

学 術 論 文 | Article |
(査 読 付) | (Refereed) |

再生可能エネルギーを活用した高齢者福祉タクシー事業の提案と評価

大野栄治・森 龍太・杉浦 伸・森杉雅史

Proposal and Evaluation of the Elderly Welfare Taxi Business Utilizing Renewable Energy

**By Eiji OHNO, Ryuta MORI, Shin SUGIURA
and Masafumi MORISUGI**

再生可能エネルギーを活用した高齢者福祉タクシー事業の提案と評価

大野栄治[†]・森 龍太^{††}・杉浦 伸[†]・森杉雅史[†]

Proposal and Evaluation of the Elderly Welfare Taxi Business Utilizing Renewable Energy

By Eiji OHNO, Ryuta MORI, Shin SUGIURA
and Masafumi MORISUGI

Abstract

Renewable energy power generation projects are being considered in many regions of Japan, but in many local cities, problems such as the declining birthrate, aging population, and regional economic stagnation are urgent, and it is difficult to prioritize these projects. In addition, although local cities are rich in natural resources such as solar power, wind power, hydropower, and forests, it is not possible to raise funds for the project due to financial difficulties. However, the essential reason why renewable energy power generation projects are slow to progress is thought to be that the methodology for evaluating environmental and economic policies that contribute to sustainable community development has not yet been established. On the other hand, in the year after the Great East Japan Earthquake, 2012, the operation of the feed-in tariff (FIT) for electricity began based on the Act on Special Measures Concerning the Procurement of Renewable Energy Electricity by Electricity Companies. FIT has a mechanism that “as the amount of renewable energy introduced increases, the burden on the public increases”, and it is not always continued in the medium to long term. The purpose of this study is to propose environmental and economic policies that contribute to sustainable community development. Here, assuming the end of FIT, we will draw out administrative support based on the social value of the power generation business using renewable energy. Then, we propose and evaluate the elderly welfare taxi business that utilizes the electricity generated by this business. The elderly welfare taxi proposed in this study is positioned as a policy to encourage return of driver's licenses while ensuring convenience of transportation for the elderly against the problem of car driving accidents by elderly drivers, which has been attracting attention in recent years. By developing such policies that anticipate social value under the renewable energy business, new social value will be added to the renewable energy business. And, the social and economic value of the renewable energy business is the original “reduction of greenhouse gases” and “improvement of welfare for the elderly”. Furthermore, if the local community recognizes these values and many local residents participate in renewable energy projects, it is possible that community ties will deepen and new social value will be created. As a result of the evaluation, incentives for the government and the local community were recognized for the renewable energy project, and it was found that the elderly welfare taxi project proposed in this study can be introduced.

キーワード : 再生可能エネルギー, 発電事業, 地域活性化, 高齢者福祉タクシー, 奉仕労働量

key words : renewable energy, power generation project, regional revitalization, elderly welfare taxi, willingness to work

[†] 名城大学 都市情報学部

^{††} 兵庫県立大学 地域創造機構

1. はじめに

太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーによる発電事業は、これまでの石炭、石油、天然ガス、原子力などの枯渇性エネルギーに対する依存からの脱却を図るものであり、持続可能な循環型社会の形成に大きく貢献することが期待されている。また、石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料による発電事業は温室効果ガスを排出することから、再生可能エネルギーによる発電事業は地球温暖化に対する緩和策（温暖化しないように温室効果ガスの排出量を削減するなどの政策）として知られている。さらに、再生可能エネルギー事業では種々のエネルギー源が提供されること、これらのエネルギー源がローカルに生産・消費されることから、特に東日本大震災以降、当該事業は地球温暖化に対する適応策（温暖化に対応して災害の影響を軽減するなどの政策）としても注目されている。

このような再生可能エネルギーによる発電事業は日本の各地で検討されているが、多くの地方部では少子高齢化や地域経済停滞などの問題が喫緊の課題となっており、当該事業が優先され難い状況にある。また、地方部には太陽光、風力、水力、森林などの自然資源が豊富にあるにもかかわらず、財政難により当該事業のための資金が調達できない状況にもある。今後、再生可能エネルギーによる発電事業を推進するためには、持続可能な地域づくりに資する環境経済政策の評価に関する方法論を確立するとともに、当該政策の在り方と目指すべき方向性の議論を展開する必要があると考えられる。

一方、東日本大震災の翌年（2012年）7月1日、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」に基づき、電力の固定価格買取制度（FIT: Feed-in Tariff）の運用が始まった。FITは、電気事業者に対して、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスの再生可能エネルギー源を用いて発電された電気を国によって定められた価格で一定期間買い取れることを義務付ける制度である。しかし、電気事業者の買取費用は電気事業者の売電価格に上乗せして回収されており、FITは「再生可能エネルギーの導入量が増加するにつれて、国民負担が増加する」という仕組みになっている。また、未稼働案件や緑地破壊案件など、地域社会でのトラブルも発生している。そのため、FITが中長期の将来に亘って継続されるとは限らない。

本研究の目的は、国際連合が定める持続可能な開発目標（SDGs: Sustainable Development Goals）のうち、目標3（Good Health and Well-Being）および目標7（Affordable and Clean Energy）の観点から、持続可能な地域づくりに資する環境経済政策を提案することである。ここではFITの終了を前提とし、再生可能エネルギーによる発電事業の社会的価値に基づいて行政支援を引き出すこととする。そして、当該電力を活用した高齢者福祉タクシー事業の提案と評価を行う。

