A Study on Grid-Square Statistics Based Estimation of Regional Electricity Demand and Regional Potential Capacity of Distributed Generators

Takeyoshi Kato Member (Nagoya University, tkato@nuee.nagoya-u.ac.jp)

Hiroyuki Sugimoto Student Member (Nagoya University, hiroyu_s@echo.nuee.nagoya-u.ac.jp)

Yasuo Suzuoki Member (Nagoya University, suzuoki@nuee.nagoya-u.ac.jp)

Keywords: distributed generators, PV system, co-generation system, distribution system, potential capacity

We established a procedure for estimating regional electricity demand and regional potential capacity of distributed generators (DGs) by using a statistical mesh data set. A photovoltaic power system (PV system) for residential use and a co-generation system (CGS) for both residential and commercial use (three business categories, i.e. hotel, hospital, store) were taken into account. The statistical data on the number of households by family type and the number of employees by business category for about 4000 meshes with $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ area was used to estimate the floor space or the electricity demand distribution. The rooftop area available for installing PV systems was also estimated with the statistical mesh data set. Considering the relation between a capacity of existing CGS and a scale of building where CGS is installed, the potential capacity of CGS in the commercial sector was estimated.

As an example, the result regarding Aichi prefecture was presented in this paper. Fig. 1 shows the distribution of maximum electricity demand in each mesh. The maximum electricity demand is smaller than 3.2 MW/km^2 in 90% mesh, suggesting that the area with large electricity demand is very limited.

Figure 2 shows the potential capacity of PV system as an example. In some meshes, the potential capacity of PV systems was estimated to be about $10,000 \text{ kW/km}^2$, which corresponds to the density

of the existing area with intensive installation of PV systems. The estimated potential capacity of CGS was much smaller than that of PV system because of limited number of CGS's users.

Figure 3 shows the ratio of regional potential capacity of DGs to regional maximum electricity demand. The result can be useful for deducing the appropriate capacity of DGs in the model of future electricity distribution system.

Fig. 2. Potential capacity of residential PV system in grid-square

Fig. 3. Ratio of potential capacity of distributed generators to maximum electricity demand in grid-square

Fig. 1. Distribution of regional annual electricity demand

地域メッシュ統計を用いた地域の電力需要および分散型電源賦存量の算定に関する一検討

正員 加藤 丈佳* 学生員 杉本 寛幸*
正員 鈴置 保雄*

A Study on Grid-Square Statistics Based Estimation of Regional Electricity Demand and Regional Potential Capacity of Distributed Generators

Takeyoshi Kato*, Member, Hiroyuki Sugimoto*, Student Member, Yasuo Suzuoki*, Member

We established a procedure for estimating regional electricity demand and regional potential capacity of distributed generators (DGs) by using a grid square statistics data set. A photovoltaic power system (PV system) for residential use and a co-generation system (CGS) for both residential and commercial use were taken into account. As an example, the result regarding Aichi prefecture was presented in this paper. The statistical data of the number of households by family-type and the number of employees by business category for about 4000 grid-square with 1 km × 1 km area was used to estimate the floor space or the electricity demand distribution. The rooftop area available for installing PV systems was also estimated with the grid-square statistics data set. Considering the relation between a capacity of existing CGS and a scale-index of building where CGS is installed, the potential capacity of CGS was estimated for three business categories, i.e. hotel, hospital, store. In some regions, the potential capacity of PV systems was estimated to be about 10,000 kW/km², which corresponds to the density of the existing area with intensive installation of PV systems. Finally, we discussed the ratio of regional potential capacity of DGs to regional maximum electricity demand for deducing the appropriate capacity of DGs in the model of future electricity distribution system.

キーワード：分散型電源，太陽光発電システム，コージェネレーションシステム，配電系統，賦存量

Keywords: distributed generators, PV system, co-generation system, power distribution system, potential capacity

1. まえがき

エネルギーの効率的利用や CO₂ 排出削減に向けて，太陽光発電（PV）システムやコージェネレーションシステム（CGS）などの分散型電源の導入拡大が期待されている。導入拡大のためには，分散型電源の種類や地域の導入規模等の状況に応じて適切な対応を行い，導入制約を小さくすることが重要である。導入状況は地域の需要家構成によって異なるため，分散型電源の導入拡大への対応を中長期的な視点から計画的に行うためには，様々な地域について，各種分散型電源の賦存量や電力需要との関係を把握する必要がある。また，地域の再開発に伴うエネルギー供給の高効率化や都市災害時の非常用電源など，分散型電源の新しい価値を評価するためにも，様々な地域における分散型電源の賦存量を統計的に算定できることが望ましい。しかし，分

散型電源の賦存量については，全国や特定地域に関する試算例は報告されているものの⁽¹⁾，様々な地域を対象とした賦存量の統計的な評価や，地域の電力需要との相関については十分に検討されていない。

