

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和元年度研究開発実施報告書

「科学技術イノベーション政策のための科学
研究開発プログラム」

「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」

高嶋 隆太
(東京理科大学 理工学部 教授)

目次

1. 研究開発プロジェクト名.....	2
2. 研究開発実施の具体的内容.....	2
2-1. 研究開発目標.....	2
2-2. 実施内容・結果.....	2
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況.....	17
4. 研究開発実施体制.....	17
5. 研究開発実施者.....	18
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など.....	19
6-1. シンポジウム等.....	19
6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など.....	19
6-3. 論文発表.....	19
6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）.....	19
6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等.....	19
6-6. 知財出願.....	19
参考文献.....	20

1. 研究開発プロジェクト名

プロジェクト名称「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」

英語表記 An Evaluation of Social Acceptance and Value Creation for Science, Technology, and Innovation toward Establishing a Decarbonized Society

研究代表者：高嶋 隆太（東京理科大学工学部 教授）

研究開発期間：令和元年10月～令和5年3月（36ヵ月間）

参画機関：東京理科大学工学部，政策研究大学院大学政策研究科

2. 研究開発実施の具体的内容

2-1. 研究開発目標

本プロジェクトの達成目標として、以下の4つがあげられる。

1. 脱炭素化技術の社会に対する便益や効用が算出し，社会に対するインパクト・社会的受容性を明らかにする。
2. 省エネルギーシステム技術において，需要サイドが重視する要素をターゲットとして，行動経済学・行動科学に基づくナッジによる行動変容を促す方法を示す。
3. 2030年，2050年のそれぞれにおける社会と脱炭素化技術，二酸化炭素排出削減との関係を示し，いくつかのシナリオを提示する。
4. エネルギー政策に関する政策立案者の「ロジックモデル」作成への支援を行う。

2-2. 実施内容・結果

(1) スケジュール

下記のとおり，本研究開発課題の本年度も含めた今後のスケジュールを示す。本年度は当初の計画のとおり実施され，特に，実施内容の変更は見られなかった。

実施項目	令和元(2019)年度	令和2(2020)年度	令和3(2021)年度	令和4(2022)年度
【1】脱炭素化技術シナリオ・先行研究の調査	←→			
【2】脱炭素化技術普及の経済分析モデルと実験手法の構築		←→	←→	←→
【3】脱炭素化技術の社会的受容性の調査項目の作成・実施と集計・統計分析		←→	←→	←→
【4】脱炭素化技術の普及過程シミュレーション			←→	←→
【5】省エネルギーシステム技術の社会的受容性の調査・分析と経済実験				←→
【6】省エネルギーシステムのシミュレーション				←→
【7】統合分析と成果の検証・評価				←→

(2) 各実施内容

今年度の到達点①

2030年、2050年のそれぞれに向けた脱炭素化技術、省エネルギーシステム技術の供給側の複数シナリオの作成を実現する。

実施項目①：【1】脱炭素化技術シナリオ・先行研究の調査（脱炭素化技術、省エネルギーシステム技術の供給側のシナリオ調査）

実施内容

脱炭素化技術や省エネルギーシステム技術に関する政府の委員会や関係省庁の審議会等のこれまでの報告書や国内外のエネルギー技術の普及に関する先行研究の調査を行い、現在考えられるシナリオに関する情報について整理を行った。

実施項目②：【1】脱炭素化技術シナリオ・先行研究の調査（代替シナリオの作成と検証）

実施内容

実施項目①で整理したシナリオに関する情報を基に、2030年、2050年のそれぞれに向けたシナリオを作成した。また、作成された代替シナリオについて、政策決定の元関係者の立場から、検証を行い、シナリオ作成にフィードバックした。

今年度の到達点②

脱炭素化技術、省エネルギーシステム技術の普及に関する社会経済分析の先行研究を調査し、本プロジェクトにおける各研究の位置づけの確定を実現する。

実施項目①：【1】脱炭素化技術シナリオ・先行研究の調査（社会経済分析の先行研究調査）

実施内容

脱炭素化技術、省エネルギーシステム技術の普及に関する費用便益分析、エージェントベースシミュレーションや経済実験の先行研究を調査するとともに、本プロジェクトで実施する各研究の位置づけを確定した。

(3) 成果

脱炭素化技術シナリオの調査および整理（到達点①-実施項目①）

本調査では、「エネルギー環境イノベーション戦略（NESTI2050）」¹、「第5次エネルギー基本計画」²、「水素・燃料電池技術開発戦略」³、「NEDO CCS研究開発・実証関連事業」⁴、経済産業省総合資源エネルギー調査会「再生可能エネルギー主力電源化制度改革

¹ エネルギー環境イノベーション戦略（NESTI2050）

<https://www8.cao.go.jp/cstp/nesti/honbun.pdf>

² 第5次エネルギー基本計画

<https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001-1.pdf>

³ 水素・燃料電池技術開発戦略

<https://www.meti.go.jp/press/2019/09/20190918002/20190918002-1.pdf>

⁴ CCS研究開発・実証関連事業

https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100141.html

小委員会」⁵・「持続可能な電力システム構築小委員会」⁶・「省エネルギー小委員会」⁷等を調査し、本研究開発プロジェクトにおいて対象としている脱炭素化技術である再生可能エネルギー、省エネルギー、水素エネルギー、CO₂回収・利用・貯留技術（CCUS）を含めたエネルギー技術の2020年4月現在において考えられている2030年、2050年のシナリオを表1に示す。

