

第1回エネルギーと気象学の国際会議 (ICEM) への 参加報告*

大竹 秀明*¹・嶋田 進*²

1. はじめに

第1回エネルギーと気象学の国際会議 (International Conference Energy & Meteorology; ICEM) の会合が2011年11月7日から11日にかけて、オーストラリア・ゴールドコーストにおいて開催された。この国際会議は、産業の分野ですでに再生可能エネルギーを事業として取り組んでいる企業や電力会社などの経営者やエンジニア、経済学者、国や自治体の行政担当者らと大学や公的研究機関などの気象学、気候学、エネルギー分野の各研究者との融合を図る目的で行われた。会場はゴールドコースト中心部に位置する The Surfers Paradise Marriott Resort & Spa というホテルの一部を利用して開催された。参加者は100名程度で、講演全体の内訳は、約5割は太陽光発電関係、約2割は風力発電関係、残りの約3割はその他の再生可能エネルギーや気候変動に伴うリスクに関する講演であった。参加国は開催国のオーストラリア、米国、ヨーロッパ諸国を中心にアフリカ、東南アジア諸国からの参加者も多く見えた。

以後、会議の内容に関して太陽光発電関係については大竹が報告し、風力発電関係については嶋田が報告する。また、本国際会議の詳細については <http://www.icem2011.org/index.html> に情報が掲載されている (2012.3.8 閲覧)。 (大竹秀明, 嶋田 進)

2. 会議の概要

会議は、本会議前日 (7日) のプレカンファレンスセミナーと、8日から11日の本会議とで構成されていた。プレカンファレンスセミナーでは、エネルギー分野における気象情報、風力発電アセスメントの現状と今後について、風力/太陽光発電量予測、気候変化とエネルギー計画-未来型エネルギーシステムに向けて、気象・気候と電力分野の関わり、エネルギー分野における領域気候モデリング、といった内容でそれぞれ専門家による招待講演があり、各分野の現状と今後の見通しについての紹介があった。また、本会議でも連日数名の講師 (研究者もしくは電力会社、国や自治体の行政担当者) による1人50分程度の招待講演が設けられおり (第1図)、風力発電、太陽光発電に関わる気象学の基礎的な話題から各国の電力事情や再生可能エネルギーの導入例などの実用的な話題まで幅広い内容が取り上げられていた。本会議では招待講演の合間を縫うように5つほどの個別セッションが設定さ



第1図 本会議の会場の様子 (Dr. Alberto Troccoli 氏提供)。

* A report on the First International Conference Energy & Meteorology (ICEM).

*¹ Hideaki OHTAKE, 産業技術総合研究所太陽光発電工学研究センター。

*² Susumu SHIMADA, 岐阜大学大学院工学研究科。

© 2012 日本気象学会



第2図 太陽光関連の分科会の様子 (Dr. Alberto Troccoli 氏提供)。

れ、1人15分程度の口頭発表が参加者らによって行われ活発な議論がなされていた (第2図)。これら個別のセッションでも、気象に関するアカデミックな話題から、各国の研究機関において実施中の再生可能エネルギーに関する大型プロジェクトについての進行状況など幅広い話題が提供された。(大竹秀明, 嶋田 進)

3. 太陽光発電と日射量予測

筆者 (大竹) は、近い将来構築されるであろう太陽光発電システムの効率運用に不可欠な基盤技術の1つとなる、日々の日射量予測に関する研究に携わっている。今回は気象庁現業メソ数値予報モデル (MSM) の日射 (下向き短波放射) 量予測値の検証結果の発表と、世界の再生可能エネルギーの利用と気象学の応用について情報収集を行うため ICEM に参加した。ここでは、個別セッションでの太陽光発電と日射量予測に関する発表のうち、筆者が特に目を引いた発表について紹介したい。

Troccoli (オーストラリア・CSIRO) は ECMWF のモデルを用いたオーストラリアにおける日射量予測の検証結果を紹介した。2006年にソーラーアセスメントとしてキャンペーン観測がアデレードで行われた。その観測結果との比較から、モデルの全天日射量は観測値に近いものの、直達 (散乱) 日射量は系統的に過大 (過小) 評価の傾向を示していると指摘した。予測誤差が特に著しいのは雲量が多い時で、モデルにより見積もられた雲量の過小傾向が強くと、その結果直達 (散乱) 日射量が過大 (過小) 傾向になっていると議論していた。

