省(資源エネルギー庁)より受託した「ロシア国内独立系統地域における風力発電を利用したスマートマイクログリッドシステムの導入可能性調査」について，その概要を報告する．ここではサハリン州ノビコボ村におけるケーススタディー，寒冷地における風車の仕様，およびマイクログリッドでの需給バランスをとるための風車出力抑制の内容について紹介する．

キーワード：風力・ディーゼルハイブリッド発電，マイクログリッド，ロシア

1. まえがき

本稿は，平成 23 年度「インフラ・システム輸出促進調査等委託事業(再生可能エネルギー及び省エネルギー等技術・システム海外展開支援事業)」として，駒井ハルテック，東洋エンジニアリング，三井物産の三者のコンソーシアムが，経済産業省(資源エネルギー庁)より受託して実施した，ロシア国内独立系統地域における風力発電を利用したスマートマイクログリッドシステムの導入可能性調査について，その概要を記したものである．

平成 22 年度に政府が策定した「新成長戦略」においては，個々の機器，設備の納入のみでなく，設計・建設から維持・管理までを含めてインフラやシステムを統合的に受注する「インフラ・システム輸出」を国全体で推進すべく重要施策として位置づけている．本事業は同施策のひとつとして，民間企業による取り組みを支援する目的で実施された．

2. 調査の背景

本調査の対象となったのは，ロシアの遠隔地である．広大な国土が広がるロシアでは，特にシベリアや極東といったモスクワから遠く離れた地方に，町，村や小都市が無数に点在している．これらの町は隣町から数 10km 離れていることも珍しくなく，地方や国全体の電力系統に接続して電力供給を行おうとした場合に送電線敷設コストが莫大になるため，地域専用の小規模ディーゼル発電所から電力供給を受けている．このような地域を独立系統地域と呼ぶ．

独立系統地域での小規模ディーゼル発電は，発電コストの高さ，燃料供給の不安定さ，CO2排出係数の高さなど課題が多い．発電機の規模が小さいため，発電コストは一般火力発電所の数倍といわれる．また，交通アクセスも不便なため，発電機の燃料であるディーゼル燃料の輸送が，悪天候などに阻まれることも少なくない．

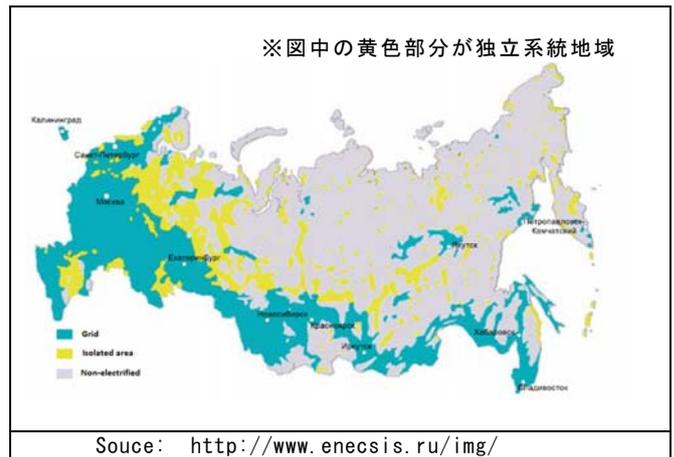


図-1 ロシアにおける独立系統地域の分布図

これらの問題の緩和に寄与できるのがロシアの遠隔地に存在する風資源を利用した風力発電である．再生可能エネルギーである風力発電は，一般的にはコストが高いとされるが，ディーゼル発電と比較した場合，一定の風が吹くサイトであれば，風力発電による発電コストのほうが安くなる．風

1) 環境事業部

力資源は地域固有の資源であり、風の吹く吹かないはあっても、燃料が届かなくて発電できないということは無い。なにより、CO2フリーである。

再生可能エネルギーの導入は通常、CO2削減が第一の目的とされることが多いが、こういった独立系統地域への導入については、コスト削減という観点から進めることが可能であるのが大きな特徴である。