そこで本論文では，配電区域程度の大きさの様々な地域における民生部門の電力需要および分散型電源の賦存量を算定することを目的として，基礎データとして地域メッシュ統計⁽²⁾⁽³⁾の利用に着目し，地域単位で電力需要と分散型電源の賦存量を算定する手法を提案する。また，提案手法による算定結果の妥当性や誤差の程度を示すため，分散型電源として住宅部門の PV システムと CGS，業務部門の CGS を対象として，愛知県の約 4000 メッシュ（約 1 km²/メッシュ）について，電力需要と分散型電源賦存量とを試算した。最後に，両者の相関を示し，様々な地域を対象とした分散型電源大量導入の影響に関する統計的評価への展開の可能性について考察した。

2. 地域メッシュ統計

地域メッシュ統計とは，国勢調査および事業所・企業統

* 名古屋大学大学院工学研究科
〒464-8603 名古屋市千種区不老町
Graduate school of Engineering, Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603

表 1 業務部門の業種分類と従業員あたりの延床面積の想定

Table 1. Demand-type classification in commercial sector and assumption of floor space per employee.

Demand-type classification		total floor space in Japan [m ²]	total employee in Japan [person]	floor space per employee [m ² /person]
this study	statistical mesh data set			
Office	Finance & Insurance	51,057,000	1,657,439	30.8
	Real estate	149,983,000	922,419	162.6
	Amusements	30,137,000	982,209	30.7
	Other services excluding Hotel, Hospital, and School	389,758,000	10,083,283	17.7
Shop	Wholesale	121,116,000	4,311,468	28.1
	Retail	103,012,000	9,004,337	11.4
Hotel	Hotels, boarding houses and other lodging places	46,371,000	824,054	56.3
Hospital	Medical and other health services and Public health services	41,367,000	3,238,197	12.8
Restaurant	Eating and drinking places	11,219,000	4,292,529	2.6
School	Tutorial schools, Elementary schools, Lower secondary schools, Upper secondary schools, Advanced educational organizations, Special schools, Kindergartens, Special training schools & miscellaneous schools and Scientific research institutes	93,500,000	2,512,718	37.2

計調査の結果について、全国を緯度・経度により区分した面積約 1 km² と約 0.25 km² の方形の小地域区画（それぞれ 3 次メッシュおよび 4 次メッシュと呼ばれる）に再編成したデータベースである⁽²⁾⁽³⁾。本論文では、愛知県を検討例として、下記の民生需要に関するデータ項目が存在する約 4000 個の 3 次メッシュについて、電力需要および分散型電源の賦存量を算定した。

地域メッシュ統計における各種データ項目のうち、各需要家の地域分布に関するデータとして、本論文では以下のデータ項目を用いた。

住宅部門

- 建て方別の世帯数（一戸建、長屋建、共同）
- 世帯人員別の世帯数（1 人～6 人および 7 人以上）
- 共同住宅の 1～2 階に住む世帯数
- 一世帯あたりの住宅延床面積

業務部門

- 業種別の従業員数

また、地域メッシュ統計以外にも、全国の業種別従業員数・延床面積、CGS の導入実績等の統計データを用いて、電力需要や分散型電源の導入量に関する原単位作成した。次節以降において、それぞれのデータの具体的な利用方法を示す。

3. 各メッシュにおける電力需要

〈3・1〉 需要家の検討対象 地域の電力需要の算定に関しては、以下に示す 9 種類の民生需要家を対象とした。

住宅部門：一戸建住宅、長屋建住宅、共同住宅

業務部門：事務所、店舗、ホテル、病院、飲食店、学校
住宅部門については、住宅の建て方別に 3 種類を想定した。業務部門については、実際には様々な種類の需要家が存在するが、電力需要の算定のため、電力・熱需要の原単位が既知の 6 種類の業種に分類し、業務部門全体の需要家を表すこととした。表 1 に本論文における 6 種類の業種分類と地域メッシュ統計における業種分類との対応を示す。

〈3・2〉 延床面積の算定 後述のように、各メッシュ

の電力需要の算定では、住宅部門および業務部門ともに、単位延床面積あたりの需要原単位を用いる。しかし、地域メッシュ統計では、住宅部門の建て方別や業務部門の業種別の延床面積に関するデータ項目がない。一戸建、長屋建および共同住宅の平均延床面積に関するデータ項目はあるが、後述するように PV システムの設置可能面積の算定では、建て方別に延床面積に基づき算定した建築面積に関するデータが必要である。

そこで本論文では、図 1 および以下に示す手順により、住宅部門（住宅の建て方別）、業務部門（業種別）に各メッシュ内の総延床面積を算定した。同図において、台形で示される項目は地域メッシュ統計などの統計データを表し、四角形で示される項目は統計データ等に基づき算定した原単位などを表す。なお、本論文では、各メッシュ内の需要家の分布を考慮しないため、需要家の種類別に各メッシュの合計の延床面積を算定できればよく、個々の需要家の延床面積を算定する必要はない。

