

〔審査付論文（研究論文）〕

住宅街区特性から見たスマートグリッド導入適性

Suitability of Introducing Smart Grids on a Residential Block Scale

Mamoru TANIGUCHI : University of Tsukuba, Graduate School of Systems
and Information Engineering

谷口 守*

Junta OCHIAI : University of Tsukuba, Graduate School of Systems
and Information Engineering

落合 淳太**

Although realizing a low-carbon society has become a global issue, it is necessary to reduce environmental impacts on a local scale, such as at the block level. Smart grid technology is expected to play an important role to address this challenge. Nevertheless, smart grid technology has not been examined from the viewpoint of local factors based on a block scale. This study evaluates the suitability of smart grid use with emphasis on characteristics of each block and the mode of living of inhabitants.

keywords : *block scale, smart grid, low-carbon society, suitability evaluation*

1. はじめに

低炭素社会の実現が世界的にも大きな課題となっている¹⁾。また、2011年3月には東日本大震災が発生したことによる電力供給不足、および原発事故による諸問題の発生に伴い、原子力を含む巨大システムに頼ったエネルギー供給のあり方についても課題が顕在化している。このような問題に対し、以前よりエネルギーや環境負荷を居住地域の内部でなるべくバランス（地産地消）できる部分を増やしていこうとする提案もなされてきた^{2,3)}。また、このような考え方を実現していくための要素技術は日進月歩の進化を遂げている。しかし、一方でそれら要素技術を実際の社会の中でどれだけ有効に受け入れることが可能かといった観点に立つ検討や、その実態を踏まえた仕組みづくりはまだ十分に行われていない。特に市町村のような粗いスケールではなく、個別の取り組みの結果が直接反映される「住宅街区」（以下「街区」

と略記）のローカルなスケールでの検討が強く求められるようになってきている⁴⁾。しかし、現在までの議論の中で、街区特性を踏まえた既存の住宅不動産ストックがどの程度エネルギーの地産地消に向いているかといった視点は無い。

一方でこういった課題に対し、太陽光発電や電気自動車、および電力の制御機構などの要素技術を組み合わせたスマートグリッド⁵⁾導入の議論が盛んになっている。住宅地街区においてその最も一般的な形態は、電気自動車が内在する蓄電池の活用を通じ、太陽光エネルギーを安定的に利用するとともに、世帯内および世帯間での電力融通を想定するものである⁶⁾。このような仕組みを実現することで、地域で消費するエネルギーをなるべく地域で賄うというエネルギーの地産地消へと一歩近づくことが期待される。また、このような状況を背景に、近年では特定の都市を対象にしてスマートグリッド導入によるCO₂削減効果を算出した研究⁷⁾も既に存在する。

谷口 守*（たにぐち まもる）正会員・筑波大学大学院教授

落合 淳太**（おちあい じゅんた）正会員（院生）・筑波大学大学院生

しかしこれに対し、どのような特性を有する街区において導入を進めれば、このようなスマートグリッドの特長がより活かせるか、という視点からは残念ながら十分な検討がなされていない。たとえば経済産業省では特定の都市（横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市）で既に実証実験を実施している⁸⁾。しかし、ここで対象となっているのは、たとえば豊田市⁹⁾では新たに住宅地（70世帯）を整備したエリア、北九州市¹⁰⁾では環境配慮のまちづくりを進めるために開発された非常に先進的なエリアである。そこで初めて得られる様々な結果は間違いなく有益なものになろう。しかし、これらの取り組みはショーウィンドー的要素が強いことは否めない。わが国の諸都市における不動産ストックとしてありふれた、ふつうの、かつ多様な属性を有する実際の街区がそれぞれどのような導入適性を備えているかという検討にこれらが十分応える事は難しい。なぜなら、街区内の住宅形態や暮らし方に応じ、無理なく地産地消化できるエネルギーの量は街区によって当然異なってくるはずだからである。また、人口減少社会に突入した我が国において、住宅供給は飽和状態となってきた中、エネルギーの地産地消という新たな要素が加わることで、今までとは異なる不動産的価値をその土地に与え、住宅需要の掘り起こしができる可能性を有している。どのような特性を持つ街区において、そのような新たな価値を加えやすいのかという検討は今後の不動産市場を考える際に必要な要素となる可能性がある。

このような背景から、本研究では街区特性（土地利用規制や人口密度など）によって暮らし方や家庭内電力消費量、およびスマートグリッドを構成する電気自動車（EV）の利用量に違いが生まれることを考慮して、特性の異なる多様な街区を対象にスマートグリッド導入の適性評価を行う。さらに、このようにエネルギーの地産地消という新たな視点からまちづくりを考えた場合、その方向性が既存のまちづくりの考え方とどのような親和性を有しているかについてもあわせて検討を加える。

以下、本論文では、まず2.において分析対象街区と使用データの概要について整理する。次に3.

