

空間情報を用いた再生可能エネルギーに対する支払意思に影響を与える要因の分析

小松原 建人¹・キーリー アレクサンダー 竜太²・馬奈木 俊介³

¹学生会員 九州大学大学院学生 工学府都市環境システム工学専攻(〒819-0395 福岡市西区元岡 744)

E-mail: komatsubara.kento.290@s.kyushu-u.ac.jp

²九州大学助教 工学研究院環境社会部門・都市環境システム工学(〒819-0395 福岡市西区元岡 744)

E-mail: keeley.ryota.alexander.416@m.kyushu-u.ac.jp

³九州大学主幹教授 工学研究院環境社会部門・都市環境システム工学(〒819-0395 福岡市西区元岡 744)

E-mail: managi@doc.kyushu-u.ac.jp

本研究では、分析に空間情報を組み込むことで、再生可能エネルギーの社会的受容性への影響要因を評価する既存研究の枠組を拡張した。既存研究で見ることができていなかった発電所、自然資本、人工資本、再生可能エネルギー導入ポテンシャルの空間情報を分析に統合した結果、発電所の近接性、周辺の自然の豊富さが、再生可能エネルギーに対する支払意思に影響することが示された。また、視認しやすい太陽光発電所が社会的受容性に負の影響を与える一方で、視認しにくいものは影響を与えないことが示された。本研究は、空間情報を統合し、CVMを用いて再生可能エネルギーの社会的受容性への影響要因を分析した最初の研究であり、特に発電施設の有無や発電所の視認性が社会的受容性にどのように影響を与えるかを示すことで、新たな知見を提供するものである。

Key Words: Renewable Energy, Social Acceptance, CVM, Visibility, Spatial Analysis

1. 導入

「アジェンダ 2030」の中心である SDGs(持続可能な開発目標)の目標 17 項目は、貧困や不平等に対処し、地球環境を守るための道筋を定めている。持続可能なエネルギーは、アジェンダ 2030 の成功の中心を担う。エネルギーに関する世界目標である SDG7 は、3 つの主要な目標を含んでいる。それは、現代的なエネルギーサービスへの手頃な価格で信頼性の高い普遍的なアクセスを確保すること、世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を大幅に増加させること、そしてエネルギー効率の改善率を世界全体で 2 倍にすることである。これに対応するため、世界各国の政府は、低炭素エネルギー源、特に原子力と再生可能エネルギーのシェアを増やしている(Nuortimo et al., 2018)。日本では、2009 年 11 月に住宅用太陽光発電を対象とした固定価格買取制度(FIT)が開始され、2012 年 7 月に太陽光発電、風力発電、中小水力発電、地熱発電、バイオマスなどの再生可能エネルギー資源を対象とした新 FIT 制度が実施された。特に 2012 年の新 FIT 制度導入以降、太陽光発電の設置件数・

容量は図-1 のように急増し、2012 年から 2019 年までの年間容量増加率は 38.2%となっている。再生可能エネルギーの潜在的な利点としては、環境問題への対応、化石燃料への依存度の低減、エネルギーの安全性の確保、観光面での利点、生活の質の向上、天然資源の保護、地域開発と新規雇用の創出の支援、近隣地域への経済的利益などが挙げられる(Del Rio and Burguillo, 2009; Zografakis et al.,

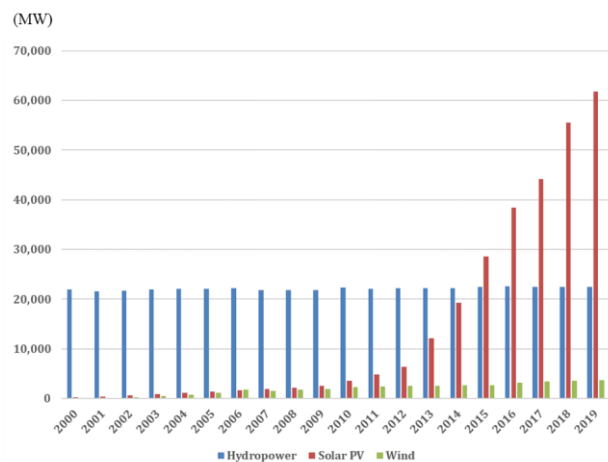


図-1 日本の太陽光発電、風力発電、水力発電の設置容量

2010). 米国で実施された仮想市場評価を用いて、再生可能エネルギーを支援するための世帯あたりの年間支払意思額(WTP)を推定した調査では、再生可能エネルギーへの投資は、気候変動に対応したエネルギー供給の確保とエネルギーの自給を実現するために望ましい方法であることが示されている(Li et al., 2009). 一方で、再生可能エネルギーの欠点として、再生可能エネルギー施設による景観破壊、近隣の生態系への影響、騒音公害、設置コストの高さなどが挙げられている(Del Rio and Burguillos, 2009; Zografakis et al., 2010; Zoellner et al., 2008). これらの欠点は、一般の人々が再生可能エネルギー事業に否定的な意見を持つことにつながる可能性がある。地域社会からの再生可能エネルギー事業に対する抵抗は、NIMBY(Not in My Back Yard)の頭文字をとったもの現象として広く知られており(Economou, 2010; Zoellner et al., 2008; Kaldellis, 2005), NIMBY 現象は、社会的対立や経済的損失につながる可能性を有している(Jobert et al., 2007).

