

# エネルギーシステム分析用産業連関表を用いた 固定価格買取制度の影響分析

田中 佑樹<sup>1</sup>・供田 豪<sup>1</sup>・森杉 雅史<sup>2</sup>・大野 栄治<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 名城大学大学院 都市情報学研究科 (〒461-0048 愛知県名古屋市中区矢田南4-102-9)

<sup>2</sup>正会員 名城大学 都市情報学部 (〒461-0048 愛知県名古屋市中区矢田南4-102-9)

本研究では、近年我が国における再生可能エネルギーの普及が経済や環境に対してどのような影響を与えたかを検証する。ここでは、次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(中野ら2019)(鷲津ら2020)の2時点の表を参考とし、さらに筆者によって修正を施したものを分析対象とした。分析方法については標準的な外生モデルと輸入内生モデルを踏襲し、さらにFIT導入の効果を独自に定義した指標にて評価した。評価視点としては、雇用や生産総額の視点から経済への影響を見出し、環境については内包環境負荷(CO<sub>2</sub>)を用いた。最後に、再生可能エネルギーの普及パターンについて次の4つの電源構成の変化が異なるシナリオを構築し、将来推計を図ると共に、カーボンニュートラルの達成可能性を考察した。①2011年から2020年現在までの変化を延長、②2020年現在から政府が掲げる2030年目標への変化、③2020年の電源構成から自然エネルギー財団による再生可能エネルギー関連の政策が現状維持された場合に予想される2030年時点への変化、④再生可能エネルギー関連の政策がより積極的に打ち出された場合に予想される2030年時点への変化。

**Key Words :** *Feed-in-Tariff, Input-Output Table, Renewable Energy, Embodied Environmental Load*

## 1. はじめに

近年、地球温暖化を抑制するための手段として、世界的にカーボンニュートラルの実現に向けた機運が高まっている。カーボンニュートラルとは、二酸化炭素の排出量を全体としてゼロにすることを指すものである。2018年11月欧州委員会では、2050年のカーボンニュートラル経済の実現を目指す「A clean planet for all」を公表した。2020年9月中華人民共和国の習近平主席は、国連総会の一般討論にて2060年までのカーボンニュートラルを目指す旨を表明している、2021年1月米国バイデン政権は、2050年までのカーボンニュートラル達成を掲げた。このような潮流に追随する形で我が国においても、2020年10月菅首相によって、2050年を目途にカーボンニュートラルを実現することが目標として掲げられることとなった。

ここで、我が国においてカーボンニュートラルを実現するためには、二酸化炭素排出量の約4割を占める発電分野において、温室効果ガス排出量の少ない、ないしは全く排出しないとされる再生可能エネルギー、または原子力発電を積極的に利用していく必要がある。対して我が国では、第六次基本エネルギー計画の策定にあたって、

2030年時点において再生可能エネルギーを36~38%、原子力発電を20~22%使用するという野心的な目標を掲げている<sup>1)</sup>。これは第五次基本エネルギー計画で定めた水準を大幅に上方修正したもので、その背景には、2021年現在までにFIT (Feed-in Tariff) 制度の影響によって、第五次基本エネルギー計画策定当時の2030年時点における目標とされていた再生可能エネルギー比率22~24%の水準を、既に達成してしまっていたという事実がある。しかし同FIT制度は、再生可能エネルギーの普及に大きく貢献したものの、同時に膨大な国民負担をはじめとして、さまざまな問題をも齎している。そこで本研究においては、このFIT制度が我が国の経済・環境に対して与えた影響について、産業連関表を用いて分析し、カーボンニュートラルを達成していくための我が国が具備すべき施策的要件について考察する。

## 2. FIT制度の功罪

ここではFITについて詳述する。我が国における同制度は、東日本大震災の影響から原子力発電が全機稼働停止となり、新エネルギーが強く求められる状況下におい

て、2012年に導入された。これは、既存発電部門に比して未だ高コストであった再生可能エネルギーを普及すべく、再生可能エネルギー由来の電力を一定期間高価格での買取を約束するものであり、近年の我が国におけるエネルギー政策の中心的存在であった。同制度によって我が国の再生可能エネルギーシェアは飛躍的に増加し、FIT開始後4年内において、FIT開始以前の再生可能エネルギー累積導入量を超える量が新規導入されるに至り、今日までその伸びは止まっていない(図-1)。我が国の経済・社会・環境に及ぼしたその影響は、極めて大きいものであると言えるだろう。

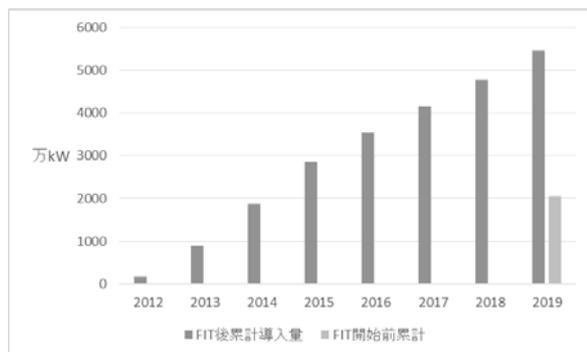


図-1 我が国の再生可能エネルギー導入量の推移

ところで、FITは上記の電力の買い取り代金の原資として、電力代金に電気使用量に応じて上乘せされる再生可能エネルギー促進賦課金を課している。この負担は年々増加し、2021年度の見込みでは総額2.7兆円と膨大な金額に上っているが、これは政府の掲げるエネルギーミックスが実現した暁にはさらに増加し、3.7~4兆円に達すると見込まれる<sup>2)</sup>。さらに、導入された再生可能エネルギーの偏りも問題視されており、事実、FIT開始後導入された再生可能エネルギーの9割以上が太陽光発電である。