各メッシュにおける住宅部門の総延床面積（建て方別）の算定では、まず、住宅・土地統計調査に基づき、建て方別の一世帯あたりの延床面積を一戸建住宅：132 m²、長屋建住宅：53 m²、共同住宅：48 m² と想定した。これらの値は愛知県の平均値⁽⁴⁾であり、全てのメッシュにおいて同じとした。それぞれの値に各メッシュにおける一戸建、長屋建、共同の各住宅の世帯数を乗じて、各メッシュの総延床面積を算定した。

この方法で計算した愛知県の住宅全体の総延床面積は約 228 km²であった。比較として、地域メッシュ統計の平均延床面積（一戸建、長屋建および共同住宅の各メッシュにおける平均値）から求めた愛知県内の総延床面積は約 227 km²となり、上述の方法で計算した結果とほぼ一致した。メッシュごとに比較すると多少のばらつきはあるものの、76%のメッシュにおいて、総延床面積の違いが±30%以内であり、上述のような建て方別の一世帯あたりの平均延床面積を用いた各メッシュにおける住宅部門の総延床面積の計算は概

図1 各メッシュにおける需要家延床面積の算定手順

Fig. 1. Steps to calculate total floor space of each demand type in each grid-square.

ね妥当な見積もりが可能であると見なした。

各メッシュにおける業務部門の延床面積（業種別）の算定では、まず、表1に示す業種別の全国合計の延床面積⁽⁵⁾と従業者数⁽⁶⁾に基づき、同表右端に示すように従業員1人あたりの延床面積を算定した。その値に各メッシュの該当業種の従業者数を乗じて、各メッシュにおける業種別の延床面積を算定した。なお、このような算定方法では、利用可能な統計データが限られるため、結果には相応の誤差が含まれると考えられる。そこで、今後、各メッシュにおける業務部門の延床面積をより適切に算定するためには、代表的な地域について延床面積の実態調査結果等に基づき、表1に示した従業員あたりの延床面積について、地域性を考慮した補正が必要と考えられる。

〈3・3〉 電力需要の算定 各メッシュについて算定した需要家別の総延床面積に、需要家別の12ヶ月×24時間の電力需要原単位⁽⁷⁾を乗じて各時間帯の電力需要を算定した。照明動力などの電力固有の需要だけでなく、用途別需要のエネルギー源内訳に基づき⁽⁸⁾、暖房、冷房、給湯、厨房についても電力需要として計上した。その際、冷房用の電力需要については住宅部門および業務部門ともに空調機器のCOPを3と想定した。また、暖房用の電力需要の算定においては、業務部門のみ空調機器のCOPを4と想定した。住宅部門の暖房用電力需要については、エアコンだけでなく電熱式ヒータなども含まれるため、COPを3とした。なお、需要家別の電力需要原単位が平均的な値であることから、等価的に同じ需要家における同時使用率が考慮されていると考えることができる。

このような方法により、各メッシュについて、需要家別に月別・時刻別の電力需要を算定し、それらを集計してメッシュ全体の電力需要パターンを算定した。図2に愛知県における民生部門の年間電力需要の分布を示す。また、図3に各メッシュの年間電力需要を示す。同図の横軸は各メ

図2 年間電力需要の地域分布

Fig. 2. Distribution of regional annual electricity demand.

図3 各メッシュにおける年間電力需要

Fig. 3. Annual electricity demand in grid-square.

シュの年間電力需要の昇順、左側縦軸はメッシュ数の累積値、右側縦軸は全メッシュの年間電力需要の累積値を示す。図2および図3に示すように、年間電力需要が大きなメッシュ数は限られており、90%のメッシュにおいて年間電力需要は約13 GWh/km²以下であった。また、図3からわかるように、愛知県の約4000個の3次メッシュの合計の年間電力需要は約19.4 TWhとなった。比較として、平成12年度における愛知県内の電灯用契約および業務用電力契約の販売電力量の実績値はそれぞれ約14.2 TWhおよび約8.6 TWhであった。業務用電力契約している需要家の中には、規模が大きい業務部門の需要家が含まれることを考慮すると、地域メッシュ統計に基づく電力需要の算定は、総量については概ね妥当な値を得ることができると考えられる。

図4に各メッシュの年間の最大電力需要（横軸、昇順）と累積メッシュ数と関係を示す。年間電力需要の場合と同様に最大電力需要が大きなメッシュ数は限られており、90%のメッシュにおいて最大電力需要は約3.2 MW/km²以下であった。

上述の電力需要の算定方法においては、適切な延床面積の算定と電力需要原単位の想定が重要である。延床面積の

図4 各メッシュにおける最大電力需要

Fig. 4. Maximum electricity demand in each grid-square.

