

拡張型産業連関表を利用した 再生可能エネルギー導入の雇用効果分析

Analysis on employment effects of the introduction of renewable energy technologies using an extended input-output table

松本直也*・本藤祐樹**
Naoya Matsumoto Hiroki Hondo

This study aims to compile an extended input-output table to analyze employment effects of the introduction of photovoltaic (PV) and wind power generation technologies. Based on 2005 input-output table for Japan, the extended input-output table is constructed by creating new sectors related to the two above generation technologies and adding direct employment requirements in all the sectors. The modified input-output table allows for estimating direct and indirect employment required over a life cycle (manufacture, construction, and operation & maintenance) of PV and wind power generation technologies. The results show that (1) employment induced in manufacture phases accounts for about 70% of the overall employment for PV; (2) employment induced in each life stages is almost same for wind turbine.

Keywords: Input-output analysis, Employment effect, Photovoltaic, Wind turbine

1. はじめに

地球温暖化の防止やエネルギー安全保障の強化などと並んで新産業創出や雇用確保を目的として、日本も含め各国でグリーンニューディール政策が掲げられ、太陽光発電や風力発電といった再生可能エネルギー技術の導入が進められている。これらの技術導入によって、組み立て工場や建設現場での直接誘発だけでなく、鉄鋼やプラスチックなどの素材産業やサービス産業での間接的な雇用誘発が期待されている。また様々な原材料や機器が輸入されており、誘発される雇用は必ずしも国内に留まらず海外へも波及する可能性がある。

本研究では、再生可能エネルギー技術の導入による雇用影響を分析するために、それらの技術に関連する部門を新設および分割した拡張型産業連関表を作成した。そして、太陽光発電と風力発電を例に、機器製造、建設、運用・メンテナンスというライフサイクルの各段階において誘発される雇用量を国内外別に明らかにした。

2. 分析方法

本研究では、再生可能エネルギー技術の導入に伴い直接間接に誘発される雇用量を産業連関分析により推計した。式(1)のように、再生可能エネルギー技術の導入に係わる機器製造、建設、および運用・メンテナンスに伴う部門別誘発生産額(X)は、関連する最終需要ベクトル(f)にレオンチェフ逆行列を乗じることで算出される。さらに式(2)に示されるように、求められた誘発生産額に部門別雇用係数を乗ずることで、部門別に誘発雇用量が算出される。

$$X = (I - A)^{-1} f \quad (1)$$

$$L_i = \ell (I - A)^{-1} f \quad (2)$$

ここで、I:単位行列、A:投入係数行列、 L_i :直接間接に誘発される雇用量、 ℓ :部門別雇用係数ベクトルである。このモデルで推計される雇用量(L_i)は、日本の技術構造を仮定した場合に国内外で誘発される全雇用量に相当する。式(2)において $(I - A)^{-1}$ を $[I - (I - M)A]^{-1}$ に置き換えた式(3)を用いることで、海外で誘発される雇用量を除いた国内のみで誘発される雇用量を推計することが可能である。したがって、近似的ではあるが、式(4)のように L_i から L_{ii} を差し引いたものを海外で誘発される雇用量(L_{im})としている。

* 横浜国立大学大学院環境情報学府環境イノベーションマネジメント専攻
博士課程前期

〒240-5801 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7
e-mail d08he005@ynu.ac.jp

** 横浜国立大学大学院環境情報研究院准教授
〒240-5801 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7
e-mail hondo@ynu.ac.jp

$$\mathcal{L}_{ii} = \ell[I - (I - M)A]^{-1} f \quad (3)$$

$$\mathcal{L}_{im} = \mathcal{L}_{ii} - \mathcal{L}_i \quad (4)$$

ここで、 $\mathcal{L}_{ii}$: 国内で誘発される雇用量、 $\mathcal{L}_{im}$: 海外で誘発される雇用量、 M : 部門別輸入係数行列である。