また、再生可能エネルギーの導入を加速化させるメリットと必要性について、環境省は以下の8つを掲げている。

- ①温室効果ガスの削減
- ②エネルギー自給率の向上
- ③化石燃料調達に伴う資金流出の抑制
- ④産業の国際競争力の強化
- ⑤雇用の創出
- ⑥地域の活性化
- ⑦非常時のエネルギーの確保、である。

しかし、このうちの特に④⑤の事項については、我が国の再生可能エネルギー産業、太陽電池分野における日系企業の事業は著しく縮小しており、2020年には三菱電機が、2022年にはパナソニックが事業から撤退する事を予定しており、必ずしもFITの狙いは実現している

とは言い難い。FIT制度の本質は利益獲得インセンティブであるため、利用主体はより大きな利益を獲得すべく、海外産の安価な発電設備に傾倒しがちである。結果、FITに誘発された需要を見込んだ海外企業の製品の多くが国内を席巻したものと考えられる。これはある意味、FITによる悪影響とも言える。また、FITが③にあるように化石燃料の調達に伴う資金流出を減少せしめたとしても、再生可能エネルギーに必要な機材を国産ではなく輸入に頼るのであれば意味がない。また、②のエネルギー自給率の向上についても、同様な理屈が成立する。

我が国は本来、クリーンな石炭火力発電や原子力発電など、既存電力分野において高度な技術を有している。こうした比較優位性を放棄し、膨大な国民負担を伴いながらも再生可能エネルギーを敢えて推進していく事は、持続可能性を高める手段として果たして適当であるのだろうか。緩和策が世界人類にとって有益であることは疑いようもないことであろうが、国益を削ぐようなあまりに拙速な行為は現状の日本では禁物であると思われる。

次に、再生可能エネルギー推進の大きな目的の一つは温室効果ガスの削減であるが、単に発電シェアを再生可能エネルギーに傾ければそうなるとは限らない。産業全体への影響は包括的に捉えるべきものであって、たとえば再生可能エネルギーそのものからは温室効果ガスが排出されずとも、その部門から発する前方連関効果を帰着先でGHGs (GreenHouse Gas: 温室効果ガス) は多く排出されているかもしれない。これを吟味するには、産業連関表に内包環境負荷推計を実施することが望ましい。

そこで本研究においては、エネルギーシステム分析用産業連関表を用いて、FIT制度導入の影響について、経済・環境の面から検証を行う。また、現在画策されているいくつかの我が国のエネルギー政策について、その顛末を予測・推計し、今後のありうるべきエネルギー・環境政策について考えていくこととする。

### 3. 既存研究

本研究は、早稲田大学・スマート社会技術融合研究機構・次世代科学技術経済分析研究所のウェブサイトより、2011年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表と2015年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表<sup>3)4)</sup>の二表を参考に、これをさらに修正した産業連関表を用いて、産業連関分析を行なったものである。

ここでは、元とした二表とその変更点を紹介する。まず2011年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表

では、総務省による 2011 年統合一分類表の事業用電力部門および電力施設建設部門を、行列ともに発電部門と送配電部門に分割し、またこの部門の行列ともに、原子力、火力、水力、および表-1 に示した各種の再生可能エネルギー部門に分割した取引額表、および投入係数表、逆行列表である。

また、その他には太陽電池モジュール、乗用車(EV)部門、風車部門、住宅用/事業用太陽光パネル、風力発電設備の機械修理部門が新設されている。

2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表では、総務省公表の 2015 年産業連関表に、表-1 に示される再生可能エネルギー関連部門（電力設備・施設建設部門、発電部門、その他の関連部門）を新たに明示した取引額表、投入係数表、逆行列表である。そのため、これらの表を用いる事で、2011 年及び 2015 年における我が国の次世代エネルギーシステム、すなわち再生可能エネルギー分野のより詳細な分析が可能となっている。

本研究においては、この二表の比較を第四章で示すように行うが、それにあたっては、以下のように統合作業を行う事で比較を可能にしている。

本研究においては、この二表の比較を第四章で示すように行うが、それにあたっては、表-2 のように統合作業を行う事で比較を可能にしている。

表-1 再生可能エネルギー各部門と施設発電容量

| 部門              | 施設発電容量                |
|-----------------|-----------------------|
| 太陽光発電（住宅設置用）    | 4 kW                  |
| 太陽光発電（メガソーラー）   | 1,200 kW              |
| 陸上風力発電          | 20,000 kW             |
| 着床式洋上風力発電       | 150,000 kW            |
| 中小水力発電          | 199 kW                |
| 大規模地熱発電         | 30,000 kW             |
| バイナリー地熱発電       | 50 kW                 |
| 木質バイオ_A級タイプ発電   | 30,000 kW             |
| 木質バイオ_B級タイプ発電   | 5,000 kW              |
| 木質バイオ_C級タイプ発電   | 1,990 kW              |
| 生ごみメタン発酵ガス化発電   | 50 t/日                |
| 下水メタン発酵ガス化発電    | 161 m <sup>3</sup> /日 |
| 家畜糞尿メタン発酵ガス化発電  | 95 t/日                |
| 大都市廃棄物焼却施設発電    | 600 t/日               |
| 地方中核都市廃棄物焼却施設発電 | 300 t/日               |

表-2 2011 年産業連関表における部門統合

| 統合前       | 統合後                   |
|-----------|-----------------------|
| 金属鉱物      | ⇒ その他鉱業               |
| 非金属鉱物     |                       |
| 原子力発電施設建設 | ⇒ 既存電力・送配電設備<br>・施設建設 |
| 火力発電施設建設  |                       |
| 水力発電施設建設  |                       |
| 送配電施設建設   |                       |

