

■特集：風力発電と電力系統との融和

気象予測システムと風力発電の出力予測システム

伊藤忠テクノソリューションズ(株) 科学システム開発部 高木 哲郎

tetsurou.takagi@ctc-g.co.jp

1. 背景

2012年7月の再生可能エネルギーの固定価格買取制度(以下、FIT)の施行に伴い、国内における再生可能エネルギーの導入促進が見込まれている。特に風力発電・太陽光発電に関しては、ポテンシャル量が豊富であること、導入に際しての経済性が高いことなどを理由に、導入量の拡大が見込まれている(2013年2月末時点のFIT設備認定出力：風力：約622MW、太陽光：約12,258MW)。

一方で、風力発電・太陽光発電の発電出力は、気象条件に大きく左右され、そのままではコントロールできないため、導入にあたっては、電力系統を安定的に保つ必要性から、一定の条件が課せられたり、連系そのものが困難な場合もある。風力発電に関しては、従来より東京・中部・関西電力を除く電力会社では、連系可能量が公表されておりFIT施行前までは抽選等により募集を行っていた。FIT施行後は、事業実施者は個別に各地域の電力会社と、連系の可否、必要な設備・費用等の協議を行っているが、一部の地域では、受入可能容量を超える申込が殺到する事態が発生している。

再生可能エネルギーの導入に関する系統連系の制約については、各電力会社のWeb公表資料、研究報告等が詳しいが、大きく2つの側面が挙げられる。1つ目は系統線そのものの容量の制約であり、2つ目は需給調整面の制約である。前者の一部については、これまで各電力会社、発電事業者の努力により個々に解決されてきたが、特定地域の送電線強化については、今後国等の施策により強化されることが期待される。需給調整面については、更に細分化され、数分～20分程度の短周期変動と20分程度以上の長周期変動それぞれについて、課題が挙げられる。

上記の課題に対して、一般社団法人電力系統利用協議会(以下、ESCJ)の風力発電連系可能量確認ワーキンググループとりまとめ報告書⁽¹⁾では、今後の風力発電の連系可能量拡大に向けた検討課題として、以下が挙げられている。

●風力発電側の課題

- (1)風力発電の出力抑制技術
- (2)蓄電池併設による出力変動緩和制御

●電力系統側の課題

- (1)風力発電出力予測技術の活用
- (2)揚水発電の弾力的活用
- (3)地域間連系線の活用策
- (4)発電機運用による調整力拡大策

これらの課題は、風力発電のみならず太陽光発電にとっても、同様の課題があると考えられる。これらの課題の有効な解決策として不可欠な出力予測技術や活用事例について紹介する。

2. 出力予測システムの概要

前述したように需給調整面における課題には、発電事業者側と電力会社側のそれぞれの側面に応じたものがあるため、出力予測もそれぞれに応じたシステムが必要となる。

2.1 風力発電出力予測(エリア予測)

東北電力株式会社と伊藤忠テクノソリューションズ株式会社(以下、CTC)は、東北電力の電力系統運用に活用するため、電力系統エリアの風力発電出力を予測する「風力発電出力予測システム」を導入している。

本システムの全体像を図1に示す。本システムでは、気象庁の数値予報データ、風力発電所の位置情報等を入力として、当該位置の風況の予測を行う風況計算システムと、風況計算システムの予測結果、風力発電所の諸元、および風力発電の実績データ(エリア合計)を入力とする予測誤差補正計算システムから構成される。出力予測システムはCTCのデータセンターに設置されており、風力実績データ(エリア合計)は、東北電力の中央給電指令所からネットワークを通じて提供され、出力予測計算に利用している。

