

「脱炭素社会の構築に向けた科学技術 イノベーションの社会的受容性と価値 創造の評価」

需要サイドからのイノベーションの構築を目指して

高嶋 隆太

東京理科大学 理工学部 教授

脱炭素化技術の社会的受容性と価値の創造

需要サイドからのイノベーションの構築に向けて

高嶋隆太

Ryuta Takashima
東京理科大学理工学部経営工学科・教授

田中誠

Makoto Tanaka
政策研究大学院大学政策研究科・教授

鈴木正昭

Masaaki Suzuki
中京大学教育研究科・准教授

根井寿規

Hisanori Nei
政策研究大学院大学政策研究科・教授

伊藤真理

Mari Ito
東京理科大学理工学部経営工学科・講師

伊藤和哉

Kazuya Ito
政策研究大学院大学政策研究科・リサーチフェロー

科学技術イノベーション政策を進める上で、対象技術の供給サイドのみならず、需要サイドの考えや態度、意思決定を考慮することが、社会や世界全体の価値の創造につながることを考えられる。これまで、需要サイドの考えに対する定量的なエビデンスをもって政策決定することは多くはなく、それらのエビデンスの有無に対する効果を評価することは、将来の科学技術イノベーション政策にとって極めて重要である。そこで、本研究開発では、代替燃料自動車、省エネ住宅それぞれの社会的受容性に関して、情報提供の影響、技術の購入の有無やそれらの時期などの影響について分析を行い、政策決定に関する需要サイドのエビデンスを明らかにする。特に、技術の普及やイノベーションの創出には、ターゲティングなど需要サイドと一体的に考えることが重要であることを示す。

1. はじめに

近年の科学技術イノベーションの役割は、これまでの経済開発や技術の革新とは異なり、SDGsの目標にあるような社会の問題や課題の解決に変容してきたと考えられる。Schot and Steinmueller (2018)は、第二次大戦後、1970年代までを第1フレームとして研究開発が主たる目的であり、1970年代から2010年ごろまでを第2フレームとしてイノベーションシステムの構築を目指し、科学技術からイノベーションに至る施策が多く講じられてきたと述べている。2010年以降の第3フレームにおいては、トランスフォーメーションの変化に関する施策として、社会の課題や目標に焦点が当てられているとしている。Weber and Rohracher (2012)は、トランスフォーメーションの変化に関する政策を講じる理由の一つとして、「需要表現 (demand articulation)」をあげているⁱ。需要表現とは、新規の技術やシステムのニーズに関する形成過程を説明するための概念である。すなわち、消費者の立場となり、潜在的な需要を把握し、政策に反映させることがイノベーションの源泉となることを意味している。Boon and Edler (2018)は、需要は課題指向のイノベーション政策に

おいて中心的な位置付けにある一方、政策における需要そのものや、その状況の理解や把握については乏しいため、イノベーション政策を実現するためには、需要に、より焦点を当てる必要があるとしている。世論や社会的な受容に影響されやすいエネルギー・環境技術は特に、これらの需要サイドのイノベーション政策の適用が必要不可欠であると考えられる。Lee, Jun, and Lee (2022)は、155ヶ国の太陽光エネルギー技術に注目し、需要サイドのイノベーション政策の重要性について言及している。特に、技術の成熟度合を考慮した対象技術に特化した施策の必要性を主張している。

本研究開発では、脱炭素化技術として代替燃料自動車ⁱⁱ、太陽光発電、省エネ住宅ⁱⁱⁱに焦点を当て、これの普及促進策のエビデンスを得るために、これらの技術のイノベーションの創出のための消費者選好、ターゲティングと政策との関係を明らかにすることである。

2. プロジェクトの目標とリサーチ・クエスチョン

脱炭素化技術の支払意思額 (WTP) を測定し、消費者の考えや態度、意思決定が WTP にどのように

影響を及ぼすかといった大きなリサーチ・クエスチョン (RQ) としてプロジェクトを遂行した。詳細に設定した RQ は、以下のとおりである。①代替燃料自動車や省エネ住宅に関わる各属性の WTP はどの程度のものとなるか、②エネルギー・環境の情報提供は WTP に影響を及ぼすのか、③別の技術の購入の組み合わせと WTP に関係があるのか、④日本母集団の平均的な WTP をエビデンスに活用することはできるのか。

