

太陽光パネルおよび太陽熱温水器の競合を考慮した 地方自治体補助金制度の効果に関する研究

環境システム学専攻 循環型社会創成学分野 2013 年度修了 松岡 賢(47-126716)

指導教員：亀山康子教授，田崎智宏准教授，松橋啓介准教授

キーワード：太陽光パネル，太陽熱温水器，地方自治体，需要関数，発電量予測

1. 序論

多くの自治体には，地球温暖化対策として自然エネルギー導入を促進する計画があり，特に住宅用太陽光パネル設置への補助金制度を導入する事例が多い．自治体が予算制約内でCO₂排出量削減を最大化するには，太陽光パネルと役割や設置場所が競合する太陽熱温水器への補助を同時に考慮することが望ましいと予想される．また，設置補助金制度を通じて増加する住民の効用は，助成費用を上回ることが望ましい．しかし，自治体が補助金制度を設計する際に必要なこれらの科学的知見を同時に明らかにした研究は見られない．

そこで本研究では，自治体の予算制約下でCO₂排出削減量を最大化する設置補助金制度を設計することにより，太陽光パネルおよび太陽熱温水器の競合を考慮することの必要性を示すこと，および両設備とも補助すべき自治体の条件を提示することを目的とした．補助金制度の現状と成果を収集(2章)し，両設備一件あたりのCO₂排出削減量(3章)と，補助金額と導入数の関係を推計(4章)した後，CO₂排出削減量を最大化する補助金制度を設計し，結果に対し太陽熱温水器設置助成の有無と社会的便益の観点から分析を行った(5章)．

2. 地方自治体における補助金制度の現状と成果の調査

両設備への補助金額が設備導入数に与える影響を推計するために，補助金制度の現状と成果を調査した．電話での予備調査を行った結果，固定価格買取制度開始後の成果に基づく解析の必要性や，補助条件の多様性が確認された．補助金制度の分析では，補助金額に着目するため，それ以外の補助条件は調査自治体間で同一であることが望ましい．また，両設備の競合を考慮する必要性を検証するため，調査自治体が両設備へ助成を行っている必要がある．そこで，多くの自治体が定める標準的な補助条件を整理した上で，これと同一の規定のみを両設備に対して設けている63の自治体を抽出した．これらの自治体を対象として，2013年10月～11月に電話調査を行った結果，45の自治体から回答が得られた．具体的には，2013年度の補助金制度とその成果について，以下の内容を調査した．

- ◇ 補助金額，上限：設備あたり補助金額，1kW(1m²)あたり補助金額，補助金額の上限
- ◇ 実施期間：2013年度助成制度の申請受付開始日～終了日（もしくは調査時点日）
- ◇ 申請件数：上の実施期間における，設置補助金制度への申請件数
- ◇ 制度開始からの経過年数：補助金制度が開始されてから2013年度までの年数

回答が得られた自治体は，省エネ法の気象区分における都道府県の分布率と概観が一致し，区分VI(沖縄)を除く全区分を網羅していた．調査結果から，申請件数が非常に少ない自治体において補助金額を高くしている傾向が一部にみられ，補助金額が高いほど設備導入数が多いとは言えないことが示唆された．

3. 設備導入に伴うCO₂排出削減効果の算出

各自治体における太陽光パネル・太陽熱温水器の導入1件あたりに期待されるCO₂排出削減効果を推計するため，自治体の気象条件等を考慮した発電量・集熱量と，単位発電量・集熱量あたりのCO₂排出削減量を算出した．この結果，各自治体における傾斜面日射量や積雪・凍結，代替エネルギー

$$E_p = \sum_{\text{month}} (K_p \times P \times H_p / G) \quad (\text{式1})$$

E_p ：太陽光パネル年間発電量

K_p ：月別総合設計係数(-)

P ：設備あたり平均出力(kW)

G ：標準試験条件日射強度(kW・m⁻²)

$$E_{th} = \sum_{\text{month}} (A \times H_{th} \times K_s) \quad (\text{式2})$$

E_{th} ：太陽熱温水器年間集熱量

K_s ：太陽熱利用システム効率(-)

A ：太陽熱パネル集熱面積(m²)

H_p, H_{th} ：月積算傾斜面日射量

(kWh・m⁻²・month⁻¹)

一源を反映した自治体別の太陽光パネル・太陽熱温水器導入1件あたりのCO₂排出削減量を得た。以下、算出方法について述べる。

3.1. 設備導入に伴う発電量・集熱量の算出

既往の発電量や集熱量の推計例として、地域全体の導入ポテンシャルの推計や消費者向けの発電量・集熱量シミュレータが存在するが、いずれも自治体単位で傾斜面日射量を算出しておらず、また積雪・凍結の影響を十分に考慮していないため、推計の精度が十分でない。そこで、これらを考慮した各調査自治体における詳細な発電量・集熱量を推計した。