また、2011 年時点に全く存在しなかった部門（木材

チップ（発電用）、中小水力発電、バイナリー発電、木質バイオ発電各種、メタン発電各種、廃棄物焼却施設発電、着床式洋上風力発電、家畜糞尿メタン発酵熱供給）については、値を 0 としたうえで挿入し、比較を行っている。

なお 2011 年時点と 2015 年時点における発電部門の国内需要合計の配分は表-3 のようになっている。ただし 2011 年時点に存在しなかった部門に対しては便宜的に 0 を挿入し比較を行っている。

表-3 発電部門の国内需要合計配分

| 部門                  | 2011 年 | 2015 年 |
|---------------------|--------|--------|
| 事業用火力発電             | 72.14% | 89.38% |
| 事業用原子力発電            | 18.74% | 0.90%  |
| 事業用水力及びその他の発電（除、別掲） | 8.03%  | 9.34%  |
| 太陽光発電（住宅設置用）        | 0.79%  | 0.09%  |
| 太陽光発電（メガソーラー）       | 0.00%  | 0.13%  |
| 陸上風力発電              | 0.02%  | 0.02%  |
| 着床式洋上風力発電           | 0.00%  | 0.00%  |
| 中小水力発電              | 0.00%  | 0.01%  |
| 大規模地熱発電             | 0.27%  | 0.00%  |
| バイナリー地熱発電           | 0.00%  | 0.00%  |
| 木質バイオ_A級タイプ発電       | 0.00%  | 0.04%  |
| 木質バイオ_B級タイプ発電       | 0.00%  | 0.01%  |
| 木質バイオ_C級タイプ発電       | 0.00%  | 0.00%  |
| 生ごみメタン発酵ガス化発電       | 0.00%  | 0.00%  |
| 下水メタン発酵ガス化発電        | 0.00%  | 0.00%  |
| 家畜糞尿メタン発酵ガス化発電      | 0.00%  | 0.00%  |
| 大都市廃棄物焼却施設発電        | 0.00%  | 0.03%  |
| 地方中核都市廃棄物焼却施設発電     | 0.00%  | 0.05%  |

#### 4. エネルギー分析用産業連関表を用いた解析

##### (1) 産業連関分析の概要

次に、本研究で使用した産業連関分析方法について紹介する。産業連関分析とは、国民経済計算勘定の1つとして位置づけられており、経済予測や政策効果等を計測するための簡易分析ツールである。産業連関表は、大きく分けて、中間投入産出表、付加価値表、最終需要表に分けられ、これは、国や県といった代表的な1地域の産業連関表の概要を示しており、我が国における再生可能エネルギーに関連する産業（業種）構造と、産業相互の結びつきを明らかにすることで、FITが我が国の全産業に対して与えた影響を判断することを可能にしている。また、本研究では前述の早稲田大学・スマート社会技術融合研究機構・次世代科学技術経済分析研究所のウェブサイトより入手した二表を参考に、これをさらに修正した産業連関表を用いて、以降に示すようなモデル展開を図って、分析を行なっている。

## (2) 使用するモデル

本研究においては、同じような生産物（電力）を得るにしても、様々な差別化されて異なった生産技術を持つようなセクターが複数ある場合、それらに対する最終需要の構造が変化すると、産業全体や付加価値、あるいは環境負荷排出量においていかなる影響を与えるかを解析していく。以降、その手順を説明する。

波及効果の大きさは、輸入の在り方が内生的か外生的かといった考え方の違いによって変化してくる。また、波及効果の帰着先が何処になるかによって需要喚起策としての投資効果の産業部門の順位関係も大きく変化する。具体的な計算手は以下の通りである。

### ① (輸入) 外生モデル (①モデル)

このモデルは最も標準的な均衡産出高モデルであり、輸入は他の変数に依存する構造を持たない。そこで、他のモデルと区別するため、このモデルを (輸入) 外生モデルと称し、その均衡産出高モデル式は以下のように定義される。

$$\mathbf{X} \equiv \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{F} \quad (1)$$

ただし、 $\mathbf{X}$  : 生産総額,  $\mathbf{A}\mathbf{X}$  : 中間投入ベクトル,  $\mathbf{F}$  : 最終需要である。

式(1)より、仮想的な需要喚起をもたらす政策による生産総額へ与える波及効果は以下のような標準的なレオンチェフ逆行列によって示される。

$$\Delta \mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \mathbf{F} \quad (2)$$

ここで、 $\Delta \mathbf{X}$  : 生産総額への波及効果,  $\mathbf{I}$  : 単位行列,  $\mathbf{A}$  : 投入産出係数行列,  $\Delta \mathbf{F}$  : 最終需要の限界的な変化分である。

他のモデルと比較すると明確になるが、このモデルでは、波及効果の算定には、本来、他地域や他国に帰着する需要分も含まれている。その意味では、考慮すべき波及効果の範囲は無制限であり、地球規模の空間スケールで仮想的政策を評価するものである。

### ② 輸入内生モデル (②モデル)

このモデルも標準的な輸入内生モデルである。今、産業の輸入額を地域内最終需要計（消費と投資、中間投入計の合計値）で除した「輸入係数」は固定的であると考ええる。すなわち、地域内で生じた需要は海外からの輸入に補われ、その比率は一定である。この輸入係数を対角に並べ、その他の要素を0とした行列を輸入係数行列 $\mathbf{M}$ とし、その均衡産出高モデル式は以下の通りになる。

$$\mathbf{X} \equiv \mathbf{A}\mathbf{X} - \mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{F}_D - \mathbf{M}\mathbf{F}_D + \mathbf{E} \quad (3)$$

ただし、 $\mathbf{F}_D$  : 国内最終需要,  $\mathbf{E}$  : 輸出である。

$$\Delta \mathbf{X} = (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{A})^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{M})\Delta \mathbf{F}_D \quad (4)$$