2. 再生可能エネルギーによる発電技術の例： GET システム

名城大学農学部では、生体機能を利用して、稲作で発生した稲わらからエネルギー資源（バイオガス）を回収する技術であるGETシステムを開発した¹⁾。GETとは、「Get Energy from Tanbo（田んぼからエネルギーを得る）」の頭文字である。

現在の水稲栽培では、収穫時に付随して生じる稲わらは有効活用されることなく、そのまま田んぼに放置・散布されることがしばしば見受けられる。この場合、強風や大雨などにより、周辺道路や用排水路に散乱・流出し、悪影響を及ぼす。以前は野外焼却（野焼き）が行われていたが、現在は法令により原則禁止されている。したがって、耕耘させて土壌にすき込むことにより、廃棄処分されることが推奨されている。

すき込まれた稲わらは、土壌中の微生物により分解され、田んぼの肥料となる。しかし、酸素供給が少ない（嫌気性）環境下では、分解過程でメタンなどのバイオガスが発生し、大気中に放出される。特に、圃場が湛水環境になる田んぼでは、容易にこのような環境下に置かれる。なお、このガスは、翌年の稲作中に発生すると、生育障害にも繋がりがかねない。

また、メタンなどのバイオガスの大気中への放出は、温暖化緩和策の観点からも問題視されるものである。例えば、メタンは気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書統合報告書²⁾によれば、地球温暖化係数は100年間の累積値で、二酸化炭素を1とした場合、28（倍）と評価されており、大気中にそのまま放出されること自体が望ましくないと言える。つまり、水稲栽培と温暖化緩和の双方の観点から、メタンなどのバイオガスの発生が望ましくないと考えられ、現状ではこれらの発生をいかに抑えるかといった観点到重点が置かれている。

一方、メタンガスは、都市ガスなどの燃料用のガスとして利用されている。なお、燃焼後は二酸化炭素と水（水蒸気）として大気中に放出されるため、地球温暖化への寄与はメタンのまま放出するよりも小さくなる。GETシステムは、この点に着目して、田んぼから発生するバイオガスを回収し燃料として活用するという逆転の発想のシステムであり、前述の観点とは大きく異なる。

GETシステムの概要は、以下のとおりである。まず、稲作後の水田から稲わらを集め、休閑田にこれを投入してすき込み、畝をつくる。この畝をシートで覆うとともに湛水させ、酸素供給が少ない（嫌気性）環境下に置く。これにより、土壌中の微生物により分解された稲わらから発生するメタンなどのバイオガスを回収し、再生可能エネルギーとして利用する仕組みである。加えて、稲わらの発酵残渣は土壌に残り、田んぼの肥料として供給される。

このシステムから、稲わら1 kg からメタン濃度60%のバイオガス（バイオメタン）300 Lを製造することに成功した。そして、名城大学農学部は同大学の理工学部と共同して、GETシステムで生成されたバイオガスを精製せずにガスエンジン発電機

に供給し、安定して発電するための貯蔵供給システムとガスエンジン発電機の制御システムを開発した。その後、制御システムをさらに改善し、稲わらのみならず、清掃作業などで発生した雑草を投入し、バイオガスを発生させることにも成功し、出力800 Wの発電が行えた。ちなみに、この電力で使える家電製品としては、冷蔵庫（100～300 W）、液晶テレビ（300～500 W）、ホットカーペット（500～800 W）などがある。一方、バイオガス生産後の発酵残渣の多い水田にて、無施肥の稲作が実現できることも実証した。つまり、GET システムは、温室効果ガスの削減が求められていた田んぼを、バイオガスの発生場として農地の有効利用を促すとともに、地力の維持にも貢献しうる、画期的なシステムであると言える。地力とは、「土地が作物を育てる能力」のことを意味している。

例えば、この GET システムを田んぼの一角に設置し、メタンなどのガスを回収する。その隣にガス発電機を設置し、電気に変換する。道路脇に充電スタンドを設置し、電源を利用できるようにする。これにより、地元住民は、電気自動車、草刈りロボット、稲わら収集ロボットなどを動かすために電力を使用することができるようになる。

しかし、GET システムの社会実装を検討したところ、現状では採算性に問題があるが、行政からの補助金と地域社会からのボランティアの受け入れにより、10年以内に費用を回収できるようになることが判明した³⁾。ここで、GET システムを導入するためには行政（補助金）や地域社会（ボランティア活動）などの支援が必要であるが、そのような支援を受け入れるためには行政や地域社会に対してインセンティブを示す必要がある。さらに、そのようなインセンティブを示すためには、GET システムの社会的・経済的価値を示す必要がある。例えば、GET システムの導入による社会的費用（処理費用、温室効果ガスなど）の削減が考えられるが、GET システムにより発電された電力を活用した事業（政策モデル・ビジネスモデル）を導入することにより、当該事業の社会的価値を付加することができる。そのためにも、再生可能エネルギーを活用した政策モデル・ビジネスモデルの導入が期待される。

3. 高齢者福祉タクシー事業の提案

本研究では、再生可能エネルギーを活用した政策モデルとして、電気自動車をベースとした高齢者福祉タクシーの導入を提案する。

ここで提案する高齢者福祉タクシーは、近年注目されている高齢者ドライバーによる自動車運転事故の問題を背景として、高齢者の移動利便性を確保しながら運転免許返納を促す政策として位置づけられる。このような社会的価値を見込んだ政策が再生可能エネルギー事業の下で展開されることにより、再生可能エネルギー事業に新しい社会的価値が付加される。その結果、再生可能エネルギー事業の社会的・経済的価値は元来の「温室効果ガスの削減」および「高齢者福祉の向上」となる。さら

