

## Original Paper

# Renewable Energy and Employment Potential: A Comparative Analysis Based on an Input-Output Model

Yue MORIIZUMI<sup>\*1†</sup>, Hiroki HONDO<sup>\*1</sup>, and Satoshi NAKANO<sup>\*2</sup>

(Received August 29, 2016)

## 再生可能エネルギーと雇用創出ポテンシャル：産業連関モデルによる比較分析

森泉由恵<sup>\*1†</sup>, 本藤祐樹<sup>\*1</sup>, 中野 諭<sup>\*2</sup>

The present study analyses the employment effects of 12 different power generation technologies using renewable energy resources from a life cycle perspective. Employment characteristics of these technologies are quantitatively revealed by estimating direct and indirect employment creation using the Renewable Energy-Focused Input-Output (REFIO) model the authors developed. The use of the REFIO model allows for the consistent comparison of employment characteristics among all the renewable power generation technologies. The analysis finds that each of the 12 different technologies has unique features. The life cycle employment potential ranges from 1.01 to 5.04 person-year/GWh depending on the types of technologies. In addition, the employment potential is estimated by location (*i.e.* domestic or abroad). It should be noted that wind and photovoltaic power generation technologies indirectly create more employment opportunities abroad than other technologies. Furthermore, the present study examines not only the quantity of jobs created but also their quality. While each technology requires skilled workers for tasks that is distinctive of that technology (*e.g.* well drilling for geothermal, plant operation for wood biomass), a wide range of jobs in service sectors (*e.g.* legal work, finance and accounting, transportation) are created in common with all the technologies.

## Key Words

Power generation technology, Life cycle approach, Input-output analysis, Employment opportunity,  
Job category

本研究では、12種の再生可能エネルギー発電技術を対象に、ライフサイクルにわたる雇用創出効果の分析を行った。著者らが開発した再生可能エネルギー部門拡張産業連関表(REFIO)を用いて直接間接の雇用創出量を推計し、各技術の特徴を定量的に明らかにした。REFIOを用いることにより、12種の再生可能エネルギー発電技術について、共通の手法論に基づく比較を行うことができる。分析より、各発電技術固有の特徴が見出された。推計されたライフサイクル雇用創出ポテンシャルは、1.01～5.04人・年/GWhと技術により大きく異なることが示された。また、本研究では、雇用がどこで創出されるかに着目し、輸入による影響の分析を行った。その結果、太陽光発電と風力発電は、他の技術に比べて海外での雇用創出量が多いことが示された。さらに、本研究では、量的側面だけでなく、創出される雇用機会の質的側面についても検討している。例えば、地熱発電における地熱井の掘削や木質バイオマス発電におけるプラント運転など、各技術に固有の活動を行うための人材が求められる。その一方で、全技術に共通して、法務・財務・会計サービスや輸送をはじめとする幅広いサービス部門において多くの雇用が誘発される。

## キーワード

発電技術, ライフサイクルアプローチ, 産業連関分析, 雇用機会, 職種

※1 Graduate School of Environment and Information Sciences,  
Yokohama National University  
79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama-shi, Kanagawa  
240-8501, Japan

※2 The Japan Institute for Labour Policy and Training  
4-8-23, Kamishakujii, Nerima-ku, Tokyo 177-8502, Japan

† Corresponding author: yue-m@ynu.ac.jp

※1 横浜国立大学大学院環境情報研究院  
〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

※2 独立行政法人労働政策研究・研修機構  
〒177-8502 東京都練馬区上石神井 4-8-23

## 1. はじめに

国や地域の課題克服に向けた手段として、再生可能エネルギーの重要性が高まっている。再生可能エネルギーに期待されるベネフィットは、温室効果ガスの削減、エネルギー安全保障の強化、災害時のエネルギー確保といった環境・エネルギー的側面にとどまらない。新たな産業や雇用の創出など、社会経済面においてもプラスの影響をもたらすことが期待されている。現在、「地方創生」が最優先の政策課題の一つと位置づけられ、国をあげて様々な施策が進められている。地域の持続可能性を高めるためには、地域に安定した雇用が創出されることが求められ、再生可能エネルギーは、この目的を達成するための有効な手段であると考えられている。こうした価値を実現し享受するためには、的確な再生可能エネルギー政策の実施が必要であり、その前提として、的確な評価に基づく情報が不可欠である。

再生可能エネルギーの導入が有する雇用創出ポテンシャルは多様である。例えば、機器・部品に対する需要やメンテナンス等の新たな市場が拡大することにより、雇用が創出されることが考えられる。再生可能エネルギー施設の建設の場合、あるいは、地域で再生可能エネルギー事業を起し、運営して行く際にも労働力需要が喚起されることが見込まれる。これらの雇用機会は、産業や職種が異なるだけでなく、雇用創出のための方策も異なるだろう。よって、再生可能エネルギーの導入にともない、ライフサイクルのどの段階で、どこに、どのような雇用機会が創出されるかを把握するための評価が求められる。また、導入による影響は、個別の事業にとどまらず、産業連関を通じて地域あるいは国全体に波及する。こうした間接的な影響を考慮することも重要である。

さらに、一口に再生可能エネルギーと言っても様々な技術が存在し、それぞれの技術は異なる特徴を持つ。例えば、同じ発電技術でも、太陽光発電と木質バイオマス発電とでは、設備・機器構成、施設建設の内容や規模、操業後のマネジメント方法などは全く異なる。その結果、雇用創出効果の種類や大きさも、技術により異なると予想される。こうした異なる特徴を持つ様々な再生可能エネルギー技術の雇用創出ポテンシャルを統一的に議論するためには、共通の手法論に基づく評価が求められる。

再生可能エネルギー技術が雇用に与えるインパクトを分析した研究は、欧米を中心として行われている。波及効果を含めた影響を評価する手法としては、産業連関表による分析が主流であり、これまでに、地域を対象とした推計例<sup>1)</sup>、一国を対象とした分析例<sup>2)~5)</sup>のほか、EU全体を対象として分析を行った例<sup>6)</sup>がある。これらの分析では、複数の再生可能エネルギー技術を扱っているが、どの政策による雇用効果が大きいのか、あるいは、ネットでプラスの影響があるかなど、雇用創出量を計測することに主眼が置かれており、技術間の差異には触れられていない。一部、技術の特徴に言及している研究<sup>4)</sup>、新たな雇用に必要なスキルに着目した研究<sup>1)</sup>はあるものの、再生可能エネルギー技術の特徴の解明に焦点を当てた検討はなされていない。国内では、著者らの研

究グループにより、太陽光発電・風力発電<sup>7)</sup>、地熱発電<sup>8)</sup>を対象とした雇用効果の分析が行われている。しかし、個別技術の分析を目的とする研究であり、幅広い再生可能エネルギー技術の比較を主眼とした分析は行われていない。

こうした背景から、本研究では、12種の再生可能エネルギー発電技術（以下、再エネ発電技術）を対象に、雇用創出ポテンシャルの推計を行う。推計結果の比較分析を行うことで各技術の特徴を明らかにし、エネルギー・雇用・産業政策形成の基礎となる情報、知見を提示することを目的とする。

## 2. 研究の方法

本研究では、産業連関モデルを用いて、波及効果を含めたライフサイクル雇用創出量を推計する。推計は、以下の4つのステップから構成される。まず、1)再生可能エネルギーに関する部門を組み込んだ新たな産業連関表を作成する。これは、既存の産業連関表には再エネ発電技術に関する独立部門が存在しないためである。次に、2)各部門の雇用係数の推計を行い、3)新たな産業連関表と推計した雇用係数を用いてライフサイクル雇用創出量を求める。最後に、4)輸入にともなう雇用の流出について検討するため、国内分・海外分の雇用創出量を推計する。本章では、2.1節から2.4節において4つのステップの詳細を説明し、2.5節でモデルプラントの設定について述べる。