他のモデルと比較すると、このモデルで考慮する波及

効果の空間範囲は国である。すなわち、国内のどの地域に需要が帰着するかは問わないが、海外へ及ぶ分は考慮しないことになる。

そこで本研究においては、(輸入) 外生モデルと輸入内生モデルの差分を取ることで、我が国で発生した国内最終需要の内、どの程度が海外に帰着したかについて割り出すことを試みた。これは以下の式で算出される。

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{F}_D - (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{A})^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{F}_D \quad (5)$$

また、3章にて提示した二表間でこれを比較するとき、2011年と2015年では国内需要ベクトルそのものが異なる事から、そのまま数値を比較するのではなく、(輸入) 外生モデルと輸入内生モデルの差分をさらに (輸入) 外生モデルの値で除すことで、需要全体に占める海外へ帰着する割合を出し、これを比較した。それは以下の式で表される。

$$\frac{\text{sum}[(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f}_D^i - (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{A})^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{M})\mathbf{f}_D^i]}{\text{sum}[(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f}_D^i]} \quad (6)$$

ただし、 $\mathbf{f}_D^i$  : 第i要素のみ1として他は0とするベクトル,  $\text{sum}$ はベクトルの要素の単純和である。

上式の分子は、(輸入) 外生モデルと輸入内生モデルにおける各部門への影響力係数ベクトルの差分を示す。この要素の和を $\text{sum}$ で算出し、(輸入) 外生モデル単体での算定値との比をとることで、各年代における各部門へ発生した国内最終需要による帰着効果の海外流出率を算定することができる。これは (輸入) 外生モデル単体での算定値で除しているため基準化されており、当年の国内最終需要の値に左右されることもない。

また今回、環境に関する分析を行うにあたっては、早稲田大学・スマート社会技術融合研究機構・次世代科学技術経済分析研究所のウェブサイトより取得したCO2の排出量原単位を用いている。これを輸入内生モデルで得られた結果に乗算することで求める。これは以下の式で表される。

$$\mathbf{G}(\mathbf{A}\mathbf{X} - \mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{F}_D - \mathbf{M}\mathbf{F}_D + \mathbf{E}) \quad (7)$$

$\mathbf{G}$  : 排出量原単位を対角に並べ、その他の要素を0とした行列。

この算出は内包環境負荷<sup>9)</sup>という概念に基づいており、すなわち、ある産業において最終需要が生じると、その生産に必要な中間投入財を生産する他産業にも需要が波及する。その波及先における温室効果ガスの排出量も、当初のある産業への最終需要の変化によって環境に与えられる負荷であるものとする。

## 5. 推計結果

(1) 波及効果の比較

まず、①モデル、②モデル、式(5)、(6)で得られた結果の、2011年と2015年の比較を行う。対象は再生可能エネルギーのうち、2011年時点の数値が存在する太陽光発電（住宅設置用）、太陽光発電（メガソーラー）、陸上風力発電、大規模地熱発電の4部門と、太陽光、風力、地熱の自家発電部門、これらに關係する3部門とする。これを並べたものが表-4である。

表-4 2011年表と2015年表の比較

|                    | 2011    |         |         |       |
|--------------------|---------|---------|---------|-------|
|                    | 内生      | 外生      | 外生-内生   |       |
| 太陽電池モジュール          | 280,969 | 298,949 | 17,980  | 6.0%  |
| 風車・同部品             | 11,412  | 20,864  | 9,451   | 45.3% |
| ブレード（風力発電）         | 2,488   | 4,548   | 2,060   | 45.3% |
| 自家発電（太陽光・メガソーラー発電） | 12,592  | 22,054  | 9,462   | 42.9% |
| 自家発電（風力発電）         | 461     | 807     | 346     | 42.9% |
| 自家発電（地熱発電）         | 56      | 98      | 42      | 42.9% |
| 機械修理（住宅用）          | 7,618   | 8,795   | 1,178   | 13.4% |
| 機械修理（メガソーラー）       | 25      | 30      | 6       | 18.7% |
| 機械修理（風力発電）         | 122     | 150     | 28      | 18.7% |
| 太陽光発電（住宅設置用）       | 66,743  | 77,062  | 10,319  | 13.4% |
| 太陽光発電（メガソーラー）      | 459     | 565     | 106     | 18.7% |
| 陸上風力発電             | 2,271   | 2,793   | 522     | 18.7% |
| 大規模地熱発電            | 35,962  | 44,231  | 8,270   | 18.7% |
| 合計                 | 421,177 | 480,946 | 59,769  |       |
|                    | 2015    |         |         |       |
|                    | 内生      | 外生      | 外生-内生   |       |
| 太陽電池モジュール          | 80,291  | 470,099 | 389,808 | 82.9% |
| 風車・同部品             | 31,075  | 71,126  | 40,051  | 56.3% |
| ブレード（風力発電）         | 5,272   | 12,067  | 6,795   | 56.3% |
| 自家発電（太陽光・メガソーラー発電） | 21,224  | 35,527  | 14,304  | 40.3% |
| 自家発電（風力発電）         | 17,987  | 30,109  | 12,122  | 40.3% |
| 自家発電（地熱発電）         | 667     | 1,116   | 449     | 40.3% |
| 機械修理（住宅用）          | 967     | 1,089   | 122     | 11.2% |
| 機械修理（メガソーラー）       | 2,796   | 3,414   | 618     | 18.1% |
| 機械修理（風力発電）         | 683     | 832     | 149     | 18.0% |
| 太陽光発電（住宅設置用）       | 7,219   | 8,130   | 911     | 11.2% |
| 太陽光発電（メガソーラー）      | 19,063  | 23,339  | 4,276   | 18.3% |
| 陸上風力発電             | 3,742   | 4,582   | 839     | 18.3% |
| 大規模地熱発電            | 59      | 73      | 13      | 18.3% |
| 合計                 | 191,046 | 661,505 | 470,459 |       |

