

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

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

本 DISCUSSION PAPER は、所内での討論に用いるとともに、関係の方々からのご意見をいただくことを目的に作成したものである。

また、本 DISCUSSION PAPER の内容は、執筆者の見解に基づいてまとめられたものであり、機関の公式の見解を示すものではないことに留意されたい。

DISCUSSION PAPER No.96

Economic and Environmental Impact Analysis for Construction of
Renewable Energy Power Plants by Extended Input-Output Table

August 2013

Science and Technology Foresight Center
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan

本報告書の引用を行う際には、出典を明記願います。

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

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

要旨

本調査研究では、科学技術イノベーション政策を実施する際のエビデンスを提供するための、政府研究開発投資による経済的・社会的な効果を定量的に分析する手法の構築を目的とする。本稿では、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検討した。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。さらに、経済・環境への波及効果を多面的に分析することにより、国内における雇用の視点にも留意しながら発電施設建設の費用やエネルギー消費量、CO₂排出量を削減する研究開発の方向性を示した。

Economic and Environmental Impact Analysis for Construction of Renewable Energy Power Plants by Extended Input-Output Table

Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

In order to provide evidence for science, technology and innovation policy, this study aims to make a method for quantitative analysis of economic and social impacts caused by government investment in science and technology. This paper discusses a method to estimate economic and environmental impacts of new industries in the future created by science and technology innovation. We have taken up renewable energy that is expected as a new growing industry in the future, then estimated direct and indirect effects of output, employment, energy consumption and CO₂ emission in terms of the construction of renewable energy power plants by input-output analysis. The estimated results show that the indirect effect of employment is smaller than the direct effect. Meanwhile, the indirect effects of energy consumption and CO₂ emission are larger than the direct effects. Analysis on every industrial sector identified influential sectors for direct and indirect effects, which suggest the research and development for reducing costs, energy consumption and CO₂ emission in power plant construction. Furthermore, comprehensive analysis on economic and environmental impacts suggests ways of research and development for power plant construction to reduce the costs, energy consumption and CO₂ emission with attention of domestic employment.

目次

概 要	i
1. 調査研究の背景と目的	1
1.1 産業連関分析	1
1.2 産業連関表とイノベーションの分析	2
1.3 再生可能エネルギーの産業連関分析	2
2. 静学的オープン産業連関モデル	5
2.1 生産誘発額の算出	5
2.2 労働力誘発・エネルギー消費誘発・CO ₂ 排出誘発の推計	5
3. 再生可能エネルギー発電施設建設のアクティビティ	7
3.1 太陽光発電	7
3.2 風力発電	8
3.3 水力発電	9
3.3.1 既存施設の有効利用	9
3.3.2 中小水力	10
3.4 地熱発電	12
3.4.1 フラッシュサイクル方式	12
3.4.2 小型バイナリーサイクル方式	13
3.5 バイオマス発電	14
3.5.1 廃棄物処理施設	14
3.5.2 メタン発酵バイオガス発電	15
3.5.3 木質バイオマス	16
4. 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	17
4.1 再生可能エネルギー別の直接・間接効果	17
4.2 産業部門別の経済・環境への波及効果	19
5. 経済・環境への波及効果分析から得られる示唆	25
6. おわりに	27
謝辞	29
参考文献	30
調査担当者	32
付録 再生可能エネルギー発電施設建設の直接効果と間接効果	33
付録 A.1 再生可能エネルギー発電施設建設の生産誘発額	33
付録 A.2 再生可能エネルギー発電施設建設の雇用誘発数	39
付録 A.3 再生可能エネルギー発電施設建設のエネルギー消費量	45
付録 A.4 再生可能エネルギー発電施設建設の CO ₂ 排出量	51

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」

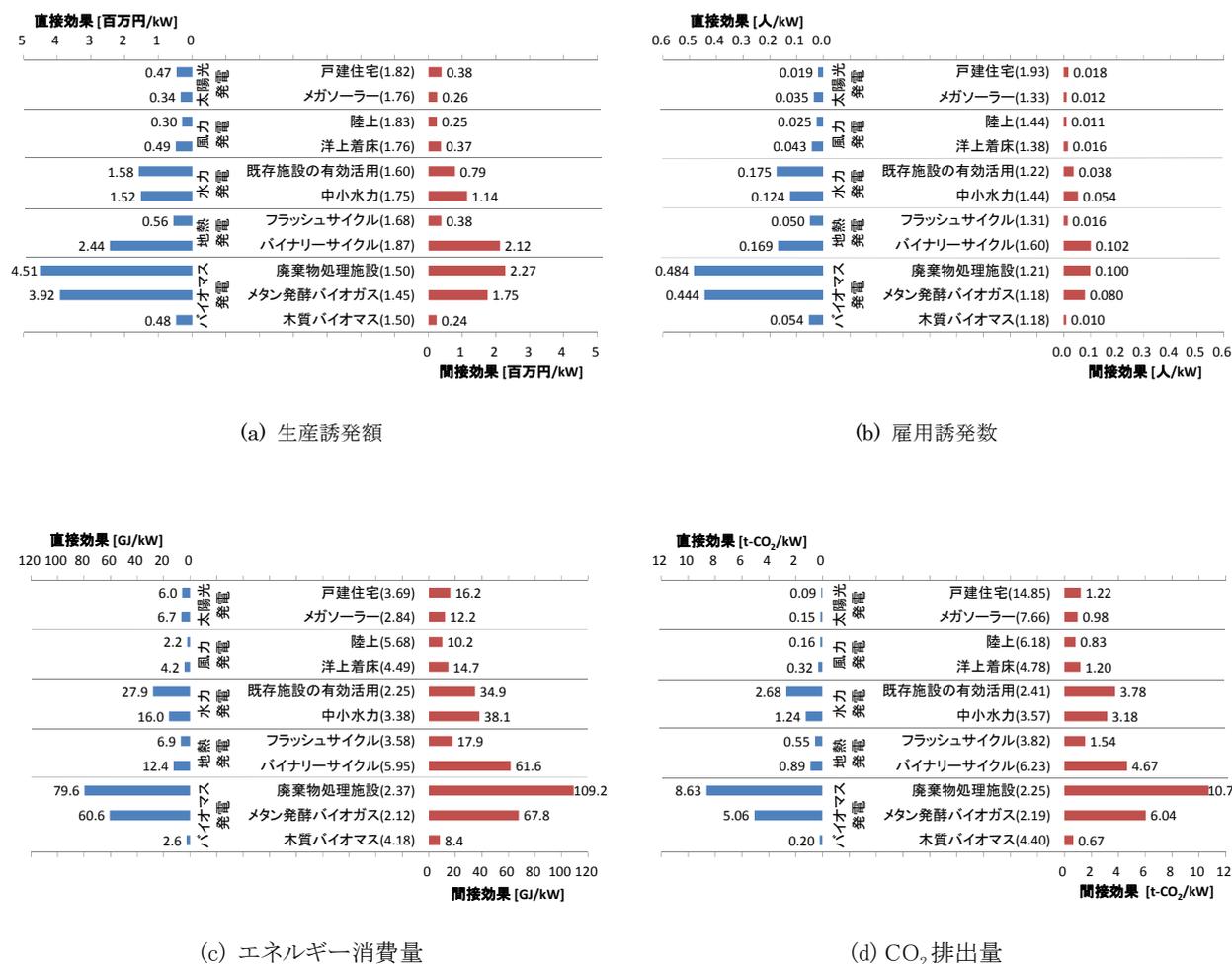
を用いた。

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
	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。

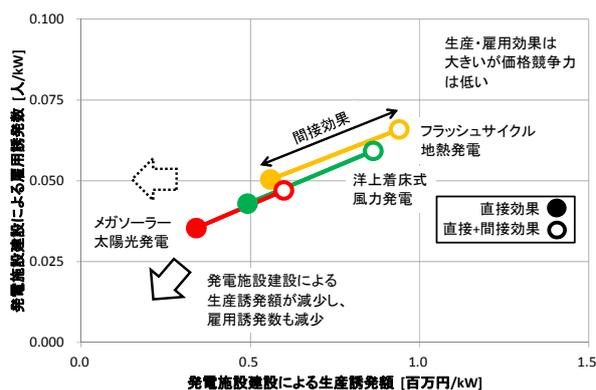
- (1) 生産誘発額と雇用誘発数については間接効果が直接効果よりも小さいが、エネルギー消費量とCO₂排出量については間接効果が直接効果よりも大きい点が共通している¹(概要図 1)。
- (2) 太陽光発電(戸建住宅、メガソーラー)、風力発電(陸上、洋上着床)、フラッシュサイクル地熱発電、木質バイオマス発電の施設建設の場合、生産誘発額の間接効果(波及効果)は相対的に小さいが、生産誘発額の直接効果(単位発電容量あたりの初期費用)の面からは、再生可能エネルギーの中でも経済性(コスト効果)が高いと推察される²(概要図 1(a))。
- (3) 戸建住宅用太陽光発電施設建設の雇用誘発数はメガソーラー建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

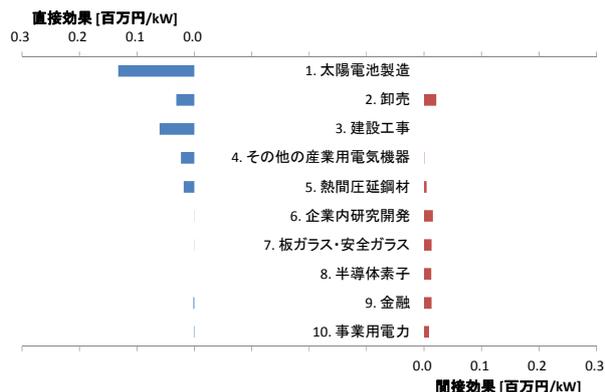
¹ 生産誘発額と雇用誘発数を比較すると、乗数は生産誘発額よりも雇用誘発数が小さい傾向にあるため、雇用の波及効果は小さいことがわかる。

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。

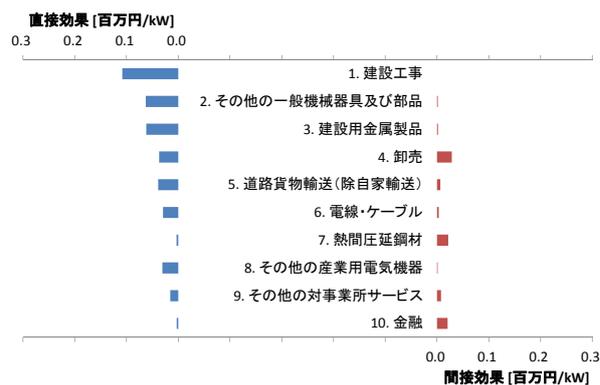
³ 労働集約的な産業部門と労働節約的な産業部門が存在するため、戸建住宅用太陽光発電施設建設とメガソーラー建設では、雇用誘発数の推計と生産誘発額の推計には差が見られる。

● 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。

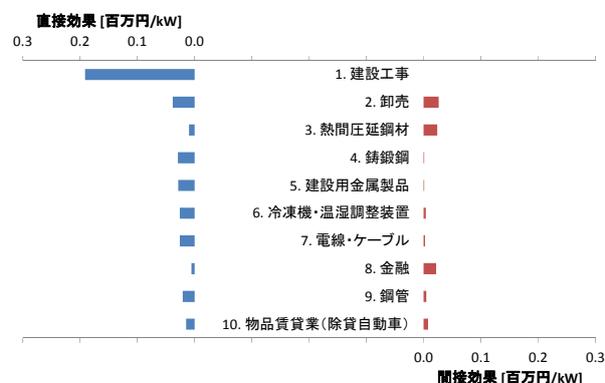
- メガソーラー太陽光発電の施設建設費用を削減するには、「太陽電池製造」の費用の削減に寄与する研究開発を推進する必要がある(概要図 3 (a))。
- 洋上着床式風力発電の施設建設費用を削減するには、「建設工事」⁴だけでなく風力発電施設というシステム全体の費用を削減する最適化が必要になる。また、洋上着床式風力発電では、発電施設建設費用を削減する海洋インフラの構築技術も必要とされる(概要図 3 (b))。
- フラッシュサイクル地熱発電の施設建設の費用を削減するために、「建設工事」を効率化する技術が必要とされる(概要図 3 (c))。



(a) メガソーラー



(b) 洋上着床式風力発電



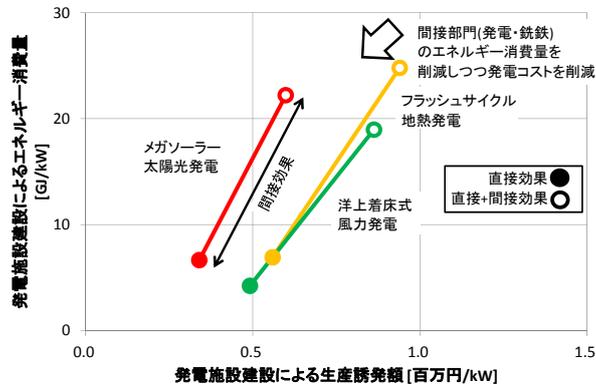
(c) フラッシュサイクル地熱発電

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。

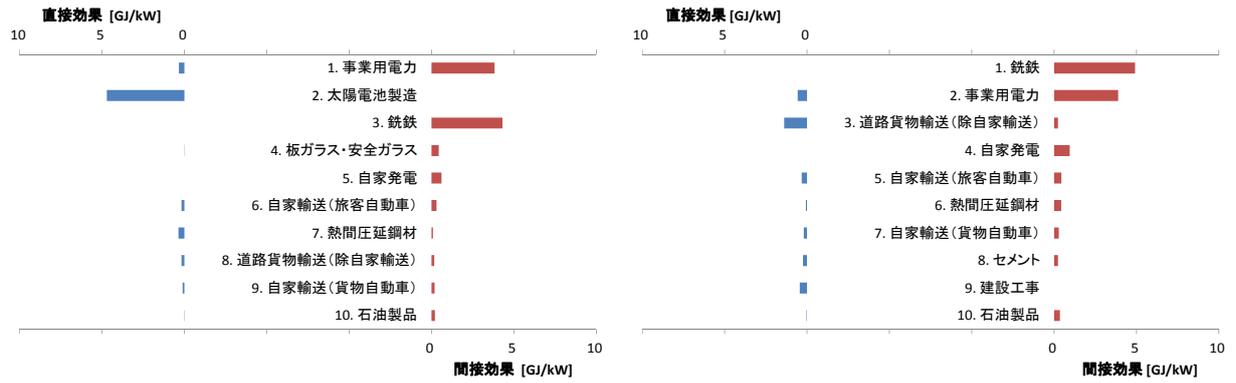
4.2 生産誘発額とエネルギー消費量の関係から見る再生可能エネルギー発電施設建設

- 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)。



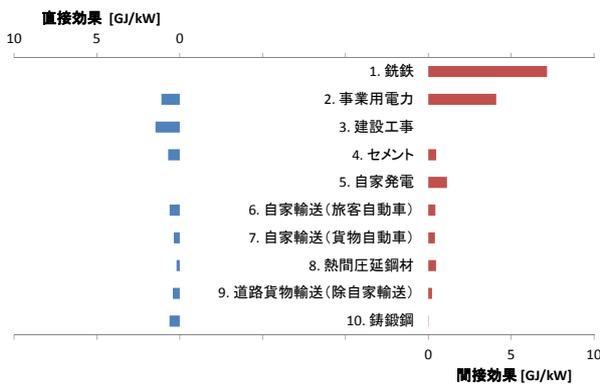
概要図 4 生産誘発額とエネルギー消費量の関係から見る発電施設建設の直接・間接効果

- 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」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」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

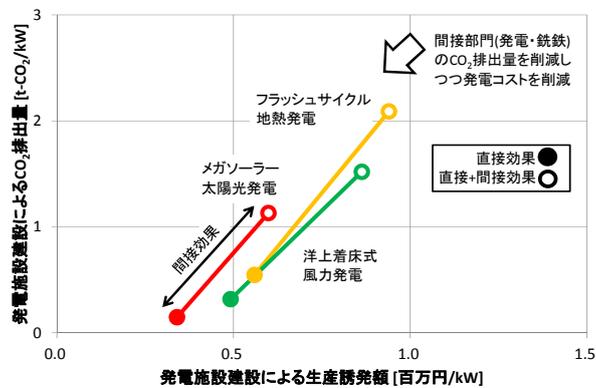


(c) フラッシュサイクル地熱発電

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)。

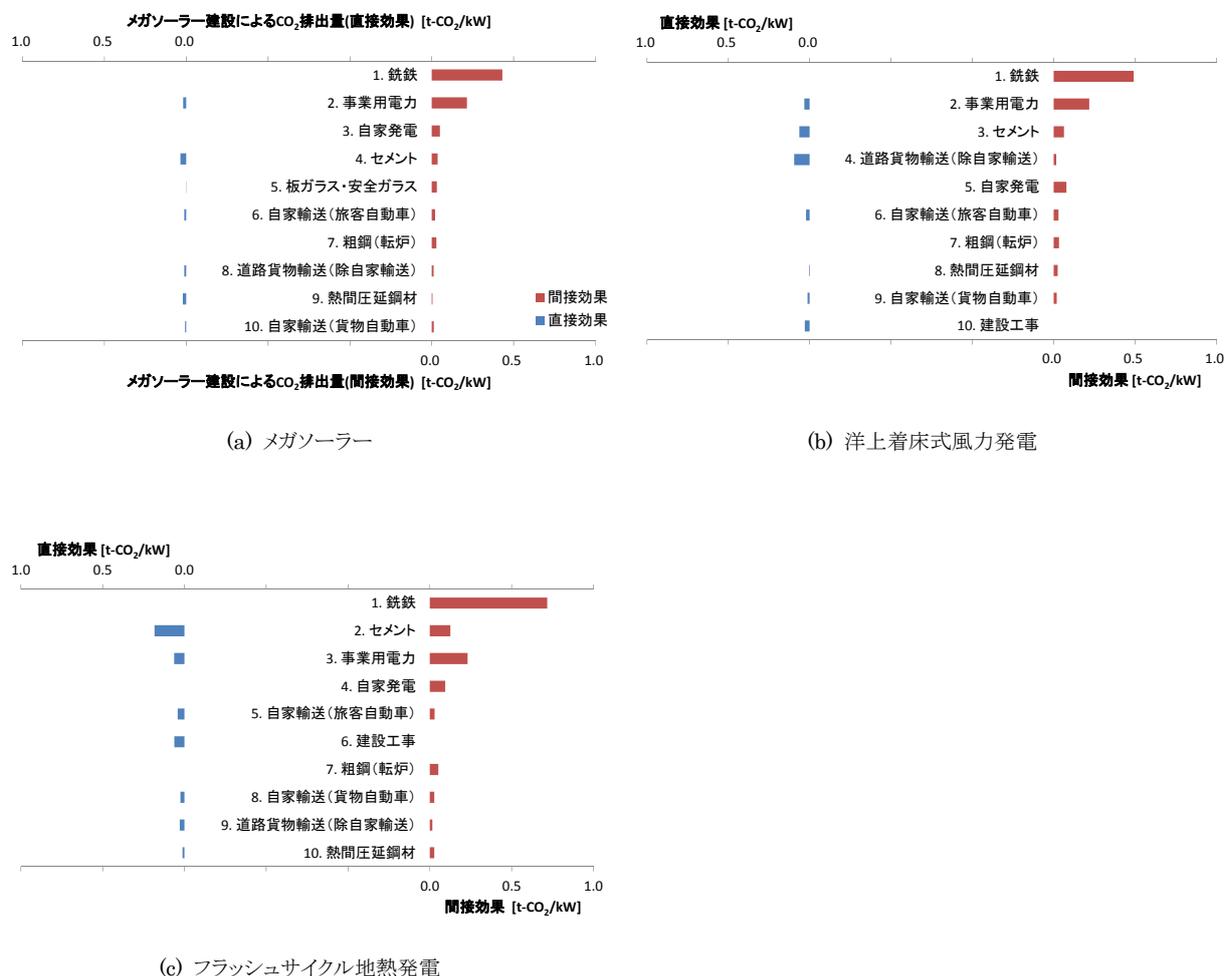


概要図 6 生産誘発額と CO₂ 排出量の関係から見る発電施設建設の直接・間接効果

- 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。

1. 調査研究の背景と目的

科学技術イノベーション政策を実施する際に、客観的根拠(エビデンス)に基づく合理的なプロセスによる政策形成の実現が求められている。このようなエビデンスを提供する一手法として、政府研究開発投資の経済的・社会的波及効果の定量分析が考えられる。科学技術イノベーションにおいて、従来にはない製品・サービスを提供し、新たな市場を創出することにより、産業や社会を大きく変革することが期待されている。そのため、政府研究開発投資の経済的・社会的波及効果の定量分析は、想定される将来の社会や産業構造の変化を考慮した手法にする必要がある。

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。

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。

1.1 産業連関分析

産業連関表とは、ロシア生まれの米国の経済学者ワシリー・レオンティエフによって考案された経済統計表である。産業連関表では経済がいくつかの部門に分割され¹、それらの部門間で財・サービスがどのように取引されたかが記述されている。この表のある部門について、表を縦方向に見ていくと、その部門が1年間の生産活動を行うのに、他の各部門からどのような原材料、部品(中間財)やサービスをどれだけ購入したか、付加価値要素として、どれだけ労働や資本費用を投入したかがわかる。また、ある部門について表を横方向に見ていくと、その部門が1年間に生産した製品やサービスが、他の各部門に中間財としてどれだけ販売されたのか、消費財や投資財として家計や企業にはどれだけ販売されたのかを知ることができる。産業連関表のある部門について、縦方向の投入金額の合計値と、横方向の販売金額の合計値は一致している。

産業連関表は、生産誘発額などの波及効果を分析するために利用される。ある財を生産するには他

¹ 日本の産業連関表は最も細かいレベルで、経済全体の生産活動が約 400 部門に分割されている。これは諸外国の産業連関表と比べても細かい分類であるため、詳細な分析が可能となる。

の様々な部門から中間財・サービスを投入する必要がある。そのことはまた、投入された中間財・サービスの生産部門で同様の活動を引き起こす。このような中間財投入活動の連鎖により、ある財を生産することが究極的に社会全体にどのような波及効果をもたらすかが計算できるのである。産業連関表は、経済全体を個別の生産活動(アクティビティ)に分解して分析するので、マクロ経済分析とは異なる。また、各アクティビティは同一産業に属する企業の活動が集計された概念であるため、ミクロ経済分析とも異なる。このように産業連関分析によれば、マクロ経済分析とミクロ経済分析のどちらとも異なる視点から産業別の分析を詳細に行うことができる。

1.2 産業連関表とイノベーションの分析

産業連関表の創始者であるレオンティエフの考え方によれば、産業連関表の縦方向の数値(各部門の中間財の投入構成比)は、技術情報の経済統計的表現に他ならない。例えば、自動車の燃費の向上は車両の軽量化によって決まり、軽量化は高張力薄板鋼板などの鋼板加工技術やアルミニウム合金の製造技術の進歩によって決まるものであるとすれば、イノベーションは中間財の投入量(鋼板の投入量)の変化、あるいは中間財の投入構成比(アルミニウム合金に必要な金属構成比)として記述することができる。さらにイノベーションによってもたらされる自動車の燃費の向上も、自動車を使う生産主体または消費者によるガソリン消費の減少という量的情報によって定量的に記述できる。

レオンティエフは、こうしたイノベーションは研究者・技術者がもたらすものであるから、経済学者はそれを調査してイノベーションによる経済効果を分析するべきだと考えている。その際、近代産業の特徴として、財・サービスの生産のプロセスが非常に複雑であることから、イノベーションの成果も複雑な経路をたどって、社会経済に影響をもたらす可能性がある。しかし、個別産業の生産プロセスを詳しく捕捉している産業連関表によれば、こうした複雑な経路を経たイノベーションの影響を詳細に分析できる。

このように、「研究者・技術者への調査→イノベーションの要因と効果の産業連関表上での記述→波及効果分析」という調査分析の手順は、レオンティエフが産業連関表を導入した目的の原点である。本調査研究では、その産業連関分析の原点に立ち、先端技術の波及効果を多面的に分析する。

1.3 再生可能エネルギーの産業連関分析

東日本大震災以後の社会的要請として、環境性や持続可能性のみならず「災害に強い」エネルギーシステムの構築が着目されるようになった。本調査研究では、現在、再生可能エネルギーに関連する技術が普及することによる経済効果及び環境影響の分析に注力している。再生可能エネルギーには、太陽光発電の太陽電池のように最新の技術開発が競われている分野もあれば、中小水力発電やバイオマスエネルギー利用のように従来型技術の新たな利用法の工夫が問われている分野もある。日本の産業連関表は世界的に見ても高い精度を誇るにもかかわらず、再生可能エネルギーに関する部門はその一部が「水力・その他の事業用発電」として集計されて計上されているのみであり、いずれの再生可能エネルギーについても、個々の項目が独立して表章されていない状態である。そのため、イノベーションの経済的・社会的波及効果分析に先立ってまず、既存産業連関表の拡張整備を行うことが不可欠である。