に、地域社会がこれらの価値を認め、多くの地域住民が再生可能エネルギー事業に参加するようになると、コミュニティのつながりが深まり、新たな社会的価値を生み出すことが期待される。

まず、高齢者福祉タクシー事業について、表-1のように想定する。導入地区は日本の平均的な過疎地域に位置する人口100人の地区とする。なお、2015年現在、農業集落の平均人口について、平均農業地域では190人、中間農業地域では113人、山間農業地域では62人となっている⁴⁾。また、同年現在、日本の過疎地域の高齢者率が36.7%であることから、当該地区の65歳以上の高齢者人口は36.7人とする。タクシー事業は毎日稼働し、65歳以上の高齢者のみをサービスの利用対象とする。高齢者の利用頻度は1人あたり毎月4回、利用距離は1回あたり10 km（往復）、利用料金は1回あたり600円（往復）とする。利用料金設定の根拠として、全国ハイヤー・タクシー連合会によると、1回の利用料金が数百円程度（200円、300円、500円など）に設定されている⁵⁾。例えば、舞川地区デマンド型乗合タクシー（岩手県一関市舞川地区）、デマンドタクシーでんでん号（山形県三川町）、安達（岩代、東和）地域デマンド型乗合タクシー（福島県二本松市）の利用料金は1回300円となっている。そこで、本研究では1往復（自宅を出発してから自宅に戻るまで）の利用料金を600円に設定する。そして、タクシーに使用する車両は国産の電気自動車（日産リーフ／グレードS）を想定する。この電気自動車のバッテリー容量は40 kWh、一充電走行距離は400 km（JC08モード）である。

以上の想定において、電気自動車の運行に必要な電力は1年あたり3,523.2 kWh、1日あたり平均9.7 kWhとなる。一方、電気自動車用バッテリーの容量が40 kWhであることから、このタクシーの運行は可能であると考えられる。なお、月間必要電力は293.6 kWhであり、系統電力の電気代は1月あたり6,953.3円となる（中部電力の単価：120 kWh まで21.04円 / kWh、120 kWh 超300 kWh まで25.51円 / kWh）。

表-1 高齢者福祉タクシー事業の想定

【導入地区の想定】
・人口：100人
・65歳以上の高齢者人口：36.7人
【タクシー事業の想定】
・稼働日：毎日（＝365日 / 年）
・利用者：65歳以上の高齢者のみ
・利用頻度：4回 / 月 / 人（＝1,761.6回 / 年）
・利用距離：10 km / 回（往復）
・利用料金：600円 / 回（往復）
・走行距離：10 km / 回（実走行）＋10 km / 回（空走行）
・年間走行距離：35,232 km / 年
・1日あたりの平均走行距離：96.5 km / 日
・年間必要電力：3,523.2 kWh / 年
・月間必要電力：293.6 kWh / 月（＝6,953.3円 / 月）
・1日あたりの平均必要電力：9.7 kWh / 日
＜40 kWh（電気自動車用バッテリー）

高齢者福祉タクシー事業の費用構造は、車両の購入費、車検代、自動車税、重量税、任意保険料、ドライバーの人件費に分けられる。一方、当該事業の収益構造は、運賃収入のみであるが、車両の購入費に対して国の支援「クリーンエネルギー自動車導入事業費補助金」（日産リーフの場合：40万円）を獲得することができる。以上の費用・収益構造に基づく高齢者福祉タクシー事業を事業の原型（事業案1）とする。図-1に、事業案1の累積収支バランスを示す。ここで、普通自動車の法定耐用年数は6年とされているが、タクシーは一般的に50万km程度まで使用されるようである。そこで、本研究では11年目の車検前（約40万km）で車両の更新を想定するため、累積収支バランスは1～11年目までのサイクルを繰り返す構造となっている。

図-1より、事業費を回収することは全く期待できないことがわかる。ここで、利用料金を795円に設定し、利用頻度が変わらなければ、11年目に事業費を回収できるが、本研究では利用料金と利用頻度の関係を検討していないので、料金設定の影響については今後の検討課題とする。なお、将来的にタクシーの完全自動運転が実現すれば、ドライバーの人件費がゼロになり、事業案1の累積収支バランスは運用開始から4年目に黒字化するが、ここでは議論しないこととする。そこで、行政や地域社会の支援を前提とする2つの事業代替案（事業案2と事業案3）を検討する。

事業案2は、行政の支援として補助金（車両の購入費の半額＋24万円／年）を想定しており、一般の補助事業に採用される初期投資に対する補助を基本としたものである。なお、国の支援「クリーンエネルギー自動車導入事業費補助金」は行政に還元されるものとし、事業の収支バランスには考慮しない。ここで、支援のうちの24万円／年は、タクシーの広告料や運転ボランティアなど、地域社会の支援で賄うことも考えられる。図-2に、事業案2の累積収支バランスを示す。これより、事業案2は11年目に事業費を回収できることがわかる。

事業案3は、国の支援としてクリーンエネルギー自動車導入事業費補助金40万円および地域社会の支援として広告料36万円／年を想定しており、既定の補助金を除く補助を毎年平準化したものである。ここで、支援のうちの36万円／年は、コミュニティバスなどを代替する事業として行政の福祉予算で賄うことや、再生可能エネルギー事業や高齢者福祉タクシー事業の奉仕労働（ボランティア活動）で賄うことも考えられる。図-3に、事業案3の累積収支バランスを示す。これより、事業案3についても11年目に事業費を回収できることがわかる。

