

*IASS Working Paper Series*

IASS WP 2021-J002

2015 年次世代エネルギーシステム分析用  
産業関連表（組込表）の作成

早稲田大学社会科学総合学院 鷺津 明由  
日本福祉大学経済学部 中野 諭



*Institute for Advanced  
Social Sciences*

# 2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(組込表)の作成<sup>1</sup>

## Creation of 2015 Input-output table for analysis of next-generation energy system (IONGES)

2021 年 6 月

鷲津 明由<sup>2</sup>

中野 諭<sup>3</sup>

### 1. 研究の背景

再生可能エネルギーを導入した次世代エネルギーシステムが、環境、経済、社会にもたらす効果を包括的に分析するために、早稲田大学・次世代科学技術経済分析研究所では、総務省の産業連関表に再生可能エネルギー部門を付け加えた「次世代エネルギーシステム分析用産業連関表」の作成を行ってきた。これまでに 2005 年表[1-3]、2011 年表[4-6]を作成し、2005 年表については全国を 9 地域に分割した地域間表[7-9]や、水素関連部門追加した表[10]を作成してきた。それらの研究に続き、2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表（組込表）の作成を行ったので、その結果を報告する。

2020 年 2 月に「再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会中間取りまとめ」が発表され、固定価格買取制度に続く再生可能エネルギー普及のための制度設計は以下の二つの電源に分けて考えていくべきであると提言された。

1. 競争電源：大規模太陽光発電や風力発電のように発電原価を下げ市場競争力をつけていくべき電源
2. 地域活用電源：住宅用太陽光発電、小規模事業用太陽光発電、小規模地熱発電、小水力発電、バイオマス発電のように、地域資源の活用や地域のレジリエンスの向上に役立つ電源

このうち 1. に分類される太陽光発電や風力発電は、間欠性という特徴のため、競争力の付与には、それらの電源をスムーズに無駄なく効率的に活用していくための工夫が不可欠である。それにはエネルギーシステムのみならず、人々のライフスタイルのスマート化が不可欠であると考えられる。一方、2. に分類される電源は、小規模・分散的であるため、規模効果を得ることが難しく、生産効率を向上させることが難しい。そこで、これらの電源はその活動がもたらす電力供給以外の効果(雇用創出等地域経済にもたらす波及効果、環境効果、非常用バックアップ電源としての意義、等)を評価に加える必要がある。そこで、2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表は、このような各電源の性質を踏まえた将来の

---

<sup>1</sup> 本研究に当たっては、独立行政法人 経済産業研究所・計量分析・データ専門職 新井園枝氏、株式会社 日本アプライドリサーチ研究所・研究理事 横橋正利氏のご協力を得た。

<sup>2</sup> 早稲田大学社会科学総合学院

<sup>3</sup> 日本福祉大学経済学部

分析を念頭に置きつつ作成されている。

## 2. 2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表（組込表）の概要

2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(IONGES)の組込表には、事業用火力・原子力・水力部門に加えに表 1 に示す 15 種類の再生可能エネルギーの発電設備・施設建設部門と発電部門のアクティビティが表章されている<sup>4</sup>。IONGES 組込表の発電部門の国内生産額(CT) の合計は、総務省による産業連関表(総務省表)の発電部門 CT の合計に等しい。一方、IONGES における発電設備・施設建設部門は、総務省表における電力施設建設部門とは概念が異なる。前者は、発電施設の建設に必要な機械設備と土木工事を含むアクティビティであるのに対し、後者は発電施設の土木工事のみのアクティビティである。IONGES における発電設備・施設建設部門 CT の合計は、総務省表における電力施設建設部門 CT と最終需要の固定資本形成のうち発電設備の資材額の合計に等しい。

表 1 2015 年 IONGES(組込表)における再生可能エネルギー部門の発電諸元

	施設発電容量		発電量 (MWh/年)	設備利 用率	建設単価 (万円/kW)	運転維持費 (万円/kW/年)	買取価格 税抜(円/kWh)	耐用 年数
太陽光(住宅用)	4	kW	4	0.12	36.90	0.36	34.00	30
太陽光(メガソーラー)	1,200	kW	1,472	0.14	30.75	0.60	27.50	30
陸上風力	20,000	kW	35,040	0.2	30.00	0.60	22.00	20
着床式洋上風力	150,000	kW	394,200	0.3	56.50	2.25	36.00	20
中小水力発電	199	kW	1,046	0.6	132.00	5.40	25.00	40
大規模地熱発電	30,000	kW	218,124	0.83	79.00	3.30	26.00	40
バイナリー発電	50	kW	394	0.9	123.00		40.00	40
木質バイオ_A 級タイプ	30,000	kW	217,016	0.826	29.67		24.00	40
木質バイオ_B 級タイプ	5,000	kW	34,164	0.780	53.00		32.00	40
木質バイオ_C 級タイプ	1,990	kW	13,474	0.773	71.36		40.00	40
生ごみメタン	50	t/日	785	0.300	803.46		39.00	30
下水メタン	161	m <sup>3</sup> /日	1,486	0.355	53.58		39.00	30
家畜糞尿メタン	95	t/日	1,977	0.752	265.00		39.00	30
廃棄物焼却施設(大都市)	600	t/日	26,685	0.650	474.43		17.00	40
廃棄物焼却施設(地方中核都市)	300	t/日	13,350	0.650	578.59		17.00	40

発電容量と耐用年数の想定はコスト等検証委員会、設備利用率、建設単価、運転維持費、買取価格は 2015(平成 27)年度調達価格等算定委員会報告書の想定値。ただしバイナリー、各種バイオマス発電の発電諸元はそれぞれの出典(中野・鷲津[5]を参照)に基づく。イタリックは、原典に基づいて逆算された値であることを示す。

## 3. 2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表（組込表）の作成手順

### 3-1 送配電部門の別掲

2015 年の総務省表には 461101 事業用火力発電と 461102 事業用発電(火力発電を除く)が表章されており、これには送配電アクティビティも含まれている。次世代エネルギーシステムではスマートグリッドの役割が重要と考えられることから、IONGES では送配電部門を別掲している。