表1：2030年、2050年のシナリオ・目標

年	エネルギー技術	シナリオ・目標値
2030年	再生可能エネルギー	電源構成比率22～44%（2016年：15%）
	原子力	電源構成比率20～22%（2016年：2%）
	化石燃料	電源構成比率56%（2016年：81%（石炭：30%、天然ガス：42%、石油：9%））
	省エネルギー	石油換算5,030万kl程度（2016年の3.6億klから経済成長を考慮し2030年時3.8億klとなることを3.3億klとする。） 業務部門：1,226万kl 家庭部門：1,160万kl （HEMS：178.3万kl）（新築住宅の平均でZEHの実現） 産業部門：1,042万kl 運輸部門：1,607万kl （EV・PHV/FCVの普及：938.9万kl）
	水素	水素量30万t（2019年：200t） 水素ステーション900箇所（2019年：103箇所） FCV80万台（2019年：3,000台） FCバス1,200台（2019年：18台） フォークリフト1万台（2019年：160台） エネファーム530万台（2019年：27.6万台）
	CCS	石炭火力への適用 商用化CCSに係る費用を現状の12,400円/CO ₂ -tから7,300円CO ₂ -t以下にコスト削減
2050年	再生可能エネルギー	主力電源化 次世代太陽光発電 次世代地熱発電
	原子力	脱炭素化の選択肢のひとつ
	化石燃料	エネルギー転換の過渡期においては主力エネルギー源

⁵ 再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会各資料

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/#saiene_shuryoku

⁶ 持続可能な電力システム構築小委員会各資料

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/#system_kouchiku

⁷ 省エネルギー小委員会各資料

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/index.html

		非効率な石炭火力発電はフェードアウト
	水素	CO ₂ フリー水素技術
	CCUS	CO ₂ 革新的分離・回収技術，CO ₂ 有効利用技術

2030年目標に向けた代替シナリオ（到達点①-実施項目②）

表1に示されている2030年のシナリオを基準とし，来年度以降，脱炭素技術，省エネルギーシステム技術に関する支払意志額の推定，社会的受容性に関するコンジョイント分析を行うため，それぞれのシナリオを下記のとおり設定する。

エネルギーミックス（電源構成）

再生可能エネルギー：20%，30%，40%，50%
 原子力：0%，10%，20%，30%
 火力+CCS：0%，10%，20%，30%
 月額電気料金：7,000円，8,000円，9,000円，10,000円

FCVの社会的受容性

ガソリン車

価格：200万円
 燃費（通常との比較）：0%，10%，20%，30%
 航続可能距離：400km，500km，600km，700km
 排出削減（通常ガソリン車との比較）：0%，10%，20%，30%

EV

価格プレミアム：10万円，30万円，50万円，100万円
 燃費（通常との比較）：60%，80%
 航続可能距離：100km，200km，300km，400km
 排出削減（通常ガソリン車との比較）：70%，80%，90%，100%

PHEV

価格プレミアム：10万円，30万円，50万円，100万円
 燃費（通常との比較）：40%，60%
 航続可能距離：700km，800km，900km，1,000km
 排出削減（通常ガソリン車との比較）：30%，40%，50%，60%

FCV

価格プレミアム：10万円，30万円，50万円，100万円
 燃費（通常との比較）：0%，10%，20%，30%
 航続可能距離：400km，500km，600km，700km
 排出削減（通常ガソリン車との比較）：70%，80%，90%，100%

CCSの社会的受容性

CO₂削減量：0.5億t，1億t，1.5億t，2億t
 月額電気料金：7,000円，8,000円，9,000円，10,000円
 CCS施設の場所（居住地からの距離）：10km未満，10km以上30km未満，30km以

上50km未満, 50km以上

省エネルギーシステム (Home Energy Management System : HEMS等) の社会的受容性

月額電気料金 : 7,000円, 8,000円, 9,000円, 10,000円

HEMSの月額利用料 : 500円, 1,000円, 1,500円, 2,000円

自動デマンドレスポンス (ADR) : なし, あり

節電要請 : 夏期 (30°C以上) 1時間, 夏期 (30°C以上) 2時間, 冬期 (14°C以下) 1時間, 冬期 (14°C以下) 1時間

ダイナミック・プライシング (価格の表示) (平常時の価格の割合) : 1.5倍, 2倍, 2.5倍, 3倍

脱炭素化技術の社会的受容性に関する文献調査 (到達点②-実施項目①)

水素エネルギー関連の社会的受容性に関する先行研究は、以下のとおりである。

O'Garra et al.¹⁾は、ロンドン住民の間の水素自動車の知識と受容性の決定要因に関する分析を行った。400人以上の居住者の社会経済調査を通じてデータが収集され、調査時点において輸送用の燃料として水素が既知である回答者は半数未満であり、3分の1程度が水素自動車の導入に賛成していることが示されている。受容性の主要な決定要因は、ロジット回帰分析で特定化され、水素技術を事前に認識することが大きく寄与することがわかった。水素への意識は、性別、年齢、教育、環境知識に関連していた。これらの結果は、ロンドンの人口の残りの5分の3に水素技術への意識を高める機会があることを示している一方で、情報提供への異なるアプローチが必要になる可能性を示唆している。Heo and Yoo²⁾は、仮想評価法を採用することにより、韓国での水素FCバスの大規模導入に対する公衆の支払意思額 (WTP) を測定している。統計の効率性を高めるために、本論文では、二項選択法を採用している。2007年の世帯あたりの年間平均WTPの推定は4230ウォン (4.55米ドル) であり、影響を受ける住民への年間利益の見積もりは323億ウォン (34.7百万米ドル) であった。本論文の分析から、水素FCバスの導入と水素技術開発への投資に関連する政策決定に有益な情報が得られたことが示されている。Chen and Chen³⁾では、ポータブル水素燃料電池 (PHFC) は、電子機器製品として準備段階にあり、新製品とその消費者の受け入れはまだ明確にされていないため、社会的受容性に関する分析を行なった。消費者の購入傾向について考察し、PHFCのWTPを推定している。本論文の結果において、購入傾向が生活スタイル、需要の動機、製品の性能、情報源によって影響を受ける可能性があることを示している。また、サンプル全体における消費者のWTPプレミアムはNT \$ 915.17である。さらに、戦略の構築、製品の市場競争力と受容性の向上およびグリーン消費と持続可能な開発の促進という目標の達成において、メーカーに参考情報を提供することが期待されている。Yang et al.⁴⁾では、韓国政府が、水素燃料電池電気自動車の利用を拡大し、温室効果ガス排出量を削減するために、2016年から2020年までに水素ステーションの数を20基から100基に増やすことを計画していることを背景に、ステーションの拡充政策実装のための支払意思額について分析を行なっている。本論文では、韓国の1,000世帯の仮想評価法による調査が実施され、WTPの分析の統計的効率性を高めるために、二項選択質問形式を採用している。政策実施のための平均年間WTPは、世帯当たり2258ウ

