

2015年度秋季大会スペシャル・セッション

「気象予測・観測技術の再生可能エネルギー分野への応用」報告*

大竹 秀明*¹・宇野 史睦*²・嶋田 進*³
宇田川 佑介*⁴・中島 孝*⁵

1. はじめに

日本気象学会2015年度秋季大会の最終日(2015年10月30日(金))において、スペシャル・セッション「気象予測・観測技術の再生可能エネルギー分野への応用」が開催された。午後からのセッション開始であったが、昼食後にもかかわらず約100名の聴講者があり、立ち見が出るほどの盛況ぶりであった。日本における再生可能エネルギーに関する議論は一般社団法人電気学会(全国大会、または電力・エネルギー部門大会など)において活発な議論がなされているが、今回は公益社団法人日本気象学会秋季大会の会場に議論の場を移して、より気象学的な視点を中心に電力・経済と広域的な意見交換が行われた。日本気象学会では再生可能エネルギーをテーマにしたスペシャル・セッションの開催は初であり、本稿では日本気象学会の一般会員にも議論の様子や内容を報告することとした。

本スペシャル・セッションには22件の応募があり、日本気象学会員だけでなく普段他学会を中心に活動している非会員の参加者からの講演も行われた。セッションは大きく3つのパートに分け、エネルギーマネジメントシステム(Energy Management System, 以下EMSと略す)(4件)、風力発電(6件)、太陽光発電(12件)の各分野で講演を進めた。分野も気象学、経済学、電力システム工学の分野からの講演があり、また聴衆者側にも民間の気象関連会社を始め、電力会社からの参加者も見受けられ、活発な交流が行われた。(大竹秀明)

2. エネルギーマネジメントシステム

本スペシャル・セッションにおける最初のパートとして、EMSと気象学の融合についての議論を行う場が設けられた。

まず、筆者(中島)は、電力分野や制御分野における各種マネジメントの時間スケールと、それらに対応する気象分野における時間スケールの関係について論じ、電力システム管理において気象学が役立てられる様子を示した(第1図)。EMSに対する気象の貢献の一例として、気象衛星ひまわり(気象衛星センター2015)を用いた日射量の準リアルタイム推定を取り上げ、これまで培われた大気放射計算、衛星リモートセンシング技術が活かされていることについて詳解した。さらに、近年の国策型大型研究プロジェクトでもEMSを目的とした気象学の活用に関する研究提案が採択されていることに言及した(JST CREST TEEDDA 2013)。

高根氏(産業技術総合研究所)はEMSにおける重要研究項目である電力需要の予測についての講演を

* A report of the special topic session “Application of meteorological prediction & monitoring technologies for renewable energy field” at the 2015 Autumn Meeting.

*¹ (連絡責任著者) Hideaki OHTAKE, 産業技術総合研究所太陽光発電研究センター。
hideaki-ootake@aist.go.jp

*² Fumichika UNO, 産業技術総合研究所太陽光発電研究センター。

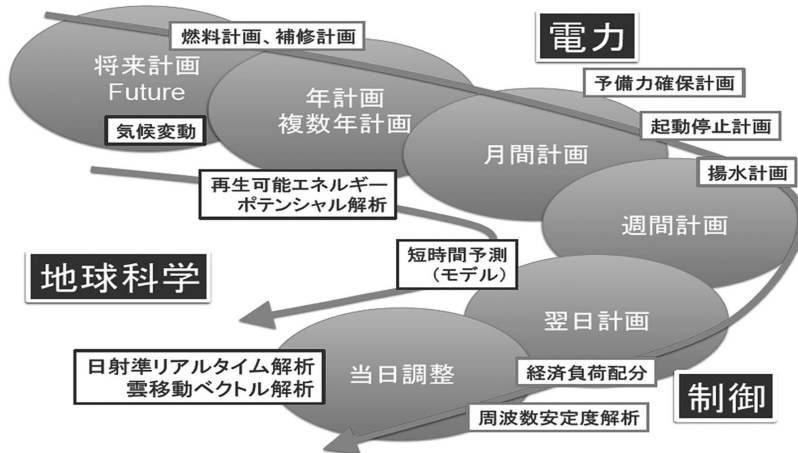
*³ Susumu SHIMADA, 産業技術総合研究所再生可能エネルギー研究センター。

