

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

ゼロカーボン社会実現に向けた 2030 年、 2050 年の産業構造

令和 4 年 4 月

Industrial Structure in 2030 and 2050 towards Zero Carbon Society

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2021-PP-09

概要

2030 年 CO₂ 排出 46%削減、2050 年ゼロカーボン (ZC) 社会という目標を実現するために、将来の産業構造を定量的に示すことは重要である。低炭素社会戦略センター (以下、LCS) は、産業連関表と CO₂ 排出表を用いて GDP、CO₂ 排出量、電力需要量を計算する手法を LCS 提案書“ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例 LCS-FY2019-PP-14” [1] に示した。

本提案書では、公表されている 2015 年産業連関表 [2] と 2015 年環境負荷原単位データブック (3EID) [3] を用いて、再生可能エネルギー電源を含めた拡張型産業連関表と CO₂ 排出係数表を作成した。この拡張型産業連関表には、太陽光発電など多くの再生可能エネルギー電源とその関連部門、および Direct Air Capture (DAC) などの新技術を含めた。発電部門では電力供給量を 1,000 ~ 3,000 TWh に変え、また GDP、CO₂ 排出量、電力需要に及ぼす影響が大きい 9 分野で将来起こると考えられる変化および CO₂ 排出削減に必要と考えられる変化を与えるなど多数のケースについて、我々は産業連関分析を行った。それらの一部の結果から 2030 年と 2050 年の GDP、CO₂ 排出量、電力需要量を計算し、CO₂ 排出削減の目標は達成可能であることを示し、あわせて目標達成に向けた課題を明らかにした。

この手法を用いれば、産業連関分析に与える変化を変更することにより様々なシナリオの評価が可能である。

Summary

In order to achieve the goals of 46% reduction of CO₂ emissions in 2030 and zero carbon society in 2050, it is important to quantitatively show the future industrial structure. The Center for Low Carbon Society Strategy (LCS) presented a method for calculating GDP, CO₂ emissions, and electricity demand using the Input-Output table and CO₂ emission table in the LCS proposal “Changes of Industrial Structure towards Zero Carbon Society, LCS-FY2019-PP-14”.

Using the published 2015 Input-Output Table and the 2015 Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan (3EID), an extended Input-Output table including renewable energy power generations and a CO₂ emission factor table were prepared. We conducted Input-Output analysis of a number of cases, including changing the electricity supply from 1,000 to 3,000 TWh in the power generation sector, and making changes that are expected to occur in the future in nine sectors that have a large impact on GDP, CO₂ emissions, and electricity demand, as well as changes that are considered necessary to reduce CO₂ emissions. Based on some of the results, we calculated the GDP, CO₂ emissions, and electricity demand in 2030 and 2050, showed that the CO₂ emission reduction target is achievable, and also clarified the issues to achieve the target.

Using this method, it is possible to evaluate various scenarios by changing the changes made to the Input-Output analysis.

目次

概要

1. はじめに	1
2. 拡張型産業連関表の作成	1
3. 産業連関分析の変化	2
3.1 変化の概要	2
3.2 電力産業	4
3.3 鉄鋼産業	5
3.4 自動車産業	5
3.5 情報産業	9
4. 計算結果	10
5. まとめ	11
6. 政策立案のための提案	11
参考文献	11

1. はじめに

ZC 社会の実現のために CO₂ 総排出量の約半分を占める電力部門からの削減が重要である。LCS 提案書“ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例 (LCS-FY2019-PP-14)” [1] で報告した産業連関分析により GDP、CO₂ 排出量、電力需要量を計算する手法を用いるために、2015 年産業連関表に記載された原子力発電、火力発電、水力発電の他に、再生可能エネルギー電源を取り入れた拡張型産業連関表を作成した。風力発電は陸上風力発電と洋上風力発電に分け、蓄電システムとして水素（アンモニア）ガスタービン発電と揚水式水力発電を設けた。関連部門として、蓄電池を車載用リチウムイオン蓄電池と変電所用鉛蓄電池に分け、新技術として DAC を取り入れた。次に、2015 年産業連関表と 2015 年環境負荷原単位データブックから CO₂ 排出係数表を作成した。