目標は、これらの RQ を明らかにすることで、政策決定に資するエビデンスを提供することである。

3. 分析手法/アプローチ

離散選択モデルとして、誤差項を持つ Mixed Logit モデルを用いて WTP を算出する。基本的な離散モデルである条件付きロジットモデルでは、個人間の選好が同様である（各個人が属性に対して同様の選好を持つ）ことと誤差項の独立同分布 (IID : independent and identical distribution) を仮定する必要がある。IID の仮定から導かれる IIA (independence of irrelevant alternatives) 特性は、より柔軟な代替パターンの許容しない可能性がある。ここで、IIA 条件とは、選択確率の比率が選択集合の他の選択肢の有無にかかわらず一定であることを意味する。すなわち、ある選択肢を選択することが、他の選択肢の効用に影響を与えない。本研究開発で用いる誤差項を持つ Mixed Logit モデルは、効用パラメータが確率分布にしたがって個人間で選好が異なり、誤差項は選択実験での選択によって変化すると仮定することで、条件付きロジットモデルが持つ二つの仮定を緩和することを可能にする手法である。効用関数は、次式のようなモデルを想定する。

$$U_{nit} = V_{nit} + \varepsilon_{nit} + \theta_i E_{ni} \quad (1)$$

U_{nit} は消費者 n の選択場面 t における選択肢 i の効用を表し、 V_{nit} は消費者 n の選択場面 t における選択肢 i の分析者が観測できる代表的効用、 ε_{nit} は消費者 n の選択場面 t における選択肢 i の分析者が観測できない誤差項、 θ_i は選択肢 i の固有の定数項、 E_{ni} は選択実験の選択肢によって変化する選択固有の誤差成分である。また、本モデルを線形と仮定し、本研究開

発で設定した属性を用いて代表的効用をより詳しく表したものが(2)式である。

$$V_{nit} = \alpha_{it} + \beta_p x_{it} + \sum_k \beta_{nk} x_{itk} \quad (2)$$

α_{it} は選択場面 t における選択肢 i の固有の定数項であり、 x_{it} 、 x_{itk} は選択場面 t における選択肢 i の各属性を表し、 β_p は選択場面 t における選択肢 i の価格の係数パラメータで、 β_{nk} は選択場面 t における選択肢 i の価格以外の係数パラメータである。このとき、誤差項を持つ Mixed Logit モデルにおける選択確率は(3)式のように表せる。

$$P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) f(\beta) d\beta \quad (3)$$

P_{ni} は消費者 n の選択場面 t における選択肢 i の選択確率、 $f(\beta)$ は β の確率分布を表す。 $L_{ni}(\beta)$ は効用パラメータが β のときの消費者 n の全ての選択場面における選択肢 i の選択確率であり、(4)式のように表せる。

$$L_{ni}(\beta) = \prod_{t=1}^T L_{nit}(\beta) \quad (4)$$

$L_{ni}(\beta)$ は効用パラメータが β のときの消費者 n の選択場面 t における選択肢 i の選択確率であり、(5)式のように表せる。

$$L_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{nit}(\beta)}}{\sum_j e^{V_{njt}(\beta)}} \quad (5)$$

(3)式の積分計算は解析的に解けないため、最尤法により推定することはできない。そのため、数値的に求める必要があり、解析ソフトの NLOGIT version6.0 を使用する。今回の分析では効用パラメータを正規分布と仮定して WTP の算出を行った。また、消費者 n の属性 x における WTP は(6)式で表せる。

$$WTP_{nx} = -\frac{\beta_{nx}}{\beta_p} \quad (6)$$

WTP は各個人のもので算出され、サンプルすべての WTP の平均値をそのグループの WTP としている。

4. 分析の結果（どのような知見が得られたか）

4.1. 代替燃料自動車の社会的受容性

本調査・実験は、2021年2月16日～2月18日に、インターネットによる調査形式（株式会社マクロミルによる実施）により、全国の20～69歳の男女1720人を対象に実施した。質問構成として、回答者はそれぞれの自動車の説明と、それらの平均的な性能に関する情報を確認した後に選択型実験用の設問に回答する。選択型実験に関する質問の前にエネルギー・環境に関する情報付与によるナッジ（以後情報ナッジと呼ぶ）を行うグループ（処置群）と、それらの情報ナッジを行わないグループ（対照群）に分け、情報の影響を評価するランダム化比較試験を行う。処置群に与えるエネルギー・環境に関する情報ナッジには、地球温暖化による災害の回避を示した「損失回避」、パリ協定や国内の「カーボンニュートラル、脱炭素社会」に関する目標である「社会規範」、二酸化炭素排出削減を通じての社会的な貢献を表す「利他性」の内容が含まれている。対照群860名と処置群860名のそれぞれのグループの世帯年収の差に関しては、等分散性の検定（F検定）を行った結果、有意差なしとなり、さらに、等分散性を仮定した母平均の検定（t検定）を行い有意差なしの結果となった。すなわち、両グループ間において、支払意思額に影響を及ぼす世帯年収の差は統計的にないことが確認できた。

図1に各グループにおけるそれぞれの属性のWTPの結果が示されている。F検定、t検定を行った結果、対照群と処置群の各属性のWTPの差はすべて1%有意となった。ただし、水素ステーション・急速充電施設の設置割合についてはF検定で帰無仮説を棄却できなかったため等分散のときのt検定とした。