算定に関しては、実態調査結果に基づく補正等により、誤差を小さくできる。また、電力需要原単位についても、全国各地の様々な地域を対象とした検討を行うためには、地域の気象条件を考慮して電力需要原単位を設定する必要がある。その際、家庭部門については、個人の行動パターンや使用する電気機器の違いを考慮した世帯類型別の電力需要の算定⁹⁾を適用することで、より適切な算定が可能になると考えられる。これらについては、今後の課題とする。

4. 各メッシュにおける分散型電源の賦存量

〈4・1〉 分散型電源の検討対象 配電システムに導入される分散型電源として、住宅用のPVシステムとCGSおよび業務用のCGSを対象とした。これらの分散型電源は、気象条件等による地域的な導入制約が小さく、需要家の分布と賦存量との相関が高いため、統計的に賦存量を算定できることは有意義である。これら以外にも、小型の風力発電等の分散型電源が考えられるが、賦存量は風況などの地域に固有の条件によって異なり、統計的に扱うことが困難であるため、本論文では対象としていない。

〈4・2〉 住宅用PVシステム賦存量 図5に住宅用PVシステム賦存量の算定手順を示す。図1と同様に、各データ項目は、出所や想定方法に応じて台形および四角形で示されている。さらに、六角形で示されている項目は、過去の事例や典型例などにに基づき想定した項目を表す。

まず、各メッシュにおける住宅の建て方別の総建築面積を算定した。一戸建住宅については、住宅・土地統計調査⁽¹⁰⁾における「一住宅あたりの建築面積」の愛知県の平均値に基づき、一世帯あたりの建築面積を88m²とし、この値に各メッシュ内の一戸建住宅に住む世帯数を乗じて、各メッシュの一戸建住宅の総建築面積を算定した。長屋・共同住宅については、一世帯につき1階層しか占有しないと仮定し、建物の建築面積はその建物の1階に住む世帯の延床面積とした。すなわち、長屋住宅については、全て1階建てと想定し、延床面積：53m²にメッシュ内の長屋住宅に住む世帯数を乗じて、各メッシュの長屋建て住宅の総建築面積を計算した。共同住宅については、2階建以上の共同住

図5 各メッシュにおけるPVシステム賦存量の算定手順

Fig. 5. Steps to calculate potential capacity of PV system in each grid-square.

宅が多いことを考慮して、延床面積：48m²に「1・2階に住む共同住宅世帯数」の半数（端数切り上げ）を乗じて、各メッシュの共同住宅の総建築面積を算定した。

次に、以下に示すようにPVシステムを設置可能な屋根面積の割合を想定し、各メッシュにおけるPVシステムの設置可能な屋根の総面積を算定した。PVシステムの集中導入地区である群馬県太田市城西の杜では、屋根形状やモジュールの形状・寸法が異なる一戸建住宅（約320軒、2005年7月現在）の約50%において、建築面積に対するPVシステムの設置面積の割合は30%～40%であり、約15%の住宅では建築面積に対するPVシステムの設置面積割合は50%以上である⁽¹¹⁾。しかも、城西の杜における全てのPVシステムは架台や金具を使用して設置する「屋根置き型」であり、今後、無駄なスペース無く設置可能な「建材一体型」が普及すれば、屋根面積に対するPVシステムの設置可能面積が増加する可能性もある。そこで本論文では、一戸建住宅におけるPVシステムの設置可能な屋根面積の割合を40%と想定した。一方、長屋建および共同住宅については、PVシステムを設置しやすい切妻屋根や陸屋根の割合が大きいことを考慮して、建築面積に対するPVシステムの設置可能な屋根面積の割合を50%と想定した⁽¹²⁾。

さらに、PVシステムは日当たりの良い住宅に設置されると想定した。住宅における日当たり条件の良さを表す尺度に関して利用可能な統計データとして、平均日照時間が5時間以上の世帯の割合⁽¹³⁾を用いることとした。なお、この日照時間は、10月1日前後の晴天の日に居住室に日が当たっている時間を世帯の回答によって調査した結果である。

図6 9県・8都市における1世帯あたりの延床面積と日照時間5時間以上の住宅の割合との関係

Fig. 6. Relation between total floor space per household and ratio of houses with sunshine duration of 5 hours or more in 9 Prefectures and 8 cities.