産業連関分析の変化として、電力部門では、LCS 評価による再生可能エネルギー発電コストを用いて総電力コストを最小とする LCS 電源構成モデル [4] から求められた各電源の発電量と設備容量を使用した。電力部門以外では鉄鋼、自動車、情報産業、化学、電化、機械製品、建築、医療、観光の分野で、2030 年と 2050 年に起こると考えられる変化と CO₂ 排出削減に必要な変化を与えて産業連関分析を行い、その結果から GDP、CO₂ 排出量、電力需要量を算出した。

2. 拡張型産業連関表の作成

2015 年産業連関表基本表の 509 財×391 部門を部門集約したうえで、表 1 に示すように電力部門として再生可能エネルギー電源を含めた 14 電源の建設部門と運転部門を設け、関連部門として DAC を含め 10 部門を設けた。最終的に 173 部門の拡張型産業連関表を作成した。

表 1 拡張型産業連関表の電力部門と追加した関連部門

電力部門		関連部門	
1	原子力発電	1	太陽光モジュール（国産）
2	水力発電	2	太陽光モジュール（輸入）
3	石炭火力発電	3	リチウム蓄電池—EV 車用—
4	石油火力発電	4	鉛蓄電池—蓄電池変電所用—
5	LNG 火力発電	5	水素ガス製造
6	太陽光発電	6	乗用車 EV
7	陸上風力発電	7	トラックバス EV
8	洋上風力発電	8	DAC 建設
9	地熱発電	9	DAC（国内）
10	高温岩体発電	10	DAC（海外）
11	バイオマス発電	-	-
12	水素ガスタービン発電	-	-
13	蓄電池	-	-
14	揚水式水力発電	-	-

再生可能エネルギー電源と関連部門の投入係数は LCS 提案書 [5-12] に基づいて算出し、火力発電部門の投入係数は 2015 年産業連関表から求めた。乗用車 EV とトラックバス EV 部門の投入係数は 2015 年産業連関表にある非 EV 乗用車、非 EV トラックバスを参考に推定した。

2015 年 3EID に示されたエネルギー起源と非エネルギー起源の CO₂ 排出量 (t-CO₂) を、拡張型産業連関表 (M 円) に合わせて 173 部門に集約し、CO₂ 排出係数表 (t-CO₂/M 円) を作成した。

CO₂ 排出量は、環境省 [13] によれば 2013 年度で 1,310 Mt-CO₂、2015 年度で 1,227 Mt-CO₂ であるが、2015 年 3EID では 1,237 Mt-CO₂ である。3EID にある炭素バランス調整量に補正を加えて 1,227 Mt-CO₂ とした。排出削減率の基準は 2013 年の 1,310 Mt-CO₂ とした。