オン (USD 2.04) と算出され、年間の価値は428億ウォン (3860万米ドル) となった。この値は、政策実施によるGHG排出量の削減の外部利益の指標と見なすことができる。Kim et al.⁵⁾では、韓国政府が、将来の輸送用エネルギー源として水素を検討しており、水素燃料インフラの構築に莫大な公的資金を投資していることを背景として、燃料電池電気自動車 (FCEV) のWTPについて分析をしている。本論文で選択された4つの属性は、燃料効率の向上、水素ステーションのアクセス可能性の向上、大気汚染物質と二酸化炭素の排出量の削減、および車両タイプである。2017年5月に実施した1,000人の選択実験・調査の結果について、ランダム効用モデルを用いてWTPが推定された。燃料効率の1km/L増加、水素ステーションのアクセス可能性の1%改善、大気汚染物質と二酸化炭素排出量の1%減少、および、セダンからスポーツユーティリティ車へのシフトの限界値はそれぞれ、1.33百万ウォン (USD 1182) , 0.28 (249) , 2.98 (2649) , および、10.47 (9307) となった。これらの結果は、FCEVに関する政策決定や意思決定に有益であり、潜在的な消費者が新しいFCEVにどの程度の価値とみなすかについての情報が提供されたとしている。Kim et al.⁶⁾では、韓国政府が、海洋微生物を使用して水素を生成する海洋バイオ水素 (MBH) 技術の開発と商品化を目指していることを背景に、世帯のWTPに基づいてMBH技術の経済性評価を行なっている。本論文の結果として、平均WTPが1世帯あたり1年あたり2508ウォン (USD 2.14) であることが示された一方、WTPがゼロの世帯の比率が高いことがわかった。MBH技術開発の正味現在価値と費用対効果比率は、それぞれ169.04億ウォン (1億4,435万米ドル) と5.65であり、高い経済的実現可能性が証明された。結果に基づいて、MBH技術に関する将来の決定に対するいくつかの示唆が提供されている。上記の各先行研究の調査方法、結果等について表2に示す。

再生可能エネルギー、特に、太陽光、風力、バイオマスについての社会的受容性に関する先行研究は、以下のとおりである。Hite et al.⁷⁾では、消費者がバイオマス発電に割増料金を払う意思があるかどうかについて考察をするため、アラバマ州農業産業省は、アラバマ州の4つの場所における消費者グループに対し調査を行った。その結果、消費者がコストに見合う割増料金を支払う意思があることが示された一方、そのほとんどは、グリーンエネルギーオプションに関する多くの事前情報を保有していないことがわかった。

Mozumder et al.⁸⁾では、米国の南西部に再生可能エネルギー資源が豊富にある一方、この地域の消費者の再生可能エネルギーの選好については、ほとんど知られていないことを背景とし、ニューメキシコ州の南西部の地域において、再生可能エネルギープログラムへの世帯のWTPに関する調査を行った。再生可能エネルギーの10%、20%の供給のケースを含む様々なシナリオを提供し、再生可能エネルギーに対する世帯のWTPの推定を行った。特に、再生可能エネルギーは、市場のエネルギーポートフォリオの価格に影響を与える重要な要因であるため、総エネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの特定のシェアのWTPの推定を行った。分析結果により、再生可能エネルギーの範囲感度を確認することができ、将来の再生可能エネルギー政策に有益な情報が得られている。Guo et al.⁹⁾では、再生可能エネルギー電力の価値を評価し、消費者の選好に関する情報を取得するため、再生可能エネルギー電力に対する北京居住者のWTPを推定し、WTPに影響を与える要因を特定化した。本調査では、ランダムに700人を選択し、そのうち571人のアンケートが有効であった。回答者の半数は、再生可能エネルギー電力へのWTPが肯定的であることがわかった。北京住民の平均WTPは、月額2.7~3.3米ドル (18.5~22.5CNY) と推定され、WTPに影響を与える主な要因として、収入、消費電力量、入札および支払い手段があげら

