

住宅用太陽光発電の普及を目指し て¹

地方自治体による補助金制度の有効性

関西学院大学
西立野修平研究会
環境防災エネルギー②
小林俊輝
志水安耶
長嶋宙
松岡奈緒
山口紗穂

2020 年 11 月

¹ 本稿は、2020 年 12 月 19 日、20 日に開催される ISFJ 日本政策学生会議「政策フォーラム 2020」のために作成したものである。本稿の執筆にあたって、西立野修平准教授(関西学院大学)をはじめ、多くの方から有益なコメントを頂戴した。本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。

要約

私たちは、石油や石炭などの化石燃料を利用し生活を営んでいる。しかし、化石燃料は有限な資源であるため、将来的に枯渇する恐れがある。また、化石燃料を使用することにより二酸化炭素が排出され、環境破壊につながることが懸念されており、再生可能エネルギーへの転換が求められている。本稿では太陽光発電、なかでも住宅用太陽光発電システムに焦点を当てた。

住宅用太陽光発電システムは導入時に多額の初期費用を要するため設置に際して国から補助金が交付される制度があったが、太陽光発電システム価格の低下により、2014 年に廃止されている。現在は地方自治体のみが補助金を交付しており、補助金額には地方自治体により差がある。本稿では、日本の約束草案で示された 2030 年までの二酸化炭素の排出量の目標が達成されていないことを問題意識とした。同目標を住宅用太陽光発電システムの普及を通じた達成を目指すにあたり、普及政策の一つである補助金制度の有効性の検証を行う。

先行研究として、太陽光発電システム設置に対する補助金の効果と補助金の費用対効果について研究したオーストラリアとアメリカ、日本の合計 6 本の論文を挙げる。これらの先行研究より、補助金には太陽光発電システムの普及に一定の効果が得られることが明らかとなった。また、日本を対象とした先行研究では、主に都道府県のデータを用いて、国の補助金の効果を説明しているが、地方自治体レベルの研究は行われていないことを限界とした。本稿において、地方自治体のデータを用いて分析を行う理由として、同一県内の市町村の異質性を考慮することが可能となることが挙げられる。そして、日本を対象として二酸化炭素の削減に対する費用対効果を調べている先行研究も見つかっていないことも限界であることが分かった。そこで、本稿の新規性は地方自治体レベルの補助金効果を検証する点やその結果を基に、地方自治体が補助金を出すことによる費用対効果に関する分析を行う点にある。

本稿では、全国 1741 地方自治体を対象とした 2008 年のクロスセクションデータを用いて、地方自治体による住宅用太陽光発電システムの補助金交付の効果及び金額ごとの普及促進効果の違いを検証した。さらに、CO₂ の削減に対する費用対効果について実証分析を行った。

分析の結果、補助金の交付により住宅用太陽光発電システムの設置を増加し、1kW 当たりの補助金額や補助金上限金額が高いほど普及促進効果は大きくなることが定量的に示された。また、補助金の費用便益費は 1 を上回ることも明らかになった。この結果を踏まえ、以下 3 つの政策提言を行う。

【政策提言 I 国による補助金制度の導入】

定量分析より、補助金の上限金額を 25.5 万円に設定すれば最も費用対効果が高くなることが示された。しかし、上限金額を 25.5 万円に引き上げることは地方自治体の財政面を鑑みると実現可能性が低いことが市町村再エネ政策調査から示唆された。この結果を受け、本稿では、環境省の「約束草案」で定められている 2030 年のエネルギー起源二酸化炭素の家庭部門の排出量の目安である 1 億 2200 万 t-CO₂ を目標とし、それを達成するに必要な住宅用太陽光発電システムの設置件数を求め、目標達成を果たすための新しい補助金制度を導入する。

【政策提言Ⅱ-i 宿泊型モデルハウス with PV】

大阪府の市町村に行ったヒアリング調査により、地方自治体の財政状況を考慮すると、認知活動の充実が優先かつ必要であると考えられる。そのため、地方自治体が、住宅用太陽光発電システムの普及促進と再生可能エネルギー推進事業の一環としてモデルハウスに住宅用太陽光発電システムを設置し、住宅の新規購入または建て替え・リフォームを検討している世帯に対してモデルハウスの宿泊体験を提供する。

【政策提言Ⅱ-ii 日本版 PPA】

高額な初期費用が原因となる設置に対する抵抗を解消することや太陽光発電システムを認知してもらうことを目的として、事業者が設置に踏み切れていないまたは興味が無い家庭に無償で太陽光パネルを設置し、その効果を体験してもらう機会を与える。

目次

要約	2
目次	4
第 1 章 現状分析	6
第 1 節 太陽光発電	6
第 1 項 再生可能エネルギー	6
第 2 項 各国との比較	8
第 3 項 日本の約束草案	8
第 4 項 太陽光発電	9
第 5 項 事業用太陽光発電システム・住宅用太陽光発電システム	9
第 6 項 住宅用太陽光発電システム普及の阻害要因	10
第 2 節 住宅用太陽光発電システムの普及政策	12
第 1 項 固定価格買取制度	12
第 2 項 補助金制度	12
第 3 節 住宅用太陽光発電システムの現状	13
第 1 項 近年の傾向	13
第 2 項 2008 年と 2013 年の設置件数の変化	14
第 2 章 問題分析	16
第 3 章 先行研究の考察	17
第 1 節 先行研究の紹介	17
第 1 項 オーストラリアの先行研究	17
第 2 項 アメリカの先行研究	17
第 3 項 日本の先行研究	18
第 2 節 本稿の位置づけ	19
第 4 章 定量分析	20
第 1 節 仮説の設定	20
第 2 節 仮説 1 の検証	20
第 1 項 分析の枠組み	20
第 2 項 本稿における欠損の扱い	21
第 3 項 推定モデル	21
第 4 項 変数選択	22
第 5 項 分析結果	26
第 6 項 結果の解釈	28
第 3 節 仮説 2 及び仮説 3 の検証	28
第 1 項 分析の枠組み	28
第 2 項 推定モデル	29
第 3 項 統制変数の選択	29
第 4 項 分析結果	34

第5項 結果の解釈	35
第4節 仮説4の検証	37
第5節 分析のまとめ	39
第6節 補足：多重代入	40
第1項 多重代入法	40
第2項 分析結果	42
第5章 政策提言	44
第1節 ヒアリング調査	44
第2節 政策提言の方向性	44
第3節 政策提言「国による補助金制度の導入」	45
第4節 認知活動を充実させる政策提言	47
第1項 政策提言「宿泊型モデルハウス with PV」	48
第2項 政策提言「長野県飯田市を事例にした日本版 PPA」	49
第5節 政策提言のまとめ	51
先行研究・参考文献	52

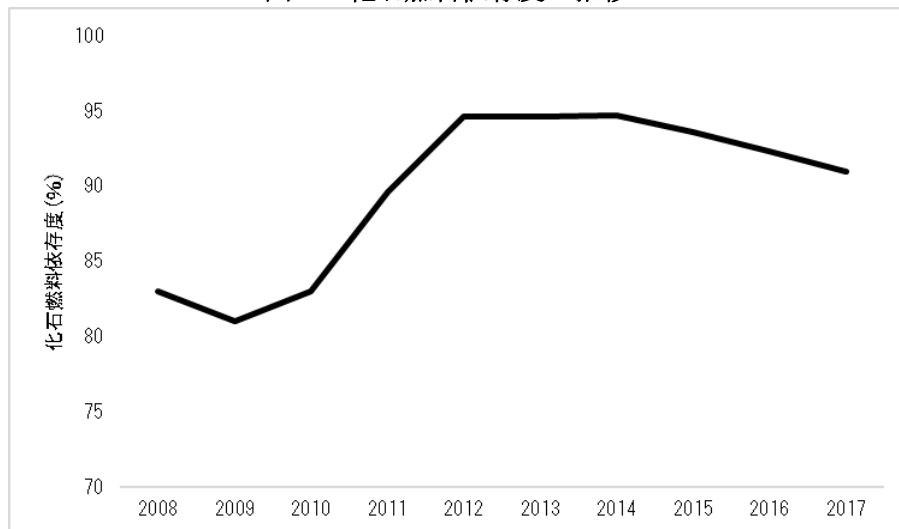
第 1 章 現状分析

第 1 節 太陽光発電

第 1 項 再生可能エネルギー

日本はエネルギー資源の多くを海外からの輸入に頼るエネルギー供給体制を築いており、化石燃料に大きく依存している。東日本大震災以前は、化石燃料への依存度は 81.2% (一次エネルギー供給ベース) であったが、原子力発電所の稼働停止に伴う火力発電所の焼き増しによって依存度はさらに高まり、2017 年度は 87.4% となっている (図 1) (資源エネルギー庁、2018)。しかし、化石燃料は確認埋蔵量に限度があり、使用を続けていけば枯渇する再生不能資源でもある。そのため、化石燃料に依存しない安定したエネルギー供給体制の確立が求められ、化石燃料に替わるエネルギー源として注目されているのが、再生可能エネルギーである。

図 1 化石燃料依存度の推移



出典：資源エネルギー庁(2010～2019)「エネルギー白書」より筆者作成

再生可能エネルギーとは、「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の推進に関する法律条文集」において、太陽光、風力その他非化石エネルギー源のうち、エネルギー源として永続的に利用することができると認められるものとして政令で定めるものと定義されている (資源エネルギー庁、2010)。具体的には、太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、大気中の熱その他の自然界に存する熱、バイオマスが挙げられる。表 1 は各再生可能エネルギーの特徴を示している。

表 1 再生可能エネルギー電源比較

区分	エネルギー源	出力特性	コスト(円/Kw)	立地特性
太陽光	太陽光	不安定 気象により変動	33.4-38.3	小規模から大規模まで設置が可能
風力	風	不安定 気象により変動	9.9-17.3	適地が北海道、東北に集中
水力	水	安定	19.1-22(中小水力) 10.6(一般)	水利権の行政手続き有(中小水力) 新規建設可能地は限定的(一般)
地熱	地球内部の熱	安定	9.2-11.6	適地が国立公園内や温泉地に近接する
バイオマス	植物	安定	17.4-32.2	大規模化には広域収集が必要

出典：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(2014)「NEDO 再生可能エネルギー技術白書第 2 版」より筆者作成

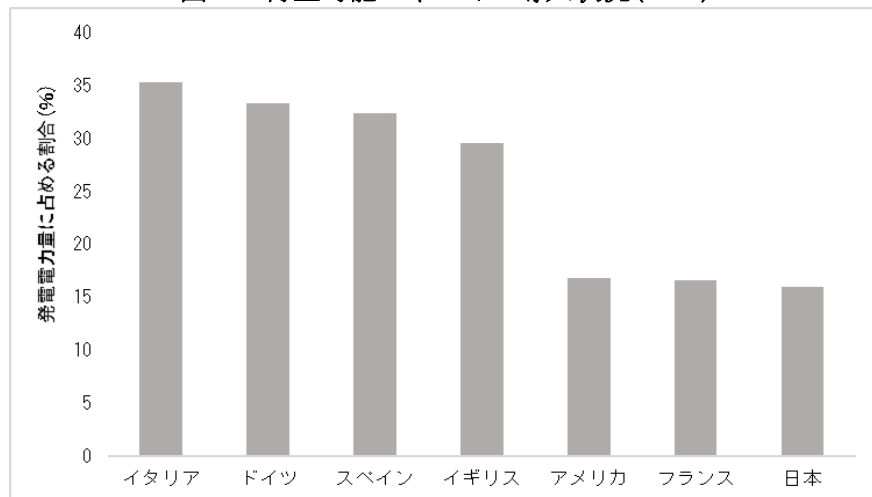
再生可能エネルギーの導入拡大の利点として、エネルギー自給率の向上、経済効果、環境負荷の軽減が挙げられる(環境省、2014)。ここでいう経済効果とは、化石燃料調達のための費用の削減、雇用の創出、地域の活性化を指している。また再生可能エネルギーは、利用時に二酸化炭素を排出しないため、温室効果ガスの削減に寄与する。一方で、再生可能エネルギーを導入するためにはコストが高額であるという課題がある。

現在日本では再生可能エネルギーを普及促進するために、2018 年に第 5 次エネルギー基本計画が閣議決定された。この計画では、3E+S の原則の下、安定的で負担が少なく、環境に適合したエネルギー需給構造を実現することが目指されている。3E とは、安定供給、環境適合、経済効率性を表しており、S とは、安全性を意味する。また、再生可能エネルギーを用いた分散型エネルギーシステムの構築は、緊急時に大規模電源などからの供給に困難が生じた場合でも、地域において一定のエネルギー供給を確保することに貢献するものである。このため、農林業などと合わせて多面的に推進することで地域との共生を図りつつ、コスト低減に向けた取り組みを進めることで自立化を実現しながら、長期安定的な電源の一翼を担う存在となっていくことが期待される(資源エネルギー庁、2018)。

第2項 各国との比較

2017年時点における日本の再生可能エネルギーの導入率は16%である。ドイツやイギリスをはじめとする諸外国と比較すると、日本の再生可能エネルギー導入率は低いと言える(図2)。その要因として、発電コストが高額であることが挙げられる。また、欧州では再生可能エネルギーの出力が天候に左右されても隣国と送電線で融通し合うことが可能であるが、島国である日本ではこのような方法をとることができず、どのような方法で再生可能エネルギーの出力を制御していくかが大きな課題となる(資源エネルギー庁、2018)。

図2 再生可能エネルギー導入状況(2017)



出典：資源エネルギー庁(2019)「国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定委員会の論点案」より筆者作成

第3項 日本の約束草案

気候変動問題は地球規模の課題であり、その解決のためには全ての主要国の参加する公平かつ実効性のある新たな国際枠組の構築が不可欠である。国連気候変動枠組条約第19回締約国会議決定により、2020年以降の温室効果ガス削減目標を含む草案について、国連気候変動枠組条約第21回締約国会議に先立って提出することが求められている(環境省、2015)。それに対し、政府は「日本の約束草案(2015年7月17日)」において、2020年以降の温室効果ガス削減に向け、エネルギーミックスと整合的なものになるよう、技術的制約、コスト面の課題などを十分に考慮した裏付けのある対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標を掲げている。表2は温室効果ガス排出量の9割を占めるエネルギー起源二酸化炭素の排出量の目安を表している。2030年度の二酸化炭素の排出量の目安は9億2700万t-CO₂であるが、2013年時点では12億3500万t-CO₂、2018年度時点では10億5900万t-CO₂であり、排出量の目標は達成されていない。そこで本稿では、目標達成のために太陽光発電に焦点を当てた。その理由は次項で述べる。

表 2 エネルギー起源二酸化炭素の各部門の排出量の目安

	2013 年度(百万 t-CO ₂)	2015 年度(百万 t-CO ₂)	2030 年度の各部門の排出量の 目安(百万 t-CO ₂)
エネルギー起源 CO ₂	1235	1059	927
産業部門	463	398	401
業務その他部門	238	196	168
家庭部門	208	166	122
運輸部門	224	210	163
エネルギー転換部門	103	89.4	73

出典：地球温暖化対策推進本部(2015)「日本の約束草案」、環境省(2018)「2018 年度(平成 30 年度)の温室効果ガス排出量(確報値)」より筆者作成

第 4 項 太陽光発電

太陽光発電はシリコン半導体などに光が当たると電気が発生する現象を利用し、太陽の光エネルギーを太陽電池(半導体素子)により直接電気に変換する発電方法である(資源エネルギー庁、2020)。太陽光発電の特徴として、発電時に二酸化炭素を排出しないこと、天候によって発電量が左右されることが挙げられ、これらはエネルギー源が太陽光であることに起因する。加えて、太陽光発電は導入する規模に関係なく発電効率がほぼ一定であるという特徴もあり、これにより未利用スペースを有効活用できるだけではなく、小規模から大規模な太陽光発電システムを設置することが可能である。

以上のことから、再生可能エネルギーの導入率を向上させるために太陽光発電を普及させるべきであると考ええる。

第 5 項 事業用太陽光発電システム・住宅用太陽光発電システム

太陽光発電は事業用太陽光発電システムと住宅用太陽光発電システムに分類することができる。事業用太陽光発電システムは、システム容量が 10kW 以上で、マンションの屋上や工場の屋根に設置される小規模なものから、広い土地を有効活用した大規模なものがある。また、発電した電力を全て売電できる「全量買取制度」が適用され、副収入または事業として利益を得ることが可能である。一方、住宅用太陽光発電システムは、10kW 以下のシステム容量で、一般的に住宅の屋根に設置されている。住宅で発電した電力を自家消費し、余った電力を売電することができる「余剰買取制度」が適用され、電力会社からの購入電力を抑えることにより、電気代の削減につながる。

本稿では住宅用太陽光発電システムに焦点を当てる。その理由として、上述したように、電気料金の負担を軽減できることが挙げられる。次に、送電網の問題が挙げられる。再生可能エネルギーによる発電量が増えても、現在の送電設備では送電容量に限界がある。そして、空き容量がなくなった場合、希望に応じて新たな送電設備を作り、増えた容量の中で接続を行うが、新しく送電設備を作るには、多くのコストや時間といった問題が発生してしまう(資源エネルギー庁、2017)。このような制約により、事業用太陽光発電システムで発生した電力を自由に送電することはできない。しかし、太陽光発電競争力強化研究会(2016)によると、住宅用太陽光発電システムは自家消費に重きを置くため、電力系統の負担軽減になる。そのため、系統制約の影響を受けることなく発電することができる。

第6項 住宅用太陽光発電システム普及の阻害要因

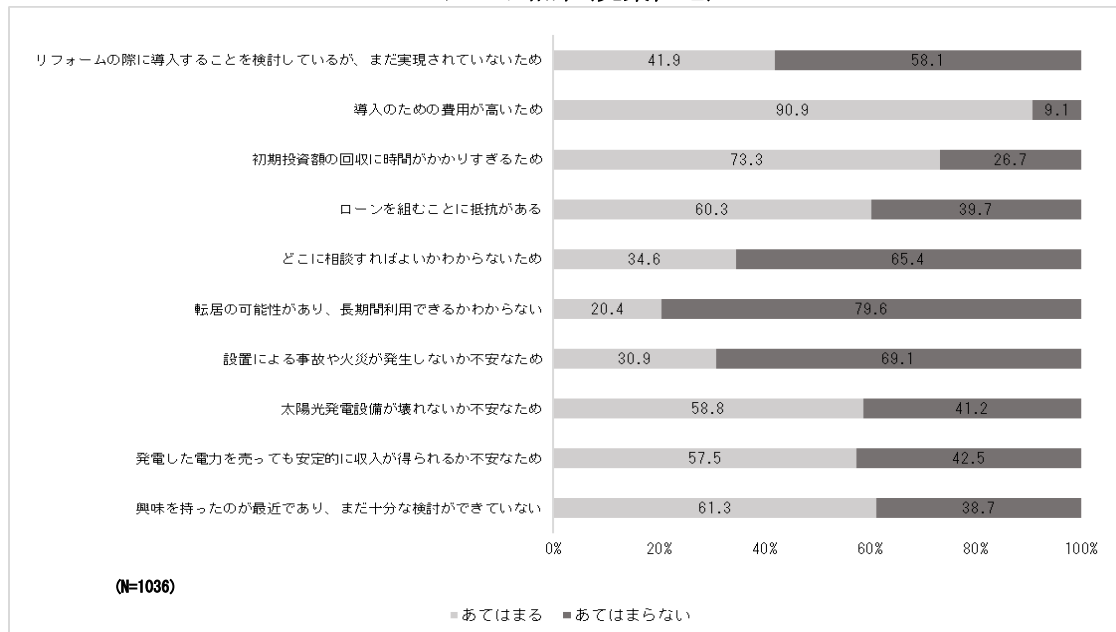
ここでは、何が住宅用太陽光発電システム普及の阻害要因となっているのかについて環境省が行ったアンケート調査を基に説明する。このアンケート調査は2014年10月3日～2014年10月6日に現在居住する既築住宅に太陽光発電設備を設置していないが今後設置意向のあるモニター²、過去3年以内に住宅を新築したモニター³を対象に行われた。その結果、既築住宅のモニターのうち、住宅用太陽光発電システムの導入を検討したが導入に踏み切れていなかった理由として、導入のための費用が高いことが90.9%と最も高くなっている(図3)。また、新築住宅で住宅用太陽光発電システムを設置しなかったモニターが設置しなかった理由として、導入のための費用が高いことが72.1%と最も高くなっている(図4)。以上のことから、既築住宅、新築住宅にかかわらず住宅用太陽光発電システムの費用負担が、導入の妨げになることがわかる。実際にこのアンケート調査が行われた2014年時点では太陽光発電のシステム価格⁴は1kW当たり平均38.5万円であった(資源エネルギー庁、2019)。