において分析における前提を述べる。4.において段階的に実施する適正評価の方法を示した上で、5.において街区ごとの適正評価結果を考察し、その結果に対してどのような要因が影響しているかについてさらに分析を加える。最後に6.において、本論文で得られた知見をまとめる。

2. 分析対象街区と使用データの概要

(1) 分析対象街区に求められる要件

先述したように、本研究ではスマートグリッドとして最も一般的な、住宅居住者が自家用電気自動車の蓄電池を活用し、太陽光エネルギーの有効利用を世帯および街区ではかるタイプを想定する。このため、スマートグリッド導入適性を吟味する上で、居住者の交通行動（特に自家用車利用行動）が正確に把握できることが分析を進める上で一つの重要な条件となる。ここでの「正確に把握」という条件の中には、充電できる時間帯が大きな意味を持つ太陽光発電との対応関係が特に重要になる。世帯構成員がいつの時間帯に電気自動車を利用しているか（その間は充電できないし、蓄電池にためられた電力の家庭での利用も不可）を、全国の対象とする街区で同じ精度で把握する必要がある。

一方、分析対象街区は、意義ある検討を行うためにはなるべく特性が多様な街区を幅広く対象に含める配慮が求められる。特に太陽光発電機器の居住者一人当たりの設置面積は住居の形態に大きく左右されることが予想されるため¹¹⁾、土地利用の実態および用途規制の内容の双方は重要なポイントになる（本研究では街区レベルでの各世帯における設置を前提とした検討のため、大規模空地における大規模太陽光発電については検討の対象外である）。同時に、人口密度や、自動車利用の程度に影響を及ぼす公共交通条件なども配慮できることが望ましい。さらに、暮らし方によって家庭で電気を使う生活時間帯も異なることから、居住者の個人属性に対する考慮もあわせて必要である。

(2) 分析対象街区と関連使用データ

以上のように、本分析の目的を達成する上で、対象街区を分析する上での諸データと、交通行動

側の必要データの両方の条件を満たすことは容易ではない。これらの両方の条件を満たす分析対象の設定として、検討の結果、全国の多様な70都市から、それぞれ約30の街区をランダムサンプリングし、居住者の交通行動を調査した「全国都市交通特性調査」の調査街区（各街区面積は20ha程度）と調査サンプルを活用することが、唯一の方法であると判断した。この調査は都市の基礎的な交通特性を把握することを本来の目的としており、本研究では分析時点で入手できる最新の平成17年度の調査結果を用いることとした。

なお、この全国都市交通特性調査で対象となったおよそ2,000にのぼる街区は、本研究での興味の対象である居住者の自動車利用行動という観点から、既に130の特性の似た街区に類型化されている¹²⁾。本論文では分析を効率的に行うことと、多種多様な特性を持つ街区を対象するということを両立させるため、これら130分類された住宅地タイプから上記(1)で述べた諸要件を配慮し、不動産ストックの特徴を形成する圏域特性や土地利用規制、人口密度、駅からの距離を因子とし、実験計画法を用いて特性の異なる23の街区を分析対象として設定した。表-1に分析対象街区の一覧、表-2に圏域特性の設定条件を示す。その都市が所属する圏域特性別にⅠ～Ⅳ、用途規制別に低層住居専用地域はa、中高層住居専用地域はb、住居地域・混在地域はc、商業地域はd、市街化調整区域はeと表現している。駅までの距離に関しては、過去の既存研究¹³⁾より最寄り駅までの距離が1km未満の地区は自動車利用量が相対的に少ないという結果が示されており、このような特性をもつ街区は電気自動車へのシフトが行いやすい可能性がある。そのため、駅からの距離で分類できる街区については、最寄り駅までの距離が1km未満の場合を「近」、それ以上の場合を「遠」とし、交通行動の差異による影響を分析できるようにした。なお、大都市圏中心都市における中高層住宅の用途地域指定が90%以上の街区だけは、街区によって実際に中高層住宅に住む世帯数比はかなりのばらつきがある事が既存研究¹²⁾より明らかにされている。このため、本研究ではⅠ-bに関してのみ、