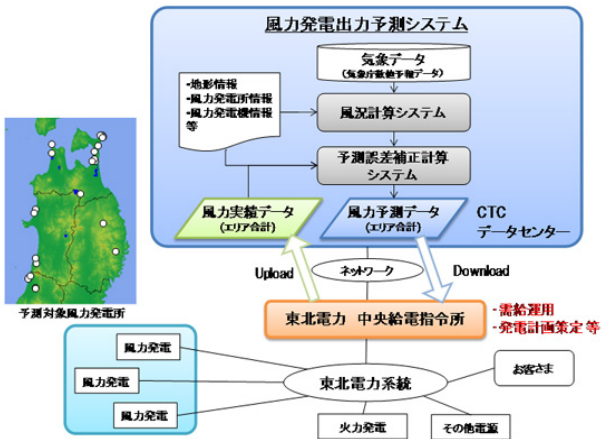


図1 風力発電出力予測システム(エリア)の全体像⁽²⁾

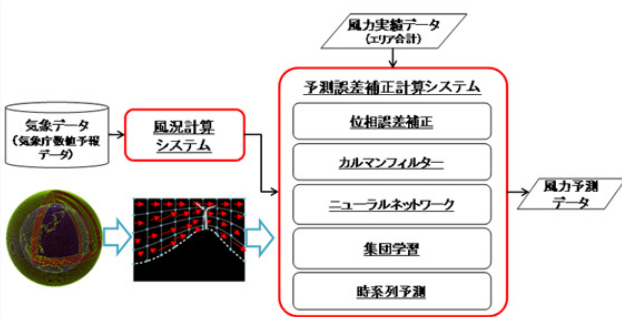


図2 予測誤差補正計算のフロー図⁽²⁾

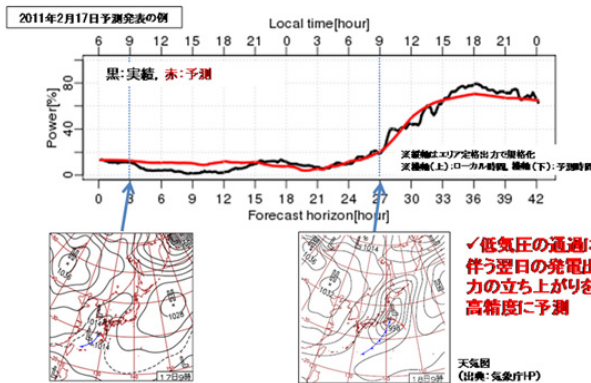


図3 本システムの出力予測例⁽²⁾

再生可能エネルギーの出力予測計算の精度向上のためには、実績データを如何に活用するかが、重要なポイントであると考えられる。図2に本システムにおける予測誤差補正計算のフロー図を示す。本システムでは、予測誤差の補正効果の異なる複数の統計モデルを組み合わせることにより予測精度の向上を図っており、翌日予測の平均二乗誤差率(%RMSE)は10%程度である(図3：出力予測事例)。

本システムの予測は、東北電力の中央給電指令所において、電力システムの安定運用支援に活用

されており、今後、電力系統運用の経済性に寄与することが期待されている。

2.2 風力発電出力予測 (WF出力予測)

図4に特定のウインドファーム(以下、WF)を対象とした風力発電出力予測システムの全体像を示す。本システムもエリア全体の出力予測システムと同様に風況予測計算を行うモジュールと統計モデルによる予測誤差補正を行うモジュールから構成される。

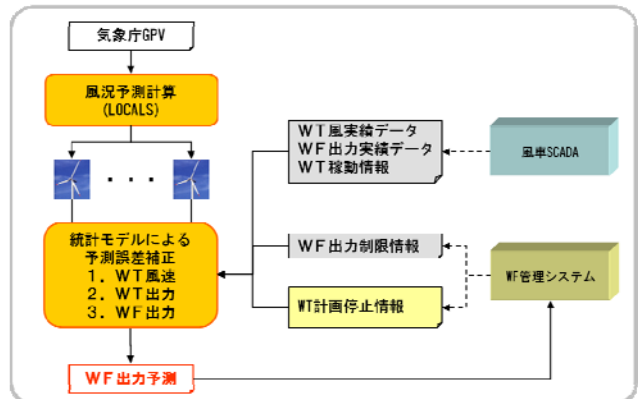


図4 風力発電出力予測のシステム(WF)の全体像

表1 LOCALS™の概要

基本方程式	非静力学完全圧縮方程式系
水平座標系	ポーラステレオ座標系
鉛直座標系	地形準拠座標系(z*系)
乱流モデル	Mellor-Yamada2.0
地表面過程	地表面多層熱伝導モデル(陸上), 強制復元法(海上)
接地境界層	Monin-Obukhovの相似則
短波放射過程	雲の散乱・吸収(STEPHENSの方法) オゾンによる吸収(Lacis&Hansen, オゾン分布はGREENの関数) 空気分子による散乱(Kondratyev) 水蒸気による吸収(MaCumber)
長波放射過程	水蒸気による吸収・射出(Atwater), CO2による吸収・射出(Kondratyev)
降水過程	LinのCold rainモデル 雲水, 雨, 雲氷, 雪, 霰を考慮
初期条件	親モデル, 気象庁GVFの空間内挿, 風況観測塔データ等
境界条件	Sponge Layer(拡散Damping, Rayleigh Damping)
空間差分	エネルギー保存スキーム(菊池・荒川)
時間差分	Euler-BackwardとImplicit法の併用

風況予測計算を行うモジュールとしては、CTCが独自開発した局地気象評価システム

(Local Circulation Assessment and Prediction System ; 以下, 「LOCALS™」) を活用している. 表 1 に LOCALS™ の概要を示す⁽³⁾. 表 1 に示すように, LOCALS™ の基本方程式系は非静力学完全圧縮方程式系であり, 風速(水平 2 方向および鉛直方向), 気温, 水蒸気, 空気密度, 気圧, 雨や雪等の全ての気象要素を考慮した方程式系である. また, 統計モデルにより行う予測誤差補正には, WF より提供される風車ごとの風・発電出力等の実績データに加え, 風車の稼働情報・計画停止等の情報も提供され, 出力予測に活用している.