気候変動の分野からも発表が行われていたが、Schaeffer (ブラジル・リオデジャネイロ大学) は自国のエネルギーシステムの現状について紹介した。ブラジルは豊富な水資源があるため、電力供給の約85%を水力発電に頼っており、残りは天然ガスによってエネルギーを賄っている。しかし、今後、気候変動の影響評価 (水資源の分布や総量の変化等) によっては、自国のエネルギーシステムを見直す必要があることを指摘していた。また、気候変動に伴う降水分布の変化や日射量、気温の変動は農業の収穫量に影響を与えることから、気候リスクモデルを開発し、様々なシナリオを想定しながら農作物の作付け地域を最適化する試みについても議論されていた。気候モデルの結果から、エネルギー資源としての光発電 (Photovoltaics; PV と略す) のみならず、農業気象の分野まで幅広く議論されているのが印象的であった。

筆者は、「エネルギー資源の評価、利用計画、予測、備蓄 (Energy resource assessment, planning, forecasting and storage)」というセッションで、関東地方を対象として実施した、MSM の日射 (下向き短波放射) 量予測値と各気象官署での全天日射量観測値との比較結果 (大竹ほか 2011) についての発表を行った。その中では特に層雲や層積雲などの層状性の下層雲が目視観測された事例で MSM の予測誤差が大きいことを報告した。日本では再生可能エネルギーに関する注目度が高くなり、今後太陽光発電システムが大量に導入されるシナリオが NEDO の太陽光発電ロードマップ (PV2030+) にも述べられている (PV2030 に関する見直し検討委員会 2009)。そして、工学モデルを用いた太陽光による発電量予測では MSM の予測値を用いることが検討されているため (たとえば, Fonseca Jr. *et al.* 2011), MSM の日射量予測の検証とそれを受けたモデルの改良 (放射過程や雲物理過程、またはその相互作用) は、重要な要素技術の1つであり、PV2030+でもシステム運用技術の中の発電量算出技術の開発課題としてリストアップされているところである。このような発表の後、コーヒープレイク時などで研究内容のディスカッションを行った。例えば、インドの研究者からは対流性の雲の場合における日射量の予測誤差の評価について質問を頂いた。これに対し、局地的な集中豪雨をもたらすような水平スケールの比較的小さい対流性の雲の再現は水平解像度 5 km の MSM では不十分ではあるが、低気圧に伴うまとまった降水をもたらすような光

学的に厚い雲の再現は MSM では比較的良好で、その結果日射量の予測誤差が小さくなっていることを時別値レベルでも確認していると回答した。(大竹秀明)

4. 風力発電と気象モデル

気象モデルを用いた発電量予測やブレード周りの空気力学的特性に関する研究といった流体力学的観点からの風力発電研究のなかで、今回の会議の参加者は、メソ気象モデルや詳細な乱流モデルを含んだ流体モデルを用いた風力資源賦存量の推定や発電量の予測を試みている研究者が中心であったように思われる。ここで少し補足すると、風力資源調査とは過去数年間分の再解析値や気象モデルの高解像度な出力に基づいて風力発電施設を建設した場合の期待発電量を調査することで、他方、発電量予測とは気象モデルやさらにダウンスケージングした流体モデルを用いて明日、明後日の風力発電量を予測することである。風力発電関係で著名な研究機関からはデンマークのリソ国立研究所 (<http://www.risoe.dtu.dk>, 2012. 3. 8 閲覧) やドイツの ForWind (<http://www.forwind.de>, 2012. 3. 8 閲覧) の研究者が参加しており、加えて NCAR や NOAA 等の気象海洋関係の研究機関からも風力発電に関する講演があった。ここでは、各会場で注目を集めていた彼らの発表を紹介する。