表-1 分析対象とした住宅街区一覧

圏域特性	分類条件			番号
	土地利用規制	人口密度	駅距離	
Ⅰ 大都市圏中心都市	低層住居専用地域90%～	～100人/ha	－	Ⅰ-a1
	低層住居専用地域60%～90%	～100人/ha	遠	Ⅰ-a2
	中高層住居専用地域90%～①	－	－	Ⅰ-b1
	中高層住居専用地域90%～②	－	－	Ⅰ-b2
	中高層住居専用地域90%～③	－	－	Ⅰ-b3
	住居地域60%～	150人/ha～	－	Ⅰ-c
	市街化調整区域25%～50%	－	－	Ⅰ-e
Ⅱ 大都市圏衛星都市	低層住居専用地域90%～	～100人/ha	遠	Ⅱ-a1
	低層住居専用地域90%～	100人/ha～	－	Ⅱ-a2
	中高層住居専用地域90%～	－	近	Ⅱ-b
	住居地域60%～	100人/ha～	－	Ⅱ-c
	市街化調整区域25%～50%	50人/ha～	－	Ⅱ-e
Ⅲ 地方中心城市	低層住居専用地域60%～90%	50人/ha～	－	Ⅲ-a
	中高層住居専用地域60%～90%	50人/ha～100人/ha	遠	Ⅲ-b1
	中高層住居専用地域60%～90%	～50人/ha	－	Ⅲ-b2
	住居系混在	50人/ha～	－	Ⅲ-c
	商業地域60%～	100人/ha～	－	Ⅲ-d
	市街化調整区域50%～75%	～50人/ha	遠	Ⅲ-e
Ⅳ 地方都市	低層住居専用地域60%～90%	50人/ha～	－	Ⅳ-a
	中高層住居専用地域60%～90%	～50人/ha	－	Ⅳ-b
	住居系混在	～50人/ha	近	Ⅳ-c
	商業地域60%～	50人/ha～	－	Ⅳ-d
	市街化調整区域75%～	－	遠	Ⅳ-e

表-2 圏域特性の設定条件

	中心都市	衛星都市及び地方都市
大都市圏	Ⅰ 政令指定都市あるいは人口100万人以上の都市	Ⅱ PT調査において三大都市圏に定義される都市で中心都市の条件を満たさない都市
地方	Ⅲ 県庁所在地あるいは人口15万人以上の都市	Ⅳ 三大都市圏以外の都市で中心都市の条件を満たさない都市

その中身をさらに3段階（Ⅰ-b1～b3）に分けて検討を加えた。具体的には中高層住居に実際に居住する世帯の割合を70%未満、70%以上90%未満、90%以上の3段階に分けている、これら23の街区を対象に、本研究の目的であるスマートグリッドの導入適性と街区特性との関係を分析していく。

3. 分析における前提

本研究では、街区ごとのスマートグリッド導入適性評価を実施する上で、(1)世帯レベルで時間帯ごとに太陽光発電によって発電できる電力量、(2)家庭での消費される電力量、及び(3)電気自動車利用の実態を明らかにする必要がある。それぞれの算出においてはいくつかの前提が必要となり、本

分析結果はあくまでその前提のもとでの結果という限界を有するとともに、示された結果は潜在的可能性（ポテンシャル）であるという点に注意が必要である。

(1) 太陽光発電量の算出

本研究では太陽光パネルの量産による価格の低下が進み、どの住宅においても太陽光パネルが普及しているという前提のもとで分析を行う。日射量の設定条件は、太陽光パネルは各自自由に設置できる場所であると仮定して日射量を多く取り込める真南、傾斜30度とし、太陽光発電量は日射量(kWh/m^2) \times システム出力係数 $0.7 \times$ パネル容量3(kW) \div 日射強度1(kW/m^2)として算出を行った¹⁴⁾。また、居住している住宅が集合住宅の場合は戸建て住宅に比べて1世帯あたりの屋根面積が限られていることから、その建物の1棟当たりの戸数で除することで世帯当たりの設置面積とした。低層住宅や集合住宅の戸数については、対象街区の現地調査を踏まえたデータベース¹²⁾を元に設定している。

なお、太陽光発電量を算出するためには日射量データが必要となる。本研究では全国836地点で実際の日射量を1時間ごとに観測した気象官署・アメダスにおけるデータベースより、分析対象街区を含む都市に最も近い地点の日射量を抽出して1日の太陽光発電量の算出を行った。その結果、1日の太陽光発電量の平均は 9.97kWh 、標準偏差が1.17となり太陽光発電量には気候などの影響で多少のばらつきがあることが具体的に示されたが、本研究の主旨として、最初の段階として住区の有する不動産ストックとしての特性による影響の検討を目的としていることから、気候条件については全国の平均値を用いて分析し、今後の地方ごとのニーズに応じて気候条件に関する部分はパラメータ的に変更できるような構成とした。

(2) 家庭内消費電力量の算出

家庭内電力消費量については1世帯当たりの平均電力量をベースとしている。しかし、居住環境によって消費量や消費時間は異なることが考えられる。例えば、単身世帯でかつ昼間は働いている場合、電力消費量は複数世帯に比べ少なく、消費

割合は夜間の方が多くなる。そこで、家庭内消費電力量の算出には個人属性によって1日の生活時間がどのように異なるかを改めて整理し¹⁵⁾、時間帯ごとの電力消費量を個人属性に連動させた。また、世帯人数によっても一人当たりの電力消費量は異なるため、その差異も計算においては考慮し¹⁶⁾、1世帯ごとに算出を行った。家庭内消費電力には太陽光で発電されている時間帯はその電力を使用することとする。