図 1-1 に、本調査研究における再生可能エネルギーの経済的波及効果を分析するために拡張を目指す産業連関表の概念図を示す。図 1-1 の拡張産業連関表の特徴を以下にまとめる。

- (1) 各再生可能エネルギー発電の経常運転アクティビティと、施設建設アクティビティを分離している。これにより、再生可能エネルギーの普及過程で、施設を建設すると同時に再生可能エネルギー利用が増加する過程を分析することができる。

本調査研究では、太陽光発電(戸建住宅用、メガソーラー)、風力発電(陸上、洋上着床)、水力発電(既存発電施設の有効利用、中小水力)、地熱発電(フラッシュサイクル、小型バイナリーサイクル)、バイオマス発電(廃棄物処理施設、メタン発酵バイオガス、木質バイオマス)の各電力施設建設のアクティビティ(当該経済活動の投入(費用)構成を金額によって定量的に表章したもの)の建設・製造時の静学的波及効果を分析する。

- (2) 発電部門と送配電部門を分離している。これにより、電力ネットワークに組み込まれる分散型電源としての再生可能エネルギー発電の影響を詳しく記述できる。

	産業部門	再生可能エネルギー電力														系統電力		サービス部門						
		発電施設建設														発電施設建設		送配電事業						
		太陽光発電	風力発電	水力発電	地熱発電	バイオマス発電	太陽光発電	風力発電	水力発電	地熱発電	バイオマス発電	太陽光発電	風力発電	水力発電	地熱発電	バイオマス発電	事業用原子力発電	水力・その他の事業用発電	事業用原子力発電	水力・その他の事業用発電				
		戸建住宅	メガソーラー	陸上	洋上着床式	中小水力	フラッシュサイクル方式	廃棄物処理施設	メタン発酵バイオガス	木質バイオマス	戸建住宅	メガソーラー	陸上	洋上着床式	中小水力	フラッシュサイクル方式	廃棄物処理施設	メタン発酵バイオガス	木質バイオマス	事業用原子力発電	水力・その他の事業用発電	事業用原子力発電	水力・その他の事業用発電	
産業部門																								
再生可能エネルギー電力	発電施設建設	太陽光発電	戸建住宅	メガソーラー	陸上	洋上着床式	既存施設の有効利用	中小水力	フラッシュサイクル方式	小型バイナリーサイクル方式	廃棄物処理施設	メタン発酵バイオガス	木質バイオマス											
	経常運転	太陽光発電	戸建住宅	メガソーラー	陸上	洋上着床式	既存施設の有効利用	中小水力	フラッシュサイクル方式	小型バイナリーサイクル方式	廃棄物処理施設	メタン発酵バイオガス	木質バイオマス											
系統電力	発電施設建設	事業用原子力発電																						
	経常運転	事業用原子力発電																						
	送配電事業																							
サービス部門																								
付加価値																								

図 1-1 拡張産業連関表(投入係数表)の概念図

本報告書の構成は、以下の通りである。まず、次章では静学的波及効果を推計するための産業連関モデルを解説し、第 3 章では各アクティビティの作成方法について概説する。第 4 章では、第 2 章のモデルに第 3 章で作成したアクティビティの情報を与えて静学的波及効果を推計した結果について考察し、今後の再生可能エネルギーに関連する研究開発の方向性について、一定の知見をまとめる。最後に、第 5 章では、今後の研究の展望について述べる。

2. 静学的オープン産業連関モデル

2.1 生産誘発額の算出

再生可能エネルギー発電施設建設アクティビティの静学的波及効果を推計するために、産業連関分析の静学オープンモデルを使用する。つまり、各アクティビティを最終需要ベクトル \mathbf{f} として与え、レオンテイエフ逆行列を乗じることで、生産誘発額ベクトル \mathbf{x} が算出される。

$$\mathbf{x} = \left\{ \mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A} \right\}^{-1} \mathbf{f} \quad (1)$$

ただし、 \mathbf{x} : 生産誘発額ベクトル、 \mathbf{I} : 単位行列、 \mathbf{A} : 投入係数行列、 $\hat{\mathbf{M}}$: 輸入係数行列、 \mathbf{f} : 最終需要ベクトル

本研究で扱うアクティビティのうち太陽電池モジュール製造アクティビティについては、投入係数行列 \mathbf{A} に挿入して内生的に扱っている。太陽電池モジュールは、太陽光発電施設(戸建住宅用太陽光発電設備及びメガソーラー)建設アクティビティに産出されるように記述されているため、太陽光発電施設建設アクティビティが最終需要ベクトルとして与えられると太陽電池モジュール製造に波及することになる。

生産誘発額を算出するために必要な投入係数及び輸入係数は、本研究で作成したアクティビティを除いて、総務省「平成 17 年産業連関表」のデータを使用する²。

2.2 労働力誘発・エネルギー消費誘発・CO₂ 排出誘発の推計

産業連関分析の静学オープンモデルによって算出される生産誘発額に、生産額単位当たりの労働投入量、エネルギー消費量及びCO₂排出量(それぞれ、労働係数、エネルギー消費原単位及びCO₂排出原単位)を乗じれば、各電力施設建設に伴う労働力誘発、エネルギー消費誘発及びCO₂排出誘発の直接・間接波及効果を計測することができる。

$$\mathbf{l} = \hat{\mathbf{U}}^L \left\{ \mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A} \right\}^{-1} \mathbf{f} \quad (2)$$

$$\mathbf{e} = \hat{\mathbf{U}}^E \left\{ \mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A} \right\}^{-1} \mathbf{f} \quad (3)$$

$$\mathbf{c} = \hat{\mathbf{U}}^C \left\{ \mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A} \right\}^{-1} \mathbf{f} \quad (4)$$

ただし、 \mathbf{l} : 労働力誘発ベクトル(従業者ベース)、 $\hat{\mathbf{U}}^L$: 労働係数行列(従業者ベース)、 \mathbf{e} : エネルギー消費

² 本研究で作成したアクティビティの場合、投資財は国内生産を仮定し、投資財を生産する際の原材料は産業連関表の平均的な輸入係数で評価した。

誘発ベクトル、 \hat{U}^E : エネルギー消費原単位行列、 c : CO₂ 排出誘発ベクトル、 \hat{U}^C : CO₂ 排出原単位行列

労働係数は、総務省「平成 17 年産業連関表」「雇用表」の部門別従業者数を使用し、対応する部門別国内生産額で除して求めている。エネルギー消費原単位及び CO₂ 排出原単位は、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」の部門別直接エネルギー消費量及び CO₂ 排出量を使用し、対応する部門別国内生産額で除して求めている。

本研究では、発電施設建設アクティビティを内生的に扱っていないため、建設アクティビティの直接的な労働投入量、エネルギー消費量及び CO₂ 排出量は上の式から算出されない。これらについては、第 3 章で説明する方法で別に算出し、間接波及効果に加えている。

3. 再生可能エネルギー発電施設建設のアクティビティ

再生可能エネルギーの発電施設建設アクティビティ³を作成するに当たり、コスト等検証委員会及び平成 24 年度調達価格等算定委員会に基づいて、太陽光発電、風力発電及び未利用木材を用いた木質バイオマス発電のモデルプラントにおける発電容量及び容量当たり建設費を表 3-1 のように想定する。これらの再生可能エネルギーについては、表 3-1 の建設費を、次節以降の情報に基づいて投入される中間・投資財及び粗付加価値項目に分割する。

なお、地熱発電、水力発電、及び木質バイオマス発電の各電力施設建設については、コスト等検証委員会とは異なる想定及び資料を基に推計を行っている。

表 3-1 再生可能エネルギー発電モデルプラントの発電容量及び建設費の想定

	太陽光発電		風力発電		バイオマス発電
	戸建住宅	メガソーラー	陸上	洋上着床式	木質バイオマス
発電容量[kW]	4	2,000	20,000	150,000	5,700
容量当たり建設費[万円/kW]	46.6	32.5	30.0	49.2	41.0
系統連携費	-	1,500	-	-	-
昇圧費用[万円]	-	1,200	-	-	-
電源線[万円]	-	-	-	-	-
土地造成費用[万円]	186	68,000	600,000	7,372,500	233,700

出典：『コスト等検証委員会』、『平成 24 年度調達価格等算定委員会』を基に著者作成

3.1 太陽光発電

太陽光発電は、戸建住宅用及びメガソーラーの 2 つを想定している。表 3-1-1 は、住宅用太陽光発電については経済産業省が実施している住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金、メガソーラーについては新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が実施したフィールドテスト事業の情報を基に、中野・鷺津(2013)が作成した太陽光発電を構成する部材別の建設費内訳である。表 3-1-1 の情報を用いて表 3-1 の建設費を分割する。

部材のうち太陽電池モジュールの直接材料については、みずほ情報総研株式会社(2009)『太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究』の LCI データ、及び総務省『産業連関表』等の単価データを基に、さらに太陽電池の種類別(多結晶 Si、単結晶 Si、アモルファス Si/単結晶 Si ヘテロ接合、薄膜 Si ハイブリッド、及び CIS 系)に細分化し、間接材料及び粗付加価値項目は『産業連関表』のその他の電気機械器具アクティビティの構成を基に推計している。また、工事費についても、『産業連関表』の住宅建築部門、並びに早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所が推計した電力事業及び配電電の電力施設建設アクティビティの構成を基に細分化する。

最終的に、分割された中間財投入額をすべて産業連関表の部門分類に対応付け、太陽光発電の電

³ 本研究で作成される電力施設建設アクティビティのうち、太陽光発電、風力発電、水力発電における既存ダムの有効利用、未利用木材を用いた固形燃料燃焼発電、メタン発酵ガス化発電の製造アクティビティの作成方法の詳細については、中野・鷺津(2013)を参照のこと。地熱発電及び中小水力発電の電力施設建設アクティビティの作成方法の詳細については、朝倉(2013)を参照のこと。

力施設建設アクティビティが完成する。

表 3-1-1 太陽光発電施設建設費の内訳(生産者価格ベース, 単位:%)

太陽光発電施設の建設費内訳		構成比	
		戸建住宅用	メガソーラー
太陽電池モジュール		58.6	38.9
インバータ		8.8	6.8
アレイ架台	パネル架台	3.1	3.9
	H鋼	0.7	0.9
	接続箱	1.3	1.6
キュービクル		1.0	1.3
データ計測装置等	データ計測装置	0.3	0.4
	無停電電源	0.0	0.0
表示装置		0.2	0.2
昇圧費用		-	1.9
電源線		-	1.8
土木・建設工事費		14.6	33.3
卸売		10.0	7.9
小売		0.2	0.3
鉄道貨物輸送		0.0	0.0
道路貨物輸送(除自家輸送)		0.9	0.7
沿海・内水面貨物輸送		0.0	0.0
港湾運送		0.1	0.1
国内航空貨物輸送		0.0	0.0
貨物利用運送		0.0	0.0
倉庫		0.1	0.1

出典：中野・鷺津(2013)を基に著者作成

3.2 風力発電

風力発電は、陸上及び着床式洋上の2つの設置場所別、発電機のギアの有無別の合計4種類について、電力施設建設アクティビティを作成する。表 3-2-1 は、日本風力発電協会がとりまとめた情報を基に、中野・鷺津(2013)が作成した風力発電を構成する部材別の建設費内訳である。表 3-2-1 の情報を用いて表 3-1 の建設費を分割する。

部材のうち風車本体については、表 3-2-2 の情報を用いてさらに細分化している。表 3-2-2 は、The European Wind Energy Association “Wind Directions, Jan/Feb, 2007”を基に、中野・鷺津(2013)が発電機のギアの有無別に作成した風車本体を構成する部材別の建設費内訳である。

また、工事費についても、早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所が推計した電力事業及び配送電の電力施設建設アクティビティの構成を基に細分化する。

最終的に、分割された中間財投入額をすべて産業連関表の部門分類に対応付け、風力発電の電力施設建設アクティビティが完成する。

表 3-2-1 風力発電施設の建設費の内訳(購入者価格ベース, 単位:%)

陸上風力発電		洋上着床式風力発電	
建設費内訳	構成比	建設費内訳	構成比
風車本体	58.4	風力発電機	43.7
電気設備等	6.0	電気設備	10.7
電気工事	8.4	電気工事	7.1
風車輸送費	3.4	運搬	5.2
組立据付	4.7	設置	7.3
土木工事	13.5	指示構造	21.8
調査費	1.5	開発・許認	3.1
実施設計費	1.3	その他	1.1
試運転調整	1.4		
電力負担金等	1.4		

出典：中野・鷲津(2013)を基に著者作成

表 3-2-2: 風車本体の部品費の内訳(購入者価格ベース, 単位:%)

風車本体の部品費内訳	構成比	
	ギアつき可変速機	ギアレス可変速機
タワー(鉄パイプ)	29.4	26.0
ブレード(ガラス繊維強化プラスチック製)	24.9	22.0
ローターハブ(鋳鉄製、シリンダーのようなもの)	1.5	1.4
軸受(ベアリング)	1.4	1.2
シャフト(主軸、鋳鉄製)	2.1	1.9
ナセル台板(鋳鉄製)	3.1	2.8
増速機	14.5	0.0
発電機	3.9	16.2
ヨー駆動システム(軸受+歯車+モーター+から構成される大きな部品)	1.4	1.2
ピッチシステム	3.0	2.6
コンバータシステム	5.6	16.5
変圧器	4.0	3.6
ブレーキシステム(ディスクブレーキ)	1.5	1.3
ナセルカバー(ガラス繊維強化プラスチック製)	1.5	1.3
ケーブル	1.1	1.0
歯車	1.2	1.0

出典：中野・鷲津(2013)を基に著者作成

3.3 水力発電

3.3.1 既存施設の有効利用

既存の水力発電施設を有効活用する方法には、ダムのかさ上げを行う方法とダムの運用の見直しを行う方法の2つがある。日本プロジェクト産業協議会(JAPIC)の試算によれば、既存ダムのかさ上げとダムの運用見直しによって増加する発電量のポテンシャルは、323.2億 kWhである。必要となる費用は6兆円であり、うち既存ダムのかさ上げの費用は43,632億円である。また、発電容量の増分で見れば、既存ダムのかさ上げで170.9万kW、ダムの運用見直しで198.1万kWと推計される。

表 3-3-1 は、JAPIC による試算を基に、中野・鷲津(2013)が作成した既存ダムのかさ上げ工事費の部材別内訳である。表 3-3-1 の情報を用いてかさ上げの費用を分割する。さらに、用地費、水車及び発電機以外については、早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所が推計した電力事業の電力施設

建設アクティビティ、及び国土交通省『建設部門分析用産業連関表』の河川改修・河川総合アクティビティの構成を基に細部化する。また、ダムの運用見直しに伴う維持更新については、『産業連関表』「固定資本マトリクス(公的+民間)」における投資主体である電力アクティビティ、及び国土交通省『建設部門分析用産業連関表』の河川改修・河川総合アクティビティの情報を用いて費用を分割する。

最終的に、分割された中間財投入額をすべて産業連関表の部門分類に対応付け、既存ダムの有効利用アクティビティが完成する。

表 3-3-1 ダム工事費の内訳(購入者価格ベース, 単位:%)

ダム工事費の内訳			構成比	
用地費			3.68	
建物			0.04	
土木	かさ上げ費用	コンクリート	18.26	
		鋼材	6.09	
		工事費	36.52	
	穿孔	コンクリート	0.02	
		鋼材	0.02	
		工事費	0.17	
	水圧鉄管	コンクリート	0.01	
		鋼材	0.01	
		工事費	0.06	
	雑工事費			3.06
	機械装置			1.94
	電気関係			
	水車			0.35
発電機			0.35	
仮設備			6.69	
総経費			12.51	
金利			9.34	
分担関連費			0.9	

出典:中野・鷲津(2013)を基に著者作成

3.3.2 中小水力

中小水力発電所の建設投資コストは、地域の地理的自然的状況に非常に大きな影響を受けることが予想されるが、導入予定の地点と導入方法を特定せずに推計を進めるため、平均的な投資額からアプローチする。結果として、土木工事の「長さ」に関連する変数(例えば、水路費用)を利用しないことに留意されたい。

表 3-3-2 は、朝倉(2013)が作成した 100kW クラスの中小水力発電の費用構成を示している。作成方法は、はじめに、山梨県(2011)と NEDO(2003)より、100kW 前後の建設投資額の平均値を 150 万円(万円/kw)とし、内訳については、「電気関係(水車、発電機、電気設備)」を 52%、それ以外の土木・建設工事を 48%と計測する⁴。したがって、「電気関係(水車、発電機、電気設備)」を 7800 万、それ以外の土木・建設工事を 7200 万円とする。次に、「電気関係(水車、発電機、電気設備)」の内訳として、水車発

⁴ 建設工事の総額は建設工事費のデフレーターで 2005 年価格に変換した。なお、工事の内訳費用は品目だけでなく工事の設置等の費用も含まれるため、今回は費目構成ごとの年次調整は行わず、構成比は名目シェアで計測している。

電機と電気設備の区分は、安東他(2010)を利用し、水車と発電機の区分は、千矢(2004)を利用した⁵。

また、土木・建設工事のうち、「発電所建物工事費」と「機械装置・基礎工事費」については、新エネルギー財団(NEF)(2002、新訂5版第7刷)の経験式より、次のように計算する。水量と落差のベースデータは、山梨県(2011)とNEDO(2003)である。

はじめに、「電気設備」として、水車タイプである「ペルトン」、「両掛フランシス、斜流、チューブラ」および「フランシス、カプラン、クロスフロー」ごとに費用を計算し、それらを平均する(=a)。「発電所建物工事費」は、「地上式」、「半地下式」および「地下式」ごとに費用を計算し、それらの平均値を計算する(=b)。「機械装置基礎工事費」は、「地上式」、「半地下式」および「地下式」ごとに、主機台数1台から3台まで計測し、それらの平均値を計算する(=c)。最後に、(b)/(a)と(c)/(a)を計測し、(a)=7800万円(100kWの電気関係費用)としたときの(b)と(c)の値を計測した。なお、「機械装置・諸装置工事費」と「土木(水路等)」は、「電所建物工事費」と「機械装置・基礎工事費」を含めた土木総額7200万円についてのバランス式から計算した。

最後に、産業連関表との対応として⁶、「電気関係」の水車と発電機は産業連関表に品目として対応させ、それ以外の電気設備は、電力施設建設ベクトルの「産業用電気機器」と「電子応用装置・電気計測器」の基本分類の構成シェアで割り振りした。「発電所建物工事費」、「機械装置・基礎工事費」、および「機械装置・諸装置工事費」は、電力施設建設部門の構成シェアで割り振りした。「土木(水路等)」は、『建設部門分析用産業連関表』の「河川改修」、「河川総合」および「農林関係公共事業」を平均した水路アクティビティを作成し、その構成比で割り振りした。なお、表中のシェアは全て購入者価格であり、最終的な投資ベクトルの作成においては、全て生産者価格評価に変更している。

⁵ 100kWクラスの中小水力発電について、水車、発電機および電気設備の金額構成の公表値を入手することが出来なかったため、25kWの報告書である安東ほか(2010)と、外国製水車を利用した1988年の事例を示した千矢(2004)援用した。

⁶ 早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所は、産業連関表の電力施設建設アクティビティについて、電気事業と配送電を区分したアクティビティを計測している。本節で使用する電力施設建設アクティビティは、電気事業を抽出・区分した電力施設建設アクティビティである。

表 3-3-2 中小水力発電の建設費の内訳(購入者価格ベース, 単位:%)

中小水力発電施設の建設費内訳	構成比
電気関係	52.0
水車	7.7
発電機	21.8
電気設備	70.6
発電施設建物工事費	3.9
機械装置・基礎工事費	2.9
機械装置・諸装置工事	1.3
土木(水路貯水池)	39.9

出典: 朝倉(2013)を基に著者作成

3.4 地熱発電

3.4.1 フラッシュサイクル方式

フラッシュサイクル方式(シングルフラッシュ)の建設投資ベクトルについては、エックス都市研究所他(2011)、安達(2011)および科学技術庁資源調査会(1982)、稗貫・本藤(2012, 2013)、NEF(2002)および資源エネルギー庁(1996)を主要なデータソースとして朝倉(2013)のように作成する⁷。想定発電容量は50MWタイプであり、建設投資額は275億円である⁸。

表 3-4-1 は上記の資料により朝倉(2013)が作成した費用構成を示しており、それを産業連関表の部門分類に格付けする⁹。ただし、表 3-4-1 の事前探掘調査、井戸等関連建設の掘削の生産井・還元井と蒸気輸送管といった井戸・蒸気輸送関連部門は部門格付けが困難であったため、それらについては次のように操作した。①科学技術庁資源調査会(1982)の地熱発電所の物量情報からメートル物量構成を計測し¹⁰、②産業連関表の「部門別品目別国内生産額表(いわゆる単価表)」によって①を価額化し、③井戸・蒸気輸送関連部門の「長さ」の情報(井戸の深さ、輸送管の長さ)によって②を延長した。その後、③の値と井戸・蒸気輸送関連部門の金額の差額を電力施設建設の構成比で割り振りした。なお、エックス都市研究所他(2011)には土地取得代金も含まれているが、産業連関表の表章原則により、削除している¹¹。そして、表中の発電設備については、安達(2011)の出力50MW、タービン入り口圧力:0.5Mpaと0.7Mpaのフラッシュサイクル方式(シングルフラッシュ)の4パターンを平均して使用した。その場合、エックス都市研究所他(2011)の発電設備費用:20万円/kWと差額が発生するため、差額分を表中の「その他」とし、最終的に電力施設建設の構成比で割り振りした。なお、表中のシェアは全て購入者

⁷ その他に、安達(2012)「地熱発電の買い取り価格についての要望」(2012年3月19日第3回調達価格等算定委員会)等を参考にした。

⁸ エックス都市研究所他(2011)と稗貫・本藤(2012)から運転開始後の追加井等の費用を除いて計測した値。

⁹ 早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所は、産業連関表の電力施設建設アクティビティについて、電力事業と配送電を区分したアクティビティを計測している。本節で使用する電力施設建設アクティビティは、電力事業を抽出・区分した電力施設建設アクティビティである。

¹⁰ 科学技術庁資源調査会(1982)の地熱発電所の物量情報はダブルフラッシュサイクル方式であるが、その値を援用した。

¹¹ もちろん、発電単価の計算においては必要な情報である。

価格であり、最終的な投資ベクトルの作成においては、全て生産者価格評価に変更している。また、土地代金は、産業連関表の原則により除外している。

表 3-4-1 フラッシュサイクル式地熱発電所の建設費の内訳(購入者価格ベース, 単位:%)

フラッシュサイクル式地熱発電所 建設費の内訳		構成比	
事前採掘調査	小口径	5.3	
	調査井(生産井)	5.4	
	還元井	1.8	
	重力調査	0.1	
	時期調査	0.2	
	環境調査	0.1	
	噴出試験	0.4	
井戸等 関連建設	掘削	生産井	12.2
		還元井	10.9
	土木関係	用地取得	0.0
		用地造成	1.0
		基礎	0.6
	基礎間道路	生産井基地	2.4
		還元井基地	1.1
	蒸気輸送管	生産井分	16.6
		還元井分	4.2
	発電設備	建物	発電所建屋
構築物		基礎	5.0
		冷却塔	5.8
		原水タンク	0.6
プラント		タービン	4.1
		発電機	2.4
		復水器	2.7
		変圧器・計測装置	4.9
		付属設備	4.6
	その他	6.3	

出典: 朝倉(2013)を基に著者作成

3.4.2 小型バイナリーサイクル方式

わが国で本格稼働している八丁原バイナリー発電所の発電規模は 2MW であるが、今回は、いわゆる「温泉発電」クラスの 50kW の発電規模を想定する。ただし、50kW クラスで実用化レベルの設備の構造情報は、まだ整理されていないことに注意されたい。

データソースとしては、地熱発電に関する研究会(2009)を基準ケース(標準的な設置工事等を含めて一台約 8000 万円)と考えているが、NEDO の「新エネルギーベンチャー技術革新事業」の事例を利用して、地方自治体が作成・公表する地域エネルギービジョン等の報告書で多数の導入ケースの試算が行われており、今回は、その事例を利用して、設計費、購入費、工事費およびその他経費の区分を利用して計測を行う¹²。建設投資額は、総額 1.2 億円である。

表 3-4-2 は、小型バイナリーサイクルの費用構成であり、それらを産業連関表の産業部門に格付けす

¹² 新潟県(2010)に掲載される「NEDO:新エネルギーベンチャー技術革新事業」を参考値として利用した。なお、設計費は、「測量、設計費、確認申請書、設備関係設計費」、購入費は、「発電機本体」、工事費は「敷地造成、配管工事」、その他経費は「許認可申請関係費用」である。

