

拡張産業連関表による再生可能エネルギー発電
施設建設の経済・環境への波及効果分析
＜概要＞

2013 年 8 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術動向研究センター

概 要

1. 調査研究の目的

本調査研究では、科学技術イノベーションによって創出される将来の新産業について、経済・環境への波及効果を推計する方法として産業連関分析の有効性を確認することを目的とする。将来シナリオに基づく波及効果分析の準備として、ここでは、新産業として成長が期待される再生可能エネルギー分野を取り上げ、生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO₂ 排出量の推計値から多面的に波及効果を分析する手法を示す。さらに、科学技術イノベーション政策への応用を想定した分析手法についても検討する。

2. 再生可能エネルギー導入の波及効果を推計する方法

2.1 産業連関分析

産業連関分析は、産業部門別の生産誘発額や雇用誘発数といった経済効果を分析する手法の一つであり、経済政策による直接・間接効果の測定や産業波及効果の推計に利用されている。また、製品を構成する原材料の需給に注目した産業連関分析は、環境負荷を定量的に分析する手法として、製造工程におけるエネルギー消費量や CO₂ 排出量の推計に利用されている。既存の産業連関表を、従来にはない製品・サービスに対応するように拡張すれば、新たな産業による生産誘発額や雇用誘発数という経済波及効果に加えて、エネルギー消費量や CO₂ 排出量という環境への波及効果を定量的に分析できるようになる。

2.2 産業連関表の拡張

2009年に公表された総務省「平成17年(2005年)産業連関表」では、再生可能エネルギーに関する産業は独立した部門として扱われていない。そこで、再生可能エネルギーに関する新しい産業の波及効果を分析するために、当該産業の財・サービスの生産活動(アクティビティ)を記述した。再生可能エネルギーの利活用は発電と熱利用に大別されるが、ここでは、現状の我が国においてエネルギー供給に影響の大きな再生可能エネルギー発電を分析対象とした。再生可能エネルギー発電に関連するアクティビティには、施設建設と経常運転があるが、本調査研究では施設建設に注目して分析を行った。再生可能エネルギー発電施設建設のアクティビティは、当該技術の文献調査と研究者・技術者への調査に基づいて作成した(概要表1)。

2.3 再生可能エネルギー発電施設建設による経済・環境への波及効果分析

最終需要等を外生的に与えられる静学的産業連関オープンモデルを用いて、発電容量1kWあたりの再生可能エネルギー発電施設建設の生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO₂排出量について直接・間接効果を推計する。間接効果は直接効果から誘発される第1次間接効果、第n次間接効果から誘発される第n+1次間接効果(n=1,2,3,...)の総和である。雇用誘発数の推計には、総務省「平成17年(2005年)産業連関表」の部門別従業者数から算出した労働係数を用いる。エネルギー消費量とCO₂排出量の推計には、国立環境研究所「産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)2005年版」