10 電力・電気事業営業費用明細表、電源開発・営業費用明細表、地方公営企業・損益計

<sup>4</sup> ただし、大規模地別発電については、発電設備・施設建設部門ではなく、補充井の建設部門が表章されている。

算書から、送配電費用は発電費と送配電費の和の 24.43%を占めるとされることから、2つの事業用発電 CT の 24.43%を送配電部門の CT として、送配電部門を創設する。送配電部門の投入ベクトルは、発電 2 部門に共通する投入部門の投入係数を加重平均した値に補正を加えて作成した。送配電部門の投入ベクトルを発電 2 部門から減額する一方、送配電部門の CT は全額発電 2 部門に産出させる。結果として発電 2 部門の CT は変化しない。

### 3-2 自家発電部門の修正

2015 年の自家発電部門には、事業用電力部門に販売された電力が含まれている(自家発電部門から事業用電力部門への産出がある)。このことは、次世代エネルギーシステムにおける発電の波及効果分析の結果の解釈をわかりにくくする可能性がある。そこで自家発電部門の CT を事業用電力部門に販売された電力分だけ減額し(自家発電部門から事業用電力部門への産出をゼロにし)、減額された CT に対応する投入財のベクトルを、事業用電力部門の投入ベクトルに加算した。つまり事業用電力部門は、自家発電電力を購入する代わりに、その電力の発電に必要な投入資材を直接購入するという形式に変更した。

### 3-3 再生可能エネルギー発電設備・施設建設部門の国内需要額の設定

2015 年 IONGES(組込表)における発電設備・施設建設部門の国内需要額および構成比を表 2 に示す。既存電力・送配電設備・施設建設と陸上風力発電設備・施設建設については固定資本マトリックスの投資総額から核燃料、ソフトウェア、研究開発の金額を除いた金額である。ここで、非住宅建築(木造、非木造)、建設補修、電力施設建設の金額を内生部門に移動する際に、対応するそれぞれ部門の投入係数で、個別の投入財に分割し、ベクトルとして内生移動させた。

表 2 2015 年 IONGES(組込表)における発電設備・施設部門の国内需要額

	(百万円)	構成比
既存電力・送配電設備・施設建設	2,236,601	37.3%
太陽光(住宅用)発電設備・施設建設	318,342	5.3%
太陽光(メガソーラー)発電設備・施設建設	2,737,509	45.7%
陸上風力発電設備・施設建設	120,254	2.0%
中小水力発電設備・施設建設	79,463	1.3%
大規模地熱発電設備・施設建設		0.0%
地熱・補充井発電設備・施設建設	40,549	0.7%
バイナリー発電設備・施設建設	10,778	0.2%
木質バイオ_A 級タイプ発電設備・施設建設	34,593	0.6%
木質バイオ_B 級タイプ発電設備・施設建設	82,510	1.4%
木質バイオ_C 級タイプ発電設備・施設建設	1,406	0.0%
生ごみメタン発電設備・施設建設	13,972	0.2%
下水メタン発電設備・施設建設	588	0.0%
家畜糞尿メタン発電設備・施設建設	13,479	0.2%
廃棄物焼却施設発電(大都市)設備・施設建設	124,124	2.1%
廃棄物焼却施設発電(地方中核都市)設備・施設建設	179,879	3.0%
Total	5,994,048	100.0%

発電設備・施設建設部門の国内需要額は、FIT 新規認定分導入容量(kW)の「2015 年末値—2014 年末値」に表 1 の建設単価をかけて計算した値である。

ただし、地熱・補充井発電設備・施設建設については、総務省表の固定資本マトリックスのその他の再エネの投資総額から、上記で計算した木質バイオ\_A・B 級タイプ発電設備・施設建設の投資額をさし引いた値として定義した。

発電設備・施設建設部門は内生部門であるので、総務省表の固定資本マトリックスのうち、資本形成部門が発電である場合の投資財の金額(から核燃料、ソフトウェア、研究開発の金額を除いた金額)を、固定資本形成ベクトルから控除し、対応する発電設備・施設建設部門へ移動した。ただしこの場合には、発電設備・施設建設部門の国内生産額が全額固定資本形成に産出されるので、固定資本形成の総額は変化しない。

一方、太陽光(住宅用)、中小水力、バイナリー、木質バイオ\_C 級タイプ、生ごみメタン、下水メタン、家畜糞尿メタン、廃棄物焼却施設発電(大都市)、廃棄物焼却施設発電(地方中核都市)の各発電設備・施設建設部門については、これらの部門における資材投資額が、総務省表の固定資本マトリックスのどこに含まれているかを特定できなかったため、それらの金額を固定資本形成ベクトルから控除していない。したがってこれらの発電設備・施設建設部門の投資額のみだけ、IONGES の固定資本形成総額および国内需要総額が、総務省表の対応する値よりも大きくなっている。

#### 3-4 再生可能エネルギー発電部門の国内需要額の設定

2015 年 IONGES(組込表)における発電部門の国内需要額および構成比を表 3 に示す。これらの値は、461102 事業用発電(火力発電を除く)の国内需要額を、電力事業便覧における「原子力」「水力」「再エネ発電」の物量構成比で分割し、そのうちの「再エネ発電」の国内需要額を FIT 認定分導入容量(累積)より算出した再エネ発電の発電容量構成比で分割したものである。ただし太陽光発電(住宅設置用)は売電率を 60%との仮定を置いた<sup>5</sup>。また、下水メタン発電、廃棄物焼却施設発電(大都市、地方中核都市)についてもそれぞれの所内利用率(1—売電率)を想定している。

---

<sup>5</sup> 調達価格等算定委員会における 2015 年の想定に基づく。

表 3 2015 年 IONGES(組込表)における発電部門の国内需要額

	(百万円)	構成比	再エネ構成比
事業用火力発電	15,827,578	89.389%	
事業用原子力発電	156,840	0.886%	
事業用水力発電	1,634,249	9.230%	
太陽光発電(住宅設置用)	7,888	0.045%	8.99%
太陽光発電(メガソーラー)	22,204	0.125%	25.30%
陸上風力発電	4,359	0.025%	4.97%
着床式洋上風力発電	12	0.000%	0.01%
中小水力発電	1,530	0.009%	1.74%
大規模地熱発電	69	0.000%	0.08%
バイナリー地熱発電	64	0.000%	0.07%
木質バイオ_A級タイプ発電	7,176	0.041%	8.18%
木質バイオ_B級タイプ発電	1,487	0.008%	1.70%
木質バイオ_C級タイプ発電	48	0.000%	0.05%
生ごみメタン発電	9	0.000%	0.01%
下水メタン発電	7	0.000%	0.01%
家畜糞尿メタン発電	67	0.000%	0.08%
廃棄物焼却施設発電(大都市)発電	19,570	0.111%	22.30%
廃棄物焼却施設発電(地方中核都市)発電	23,255	0.131%	26.50%
Total	17,675,129	100.000%	