る¹³。なお、「購入費」は、バイナリー装置の内部構造までは想定できなかったため、電力施設建設ベクトルの「産業用電気機器」と「電子応用装置・電気計測器」の基本分類の構成比で割り振りした。「工事費」は、「購入費」との重複部分を調整して、電力施設建設ベクトルの構成比で割り振りした。なお、表中のシェアは全て購入者価格であり、最終的な投資ベクトルの作成においては、全て生産者価格評価に変更している。

表 3-4-2 小型バイナリーサイクル式発電施設の建設費の内訳(購入者価格ベース, 単位:%)

小型バイナリーサイクル式 発電施設の建設費内訳	構成比
設計費	2.9
購入費	70.4
工事費	25.0
その他経費	1.7

出典：新潟県(2010)、NEDO「新エネルギーベンチャー技術革新事業」を基に著者作成

3.5 バイオマス発電

3.5.1 廃棄物処理施設

廃棄物処理施設の規模を決定するために、本調査研究では、人口規模が 50 万人と 10 万人の都市を想定する。50 万人規模の都市を想定すると、必要な一般廃棄物処理施設の規模は 500t/日となり、設備利用率を 80%(コスト等検証委員会における木質バイオマス専焼施設の想定)とすると年間処理量は 146,000t になる。松藤(2005)のモデルに基づけば、この想定のもとでは洗煙及び発電設備がある一般廃棄物処理施設は 21,981 百万円となり、洗煙はあるが発電設備がない場合は 20,082 百万円となる¹⁴。したがって、両者の差である 1,899 百万円が発電設備費用と推測される。また、洗煙がなく発電設備がある場合は 21,865 百万円であることから、21,981 百万円との差 115 百万円が湿式塩化水素除去装置の費用と推測される。

10 万人規模の都市を想定すると、必要な一般廃棄物処理施設の規模は 100t/日となり、設備利用率を 80%(コスト等検証委員会における木質バイオマス専焼施設の想定)とすると年間処理量は 29,200t になる。松藤(2005)のモデルに基づけば、この想定のもとでは洗煙及び発電設備がない一般廃棄物処理施設は 5,671 百万円である。

一般廃棄物処理施設の建設費の内訳と対応づけた産業連関表の部門分類は、表 3-5-1 の通りである。国土交通省『建設部門分析用産業連関表』の廃棄物処理施設アクティビティに対応づけられた費用は、廃棄物処理施設アクティビティの投入係数及び粗付加価値比率を使用して、部門別に按分している。これらの投入額は購入者価格ベースであるため、産業連関表の商業・輸送マージン比率を用いて、各マ

¹³ 早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所は、産業連関表の電力施設建設アクティビティについて、電気事業と配送電を区分したアクティビティを計測している。本節で使用する電力施設建設アクティビティは、電気事業を抽出・区分した電力施設建設アクティビティである。

¹⁴ ここでは、すべて薬剤セメント固化による集塵灰処理を行う場合を想定している。

ージン項目に分割する。

表 3-5-1 一般廃棄物処理施設建設費の内訳(購入者価格ベース, 単位:百万円)

一般廃棄物処理施設の仕様	大規模		中小規模	IO部門名
	あり	あり	なし	
発電設備	あり	あり	なし	
洗煙	あり	なし	なし	
年間処理量[t/年]	146,000	146,000	29,200	
一般廃棄物処理施設建設費の内訳				
建設費計	21,981	21,865	5,671	
発電機器	1,899	1,899	-	建設IOの「廃棄物処理施設」発電設備のシェアで分割
湿式塩化水素除去装置	115	-	-	化学機械(IOコード: 3022011)
その他	19,966	19,966	5,671	建設IOの「廃棄物処理施設」発電設備以外のシェアで分割

出典: 松藤(2005)を基に著者作成

3.5.2 メタン発酵バイオガス発電

平成 24 年度調達価格等算定委員会に基づき、メタン発酵ガス化発電施設の容量当たりの建設費を 392 万円/kW とする。建設費を分割する部材別内訳は、『建設部門分析用産業連関表』の廃棄物処理施設アクティビティの投入係数及び粗付加価値比率をベースとし、発電施設に対して行った調査結果を用いて修正する。修正後のコストシェアを整理したものが表 3-5-2 である。

建設関係資材、発電設備及び発電設備以外のプラント関係資材の投入係数を、それぞれに含まれる修正前の各中間財投入額を按分指標として、各中間財に配分する。

表 3-5-2 修正された廃棄物処理施設アクティビティの投入係数及び粗付加価値比率
(購入者価格ベース, 単位:%)

廃棄物処理施設アクティビティ	投入係数・粗付加価値比率
建設関係資材	0.06528
発電設備	0.09792
発電設備以外のプラント関係資材	0.13056
その他の資材	0.18813
粗付加価値	0.51812

出典: 中野・鷲津(2013)

3.5.3 木質バイオマス

未利用木材を利用した固形燃料燃焼発電(木質バイオマス発電)については、発電施設に対して実施した調査に基づく表 3-5-3 の木質バイオマス発電を構成する部材別の建設費内訳によって、表 3-1 の建設費を分割する。

同調査によれば、表 3-1 の建設費には乾燥・前処理などの付帯設備分が含まれていないため、調査に基づいて付帯設備の建設費を 6.93 万円/kW(41 万円の 16.91%)と想定している。

発電施設の各部材は、早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所が推計した電力事業及び配送電の電力施設建設アクティビティの構成を基に細分化する。また、付帯設備は、国土交通省『建設部門分析用産業連関表』の SRC 工場アクティビティの構成を基に細部化する。

表 3-5-3 木質バイオマス発電施設建設費の内訳(購入者価格ベース, 単位:%)

木質バイオマス発電施設建設費の内訳	構成比
発電関連設備工事	78.3
工場建屋建築工事	17.9
電気工事(送電線・鉄塔)	3.9

出典:中野・鷲津(2013)

4. 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

4.1 再生可能エネルギー別の直接・間接効果

各種再生可能エネルギーについて、発電施設建設による設備容量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図4-1-1に示す¹⁵。以下に、分析結果から得られた傾向をまとめる。

(1) 発電施設建設による単位発電容量あたりの直接効果と間接効果

生産誘発額(図4-1-1(a))と雇用誘発数(図4-1-1(b))のいずれも、間接効果が直接効果よりも小さい。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り、雇用の波及効果は小さいことを示している。エネルギー消費量(図4-1-1(c))とCO₂排出量(図4-1-1(d))のいずれも、間接効果が直接効果よりも大きく、間接部門で多くのエネルギーが消費され、多くのCO₂が排出されていることがわかる。

(2) 発電施設建設による単位発電容量あたりの生産誘発額

生産誘発額(図4-1-1(a))は、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が小さい。単位発電容量あたりの初期費用で見れば、これらは、再生可能エネルギーの中でも経済性の高い発電施設であると考えられる。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る必要がある。

(3) 発電施設建設による単位発電容量あたりの雇用誘発数

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、雇用誘発数の推計(図4-1-1(b))は生産誘発額の推計(図4-1-1(a))と必ずしも類似した結果にならない。たとえば、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、戸建住宅用太陽光発電施設建設の生産誘発額はメガソーラー建設よりも低い。同じ太陽光発電でも戸建住宅用太陽光発電施設建設は、単位発電容量あたりでより大きな雇用を創出することを意味する。

(4) 発電施設建設による単位発電容量あたりのエネルギー消費量

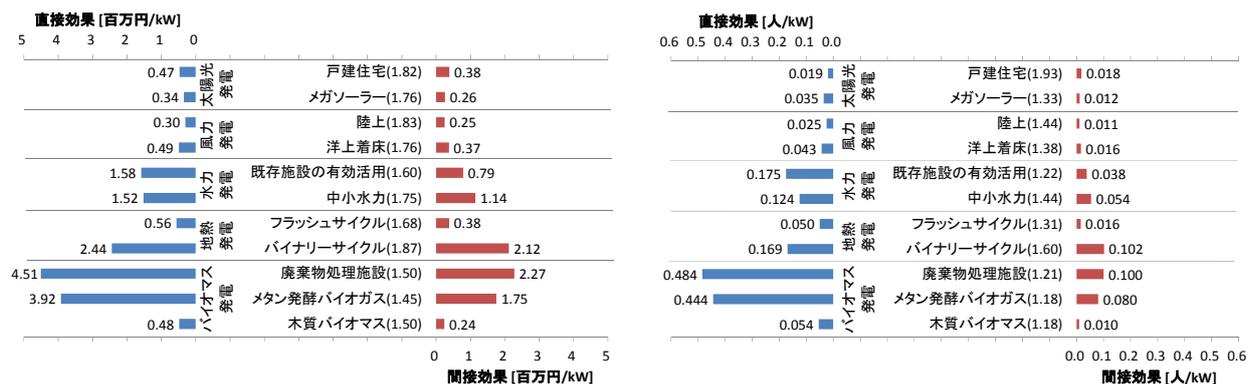
エネルギー消費量(図4-1-1(c))は、風量発電(陸上、洋上着床)と木質バイオマス発電が少なく、太陽

¹⁵ 発電施設建設による設備容量1kWあたりの部門別の生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO₂排出量の直接・間接効果を付録に示す。

光発電(戸建住宅、メガソーラー)はこれらに次いで少ない。これらの再生可能エネルギー発電施設建設はエネルギー節約的な建設活動であると言える。

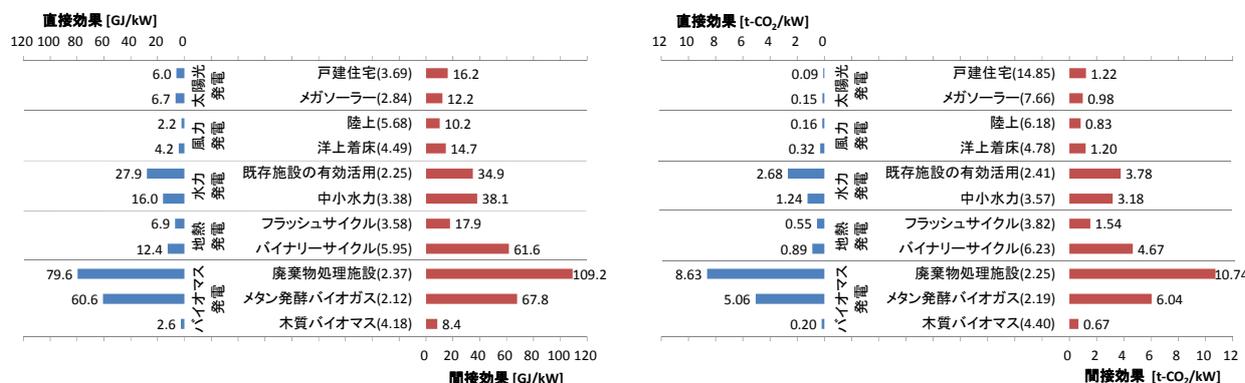
(5) 発電施設建設による単位発電容量あたりの CO₂ 排出量

CO₂ 排出量(図 4-1-1(d))は、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と言える。



(a) 生産誘発額

(b) 雇用誘発数



(c) エネルギー消費量

(d) CO₂ 排出量

()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。

図 4-1-1 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

4.2 産業部門別の経済・環境への波及効果

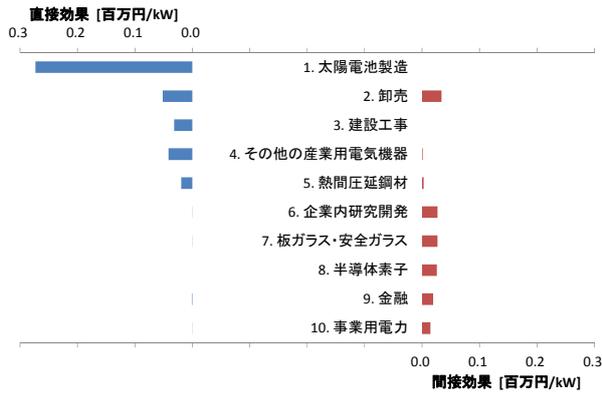
普及拡大が見込まれる太陽光発電(戸建住宅用、メガソーラー)、風力発電(陸上、洋上着床式)、フラッシュサイクル地熱発電について、産業部門別に発電施設建設による単位発電容量あたりの生産誘発額、雇用誘発数、エネルギー消費量、CO₂ 排出量の直接・間接効果を推計し、直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門の結果を以下にまとめる。

(1) 太陽光発電施設建設による単位発電容量あたりの経済波及効果(図 4-2-1)

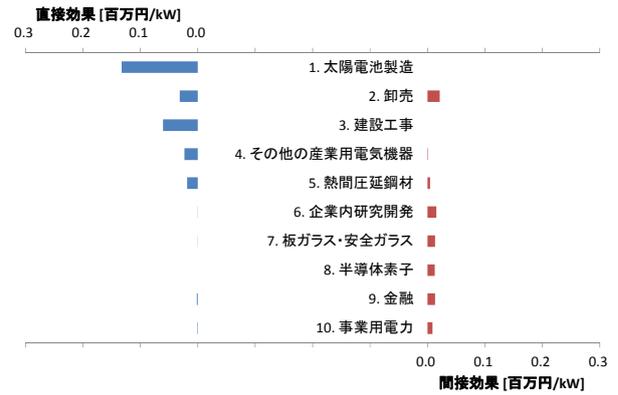
生産誘発額は、戸建住宅用太陽光発電施設建設とメガソーラー建設のいずれも「太陽電池製造」部門が最も大きい。生産誘発額の大きな間接部門に、太陽電池の部材となる「板ガラス・安全ガラス」、「半導体素子」、「企業内研究開発」部門が含まれる。しかし、雇用誘発数の間接部門を見ると、「板ガラス・安全ガラス」、「半導体素子」部門は上位になく、これらの部門が労働節約的であることを示唆している。

メガソーラー建設と戸建住宅用太陽光発電施設の生産誘発額を比較すると、メガソーラー建設の場合、「太陽電池製造」部門の生産誘発額が低く、「建設工事」の生産誘発額は高い傾向が読み取れる。メガソーラー建設による雇用誘発数の直接効果を見ると、「建設工事」部門が「太陽電池製造」部門よりも多いことがわかる。

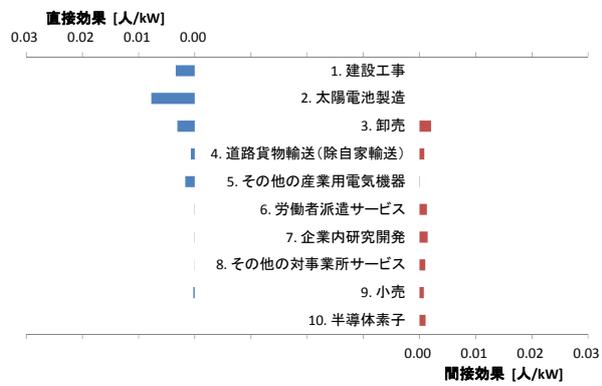
産業部門別の波及効果の解釈に当たって、「建設工事」には建設工事活動に関わるすべての費用が計上されている訳ではなく、人件費等の付加価値のみが計上されている点には注意が必要である。図 4-2-1 の直接効果では両者に 2 倍程度の差がある。図 4-2-1 の「建設工事」が小さくなっているのは、付加価値のみ計上され、作業服・工具等の原材料費が含まれていないからである。なお、建設工事費から除かれた原材料費は、それぞれに対応する産業連関表の部門で計上されているため、漏れがある訳ではない。



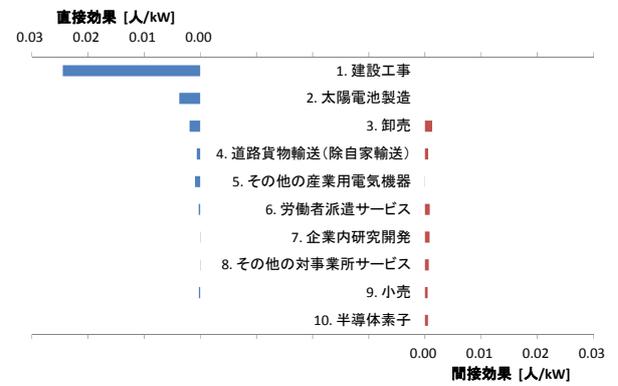
(a) 戸建住宅用太陽光発電施設建設による生産誘発額



(b) メガソーラー建設による生産誘発額



(c) 戸建住宅用太陽光発電施設建設による雇用誘発数

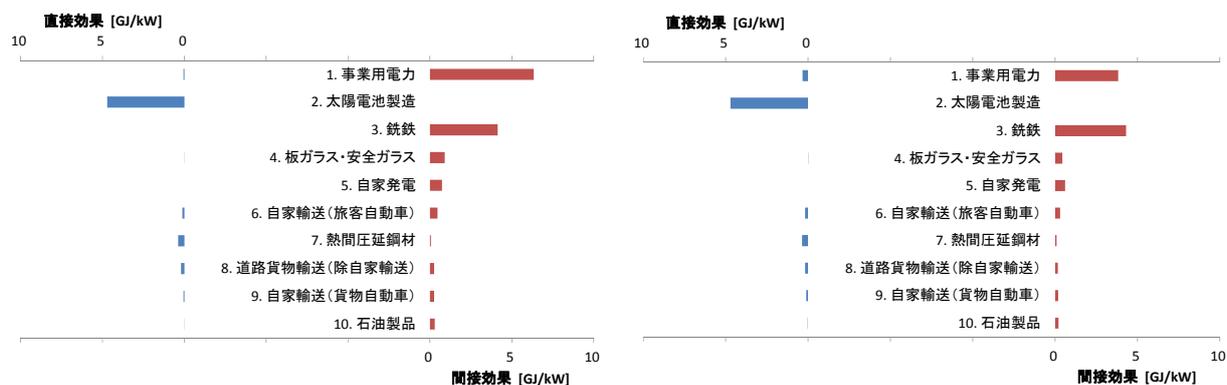


(d) メガソーラー建設による雇用誘発数

図 4-2-1 太陽光発電施設建設による産業部門別の生産誘発額・雇用誘発数(直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門)

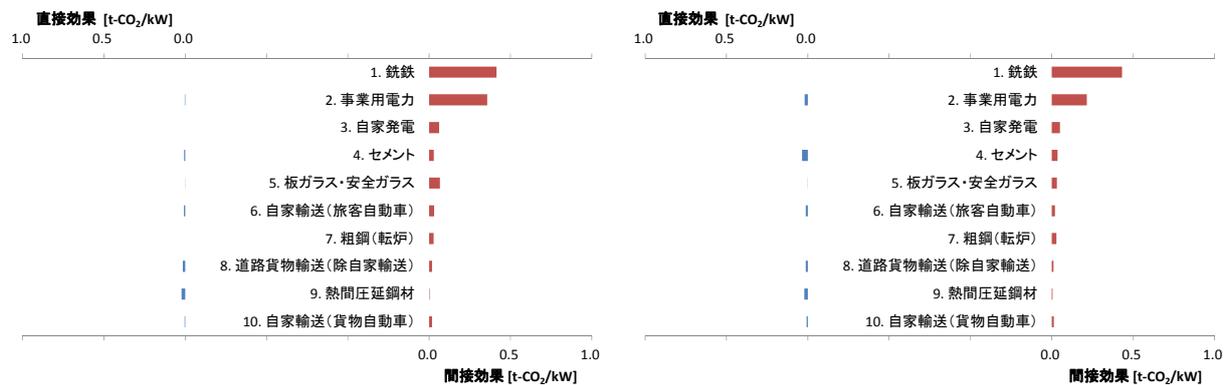
(2) 太陽光発電施設建設による単位発電容量あたりの環境への波及効果(図 4-2-2)

エネルギー消費量の直接効果は「太陽電池製造」部門が多いが、間接効果は「事業用電力」、「鉄鉄」部門が多い。CO₂ 排出量の直接効果は全体に少ないが、間接効果を見ると「鉄鉄」、「事業用電力」部門が多い。



(a) 戸建住宅用太陽光発電施設建設によるエネルギー消費量

(b) メガソーラー建設によるエネルギー消費量



(c) 戸建住宅用太陽光発電施設建設による CO₂ 排出量

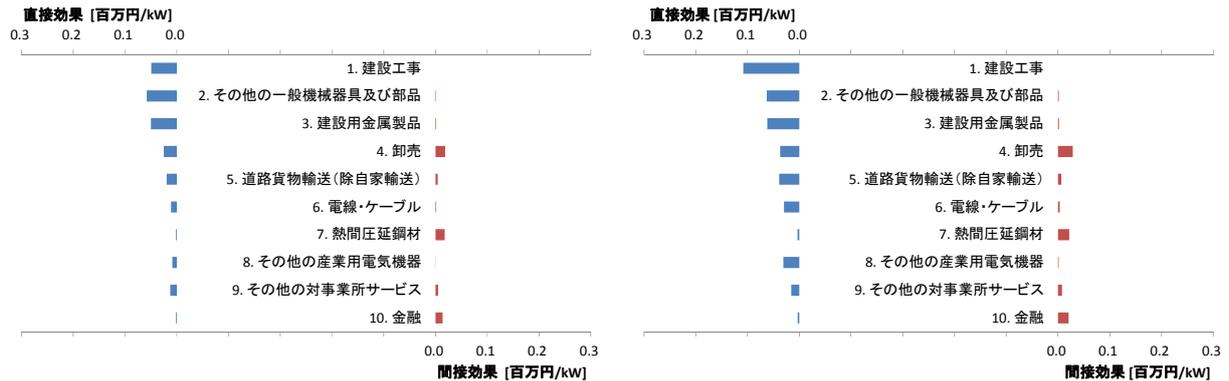
(d) メガソーラー建設による CO₂ 排出量

図 4-2-2 太陽光発電施設建設による産業部門別のエネルギー消費量・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)

(3) 風力発電施設建設による単位発電容量あたりの経済波及効果(図 4-2-3)

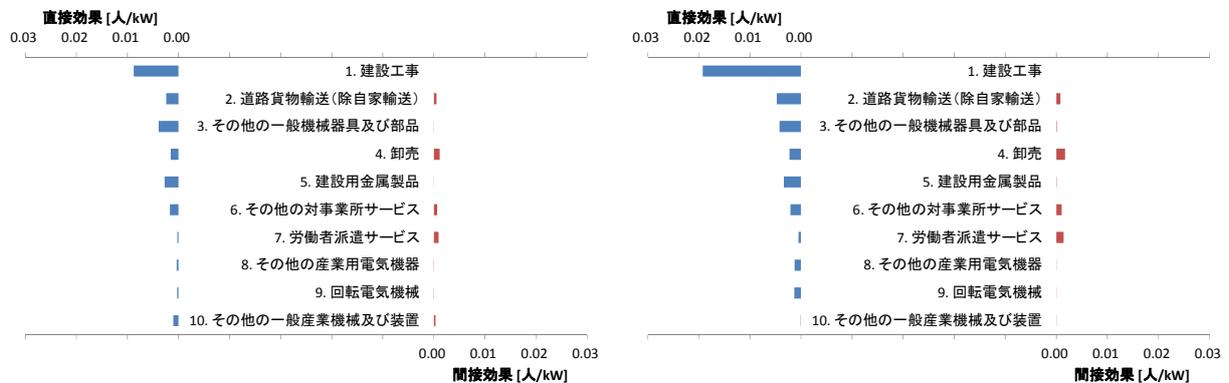
生産誘発額の直接効果は「建設工事」、「その他の一般機械器具及び部品」、「建設用金属製品」等の部門に表われている。雇用誘発数の直接効果は「建設工事」部門に集中する傾向があり、複数の部門に表われる生産誘発額とは異なった傾向が見られる。

洋上着床式風力発電施設建設による生産誘発額と雇用誘発数はいずれも「建設工事」部門の比率が陸上風力発電施設建設よりも高い。



(a) 陸上風力発電施設建設による生産誘発額

(b) 洋上着床式風力発電施設建設による生産誘発額



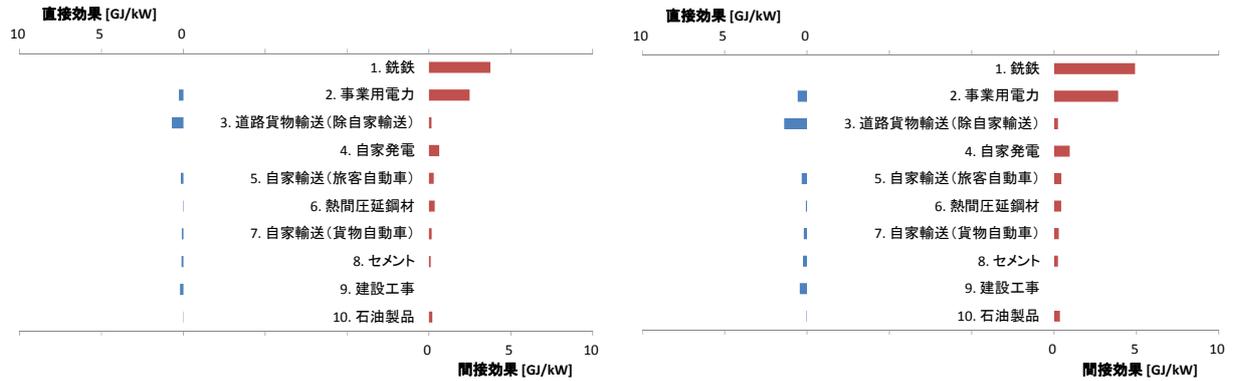
(c) 陸上風力発電施設建設による雇用誘発数

(d) 洋上着床式風力発電施設建設による雇用誘発数

図 4-2-3 風力発電施設建設による産業部門別の生産誘発額・雇用誘発数(直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門)