以上より、高齢者福祉タクシー事業は、行政（補助金）や地域社会（ボランティア活動）などの支援を得なければ、経営的に成り立たないことがわかる。ここで、これらの支援を獲得するためには、相当金額以上の社会的価値を示す必要がある。社会的価値の項目として、温室効果ガスの削減、高齢者福祉の向上、コミュニティの強化などが考えられる。ここで、温室効果ガスの削減については削減量×原単位、高齢者福祉の向上とコミュニティの強化の価値計測については、支払意思額（WTP:

Willingness to Pay) などに基づく方法以外に考えられない。本研究では、先行研究⁶⁾ で用いた奉仕労働量（WTW: Willingness to Work）に基づく価値評価を試みる。なお、WTWは仮想市場評価法（CVM: Contingent Valuation Method）により推計されるが、本研究では当該事業の社会的価値の項目（温室効果ガスの削減、高齢者福祉の向上、コミュニティの強化など）をまとめて評価する。

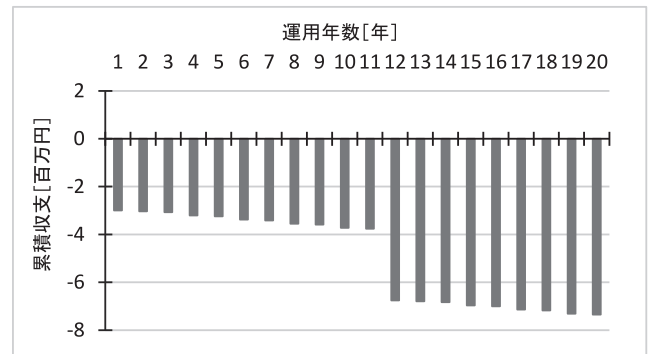


図-1 高齢者福祉タクシー事業の累積収支バランス（事業案1：原型）

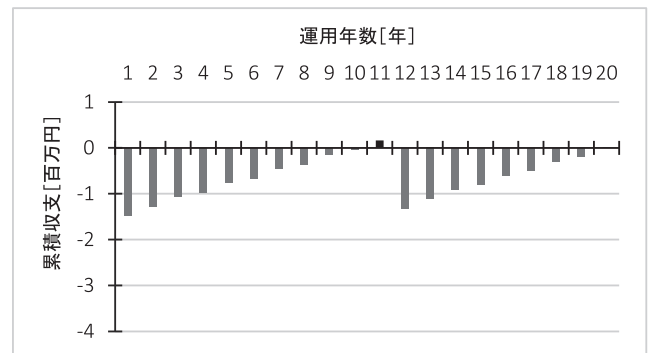


図-2 高齢者福祉タクシー事業の累積収支バランス（事業案2：車両費半額と24万円／年の支援を見込む）

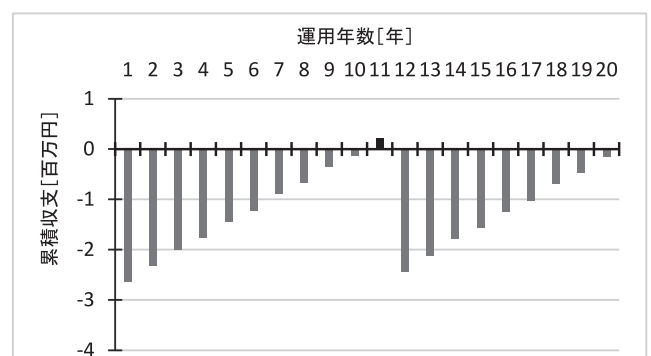


図-3 高齢者福祉タクシー事業の累積収支バランス（事業案3：36万円／年の支援を見込む）

4. 社会的価値の評価モデル

(1) 効用関数の特定化

高齢者福祉タクシー事業を伴う再生可能エネルギー事業に関する個人の効用関数を次のように特定化する。

$$V = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 (T_L - W_3) + a_4 W_3 R_4 + \left(\sum_{i=5} a_i X_i \right) W_3 \quad (1)$$

ただし、 V ：事業に関する個人の効用水準、 D_1 ：草刈りなどの清掃に必要な用具の支援の有無、 D_2 ：事業によって節約された行政予算の配分の有無、 W_3 ：地域住民に求められる清掃作業の時間、 R_4 ：作業に対する謝礼単価、 T_L ：余暇時間、 X_i ：各種の個人属性（性別、年齢、居住地、職業、業種、世帯年収、各種活動の有無など）、 $a_1, \dots, a_4, a_i$ ：未知のパラメータ。

ここで、地域住民に求められる清掃作業は、個人の自由意思に基づいて行われるボランティア活動（奉仕労働）であり、個人の余暇時間内に行われるものと想定する。また、式（1）の右辺第1項は行政の物資面での支援に関する要素、第2項は行政の金銭面での支援に関する要素、第3項は個人の活動面での負担に関する要素、第4項は個人の収入面での恩恵に関する要素を意味する。第5項は、第3項のパラメータ a_3 が個人属性により変化することを表現するものである。