### 3-5 再生可能エネルギー発電設備・施設建設部門の投入ベクトルの作成

再生可能エネルギー発電設備・施設建設部門の投入ベクトル作成のために用いた各発電設備の諸元は先に示した表 1 のとおりである。原則として、各投入ベクトルは、2011 年表 [4-5]と同様の方法で、諸元を表 1 の値に更新することで作成した。ただし、太陽光発電(住宅設置用、メガソーラー)、風力発電については、コスト構成の見直しを行った。

表 4 太陽光発電設備・施設建設のコスト構成データ

住宅設置用				メガソーラー用			
	(内訳)				(内訳)		
太陽電池モジュール	0.397			モジュール	0.365		
インバータ	0.129					インバータ	0.610
BOS	0.082	パネル架台	0.477	架台	0.102		
		H 鋼	0.111	その他 (BOS)	0.086	H 鋼	0.083
		接続箱	0.191			接続箱	0.142
		キュービクル	0.155			キュービクル	0.116
		データ計測装置	0.042			データ計測装置	0.032
		無停電電源装置	0.001			無停電電源装置	0.001
		表示装置	0.023			表示装置	0.017
				PCS	0.090		
				接続費	0.018		
設置費用	0.188			設置工事	0.330		
マージン	0.203			その他	0.010		
	1.000				1.000		

住宅用については 2016 年度 第 24 回 調達価格等算定委員会 資料 1<sup>6</sup>、非住宅用については 2016 年度 第 23 回 調達価格等算定委員会 資料 17 および 2015 年度 第 20 回 調達価格等算定委員会 資料 1<sup>8</sup>より作成。

<sup>6</sup> [https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/024\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/024_01_00.pdf)

<sup>7</sup> [https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/023\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/023_01_00.pdf)

<sup>8</sup> [https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/020\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/020_01_00.pdf)

表 4 に 2015 年時点の部品価格を反映した太陽光発電(住宅設置用, メガソーラー) 設備・施設建設のコスト構成を示す。太陽電池モジュールのコスト構成は, 住宅設置用が 39.7%, メガソーラー用が 36.5%である。この値は, 2011 年表(想定表)での前提[4-6](住宅設置用が 58.6%, メガソーラー用が 38.9%) と比べると, 特に住宅用太陽電池モジュールの価格低下が著しい。

表 5 風力発電施設のコスト構成データ

陸上風力発電施設		洋上風力発電施設	
タワー	11.8%	タワー	6.6%
ブレード	11.2%	ブレード	6.3%
増速機(ギア)	10.1%	増速機(ギア)	5.6%
その他	8.9%	その他	5.0%
コンバータ	3.0%	コンバータ	1.7%
ピッチおよびヨー機構	3.0%	ピッチおよびヨー機構	1.7%
発電機	2.4%	発電機	1.3%
変圧器	2.4%	変圧器	1.3%
鋳造品	1.8%	鋳造品	1.0%
軸受け	1.8%	軸受け	1.0%
鍛造品	1.8%	鍛造品	1.0%
制御装置	1.2%	制御装置	0.7%
系統連系	14.5%	連系・海底ケーブル・変電など	12%
調査費/設計	2.9%	プロジェクトコスト	2%
輸送組立	23.4%	輸送及び据付	19%
		建設・融資費	12%
		基礎	22%
	100.0%		100.0%

陸上風力の総建設コスト構成は日本産業機械工業会[11]の表 3.4-1 に, 洋上風力の総建設コスト構成は図 4.1.3-2(a)に, また風車のコンポーネント構成は陸上・洋上とも図 4.1.3-2(b)に基づいている。

最近の技術動向の変化を踏まえて, 風力発電設備・施設建設部門の投入ベクトル作成の前提となる風車のコスト構成の見直しを行った。日本産業機械工業会[11]によれば, 2000 年以前の風車のパワートレインは, 増速機(ギア付き)+誘導発電機が主流であったが, 2-3MW の発電機が主流になると, 永久磁石同期発電機+フルコンバータ+ダイレクトドライブ(ギアなし)というパワートレインへの変化の傾向があった。そこで, 2011 年 IONGES までは, 比較的小型の発電機が多い陸上風力はギア付きの風車, 大型発電機が多い洋上風力はギアなしの風車であると想定していた。その一方で低速回転のダイレクトドライブでは, 発電機は多極機となり, 直径が大きくなり重量がかさむことから, サイズやコストを減らすために, 5-8MW 機では, 永久磁石同期発電機+フルコンバータ+中速ギアドライブという技術が採用されつつあるとのことである。したがって, 大型化が進む洋上風力でも, ギア付きの風車が増えてきている。

そこで, 2015 年 IONGES では陸上風力も洋上風力もギア付きの風車を想定するととも

に、コスト構成を日本産業機械工業会[11]で得られる文献値に変更した。表 5 は 2015 年 IONGES における風力発電設備・施設建設部門の投入ベクトルの作成に用いたコスト構成である。

日本産業機械工業会[11]によると、2015 年度の風力発電機導入量は、国産風車が 56MW に対し、海外風車が 191MW に上る。したがって風車の輸入額の推計が不可欠である。そこで、2015 IEA Wind TCP Annual Report[12]における日本の Turbine Cost(EUR/kW)と、日本以外の平均コストの比較から、風車の内外価格差を 4.02 倍(輸入価格に対する国産価格の比率)と想定し、風車の国内需要に対する輸入比率を 56.3%であると想定した。

### 3-5 再生可能エネルギー発電部門の投入ベクトルの作成

再生可能エネルギー発電部門の投入係数ベクトルは、各発電設備の諸元を表 1 のように更新して、2011 年表[4-5]と同様に、モデルプラントについて想定された運転維持費を財別に分割し、想定された発電金額で除すという方法で作成した。

2015 年 IONGES でも 2011 年表の場合と同様に、事業用電力も再生可能エネルギー電力も、同一の生産者価格で金額変換されている。そして再生可能エネルギー電力の FIT 買取価格と生産者価格の差額は、付加価値ベクトルに設けられた「FIT との差額」の行ベクトルにおいて負の値で示されている。すなわち経常補助金と同じ表章形式を採用している。ただし 3 つの木質バイオマス発電部門では、FIT との差額の一部は、燃料などの投入財の購入補助にも充てられたと仮定している。このうち、B・C 級の木質バイオマス発電所の燃料購入に割り当てられた補助額は、木質チップ(発電用)の政府支出への産出(すなわち政府による燃料の現物補助)として表章した。