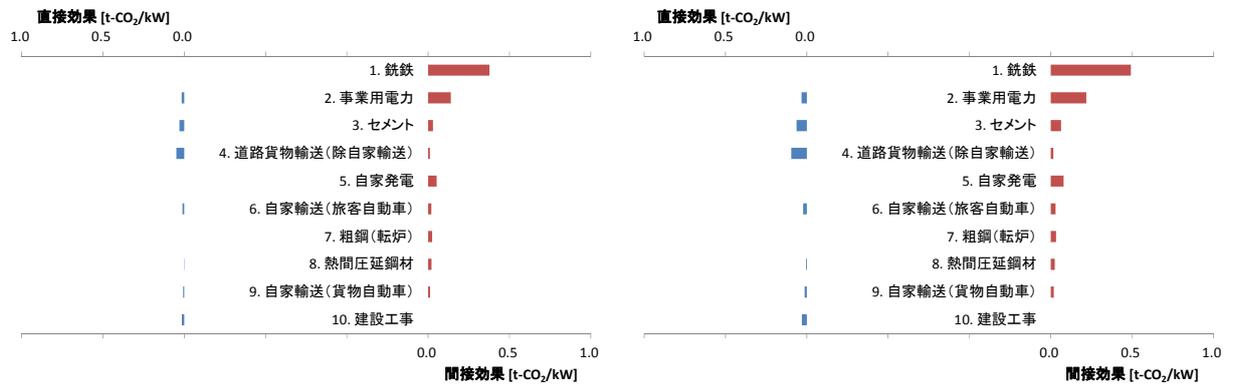
(4) 風力発電施設建設による単位発電容量あたりの環境への波及効果(図 4-2-4)

エネルギー消費量と CO₂ 排出量のいずれも、間接効果の「鉄鉄」と「事業用電力」部門で多いことがわかる。エネルギー消費量の直接効果を見ると、「道路貨物輸送(除自家輸送)」部門が比較的多いが、間接効果の「鉄鉄」、「事業用電力」よりも少ない。直接・間接効果を合わせた「セメント」部門の CO₂ 排出量は「鉄鉄」、「事業用電力」部門に次いで多い。



(a) 陸上風力発電施設建設によるエネルギー消費量

(b) 洋上着床式風力発電施設建設によるエネルギー消費量



(c) 陸上風力発電施設建設による CO₂ 排出量

(d) 洋上着床式風力発電施設建設による CO₂ 排出量

図 4-2-4 風力発電施設建設による産業部門別のエネルギー消費量・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) フラッシュサイクル地熱発電施設建設による単位発電容量あたりの経済波及効果(図 4-2-5)

生産誘発額と雇用誘発数のいずれも直接効果の「建設工事」部門を占める比率が高い。生産誘発額を見ると、「熱間圧延鋼材」、「鋳鍛材」などの部材に関する部門の占める比率が高く、雇用誘発数を見ると、「労働者派遣サービス」、「土木建築サービス」などのサービス部門が占める比率が高い。

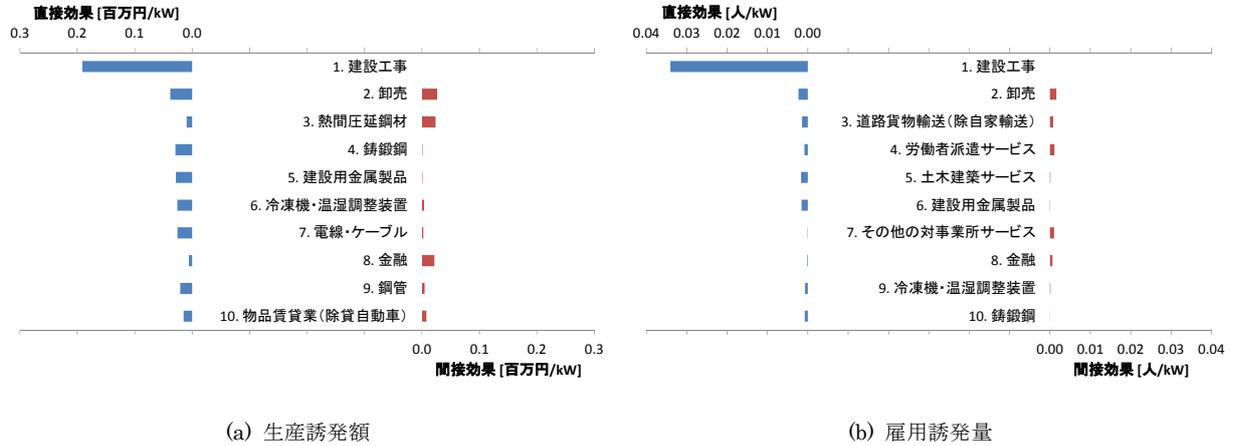


図 4-2-5 フラッシュサイクル地熱発電施設建設による産業部門別の生産誘発額・雇用誘発数 (直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門)

(6) フラッシュサイクル地熱発電施設建設による単位発電容量あたりの環境への波及効果(図 4-2-6)

エネルギー消費量は、間接効果の「銑鉄」部門、直接・間接効果の「事業用電力」部門で多く、CO₂ 排出量は、間接部門の「銑鉄」部門、直接・間接効果の「セメント」部門が多い。

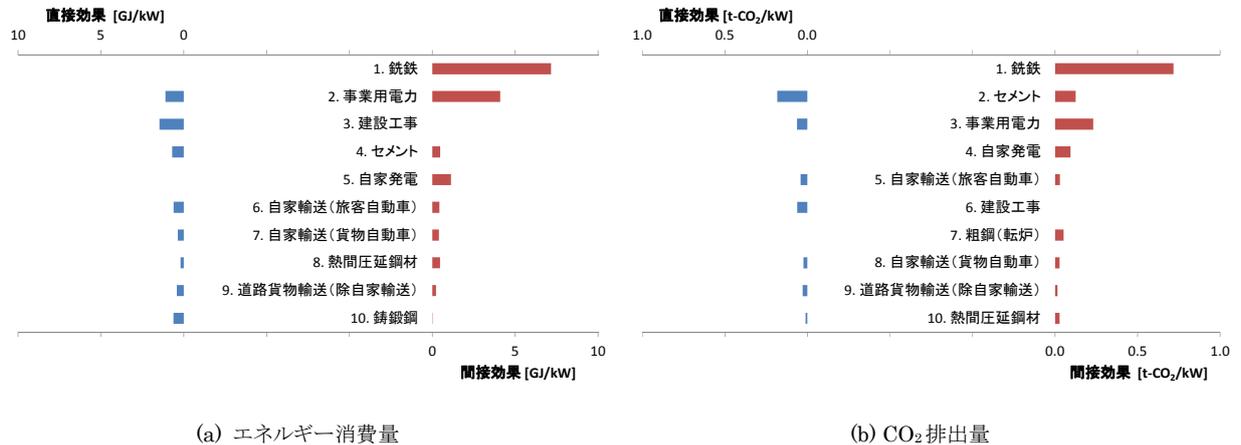


図 4-2-6 フラッシュサイクル地熱発電施設建設による産業部門別のエネルギー消費量・CO₂ 排出量 (直接効果と間接効果の総和の大きい上位 10 部門)

5. 経済・環境への波及効果分析から得られる示唆

(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(図 5-1)

従来の研究開発では、発電施設建設費用を削減すると同時に雇用も減少させ、経済波及効果を縮小させる可能性が高い。再生可能エネルギー利用の拡大に向けて、発電施設建設費用の削減しつつ、国内における雇用誘発の観点にも留意した研究開発を推進すべきである。

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。

- 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」の費用を削減に寄与する研究開発を推進する必要がある。
- 風力発電の施設建設費用を削減するには、「建設工事」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。
- フラッシュサイクル地熱発電の施設建設費用を削減するには、「建設工事」を効率化する技術が必要である。

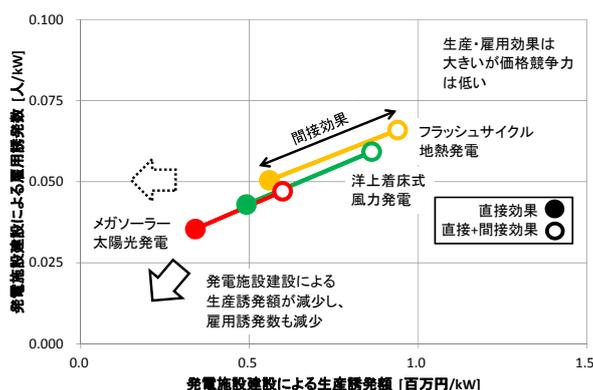


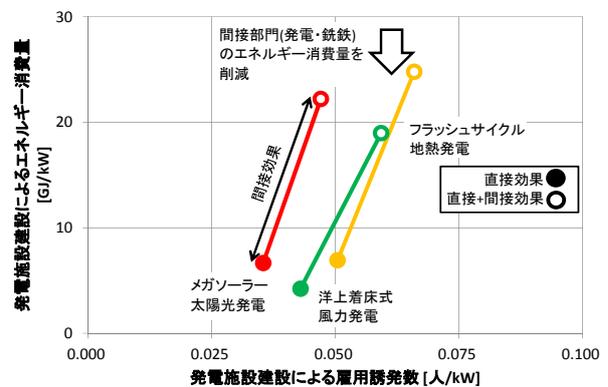
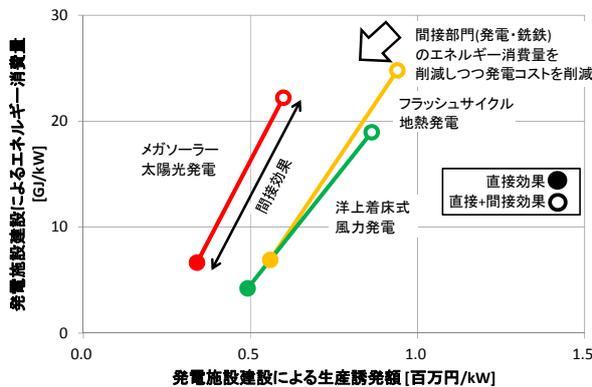
図 5-1 生産誘発額と雇用誘発数から見る発電施設建設の直接・間接効果

(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(図 5-2)

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は、発電施設建設によるエネルギー消費を削減しつつ、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。

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「銑鉄」が大きいため、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」、「銑鉄」部門のエネルギー消費量の削減が大きく寄与する。

- 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) 生産誘発額とエネルギー消費量

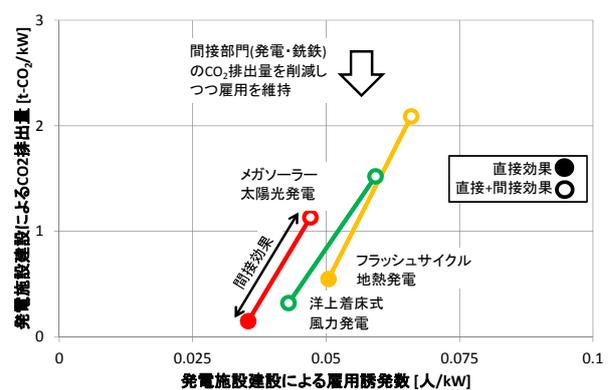
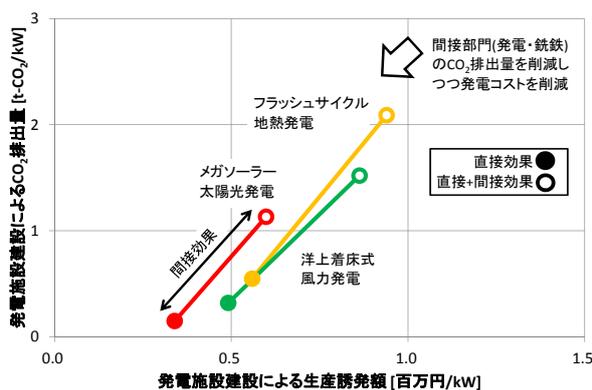
(b) 雇用誘発数とエネルギー消費量

図 5-2 生産誘発額・雇用誘発数とエネルギー消費量の関係から見る発電施設の直接・間接効果

(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(図 5-3)

今後の研究開発は、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。CO₂ 排出量は、どの再生可能エネルギー発電施設建設でも間接効果が極めて大きい。発電施設建設における CO₂ 排出量削減についても、「銑鉄」や「事業用発電」などの間接部門の CO₂ 排出量削減が大きく寄与する。

- CO₂ 固定・貯留技術などの「銑鉄」部門における CO₂ 排出削減技術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。
- フラッシュサイクル地熱発電施設建設の CO₂ 排出量を削減するには、CO₂ 固定・貯留技術などの「セメント」部門における CO₂ 排出削減に寄与する研究開発を推進する必要がある。



(a) 生産誘発額と CO₂ 排出量

(b) 雇用誘発数と CO₂ 排出量

図 5-3 CO₂ 排出量と雇用誘発数から見る発電施設建設の直接・間接効果

6. 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
 - 事業用発電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
 - 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、発電施設の稼働率や耐用年数を含め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。

謝辞

本調査研究のうち産業連関表の作表に関わる部分は、平成 23～26 年度科学研究費補助金(基盤研究(B))研究課題名「消費の多様性が環境負荷にもたらす影響と持続可能なライフスタイルに関する考察」(課題番号 23310033 研究代表: 鷲津明由)の助成の下で行った。

調査にあたり以下の方々にご協力いただいたことを、ここに深謝する。

植田 謙	東京工業大学大学院理工学研究科 助教
大東 威司	株式会社資源総合システム 太陽光発電事業支援部 社長補佐 担当部長
泉名 政信	株式会社資源総合システム 太陽光発電事業支援部 上席研究員
Wim C. Sinke	Program Development Manager, Energy Research Centre of the Netherlands (ECN) Solar Energy
亀田 正明	(一社)太陽光発電協会 技術部長
上田 悦紀	三菱重工業株式会社 原動機事業本部 風力事業部 企画・営業部 主席 (一社)日本風力エネルギー学会 理事 (一社)日本風力発電協会 国際部会長 (一社)日本産業機械工業会 風力発電関連機器産業に関する調査研究会 幹事
竹村 公太郎	(公財)リバーフロント整備センター 理事長 (一社)日本プロジェクト産業協議会 水循環委員会 委員長
井上 素行	立命館大学 総合科学技術研究機構 チェアプロフェッサー
古矢 千吉	水力アカデミー 事務局長
江原 幸雄	地熱情報研究所 代表 九州大学 名誉教授
矢原 哲也	西日本技術開発株式会社 地熱部 部長(資源総括担当)
田籠 功一	西日本技術開発株式会社 地熱部長
井出 明德	西日本技術開発株式会社 地熱部 資源開発グループ 課長
奈良 泰史	都留市役所 総務部長
後藤 貴之	大分県 東京事務所 行政課 参事
坂本 淳一	大分県 農村整備計画課 企画調査班 主査
安東 正浩	大分県 大野川上流開発事業事務所 主幹
栗山 一郎	(一財)日本環境衛生センター 東日本支局研修広報部/総局企画部 技術審議役
荒井 喜久雄	(公社)全国都市清掃会議 技術担当部長
玉城 わかな	文部科学省 科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター 研究員 (～2013年3月)

参考文献

- [1] 総務省統計局 (2009) 平成 17 年産業連関表.
- [2] 国立環境研究所 (2009) 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.
- [3] エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会(2011). コスト等検証委員会報告書.
- [4] 経済産業省 調達価格等算定委員会(2012). 平成 24 年度調達価格及び調達期間に関する意見.
- [5] みずほ情報総研株式会社(2009)太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究.
- [6] 中野 諭, 鷺津 明由 (2013) 再生可能エネルギー電力施設建設アクティビティの作成と静的波及効果の推計, WorkingPaper Series No. 2012-3, 早稲田大学社会科学部.
- [7] 朝倉 啓一郎 (2013) ベース電源型再生可能エネルギー発電設備の建設投資コストについて (その1), 流通経済大学論集, 48 (2), 近刊.
- [8] The European Wind Energy Association(EWEA) (2007) Wind Directions, Jan/Feb, 2007
- [11] 国土交通省(2010), 平成 17 年度建設部門分析用産業連関表.
- [12] 山梨県(2011)クリーンエネルギー賦存量等調査報告書.
- [13] 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2003)マイクロ水力発電導入ガイドブック
- [14] 新エネルギー財団 (NEF) 水力本部(2012) 中小水力発電ガイドブック 新訂 5 版第 7 刷.
- [15] 安東 正浩, 坂井 光明, 阿部 俊郎(2010)低コスト・新技術によるマイクロ水力発電の設置, 農業農村工学会誌, 78 (12), 48-49.
- [16] 千矢 博道 (2004)身近な水を活かす小型水力発電実例集—自然との共生を目指して, パワー社.
- [17] エックス都市研究所, アジア航測, パシフィックコンサルタンツ, 伊藤忠テクノソリューションズ (2011) 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査 報告書, 平成 22 年度環境省委託事業.
- [18] 安達 正敏(2011) 地熱発電事業の経済性の検討, 地熱発電の潮流と開発技術, 第 2 章第 1 節, 29-57, S&T 出版.
- [19] 科学技術庁 資源調査会 (1982) エネルギー収支からみた自然エネルギー利用技術の評価手法に関する調査報告, 科学技術庁資源調査会報告, 第 88 号.
- [20] 稗貫 峻一, 本藤 祐樹 (2012) 拡張産業連関表を用いた地熱発電のライフサイクル雇用分析, 第 28 回エネルギーシステム経済・環境コンファレンスプログラム講演論文集, 209-212.
- [21] 稗貫 峻一, 本藤 祐樹(2013) 拡張産業連関モデルを用いた地熱発電のライフサイクル雇用分析, 日本エネルギー学会誌, 92(1), 164-173.
- [22] 新エネルギー財団 (NEF) (2002)平成 13 年度地熱開発促進調査 開発可能性調査(戦略的調査全国調査)(第 3 次)報告書.
- [23] 資源エネルギー庁(1996) 21 世紀に向けた発電技術懇談会地熱部会 中間報告.
- [24] 新潟県 (2010)小規模地熱発電(バイナリー方式)導入の可能性調査報告書.

- [25] 松藤 敏彦 (2005) 都市ゴミ処理システムの分析・計画・評価—マテリアルフロー・LCA 評価プログラム, 技報堂出版.

調査担当者

調査設計・実施・分析・取りまとめ

鷺津 明由 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 客員研究官
早稲田大学 社会科学総合学術院 教授

中野 諭 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 客員研究官
(独)労働政策研究・研修機構 労働政策研究所 研究員

朝倉 啓一郎 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 客員研究官
流通経済大学 経済学部 経済学科 准教授

高瀬 浩二 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 客員研究官
静岡大学 人文社会科学部 経済学科 准教授

古川 貴雄 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 上席研究官

調査設計・実施・分析

新井 園枝 経済産業省 大臣官房 調査統計グループ 産業連関分析研究官

分析・取りまとめ

林 和弘 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 上席研究官

調査設計

奥和田 久美 文部科学省 科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター長
(～2012年9月)