れた。再生可能エネルギーについての知識や態度が比較的、再生可能エネルギー電力への支払い意欲を高めることがわかった。支払手段が必須の場合のWTPは、自主的な手段を使用したものよりわずかに高いことが判明した。Lee and Heo¹⁰⁾は、韓国の消費者の嗜好を分析するために、消費者のWTPを推定することにより、韓国の再生可能エネルギーの社会的受容性について考察を行った。その結果、韓国の消費者が再生可能エネルギーによる電力に対し、月額3.21米ドルを追加で支払う意思があることが示された。しかしながら、韓国のWTPは、他の先進国に比べて低く、韓国の消費者間において、再生可能エネルギー源の知識と受け入れを改善することを目的とした政策を通じて、これらの値が影響を受ける可能性があることを示している。Cho et al.¹¹⁾では、韓国政府が、マイクロ太陽光発電(MPV)を2014年から2017年までに、約2000世帯(6 MW)から25,000世帯(61 MW)に拡大することを計画していることを背景に、韓国の1000世帯を対象として、電気料金の値上げを通じて拡大する政策に対するWTPの推定を行った。WTP算出の際には、応答効果を軽減し、WTPデータを分析する際の統計的効率を向上させる目的で、二項選択形式を採用している。WTPは、kWhあたりKRW 15.48 (USD 0.01)と算出され、この値は、住宅の電気料金の12.4%、KRW 125.14 (USD 0.11)に相当する。韓国の世帯は、MPV発電の拡大に伴う経済的負担の一部を負担する準備が可能であると結論付けている。Xie and Zhao¹²⁾は、中国の天津にある居住者のグリーン電力の社会的受容性について調査を行い、ロジットモデルを用いてWTPの推定を行なった。本論文は、先行研究で議論された回答者の見方に影響を与える要因に加えて、呼吸器疾患の有病率の影響も考慮している。さらに、WTPに大きな影響を与える要因を特定するために、重回帰モデルを採用している。468人のサンプルによると、ほとんどの居住者は平均値が1か月あたり32.63人民元と正のWTPであることがわかった。肯定的なWTPの主要因は、再生可能エネルギーに関する知識、政府に対する信念、行動、教育、呼吸器疾患の病歴であった。WTPの価値に影響を与える要因には、収入、信念、病気、性別、年齢が含まれ、最初の3つの要因は正の影響を及ぼし、その他の要因は負の影響を与えていることが判明した。さらに、男性は女性よりも高いWTPを持つ傾向であることがわかった。Koto and Yiridoe¹³⁾は、ニューブランズウィック、ノバスコシア、プリンスエドワード島など、カナダ大西洋の3つの州における風力発電の需要について調査を行なった。主な質問項目は次のとおりである。(i) 風力技術を利用して発電された電力に保険料を支払う確率の決定要因は何か。(ii) 参加を前提として、何世帯が1か月を支払う意思があるか、また、WTPはいくらか。(iii) WTPの推定に不均一性があるか。本調査では、開始点のバイアスや無回答の発生率を減らして分析を行なった。分析の結果、大学の教育、収入、居住用不動産の所有権、近所の風力タービンの存在に関する関心、および外部性が参加の可能性に影響を与えることがわかった。また、風力発電のエネルギー代として月額14%増額する可能性があることを示している。Dogan and Muhammad¹⁴⁾では、トルコにおいて、2023年までにエネルギー輸入を最小限に抑え、再生可能エネルギー源から電力の30%を発電するという目標を掲げていることを背景に、再生可能エネルギーのWTPについて調査を行なった。本論文では、2,500世帯の層別サンプルおよび仮想評価法を用いて、再生可能エネルギー電力に対するトルコ市民のWTPの推定を行なった。その結果、環境に対する良心、環境団体への加盟、年齢、教育レベル、性別、世帯の収入がWTPの重要な決定要因であることが示された。また、トルコの世帯によるグリーン電力のWTPの平均値は、世帯あたり月額約US\$1(為替レートは5,3 TL/US\$)と推定された。上記の各先行研究の調査方法、結果について表3に示す。

表2：水素エネルギー関連の社会的受容性に関する先行研究の調査方法

文献	対象年	地域	モデル	属性・水準の数	属性の種類	推定値	数値例
O'Garra et al.	2003	London	logit regression analysis	9・5	Three environmental attitude statements	identify which variables influence	Ex. prior knowledge about H2 vehicles and likelihood of support in 12.5%.
Heo and Yoo	2007	Korea	OOHB DC model (one-and-one-half-bound and dichotomous choice CV method)	-	The survey questionnaire consisted of i) introductory questions such as the respondents' perceptions following the provision of the general background information on H2 FC buses; ii) questions on the annual WTP for the proposed policy on the use of H2 FC buses; and iii) household information.	WTP	KRW 4230 (USD 4.55) per household
Chen and Chen	2012	Taiwan	CVM	7	sex, age, level of education, occupation, and monthly income.	WTP	NT\$915.17
Yang et al.	2016	Korea	CVM	7	Seven set of WTP value	WTP	KRW 2258 (USD 2.04) per household
Kim et al.	2017	Korea	CVM	5・2 to 5	Fuel efficiency, Accessibility, Air pollutants and carbon dioxide emissions, Vehicle type, Price	WTP	shift from sedan to SUV are estimated to be KRW 1.33 million (USD 1182)
Kim et al.	2016	Korea	CV questionnaire based on the OOHB DC model	6	Age, Education, Income, Child, Knowledge, additional questions	WTP	KRW 2508 (USD 2.14) per household per year

