

再生可能エネルギーの出力変動特性と予測

再生可能エネルギー出力予測技術調査専門委員会編

目次	
1. はじめに	3
2. 再生可能エネルギーの出力変動特性と予測へのニーズ	4
2.1 電力システムにおけるニーズ	4
2.2 個別システムにおけるニーズ	10
2.3 精度の評価方法	12
2.4 変動特性の評価方法	14
3. 再生可能エネルギーの出力変動特性	16
3.1 水力発電	16
3.2 風力発電	19
3.3 太陽光発電	24
4. 天気予報の現状	32
4.1 気象業務法	32
4.2 天気予報・天気図の区分と利用上の留意点	32
4.3 利用可能なデータ	33
4.4 数値気象モデルの概要	34
4.5 各国における気象数値モデル	36
4.6 将来展望	36
5. 水力発電出力の予測技術	38
5.1 水力発電の予測技術	38
5.2 今後の課題	40
6. 風速・風力発電出力の予測技術	42
6.1 風力発電出力予測の概要	42
6.2 数値気象モデルに基づく方法	42
6.3 統計モデルに基づく方法	43
6.4 実用例	46
7. 日射・太陽光発電出力の予測技術	52
7.1 日射・太陽光発電出力予測の概要	52
7.2 短時間予測（6時間未満）	53
7.3 6時間～翌日予測	55
7.4 発電推定方法	58
7.5 実用例	59
7.6 ニーズと予測誤差のまとめ	59
8. まとめと今後の課題	63

再生可能エネルギー出力予測技術調査専門委員会委員

委員長 荻本和彦(東京大学)
幹事 大関 崇(産業技術総合研究所)
加藤丈佳(名古屋大学)
委員 秋山雅光(電源開発)
飯坂達也(富士電機)
岡本知樹(東京電力)
桶真一郎(津山高専)
金尾則一(北陸電力)
河本 薫(大阪ガス)
小林智尚(岐阜大学)
斎藤哲夫(日本風力発電協会)
周 意誠(富士通)
島 陰豊成(NTTファシリティーズ)

委員 谷川亮一(伊藤忠テクノソリューションズ)
林 宏典(日本気象協会)
平口博丸(電力中央研究所)
福留 潔(JPビジネスサービス)
舟橋俊久(明電舎)
前島 聡(英弘精機)
山崎 潤(日立製作所)
雪田和人(愛知工業大学)
若尾真治(早稲田大学)
和澤良彦(中部電力)
途中交代委員 小林康弘(日立製作所)
関 知道(東京電力)
山岸良雄(北陸電力)

1. はじめに

地球温暖化やエネルギーセキュリティへの対応策として、再生可能エネルギーの導入拡大が期待されている。一方で、再生可能エネルギーの大量導入は既存の電力システムの安定運用に対して様々な影響を及ぼすことが懸念される。中でも、風力発電と太陽光発電については、出力が時間や気象条件によって大きく変動するため、これらの大量導入により、電力システムの運用は極めて難しいものとなることが予想される。このような大きな課題を解決するためには、将来起きるであろう事象を予測して、対応を準備しておくことが鍵である。このため、風力・太陽光発電の出力予測の今後の発展が大きく期待されている。しかし、風力・太陽光発電の出力予測は、天候の変化の結果であり、その精度向上には一定の限界がある。そのため、風力発電や太陽光発電の出力予測の電力システム運用への貢献を大きくするためには、出力の期待値の予測精度を上げるのに加え、システム運用に大きな影響を与える稀頻度の事象や極端な外れの可能性を予測することが重要である。そこで、予測技術の高精度化・高信頼度化のためには、それぞれの変動の稀頻度の事象を含めた特性を分析するとともに、これらの事象がシステム運用にどのような影響を与えるかを把握する必要がある。

このような観点から、再生可能エネルギー発電の出力変動特性を体系的に整理するとともに、その予測技術に関する最新の動向を調査することを目的として、本調査専門委員会は平成 22 年 5 月に設置された。本委員会では、再生可能エネルギー発電として、長年の実績が豊富な水力発電、海外で導入が先行する風力発電、日本において将来的な大量導入の期待が大きい太陽光発電の 3 種類に着目し、その出力変動特性の評価・検討、出力予測技術の開発・利用状況を調査した。また、これに加えて、予測のニーズ、予測の基盤となる気象予測を調査し、以下のように第 2 章から第 7 章にまとめた。

第 2 章では、文献調査などを通じて、電力システムおよび個別システムにおける再生可能エネルギー出力予測のニーズを調査するとともに、ニーズに即した予測の精度の評価方法や変動特性の評価方法を整理した。

第 3 章では、予測の対象となる出力変動特性について調査した。水力発電所については、降雨から河川流出までのメカニズムや運用の現状を体系的に整理した。風力発電については、日本のウィンドファームを中心として、ウィンドファーム単体、電力システム内、電力システム間における出力平滑化効果やその結果として生じる出力変動特性を整理した。太陽光発電については、導入エリア・距離、導入密度、利用データなどの観点から、系統運用において平滑化による効果が最も期待される LFC 領域を中心とする変動特性の把握を目的とする多様な検討例を整理した。

第 4 章では、予測に利用可能なデータや出力予測のもと

となる数値気象予測について、予測モデルの概要や各国の取り組みを整理した。

第 5 章では、水力発電の出力予測技術についてこれまでの研究開発状況をまとめるとともに、予測技術の更なる高度化を実現するための解決策について整理した。

第 6 章では、風力発電の出力予測技術について、数値気象モデルおよび統計モデルの国内外の開発例をまとめるとともに、東北電力や各国の独立系統運用機関(ISO)等における出力予測技術の利用方法を整理した。

第 7 章では、太陽光発電の出力に直接影響する日射の予測技術について、予測対象の時間軸と有用な予測手法との関連を示すとともに、各種の予測手法の開発例を整理した。