付録 再生可能エネルギー発電施設建設の直接効果と間接効果

付録 A.1 再生可能エネルギー発電施設建設の生産誘発額

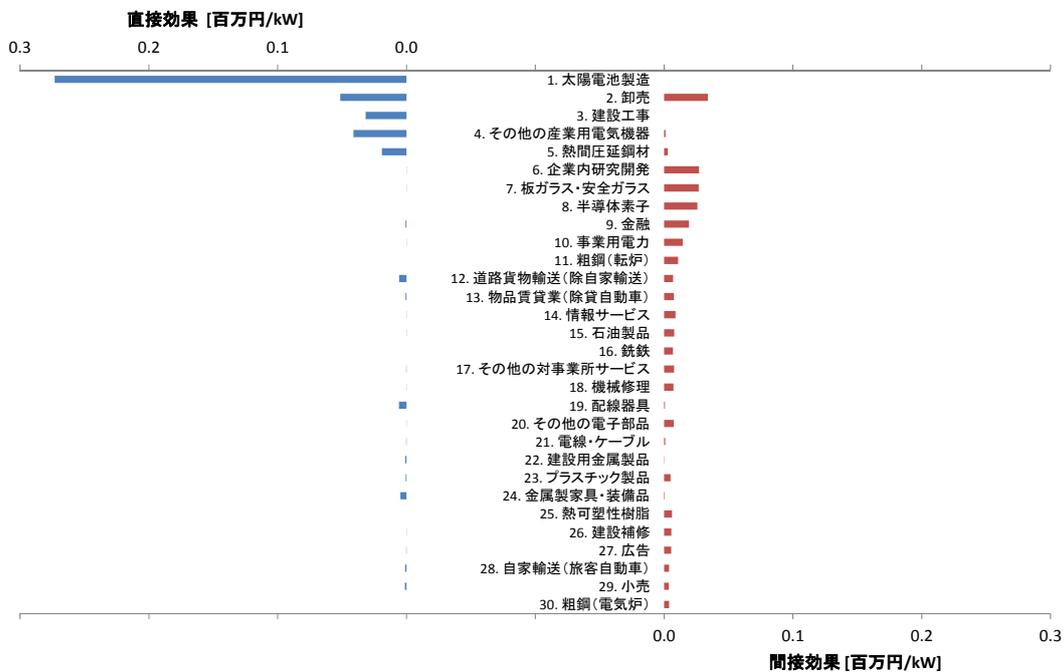


図 A-1-1 戸建住宅用太陽光発電施設建設の生産誘発額

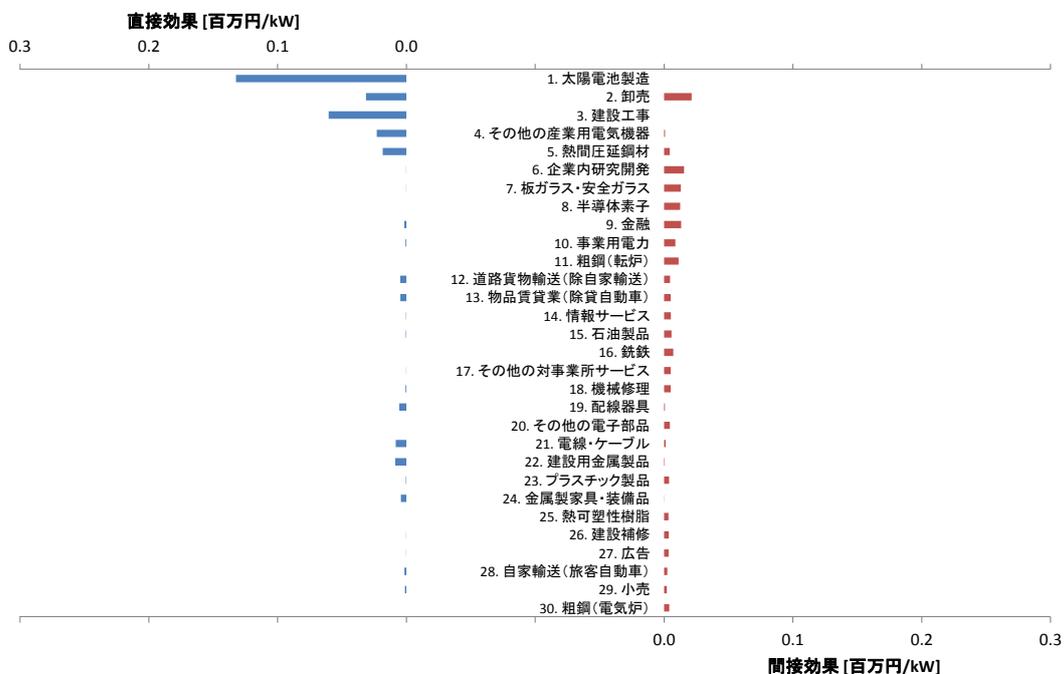


図 A-1-2 メガソーラー建設の生産誘発額

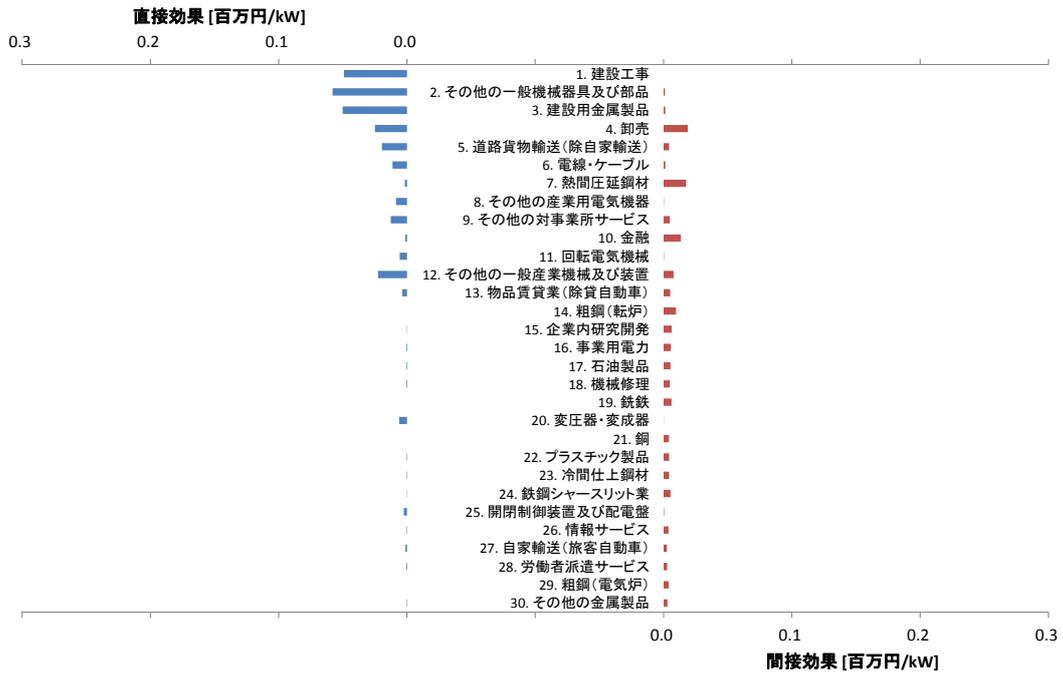


図 A-1-3 陸上風力発電施設建設の生産誘発額

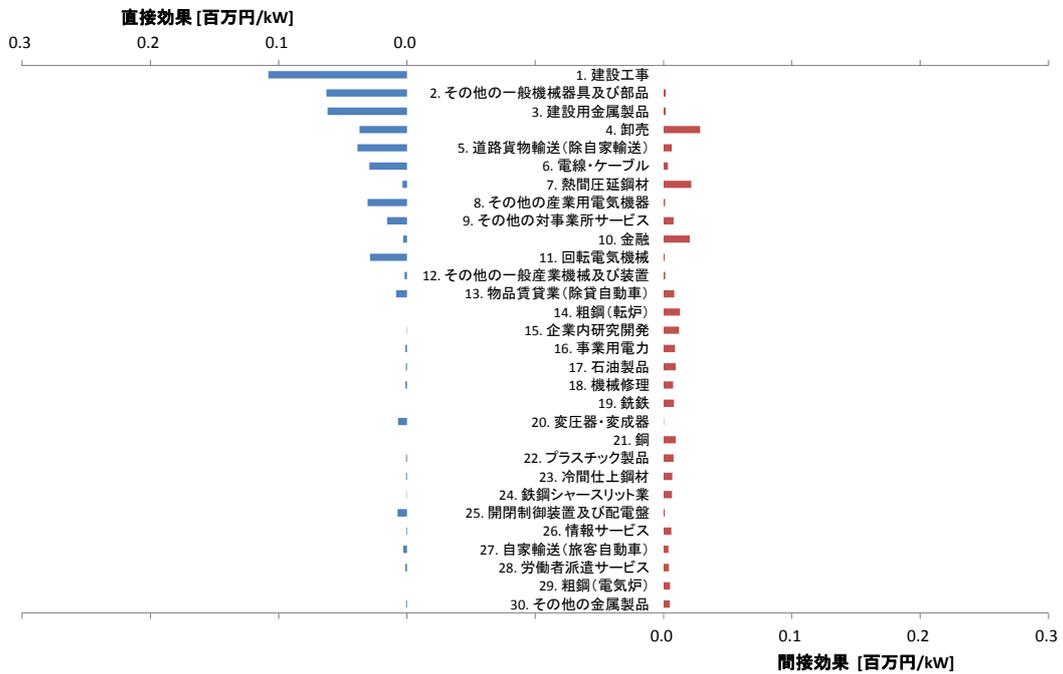


図 A-1-4 洋上着床式風力発電施設建設の生産誘発額

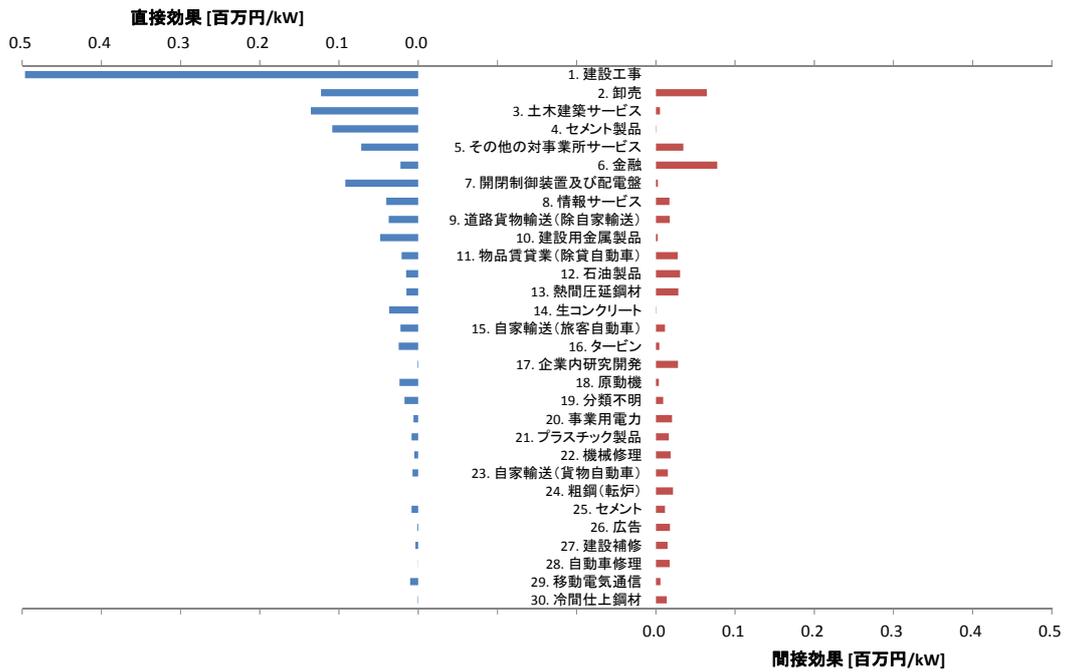


図 A-1-5 既存水力発電施設の有効利用の生産誘発額

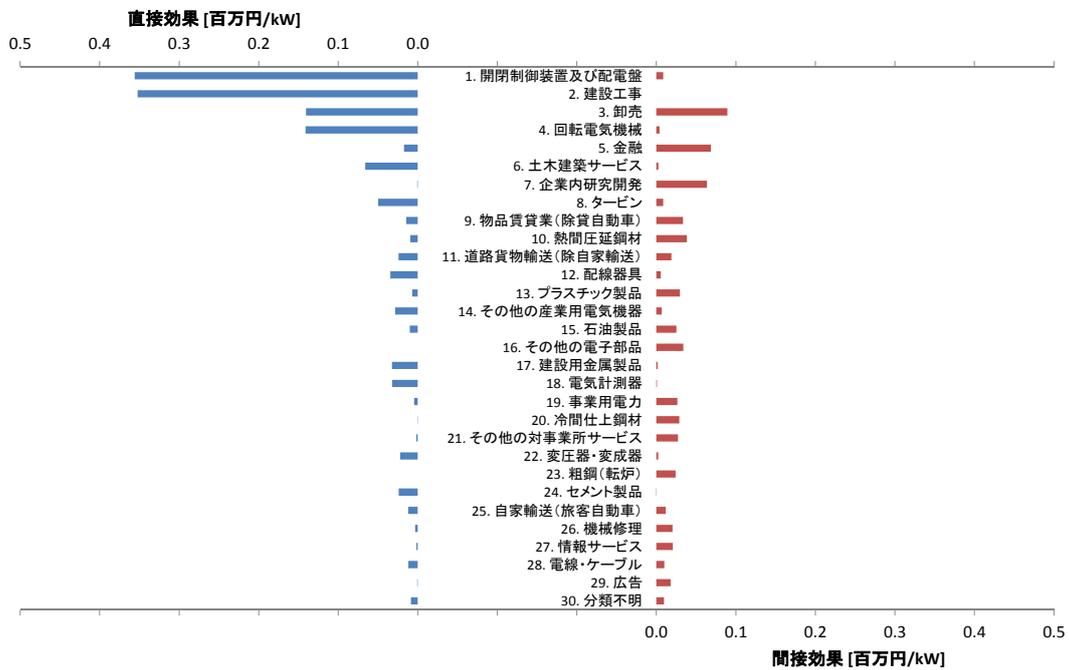


図 A-1-6 中小水力発電施設建設の生産誘発額

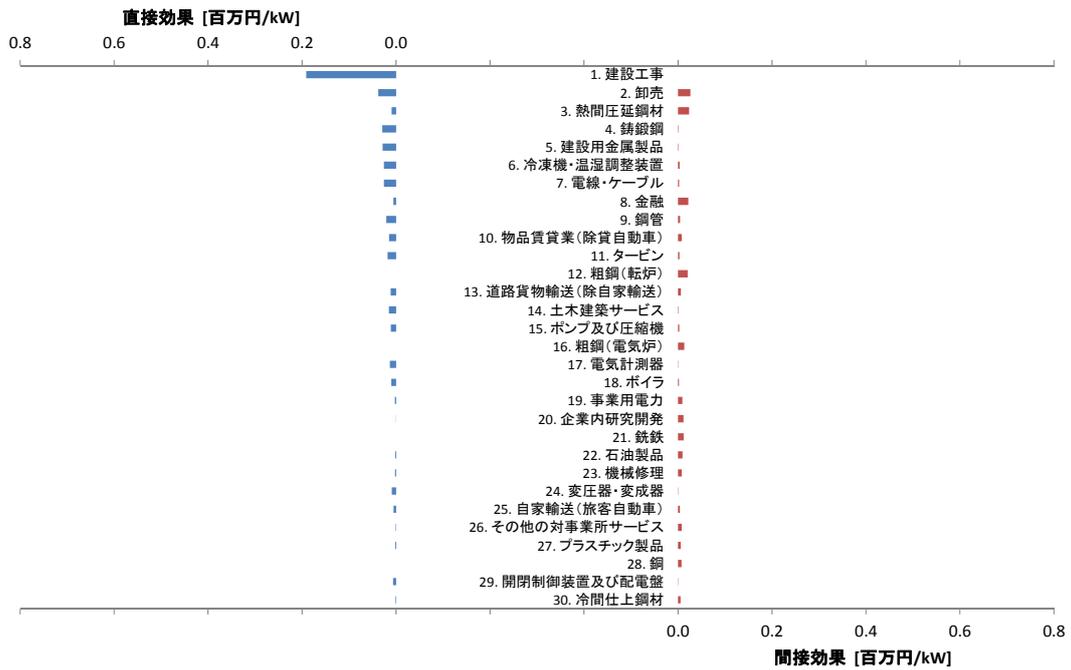


図 A-1-7 フラッシュサイクル地熱発電施設建設の生産誘発額

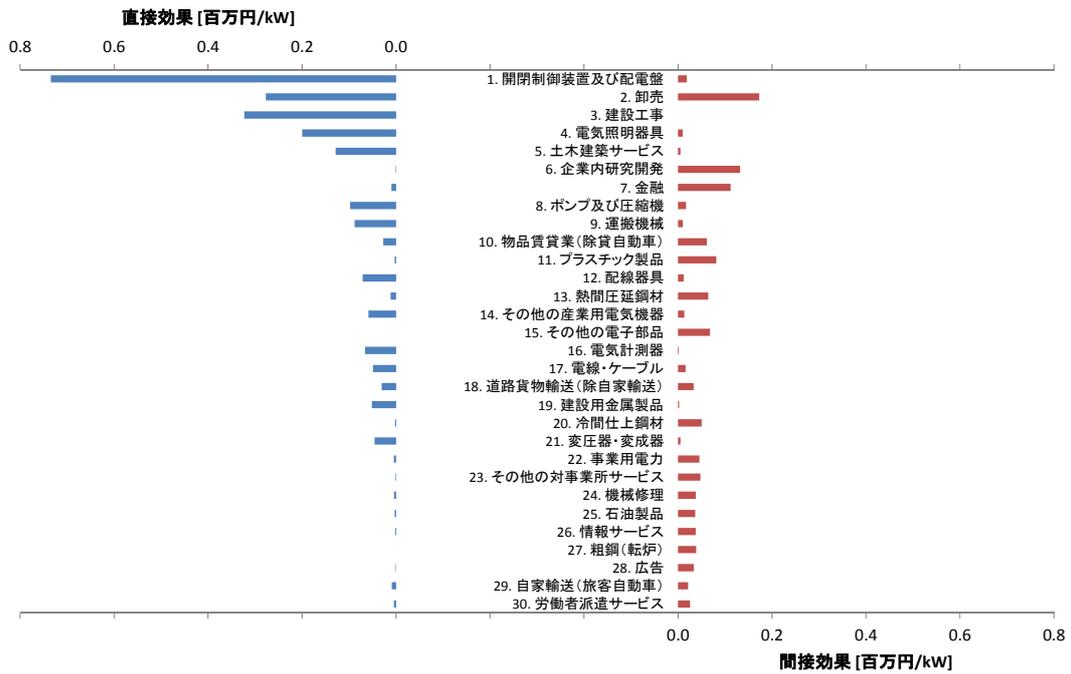


図 A-1-8 小型バイナリーサイクル地熱発電施設建設の生産誘発額

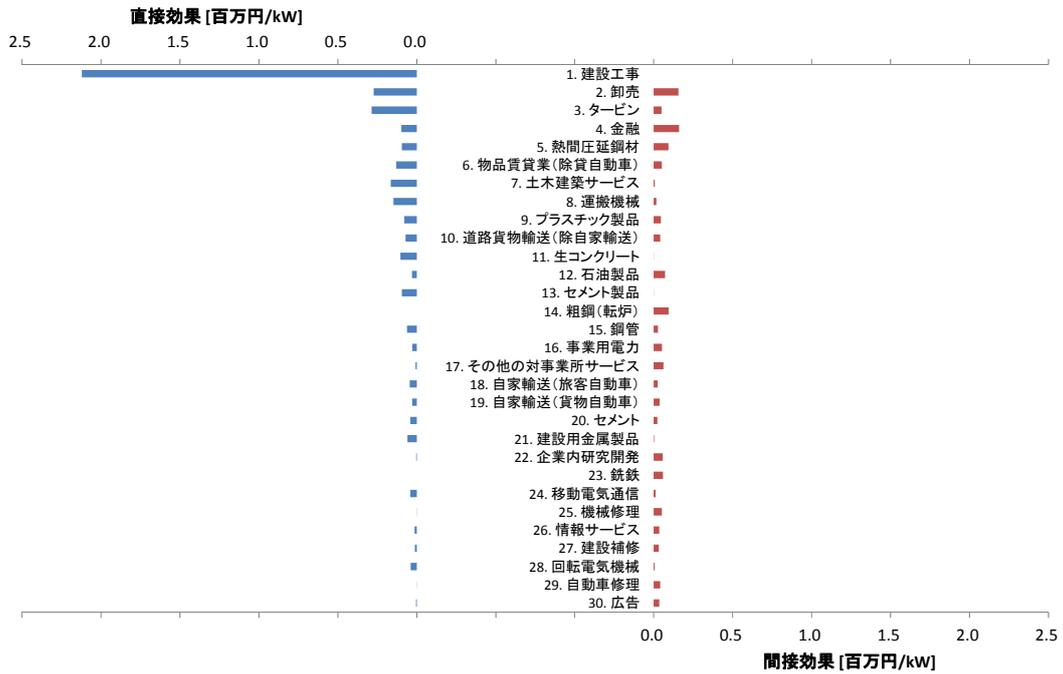


図 A-1-9 廃棄物処理バイオマス発電施設建設の生産誘発額

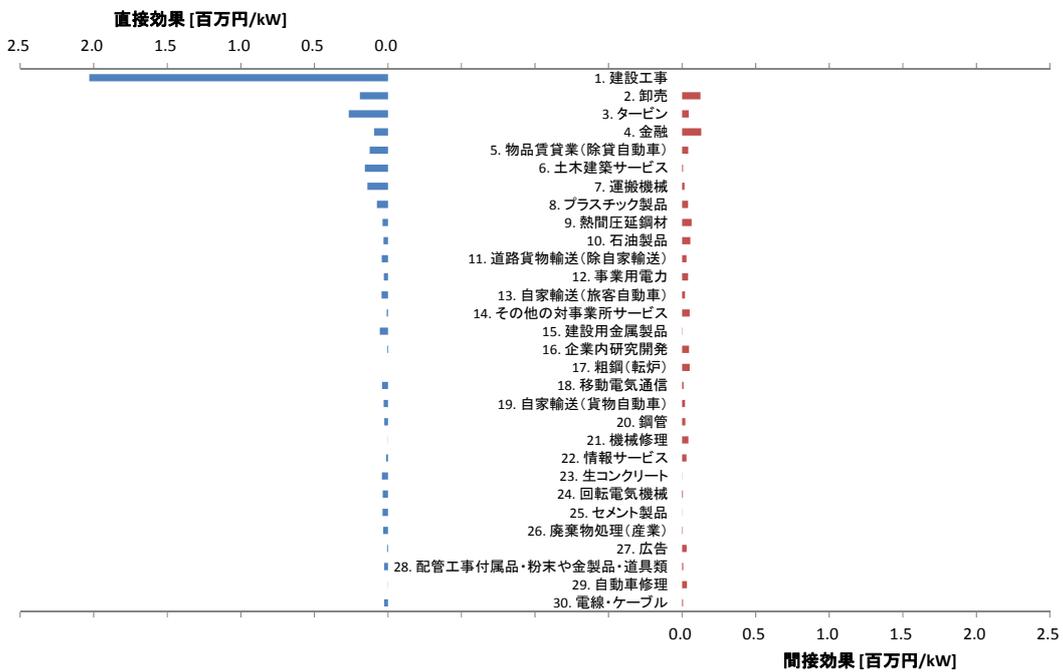


図 A-1-10 メタン発酵バイオガス発電施設建設の生産誘発額

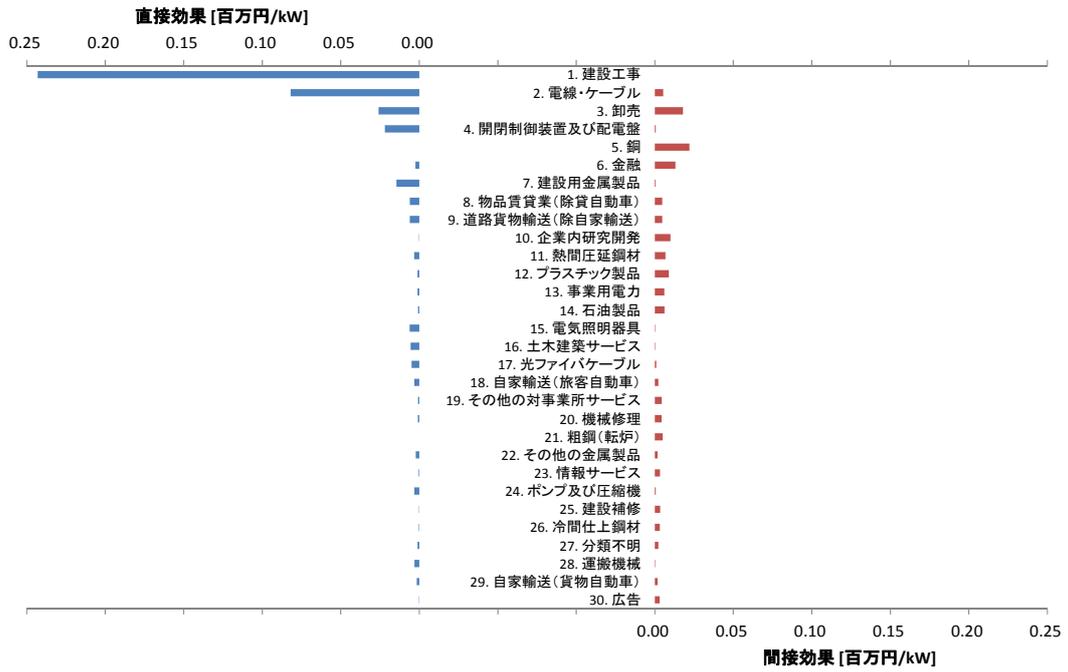


図 A-1-11 木質バイオマス発電施設建設の生産誘発額

付録 A.2 再生可能エネルギー発電施設建設の雇用誘発数

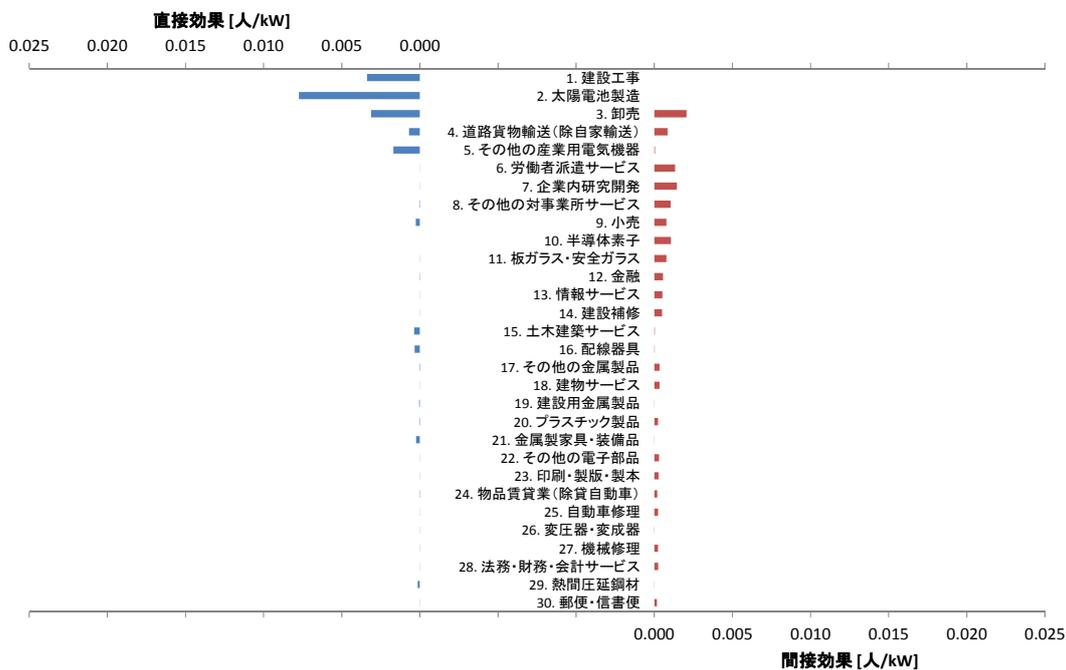