### 2.1 再生可能エネルギー部門拡張産業連関表の開発

#### 2.1.1 表の枠組み

著者らは、再エネ発電技術導入の影響を分析するため、新たに再生可能エネルギー部門拡張産業連関表（以下、再エネI/O表）を開発した<sup>9)</sup>。本研究では、開発した再エネI/O表を用いて雇用創出ポテンシャルを推計する。再エネI/O表は、現在公表されている最新の産業連関表である「平成23年（2011年）産業連関表」<sup>10)</sup>を母体とする。部門統合により正方化した395行×395列の表に、新たに推計した41部門を組み込んだ。同時に、既存の「事業用電力」部門を送配電部門と発電部門に分割し、発電部門をさらに原子力、石炭火力、石油火力、LNG火力、水力（大規模）とに分割して、441行×441列の表を作成した。

対象とした再エネ発電技術は、太陽光発電4種、風力発電、地熱発電2種、小水力発電、木質バイオマス専焼発電、メタン発酵ガス化発電3種である。太陽光発電は、タイプの違いによる費用構造の差異を考慮し、住宅用、小規模産業用、大規模産業用（屋根設置）、大規模産業用（地上設置）の4技術を対象とした。地熱発電も同様に、規模の違いによる初期投資の差異に着目し、大規模フラッシュ、小規模フラッシュの2技術を考慮した。メタン発酵ガス化発電は、原料により発電プロセスが異なるため、下水汚泥、家畜排せつ物、食品廃棄物を原料とする3技術を想定した。

新設部門は、上記12種の再エネ発電施設の建設・運用部門に関する37部門<sup>脚注1)</sup>、および、設備製造に関する4部門の合計41部門である。設備製造に関しては、その設備が

建設費において重要な位置を占め、かつ、その設備の費用構造が該当する既存部門の費用構造と大きく異なるという2つの観点から、太陽光発電における太陽電池モジュール、風力発電におけるタワー、ナセル、ブレードについて新設部門を作成した。

### 2.1.2 作成方法

再エネI/O表は、新設部門の投入額ベクトル(列部門)と産出額ベクトル(行部門)を推計し、それらを既存のI/O表に組み込むことで作成する。新設部門の推計は、以下の(i)～(v)の手順で行った。(i)～(iii)に投入額ベクトル(列部門)の推計方法を、(iv)に産出額ベクトル(行部門)の推計方法を述べる。

- (i) 投入額ベクトル(列部門)は、各部門が投入した財・サービスのコスト構成を決定することで作成される。まず、標準的と考えられる建設費・運用費の構造の大枠、すなわち、「標準コスト構成比」を算定する。「標準コスト構成比」は、その構成要素である大コスト項目と、総生産額に占める大コスト項目の比率から求める。建設部門の大コスト項目は、調査・設計・監理費、機器費、土木・建築・電気工事費、人件費、一般管理費等であり、これらに営業余剰を含めた建設費総額が建設部門の総生産額となる。運用部門の大コスト項目は、定期点検費、修繕費、保険費、燃料費、水道光熱費、消耗品費、人件費、減価償却費、税金等であり、これらに売電収入による営業余剰を加えた総額が運用部門の総生産額となる。
- (ii) 次に、「標準コスト構成比」の大コスト項目を、詳細コスト項目に細分化する。運用部門では、大コスト項目と詳細コストが一致するケースが多いが、建設部門では、大コスト項目が複数の詳細コスト項目を含むケースが多い。例えば、見積書の「発電設備費」に、機器本体費、設置のための材料費、電工や据付工の労務費が含まれる場合がある。機器費、材料費、労務費は、それぞれ異なる産業連関表の部門に該当するため、「発電設備費」の内訳を推計する必要がある。詳細コスト項目の推計は、a)事業者によるデータ、b)標準歩掛や労務・資材単価などの公表データ、c)産業連関表のデータを用いて行った。
- (iii) 詳細コスト項目を産業連関表の部門分類に対応させて各部門に計上するとともに、購入者価格から生産者価格への変換を行い、列部門を作成する。

(iv) 産出額ベクトル(行部門)は、各部門の総生産額の産出内訳を決定することで作成される。建設部門の生産物は、全て最終需要部門(固定資本形成部門)へ産出される。運用部門の生産物は、全て「送配電」部門に産出される。「送配電」部門は、既存の「事業用電力」部門を、発電という活動と、送配電という活動に分割することで作成した。「送配電」部門から各部門への産出比率は、分割前の「事業用電力」部門と同じとしている。

開発した再エネI/O表の最大の特徴は、再エネ発電事業者から入手した工事見積書や収支決算書等の詳細データ(事業者データ)と、各種統計資料や論文・報告書(公表データ)を組み合わせた推計手法を用いている点である。これにより、データの信頼性を担保しつつ、実態に即した費用構造の詳細な推計を行うことを可能にしている。新設部門の作成方法、および、投入係数表の作成方法の詳細は、既報<sup>9)</sup>を参照されたい。

## 2.2 雇用係数の推計

本研究では、雇用係数( $l_j$ )を式(1)のように定義する。

$$l_j = \lambda_j / X_j \quad (1)$$

ここで、 $\lambda_j$ は第 $j$ 部門の直接労働力投入量(人・年)、 $X_j$ は第 $j$ 部門の総生産額(百万円)である。既存部門の雇用係数は、産業連関表の付帯表である雇用表から得られる部門別の従業者総数を用いて算出した。新設部門の直接労働力投入量( $\lambda_j$ )は、以下のように推計した。

### 2.2.1 建設部門の直接労働力投入量

直接労働力投入量は、人件費をもとに推計する。建設部門における人件費は、(i)建設工事の人件費(明示される場合)、(ii)建設工事の人件費(他の費用項目とともに工事費として一括計上される場合)、(iii)建設会社の管理部門での人件費、の3種にわけられる。

(i)は、例えば、「労務費(電工)」などの費用項目で工事見積書に人件費が独立して計上されている場合である。この場合は、労務費の合計額を該当する職種(電工、据付工、鉄筋工、型枠工など)の労務単価(円/人・日)で除することで労働力投入量(人・日)を求めた。

(ii)は、例えば、「附帯工事費」の中に労務費が含まれている場合である。この場合は、最も近いと考えられるI/O表部門、例えば、その他の土木建設部門の投入構造を用いて金額を按分して人件費を算出し、算出した人件費を建設業の平均年収(円/人・年)で除することで労働力投入量(人・年)を求めた。

(iii)は、まず、複数社へのヒアリング情報、および、有価証券報告書に基づき、一般管理費が建設費総額の15%を占めると仮定して一般管理費を算出した。その上で、ヒアリングデータに基づき別途推計した一般管理費中の人件費比率を用いて人件費を算出し、それを建設業の平均年収(円/人・年)で除することで労働力投入量(人・年)を求めた。

労務単価は、年や地域によって金額が異なるため、発電施設の建設年、建設都道府県の数値を用いた。同様に、建設

脚注1) 地熱発電(大規模)の建設部門では、発電施設の建設の他に、資源調査(重力探査、電磁探査、環境影響評価、噴出試験)、井戸掘削(調査井、生産井、還元井)、輸送管敷設(蒸気、熱水)部門を新設した。メタン発酵ガス化発電3技術は、建設部門では処理施設建設、発電施設建設の2部門、運用部門では処理施設運用、発電施設運用の2部門を新設した。ただし、下水汚泥ガス化発電では、発電施設は既存の下水処理場に併設されると想定しているため、処理施設建設部門は設けていない。



業の平均年収も、発電施設の建設年の数値を用いた。

## 2.2.2 運用部門の直接労働力投入量

運用部門における人件費は、(i) 発電所の日常管理のための人件費、(ii) 発電事業者の管理部門での人件費、(iii) 定期点検・修繕のための人件費、(iv) 定期点検費・修繕費の中の共通仮設費や現場管理費に含まれる人件費、の4種に分けられる。