本結果から、対照群と処置群のWTPの比較に関しては、燃費、最大走行距離、水素ステーション・急速充電施設の設置割合は処置群の方が対照群より低く、温暖化ガス排出削減量のWTPは処置群の方が対照群より高くなることがわかった。温暖化ガス排出削減量のWTPが処置群の方が高い結果となったのは、エネルギー・環境に関する情報ナッジによって、消費者が環境に配慮した選択をするようになったため、より環境性能に直結する温暖化ガス排出削減量に重きを置くようになったためと考えられる。

燃費、最大走行距離のWTPが処置群の方が低い結果となったのは、消費者が情報ナッジによって、環境性能に重きを置き、温暖化ガス排出削減量を重視したため、消費者の自動車の基本性能に対する価値が相対的に減少したことが原因であると考えられる。水素ステーション・急速充電施設の設置割合のWTPが処置群の方が低いのは、情報ナッジによって消費者が環境性能の高い代替燃料自動車に価値を見出すようになったため、水素ステーション・急速充電施設の設置割合が低いことを許容したものと考えられる。

サンプルの異質性に関する統計分析を行った（表1）。年齢の項目では、年齢が1歳上がることで各車種に対するWTPの変化を示している。「情報なし」では、どの車種に対してもWTPが負であることから、年齢が上昇するごとにWTPが減少することが示されており、中でもGVに対するWTPがより小さい。この要因としては、より若い世代では新しい技術を受け入れやすく、年齢が上がるごとに新しい技術に抵抗があり、購入意欲が減少する可能性があることが挙げられる。しかしながら、「情報あり」では、FCV、EV、PHEVでWTPが負から正に変化し、年齢が上がるごとにWTPが上昇している。これは、年齢が高くなるほど情報ナッジの効果を大きく受け（より吸収し）、WTPを増加させることを示している。このとき、GVではWTPが負のままではあるが、その値が小さくなる。また、「情報なし」と「情報あり」とともに、WTPの車種間の比較では、PHEV > EV > FCV > GVの順でWTPが高くなる。

教育においては、最終学歴を5分類にして分析を行った（1小中学校、2高等学校、3各種専門学校、4短大（高等専門学校を含む）、5大学・大学院）。ここでのWTPは、最終学歴が1分類変化することでのWTPの変化を表している。教育が各車種へのWTPへ与える影響は、「情報なし」と「情報あり」とともに正であることから、最終学歴1分類変化することでWTPが増加し（最終学歴が5に近づくほどWTPが増加し）、PHEVでは最も大きく、114.8万円となっている。「情報あり」の結果から、WTPが正ではあるが、その値が小さくなっていることがわかる。この要因として、情報ナッジの効果が分類の

1, 2などに属し、もともと保有する情報が少ない可能性のあるグループでより多くの情報を吸収し、分類間の情報量の差が減少することで、分類が変化することによる WTP の変化が小さくなっていることが考えられる。

続いて、収入が WTP に与える影響について考える。収入は 100 万円刻みで分類を行なっていることから、ここでの WTP は、収入が 100 万円上がることで変化する WTP を示している。「情報なし」と「情報あり」のいずれにおいても WTP は正の値を示していることから、年収が高くなるにしたがい WTP が増加することがわかる。これは、WTP に関する先行研究でも示されているように一般的な結果である。「情報なし」と「情報あり」の差に関して、いずれの車種についても、差の検定の結果、有意水準 1% で有意差ありとなった。特に、FCV、EV については、「情報あり」の方が高い値を示しており、FCV や EV といった比較的高価な車種において情報ナッジの影響により年収に対する WTP の増加率が高い結果となっている。

性別については女性を 1、男性を 0 とするダミー変数を用いて分析を行った。「情報なし」では全ての車種に対して WTP が負となり、特に GV での WTP が大きな負の値をとった。すなわち、男性と比較して女性は、すべての車種に対して購買意欲が少ないことが示された。しかし、「情報あり」では、すべての車種に対して WTP が正になった。これは、情報ナッジの効果が男性よりも大きく、結果として男性と比較して、より購買意欲を持つようになったことを示している。GV に対しても WTP が正となっているのは、情報ナッジの効果が男性では少なく（あるいは WTP を減少させる方に作用し）、男性に比べて女性の WTP が高くなった可能性を示唆している。

表 2 は、情報ナッジの選好への影響について示している。表 2 における「情報ナッジ全体」は、情報提供の効果について、対象群を 0、処置群（全体）を 1 とした際の係数と標準偏差を示している。結果から、その係数が正であり、情報提供により温室効果ガス排出量削減に対する価値が高まることがわかる。続いて、「損失回避情報ナッジ」、「社会規範情報ナッジ」、「利他性情報ナッジ」の結果は、社会調査・