² 割付条件として世代、居住地域の組み合わせで概ね均等に回収することを指定している(環境省、2014)。

³ 世代、居住地域の組み合わせで常に一定数以上を確保することが困難であったため、割付条件として、新築年で区分して3分の1程度ずつモニターを確保するとともに、どの世代の合計、どの居住地域の合計も全数の10%以上となることを目標に割付している(環境省、2014)。

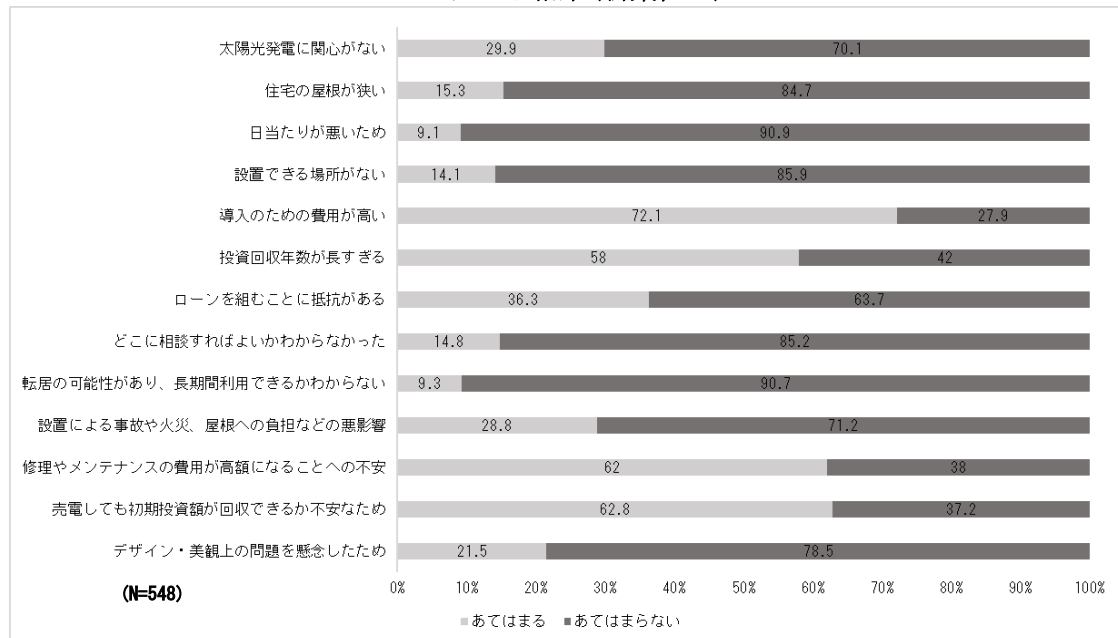
⁴ 「太陽電池モジュール」と呼ばれる「インバータ」「その他の周辺機器」、ならびに「設置に係る工事費」で構成される価格(産業技術総合開発機構、2014)。

図 3 住宅用太陽光発電システム導入に踏み切れていなかった要因に関するアンケート結果(既築住宅)



出典：環境省(2015)「太陽光発電に関する国内消費者向けアンケート調査票・集計結果」より筆者作成

図 4 住宅用太陽光発電システムの導入をしなかった要因に関するアンケート結果(新築住宅)



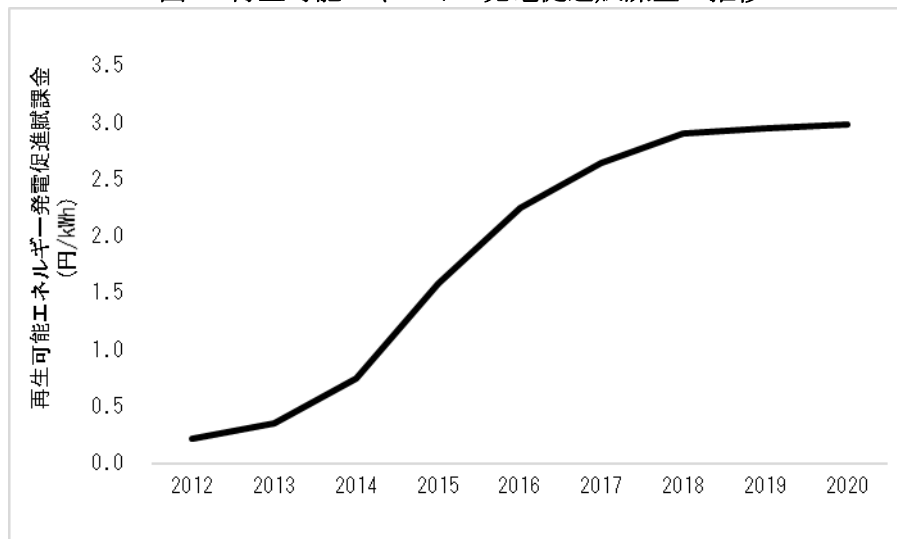
出典：環境省(2015)「太陽光発電に関する国内消費者向けアンケート調査票・集計結果」より筆者作成

第2節 住宅用太陽光発電システムの普及政策

第1項 固定価格買取制度

日本では、住宅用太陽光発電システムを普及させるために金銭的支援制度を行っている。金銭的支援制度には2種類あり、その1つに固定価格買取制度(Feed In Tariff、以下FIT)がある。FITとは、再生可能エネルギーで発電した電気を電力会社が一定価格で一定期間買い取り、電力会社が買い取る費用の一部を電気の利用者から再生可能エネルギー発電促進賦課金として集めて再生可能エネルギーの導入を促進する制度である(資源エネルギー庁、2020)。また、再生可能エネルギー発電促進賦課金はすべての電気利用者が負担し、負担額は電気使用量に比例して決定される。そして、再生可能エネルギー発電促進賦課金の単価は、単年度における再生可能エネルギーの導入量を買取価格等をもとに推測し、経済産業大臣が決定する。売電価格が一定に保たれたことにより、長期的な収入の見通しが立ち、初期投資費用回収の不確実性を低減することが可能になった。しかし、再生可能エネルギー発電促進賦課金は年々高くなり(図5)、利用者の負担が増加したため、この制度は2019年11月以降、10年間の買取期間を順次終了する。買取期間終了後の選択肢として、自家消費もしくは電気事業者に対し相対・自由契約で余剰電力を売電することが挙げられる。

図5 再生可能エネルギー発電促進賦課金の推移



出典：関西電力(2020)「再生可能エネルギー発電促進賦課金」より筆者作成

第2項 補助金制度

次に住宅用太陽光発電システムの普及政策として行われている補助金制度について説明する。補助金制度の目的は、費用負担を軽減し、太陽光発電の普及を促進することであり、補助金制度には2種類ある。

1つ目は、国の補助金制度である。2009年のFIT開始と同時に「住宅用太陽光発電導入

支援対策費補助金」が交付された。しかし、システム費用が低下し、太陽光発電の普及が進んだことにより、太陽光発電導入支援対策費補助金制度は2014年に廃止された。

2 つ目は、地方自治体による補助金制度である。地方自治体による補助金には、都道府県からのものと地方自治体からのものがあるが、補助金の金額は地方自治体ごとに異なる⁵。例えば、大阪府池田市では、池田市太陽光発電システム設置費補助制度があり、補助金の金額は1kW 当たり2 万円で10 万円を上限としている。また、東京都中央区では住宅・共同住宅用自然エネルギー・省エネルギー機器等導入費助成があり、1kW 当たり10 万円で35 万円を上限としている。このように、地方自治体によって補助金の金額は異なるが、国の補助金制度が終了したため、現在は地方自治体の補助金制度のみが行われている。

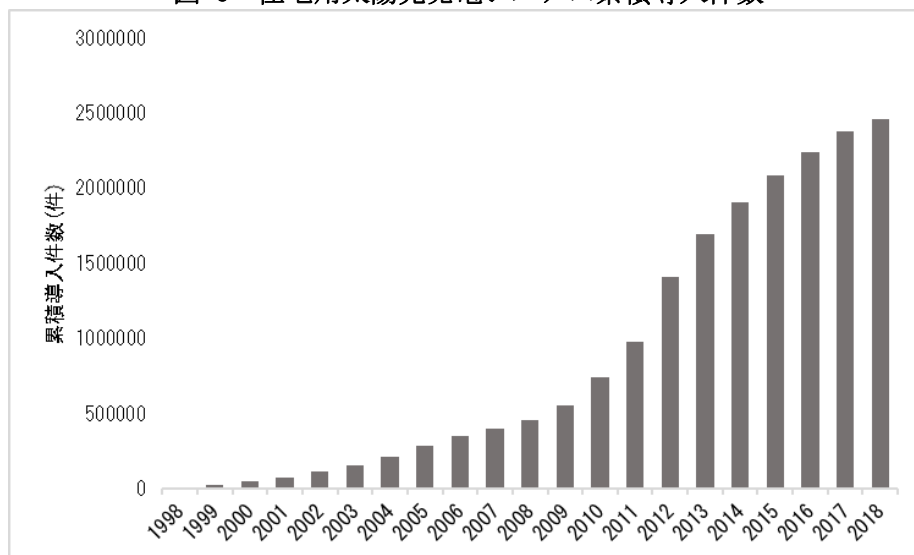
本稿では、この地方自治体が行っている補助金政策に焦点を当てて研究を行う。FIT や国による補助金と異なり、地方自治体による補助金は、自治体によって補助金の交付の有無、交付金額が異なり、自然実験的な状況が発生していると考えられることが理由として挙げられる。このような状況では、補助金の有無の割り付け、補助金額の設定に影響する要素やアウトカムに影響を与える条件をコントロールすることで政策の処置効果を推定することができる。

第3節 住宅用太陽光発電システムの現状

第1項 近年の傾向

図6は1998年から2018年の住宅用太陽光発電システムの累積導入件数を表しており、その件数は右上がりであるものの、単年度の導入件数は年々伸び悩んでいる。実際にFITが導入された2012年では、426868件であったが、2018年では83430件であり、2012年の約20%程度の導入件数となっている。

図6 住宅用太陽光発電システム累積導入件数



出典：一般社団法人太陽光発電協会(2019)「太陽光発電の導入状況と今後の課題」より筆者作成

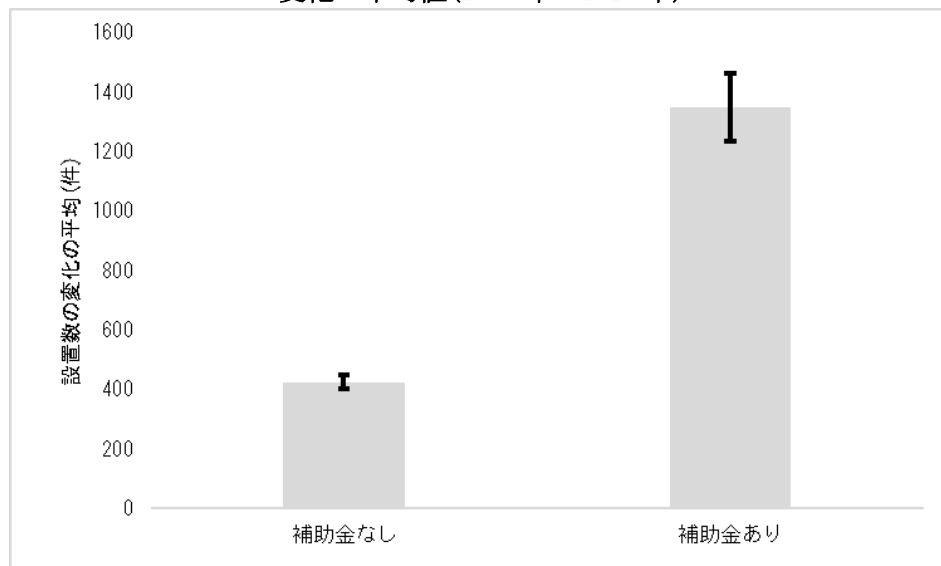
⁵ 補助金を交付している自治体及び設備容量1kW 当たりの交付金額、上限金額の一覧を別添1に示す。

第2項 2008年と2013年の設置件数の変化

図7は、地方自治体の補助金の有無別の2008年と2013年の住宅用太陽光発電システムの設置件数の変化の平均値と平均値の95%信頼区間(平均値 $\pm$ 1.96SE)を表す誤差を表している。補助金ありの場合の平均値は1350.43、95%信頼区間は1127.96~1572.91である。一方で補助金なしの場合の平均値は424.63、95%信頼区間は377.77~471.48である。両者の95%信頼区間には重複した区間はなく、補助金の有無によって設置件数には差があり、補助金がある地方自治体の方が住宅用太陽光発電システムの設置件数が多いということがわかる。

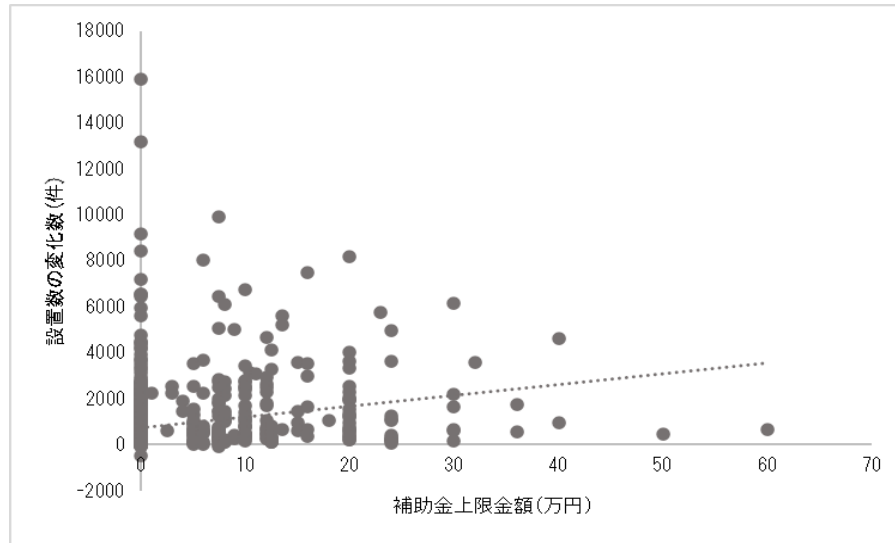
また、住宅用太陽光発電システムの設置件数の変化と補助金の金額の相関をみると近似直線が右上がりになっていることから、住宅用太陽光発電システムの設置件数と補助金の金額には関係性があることが示唆される(図8、9)。

図7 補助金の有無別の住宅用太陽光発電システムの設置件数の変化の平均値(2008年・2013年)



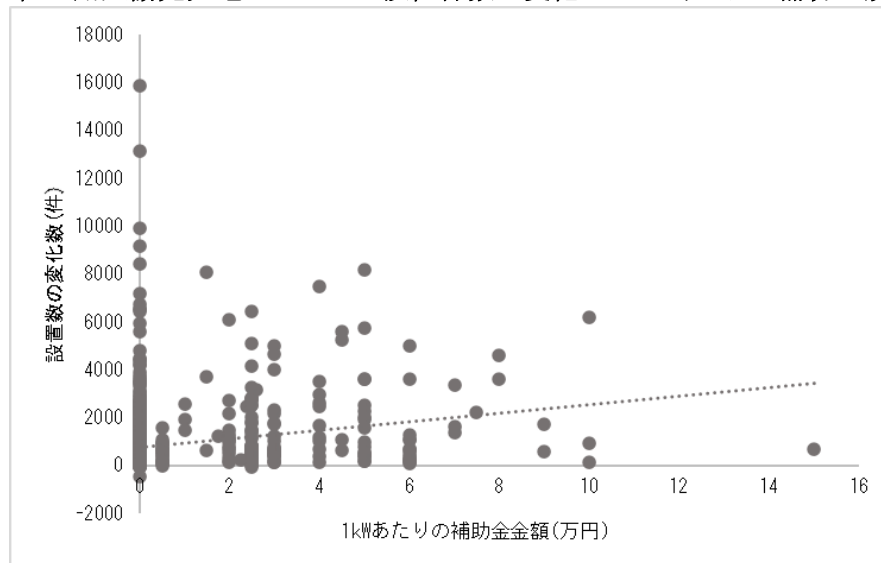
出典：総務省統計局(2008,2013)「住宅・土地統計調査」、一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会(2008)「住宅用太陽光発電導入状況に関する調査」より筆者作成

図 8 住宅用太陽光発電システムの設置件数の変化と補助金上限金額の相関



出典：総務省統計局(2008, 2013)「住宅・土地統計調査」、一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会(2008)「住宅用太陽光発電導入状況に関する調査」より筆者作成

図 9 住宅用太陽光発電システムの設置件数の変化と 1kW 当たりの補助金額の相関



出典：総務省統計局(2008, 2013)「住宅・土地統計調査」、一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会(2008)「住宅用太陽光発電導入状況に関する調査」より筆者作成

第2章 問題分析

第1節で記載したように、現在の日本では化石燃料に依存するエネルギー供給体制を築いている。安定したエネルギー需給体制を構築するためには再生可能エネルギーの普及によるエネルギー自給率の向上が求められるが、日本は他の先進国と比べ、再生可能エネルギーの導入率が低い。そこで再生可能エネルギーの導入率を上げるために太陽光発電に着目し、普及の可能性から住宅用太陽光発電システムに焦点を当てた。しかし、2012年以降、住宅用太陽光発電システムの単年度導入件数は減少傾向にある。その原因の1つとして環境省によるアンケート結果(図3、4)から住宅用太陽光発電システムの費用負担が導入の妨げになることが考えられる。そこで本稿では費用負担の軽減を目的とする補助金制度に焦点を当てた。第3節で記載したように、補助金と住宅用太陽光発電システムの普及には関係性があると考えられる(図7～9)。しかし、補助金制度が住宅用太陽光発電システムの普及に与える関係性及びその費用対効果は明らかとなっていない。