3. 産業連関分析の変化

3.1 変化の概要

明るく豊かな ZC 社会を 2050 年に実現することを目指して、産業連関分析で与える 2030 年と 2050 年の変化の概要を表 2 に示す。

表 2 産業連関分析の変化の概要

分野	項目	2015 年	2030 年の変化	2050 年の変化
電力	発電部門の CO ₂ 排出	510 Mt	70%削減	100%削減
	電力需要	1,000 TWh	1,200 TWh	1,800 TWh
鉄鋼	転炉粗鋼、電炉粗鋼の生産量	77 Mt、21 Mt	48 Mt、32 Mt	22 Mt、50 Mt
	電炉粗鋼部門の電力需要額	0.2 兆円	0.0 兆円	0.0 兆円
	燃料、炭材の CO ₂ 排出原単位	81、54 kg-CO ₂ /t	72、39 kg-CO ₂ /t	54、26 kg-CO ₂ /t
	鋼材、鋳鍛鋼材の輸出額	3.1 兆円	0.0 兆円	0.0 兆円
自動車	乗用車の最終需要額と輸出額	7.8、9.3 兆円	2.2、2.6 兆円	0、0 兆円
	乗用車 EV の最終需要額と輸出額	0.0 兆円	6.8、8.1 兆円	13.3、9.3 兆円
	トラックバスの最終需要額と輸出額	2.8、1.7 兆円	1.8、1.1 兆円	0、0 兆円
	トラックバス EV 最終需要額と輸出額	0.0 兆円	1.6、1.0 兆円	5.3、1.7 兆円
	家計消費のガソリン、軽油の需要額	3.8、0.2 兆円	2.4、0.2 兆円	0、0 兆円
	家計消費の電力の需要	5.4 兆円	4.3 TWh 増加	12 TWh 増加
	内生部門のガソリン、軽油の投入係数	1 倍	0.7 倍	0 倍
	内生部門の電力の投入係数	1 倍	12 TWh 増加	43 TWh 増加
情報産業	情報サービスの資本形成額	9.3 兆円	4 倍	6 倍
	情報サービスの投入係数	1 倍	2.4 倍	7.7 倍
	情報サービスの輸出額	0.4 兆円	14 倍	90 倍
	通信、情報サービスの電力需要額	0.2 兆円	8 倍	16 倍
	通信機器の資本形成額	2.1 兆円	1.5 倍	2.6 倍
	通信機器の輸出額	0.3 兆円	1.5 倍	2.6 倍
	電子計算機、付属装置の資本形成額	3.1 兆円	1.5 倍	4 倍
	家計消費の教育需要額	8.9 兆円	9.9 兆円	13.9 兆円
化学	省エネによる CO ₂ 排出削減	51.7 Mt-CO ₂	8%減	8%減
機械製品	汎用機械と生産用機械の輸出額	3.4、6.4 兆円	1.2 倍	2 倍
電化	家計の灯油、LP ガス、都市ガスの需要額	0.4、0.5、1.5 兆円	20%減	100%減
	家計の電力需要額	5.4 兆円	23 TWh 増加	91 TWh 増加
	内生部門の灯油、LP ガス、都市ガスの投入係数	1 倍	0.8 倍	0 倍
	内生部門の電力の投入係数	1 倍	32 TWh 増加	123 TWh 増加
	電気機器製品の省エネ	-	10%	30%
建設	建設と建設補修の資本形成額	36.8 兆円	1 倍	0.7 倍
	雇用者所得、営業余剰の投入係数	1 倍	1.3 倍	1.4 倍
医療	家計外支出+家計支出	8.8 兆円	1.3 倍	1.7 倍
	政府支出	36.6 兆円	1.4 倍	2.4 倍
観光	訪日客の宿泊と飲食の輸出(直接)	0.7、0.4 兆円	1.5 倍	14 倍

以下に、代表的な 4 分野、電力、鉄鋼、自動車、情報産業の内容を説明する。

3.2 電力産業

再生可能エネルギー電源の普及により発電部門からの CO₂ 排出を削減し、増大すると考えられる電力需要に対応できる設備容量を持つ電源構成とした。総電力コストを最小とする LCS 電源構成モデルの条件を表 3 に示す。

表 3 LCS 電源構成モデルの条件例

対象年	2030 年	2050 年
計算条件	発電部門の CO ₂ 削減率：70% 原子力発電：0 TWh 電力供給量：1,200 TWh	発電部門の CO ₂ 削減率：100% 原子力発電：0 TWh 電力供給量：1,800 TWh

発電部門の CO₂ 削減率は、2013 年発電部門 CO₂ 排出量 565 Mt-CO₂ に対する比率である。LCS 電源構成モデルの計算結果例を表 4 に示す。

表 4 LCS 電源構成モデルの計算結果例－各電源の発電量と発電コスト

電源	2030 年				2050 年			
	発電量 TWh	発電コス ト ¥/kWh	設備容 量 GW	建設単 価 ¥/W	発電量 TWh	発電コス ト ¥/kWh	設備容 量 GW	建設単 価 ¥/W
原子力発電	0	-	0	-	0	-	0	-
水力発電	130	10.8	25	640	140	10.8	27	640
石炭火力発電	0	-	0	-	0	-	0	-
石油火力発電	0	-	0	-	0	-	0	-
LNG 火力発電	383	13.8	130	200	0	-	0	-
太陽光発電	722	7.1	730	70	700	5.1	708	50
陸上風力発電	100	10.3	47	220	400	8.9	187	190
洋上風力発電	0	-	0	-	876	14.3	269	253
地熱発電	12	6.5	2	456	12	5.4	2	387
高温岩体発電	0	-	0	-	100	15.0	43	351
バイオマス発電	10	9.5	1	398	10	10.2	4	398
水素ガス発電	0	-	0	-	28	95.1	92	120
蓄電池	273	2.2	1,000	4	202	2.1	731	3.5
揚水式水力発電	30	5.2	131	225	289	4.4	543	225
総電力コスト	12.27 ¥/kWh				16.58 ¥/kWh			