(3) 電気自動車利用の実態

電気自動車の特徴は、1回の充電で移動できる距離が限られていることである。また、充電のための時間も一方で確保する必要がある。電気自動車の価格は量産によって低下しつつあるが、この性能面での制約を考慮し、本研究では現在のすべての自動車利用世帯が電気自動車に転換するというのではなく、一定条件を満たした世帯のみが電気自動車に転換するという前提を置いている。具体的には市販されている電気自動車のスペックを参考に、先述した全国都市交通調査の交通行動データに対し、1日の走行距離が 100km を超える車、1日のEV使用電力に対して充電時間が不足する車、の2つ判断基準を設定した。これら2つの基準のいずれかに抵触すれば電気自動車利用に不適合であると判断し、それ以外の車はすべて電気自動車に置き換わったという前提のもとで分析を行う。

これら(1)～(3)の諸前提は現在得られるデータから最大限実態に添うように工夫を行ったものであるが、一方で、その限界も十分認識しておく必要がある。特にいずれの数値も特定の一日の、具体的には平均値に相当するデータを用いた分析といえる。発電量、消費電力量、及び交通行動はいずれも日によって変動があり、本来であればそのような変動の組み合わせも検討することが望ましい。また、実際の個人行動はある程度長期的な観点からそれらの変動も考慮した上で決定される性格を有している¹⁷⁾。これら長期的な変動情報を全国レベルで個人のパネルデータという理想形で収集することは、本論文のような全国的な視点からすべての住宅街区特性を幅広くカバーすることを主眼

とする限り、理想ではあるが事実上不可能である。この課題については、今後それぞれの分野で調査を重ねて改善がはかれることを期待する。

また、本研究で想定した状況の潜在的な実現可能性についても吟味が必要である。太陽光発電では住宅・土地統計調査において太陽光による発電設備を持った住宅が平成15年から平成20年の間に約2倍も増加している。この速度は、例えばエアコンの過去のいずれの時点での普及率増加をも超えるものである。また、電気自動車は1993年には平均価格で2000万円と設定されているのに対し¹⁷⁾、17年後の2010年には電気自動車の代表格である三菱自動車のi-MiEVが398万円¹⁸⁾と0.2倍になっている。この価格低下は1990年のパソコンの平均価格が28.4万円（普及率10%）であったものが、17年後の2007年に12.2万円（普及率75%）と0.43倍になった低下速度をはるかに超えている。新規技術普及の正確な予測は容易なことではないが、上記のような現時点での変化の速度を見ると、太陽光発電や電気自動車が一般的な家電製品として普及するという本論文の想定について、その実現までの時間については配慮が必要だが、潜在的な実現可能性が存在しないということは無いと判断できる。

4. 適性評価の方法

(1) 適性評価に用いる指標

太陽光発電を導入した世帯では晴れの日の昼間などに余剰電力が生じる場合がある。余剰電力とは太陽光発電量が家庭内消費量を上回ること、家庭で消費しきれない発電電力のことを指す。スマートグリッドを導入することで、この余剰電力を、例えば自宅にある電気自動車へ蓄電し、その電力を夜間使用する、といったように余剰電力を新たに活用することが可能となる。この特長を踏まえると、余剰電力をより活用できる街区の方が一般的にスマートグリッドに適しているといえる。このことから本研究では評価指標として「1世帯あたり余剰電力活用可能量(以下、活用可能量)」を使用する。活用可能量は活用前(スマートグリッド技術導入前)の余剰電力量から活用後の余剰電力を引いたもので表される。具体的には、活用可

能量は3.で説明した前提をもとに1時間単位で各世帯の電力需給状況(太陽光発電量と家庭内消費電力量)と自動車の利用状況を1世帯一人ずつ把握し、余剰電力が発生する時間やEVへ蓄電可能な時間(EVが自宅にある時間)、またその必要電力量(次の日も同じ行動を行うと仮定して、その分の使用電力量を計算)などを分析し、算出を行った。各世帯で同じ計算を同時に行うことを通じ、電力融通を通じた活用可能量を明らかにする。

(2) 適性評価の手順

スマートグリッドが導入されることで、街区全体で活用可能量が最大でどれだけ存在するかを提示することを通じ、本研究では適性評価を実施する。そのためには、条件の変化に応じて一つずつステップを重ねて検討を加えることが望ましい。具体的には、個人、世帯内、街区内にそれぞれ着目した3段階のステップを通じ分析を行う。まずは各世帯内で可能なかぎり余剰電力を活用し、それでも余剰電力の存在する場合は、他の世帯への電力移動を考えることで、街区内の活用可能量の最大化を考える。