本稿では、日本の約束草案で示された2030年までの二酸化炭素の排出量の目標が達成されていないことを問題意識とし、住宅用太陽光発電システムを普及させることによって目標の達成を目指す。そこで、住宅用太陽光発電システムの普及に対する地方自治体の補助金制度の有効性を分析し、住宅用太陽光発電システムの普及を促進する政策の提言を行う。なお、住宅用太陽光発電システムは表2の部門では家庭部門に含まれる。

第3章 先行研究の考察

第1節 先行研究の紹介

太陽光発電システムの補助金の効果とその補助金の費用対効果に関する先行研究として太陽光発電の研究が進んでいるオーストラリアとアメリカ、日本の研究を紹介する。

第1項 オーストラリアの先行研究

オーストラリアの代表的な研究として、Best, Burke, and Nishitateno(2019)がある。Best et al. (2019)では、太陽光発電システムの普及に対して小規模再生可能エネルギースキーム(以下、SRES)の影響を定量化することを目的としている。SRESの背景には、2001年からオーストラリアで始まった再生可能エネルギー目標制度(RET)があり、2010年までに再生可能エネルギーの導入量を9500GWにすることを目標とした。その後、2011年にRETは大規模再生可能エネルギー目標制度(LRET)とSRESに分かれた。その中でもSRESは住宅用太陽光発電システムの普及に貢献し、国の重要なエネルギー政策となっている。同研究では、従属変数として太陽光発電システムの普及率、説明変数として総住宅数や太陽光発電システムの補助金、収入などを用いて、誘導形横断分析を行っている。分析の結果、SRESには補助金制度が存在し、高い補助金額を受けとっている地域の普及率が必ずしも高いとは限らないと述べられており、他の要素を考慮することが重要となるとしている。他のオーストラリアの研究では、太陽光発電システムの設置に対する補助金の費用対効果分析はほとんど行われていないが、同研究では、13年の寿命を持つ太陽光発電システムの場合は、1kWhの発電から0.001トンの二酸化炭素排出量を削減するために36米ドルの補助金が必要であり、20年の寿命を持つ太陽光発電システムの場合は23米ドルの補助金が必要であるとしている。

第2項 アメリカの先行研究

アメリカを対象とした研究として、Crago and Chernayakhovisky(2016)とHughes and Podolefsky(2015)、Gillingham and Tsvetanov(2018)が挙げられる。

Crago et al. (2016)では、アメリカの北東地域での政策インセンティブの有効性について論じており、2005年から2012年の13州300郡の住宅用太陽光発電システムの設置に関する消費税免除や人口密度、住宅密度等のパネルデータを用いている。これらの項目を財政的要因と非財政的要因の2つに分類し、トービットモデルや最小二乗法を用いた分析が行われている。分析の結果、政策インセンティブとしてリベート政策⁶が普及に効果的であり、1W当たり1ドルのリベートで47%もの太陽光発電システムの普及が進むと推定されている。一方、非政策インセンティブの中では、電力価格や日射量の変数、環境保護的変数のハイブリッド車の保有率が太陽光発電システムの普及に与える影響として大きいことが示されている。

⁶ 売り手が買い手に購入価格の一部を返すこと。これは、全請求額の支払い後に行われる(Business Dictionary、発行年不明)。

Hughes et al. (2015)では、カリフォルニア・ソーラー・イニシアティブ(以下、CSI)⁷の政策を評価しながら、前払いリベートの効果を論じている。2007 年から 2012 年のカリフォルニア州の太陽光発電システムの設置データを用いて、前払いリベートと太陽光発電システム導入の関係性を分析している。その結果、400 から 500 ドルのリベートの増加により、太陽光発電システムの設置率は 10%上昇するとしている。一方、リベートが無かった場合、約 53%の設置率減少に繋がることが明らかになった。また、CSI 実施下の太陽光発電システムの導入による費用対効果として、1kWh 当たり 0.06 ドルの太陽光発電システム量で、二酸化炭素排出量を 1 トン当たり 130 ドルから 196 ドル削減することができるとしている。

Gillingham et al. (2018)では、需要を推定する際の経験的課題に対処するための新しいアプローチを発見し、そのアプローチを適用して住宅用太陽光発電システムの需要をモデル化することを目的として研究を行っている。この研究では、ポアソンハードルをアプローチ方法として、住宅用太陽光発電システムの需要を推定した結果、需要の価格弾力性が -0.65 であることが明らかになった。これにより、1W につき 1 ドルのシステム価格の減少により、127 件設置件数が増加することが分かった。同研究では、25 年の寿命を持つ太陽光発電システムの場合、1kWh の発電から 0.000258 トンの二酸化炭素排出量を削減するために 364 ドルの補助金が必要であるとしている。

第3項 日本の先行研究

日本で行われた補助金政策に関する研究として、明城(2009)と吉田(2012)などが挙げられる。

明城(2009)では、住宅用太陽光発電システムの普及に係る国の公的補助金の効果を定量的に評価することを目的とし、構造型推計を用いて、補助金が付与されなかった場合をシミュレーションすることにより、公的補助金の効果を推定している。1997 年から 2007 年までの都道府県レベルでの導入量や価格データ等を用いて、住宅用太陽光発電システムの需要・費用関数を用いて分析を行っている。その結果、1997 年から 2005 年の間で補助金がある場合の太陽光発電システム導入量は、補助金がない場合と比較して約 2 倍に増加したことが明らかになった。また、補助金制度が実施されたことにより、太陽光電池の価格は平均して約 1.1%低下したとしている。

吉田(2012)では、太陽光発電システムの大量導入を目的とし、1996 年から政府が実施してきた住宅用太陽光発電システム導入支援対策費補助金について、四半期ごとに各都道府県の交付決定件数・平均システム価格等の変数を用いて、設置状況の傾向分析や最小二乗法等の回帰直線へのあてはめ、そして、太陽光発電システムの普及モデルに基づく収支シミュレーションを行っている。その結果、政府が公的補助金を設置することで、初期費用の低減や市民の太陽光発電システム導入の意欲に寄与することが分かった。

これらの分析により、補助金による採算性向上を通じて、補助金には太陽光発電システムの普及に一定の効果があることは明らかである。

⁷ 2006 年にカリフォルニア公益事業委員会によって採択され、2016 年までに州全体で 3000MW の太陽光発電システム導入を目標とした(JETRO、2009)。

第2節 本稿の位置づけ

上記で説明したオーストラリアやアメリカの既往研究では、近年の国や州、郡の補助金や設置件数等のデータを用いて分析を行い、かつ太陽光発電システムの設置がどの程度二酸化炭素の削減につながるのかを検証している。また、日本を対象とした研究では、主に都道府県のデータを用いて、国の補助金の効果を説明している。しかし、地方自治体レベルの研究は行われていない。本稿では地方公共団体に焦点を当てる理由として、同一県内の市町村の異質性⁸を考慮することが可能となることを挙げる。そして、日本を対象として、二酸化炭素の削減に対する費用対効果を調べている先行研究も見つかっていない。

よって、本稿の新規性として、以下の2つを挙げる。

1つ目は、地方自治体レベルの太陽光発電システムの補助金効果を検証する点である。具体的には以下の2つの分析を行った。

分析①：地方自治体による住宅用太陽光発電システムの補助金交付の効果を検証するための傾向スコアマッチング法を用いた分析

分析②：補助金額の金額ごとの効果を検証するための最小二乗法を用いた分析

2つ目は、分析①と分析②の結果を基に、地方自治体が補助金を出すことによる費用対効果に関する分析を行う点である。

⁸ 例えば、兵庫県の豊岡市と神戸市では気候条件等、補助金制度以外に太陽光発電システムの設置に影響を与える要因に違いがあるが、都道府県のデータを用いて分析を行う場合、その違いを考慮することができない。

第4章 定量分析

第1節 仮説の設定

図7～9より、補助金の有無・金額と住宅用太陽光発電システムの普及には関係性があることが示唆された。また、地方自治体レベルの補助金の費用便益分析が行われていないことから、地方自治体によって交付される補助金の普及促進効果及び、CO₂の削減に対する費用対効果について実証分析を行う。そこで以下の4つの仮説を立てた。

仮説1：補助金の交付(ダミー)は住宅用太陽光発電システムの設置を増加させる

仮説2：1kW当たり補助金額が高いほど普及促進効果は大きくなる

仮説3：補助金上限金額が高いほど普及促進効果は大きくなる

仮説4：補助金の費用便益比は1を上回る

第2節 仮説1の検証

本節では、仮説1「補助金の交付(ダミー)は住宅用太陽光発電システムの設置を増加させる」を検証する。

第1項 分析の枠組み

前述の仮説の検証は、全国1741地方自治体⁹を対象に2008年度のクロスセクションデータを用いて行う。本来であれば年度ごとの補助金関連データと太陽光発電システムの設置件数のデータを用いてパネルデータ分析を行うのが理想的ではあるが、データが入手可能である年度に限られているため¹⁰、クロスセクションデータを用いた分析となった。補助金に関する調査は新エネルギー導入促進協議会によって2008年度に行われており、同年度に総務省統計局の「住宅・土地統計調査」により住宅用太陽光発電システムの設置件数が調査されているため、分析対象年度を2008年度に設定した。しかし、単年の設置件数では補助金の普及促進効果を測定するのが困難であることから、2008年から2013年¹¹までの5年間の設置件数の変化をアウトカムとする。また、後述するロジスティック回帰分析の説明変数に関して2008年度のデータが入手できなかったものは周辺の年度のデータを使用している。

仮説の検証には、地方自治体の財政状況等、補助金の交付可能性を決定すると考えられる要素の影響を取り除くため、傾向スコアマッチング法を用いる。

⁹ 政府統計の総合窓口(e-Stat)より取得したデータは、調査の実施年度に関わらず最新の市町村区分で取得されるため、2020年時点の市、町、村(ロシア連邦が実効支配している6村を除く)、特別区の合計数である1741地方自治体を対象としている。

¹⁰ 補助金は2008年及び2011年、太陽光発電システムの設置件数については2008年、2013年、2018年のデータのみが使用可能である。

¹¹ 住宅・土地統計調査は5年ごとに行われ、2008年の次の実施年度が2013年であるため。なお、住宅用太陽光発電システムを設置した住宅数は2008年から集計が開始され、2008年度、2013年度、2018年度のデータが使用可能であるが、入手可能な補助金関連データの調査年度との兼ね合いで2008年～2013年の設置件数の変化をアウトカムとして設定した。

第2項 本稿における欠損の扱い

補助金政策のアウトカムとして設定した「住宅用太陽光発電システム設置件数の変化」には約 40%の欠損が存在する。当該変数に関して欠損ダミー(欠損=1、データあり=0)を作成し他の変数との相関を確認したところ、財政力指数と欠損ダミーの相関係数が-0.46 であり、財政規模の小さい地方自治体ほどアウトカムについて欠損の発生が多いことが示唆された。このことから欠損メカニズムは MAR¹²であると判断される。MAR の欠損に対して、代表的な欠損処理法であるリストワイズ法やペアワイズ法を行うと結果にバイアスがかかることが知られており、通常は多重代入法による欠損補完が推奨される。しかし、高橋、渡辺(2017)では、従属変数の欠損に限りリストワイズ法による欠損除去を行った場合も結果に偏りは発生しないとされている。そのため、本稿では全ての変数の観測値が得られた地方自治体のみを対象に分析を行う。

なお、説明変数に関してもいくつかの変数に少量の欠損が確認されたため、第 6 節に多重代入法による欠損補完をした場合の分析結果を補足的に掲載している。

第3項 推定モデル

まず、以下のロジットモデルを用いて傾向スコアを算出する。

$$Pr(y_i = 1) = \frac{1}{1 + \exp \{-(\beta_0 + \sum_{k=1}^{10} \beta_k x_{ki})\}}$$

y_i = 補助金ダミー

x_1 = 財政力指数

x_2 = 年平均最高気温

x_3 = 年平均全天日射量

x_4 = 年最深積雪

x_5 = 居住世帯あり住宅数

x_6 = 沿岸ダミー

x_7 = 生産年齢人口

x_8 = 人口増減率

x_9 = 1 世帯当たり所得

x_{10} = ごみのリサイクル率

次に、2008 年時点で補助金を交付している地方自治体と、それに最も近い傾向スコアを持ち、かつ補助金を交付していない地方自治体をマッチングし、処置群と対照群で共変量の分布が調整されていることを確認する。マッチング法に関しては、本稿では補助金を交付している地方自治体が 231 に対し、交付していない地方自治体が 1510 と、処置群と対照群に含まれる個体数に大きな乖離があるため、岩崎(2015)で対照群のマッチング候補が多い場合に推奨されている 1:3 の非復元マッチングを行い、母集団全体における平均処置効果(ATE)、処置群における平均処置効果(ATT)、対照群における平均処置効果(ATU)を推定する。

¹² MAR (Missing At Random) とは、欠測が観測データを条件とした場合に無作為に発生している場合を指す。

第4項 変数選択

傾向スコアを推定するにあたって、補助金の交付確率に影響を及ぼすと考えられる変数として以下の変数を投入した。

- ・財政力指数

補助金の交付は各地方自治体の財政状況を鑑みて決定されと考えられるため、財政力は補助金の交付確率に影響を与えと考えられる。

- ・年平均最高気温

パナソニック株式会社ホームページ「よくあるご質問」によると、太陽光発電システムは温度が低いほど発電電力が大きく、高温になると発電効率が低下する。発電効率の悪い地域では普及を目指す上で補助交付による後押しが必要であると考えられるため、補助金の交付確率に影響を与えと考えられる。

- ・年平均全天日射量

日射量が多いほど発電量が増加するため、日射量が多い地方自治体は太陽光発電システムの設置に向いていると言える。そのような地域では、普及を目指す上で補助金交付の必要性が低く見積もられると考えられるため、補助金の交付確率に影響を与えと考えられる。

- ・年最深積雪

積雪は発電システムの故障の原因になる他、屋根に雪が積もった場合は仮に晴れていても発電ができないため、積雪量が多い地域は太陽光発電システムの設置に向いていないと言える。そのような地域では、普及を目指す上で補助交付による後押しが必要であると考えられるため、補助金の交付確率に影響を与えと考えられる。

- ・居住世帯あり住宅数

住宅用太陽光発電システムは住宅単位で設置されるため、住宅の多い地方自治体ほど政策のターゲットが多いと考えることができる。よって居住世帯のあり住宅数が多い地方自治体ほど補助金の交付確率は高いと予想する。

- ・沿岸ダミー

海に面した地方自治体では塩害により設備の劣化や腐食の恐れがあるため、太陽光発電システムの設置に向いているとは言えない。そのような地域では普及を目指す上で補助交付による後押しが必要であると考えられるため、補助金の交付確率に影響を与えと考えられる。

- ・生産年齢人口

環境省(2015)のアンケートより、消費者の主観的投資回収年数は約 8~20 年であることがわかり、日本の平均寿命を考慮すると 65 歳以上の消費者は設置に積極的ではないと推測できる。また、所得のない子供による設置は現実的ではないため、太陽光発電システムの設置の主な主体かつ補助金政策のターゲットは生産年齢人口である推測される。よって、生産年齢人口は補助金の交付確率に影響を与えと考えられる。

- ・人口増減率

大阪府河南町に対して独自に行ったヒアリング調査において、補助金を交付していない理由として人口の減少があるという結果が得られた。これより、人口が減少傾向にある地方自治体は補助金の交付に消極的になり、補助金の交付確率に影響を与えられと考える。

- ・1世帯当たり所得

太陽光発電システムの設置には大きな初期費用が必要であり、補助金の交付を行った場合でも実際に設置するのは一定の所得を有した世帯であると考えられる。よって、1世帯当たり所得が高い地方自治体ほど補助金の交付確率が高いと予想する。

- ・ごみのリサイクル率

廃棄物の処理のリサイクル率は、環境への意識の高さに関連すると考えた。環境意識の高い地域では、住民が自主的に太陽光発電システムを導入するため、補助金交付の必要性が低く見積もられ、補助金の交付確率は低いと予想する。

本節で用いた全変数の定義及び出典を表3に、記述統計量を表4に示す。また別添2に各変数をGISソフトウェアを用いて日本地図にプロットしたもの示す。別添2は灰色が濃い自治体ほど値が大きいことを示し、欠損値は白色で表している。

表 3 変数の定義及び出典

変数	年度	定義	出典
住宅用太陽光発電システム 設置件数の変化(件)	2008-2013	太陽光発電システムを設置している住宅の数 (2008 年と 2013 年の差分)	住宅・土地統計調査
補助金ダミー(ダミー)	2008	補助金の交付がある場合 1、ない場合 0 をとる ダミー変数	住宅用太陽光発電システム 導入状況に関する調査
財政力指数(-)	2008	基準財政収入額を基準財政需要額で除して算出したもの	地方財政状況調査
年平均最高気温(°C)	2010	最高気温の年平均値	国土数値情報
年平均全天日射量(MJ/m ²)	2010	全天日射量(地表面が受け取るすべての太陽光の量) の年平均値	国土数値情報
年最深積雪(cm)	2010	年間の積雪深の最大値	国土数値情報
居住世帯あり住宅数(戸)	2008	居住世帯のある住宅数	住宅・土地統計調査
沿岸ダミー(ダミー)	2020	海に面している場合 1、面していない場合 0 をとる ダミー変数	Google Map
生産年齢人口(人)	2010	15~64 歳の人口	国勢調査
1人世帯当たり所得(千円)	2008	課税対象所得/世帯数	市町村税課税状況等の調
大卒・院卒人口(人)	2010	最終卒業学校が大学または大学院である人口	国勢調査
ごみのリサイクル率(%)	2010	$\frac{(\text{直接資源化量} + \text{中間処理後再生利用量} + \text{集団回収量})}{(\text{ごみ処理量} + \text{集団回収量})} \times 100$	日本の廃棄物処理

