

【環境・エネルギーグループメンバー氏名】

- (1) 芳川恒志 東京大学公共政策大学院特任教授 ※グループ長
- (2) 杉山昌広 東京大学未来ビジョン研究センター准教授
- (3) 渡邊裕美子 株式会社 Loop 電力事業本部調達部戦略課課長
- (4) 高瀬香絵 一般社団法人 CDP world-wide Japan シニアマネージャー
- (5) 山浦紘一 立命館アジア太平洋大学国際経営学部准教授

【研究期間】2018年10月～2021年3月

1. 研究の背景・目的

日本と台湾は、地理的にも近接し、歴史的にも非常に深い関係にある。台湾は九州よりも若干小さい面積で、ここに日本のほぼ20%にあたる約2400万人の人口が暮らしている。台湾本島のほぼ中央を北回帰線が横切っており、北が亜熱帯、南が熱帯地域となっている。また、全島の3分の2が高山や林地であり、台湾のほぼ中央にある玉山は標高3,952mである。

エネルギーの面では、台湾は日本同様化石燃料の資源に恵まれず、自給率も非常に低い。日本と同じく、電力網も台湾で独立しており、他国とは連結していない。このような事情のため、エネルギー政策面では伝統的に安定供給と経済性を重視してきた。一次エネルギー供給をみると、石油、石炭、天然ガスの化石燃料の比率が日本以上に高く90%以上を占めている。非化石燃料では、原子力が残りの多くを支えている。このような中、蔡英文民進党政権は脱原発に転換し、中央は再生可能エネルギーの拡大に注力しているが、比較的炭素を排出しない天然ガスの輸入・利用が増加してきている。

このように日本と台湾は特にエネルギー需給やその環境の面で類似点が多い。また、2011年の福島第一原子力発電所事故後、台湾は脱原子力に政策転換したが、安定供給確保の不安等からこれに反対する世論も強い。一方で、日本は原子力を維持しつつも再稼働は必ずしも予定された程には進んでいない状況にある。このようなことから、日台ともに再生可能エネルギーの導入拡大を急ぎつつ、現実的には過渡的な燃料として天然ガスの利用が増えている。また、日本同様、台湾においても石炭がエネルギーミックスの中で依然として重要な役割を果たしている点も共通している。

温暖化対策の面では、日本は、昨年2020年10月、菅総理が「2050年カーボンニュートラル」を表明し、官民で脱炭素に向けた動きが急速に進んでいるところである。一方で、台湾はパリ協定のメンバーではないものの、「自国が決定する貢献 (Intended Nationally Determined Contributions, INDC)」を自主的に策定するなど、温暖化に対する市民の意識も高まっており、政策も脱炭素に向けて加速しつつあるところである。

かねて輸出が台湾の経済成長を支える主要な柱であり、産業構造については製造業を中心としたモノづくりが経済全体を支える構造も日本と共通する部分が多い。モノづくりの分野では、日本と台湾はともに中国やアセアン等の新興国・新興地域からの追い上げにさらされている。

今回の共同研究には、主として2つの目標がある。第一に、日本と台湾において脱炭素に向けた持続可能性の高いエネルギー需給構造の構築を目指し、脱炭素社会に向けた政策に必要な基礎的だが重要なデータやエビデンスを提供することを目指した。特に、今後脱炭素社会に向けた過程の中でますます重要となっていく市民や家庭、組織といった個々のプレイヤーに着目してそのデータ収集や分析を行った。第二に、日本と台湾は、エネルギー・環境の面で上記のように共通する部分も多いが、同時に気候条件や住宅、建築物のあり方、あるいは女性の社会進出の状況などの社会条件等相互に異なっている点もあり、エネルギー需要面でも差異があることなどが今回の共同研究を通じて明確になってきている。日本と台湾のこのような比較を十分に踏まえて、双方の強みを活かして、今後研究面のみならず経済や行政の分野でも一層協力関係を深化させていくためのベースの一つを提供することである。