3. 拡張産業連関表の作成

本研究では、2005 年産業連関表¹⁾を利用して雇用効果の分析を行った。しかし、産業連関表には太陽光発電、風力発電に該当する部門が存在しない。そこで、両発電技術に関する波及効果・雇用効果をよりの確に分析するために、関連する部門を新設し旧部門から分割を行い、技術特性を反映できるように考慮した。太陽光発電に関連する部門として、太陽光パネルを製造する太陽電池部門、パネルを屋根に取り付ける太陽電池設置部門、および運用・メンテナンスを行う太陽光発電部門の 3 部門、風力発電に関する部門として、風車の各構成部位を製造するブレード部門、タワー部門、ナセル部門、風車を建設する風車建設部門、および運用・メンテナンスを行う風力発電部門の 5 部門の合計 8 部門を新設した。

3.1 発電技術の前提条件

本研究の対象とする太陽光発電と風力発電の前提条件を表 1 に示す。なお太陽光発電は住宅屋根置きを想定している。

表 1. 発電技術の前提条件

	太陽光発電	風力発電
発電容量(kW)	3.5	2000
設備利用率(%)	12	20
耐用年数(年)	20	20
本体価格(百万円)	1.3	193

3.2 産業部門の統合と分割

2005 年の産業連関表取引基本表は 520 行×407 列の産業部門に分類されている。そのため、正方化された投入係数行列を得るためには、複数の部門を統合する必要がある。また、新設 8 部門を作成するために、複数の部門を分割する必要もある。本研究では、部門の統合と分割を行い、産業部門を行列ともに 413 部門とした。

部門統合は、7 桁の行コードを 6 桁の行コードに統一することによって行った。なお、鉄屑、非鉄金属屑および列コードは表 2 に従って部門を統合した。

部門分割は、表 3 に従って実施した。事業用電力を原子力発電、石炭火力発電、石油火力発電、LNG 火力発電、水力その他の事業用発電の 5 部門に分割した。事業用電力から

の産出額は上記 5 種の技術の発電量比率で按分した。事業用火力への投入額は技術特性を反映させるために、発電燃料消費量を電力需給の概要および電気事業便覧から推計し、その結果に対応するように「石油・石炭・天然ガス」、「石油製品」、「石炭製品」、「都市ガス」の各部門からの投入額を決定した。これら以外の部門からの投入額は、火力発電 3 技術の発電量比率で按分した。

表 2. 部門統合

コード	統合前	コード	統合後
2612011	鉄屑	261101	鉄鉄
2721001	非鉄金属屑	271109	非鉄金属地金
011301	野菜(露地)	011300	野菜
011302	野菜(施設)		
031101	沿岸漁業	031100	海面漁業
031102	沖合漁業		
031103	遠洋漁業		

表 3. 部門分割

コード	分割前	コード	分割後
221101	プラスチック製品	221101	プラスチック製品
		-	ブレード
262201	鋼管	262201	鋼管
		-	タワー
301103	原動機	301103	原動機
		-	ナセル
324109	電機械器具	324109	電気機械器具
		-	太陽電池
411101	住宅建築 (木造・非木造)	411101	住宅建築(木造)
411102		411102	住宅建築(非木造)
-		-	太陽電池設置
413209	その他の土木建設	413209	その他の土木建設
		-	風車建設
5111001	事業用電力	511101	原子力発電
		-	石炭火力発電
		-	石油火力発電
		-	LNG火力発電
		511103	水力その他の発電
		-	太陽光発電
5111041	自家発電	511104	自家発電
		-	風力発電

3.3 新設部門の投入係数の推計

太陽光発電と風力発電に関連する新設 8 部門の投入係数は、関連する論文^{2)~5)}や報告書、および自治体や事業者への質問紙調査および聞き取り調査から得たデータに基づき推計した。

