

# 分散型エネルギーシステム導入の面での コンパクトシティ政策の影響について The impact of the compact city policy in terms of the introduction of distributed energy systems

○高須賀 アマラ\*<sup>1</sup>, 渡辺 俊\*<sup>2</sup>  
Amara TAKASUGA \*<sup>1</sup>, Shun WATANABE \*<sup>2</sup>

\*1 筑波大学大学院 社会工学学位プログラム

Master's Degree Programs in Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba.

\*2 筑波大学システム情報工学系 教授 博士(工学)

Professor, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba. Ph.D. in Eng.

キーワード：分散型エネルギー；日射量解析；再生エネルギー

**Keywords:** distributed energy system; solar radiation analysis; renewable energy.

## 1. はじめに

### 1.1. 背景

異常気象による気象災害、そして地震の多い日本では、安定供給確保のための電力インフラが必要である。しかし従来の電力インフラは、大規模・集中型であり、災害発生時に広範囲にわたる停電が発生してしまう脆弱性がある。これに対して、分散型エネルギーシステムの構築が効果的であるとされている。分散型エネルギーとは、「比較的小規模で、かつ様々な地域に分散しているエネルギーの総称であり、従来の大規模・集中型エネルギーに対する相対的な概念」<sup>(1)</sup>であり、地域の再生可能エネルギーを活用し、一定規模のエリアで面的に活用するというものだ。

分散型エネルギーの一つの形態として、資源エネルギー庁では地域マイクログリッドが推奨されている。その定義は、「平常時は下位システムの潮流を把握し、災害等による大規模停電時には自立して電力を供給できるエネルギーシステム」<sup>(2)</sup>であり、もとはアメリカの電力供給信頼性対策連合(CFRTS)によって提唱された分散型エネルギーの典型的なモデルの一つである。

これを導入することによって、「災害時のエネルギー供給の確保によるレジリエンスの向上」、「エネルギー利用の効率化」、「地域のエネルギーを活用することによる地域産業の活性化」のメリットがある。

### 1.2. 既往研究の整理

谷口らの研究(2012)<sup>(3)</sup>では、将来の技術革新を想定してスマートグリッドを有効にするための施策やそれらがどのように影響するかを分析し、効果が高まる街区の特

徴を把握した。落合らの研究(2013)<sup>(4)</sup>では、居住地へのスマートグリッド導入と、EVの普及を前提として、ある1日について電力の自給自足が可能であるかというポテンシャルの算出を行った。都市の特性を説明変数として電力の自給率を被説明変数とした重回帰モデルを構築した。また、スマートグリッドに関する技術進歩による自給率の変化を分析した。自給率の高い都市の特性は、コンパクトシティと反対の特性を持つことが明らかにされている。

### 1.3. 研究の目的

都市がコンパクト化すると、建築面積当たりの住民数が減り、建物の屋根・屋上に設置する太陽光パネルをメインとした分散型エネルギーの導入を考えると、むしろ効率的でなくなる可能性がある。

一方で、人口減少や居住誘導により、空き地となるような土地は増えることが予想され、そのような土地に地上設置型の太陽光発電施設を設置することで、居住誘導区域内でコンパクト化した際に減少した、建物の屋根・屋上で発電ポテンシャルを補うことができると考える。

そのため、地域マイクログリッドをはじめとした分散型エネルギーの導入のしやすさと、都市のコンパクトさを両立した都市政策を検討する。

本研究の新規性としては、発電ポテンシャルについて、地上設置型の太陽光発電施設の検討をする点が挙げられる。

## 2. 地上設置型太陽光発電施設に関する法律

地上設置型太陽光発電施設は、設置する際に主に表

2.1 で挙げられているような法律が関わっており、十分な注意が必要である。設置する場所を選ぶ際にはこれらの法律で指定された地区内には許可や届け出が必要となる。そのため、今回はこのような地域に指定されている地域は着目せず、現在建築物が建てられている地域を対象に分析を行う。

表 2.1 地上設置型太陽光発電施設に関する関係法令

法令等	届け出や許可が必要となる該当条件等
都市計画法	市街化調整区域：0 m <sup>2</sup> 以上 市街化区域：1000 m <sup>2</sup> 以上 非線引き都市計画区域等：3,000 m <sup>2</sup> 以上 そのほかの地域：10,000 m <sup>2</sup> 以上 開発行為を行う時。
農地法	市街化区域内で農地転用する時。市街化区域外で農地転用する時。
農業の振興地域の整備に関する法律	農用地区域内の農地を農用地区域から除外する時。
森林法	地域森林計画対象の民有林内において 10,000 m <sup>2</sup> を超えた開発行為を行う時。
鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律	鳥獣保護区の特別保護地区内において開発行為を行う時。
絶滅のおそれのある野生動物の種の保存に関する法律	環境大臣が指定する生息地など保護区などの区域内において指定される行為を行う時。
自然公園法	特別地域または普通地域で開発行為を行う時。
砂防法	砂防指定区域内において、指定された行為を行う時。
地すべり等防止法	地すべり防止区域内で指定された行為を行う時。
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内で指定された行為を行う時。