太陽光パネルの発電量算出方法は日本工業規格 JIS C 8907 に倣い(式1)、太陽熱温水器の集熱量については経済産業省や環境省の委託調査で用いられた算出式を用いた(式2)。日照量は気象庁のメッシュ平年値における全天日射量から傾斜面日射量を算出した。その際、住宅金融支援機構資料^[1]から地域単位の屋根形状分布を参照し、陸屋根に架台設置(傾斜角10°)、寄棟・切妻に直置き(傾斜角30°)とするパネル傾斜を想定した。また、NEDO標準気象データベース^[2]の平均年データから積雪・凍結に伴う発電・集熱不能時間(h)を算出し、その分を月積算量から除いた。

3.2. 単位発電量・集熱量あたりのCO₂排出削減量の算出

両設備が代替する電源、熱源の単位あたりCO₂排出量を求めた。電源については、各自治体が供給を受ける系統電源の実排出係数を用いた。熱源については、自治体によりその種類が異なるため、三浦(1998)^[3]における各県庁所在地の世帯あたり熱源別給湯・厨房熱消費量推計値から2011年時点の消費量を推計し、熱源ごとに温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度において定められた排出係数を乗じて用いた。

4. 設置補助金額が設備導入数に及ぼす影響の分析

被説明変数に補助申請件数、説明変数に補助金額や自治体の特性値を用いて、補助金制度の需要関数を推計した。また、両設備の市場における競合性を仮定する推計と、しない推計とを行い、その予測精度を比較した。

4.1. 関数の構造と変数

市場における競合を仮定しない需要関数の推計には、generalized linear mixed model (glmm)を用いた。被説明変数がカウントデータであることから、確率分布であるポアソン分布を用い、関数型も対数関数を用いた(式3)。競合を仮定する推計には両設備とも導入しない際の平均効用をゼロと仮定したロジットモデルを用いた(式4)。説明変数には、補助金額に加え、

$$\ln\left(\frac{X_{ij}}{M_j}\right) = \alpha_{icon} + \alpha_{isub}Sub_{ij} + \sum_l \alpha_{il}g_{ilj} + r_{ip} + u_D \quad (式3)$$

$$\ln\left(\frac{X_{ij}}{M_j - \sum_i X_{ij}}\right) = \alpha_{icon} + \alpha_{isub}Sub_{ij} + \sum_l \alpha_{il}g_{ilj} + r_{ip} + u_D \quad (式4)$$

X_{ij} : 自治体jにおける設備iへの助成の申請件数
 M_j : 自治体jにおける戸建てのうち、両設備とも未導入の戸数
 Sub_{ij} : 自治体jの設備iに対する助成金額
 g_{ilj} : 自治体j特性値; i =太陽光パネル, 太陽熱温水器
 r_p : 都道府県pのランダム効果, u_D : 需要関数の誤差項
 α_{iv} : 設備iの需要関数係数; $v = con$ (定数項), sub (助成額係数)

表2 推計した需要関数の係数とAIC

		太陽光パネル		太陽熱温水器	
		glmm	logit	glmm	logit
α_{icon}	定数項	3.141	-13.93*	-6.008	-11.708
α_{isub}	設置補助金額	0.026	0.094*	0.252***	0.236*
α_{il}	所有価格	-0.002	-0.002	-0.021	-0.015
	制度開始後年数	-0.025	0.046	0.332***	0.238**
	全天日射量	0.029	0.153**	0.07*	0.059
	冬日日数	-0.025*	-0.014	0.021***	0.008
	農業所得者率	-0.061	0.054	0.405***	0.476**
	都市ガス普及率	-0.034***	-0.054*	-0.058***	-0.082**
	予想発電電力量	-0.001	-0.002	-	-
	給湯需要量	-	-	-0.092	-0.081
AIC		98.04	15.386	91.07	5.541
修正済みR2		-	0.362431	-	0.791

有意水準: *5%, **1%, ***0.1%

ヒアリングによって申請件数に影響があるとの示唆を得た農業所得者率などの自治体の特

性や、気象条件、エネルギー需要、発電・集熱予想量等を用いた。

4.2. 推計方法および結果

glmm では最尤法を用い、ロジットモデルでは各自治体が単位電力量・熱量あたりに定める助成金額を操作変数とした二段階最小二乗法を用いて推計を行った。統計モデルの予測の精度を示す赤池情報量基準(AIC)が最も良く(小さく)なるように説明変数を選択した。以上の需要関数の推計の結果、両設備ともにロジットモデルのAICがglmmより小さかった(表2)。これより、両設備の競合性を仮定したロジットモデルを採用した。両機器について設置補助金額と都市ガス普及率が有意であり、太陽光パネルに対して全天日射量が、太陽熱温水器に対して制度開始からの経過年数、農業所得者率が有意であった。これらは、2.での調査で得た知見に合致する結果であった。