このとき、2011年から2015年の間に、需要のうち海外へ帰着した割合で最も大きな変化がみられたものは、「太陽電池モジュール」部門であった。同部門では、2011年時点においては、需要のうち海外へ帰着したものはわずか6%にすぎなかったが、2015年には需要のうち約82.9%が海外へ帰着しており、4年で約76.9%も増加したことになる。この4年間における同部門の変化は図-2のようになる。

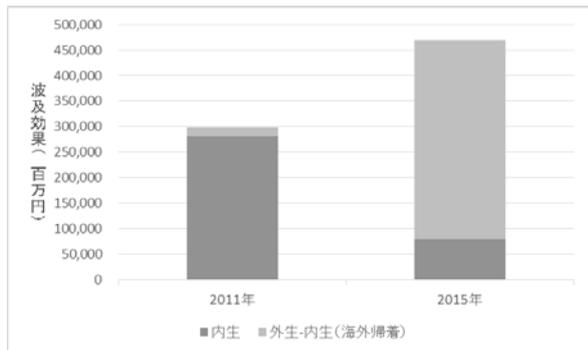


図-2 太陽電池モジュールの波及効果

図-2に示されるように、太陽電池モジュールの需要そのものは約157%に増大しているものの、そのうち国内に帰着した需要は約29%にまで減少し、2011年時点すら下回ってしまったことが見て取れる。

次に大きな変化がみられるのは「風車・同部品」「ブレード（風力発電）」部門である。これは図-3、図-4のようになる。

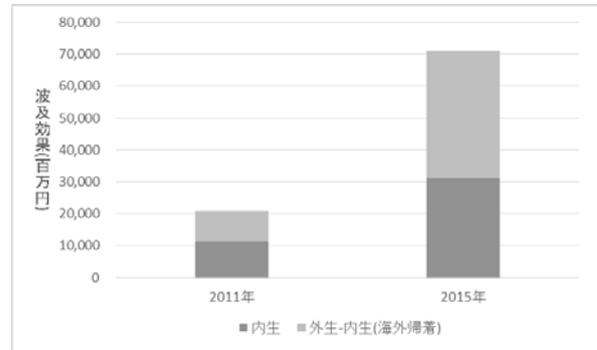


図-3 風車・同部品の波及効果

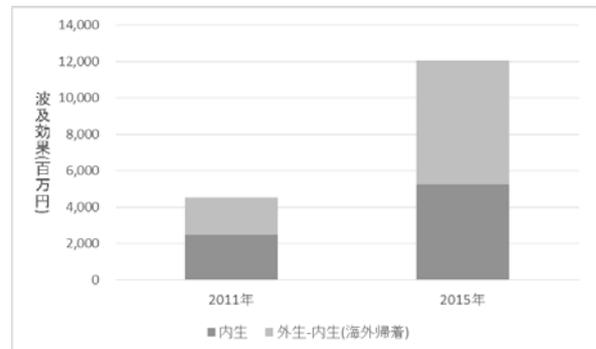


図-4 ブレード（風力発電）の波及効果

このように、風力発電に関しても、これに関わる発電設備について、太陽電池モジュールと同様の傾向が見て取れる。需要の大きさに関しては、2011年から2015年への推移を見ると、風車・同部品部門に関しては約341%、ブレード（風力発電）部門を比較すると約265%とどちらも大きく伸ばしたが、海外へ帰着した需要の量もまた増加、需要のうち海外に帰着したものは、両部門とも率にして11%増加しており、我が国の主要な再生可能エネルギー分野における海外への依存度の高まりが改めて示される結果となった。

ただし、これらの二部門に関しては、需要の増加により2011年時点よりも国内に帰着する需要の量そのものは増加していることから、需要の大半が国外へ帰着し、国内へ帰着した量が減少した太陽電池モジュール部門に比較すると、より健全であると言え、また自家発電及び発電部門を見ると、すべての部門で海外へ帰着する率は減少している事、ほとんどの部門において、需要そのものが大きく増加している事も読み取れる。このことから、我が国においては2011年から2015年にかけて、再生可能エネルギーの需要が増加した一方で、発電設備にお

いて海外への依存度を高めていったこと、それは特に太陽電池モジュールで著しい事が分かる。また、太陽光発電（住宅設置用/メガソーラー）部門に注目すると、メガソーラーでは増加しているものの、住宅設置用では需要そのものが大幅に減少している事がわかる。これは太陽光発電の事業者が、個人よりも企業や資産家、自治体などメガソーラー発電を利用できる主体に変化した事を示しているものと思われる。

## (2) 波及効果の比較

次に、式(7)を用いて2011年と2015年における我が国の二酸化炭素排出量の比較を行っていく。ここでは特に、エネルギー部門とそれに関連するいくつかの部門を抜粋し提示する（表-5）。

