

スマートグリッド導入を想定した 電力の市区町村間融通による自給率向上効果

落合 淳太¹・中川 喜夫²・松橋 啓介³・谷口 守⁴

¹非会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-18-19 三井住友銀行名古屋ビル)

E-mail: j.ochiai.aa@c-nexco.co.jp

²非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail: nakagawa.yoshio @sk.tsukuba.ac.jp

³正会員 国立環境研究所 社会環境システム研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

E-mail: matuhasi@nies.go.jp

⁴正会員 筑波大学大学院教授 システム情報系社会工学域(〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail:mamoru@tsukuba.ac.jp

原発事故を契機とし、我が国のエネルギー政策が見直されている。その中でスマートグリッドを用いた電力の自給自足に期待がかけられている。しかし、今後スマートグリッドの普及が進み、市区町村間での電力融通も可能となった際、それが自給率の向上に与える効果に関して十分な研究蓄積が無い。そこで、本研究では全国の居住地を対象に市区町村間での電力融通が可能となった際の都道府県別の電力自給率向上効果について分析した。その結果、1)市区町村間融通による電力自給率の増加率は最大で8.8%、全国平均で2.1%となること、2)余剰電力が多い都市と消費電力が多く発電量が少ない都市が混在することが電力自給率向上効果を高める要因となること、3)今後のスマートグリッドの広域展開は近隣市区町村間での電力需給状況を十分把握する重要性などが示された。

Key Words: smart grid, electric, power interchange, self-sufficiency, effect, EV

1. はじめに

環境問題の深刻化や原発事故を契機として分散型電源による電力の安定供給の重要性が大きく認識され始めている。また、太陽光発電など、気象条件や時間帯による違いで大量の余剰電力が発生することによる、逆潮流問題も懸念されている¹⁾。そこで近年ではITを活用して電力需給を自動制御するシステムであるスマートグリッドの導入について、横浜市を始めとする全国4地域において本格的な導入を見据えた実証実験が行われている²⁾。また、首都圏 2,700 万世帯を対象としたスマートメーターの大規模な導入が検討されるなど、再生可能エネルギーの広く効果的な普及には、スマートグリッドの導入が必要不可欠であるとされている³⁾。そのため、今後はスマートグリッドの各市区町村への普及が進み、街区や市区町村内での電力融通が可能になると考えられ、更に普及が進めば各市区町村を繋いだ広域的な電力融通が可能になると予想される。

しかし、スマートグリッドの導入に関し、その研究対

象は街区や1都市に限った限定的なもの⁴⁾であり、広域的な電力融通により電力自給率がどれだけ向上するのかについては殆ど研究蓄積が無い。特に、電気自動車(EV)の蓄電機能がスマートグリッドの構成要素として注目されているが、EVの使い方を含めた実際の交通行動を考慮した研究⁵⁾は不足している。また、全国の都道府県ごとに再生可能エネルギーによる電力自給率を求めた研究⁶⁾が存在するが、1日の中で刻々と変化する電力需給の実態を捉えらえてはおらず、発電した電力を実際にどれだけ消費に回せるのか、という観点が不足している。よって、全国の各市区町村にスマートグリッドが導入され、太陽光発電による発電量の広域的な市区町村間の双方向融通が可能となる事を見据え、時間帯ごとの電力需給の変化を踏まえた電力自給率の向上効果を把握する必要性が高まっている。そこで、スマートグリッドが都道府県単位で広域的に普及し、市区町村を跨いだ電力融通が可能となった際に、広域的な電力融通が電力自給率向上にどのような影響を及ぼすのかについて知見を得ておくことは、今後のスマートグリッドの効果的な広域展開

を考えていく上で欠かすことが出来ない。

以上を踏まえ、本研究では、住宅用太陽光発電とEVを構成要素としたスマートグリッドが全国規模で市区町村に広く導入され、都道府県単位での電力融通が可能になった際に、各都道府県単位での電力自給率向上にどのような影響を及ぼすのかを分析する。分析の第一段階として、市区町村間融通前における各市区町村の電力自給率の算出を試みる。算出においては、全国の市区町村別に1日の太陽光発電による発電量と居住者の交通行動を1時間単位で把握して電力需給の実態を踏まえた電力自給率を算出する。その上で第二段階として、市区町村間融通が可能となった際に、市区町村間融通を行う前後で各都道府県における電力自給率にどのような変化が生じるのかを分析する。そして、いくつかの都道府県を対象に市区町村間融通前の各市区町村の電力自給率向上効果について詳細に分析を行い、市区町村間融通による電力自給率向上効果が高まる要因の考察を行う。これらの分析を通じ、今後のスマートグリッドの広域的な普及のための検討材料の一助となる事で、電力自給率向上のためのスマートグリッドの効率的な導入計画に貢献する事を本研究の目的とする。