5. CO₂排出削減量を最大化する補助制度の設計とその効果分析

5.1. 制度設計の方法

予算制約下でCO₂排出削減量を最大化する補助金制度を設計し、この結果により創出される社会的便益を求めた。

設備導入1件あたりのCO₂排出削減量と補助金申請件数を掛けあわせた両設備の削減量の和(補助金制度の総削減量)と、設備1件に対する補助金額と申請件数を掛けあわせた両設備の補助金額の和(補助総額)に対して、補助総額に上限を設けた上で総削減量を最大化する補助金額を算出した(図1)。補助総額上限は各調査自治体の実際の年間補助額とした。なお、設計制度の補助金額が必要関数の推計に用いた調査自治体の補助金額の範囲から外れる場合には、これを結果および考察から除外した。

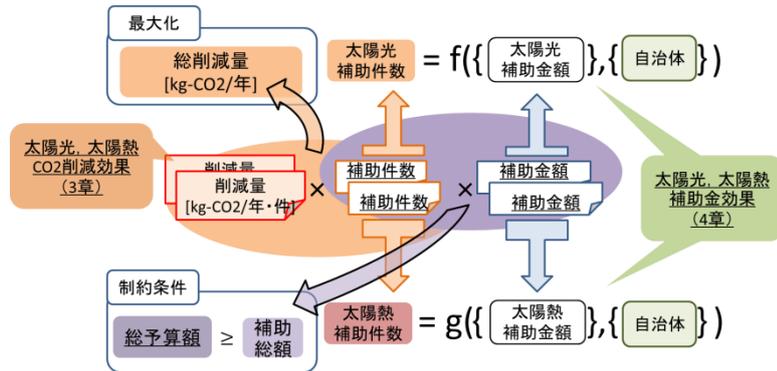


図1 CO₂削減量を最大化する設置補助制度の設計

設備1件に対する補助金額と申請件数を掛けあわせた両設備の補助金額の和(補助総額)に対して、補助総額に上限を設けた上で総削減量を最大化する補助金額を算出した(図1)。補助総額上限は各調査自治体の実際の年間補助額とした。なお、設計制度の補助金額が必要関数の推計に用いた調査自治体の補助金額の範囲から外れる場合には、これを結果および考察から除外した。

5.2. 制度設計の結果

34の自治体で制度設計の結果を得ることができ、うち21の自治体で両設備に設置補助を行う結果となった。21の自治体は、回答が得られた自治体が属する省エネ法上の気象区分(沖縄を除く)の全てに分布した(図2)。これより、CO₂排出削減量の最大化のためには、ほぼ全ての気象区分の自治体が太陽光パネルへの設置補助のみでなく、太陽熱温水器への設置補助も同時に検討する意義があることが示唆された。

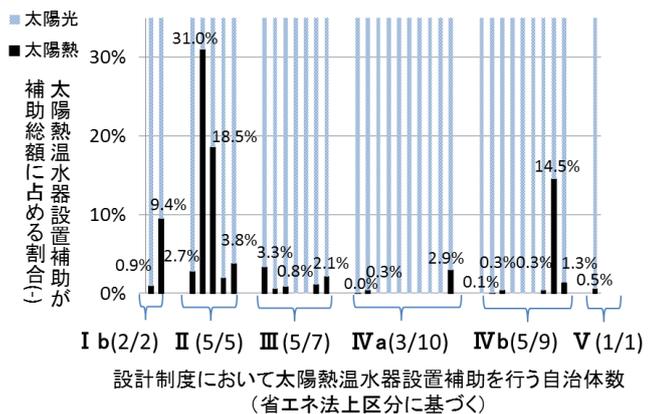


図2 制度設計の結果と各自治体の省エネ法上の区分

5.3. 社会的便益の分析

設計した制度の太陽熱温水器補助の有無が、社会的便益に与える影響を分析した。5.2節の制度設計の結果から調査自治体を、両設備に設置補助を行う自治体群と、太陽光パネルのみに設置補助を行う自治体群の二つにわけ、二群の補助総額あたり社会的便益を推計した。社会的便益の算出は、需要関数の積分により求まる消費者余剰の増加から、補助総額を除く事により求めた。推計した社会的便益にt分布を仮定して母平均の差の検定を行