まず、STEP1の個人レベルの検討では、電力利用の見える化(スマートメーターによって世帯の電力需給状況をリアルタイムで把握できる)を通じ、「A-1 買い物などの行動を行う時間の変更」、「A-2 電気自動車を充電する時間の変更」を行う。例えば、余剰電力が発生している時間帯に充電を行うよう個人レベルで行動をシフトさせることで余剰電力を電気自動車に活用することを考える。具体的には、全国都市交通特性調査の個人行動データをもとに、A-1はその日の行動が買い物行動のみでかつそれに自動車を使用している人を対象に行動時間を調べ、余剰電力が発生する時間帯に買い物行動などを行っている場合は、その行動時間をずらし余剰電力を電気自動車の充電に使用するような行動変化を行った場合を想定し分析を行った。A-2は自動車で行動している人を対象に、自宅に自動車がある時間帯を調べ、可能な限り余剰電力が発生している時間帯に充電を行うようにすると想定して分析を行った。

次にSTEP2の世帯内レベルでは、一般的な「B

電力の平準化」(平準化とは時間帯によって異なる電力の需要量や供給量の差を少なくすること)を念頭に置く。例えば、昼間の余剰電力を電気自動車に蓄電し、その電力を夜間に放電することで、余剰電力を世帯内で消費する。具体的には、全国都市交通特性調査のデータをもとに、自動車を保有している世帯を対象にして、自宅に自動車がある時間を世帯ごとに調べ、余剰電力が発生している時間に自動車が自宅にある場合は可能な限りその電力を充電すると想定して分析を行った。STEP2では自宅にあるEVに余剰電力を可能な限り蓄電し、その電力を夜間などに家庭の電力に使用することを想定していることがポイントである。

STEP3では以下2つ(C, D)のを行う。「C街区区内での電力の融通」(融通とは世帯間で電力をやり取りすることを指す)は、例えば1世帯あたりの発電量が少ない集合住宅に対して戸建て住宅で生じる余剰電力を補填することなどを指す。分析方法はSTEP1, 2の行動を行っているという前提のもとで、まず電力需給状況を一世帯ずつ把握し、街区区内における総余剰電力量と太陽光発電では賄いきれていない世帯の総使用電力量を計算し、街区区内で融通できる電力量の算出を行った。「D電力の平準化」は例えば、昼間の余剰電力を他の世帯にある電気自動車に蓄電をさせてもらい、夜間その電力を再び自宅に融通し、家庭内電力として使用することで余剰電力を活用する。具体的には、Cにおいて電力の融通を行ってもなお余剰電力が発生している街区を対象に、その余剰電力の発生時間を把握する。そして、その時間に同じ街区区内においてEVが自宅にあり、かつSTEP2を行ってもまだ蓄電が行う余地があるEVを把握し、余剰電力をそのEVに蓄電してもらうということを想定して分析を行った。

以下ではこの手順に従い、活用可能量を段階別に算出した。

5. 街区ごとの活用可能量に関する分析結果と考察

分析の結果、街区ごとの1世帯当たり合計活用可能量は図-1のようになった。また、図-4に

街区特性をあわせて提示し、図-1で示された適性の差にどのような要因が影響を与えるのかを考察する。なお、図-4では適性と実態の関連を詳細に検討するため、平均1棟当たり戸数など街区での実態データを示した。さらに、図-5に街区ごとの段階別活用可能量、図-6に合計活用可能量と余剰電力量を示し、それぞれの結果が街区間でどのように違うのかを考察する。以下の図では街区を合計活用可能量が多い順に上から順番に並べており、上にいくほどスマートグリッド導入によって余剰電力が有効活用できる街区であることを示している。また、(4)では各世帯に家庭用蓄電池が普及する可能性も十分考えられることから、さらに6kWhの家庭用蓄電池¹⁷⁾が設置された場合を想定し、活用可能量の算出を行った(図-7)。以下に、考察を述べる。

(1) 適性評価の結果と影響要因

1) 図-1より、活用可能量が最も多いIV-b(図-2)は最も少ないI-b3(図-3)と比較して数値に4倍もの大きな開きがあることが分かる。このことから、街区特性をよく吟味しながらスマートグリッド導入対象街区を選択することの意義は実際に大きいことが明らかと