各部門の国内生産額、輸入額、各種財・サービスの投入額(量)、および投入額に占める内生部門と粗付加価値部門の比率などをデータとして収集して、これらから新設部門の投入構造を決定した。なお、粗付加価値に関する情報が得られなかった場合は、分割前の部門に準じた。

新設した機器製造 4 部門および建設 2 部門から各産業への産出はすべて最終需要の固定資産形成部門への産出とな

っており、内生部門への産出はない。また新設した発電 2 部門の産出は、太陽光発電と風力発電で異なっている。太陽光発電は、発電した電力を事業用電力の産出比率と同じ割合で他部門へ産出した。風力発電は自家発電に分類されているので、日本における風力発電設備・導入実績(NEDO)を基に、風車の設置者別に設置容量に比例して産出額を推計した。

分割した新部門の投入額と産出額が定まった後、分割前の部門から新設部門の金額を差し引くことで既存部門の投入額と産出額を調整した。

3.4 輸入係数の推計

輸入係数は国内需要額あたりの輸入額を表したもので、既存部門に関しては産業連関表から算出した。新設部門の雇用係数は、2005 年における国内需要額(量)、輸入額(量)を貿易統計^{6)~7)}をもとに推計した。推計結果を表 4 に示す。なお、風車のタワーに関しては、日本国内で製造していないことから、タワーの輸入係数は 1 とした。また風車の国内需要と輸入量は年ごとの変動が大きいので、2006 年～2008 年の平均値を利用した。

表 4. 太陽電池と風車設備の国内需要と輸入量

	国内需要	輸入量	輸入係数
太陽電池	291114 kW	7569 kW	0.026
ナセル／ブレード	135 基	95 基	0.703

3.5 雇用係数の推計

雇用係数は生産額あたりの従業員数を表したもので、式(5)で求めることができる。

$$\text{雇用係数(人・年/百万円)} = \text{従業員数} / \text{国内生産額} \quad (5)$$

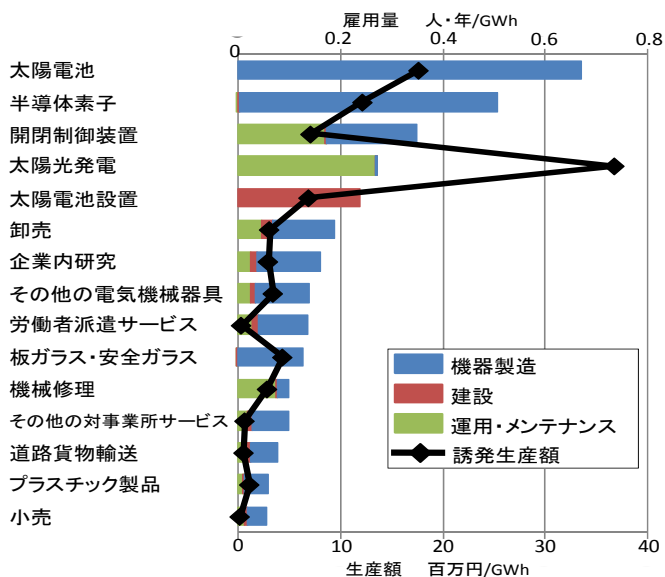


図 1. 太陽光発電 1GWh あたりの部門別生産額と雇用量

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の従業員数を用いて算出した。また新設部門の雇用係数は、自治体や事業者への独自調査によって従業員数を推計した。従業員数の推計は、1 つ 1 つの作業工程における労働時間を積み上げ、一人当たりの平均労働時間で除し、雇用者数を求めた。求められなかったものは、分割前の産業部門の雇用係数を代用した。なお本研究では、標準的な常勤と等価の雇用人数を推計しており、職種および派遣やパートタイムなどの勤務形態の差異については検討していない。