2. 研究の手法

研究手法としてはエネルギー政策やそれに関わる項目に関する文献調査、一般市民を対象としたオンライン・アンケート調査、エネルギーモデルを用いたシミュレーション分析を組み合わせた。脱炭素の機運が高まる中、再生可能エネルギー、特に変動性である太陽光発電などを対象に研究を進めた。再生可能エネルギー全般に関して研究を進めたが、特に都市工学に関する造詣が深い台湾の研究チームとの相乗効果を考慮して、ゼロ・エネルギー・ハウス/ゼロ・エミッション・ハウス(ZEH)やゼロ・エネルギー・ビルディングに重きをおいた。

文献調査では日本と台湾のエネルギー政策の動向、特に気候変動や再生可能エネルギーに関する情報を公知情報に基づき整理した。再生可能エネルギーについては現時点の状況を踏まえた上で再生可能エネルギーの普及を促進する属性追跡システム(トラッキングのシステム)について日本と台湾の比較を行った。世界的に企業等が自身で購入し利用している電力を再生可能エネルギー起源であることを証明する証書システムのための基盤となる属性追跡システムが重要になってきているが、日本と台湾では発展途上にあるため、現状の制度や取り組みを整理し、今後の課題を明らかにすることとした。

オンライン・アンケートについては2組のアンケートを実施した。1組目は、2020年に実施したもので、ゼロ・エネルギー・ホーム、特に屋根設置型の太陽光発電を念頭に日本と台湾で消費者がどのような態度を示すかについて調査を行った。2組目はこれを踏まえた上で再生可能エネルギー全般及び脱炭素に必須になる二酸化炭素除去に関する態度を2021年にこちらも日本と台湾で調査した。どちらの調査においても選択実験を行い、消費者の支払意

思額に関する調査を行った。

シミュレーションでは台湾の研究パートナーの専門性を生かし日本と台湾でゼロ・エネルギー・ハウスにおいて蓄電池を設置することの経済性について詳細なデータを用いて検討を行った。東京大学生産技術研究所 ESI 社会連携研究部門（以下、ESI）が開発した、住宅エネルギーモデル、ESI Residential Energy Model (ESIRE モデル) を用いて、日本と台湾で電気料金体系や気候帯や生活様式に起因するエネルギー需要の違いを踏まえたシミュレーションを行った。

3. 研究成果

再生可能エネルギーの文献調査については、トラッキング・システムの課題が明らかになった。再生可能エネルギーの調達を積極的に行うことで、世界の脱炭素化を進展させる世界の大企業による RE100 イニシアチブでは、ただ再生可能エネルギーであればいいということではなく、どのような再生可能エネルギーを購入しているかが重要である。欧州の発電源証明、北米の REC、その他の国における I-REC など、信頼性の高いトラッキングが行われている国が増加する中、日本では、電源情報をあえて明示しない非化石価値証書が拡大している。一方、台湾では、中央が主導する T-REC が 2017 年に開始し、2020 年から取引市場も開設している。RE100 の要請により、2019 年から非化石価値証書にトラッキング情報をつける実証実験が資源エネルギー庁によって実施されている。トラッキングの重要性の認識が高まる一方で、シングルプライスオークション等、需要家側が安易に調達できる構造とはなっておらず、今後の改善が必要である。

オンライン・アンケート調査については、1 組目では、主に近年導入の進んでいる住環境における太陽光パネル導入に着目し、日本と台湾の消費者の太陽光パネル導入の要因を明らかにした。その結果、日本と台湾では共通して、ネット・ゼロ・エネルギー・ビルディングの理解と太陽光パネルへの高い関心や情報収集が、太陽光パネル導入につながっていた。太陽光パネルに強い関心がある人々は、太陽光パネルを導入するための情報を熱心に収集しており、たとえ設置・維持コストがかかるとしても太陽光パネルの自宅への導入を決断していた。しかしゼロ・エネルギー・ビルディングに関する知識の有無が太陽光パネルの導入に強く影響していたことは新しい発見である。特に日本政府はゼロ・エネルギー・ビルディング政策を実施しているため、日本においては、よりゼロ・エネルギー・ビルディング政策を国民へ周知することが太陽光パネル導入増加につながるということは本研究で明らかになった新しい点である。台湾において、現在ゼロ・エネルギー・ビルディング政策は実施されていないが、今後ゼロ・エネルギー・ビルディング政策を進めることは台湾でのさらなる太陽光パネル設置増加につながると考えられる。