### 3. 対象地と対象地の立地適正化計画

研究の対象地としては、今後コンパクト化が求められる地方都市で、立地適正化計画を策定している都市として、茨城県土浦市を選定した。

土浦市は、茨城県南部の中心都市として長い歴史を持つ。しかし、産業構造の変化や都市間競争の激化などにより、中心市街地の空き店舗の増加や居住人口の減少などの問題が発生している。これをうけ、人口減少や高齢化が進む中でも生活サービスや公共交通に誰もが容易にアクセスできる、「コンパクト・プラス・ネットワーク」の都市構造を構築することを目標に、市では全域を対象に、立地適正化計画を定めた<sup>(5)</sup>。

居住誘導区域の設定の仕方としては、現在指定している市街化区域の中で将来人口の予測、公共交通網、日常サービス施設、都市基盤整備の状況などから、居住誘導区域の候補を選び、そのうち工業地域などの居住に適さ

ない地域や、防災上考慮すべき地域を除外したものを居住誘導区域に定めている。

都市機能誘導区域については、各拠点の目指すべきまちづくりの方向性を明確化したのち、徒歩圏の仮拠点区域を設定し、区域を定めるうえで考慮すべき条件を確認し、設定している。土浦市には、土浦駅周辺地区、神立駅周辺地区、荒川沖駅周辺地区、おおつ野地区の4つの都市機能誘導区域と、その周辺に居住誘導区域が設定されている。

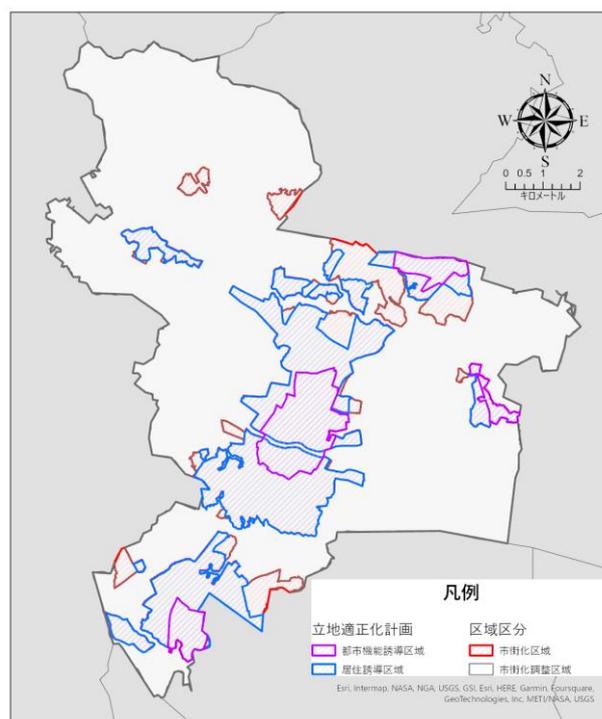


図 3.1 土浦市の都市機能誘導区域及び居住誘導区域

### 4. 研究の方法

今回の研究では、都市のコンパクト化を「全住民が立地適正化計画で定めた居住誘導区域内への移動を完了させること」と定義する。これは極端な定義になるが、都市のコンパクト化による発電ポテンシャルの変化を最大限計算することができることから、このような定義とした。

この定義のもと、現在と計画完了後の発電ポテンシャルを比較する。計画完了後では、全住民が居住誘導区域内に移住するため、現在居住誘導区域外にある住居をはじめとした建築物はすべて居住誘導区域内で代替され、建築物の跡地は空き地になるとする。これにより、もともと建築物の屋上・屋根の部分だけであった太陽光パネルの設置候補地が、土地に変わり、発電ポテンシャルが変化することを想定している。また、ポテンシャルの変化に着目することから、居住誘導区域外の建築物・土地のみに着目して比較する。

ここで、土浦市の立地適正化計画から、市街化区域内

かつ居住誘導区域外の土地については、工場が立地している場合や防災上適さない土地である可能性があるため注意が必要である。工場については、立地適正化計画から移転の可能性は読み取れず、発電ポテンシャルに変化を与える要素ではないと考えられるため、今回の計算の対象外とする。

まず、現在の発電ポテンシャルを計算する。居住誘導区域外に建てられている住宅をはじめとする建築物の屋上・屋根の全面に太陽光パネルを取り付けた場合のポテンシャルを計算する。これは、基盤地図情報から取得した建築物の外形のデータ<sup>(6)</sup>を用い、ArcGIS Pro によってその建築物の日射量を計算し求める。

次に、計画完了後の発電ポテンシャルを計算する。居住誘導区域外の土地の中で、都市的土地利用細分メッシュデータ<sup>(7)</sup>により取得した土地利用が、高層建物・低層建物・低層建物（密集地）となっているものを対象に分析を行う。そのうち、前章で挙げた関連法令により規定された地区は太陽光発電の設置に許可や届け出が必要となり、太陽光発電施設を設置する候補地としての順位が低いと考えられるため、これらの地域に含まれるものは除外する。以上の条件を満たすものについて、ArcGIS Pro により日射量を計算し、発電ポテンシャルを求める。