(i) は、まず、ヒアリング情報に基づき、必要となる運転員、電気主任技術者、ボイラー・タービン主任技術者の人数を特定した。電気主任技術者は、発電施設の規模により、外部委託、兼任、専任の区分を設けた。求めた人数に、同じくヒアリングで得た各職種の平均年収を乗じることで労働力投入量を求めた。なお、電気主任技術者、ボイラー・タービン主任技術者の平均年収は、全技術共通であるとした。

(ii) は、コスト等検証委員会、調達価格等算定委員会における想定を参考に、一般管理費が直接費の14%を占めると仮定して一般管理費を算出し、その上で、ヒアリングデータに基づき別途推計した一般管理費中の人件費比率を用いて人件費を算出した。それを全業種の平均年収で除することで労働力投入量を求めた。全業種の平均年収を用いたのは、発電事業者に相当する業種を特定するのが困難なためである。

(iii) は、定期点検費・修繕費に人件費が明示されている場合と、されていない場合とで推計方法が異なる。前者の場合は、計上されている労務費を、該当する職種(点検整備工、設備機械工など)の労務単価(円/人・日)で除することで労働力投入量(人・日)を求めた。後者の場合は、ヒアリング情報をもとに定期点検費・修繕費における人件費の比率を推計し、その比率を用いて人件費を算出した。それを該当する職種の労務単価(円/人・日)で除することで労働力投入量(人・日)を求めた。

(iv) は、定期点検費・修繕費に共通仮設費や現場管理費が計上されており、その中に人件費が含まれる場合である。最も近いと考えられるI/O表部門、例えば、機械修理部門の投入構造を用いて金額を按分して人件費を算出し、それを全業種の平均年収で除することで労働力投入量を求めた。

点検整備工などの労務単価は地域によって異なるため、建設部門と同様に、発電施設の立地都道府県の数値を用いた。

## 2.2.3 設備製造部門の直接労働力投入量

太陽電池モジュール部門、タワー部門、ナセル部門、ブレード部門の直接労働力投入量は、以下のように求めた。まず、ヒアリングデータおよび文献<sup>11)~16)</sup>に基づき、それぞれの部門について、前述した「標準コスト構成比」<sup>脚注2)</sup>を推計した。次に、「標準コスト構成比」をもとに人件費を算出し、それを製造業の平均年収で除することで労働力投入量を求めた。

以上の方法により推計した建設・運用・設備製造部門の

脚注2) 設備製造部門の大コスト項目は、原材料費、ユーティリティ費、人件費、一般管理費、減価償却費、営業余剰である。

労働力投入量を、各部門の総生産額で除して雇用係数を算出した。建設工事における労務費や運用時における点検・修繕のための労務費など、日給により人件費が計上されている場合は、労働力投入量が人・日で算出される。その場合は、該当業種の年間労働日数を用いて換算し、人・年に統一した。Table 1に、推計した新設部門の雇用係数を示す。

## 2.3 産業連関モデルによるライフサイクル雇用量の推計

各部門で直接間接に誘発される雇用量( $L$ )は、式(2)に基づき推計される。

$$L = \hat{I} (I - A)^{-1} F \quad (2)$$

ただし、 $L$ は雇用誘発量ベクトル(人・年)、 $\hat{I}$ は雇用係数の対角行列(人・年/百万円)、 $I$ は単位行列(対角要素を1とする対角行列)、 $A$ は投入係数行列、 $F$ は最終需要額ベクトル(百万円)である。投入係数行列 $A$ の行列要素である $a_{ij}$ は、以下のように求められる。

$$a_{ij} = x_{ij} / X_j \quad (3)$$

ここで、 $x_{ij}$ : 部門 $i$ から部門 $j$ への中間投入額(百万円)、 $X_j$ : 部門 $j$ の総生産額(百万円)である。 $a_{ij}$ は、新たに作成した再エネI/O表から算出される。 $(I - A)^{-1}$ は、レオンチェフ逆行列と呼ばれ、行列の第 $j$ 列は、部門 $j$ に1単位の需要が生じた場合に直接・間接に誘発される各部門の生産額を示す。よって、レオンチェフ逆行列に最終需要額を乗じることで、サプライチェーンを通して波及する間接的な誘発効果も含めた生産額を求めることができる。最終需要額ベクトル $F$ には、建設・運用部門の総生産額を与える。

式(2)から求めた建設・運用段階における雇用誘発量の合計をそれぞれ、 $L_C$ 、 $L_{O\&M}$ とすると、再エネ発電技術の導入に伴い生み出される1 GWhあたりのライフサイクル雇用量( $LCE$ )は、式(4)のように表される。

$$LCE = \frac{L_C + L_{O\&M}}{Q} \quad (4)$$

ここで、 $Q$ は発電期間中における総発電量(GWh)を示す。

なお、再エネ発電技術により従来発電技術が代替される場合、従来技術による電力、および、従来技術の機器・部品に対する需要が減少する。それにともない、既存の電気事業者や関連機器・部品メーカーにおいて、雇用が喪失する可能性がある。本研究では、こうした技術代替による雇用変動を考慮したネットの雇用量については検討を行わない。すなわち、本推計で求めるライフサイクル雇用量は、再エネ発電技術の導入によるグロスの雇用創出量である。本研究では、まず、このグロスの雇用創出量の推計を可能な限り詳細に行うことに重点を置く。

## 2.4 国内と海外における雇用誘発量の推計

再エネ導入にともない新たに発生する需要を輸入品で満たす場合、その輸入品を生産するための雇用は海外で創出される。雇用誘発量の国内分( $L_D$ )は、式(5)により求められる。

$$L_D = I(I - D \circ A)^{-1} F \quad (5)$$

ここで、 $D$ は国産品比率 $d_{ij}$ を要素とする行列であり、 $D \circ A$

Table 1 Labor input coefficient

Process		Sector		Labor input coefficient [person-year/ million yen]	
Equipment manufacturing		Photovoltaic module		0.020	
		Tower of wind turbine		0.064	
		Blade of wind turbine		0.067	
		Nacelle of wind turbine		0.052	
Construction	PV	Residential PV		0.036	
		Small-scale PV		0.032	
		Large-scale PV (roof mounted)		0.034	
		Large-scale PV (ground mounted)		0.040	
	Wind	Wind		0.031	
	Geothermal	Small-scale geothermal		0.057	
		Large-scale geothermal	Geothermal exploration (gravity method)	0.048	
			Geothermal exploration (electromagnetic method)	0.054	
		Environmental impact assessment	0.071		
		Production well testing	0.041		
		Exploration well drilling	0.077		
		Production well drilling	0.061		
		Injection well drilling	0.045		
		Steam pipeline construction	0.049		
		Hot water pipeline construction	0.048		
		Electric power facilities construction	0.039		
		Hydro	Small-scale hydro		0.050
		Biomass	Wood biomass		0.054
			Sewage sludge biogas		0.047
	Animal waste biogas		Waste management facilities construction	0.058	
			Electric power facilities construction	0.056	
	Food waste biogas		Waste management facilities construction	0.040	
			Electric power facilities construction	0.043	
Operation and Maintenance	Conventional	Nuclear		0.004	
		Coal-fired		0.006	
		Oil-fired		0.003	
		Natural gas-fired		0.004	
		Large-scale hydro		0.007	
	PV	Residential PV		0.009	
		Small-scale PV		0.001	
		Large-scale PV (roof mounted)		0.020	
		Large-scale PV (ground mounted)		0.024	
	Wind	Wind		0.022	
	Geothermal	Small-scale geothermal		0.006	
		Large-scale geothermal		0.005	
	Hydro	Small-scale hydro		0.015	
	Biomass	Wood biomass		0.021	
		Sewage sludge biogas		0.022	
		Animal waste biogas	Waste management	0.140	
			Electricity generation	0.028	
		Food waste biogas	Waste management	0.440	
			Electricity generation	0.023	
			Electricity transmission and distribution		0.007