実験の結果をもとに、代替燃料自動車の選択に対して重要視した情報が温室効果ガス排出量削減に対する価値に、どのような影響を与えるかを示したものである。処置群のサンプルが、温室効果ガス排出量に対する価値に対して、損失回避、社会規範、利他性のどの情報に影響を及ぼしたかについて示したものである。本結果から、いずれの情報も正を示しており、それぞれの情報ナッジの効果により温室効果ガス排出削減の価値が高まることがわかる。各情報ナッジを比較すると、係数は損失回避、社会規範、利他性の順で大きくなっている。特に、損失回避に関連した情報は、地球温暖化が環境へ与えるリスクについて、より身近な日本における災害の事例を挙げながら触れており、身近な恐怖や危険の回避という意味で、温室効果ガス排出量削減への価値に対して、大きく影響した可能性がある。

4.2. 太陽光パネル保有の影響

本調査・実験は、2022 年 2 月 28 日～2022 年 3 月 1 日に、インターネットによる調査形式（株式会社マクロミルの実施）により、全国の 20～69 歳の男女 2474 人を対象に実施された。サンプルの居住形態が戸建または 5 年以内に戸建となる者を対象に、日本の年齢分布に従うようにランダムサンプリングを行った。質問項目は、エネルギー技術の社会的受容性、自動車の購入についてのものに加え、選択型実験においても同様に、購入価格、燃費、最大走行可能距離、温暖化ガス排出量削減量、水素ステーション・急速充電施設の設置割合の 5 属性・4 水準に対して、燃料電池自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド車、ガソリン車、非購入の中から一つを選択する設定となっている。本調査・実験では、太陽光パネルに注目し、太陽光パネル保有者、太陽光パネル保有予定者（5 年以内）、保有予定なし（5 年以内）の 3 グループに分けて（各グループ 824 名）、比較実験を行った。世帯年収に関して、それぞれのグループ間で平均値の差の分析（Welch の検定）を行った結果、保有グループ・保有予定グループと非保有グループとの比較において、有意確率 1% で有意差ありとなり、非保有グループの世帯年収は、他のグループと比較し低いことが示された。その一方、

保有グループと保有予定グループとの比較については、有意差なしとなった。グループ別に各属性に関する支払意思額を推定した結果を図2に示す。サンプルの居住形態が戸建であるため、直接比較することは難しいが、前節の調査・実験において推定された対照群の支払意思額、燃費は4082円、距離は738円、GHG排出は5024円、給燃料施設は7280円と、図2の結果と近い値であることがわかる。非保有グループと保有グループとの比較において、給燃料施設以外は、非保有グループの支払意思額が高いことがわかる。一般的に世帯年収が高い方が支払意思額は大きな値を示すため、本結果では、その逆となる結果になっていることがわかる。すなわち、これは、保有グループが代替燃料自動車を購入する意思が比較的強く、太陽光パネルの保有と連動していないことが示唆される。その一方で、保有予定グループの支払意思額は、すべての属性において最も高い結果となっている。これは、今後5年以内に太陽光パネルの購入を考えている場合、代替燃料自動車の購入と大きく連動している可能性があることを示している。代替燃料自動車の普及を考える場合、将来、太陽光パネルの購入を考えている人に焦点を絞るなど、効果的なターゲティングといった方策が考えられる。

4.3. 省エネ住宅の社会的受容性

本調査・実験は、2022年8月23日～2022年8月25日に、インターネットによる調査形式（株式会社マクロミルの実施）により、全国の20～69歳の男女2480人を対象に実施された。日本の年齢分布に従うようにサンプリングを行った日本母集団グループ1244人と5年以内に戸建購入もしくは完全建て替えを予定しているサンプルの戸建購入予定グループ1236人それぞれに対して実施した。質問項目は、サンプルの属性に関するものに加え、選択型実験においては、購入価格、省エネ設備機器によるエネルギー削減量、太陽光発電量の割合、HEMS、エコカーの自宅充電用設備の5属性・4水準（HEMSと充電用設備は2水準）に対して、省エネ住宅、一般住宅、非購入の中から一つを選択する設定となっている。

図3に、それぞれのグループの各属性に対する

WTPが示されている。本結果から、日本母集団グループのWTPは、戸建購入予定グループのものより高いことがわかる。これは、日本母集団グループは、平均的に戸建購入の予定がないため仮想感がより強くなり、WTPが高めと過大評価につながった可能性がある。これは、日本母集団のWTPから補助金額を設定した場合、過大評価し低めの設定となる可能性があることを示唆している。また、本結果から、実際に戸建の購入を予定している人の意思を観察する必要があることがわかる。