本論文では、各メッシュについて日照時間5時間以上の世帯の割合を算出し、上述の各メッシュにおけるPVシステムが設置可能な屋根の総面積に乘じて、PVシステムの設置面積を算出した。ただし、世帯における平均日照時間に関する統計データは、県、大都市圏および政令指定都市の単位で公表されているにすぎない。そこで、各メッシュにおける日照時間5時間以上の世帯の割合を以下のように想定した。

まず、本論文で対象としているような同一県内の様々な地域における日照時間の差は、気象条件の差ではなく、地域における建物の密度や形状などの差の影響が大きいと考える。一般に、建物密度が高い地域では、高層の集合住宅の割合も大きく、1世帯あたりの延床面積も小さくなると考えられる。一方、地域メッシュ統計には、各メッシュにおける1世帯あたりの平均延床面積のデータ項目がある⁽²⁾。そこで、愛知県および県内の各都市と住宅条件や日照条件が類似すると考えられる9県（千葉県、神奈川県、静岡県、愛知県、岐阜県、三重県、兵庫県、広島県、福岡県）と8都市（千葉市、川崎市、横浜市、名古屋市、神戸市、広島市、北九州市、福岡市）について、1世帯あたり住宅延床面積 x と平均日照時間5時間以上の世帯の割合 y との相関図を図6に示すように作成し、次式のように定式化して、各メッシュにおける平均日照時間5時間以上の世帯の割合を算出した。

$$\text{一戸建住宅： } y = 20.4 \times \ln(x) - 19.7 \quad (R^2 = 0.80) (\%)$$

$$\text{長屋建住宅： } y = 49.2 (\%)$$

$$\text{共同住宅： } y = 27.3 \times \ln(x) - 63.4 \quad (R^2 = 0.92) (\%)$$

ただし、図6の□印にて示すように、長屋建住宅については、各県・都市の実績値から算出した1世帯あたり住宅延床面積と平均日照時間5時間以上の世帯の割合との間に明確な相関が見られなかったため、全てのメッシュについて、平均日照時間5時間以上の世帯の割合として愛知県の

図7 各メッシュにおける住宅用PVシステムの賦存量

Fig. 7. Potential capacity of residential PV system in each grid-square.

値を用いた。最後に、単位設置面積あたりのPVシステムの設備容量（交流出力）を 0.12 kW/m^2 と想定して設置可能面積に乘じ、各メッシュにおける住宅用PVシステムの賦存量を算定した。

図7に各メッシュにおけるPVシステムの賦存量を示す。同図の横軸は各メッシュの賦存量の昇順、左側縦軸は累積メッシュ数、右側縦軸は全メッシュの賦存量の累積値を示す。同図に示すように、全メッシュ合計の住宅用PVシステムの賦存量は約4,800MWであり、2010年におけるわが国の導入目標に匹敵する。個々のメッシュに着目すると、一戸建住宅が主体の数メッシュにおいてPVシステムの賦存量は $10,000 \text{ kW/km}^2$ 程度となった。比較として、PVシステムの集中導入地区である群馬県太田市城西の杜では、平成17年3月現在、約 0.12 km^2 のエリア内に約1,200kWのPVシステムが導入されており、導入密度は約 $10,000 \text{ kW/km}^2$ になる。したがって、本論文で検討対象とした4000メッシュのうち、数メッシュはPVシステムの集中導入の実証地区と同程度の賦存量となると考えられる。ただし、大半のメッシュでは賦存量は数 $1,000 \text{ kW/km}^2$ であり、導入密度は最大でもPVシステムの集中導入の実証地区の数分の一程度である。

〈4・3〉住宅用CGS賦存量 図8に住宅用CGS賦存量の算定手順を示す。市販されているガスエンジン型の発電機容量は 1.0 kW 、開発中の燃料電池型も $0.7 \text{ kW} \sim 1.0 \text{ kW}$ であることを考慮して、住宅用CGSの単機容量を 1.0 kW と想定した。燃料電池型の場合、発電効率：35%、熱回収効率：40%（いずれもLHV）と想定すると、熱出力は約 1.1 kW となり、24時間連続運転すれば約 100 MJ/day の排熱回収が可能である。

住宅用CGSの設置には、本体と貯湯槽のスペースを確保する必要があることから、本論文では、一戸建住宅のみを対象とした。なお、将来的には数kWクラスの住宅用CGSを集合住宅に導入することも考えられるが、適性容量の設定が困難なため、本論文では考慮していない。また、一戸建住宅に関しても、住宅用CGSの温水が有効利用されるこ

図 8 各メッシュにおける住宅用 CGS 容量の算定手順

Fig. 8. Steps to calculate potential capacity of residential CGS in each grid-square.