4. 結果

4.1 電力 1GWh あたりの部門別生産額と雇用量

太陽光発電、風力発電に 1GWh の需要が生じた場合の直接間接の雇用量を推計した。ライフサイクルの各段階(機器製造、建設、運用・メンテナンス)で必要となる各財・サービスの需要額から、式(2)、(3)にしたがって推計された誘発雇用量を、耐用年数にわたる発電量で除することで 1GWh あたりの直接間接雇用量を求めた。

結果を図 1,2 に示す。太陽光発電に関しては、機器製造段階(青)の雇用量が全体の 3 分の 2 以上を占めており、直接的に雇用が誘発される太陽電池部門以外の半導体素子部門や開閉制御装置部門へも雇用が誘発されていることがわかる。メンテナンスに伴い太陽光発電部門も雇用が生じるが、生産額は最も大きい一方で雇用係数が小さいため誘発される雇用量は少ない。風力発電に関しては、機器製造(青)、建設(赤)および運用・メンテナンス(緑)の各段階において誘発される雇用量は、それぞれ全体の約 3 分の 1 を占めている。風力発電部門、風車建設部門における雇用量が大きい、これは直接的に誘発される雇用であり、間接的に誘

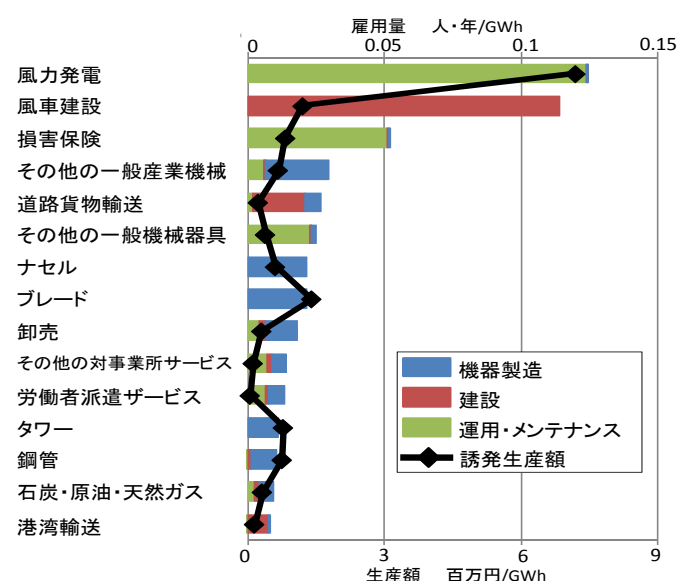


図 2. 発電 1GWh あたりの部門別生産額と雇用量

発される雇用は少ない。ライフサイクル全体を通して間接的な誘発で特徴的なのは損害保険部門における雇用である。これは損害保険費用は運用・メンテナンスコストのうち約半分を占めていることに起因する。両技術とも、建設段階において他部門への波及が小さいのは、建設現場における作業員などの人手が多く必要であり、財・サービス業などの他産業への需要が少ないためである。

4.2 1GWh あたりの国内外における段階別の雇用量

4.1 と同様に 1GWh の電力需要が生じた際の雇用量を国内および海外への波及に分けて推計した結果を図 3,4 に示す。ライフサイクル全体で見ると、海外で誘発される雇用量が総量に占める割合は、太陽光発電で約 30%、風力発電で約 35%と推計された。

太陽光発電、風力発電ともに製造段階における海外比率が高いが、その比率と内訳は大きく異なる。太陽光発電については、海外比率は約 40%であり、半導体素子をはじめとして比較的上流の原材料輸入による影響が大きい。他方、風力発電については、製造段階における海外比率が約 80%とさらに高い割合を占めている。風力発電設備全体を輸入したり、タワーやブレードなど完成部品を輸入したりする割合が高く、国内での誘発雇用量が少ない。