サンプルの異質性に関する統計分析を行った（表3）。年齢の項目では、年齢が増加するにつれて（1歳上がるごと）の省エネ住宅と一般住宅に対するWTPの変化を示している。「日本母集団」では、省エネ住宅と一般住宅のいずれの対してもWTPが負であり、年齢の上昇に伴ってWTPが減少することが示されている。このとき、一般住宅に対するWTPの（負の）変化がより大きく、年齢の上昇に伴うWTPの減少がより大きいことがわかる。この要因としては、より若い世代の方が家の購入に関心があり、年齢が上がるにつれて家の購入への関心が薄れていくことが考えられる。しかしながら、「戸建購入予定者」の集団では、省エネ住宅に対するWTPが正であり、年齢が上がるごとにWTPが上昇することがわかる。「戸建購入予定者」の中では、年齢が上がるほど、一般住宅と比較して省エネ住宅から得られる比較的効用の高い環境影響などを考慮するようになり、WTPを増加させることが一因として考えられる。

教育においては、最終学歴を5分類にして分析を行った（1小中学校、2高等学校、3各種専門学校、4短大（高等専門学校を含む）、5大学・大学院）。ここでのWTPは、最終学歴が1分類変化することでのWTPの変化を表している。「母集団」において、教育が省エネ住宅と一般住宅のWTPに与える影響は正であり、これは最終学歴が1分類変化すること（最終学歴の分類が5に近づくにつれ）、WTPが増加することを示している。一因として、学歴の上昇に伴う賃金や収入の増加の影響が見込まれ、住宅の購入に対してより多くの予算を充てる可能性があることが挙げられる。「戸建購入予定者」の集団では、省エネ住宅と一般住宅のWTPは

いずれも正であるが、「日本母集団」と比較して省エネハウスの WTP は増加している一方で、一般住宅の WTP は減少し、その差が増加していることから、相対的に省エネ住宅への WTP が大きくなっている。すなわち、「戸建購入予定者」の集団では、学歴の分類が変化するに伴って、環境影響などを考慮し（そのような情報を多く持ち）、より省エネ住宅への WTP を増加させることがわかる。

収入が WTP に与える影響については、収入の分類を 100 万円刻みで行なっていることから、ここでの WTP は、収入が 100 万円上がることで変化する WTP である。「母集団」と「戸建購入予定者」のいずれにおいても、値は小さいが、WTP が正であることから、収入の増加に伴って WTP が増加することがわかる。これは、収入の増加に伴って、住宅の購入へ支払うことができる予算が増加することが要因として挙げられる。「母集団」と「戸建購入予定者」の WTP を比較すると、「戸建購入予定者」でより WTP が小さくなるが、「戸建購入予定者」の中では、一般住宅と省エネハウスの WTP の差がより大きくなる(省エネ住宅 > 一般住宅)。

性別については、女性を 1、男性を 0 とするダミー変数を用いて分析を行った。「日本母集団」と「戸建購入予定者」のいずれにおいても、省エネ住宅と一般住宅ともに WTP が負となることがわかった。これにより、女性はいずれの集団においても、男性と比較して、購入意欲が小さいことが示されている。加えて、いずれの集団においても、省エネハウスに対する WTP の方が大きい。「日本母集団」と「戸建購入予定者」の WTP の大きさを比較すると、いずれも負であるものの「戸建購入予定者」ではより WTP が 0 に近づいている(増加している)。これは、「戸建購入予定者」の中では、女性と男性の WTP の相対的な差が小さくなっていることを示している。

上記の分析結果を用いることで、政策評価を行う。政府が HEMS 導入の支援を考えているとする。例えば、価格が 20 万円の標準的な HEMS を念頭に、政府が全額補助するスキームを想定する。ただし、過剰な補助を避けるために、消費者が自主的に支払意思のある額を超える金額のみ補助したいとする (WTP が 0 ならば、満額 20 万円の補助)。本研究

開発において観察された WTP により、補助額を設定することができる。日本母集団グループの HEMS に関する WTP は、42,543 円であった。すなわち、

$$200000 - 42543 = 157457 \text{ 円}$$

となり、157,000 円ほどの補助金の設定となる。一方、戸建購入予定グループは、

$$200000 - 35323 = 164677 \text{ 円}$$

となり、165,000 円ほどの補助金となる。本結果から、日本母集団グループを観察して補助額を設定した場合、低く見積もってしまう可能性があることを示唆している。実際に HEMS の購入を考えている予定者は、補助金が 8,000 円ほど足りないと感じることが考えられ、HEMS の導入を遅らせる可能性があると考えられる。また、日本母集団グループの HEMS に関する WTP の標準偏差は 22,108 円である一方、戸建購入者グループのそれは 3,773 円であり、日本母集団グループと比べ、ばらつきが小さく、平均的な WTP を用いることの正当性を示唆している。すなわち、補助額を設定する場合、戸建購入者の WTP を観察して、補助額を設定することが必要である。

5. 考察 (成果の妥当性と有用性)

本研究開発プロジェクト全体として、代替燃料自動車、省エネ住宅それぞれの社会的受容性に関して、情報提供の影響、技術の購入の有無やそれらの時期などの影響について定量的に分析、評価を行った。

