

5. 福島県における住宅の電力消費量の 時空間分布推定

平野 勇二郎^{1*}・大西 悟²・五味 馨²・戸川 卓哉²・中村 省吾²・牧 誠也¹

¹国立環境研究所 社会システム領域 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

²国立環境研究所 福島地域協働研究拠点 (〒963-7700 福島県田村郡三春町深作10-2 福島県環境創造センター研究棟)

* E-mail: yhirano@nies.go.jp

地域スケールでの再生可能エネルギー導入時の需給バランス調整が重要課題となっている。とくに再生可能エネルギーの発電量とエネルギー需要はいずれも気象条件により変動するため、両方の変動を結びつけて評価することが重要である。そこで本研究では福島県を対象とし、気温の時空間分布を踏まえて住宅の電力消費量を推定した。この結果は、地域において再生可能エネルギーを活用した分散型エネルギーシステムの導入を検討する際に利用可能である。

Key Words : regional energy analysis, sustainable community development, energy demand forecast model, electricity monitoring

1. はじめに

温室効果ガス排出削減や災害時の非常用電源確保のために、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを活用した地域分散型エネルギーシステムの確立がますます重要視されてきている^{1,2)}。とくに、再生可能エネルギーの多くは気象等により発電量が変動するため地域において分散型エネルギーシステム導入を検討する際には、最適なエネルギーマネジメントを実現するエネルギーシステムの計画が重要課題である。その際、再生可能エネルギーとエネルギー需要の両方が気象の影響により変動する点に着目する必要がある。前述した通り、再生可能エネルギーは気象条件の影響を強く受けるが、エネルギー需要側にも、例えば空調・給湯用エネルギー消費などのような気温の影響を強く受ける要素が含まれている³⁾。したがって、地域において分散型エネルギーシステム導入を検討する際には、気象条件を踏まえたエネルギー需給マネジメントポテンシャル評価が重要となる。

しかしながら、従来の地域スケールのエネルギーシステム導入のための事前評価では、大まかな需要

家の想定に基づいて算定せざるを得ないため、原単位法などの比較的簡便な手法により需要側を想定することが一般的であった(例えば、福島県新地町⁴⁾など)。この場合、原単位法では通常は原単位データとして固定値を用いるため、例えば空調用エネルギーなどの気象条件に依存する需要の変動は表現できない。したがって、気象の影響を受けやすい再生可能エネルギー導入時の需給バランス調整のポテンシャル評価には必ずしも十分とは言えない。

気象条件を踏まえたエネルギー需要予測手法としては空調負荷計算の手法も考えられるが、この手法では詳細な建物の3次元形状や建材の情報が必要である。このため、この手法は建築・設備の設計には一般的に用いられているが、大まかな需要家の想定に基づいて算定する地域スケールのエネルギー需給に関する評価に用いることは難しい。また、需給バランス調整を目的としたエネルギー消費予測手法としては統計解析や機械学習による手法も考えられるが、この場合は対象とする需要家の過去の需要パターンに基づいて予測を行う必要がある。したがって、こうした手法では地域エネルギー供給システムの運用段階での予測には適しているが、計画段階で

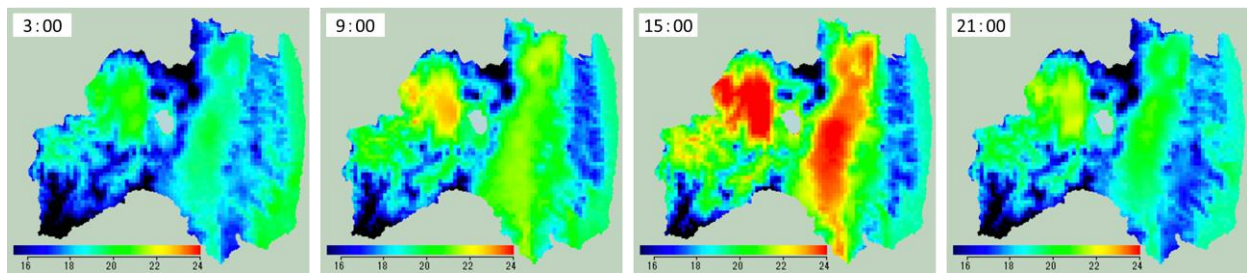


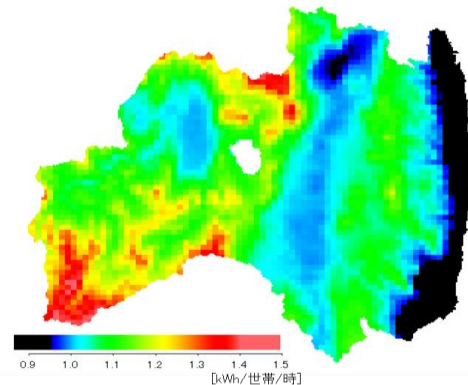
図-1 気象シミュレーションによる地上気温の計算結果（7月の例）

の事前評価に用いることは難しい。こうしたことから、原単位法と同程度の簡便なパラメタリゼーションにより、気温の影響を反映したエネルギー消費量の時空間分布を予測する手法が必要である。