注) 蓄電池の設備容量の単位は GWh。蓄電池の建設単価は蓄電池本体の値(単位 ¥/Wh)。

2030 年の電力需要量を 2015 年の 1,000 TWh と同じとし、電力需要量に表 4 に示す総電力コストを乗じて 2030 年電力需要額を算出した。内生部門、家計外消費支出、家計消費支出の 2015 年電力需要額の比により、2030 年の家計外消費支出と家計消費支出の電力需要額を与えた。

表 4 に示す各電源の設備容量と建設単価から計算した建設費を年数 (2030 年－2015 年) で割った値を、各電源の電力建設の資本形成額として与えた。

内生部門の電力投入係数については 2015 年総電力コストに対する 2030 年総電力コストの比を乗じた。

2050 年も同様に産業連関分析の変化を与えた。

3.3 鉄鋼産業

鋼材のリサイクルが進み、電炉粗鋼の生産量が増加する一方、転炉粗鋼の生産量は減少するものとし、表 5 に示す粗鋼生産量を目標とした。

表 5 転炉粗鋼と電炉粗鋼の生産量 単位：Mt

	2018 年	2030 年目標	2050 年目標
転炉粗鋼	77	48	22
電炉粗鋼	21	32	50
合計	98	80	72

鋼材と鋳鍛造製品は粗鋼から製造される。鋼材部門と鋳鍛造製品部門において転炉粗鋼と粗鋼電炉の投入係数を、転炉粗鋼と電炉粗鋼の生産量の比に合わせて変更した。2030 年の場合は 48 : 32 とした。

電炉に使用する電力はメガソーラー余剰電力から供給されるものとし、電炉粗鋼部門の電力投入係数はゼロとした。

電炉の CO₂ 排出削減計画の例を表 6 に示す。

表 6 電炉の CO₂ 排出原単位の削減計画例 単位：kg-CO₂/t

	2013 年	2030 年	2050 年
電力由来	405	99	0
燃料(都市ガス、LNG など)	81	72	54
炭材 (コークスなど)	54	39	26
残 (カーボンオフセット)	0	0	-80
合計	540	210	0

電力由来の削減は火力発電から再生可能エネルギー電源への置き換え、燃料と炭材の削減は省エネなどによるものである。燃料と炭材の削減に対して、電炉粗鋼部門の燃料財の投入係数に下記の係数を乗じた。

$$2030 \text{ 年} : (72+39) \div (81+54) = 0.82$$

$$2050 \text{ 年} : (54+26) \div (81+54) = 0.59$$

循環型経済の拡大により鋼材と鋳鍛鋼材の輸出は減少するものとし、鋼材と鋳鍛鋼材の輸出額をゼロとした。

3.4 自動車産業

(1) 乗用車、トラック、バス

2018 年度の乗用車、トラック、バスの国内販売台数、販売額 [14]、および 2030 年と 2050 年の目標販売額、販売額比を表 7 に示す。

表 7 乗用車、トラック、バスの販売台数、販売額、販売額比

車種		販売台数 M 台			販売額 G 円		
		2018 年	2030 年	2050 年	2018 年	2030 年	2050 年
乗用車	ICE	2.73	1.04	0	4,960	2,380	0
	HV+EV	1.63	2.44	3.00	3,590	7,380	13,300
	合計	4.36	3.48	3.00	8,550	9,750	13,300
	販売額比	-	-	-	1.00	1.14	1.55
トラック	ICE	0.80	0.44	0	1,450	897	0
	HV+EV	0	0.31	0.60	0	847	5,150
	合計	0.80	0.75	0.60	1,450	1,740	5,150
バス	ICE	0,013	0.008	0	94	74	0
	HV+EV	0	0.005	0.01	0	55	174
	合計	0.013	0.013	0.01	94	130	174
トラックバス	販売額比	-	-	-	1.00	1.22	3.46

注) ICE : 内燃機関、HV : ハイブリッド車(PHV を含む)、EV : 電気自動車

乗用車販売額の ICE と HV+EV の比率は 2030 年では 24 : 76、2050 年では 0 : 100 となり、トラックバスも同様に ICE と HV+EV の比率は 2030 年では 52 : 48、2050 年では 0 : 100 となった。

乗用車とトラックバスの最終需要額と輸出額を 2015 年産業連関表から抜粋して表 8 に示す。

表 8 2015 年乗用車とトラックバスの最終需要と輸出額 単位 : G 円

車種	家計消費支出	資本形成額(公)	資本形成額(民)	在庫額	輸出額
乗用車	5,370	100	2,340	4	9,350
トラックバス	360	50	2,390	2	1,680