再生可能エネルギーに対する社会的受容性を理解することは、エネルギー政策の策定や再生可能エネルギー事業の実施において重要である。再生可能エネルギー事業への国内投資と海外からの直接投資の両方において、コミュニティによる社会的受容性は、立地選定の主要な考慮要素である(Keeley and Matsumoto, 2018; Keeley and Ikeda, 2017). NIMBY 現象を含む社会的受容性に関する研究は、再生可能エネルギーに関するものに限らない。技術と社会的紛争は相互に影響しあい、一般の人々の技術に対する拒否反応につながる可能性がある。そのため、新規技術に対する社会的受容性の特性を心理学的に理解することの緊急性が強調されている(Gupta et al., 2012). 国家的に支援されている技術や政策は、積極的な投資や立地選定の決定の際に、グローバルレベルからローカルレベルへと移行する過程で問題に直面する(Bell et al., 2005). 再生可能エネルギー、炭素回収・貯蔵(CCS)、水素自動車などの持続可能なエネルギー技術を社会にうまく導入するためには、これらの技術が一般の人々に受け入れられる必要がある(Huijts et al., 2012). 技術の受容に影響を与える要因の決定に関する論文や調査は着実に増加している(Gupta et al., 2012). 国際エネルギー機関の風力エネルギー国際研究プロジェクトの一環として、世界各国の社会受容に関する国際的な研究結果が発表された。その結果、単に経済合理性だけでなく、地域福祉の向上を目的とした政策形成やプロジェクトの実施を促進するためには、社会的受容の要素についての更なる知見の蓄積が必要であることが示された(IEA, 2013). このように、再生可能エネルギーに関する立地選定や政策形成は、科学的知見に基づいて定量的に進められている。再生可能エネルギーに対する住民の受容性に関する研究では、住民の再生可能エネルギーに対する WTP を社会的受容性の指標と

して、仮想評価法(CVM)を用いて推計し、住民の選好の構成要素を明らかにすることが主なアプローチとして用いられている。WTP は年齢や世帯規模と負の相関があり、所得や教育年数と正の相関があるとする研究もある(Zamikau, 2003; Li et al., 2009; Koundouri et al., 2009). Stigka et al. (2014)はこの分野の研究の包括的なレビューを提供しており、最近の実証研究の一つとして Paravantis et al. (2018)がある。これによると、他のエネルギー技術と比較して、小規模であり分散型である再生可能エネルギーには、(1)立地選択の機会が増える、(2)外観上のインパクトが比較的大きい、(3)住宅地に近い場所に立地する、という特徴がある。社会的受容に関する研究では、これらの特性を考慮する必要があると指摘されている(Wünstenhagen et al., 2007). 地域住民の受容性は、再生可能エネルギー事業の実施可能性を左右する重要な要素であり、再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因についての理解を深めるための研究が増えてきている。しかし、先行研究の多くはアンケートデータのみを用いているため、社会的受容の構成要素が十分に理解されておらず、地理空間情報を考慮した詳細な分析が必要である。

本研究では、これまでの再生可能エネルギーの社会的受容の決定要因に関する先行研究で用いられてきた分析の枠組みを、地理情報システム(GIS)データを用いたアプローチで拡張した。日本における再生可能エネルギー(本研究では太陽光発電、風力発電、中小水力発電に焦点を当てている)の社会的受容の構成要素を、発電施設と周辺の人工物・自然環境などの空間情報を考慮して示した。本研究で提示された分析フレームワークにより、再生可能エネルギーの社会的受容性と各空間情報データとの関係の詳細を明らかにすることができ、科学的証拠に基づいた政策形成やプロジェクトの実施、地域福祉の向上につながることを期待される。本稿の構成は以下の通りである。第 2 章では、本研究で使用したデータについて説明する。第 3 章では、再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因の分析をするために用いた手法を概説する。第 4 章では実証結果を示し、議論を行う。第 5 章で結論を述べる。

2. データ

本章では、日本における再生可能エネルギーに対する社会的受容性の決定要因の分析、太陽光発電に対する社会的受容性に及ぼす発電所の視認性の影響の推計に使用したデータについて説明する。本研究では、既存の発電所(再生可能・非再生可能を問わず)データ、再生可能エネルギーのポテンシャルデータ、人的資本(HC)データ、自然資本(NC)データ、人工資本(PC)データの 2 つの大規模アンケートデータと様々な空間情報データを利用して

いる。これらの空間情報を再生可能エネルギーの社会的受容性の分析に取り入れることで、先行研究で用いられてきた分析の枠組みを拡張し、より高解像度での社会的受容性を構成する要素の影響度を明らかにした。

(1) WTP 調査データ

著者らは、住民の再生可能エネルギーに対する WTP を評価し、WTP に影響を与える決定要因を明らかにするために、2019年2月に Web アンケートを用いた全国調査を実施した。アンケートでは、回答者の居住地の近隣における太陽光発電、風力発電、中小水力発電の導入に対する WTP に加え、年齢、性別、世帯年収、教育年数、主観的幸福度などの個人属性を尋ねた。調査は 18 歳から 69 歳までの人を対象に実施し、回答者の居住地は図-2に示すように全国に分散している。合計 7,556 サンプルを収集した。世帯年収、教育年数、再生可能エネルギーごとの WTP に関する質問について、「その他」、「わからない」、「回答したくない」と回答した調査データを除外し、分析に使用したサンプル数は 3,813 となった。表-1 に、本調査で使用した調査から得られた変数の記述統計量を示す。世帯年収、教育年数、年齢のデータは、3 章 1 節で説明するように、回答者の HC を算出するために使用した。