(2) 奉仕労働量の中央値

任意の2つの事業（事業Aと事業B）に対する個人の選択行動をランダム効用理論の枠組みで捉えると、各選択肢の理論的選択確率が与えられる。このとき与えられる種々の確率モデルのうち、もっとも操作性の高いロジットモデルを以下に示す。

$$P_A = \frac{\exp[V_A]}{\exp[V_A] + \exp[V_B]} \quad (2)$$

$$P_B = 1 - P_A \quad (3)$$

ただし、 P_A, P_B ：事業A、事業Bを選択する確率、 V_A, V_B ：事業A、事業Bを選択する場合の効用。

ここで、式（2）および式（3）の理論的選択確率を用いて、特定の事業に対する賛成・反対の選択行動を捉えることもできる。このとき、賛成する場合の効用は式（1）に当該事業の要素（ D_1, D_2, R_4 ）と奉仕労働の時間（ W_3 ）を代入して求められ、また反対する場合の効用は、（当該事業の恩恵を享受しない代わりに奉仕労働も提供しないので）余暇時間（ T_L ）に関する効用のみで与えられる。そして、特定の事業に対して、住民の半数が賛成する場合の奉仕労働量（WTW: Willingness to Work）を求めることができる。すなわち、これがWTWの中央値であり、賛成する場合の効用と反対する場合の効用が等しくなるような W_3 の値で与えられる（式（4））。

$$W_3 = \frac{a_1 D_1 + a_2 D_2}{a_3 - a_4 R_4 - \sum_{i=5} a_i X_i} \equiv WTW \quad (4)$$

(3) 社会的価値の評価モデル

式（4）のWTWについて、作業に対する謝礼単価がゼロの場合、WTWは無償のボランティア活動となる。このとき、ボランティア活動が余暇時間内で行われるものと想定しているので、活動目的となる事業の社会的価値は「余暇時間の価値 × WTW」と等価であると考えられる。一方、作業に対する謝礼単価がゼロより大きい場合、WTWは有償のボランティア活動となり、参加者は有償分の活動を一種のアルバイトとして認識する可能性がある。このとき、活動目的となる事業の社会的価値は「WTWの生産者余剰」と等価であると考えられる。すなわち、当該事業の社会的価値は式（5）および式（6）のように評価される（図-4参照）。

$$SV_{FV} = \frac{a_1 D_1 + a_2 D_2}{a_3 - \sum_{i=5} a_i X_i} \times R_L \quad (5)$$

$$SV_{PV} = \int_0^{R_L} \frac{a_1 D_1 + a_2 D_2}{a_3 - a_4 R - \sum_{i=5} a_i X_i} dR - \frac{a_1 D_1 + a_2 D_2}{a_3 - \sum_{i=5} a_i X_i} \times R_4 \quad (6)$$

ただし、 SV_{FV} ：無償ボランティア活動の社会的価値、 SV_{PV} ：有償ボランティア活動の社会的価値、 R_L ：余暇時間の価値（ $0 < R_4 < R_L$ ）。

ここで、余暇時間の価値（余暇活動の時間価値）は労働賃金から算出された時間価値の1/2～1/4が妥当と言われている⁷⁾。本研究では、国土交通省によって算出された労働者の時間当たりの機会費用（43.95 [円/分]：平成20年価格⁸⁾）を参考にし、余暇時間の価値を10 [円/分] で与える。

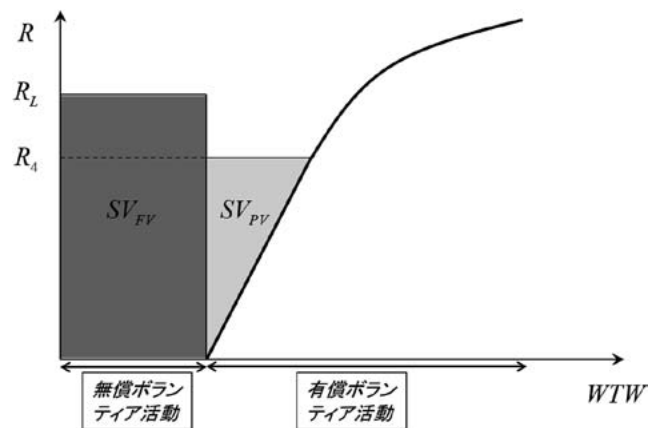


図-4 無償・有償ボランティア活動の社会的価値

5. データ収集

GET システムによる電力を活用した高齢者福祉タクシー事業の社会的価値評価に用いる家計の効用関数を推定するため、20歳以上の長野県、岐阜県、静岡県、愛知県民を対象としたWeb形式のアンケート調査を2020年3月上旬に実施した。その結果、合計2,000件の回答が得られた。ここで、アンケート内容を理解できなかったと回答しているものについては不適とし、分析から除外することとした。その結果、有効回答数は1,991件となった。なお、被験者の属性分布については以下のとおりである。

【性別】 男性：50.1%，女性：49.9%

【年齢】 20～24歳：5.8%，25～29歳：14.0%，30～34歳：8.1%，35～39歳：12.0%，40～44歳：8.1%，45～49歳：11.9%，50～54歳：10.0%，55～59歳：10.0%，60～64歳：8.2%，65～69歳：5.8%，70歳以上：6.0%

【職業】 無職：11.7%，専業主夫・主婦：16.2%，学生・生徒：2.2%，パート・アルバイト：16.7%，会社員・従業員：40.5%，経営者・自営者：6.3%，国家公務員：0.4%，地方公務員：3.8%，団体職員：0.9%，その他：1.4%