2. 使用データ

本研究では、全国の市区町村を対象とした居住者の1日の行動を把握し、電力需給の実態を踏まえた分析を行う。そこで、上記の目的を唯一満たすデータとして「2005年道路交通センサスオーナーインタビューOD調査」を用いる。この調査は、3から5年間隔で全国の市区町村を対象に実施され、自動車の出発地や移動距離などの運行状況、更に世帯単位での保有・利用状況等が調査されている。そこで、この調査データを用いて将来のEV普及率の推定やEVの1日の交通行動を把握することで、EVの蓄電機能の活用可能性の検討が可能となる。しかし、この調査は全ての市区町村が十分なサンプル数を有してはいないため、調査データについて市区町村単位でのサンプル数の統計的信頼性を母比率検定により判定している既存調査⁷⁾を参考に使用データを選定する。また、規模の小さい町村については郡単位でまとめたデータを用いる事で、対象とするデータを可能な限り増やした。その結果、分析対象は1186の市区郡となり、その中で信頼性を満たす701市区郡のデータを基に全国の市区町村で分析を行う。なお、信頼性を満たさない市区町村においては算出された電力自給率を被説明変数とした重回帰モデルを用いる事で、全国の市区町村における電力自給率の推定を行う。また、太陽光発電量と家庭内消費電力量の算出には、2010年度国勢調査や2008年度

住宅・土地統計調査と新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が公表している全国837地点の日射量データベース(1990-2009)のデータを用いる。

3. 分析方法

市区町村間融通による電力自給率向上効果を把握するためには、市区町村間融通を行う以前の各市区町村における電力自給率を算出する必要がある。そのため、本章では(1)においてまず全国における市区町村別電力自給率の算出方法を説明したうえで、(2)において市区町村間融通による電力自給率向上効果の算出方法を示す。

(1) 市区町村別電力自給率の推定方法

a) 市区町村別電力需給の推定方法

太陽光発電量、家庭内消費電力量、EV充電量に関し、それぞれ1日の中の動きを踏まえた推定方法を示していく。

太陽光発電量の推定は資源エネルギー庁の調査⁸⁾を参考に、次の手順で行う。1)まず戸建住宅と集合住宅のそれぞれの1棟あたりの屋根の方角や保守設備などを考慮してソーラーパネルの設置可能面積を推定する。2)また太陽光パネルの設置において、昭和55年以降に適応された耐震基準を満たしていることが求められる。よって耐震基準を満たす建築比率を考慮した上で、市区町村別に太陽光パネル設置面積を推定する。3)次に、屋根への日照時間と市区町村別住宅数から、日照時間別住宅比率データを作成する。4)このデータを基に、単位あたり必要面積(11.55m²/kW)で太陽光パネル設置可能面積を除することで、太陽光パネル容量を算出する。5)そして時間別日射量と出力係数0.7を掛け合わせ、市区町村別時間別太陽光発電量を推定する。なお、日射量データに関しては年間で最も発電量が多く得られる7月のデータを用いる。

家庭内消費電力は、住宅の建て方と世帯人員に大きな影響を受けるということを長谷川⁹⁾が示している。また、NHK放送文化研究所¹⁰⁾の調査から世帯ごとの1日の時間帯別電力消費パターンに強い影響を与える要因として高齢者、単身、非就業者の3つが示されている。以上を踏まえ推定手順を次に示す。1)まず戸建住宅と集合住宅の消費電力量の違いと、各市区町村の戸建、集合住宅比率を踏まえて、1世帯あたり消費電力量を算出する。2)算出結果から、世帯人員別の電気代に応じた消費電力を求め、市区町村別家庭内消費電力量を推定する。3)次に、1日の各世帯の電力消費パターンを設定する。それらの比率を市区町村別に求めて重み付けを行い、市区町村別消費パターンを設定する。4)以上より、市区町村別家庭内消費電力と市区町村別電力消費パターンを掛け合