なお、総務省表にも「木質チップ」部門があるが、2015 年 IONGES における「木質チップ(発電用)」部門は、間伐材や枝葉などの未利用材のみを使用した木質チップであり総務省表の木質チップとは異なる財と想定している。厳密には通常の木質チップの一部が木質バイオマス発電に投入されている事例もあるが、それはわずかな量であると推測されるので、2015 年 IONGES では、未利用材由来の「木質チップ(発電用)」のみが、木質バイオマス発電部門に投入されると仮定した。

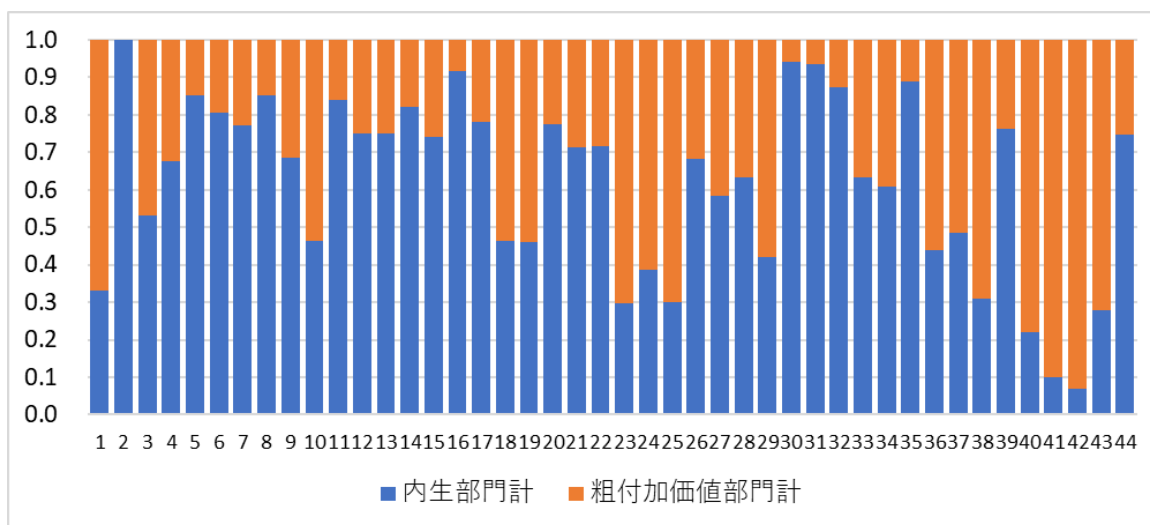
## 4 推計結果

再生可能エネルギー関連部門など、2015 年 IONGES 組込表に新たに付け加えたり、概念変更を行ったりした部門について、推計された主な結果を付表 1 に示す。このうち、CO<sub>2</sub> 排出係数は、3EID[13]の「エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量」と総務省表のエネルギー投入額から投入額当たりの CO<sub>2</sub> 排出量を求め、各部門のエネルギー投入額に基づいて計算したものである。なお、2015 年 IONGES では発電部門および発電設備・施設建設部門の部門数が増えたことに伴い、これらの部門におけるエネルギーの中間投入額も増え、全体としての



CO<sub>2</sub>排出総量が、3EIDにおける総量を4%程度上回る結果となった<sup>9</sup>。

図1は、付表1のうち、投入係数の内生部門計と租付加価値部門計との関係を図示している。20から37番目の発電部門のうち、内生部門計の比率は、事業用電力3部門(20～22番目)が7割程度であるのに対し、太陽光(23、24番目)、風力(25、26番目)は3割程度である。バイオマス関係の内生部門計の比率は高く、特に木質バイオマス発電部門(30～32番目)ではその比率が9割程度であり、バイオマス燃料の費用負担が大きいことを示している。



部門番号：1 木材チップ（発電用），2 風車・同部品（陸上用），3 ブレード（風力発電），4 太陽電池モジュール，5 既存電力・送配電設備・施設建設，6 太陽光(住宅用)発電設備・施設建設，7 太陽光（メガソーラー）発電設備・施設建設，8 陸上風力発電設備・施設建設，9 中小水力発電設備・施設建設，10 地熱・補充井発電設備・施設建設，11 バイナリー発電設備・施設建設，12 木質バイオ\_A 級タイプ発電設備・施設建設，13 木質バイオ\_B 級タイプ発電設備・施設建設，14 木質バイオ\_C 級タイプ発電設備・施設建設，15 生ごみメタン発電設備・施設建設，16 下水メタン発電設備・施設建設，17 家畜糞尿メタン発電設備・施設建設，18 廃棄物焼却施設発電(大都市)設備・施設建設，19 廃棄物焼却施設発電(地方中核都市)設備・施設建設，20 事業用火力発電，21 事業用原子力発電，22 事業用水力発電，23 太陽光発電（住宅設置用），24 太陽光発電（メガソーラー），25 陸上風力発電，26 着床式洋上風力発電，27 中小水力発電，28 大規模地熱発電，29 バイナリー地熱発電，30 木質バイオ\_A 級タイプ発電，31 木質バイオ\_B 級タイプ発電，32 木質バイオ\_C 級タイプ発電，33 生ごみメタン発電，34 下水メタン発電，35 家畜糞尿メタン発電，36 大都市廃棄物焼却施設発電，37 地方中核都市廃棄物焼却施設発電，38 送配電事業，39 自家発電（火力発電），40 自家発電（水力発電），41 自家発電（太陽光・メガソーラー発電），42 自家発電（風力発電），43 自家発電（地熱発電），44 家畜糞尿メタン発酵熱供給

図1 投入係数と租付加価値係数

図2は、 $(I-(I-M)A)^{-1}$ 型逆行列係数から計算した影響力係数と感応度係数との関係である。事業用火力発電部門に比べると、再生可能エネルギー発電部門の感応度係数<sup>10</sup>は小さい。発電部門の影響力係数にはばらつきがみられる。影響力係数は太陽光・風力発電(特に自家発