図 A-2-1 戸建住宅用太陽光発電施設建設の雇用誘発数

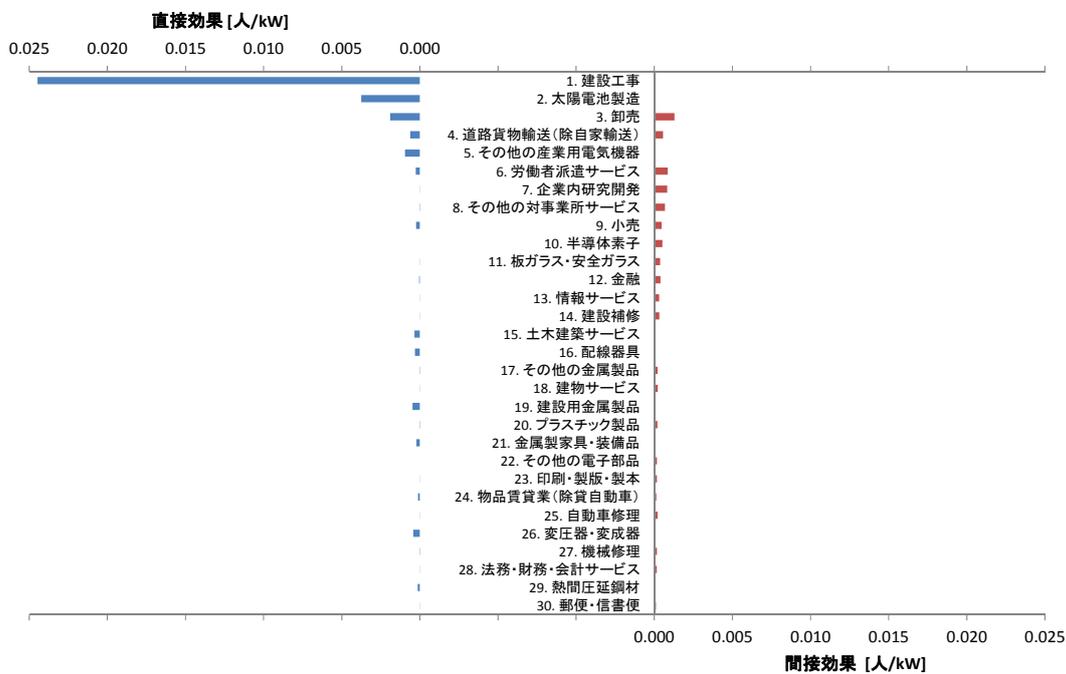


図 A-2-2 メガソーラー建設の雇用誘発数

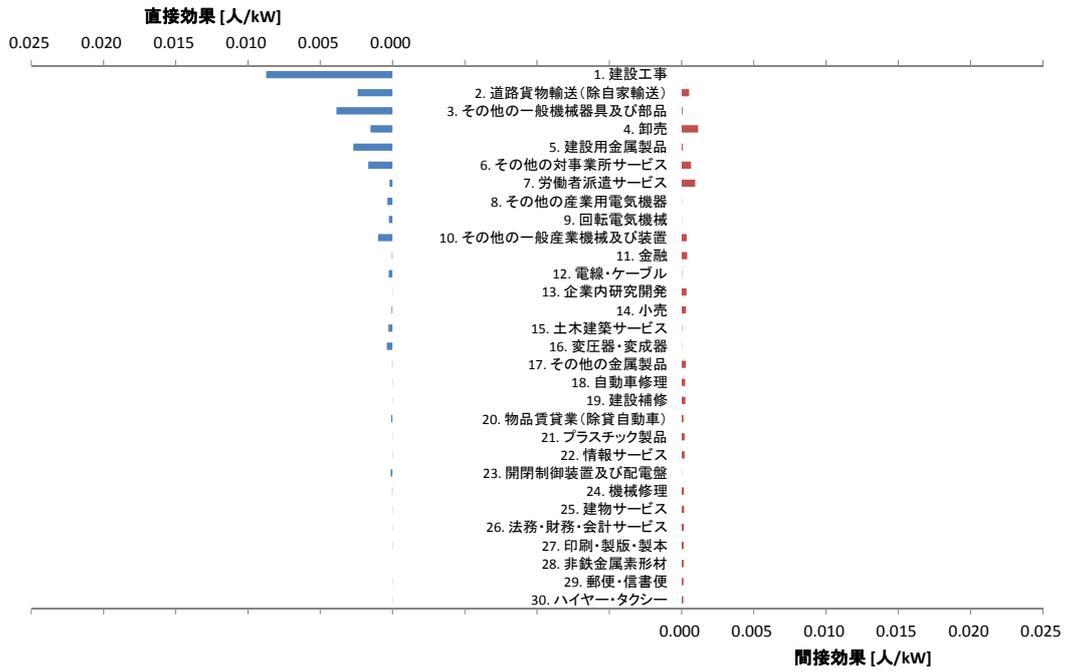


図 A-2-3 陸上風力発電施設建設の雇用誘発数

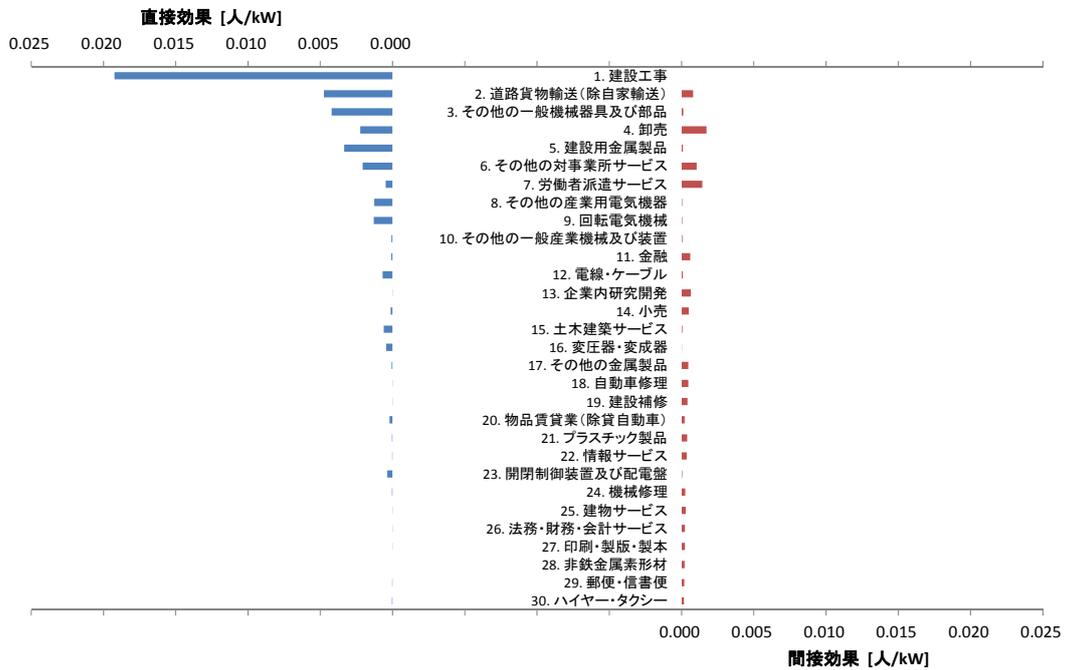


図 A-2-4 洋上着床式風力発電施設建設の雇用誘発数

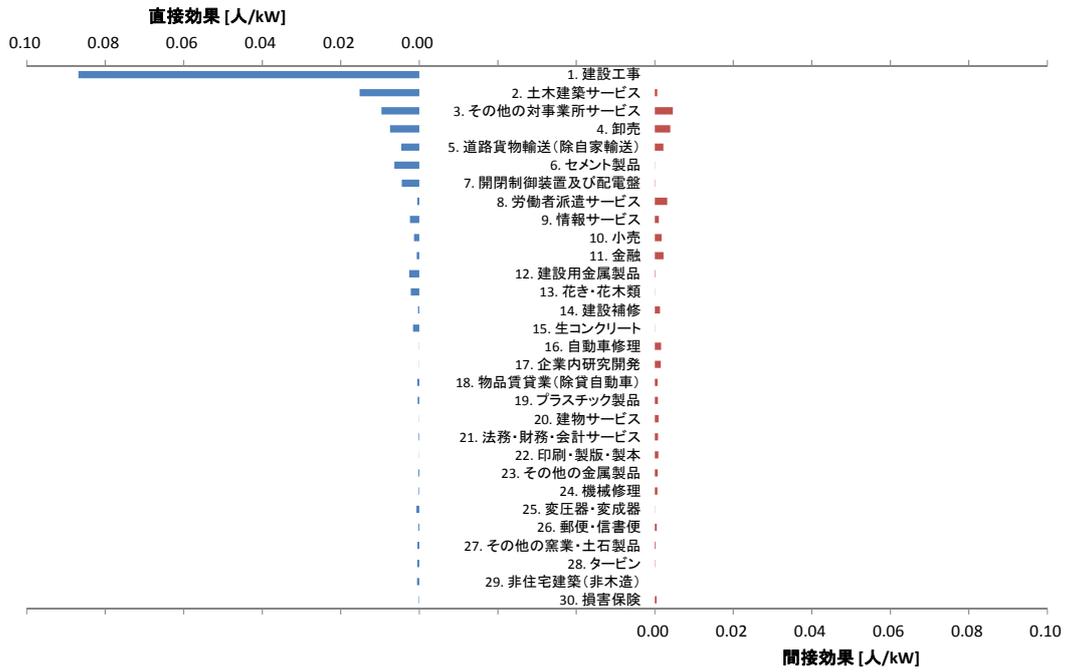


図 A-2-5 既存水力発電施設の有効利用の雇用誘発数

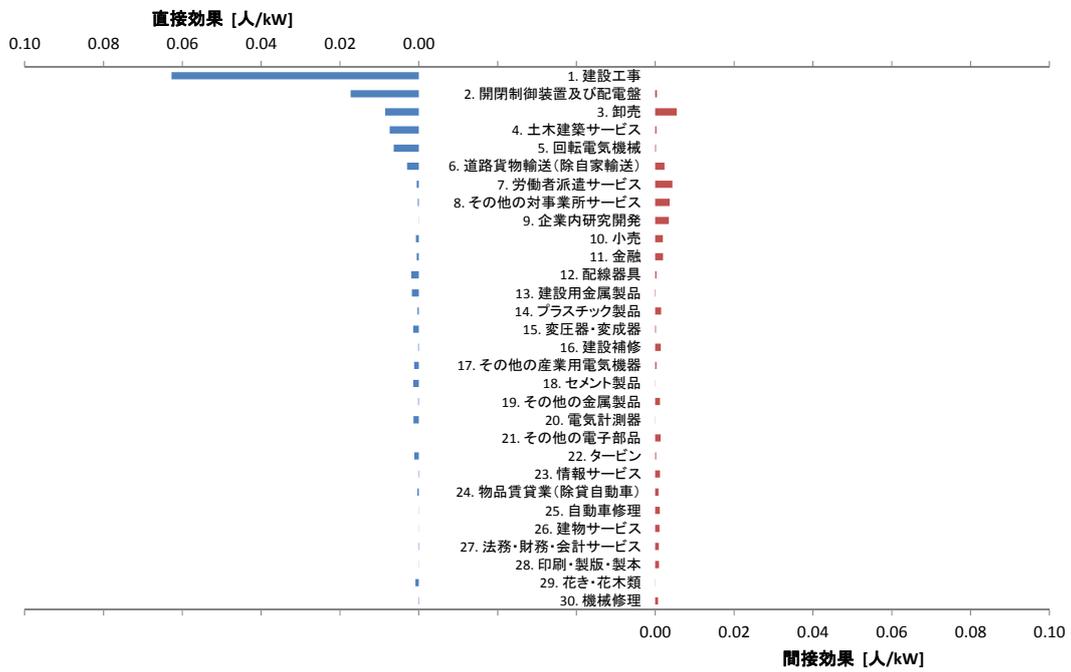


図 A-2-6 中小水力発電施設建設の雇用誘発数

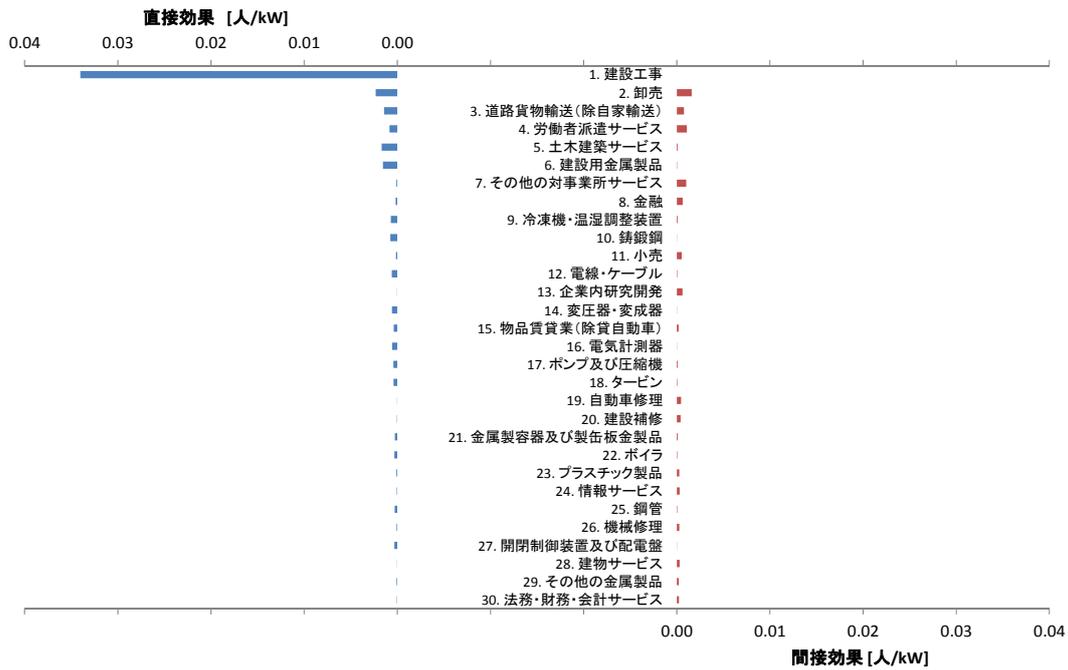


図 A-2-7 フラッシュサイクル地熱発電施設建設の雇用誘発数

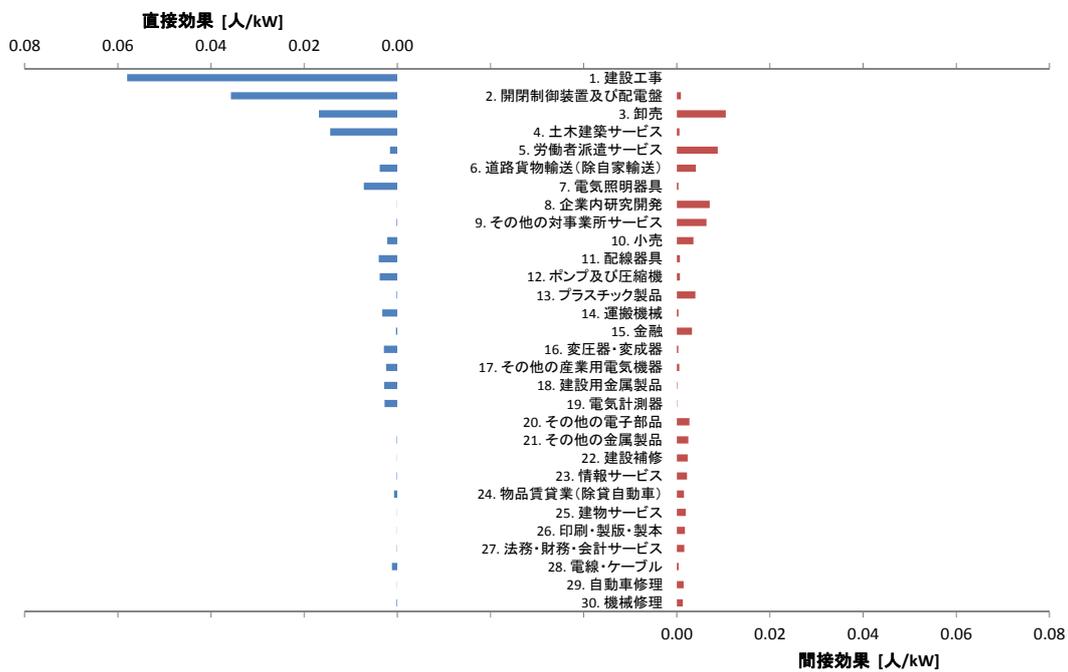


図 A-2-8 小型バイナリーサイクル地熱発電施設建設の雇用誘発数

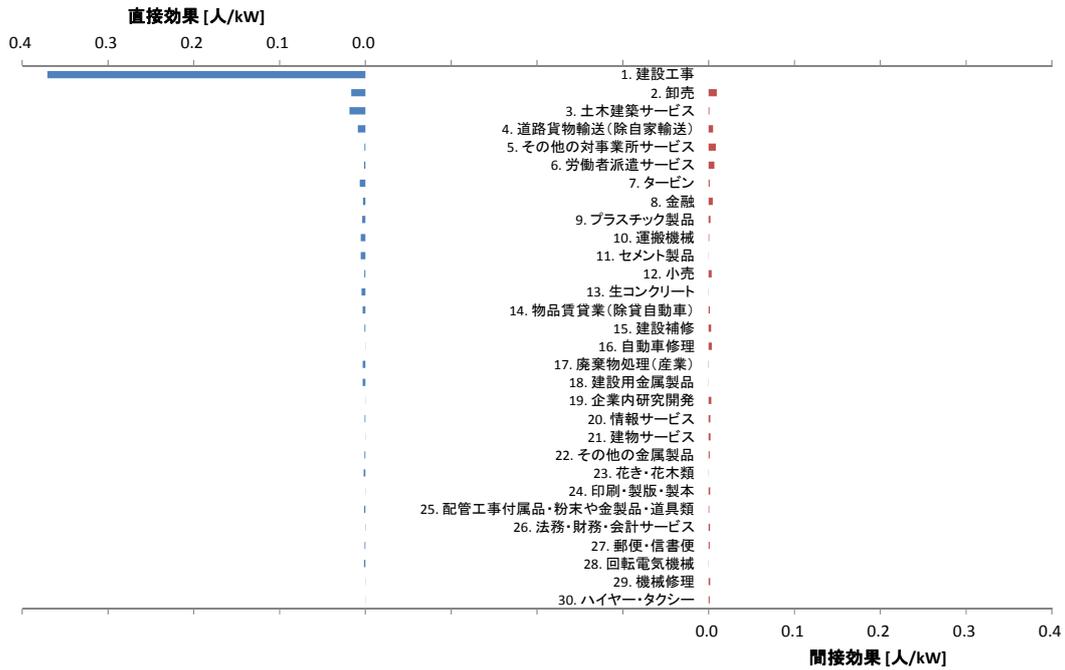


図 A-2-9 廃棄物処理バイオマス発電施設建設の雇用誘発数

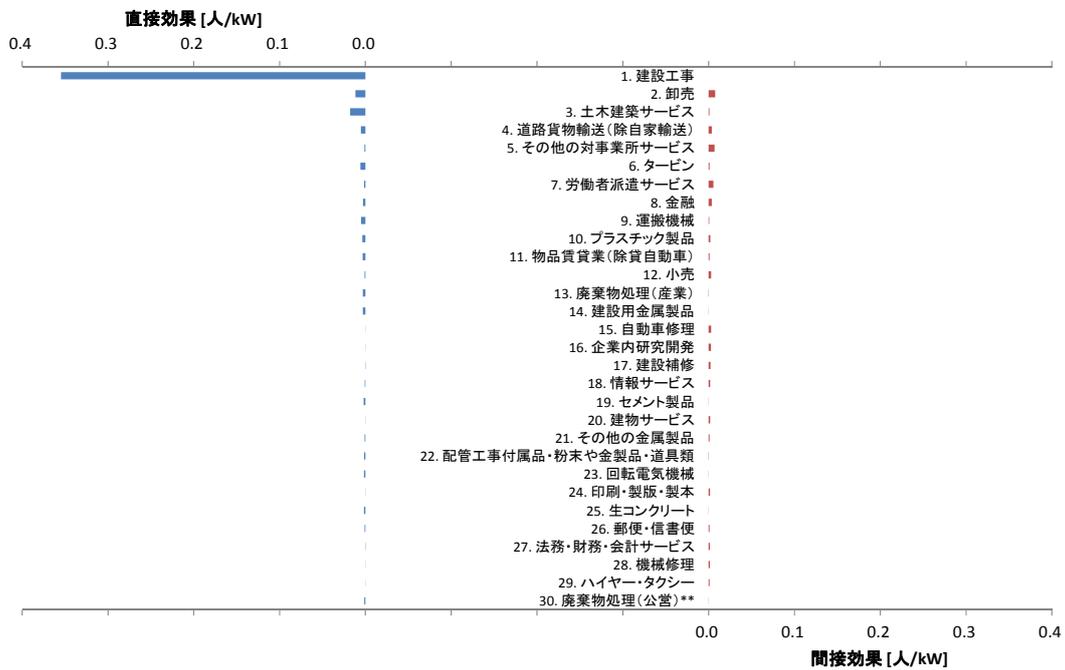


図 A-2-10 メタン発酵バイオガス発電施設建設の雇用誘発数

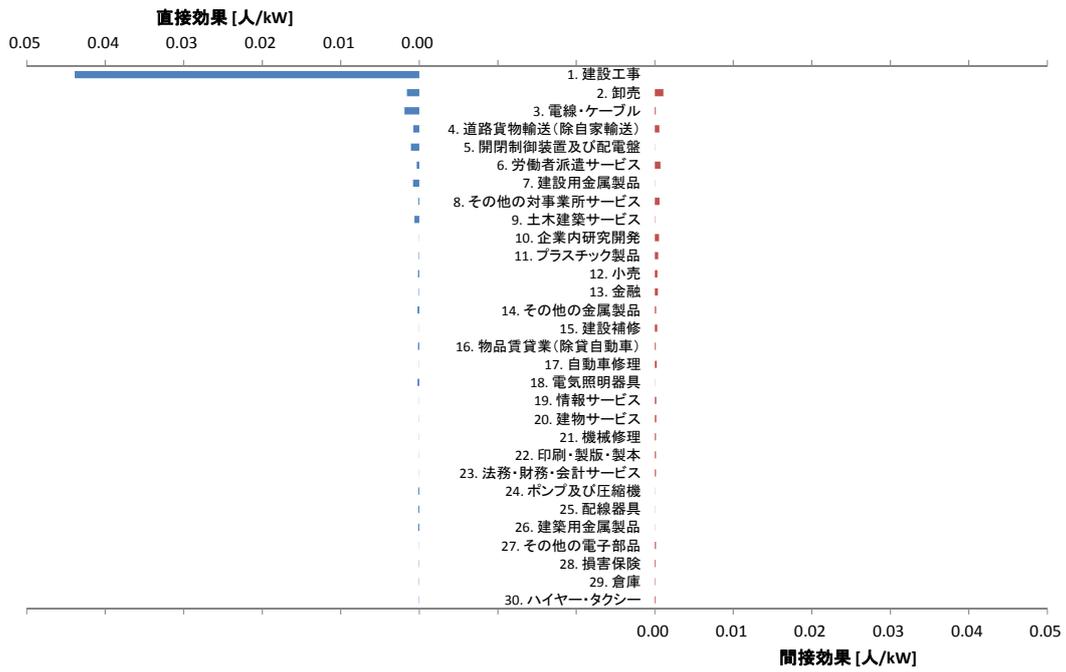


図 A-2-11 木質バイオマス発電施設建設の雇用誘発数

付録 A.3 再生可能エネルギー発電施設建設のエネルギー消費量

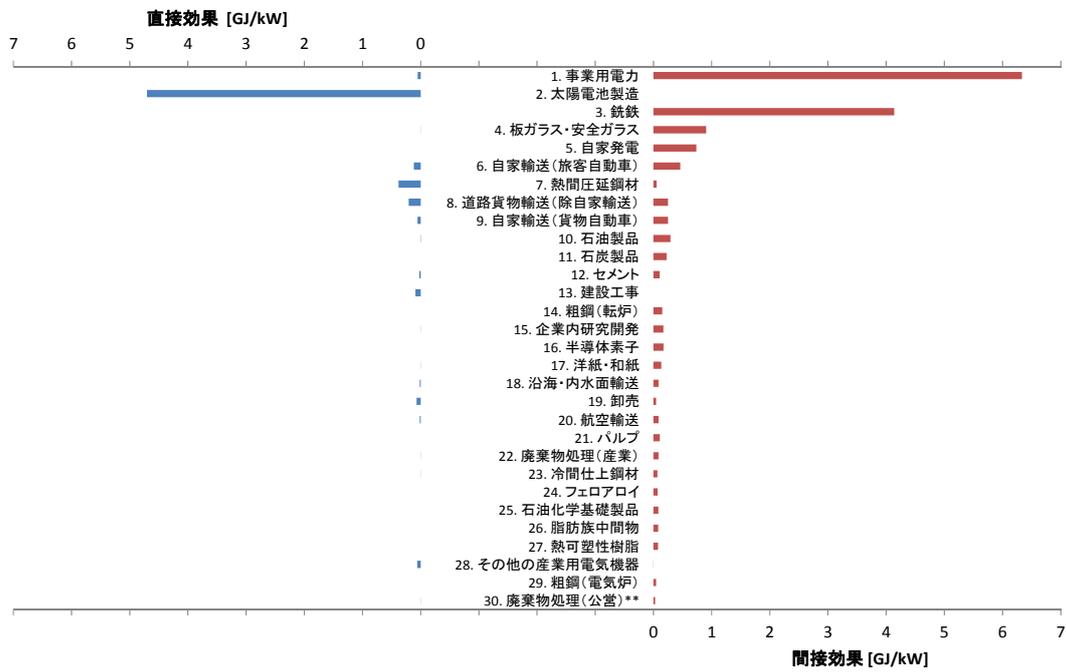


図 A-3-1 戸建住宅用太陽光発電施設建設のエネルギー消費量

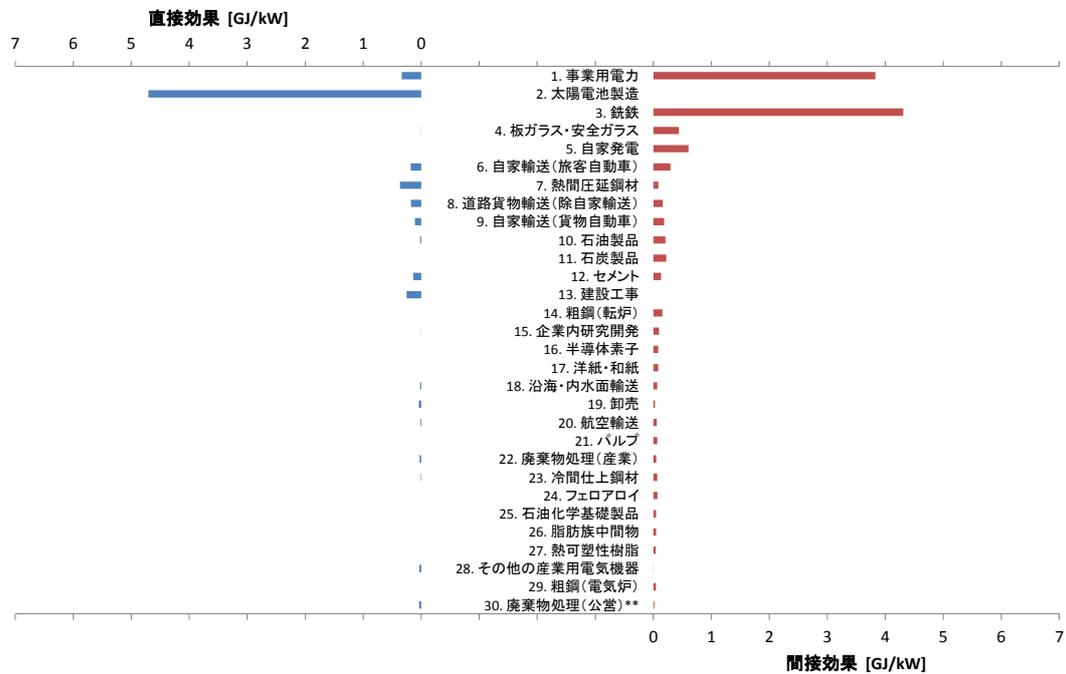


図 A-3-2 メガソーラー建設のエネルギー消費量