【居住地】 長野県：12.5%，岐阜県：12.5%，静岡県：25.0%，愛知県：50.1%

調査の標題は「再生可能エネルギー事業に関する意識調査」とし、以下の内容で調査票を設計した。

【問1】 再生可能エネルギーへの関心

【問2】 バイオガス発電事業への関心

【問3】 ボランティア活動（草刈り）への参加意向

【問4】 ボランティア活動（草刈り）への参加条件

【問5】 ボランティア活動（草刈り）への参加要素

【問6】 仮想的なバイオガス発電事業に関する一対比較（1回目）

【問7】 仮想的なバイオガス発電事業に関する一対比較（2回目）

【問8】 個人属性（性別、年齢、居住地、職業、業種、世帯年収、各種活動の有無、調査内容の理解）

まず、調査の導入として、問1～問2の質問を用意した。ここで、再生可能エネルギー事業としてバイオガス発電事業に着目し、被験者がその内容を理解しやすくなるように、イラストなどを用いて説明した。なお、バイオガス発電事業を取り上げた理由として、事業においてボランティア活動（原料となる資源の収集、施設の維持管理など）を募り易いことが挙げられる。

次に、問3～問5において、草刈りを想定したボランティア活動への参加について尋ねた。

そして、問6～問7が本調査の主要な質問である。具体的には、表-2に示すような異なるプロファイルを持つ2つの仮想的なバイオガス発電事業を提示し、被験者に望ましい方を選択してもらう「一対比較質問」とした。ここで、表-2にある要素A1・B1～A4・B4について、表-3に示すような水準を設定した。

最後に、問8において、被験者の個人属性（性別、年齢、居住地、職業、業種、世帯年収、各種活動の有無、調査内容の理解度）を尋ねた。

表-2 仮想的なバイオガス発電事業に関する一対比較質問

まず、次のことを想定してください。

- 1) あなたのお住まいの近くに河川堤防や地区公園があると想定します。
- 2) 地域清掃の一環として行われる河川堤防や地区公園の『草刈り』については、地域住民が協力して実施すると想定します。
- 3) 刈り取られた草を原料とするバイオガス発電施設の設置・維持管理、刈り取られた草の運搬については、専門業者に委託すると想定します。
- 4) 発電施設から生み出される電気は行政施設で使用され、行政から電力会社に支払われる電気代が節約されると想定します。
- 5) 本事業によって節約された行政予算については、本事業への参加・協力の度合いに応じて、地域コミュニティ（自治会等）へ配分することもできます。

次に、以下のようなバイオガス発電事業 A と B があなたのお住まいの地域に計画されたと仮定します。

【バイオガス発電事業 A】	
①草刈りなどの清掃に必要な用具の支援	----- A1
②事業によって節約された行政予算の配分 (地域コミュニティへの参加・協力度合いに比例)	----- A2
③地域住民に求められる清掃作業の時間 (休日を想定)	----- 1年間あたり A3
④清掃作業に対する謝礼の金額	----- 1時間あたり A4
【バイオガス発電事業 B】	
①草刈りなどの清掃に必要な用具の支援	----- B1
②事業によって節約された行政予算の配分 (地域コミュニティへの参加・協力度合いに比例)	----- B2
③地域住民に求められる清掃作業の時間 (休日を想定)	----- 1年間あたり B3
④清掃作業に対する謝礼の金額	----- 1時間あたり B4

【問6】 上記のバイオガス発電事業 A と B について、あなたはどちらの事業に対して協力してもよいと思いますか。あてはまるものを1つ選んでください。

1. A に協力してもよい
2. B に協力してもよい
3. A と B のどちらに協力してもよい
4. A と B のどちらにも協力したくない

表-3 要素 A1・B1～A4・B4の水準設定

A1・B1：	2水準	…	なし，あり
A2・B2：	2水準	…	なし，あり
A3・B3：	3水準	…	1時間（年1回：春または秋） 2時間（年2回：春または秋） 4時間（年4回：春または秋）
A4・B4：	3水準	…	0円（飲み物は無料で提供） 500円（飲み物は無料で提供） 1,000円（飲み物は無料で提供）

6. 社会的価値の計測

(1) 効用関数の推定方法

式(2)および式(3)の理論的選択確率を用いて、表-2に示すような一対比較質問の選択行動に関する同時確率関数（尤度関数）を構築する。そして、アンケート調査結果のデータを適用し、最尤法により効用関数のパラメータを推定する。ここで、各被験者に対して問6と問7で2パターンの一対比較を提示したこと、また以下のように各回答に対して2通りの回答を解釈するため、パラメータ推定に用いるサンプルサイズは7,964件となる。

1. Aに協力してもよい

$$V_A > V_B \text{ and } V_A > V_0$$

2. Bに協力してもよい

$$V_A < V_B \text{ and } V_B > V_0$$

3. AとBのどちらに協力してもよい

$$V_A > V_0 \text{ and } V_B > V_0$$

4. AとBのどちらにも協力したくない

$$V_A < V_0 \text{ and } V_B < V_0$$

ただし、 V_A 、 V_B 、 V_0 ：事業A、事業B、事業0（事業なし）を選択する場合の効用。

(2) 評価モデルの推定

本研究の評価モデルのパラメータ推定に際し、検討した説明変数は表-4に示すとおりである。

表-5は、個人属性を考慮した評価モデルのパラメータ推定結果を示す。これより、各説明変数の推定パラメータのt値が十分に大きく、パラメータ a_{10} （学校関連組織活動×作業時間）を除き、帰無仮説が有意水準1%で棄却できることがわかる。したがって、事業に関する個人の効用水準に影響を及ぼす要素は、①行政の物資面で支援に関する要素、②行政の金銭面で支援に関する要素、③個人の活動面で負担に関する要素、④個人の収入面での恩恵に関する要素である。また、この効用水準は個人属性により変化し、同じ条件の下で「男性の効用水準＞女性の効用水準」「高年齢の効用水準＞低年齢の効用水準」「高年収の効用水準＞低年収の効用水準」「各種ボランティア活動・寄付の参加者の効用水準＞不参加者の効用水準」という大小関係にあることが読み取れる。