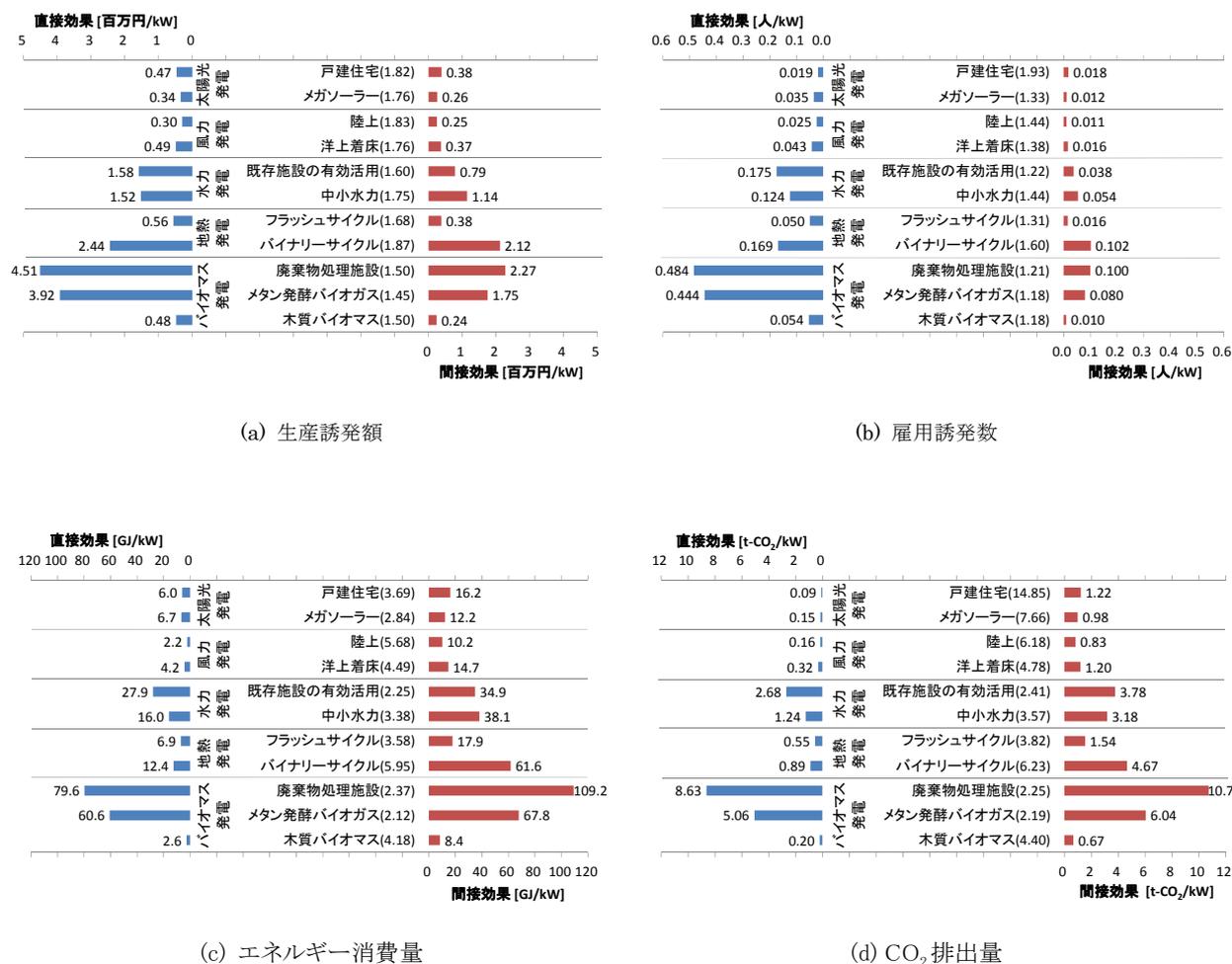
を用いた。

概要表 1 再生可能エネルギー発電施設のアクティビティ

発電施設		発電容量[kW]	備考
太陽光発電	戸建住宅	4	多結晶シリコン太陽電池
	メガソーラー	2,000	多結晶シリコン太陽電池
風力発電	陸上	20,000	ギア式風車 2,000[kW] × 10基
	洋上着床	150,000	ギアレス式風車 5,000[kW] × 30基
水力発電	既存発電施設の有効活用	3,690,000	既存ダムのかさ上げ 1,791,000[kW]+運用見直し1,981,000[kW]
	中小水力	100	水路式
地熱発電	フラッシュサイクル	50,000	蒸気でタービンを回転させて発電
	小型バイナリーサイクル	50	低温域の温泉等で利用するために沸点の低い熱媒体を利用
バイオマス発電	廃棄物処理施設		都市部の大型ゴミ焼却施設
	メタン発酵バイオガス		家畜糞尿や食物残渣等の処理
	木質バイオマス	5,700	未利用間伐材等の処理

3. 再生可能エネルギー発電施設建設による経済・環境への波及効果

各種再生可能エネルギーについて、発電施設建設による発電容量 1kW あたりの生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO₂排出量の直接・間接効果を推計した結果を概要図 1 に示す。生産誘発額の直接効果は各発電施設の建設費用や発電設備の価格に対応し、生産誘発額の間接効果は経済波及効果に対応する(概要図 1 (a))。