表-5 二酸化炭素排出量

|                      | 2011年     | 2015年     | 変化       |
|----------------------|-----------|-----------|----------|
| 石炭・原油・天然ガス           | 92451     | 76472     | -15979   |
| 風車・同部品               | 0         | 2         | 2        |
| ブレード(風力発電)           | 119       | 215       | 96       |
| 太陽電池モジュール            | 39736     | 4991      | -34745   |
| 既存電力・送配電設備・施設建設      | 73032     | 30904     | -42128   |
| 太陽光(住宅用)発電設備・施設建設    | 6226      | 8687      | 2460     |
| 太陽光(メガソーラー)発電設備・施設建設 | 399       | 45136     | 44738    |
| 陸上風力発電設備・施設建設        | 827       | 1212      | 385      |
| 地熱・補充井発電設備・施設建設      | 149       | 1468      | 1319     |
| 事業用火力発電              | 390773651 | 441020197 | 50246546 |
| 事業用原子力発電             | 772551    | 12385     | -760165  |
| 事業用水力発電              | 300590    | 301659    | 1069     |
| 太陽光発電(住宅設置用)         | 0         | 0         | 0        |
| 太陽光発電(メガソーラー)        | 37        | 3374      | 3337     |
| 陸上風力発電               | 273       | 365       | 92       |
| 大規模地熱発電              | 3761      | 9         | -3752    |
| 送配電事業                | 10535644  | 4339292   | -6196352 |
| 自家発電(火力発電)           | 14144504  | 20785870  | 6641366  |
| 自家発電(水力発電)           | 4708      | 2705      | -2003    |
| 自家発電(太陽光・メガソーラー発電)   | 741       | 7049      | 6308     |
| 自家発電(風力発電)           | 27        | 5797      | 5770     |
| 自家発電(地熱発電)           | 2         | 168       | 166      |
| 機械修理(住宅用)            | 596       | 54        | -543     |
| 機械修理(メガソーラー)         | 3         | 155       | 152      |
| 機械修理(風力発電)           | 19        | 38        | 19       |
| エネルギー関連部門合計          | 416750045 | 466648205 | 49898160 |
| 全産業合計                | 830352799 | 841030472 | 10677673 |

分析の結果、2011年から2015年にかけて、我が国の全産業部門から排出された二酸化炭素は、約1千万トン増加、うちエネルギー関連部門のみを抜き出すと、約5千万トンの増加と推計され、非エネルギー部門における排出減をエネルギー部門が打ち消してしまっている事が見て取れる。またこの増加量は、二酸化炭素の社会的コストを、米国環境保護庁の基準<sup>9)</sup>に従って5598円/tと考えると、約2800億円分に相当する。

## 6. 将来シナリオ推計

ここでは、今後の我が国の環境政策について、将来シナリオを推計することで論じていく。

表-6 電力関係部門 二酸化炭素排出量

|                    | 2011年       | 2015年     |
|--------------------|-------------|-----------|
| 事業用火力発電            | 390773650.8 | 441020197 |
| 事業用原子力発電           | 772550.7532 | 12385.441 |
| 事業用水力発電            | 300590.2312 | 301659.02 |
| 太陽光発電(住宅設置用)       | 0           | 0         |
| 太陽光発電(メガソーラー)      | 37.04502258 | 3374.1365 |
| 陸上風力発電             | 273.2312057 | 365.32498 |
| 大規模地熱発電            | 3760.929249 | 8.6902155 |
| 送配電事業              | 10535643.57 | 4339291.8 |
| 自家発電(火力発電)         | 14144504.17 | 20785870  |
| 自家発電(水力発電)         | 4707.6647   | 2704.8757 |
| 自家発電(太陽光・メガソーラー発電) | 740.68232   | 7049.1324 |
| 自家発電(風力発電)         | 26.86286713 | 5797.3442 |
| 自家発電(地熱発電)         | 2.052907901 | 168.3604  |
| 機械修理(住宅用)          | 596.331406  | 53.621706 |
| 機械修理(メガソーラー)       | 2.954603686 | 155.05032 |
| 機械修理(風力発電)         | 19.22697001 | 37.863497 |
| 合計                 | 416537106.5 | 466479118 |

まず我が国は現在、2030年までに電力分野の二酸化炭素排出量を3.6億トンにまで減少させることを目標としている。2015年時点での電力分野での二酸化炭素排出量は約4.6億トンであり、約1億トンの減少を必要としている（表-6）。

そこで、ここでは、電力部門の国内需要合計やその他産業構成が変わらず、電源構成のみが政府の想定する2030年時点での電源構成に変わった時、どの程度二酸化炭素排出量に変化があるかを見ていく。

経済産業省<sup>7)</sup>によると我が国の2030年時点の電源構成の目標は、火力発電が約41%、原子力発電が20-22%、太陽光15%、風力6%、地熱1%、水力10%、バイオマス5%、水素・アンモニアで1%というものを掲げている。そのため、2015年の産業連関表において国内需要合計を以下のように配分しなおす（表-7）。

表-7 国内需要合計配分

|                 | 2,015       | 2030 (目標)  | 増減率     |
|-----------------|-------------|------------|---------|
| 事業用火力発電         | 15770083    | 7216458.79 | 46%     |
| 事業用原子力発電        | 156839.6293 | 3882761.65 | 2476%   |
| 事業用水力発電         | 1634248.883 | 1763240.43 | 108%    |
| 太陽光発電(住宅設置用)    | 7888.022176 | 693957.92  | 8798%   |
| 太陽光発電(メガソーラー)   | 22203.50971 | 1953379.57 | 8798%   |
| 陸上風力発電          | 4358.748602 | 1056012.63 | 24227%  |
| 着床式洋上風力発電       | 12          | 2922.36    | 24227%  |
| 中小水力発電          | 1,530       | 1,651.24   | 108%    |
| 大規模地熱発電         | 69          | 91605.93   | 132550% |
| バイナリー地熱発電       | 64          | 84883.24   | 132550% |
| 木質バイオ_A級タイプ発電   | 7,176       | 720115.20  | 10035%  |
| 木質バイオ_B級タイプ発電   | 1,487       | 149261.78  | 10035%  |
| 木質バイオ_C級タイプ発電   | 48          | 4772.11    | 10035%  |
| 生ごみメタン発電        | 9           | 913.68     | 10035%  |
| 下水メタン発電         | 7           | 682.34     | 10035%  |
| 家畜糞尿メタン発電       | 67          | 6700.73    | 10035%  |
| 大都市廃棄物焼却施設発電    | 19,570      | 8955.38    | 46%     |
| 地方中核都市廃棄物焼却施設発電 | 23,255      | 10641.64   | 46%     |