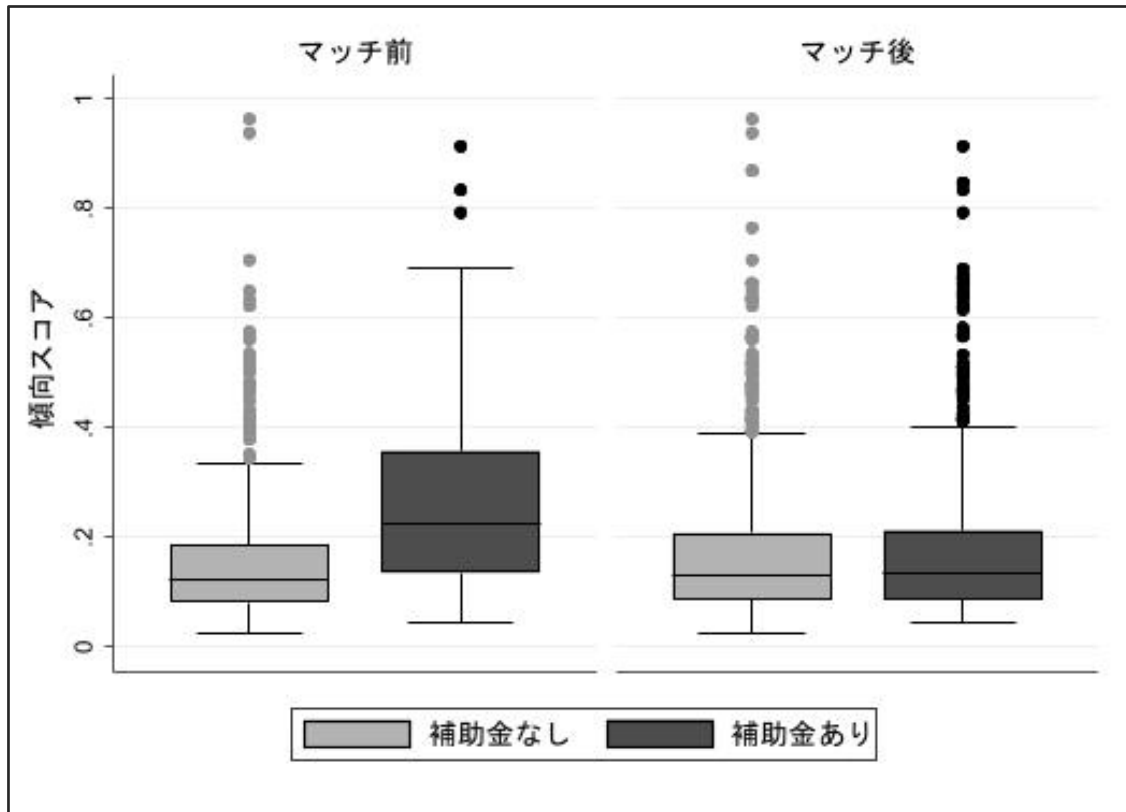
表 4 記述統計量

変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
住宅用太陽光発電システム設置件数の変化	1085	878.341	1304.637	-480	15890
補助金ダミー	1741	0.133	0.339	0	1
財政力指数	1684	0.557	0.3341	.050	2.890
年平均最高気温	1731	17.116	4.192	-2.500	27
年平均全日射量	1731	130.571	7.884	112	161
年最深積雪	1731	34.371	64.288	0	485
居住世帯あり住宅数	1102	42123.020	95024	2210	1490350
沿岸ダミー	1741	0.351	0.477	0	1
生産年齢人口	1741	46543.250	121593	144	2440385
人口増減率	1741	-3.413	5.371	-29.480	35.310
1世帯当たり所得	1741	3243.039	880.367	1120.474	11922.060
ごみのリサイクル率	1684	22.702	13.199	0	100

第5項 分析結果

マッチ前後の群ごとの共変量の分布を箱ひげ図でプロットしたところ、マッチングによる調整が適切に行われていることが確認された(図 10)。ロジスティック回帰分析の結果を表 5 に、マッチングによる平均処置効果の推定結果を表 6 に示す。

図 10 共変量のバランスチェック



出典：筆者作成

表 5 推定結果

従属変数：補助金ダミー	
変数名	係数
財政力指数	1.078** (0.483)
年平均最高気温	-0.052 (0.034)
年平均全日射量	0.049*** (0.141)
年最深積雪	-0.001*** (0.003)
居住世帯あり住宅数	0.000** (0.000)
沿岸ダミー	0.545 (0.191)
生産年齢人口	0.000 (0.000)
人口増減率	-0.047 (0.031)
1世帯当たり所得	0.001*** (0.000)
ごみのリサイクル率	-0.007 (0.009)
定数項	-10.344*** (2.201)
疑似決定係数	0.116
AIC	876.203
サンプルサイズ	1044

注：*** p<0.01、** p<0.05、* p<0.1を表している。

表 6 平均処置効果

従属変数：2008 年から 2013 年にかけての住宅用太陽光発電システム設置件数の変化			
	ATE	ATT	ATU
補助金ダミー	137.423***	263.780***	111.276***
	(49.253)	(137.53)	(42.358)

注：*** p<0.01、** p<0.05、* p<0.1 を表している。

第 6 項 結果の解釈

各平均処置効果は統計的に有意な水準で正であり、仮説 1「補助金の交付(ダミー)は住宅用太陽光発電システムの設置を増加させる」は支持された。補助金交付による初期費用の低減が設置を促していると考えられる。

ATT の推定結果より、2008 年時の補助金政策により実際に得られた効果は、補助金を交付した 1 地方自治体当たり約 264 件の増加であると分かる。

また、ATU の推定結果より、2008 年時点で補助金を交付していない地方自治体が仮に補助金を交付していた場合、普及促進効果を享受できていたことが示された。よって、補助金を交付する地方自治体の数はより増やされるべきであると考えられる。

第 3 節 仮説 2 及び仮説 3 の検証

本節では、仮説 2「1kW 当たり補助金額が高いほど普及促進効果は大きくなる」及び仮説 3「補助金上限金額が高いほど普及促進効果は大きくなる」を検証する。

第 1 項 分析の枠組み

本節では補助金の金額ごとの効果を検証する。前節と同様に全国 1741 地方自治体に関する 2008 年度のクロスセクションデータを用いて仮説の検証を行う。2008 年度のデータが入手不可能であった変数の扱い、欠損の処理及び多重代入を行った場合の結果の掲載に関しても前節と同様である。分析手法は太陽光発電システム設置件数の変化を従属変数、補助金関連の変数及びその他の統制変数を説明変数とする最小二乗法を用いる。

第2項 推定モデル

仮説2の検証を目的としたモデル1と仮説3の検証を目的としたモデル2の二つの推定モデルを作成した。

$$\text{モデル1: } y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \sum_{k=5}^{19} \beta_k x_{ki} + U_i$$

$$\text{モデル2: } y_i = \beta_0 + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \sum_{k=5}^{19} \beta_k x_{ki} + U_i$$

y_i = 住宅用太陽光発電システム設置件数の変化

x_1 = 1kW 当たり補助金額

x_2 = 1kW 当たり補助金額の2乗

x_3 = 補助金上限金額

x_4 = 補助金上限金額の2乗

x_5 = 年平均最高気温

x_6 = 年平均全天日射量

x_7 = 年最深積雪

x_8 = 居住世帯あり住宅数の変化

x_9 = 1住宅当たり延べ面積

x_{10} = 総面積

x_{11} = 沿岸ダミー

x_{12} = 緑地面積

x_{13} = DID 人口密度

x_{14} = 生産年齢人口

x_{15} = 1世帯当たり所得

x_{16} = 転入者数

x_{17} = 大卒・院卒人口

x_{18} = 電力価格

x_{19} = ごみのリサイクル率

第3項 統制変数の選択

補助金の有効性を正確に検証するために、類似研究を参考に以下の統制変数を投入した。

・年平均最高気温

太陽光発電システムは温度が低いほど発電電力が大きく、高温になると発電効率が低下するため、最高気温が高い地方自治体では太陽光発電システムの設置に消極的になると考えられる。

・年平均全天日射量

日射量が多いほど発電量が増加するため、日射量が多い地方自治体では太陽光発電システム設置件数が伸びやすいと考えられる。また、2012年に始まったFITは発電量の多い家庭ほど享受する恩恵が多く、日射量を変数に加えることでその影響をコントロールするこ

とができる。

- ・年最深積雪

積雪は発電システムの故障の原因になる他、屋根に雪が積もった場合は仮に晴れていても発電ができない¹³ことから、積雪が多い地方自治体では設置の伸びが小さいと考えられる。

- ・居住世帯あり住宅数の変化

従属変数として、住宅用太陽光発電システムの設置件数の 2008 年から 2013 年の変化を設定していることから、同期間における住宅全体の数の変化をコントロールするために投入する。

- ・住宅面積

屋根面積が広いほど発電量の大きい太陽光発電システムを設置できるため、屋根面積が広い地方自治体ほど、太陽光発電システムの設置が伸びやすいと考えられる。

- ・総面積

Rohan, B. ほか(2019)において、面積の大きい地区ほど太陽光発電システムの設置容量が大きいことが示されている。

- ・沿岸

海の近くに設置された太陽光発電システムには、塩害による設備の劣化や腐食の恐れがある¹⁴ため、海に面した地方自治体では設置の伸びが小さいと考えられる。

- ・緑地

Rohan, B. ほか(2019)において植生指数(Vegetteble index)が大きいほど太陽光発電システムの設置容量が大きくなることが示されている。

- ・DID 人口密度

住宅が密集している地域では太陽光発電システムの反射光による光害が想定される¹⁵ため、DID¹⁶の人口密度は住宅用太陽光発電システムの設置に影響を与えられとされる。

¹³ 京セラ株式会社ホームページ「よくある質問 Q&A」(<https://www.kyocera.co.jp/solar/support/qa/>)による。

¹⁴ パナソニック株式会社ホームページ「よくあるご質問」(<https://jpn.faq.panasonic.com/app/answers/list/p/2999/>)による。

¹⁵ SHARP 株式会社ホームページ「太陽光発電についての基本的なご質問」(<https://jp.sharp/sunvista/support/faqs/answer.html>)による。実際に、2012 年に横浜市で新築住宅の屋根に設置された太陽光発電システムの反射光をめぐるトラブルが発生し、新築住宅の隣家の住民が、太陽光発電システムの撤去を求めて、施工者と新築住宅所有者を相手取って提訴した(日経クロステック、2015)。

¹⁶ 人口集中地区(Densely Inhabited District)。

- ・生産年齢人口

環境省(2015)のアンケートより、消費者の主観的投資回収年数は約 8~20 年であることがわかり、日本の平均寿命を考慮すると 65 歳以上の消費者は設置に積極的ではないと考えられる。また、所得のない子供による設置は現実的ではないため、生産年齢に限った人口を変数として用いる。

- ・1 世帯当たり所得

太陽光発電システムの設置には大きな初期費用が必要となり、「現状分析・問題意識」第 2 節で示したアンケート調査において、金銭的な問題から導入を断念したという回答が多い。加えて設置後も定期的なメンテナンスが義務付けられているなど、出費が続くため、1 世帯当たり所得は太陽光発電システムの設置に影響を与えられと考えられる。

- ・転入者数

Rohan. B ほか(2019)において、最近引っ越しをした世帯の割合と住宅用太陽光発電システムの設置に正の関係が見られることが指摘されており、これは新居の購入に際して太陽光発電システムの設置が行われることが多いからであると推測できる。

- ・大卒・院卒人口

高い学歴を有している人ほど環境への意識と投資への関心が高く、太陽光発電システムの設置にも影響を与えられと考えられる。

- ・電力価格

2008 年当時は電力の小売全面自由化前で、大手 10 社が地域ごとに独占的に電力供給を行っていたため、契約する電力会社の変更による電気料金の節約は不可能である。そのため、太陽光発電システムにより発電した電力を自家消費することによる節約を試みる家庭が存在したと推測でき、この傾向は電力価格が高い地域ほど見られると考えられる。また Crago et al. (2016)において、電力価格が高い地域において住宅用太陽光発電システムの設置が他地域と比較して多いことが指摘されている。

- ・ごみのリサイクル率

廃棄物の処理のリサイクル率は、環境への意識の高さと関連すると考えた。環境への意識が高い地域ほど太陽光発電システムの設置に積極的であると考えられる。

本節で用いた全変数の定義及び出典を表 7 に、日本地図へプロットしたものを別添 3 に、記述統計量を表 8 に示す。

表 7 変数の定義及び出典

変数	年度	定義	出典
住宅用太陽光発電システム設置件数の変化(件)	2008-2013	太陽光発電システムを設置している住宅数の変化(2008 年と 2013 年の差分)	住宅・土地統計調査
1kW 当たり補助金額(万円/kW)	2008	太陽光発電システム設置の際に設備容量 1kW 当たりに交付される補助金額	住宅用太陽光発電システム導入状況に関する調査
補助金上限金額(万円)	2008	太陽光発電システム設置の際に交付される補助金の上限金額	住宅用太陽光発電システム導入状況に関する調査
年平均最高気温(°C)	2010	最高気温の年平均値	国土数値情報
年平均全天日射量(MJ/m ²)	2010	全天日射量(地表面が受け取るすべての太陽光の量)の年平均値	国土数値情報
年最深積雪(cm)	2010	年間の積雪深の最大値	国土数値情報
居住世帯あり住宅数の変化(戸)	2008-2013	居住世帯のある住宅数の変化(2008 年と 2013 年の差分)	住宅・土地統計調査
1 住宅当たり延べ面積(m ²)	2008	1 住宅当たりの延べ面積	住宅・土地統計調査
総面積(ha)	2008	北方地域及び竹島を除いた総面積	全国都道府県市区町村別面積調
沿岸ダミー(-)	2020 ¹⁷	海に面している場合 1、面していない場合 0 をとるダミー変数	Google Map
緑地面積(ha)	2008	林野面と積森林面積の和	農林業構造統計
DID 人口密度(人/km ²)	2010	人口集中地区の人口密度	国勢調査
生産年齢人口(人)	2010	15~64 歳の人口	国勢調査
1 人世帯当たり所得(千円)	2008	課税対象所得/世帯数	市町村税課税状況等の調
転入者数(人)	2008	他の市区町村から転入し住所を移した者の数	住民基本台帳人口移動報告
大卒・院卒人口(人)	2010	最終卒業学校が大学または大学院である人口	国勢調査
電力料金(円/kWh)	2008	従量電灯 A プランの電力量料金 ¹⁸	10 大電力会社 ¹⁹ のホームページ ²⁰
ごみのリサイクル率(%)	2010	$\frac{(\text{直接資源化量} + \text{中間処理後再生利用量} + \text{集団回収量})}{(\text{ごみ処理量} + \text{集団回収量})} \times 100$	日本の廃棄物処理

¹⁷ 政府統計の総合窓口(e-Stat)より取得したデータは、調査の実施年度に関わらず最新の市町村区分で取得される。そのため、沿岸ダミーについても最新の地図を参考に作成した。

¹⁸ 使用量に応じて段階的に電力量料金が変動する契約内容の電力会社に関しては、第 1 段階料金を用いた。また、東京電力は従量電灯 B を一般住宅用と設定しているため従量電灯 B の電力量料金を使用している。

¹⁹ 10 大電力会社とは北海道電力、東北電力、北陸電力、東京電力、中部電力、関西電力、四国電力、中国電力、九州電力、沖縄電力を指す。

²⁰ 2008 年当時のホームページはデジタルアーカイブ「Wayback Machine」(<https://archive.org/web/>)を使用して閲覧した。

表 8 記述統計量

変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
住宅用太陽光発電システム設置件数の変化	1085	878.341	1304.637	-480	15890
1kW 当たり補助金額	1741	0.4303561	1.338695	0	15
1kW 当たり補助金額の 2 乗	1741	1.976282	9.51317	0	225
補助金上限金額	1741	1.873435	5.518385	0	60
補助金上限金額の 2 乗	1741	33.94484	161.6497	0	3600
年平均最高気温	1731	17.11551	4.192275	-2.5	27
年平均全日射量	1731	130.5712	7.884243	112	161
年最深積雪	1731	34.37124	64.28814	0	485
居住世帯あり住宅数の変化	1085	2306.977	8245.703	-9270	137060
1 住宅当たり延べ面積	1090	113.7218	26.80998	49.95	211.48
総面積	1741	21393.87	24732.11	347	217767
沿岸ダミー	1741	.3509477	.4774037	0	1
緑地面積	1741	28321.04	38607.96	0	380632
DID 人口密度	1741	2668.894	3338.767	0	21881.5
生産年齢人口	1741	46543.25	121593	144	2440385
1 世帯当たり所得	1741	3243.039	880.3672	1120.474	11922.06
転入者数	1741	3076.93	10225.6	10	203927
大卒・院卒人口	1741	10176.06	33171.86	25	816542
電力価格	1741	16.9101	1.014103	15.5	20.01
ごみのリサイクル率	1684	22.70243	13.19947	0	100

第4項 分析結果

推定結果を表9に示す。各モデルに対して、ブルーシュ・ペイガン検定を行ったところ帰無仮説「誤差項の分散は均一である」が棄却された。したがって、不均一分散の影響を考慮するためにロバストな標準誤差を用いている。

また、モデル1、2に対しVIF検定を行ったところ補助金関連の変数に関しては大きな値ではなく多重共線性の疑いはないと判断できる(表10)。統制変数についてはVIFの値が10を超える変数が見られたが、本稿では補助金に関連する変数の係数の推定に主眼を置くため変数の除去等の対応は行わない。しかし、VIFが10を超えた変数に関しては多重共線性が発生している可能性があるため、それらの解釈には注意が必要である。

全変数の推定結果及びVIF検定結果については、それぞれ別添4、別添5として巻末に掲載する。

表9 推定結果

従属変数：2008年から2013年にかけての住宅用太陽光発電システム設置件数の変化		
変数名	係数	
	モデル1	モデル2
1kW当たり補助金額	51.667* (29.591)	
1kW当たり補助金額の2乗	-3.035 (3.900)	
補助金上限金額		19.718*** (6.909)
補助金上限金額の2乗		-0.390** (0.173)
自由度調整済み決定係数	0.798	0.799
サンプルサイズ	1041	1041

注：*** p<0.01、** p<0.05、* p<0.1を表している。

()内はロバストな標準誤差を示している。

表 10 VIF 検定結果

変数名	VIF	
	モデル 1	モデル 2
1kW 当たり補助金額	4.51	
1kW 当たり補助金額の 2 乗	4.38	
補助金上限金額		4.32
補助金上限金額の 2 乗		4.14

第 5 項 結果の解釈

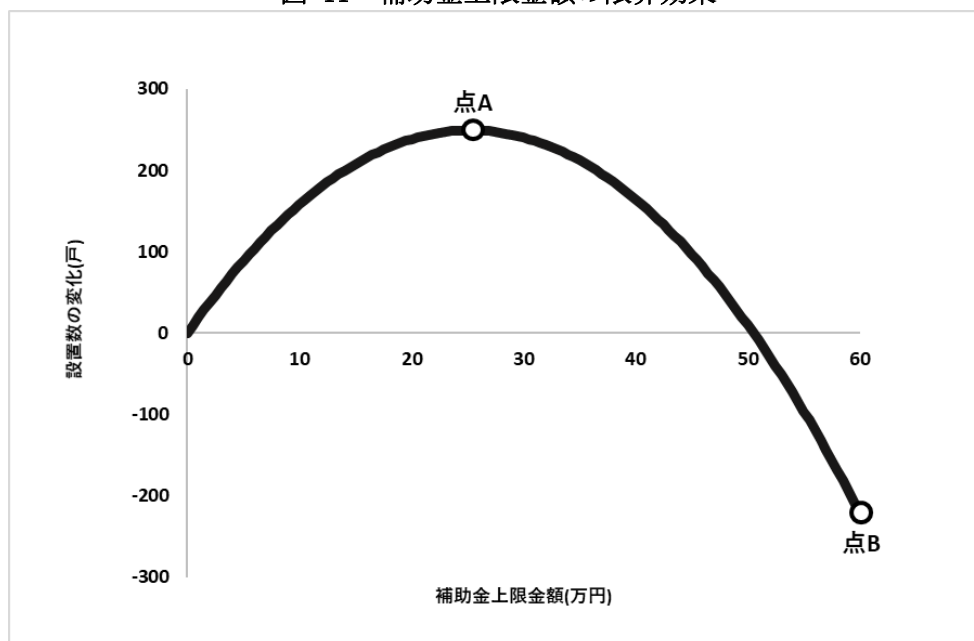
まず、モデル 1 において「1kW 当たり補助金額」の係数が正でかつ 10%水準で統計的に有意という結果になった。この結果から、1kW 当たり補助金額が 1 万円上がるほど太陽光発電システムの設置が約 50 件増加すると推測でき、仮説 2「1kW 当たり補助金額が高いほど普及促進効果は大きくなる」は支持された。金額が高く設定されるほど初期費用の低減効果が大きいという結果になったと考えられる。