*⁴ Yusuke UDAGAWA, 東京大学生産技術研究所/株式会社構造計画研究所。

*⁵ Takashi NAKAJIMA, 東海大学。

© 2016 日本気象学会

電力システムと地球科学の関係



第1図 電力システムと地球科学の関係の概念図
(中島 孝(東海大学)提供)

行った。高根氏のグループは領域気象モデル(WRF)に都市気候・建物エネルギーモデル(CM-BEM)を組み込んだ連成モデル(WRF-CM-BEM)を開発し、活用している。講演では、名古屋市における2010年の電力需要の再現及び2070年代に予測される電力需要の計算について示した。本モデルを利用することにより、温暖化した未来における長期的な予測も可能になることに言及した。質疑においては、夏期と冬期で需要予測の精度に差異があるのではないかと、この点について議論を行った。

宇田川氏(東京大学生産技術研究所/構造計画研究所)は気象予報モデルから出力される日射量予測結果を用いて、東京電力エリアを模擬した電力システムの需給計画モデルの構築を行った。これまで電力システムでは電力需要は気温との相関が高いため、需要予測に気象データが利用されてきたが、今後は発電電力量(以下、発電量と略す)の予測が必要な時代となっている。宇田川氏は火力発電機や揚水発電機の運用計画に気象予報モデルの予測結果を利用することによる発電機の運用コスト削減について議論した。予測を上手く利用することで発電コストが安くなれば、国民や企業の電気代の軽減にもつながることが期待され、社会・産業に与えるインパクトは大きいことを示した。

富山氏(気象環境教育センター)は確率予報の経済的価値に関する講演を行った。まず、確率予報の経済的価値については大きな可能性が指摘されながら、応用

が進んでいない分野の一つであることを指摘した。次に、確率予報でどのような経済価値が生まれるのか、という視点による講演を行った。ここでいう経済的価値は、すなわち不確実性のマネジメントと換言できる。例えば、太陽光発電や風力発電に伴う出力の不確実性を吸収するために、経済的インセンティブを個々の発電事業者に与えることが考えられる。EMSにおいては、誤差を伴う予測、すなわち不確実性に伴うリスクを管理しながら利益を最大化する「不確実性マネ

ジメント」が重要であることから、本研究分野の発展が期待される。(中島 孝・大竹秀明)

3. 風力発電

風力発電については、NEDOの風力発電予測事業(事業名:電力系統出力変動対応技術研究開発事業; 参画機関:東京大学, 早稲田大学, 電力中央研究所(以下、電中研と略す), エネルギー総合工学研究所, 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社(以下、CTCと略す), 筑波大学, 日本大学, 一般財団法人日本気象協会, その他)に関連する5件およびその他1件の合計6件の口頭発表があった。

はじめに、吉田氏(CTC)よりNEDO事業の概要説明があった。この事業では、ランプ事象(数時間スケールにおける発電出力の急変事象)の予測精度向上に向けて、分野横断的な取り組みが行われていることが説明された。また、事業内でCTCが開発中のアナログアンサンブル手法についての初期結果が併せて報告された。この手法では過去データを参照することにより通常のアンサンブル手法に比べて計算コストが大幅に削減される。この計算コストにとりわけ注目するというのは、長年出力予測の実務に携わってきた民間企業ならではの現場ニーズに合わせた着目点である。

続いて、門倉氏(電中研)より、GPVを入力としてメソ気象モデルから更にマイクロスケールモデルへと接続する電中研の予測システムについての説明およ

び開発中のランプポテンシャルの推定技術に関する報告があった。電中研の発電量予測システムは、既に出力量予測が系統運用において定着している海外でも導入されているオーソドックスな手法であり、こうした基幹技術の高度化が重要であることは論を待たない。事業内においてランプの捕捉率や平常時の出力予測の精度の更なる向上が期待される。