は行列の成分ごとの積を表す。国産品比率  $d_{ij}$  は、国内総需要額に占める国産品の割合であり、 $\mathbf{D} \circ \mathbf{A}$  は、国産品の投入係数行列を表す。一般的な競争輸入型モデルでは、国産品の投入比率は全ての部門で同一であると仮定しているが、本推計では、新設した再エネ部門への投入品に関して、別途、国産比率を検討している。既存部門の国産品比率  $d_{ij}$  は、既存の産業連関表から品目別・部門別に算出した。新設部門の国産品比率  $d_{ij}$  は、以下のように設定した。

#### 2.4.1 国産品比率

国産品比率は、i) 新設部門自体の国産品比率、ii) 新設部門への投入品について検討した。国産品比率を決定するため、新たにヒアリングを実施した。

##### i) 新設部門

新設した建設部門、運用部門の経済活動は国内で行われるため、国産品比率は全て1となる。設備製造部門の国産品比率は、ヒアリング情報に基づき、Table 2のように設定した。

##### ii) 新設部門への投入品

新設した建設部門、運用部門において、金額比率が高く、かつ、再エネ発電技術に特有であると考えられる投入品を抽出し、その国産品比率を検討した (Table 2)。具体的には、小水力発電における水車、メタン発酵ガス化発電におけるバイオガス発電機、木質バイオマス発電における木質チップである。このうち、バイオガス発電機の国産品比率 (0.25) は、対応部門である回転電気機械部門の国産品比率 (0.75) と

大きく乖離していたため、バイオガス発電機の国産品比率を用いた。同様に、木質バイオマス発電における木質チップの国産品比率 (0.97) は、対応部門である木材チップ部門の国産品比率 (0.25) と大きく乖離する。既存の木材チップ部門は、ほぼ、パルプ用チップの生産活動を対象としているため、発電用チップとは国産品比率が異なると考えられる。よって、発電用チップの国産品比率を用いた。小水力発電用の水車の国産品比率は、タービン部門の国産品比率とほぼ同じであったため、当該部門の国産品比率をそのまま用いた。

#### 2.4.2 海外での雇用誘発量

海外での雇用誘発量は、式 (2) で求められた  $\mathbf{L}$  から、式 (5) で求めた国内分の雇用誘発量  $\mathbf{L}_D$  を差し引くことで求めることができる。ただし、式 (2) における雇用誘発量  $\mathbf{L}$  は、輸入品も含め生産は全て国内で行われるという仮定のもと、日本国内の生産技術構造に基づく投入係数行列  $\mathbf{A}$  から算出される。また、雇用係数  $l_j$  も日本における生産技術構造を前提とした数値である。よって、海外での雇用誘発量は、日本の産業構造および生産誘発効果を前提とした近似的な数値である。

#### 2.5 モデルプラントの設定

Table 3 に、雇用機会創出量の推計の対象としたモデルプラントの設定を示す。設備容量は、各発電技術において平均的な値を用いた。設備利用率は、入手した事業者データから設定した。評価期間は、一律 20 年とした。建設・運用部門の総生産額 (営業余剰を含む建設費総額、および、売電収入による営業余剰を含む運用費総額) は、各プラントの設備容量に基づき決定した。

なお、メタン発酵ガス化発電3技術は、推計に際して、他の発電技術とは異なる方法を用いている。メタン発酵ガス化発電では、発電を行うためには、必ず、その原料となる廃棄物を処理する活動が必要であり、電力の生産は廃棄物処理活動から独立しては存在し得ない。一方で、廃棄物処理施設は、発電を行うために建設・運用する意味合いが強く、処

Table 2 Self-sufficiency ratio

Sector	Self-sufficiency ratio
Photovoltaic module	0.650
Tower of wind turbine	0.050
Blade of wind turbine	0.000
Nacelle of wind turbine	0.403
Rotating electrical equipment (Biogas)	0.250
Wooden chips (Wood biomass)	0.970

Table 3 Plant type assumptions

		Capacity [kW]	Capacity Factor [%]	Lifetime [years]	Capital Investment Cost [million yen]	Annual Operating Cost [million yen/year]
PV	Residential	4	13	20	1.68	0.17
	Small-scale	35	13	20	13.45	1.51
	Large-scale (roof mounted)	800	13	20	235	34
	Large-scale (ground mounted)	1,100	13	20	369	47
Wind	20MW wind farm	20,000	20	20	5,520	809
Geothermal	Small-scale	1,995	92	20	1,474	604
	Large-scale	50,000	74	20	31,887	7,909
Hydro	Small-scale	900	71	20	1,161	172
Biomass	Wood biomass	6,000	89	20	2,532	1,216
	Biogas (Sewage sludge)	500	74	20	642	132
	Biogas (Animal waste)	300	84	20	258	76
	Biogas (Food waste)	500	84	20	514	130

理活動の一部は発電を目的として行われると考えられる。よって、処理活動により誘発される雇用の一部を、発電部門に配分する必要がある。本研究では、処理部門の雇用誘発量のうち、発電部門に配分する雇用量は、「処理部門が処理を行うことによって得る処理手数料」と、「処理部門から発電部門へ投入されるメタンガスの販売額」の比率で求めることとした。具体的には、下水汚泥では1.2%、家畜排せつ物では48.7%、食品廃棄物では28.4%を発電部門の雇用量とした。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 ライフサイクル雇用創出量

Fig. 1に、各再生エネルギー発電技術に1 GWhの需要が生じたときに直接間接に誘発される雇用量を示す。発電量1 GWhあたりのライフサイクル雇用量は、1.01～5.04人・年と推計された。太陽光発電、地熱発電、小水力発電は、建設段階の雇用量の割合が大きく、バイオマス発電4技術は運用段階の雇用量の割合が大きい傾向が認められる。前者は、雇用誘発量に占める建設段階の割合が60%～81%であるのに対し、後者は、運用段階の割合が60%～90%を占める。バイオマス発電4技術は発電燃料を利用するため、その燃料の生産や発電所の運転に労働力を必要とし、相対的に運用段階の比率が高い。逆に、発電燃料を必要としない太陽光・地熱・小水力発電は、運用段階における雇用量が小さく、相対的に建設段階の比率が高い。なお、風力発電に関しては、運転やメンテナンスに比較的多くの労働力を必要とするため運用段階の雇用量が全体の50%を占めており、燃料を必要としない技術の中では、運用段階での雇用量の割合が高いという特徴を持つ。

次に、これらの雇用ポテンシャルが、直接効果によるものか、間接効果によるものかに着目する。Table 4は、建設・運用段階の雇用創出量を、直接分、間接分に分けて示して

いる。直接分とは、建設段階では、発電施設建設の際の土木工事や電気工事で必要となる労働力、建設会社の管理部門で生まれる雇用を指す。同様に、運用段階の直接分は、発電所の日常管理にともなう雇用、発電事業者の管理部門で生じる雇用、メンテナンスのための雇用を指す。一方、間接分とは、発電施設の建設時・運用時に投入される原材料や部品、機器、サービスを生産するために必要となる雇用、すなわち、直接効果によって誘発される生産活動にともなう雇用を指す。

Table 4に示されるとおり、直接効果と間接効果の比重は、技術間で大きな差異がある。建設段階では、太陽光・風力発電の間接効果が際立って大きく、65%～74%を占める。また、大規模地熱発電、下水汚泥および食品廃棄物によるガス化発電でも間接効果が大きく、60%～68%を占めている。一方、木質バイオマス発電と家畜排せつ物によるガス化発電は、直接効果の方が間接効果よりも大きい結果となった。運用段階では、バイオマス発電4技術の間接効果の大きさが突出しており、61%～82%を占める。一方、小水力発電、太陽光発電（メガ・屋根および地上設置）、地熱発電（小規模）では直接効果が大きく、それぞれ、80%、77%、79%、65%を占めている。以下では、こうした技術による差異について詳細を分析する。分析は、建設段階、運用段階ごとに、産業部門と職種に着目して行う。