特に、代替燃料自動車の選好と太陽光発電技術の保有との関係について、太陽光パネル保有者、太陽光パネル保有予定者 (5 年以内)、保有予定なし (5 年以内) の 3 グループに分けて (各グループ 824 名)、比較実験を行った。その結果、保有者の支払意思額は他のグループより低い値を示し、代替燃料自動車の購入意思が低く、太陽光パネルの保有と連動していないことが明らかとなった。その一方、保有予定グループの支払意思額は、すべての属性において最も高い結果となった。これは、今後 5 年以内に太陽光パネルの購入を考えている場合、代替燃料自動車の

購入と大きく連動している可能性があることを示している。代替燃料自動車の普及を考える場合、将来、太陽光パネルの購入を考えている人に焦点を絞るなど、効果的なターゲティングといった方策が必要であることを示唆している。

また、省エネ住宅では、日本国内の年齢分布に従う母集団（日本母集団）と5年以内に戸建購入の予定者（戸建購入予定者）それぞれでWTPの測定を行い、日本母集団のWTPが、戸建購入予定者のものより高い値となった。これは、仮想感がより強く、WTPが高めで過大評価につながっている可能性があることが明らかとなった。日本母集団のWTPから補助金額を設定した場合、過大評価し低めの設定になる可能性があることから、実際に購入予定の人の意思を観察する必要があることを示唆している。

6. 政策的含意と提言（「誰に、何を」）

本研究開発では、代替燃料自動車、省エネ住宅それぞれの社会的受容性に関して、情報提供の影響、技術の購入の有無やそれらの時期などの影響について分析を行い、脱炭素化技術イノベーション政策の決定に資する成果が得られた。

代替燃料自動車に関する分析結果から、エネルギー・環境の情報提供の効果が明らかとなった。これは、将来、情報ナッジを活用することにより、社会をより良い状態にするような、社会厚生を高める方策として妥当であることのエビデンスを表している。

省エネ住宅では、日本国内の年齢分布に従う母集団（日本母集団）と5年以内に戸建購入の予定者（戸建購入予定者）それぞれに対してWTPの測定を行い、日本母集団のWTPが、戸建購入予定者のものより高い値となった。これは、仮想感がより強く、WTPが高めで過大評価につながっている可能性があることを意味している。日本母集団のWTPから補助金額を設定した場合、過大評価し低めの設定になる可能性があることから、実際に購入予定の人の意思を観察する必要があることを示唆している。

これらの成果は、脱炭素化技術政策の政策立案者や、政策決定に大きく関わる供給サイドの自動車メーカー、住宅メーカーのマーケティングにも大きく寄与するものと考えている。

7. おわりに（残された課題と今後の展望）

本研究開発で分析、評価してきた「科学技術の社会的受容性」は、日々、社会経済状況と変容するものであり、本研究開発で実施してきた調査・実験を続けることで、これからも成果を生み出し、これらを、政策担当者や対象技術のステークホルダーなどと議論を続け、社会全体に発信することが必要であると考えている。特に、対象の科学技術に対する供給サイドの目標とともに、需要サイドの考えやその変容を注視し続けることで、科学技術のイノベーションが生じることの因果関係を明らかにすることが可能であり、これがEBPMに至るものと考えている。

科学技術イノベーション政策において、新しい技術に対する施策は、技術が社会に浸透していないため、政策立案自体が難しい面がある。WTPの測定は、このような新技術に対する社会の受容度合いを客観的に示すことから、具体的な補助金設定などの政策立案に有益である。他方で、新技術の導入を予定している消費者と予定のない消費者とでは、WTPの値に乖離が生じることが本研究開発で示された。新技術に対するWTPの測定と評価、応用には十分な注意が必要である。

情報提供の影響分析から、代替燃料自動車の購入意思については、ナッジを適用することの意義が見出されたと考えている。しかしながら、近年の研究でも明らかになっているように、国や地域、適用分野において、効果の有無が存在する。すなわち、ナッジと社会や技術との相互作用が存在することが考えられる。本研究開発で実施してきた分析や、さらなる政策に適用可能なナッジの手法を構築することで、エビデンスに基づいて、それらの手法を適用した行動変容を促す政策の決定であるような頑健なEBPMを講じることが可能であると考える。

本研究開発の成果は、政策の経済性評価という観点から、様々な分野に応用、発展可能であると考えている。特に、医療分野においては、一部の医薬品、医療機器に対し、2019年4月より「費用対効果評価制度」が開始されている。この潮流により、医療分野に近いヘルスケアの領域においても効果の分析、

評価が必要になることが考えられる。ヘルスケアは、医療介入の前の予防、運動介入など、行動変容がきわめて重要な要素となる。すなわち、本研究開発において分析、評価した情報提供、ナッジの適用可能性は、ヘルスケア分野に貢献できる可能性があると考えている。

参考文献

Boon, W., Edler, J., 2018. Demand, challenges, and innovation: Making sense of new trends in innovation policy. *Science and Public Policy* 45, 435-447.