表-1 市区町村別電力自給率の重回帰モデル

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t 値	備考(すべての市区町村)
人口密度	-4.8E-06	-0.172	-3.534 **	面積1haあたりの人口
駅数	-3.5E-04	-0.080	-3.630 **	鉄道駅の数
1世帯あたり軽自動車保有台数	0.093	0.209	5.015 **	全軽自動車台数/全世帯数
高齢化率	-0.002	-0.089	-2.320 *	65歳以上人口/全人口
平均世帯人員数	-0.080	-0.286	-8.212 **	全人口/全世帯数
集合住宅比率	-0.221	-0.446	-8.458 **	集合住宅数/全住宅数
耐震建築比率	0.561	0.580	17.888 **	昭和55年以降に建築された住宅/全住宅数
日照時間5時間以上住宅比率	0.266	0.280	9.652 **	日照時間が5時間以上得られる住宅/全住宅数
日射量	1.9E-04	0.195	8.705 **	1日に得られる日射量(MJ/m ²)の総量
東京区部ダミー	-0.080	-0.146	-4.632 **	東京区部に属している(1.0)
北海道ダミー	0.058	0.116	5.032 **	北海道に属している市区町村(1.0)
定数項	-0.204		-2.656 **	

修正済み決定係数:0.73

**1%有意、*5%有意

わせ、市区町村別時間別家庭内消費電力量を推計する。

EV 充電量の推定に関しては、EV が広く社会に普及している前提の基で行う。EV の普及条件については、関根ら¹⁰⁾などを参考にして、複数保有世帯であるか、軽自動車であるか、1日の走行距離が30km未満であるか、の3条件とし、交通データの中でこれらの条件を満たす自動車の割合は28%となった。そして、EVに置き換わったとされた自動車の1日の交通行動から、必要とされる充電量や充電可能時間の算出を1台ずつ行う。以下に、その算出手順を示す。1) まず、1日の走行距離から、走行に最低限必要な充電量を算出する。2) 次に、1日の中で自宅にEVがある時間帯を抽出し、その時間を充電可能時間として設定する。3) ここで、この時間帯に居住する市区町村内において太陽光発電の余剰電力が発生している場合、その余剰電力でEVの充電を行うと想定する。4) 必要充電量を満たした上で更に余剰電力を充電可能な場合は、可能な限り蓄電し、夜間等の家庭内消費電力に回すと想定する。5) 太陽光発電による充電によって、必要充電量が満たせないEVの場合は、残りの必要充電量をその他の時間帯に既存電源から充電を行う。

b) 市区町村別電力自給率の評価方法

本研究における電力自給率の定義を「市区町村内で消費する家庭用電力を市区町村内における住宅用太陽光発電によって賄える割合」とし、市区町村別に算出された電力需給を基に自給率を計算する。市区町村iにおける電力自給率を L_i とすると、 L_i は以下の数式(1a)～(1b)で表される。

$$L_i = (S_i + VP_i) / E_i \quad (1a)$$

$$VP_i = VS_i - VD_i \quad (1b)$$

VP_i : 余剰電力を住宅用電力に活用できるEV蓄電量

E_i : 家庭内総消費電力量

S_i : 太陽光発電で直接消費電力を賄う電力量

VS_i : 太陽光発電からの総EV充電量

VD_i : 走行に必要なEV充電量

c) 重回帰モデルによる電力自給率の推定

a), b) によって算出された市区町村別電力自給率を被説明変数、都市特性データを説明変数とした重回帰モ

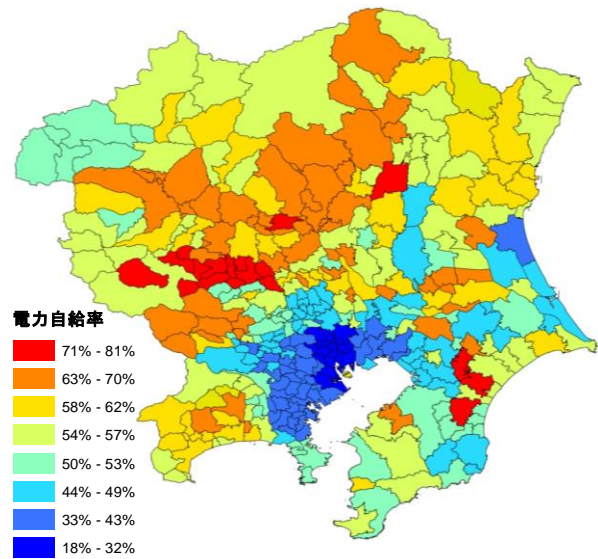


図-1 市区町村別電力自給率マップ（関東）

デルを構築し、交通データにおいて信頼性を満たさない市区町村の電力自給率の推定を行う。構築された重回帰モデルの結果を表-1に示す。この結果を用いて算出された電力自給率の例として関東地方における電力自給率マップを図-1に示す。このように算出された、市区町村別電力自給率を用いて、市区町村間融通による電力自給率向上効果の算出を行う。なお、重回帰モデルの結果を含む市区町村別電力自給率に関する詳細な考察、分析は他稿に譲る¹²⁾。