(2) 国内既存発電所のデータ

住民の居住地に近い場所にある既存発電所の存在と視認性は、再生可能エネルギーに対する認識を変化させる可能性がある。本研究では、既存発電所が各再生可能エネルギーの社会的受容性に与える影響を調べるため、2019年1月までに日本国内に設置された再生可能・非再生可能エネルギー発電所を含む発電所の空間情報データを用いた。元データは国立情報学研究所から提供されたものである。本調査では、再生可能エネルギーについては、太陽光発電所(1MW以上)、風力発電所(80kW以上)、中小水力発電所(10MW未満)のデータを用い、非再生可能エネルギーについては、火力発電所(1MW以上、バイオマス混焼を含む、100%バイオマス専焼を除く)、原子力発電所、大規模水力発電所(10MW以上)のデータを用いた。各発電所の発電方式の違いによる立地の特徴は、分析に使用した既存発電所の分布図を示した図-3から見る事ができ、太陽光発電の地域は人口の多い地域、風力発電や中小水力発電所は山間部、火力発電所や原子力発電所は沿岸部が多いことがわかる。

分析に使用した風力発電所数は 421 基、中小水力発電所数は 1,838 基、火力発電所数は 334 基、原子力発電所数は 17 基、中小水力発電所数は 550 基となっている。日本

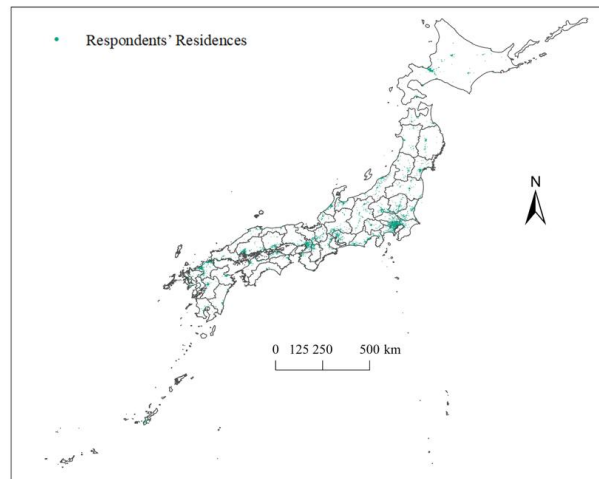


図-2 WTP 調査の回答者分布

表-1 WTP 調査から得られたデータの記述統計量

WTP 調査データ (N=3,813)				
変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
世帯年収(万円)	616.73	388.82	100	2500
教育年数	14.74	2.16	0	21
年齢	43.73	11.31	19	64
性別	0.56	0.50	0	1
主観的幸福度	3.57	0.98	1	5
WTP(太陽光発電)(円)	786.01	1804.19	0	19500
WTP(風力発電)	754.69	1708.76	0	19500
WTP(中小水力発電)	768.45	1738.47	0	19500

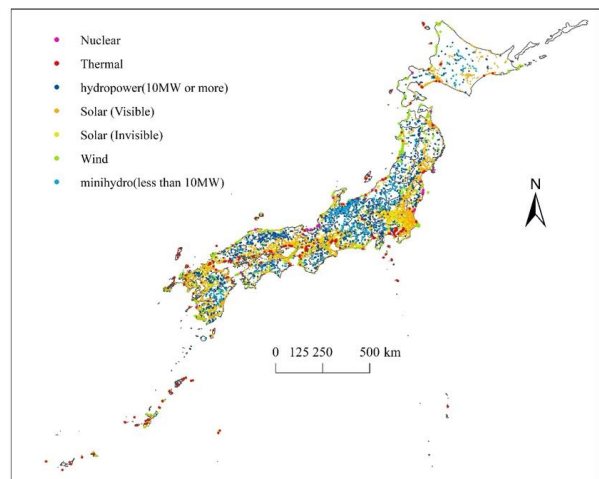


図-3 分析に用いた発電所の分布

で最も多く設置されている太陽光発電所については、「視認性の高い太陽光発電所」と「視認性の低い(ビルや公共施設の屋上に設置されているものを含む)太陽光発電所」の2つに分類されている。この分類に基づき、低視認性太陽光発電所 758 基、高視認性太陽光発電所 6,386 基を分析に使用した。これにより、発電所の視認

性の影響を調査することが可能となった。なお、家庭に設置されている小規模太陽光発電システムについては、その空間情報に関するデータの制限があるため、分析には含めていない。

(3) HC, NC, PCに関するグリッドレベルのデータ

HC, NC, PCは新国富指標(Inclusive Wealth Index)の構成要素である。新国富指標は、将来における消費可能性のある財の割引現在価値を、経済における資本資産と富の合計価値に関連付けるための一連の研究に基づき構築されている(Arrow et al., 2012; Dasgupta, 2009; Heal and Kristrom, 2005)。新国富指標の詳細については、Managi and Kumar (2018)を参照されたい。本研究では、住民の HC(知識, 適性, 教育, 技能など), 周辺の NC(森林, 農地, 河川・河口, 大気, 海洋, 土壌資源など), PC(道路, 建物, 機械, 設備など)の影響を調べるために、筆者らが構築した日本の HC, NC, PC データを用いる。HC, NC, PC データは、Inclusive Wealth Report 2018 (Managi and Kumar, 2018)で提示された方法に準じて、NASA の衛星データを用いて 30m メッシュレベルで算出している(Bingqi et al., 2020)。図4 は、本研究で使用した HC, NC, PC データの分布図である。また、参考までに Inclusive Wealth (IW) の分布図も示している。