2 組目のオンライン・アンケートでは、ゼロ・エネルギー・ビルディングから離れより一般的に再生可能エネルギーについて調査を行った。再生可能エネルギーの支払意思額は比率を 10%増加させるのに日本では毎月の電気料金の 0.5%、台湾では 1.6%と見積もられた。

支払意思額は高くなく、本格導入には系統対策も含めたコスト低下が不可欠である。二酸化炭素除去についてはほとんどの回答者が知らず、アンビバレントな態度を示した。

シミュレーションについては、ゼロ・エミッション・ハウスの構成要素のうち、太陽光発電と蓄電池に着目し、その経済的価値を蓄電池運用決定問題として評価を行うことで、経済面からの蓄電池の導入可能性について考察することを目的とした。まず蓄電池普及の環境が整いつつある日本を対象として、住宅における蓄電池導入がどのようなメリットをもたらさうのかを、導入サービスの提供者となり得る小売電気事業者の立場から検討した。現状の卸市場価格下においては小売電気事業者がこのようなサービスを積極的に行うための原資を得ることは、少なくとも平均的には困難であることがわかった。経済的メリット以外の効果にも遡及しつつ、削減効果が高い需要家の特徴を把握し、ターゲットを絞りながら事業展開してゆくことが重要と考えられる。

また、日本と台湾の電力使用量の相違を踏まえると、蓄電池の普及において経済面ではどのような差異が現れうるのかについて検討した。台湾の電力使用量は日本と比較し、暖房需要が非常に小さく冬の使用量が小さい、共働き世帯が多く日中の使用量が小さいといった違いがある。また、太陽光発電量は、本来日射量の大きい4～9月が雨季や台風の多い季節であることから、年間を通じた差が小さいといった特徴がある。ただし、年間トータルでは、日本と台湾の需要パターンが、蓄電池導入による経済効果に著しい影響はもたらしえていなかった。各々での蓄電池の普及は、買電価格・売電価格といった電気事業・再生可能エネルギー政策に左右されるところが大きいことがわかった。

4. 結論と提言

(1) 研究成果の日台における位置づけとインパクト

本研究では脱炭素という社会的潮流を踏まえて再生可能エネルギーに関して横断的に研究を行った。

脱炭素の加速とその影響が波及するセクターを振り返ると、今後大きく変化するコスト構造、社会、地政学の変化、さらには地方やNGOを含む新たなプレーヤーの登場を前提に、これまでに経験したことのないような長期的な意思決定とコミットが求められる。まさにパラダイムが変化することが予見される。このような新しく、いまだ全容の見えないルールの下での国際的な競争が始まっている。そのような前提でまず、課題の全容を見据えた作戦の策定と大衆の支持の獲得が不可欠である。同時に、同じ、あるいは同じようなルールで競争をする環境を構築すべきであり、カーボンニュートラルの船に多くの国を参加させる努力をしなければならない。

先述のように、我々は脱炭素に向けたグローバルな競争のとば口に立っている。この競争は当然エネルギー・環境の問題であり、産業や経済が中心である。日本と台湾は、エネルギー需給構造が似かよっており、のみならずモノづくりが経済全体を支えるという産業構造も共通点が多い。また、この脱炭素のプロセスは、経済にとどまらず社会や政治外交などに

も広範な影響を及ぼすだけでなく、新たに浮上してくる課題について新たな関係者が登場するだけでなく、その役割も変化してくる。脱炭素社会の実現といった長期にわたる挑戦を行う上では、市民をはじめとする多様な関係者の理解と支持が不可欠である。