()内の数値は、波及効果の大きさを示す乗数であり、直接効果に対する直接・間接効果の比率である。

概要図 1 再生可能エネルギー発電施設建設による経済・環境への波及効果

以下に、再生可能エネルギー発電施設建設の分析結果から得られた傾向をまとめる。

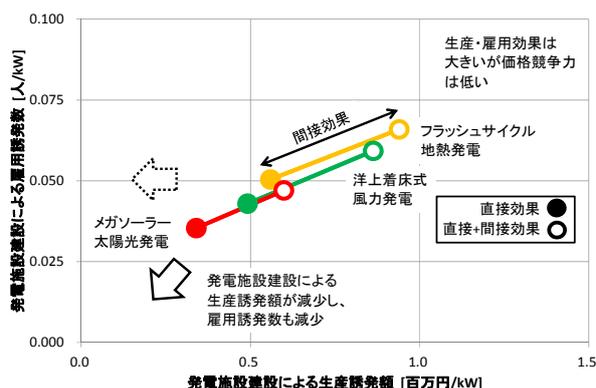
- (1) 生産誘発額と雇用誘発数については間接効果が直接効果よりも小さいが、エネルギー消費量とCO₂排出量については間接効果が直接効果よりも大きい点が共通している¹(概要図 1)。
- (2) 太陽光発電(戸建住宅、メガソーラー)、風力発電(陸上、洋上着床)、フラッシュサイクル地熱発電、木質バイオマス発電の施設建設の場合、生産誘発額の間接効果(波及効果)は相対的に小さいが、生産誘発額の直接効果(単位発電容量あたりの初期費用)の面からは、再生可能エネルギーの中でも経済性(コスト効果)が高いと推察される²(概要図 1(a))。
- (3) 戸建住宅用太陽光発電施設建設の雇用誘発数はメガソーラー建設よりも多いにもかかわらず、生産誘発額はメガソーラー建設よりも小さい³。同じ太陽光発電でも、単位発電容量あたりで見れば、戸建住宅用太陽光発電施設建設はより大きな雇用を創出することを意味する(概要図 1(b))。
- (4) エネルギー消費量を単位発電容量あたりの初期費用で見れば、風力発電(陸上、洋上着床)と木質バイオマスの発電施設建設の場合に少ない。これらの再生可能エネルギーは発電施設の建設段階においてエネルギー効率が高いと言える(概要図 1(c))。
- (5) CO₂排出量を単位発電容量あたりの初期費用で見れば、太陽光発電(戸建住宅、メガソーラー)、風力発電(陸上、洋上風力)、木質バイオマス発電が少なく、これらの発電施設建設は環境への負荷が低いことがわかる(概要図 1(d))。

4. 経済・環境への波及効果分析から得られる示唆

今後の普及拡大が見込まれるメガソーラーによる太陽光発電、洋上着床式風力発電、フラッシュサイクル地熱発電について、単位発電容量あたりの生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO₂排出量の直接・間接効果の関係を分析した結果を以下にまとめる。

4.1 生産誘発額と雇用誘発数の関係から見る再生可能エネルギー発電施設建設

- 研究開発の進め方によっては、発電施設建設費用を削減すると同時に雇用も減少させ、結果として経済波及効果を縮小させる可能性もある。今後の再生可能エネルギー利用の拡大に向け、発電施設建設費用を削減しつつ、国内における雇用誘発という観点にも留意した研究開発の方向性が考えられる(概要図 2)。



概要図 2 生産誘発額と雇用誘発数の関係から見る発電施設建設の直接・間接効果

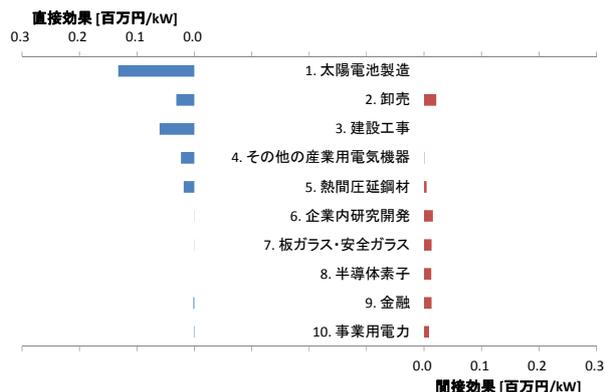
¹ 生産誘発額と雇用誘発数を比較すると、乗数は生産誘発額よりも雇用誘発数が小さい傾向にあるため、雇用の波及効果は小さいことがわかる。