表 7 に示した販売額比と 2015 年の値に対する ICE : HV+EV 比率を適用して、2030 年と 2050 年の乗用車とトラックバスの最終需要額と輸出額を算出した (表 9、10)。

表 9 2030 年乗用車とトラックバスの最終需要額と輸出額 単位 : G 円

車種	家計消費支出	資本形成額(公)	資本形成額(民)	在庫額	輸出額
乗用車	1,490	28	650	1	2,600
乗用車 EV	4,640	87	2,020	3	8,080
トラックバス	230	31	1,500	2	1,050
トラックバス EV	210	29	1,400	1	980

表 10 2050 年乗用車とトラックバスの最終需要額と輸出額 単位 : G 円

車種	家計消費支出	資本形成額(公)	資本形成額(民)	在庫額	輸出額
乗用車	0	0	0	0	0
乗用車 EV	9,140	170	3,980	7	9,350
トラックバス	0	0	0	0	0
トラックバス EV	680	95	4,550	4	1,680

(2) ガソリン、軽油

国土交通省自動車燃料消費量調査 [15] の燃料別・車種別総括表に示された燃料消費量 (kL)、走行キロ (千 km)、1 日 1 車あたり走行キロ (km/日) から、EV 車を除いた 2018 年の車保有台数、燃料使用量を計算した。2030 年と 2050 年については車保有台数、1 台当たりの年間走行距離、燃費を推定し、燃料使用量を計算した。2018 年の燃料使用量を 1 としたときの比率を含めて計算結果を表 11 に示す。

表 11 車の保有台数と燃料使用量 (EV 車を除く)

燃料	区分		2018 年		2030 年推定		2050 年推定	
			保有台数 (M 台)	使用量 (GL)	保有台数 (M 台)	使用量 (GL)	保有台数 (M 台)	使用量 (GL)
ガソリン	乗用車	ICE	52.9	37.3	25.8	15.9	0	0
		HV	7.9	5.2	24.9	10.3	0	0
	トラック	ICE	10.5	8.2	7.9	5.4	0	0
		HV	0	0	2.2	1.1	0	0
	合計		—	50.8	—	32.6	—	0
	比率		—	1.00	—	0.64	—	0.00
軽油	乗用車	ICE	1.5	1.7	0.7	0.7	0	0
		HV	0	0	0	0	0	0
	トラック	ICE	4.5	22.3	3.6	16.5	0	0
		HV	0	0	0.3	1.2	0	0
	バス	ICE	0.2	1.5	0.2	1.0	0	0
		HV	0	0	0.02	0.1	0	0
	合計		—	25.6	—	19.6	—	0
	比率		—	1.00	—	0.76	—	0.00

ガソリン、軽油の 2015 年と 2018 年需要額は同じと仮定した。2015 年産業連関表のガソリンと軽油の内生部門需要額と家計消費支出需要額に、2030 年使用量比率および 2050 年使用量比率を乗じた結果を表 12 に示す。

表 12 ガソリンと軽油の需要額 単位：G 円

燃料	2015 年 (産業連関表より)		2030 年		2050 年	
	内生部門合計	家計消費支出	内生部門合計	家計消費支出	内生部門合計	家計消費支出
ガソリン	2,230	3,770	1,430	2,420	0	0
軽油	2,560	230	1,960	170	0	0

産業連関分析では、家計消費支出のガソリンと軽油の需要額に表 12 の値を与え、内生部門の各部門のガソリンと軽油の投入係数に表 11 の比率を乗じた。

(3) 電力量

EV 車の普及による電力需要増加を計算する。

一般社団法人次世代自動車振興センターの統計データ [16] から 2018 年の EV 車保有台数を引用し、同センターの調査報告書に示された電力消費率を利用して電力使用量を計算した。2030 年

と 2050 年の保有台数と電力消費率を推定し、電力使用量を計算した結果を表 13 に示す。

表 13 EV 車の保有台数と燃料使用量

燃料	区分		2018 年		2030 年推定		2050 年推定	
			保有台数 (M 台)	使用量 (TWh)	保有台数 (M 台)	使用量 (TWh)	保有台数 (M 台)	使用量 (TWh)
電力	乗用車	EV	0.1	0.3	4.8	9.4	44.0	27.0
	トラック	EV	0	0	0.3	6.3	12.0	25.3
	バス	EV	0.1	0.0	0.02	0.7	0.2	2.7
	合計		—	0.3	—	16.4	—	55.0