<sup>9</sup> この問題に関する妥当性の検討は今後の研究課題とする。

<sup>10</sup> 全ての再生可能エネルギー電力は同じ産出比率で行方向に配分されているため、感応度係数も同じ値が計算されている。

電)部門で小さく、燃料投入比率の多い木質バイオマス部門で高い。地域活用電源に位置付けられている木質バイオマス発電の、地域循環共生圏の形成を担う中心産業としての役割が期待できる。

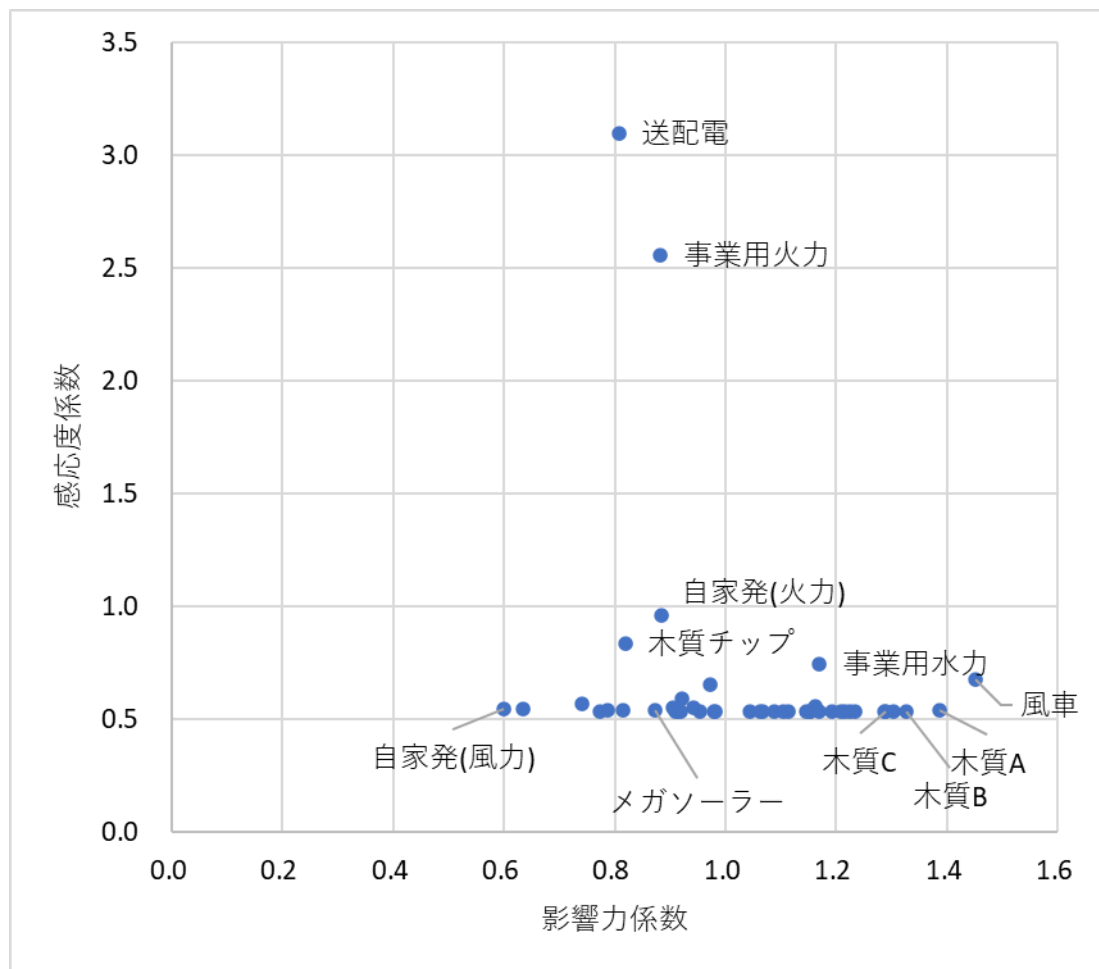
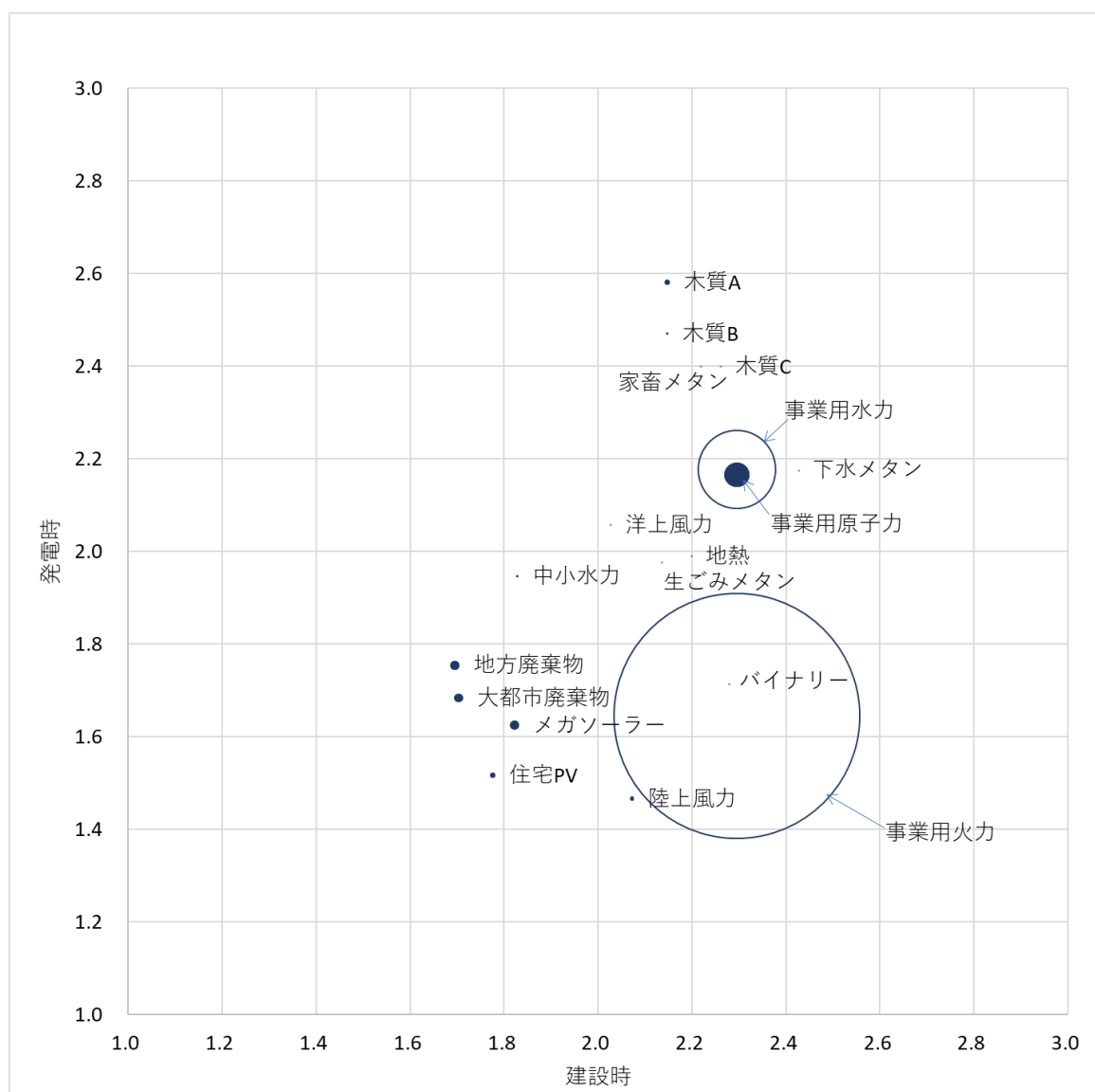