表3：再生可能エネルギーについての社会的受容性に関する先行研究の調査方法

文献	対象年	地域	モデル	属性・水準の数	属性の種類	推定値	数値例
Hite et al.	2005	US(Alabama)	CVM	11	Questions(Selection and Description)	WTP	\$5.73/month
Mozumder et al.	2010	US(New Mexico)	CVM(Tobit model)	16	Questions(Selection and Description)	WTP	\$12.10/month for generating 10% of renewable energy(increase 14% of electricity bill)
Guo et al.	2010	China	CVM	6	WTP questions for different payment vehicles.	WTP	2.7-3.3 US\$ (18.5-22.5CNY) per month
Lee and Heo	2014	Korea	CVM	8	dichotomous choice (DC) and description questions	WTP	\$3.21/month
Cho et al.	2015	Korea	CV (DC)	7	Seven range of WTP	WTP	KRW 15.48 (USD 0.01) per kWh
Xie and Zhao	2016	China	CVM	12	Environment, Belief, Knowledge, Behavior, Gender, Age, Education, Member, Income, Disease, Weather, WTP	WTP	CNY 32.63 per month
Koto and Yiridoe	2014	Atlantic Canada	CVM	8 (binary and Likert-scale)	education, age, income level, ownership of residential	WTP	CAD\$8.00
Dogan and Muhammad	-	Turkey	CVM	26	-	WTP	US\$ 1 (with the exchange rate 5,3 TL/US\$) per month per household

国際会議における脱炭素技術の社会的受容性に関する研究動向調査（到達点②）-実施項目①

2019年12月10～12日にイタリア・ローマにて開催された“4th AIEE Energy Symposium”に参加し、欧州を中心としたエネルギー政策・技術普及に係る国際動向について調査を行なった。“AIEE Energy Symposium”は、イタリアエネルギー経済学会（Italian Association of Energy Economists: AIEE）が主催する、エネルギーインフラに関する国際シンポジウムである。参加者は、大学、産業界、政府、国際機関等に渡り、科学技術やベストプラクティスを共有する場となっている。第1回シンポジウムが2016年に開催されて以来4回目となる今回は120名程度の参加があり、エネルギー安全保障を主たるテーマとして、基調講演、6つのセミプレナリセッション、22の一般セッション（表4）から構成された。全79件の一般講演の7-8割程度が欧州、特に、イタリア、ドイツからのものである。日本からの講演は7件あった。一般講演の中から、特に、脱炭素技術政策の社会的受容に関連するものを抜粋して以下に概要を示す⁸。

Green perspectives to reuse oil & gas wells in Italy

(Presenter: Claudio Alimonti, La Sapienza University of Rome, Italy)

イタリア領内にある油井・ガス井を地熱井へ転換、再利用する可能性を評価している。イタリアでは実際に、開削された油井・ガス井は1,613本あり、そのうち陸上が895本、沖合が718本である。地熱の生産技術や用途ごとに適した井戸の温度、深さ、圧力、流量の範囲を示し、58本の井戸が中温の地熱利用に適していることを明らかにした。ラグーザ地域の2つの井戸を選出し、転換戦略を分析している。大きな障害となるのは炭化水素免許から地熱免許への移行を実現するための行政手続きである。

North Sea offshore grid integration - barriers and solutions

(Presenter: Lise-Lotte Pade, technical University of Denmark, Denmark)

北海における洋上風力発電の海上メッシュ型グリッドに向けた規制の方向性を評価している。関連規制を抽出し、現行規制中の投資・運用に関する障壁を特定（接続コストの配分、送電料金、投資インセンティブ）した上で、メッシュ型グリッドの開発に不可欠と考えられる規制の枠組み条件を明らかにした。当該条件と北海諸国の現行規制を比較すると、ドイツの規制枠組みが開発に最も適しており、ベルギー、オランダは調整を要し、英国は遅れが見られる。

Does demand response make it worse? impacts of avalanche effects of price-optimized electric vehicle charging on system load and electricity generation

(Presenter: Matthias Kühnbach, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Germany)

デマンドレスポンスにおけるEVの充電制御が電力システム負荷に及ぼす影響を評価している。2030年、2050年のドイツを対象にEVの需要応答と電力市場のシミュレーションモデルを開発、統合して負荷曲線の分析を実施している。新たな負荷ピークの発生などの雪崩効果の発生条件、影響度を明らかにした。デマンドレスポンスを促進するために十分な

⁸ なお、シンポジウムのwebサイト（<http://www.aieeconference2019rome.eu/index.html>）では、予稿集および講演スライドが公開されている。

インセンティブを提供することと、望ましくない雪崩効果を回避することとの間にはトレードオフがある。

Determinants of household energy expenditure in Austria: A case using EU SILC microdata

(Presenter: Daniel R. Hill, Vienna University of Economics and Business, Austria)

家庭のエネルギー消費の決定要因をEUの所得と生活条件に関する統計データ (Statistics on Income and Living Conditions: SILC) を用いた回帰分析により評価している。オーストリアを対象に分析 (N=4,164) を実施している。年間エネルギー消費を、居住タイプ (持家/賃貸等)、建物特性 (戸建/集合等)、燃料特性 (100%電化/再エネ等)、社会経済的特徴 (可処分所得等)、地域的特徴 (人口密度等) の関数として推定した。決定要因は、地域や居住タイプによって異なるが、特に持家であることはエネルギー消費を有意に増加させており、規制政策の優先的なターゲット対象となり得ることが示された。

What Motivates Us to Seek Information About Energy Policies?: Swiss Citizens' Information Seeking Behavior on Deep Geothermal Energy

(Presenter: Rebecca Lordan-Perret, University of Basel, Switzerland)

政策に関する情報を市民に広めるためには、市民が自ら率先して情報を収集し知識を更新・向上することを促進する必要がある。エネルギー政策に対する消費者の情報収集行動の支配要因を回帰分析により評価している。地熱エネルギー政策を例としてスイスを対象に分析 (N=351) を実施している。情報探求の度合い (意欲および実際の行動) を、主観的知識、客観的知識、エネルギーに対する関心、政府/科学への信頼度、リスク認知、デモグラフィック属性の関数として推定した。客観的知識やリスク認知などよりも、主観的知識や関心などが情報探求意欲および行動を支配した。