次に、モデル 2 では「補助金上限金額」の係数は正でかつ 1%水準で統計的に有意であるという結果が得られた。しかし、補助金上限金額の 2 乗項の係数が負であると推定されたことから、補助金上限金額と太陽光発電システムの設置件数は非線形の関係であることが示された。推定結果より得られた係数を用いて、補助金上限金額の限界効果を示す(図 11)。2008 時点で補助金上限金額の最高額が愛知県田原市の 60 万円であることから右端が 60 万円までのグラフになっている。推定結果より補助金上限金額の限界効果は 25.5 万円で最大になり、限界効果は 249 件であるとわかった(図 11 点 A)。60 万円の場合の限界効果はマイナス 221 件になる(図 11 点 B)。

次に、限界効果より補助金上限金額の累積効果を算出した。累積効果を図 12 に示す。25.5 万円の場合の累積効果は 4381 件(図 12 点 C)、累積効果が最大になる金額は 50.5 万円であり累積効果は 8400 件(図 12 点 D)、60 万円に設定した場合の累積効果は 5611 件(図 12 点 E)である。なお、累積効果 7294 件というのは上限金額を 38.5 万円に設定した場合と概ね同程度の効果である。

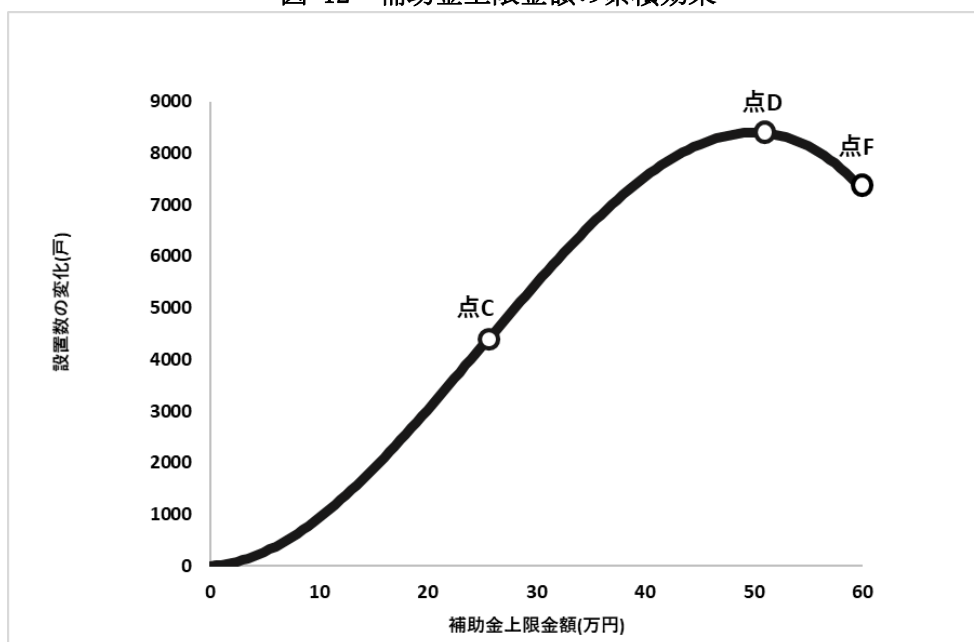
以上より、仮説 3「補助金上限金額が高いほど普及促進効果は大きくなる」は限界効果に関しては金額が 25.5 万円以下、累積効果に関しては 51.5 万円以下であるという条件付きで支持される。

図 11 補助金上限金額の限界効果



出典：筆者作成

図 12 補助金上限金額の累積効果



出典：筆者作成

第4節 仮説4の検証

本節では仮説4「補助金の費用便益比は1を上回る」の検証を行う。手順は以下の通りである。

1. 地方自治体ごと2008年から2013年の太陽光発電システムの設置件数の変化のうち、補助金の効果による件数を推定する。

第4節で求めた累積効果より補助金を交付している各地方自治体ごと、補助金により増えた太陽光発電システム設置件数を推定した。地方自治体によって金額が異なるので増加件数も様々だが、各地方自治体の増加件数を合計して全国規模で見た場合、2008年から2013年にかけての総増加95万4600件のうち、6189件が補助金の効果によるものであると推測された。

2. 1で推定した設置件数の変化をもとに、総交付額を推定する(費用1)。

各地方自治体が合計でどれほどの金額を補助金として交付しているのかを推定する。ここで、太陽光発電システムを設置する家庭は設備容量4kW²¹のシステムを導入すると仮定し、「1kW当たり補助金額×4」の金額が上限金額を下回る地方自治体については「1kW当たり補助金額×4」の金額を、上限金額を上回る地方自治体に関しては「上限金額」を1件設置に交付するとして総交付額を算出する。1で求めた補助金による増加件数に、前述の交付金額を掛け、補助金を交付する全ての地方自治体についてその和を求めることで、全国でどれだけの金額が交付されているのかが明らかになる。計算の結果、10億4082万円という金額が得られた。この金額を費用1とする。

3. 1で推定した設置件数の変化をもとに、補助金によって排出される住宅用太陽光発電システムのライフサイクルCO₂²²を推定する(費用2)。

太陽光発電システムのライフサイクルCO₂はシステムの素材等によって異なるが、環境省(2013)によると単結晶シリコン素材の太陽光発電システムでリサイクルを考慮しない場合のライフサイクルCO₂は1.468t-CO₂/kWである。本稿ではこの指標を住宅用太陽光発電システムのライフサイクルCO₂として採用する。1において全ての設置増加のうち補助金によるものは5731件と推測されており、かつそれらは全て設備容量4kWであると仮定しているため、総ライフサイクルCO₂は、

$$1.468(t - CO_2/kW) \times 4(kW) \times 6189(件) = 36339.13037(t - CO_2)$$

と求まる。これを費用2とする。

²¹ 環境省(2017)によると消費者が導入した太陽光発電システムの設備容量は3kW以上4kW未満、4kW以上5kW未満がボリューム層であるため、本稿では4kWと仮定する。

²² 製品の製造から廃棄までの期間で排出される総CO₂量。材料となる資源の採掘工程、太陽光発電システムを構成する機器・素材の製造工程、セル・モジュール製造に投入される薬品・消耗品などの製造工程、システムの輸送(流通)工程、システムの使用・修理・部品交換(交換部品の製造を含む)、システムの使用後処理(廃棄・リサイクル)工程、素材・部品の各輸送工程がこれに含まれる(NEDO、2009)。

4. 1 で推定した設置件数の変化をもとに補助金によって削減された CO₂ 排出量を推定する(総便益)。

CO₂ 削減効果を推定するために、まず補助金によって増加した太陽光発電システムがどれだけの電力を発電しているのか試算を行う。次に、求めた発電量が、火力発電等の化石燃料を用いた発電方法によって発電された場合の CO₂ 排出量を求め、その量を補助金の交付によって削減した CO₂ の排出量とみなす。

まず、太陽光発電システムの発電量は NEDO(2009)によると、

1 年当たり発電予想量(kWh/年)

= 設置面の 1 日当たり平均日射量(kWh/m²/日) × 365(日) × システム出力係数(割合)
× 設備容量(kW)

で求められる。接地面の 1 日当たりの平均日射量は、分析で用いた年平均日射量の単位を変換し算出、損失係数は NEDO(2009)を参考に 0.74 に設定、設備容量は仮定通り 4kW と設定して計算した。結果、補助金によって設置された太陽光発電システムは合計で 22714541.5036922kWh/日発電すると試算された。これを CO₂ 排出量に変換するにあたって、環境省が公表している事業者別の排出係数を用いる(別添 6)。これによると事業者による発電では平均 0.0005213t -CO₂/kWh の CO₂ が排出される。これをもとに、削減された CO₂ 量を求めると、

$$0.0005(t - CO_2/kWh) \times 22714541.5037(kWh/年) = 11632.7981 (kWh/年)$$

となった。

5. 総費用(=費用 1+費用 2)及び総便益を各種環境評価基準により貨幣換算し設置後経過年数ごとに費用便益比を算出する。

本稿では環境省(2012)で示されている国内企業 8 社の評価値を用いて総費用及び総便益の貨幣換算を行う。これにより求めた設置後経過年数ごとの費用便益比を表 11 に示す。また、全ての地方自治体が、限界効果が最大になる金額(25.5 万円)に上限金額を設定した場合を最適ケースとし、適ケースに対して同様の手順を行い推定した費用便益比を表 12 に示す。それぞれ費用便益比が 1 を超えた場合に色付けをしている。

貨幣換算基準の設定により費用便益比も変動するが、8 社の平均で見た場合 20 年で費用便益比が 1 を上回る。最適ケースに関しては 4 年で費用便益比が 1 を上回り、金額設定の調整による効率性の改善が確認された。

表 11 2008 年時点の補助金額の費用便益比

企業	係数 (円/t-CO2)	費用便益比						
		1 年	5 年	10 年	15 年	20 年	30 年	40 年
ソニー	700	0.007637	0.038185	0.076370	0.114554	0.152739	0.229109	0.305478
太平洋セメント	818	0.008889	0.044443	0.088886	0.133329	0.177772	0.266657	0.355543
大阪ガス	3703	0.036649	0.183243	0.366487	0.549730	0.732973	1.099460	1.465946
富士写真フィルム	6370	0.058242	0.291208	0.582417	0.873625	1.164833	1.747250	2.329667
大成建設	6370	0.058242	0.291208	0.582417	0.873625	1.164833	1.747250	2.329667
セイコーエプソン	8000	0.069891	0.349456	0.698911	1.048367	1.397823	2.096734	2.795645
松下電器産業	9450	0.079416	0.397081	0.794162	1.191243	1.588324	2.382487	3.176649
リコー	13068	0.100295	0.501476	1.002952	1.504427	2.005903	3.008855	4.011807
平均	6059.875	0.052408	0.262038	0.524075	0.786113	1.048150	1.572225	2.096300

表 12 最適ケースの費用便益比

企業	係数 (円/t-CO2)	費用便益比						
		1 年	5 年	10 年	15 年	20 年	30 年	40 年
ソニー	700	0.148994	0.744972	1.489944	2.234916	2.979888	4.469832	5.959776
太平洋セメント	818	0.165236	0.826181	1.652362	2.478543	3.304723	4.957085	6.609447
大阪ガス	3703	0.333013	1.665067	3.330134	4.995201	6.660268	9.990401	13.320535
富士写真フィルム	6370	0.378655	1.893276	3.786552	5.679828	7.573104	11.359656	15.146208
大成建設	6370	0.378655	1.893276	3.786552	5.679828	7.573104	11.359656	15.146208
セイコーエプソン	8000	0.393929	1.969645	3.939290	5.908935	7.878580	11.817870	15.757160
松下電器産業	9450	0.403693	2.018467	4.036933	6.055400	8.073867	12.110800	16.147734
リコー	13068	0.419580	2.097898	4.195796	6.293694	8.391592	12.587387	16.783183
平均	6059.875	0.327720	1.638598	3.277195	4.915793	6.554391	9.831586	13.108781

第 5 節 分析のまとめ

第 3 章第 1 節で設定した 4 つの仮説について、それぞれ以下の結果が得られた。

仮説 1: 補助金の交付(ダミー)は住宅用太陽光発電システムの設置を増加させる傾向スコアマッチング法により推測した各平均処置効果は全て正であり、この仮説は支持された。

仮説 2：1kW 当たり補助金額が高いほど普及促進効果は大きくなる

最小二乗法により推測した 1kW 当たり補助金額の係数は約 52 件であり、この仮説は支持された。

仮説 3：補助金上限金額が高いほど普及促進効果は大きくなる

最小二乗法により推測した補助金上限金額の係数は 1 乗項が正、2 乗項が負であり限界効果に関しては 25.5 万まで、累積効果に関しては 50.5 万円までという条件付きで金額引き上げによる普及促進効果の増大が見込める。

仮説 4：補助金の費用便益費は 1 を上回る

太陽光発電システムの正確な耐用年数に関しては有効なデータが存在しないが、国内各メーカーは太陽光モジュールに対し 20 年を超える長期間の保証プラン²³を揃えており、費用便益比が 1 を超える 20 年間の稼働は現実的に可能であると考えられる。よって本稿では仮説は支持されたと判断する。また、補助金額の設定を効率的な水準に変更することで回収年度が短縮されることも示唆された。

第 6 節 補足：多重代入

第 1 項 多重代入法

本稿で使用するデータには、補助金政策のアウトカムとして設定した太陽光発電システムの設置件数の変化をはじめとする複数の変数において欠損が見られた。

statal6 で `misstable nested` コマンドを用いて欠損パターンを観察したところ、太陽光発電システムの設置件数が欠損している地方自治体は他の住宅関連の変数²⁴に関してもデータが欠損していることが判明した。加えて、ごみのリサイクル率と財政力指数、気象関連の変数²⁵にも同様の傾向が見られた。また、「定量分析」第 2 節第 2 項で述べたように欠損ダミーと他の変数との相関関係も存在するため、欠損メカニズムは MAR または MNAR である可能性が高い。また、高橋ほか(2017)によると MAR と MNAR を厳密に区別することは不可能であるが、野間(2017)は補助変数を代入モデルに加えることで MAR の仮定を満たす確率を向上させることができるとしている。そのため本節では、欠損値の発生や補完に関係すると思われる変数を補助変数(表 13)として投入した上で欠損メカニズムを MAR と仮定する。

MAR に対する処理としては多重代入法があり、これは疑似的な完全データセットを M 個生成し、それぞれを個別に解析した結果を統合することによって推測を行う方法である(野間, 2017)。主なアルゴリズムとしては、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いたデータ拡大法や FCS アルゴリズム、EMB アルゴリズムがあるが、高橋ほか(2017)は、上記 3 つのアルゴリズムは、全ての変数が量的な連続変数の場合、いずれを用いても遜色ないとしている。本稿では FCS アルゴリズムを用いて欠損の補完を行う。

野間(2017)によると、FCS アルゴリズムのメカニズムでは、まず、全ての欠損データに

²³ パナソニック株式会社は 25 年間、京セラ株式会社は 20 年間、株式会社東芝は 20 年間のモジュール出力プランを用意している。

²⁴ 居住世帯あり住宅数、1980 年以前の建物数、1 住宅当たり延べ面積

²⁵ 年平均最高気温、年平均全天日射量、年降水量、年最深積雪

適当な初期値を代入し、疑似的な完全データを作成する。次に、生データで欠損が発生している X_1 を欠損に戻し、残りの変数から適当な方法²⁶で補完値を生成する。これを X_2 以下全ての変数に対して行う。この工程を連鎖的に繰り返すことにより、逐次的にデータセットを更新していく。

代入を行うにあたって、疑似データセット作成数 M を設定する必要がある。本稿では高橋、伊藤(2014)を参考に $M=100$ ²⁷に設定し代入を行った。表 14 は欠損を含む変数について、代入に伴うデータ数及び欠損率の変化を示している。

表 13 補助変数の一覧

変数	年度	定義	出典
標準財政規模(千円)	2008	地方公共団体の標準的な状態で通常収入されるであろう 経常的一般財源の規模を示すもの	地方財政状況調査
一般行政部門職員数(人)	2008	地方公共団体の職員で、一般行政部門に属する職員数	地方公共団体定員管理調査
総人口(人)	2010	調査時に本邦内に常住している者の人数	国勢調査
男女比(-)	2010	男性総人口/女性総人口(それぞれの人口は直前に実施さ れた国勢調査の人口を基とし、その後の人口変動を加減し て算出)	国勢調査

²⁶ X_1 が連続変数の場合は線形回帰、2 値変数の場合はロジスティック回帰を行うのが一般的である

²⁷ 高橋、伊藤(2014)では欠損率の異なる複数のデータセットに M を徐々に増やしながら多重代入を行い、推定結果の 95%信頼区間の幅の変化を観察している。 M が増えるほどに 95%信頼区間は狭くなるが、 $M=50$ を超えると幅の変化はごくわずかになり、欠損率に関わらず $M=100$ を超えて得られるものは非常に少ないとしている。

表 14 多重代入に伴うデータ数及び欠損率の変化

欠損のある変数	代入前のデータ数 (欠損率)	代入数	代入後のデータ数 (欠損率)
住宅用太陽光発電システム設	1084		1741
置件数の変化	(37. 7%)	656	(0%)
財政力指数	1683		1741
	(3. 3%)	57	(0%)
年平均最高気温	1730		1741
	(0. 6%)	10	(0%)
年平均全天日射量	1730		1741
	(0. 6%)	10	(0%)
年最深積雪	1730		1741
	(0. 6%)	10	(0%)
居住世帯あり住宅数	1101		1741
	(36. 8%)	639	(0%)
居住世帯あり住宅数の変化	1084		1741
	(37. 7%)	656	(0%)
1 住宅当たり延べ面積	1089		1741
	(37. 4%)	651	(0%)
ごみのリサイクル率	1683		1741
	(3. 3%)	57	(0%)

第2項 分析結果

傾向スコアマッチング法の結果を表 15 に、最小二乗法の結果を表 16 に示す。結果は生データを用いた分析結果と概ね同様であり、係数の違いはあるが有意な結果が得られた変数は変わらず、仮説の検証結果に変更の余地はないことが確かめられた。

表 15 平均処置効果

従属変数：2008 年から 2013 年にかけての住宅用太陽光発電システム設置件数の変化			
	ATE	ATT	ATU
補助金ダミー	222. 339***	377. 461***	198. 609**
	(72. 343)	(95. 895)	(78. 154)

注：*** p<0. 01、 ** p<0. 05、 * p<0. 1 を表している。

表 16 推定結果

従属変数：2008 年から 2013 年にかけての住宅用太陽光発電システム設置件数の変化

変数名	係数	
	モデル 1	モデル 2
1kW 当たり補助金額	66.422** (27.729)	
1kW 当たり補助金額の 2 乗	-5.035 (3.567)	
補助金上限金額		21.945*** (6.591)
補助金上限金額の 2 乗		-0.523*** (0.165)
自由度調整済み決定係数	0.782	0.783
サンプルサイズ	1741	1741

注：*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ を表している。

()内はロバストな標準誤差を示している。

第5章 政策提言

第1節 ヒアリング調査

私たちは、9月下旬から10月初旬にかけて、大阪府の3つの市役所にヒアリング調査を実施した。表17は、実地調査にあたり私たちが大阪府で訪れた市役所とその概要をまとめたものである。調査では、補助金を交付している市は金額が減少傾向にあり、将来的に廃止される可能性もあること、その理由としてシステム価格の低下が挙げられることが判明した。また、消費者は補助金制度の存在や太陽光発電について、市からではなく施工業者から情報を得ることが多いとの結果が得られた。

表 17 ヒアリング調査結果

	補助金交付について	周知活動について
池田市	補助金の交付は平成20年から行っている。国の補助金が太陽光パネルの価格の低下に伴い廃止されたことから、補助金が廃止される可能性もある。補助金以外の住宅用太陽光発電の普及政策は実施していない。	主にHPや市の広報に掲載している。しかし、市民が補助金制度を知るきっかけとなるのは施工業者からである。公共施設に太陽光発電で動作するモニュメントを設置し環境への関心度を高めている。
大阪府・市	以前は交付していたが、システム価格の低下に伴い補助金の必要がなくなった。補助金以外の住宅用太陽光発電の普及政策として民間企業と連携し、住宅用太陽光発電システムの普及啓発事業を行っている。	HPや市の広報、生協のチラシ、ウェブサイトに掲載している。太陽光を知るきっかけは業者の訪問販売が主流。訪問にきた業者が府公認の登録事業者だと市民に安心感を与えることができる。
富田林市	補助金額は初期と比較すると減額しているが現在も交付している。補助金以外の住宅用太陽光発電の普及政策は実施していない。	主にHPや市の広報に掲載している。しかし、市民が補助金制度を知るきっかけとなるのは施工業者からである。