(2) 市区町村間融通による電力自給率向上効果の算出方法

市区町村間融通による電力自給率向上効果の算出方法を説明する。上記でも述べた通り、本研究では市区町村間融通として、都道府県単位で電力融通を行うことが可能になった場合を想定し分析する。まず、都道府県mの市区町村間融通前電力自給率を BL_m とすると、 BL_m は以下の数式(2a)～(2b)で表される。

$$BL_m = \sum_{i=1}^n PS_{mi} \div \sum_{i=1}^n E_{mi} \quad (2a)$$

$$PS_{mi} = E_{mi} \times L_{mi} \quad (2b)$$

mi : 都道府県 m における市区町村

PS_{mi} : 市区町村内の太陽光発電活用量

E_{mi} : 市区町村内の家庭内消費電力量

$L_{mi}^{※1}$: 市区町村別電力自給率

※1 : 信頼性を満たさない市区郡は重回帰モデルの推定値を利用

都道府県 m の市区町村間融通後電力自給率 AL_m に関しては、(1)で説明した市区町村別電力自給率の算出方法を、都道府県単位に拡大して算出を行った。

そして、各都道府県における市区町村間融通による電力自給率の増加率を X_m とすると、 X_m は以下の数式(2c)で表される。

$$X_m = AL_m / BL_m - 1 \quad (2c)$$

この増加率 X_m が市区町村間融通によって得られる自給率向上効果を示す値とする。

なお、全国の市区町村別電力自給率の算出がすべて実データに基づいて行われていれば、上記の方法に従って算出された電力自給率の増加率は負の値を示すことはない。しかし、本研究では、市区町村別電力自給率を算出する際に、交通データの信頼性を満たさない市区町村については、重回帰モデルによる推定値を用いており、モデルの限界として増加率が負を示す都道府県が存在してしまう可能性がある。そこで、本分析においては、増加率が負を示した都道府県の増加率は0%として示すこととする。増加率0%となる都道府県は、モデルによる誤差の影響を相殺できないほど、市区町村間融通による電力自給率向上効果が低いという解釈ができる。

4. 市区町村間融通による電力自給率向上効果の算出結果

まず、都道府県単位で電力融通した場合の自給率の全体像を把握するため、市区町村間融通後における都道府県別電力自給率を図-2に示す。そして、市区町村間融通による電力自給率向上効果の結果として、各都道府県における市区町村間融通による電力自給率の増加率を図-3に示す。さらに、その増加率に影響を及ぼす可能性のある都道府県別1世帯あたり余剰電力量と増加率との関係を図-4に示し、合わせて以下に考察を行う。