Explorative evidence of adoption of multimodal mobility packages from a choice-based conjoint study in Austria

(Presenter: Paula Brezovec, Alpen-Adria-University Klagenfurt, Austria)

MaaSサービスに対する消費者選好を選択型コンジョイント分析で評価している。オーストリアにてオンライン調査 (N=590) を実施し、サービスプロファイルは5水準6属性 (輸送様式、乗換え待ち時間、距離、利用権の譲渡、未使用分の繰越、月額料金) にて分析を行なっている。各属性の相対重視度 (月額料金=40%, 輸送様式=20%, 乗換え待ち時間=12%) ・部分効用値・WTPとデモグラフィック属性との関係を明らかにしている。

Preferences and willingness to pay for regional and green electricity - A stated choice experiment in Germany

(Presenter: Larissa Fait, University of Kassel, Germany)

電気料金プランに対する消費者選好を選択型コンジョイント分析で評価している。特に、地場産エネルギーに対する選好、プライミングが選好に及ぼす影響に着目した。ドイツにて調査 (N=672) を実施し、サービスプロファイルは5水準5属性 (価格、石炭/再エネ/原子力の割合、エネルギー産地、等) にて分析を行っている。事前に環境に関してプ

ライミングしたグループ、地場産に関してプライミングしたグループ、中立のグループに分類して分析を実施している。結果として、地場産をより好む傾向は確認できた一方、ここではプライミングは結果に大きく影響しないことが示された。

Promoting energy efficiency in car transportation through user experience or information?

(Presenter: Gracia M. Brückmann, ETH Zurich, Switzerland)

情報およびユーザーエクスペリエンスがEVへの認識、乗り換え、EV導入政策への選好に及ぼす影響をアンケートにより評価している。スイスにて調査 (N=4,148) を実施し、EVの情報のみ提供、情報と試乗を提供、ともに提供なし、の3グループに分けて、比較評価を行っている。情報・試乗ともEVの親環境性等の認識をより正確にする一方で、乗り換えや政策に対する選好には大きく影響しないことが明らかとなった。

表4：4th AIEE Energy Symposiumの一般セッション⁹

セッション番号	セッション名
Non-fossil fuel	
04	Renewable energy market
09	Green revolution: biomethane & hydrogen
10	Renewable energy: rich vs developing countries perspective
16	Challenges of renewable energy in the electricity market
18	100% Renewable transition: perspective for the 21st century
Energy market	
03	Modelling the volatility of the energy market
05	Clean energy investments
08	The electricity market: risks and opportunities
21	Current energy market dynamics
Fossil fuel	
06	Decarbonizing the gas and oil sectors: green perspectives
14	Green fuels market and new methane strategies
17	The multiple paths of electricity: new challenges
Energy policy	
12	Energy security, efficiency and sustainability
15	Energy security and geopolitics
19	Energy policies & the decarbonization process
New technology	
07	BCB: Bitcoin, circular economy and blockchain
11	Climate change and power systems
20	The battery energy storage system and the environmental

⁹ 表4のグループ分けは、報告者により実施したものである。

impact	
Consumer	
01	Household energy efficiency
02	Raising awareness on the decarbonization process
Mobility	
13	Electromobility & the decarbonization of the transport sector
22	Enhancing sustainable mobility

WTP測定手法に関する文献調査（到達点②-実施項目①）

脱炭素技術のWTPに関する文献調査や研究動向調査でも示したように、WTP測定のための離散選択実験において、主に、選択型コンジョイント（choice-based conjoint : CBC）、2段階回答（dual response : DR）の手法が用いられている。これらの既存手法は、測定方法が確立されていることや統計的手法を組み込むことが比較的難しくないことから多く使用されてきた。しかしながら、いくつかの欠点についても指摘されている。

CBCは、自由選択質問のみからなり、いくつかの製品の選択肢と非購入の選択肢で構成されているものである。選択肢集合間で意思決定をするように繰り返し回答を求めることは、誘引効果、類似性効果、また、非購入の選択に関する文脈効果を誘引する可能性があることが指摘されている¹⁵⁾。特に、文脈効果においては、比較的魅力的な製品が選択肢集合に存在する場合、非購入を選択する可能性が低下することがあげられる。その一方、選択肢集合における製品の魅力が、ほぼ同様な場合に関しては、非購入を選択する傾向にある。また、CBCは、極端な回答においても脆弱である。回答者が常に非購入の選択をした場合、WTPを推定することが困難となる。そこで、Gensler et al.¹⁶⁾は、この極端な回答に対処するため、個別適応選択型コンジョイント（individually adapted choice-based conjoint : IACBC）を開発している。IACBCは、CBC同様、複数の製品と無購入の選択肢から構成される。その一方で、自由選択質問における極端な回答の可能性を減らすため、回答者が、いずれかの製品を選択した場合、その製品の価格を上げ、無購入を選択した場合は、価格を下げるように操作する。その結果、極端な回答を回避することが可能となる。しかしながら、CBCと同様に、非購入の選択に係わる文脈効果の影響は受けやすい。また、回答者の選択に即して価格を変化させることは、WTP推定の過程で内生性が生じる可能性があるため、WTP推定の精度が低くなることが考えられる。