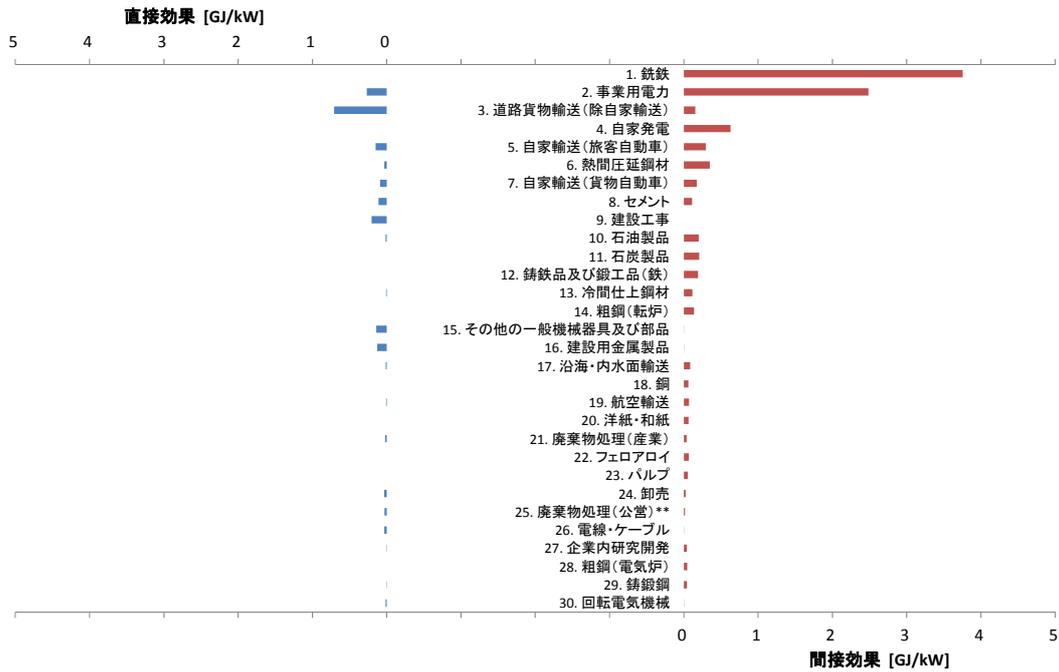


図 A-3-3 陸上風力発電施設建設のエネルギー消費量

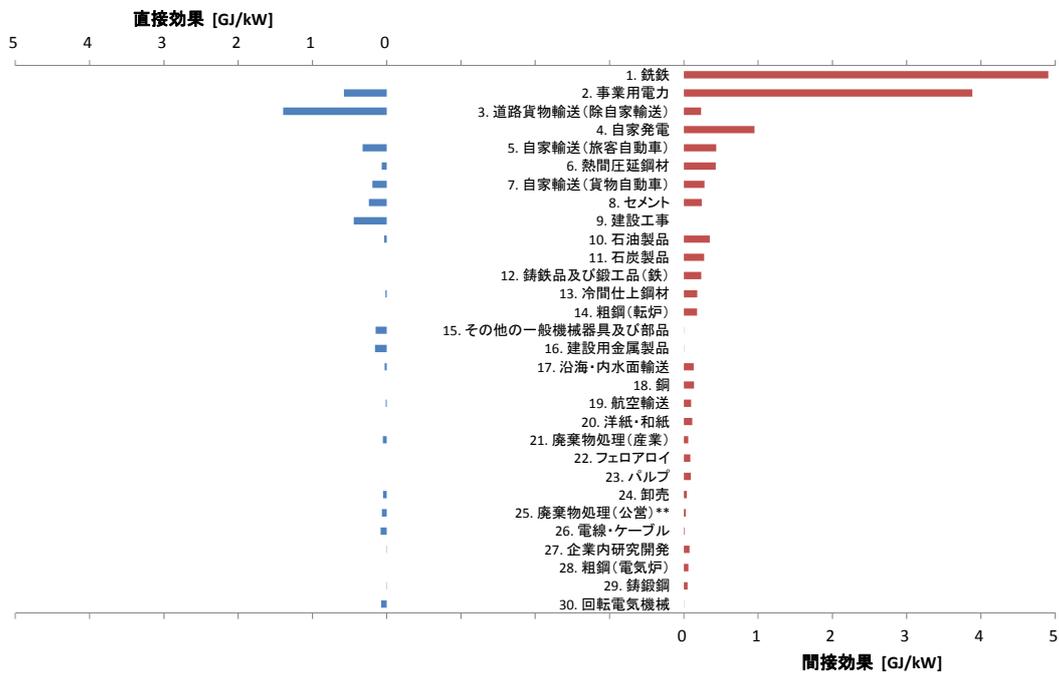


図 A-3-4 洋上着床式風力発電施設建設のエネルギー消費量

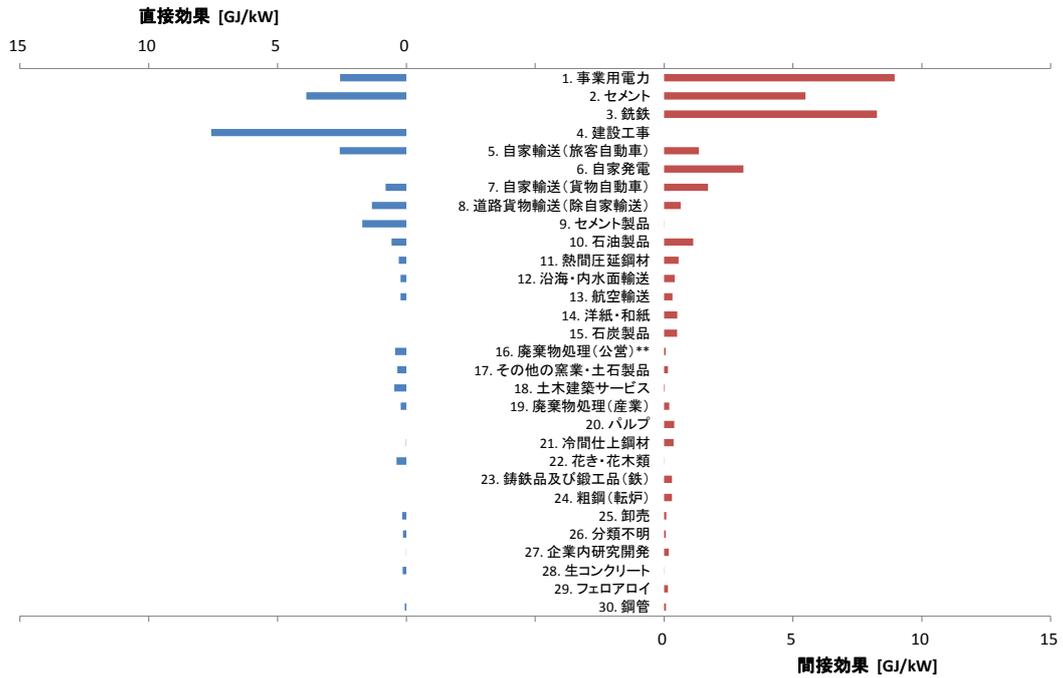


図 A-3-5 既存水力発電施設の有効利用のエネルギー消費量

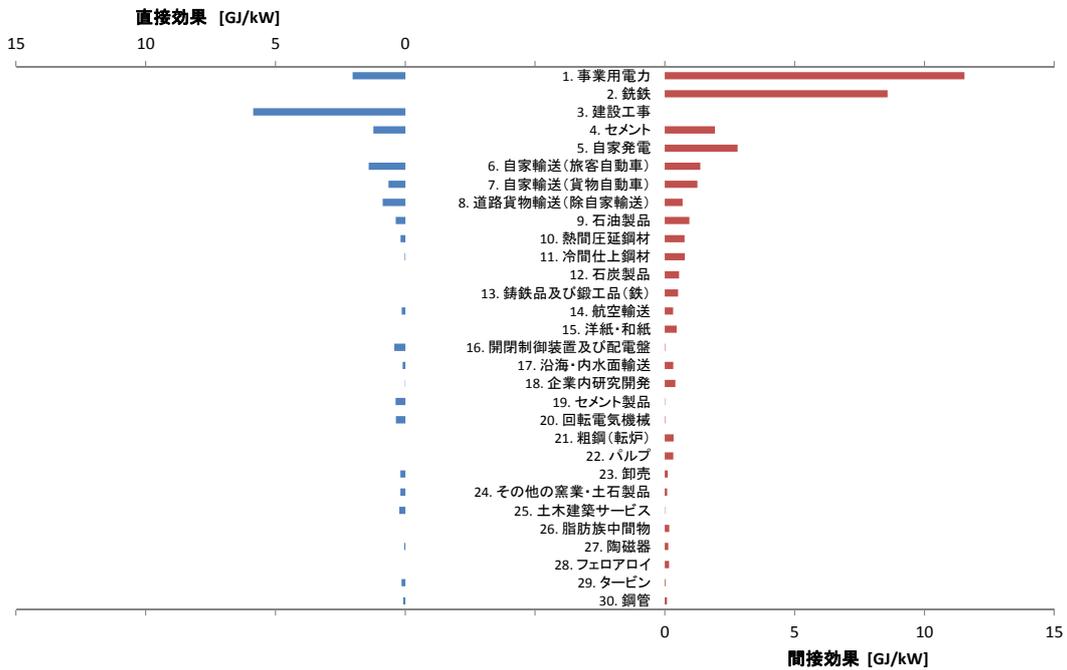


図 A-3-6 中小水力発電施設建設のエネルギー消費量

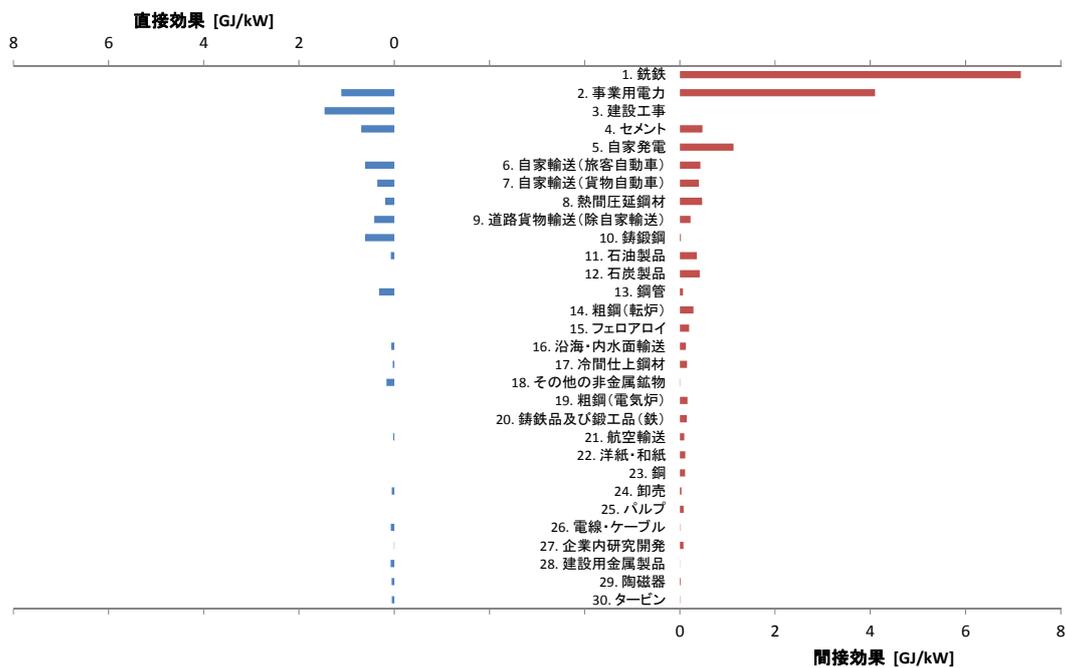


図 A-3-7 フラッシュサイクル地熱発電施設建設のエネルギー消費量

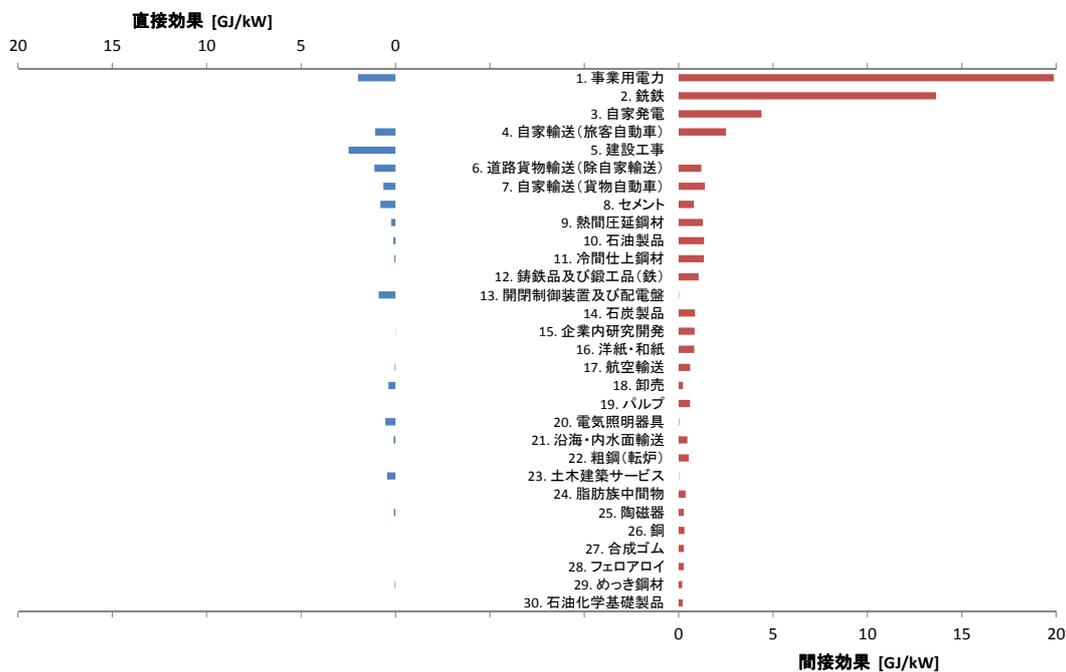


図 A-3-8 小型バイナリーサイクル地熱発電施設建設のエネルギー消費量

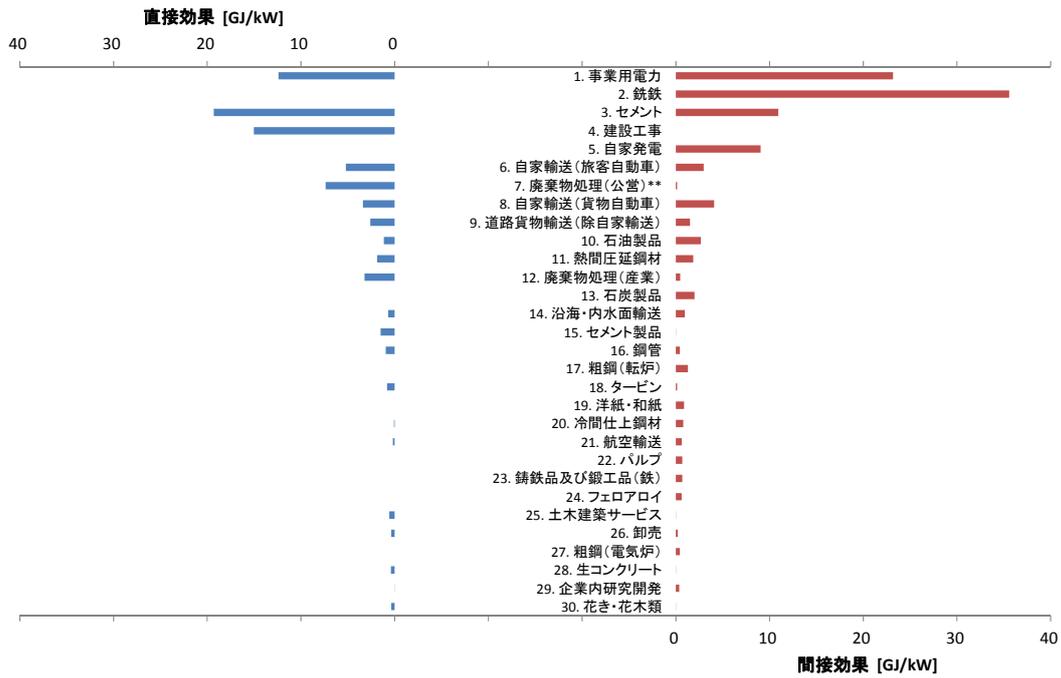


図 A-3-9 廃棄物処理バイオマス発電施設建設のエネルギー消費量

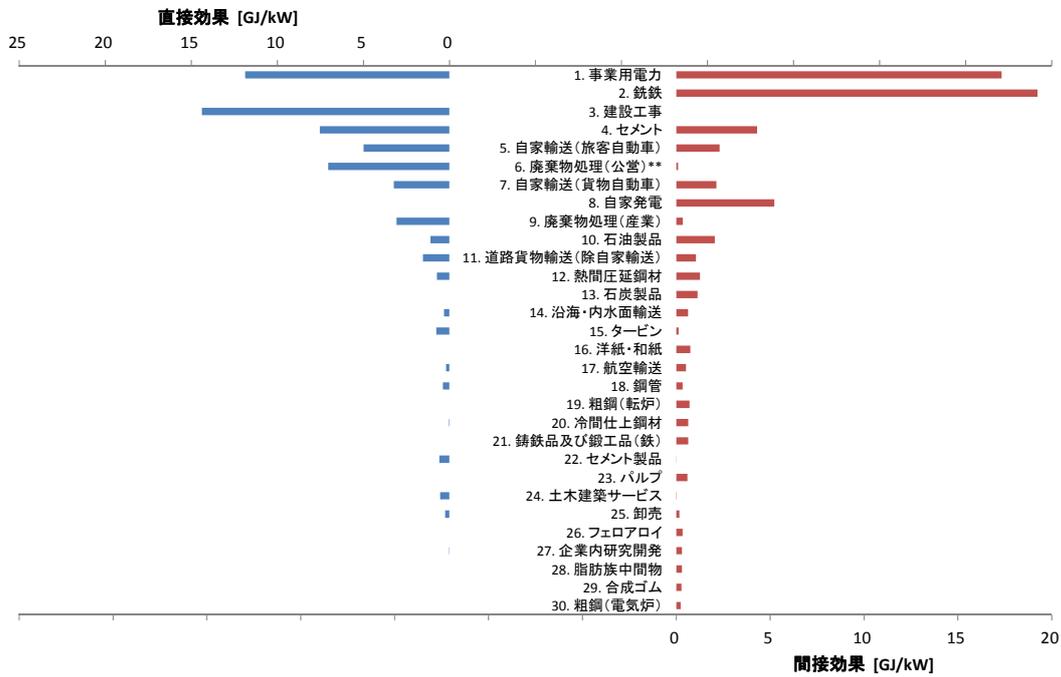


図 A-3-10 メタン発酵バイオガス発電施設建設のエネルギー消費量

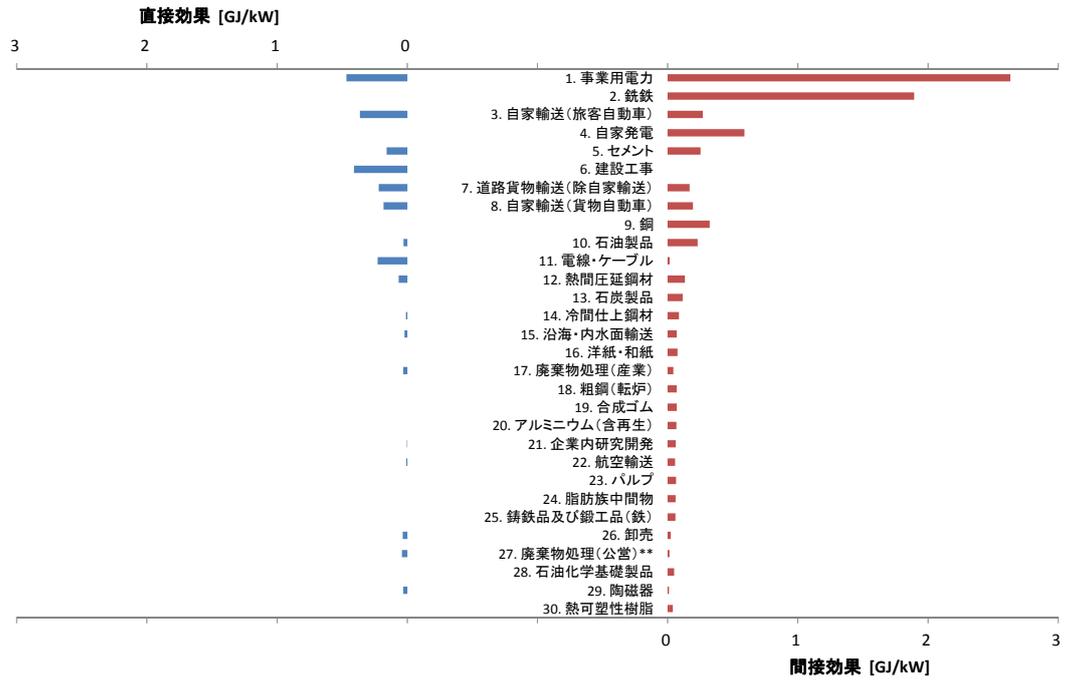


図 A-3-11 木質バイオマス発電施設建設のエネルギー消費量

付録 A.4 再生可能エネルギー発電施設建設の CO₂ 排出量

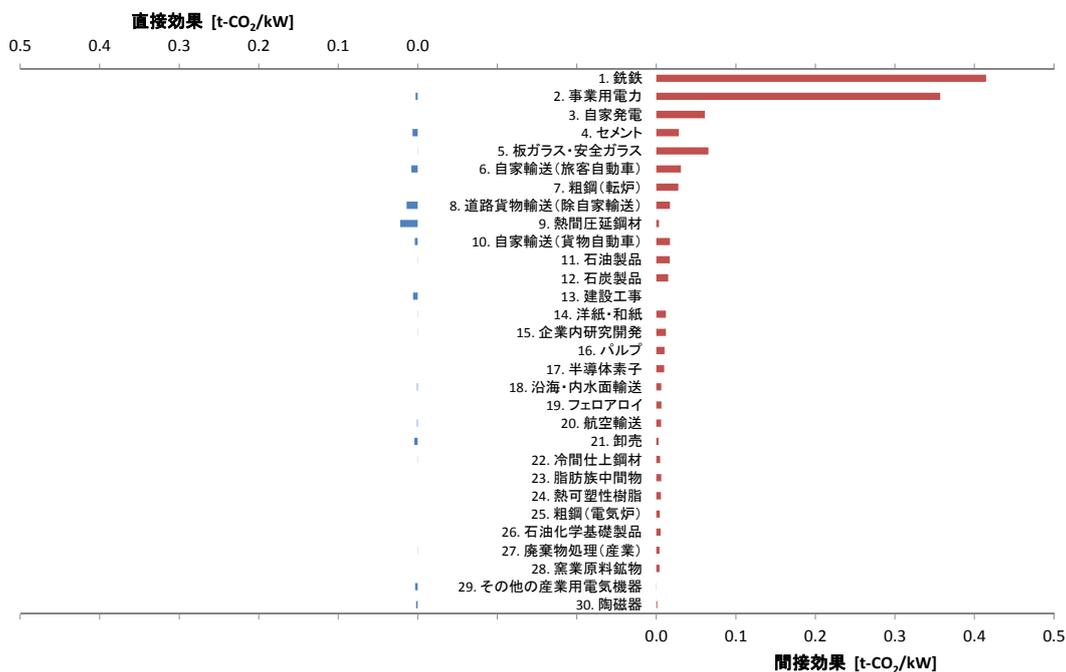


図 A-4-1 戸建住宅用太陽光発電施設建設の CO₂ 排出量

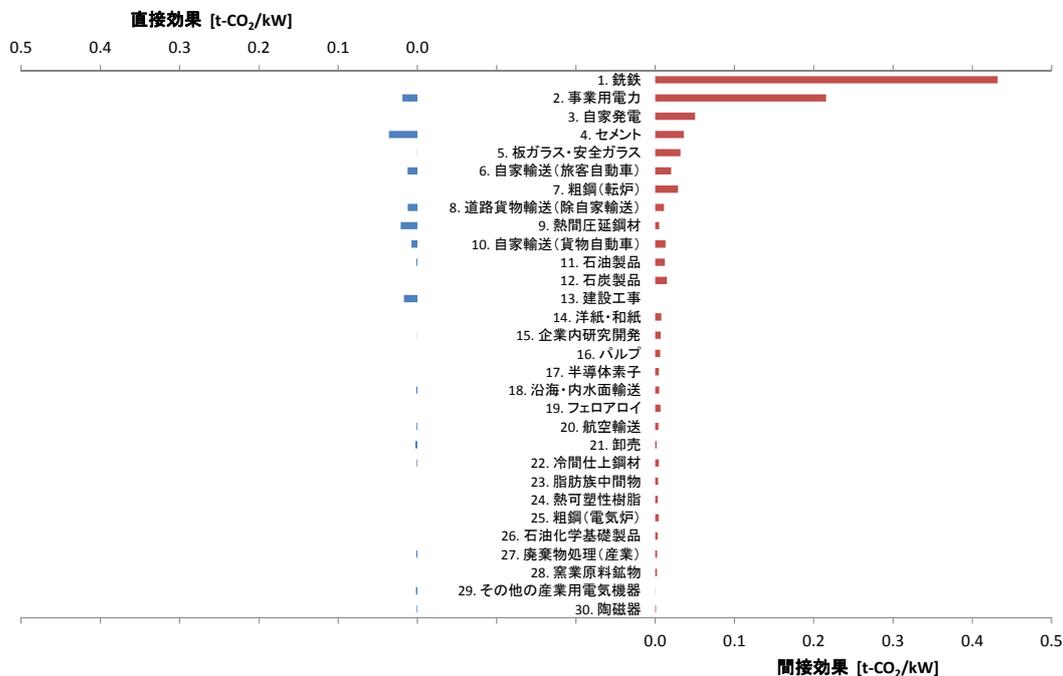


図 A-4-2 メガソーラー建設の CO₂ 排出量

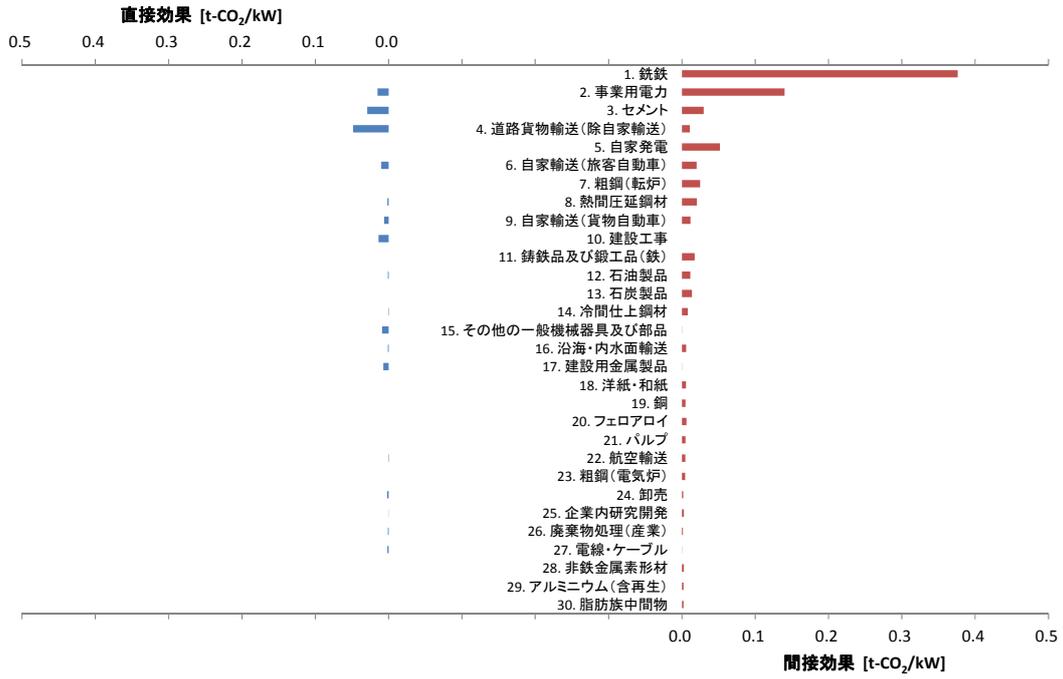