(4) 再生可能エネルギーポテンシャルデータ

各再生可能エネルギー資源の導入ポテンシャルのレベルが各資源の WTP にどのような影響を与えるかを調べるために、環境省(2017)の導入ポテンシャルデータを用いた。導入ポテンシャルの評価は、太陽光は 500m グリッドレベル、風力は 100m グリッドレベルで行った。中小水力については、全河川と灌漑システムを対象に評価を行った。いずれも自然条件(標高, 最大傾斜など)と社会条件(自然公園, 住宅からの距離など)を考慮した評価となっている。ポテンシャル評価方法の総合的な解説は、環境省(2017)の太陽光発電, 風力発電, 中小水力発電の導入ポテンシャルデータを参考にしている。図5 は、全国の各再生可能資源の導入ポテンシャルを示したものである。

3. 方法

先行研究の分析手法を踏襲し、再生可能エネルギーに対する WTP を社会的受容性の指標とした。まず、日本における再生可能エネルギーに対する WTP を評価するアンケート調査から得られたデータを用いて、第2章で述べた、既存発電所(再生可能・非再生可能を問わず)、再生可能エネルギーのポテンシャルデータ、人的資本データ、自然資本データ、人工資本データなどの空間情報

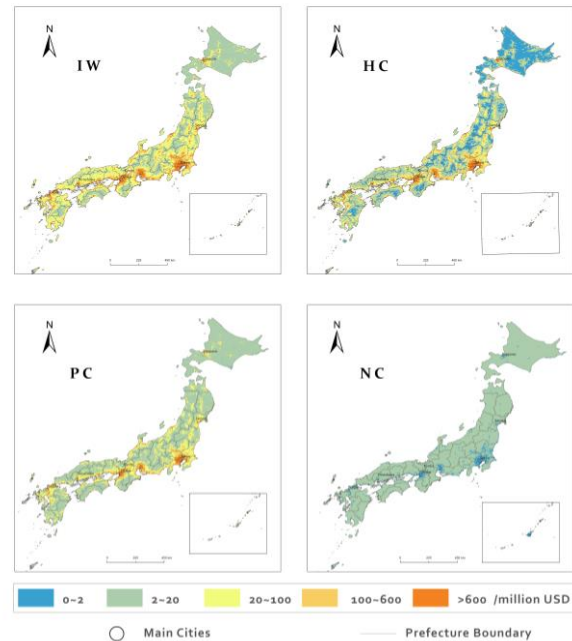


図-4 IW(左上), HC(右上), PC(左下), NC(右下)のマップ

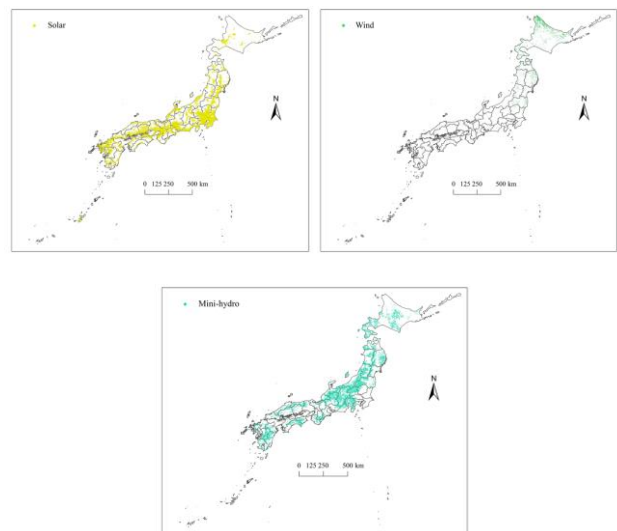


図-5 太陽光発電(左上)風力発電(右上)中小水力発電(下)の導入ポテンシャル

データを ArcGIS ジオプロセッシングを用いて 1km 四方グリッドに格納し、再生可能エネルギーに対する社会的受容性の決定要因の分析を行った。アンケートで得られた位置情報やその他のデータ(WTP, 世帯年収, 年齢, 教育年数, 主観的幸福度など)を空間情報と照合し、7,556名の回答者のデータを合計 4,673 個の 1km 方形グリッドに格納した。

(1) 回答者人的資本の計算

本研究では、HC, NC, PCの空間情報を用いて、回答者 HC とその周辺の PC, NC の影響を調査した。アンケート回答者 HC の算出については、Arrow et al. (2012)が提

案した方法に従う。(1), (2), (3)式に従って回答者 HC を算出した。

$$H_p = e^{\rho A} \quad (1)$$

ここで、 H_p は回答者人的資本量、 ρ は金利(=0.085)、 A は教育年数である。

$$SP_p = \int_0^{T(t_1)} w(t_1) \cdot e^{(-\delta t)} dt \quad (2)$$

ここで、 SP_p は回答者 HC の反映価格、 $T(t_1)$ は現在から退職予定年までの年数、 $w(t_1)$ は t_1 の世帯年収、 δ は割引率(=0.085)である。回答者 HC は、回答者人的資本量に反映価格を乗じて、以下のように算出される。

$$HC_p = H_p \cdot SP_p \quad (3)$$

ここで、 HC_p は各回答者 HC である。

(2) 再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因

本研究では、まず、日本における再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因とその影響を明らかにするため、既存発電所、再生可能エネルギーポテンシャルデータ、HC データ、NC データ、PC データなどの各種空間情報データと、再生可能エネルギーに対する WTP、年齢、性別、教育年数、世帯年収などのアンケートデータを用いて、日本における再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因とその影響を分析した。太陽光発電、風力発電、中小水力発電の社会的受容性の決定要因とその影響を、以下のモデルを用いて分析した。

$$y = \alpha + \beta_g \cdot G + \beta_h \cdot H + \beta_{hc} \cdot HC + \beta_{pc} \cdot PC + \beta_{nc} \cdot NC + \beta_{t5} \cdot T_5 + \beta_{t10} \cdot T_{10} + \beta_{n5} \cdot N_5 + \beta_{n30} \cdot N_{30} + \beta_{w20} \cdot W_{20} + \beta_{re} \cdot RE + \beta_{rp} \cdot RP + \mu + \varepsilon \quad (4)$$