また、計算において用いるF<sub>D</sub>（国内最終需要計）についても、同様に配分した（表-8）。

表-8 国内最終需要計配分

|                 | 2015FD   | 2030年用 F D  |
|-----------------|----------|-------------|
| 事業用火力発電         | 4792703  | 2192474.803 |
| 事業用原子力発電        | 48061.89 | 1179644.662 |
| 事業用水力発電         | 500798.7 | 535700.4474 |
| 太陽光発電(住宅設置用)    | 4605.503 | 210835.4381 |
| 太陽光発電(メガソーラー)   | 6803.969 | 593467.7404 |
| 陸上風力発電          | 1335.68  | 320833.4111 |
| 着床式洋上風力発電       | 3.696303 | 887.8602937 |
| 中小水力発電          | 468.9823 | 501.6716085 |
| 大規模地熱発電         | 21.17803 | 27831.33592 |
| バイナリー地熱発電       | 19.62384 | 25788.87598 |
| 木質バイオ_A級タイプ発電   | 2199.062 | 218782.4343 |
| 木質バイオ_B級タイプ発電   | 455.8102 | 45348.09884 |
| 木質バイオ_C級タイプ発電   | 14.57291 | 1449.843954 |
| 生ごみメタン発電        | 2.790152 | 277.589465  |
| 下水メタン発電         | 0        | 207.3058766 |
| 家畜糞尿メタン発電       | 20.46243 | 2035.787064 |
| 大都市廃棄物焼却施設発電    | 1580.47  | 2720.785172 |
| 地方中核都市廃棄物焼却施設発電 | 2925.736 | 3233.100059 |

以上の数値を用いて推計を行ったところ、主に事業用火力発電が半分以下になったことに起因して、全体で約8400万トンの削減が確認できた。しかしながら、目標の約1億トンまでには1600万トンほど不足しており、甚だしく不足とまでは言わない物の、さらに高い目標の設定が必要と考えられる。

以下、温室効果ガス排出量の減少要因として主な上位10部門を表-9に示す。

表-9 減少要因上位10部門

|                | 2015推計    | 2030推計    |           |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| 石炭・原油・天然ガス     | 76472     | 71323     | -5148     |
| 石油製品           | 23799233  | 23678452  | -120781   |
| 石炭製品           | 13790056  | 13293622  | -496435   |
| 再生資源回収・加工処理    | 86764     | 84597     | -2166     |
| 事業用火力発電        | 441009717 | 356932877 | -84076840 |
| 送配電事業          | 4339199   | 4321851   | -17348    |
| 道路輸送(自家輸送を除く。) | 42641331  | 42572955  | -68376    |
| 水運             | 7986642   | 7855723   | -130919   |
| 貨物利用運送         | 861256    | 858597    | -2660     |
| 倉庫             | 284056    | 278937    | -5119     |

減少要因の大半は火力発電、及び石油・石炭製品の減少によるが、これら化石燃料を運ぶ水運、また倉庫なども減少が確認できた。

次に、温室効果ガス排出量の増加要因として主な上位10部門を表-10に示す。

表-10 増加要因上位10部門

|               | 2015推計   | 2030推計   |        |
|---------------|----------|----------|--------|
| 耕種農業          | 8776959  | 8791783  | 14824  |
| 食料品           | 6995427  | 7022186  | 26759  |
| 木材チップ(発電用)    | 1114     | 18452    | 17337  |
| 銑鉄・粗鋼         | 50258548 | 50322398 | 63850  |
| 事業用原子力発電      | 12385    | 116483   | 104097 |
| 太陽光発電(メガソーラー) | 3374     | 107216   | 103842 |
| 陸上風力発電        | 365      | 31555    | 31190  |
| 自家発電(火力発電)    | 20785865 | 20841388 | 55523  |
| 廃棄物処理         | 2823378  | 2863596  | 40218  |
| 自家輸送          | 64719287 | 64794671 | 75385  |

増加要因について、再生可能エネルギーの増加によって上記の項目について特に排出量が増加しており、とくに太陽光発電(メガソーラー)と事業用原子力発電は10万トンを超える排出増となった。また一見してかわり薄の耕種農業、食糧部門における排出増も確認された。

また、パリ協定において我が国が掲げる温室効果ガスの排出量減少目標<sup>8)</sup>、2013年比26%減については、2013年度の温室効果ガス排出量14億900万トンから、約3億7千万トン減少させた約10億4千万トン程度に排出量を抑える必要がある、これは2015年の総排出量よりさらに2億トン以上の減少を必要とし、その達成のためには2030年の水準から、さらに火力発電を4割程度にまで減らしていく必要があるとわかった。

## 7. まとめ

以上の推計により、我が国は2011年から2015年までの間に、再生可能エネルギーの普及が推し進められたが、温室効果ガスの排出量減には貢献ができなかった事がわかった。これは主に、東日本大震災による原子力発電の稼働停止による影響を再生可能エネルギーによってでは賄いきれず、火力発電によって埋め合わせたため、結果として排出量が増加したものであることが見て取れる。そのため、2030年目標へと電源構成が変化した場合においては、温室効果ガスの排出量減が認められることから、これはあくまで、2015年時点における再生可能エネルギーの普及が十分でないことを示す者であると言える。

我が国においてFITが制定されたのは、2012年の事であり、これは原子力発電所の全機稼働停止によって減少した発電能力や、クリーンエネルギーの不足を補うべく打ち出されたものでもあった。だが実施後3年が経った2015年時点においてもなお、2011年時点の水準を回復できておらず、そればかりか、2011年から2015年の間には、再生可能エネルギー、特に太陽光や風力など、我が国の再生可能エネルギーにおいて主力と目される部門において、海外へと帰着する率、すなわち海外依存度が上昇、とくに太陽電池モジュールに関しては8割近くが海外へ帰着することとなっており、これは我が国の再生可能エネルギーの9割が太陽光発電である現状と照らし合わせ、おおそ我が国における再生可能エネルギーとは、「持続可能性が高い」ものでもなければ「エネルギー自給率」へ寄与するものでもないことを示している。