とを前提として、以下の理由により、世帯人員が3人以上の一戸建住宅に導入されるものと想定した。まず、日本建築学会が実施したアンケート調査の結果⁽¹⁴⁾に基づき、世帯人員別・月別に一日あたりの温水需要を算定した。その結果、世帯人員3人以上であれば、夏期においても30MJ/day程度の温水需要となった。この場合、上述の排熱回収量との比較により、住宅用CGSを負荷率30%程度で運転することで、廃棄される熱を小さくできると考えられる。以上の理由により、本論文では、世帯人員が3人以上の一戸建住宅に導入されるものと想定した。なお、上述のアンケート調査の結果から、温水需要の地域差は小さいことが確認されている。したがって、本論文における一戸建住宅用CGSの発電機容量の想定は、他の地域を対象とした検討においても適用できると考えられる。

次に、各メッシュについて、世帯人員3人以上の一戸建て住宅数に関するデータが必要になるが、地域メッシュ統計には、世帯人員別の一戸建住宅数に関するデータ項目はない。そこで、一戸建住宅のみが存在するメッシュについて世帯人員別の世帯数を算定した結果、世帯人員が3人以上の世帯は約70%であった。この値に基づき、全てのメッシュについて、一建住宅の70%が世帯人員3人以上と想定した。また、住宅用CGSの単機容量は、電力と熱需要が無駄なく利用できると思われる規模として、電気出力で1kWと想定した。このような想定に基づき、各メッシュについて、一戸建住宅数の70%に1kWを乗じて、住宅用CGSの賦存量を算定した。

図9に各メッシュにおける住宅用CGSの賦存量を示す。全メッシュ合計の賦存量は約1,000MWであり、PVシステムよりも小さい。また、メッシュ別の賦存量についても、最大で1,800kW/m²程度であり、98%のメッシュにおいて1,000kW/m²以下、すなわちPVシステムの集中導入の実証地区の導入密度の10分の1以下であった。これは、PVシステムと比較して、住宅用CGSの単機容量は小さく、一戸建住宅の70%のみに導入されると想定したためである。

なお、本論文における住宅用CGS賦存量の算定方法は、

図 9 各メッシュにおける住宅用 CGS の賦存量

Fig. 9. Potential capacity of residential CGS in each grid-square.

図 10 各メッシュにおける業務用 CGS 容量の算定手順

Fig. 10. Steps to calculate potential capacity of CGS in commercial sector in each mesh.

基礎データとして地域メッシュ統計に記載の世帯数に基づいており、温水供給の観点からも単機容量：1kWは概ね妥当な大きさと考えられることから、PVシステムの場合よりも誤差は小さいと考えられる。ただし、一軒の住宅にPVシステムとCGSとが重複して導入される場合を含んでおり、実際の導入ではPVシステムとCGSのうち一方しか導入されない可能性がある。また、高効率の温水供給機器という観点では、ヒートポンプ式給湯器との競合も考えられる。そこで、より適切な各分散型電源の賦存量算定には、Consumer Behavior (CB) 分析に基づいたモデル⁽¹⁵⁾等を用い、競合を考慮した検討が必要である。

〈4・4〉業務用CGS賦存量 図10に業務用CGS賦存量の算定手順を示す。業務用CGSの導入対象として、本論文では、温熱需要が大きいホテル、病院および店舗の3業種のみを対象とし、温熱需要が小さい事務所や学校などは対象外とした。まず、3業種について、全国におけるCGS導入済みの施設の規模とCGS導入容量とを文献等によって調査した⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾。結果を図11に示す。施設規模を表す指標としては、CGSが導入されていない大部分の施設についてデータの入手が容易な項目として、ホテル：客室数、病院：病床数、店舗：売場面積を用いた。これらの実績に基づき、同図中に示すように、設備規模と設備容量との関係を定式化した。

次に、愛知県内でCGS未導入の全ての施設について売

図 11 業務部門 3 業種における建物規模と CGS 導入実績との関係

Fig. 11. Relation between building capacity and installed CGS capacity in three demand types in commercial sector.

図 12 業務部門 3 業種における CGS 賦存量

Fig. 12. Potential capacity of CGS in three demand types in commercial sector.

場面積などの施設規模を調査し^{(17)~(21)}、上述の相関式を用いて施設ごとに導入可能量を算出した。最後に、各施設の住所から、対応するメッシュごとに CGS 導入可能量を集計し、各メッシュにおける業務用 CGS の賦存量を算定した。なお、このような算定方法においては、図 11 に示した既存の CGS 導入需要家における施設規模と CGS 容量との関係式の適切な想定が重要である。現時点では図 11 に示した程度のばらつきを踏まえて関係式を設定しており、相応の誤差が含まれる点に留意されたい。

各メッシュにおける業務用 CGS の賦存量の算定結果を図 12 に示す。同図 (a) のホテルについては、ホテルを含むメッシュ数が限られるため、全メッシュ合計の賦存量は他の業種よりも小さい。ただし、ホテルの立地が集中する駅を含むメッシュ等では、1 メッシュあたりの賦存量が 5,000 kW 以上になる場合があった。同図 (b) の病院の場合、全メッシュ合計の賦存量はホテルの場合よりも大きく、同図 (c) の店舗の場合と同程度である。ただし、CGS の単機容量がホテルよりも大きい施設が多いが、様々な地域に施設が分布しているため、他の業種と比較して賦存量が小さいメッシュが多い。同図 (c) の店舗の場合、1 メッシュあたりの賦存量の最大値は 3 業種の中では最も大きく、また、店舗が存在するメッシュ数も多いため、全メッシュ合計の賦