ここで、 G は性別を表す説明変数であり、女性であれば0、男性であれば1である。つまり、(4)式の G の係数 β_g は、性別による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。 H は主観的幸福度を表す説明変数であり、5を最高、1を最低とし、つまり、(4)式の H の係数 β_h は、主観的幸福度による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。 HC は回答者人的資本であり、3章1節で述べたモデルに基づいて算出される。 PC 、 NC は、各回答者居住地1km圏内の周辺人工資本、自然資本を表す説明変数である。 HC 、 PC 、 NC は量的変数であり、(4)式のこれらの変数の係数 β_{hc} 、 β_{pc} 、 β_{nc} は、回答者 HC、各回答者居住地周辺の PC 、 NC の大小による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。 T_5 、 T_{10} は、それぞれ各回答者居住地5km圏内、5km～10km圏の火力発電所の存在を表す説明変数である。これらの変数の各圏内

において、1は発電所があることを、0は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の T_5 、 T_{10} の係数 β_{t5} 、 β_{t10} は、火力発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。同様に、 N_5 、 N_{30} は、それぞれ5km圏内、5km～30km圏の原子力発電所の存在を表す説明変数である。各圏内において、1は発電所があることを、0は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の N_5 、 N_{30} の係数 β_{n5} 、 β_{n30} は、原子力発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。 W_{20} は、20km圏内の大規模水力発電所の存在を表す説明変数である。1は発電所があることを、0は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の W_{20} の係数 β_{w20} は、大規模水力発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。 RE は、再生可能エネルギー発電所の存在を表す説明変数である。太陽光、風力、中小水力の各発電方式について、各回答者の既存発電所への近接度は、各再生可能エネルギー発電所の視覚的インパクトの違いを考慮して、太陽光は3km圏内と3km～5km圏、風力は5km圏内と5km～10km圏、中小水力は5km圏内と5km～10km圏の2つに分けている。各圏内において、1は発電所があることを、0は発電所がないことを意味する。つまり、(4)式の RE の係数 β_{re} は、既存再生可能エネルギー発電所の存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。同様に、 RP は、各回答者の周辺地域における各再生可能エネルギーの導入ポテンシャル(P)の存在を表す説明変数である。環境省の評価データに基づき、1は導入Pがあることを、0は導入Pがないことを意味する。つまり、(4)式の RP の係数 β_{rp} は、各再生可能エネルギー発電所の導入Pの存在による再生可能エネルギーに対する WTP の変化を表す。

(3) 太陽光発電所の視認性が太陽光発電の WTP に与える影響

本研究では、太陽光発電所の視認性が太陽光発電の WTP に与える影響を調べるために、視認性の高い発電所と視認性の低い発電所に分類した太陽光発電データセットを用いて追加分析を行った。解析には以下のモデルを用いた。

$$y = \alpha + \beta_g \cdot G + \beta_h \cdot H + \beta_{hc} \cdot HC + \beta_{pc} \cdot PC + \beta_{nc} \cdot NC + \beta_{t5} \cdot T_5 + \beta_{t10} \cdot T_{10} + \beta_{n5} \cdot N_5 + \beta_{n30} \cdot N_{30} + \beta_{w20} \cdot W_{20} + \beta_{vi} \cdot VI + \beta_{in} \cdot IN + \beta_{rpsolar} \cdot RP_{solar} + \mu + \varepsilon \quad (5)$$

ここで、(5)式の G 、 H 、 HC 、 PC 、 NC 、 T_5 、 T_{10} 、 N_5 、 N_{30} 、 W_{20} は、(4)式で定義したものと同様であり、 β_g 、 β_h 、 β_{hc} 、 β_{pc} 、 β_{nc} 、 β_{t5} 、 β_{t10} 、 β_{n5} 、 β_{n30} 、 β_{w20} はそれぞれ係数である。(5)式の VI は、2章2節で述べた分類に基づき、3km圏内に視認性の高い太陽光発電所の存在を表

す説明変数である。1 は発電所があることを、0 は発電所がないことを意味する。β_{vi} は VI の係数である。同様に、(5)式の IN は、3km 圏内に視認性の低い太陽光発電所の存在を表す説明変数である。1 は発電所があることを、0 は発電所がないことを意味する。β_{in} は IN の係数である。RP_{solar} は、(4)式で定義したのと同様に太陽光発電所の導入 P の存在を表し、β_{rpsolar} は RP_{solar} の係数である。表-2 に、各再生可能エネルギーの社会的受容性の決定要因の分析に用いた変数の記述統計量を示す。

4. 結果と議論

まず、日本における再生可能エネルギーに対する社会的受容性の決定要因の分析結果と、太陽光発電の社会的受容性に及ぼす発電所の視認性の影響の分析結果を示す。

(1) 日本における再生可能エネルギーに対する社会的受容性の決定要因と視認性の影響

表-3 は、太陽光発電(視認のみ、視認と不視認)、風力発電、中小水力発電の社会的受容性の決定要因を分析した結果である。分析結果から導き出された議論は、(2)以降で提供する。