ところで、発電所の設備利用率は技術によって大きく異なり、発電量あたりの雇用創出量は、その影響を強く受ける。そこで、発電量あたりの雇用量とは別に、建設費百万円あたり（建設段階）、年間操業費百万円あたり（運用段階）の雇用量を求めた（Table 5）。その結果、建設段階の雇用創出量は0.11～0.13人・年/百万円と、全技術で概ね同程度となった。ただし、その内訳は技術によって大きく異なる。一方、運用段階の雇用創出量は0.02～0.14人・年/百万円と、技術間で幅が生じた。以下の分析では、建設費、年間操業費

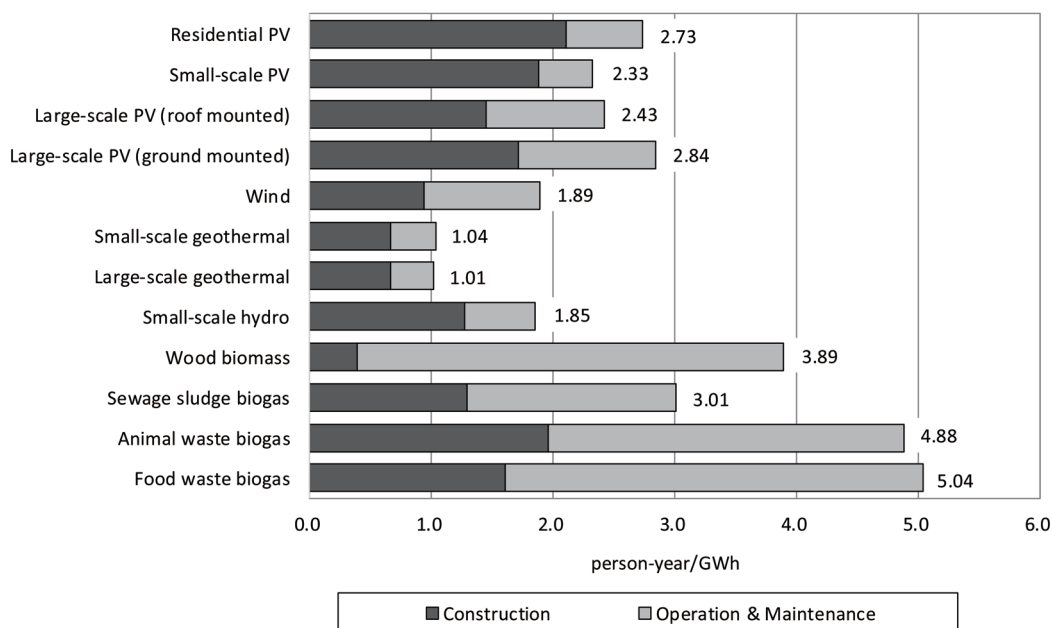


Fig. 1 Estimated employment potential over the life cycle of the renewable power generation technologies (person-year/GWh)



Table 4 Breakdown of estimated employment potential over the life cycle of the renewable power generation technologies (person-year/GWh)

	Construction			Operation & Maintenance			Total
	Direct	Indirect	Total	Direct	Indirect	Total	
Residential PV	0.67	1.43	2.10	0.33	0.30	0.63	2.73
Small-scale PV	0.54	1.34	1.88	0.04	0.40	0.44	2.33
Large-scale PV (roof mounted)	0.44	1.01	1.45	0.75	0.22	0.97	2.43
Large-scale PV (ground mounted)	0.59	1.12	1.71	0.89	0.23	1.13	2.84
Wind	0.24	0.70	0.94	0.50	0.45	0.95	1.89
Small-scale geothermal	0.29	0.38	0.67	0.24	0.13	0.37	1.04
Large-scale geothermal	0.27	0.40	0.67	0.15	0.20	0.35	1.01
Small-scale hydro	0.56	0.71	1.27	0.46	0.12	0.58	1.85
Wood biomass	0.22	0.17	0.39	0.65	2.85	3.50	3.89
Sewage sludge biogas	0.41	0.88	1.30	0.91	0.80	1.72	3.01
Animal waste biogas	1.01	0.95	1.96	1.14	1.78	2.92	4.88
Food waste biogas	0.63	0.98	1.61	0.95	2.48	3.43	5.04

Table 5 Estimated employment impacts resulting from construction and annual operations

	Construction [person-year/ M yen]*	O&M [person-year/ M yen]**
Residential PV	0.11	0.02
Small-scale PV	0.11	0.02
Large-scale PV (roof)	0.11	0.04
Large-scale PV (ground)	0.12	0.05
Wind	0.12	0.06
Small-scale geothermal	0.13	0.03
Large-scale geothermal	0.12	0.03
Small-scale hydro	0.12	0.04
Wood biomass	0.12	0.14
Sewage sludge biogas	0.13	0.05
Animal waste biogas	0.13	0.08
Food waste biogas	0.12	0.12

\* person-year per million yen of capital investment cost

\*\* person-year per million yen of annual operating cost

あたりの雇用量を用いることとする。また、太陽光発電の住宅用と小規模産業用、および、太陽光発電のメガ地上設置とメガ屋根設置は、それぞれ同様の傾向を示すため、以下では、住宅用とメガ地上設置の2者を対象として分析結果を述べる。

### 3.2 建設段階における雇用創出ポテンシャル

Fig. 2 は、建設段階の雇用創出量（人・年/百万円）を、a) 建設業、b) 農林水産業・鉱業、c) 製造業、d) サービス業別に表したものである。a) 建設業における雇用創出量は直接分、b)～d) の雇用は間接分に相当する。

#### a) 建設業における雇用

建設業における雇用は、全技術において重要な位置を占めるが、特に、地熱発電、小水力発電、木質バイオマス発電、家畜排せつ物ガス化発電では、建設業における雇用量の割合が高く、全体の40%以上を占める。地熱発電では土木工事の雇用効果が大きく、地熱発電（小規模）では地熱井掘

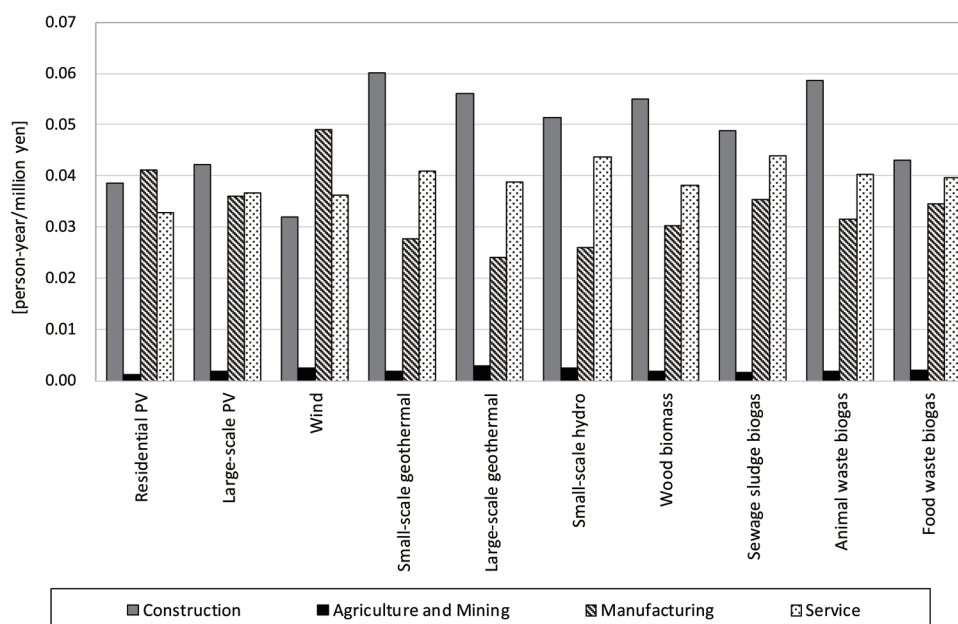


Fig. 2 Estimated construction employment by sector (person-year/million yen)