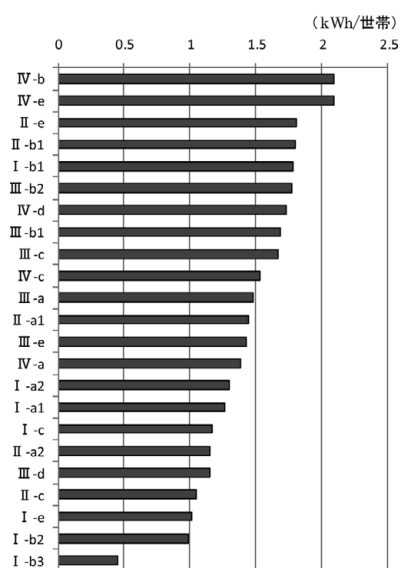


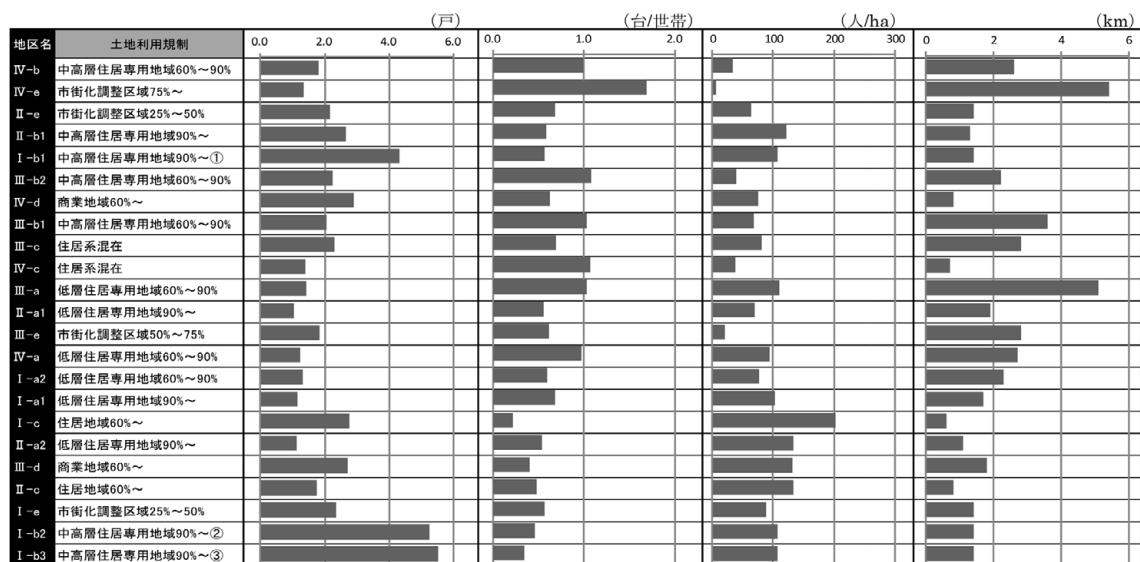
図-1 街區別合計活用可能量



図-2 活用可能性が最も多いIV-bに該当する街区の例



図-3 活用可能性が最も少ないI-b3に該当する街区の例



1 棟当たり戸数

EV 保有台数

人口密度

駅からの距離

【相関係数：0.66**】

【相関係数：-0.56**】

【相関係数：0.41】

図-4 街区特性データ

【 】内活用可能性との関係、無相関の検定：**1%有意

なった。

- 2) 図-4より、まず土地利用規制に関しては用途規制上、中高層住居専用地域の占める割合の高い街区が活用可能性の多い上位グループと、活用可能性の少ない下位グループの両方に位置していることがわかる。中高層住居は建物の構造上、一世帯当たりの太陽光発電電

は小さい。このため純粋にほぼ中高層住宅のみで構成される街区(I-b3)は活用可能性も小さく下位に来る。一方で、IV-bのように用途規制上は中高層住居地域の面積比が高くとも、実際は世帯当たり太陽光発電電量が相対的に大きい戸建て住宅も多く立地している街区もある。そのような街区では住宅間での電力

融通の可能性が高まるため、逆に上位グループに位置している。

- 3) ただし、I-cのように戸建て住宅と集合住宅が混在しながらも下位に位置しているような街区も存在する。このような街区はEV保有台数をみるとわかるように、EV保有台数が少ない街区である。居住者の交通行動から考えて、自動車の使用距離が長いなどでEV普及が難しい街区では多くの活用可能量は期待できないことがわかる。
- 4) 図-4におけるEV保有台数と人口密度、駅からの距離それぞれと活用可能量との関係の分析結果をみると、EV保有台数が多いほど、人口密度が低いほど活用可能量が高くなるという関係にあることが分かり、この結果から低密な郊外型街区の方が適性が高くなる傾向が読み取れる。

(2) STEPごとの検討結果

- 1) 段階別活用可能量(図-5)をみると、それぞれの街区によって活用可能量の段階的な内訳に違いがあることが示されており、街区の特性によって有効となる電力の活用方法が異なることが定量的に示された。

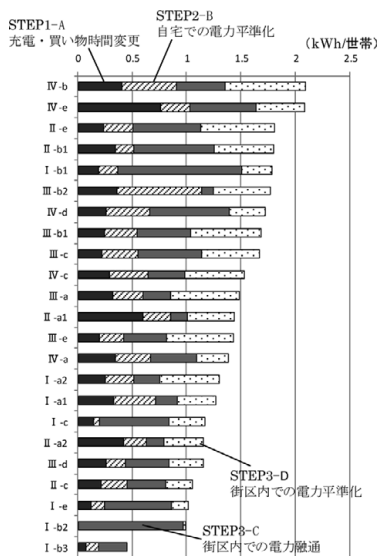


図-5 段階別合計活用可能量

- 2) 例えば、中高層住宅を中心に戸建て住宅の立地もみられる街区I-b1では、戸建住宅で余る電力を中高層住宅で消費することができるため、街区内で電力をやり取りするSTEP3-Cでの活用可能量が半分以上を占めている。一方、EV保有台数が他の街区よりも多いIV-eやIII-b2では、自宅のEVへの蓄電によって電力を活用するSTEP1-AとSTEP2-Bで半分近くを占めている。