存量も最も大きい。ただし、大半のメッシュでは、1 メッシュあたりの賦存量は他の業種と同程度である。なお、上述の住宅用の PV システムや CGS と比較して、業務部門 3 業種における CGS が導入されるメッシュ数は 1 桁少ないため、賦存量は合計で 210 MW となった。

なお、本論文では、温熱需要が小さい事務所などは対象外とした。しかし、20 kW クラスの小型 CGS においても排熱を利用した冷熱供給が可能になりつつあり、事務所等への小型 CGS の導入が拡大する可能性も考えられる。今後、このような場合を考慮して、業務用 CGS の賦存量を算定する必要があると考えられる。

5. 考 察

電力需要に対して分散型電源の賦存量が大きいメッシュでは、配電系統への影響も大きくなると考えられる。そこで、各メッシュについて、最大電力需要に対する各分散型電源の賦存量の比（以下、導入比と呼ぶ）を算定した。結果を図 13 に示す。同図 (a) は昇順の導入比と累積メッシュ数との関係、同図 (b) は昇順の導入比と全メッシュにおける分散型電源賦存量の累積値との関係を示す。

住宅用 PV システムの場合、同図 (a) に示すように、約 90% のメッシュにおいて最大電力需要に対する導入比は

図 13 各メッシュにおける最大電力需要に対する分散型電源賦存量の比

Fig. 13. Ratio of potential capacity of distributed generators to maximum electricity demand in each grid-square.

200%以下となった。住宅用 CGS の場合は、同図 (a) に示すように、ほぼ全てのメッシュにおいて導入比は 40% 以下となった。さらに、業務用 CGS (3 業種合計) の場合は、導入比が 10% 以下のメッシュが 8 % を占めた。また、全ての分散型電源の合計では、約 67% のメッシュにおいて導入比は 200% 以下となった。ただし、400% 以上となるメッシュも数個存在しており、そのような地域への分散型電源の大量導入に関しては、技術的な対応についての検討が必要になると考えられる。

このような分散型電源の導入比の統計的な評価は、分散型電源の大量導入を想定した配電システムをモデル化する場合の一つの目安になると考えられる。例えば、PV システムの導入容量として最大電力需要の 200% を想定したモデルシステムを用いた検討において、PV システムの大量導入に電力システムが対応できることを確認できれば、図 13(a) から PV システムが最大電力需要の 200% 程度導入される地域数や該当地域全体の電力需要を見積もることができ、さらに、図 8(b) から系統側の制約なしに導入可能な PV システムの総量を統計的に算定できる。

なお、本論文における検討では、メッシュごとの最大電力需要と分散型電源の賦存量との関係を示したに過ぎないが、分散型電源の出力が電力システムに与える影響について検討するには、電力需要パターンと各分散型電源の発電パ

ターンとの時間的な関係も考慮する必要がある。そこで筆者らは、本論文の結果に基づき、日射量の実測データから算出した PV システムの出力変動特性や CGS の典型的な運転パターンを考慮し、地域の電力需要の密度や大きさが異なる複数の配電システムモデルを用いて、電圧上昇・変動の観点から分散型電源の導入可能容量の統計的な算定を試みている。その結果については、次報に譲る。

6. あとがき

本論文では、様々な地域を対象として分散型電源の賦存量の統計的に算定するための基礎データとして地域メッシュ統計に着目し、1 km × 1 km の地域単位で民生部門の電力需要および分散型電源の賦存量を算出した。その結果、例えば PV システムの場合、大半のメッシュにおいて賦存量は数 1,000 kW/km² となり、導入密度は最大でも PV システムの集中導入の実証地区の数分の一程度となった。また、業務部門 3 業種 (ホテル、病院、店舗) における CGS の賦存量は、導入されるメッシュが限られるため、合計で 210 MW となった。さらに、地域の最大電力需要に対する分散型電源の賦存量の比を算定した結果、67% のメッシュにおいて導入比は 200% 以下となった。

本論文で算定した各種分散型電源の賦存量や電力需要に対する導入比は、分散型電源の大量導入を考慮した配電システムモデルを構築する場合の一つの目安になると考えられる。そこで現在、本論文の結果に基づき、地域の電力需要の密度や大きさが異なる複数の配電システムモデルを用いて、系統運用上の技術的制約からみた分散型電源の導入可能量等について統計的な評価を試みている。なお、上述のように、本論文の提案手法では、様々な想定に基づいている。今後、提案手法による算定結果に基づき様々な検討を行うためには、典型的な需要地域における実態調査などを反映させて、評価手法を改善する必要がある。これについては、今後の課題としたい。