削において、地熱発電（大規模）では地熱井掘削の他、発電所基礎工事や熱水・蒸気輸送管敷設で多くの労働力が必要となる。地熱発電と同様に土木工事の影響が強い技術は小水力発電であり、導水管設置や取水設備工事での雇用量が大きい。なお、風力発電でも同様に、風車の基礎工事や敷地・道路造成工事などの土木工事での労働力需要が大きい。工事費において、タワー・ブレード・ナセル建設用クレーン賃貸料、輸送費が占める割合が非常に高いため、相対的に人件費の占める比率が低くなっている。一方、木質バイオマス発電では、土木工事よりも機器据付や電気工事の比重が高い。また、家畜排せつ物ガス化発電では、土木工事や電気工事、建築工事など、様々な工事で広く雇用機会が生まれる。

このように、発電技術により主要な工事の種類が異なり、それにともない求められる職種も異なる。特に、地熱井の掘削など、特殊な工事が必要となる発電技術においては、特別なスキルや知識を持つ人材へのニーズが高まると考えられる。

#### b) 製造業における雇用

太陽光発電と風力発電は、製造業での雇用量が大きく、全体の31%～41%を占める。この2つの技術は、建設費における機器費の割合が非常に高い点で共通している<sup>脚注3)</sup>。太陽光発電では、モジュール部門や半導体素子部門、その他の電子部品部門での雇用量が大きい。風力発電では、ナセル部門とブレード部門、および、その波及効果による雇用量が非常に大きい。

太陽光・風力発電と同様の傾向は、下水汚泥・食品廃棄物によるガス化発電にみられ、それぞれ、製造業における雇用量が全体の27%、29%を占める。前者は、バイオガス発電機の影響が大きく、後者は、発酵設備、発酵残渣処理設備、脱硫設備など様々な機器が必要になることから、化学機械部門で多くの雇用が創出される。今後、ガス化発電の導入・普及が進めば、それに必要な設備や部品の製造を通してバイオガス機器関連産業への需要が増えることが期待される。

#### c) サービス業における雇用

全技術においてサービス業の雇用量は全体の3割強を占めており、雇用創出に大きく貢献している。サービス業は、一般に、製造業よりも労働集約的であるため雇用効果が大きい。建設部門の生産誘発額では製造業が高い割合を占めるが、雇用誘発量では製造業の比率が低下し、サービス業と製造業の比重が逆転する<sup>脚注4)</sup>。サービス業への波及効果は非常に幅が広く、雇用機会が発生する部門は多岐にわたる

が、全技術に共通して雇用効果が大きい部門は、卸売、道路貨物輸送、土木建築サービス、労働者派遣サービス、その他の対事業所サービス部門である。土木建築サービス、その他の対事業所サービス部門での雇用創出は、発電所建設のための調査、設計、施工、コンサルタントを行う人材が必要になることを意味する。

### 3.3 運用段階における雇用創出ポテンシャル

Fig. 3は、運用段階の雇用量（人・年/百万円）を、a) 発電事業、b) 農林水産業・鉱業・製造業・建設業、c) サービス業、d) 燃料製造業別に示したものである。a) 発電事業における雇用量は直接分、b)～d)の雇用量は間接分にあたる。d) 燃料製造業は、木質バイオマス発電とメタン発酵ガス化発電3技術に特有の活動であり、それぞれ、木質チップ生産、メタンガス生産にともなう雇用量を指す。

#### a) 発電事業における雇用

バイオマス4技術以外の発電技術では、発電事業における雇用量が大きく、最も比率が高い小水力発電では全体の80%を占める。ただし、求められる職種は発電技術により異なる。例えば、小水力発電では日常管理を行う人材、木質バイオマス発電では発電所の運転のための人材への需要が大きい。それに対し、風力発電とメタン発酵ガス化発電3技術では、定期点検およびトラブル発生時の修繕、太陽光発電（メガ・地上設置）ではパネルの点検を行う人材への需要が大きい。地熱発電では、地熱井・貯留層のモニタリングやスケール対策など、技術固有の活動を行う人材へのニーズが大きい。

#### b) 農林水産業・鉱業・製造業・建設業における雇用

これらの業種における雇用量は、木質バイオマスを除く発電技術ではそれほど大きくないものの、一定の雇用創出量が認められる。雇用機会の多くは、太陽光発電のパワーコンディショナー、風力発電のヨーシステムの部品など、定期交換のための機器、メンテナンス用の部品の生産にともない製造業で生み出される。地熱発電（大規模）では、生産井・還元井の追加掘削を行う労働力需要が大きく、建設業における雇用量が全体の15%を占める。木質バイオマス発電では、燃料製造部門である木材チップ部門に生産が誘発される素材部門、素材部門に生産が誘発される育林部門（ともに農林水産業）での雇用量が極めて大きく、この2部門で全体の26%を占める。

#### c) サービス業における雇用

サービス業の雇用量は全体の16%～38%を占めており、運用段階においても重要な雇用創出産業であることが示された。全技術に共通して雇用効果が大きい部門は、以下の2種である。第1に、損害保険部門、法務・財務・会計サービス部門など、発電事業の運営に必要な専門的ビジネスサービス部門である。第2に、卸売、その他の対事業所サービス、労働者派遣サービス、情報サービス部門など、他部門から誘発される効果が大きい部門である。なお、木質バイオマス発電では、原料木や木質チップの運搬にともない、道路

脚注3) 太陽光発電と風力発電では、機器費の割合が非常に高いことに加え、独立した太陽電池モジュール部門、タワー部門、ナセル部門、ブレード部門を設けていることも間接効果が大きい要因の一つである。

脚注4) この傾向は、資本集約度が高い鉄鋼関連部門、石油製品部門において特に顕著である。また、物品賃貸業部門は、生産誘発額では非常に高い割合を占めるが、雇用創出量が小さい点で特徴的である。

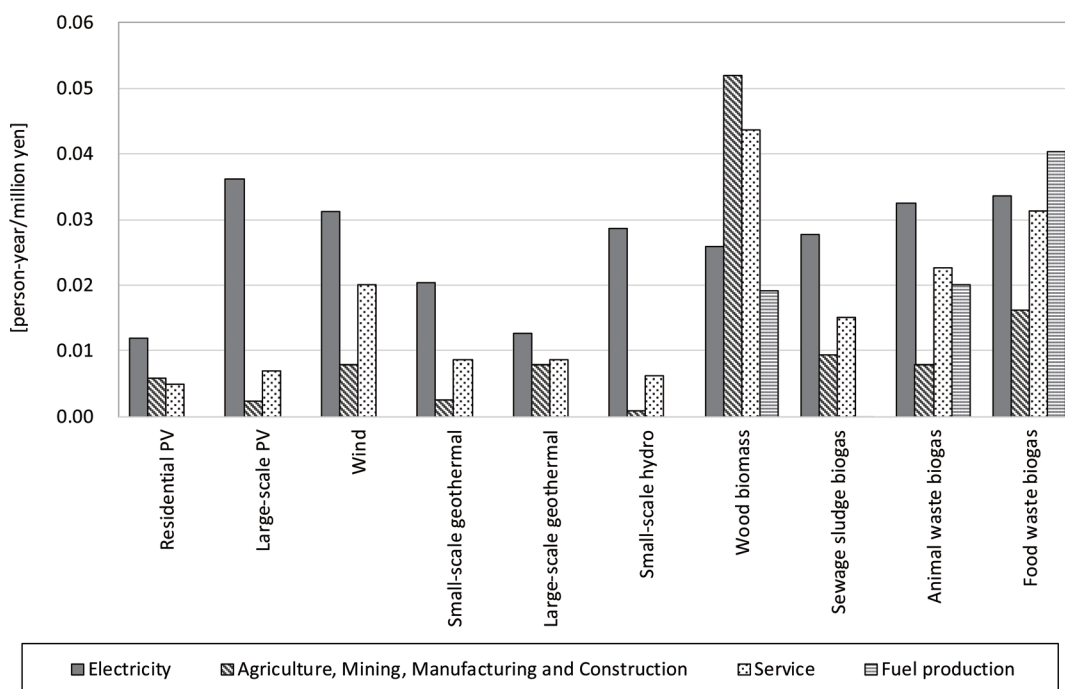


Fig. 3 Estimated annual operating employment by sector (person-year/million yen)