(3) 合計活用量と余剰電力量との関係

- 1) 合計活用可能量と余剰電力量との関係(図-6)を土地利用規制データ(図-4)とあわせてみると、II-a1やII-a2のような余剰電力量が多い街区は低層住居専用地域60%以上の街区である。一方で、I-b1のように余剰電力量が少ない街区は中高層住居専用地域60%以上であることが分かる。
- 2) I-b1のように余剰電力量は少ないにもかかわらず合計活用可能量が多い街区、II-a2のように余剰電力量が多いにもかかわらず合計活用可能量が少ない街区もある。余剰電力量が多いからといって合計活用可能量が多いとは限らない。

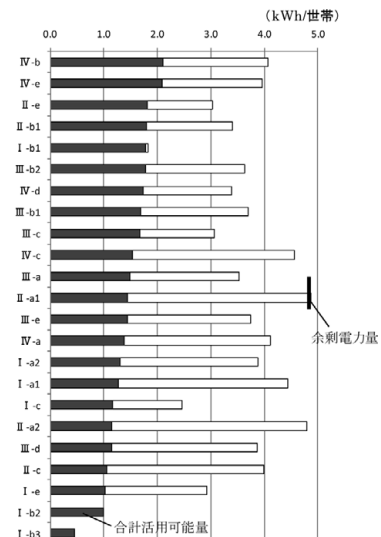


図-6 合計活用可能量と余剰電力量との関係

3) ただし、集合住宅が世帯に占める割合が高く、余剰電力量が極端に少ないⅠ-b2とⅠ-b3は、それに制限される形で活用可能量が決まってしまう。

(4) 家庭用蓄電池が普及した場合の変化

- 1) 家庭用蓄電池が普及した場合、用途規制が低層住居専用地域 a である街区が大幅に順位を上げ、多くが上位に位置していることが分かる。特にⅡ-a1やⅡ-a2など低層住居専用地域が90%以上の街区は大きく順位を上げている。
- 2) 低層住居専用地域が多くを占めるような街区は、1世帯当たりの太陽光発電量が多い分、余剰電力も多い。その余剰電力を自宅の家庭用蓄電池にためることが可能となったため、このような結果となったと考えられる。

6. おわりに

本研究では、それぞれの住宅街区における不動産ストックとしての特性をふまえ、今後のスマートグリッドの効率的な普及を目的に、全国の街区から実際の交通行動データと街区特性データを収集し、多種多様な既存の街区を対象にその適性評価を行った。

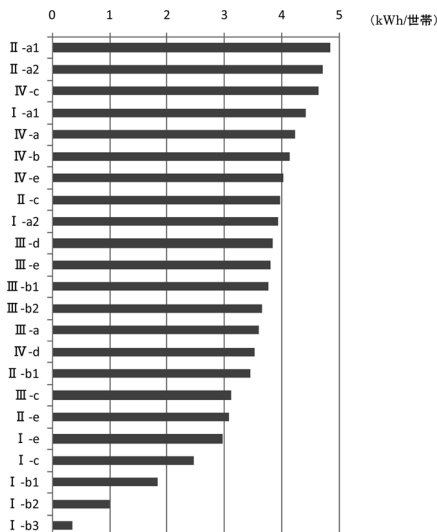


図-7 家庭用蓄電池が普及した場合の活用可能量

その結果、各家庭で蓄電池が設置されていない状況では活用可能量が最も多い街区は最も少ない街区の約4倍の活用可能量であるなど、その街区の特性によって差があることが明らかとなり、スマートグリッドを導入するうえで対象街区を選択する意義があるということが示された。また、余剰電力と活用可能量との関係を見ると、活用可能量には限界があり、余剰電力が多い街区だからといって活用可能量が多くなるとは限らないということも示された。さらに、本研究の結果から郊外における戸建住宅と中高層の集合住宅が適度に混在し、電力を相互利用できる環境にある街区で適性が高い傾向にあることが定量的に明らかとなった。各家庭で蓄電池が設置された場合は余剰電力をより多く使うことが可能になり、発電量が多い街区ほど適性が高くなる傾向にあることが示された。