DRは、いずれかの製品を選択させる強制選択質問と、購入もしくは非購入の選択である自由選択質問から構成される。これらの設定により、文脈効果を回避する可能性が高まる。しかしながら、この設定により、別の文脈効果や選択遅延が生じることが報告されている。例えば、Dhar and Simonson¹⁷⁾は、DRを用いた場合、36%の回答者が、非購入を選択する傾向にあると報告している。また、DRの強制選択質問は、極端な回答、特に、無購入の選択の回数を減らすことを目的としている一方で、CBCと比較し2倍の質問回数になることから、認知力と誤差分散が増加する¹⁸⁾。また、強制選択質問とその後の自由選択質問を繰り返し回答するために、回答者は2つの異なる意思決定を交互に実行する必要があり、これにより、WTPの推定結果の妥当性を損なうことが考えられる¹⁷⁾。

分離型 2段階回答

上記で示したように選択型コンジョイントや2段階回答といった測定方法の短所を解決すべく、Schlereth and Skiera¹⁹⁾は、分離型2段階回答 (separated dual response: SDR)、分離型適応2段階回答 (separated adaptive dual response: SADR) の2つの測定方法が提案されている。SDRは、DRのように強制選択質問と自由選択質問をそれぞれ順々に質問する代わりに、すべての強制選択質問を最初に尋ね、その後、自由選択質問のみを尋ねる形式である。本手法は、強制選択質問と自由選択質問のすべての項目をそれぞれのブロックに分けて、回答者は、選択した各製品を購入するかどうかを決定する前に、強制選択質問において選択肢を回答させる方法である。そのため、文脈効果を回避する可能性が高くなるのが本手法の長所である。また、強制選択質問に対して、柔軟的な設計が可能であるため、D-最適実験計画法を組み合わせることも可能である。SADRは、SDRと同様、すべての強制選択質問と自由選択質問をそれぞれ別のブロックに配置する設計であるとともに、以下のステップで構成される。

ステップ1の質問項目には、任意の最適計画法の適応が可能である。強制選択質問の提示と自由選択質問の項目それぞれの提示の間にタイムラグが生じることを避けるために、ステップ2において、線形確率モデルを用いて効用関数の推定を行う。ステップ3では、すべての選択肢の組み合わせについて各製品の効用を推定し、すべての製品の選択肢を最も低いものから最も魅力的なものまでランク付けをする。

ステップ4、5では、自由選択質問ブロックにおいて、 n 個の自由選択質問と m 回の反復数からなる $n \times m$ 個の製品が表示され、回答者にその製品を購入するかどうかを選択させる。ステップ4では、最初に n 個の製品の中から選択させる。ここでは提示される製品は、強制選択質問に表示されたものとは異なるものも含まれており、優先度の最も低い製品から最も高い製品の間の予備的な優先順位全体を $n + 1$ の幅で分割する。例えば、4属性、4水準で構成される離散選択実験の場合、 $4^4 = 256$ 個の製品の順位付けがされ、64番目 (25%)、128番目 (50%)、192 (75%) 番目の製品がそれぞれ選択され、それぞれがランダムに提示される。最初の n 個の自由選択の決定した後、次に異なる n 個の自由選択質問項目が提示され、これを反復していく。この反復において、計算された差が最大の製品の組を識別する。例えば、64番目、128番目、192番目の製品の購入確率がそれぞれ1、10、70%である場合、購入確率の差が最も大きい2つの製品は、128番目と192番目のものとなる。この範囲を4つの等しいサイズの範囲に分割する。すなわち、144番目、160番目、176番目の製品を選択する。これを m 回反復し完了することで自由選択質問が終了する。

Schlereth and Skiera¹⁹⁾において示されていたように、表5に、それぞれのコンジョイント分析法の短所を示す。

表5：各コンジョイント分析法の短所

	CBC	IACBC	DR	SDR	SADR
文脈効果	○	○	○	-	-
極端な回答	○	-	○	○	-
WTPの精度に対する購入可能性の影響	○	-	○	○	-
内生性	-	○	-	-	-

(4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

本年度の目標に対する実施項目は、主に、「脱炭素化技術シナリオ・先行研究の調査および代替シナリオの作成」、「社会経済分析の先行研究調査」としていたが、上記の成果において示したとおり、概ね目標は達成されたと考えている。脱炭素化技術のシナリオと社会的受容性に関する両調査から、次年度は、科学技術イノベーション政策として、特に、水素エネルギーやCCSの技術に焦点を当てて、調査、分析を進めることを考えている。また、脱炭素化技術の社会的受容性に関する先行研究では、既存の離散選択実験の手法を用いて分析されたものが、ほとんどであったが、本年度のコンジョイント分析手法に関する先行研究調査において、既存手法の欠点やそれらを補う新しい手法が開発されていることが明らかとなった。これらを踏まえて、次年度では、調査・実験の計画をデザインすることを考えている。

2-3. 会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
2019年10月9日	研究打ち合わせ	GRIPS	本研究開発課題の今年度の内容や目標に関する打ち合わせ
2019年12月13日	研究打ち合わせ	GRIPS	キックオフミーティングに関する事前打ち合わせ
2019年12月24日	キックオフミーティング	GRIPS	本研究開発課題の実施者、事務局、PO参加のキックオフミーティング
2020年1月8日	研究打ち合わせ	東京理科大学 野田校舎	進捗報告、調査内容についての打ち合わせ
2020年1月14日	研究打ち合わせ	東京理科大学 野田校舎	進捗報告、調査内容についての打ち合わせ

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

特に該当なし。

4. 研究開発実施体制

(1) 実験・シミュレーショングループ

①リーダー名（所属，役職）

高嶋隆太（東京理科大学，教授）

②実施項目

【1】脱炭素化技術シナリオ・先行研究の調査

これまでの報告書，先行研究の結果を整理し，脱炭素化技術や省エネルギーシステム技術普及に係るシナリオを作成した。また，エネルギー技術に関する社会経済分析の先行研究についても調査を行った。