(2) 人的資本、人工資本、自然資本の影響

周辺のPC(道路、建物、機械、設備など)、NC(森林、農地、河川・河口、大気、海洋、土壌資源など)、回答者HC(知識、適性、教育、技能など)の影響を分析した結果、2つの興味深い特徴が見られた。第一に、回答者のHCは、いずれの分析においても有意な正の影響を与えてい

表-2 決定要因の分析に使用した変数の記述統計量

変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
性別(男性=1, 女性=0)	0.56	0.50	0	1
主観的幸福度 (最大=5, 最小=1)	3.57	0.98	1	5
回答者 HC(M\$)	1.85	1.44	0.0090	14.66
PC(B\$)	1.55	2.24	0	14.23
NC(M\$)	1.44	1.18	0	8.57
火力発電所(5km 圏内)	0.21	0.40	0	1
火力発電所(5km~10km)	0.26	0.44	0	1
原子力発電所(5km 圏内)	0.0018	0.043	0	1
原子力発電所(5km~30km)	0.034	0.18	0	1
大規模水力発電所 (10MW 以上)(20km 圏内)	0.35	0.48	0	1
太陽光発電所(視認)(3km)	0.38	0.49	0	1
太陽光発電所(視認) (3km~5km)	0.21	0.41	0	1
太陽光発電所 (非視認)(3km)	0.20	0.40	0	1
風力発電所(5km 圏内)	0.035	0.18	0	1
風力発電所(5km~10km)	0.15	0.36	0	1
中小水力発電所(5km 圏内)	0.35	0.48	0	1
中小水力発電所 (5km~10km)	0.32	0.47	0	1
太陽光発電導入 P (各グリッド)	0.99	0.076	0	1
風力発電導入 P(5km 圏内)	0.20	0.40	0	1
風力発電導入 P (5km~10km)	0.27	0.44	0	1
中小水力発電導入 P (5km 圏内)	0.34	0.47	0	1
中小水力発電導入 P (5km~10km)	0.27	0.45	0	1
WTP(太陽光発電)(円)	786.01	1804.19	0	19500
WTP(風力発電)(円)	754.69	1708.76	0	19500
WTP(中小水力発電)(円)	768.45	1738.47	0	19500
N = 3,813				

表-3 社会的受容性の決定要因の分析結果

変数	太陽光発電		風力発電	中小水力 発電
	視認のみ	視認と 非視認		
性別	85.87 (57.48)	85.73 (57.49)	77.51 (54.32)	68.51 (55.11)
主観的幸福度	131.32*** (28.10)	131.14*** (28.07)	123.95*** (26.43)	137.23*** (26.97)
回答者 HC(M\$)	90.30*** (21.05)	90.34*** (21.04)	80.01*** (20.60)	80.14*** (20.83)
PC(B\$)	-2.79 (18.29)	-1.79 (17.78)	11.66 (17.68)	-0.79 (18.26)
NC(M\$)	74.60*** (27.78)	74.61*** (27.93)	56.05*** (25.51)	55.14*** (25.69)
火力発電所(5km 圏内)	-62.04 (69.13)	-63.24 (71.06)	-53.92 (62.61)	-63.28 (66.67)
火力発電所(5km~10km)	164.04* (85.25)	163.95* (85.59)	175.91** (82.59)	118.81 (82.00)
原子力発電所(5km 圏内)	-580.07*** (217.82)	-579.82*** (218.49)	-541.77** (217.80)	-522.45** (208.84)
原子力発電所(5km~30km)	137.56 (177.24)	137.88 (177.33)	176.93 (177.35)	203.11 (186.52)
大規模水力発電所(20km 圏内)	82.11 (66.03)	81.62 (65.71)	108.38* (64.86)	84.79 (70.63)
太陽光発電所(視認)(3km 圏内)	-145.50** (73.10)	-138.48** (64.61)		
太陽光発電所(視認) (3km~5km)	-16.67 (86.39)			
太陽光発電所(非視認) (3km 圏内)		5.25 (72.62)		
太陽光発電導入 P (各グリッド)	-43.94 (321.80)	-51.79 (320.81)		
風力発電所(5km 圏内)			10.66 (156.63)	
風力発電所(5km~10km)			-63.40 (75.70)	
風力発電導入 P(5km 圏内)			21.28 (81.82)	
風力発電導入 P(5km~10km)			-36.23 (67.89)	
中小水力発電所(5km 圏内)				102.48 (75.88)
中小水力発電所(5km~10km)				50.48 (71.65)
中小水力発電導入 P (5km 圏内)				-56.40 (85.06)
中小水力発電導入 P (5km~10km)				-93.03 (74.50)
定数項	39.08 (344.48)	39.11 (344.40)	-41.53 (130.25)	-47.74 (139.60)
F 値	F(13,3799)	F(13,3799)	F(14,3798)	F(14,3798)
Hopf=0	4.09	4.09	4.03	4.07
P 値	0.00	0.00	0.00	0.00
N	3,813	3,813	3,813	3,813
決定係数	0.018	0.018	0.017	0.017

標準偏差は括弧内に示す。***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

る。その結果、回答者 HC が 100 万ドル増加することで、太陽光発電の WTP が 90 円、風力発電が 80 円、中小水力発電が 80 円増加することが示された。3 章 1 節で示すように、HC は年齢が若く、教育年数が多く、年収が高いほど増加する。この結果は、Damigos and Kaliampakos (2003), Li et al. (2009), Zamikau (2003) などの先行研究と一致している。また、いずれの分析においても、周辺の NC が社会的受容性に有意な正の影響を与えることを示している。NC が 1 百万ドル増加すると、太陽光発電の WTP は 75 円、風力発電は 56 円、中小水力発電は 55 円増加する。PC については、統計的に有意な影響は見られなかった。各再生可能エネルギーに対する WTP に NC がプラスの影響を与えていることから、豊かな NC に囲まれた住民は、自然環境の維持を全般的に好む傾向があり、持続可能なエネルギー資源を利用した発電所の開発にポジティブな感情を持っていることが示唆される。