最後に、これらと比較することで、居住誘導区域外の発電ポテンシャルの変化を求めることができる。

発電量の計算式としては、環境省の『我が国の再生可能エネルギー導入ポテンシャル』<sup>(7)</sup>によると、

年間発電量(kWh/年) = 設備容量 (kW) × 地域別発電量係数 (kWh/kW/年)

設備容量 (kW) = 設置可能面積 (m<sup>2</sup>) × 設置密度 (kW/m<sup>2</sup>)

地域別発電量係数 (kWh/kW/年) = 市区町村ごとの年間日射量 × 総合設計係数 ÷ 標準日射強度

である。総合設計係数 0.88、標準日射強度 1kW/m<sup>2</sup>とする。

## 5. 結果

### 5.1 現状の発電ポテンシャル

現在の居住誘導区域外の日射量を計算すると、図 5.1.1 のようになった。市内全体で日射量の年間平均は 1303.671751kWh/m<sup>2</sup>となる。設置可能面積は GIS での計算により 4,119,731.6 m<sup>2</sup>、設置密度は REPOS での戸建て住宅 0.167kW/m<sup>2</sup>を採用して、設備容量は 687,995kW となる。地域別発電量係数については、1147.23kWh/kW/年と計算できるので、年間発電量は 789.289GWh と計算できる。

### 5.2 立地適正化計画完了後の発電ポテンシャル

土浦市の土地利用、関連法令によって定められた地域については、図 5.2.1、図 5.2.2 のようになった。これら

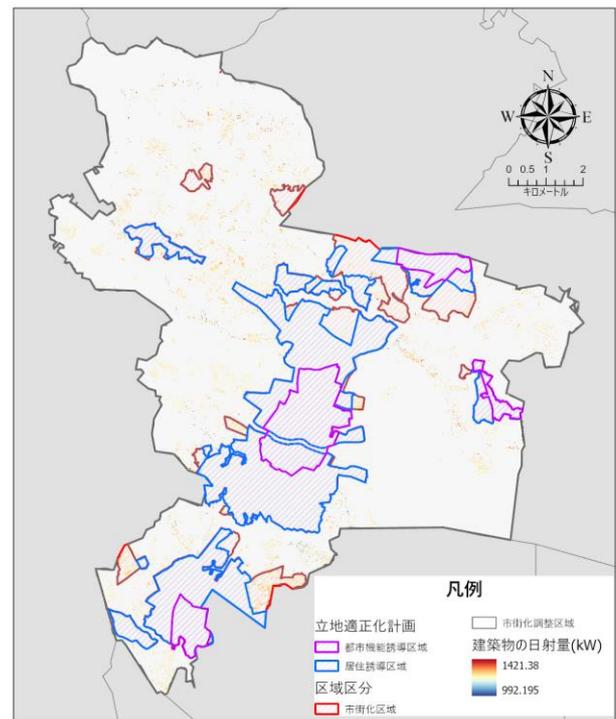


図 5.1.1 現状の発電ポテンシャル

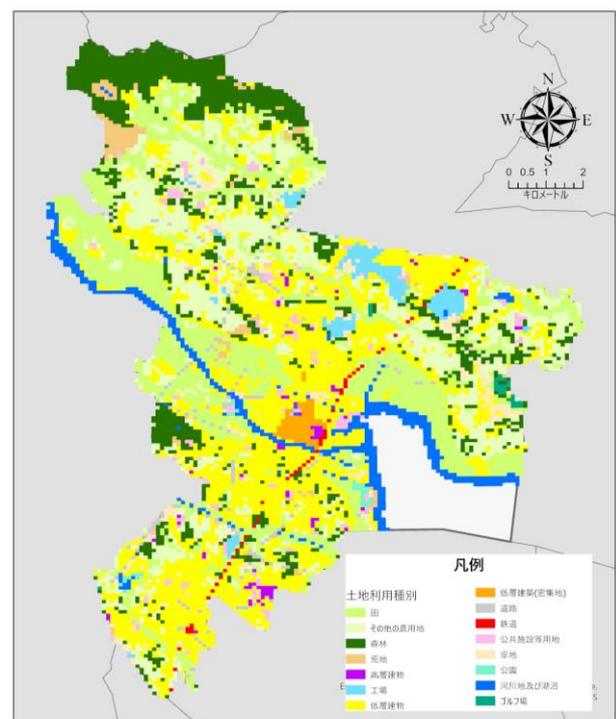


図 5.2.1 土浦市の土地利用

をもとに、計画完了後の発電ポテンシャルを計算すると、図 5.2.3 のようになった。

市内全体で日射量の年間平均は 1299.254125kWh/m<sup>2</sup>となった。設置可能面積は GIS での計算により 9,639,025.5 m<sup>2</sup>、設置密度は REPOS での戸建て住宅 0.111kW/m<sup>2</sup>を採