² 発電施設の経済性については、発電施設の耐用年数、設備利用率や経常運転の費用等を含めて評価すべきであるが、本調査研究では発電施設建設に限定している。バイオマス発電施設の場合、バイオマス処理が施設本来の用途で発電は副次的な用途である。水力発電の場合、治水等の効果も考慮する必要があり、経済性の評価は生産誘発額だけでなく多面的に評価すべきである。

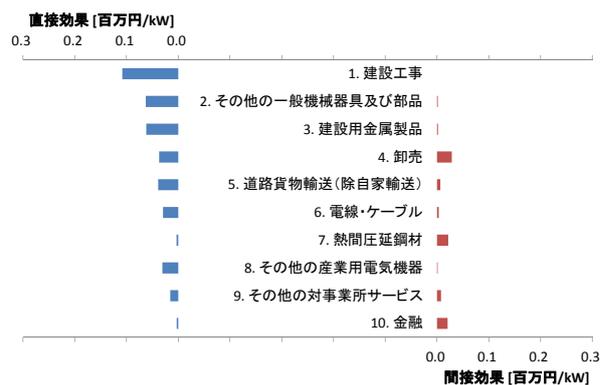
³ 労働集約的な産業部門と労働節約的な産業部門が存在するため、戸建住宅用太陽光発電施設建設とメガソーラー建設では、雇用誘発数の推計と生産誘発額の推計には差が見られる。

● 再生可能エネルギー利用を拡大するためには、発電施設建設費用を削減し、発電単価を抑制する必要がある。

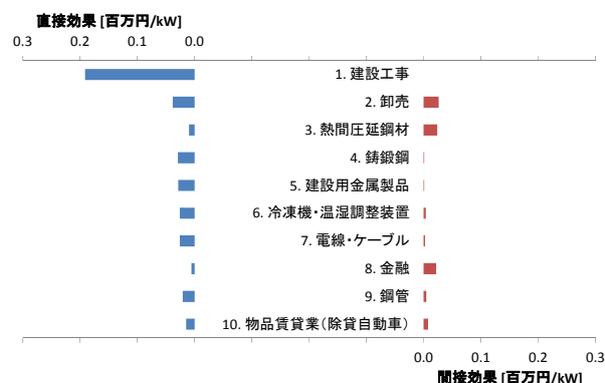
- メガソーラー太陽光発電の施設建設費用を削減するには、「太陽電池製造」の費用の削減に寄与する研究開発を推進する必要がある(概要図 3 (a))。
- 洋上着床式風力発電の施設建設費用を削減するには、「建設工事」⁴だけでなく風力発電施設というシステム全体の費用を削減する最適化が必要になる。また、洋上着床式風力発電では、発電施設建設費用を削減する海洋インフラの構築技術も必要とされる(概要図 3 (b))。
- フラッシュサイクル地熱発電の施設建設の費用を削減するために、「建設工事」を効率化する技術が必要とされる(概要図 3 (c))。



(a) メガソーラー



(b) 洋上着床式風力発電



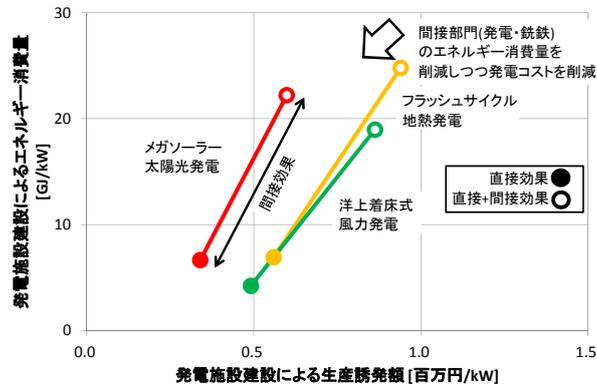
(c) フラッシュサイクル地熱発電

概要図 3 発電施設建設による産業部門別の生産誘発額
(直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門)