第2節 政策提言の方向性

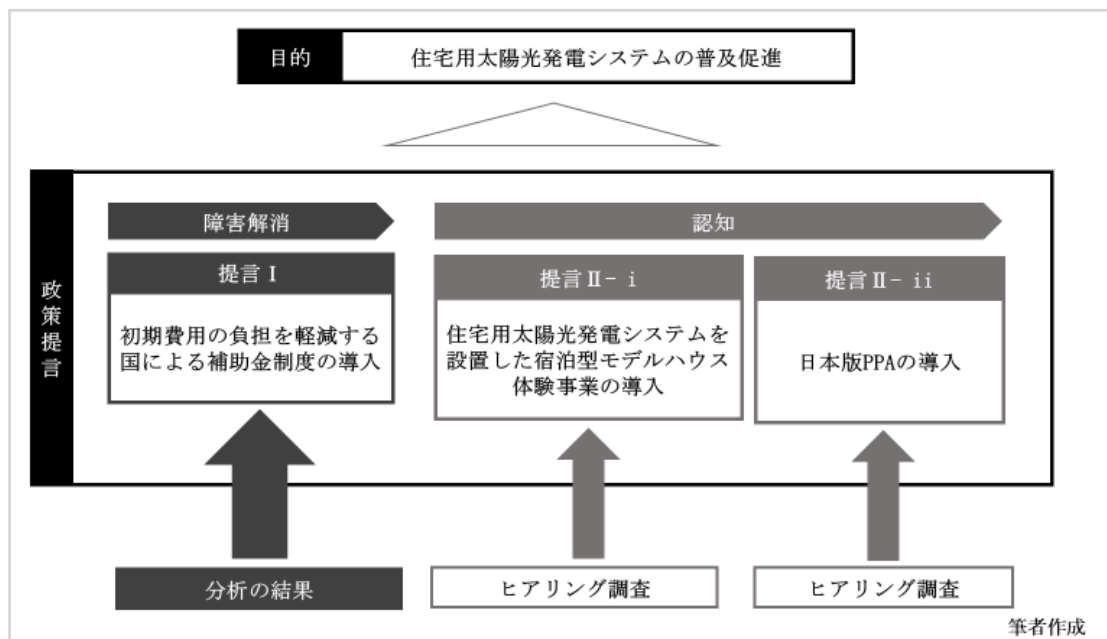
定量分析より、補助金には住宅用太陽光発電システムの普及促進効果があることが明らかとなった。また、上限金額を25.5万円に設定した場合に費用対効果が最も高くなることが示された。しかし、千葉大学倉阪研究室と認定NPO法人環境エネルギー政策研究所がまとめた「永続地帯2019年度版報告書」では、再生可能エネルギーの普及促進に当たって、地方自治体が抱える最も大きな問題として財源不足が挙げられており、各地方自治体による補助金制度の導入または補助金額の引き上げは、実現可能性が低いと考えられる。

これを踏まえ、政策提言Ⅰでは国を提言対象に定め、政策提言を行う。環境省の定める2030年のエネルギー起源二酸化炭素の家庭部門の排出量の目安である1億2200万t-CO₂の達成を目標とし、「定量分析」第3節で算出した補助金上限金額の累積設置件数を基に目標達成のために必要な交付金額を推定する。

また、ヒアリング調査で、消費者が太陽光発電に関する情報を施工業者から得ていることが判明したことから、地方自治体による認知活動が十分な効果を上げていないことが示唆された。そこで、本稿では、国による補助金制度による普及促進に加え、政策提言Ⅱと

して太陽光発電の認知を目的とした 2 つの政策を提言する。1 つ目は、モデルハウスに住宅用太陽光発電システムを設置し、住宅の新規購入及び建て替え・リフォームを検討している世帯に対してモデルハウスの宿泊体験を提供するというもの(政策提言Ⅱ-i)、2 つ目は、長野県飯田市の「おひさま 0 円システム」を先行事例とする日本版 PPA である(政策提言Ⅱ-ii)。政策提言の概要を図 13 に示す。

図 13 政策提言の概要



第 3 節 政策提言「国による補助金制度の導入」

提言対象：中央政府

【概要】

定量分析から、補助金は普及促進効果があるということが明らかとなった。また、上限金額を 25.5 万円に設定すれば最も費用対効果が高くなることが示された。しかし、全国一律で上限を 25.5 万円とする補助金を交付するのは、地方自治体の財源状況を鑑みると難しい。そこで、補助金の累積効果に注目した。累積効果を用いれば、ある設置件数を目標とした時、その達成のために理論上必要な金額を算出することができる。設置件数の目標としては、環境省「約束草案」に記載されている、2030 年の二酸化炭素の排出量のうち、家庭部門における電気由来の排出量目標が達成可能な太陽光発電システムの設置件数を設定する。なお、達成目標を環境省「約束草案」を基に設定したため、政策提言Ⅰの提言対象は国とする。

ここで以下の仮定を置き、適切な設定金額を計算する。

- ・2022年から2030年の間では太陽光発電の設置件数は増えない
- ・2030年まで家庭からの二酸化炭素排出量の内訳(電気から)の67.2%のままで一定である
- ・2018年から2030年の間で、イノベーション(技術革新)や節電を行う世帯の増加による家庭部門からの二酸化炭素排出量の減少が起こらない
- ・本稿の補助金のアウトカムはあくまで5年間の設置増加量であるため、補助金による理論上の設置件数が達成されるのは交付開始から5年後であるが、設置増加のペースは5年間一定である²⁸。

まず、2018年の家庭部門における二酸化炭素排出量は1億6800万 t-CO₂、2030年の家庭部門における二酸化炭素排出量目標は1億2200万 t-CO₂である。環境書(2019)によると、2018年の家庭部門の年間CO₂排出量のうち67.2%が電気由来であるため、それぞれに0.672をかける。その上で両者の差を求めると、

$$\begin{aligned} & \text{2018年の家庭部門における二酸化炭素排出量} \\ & = 1 \text{ 億 } 6800 \text{ 万} (t - \text{CO}_2) \times 0.672 = 1 \text{ 億 } 1289 \text{ 万 } 6000 (t - \text{CO}_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{2030年の家庭部門における二酸化炭素排出量} \\ & = 1 \text{ 億 } 2200 \text{ 万} (t - \text{CO}_2) \times 0.672 = 8198 \text{ 万 } 4000 (t - \text{CO}_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{2030年の排出目標と2018年の排出量の差} \\ & = 1 \text{ 億 } 1289 \text{ 万 } 6000 (t - \text{CO}_2) - 8198 \text{ 万 } 4000 (t - \text{CO}_2) = 3091 \text{ 万 } 2000 (t - \text{CO}_2) \end{aligned}$$

となるため、2018年からの12年間で家庭部門における二酸化炭素排出量を3091万2000(t-CO₂)削減すれば排出目標を達成することができる。

次に、補助金による理論上の太陽光発電システムの設置件数は5年かけて達成されるため、2018年に補助金を交付した場合、太陽光発電システムが設置される年ごとに2030年までの稼働年数が異なることになる。よって稼働年数ごとに太陽光発電システム1件が2030年までに削減できるCO₂量を計算する。「定量分析」第4節の費用便益比の計算を参照すると、設備容量4kWのパネル1件は、ライフサイクルCO₂を考慮した場合、各稼働年数でそれぞれ以下の量のCO₂の削減が可能である。

$$\begin{aligned} & \text{2018年設置(稼働年数12年)} : 1.468(t - \text{CO}_2/\text{kW}) \times 4(\text{kW}) \times 12(\text{年}) = 19.7(t - \text{CO}_2) \\ & \text{2019年設置(稼働年数11年)} : 1.468(t - \text{CO}_2/\text{kW}) \times 4(\text{kW}) \times 11(\text{年}) = 17.6(t - \text{CO}_2) \\ & \text{2020年設置(稼働年数10年)} : 1.468(t - \text{CO}_2/\text{kW}) \times 4(\text{kW}) \times 10(\text{年}) = 15.4(t - \text{CO}_2) \\ & \text{2021年設置(稼働年数9年)} : 1.468(t - \text{CO}_2/\text{kW}) \times 4(\text{kW}) \times 9(\text{年}) = 13.3(t - \text{CO}_2) \\ & \text{2022年設置(稼働年数8年)} : 1.468(t - \text{CO}_2/\text{kW}) \times 4(\text{kW}) \times 8(\text{年}) = 11.2(t - \text{CO}_2) \end{aligned}$$

²⁸ 上限金額S万円の累積効果がX件とした場合、交付初年度でX/5件、2年目でX/5件...と一定のペースで設置が進み、5年目で累計X件が達成される。

これより、各年に補助金により設置される設置件数を X とすると、

$$30912000(t - CO_2) = 19.7X + 17.6X + 15.4X + 13.3X + 11.2X$$

$$X = 403025(\text{件})$$

これを地方自治体数で割ると、

$$403025(\text{件}) \div 1741(\text{自治体}) = 231(\text{件})$$

これは1年当たりなので5年分にすると

$$231(\text{件}) \times 5(\text{年}) = 1155(\text{件})$$

よって、目標を達成するためには住宅用太陽光発電システムの設置を1155件増加させる補助金を交付すればよい。図13より、これを達成する上限金額11.5万円となり、総交付額は以下の通りである。

$$11.5(\text{万円}) \times 1155(\text{件}) \times 1741(\text{自治体}) = 2312.48325(\text{億円})$$

【期待される効果】

この提言により、住宅用太陽光発電システムの設置にかかる初期費用負担が軽減されることで、設置に踏み込むことができない世帯の住宅用太陽光発電システム普及を促進させることが期待できる。

【実現可能性】

認定されている仮定条件は、現実社会の変化と異なる部分もあると考えられるため、導き出された結果(2312億円)については精査が必要になりうる。しかし、その年度の予算要求にて中央政府が多額の予算を確保できれば実現可能と判断できる。

第4節 認知活動を充実させる政策提言

ヒアリング調査から、地方自治体は、住宅用太陽光発電システムの普及啓発を目的として、市報などによる活動を行っているが、市民が補助金制度の存在や太陽光発電について知るきっかけとなるのは施工業者からであることが明らかになった。そこで、本稿では住宅用太陽光発電システムの認知度向上に焦点を当てた政策を2つ提言する。

1つ目は、「宿泊型モデルハウス with PV」である。地方自治体が、モデルハウスに住宅用太陽光発電システムを設置し、住宅の新規購入または建て替え・リフォームを検討している世帯に対してモデルハウスの無料宿泊体験を提供することで、太陽光発電の導入を消費者にとって身近なものにする。

2つ目は、「日本版 PPA」である。高額な初期費用が原因となる設置に対する抵抗を解消することや太陽光発電システムを認知してもらうことを目的として、事業者が設置に踏み切れていないまたは興味が無い家庭に無償で太陽光パネルを設置し、その効果を体験することを狙いとする。

第1項 政策提言「宿泊型モデルハウス with PV」

提言対象：地方自治体、ハウスメーカー、工務店

【概要】

ヒアリング調査より、地方自治体が現在行っている認知活動は不十分であるとの結果が得られた。そこで、ハウスメーカーや工務店と連携して、住宅の新規購入及や替え・リフォームを検討している世帯を対象に太陽光発電システムを設置したモデルハウスの無料宿泊体験を提供する(図 14)。宿泊体験により、消費者は太陽光発電による光熱費や CO₂削減を実際に体験することができ、その魅力を明確に理解することで、住宅用太陽光発電システムの導入に繋がると考える。加えて、住宅用太陽光発電システムを設置したモデルハウスの無料宿泊体験を終えた後にアンケートに回答してもらい、宿泊体験の前後での住宅用太陽光発電システムの設置への関心度の変化を集計する。この集計結果を地方自治体が市民への周知活動として広報に利用することで、宿泊体験に参加する機会のない消費者の関心も集められる。

【期待される効果】

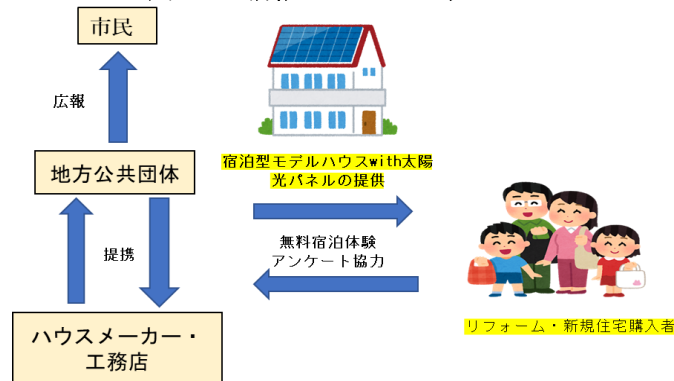
大阪府では平成 30 年度に吹田市・枚方市・和泉市のモデルハウスで住宅の新規購入または建て替え・リフォームを検討している世帯を対象に、ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)²⁹の魅力を体験できる ZEH 宿泊体験を実施した。実際に宿泊体験した家族は ZEH の魅力をより実感できたと話している(産経新聞、2018)。同様に、本稿で提言する「宿泊型モデルハウス with PV」により、太陽光発電システムを体験するハードルを下げ、消費者の設置に対する理解を促進することで太陽光発電及び補助金制度への関心を高めることができる。

【問題点・解決策】

この提言Ⅱ-i を行うにあたって、一消費者の視点から宿泊体験者が見知らぬモデルハウスに宿泊することに対して抵抗を感じるという問題が挙げられる。その解決策として、宿泊体験が実施されるモデルハウスの外観や内観の写真を地方自治体、ハウスメーカー・工務店の HP に掲載することで宿泊体験者が見知らぬモデルハウスに宿泊することに対して感じる抵抗を解消できると考える。

²⁹ ZEH とは、「外皮の断熱性能等を大幅に向上させるとともに、高効率な設備システムの導入により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギーを実現した上で、再生可能エネルギーを導入することを目指す住宅」のことである(資源エネルギー庁、2018)。

図 14 宿泊型モデルハウス with PV



出典：筆者作成

第2項 政策提言「長野県飯田市を事例にした日本版 PPA」

提言対象：地方自治体、太陽光発電システム事業者

【概要】

PPA とは、Power Purchase Agreement の略で、アメリカで生まれた太陽光パネルの普及政策である(図 15)。電力需要者は事業者から無償で太陽パネルを設置してもらう代わりに、設置場所(屋根等)を提供する。そして、設置された太陽光パネルから発電された電気を契約期間、事業者から購入し、事業者は投資費用を回収する。さらに、契約期間内であれば、メンテナンスは事業者によって無償で行われる。契約金は 10 年程度に設定されていることが多く、契約期間が満了した際に設備が需要者へ譲渡される。結果的に、初期投資がゼロで太陽光発電を設置することができる。日本でも類似したものとして、長野県飯田市のおひさま進歩エネルギー株式会社によって「おひさま 0 円システム」という事業が行われていた事例がある(図 16)。

本稿では PPA と「おひさま 0 円システム」を参考にし、日本版 PPA では、事業者が設置者のための設置手続きの簡略化を行い、無償で太陽光パネルを設置する。保障期間中(9 年間)は設置した世帯は月々一定料金を支払う。保障期間(10 年目以降)が終了すると、設備をその家庭に譲渡する。譲渡後は地方自治体によるメンテナンス費と故障時のサポートを受けることを可能とする(図 17)。

【期待される効果】

この政策も政策提言Ⅱ - i と同様に、普及啓発を目的としたものである。この政策で設置手続きの簡略化や設置費用の無償化、譲渡後の安心サポートによって、設置や維持にかかる負担が軽減され、住宅用太陽光発電システムのメリットをより気軽に体験できるようになる。

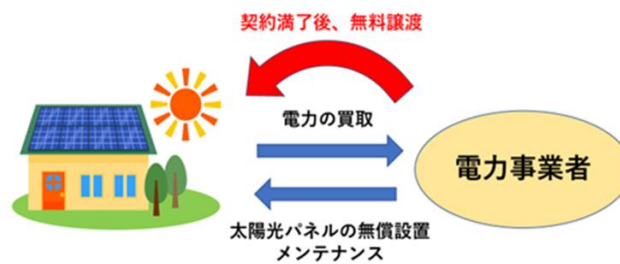
【実現可能性】

長野県飯田市の「おひさま 0 円システム」は FIT 制度が開始されたため終了している。しかし現在、FIT 制度は廃止されており、日本版 PPA は住宅用太陽光発電システムを促す一つの政策になりうると推測できる。よって、実現可能性は高いと考えられる。

【問題点・解決策】

地方自治体による譲渡後のメンテナンス費と故障時のサポートを税金から工面することを市民から了承を得るのは難しい。しかし、環境問題を解決するためには特定の人だけが関与するのではなく全市民が取り組むべきであると考えられる。そのため、本稿では住宅用太陽光発電システムを設置することを推奨するが、設置しない人も税金を支払うことにより間接的に環境問題に寄与することができる。その旨を市民へ伝えることで市民の抱く税金を払う抵抗を軽減することに繋がると考える。

図 15 アメリカ型 PPA モデル



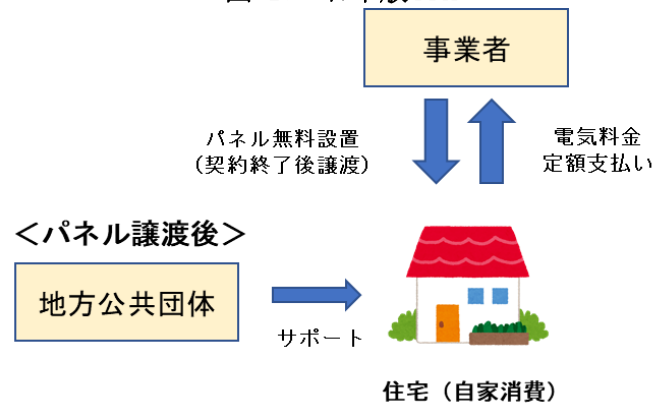
出典：筆者作成

図 16 おひさま 0 円システム(長野県飯田市)



出典：筆者作成

図 17 日本版 PPA



出典：筆者作成

第5節 政策提言のまとめ

提言Ⅰによって、実質全地方自治体に上限 11.5 万円の補助金の交付を行うのと同様の状況を作ること、環境省の定める 2030 年のエネルギー起源二酸化炭素の家庭部門の排出量の目安である 1 億 2200 万 t-CO₂を達成することが可能となる。

提言Ⅱでは、太陽光発電システムを体験するハードルを下げ、消費者の設置に対する理解を促進することで太陽光発電及び補助金制度への関心を高めることができる。

以上で提言した政策により、住宅用太陽光発電システムの初期費用負担軽減・周知活動の充実が図られることから、住宅用太陽光発電システムの普及促進につながると考える。また、それが二酸化炭素排出量削減の一助になることにより、図 13 で示した、本節の目的である「環境に適合したエネルギー需給構造を実現する」が達成される。これにより、住宅用太陽光システムが普及され、日本の約束草案で示された 2030 年までの二酸化炭素の排出量の目標値に到達されることを期待する。