FITは、第2章で述べたように、電気利用者から、すなわちほぼすべての国民から再生可能エネルギー促進賦課金を徴収している。この性格は税金にも近いものであり、

にもかかわらず、そうして得た莫大な資金の8割が海外へ帰着するという有様は、2011年から2015年にかけて、太陽光発電の事業主体が企業や資産家、自治体などメガソーラー発電を行なえる者に変化したという推計結果を併せて考えても、電気という所得に応じて利用量が変わらないものに平等に課せられた、強い逆進性が認められる再生可能エネルギー促進賦課金の使い道としては適切であったかどうかについて大いに疑問が残る結果となった。

表-11について、割合は50万、150万、250万、350万、450万、550万、600万で計算した。このように、電力料金の負担は所得が上がるごとに軽くなっていく傾向にある。

表-11 所得階級別電気使用料

|           | 電気代   | 所得に占める割合 |
|-----------|-------|----------|
| 99万円      | 4,875 | 0.975%   |
| 100～199万円 | 5,252 | 0.350%   |
| 200～299万円 | 5,659 | 0.226%   |
| 300～399万円 | 5,110 | 0.146%   |
| 400～499万円 | 4,828 | 0.107%   |
| 500～599万円 | 4,273 | 0.078%   |
| 600万円以上   | 6,156 | 0.103%   |

結論としては、FITによる再生可能エネルギーの促進は、金銭的利益により発電事業者を誘導する仕組みであることから、より安価な海外製の製品へと事業者を向かわせる事となった。火力発電のそれと比較すれば、海外へ帰着する割合自体は低いことがわかる（石炭・原油・天然ガス部門の海外への帰着度は99%を超える）が、しかし、帰着先となるのは再生可能エネルギー機器を作成できる企業、国家であり、すなわち相応の技術を持った、我が国産業のライバル企業に対して多くの帰着がある事が考えられる。現在までに日系の太陽電池事業者の多くが中国企業などとの価格競争に耐えかね撤退している事からも、これは石炭や原油のために流出する資金と比べても一層に悪質な形で流出であるといえるだろう。

FITは、国民全員から取り立てた資金を富裕層とライバルたちに配分した。これは制度設計上、極めて大きな問題であったと考える。再生可能エネルギーを促進するにあたって、プレミアを付けて誘導する方法自体に問題はないが、条件として、国内製品に限るなど、国内産業の涵養につながる、また同時に、国策として再生可能エネルギーを進めるのであれば、負担の割合についても、電気の使用量に応じてではなく、所得など、より公平性のある形でこれを行っていく必要があるだろう。

## 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。ここに記して、深甚の謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証ワーキンググループ（第7回会合）資料2 p5, [https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/cost\\_wg/2021/data/07\\_05.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/2021/data/07_05.pdf)（最終閲覧日：2021年10月1日）
- 2) 経済産業省 今後の再生可能エネルギー政策について 資料1, [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/025\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/025_01_00.pdf)（最終閲覧日：2021年10月1日）
- 3) Ayu Washizu, Satoshi Nakano : Creation and application of the 2011 input-output table for the next-generation energy system IASS WP 2019-E001.
- 4) 鷺津明由, 中野諭：2015年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(組込表)の作成, 早稲田大学先端社会科学研究所ワーキングペーパー, 2021, IASS WP 2021-J002,1-1.
- 5) 中村英佑, 森杉雅史, 井村秀文：国際的相互依存と環境公平性に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol31, pp.395-403, 2003.
- 6) 発電コスト検証に関するこれまでの議論について, 総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ資料2, [https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/cost\\_wg/2021/data/07\\_05.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/2021/data/07_05.pdf)（最終閲覧日：2021年10月1日）
- 7) エネルギー基本計画（素案）の概要 経済産業省, [https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/2021/046/046\\_004.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2021/046/046_004.pdf)（最終閲覧日：2021年10月1日）
- 8) 環境省 報道発表資料 2015年度（平成27年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について, <https://www.env.go.jp/press/103922.html>（最終閲覧日：2021年10月1日）
- 9) 総務省統計局 2016年次家計調査 家計収支編 単身世帯 詳細結果表—5, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200561&stat=000000330001&cycle=7&year=20160&month=0&tclass1=000000330001&tclass2=000000330022&tclass3=000000330023&tclass4val=0>（最終閲覧日：2021年10月1日）

(2021.?? 受付)

## Economic Impact Analysis of Feed-In Tariffs with Input-Output Tables for Energy System Analysis

Yuki TANAKA, Gou TOMODA, Masafumi MORISUGI, Eiji OHNO

This study examines the economic and environmental impact due to the recent rapid spread of renewable energy in Japan. Specifically, we used two point Input-Output tables for “Next Generation Energy System Analysis” (Nakano et al. 2019) (Washizu et al. 2020) as a reference and modified them further. As analytical method, we follow the typical exogenous and import-endogenous model, and define the original evaluation index for impact of Feed-in-Tariff introduction. Total production, gross product, and employment are major viewpoints for economy, and embodied environmental load (CO<sub>2</sub>) for environment. Finally, with 4 different scenarios of renewable energy expected to spread shown below, we conducted forecasting and examine achievability of “Carbon Neutral Society”. (1) Extending the change from 2011 to 2020, (2) Based on the government's 2030 target, (3) Based on 2030 target of the Renewable Energy Foundation's renewable energy policies, and (4) Assumed renewable energy policies would be more aggressive.