表-6は、個人属性を考慮しない評価モデルのパラメータ推定結果を示す。これより、各説明変数の推定パラメータのt値が十分に大きく、帰無仮説が有意水準1%で棄却できることがわかる。したがって、推定された評価モデルの統計的有意性は高いといえる。以後、再生可能エネルギー事業の社会的価値を計測するにあたり、個人属性を考慮しない評価モデルを用いて議論する。

表-4 説明変数の一覧

変数名	性質	内容
行政の物資支援	ダミー	あり = 1, なし = 0
行政の金銭支援	ダミー	あり = 1, なし = 0
作業時間	順序 カテゴリ	年間活動時間 (1時間, 2時間, 4時間)
謝礼単価	順序 カテゴリ	時間単価 (0円, 500円, 1,000円)
性別	ダミー	被験者の性別 (男性 = 1, 女性 = 0)
年齢	連続	被験者の年齢
世帯年収	連続	被験者の世帯年収
活動状況	ダミー	環境保全活動
	ダミー	地域組織活動
	ダミー	職業関連組織活動
	ダミー	学校関連組織活動
関心度	順序 カテゴリ	再生可能エネルギー 非常に関心がある = 100 かなり関心がある = 75 普通に関心がある = 50 少し関心がある = 25 全く関心がない = 0

表-5 個人属性を考慮した評価モデルのパラメータ推定結果

パラメータ (変数)	係数	t 値
a_1 (行政の物資支援)	3.966×10^{-1}	8.606 *
a_2 (行政の金銭支援)	7.090×10^{-1}	16.929 *
a_3 (余暇時間－作業時間)	5.716×10^{-1}	13.067 *
a_4 (作業の謝礼金額)	6.237×10^{-4}	27.518 *
a_5 (性別×作業時間)	6.071×10^{-2}	2.605 *
a_6 (年齢×作業時間)	4.272×10^{-3}	5.400 *
a_7 (世帯年収×作業時間)	1.870×10^{-4}	5.929 *
a_8 (環境保全活動×作業時間)	1.156×10^{-1}	2.624 *
a_9 (地域組織活動×作業時間)	1.532×10^{-1}	4.497 *
a_{10} (職業関連組織活動×作業時間)	1.048×10^{-1}	1.318
a_{11} (学校関連組織活動×作業時間)	2.725×10^{-1}	4.307 *
的中率	0.703	
尤度比	0.160	
サンプルサイズ	7,964	

注) *: 有意水準1%

表-6 個人属性を考慮しない評価モデルのパラメータ推定結果

パラメータ (変数)	係数	t 値
a_1 (行政の物資支援)	3.961×10^{-1}	8.698 *
a_2 (行政の金銭支援)	6.926×10^{-1}	16.700 *
a_3 (余暇時間－作業時間)	1.949×10^{-1}	8.581 *
a_4 (作業の謝礼金額)	6.032×10^{-4}	27.640 *
的中率	0.715	
尤度比	0.140	
サンプルサイズ	7,964	

注) *: 有意水準1%

(3) 社会的価値の計測

前項(2)で推定したパラメータを式(4)に適用することにより、当該事業の奉仕労働量 WTW が求められる。WTW 関数は謝礼単価の関数として表され、WTW 曲線は図-5のように示される。ここで、謝礼単価と WTW の関係(表-7)より、謝礼単価ゼロ(無報酬)のとき、 $WTW = 5.587$ [時間/年/人] となる。また、式(5)および式(6)で与えられる当該事業の社会的価値 SV についても謝礼単価の関数として表され、SV 曲線は図-6のように示される。ここで、謝礼単価と SV の関係(表-7)より、謝礼単価ゼロ(無報酬)のとき、 $SV = 33.523$ [万円/年] となる。ここで、社会的価値の計測においては、人口100人の地域社会を想定する。また、謝礼を支払うための財源については、住民が行政に納めた税金の中から確保され、行政が外生的に保有しているものとする。

本研究で提案した高齢者福祉タクシー事業は、図-3に示される累積収支バランスにおいて、国の支援としてクリーンエネルギー自動車導入事業費補助金40万円に加え、年間36万円以上の支援を必要とすることがわかる。ここで、年間36万円以上の支援は、行政による補助金の支援であったり、地域社会による広告料や奉仕労働の支援であったりするが、費用対効果の観点より、当該事業の社会的価値に見合っていないなければならない。すなわち、 $SV > 36$ [万円/年] となる必要がある。

当該事業の社会的価値 SV が36 [万円/年] になるときの謝礼単価は、逆算により141 [円/時間] となる。社会実装においては、謝礼単価を切りのよい150 [円/時間] に設定することにより、 $WTW = 10.430$ [時間/年/人]、 $SV = 36.413$ [万円/年] が見込まれる(表-7参照)。

以上より、本研究で提案した高齢者福祉タクシー事業の導入について、既存の補助制度の利用のみでは採算面で厳しいが、人々の再生可能エネルギー事業に対する社会的価値を計測することにより、行政や地域社会の追加支援に対するインセンティブが認められ、費用対効果の観点より、可能であると言える。