本論文は、平成 17 年度文部科学省科学研究費補助金萌芽研究 (No.17656308) の補助を受けた。また、本論文における各種データ収集に協力していただいた卒業生の金由生君に感謝する。

(平成 18 年 1 月 4 日受付, 平成 18 年 4 月 17 日再受付)

文 献

- (1) 電力中央研究所：新エネルギー導入評価分析調査 (II) (1993)
- (2) 総務省統計局：地域メッシュ統計 平成 12 年度国政調査 (2002)
- (3) 総務省統計局：地域メッシュ統計 平成 13 年度事業所統計調査 (2003)
- (4) 総務省統計局：平成 10 年住宅・土地統計調査 確報集計結果 (報告書掲載表) 23 愛知県 第 7 表 (2001)
- (5) 総務省統計局：平成 13 年事業所企業統計調査全国結果 事業所に關する集計第 1 表 (2001)
- (6) 国土庁土地局：「平成 10 年法人建物調査速報集計結果 第 1 巻全国編 (1998)
- (7) 柏木孝夫 監修：天然ガス コージェネレーション計画設計マニュアル 2000, 日本工業出版 (2000)
- (8) 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編：EDMC エネルギー・

- 経済統計要覧(2005年版), p.83, 財団法人省エネルギーセンター(2005)
- (9) 藤井拓郎・下田吉之・森川貴夫・水野 稔:「熱負荷計算を組み込んだ都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発世帯詳細区分型都市住宅エンドユースモデルの開発と応用(1)」, 日本建築学会環境系論文集, No.589, pp.51-58 (2005)
- (10) 総務省統計局:平成10年住宅・土地統計調査 確報集計結果(報告書掲載表) 23 愛知県 第28表(2001)
- (11) I. Toda, R. Sakai, S. Nishikawa, and H. Sugihara: "The Evaluation Method on Operation Characteristics of Clustered PV Systems—Influence of the evaluation results by average processing interval—", The Papers of Technical Meeting on Frontier Technology and Engineering, IEE Japan, FTE05-40 (2005) (in Japanese)
戸田一成・境 隆介・西川省吾・杉原裕征:「集中連系型太陽光発電システムの運転特性の評価法—平均化処理間隔の評価結果への影響—」, 電気学会新エネルギー・環境研資, FTE05-40 (2005)
- (12) 電力中央研究所:平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書太陽光発電システム実用化技術開発「太陽光発電システムの実証研究」(高密度連系技術の研究)(2000)
- (13) 総務省統計局:平成10年住宅・土地統計調査 確報集計結果(報告書掲載表) 第35表(2001)
- (14) 井上 隆:「エネルギー消費量と住まい方の実態について」, 日本建築学会第2回住宅エネルギーシンポジウム資料(2005)
- (15) E. Imamura and H. Asano: "Penetration Analysis of Residential PEFC Cogeneration Systems and Heat Pump Systems", Proc. of the 22th Annual Meeting of Japan Society of Energy and Resources, pp.299-302 (2002) (in Japanese)
今村栄一・浅野浩志:「技術間競合を考慮した家庭用PEFCの普及要因分析」, 第22回エネルギー資源学会研究発表会講演論文集, pp.299-302 (2003)
- (16) 社団法人日本ガス協会:平成8年度都市ガスコージェネレーション導入実績集(1997)
- (17) 厚生問題研究会:全国病院名鑑(2002)
- (18) オータパブリケーションズ:日本ホテル年鑑 Part1 東日本編, Part2 西日本編(1992)
- (19) デパートニュース社:百貨店調査年鑑(1998)
- (20) 日本ショッピングセンター協会:ショッピングセンター名鑑(1994)
- (21) 商業界:日本スーパー名鑑 店舗編上・下(1998)

加藤 丈 佳

(正員) 1996年3月名古屋大学大学院工学研究科博士課程後期課程修了。同年4月名古屋大学理工科学総合研究センター助手, 2005年5月同大学大学院工学研究科助教授, 現在に至る。2002年国際応用システム分析研究所(IIASA)研究員。工学博士。エネルギーシステムに関する研究に従事。エネルギー・資源学会会員。

杉本 寛 幸

(学生員) 2005年3月名古屋大学大学院工学研究科博士課程前期課程修了。在学中は配電系統における分散型電源の導入影響評価に関する研究に従事。現在, 東京電力株式会社勤務。

鈴置 保 雄

(正員) 1978年3月名古屋大学大学院工学研究科博士課程後期課程修了。同年4月名古屋大学工学部助手, 同講師, 同助教授を経て, 1995年4月同大学理工科学総合研究センター教授, 2003年4月同大学大学院工学研究科教授, 現在に至る。工学博士。主として, 電気電子材料, エネルギーシステムに関する研究に従事。IEEE, 応用物理学会, 高分子学会, エネルギー・資源学会会員。