先行研究・参考文献

主要参考文献

- ・明城 聡・大橋 弘(2009)「住宅用太陽光発電の普及に向けた公的補助金の定量分析」
『季刊 住宅土地経済 2010 年秋季号』No. 78, P29-P35
- ・池田市「令和 2 年度 池田市太陽光発電システム設置費補助制度」
(<http://www.city.ikeda.osaka.jp/shinseisho/kankyo/1427438514933.html>) 2020/6/18
最終閲覧
- ・おひさま進歩エネルギー株式会社「おひさま 0 円システム」
(<http://ohisama-energy.co.jp/business/zeroensystem/>) 2020/11/5 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「資源エネルギー庁がお答えします！～再エネについてよくある 3 つ
の質問」(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/qa_saiene.html)
2020/6/17 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「第 5 次エネルギー基本計画」
(https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf)
2020/6/17 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「第 4 節再生可能エネルギー固定価格買取制度導入」
(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2012html/1-2-4.htm>) 2020/6/18 最
最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「どうする？ソーラー」
(https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/solar-2019after/)
2020/6/18 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「日本のエネルギー問題をグラフで学ぼう(全編)」
(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/slideshow_01.html)
2020/6/21 最終閲覧
- ・太陽光発電協会「太陽光発電の特長」
(<http://www.jppea.gr.jp/knowledge/merit/index.html>) 2020/6/17 最終閲覧
- ・中央区「住宅・共同住宅用自然エネルギー・省エネルギー機器等導入費助成」
([https://www.city.chuo.lg.jp/kankyo/seisaku/taisaku/kikijosei/ecojosei_jutaku.ht
ml](https://www.city.chuo.lg.jp/kankyo/seisaku/taisaku/kikijosei/ecojosei_jutaku.html)) 2020/11/5 最終閲覧
- ・吉田 肇(2012)「地域における住宅用太陽光発電システムに対する補助支援策の展開に
関する考察」『都市研究論文集 47 巻』3 号、P943-P948
- ・Christine L.C・Ilya C(2017) “Are policy incentives for solar power effective?
Evidence from residential installations in the Northeast” *Journal of
Environmental Economics and Management, Elsevier*, Vol.81, P132-P151
- ・Kenneth G・Tsvetan T(2019) “Hurdles and steps: Estimating demand for solar
photovoltaics” *Quantitative Economics*, vol.10, P275-P310
- ・Jonathan E. H・Molly P (2015) “Getting Green with Solar Subsidies: Evidence
from the California Solar Initiative” *Journal of the Association of
Environmental and Resource Economists*, vol.2, issue 2, P235-P275
- ・Rohan B・Paul J.B・Shuhei N “Evaluating the effectiveness of Australia’ s

Small-scale Renewable Energy Scheme for rooftop solar” CCEP Working Paper Series, vol.1903, P1-P32

引用文献

- ・岩崎学(2015)「統計的因果推論」朝倉書店
- ・永続地帯報告書「永続地帯 2019 年度版報告書」(<https://sustainable-zone.com/>)
- 2020/11/4 最終閲覧
- ・環境省「再生可能エネルギー導入加速化の必要性」(<https://www.env.go.jp/earth/report/h26-01/chpt01.pdf>) 2020/6/17 最終閲覧
- ・環境省(2015)「日本の約束草案の地球温暖化対策推進本部決定について」(<https://www.env.go.jp/press/101241.html>) 2020/11/2 最終閲覧
- ・産経新聞「「ZEH 宿泊体験」を開催」2019/1/24
- ・資源エネルギー庁 総合政策課編「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の推進に関する法律条文集」(https://www.enecho.meti.go.jp/notice/topics/017/pdf/topics_017_002.pdf)
- 2020/6/17 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「再エネの大量導入に向けて～系統制約問題と対策」(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/saiene/keitouseiyaku.html>)
- 2020/6/17 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「太陽光発電・風力発電について」(https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/049_01_00.pdf) 2020/6/17 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「なっとく！再生可能エネルギー」(https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/solar/index.html) 2020/6/17 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「日本のエネルギー2018 エネルギーの今を知る 10 の質問」(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2018/html/001/>) 2020/6/17 最終閲覧
- ・資源エネルギー庁「ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)に関する 情報公開について」(https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/housing/index03.html) 2020/11/9 最終閲覧
- ・太陽光発電競争強化研究会「太陽光発電競争化研究会報告書」(https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/taiyoukou/pdf/report_01_01.pdf) 2020/6/17 最終閲覧
- ・高橋将宣、伊藤孝之(2014)「様々な多重代入法アルゴリズムの比較 ～大規模経済系データを用いた分析～」統計研究彙報第 71 号, 39-82
- ・高橋将宣、渡辺美智子(2017)「欠測データ処理: R による単一代入法と多重代入法」共立出版
- ・独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽光発電開発戦略」(<https://www.nedo.go.jp/content/100573590>) 2020/6/17 最終閲覧
- ・日経クロステック「太陽光パネルの反射光害、受忍限度の範囲は？」(<https://xtech.nikkei.com/kn/article/building/column/20150209/691470/>)

2020/10/30 最終閲覧

- ・野間久史(2017)「連鎖方程式による多重代入法」応用統計学 vol46, No2, 67-86
- ・Katharine Kollins「Solar PV Project Financing: Regulatory and Legislative Challenges for Third-Party PPA System Owners」

(<https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/46723.pdf>) 2020/11/5 最終閲覧

- ・NEDO「太陽光発電システム共通基盤技術研究開発 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」

(https://www.nedo.go.jp/library/seika/shosai_200908/20090000000073.html)

2020/11/6 最終閲覧

データ出典

- ・一般社団法人新エネルギー導入促進協議会「住宅用太陽光発電導入状況に関する調査」

(<http://www.nepc.or.jp/topics/pdf/0900817.pdf>) 2020/11/6 データ取得

- ・一般社団法人太陽光発電協会「太陽光発電の導入状況と今後の課題」

(<https://www.kcfca.or.jp/wp-content/uploads/2018/11/67f4e9590e633c33a93f9f45569c4510.pdf>) 2020/6/18 データ取得

- ・沖縄電力「ご家庭向け電気料金メニュー」

(https://web.archive.org/web/20071105214811/http://www.okiden.co.jp/service/individual/menu_specific.html) 2020/6/21 データ取得

- ・環境省「日本の廃棄物処理」(<https://www.stat.go.jp/data/ssds/index.html>)

2020/6/21 データ取得

- ・環境省「太陽光発電に関する 国内消費者向けアンケート 調査票・集計結果」

(<https://www.env.go.jp/earth/report/h27-01/ref03.pdf>) 2020/6/12 データ取得

- ・環境省「2018 年度(平成 30 年度)の温室効果ガス排出量(確報値)」

(<http://www.env.go.jp/press/files/jp/113761.pdf>) 2020/11/2 データ取得

- ・環境省「平成 26 年度 2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」(<https://www.env.go.jp/earth/report/h27-01/>) 2020/10/30 データ取得

- ・関西電力「電気料金単価表」

(<https://web.archive.org/web/20080212015045/http://www.kepc.co.jp/home/ryoukin/2-6-h18.html>) 2020/6/21 データ取得

- ・関西電力「再生可能エネルギー発電促進賦課金」

(https://kepc.co.jp/ryoukin/kaitori/re_energy1/) 2020/6/18 データ取得

- ・九州電力「供給約款/従量電灯」

(https://web.archive.org/web/20071213231925/http://www1.kyuden.co.jp/rate_main_menu_4_2) 2020/6/21 データ取得

- ・国土交通省「国土数値情報」(<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>) 2020/6/21 データ取得

- ・国土地理院「全国都道府県市区町村別面積調」

(<https://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO-title.htm>) 2020/6/21 データ取得

- ・資源エネルギー庁「エネルギー白書」

(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/>) 2020/7/6 データ取得

- ・資源エネルギー庁「国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定 委

委員の論点案」(https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/046_01_00.pdf)
 2020/6/11 データ取得
 ・資源エネルギー庁「太陽光発電・風力発電について」
 (https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/049_01_00.pdf) 2020/6/17 データ取得
 得
 ・四国電力「電気料金メニュー（低圧供給）」
 (https://web.archive.org/web/20080203102855/http://www.yonden.co.jp/charge_low/menu/index.html) 2020/6/21 データ取得
 ・総務省統計局「国勢調査」(<https://www.stat.go.jp/data/ssds/index.html>)
 2020/6/21 データ取得
 ・総務省統計局「市町村税課税状況等の調」
 (<https://www.stat.go.jp/data/ssds/index.html>) 2020/6/21 データ取得
 ・総務省統計局「住宅・土地統計調査」
 (<https://www.stat.go.jp/data/ssds/index.html>) 2020/6/21 データ取得
 ・総務省統計局「住民基本台帳人口移動報告」
 (<https://www.stat.go.jp/data/ssds/index.html>) 2020/6/21 データ取得
 ・総務省統計局「農林業構造統計」(<https://www.stat.go.jp/data/ssds/index.html>)
 2020/6/21 データ取得
 ・地球温暖化対策本部「日本の約束草案」
 (<https://www.env.go.jp/press/files/jp/27581.pdf>) 2020/10/31 データ取得
 ・中国電力「低圧受電の電気料金単価表」
 (<https://web.archive.org/web/20070125005546/http://www.energia.co.jp/online/price4.pdf>) 2020/6/21 データ取得
 ・中部電力「従量電灯 A・B・C」
 (<https://web.archive.org/web/20080509122356/http://www.chuden.co.jp/tetsuduki/home/basic/dentou.html>) 2020/6/21 データ取得
 ・東京電力「個人のお客様/電気料金のご案内」
 (<https://web.archive.org/web/20080611075226/http://www.tepco.co.jp/e-rates/custom/gokatei/juuryou/index-j.html>) 2020/6/21 データ取得
 ・東北電力「電気料金のご案内」
 (https://web.archive.org/web/20090228064835/http://www.tohoku-epco.co.jp/dprivate/rate/unit/service_rate.html) 2020/6/21
 ・独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「NEDO 再生可能エネルギー技術白書
 第2版」(<https://www.nedo.go.jp/content/100544816.pdf>) 2020/10/31 データ取得
 ・北陸電力「主要料金単価」
 (<https://web.archive.org/web/20080102053953/http://www.rikuden.co.jp/ryokin/>)
 2020/6/21 データ取得
 ・北海道電力「電気供給約款」
 (<https://web.archive.org/web/20080424041518/http://www.hepco.co.jp/userate/price/unitprice/unitprice01.html#rinji1>) 2020/6/21 データ取得
 ・Google Map (<https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja>) 2020/6/21 データ取得

別添 1

自治体	1kW 当たり補助金額(万円)	補助金上限(万円)
北海道 札幌市	7	20
北海道 帯広市	0	15
北海道 北見市	4	12
北海道 美幌町	3	10
北海道 音更町	6	20
岩手県 葛巻町	3	9
宮城県 丸森町	2	8
宮城県 加美町	5	20
山形県 山形市	6	24
山形県 上山市	6	24
山形県 村山市	6	24
山形県 天童市	6	24
山形県 東根市	6	24
山形県 山辺町	6	24
山形県 中山町	6	24
山形県 西川町	6	24
福島県 郡山市	2	8
福島県 南相馬市	6	24
福島県 南会津町	6	24
福島県 塙町	6	24
福島県 檜葉町	6	24
福島県 双葉町	6	24
福島県 浪江町	6	24
茨城県 水戸市	4	12
茨城県 土浦市	6	24
茨城県 つくば市	4	12
茨城県 東海村	10	40
栃木県 宇都宮市	4	16
栃木県 鹿沼市	5	20
栃木県 さくら市	3	12
群馬県 前橋市	6	24

群馬県 太田市	6	24
群馬県 館林市	2.5	10
群馬県 明和町	6	30
埼玉県 川越市	4	16
埼玉県 熊谷市	5	20
埼玉県 川口市	0	5
埼玉県 所沢市	0	1
埼玉県 深谷市	5	20
埼玉県 戸田市	6	30
埼玉県 朝霞市	6	20
千葉県 千葉市	4.5	13.5
千葉県 市川市	2.5	10
千葉県 柏市	1	3
千葉県 市原市	2.5	10
千葉県 我孫子市	3	12
千葉県 君津市	3	12
千葉県 浦安市	2.5	10
千葉県 袖ヶ浦市	3	12
千葉県 印西市	5	20
東京都 港区	0	30
東京都 墨田区	0	50
東京都 杉並区	7	20
東京都 豊島区	2.5	10
東京都 北区	0	15
東京都 板橋区	2.5	10
東京都 練馬区	0	8
東京都 足立区	7	30
東京都 葛飾区	3	12
東京都 武蔵野市	9	36
東京都 三鷹市	5	20
東京都 町田市	3	20
東京都 東村山市	5	10
神奈川県 川崎市	3	12

神奈川県 相模原市	3	9
神奈川県 平塚市	1	4
神奈川県 藤沢市	5	15
神奈川県 逗子市	4	16
神奈川県 厚木市	2.5	7.5
神奈川県 海老名市	3	10
神奈川県 綾瀬市	3	10
神奈川県 湯河原町	4	8
新潟県 長岡市	2	6
新潟県 糸魚川市	10	0
富山県 富山市	0	5
富山県 朝日町	2	8
石川県 金沢市	0	5
石川県 かほく市	2.25	9
石川県 白山市	1.5	6
山梨県 甲府市	0	3
山梨県 山梨市	3	15
山梨県 北杜市	2.5	20
山梨県 笛吹市	3	10
長野県 長野市	3	20
長野県 松本市	3	12
長野県 上田市	2.6	10.4
長野県 岡谷市	2	6
長野県 飯田市	3	10
長野県 茅野市	0	20
長野県 塩尻市	1.75	10
長野県 東御市	3	30
長野県 安曇野市	5	20
長野県 御代田町	0	10
長野県 富士見町	5	20
長野県 豊丘村	3	10
長野県 山形村	5	20
岐阜県 養老町	3	12

岐阜県 安八町	3	8
静岡県 浜松市	0	7.5
静岡県 島田市	3	20
静岡県 富士市	0	10
静岡県 裾野市	5	20
静岡県 御前崎市	3	12
静岡県 清水町	2	10
愛知県 豊橋市	8	32
愛知県 半田市	2	8
愛知県 春日井市	4	16
愛知県 碧南市	4.5	18
愛知県 刈谷市	9	36
愛知県 豊田市	10	30
愛知県 安城市	2.4	0
愛知県 西尾市	5	20
愛知県 蒲郡市	6	24
愛知県 常滑市	2	8
愛知県 江南市	2	8
愛知県 小牧市	7.5	30
愛知県 稲沢市	2	8
愛知県 新城市	2.5	10
愛知県 日進市	4	16
愛知県 田原市	15	60
愛知県 弥富市	5	20
愛知県 設楽町	5	20
三重県 津市	0	12
三重県 四日市市	0	11
三重県 伊勢市	0	12
三重県 松阪市	0	10
三重県 桑名市	0	6
三重県 鈴鹿市	0	10
三重県 亀山市	0	6
三重県 鳥羽市	0	6

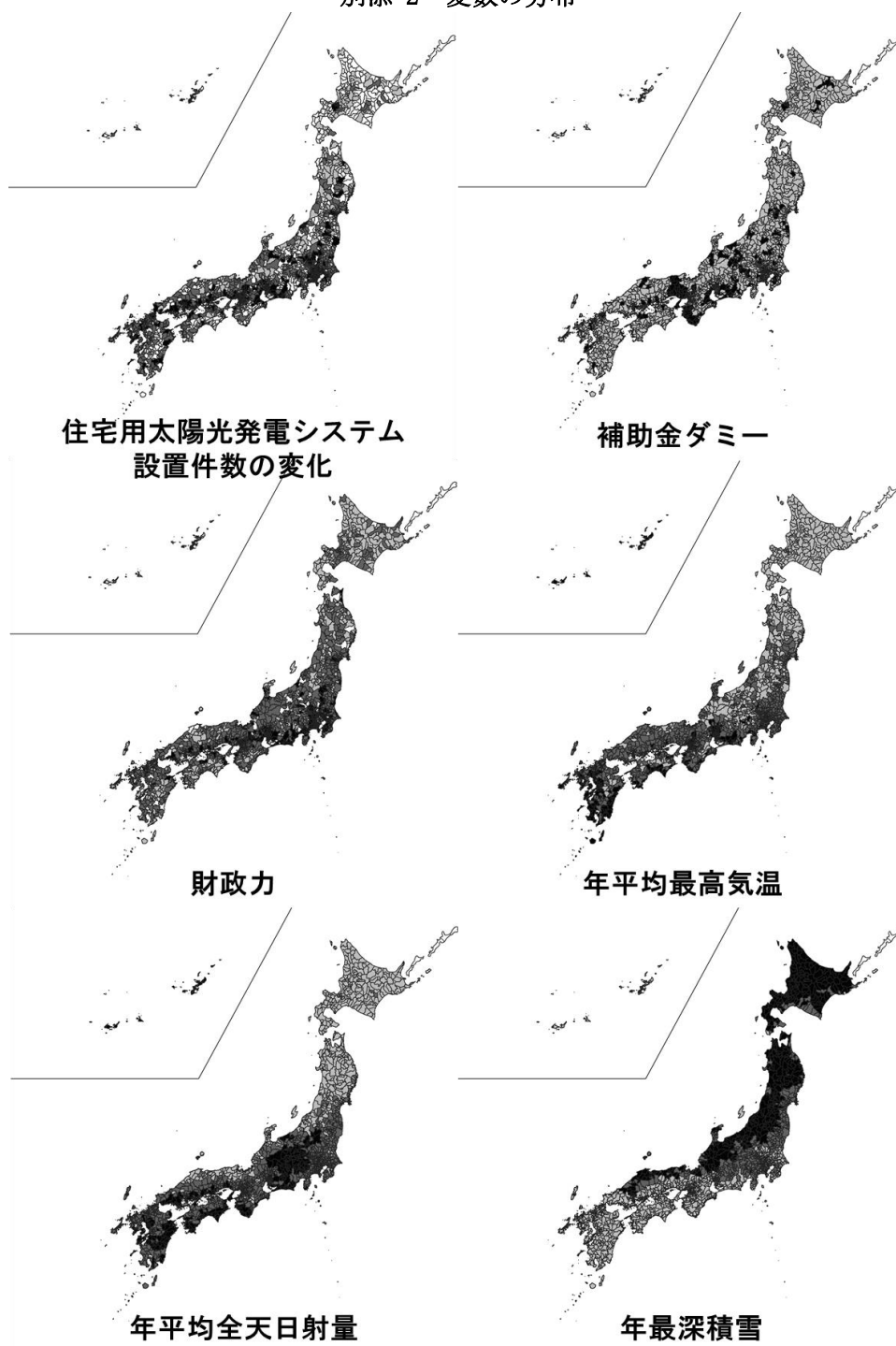
三重県 熊野市	0	6
三重県 東員町	0	6
三重県 明和町	0	12
滋賀県 野洲市	0.5	2.5
京都府 京都市	5	23
大阪府 池田市	2.5	10
大阪府 泉大津市	3	12
大阪府 高槻市	3	12
大阪府 富田林市	4.5	13.5
大阪府 箕面市	2	10
兵庫県 神戸市	2.5	7.5
兵庫県 姫路市	2.5	7.5
兵庫県 尼崎市	0	20
兵庫県 明石市	2.5	7.5
兵庫県 西宮市	2.5	7.5
兵庫県 洲本市	2	6
兵庫県 芦屋市	2.5	7.5
兵庫県 伊丹市	2.5	7.5
兵庫県 相生市	2.5	10
兵庫県 豊岡市	5	20
兵庫県 加古川市	2.5	12.5
兵庫県 赤穂市	2.5	7.5
兵庫県 西脇市	2.5	7.5
兵庫県 宝塚市	2.5	7.5
兵庫県 三木市	2.5	7.5
兵庫県 高砂市	2.5	7.5
兵庫県 川西市	2.5	7.5
兵庫県 小野市	2.5	7.5
兵庫県 三田市	2.5	7.5
兵庫県 加西市	2.5	7.5
兵庫県 篠山市	2.5	7.5
兵庫県 養父市	2.5	7.5
兵庫県 丹波市	2.5	7.5