⁴ 「建設工事」には建設工事活動に関わるすべての費用が計上されている訳ではなく、人件費等の付加価値のみが計上されている点には注意が必要である。

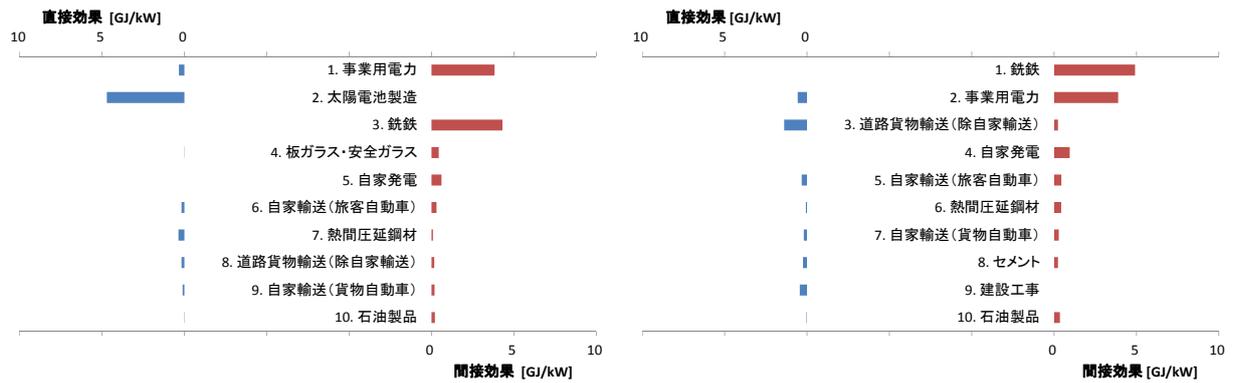
4.2 生産誘発額とエネルギー消費量の関係から見る再生可能エネルギー発電施設建設

- 再生可能エネルギー利用の拡大に向けた今後の研究開発として、発電施設建設によるエネルギー消費量を削減しつつ、生産誘発額の直接効果を削減して発電コストを下げる方向性が考えられる(概要図 4)。



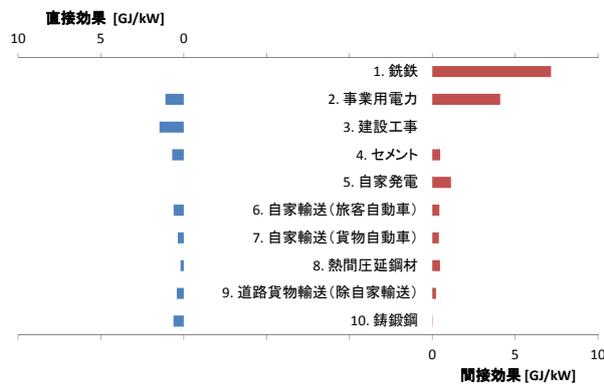
概要図 4 生産誘発額とエネルギー消費量の関係から見る発電施設建設の直接・間接効果

- エネルギー消費量は、どの再生可能エネルギー発電施設建設でも間接効果の「事業用電力」や「鉄鉄」が大きいいため、発電施設建設によるエネルギー消費量の削減には、「事業用電力」、「鉄鉄」部門のエネルギー消費量の削減が大きく寄与する(概要図 5)。
 - 再生可能エネルギー発電施設建設によるエネルギー消費量を削減するには、鉄に代わる生産時にエネルギー消費量の少ない原材料の研究開発や、建設時の間接的使用電力における再生可能エネルギー発電比率の拡大が必要とされる。



(a) メガソーラー

(b) 洋上着床式風力発電

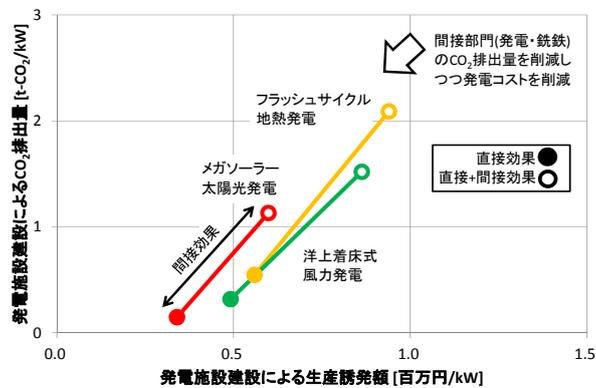


(c) フラッシュサイクル地熱発電

概要図 5 発電施設建設による産業部門別のエネルギー消費量
(直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門)