本調査は、ロシア全土に数千ヶ所とも言われる独立系統地域をターゲットとし、既存の小規模グリッドに、風力発電を導入するマイクログリッドシステムの導入可能性について、市場性、システム要件の整理、ケーススタディ、事業計画等の項目に渡って実施したものである。

3. ケーススタディサイト：サハリン州ノビコボ村

3.1 電力事情

風力発電とディーゼル発電によるマイクログリッドシステム検討のケーススタディサイトとなったのは、サハリン州南部に位置する人口約550人のノビコボ村である。

州都のユジノサハリンスクからは約110kmの距離にあり、最寄りの集落(オゼルスキー)から約40km以上離れているため、サハリン州全体の電力系統には接続されていない独立系統地域である。電力は村内にあるノビコボディーゼル発電所で発電され、村内に供給されている。



図-2 ノビコボ村の位置

村内には夏場の漁期のみ稼動する水産加工場があるのみで、その他に大きな電力消費施設は無い。日最大負荷は、8月から10月にかけて、500kW程度である。ノビコボ発電所には、全7機のディーゼル発電機が設置されているが、かつて炭鉱が稼動していたときの電力事情に合わせて配備されていたもので、現在常用しているのは1機のみである。また、現地でのヒアリングにより、同発電所には同期盤が無いため、同時に2機の発電機を稼動することができない、ということも明らかになった。

3.2 気象条件

風力発電の事業性検討には風況の検証が不可欠であり、本調査では、現地に風況観測設備を設置するとともに、ノビコボ気象台のデータを取得して、風況および、その他の気象条件について検証した。

風況については、3次元地形データおよび気象台の風況データを使った解析を実施し、風車建設の適地を検討した。その結果、海岸沿い(予測年平均風速6.1m/s)よりも、発電所近傍の小高い丘の上(予測年平均風速7.2m/s)のほうが適していることがわかった。

さらに、ノビコボ村はサハリン南部とはいえ、日本と比較すると冬の気象条件が厳しいため、低温や積雪、着氷などについても検証した。

当社300kW風力発電機の通常モデルの運転温度の下限はマイナス15度で、待機温度の下限はマイナス20度である。図-3はノビコボ気象台で観測した2010年の冬場の3時間毎の気温の変化である。マイナス15度やマイナス20度を下回ることがあるものの、1日の気温の変化が比較的大きい。待機温度の下限であるマイナス20度を下回るのも1日数時間以内に限られることがわかり、通常モデルの導入でも大きな問題がないことがわかった。

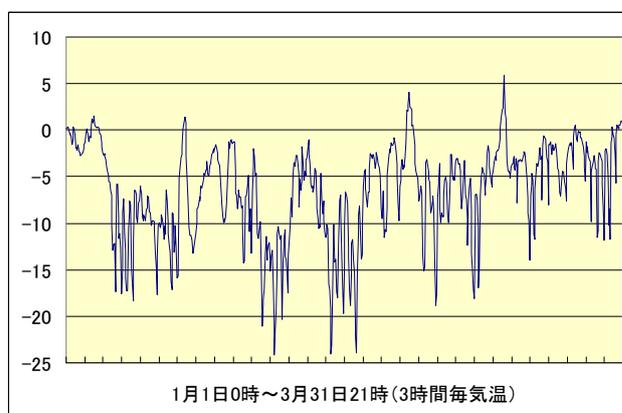


図-3 ノビコボ気象台での3時間毎の気温変化

4. 寒冷地仕様風車の検討

ノビコボはサハリン南部に位置し、気象条件もそれほど厳しくないが、ロシアの遠隔地・独立系統地域のなかには、気温がマイナス40度に達するような極寒地も存在する。本調査では、極寒地への風力発電システムの適応について検討した。

まず、ロシアの風況マップと、最低気温のマップを比較したところ、気温が最も低いのは内陸部であり、風速が高く気温がマイナス20度以下になるのは沿岸部である、という傾向がわかった。