C TC では日本風力開発株式会社と共同で, (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下, NEDO) の調査事業において, 風力発電/太陽光発電の一定制御を行う際の蓄電池容量の適正化に関する調査を実施した⁽⁵⁾. 当該調査では, 特定の発電所を対象に, 風力発電・太陽光発電の予測精度を確認した上で, 一定の技術要件を満たすために必要な蓄電池容量の評価手法の検討を行った. 本システムの予測精度は翌日予測で概ね 15%程度であったが(%MAE), この場合風力発電所の定格容量の 70%の蓄電池を準備することで一定制御の要件を満たすこと可能となった. 仮に予測精度が改善し, %MAE=7~9%の場合, 蓄電池容量をさらに 10%程度削減できることもわかった.

本システムは, 蓄電池併設型の風力発電所である二又風力発電所に導入されている. 当該風力発電所では, 発電出力予測システムに基づき翌日の発電計画を作成し, その情報により NAS 電池・風力発電機の運転指令を行っている. また, 発電計画から, 東北電力への運転計画の策定, 電力市場への売電電力の約定等を行っている.

なお, NEDO 調査事業では蓄電池を用いた発電計画の策定を行ったが, 他の電源を活用した利用も可能であると考えられ, ガスタービンを用いて同時同量の実現する方法やインバランス発生時の電力市場での売買等, 今後当該出力予測システムの活用事例は多岐にわたると想像される.

2.3 短時間出力急変予測

再生可能エネルギーの導入促進に伴い, 気象条件の急変に伴う出力急変が電力系統に与える影響が無視できない状況となることが想定され, 米国のテキサス州では, 1 時間の中で風力発電の出力が 2000MW 程度下がる事例が発生

している. 20 分~数時間先に出力急変が生じることが予測される場合には, 発電所側における出力制限や, 電力系統側における調整電源の準備等, 各種の対策を取ることが可能となる.

短時間の出力急変をシミュレーションによる予測技術のみで予測することは困難であり, 各種計測データを活用することが重要となる. 風力発電の導入が進む欧米では, 発電所自体の実績データを収集することに加え, WF 周辺に気象観測網を整備することにより風況急変のシグナルを事前に検知し, 出力予測の高精度化に活用するシステムや, 風力発電所や周辺の気象観測値とシミュレーションを用いて風力発電の出力変動が 1 時間以内に一定値以上となる確率を予測するシステム等が存在する.

なお, 短時間の風況の急変を察知し, 風車の運転制御を行うことは, 電力系統への影響を軽減することに加え, 風力発電機そのものへの疲労荷重等を軽減することに繋がり, 機器の長寿命化の一助ともなる.

3. おわりに

風力発電・太陽光発電といった再生可能エネルギーは, 日々の発電出力を予測することが困難であり, 供給量の見通しが計画できないことが, 導入量が限定的であった原因の一つであった. 再生可能エネルギーの導入量を拡大していくことは電源確保, CO2 排出量の削減等の観点から非常に重要であるが, 一方で電力系統を安定に保つことも最も重要な要素である.

これら相反する課題を解決するための 1 つのツールとして予測技術を活用するため, 当該技術自体の精度向上を図るとともに, 精度向上に必要な計測データの活用方法の検討, 収集・分析技術の向上を今後も図っていく.

文 献

- (1) 風力発電連系可能量確認ワーキンググループ : 風力発電連系可能量確認ワーキンググループとりまとめ報告書, 2012 年 10 月, pp216
http://www.escj.or.jp/energy/wg/pdf/report_windpower_wg.pdf
- (2) 一般財団法人新エネルギー財団, 平成 24 年度新エネ大賞, <http://www.nef.or.jp/award/kako/h24/index.html>
- (3) 谷川亮一 : LOCALS™ による風況シミュレーションモデルの開発と風況評価, ながれ, 22, pp405-415, 2003.
- (4) 久保博司 : LOCALS による風況シミュレーションと風力発電量評価, 風力エネルギー-2013 Vol.37 通巻 105, 2013.
- (5) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 「情報収集事業 風力発電/太陽光発電の一定制御時における蓄電池容量の適正化に関する調査」報告書, 平成 22 年 8 月, pp122.