各街区の人口密度や駅からの距離などの諸データもあわせて考慮すると、今後目指すべき市街地像の一つとしてよく提示される、公共交通の利便性が高いコンパクトで高密度な街区では必ずしもスマートグリッドに適性が有ると言えない可能性が高い。つまり、エネルギーの地産地消を不動産の新たな価値と考えた場合、社会的に望ましいとされるコンパクトシティよりも市街地周辺に多く見られる戸建てと集合住宅が混在した地域において価値を見出しやすいことが示されたといえる。このような結果を踏まえ、今後の都市計画において環境負荷低減と住宅地の整備をどのように行っていくことが望ましいのかという検討をする必要がある。たとえば今後の検討課題として、コンパクトな市街地形成に伴う環境負荷等の削減効果と、スマートグリッド導入を介したエネルギー地産地消の効果を重ね合わせ、都市構造計画とスマートグリッド導入策を連動して議論していく必要性があることが本研究より示唆されたといえる。また、今回の結果はあくまで潜在的な活用可能量を明らかにしたものであることにも注意が必要である。なお、近年は電気自動車の性能の軸となる蓄電池のエネルギー密度が約15年間で5.2倍になる¹⁹⁾など、技術進歩が著しい。また、東日本大震災を受

けてに関連して、安定的な電力供給に役立つ蓄電池のニーズがアップしており²⁰⁾、このような動きが電気自動車に加えて各家庭での充電機能の技術革新を進める可能性も高い。本研究ではあくまで現時点で容易に利用できる要素技術の水準を前提としたが、これら諸技術の革新が進展することによる感度分析的な検討も必要である。

謝辞

最後になったが、本研究では国土交通省都市交通調査会が実施した全国都市交通特性調査のデータを活用する機会を得た。また、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤B, 22360202）の助成を得た。さらに、匿名の査読者より有益な助言、コメントを頂いた。記して謝意を申す。

参考文献

- 1) 環境省 中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会：中長期の温室効果ガス削減目標を実現するための対策・施策の具体的な姿 <http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-92/mat01-1.pdf>, 最終閲覧2011.04.
- 2) 例えば、佐土原聡・柴田理・市川徹・尾島俊雄 (1995), 東京都区部におけるコージェネレーション導入地区の選定に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.468, pp47-54.
- 3) 例えば、氏原岳人・谷口守・松中亮治 (2008), エコロジカル・フットプリント指標を用いた環境負荷の地域間キャップ&トレード制度の提案—“身の丈に合った国土利用”に向けた新たなフレームワークの構築—, 都市計画論文集, No.43-3, pp877-882.
- 4) 環境省 中央環境審議会地球環境部会中長期ロードマップ小委員会：中長期の温室効果ガス削減目標を実現するための対策・施策の具体的な姿 地域GW, <http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-92/mat01-6.pdf>, 最終閲覧2011.04.
- 5) 経済産業省 次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会：次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて, <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g100129d01j.pdf>, 最終閲覧2011.04.
- 6) 経済産業省 次世代エネルギー・社会システム協議会：次世代エネルギー・社会システムロードマップ(国内), <http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100408a04j.pdf>, 最終閲覧2011.04.
- 7) 横井隆志・山本祐吾・東海明宏・盛岡通 (2010), 低炭素都市の形成に向けた街区更新およびエネルギー計画の統合を支援するシステム開発, 土木学会論文集G, Vol.66, No.1, pp.17-34.
- 8) 経済産業省：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2011.04.
- 9) 愛知県豊田市：『家庭・コミュニティ型』低炭素都市構築実証プロジェクトマスタープラン, <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/masterplan002.pdf>, 最終閲覧2011.04.
- 10) 福岡県北九州市：スマートコミュニティ創造事業マスタープラン, <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/masterplan004.pdf>, 最終閲覧2011.04.
- 11) 小林隆史・大澤義明 (2002), 太陽光発電導入が地域空間構造に与える影響, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.37, pp.1-6.
- 12) 谷口守・松中亮治・中道久美子 (2007), ありふれたまちかど図鑑—住宅地から考えるコンパクトなまちづくり—, 技報堂出版株式会社。
- 13) 谷口守・池田大一郎・吉羽春水 (2002), コンパクトシティ化のための都市群別住宅地整備ガイドラインの開発, 土木計画学研究論文集, Vol.19, No.3, pp.557-584.
- 14) 住環境計画研究所：ソーラークリニック <http://www.jyuri.co.jp/solarclinic/index.htm> 最終閲覧2011.08.
- 15) NHK放送文化研究所編 (2006), 日本人の生活時間・2005—NHK国民生活時間調査, NHK出版。
- 16) 統計局ホームページ：平成17年家計調査 世帯人員別電気代, <http://www.stat.go.jp/data/kakei/index.htm>最終閲覧2011.4
- 17) 石田東生・後藤正也・久保田雅人 (1993), 自動車の運行状況からみた低公害車の適用可能性, 環境システム研究, Vol.21, pp.279-288.
- 18) 環境省, 低公害車ガイドブック2010, <http://www.env.go.jp/air/car/vehicles2010/index.html>, 最終閲覧2011.10.
- 19) 資源エネルギー庁：蓄電池技術の現状と取り組みについて, <http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90225a05j.pdf>, 最終閲覧2011.04.
- 20) 日本経済新聞, 2011年4月14日, 朝刊。