(3) 太陽光発電に対する NIMBY 現象

居住地の近く(3km 圏内)に太陽光発電所が存在することが、太陽光発電に対する社会的受容性にネガティブな影響を与えていることがわかった。しかし、居住地から 3km~5km 圏にある 1MW 以上の太陽光発電所の存在は、WTP に統計的に有意な影響を及ぼさなかった。また、風力発電所と中小水力発電所は、それぞれ居住地の近くに設置されていても、風力発電と中小水力発電に対する社会的受容性には統計的に有意な影響を与えなかった。これらの結果は、再生可能技術の種類の違いが再生可能エネルギーの社会的受容性に影響を与えることを示している。3km 圏内にある太陽光発電所のみが太陽光発電に対する WTP に強く統計的に有意な影響を与えていることから、日本における太陽光発電に対する NIMBY 現象の存在を示唆していると考えられる。日本では、2012 年の FIT 政策導入以降、再生可能エネルギーの導入が急速に広まり、その大部分が太陽光発電所であった。日本は太陽光発電の導入容量でトップ 3 ヶ国の一つとなった。一方、風力発電や中小水力発電所の導入状況は太陽光発電に比べて低い。太陽光発電所の急速な普及は、良いニュースばかりではなかった。地域性を無視した太陽光発電所の建設、違法な開発、景観破壊、火災リスクの増大などが取り上げられ、太陽光発電に対するネガティブなイメージが日本人に根付いた可能性がある。

(4) 非視認性の価値

視認性の低い太陽光発電所(容量 1MW 以上)の存在は、太陽光発電の社会的受容性に影響を与えない一方で、視認性の高い発電所は太陽光発電の社会的受容性に強くネガティブな影響を与えていることがわかった。この結果から、ビルや公共施設の屋上などの高い場所に設置する

など、太陽光発電所を目につかないように設置することが、事業地域の住民の社会福祉の向上に適していることが示唆された。この結果は、NIMBY 現象や再生可能エネルギー電源の社会的受容性への視覚的影響に焦点を当てた更なる研究の重要性を浮き彫りにしている。

(5) 原子力発電と再生可能エネルギー

原発から 5km 圏内の住民は、すべての分析において再生可能エネルギーの WTP の有意な低下を示した。一方、原発から 5~30km 圏内の地域では、統計的に有意な影響は見られなかった。原発周辺の住民は、原発による雇用創出や公的補助金による地域経済の活性化などのプラスの影響を受けている可能性が高い。一方で、原発に近いことによる災害リスクなどのマイナスの影響も受けている。原発から 5km 圏内の住民の判断は、これらのプラスの影響を再生可能エネルギーの WTP に反映させている可能性がある。原発から 5~30km 圏内の住民は、ポジティブな影響を受けず、災害リスクの増加などのネガティブな影響を受ける可能性が高い。

(6) 火力発電と再生可能エネルギー

住まいから 5km~10km 圏内にある 1MW 以上の火力発電所は、再生可能エネルギーの WTP に有意な正の影響を示した。一方、火力発電所から 5km 圏内にある発電所は、再生可能エネルギーの WTP に統計的に有意な影響を与えなかった。これは、火力発電所周辺の住民は雇用の創出や地域の活性化にプラスの影響を与えている一方で、火力発電所は大気汚染や景観の阻害などにマイナスの影響を与えている可能性があることが考えられる。火力発電所から 5km~10km 圏内の地域では、マイナスの影響がプラスの影響を大きく上回り、再生可能エネルギーの WTP に反映されている。一方、火力発電所から 5km 圏内の住民では、火力発電所のプラスの影響とマイナスの影響が相殺されていると考察される。

5. 結論

本研究では、再生可能エネルギーに対する社会的受容性の理解を深め、日本における再生可能エネルギーに対する社会的受容性の状況を推定することを目的としている。日本における太陽光・風力・中小水力に対する社会的受容性の決定要因の分析及び太陽光発電に対する社会的受容性に及ぼす発電所の視認性の影響の分析を、大規模調査データと様々な空間情報を用いて実施した。本研究では、既存の再生可能・非再生可能エネルギー発電所の系統情報、自然資本、人工資本、再生可能エネルギーの導入ポテンシャルなどの空間情報を統合することで、年齢、性別、教育年数、世帯収入などの回答者の属性に

加え、既存の再生可能・非再生可能エネルギー発電所への近接性、自然資本の豊富さなどが、再生可能エネルギーに対する社会的受容性に大きく影響することを明らかにした。また、既存の再生可能エネルギー発電所の視認性にも注目し、回答者の居住地から 3km 圏内の視認性の高い太陽光発電所(e.g. 地上設置型)は支払意思にマイナスの影響を与える一方、視認性の低い太陽光発電所(e.g. 高層ビルの屋上設置)は支払意思にマイナスの影響を与えないことが示された。また、本研究の結果は、日本における太陽光発電に対する NIMBY 現象の潜在的な存在を浮き彫りにし、再生可能エネルギー発電所の開発における地域の社会福祉を高めるための方向性を示唆するものである。