日本や台湾においては、脱炭素エネルギー、とりわけ再生可能エネルギーの導入を一層進めコストを出来るだけ下げ、そういった再生可能エネルギーが主たる役割を果たすようなエネルギーインフラを構築して社会に定着させていくことが喫緊の課題である。そのためにも市民や法人等の電力のユーザーの意向を正確に把握することが極めて重要であり、この重要性は今後ますます高まっていくこととなろう。世界は脱炭素に向けて急速に進んでいるからである。

(2) 提言と今後の展望

脱炭素社会の実現にはパラダイムの変化が求められる。それには個別具体的な政策に加えて、我々が今後どのような社会を目指すのかをしっかりと議論する良い機会にもなりうる。また、より政策決定過程におけるエビデンスの一層の重視、政策決定への関係者の参加など政策決定のあり方などについても見直す重要な機会となろう。いずれにせよ、こういった長期にわたる、経済を超える幅広い分野に影響を及ぼし市民を巻き込む「運動」を日本と台湾は政策として継続していかなければならない。同時に、脱炭素に向けた取り組みは長期にわたる広範な影響をもたらすものだからこそ、その政策決定は市民や関係組織を巻き込みつつ、以前にも増して透明なプロセスで実証的に進められなければならない。

経済面を考えると、エネルギーコストは少なくとも短期的には上昇するが、それをいかに受容していくのが重要である。日台ともにモノづくりが重要な粹割を果たしている。単にサービス産業に移行すれば済む問題ではないだろう。(国境炭素調整が適切な形で行わなければ) エネルギー価格が上昇することは競争力に深刻な影響を与える。また消費者の支払意思額も決して大きくはない。全世界的には再生可能エネルギーのコストが継続して低下しつつあるが、日本と台湾はその恩恵を100%受益していない。イノベーションをさらに加速して内外価格差を減らして行くことが極めて重要になるであろう。

各論について以下述べる。

トラッキングについては、台湾においては、2017年にスタートしたT-RECが2020年から電力と分離した証書の取引を開始したものの、対象は系統に入れていないオンサイト発電分に限られるなどの課題がある。日本においては、オークションによって取引される非化石価値証書に後付けでトラッキング情報をつける実証実験が資源エネルギー庁によって行われているが、構造が複雑であり、需要家は直接購入できず、かつどのような証書もシングルプライスになってしまう課題がある。台湾・日本双方において、アドホックな規制に頼らず、市場メカニズムを通じた好ましい電源の発展につながる、つまり健全な選択を可能とする情報システムとしてのトラッキングの進展がまだまだ必要である。

ゼロ・エネルギー・ハウスについては、支払意思額が大きくなく、また平均的な技術経済

的条件ではペイしないことを考えると、経済的メリット以外の効果にも遡及しつつ、削減効果が高い需要家の特徴を把握し、ターゲットを絞りながら事業展開してゆくことが重要であり、ニッチを育てることが重要であろう。この点については再生可能エネルギーを系統電力として購入する場合も同じである。

最後に、日本と台湾はエネルギー需給の構造のみならず、実際の分析においても多数共通点があることが明らかになった。今後もこのような事業を通じて相互に研究交流することは、どちらにとっても政策のための科学的エビデンスの質を向上するのに大いに役立つであろう。

5. 研究成果一覧

(1) 雑誌論文

(2) 学会発表

1. 発表者（代表）名：Koichi YAMAURA

発表標題：Consumer Preferences toward Energy Mix after the Fukushima Nuclear Disaster in Japan

学会等名：Western Economics Association International

発表年：2019

概要：福島原発事故後の日本のエネルギーミックス（供給電源）別の消費者選択の分析を行った。その結果、現在の各家庭での電気代を維持するために原発の使用を許容する姿勢があるが、設置および維持コストを考慮しない場合は、消費者は再生可能エネルギーをできるだけ多く使用したい傾向になることが明らかになった。