図 2 影響力係数と感応度係数

(I-(I-M)A)<sup>-1</sup>型逆行列係数の列和はその産業への1単位の最終需要が経済全体にもたらす波及効果(乗数効果)の大きさを示すが、各再生可能エネルギー電力部門について、その設備・施設建設時の乗数と発電時の乗数との関係を図示したのが図3のバブル図<sup>11</sup>である。バブルの円の直径は、各発電のCTの相対的な大きさを示す。電力設備・施設建設時の乗数の最大値は下水メタンの2.4、最小値は地方廃棄物発電の1.7である。それに対し、発電時の乗数の最大値は木質バイオマスA級の2.6、最小値は陸上風力の1.5である。洋上風力、中小水

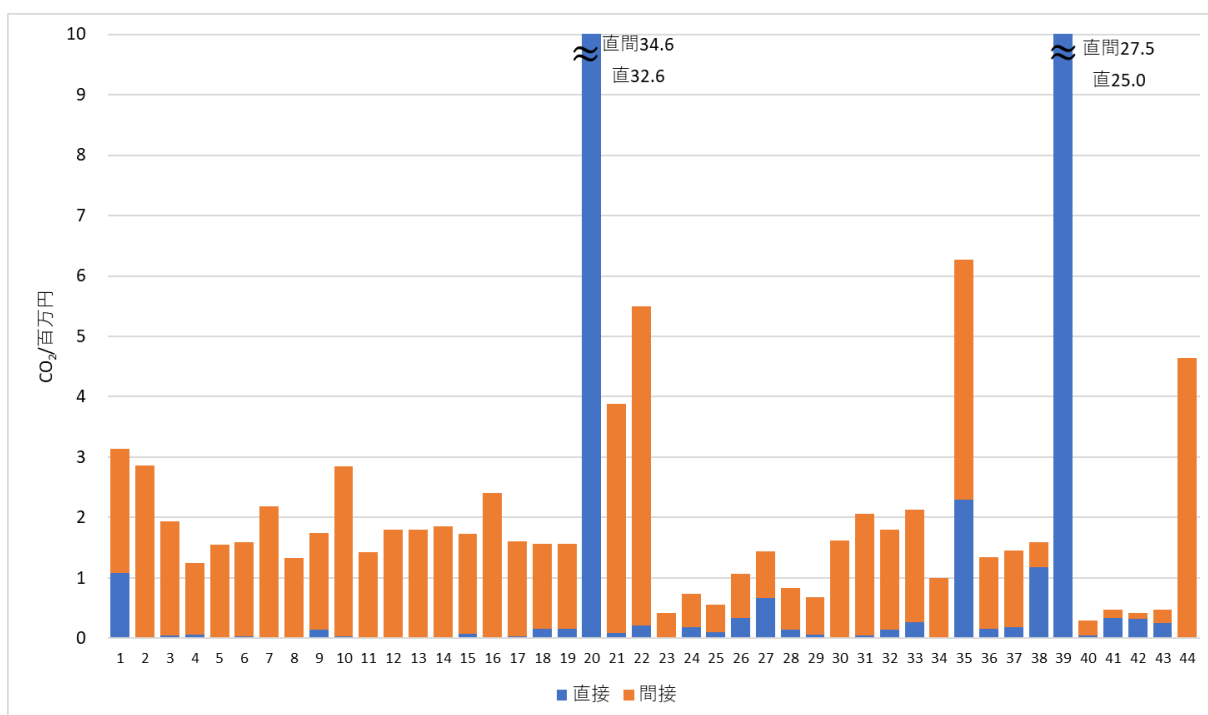
<sup>11</sup> 表1にみる通り大規模地熱発電設備・施設建設部門の2015年のCTはゼロであるので、大規模地熱発電設備・施設建設部門の影響力係数は参考値として2011年IONGES・想定表の値(再生可能エネルギーが2030年の長期エネルギー需給見通し程度まで導入されたという想定の下で計算された値)を用いて図3を作成した。

力、メタン発酵ガス発電など現在はコスト高ではあるが将来の普及が期待される再生可能エネルギーの発電時の乗数は、事業用原子力・水力と同程度でやや高く、太陽光、陸上風力、廃棄物発電などの現在ある程度の普及がみられる再生可能エネルギーの発電時の乗数は、事業用火力と同程度でより低い値になっている。発電時の乗数は、発電に係る費用的要因に基づき、費用が大きければ乗数も大きくなる。電力価値は kWh 価値だけで評価するのではなく、電力の安定供給やレジリエンス、地域経済への波及効果も含めて評価すべきとの議論が一般化してきている一方で、単位当たり電力を得るための費用低下(それは時系列的な乗数の低下も意味するだろう)が好ましいとも考えられる。現在はコスト高ではあるが将来の普及が期待される再生可能エネルギーの乗数を低下させるような工夫が望まれ、そのような工夫の一つに、エネルギーマネジメント技術の高度化があげられる。



○の直径は、国内総生産額の大きさを示す。

図3 建設時と発電時の波及効果の大きさ



部門番号は図 1 と同じ。

図 4 CO<sub>2</sub> 排出係数(t-CO<sub>2</sub>/百万円)