貨物輸送部門での雇用量がサービス業の中で最も大きい。

#### d) 燃料製造業における雇用

食品廃棄物ガス化発電は、燃料製造業での雇用量が非常に大きく、全体の33%を占める。同技術では、原料となる生ごみを収集するための労働力の需要が非常に大きい。家畜排せつ物ガス化発電でも原料収集のための雇用が生まれるが、収集対象の戸数が限定されるため、食品廃棄物処理ほど影響は強くない。この2技術では、原料収集にともない自動車整備や自動車部品部門、石炭・原油・天然ガス部門で雇用機会が生じることが特徴的である。下水汚泥ガス化発電は、燃料製造業での雇用が小さい。これは、同技術では発電施設が既存の下水処理場に隣接して建設されるため、燃料製造、すなわち下水処理にともない新規の雇用が生じないことに起因する。

### 3.4 輸入が雇用機会創出にもたらす影響

#### 3.4.1 建設段階における影響

Fig. 4は、建設段階の雇用機会創出量を、国内分（グラフ右側）と海外分（グラフ左側）にわけて示したものである。合計値は、Table 5の数値（人・年/百万円）と一致する。図から明らかなように、太陽光・風力発電の海外比率が際立って高く、太陽光発電（住宅用）で37%、太陽光発電（メガ・地上設置）で30%、風力発電で44%と、多くの雇用が海外へ流出している。これは、太陽光パネルやセル、ブレード、タワーなど、発電設備の主要機器の輸入比率が高いことに起因する。主要機器の国産比率が高い地熱発電や小水力発電、木質バイオマス発電の海外比率は10%強であり、雇用の多くが国内にとどまっている。

主要機器の輸入が雇用の海外比率を高める理由は、2つ

ある。1つは、主要機器自体の生産にともなう雇用機会が海外で創出されるためであり、もう1つは、主要機器の生産が誘発する多様な部品の生産にともなう雇用機会が海外で創出されるためである<sup>脚注5)</sup>。すなわち、主要機器を海外から調達する場合には、主要機器の海外生産のみならず、波及効果による部品の海外生産も結果に大きな影響を及ぼす。

こうした製造業での海外生産は、サービス業へも波及する。全技術とも、海外での雇用創出量におけるサービス業の比率は非常に高い。例えば、バイオマス発電4技術では、製造業における雇用創出量の70%～86%にあたる雇用がサービス業で生み出されている。また、小水力発電や地熱発電では、サービス業による雇用創出量が製造業の雇用創出量を上回っている。機器および部品の海外生産は、その生産を支えるサービス業の生産活動を海外で誘発する。Fig. 4は、製造業による非製造業の雇用誘発量が大きいことを端的に示している。

#### 3.4.2 運用段階における影響

Fig. 5に、運用段階の雇用量の国内分（グラフ右側）、海外分（グラフ左側）を示す。建設段階と同様に、合計値はTable 5の数値（人・年/百万円）と一致する。運用段階の雇用創出量の海外比率は総じて低いが、木質バイオマス発電とメタン発酵ガス化発電3技術では、10%～16%の雇用が海外へ流出する。ガス化発電3技術における海外での雇用は、主に製造業において発生する。これは、海外製品であるバイオガス発電機のメンテナンスに際して関連部品が海外で生産されることに起因する。木質バイオマス発電では、発電用チップの原料となる木材の輸入にともない、木材生産、

脚注5) 日本への輸出品を生産するために、輸出国が日本から部品等を輸入するというケースは考慮していない。

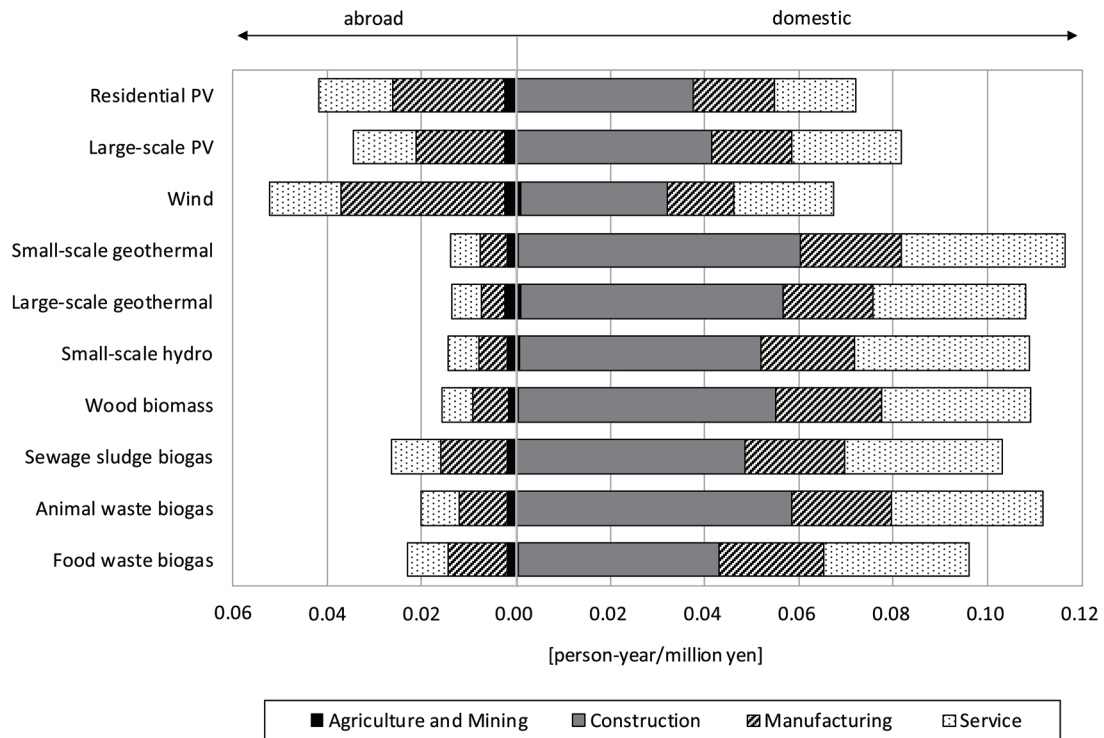


Fig. 4 Effects of imports on employment generated from construction activities (person-year/million yen)