図 A-4-3 陸上風力発電施設建設の CO₂ 排出量

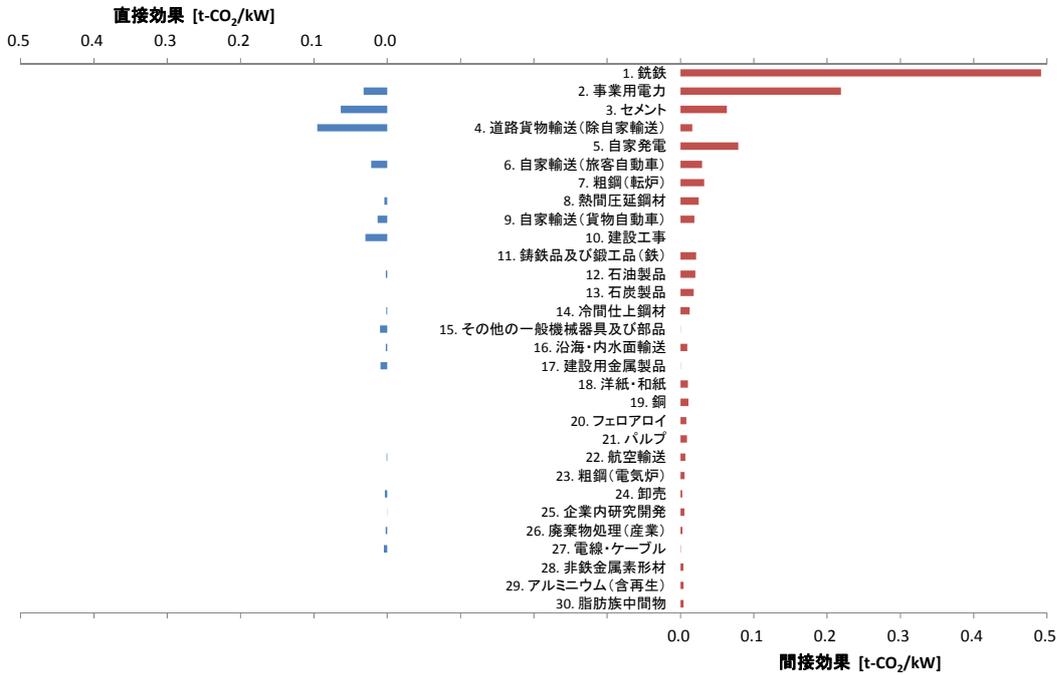


図 A-4-4 洋上着床式風力発電施設建設の CO₂ 排出量

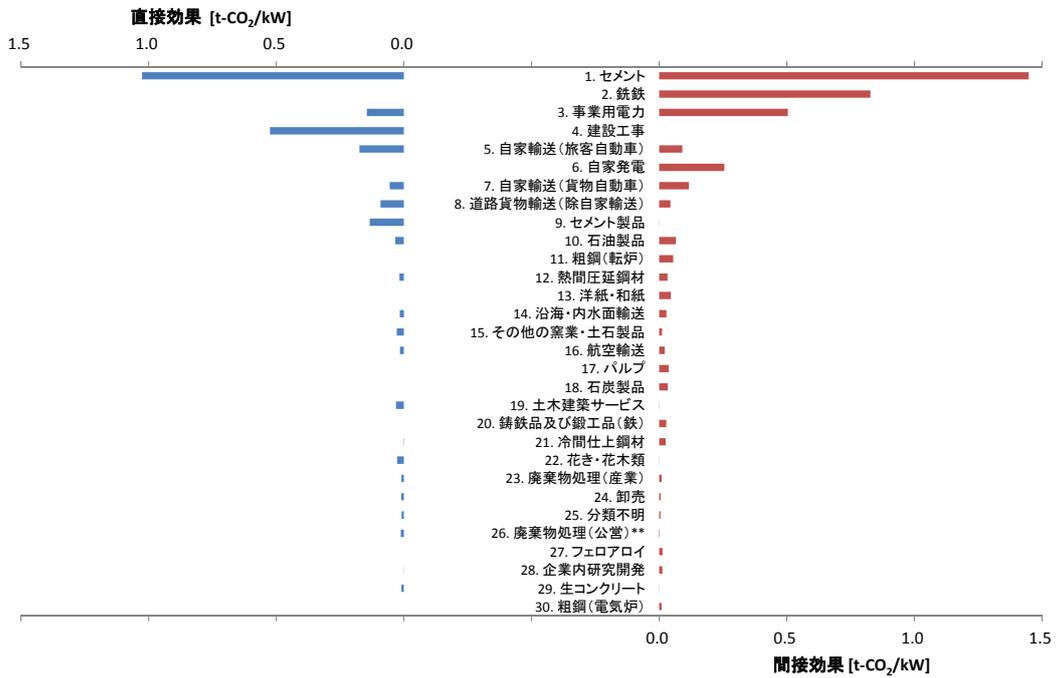


図 A-4-5 既存水力発電施設の有効利用の CO₂ 排出量

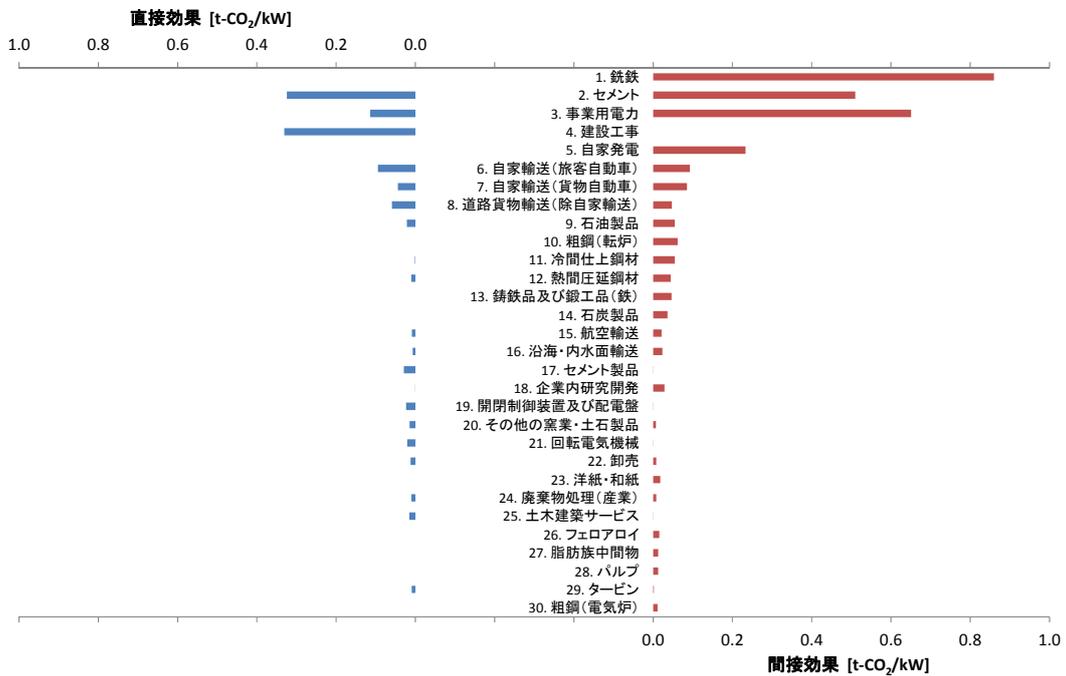


図 A-4-6 中小水力発電施設建設の CO₂ 排出量

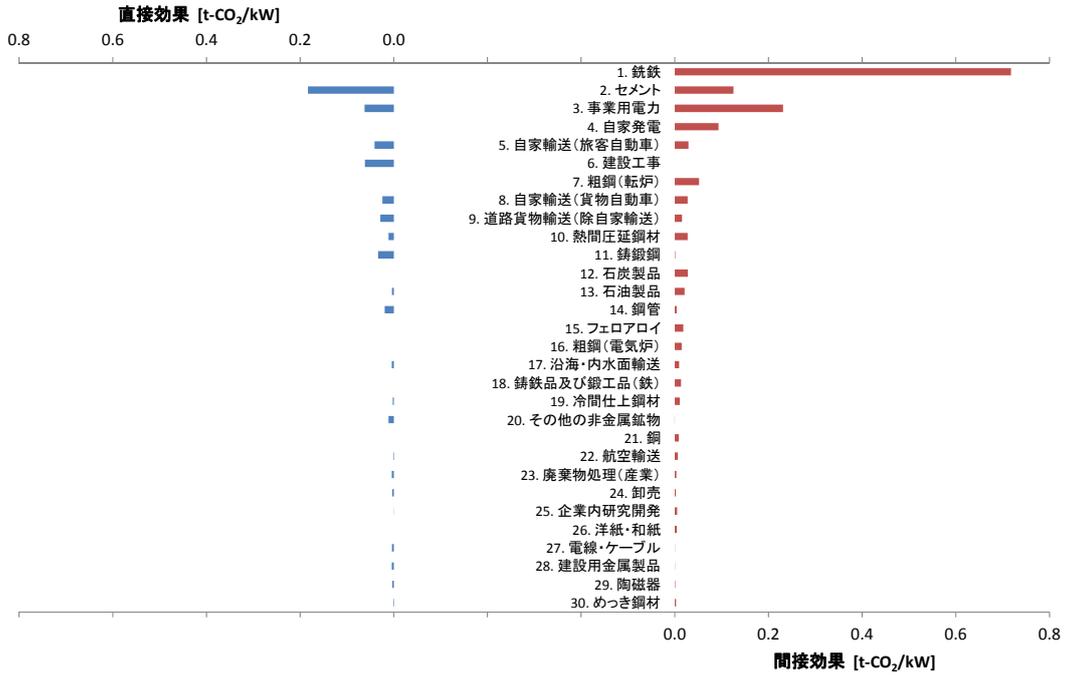


図 A-4-7 フラッシュサイクル地熱発電施設建設の CO₂ 排出量

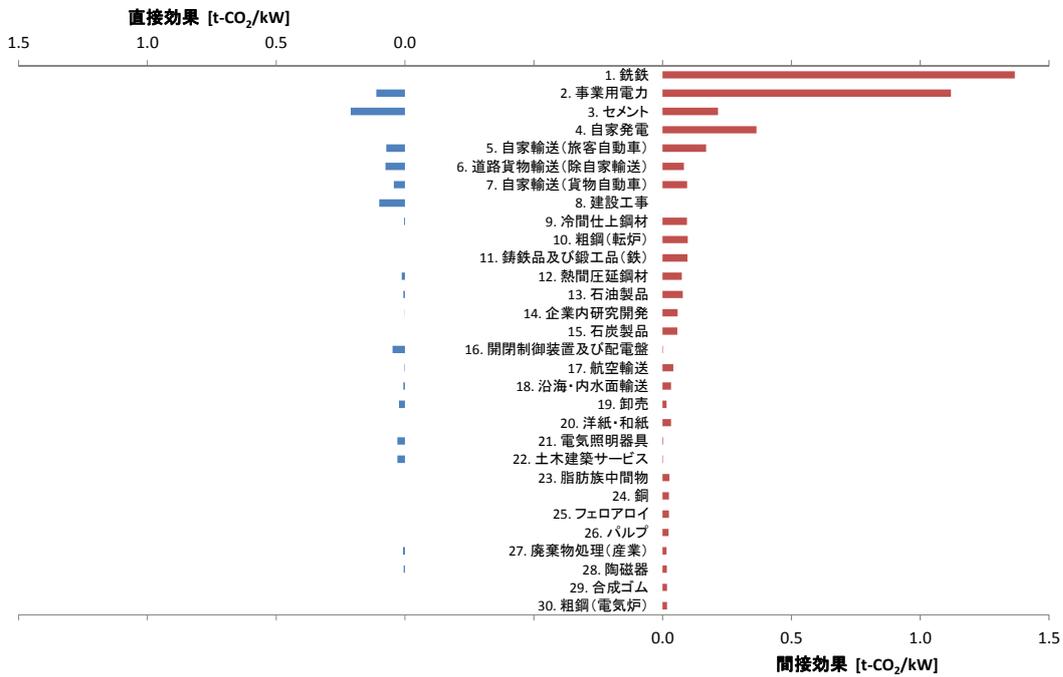


図 A-4-8 小型バイナリーサイクル地熱発電施設建設の CO₂ 排出量

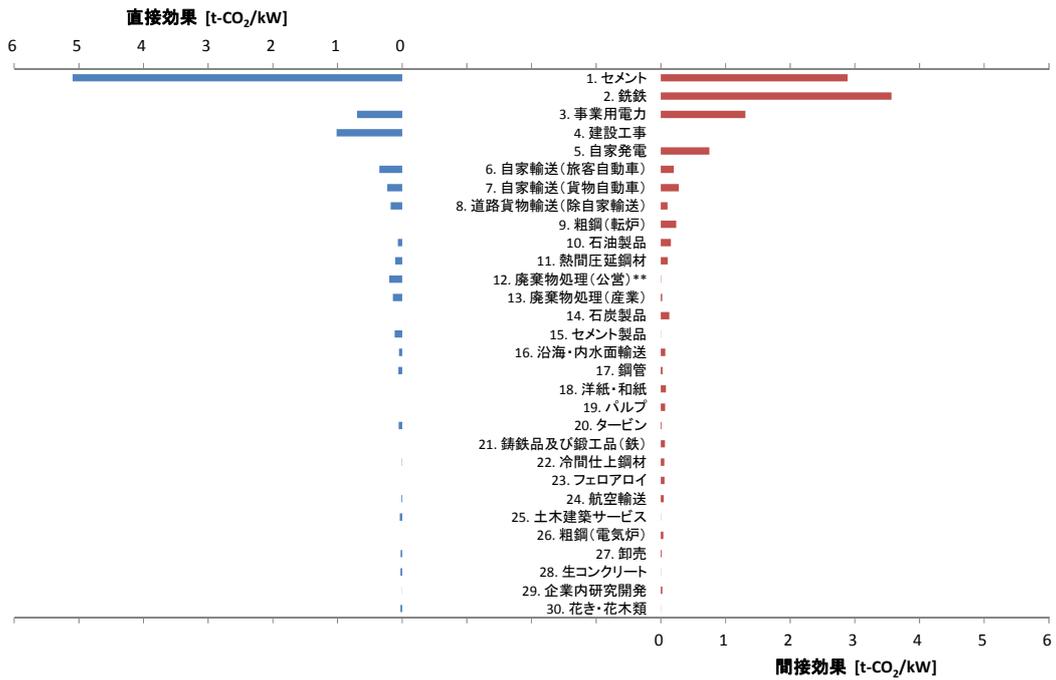


図 A-4-9 廃棄物処理バイオマス発電施設建設の CO₂ 排出量

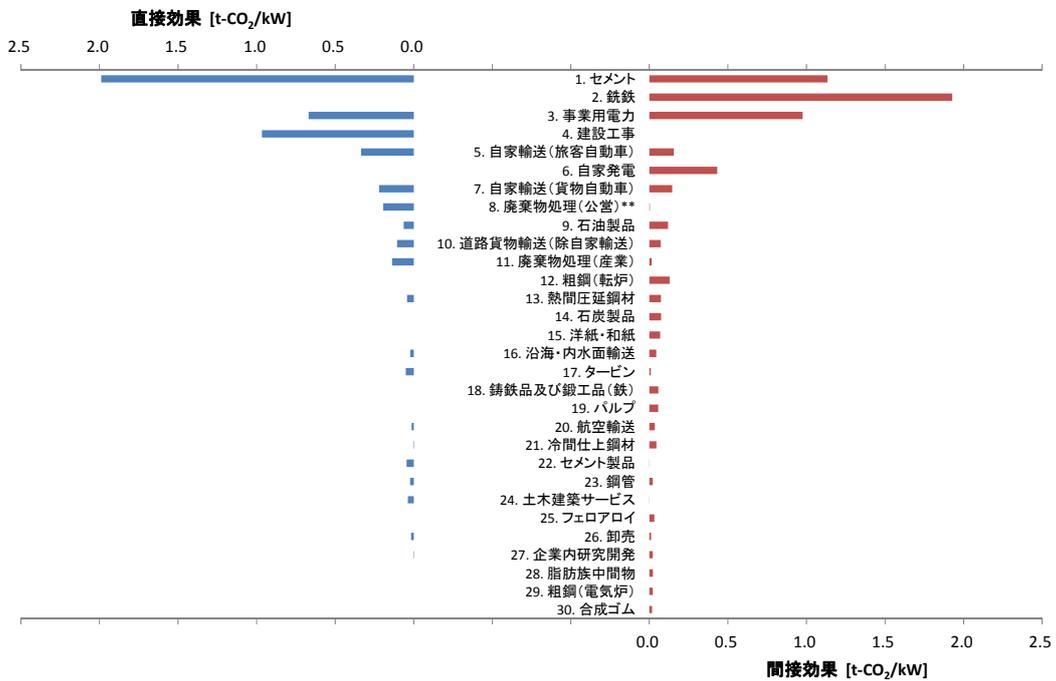


図 A-4-10 メタン発酵バイオガス発電施設建設の CO₂ 排出量

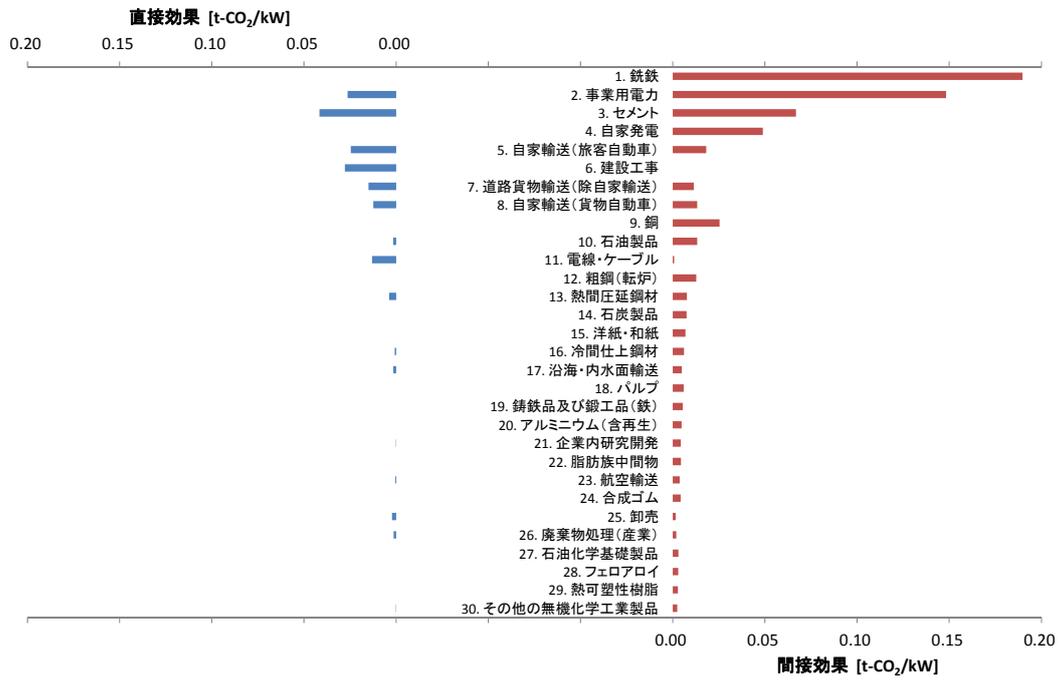


図 A-4-11 木質バイオマス発電施設建設の CO₂ 排出量

DISCUSSION PAPER No.96

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

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

鷺津 明由	中野 諭	朝倉 啓一郎
高瀬 浩二	古川 貴雄	新井 園枝
林 和弘	奥和田 久美	

〒100-0013

東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第7号館 東館 16階

TEL:03-3581-0605 FAX:03-3503-3996