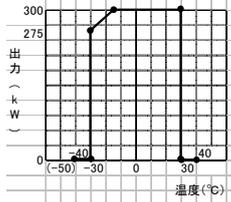
さらに、シベリア西部のサレハルド空港の気温と風速の関

係性を調査したところ、マイナス 40 度を下回るような極低温時には、それほど風が無いこともわかった。

一方で、標準モデル風車の運転温度の下限であるマイナス 15 度や、待機時温度の下限であるマイナス 20 度では、ロシアの多くの独立系統地域に対応できないため、寒冷地モデルの開発を視野に、その仕様を検討した。

現時点での寒冷地仕様は以下の通りを考えており、今後、寒冷気候下で下記仕様を検証していく計画である。

表-1 寒冷地仕様案

		寒冷地仕様
温度仕様	運転温度	-30℃～+30℃
	停止温度(標準)	-40℃～+40℃
	同上(高仕様タイプ)	-50℃～+40℃
出力制御		定格風速近辺の風速帯でかつマイナス 30 度近くの低温時には、左図のように出力制御を行い、空気密度の上昇に対応する。
	センサー	風向・風速計 寒冷地仕様品 凍結センサー 有 ビデオモニター オプション装備
ブレード		着氷防止テープ
ヒーティング	ナセル	ヒーティング有
	タワーベース	ヒーティング有
	各装置	ヒーティング有
ナセル内換気システム		開閉式

5. マイクログリッドシステムの検討

5.1 システムシミュレーション

本調査では、以下の 4 ケースを想定してシミュレーションを行った。

ケース①:既存の発電システムに 300kW 風力発電機 1 機を連系するパターン (この場合ディーゼル出力を最少にしても需給バランスが取れない場合は風車の出力制御を行う。出力制御の内容については、次節の出力制御で説明する変数を使用した制御を行う。)