さらに、小笠原氏（日本気象協会）より、東北電力管内における実発電量データに基づいたランプ事象の発生状況についての報告があった。ランプを「6時間内における定格出力（風車の最大出力）に対して30%以上の変動」と定義すると、2012年度内にランプアップ（急上昇）が46回、ランプダウン（急下降）が50回発生していたことが報告された。実際の発電量データは事業者の収益に直結しているので公表されることが少ない。そのため、ランプ発生回数に関する国内での定量的な報告を聴講するのは記憶する限り今回が初めて大変興味深かった。

また、畔上氏（筑波大学）よりランプ発生に関する地域特性についての報告があった。AMeDASおよび再解析値を用いた北海道および東北地域を対象とした解析より、ランプ事象の発生頻度について地域差があることが報告された。NEDO 事業関連のラストには、加藤氏（日本大学）より、主成分分析を用いたランプ発生時の気圧配置パターンの分類についての報告があった。この二つの講演は、事業の進捗報告以外にも学術的な内容を多分に含んでいたため、会場からの質疑も闊達であった。

最後に、筆者（嶋田）より気象モデルの海上風計算に関する精度について報告した。質疑応答では、洋上風力発電のポテンシャル評価について、安定度に関連した水温分布の与え方、つまり使用しているUKMETの水温分布データの信頼性に関する質問があった。このような質問は、大気海洋相互作用を研究している専門家ならではの質問であり、気象学と電力分野の異分野融合のスペシャル・セッションを企画、開催した象徴的な質疑応答であったと感じた。

（嶋田 進・宇田川佑介）

4. 太陽光発電

太陽光発電に関する講演は12件あり、本セッションの口頭発表件数の半数を占めた。講演内容には気象予報モデルの誤差解析、モデルの改良、海外モデルを使った予測の違い、アンサンブル予測の太陽光発電分

野への応用、予測の大外れ、発電量予測、気象データの電力システムへの応用など多岐に渡った。そのうち、特に筆者が注目した研究内容についていくつか紹介を行う。

野原氏（電中研）は、電中研で進めている電力需給運用を想定した日射量の把握、予測手法の開発について総合的な解説を行った。電中研ではWRFをベースに国内の日射量予測に関する研究を精力的に行っている。日射量予測には予測誤差が含まれるため、その信頼度情報について気象庁のアンサンブル予測などを利用した表現方法の検討なども進めている。同研究所は口頭発表以外に、本大会ではポスター発表における日射量、太陽光・風力発電の出力予測に関する研究発表を多くエントリーし、国内のこの分野の研究を牽引している位置にある印象を受けた。

また、民間の気象会社からの講演も目を見張るものがあり、宇都宮氏（日本気象協会）からはNEDOプロジェクト関連で日本気象協会がこれまで研究活動を行ってきた経緯から、その中で生まれた新しいシステムの紹介などが行われた。さらに、佐藤氏（気象工学研究所）からは関西電力株式会社と共同で研究開発を行った関西電力エリアを対象とした広域太陽光発電出力予測システム「アポロン」の構築について講演が行われた。気象衛星と気象予報モデルを融合した新システムの構築を、実際に関西電力の中央給電指令所での運用を目指した実用的な例であり、まさに気象技術を具体的に電力システムへ応用、適用する話題と言える。

高松氏（慶應義塾大学）はMPPT制御（ある電流に対して最大の電力が取り出せるように電圧を制御するシステム）とよばれる太陽光発電システムに導入するパワーコンディショナ（太陽光発電システムから出力された電気（直流電流）を交流電流に変換する装置）の最適運用のための機器内のパラメータ設定に日射量の観測値を使った発表が行われた。特に、気象分野ではほとんど利用されない数分～数十分単位の日射量データの活用について議論しており、このような研究は日本気象学会では講演されたことはないであろう。日射量データの新しい利用価値を示した講演といえる。