Gryning (デンマーク・リソ国立研究所) は、まず彼らの研究における第一のモチベーションとして正確な風況推定 (誤差 5% でも不十分) の必要性を明確に示したうえで風力資源調査に関するこれまでの取り組みを紹介した。彼の所属するリソ国立研究所は風力発電に関する世界最大規模の研究機関であり、特に風力発電施設の建設計画支援のための風況解析ソフトウェア WAsP の開発元として世界的に知られている。最近行っている研究として、広域風況マップ (風力資源の分布を示した地図) 作成のためにメソ気象モデル WRF を使い始めていること、大気境界層内におけるドップラーライダーと WRF の風速鉛直プロファイルの比較では 60m 高から上空での WRF 計算値は全体的に過小評価傾向であることを報告した。

Heinemann (ドイツ・ForWind) は、ドイツ政府が主導する洋上風力発電プロジェクト RAVE の下で行われている研究内容について、主に 2 点の報告をした。1 つは、洋上風力発電施設内において、風上に位置する風車が引き起こす乱れによって後方風車の発電出力がどの程度低下するかを LES により調査するも

ので、もうひとつは、単一の風力発電施設で生じる出力変動を系統連携された複数の発電施設同士の組み合わせで吸収出来るかどうかを WRF による計算結果を用いて解析するものであった。彼の所属する ForWind は、ドイツ国内の複数の大学が協働する風力発電のための専門研究センターで、ここ数年は洋上風力発電に関する研究に特に力を入れている。

また、Haupt (NCAR) は、電力会社 Xcel エナジーとの共同研究として、WRF を基盤とした風力発電量のアンサンブル予報システムを構築中で、そのシステムの概要と初期の結果を報告した。

筆者 (嶋田) は、「気象/気候科学の現状と挑戦 (State of the science and challenges in weather and climate)」というセッションにおいて“Comparison of offshore wind speed profiles simulated by six PBL schemes in the WRF model”と題する発表を行った。北海中での気象観測マストによる海上風観測値を用いて WRF の風速鉛直プロファイル計算精度を大気境界層スキーム毎に比較検証した結果の報告である。年間で平均した場合、WRF の海上風計算精度はスキーム間で大きな違いは見られないものの、安定度毎に詳しく見た場合には特に安定時の計算精度にスキーム間で開きが見られたことを示した。

WRF は風力発電の解析アプリケーションとして共通のツールになりつつあることもあり、どの境界層スキームが海上風の計算に最適なのかという単刀直入の質問や鉛直解像度が海面近傍の風速計算精度にどの程度影響を与えるのかという質問を頂いた。今回の比較検証の結果、風速鉛直プロファイルに関しては $k\text{-}\epsilon$ 乱流モデルを含み安定時の乱流の再現性向上を目的に開発された QNSE スキームが観測値と比較して最も現実的な鉛直プロファイルを再現できること、また鉛直解像度に関しては今回対象とした水平一様の外洋では影響は少ないと考えられるが今後のひとつの研究課題であると回答した。(嶋田 進)

5. 会議全体の感想

開催国のオーストラリアや米国、ヨーロッパ諸国などの太陽光や風力などの再生可能エネルギーをすでに大量に導入し始めている国々を中心となって、これから再生可能エネルギーの導入や普及を考えているその他の国々の企業、国・自治体担当者や研究者などに情報の共有を促進しようとする雰囲気強く感じた。再生可能エネルギーをキーワードに産業化のために様々

な業種の人間が集まり、学際的且つ横断的な議論の場が提供されていた。

この会議に参加してまず感じたことは質疑応答が非常に活発であったことである。産業化という視点もあるためか他国の情報をより知ろうとする貪欲な姿勢が感じられた。参加者の中にはアフリカ諸国からの参加者も見られた。アフリカの広大な敷地と燦々と降り注ぐ日射を利用することで相当な太陽光による発電量が期待されることを考えると、アフリカにとっては技術的な課題もあるだろうが大きなビジネスチャンスであろう。一方で、近年世界における太陽電池の生産量のトップを進んでいる中国や台湾からの参加者が少なかったように思う。これは今回の会議がエネルギーと気象学の関係に注目しており、太陽光発電モジュールやセルの開発、風力発電設備といった純粋工学的な内容ではなく、環境評価、システム設計、システム運用といった、応用工学的／分野横断的な内容が主だったからかもしれない。