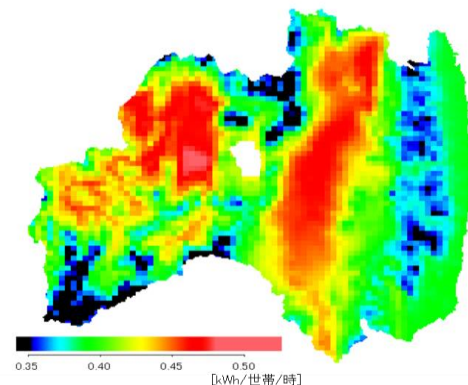
そこで本研究では、気温変化を考慮した踏まえたエネルギー需要予測手法を検討し、エネルギー需要予測を行った。本研究では、東日本大震災後の復興まちづくりが進められている福島県を対象地域として選択した。福島県では復興に向けて様々な地域エネルギーに関するプロジェクトが行われており^{5,6)}、復興地域等を対象として地域エネルギーシステムの導入ポテンシャルを明らかにし、様々な自治体や事業者を学術的な立場から支援することが重要課題である。

2. 電力消費の気温による推定手法

著者らは福島県新地町において地域ICTシステム「新地くらしアシストシステム」を導入し、電力消費量のモニタリングと省エネルギー行動支援の研究を行ってきた^{7,8)}。本研究ではこの電力計測データを活用し、世帯人員数別世帯あたり電力消費量の気温による推定式を作成した。その作成方法は、Hirano et al.⁹⁾の気温感応度の算定方法と概ね同様であるが、元データの時間分解能などには差異がある。具体的には次の通りである。まず、気温と電力消費の季節変化パターンに基づき、電力消費をベース需要と冬季増分、夏季増分に分解した。その際、長時間の外出などにより電力消費量が低下した日がベース需要として選択されることを防ぐため、ベース需要の算定は月平均値を用いた。その上で、日別値を用いてベース需要を差し引いた値を夏季増分および冬季増分とした。次に、気温による推定式を世帯人員数別・時刻別に作成した。その際、著者らが既往研究において提案した折れ線の回帰式を作成する手順¹⁰⁾に従い、片側の直線を $y=0$ で固定することにより、夏季・冬季のベース需要からの増分と気温から気温感応度を算出した。この算定結果と気温およびベース需要から、気温変化を踏まえたエネルギー消



1月、20時、1～2人世帯の例



8月、14時、1～2人世帯の例

図-2 世帯あたり電力消費量推計結果

費量の予測が可能となる。

3. エネルギー消費量の時空間分布推定

メソスケール気象モデルを用いて気象シミュレーションを行なった。ここでは、利用モデルや地表面パラメータの設定方法などは、基本的にはHirano and Fujita¹⁰⁾の標準ケースと同様とし、計算対象地域を福島県に変更した。この結果、初期条件等を平均化した計算条件において月別・時刻別の気温分布が得られた（図-1）。

月別・時刻別気温分布と前述した世帯人員数別・時刻別電力消費量推定式から、世帯人員数別・月別・時刻別世帯あたり電力消費量を推定した（図-2）。この分布は、実際の居住者の有無に関わらず気温のみで予測したものであるため、例えば今後の

住宅地開発や居住地選定の際の立地条件の評価に利用可能である。この図から、盆地が多い中通りや会津においてとくに夏季日中にエネルギー消費量が多いことや、内陸の山地では夏季日中はエネルギー消費量が少ないものの、冬季夜間に多いことなどが分かる。浜通りは相対的にエネルギー消費量が少ないが、これは海の熱容量の影響により内陸と比較し気温の季節変化幅が小さいためであると考えられる。

次に前述した世帯あたり電力消費量の推定値と居住世帯数から電力消費量を推定した(図-3)。実際には月別時刻別の値が得られているが、図-3では年間の合計値のみを図化した。この図から、福島市・郡山市などを含む中通り地域や、いわき付近、会津若松付近などの人口密集地域に大きな電力需要が生じている状況が読み取れる。この計算エリア全体で世帯あたり電力消費量を集計したところ14.11[kWh/世帯/日]となった。既存の統計資料¹⁾では、福島県における家庭部門の電力消費量は2014～2019年の平均値で15.33[kWh/世帯/日]あったため、本研究の推定値は若干小さいものの、本研究の目的では利用可能な精度であると判断した。