表-7 謝礼単価による WTW と SV の変化

謝礼単価 [円/時間]	奉仕労働量 WTW [時間/年/人]	社会的価値 SV [万円/年]
0	5.587	33.523
50	6.610	33.765
100	8.092	34.623
150	10.430	36.413
200	14.667	39.778
250	24.704	46.413
300	78.257	64.682

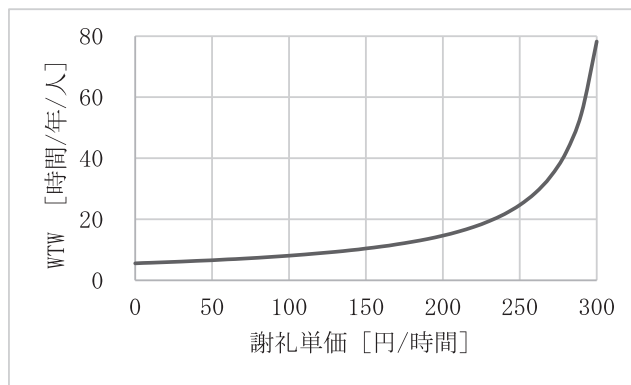


図-5 WTW 関数(謝礼単価による WTW の変化)

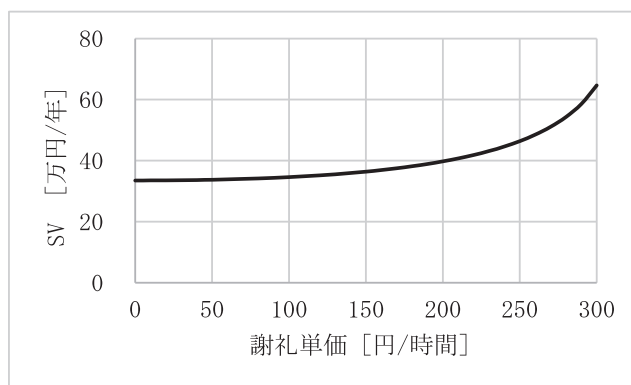


図-6 SV 関数(謝礼単価による SV の変化)

7. まとめ

本研究では、再生可能エネルギー事業による電力を活用した政策モデルとして、電気自動車をベースとした高齢者福祉タクシーの導入を提案し、その評価を試みた。その結果、再生可能エネルギー事業に対する社会的価値の大きさより、行政や地域社会の支援に対するインセンティブが認められ、本研究で提案した高齢者福祉タクシー事業の導入が可能であることがわかった。

しかし、本稿では高齢者福祉タクシーの利用料金と需要を所与としているので、当該事業の運賃収入は確定的であり、現実を反映した収支分析であるとは言い難い。したがって、タクシーの利用料金と需要の関係を十分に調査・検討の上、改めて当該事業の採算性を検討する必要がある。また、本稿では再生可能エネルギー事業の社会的価値をボランティア活動の時間価値に基づいて定義しているが、ボランティア活動が余暇時間内で行われることや、時間価値が労働賃金の1/4となることなどについても検討する余地が残されている。さらに、個人の選好モデルにおいて個人の価値観・多様性を考慮することや、行政による補助金の支援において公的資金の機会費用を考慮することなどについても検討する必要がある。以上の件については、今後の課題としたい。

謝辞：本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助金・基盤研究（B）（研究課題：持続可能な地域づくりに資する再生可能エネルギー事業の総合評価手法の開発，課題番号：18H03431，研究代表者：大野栄治）を受けた研究成果の一部である。また，この基盤研究（B）の研究分担者である石川良文氏（南山大学教授）および鶴見哲也氏（南山大学准教授）より有意義なアドバイスを受けた。さらに，本稿の査読者である2名より本質的で貴重なコメントを貰った。ここに記して，深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) 濱田千晶・山田理昂・吉田浩平・本田修二・細田晃文・片山好春・林義明・村野宏達・平野達也・田村廣人：稲わらを資源とした水田での再生可能エネルギー（バイオメタン）の創製－GET システムの構築－，名城大農学報，Vol.49，pp.1-10，2013.
- 2) IPCC: Climate Change 2014: Synthesis Report, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf, pp.87, 2014. (最終アクセス日：2021年3月25日)
- 3) Ohno, E., Mori, R. and Morisugi, M.: Proposal and Evaluation of Business Model for Original Renewable Energy System which Contributes to Sustainable Resource Recycling Society, Proceedings of the 59th European Congress of the Regional Science Association International, Vol.59, 2018.
- 4) 橋詰 登：農村地域人口と農業集落の将来予測－西暦2045年における農村構造－，農林水産政策研究所レビュー（Primaff Review），No.93，pp.2-3，2020.
- 5) 全国ハイヤー・タクシー連合会：乗合タクシー事例集（第4版），2018.
- 6) 大野栄治・石川良文・中澤純治・中谷 隼・森田 学・松本 明：平成26年度 環境経済の政策研究『低炭素地域づくりに資する温暖化対策の地域経済への影響・効果の把握，統合的評価，及び環境経済政策への反映に関する研究』最終研究報告書，2015.
- 7) Cesario, F.J.: Value of Time in Recreation Benefit Studies, Land Economics, Vol.52, pp.32-41, 1976.
- 8) 国土交通省：時間価値原単位および走行経費原単位（平成20年価格）の算出方法，2008.