Carroll, J., Aravena, C., Boeri, M., Denny, E., 2022. "Show me the energy costs": Short and long-term energy cost disclosure effects on willingness-to-pay for residential energy efficiency. *Energy Journal* 43, 133-152.

Daziano, R.A., 2020. Flexible customer willingness to pay for bundled smart home energy products and services. *Resource and Energy Economics* 61, 101175.

Jung, J., Lee, D.-J., Yoshida, K., 2022. Comparison between Korean and Japanese consumers' preferences for fuel cell electric vehicles. *Transportation Research Part D* 113, 103511.

Khan, U., Yamamoto, T., Sato, H., 2020. Consumer preferences for hydrogen fuel cell vehicles in Japan. *Transportation Research Part D* 87, 102542.

Lang, G., Farsi, M., Lanz, B., Weber, S., 2021. Energy efficiency and heating technology investments: Manipulating financial information in a discrete choice experiment. *Resource and Energy Economics* 64, 101231.

Lee, J., Jun, S.-P., Lee, C., 2022. Does demand-side innovation policy drive lock-in? Global evidence from solar energy in 155 countries. *Energy Research & Social Science* 89, 102539.

Schot, J., Steinmueller, W.E., 2018. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy* 47, 1554-1567.

Tanaka, M., Ida, T., Murakami, K., Friedman, L., 2014. Consumers' willingness to pay for alternative fuel vehicles: A comparative discrete choice analysis between the US and Japan. *Transportation Research Part A* 70, 194-209.

Weber, K.M., Rohracher, H., 2012. Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive 'failures' framework. *Research Policy* 41, 1037-1047.

児玉文雄, 1991. ハイテク技術のパラダイム: マクロ技術学の体系, 中央公論社.

キーワード

脱炭素化技術, 社会的受容性, 需要サイド, 社会調査・実験, 支払意思額

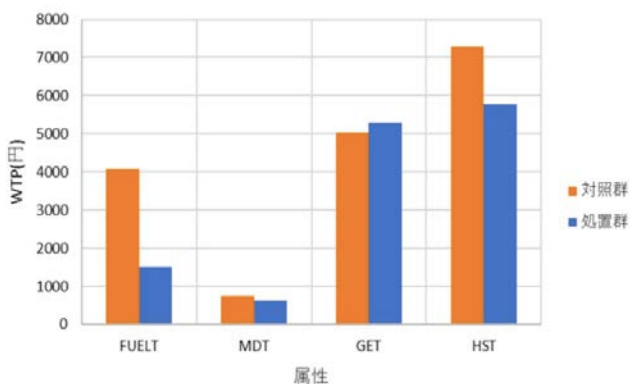


図1 対照群と処置群のWTPの比較 (FUEL: 燃費 MDT: 最大走行距離 GET: 温暖化ガス排出削減量 HST: 水素ステーション・急速充電施設)