図 4 は 3EID[13]の「エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量」を用いて計算した各部門の CO<sub>2</sub> 排出係数を直接排出と間接排出<sup>12</sup>に分けて図示している。部門番号 20～37 の発電部門のうち、事業用火力発電(20)、火力の自家発電(39)が突出して高くなっている。再生可能エネルギーの中では家畜メタン(35)が、事業用水力発電(22)と同程度とやや高くなっているが、これはモデルプラントについて報告されている軽油の投入に基づく。これらの燃料を CO<sub>2</sub> フリー水素などの新エネルギーに代替していくことの効果が期待される。

## 5 今後の方向性

本研究では 2015 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表(IONGES)・組込表の概要について報告した。これは 2005 年、2011 年についての IONGES の作成に続くものである<sup>13</sup>。今後の方向性としてはまず、前 2 時点と同様に、2030 年時点に予想される再生可能エネ

<sup>12</sup> 間接排出とは、ある再生可能エネルギー関連部門に関する(I-(I-M))<sup>-1</sup>型逆行列係数の列ベクトルの各要素に、3EID[13]の「エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量」を用いて計算した CO<sub>2</sub> 排出量原単位を乗じて計算した直接・間接の CO<sub>2</sub> 誘発排出量から、当該部門の投入係数ベクトルから計算した直接排出分を差し引いた大きさである。

<sup>13</sup> IONGES は 2005 年、2011 年、2015 年の 3 時点が用意されたことになるが、これらは必ずしも時系列の変化分析を意図して作成していない。この間に再生可能エネルギーに対する考え方が変化してきているので、時点間の比較可能性よりも、各時点の主要な論点が分析しやすいことを優先させて、それぞれ工夫や改良を行っている。

ルギーの導入量や、電源構成比に基づいた 2030 年想定表の作成を行う。2020 年 10 月の第 203 回臨時国会における菅首相の所信表明演説で、2050 年カーボンニュートラル宣言がされたことを受け、2015 年に策定された長期エネルギー需給の見通しにおける 2030 年目標はより野心的な目標へ更新されるであろう。そのような新たな目標下での 2030 年想定表の作成に着手する。その際現政権によって掲げられた「30 年代半ばまでに国内新車販売の 100%電動化」の目標についても論点に含める必要があると考え、そのために必要な部門新設(電気自動車や充電ステーション、Li イオン電池部門等新設)も行う予定である。

また本成果は、再生可能エネルギーを活用した次世代エネルギーシステムの効果分析のために今後活用していく予定である。そのような分析課題としては以下のような項目があるだろう。

- 1) デマンドレスポンスなどのエネルギーマネジメントの高度化による太陽光発電の出力抑制の削減、洋上風力発電所のリモート監視システムの高度化などによるマネジメント費用の低減化など、再生可能エネルギー電源の大量導入を可能とするような様々なマネジメントシステムの導入効果(スマート化の効果)の分析。
- 2) エネルギー部門のみならず一般の産業部門(サービス部門を含む)でのスマート化の進行により、エネルギー効率が向上および再生可能エネルギー比率の拡大が進行することの効果分析。
- 3) 木質バイオマス、メタン発酵ガス化発電、中小水力発電、地熱発電などを利用し、農業部門とも連携した地域循環共生圏の形成がもたらす効果の分析。
- 4) CO<sub>2</sub>フリー水素や Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage (CCUS)などの新エネルギー技術の導入効果分析。

これらの論点について引き続き研究を継続していく予定である。

## 謝辞

本研究は、科学研究費補助金(課題番号 21H03676, 19KT0037, 20K22139), 早稲田大学特定課題研究助成費(2021C-263), 環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(2-2008)の下で実施した。

## 参考文献

- [1] 鷲津明由・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 『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』 NISTEP DISCUSSION PAPER, No. 96, 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, 2013 年 8 月, p.1~56
- [2] 鷲津明由, 中野諭, 新井園枝『スマートエネルギー社会の産業連関分析に向けて一次世

- 代エネルギーシステム分析用産業連関表の作成と応用一』, 経済統計研究, 第 43 卷Ⅲ号, p.12~31, 2015 年 12 月
- [3] Satoshi Nakano, Sonoe Arai, Ayu Washizu “Economic impacts of Japan’s renewable energy sector and the feed-in tariff system: using an input–output table to analyze a next-generation energy system,” *Environmental Economics and Policy Studies*, 19(3), 555-580, 2017, DOI: 10.1007/s10018-016-0158-1
- [4] Satoshi Nakano, Ayu Washizu,” Analysis of inter-regional effects caused by the wide-area operation of the power grid in Japan: an implication for carbon pricing schemes,” *Environmental Economics and Policy Studies*, 2020, <https://doi.org/10.1007/s10018-020-00274-7>
- [5] 中野諭, 鷺津明由 『2011 年次世代エネルギーシステム分析用産業連関表の作成とその応用』 産業連関 27(1), 90-105, 2020, [https://doi.org/10.11107/papaios.27.1\\_90](https://doi.org/10.11107/papaios.27.1_90)
- [6] Ayu Washizu, Satoshi Nakano (2021) An Assessment of Carbon Taxation by Input–Output Analysis: Upstream or Downstream? In: Arimura T.H., Matsumoto S. (eds) *Carbon Pricing in Japan. Economics, Law, and Institutions in Asia Pacific*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6964-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6964-7_9)
- [7] 鷺津明由, 中野諭, 新井園枝 『再生可能エネルギーの高度利用に向けて—地域間次世代エネルギーシステム分析用産業連関表の作成と応用—』, 経済統計研究, 第 44 卷Ⅲ号, p.21~38, 2016 年 12 月
- [8] Satoshi Nakano, Sonoe Arai, Ayu Washizu “Development and Application of an Inter-Regional Input- Output Table for Analysis of a Next Generation Energy System”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2834-2842, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.011>
- [9] 鷺津明由・中野諭 『変動電源の出力抑制を考慮した地域間次世代エネルギーシステム分析用産業連関表と応用』, 経済統計研究 46 卷Ⅲ号, pp.13-28, 2018
- [10] 中野諭, 鷺津明由 『政府見通しに基づく大規模水素利用の波及効果の分析』 産業連関 26(1),35-49, 2018, [https://doi.org/10.11107/papaios.26.1\\_35](https://doi.org/10.11107/papaios.26.1_35)
- [11] 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報告書』 2017
- [12] 2015 IEA Wind TCP Annual Report, <https://community.ieawind.org/publications/ar>
- [13] 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) 』  
[https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/page/what\\_is\\_3eid.htm](https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/page/what_is_3eid.htm)