- 1) 図-2より、市区町村間融通後の都道府県別電力自給率は、最も高い値で約65%、最も低い値で約35%となった。この結果から、各都道府県の電力自給率に

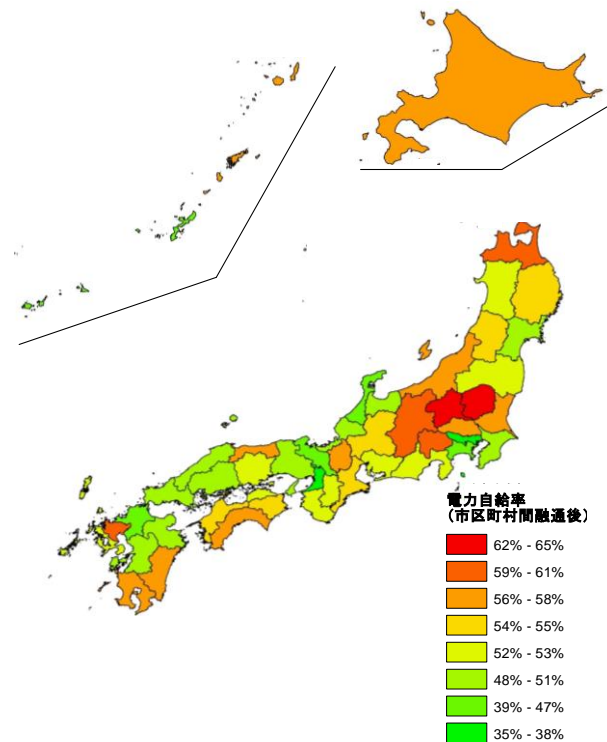


図-2 市区町村間融通後都道府県別電力自給率

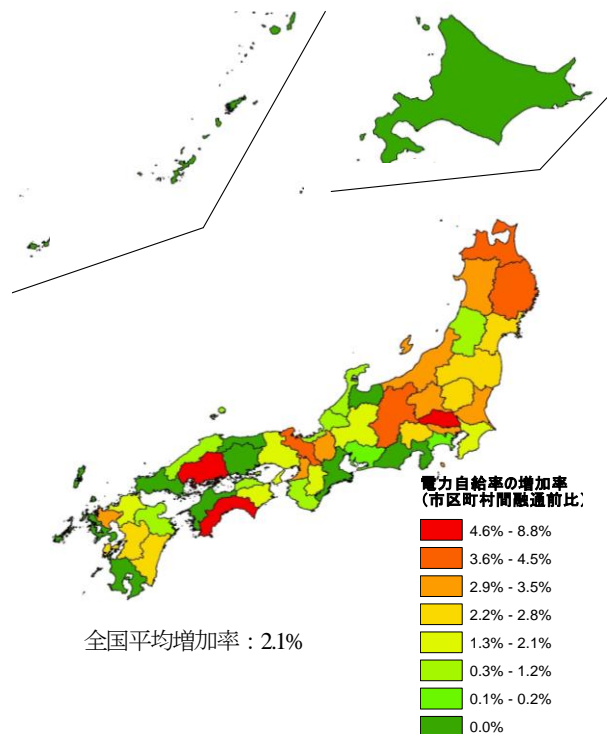


図-3 都道府県別電力自給率の増加率（市区町村間融通前比）

は大きな差があることが示された。

- 2) また、電力自給率が高い値を示している都道府県（栃木県や群馬県など）は、自動車保有率が高い地域が多い。このことから、都道府県単位での電力融通においても、各都道府県の特性を踏まえてスマートグリッドを導入していくことの必要性が示唆された。

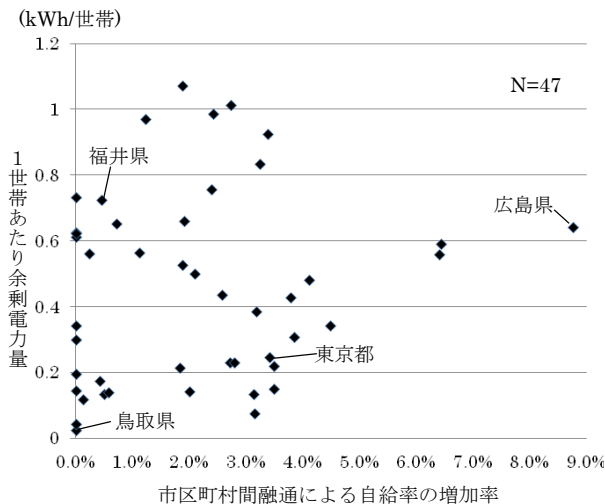


図-4 市区町村間融通による電力自給率の増加率と
市区町村間融通前余剰電力量との関係

- 3) 図-3 より、まず市区町村間融通による電力自給率の増加率は全国平均値が 2.1%となった。この結果より、電力自給率の向上に対し市区町村間融通はあまり高い効果をもたらさないことが明らかとなった。
- 4) この結果は、同じ都道府県内の都市であれば、1 日の中で太陽光発電によって電力が得られる時間帯はほぼ同じであり、市区町村間融通を行ったとしても、太陽光発電による電力を同じ時間に消費に回せる都市が少ないことが原因となっていると考えられる。
- 5) しかし、都道府県によっては増加率が約 8.8%となる所も存在しており、都道府県の特性と市区町村間融通による電力自給率向上効果とが関係している可能性が示唆された。
- 6) また、その一方で、市区町村間融通による電力自給率の増加がほとんどみられない都道府県も多く存在することが示された。
- 7) 図-5 において、電力自給率の増加率と余剰電力量との関係をみると、余剰電力量が多い都道府県では、電力自給率増加率が高くなる可能性が読み取れるが、明確な傾向は示されなかった。
- 8) 余剰電力量だけでなく、それらを消費に回せる余地が、都道府県内の各市区町村にどれだけあるのかが、市区町村間融通による自給率向上効果を高める大きな要因になっていることが推察される。