両技術とも、建設および運用・メンテナンスにおいて海外への波及が小さいのは、国内における直接的な建設工事や点検・修理作業が雇用量の大部分を占めるからといえる。

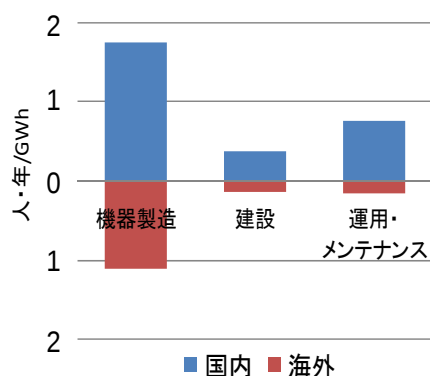


図 3. 太陽光発電 1GWh あたりの国内外への段階別雇用量

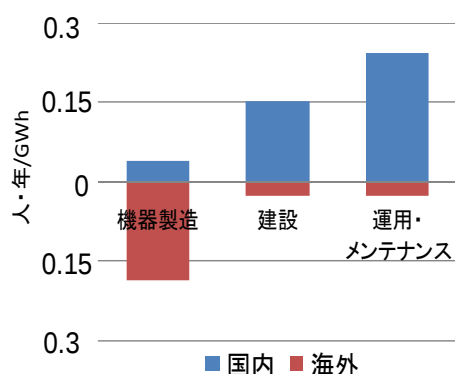


図 4. 風力発電 1GWh あたりの国内外への段階別雇用量

5. まとめと課題

本研究では、2005 年産業連関表を利用して太陽光発電と風力発電の雇用効果について分析を行い、直接間接の部門別雇用量を輸入の影響も考慮して明らかにした。太陽光発電は、製造および運用・メンテナンスに伴う雇用量が全体の約 90%を占めており、機器製造段階では海外での雇用誘発が約 40%を占めることがわかった。風力発電は段階別の雇用量の差は小さく、風車設備の輸入割合が高いため機器製造段階における雇用量の 8 割以上が海外での雇用誘発となった。なお、本稿作成時点では、新設部門における一部の投入係数および雇用係数について調査結果を反映することが出来ず、分割前の部門の係数を代用した。報告時には調査結果を反映して再分析した結果を示す予定である。

以下に今後の課題を示す。第一に本研究では、太陽光発電および風力発電ともに機器の突発的な故障や事故は起こらないことを前提としている。しかし落雷や台風による風車の故障⁸⁾や太陽電池のパネル劣化⁹⁾などが報告されている。それらを考慮した場合、交換に必要な財・サービスの需要増加や雇用増加が予想され、今後このような現状も考慮して分析することが期待される。

第二に今回の推計では、発電量あたりの雇用必要量を明らかにした。実際に太陽光発電および風力発電の導入が大幅に進むと、その分既存発電技術への電力需要が減少し、雇用も減少する可能性がある。社会全体における雇用の変化についてシナリオ分析を行い検討することが有効である。

第三に今回の推計では、再生可能エネルギーの社会側面として、その導入に伴う雇用効果に着目した。今後、環境側面として二酸化炭素削減の効果もあわせて検討することで、複数の視点からこれらの技術の持続可能性を総合的に検討することが重要である。

参考文献

- 1) 総務省(2009)：平成 17 年産業連関表,係数編(1),(2)
- 2) A. Stoppato (2008): ENERGY 33(2), 224-232
- 3) 本藤祐樹, 内山洋司, 森泉由恵(2000)：電力中央研究所研究報告 Y99009
- 4) 安藤生大, 長井浩, 久保典男ら(2009)：日本 LCA 学会 5(2), 237-243
- 5) E. Martinez, F. Sanz, S. Pellegrini et al. (2009): Renewable Energy 34(3), 667-673, (2009)
- 6) 太陽光発電協会：太陽電池出荷量統計(2002-2008)
- 7) ターボ機械協会：ターボ機械生産統計(2006-2008)
- 8) NEDO (2007)：風力発電利用率向上調査委員会の故障・事故調査報告書
- 9) 加藤和彦(2008)：PVResQ 第一次報告