謝辞：本研究は、以下の文部科学省科学研究費補助金の支援を受けている。文部科学省科学研究費補助金(20H00648)。本資料に記載されている意見、知見、結論は著者のものであり、各機関の見解を必ずしも反映しているものではない。本研究のために発電所データベースの提供と助言をいただいた国立情報学研究所の北本先生に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Arrow, K., Dasgupta, P., Goulder, L.H., Mumford, K.J., and Oleson, K.: Sustainability and the measurement of wealth, *Environment and Development Economics*, Vol.17, No.03, pp.317-353, 2012.
- 2) Bell, D., Gray, T., and Hagggett, C.: The 'social gap' in wind farm siting decisions: explanations and policy responses, *Environmental politics*, Vol.14, No.4, pp.460-477, 2005.
- 3) Damigos, D., and Kaliampakos, D.: Assessing the benefits of reclaiming urban quarries: a CVM analysis, *Landscape and urban planning*, Vol.64, No.4, pp.249-258, 2003.
- 4) Dasgupta, P.: The welfare economic theory of green national accounts, *Environmental and Resource Economics*, Vol.42, No.1, pp.3-38, 2009.
- 5) Del Rio, P., and Burguillo, M.: An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.13, No.6-7, pp.1314-1325, 2009.
- 6) Economou, A.: Renewable energy resources and sustainable development in Mykonos Greece, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.14, No.5, pp.1496-1501, 2010.
- 7) Gupta, N., Fischer, A.R., and Frewer, L.J.: Socio-psychological determinants of public acceptance of technologies: a review, *Public Understanding of Science*, Vol.21, No.7, pp.782-795, 2012.
- 8) Heal, G., & Kriström, B.: National income and the environment, *Handbook of environmental economics*, Vol.3, pp.1147-1217, 2005.
- 9) Huijts, N.M., Molin, E.J., and Steg, L.: Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework, *Renewable and sustainable energy reviews*, Vol.16, No.1, pp.525-531, 2012.
- 10) Jobert, A., Laborgne, P., and Mimler, S.: Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies, *Energy policy*, Vol.35, No.5, pp.2751-2760, 2007.
- 11) Kaldellis, J.K.: Social attitude towards wind energy applications in Greece, *Energy Policy*, Vol.33, No.5, pp.595-602, 2005.
- 12) Keeley, A.R., and Ikeda, Y.: Determinants of foreign direct investment in wind energy in developing countries, *Journal of Cleaner Production*, Vol.161, pp.1451-1458, 2017.
- 13) Keeley, A.R., and Matsumoto, K.I.: Investors' perspective on determinants of foreign direct investment in wind and solar energy in developing economies—Review and expert opinions, *Journal of cleaner production*, Vol.179, pp.132-142, 2018.
- 14) Koundouri, P., Kountouris, Y., and Remoundou, K.: Valuing a wind farm construction: A contingent valuation study in Greece, *Energy Policy*, Vol.37, No.5, pp.1939-1944, 2009.
- 15) Li, H., Jenkins-Smith, H.C., Silva, C.L., Berrens, R.P., and Herron, K.G.: Public support for reducing US reliance on fossil fuels: Investigating household willingness-to-pay for energy research and development, *Ecological Economics*, Vol.68, No.3, pp.731-742, 2009.
- 16) Managi, S., & Kumar, P.: Inclusive wealth report 2018, *Taylor & Francis*, 2018.
- 17) Nuortimo, K., Härkönen, J., and Karvonen, E.: Exploring the global media image of solar power, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.81, pp.2806-2811, 2018.
- 18) Paravantis, J.A., Stigka, E., Mihalakakou, G., Michalena, E., Hills, J.M., and Dourmas, V.: Social acceptance of renewable energy projects: A contingent valuation investigation in Western Greece, *Renewable Energy*, Vol.123, pp.639-651, 2018.
- 19) Stigka, E.K., Paravantis, J.A., and Mihalakakou, G.K.: Social acceptance of renewable energy sources: A review of contingent valuation applications, *Renewable and sustainable energy reviews*, Vol.32, pp.100-106, 2014.
- 20) Wüstenhagen, R., Wolsink, M., and Bürer, M.J.: Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept, *Energy policy*, Vol.35, No.5, pp.2683-2691, 2007.
- 21) Zarnikau, J.: Consumer demand for 'green power' and energy efficiency, *Energy policy*, Vol.31, No.15, pp.1661-1672, 2003.
- 22) Zoellner, J., Schweizer-Ries, P., and Wemheuer, C.: Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany, *Energy policy*, Vol.36, No.11, pp.4136-4141, 2008.
- 23) Zografakis, N., Sifaki, E., Pagalou, M., Nikitaki, G., Psarakis, V., and Tsagarakis, K.P.: Assessment of public acceptance and willingness to pay for renewable energy sources in Crete, *Renewable and sustainable energy reviews*, Vol.14, No.3, pp.1088-1095, 2010.

(?)

(?)

Analysis of Factors Affecting Willingness to Pay for Renewable Energy Incorporating Spatial Information

Kento KOMATSUBARA, Alexander R. KEELEY and Shunsuke MANAGI

This study extends the framework of existing researches that analyze the factors influencing social acceptance of renewable energy by incorporating spatial information into the analysis. Spatial information such as existing power plants, natural and produced capital, and introduction potential of renewable energy is integrated into the analysis. The study showed that proximity to power plants and abundance of natural capital around the residential area influence social acceptance of renewable energy. Visible solar PV plants have a negative impact on social acceptance, while less visible ones (e.g. placed on rooftops) have no influence on social acceptance. This study is one of the first studies to integrate spatial information to analyze the factors affecting the social acceptance of renewable energy. Besides showing the impact of the factors that have been explored in preceding studies, this study has shed new light on how the presence of the power plants and the visibility of the power plants affect the social acceptance.