これらの結果から、今後スマートグリッドでの、市区町村間による広域的な電力融通を行う場合は、同じ範囲内にある各市区町村の電力需給状況を相互に把握し合い、市区町村間融通によって自給率を向上させられる余地が存在しているのかを、十分に吟味する必要があるといえる。

5. 市区町村間融通による電力自給率向上要因の分析

本章では、図-4 で示した結果を参考に、いくつかの特徴的な都道府県を選択し、都道府県内での電力融通によって、各市区町村における電力自給率が、具体的にどこでどれだけ変化するのかを明らかにする。さらに、市区町村間融通後の電力自給率の増加率を踏まえ、市区町村間融通による自給率の向上要因を推察する。

選択した都道府県は、最も電力自給率増加率の大きい広島県、余剰電力量が比較的多いにも関わらず電力自給率の増加率が小さい福井県、最も 1 世帯あたり余剰電力量が少なく電力自給率の増加率が小さい鳥取県、余剰電力は少ないが電力自給率の増加率が比較的大きい東京都、の 4 都県とした。

市区町村間融通後における市区町村別電力自給率の変化をみるため、各都県の電力自給率とそれぞれの都県に属する市区町村別電力自給率を比較し、市区町村別電力自給率の差を算出した。4 都県に関する算出結果を図-5～図-8 に示し、以下に考察を述べる。

- 1) 図-5 より、広島県では最も電力自給率の増加が大きい値で 10.3%、最も減少が大きい値で-6.9%という結果となった。県内において、市町村間融通を行った場合、県全体の電力自給率は 8.8%増加する結果となっているが、東広島市や廿日市市などでは電力自給率が大きく減少してしまうことが明らかとなり、県全体でみれば市区町村間融通は望ましいが、市町村によっては自分達の市町村内で完結させたほうが、電力自給率を高く保てるという結果が示された。広

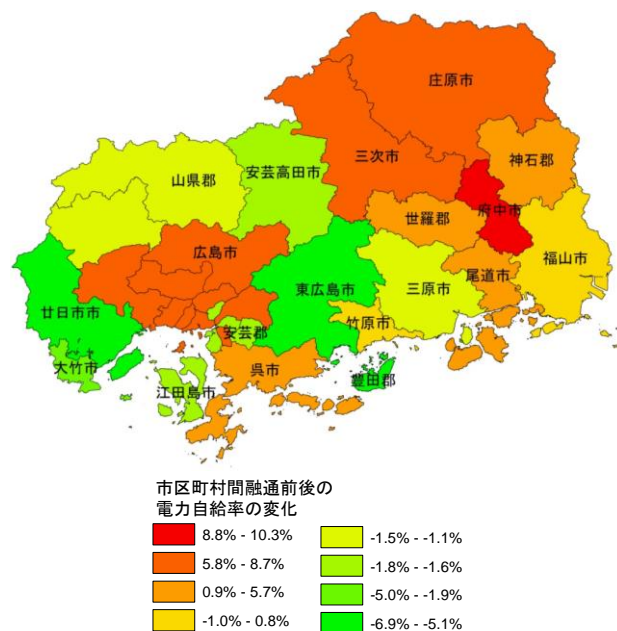


図-5 市区町村間融通前後の各市区町村における
電力自給率の変化 (広島県)

島県では、最も人口規模の大きい広島市において電力自給率が小さいため、その他の市区町村から発生する余剰電力量をさらに消費に回すことが可能な構造ができていると考えられ、その結果、電力自給率の大きな増加につながっていると推察される。