(2) 経済分析モデル・実験手法構築グループ

①リーダー名（所属，役職）

田中誠（政策研究大学院大学，教授）

②実施項目

【1】脱炭素化技術シナリオ・先行研究の調査

これまでの報告書，先行研究の結果を整理し，脱炭素化技術や省エネルギーシステム技術普及に係るシナリオを作成した。特に，本調査から作成したシナリオについて，政策決定の元関係者の立場から，検証を行い，可能性のある代替シナリオの作成を行った。

5. 研究開発実施者

実験・シミュレーショングループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
高嶋 隆太	タカシマ リュウタ	東京理科大学	理工学部	教授
鈴木 正昭	スズキ マサアキ	東京理科大学	理工学部	講師
伊藤 真理	イトウ マリ	東京理科大学	理工学部	講師

経済分析モデル・実験手法構築グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
田中 誠	タナカ マコト	政策研究大学院大学	政策研究科	教授
根井 寿規	ネイ ヒサノリ	政策研究大学院大学	政策研究科	教授
伊藤 和哉	イトウ カズヤ	政策研究大学院大学	政策研究科	D3

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

特になし

6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍・冊子等出版物、DVD等

特になし

(2) ウェブメディアの開設・運営

特になし

(3) 学会（6-4. 口頭発表）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

特になし

6-3. 論文発表

(1) 査読付き (0件)

●国内誌 (0件)

●国際誌 (0件)

(2) 査読なし (0件)

6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議0件、国際会議0件）

(2) 口頭発表（国内会議0件、国際会議0件）

(3) ポスター発表（国内会議0件、国際会議0件）

6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿 (0件)

(2) 受賞 (0件)

(3) その他 (0件)

6-6. 知財出願

(1) 国内出願 (0件)

(2) 海外出願 (0件)

参考文献

- 1) O'Garra, T., Mourato, S., Pearson, P., 2005. Analysing awareness and acceptability of hydrogen vehicles: A London case study. *International Journal of Hydrogen Energy* 30, 649-659.
- 2) Heo, J.-Y., Yoo, S.-H., 2013. The public's value of hydrogen fuel cell buses: A contingent valuation study. *International Journal of Hydrogen Energy* 38, 4232-4240.
- 3) Chen, H.-S., Chen, C.-Y., 2014. A study on willingness to pay of hydrogen energy and fuel cell technologies. *Applied Mechanics and Materials* 448-453, 4333-4337.
- 4) Yang, H.-J., Cho, Y., Yoo, S.-H., 2017. Public willingness to pay for hydrogen stations expansion policy in Korea: Results of a contingent valuation survey. *International Journal of Hydrogen Energy* 42, 10739-10746.
- 5) Kim, J.-H., Kim, H.-J., Yoo, S.-H., 2019. Willingness to pay for fuel-cell electric vehicles in South Korea. *Energy* 174, 497-502.
- 6) Kim, J., Lee, H.-J., Huh, S.-Y., Yoo, S.-H., 2019. Households' willingness to pay for developing marine bio-hydrogen technology: The case of South Korea. *International Journal of Hydrogen Energy* 44, 12907-12917.
- 7) Hite, D., Duffy, P., Bransby, D., Slaton, C., 2008. Consumer willingness-to-pay for biopower: Results from focus groups. *Biomass and Bioenergy* 2, 11-17.
- 8) Mozumder, P., Vásquez, W.F., Marathe, A., 2011. Consumers' preference for renewable energy in the southwest USA. *Energy Economics* 33, 1119-1126.
- 9) Guo, X., Liu, H., Mao, X., Jin, J., Chen, D., Cheng, S., 2014. Willingness to pay for renewable electricity: A contingent valuation study in Beijing, China. *Energy Policy* 68, 340-347.
- 10) Lee, C.-Y., Heo, H., 2016. Estimating willingness to pay for renewable energy in South Korea using the contingent valuation method. *Energy Policy* 94, 150-156.
- 11) Cho, Y.-C., Lim, S.-Y., Yoo, S.-H., 2017. The external benefits of expanding the micro photovoltaic power generation in Korea: A contingent valuation study. *Solar Energy* 158, 898-904.
- 12) Xie, B.-C., Zhao, W., 2018. Willingness to pay for green electricity in Tianjin, China: Based on the contingent valuation method. *Energy Policy* 114, 98-107.
- 13) Koto, P.S., Yiridoe, E.K., 2019. Expected willingness to pay for wind energy in Atlantic Canada. *Energy Policy* 129, 80-88.
- 14) Dogan, E., Muhammad, I., 2019. Willingness to pay for renewable electricity: A contingent valuation study in Turkey. *Electricity Journal* 32, 106677.
- 15) Rooderkerk, R.P., Van Heerde, H.J., Bijmolt T.H.A., 2011. Incorporating context effects into a choice model. *Journal of Marketing Research* 48, 767-780.
- 16) Gensler, S., Hinz, O., Skiera, B., Theysohn, S., 2012. Willingness-to-pay estimation with choice-based conjoint analysis: Addressing extreme response behavior with individually adapted designs. *European Journal of Operational Research* 219, 368-378.

- 17) Dhar, R., Simonson, I., 2003. The effect of forced choice on choice. *Journal of Marketing Research* 40, 146-160.
- 18) Bech, M., Kjaer, T., Lauridsen, J., 2011. Does the number of choice sets matter? Results from a Web survey applying a discrete choice experiment. *Health Economics* 20, 273-286.
- 19) Schlereth, C., Skiera, B., 2017. Two new features in discrete choice experiments to improve willingness-to-pay estimation that result in SDR and SADR: Separated (Adaptive) Dual Response. *Management Science* 63, 829-842.