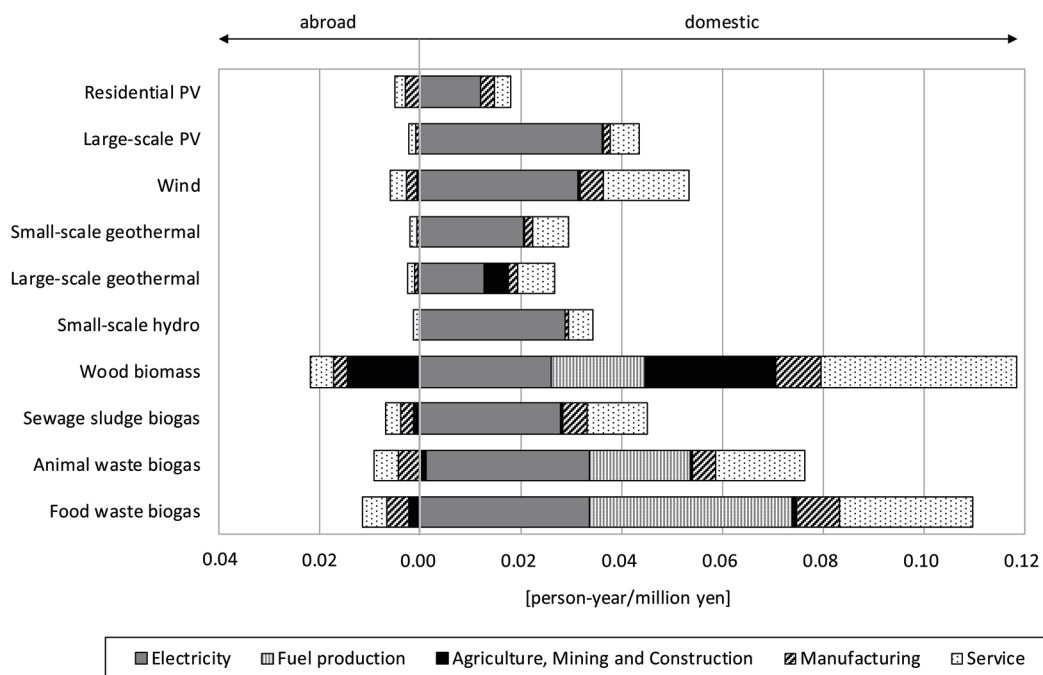


Fig. 5 Effects of imports on employment generated from operation and maintenance activities (person-year/million yen)

さらにはその上流の育林のための雇用が海外で発生することが輸入比率を高めている。この結果は、発電用チップの原料木材を国産品で賄うか、輸入品で賄うかにより、国内で創出される雇用量が大きく変動することを示唆している。

#### 4. おわりに

本研究では、新たに開発した再エネ I/O 表を用いて、再

エネ発電技術による雇用効果を推定し、結果の比較分析を行い、各技術の特徴を明らかにした。建設・運用段階において創出される直接的な雇用は、全技術において重要な位置を占める。建設段階における直接雇用では、発電技術により工種の比重が異なるため、求められる職種が導入する発電技術に依存して異なる。各建設工事での労働需要への対応、特に、地熱発電の生産井・還元井の掘削など、特殊な



工事に携わる人材の確保が求められる。また、メンテナンスなど、運用段階における直接的な雇用は、今後、発電施設の累積導入量に比例して市場規模が拡大する可能性が高い。専門性が高く安定的な雇用機会に対しては、スキル獲得のための人材育成が重要であると考えられる。労働力の需給調整が円滑に行われず、新たな分野での人材ニーズに対応できなければ、本研究で推計した雇用機会が実現されない可能性がある。

波及効果により間接的に創出される雇用では、太陽光・風力発電に代表される主要機器の生産、および、バイオマス発電における燃料生産によるインパクトが非常に強いことが示された。また、主要機器や発電用燃料の生産に誘発されるサービス業の雇用創出効果の大きさも特筆すべき点である。一方、輸入による影響の分析結果から、主要機器や発電用燃料の生産をどこで行うかによって、国内における雇用創出量は大きく変動することが示唆された。製造業に関しては、全ての産業・製品が国際競争力を持つことは現実的ではない。したがって、国や地域において、強みを活かせる産業・技術分野を特定し、産業政策とエネルギー政策、雇用政策を一体化した統合的な政策が実施されることが重要であると考えられる。

なお、本研究で得られた推計結果の解釈、利用においては、以下の2点に留意する必要がある。第1に、新たな労働需要がどのように満たされるのかという点は考慮していない。正規雇用か非正規雇用か、あるいは、労働時間の延長により労働力投入量の増加が満たされるのか、潜在的な労働力が労働市場に新規参入するのか、といった点は検討していない。第2に、将来的には、再エネの導入量拡大によりコストが低下し、それにともない雇用創出量も減少する可能性がある。こうした効果を評価するためには、学習曲線を踏まえた分析が必要になる。

今後の課題としては、地域特性を反映させた分析があげられる。同じ投資であっても、実際には、得られる雇用効果は地域の産業構造や産業集積度によって異なると予想される。再エネの持つポテンシャルを最大限活かすためには、地域特性と適合した地域固有の政策を推進するための情報が重要である。

## 謝 辞

本研究は、環境省の「環境研究総合推進費(課題番号: 2-1302)」ならびに「平成28年度再生可能エネルギー導入効果情報に関する基礎検討」の支援を受けて実施されました。本研究を進めるにあたり、再エネ発電事業者、自治体、協会、専門家の方々より、貴重なデータをご提供戴きました。ここに記して深甚の謝意を表します。

## 文 献: References

- 1) Moreno, B.; Lopez, A. J., *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **12**(3), 732-751 (2008)
- 2) Allan, G.; McGregor, P. G.; Swales, J. K.; Turner, K.,

*Journal of Power and Energy*, **221**(2), 243-254 (2007)

- 3) Lehr, U.; Nitsch, J.; Kratzat, M.; Lutz, C.; Edler, D., *Energy Policy*, **36**(1), 108-117 (2008)
- 4) Tourkolias, C.; Mirasgedis, S., *Renew Sustain Energy Rev.*, **15**(6), 2876-2886 (2011)
- 5) Markaki, M.; Belegri-Roboli, A.; Michaelides, P.; Mirasgedis, S.; Lalas, D. P., *Energy Policy*, **57**, 263-275 (2013)
- 6) Markandya, A.; Arto, I.; González-Eguino, M.; Román, M. V., *Applied Energy*, **179**(1), 1342-1350 (2016)
- 7) Matumoto, N.; Hondo, H., *J. Jpn. Inst. Energy*, **90**(3), 258-267 (2011): 松本直也, 本藤祐樹, 日エネ誌, **90**(3), 258-267 (2011)
- 8) Hienuki, S.; Hondo, H., *J. Jpn. Inst. Energy*, **92**(1), 164-173 (2013): 稗貫峻一, 本藤祐樹, 日エネ誌, **92**(1), 164-173 (2013)
- 9) Moriizumi, Y.; Hondo, H.; Nakano, S., *J. Jpn. Inst. Energy*, **94**(12), 1397-1413 (2015): 森泉由恵, 本藤祐樹, 中野諭, 日エネ誌, **94**(12), 1397-1413 (2015)
- 10) Ministry of Internal Affairs and Communications, 2011 Input-Output Tables for Japan (2015): 総務省編, 平成23年産業連関表 (2015)
- 11) Center for Low Carbon Society Strategy, Comprehensive Strategies and Scenarios for the Realization of a Low Carbon Society, pp. 24-29 (2012): 低炭素社会戦略センター, 低炭素社会づくりのための総合戦略とシナリオ(第1版), pp. 24-29 (2012)
- 12) Economic and Social Research Institute (ESRI), Report No.31, Development of technological information database for comprehensive analysis of energy, economic and environmental issues, PARTII, pp. 20-21 (2007): 内閣府経済社会総合研究所, 研究会報告書等 No.31, 総合的な経済・エネルギー・環境分析に資する技術情報の整備のための研究, 第2部, pp. 20-21 (2007)
- 13) TPI Composites Inc., Cost Study for Large Wind Turbine Blades: WindPACT Blade System Design Studies, SAND2003-1428, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (2003)
- 14) James, T.; Goodrich, A., Supply Chain and Blade Manufacturing Considerations in the Global Wind Industry, NREL/PR-6A20-60063, National Renewable Energy Laboratory, Denver, CO (2013)
- 15) European Wind Energy Association (EWEA), Supply Chain: The Race to Meet Demand, Wind Directions, January/February 2007, pp. 27-34 (2007)
- 16) Fuji Keizai Management Co., Ltd., Reality and Future Prospect of Worldwide Wind Power Generation in Land and Offshore on Ocean 2014: 富士経済株式会社, World Wide 陸上/洋上風力発電市場の現状と将来展望 2014 (2014)