ケース②: 余剰電力の吸収源として温水ヒーターを追加するパターン

ケース③: 風車の出力制限を極力少なくすることを目的として蓄電池を併設するパターン

ケース④: 最少規模の蓄電池と温水ヒーターを併設するパターン

それぞれのケースについて風況データおよび電力使用データをもとに、エネルギー収支についてのシミュレーションを実施した。

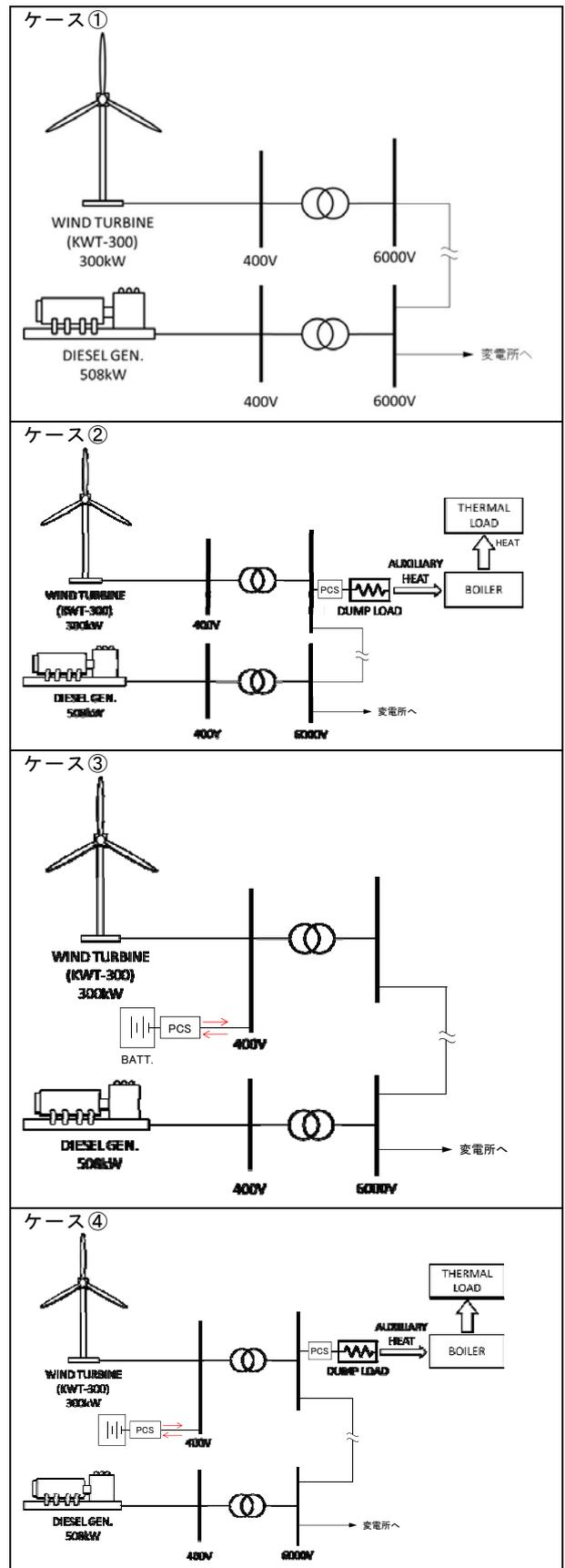


図-4 マイクログリッドシステム構成図

その結果、ケース①のディーゼル発電機 (508kW)

と風力発電機を、負荷 500kW の容量の独立系統地域に連系した場合、風車による発電量の 29%が余剰となるため、余剰電力の活用が不可欠になることがわかった。併設の効果として、ケース②④③の順に余剰電力をより活用できるが、ケースの選定には設備運用期間中の事業性と合わせて選定する事になる。同時に、同程度の風況条件の場合は、独立系統地域の負荷容量が 1000kW になれば余剰は 3%になり、2000kW になるとほぼ余剰は発生しない、というシミュレーション結果になった。

5.2 風車の出力制御

マイクログリッドへの風車の連系においては、系統容量や需要にあわせて、風車の出力をコントロールすることが必要になる。本調査の一環として、風車の出力制御についても検討を行った。

風車は電力系統の状態に応じて発電電力を制御する必要があり、表-2 に示すように、系統の規模に応じて要求内容が異なる場合が多い。系統規模が大きい場合は出力に対しては時間変動率の規制、無効電力については系統側の要求値に設定することや、無効電力補償装置の設置などが要求される。離島などの小さい系統では、系統の規模と時々刻々の電力需要の状況に対応するため、より細かい出力と無効電力の制御が要求される。

表-2 風車への要求内容

系統の状態	系統規模		風車の制御
	大	小	
周波数変動	出力値の規制	周波数変動対策	出力制御
電圧変動	無効電力に対する要求	電圧変動対策	無効電力制御

本調査で対象としている 300kW の風力発電機は、このような要求に対する風車側の対策が取れるように、外部信号などによる出力と無効電力の制御が可能である。制御可能な内容については表-3 にまとめて示す。

表-3 風車の制御内容

		出力制御	無効電力制御
制御範囲		定格出力の 10~100%	力率 $\text{Cos } \phi = -0.86 \sim 0.86$
制御内容	一定	入力(最大値)	入力(固定値)
		—	初期計測値
	変数	外部信号 (4~20mA) 時刻制御	外部信号 (4~20mA)
その他		ソフトカットイン ソフトカットアウト	

6. まとめ

今回ロシア遠隔地の独立系統地域への風車導入を検討する機会を得て、現地で収集した具体的なデータをもとに、ディーゼル発電機と風力発電機のハイブリッド発電システムの検討を実施した。本検討では複数の計算ケースを設定し、時間毎の需給バランスのシミュレーション計算を行い、年間の収支を試算した。その中で経済性を考慮したシステムの検討の手順と方法について、妥当な成果が得られたと考えている。今後は電力品質も含めてシステムの提案内容を具体的に検討したいと考えている。寒冷地仕様については現地の条件に合わせた仕様を確定し、その内容の実証による確認を今後実施していく予定である。