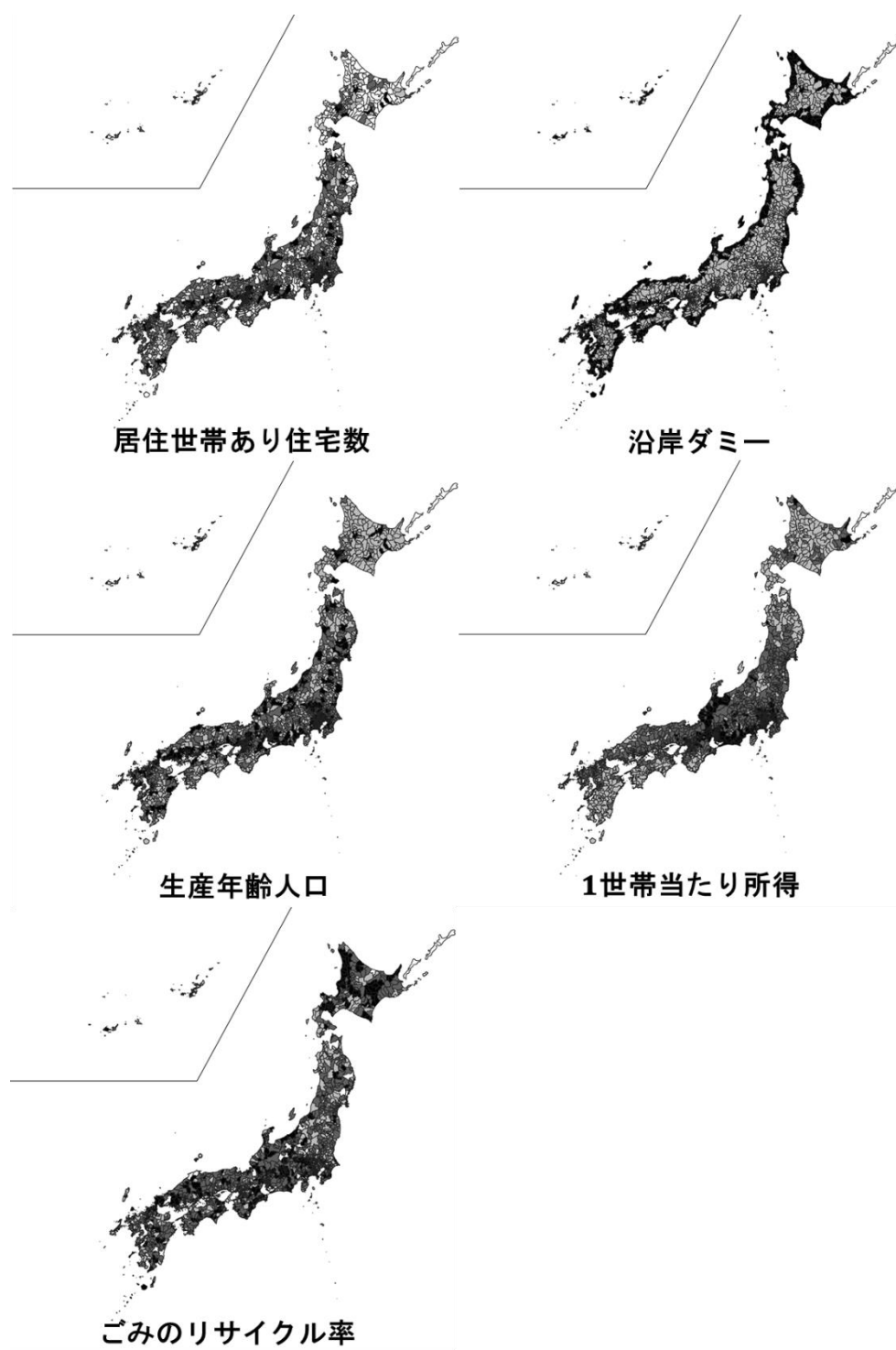
兵庫県 南あわじ市	2.5	7.5
兵庫県 朝来市	2.5	7.5
兵庫県 淡路市	2.5	7.5
兵庫県 宍粟市	2.5	7.5
兵庫県 加東市	2.5	7.5
兵庫県 たつの市	2.5	7.5
兵庫県 猪名川町	2.5	7.5
兵庫県 多可町	2.5	7.5
兵庫県 播磨町	2.5	7.5
兵庫県 市川町	2.5	7.5
兵庫県 福崎町	2.5	7.5
兵庫県 神河町	2.5	7.5
兵庫県 太子町	2.5	7.5
兵庫県 上郡町	2.5	7.5
兵庫県 佐用町	2.5	7.5
兵庫県 香美町	2.5	7.5
兵庫県 新温泉町	2.5	7.5
和歌山県 和歌山市	2.5	12.5
和歌山県 海南市	2.5	12.5
和歌山県 橋本市	2.5	12.5
和歌山県 有田市	2.5	12.5
和歌山県 御坊市	2.5	12.5
和歌山県 田辺市	2.5	12.5
和歌山県 新宮市	2.5	12.5
和歌山県 紀の川市	2.5	12.5
和歌山県 岩出市	2.5	12.5
和歌山県 紀美野町	2.5	12.5
和歌山県 かつらぎ町	2.5	12.5
和歌山県 九度山町	2.5	12.5
和歌山県 高野町	2.5	12.5
和歌山県 湯浅町	2.5	12.5
和歌山県 広川町	2.5	12.5
和歌山県 有田川町	2.5	12.5

和歌山県 美浜町	2.5	12.5
和歌山県 日高町	2.5	12.5
和歌山県 由良町	2.5	12.5
和歌山県 印南町	2.5	12.5
和歌山県 みなべ町	2.5	12.5
和歌山県 日高川町	2.5	12.5
和歌山県 白浜町	2.5	12.5
和歌山県 上富田町	2.5	12.5
和歌山県 すさみ町	2.5	12.5
和歌山県 那智勝浦町	2.5	12.5
和歌山県 太地町	2.5	12.5
和歌山県 古座川町	2.5	12.5
和歌山県 北山村	2.5	12.5
和歌山県 串本町	2.5	12.5
鳥取県 北栄町	2	8
鳥取県 日南町	4	16
島根県 松江市	2.25	6.75
島根県 雲南市	3	9
島根県 吉賀町	1.5	4.5
岡山県 倉敷市	1.5	6
岡山県 総社市	2	8
広島県 呉市	2	8
広島県 三原市	4	0
広島県 福山市	2	8
香川県 高松市	5	20
香川県 観音寺市	5	10
愛媛県 松山市	8	40
愛媛県 西条市	1	4
愛媛県 東温市	4	16
福岡県 北九州市	5	20
福岡県 福岡市	0	10
福岡県 大木町	3	9
佐賀県 佐賀市	1.5	6

熊本県 天草市	5	20
鹿児島県 鹿児島市	4.5	13.5

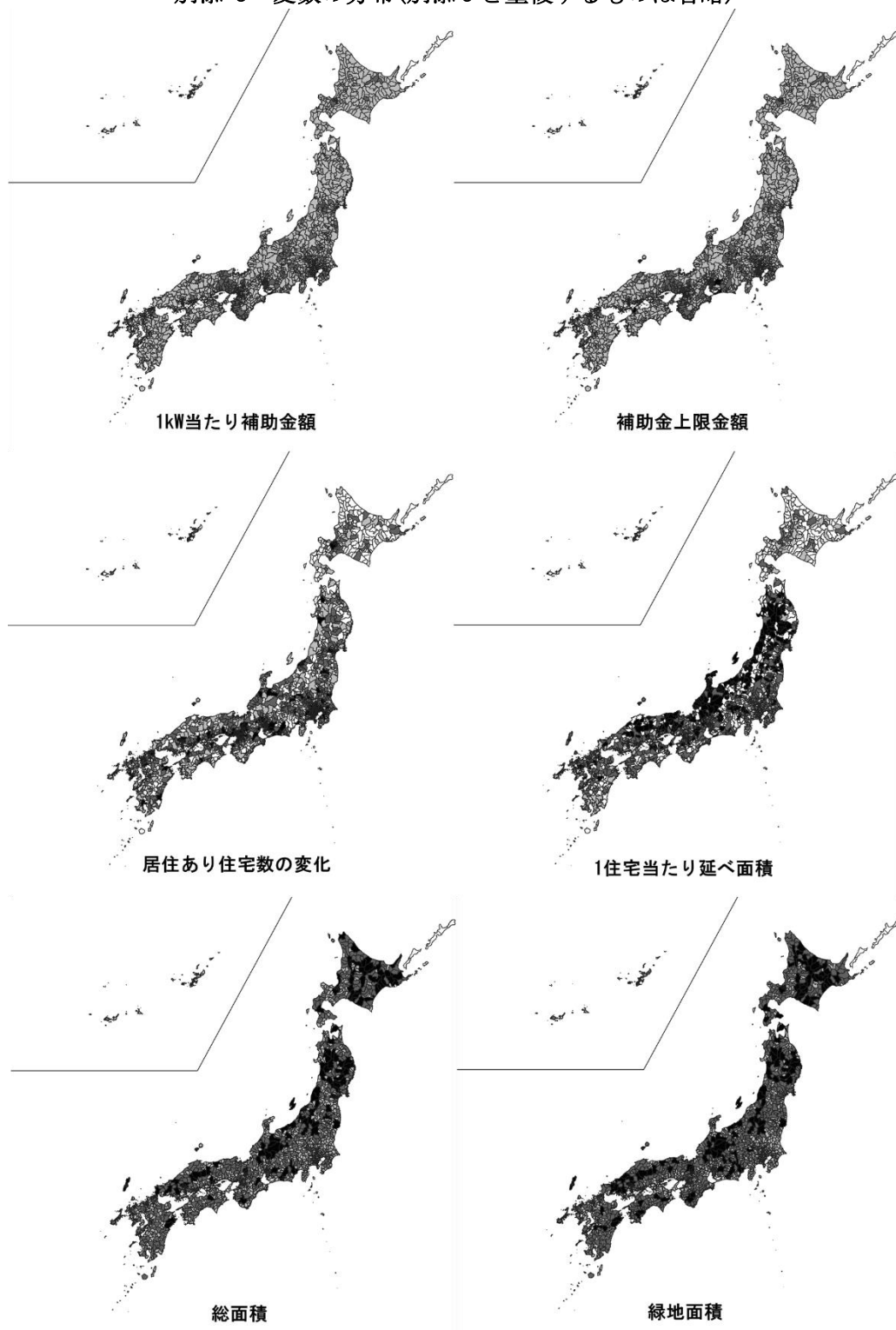
別添 2 変数の分布

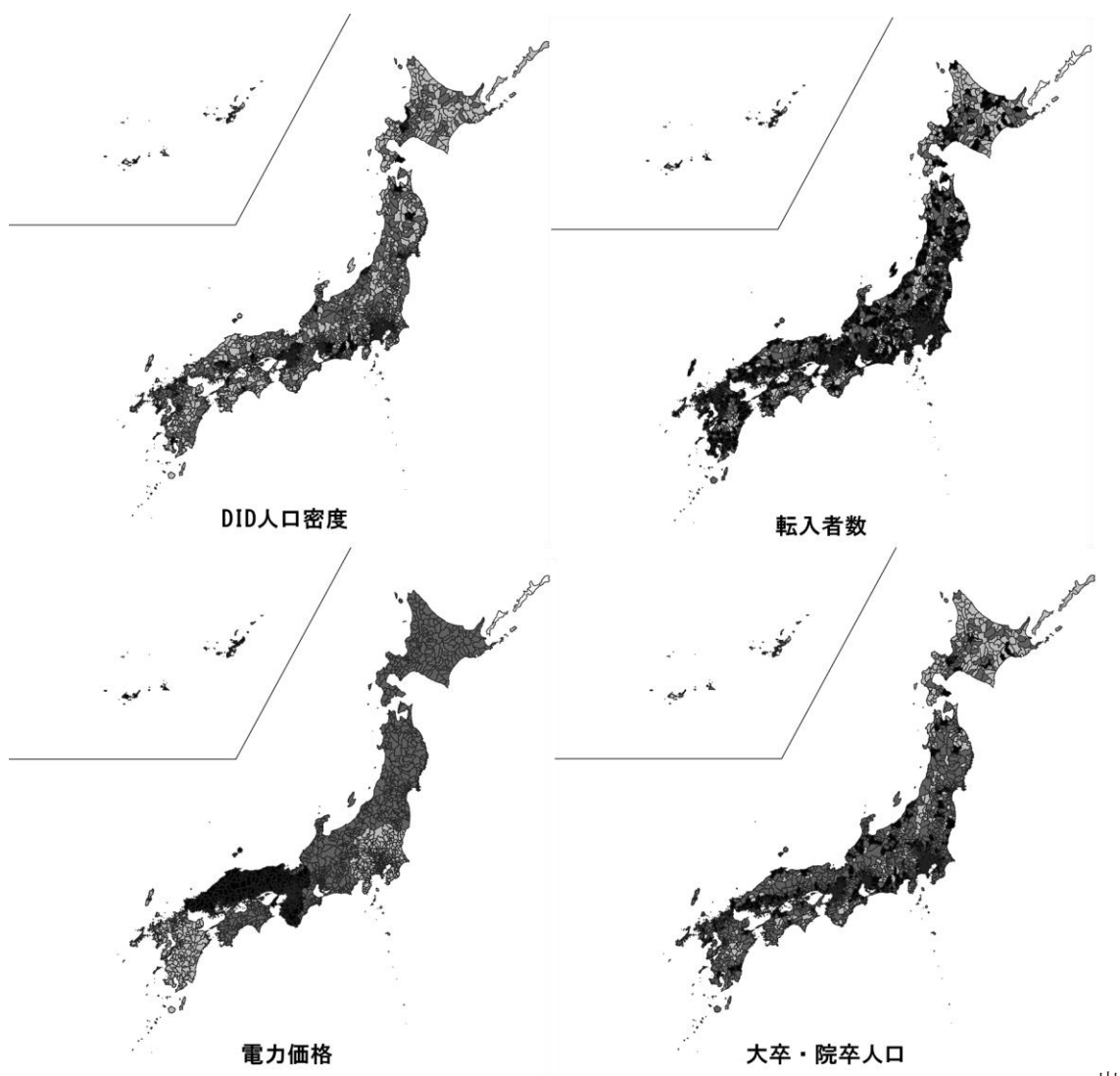




出典：筆者作成

別添 3 変数の分布(別添 5 と重複するものは省略)





典：筆者作成

別添 4 推定結果

従属変数：2008年から2013年にかけての住宅用太陽光発電システム設置件数の変化			
変数名	係数		
	モデル1	モデル2	
1kW当たり補助金額	51.667* (29.591)		
1kW当たり補助金額の2乗	-3.035 (3.900)		
補助金上限金額		19.718*** (6.909)	
補助金上限金額の2乗		-0.390** (0.173)	
年平均最高気温	25.906*** (7.901)	26.467*** (7.893)	
年平均全天日射量	24.313*** (2.702)	24.213*** (2.672)	
年最深積雪	-1.088** (0.513)	-1.044** (0.514)	
居住世帯あり住宅数の変化	0.020 (0.016)	0.019 (0.016)	
1住宅当たり延べ面積	-2.703*** (0.957)	-2.616** (0.946)	
総面積	0.027*** (0.008)	0.027*** (0.008)	
沿岸ダミー	-45.723 (41.252)	-45.531 (40.774)	
緑地面積	-0.014*** (0.005)	-0.014*** (0.005)	
DID人口密度	-0.026*** (0.008)	-0.026*** (0.008)	
生産年齢人口	0.014*** (0.003)	0.014** (0.003)	
1世帯当たり所得	0.107** (0.043)	0.103** (0.042)	
転入者数	-0.145*** (0.025)	-0.144*** (0.025)	
大卒・院卒人口	0.018 (0.122)	0.018 (0.012)	
電力価格	-51.914*** (17.350)	-55.021*** (17.650)	
ごみのリサイクル率	1.960 (1.468)	1.976 (1.444)	
定数項	-2682.390*** (532.498)	-2633.294*** (519.667)	
自由度調整済み決定係数	0.798	0.799	
サンプルサイズ	1041	1041	

注：*** p<0.01、** p<0.05、* p<0.1を表している。
()内はロバストな標準誤差を示している。

別添 5 VIF 検定結果

変数名	VIF	
	モデル 1	モデル 2
1kW 当たり補助金額	4.51	
1kW 当たり補助金額の 2 乗	4.38	
補助金上限金額		4.32
補助金上限金額の 2 乗		4.14
生産年齢人口	49.61	49.67
大卒・院卒人口	30.92	30.76
転入者数	26.63	26.55
総面積	24.36	24.36
緑地面積	21.52	21.54
居住世帯あり住宅数の変化	5.33	5.32
DID 人口密度	2.63	2.63
1 住宅当たり延べ面積	2.50	2.5
年平均最高気温	2.29	2.3
年最深積雪	2.28	2.28
納税者 1 人当たり所得	1.86	1.86
年平均全日射量	1.39	1.39
沿岸ダミー	1.21	1.21
電力価格	1.14	1.14
ごみのリサイクル率	1.06	1.06
平均	10.80	10.77

別添 6 2008 年の電気事業者ごと実排出係数

事業者名	実排出係数 (t- /kWh)
北海道電力(株)	0.000588
東北電力(株)	0.000469
東京電力(株)	0.000418
中部電力(株)	0.000674
北陸電力(株)	0.000550
関西電力(株)	0.000355
中国電力(株)	0.000674
四国電力(株)	0.000378
九州電力(株)	0.000374
沖縄電力(株)	0.000946
イーレックス(株)	0.000462
出光グリーンパワー(株)	0.000204
エネサーブ(株)	0.000422
荏原環境プラント(株)	0.000562
王子製紙(株)	0.000444
オリックス(株)	0.000667
(株)エネット	0.000436
(株)F-Power	0.000352
(株)G-Power	0.000005
サミットエナジー(株)	0.000505
GTF グリーンパワー(株)	0.000767
JEN ホールディングス(株)	0.000674
昭和シェル石油(株)	0.000809
朝日鐵エンジニアリング(株)	0.000759
新日本石油(株)	0.000433
泉北天然ガス発電(株)	0.000330
ダイヤモンドパワー(株)	0.000482
日本テクノ(株)	0.000693
日本風力開発(株)	0.000000
パナソニック(株)	0.000679
丸紅(株)	0.000501
やまがたグリーンパワー(株)	0.000776
平均	0.00051213