2) 図-6 より、福井県では、最も人口規模の大きい福井

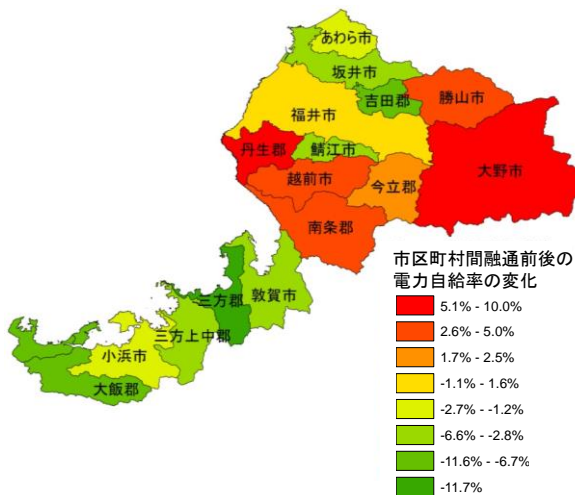


図-6 市区町村間融通前後の各市区町村における電力自給率の変化（福井県）

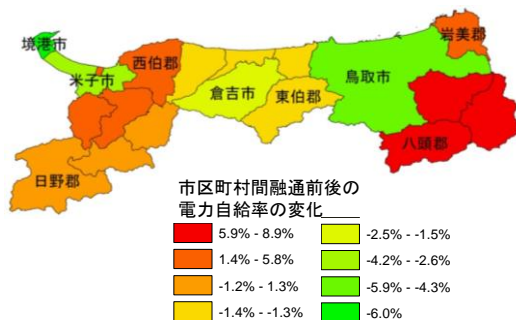


図-7 市区町村間融通前後の各市区町村における電力自給率の変化（鳥取県）

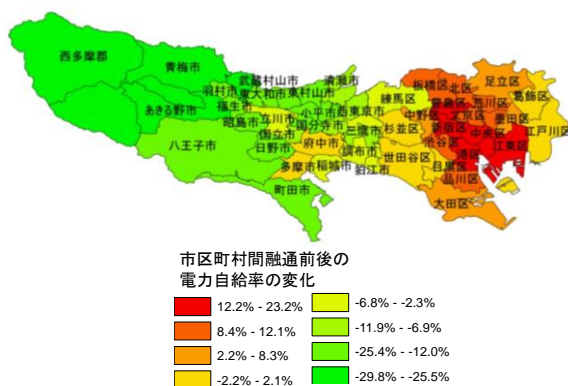


図-8 市区町村間融通前後の各市区町村における電力自給率の変化（東京都）

市における電力自給率の減少がみられる。また、同様に福井県内では人口の多い敦賀市や坂井市などでも電力自給率の減少が大きい。その一方で、人口規模が小さく、山間部に位置する郡などでは電力自給率の増加が大きい。これは、古い住宅が多いため太陽光パネル設置の耐震基準を満たす住宅割合が少ない地域であることが要因となっている。福井県では人口規模が比較的大きい市で太陽光発電量が多く得られ、余剰電力量が多く発生するが、それらを消費に回せる量は限定的であるという、広島県とは正反対の構造となっており、市区町村間融通による電力自給率の増加率が小さい結果となっていると考えられる。

3) 図-7 より、鳥取県では、福井県と同様に人口規模の大きい鳥取市や米子市などで電力自給率の減少がみられ、人口規模の小さい郡などでは電力自給率の増加がみられる。特に八頭郡は、パネル設置の耐震基準を満たす住宅が、4 割程度しかないことなどが影響し、郊外に位置していても太陽光発電量が低く、電力自給率が低くなっているため、市町村間での電力融通による電力自給率の増加が最も大きい。これらから、鳥取県では、広島県のように余剰電力が生まれる市町村とそれを消費する市町村が存在しないため、余剰電力量が少ないうえに、増加率も 0%という結果になっていると考えられる。

4) 図-8 より、東京都では、最も自給率の増加が大きい値で 23.2%、最も減少が大きい値で-29.8%となっており、市区町村間において変化の差が非常に大きいことが分かる。自給率の変化は都心部では増加が大きく、郊外へいくと減少が大きくなるという傾向がはっきりと読み取れる。また、東京都の郊外に位置する市郡（西多摩郡や青梅市など）は、上記で述べた鳥取県八頭郡と比較して、新しい住宅の比率が高く（耐震基準を満たす住宅が約 7 割）、太陽光発電量が多く得られるため電力自給率が高い。このような構造を持つ東京都では、全体的に集合住宅が多く 1 世帯あたりの余剰電力量があまり発生しないものの、それらの電力を電力自給率の低い 23 区で消費できる余地が多く残されており、市町村間融通による自給率向上効果を、比較的多く得られる結果となっていることが考えられる。

これらの結果から、余剰電力量が多く発生する市町村と、消費量が多く発電量が少ないために余剰電力を消費に回せる市区町村が混在することが、市区町村間融通によって自給率向上効果を多く得られる要因となることが示唆された。