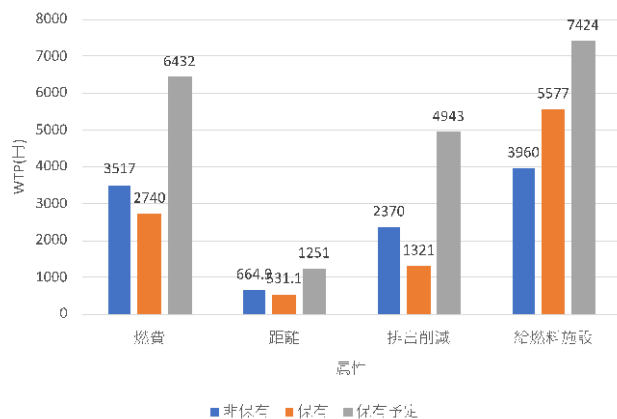


図2 太陽光パネル保有に関するグループ別の支払意思額

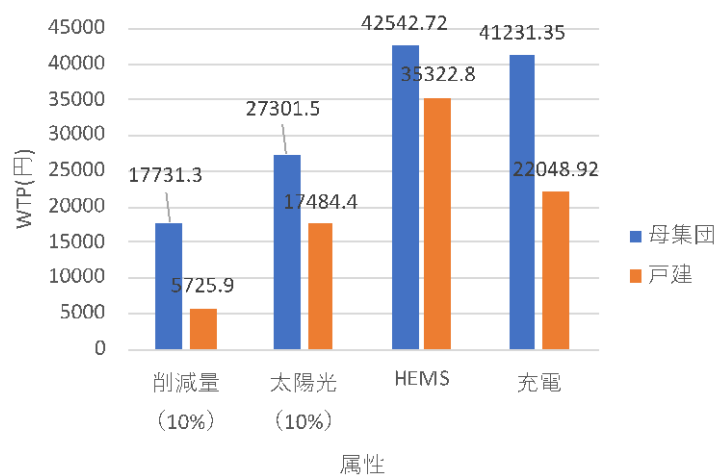


図3 省エネ住宅に関する支払意思額

表1 サンプルの異質性（代替燃料自動車）に関する分析

	情報なし			情報あり		
	Coeff.	Std. Err.	WTP(万円)	Coeff.	Std. Err.	WTP(万円)
Age for FCV	-0.04546**	0.0186	-3.11847	0.02087	0.01278	1.299566
Age for EV	-0.02	0.01859	-1.42705	0.03463***	0.01278	2.181302
Age for PHEV	-0.01102	0.01795	-0.74304	0.04155***	0.01311	2.633096
Age for GV	-0.08727***	0.02029	-6.59912	-0.05478***	0.01563	-3.11481
Education for FCV	2.02650***	0.16301	140.8122	0.75663***	0.16758	47.6858
Education for EV	2.05839***	0.16166	142.8382	0.42924***	0.15559	27.76355
Education for PHEV	2.09876***	0.15785	145.7901	0.52491***	0.15595	33.24428
Education for GV	1.71872***	0.15593	118.3107	0.11226	0.16061	6.110374
Income for FCV	<u>0.00685***</u>	<u>0.00077</u>	<u>0.468142</u>	<u>0.00830***</u>	<u>0.00083</u>	<u>0.530269</u>
Income for EV	<u>0.00695***</u>	<u>0.00075</u>	<u>0.477199</u>	<u>0.00859***</u>	<u>0.00082</u>	<u>0.546887</u>
Income for PHEV	<u>0.00826***</u>	<u>0.00077</u>	<u>0.565909</u>	<u>0.00805***</u>	<u>0.00076</u>	<u>0.513862</u>
Income for GV	<u>0.00137</u>	<u>0.00087</u>	<u>0.090686</u>	<u>0.00591***</u>	<u>0.00090</u>	<u>0.369549</u>

Female dummy for FCV	-0.93122**	0.41366	-65.3613	2.26541***	0.40238	148.2388
Female dummy for EV	-0.88532**	0.42091	-63.8022	2.44440***	0.39693	160.0055
Female dummy for PHEV	-1.39757***	0.42165	-99.0605	2.46964***	0.37428	162.9559
Female dummy for GV	-1.48529***	0.44929	-108.122	1.83653***	0.40323	121.4087

表2 温室効果ガス排出量削減に関する情報ナッジの効果分析

	Coeff.	Std. Err
情報ナッジ全体	0.00678***	0.00192
損失回避情報ナッジ	0.01321***	0.00264
社会規範情報ナッジ	0.00950**	0.00381
利他性情報ナッジ	0.00801***	0.00300

表3 サンプルの異質性（省エネ住宅）に関する分析

	母集団			戸建購入予定者		
	Coeff.	Std. Err.	WTP(万円)	Coeff.	Std. Err	WTP(万円)
Age for EH	-0.00075	0.01296	-0.0272	0.03380***	0.01296	0.734606
Age for NH	-0.03782***	0.01336	-0.55201	-0.00802	0.001249	-0.17286
Education for EH	0.38267***	0.13308	5.504204	0.34699***	0.11666	7.437355
Education for NH	0.45401***	0.13096	6.561675	0.02955	0.10556	0.702408
Income for EH	<u>0.00571***</u>	<u>0.00073</u>	<u>0.081019</u>	<u>0.00201***</u>	<u>0.00052</u>	<u>0.043262</u>
Income for NH	<u>0.00428***</u>	<u>0.00072</u>	<u>0.060412</u>	<u>0.00042</u>	<u>0.00044</u>	<u>0.009761</u>
Female dummy for EH	-1.96162***	0.37883	-27.506	-0.4081	0.31547	-8.92253
Female dummy for NH	-2.28889***	0.35954	-32.1209	-0.43401	0.27958	-9.23387

ⁱ 児玉 (1991)は“demand articulation”を「需要表現」と訳し、「潜在需要を製品概念として統合化し、この概念を個々の要素技術の開発項目へ、分解するという、二つの技術的活動の動学的『相互』作用」と定義している。

ⁱⁱ 代替燃料自動車の選好や WTP に関する先行研究として, Tanaka et al. (2014), Khan, Yamamoto, and Sato (2020), Jung, Lee, and Yoshida (2022)があげられる。

ⁱⁱⁱ 住宅に関する省エネルギー技術の選好や WTP についての先行研究として, Daziano (2020), Lang et al. (2021), Carroll et al. (2022)があげられる。

iv 「最終学歴」は順序尺度であるため、学歴 1 分類変化することの係数や WTP 自体に意味はなく、本項目では、定性的な評価をしており、特に、対照群と処置群の相対的な差、情報ナッジの影響に焦点を当てて考察している。