Fonseca Jr. 氏（東京大学生産技術研究所）は太陽光による発電量の予測について、工学モデル（機械学習モデル）を構築し、九州電力エリアを対象とした予測結果に関する講演を行った。入力値には気象庁

GPV データと NEDO が提供した発電量データを利用して、発電量予測には異分野融合が欠かせない例と言える。しかし、予測の大外れがあることも同氏は言及しており、それを踏まえた電力側の運用が求められるであろう。

カトリ氏（千葉大学）が講演したように、今年から本格的な運用が始められた気象衛星ひまわり 8 号から推定した地上日射量についても（太陽放射コンソーシアム 2014）、太陽光発電の出力を面的に把握するためには重要な技術と考えられ、今後電力システム分野においては期待が大きい。また、渡邊氏（東海大学）は日射量データに対するサンプルエントロピーという変動の複雑さを示す量の導入を行った。これまで気象学の分野では見られない解析手法であり、新しい解析手法を導入することで気象データに新たな価値を見出す例として興味深い。

近年太陽光発電分野では「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」（JST CREST EMS 2015）、「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」（NEDO 2015）などによる大型の研究開発プロジェクトが実施されており、それに関係した講演も多かった。

（大竹秀明・宇野史睦・宇田川佑介）

5. 全体の講演・議論を通して

太陽光・風力発電の運用・予測において、現状では気象庁の観測データ、予測データを直接ないし間接的に利用している講演がほとんどであった。独自の予測モデルを構築していても、入力値は気象庁のデータを利用しているものが多い。そのため、気象庁の予測精度の向上や提供要素の追加がこれらの運用・予測に重要である。現在提供されていない日射量や風車の高度における風の予測情報のニーズが電力分野において高いことも、本セッションの講演から伺える。

電力分野では詳細な議論がなされない大気放射について放射の専門家から、電力システム関係の研究者へコメントがあるなど、普段交流が乏しい業界間で交流できた点は本スペシャル・セッションの重要な意義であったと思う。しかし、一部では専門性の高い講演もあり、内容の説明・理解には発表時間が少なく、講演者・聴講者共に消化不良な場面も見受けられた。

また議論の中では、「異なる日射スペクトルでの発電量は、標準スペクトルでの発電量から大きいと15%くらい差がでる。一方、例えば NEDO の目標は効率

約10%から40%程度への改善であるようなので、気象分野で5%くらいの貢献ができるなら、プロジェクト予算で考えれば20億円相当もらってもよいのでは？」との問いかけがあった。実際に気象予報や気象観測技術が電力分野の問題解決の糸口になり、結果に結びつくのであれば、それなりの研究成果、開発された技術を価値として評価されても良いのではないかという意見もあった。

ある電力分野の研究者からは、これまで電気学会での議論が多かったが、日本気象学会側に電気学会側の人を呼び寄せてこのようなセッションが開催されたことは非常に良い流れだという意見があった。また、ある参加者からは、発表・質疑時間が短いことは課題事項ではあるが、次回大会でもこのような興味深い企画がある場合には是非参加したいとの意見も頂いた。

今後は専門分科会、スペシャル・セッションなどでの講演企画も良いが、再生可能エネルギーをテーマに、気象学の専門家が集う場所に電力システム、EMS 側の専門家も交えたシンポジウムを開催しても良いのではないかという意見も出された。十分な時間の確保、議論をする上ではこのような機会を近いうちに持つ必要もあろうと感じた。これを通じて気象分野・電力分野の研究レベルから、さらには社会、産業への技術の橋渡しも興味深い。各分野が一丸となって手を取ることで課題解決の糸口を見出すきっかけになることが望まれる。