4.3 生産誘発額と CO₂ 排出量の関係から見る再生可能エネルギー発電施設建設

- 再生可能エネルギー利用の拡大に向けた今後の研究開発として、CO₂ 排出量を削減して地球温暖化対策に貢献し、生産誘発額の直接効果を削減して発電コストを下げる方向性が考えられる(概要図 6)。

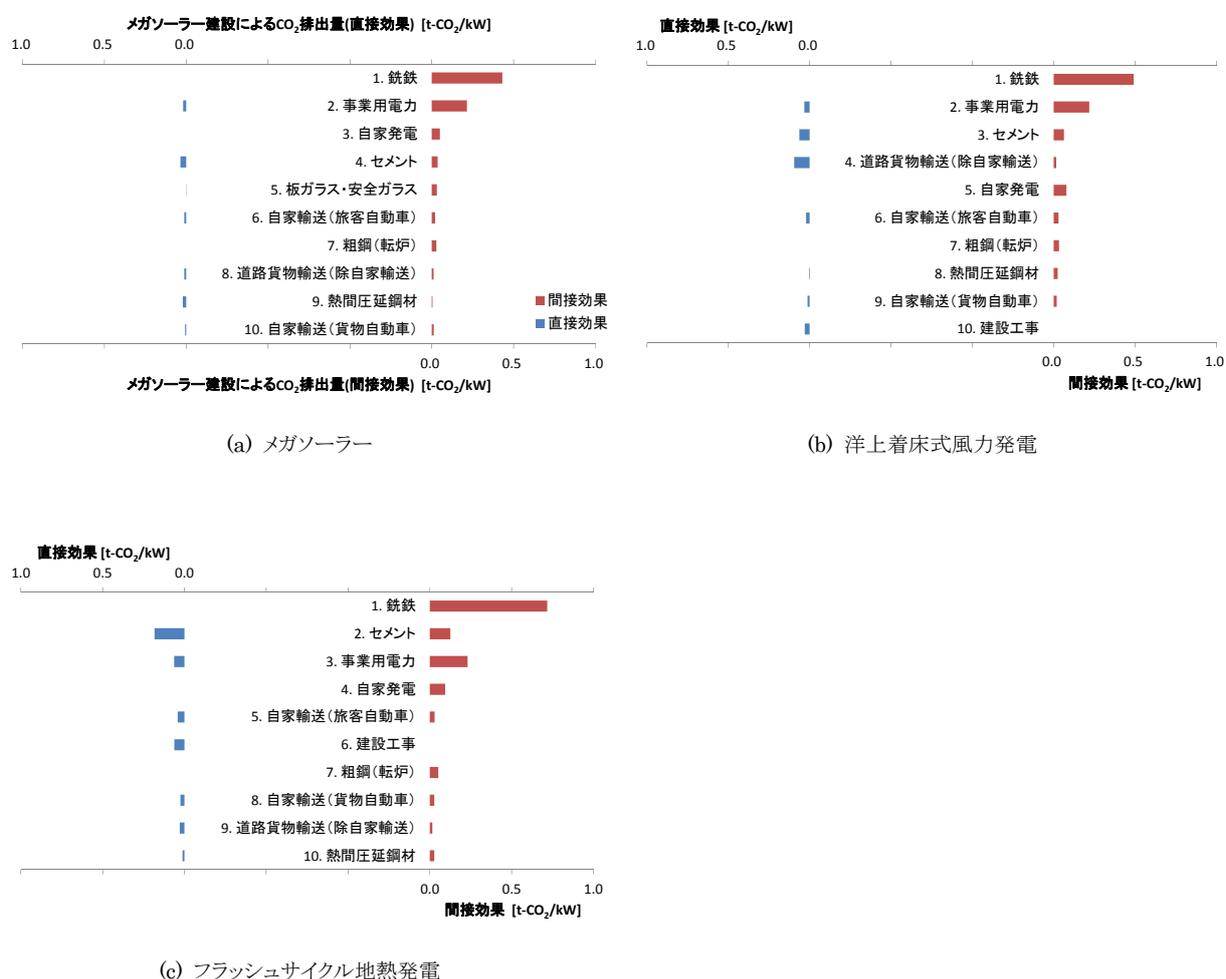


概要図 6 生産誘発額と CO₂ 排出量の関係から見る発電施設建設の直接・間接効果

- 発電施設建設における CO₂ 排出量削減には、「鉄鉄」の他、「事業用電力」、「自家発電」、「セメント」

などの間接部門における CO₂ 排出量削減が相対的に大きく寄与する(概要図 7)。

- CO₂ 固定・貯留技術などの「鉄鉄」部門における CO₂ 排出削減技術や、「事業用発電」、「自家発電」部門における CO₂ 排出を削減する再生可能エネルギーの導入拡大に寄与する研究開発が求められる。



概要図 7 発電施設建設による産業部門別の CO₂ 排出量
(直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門)

5. おわりに

本調査研究では、科学技術イノベーションによって創出される将来の新産業の経済・環境への波及効果を推計するための手法を示した。新産業として、将来の成長が期待される再生可能エネルギーを取り上げ、産業連関分析を用いて再生可能エネルギー発電施設建設による生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO₂ 排出量の直接効果と間接効果を推計した。推計結果から、雇用誘発数は直接効果に対して間接効果が小さく、反対に、エネルギー消費量と CO₂ 排出量は直接効果に対して間接効果の大きいことが示された。産業部門別の分析から、直接効果、あるいは、間接効果の大きな部門を特定することができ、発電施設建設の費用やエネルギー消費量、CO₂ 排出量を削減するための研究開発への示唆が得られた。今後、導入の拡大が見込まれるメガソーラー、洋上着床式風力発電、フラッシュサイクル地熱発電の施設建設に関して、経済・環境への波及効果を多面的に分析することにより、以下に示す 3 つの研究開発の方向性が得られた。