付表 2015年 IONGES(組込表)に付け加えた部門の主な推計値

		国内需要	CT	投入係数		(I-(I-M)A)型逆行列係数			CO <sub>2</sub> 係数 (t-CO <sub>2</sub> /百万円)	
		(百万円)		内生部門 計	粗付加価 値部門計	列和	影響力 係数	感応度 係数	直接	直接+間 接
1	161001 木材チップ (発電用)		1,102	0.332	0.668	1.524	0.819	0.835	1.085	3.139
2	291001 風車・同部品 (陸上用)	71,126	31,075	1.000	0.000	2.704	1.452	0.676	0.000	2.855
3	291002 ブレード (風力発電)		5,272	0.531	0.469	1.808	0.971	0.652	0.041	1.932
4	339001 太陽電池モジュール	501,523	405,046	0.678	0.322	1.715	0.921	0.593	0.062	1.239
5	419001 既存電力・送配電設備・施設建設		2,176,236	0.853	0.147	2.296	1.233	0.537	0.014	1.549
6	419002 太陽光(住宅用)発電設備・施設建設		318,342	0.804	0.196	1.776	0.954	0.537	0.027	1.591
7	419003 太陽光(メガソーラー) 発電設備・施設建設		2,737,509	0.772	0.228	1.822	0.979	0.537	0.016	2.188
8	419004 陸上風力発電設備・施設建設		120,254	0.851	0.149	2.072	1.113	0.537	0.010	1.333
9	419005 中小水力発電設備・施設建設		79,463	0.687	0.313	2.027	1.089	0.537	0.145	1.745
10	419007 地熱・補充井発電設備・施設建設		40,549	0.464	0.536	1.827	0.982	0.537	0.036	2.846
11	419008 バイナリー発電設備・施設建設		10,778	0.839	0.161	2.279	1.224	0.537	0.011	1.428
12	419009 木質バイオ_A 級タイプ発電設備・施設建設		34,593	0.751	0.249	2.148	1.154	0.537	0.025	1.796
13	419010 木質バイオ_B 級タイプ発電設備・施設建設		82,510	0.751	0.249	2.148	1.154	0.537	0.025	1.796
14	419011 木質バイオ_C 級タイプ発電設備・施設建設		1,406	0.820	0.180	2.261	1.215	0.537	0.019	1.850
15	419012 生ごみメタン発電設備・施設建設		13,972	0.741	0.259	2.136	1.147	0.537	0.072	1.732
16	419013 下水メタン発電設備・施設建設		588	0.918	0.082	2.427	1.304	0.537	0.000	2.404
17	419014 家畜糞尿メタン発電設備・施設建設		13,479	0.781	0.219	2.218	1.192	0.537	0.038	1.611
18	419015 廃棄物焼却施設発電(大都市)設備・施設建設		124,124	0.465	0.535	1.703	0.915	0.537	0.150	1.565
19	419016 廃棄物焼却施設発電(地方中核都市)設備・施設建設		179,879	0.460	0.540	1.695	0.911	0.537	0.151	1.562
20	461001 事業用火力発電	15,770,083	15,827,578	0.774	0.226	1.644	0.883	2.555	32.595	34.618
21	461002 事業用原子力発電		156,840	0.712	0.288	2.165	1.163	0.557	0.092	3.882
22	461003 事業用水力発電		1,634,249	0.716	0.284	2.177	1.169	0.746	0.215	5.502
23	461004 太陽光発電 (住宅設置用)		7,888	0.298	0.702	1.517	0.815	0.538	0.000	0.418
24	461005 太陽光発電 (メガソーラー)		22,204	0.385	0.615	1.624	0.872	0.540	0.177	0.732
25	461006 陸上風力発電		4,359	0.301	0.699	1.466	0.788	0.538	0.098	0.553
26	461007 着床式洋上風力発電		12	0.681	0.319	2.057	1.105	0.537	0.331	1.062
27	461008 中小水力発電		1,530	0.584	0.416	1.946	1.045	0.537	0.667	1.438
28	461009 大規模地熱発電		69	0.632	0.368	1.989	1.068	0.537	0.146	0.832
29	461010 バイナリー地熱発電		64	0.420	0.580	1.713	0.920	0.537	0.062	0.681

30	461011 木質バイオ_A級タイプ発電		7,176	0.942	0.058	2,580	1.386	0.538	0.013	1.619
31	461012 木質バイオ_B級タイプ発電		1,487	0.936	0.064	2,470	1.327	0.537	0.041	2.054
32	461013 木質バイオ_C級タイプ発電		48	0.873	0.127	2,400	1.289	0.537	0.138	1.802
33	461014 生ごみメタン発電		9	0.632	0.368	1,977	1.062	0.537	0.260	2.130
34	461015 下水メタン発電		7	0.609	0.391	2,175	1.169	0.537	0.000	1.002
35	461016 家畜糞尿メタン発電		67	0.888	0.112	2,399	1.289	0.537	2.289	6.267
36	461017 大都市廃棄物焼却施設発電		19,570	0.440	0.560	1,683	0.904	0.552	0.149	1.343
37	461018 地方中核都市廃棄物焼却施設発電		23,255	0.486	0.514	1,754	0.942	0.551	0.182	1.455
38	461019 送配電事業		4,317,375	0.309	0.691	1,504	0.808	3.093	1.175	1.592
39	461020 自家発電 (火力発電)		1,289,333	0.764	0.236	1,647	0.885	0.959	25.016	27.510
40	461021 自家発電 (水力発電)		90,949	0.220	0.780	1,377	0.740	0.567	0.046	0.287
41	461022 自家発電 (太陽光・メガソーラ発電)		32,933	0.101	0.899	1,181	0.635	0.548	0.332	0.467
42	461023 自家発電 (風力発電)		27,911	0.068	0.932	1,115	0.599	0.546	0.322	0.413
43	461024 自家発電 (地熱発電)		1,035	0.278	0.722	1,442	0.774	0.538	0.252	0.472
44	462001 家畜糞尿メタン発酵熱供給		12	0.748	0.252	2,250	1.209	0.537	0.000	4.640