2. 発表者（代表）名：XU Siyi・Masahiro Sugiyama・Koichi Yamaura・JU Yiyi

発表標題：Public Perceptions and Willingness-To-Pay for Zero Energy Houses in Japan

学会等名：環境経済・政策学会 2020 年大会

発表年：2020

概要：Zero energy houses (ZEHS) have gained global attention as many countries regarded it as an excellent solution to address climate challenges. However, very few studies attempted to analyze its public perceptions in Japan. This paper investigated the willingness to pay (WTP) of Japanese household for ZEHS and analyzed factors that influence public perception of solar panel technology, using a 1000-sample online survey questionnaire. The survey was conducted in late January and included both a discrete choice experiment and questions examining the public perception of solar installation. We found that Japanese respondents who live in detached houses generally show a lack of understanding of renewables and

that the level of interest in installing solar and WTP for the ZEHs are low. We also found that awareness on renewables such as knowing new energy policy and searching information on solar is the critical factor of the plans to install renewables, while most social-demographic and neighborhood variables seem not to influence it. Our study suggested that the government should strengthen education on renewables to promote ZEHs in Japan.

3. 発表者（代表）名：宁雨桐・武田桃子・菅沼敏幸・渡邊裕美子・蔡耀賢

発表標題：台湾住宅用電力シミュレーションデータの対日本比較と蓄電池導入効果のモデル分析

学会等名：第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス

発表年：2021

概要：The aims of this paper are twofold. First, we clarified the difference in residential electricity end use between Taiwan and Japan using Taiwan's housing simulation data and Japan's HEMS measurement data. Second, using the ESI Residential Energy model, we propose the analysis of the effect of introducing home storage batteries. For the latter analysis, we clarified the operation that combined solar power generation and home storage batteries showed the greatest effect. In conclusion, even if FIT price drops someday, it can still have a great effect on the electricity charge reduction with the combination we testified.

4. 発表者（代表）名：武田 桃子・菅沼 敏幸・渡邊 裕美子・岩船 由美子・森 裕子

発表標題：ESIRE モデルを利用した家庭用蓄電池導入による経済性の検証

学会等名：第39回エネルギー・資源学会

発表年：2020

概要：This paper presents the economic effect as a retail electricity provider by introducing a storage battery using a residential energy modeling and data of 1,914 houses. ESI Residential Energy Model developed by University of Tokyo is used. This paper calculates that if procurement cost and wholesale price are the current electricity market price, the introduction of home storage batteries will reduce the procurement costs of electricity providers by 10,000 yen per household annually. It will not bring any benefit to retail electricity providers. However, if the spread of renewable power generation has a large impact on the electricity market price in the future, the reduction effect may lead to expand. This paper also estimates the impact of introducing storage

batteries on electricity market prices. If storage batteries become more widespread in the future, electricity market prices may be smoothed and procurement costs may be reduced. Retail electricity providers need to verify both the possibility that the price difference between the electricity market prices will increase due to the spread of renewable energy and the possibility that the market price will be smoothed due to the spread of storage batteries.

(3) 図書

(4) 産業財産権（特許権、実用新案権、意匠権）

(5) その他

1) 解説

1. 著者名：高瀬香絵

標題：エネルギー属性トラッキング専門家会合 REC Market Meeting 2019 に参加して

雑誌名・巻号：エネルギー・資源 Vol. 40 No. 5 (2019) 376

発行年（西暦）：2019

掲載頁：376-378

概要：世界で唯一の再生可能エネルギー調達に関するトラッキング・システムの専門家グループ RECS インターナショナルが開催する年次会合「REC マーケットミーティング 2019」に参加し、そこで得られた知見を報告した。議論となっていたのは、長期電力購入契約（PPA, Power Purchase Agreement）といった相対で長期に再エネ属性も含めた再エネ電力を購入する契約方式が、発電側・消費側の双方にとって、「リスクを下げる」好ましいものである、ということであった。PPA についての発表を行ったシュナイダーエレクトリックは、PPA が、企業の評判を上げ、環境対策を進めるだけでなく、経済的にも、リスク的にも好ましいものであることを示していた。一方、PPA を組成するのに魅力的な市場の地図を出していたが、「とても魅力的な市場」「議論に値する市場」のいずれにも、日本は選ばれていなかった。