- (1) 再生可能エネルギー発電施設建設費用を削減して発電コスト低減に寄与する研究開発の例
 - 太陽電池製造における費用削減
 - 海洋インフラ構築技術や風力発電施設というシステム全体の最適化
 - 地熱発電施設の建設工事の効率化
- (2) 再生可能エネルギー発電施設建設によるエネルギー消費量を削減しつつ、発電施設建設費用を削減して発電コスト低減に寄与する研究開発の例
 - 事業用電力部門におけるエネルギー消費量の削減や鉄に代わる生産時にエネルギー消費量の少ない安価な代替原材料の研究開発
- (3) 再生可能エネルギー発電施設建設による CO₂ 排出量の削減しつつ、発電施設建設費用を削減して発電コスト低減に寄与する研究開発の例
 - 銑鉄、セメント部門における CO₂ 固定・貯留技術 CO₂ 排出削減技術や事業用発電、自家発電部門における再生可能エネルギーの導入を拡大する研究開発

これまでも、生産誘発額、エネルギー消費量、CO₂ 排出量といった個別の指標について研究開発を議論はあったが、社会的課題の解決に向けて、複数の研究開発指標から多面的に研究開発の方向性を議論していくことが重要であろう。特に、雇用誘発数と研究開発の関係についてはこれまでに議論が少なく、今後の公的研究開発投資を考える上で注目すべき論点と考えられる。再生可能エネルギーは地域的に遍在する特徴があるため、地域性を考慮した雇用誘発効果の分析も検討する必要がある。

本調査研究の分析対象は、再生可能エネルギー発電施設建設に留まっており、経常運転を含めた波及効果の分析、発電施設の耐用年数や設備利用率を考慮した発電費用等については検討の余地がある。輸出入を含めた詳細な波及効果の分析も検討の必要がある。さらに、科学技術イノベーションによってもたらされる将来の産業構造や社会の変化を反映したシナリオに基づく、経済・環境への波及効果の分析が今後の課題である。