このほか、会議で気候サービス (climate service) という言葉が頻繁に用いられていたのが印象に残る。この気候サービスという言葉が表すように、学問としての気象が産業と結びついて、実際に様々なサービスを展開している様子も報告されていた。気象学は本来理学、サイエンスとして発展してきた経緯もあるが、再生可能エネルギーが注目される現在、日本では世界から比べると気象学と産業分野との連帯はかなり遅れているのではないかと感じられた。今後日本も再生可能エネルギーを大量に導入する時代の流れになった場合、気象学の工学や産業との結びつきがますます重要になってくると感じた。(大竹秀明)

会議自体が小規模だったために、ヨーロッパで開催される風力発電の国際会議で常を感じる業界全体の強烈な“勢い”は今回感じることはなかったが、筆者(嶋田)のような若手の研究者が風力発電の研究分野ですでに著名な海外研究者と身近に議論を交わすことが出来たのは個人的には貴重な経験であった。また、セッションの合間には「これからの日本は再生可能エネルギーの時代だ」と日本に滞在経験のあるイタリアの研究者からエールを頂いた。日本からの参加者は筆者らを含めても4名のみであったが、世界的な流れとして気象とエネルギーという研究分野が今後重要になることは疑いの余地が無い。

風力発電に関しては、今回のICEMのほか、世界

最大の国際会議であるEWEA年次講演会というものも開催されている。そこでは、企業及び研究機関による展示会に加えて、風力発電産業を取り巻く社会および経済環境から最新の観測機器や数値モデルによるアカデミックな話題まで風力発電に関わるあらゆるトピックの講演・発表が行われており、この分野の最新動向を把握することができる。今後、これら風力発電に関する国際会議への日本の気象学研究者の参加が増えることを期待したい。

さらに今回、資源大国であり将来のエネルギー供給の見通しが比較的明るいオーストラリアでICEMが起ち上がったが、エネルギー政策の見直しや転換を迫られている我が国では、再生可能エネルギーの導入を促進するためにも、より一層気象とエネルギーに関する研究成果を発表する場や今後の方向性を闊達に議論できる場が必要であると強く感じた。(嶋田 進)

略語一覧

- CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization オーストラリア連邦科学産業研究機構
- ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts ヨーロッパ中期予報センター
- EWEA: European Wind Energy Association ヨーロッパ風力エネルギー協会
- ICEM: International Conference Energy & Meteorology エネルギーと気象学の国際会議
- LES: Large Eddy Simulation ラージ・エディ・シミュレーション
- NCAR: National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター
- NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
- NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気庁
- PV2030+: 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ
- QNSE: Quasi-Normal Scale Elimination model WRF に実装されている大気境界層スキームのひとつ
- RAVE: Research At Alpha Ventus ドイツの洋上風力発電プロジェクト
- WAsP: Wind Atlas Analysis and Application Program リソ国立研究所で開発された風況解析プログラム
- WRF: Weather Research and Forecasting NCEP/NCARの開発したメソスケールモデル

参 考 文 献

- Fonseca Jr., J.G.S., T. Oozeki, T. Takashima, G. Koshimizu, Y. Uchida and K. Ogimoto, 2011: Use of support vector regression and numerically predicted cloudiness to forecast power output of a photovoltaic power plant in Kitakyushu, Japan. *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, doi:10.1002/pip.1152.
- 大竹秀明, Joao Gari Da Silva Fonseca Jr., 高島 工, 大関 崇, 山田芳則, 2011: 気象庁数値予報モデルの短波放射量予測精度. 電気学会新エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム合同研究会, FTE-11-34/MES-11-20, 25-30.
- PV2030 に関する見直し検討委員会, 2009: 太陽光発電ロードマップ (PV2030+) 「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030) に関する見直し検討委員会」報告書. 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 125pp. <http://www.nedo.go.jp/content/100116421.pdf> (2012. 3. 8 閲覧).