本研究では月別に平均化した気象条件における算定結果を示したが、この推定手法は気温変化を踏まえて推定しているため、より詳細な気象の変動を踏まえた推定も可能である。これにより再生可能エネルギー導入の発電量予測と気象条件を合わせて電力消費量を推定し、需給バランス調整のポテンシャルを踏まえた地域エネルギー事業の計画に利用可能である。

4.まとめ

本研究では福島県を対象とし住宅における電力消費量を推定した。本研究の手法では、気温の影響を踏まえて推定することが可能であり、気象条件に応じて変動する再生可能エネルギーとエネルギー需要の両方の時空間分布を結びつけた評価が可能である。実際に需給バランスを調整するためには、例えば電気自動車のバッテリーの活用や水素製造、デマンドレスポンス制御などの様々な方策が提案されているため、今後は評価対象を拡大し、具体の地域における社会実装に結びつけていく予定である。

謝辞：本研究は文部科学省「大学の力を結集した、地域の脱炭素化加速のための基盤研究開発」およびJSPS 科研費 JP21H01468「リモートセンシングとビッグデータにもとづく熱ストレス分析と都市計画への応用」の一環として実施した。

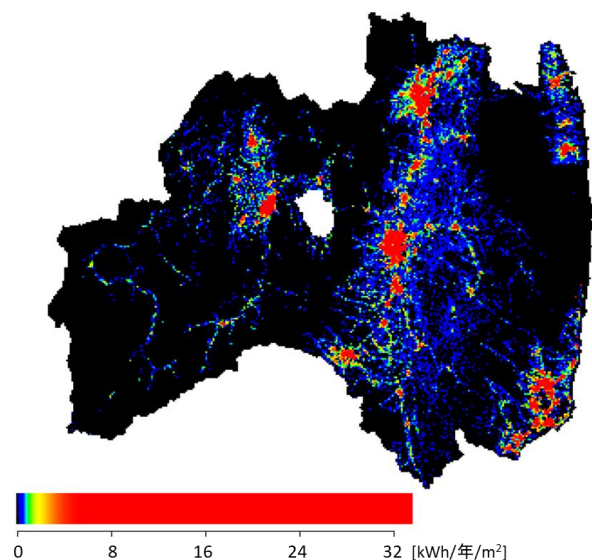


図-3 電力消費量推定結果

参考文献

- 1) Hayashi Y. : Japanese energy management in smart grid after the Great East Japan Earthquake. *Electrical Engineering in Japan*, Vol.189, No.2, pp.20-25, 2014.
- 2) 岩村一昭 :社会インフラのスマート化とその運用管理. *環境情報科学*, Vol.44 (3), 12-18, 2015.
- 3) Hirano Y., Ihara T., Hara M., Honjo K.: Estimation of Direct and Indirect Household CO2 Emissions in 49 Japanese Cities with Consideration of Regional Conditions. *Sustainability*, 12, 4678, 2020.
- 4) 福島県新地町, 株式会社 UR リンケージ, 株式会社 NTT ファシリティーズ, 京葉プラントエンジニアリング株式会社, 日本電気株式会社: 新地町 地産地消型エネルギー利用を核とした復興まちづくりマスタープラン策定事業. 平成 28 年度 スマートコミュニティ導入促進事業『スマートコミュニティ・マスタープラン策定事業』, 2017.
- 5) 鈴木精一, 遠藤裕子, 小坂恵理: 福島発電株式会社と一般社団法人福島県再生可能エネルギー推進センターの取り組みと課題. *環境情報科学*, Vol.48, No.4, 24-29, 2019.
- 6) 則久雅司: 福島の環境再生から新たな復興のステージへ特定復興再生拠点と福島再生・未来志向プロジェクト. *環境情報科学*, Vol.48, No.4, 7-13, 2019.
- 7) 平野勇二郎, 中村省吾, 藤田壮: 福島県新地町における戸建住宅の電力消費モニタリングに基づく家庭用エネルギー消費実態の解析. *スマートグリッド*, Vol.59, No.10, 23-27, 2018.
- 8) 平野勇二郎, 中村省吾: 情報通信技術を活用した地域密着型の省エネルギー行動支援. *電気評論*, Vol.102, No.10, 44-45, 2017.

- 9) Hirano, Y., Gomi, K., Nakamura, S., Yoshida, Y., Narumi, D. and Fujita, T.: Analysis of the impact of regional temperature pattern on the energy consumption in the commercial sector in Japan. *Energy and Buildings*, 149, 160-170, 2017.
- 10) Hirano, Y. and Fujita T.: Evaluation of the impact of the urban heat island on residential and commercial energy consumption in Tokyo. *Energy*, Vol.37, No.1, 371-383, 2012.
- 11) 住環境計画研究所: 家庭用エネルギー統計年報 2019年版, 2021.