（宇田川佑介・大竹秀明・宇野史睦）

6. おわりに

今回、日本気象学会では初めて再生可能エネルギーと気象観測、予測技術をテーマにスペシャル・セッションが企画された。日本気象学会員のみならず、気象の観測データ、予測データの利用を検討しているユーザの立場である電力システムや工学分野からの非学会員の参加者も多かった。

最近では、海外の地球科学、気象分野の国際学会などに目を向けると、例えば AMS, EGU, ヨーロッパ気象学会などでも Energy Meteorology（エネルギー気象）といったセッションが常時企画されている。また、太陽光発電分野や再生可能エネルギー分野の国際学会（例えば、EUPVSEC, ICEM（大竹・嶋田 2012）、ISES, WREC など）などでも Solar Forecasting, Wind Energy などといったセッションがあり、さらにはアメリカ電気電子学会（IEEE、電力に

関する国際会議)では、予測技術に関するセッションだけでなく、予測に関するコンペティションが行われており、工学分野での気象観測・予測技術に関する講演数は近年非常に多くなっている。国際競争力を高めながら、日本の気象観測・予報技術が再生可能エネルギーの分野で応用を促進するためには、日本気象学会での再生可能エネルギー関連の議論が活発に行われる必要があり、今回のスペシャル・セッションの実施は、その意味でも意義は大きいと感じている。

異分野間の意見交換にはまず言葉の共通認識が図られる必要がある。分野の違いによって言葉の意味などをお互いに理解し、整理するためにも異分野融合の議論、意見交換は時間をかけて長く続ける必要があろう。

通常の日本気象学会ではまだ海外の学会に比べると再生可能エネルギーに関する一般発表は少ない。しかし、このようなスペシャル・セッションを企画することで多くの講演が集まることから、この分野への内外からの関心の高さが伺える。今後も議論の場を企画・提供したいと考えている。気象学、地球科学分野のモニタリング、及び予測技術は太陽光発電分野へ課題解決への光を与え、風力発電分野の導入促進に追い風となると感じている。

(大竹秀明)

略語一覧

AMeDAS : Automated Meteorological Data Acquisition System 地域気象観測システム
 AMS : American Meteorological Society 米国気象学会
 EGU : European Geophysical Union 欧州地球物理学連合
 EMS : Energy Management System エネルギーマネジメントシステム
 EUPVSEC : The European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition 欧州太陽光発電・太陽エネルギー国際会議・展示会
 GPV : Grid Point Value 格子点値

ICEM : International Conference Energy & Meteorology エネルギーと気象学の国際会議
 IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. アメリカ電気電子学会
 ISES : International Solar Energy Society 国際太陽エネルギー学会
 JST : The Japan Science and Technology Agency 国立研究開発法人 科学技術振興機構
 CREST : Core Research for Evolutionary Science and Technology 戦略的創造研究推進事業
 NEDO : The New Energy and Industrial Technology Development Organization 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術研究開発機構
 MPPT : Maximum Power Point Tracking 最大電力点追従
 UKMET : UK Meteorological Office 英国気象局
 WREC : World Renewable Energy Congress 世界再生可能エネルギー国際会議
 WRF : Weather Research and Forecasting model

参考文献

JST CREST TEEDDA, 2013 : 再生可能エネルギーの調和的活用に貢献する地球科学型支援システムの構築. <http://helios.aori.u-tokyo.ac.jp/teedda/fs/about.html> (2015.12.14閲覧).
 JST CREST EMS, 2015 : 分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開. http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah24-1.html (2015.12.14閲覧).
 気象衛星センター, 2015 : ひまわり 8・9号. <http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/himawari89/> (2015.12.14閲覧).
 NEDO, 2015 : 電力系統出力変動対応技術研究開発事業. http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100069.html (2015.12.14閲覧).
 大竹秀明, 嶋田 進, 2012 : 第1回エネルギーと気象学の国際会議 (ICEM) への参加報告. 天気, 59, 351-355.
 太陽放射コンソーシアム, 2014 : 太陽放射コンソーシアム. <http://amaterass.org/> (2015.12.14閲覧).