った結果、両設備に設置補助を行う自治体群の補助総額あたり社会的便益が有意に大きく(p値=0.029)、太陽熱温水器への助成を同時に設計することで社会的便益が増大する可能性が示唆された。またこれより、助成総額が増加する際の助成総額あたり消費者余剰増加が、太陽光パネルのみの場合に対して、両設備に対する場合の方が大きいと推測される。

5.4. 地域特性からの補助対象設備分析

5.3節における二群の自治体特性値について母平均の差の検定を行うことにより、二群の自治体特性における差異を検証した。この結果、特に農業所得者率(p値=0.001)、平均気温(p値=0.003、

図3)について有意な差が見られた。これらは太陽熱温水器の申請件数に影響を与えると予測されるが、両設備に助成を行う自治体群の平均値は、太陽熱温水器の申請件数に正の効果および負の影響を及ぼすと予測される側に(例えば農業所得者率の場合は高い方に、平均気温の場合は低い方に)有意に寄っていた。加えてこれらの変数は、両機器に助成する自治体群の中でも補助総額に占める太陽熱温水器の割合が3%以上の自治体群と、それ以下の自治体群の間で有意差が見られた。また、5.3節における二群は太陽光パネルの導入1件あたり排出削減量(p値=0.48)の間にも有意な差があった。これより、太陽熱温水器の申請件数を増加させるような自治体特性が強い自治体や、太陽光パネルの導入1件あたりの排出削減量が少ない自治体は、両設備への設置補助を行うことが適切であるとの示唆を得た。

5.5. 設計した補助制度の効果分析のまとめ

助成総額を増加させた際の限界CO₂排出削減量の増加が、太陽光パネルのみに助成するよりも両設備へ助成する方が大きい場合、両設備へ設置補助を行うべきであると説明されるが、分析の結果はこれに合致する。このような場合は、助成総額の増加に伴う太陽光設備導入量増加もしくは、太陽光パネルの導入1件あたり排出削減量が相対的に小さい場合が挙げられる。5.3節において両設備に補助する場合の消費者余剰増加が高いことが示唆され、また5.4節において太陽熱温水器の申請件数に強い影響を与える変数に有意な差がみられたことは、前者に合致する。一方、自治体特性の分析において二群の太陽光パネルの導入1件あたり排出削減量の平均値に有意差が認められており、これは後者に合致する。

6. 結論

全ての気候区分の自治体(調査対象とならなかった沖縄を除く)について、太陽光パネルのみではなく太陽熱温水器も同時に考慮して設置補助金制度を検討する必要性を示した。分析の結果、太陽光のみに設置補助を行うより、両設備に設置補助を行う方が、助成総額あたりの社会的便益増加が高いことが示唆された。CO₂排出削減量最大化の観点から「太陽熱温水器へ設置補助をすべきである」との結果が出た自治体の特性を分析すると、太陽光パネルの導入1件により達成される排出削減量が小さい傾向と、太陽熱温水器の導入量を促進させるような自治体の性質を持つことが確認された。特に農業所得者率、平均気温がこれに相当する。よって、これらの特性をもつ自治体は特に、太陽光パネルのみでなく太陽熱温水器の設置補助を検討するべきであると明らかにされた。補助金体系の決め方が導入量に与える影響や、太陽熱温水器以外の競合財を考慮することが今後の課題である。

参考文献 [1]住宅金融支援機構(2013)「フラット35住宅仕様実態調査報告」[2]NEDO「日射量データベース閲覧システム」<http://app7.infoc.nedo.go.jp/metpv/metpv.html> [3]三浦秀一(1998)「全国における住宅の用途別エネルギー消費と地域特性に関する研究」日本建築学会計画系論文集 No. 510, 77-83

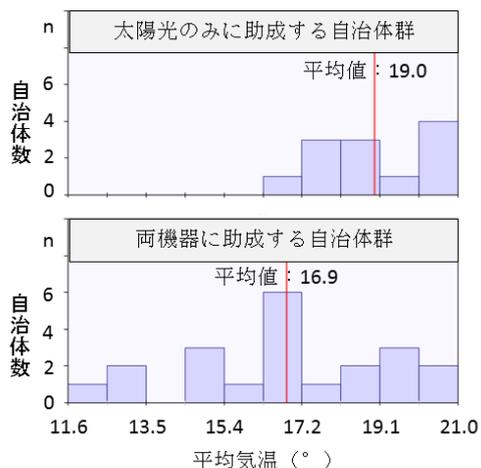


図3 二群の平均気温の比較