6. おわりに

本研究では、居住地での太陽光パネル普及とスマートグリッド導入を想定し、市区町村単位で電力融通が行われた場合の電力自給率と市区町村間融通（都道府県単位）が可能になった場合の電力自給率を比較することで、より広範囲での電力融通が電力自給率向上にどの程度効果があるのかを明らかにした。さらに、4都県（広島県、福井県、鳥取県、東京都）を対象に、各市区町村の電力自給率が、市区町村間融通後にどのように変化するのかを把握し、市区町村間融通による電力自給率向上の要因を考察した。以下に、本研究で得られた成果をまとめる。

- 1) 市区町村間融通による都道府県別電力自給率の増加率は、全国平均で約2.1%となり、市区町村間融通による自給率向上効果はあまり高くないことが示された。
- 2) しかし、都道府県によって増加率の値が大きく異なり、増加率が最大の広島県では約8.8%の電力自給率向上効果を得られることが明らかとなった。その一方で、市区町村間融通による電力自給率向上が、ほとんどみられない都道府県も多く存在することが示された。
- 3) 電力自給率の増加率と1世帯あたりの余剰電力量を分析した結果、余剰電力量が多い都道府県では、電力自給率の増加率が高くなる可能性が示唆されたが、明確な傾向は示されなかった。
- 4) 4都県を対象にした分析により、余剰電力量が多く発生する市町村と、消費量が多く発電量が少ないために余剰電力を消費に回せる市区町村が混在することが、市区町村間融通によって電力自給率向上効果を多く得られる要因となることが考察された。

以上の結果から、今後スマートグリッドでの、市区町村間による広域的な電力融通を行う場合は、同じ範囲内にある各市区町村の電力需給状況を相互に把握し合い、市区町村間融通によって自給率を向上させる余地が存在しているのかを、十分に吟味する重要性が示されたといえる。また、スマートグリッドによる市区町村間融通を行うことで、自分達の電力自給率が減少してしまう市町村があるため、このような市町村に対しては、全体の電

力自給率向上のためにも市区町村間融通に協力させる仕組みの構築が必要になってくると考えられる。

参考文献

- 1) 環境省中央環境審議会地球環境部会：2013年以降の対策・施策に関する報告書（地球温暖化対策の選択肢の原案について），2012.6，<http://www.challenge25.go.jp/roadmap/media/mainreport.pdf>，最終閲覧 2012.12.
- 2) 資源エネルギー庁次世代送配電システム制度検討会：送配電システムの現状と課題について，2010，<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100608d05j.pdf>，最終閲覧 2013.2.
- 3) 経済産業省 HP：スマートコミュニティ実証について，http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/smart_community/community.html，最終閲覧 2012.12.
- 4) 経済産業省商務情報政策局：スマートグリッド/スマートコミュニティの動向と実現に向けた政策展開について，2011. 2
- 5) 例えば，谷口守・落合淳太：住宅街区特性から見たスマートグリッド導入適性，日本不動産学会誌，Vol.25, No23, pp.100-109, 2011.
- 6) 馬上丈司：エネルギー永続地帯指標に見る国内の自然エネルギー利用の現状に対する考察，千葉大学人文社会科学部研究，20号，pp.191-206.
- 7) 米澤健一・松橋啓介：平成11年および平成17年の市区町村別自動車CO₂排出量，SESD Discussion Paper Series Technical Report, 2009, <http://www.nies.go.jp/social/dp/pdf/2009-01.pdf>，最終閲覧 2013.2
- 8) 資源エネルギー庁：平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業 調査報告書，2011.
- 9) 長谷川善明・井上隆，全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究 世帯特性の影響と世帯間のばらつきに関する考察 その1，日本建築学会環境系論文集(583)，pp.23-28, 2004.
- 10) NHK 放送文化研究所編：日本人の生活時間・2010-NHK 国民生活時間調査，NHK 出版，2011.
- 11) 関根喜雄，宮坂準，石田東生，堤盛人，岡本直久，プローブ調査を用いた自動車複数保有世帯における電気自動車の潜在需要に関する考察，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.35, NO.135, 2006.
- 12) 落合淳太・中川喜夫・松橋啓介・谷口守：全国の市区町村における太陽光発電による電力自給自足の潜在的可能性—居住地でのスマートグリッド導入を踏まえ—，環境システム研究，2013.（投稿中）

(2013. 8. 1 受付)