乗用車 EV の電力需要は内生部門と家計消費支出に分けられ、ガソリンと軽油の需要額の和に比例するとした。トラック EV とバス EV の電力需要は内生部門のみとする。2015 年の増加分はゼロとし、2030 年と 2050 年の電力需要量の増加を表 14 に示す。これに総電力コストを乗じて電力需要額を計算した。

表 14 電力需要量の増加 単位：TWh

	2015 年		2030 年		2050 年	
	内生部門合計	家計消費支出	内生部門合計	家計消費支出	内生部門合計	家計消費支出
電力量	0	0	12.1	4.3	42.9	12.1
合計	0		16.4		55.0	

2030 年の産業連関分析では、家計消費支出の電力需要額に表 14 の電力需要量から計算される電力需要額を加算する。内生部門の電力需要量から計算される電力需要額を各部門に比例配分し、各部門の国内生産額で割算して電力の投入係数の加算分を求めた。

(4) 輸入係数

新部門として設けた乗用車 EV とトラックバス EV の輸入係数は、それぞれ乗用車、トラックバスの輸入係数と等しいとした。

(5) 電力需要量と CO₂ 排出量

乗用車、トラック、バスの生産台数は表 7 に示すように 2050 年に向かって減少するが、単価上昇により生産額は増加する。表 9 および表 10 に示す最終需要額と輸出額を与えて金額ベースの産業連関分析を行った結果、電力需要量は 18 TWh、CO₂ 排出量は 12 Mt-CO₂ 増加してしまい、生産台数減少による電力需要量と CO₂ 排出量の削減効果が計算上得られなかった。

これを補正するため、EV 車単価の代わりに ICE 車単価を用いて EV 車生産額を計算し、台数ベースの産業連関分析も行った。GDP は金額ベースの産業連関分析の結果から、電力需要と CO₂ 排出量は台数ベースの産業連関分析の結果から求めた。

3.5 情報産業

情報サービス部門には、ソフトウェア部門、情報処理・提供サービス部門、インターネット付随サービス部門を含めた。情報サービス部門の需要額を 2011 年と 2015 年の産業連関表から引用し、年間平均増加率の計算値とともに表 15 に示す。

表 15 情報サービス部門の需要額、輸出入額、年間平均増加率 単位：G 円

	内生部門計	資本形成額	国内需要計	輸出計	輸入計	国内生産額
2011 年産業連関表	9,910	8,140	9,140	185	-485	18,750
2015 年産業連関表	12,320	9,320	11,130	434	-1,830	22,050
年間平均増加率	0.056	0.034	0.050	0.238	0.394	0.041

内生部門での情報サービスの年間平均増加率を 0.06 とし、情報サービスの 2030 年の投入係数は 2015 年の 2.4 倍、2050 年は 7.7 倍とした。

資本形成額について、2015～2030 年の年間平均増加率を 0.034 の 3 倍、2030～2050 年は 0.5 倍とし、2030 年は 2015 年の 4 倍、2050 年は 6 倍とした。

輸出額について、2015～2030 年の年間平均増加率を 0.238 の 0.8 倍、2030～2050 年は 0.4 倍とし、2030 年は 2015 年の 14 倍、2050 年は 90 倍とした。

輸入額について、2015 年の輸入額と同額となるように、2030 年と 2050 年の輸入係数を調整した。

通信サービス部門と情報サービス部門で電力需要の増加が予想されている [17]。ここでは電力需要量の増加はある程度抑制されるものと仮定して、2015～2030 年の年間平均増加率を 0.15、2030～2050 年を 0.035 とし、2030 年の電力投入係数を 2015 年の 8 倍、2050 年は 16 倍とした。

ハードウェアである通信・映像・音響機器の資本形成額と輸出額の年間平均増加率を 0.028 とし、2030 年の資本形成額と輸出額を 2015 年の 1.5 倍、2050 年は 2.6 倍とした。

電子計算機・付属装置の資本形成額と輸出額を 2011 年と 2015 年産業連関表から引用した結果と、年間平均増加率の計算値を表 16 に示す。

表 16 パソコン、電子計算機、付属装置の資本形成額と輸出額 単位：G 円

	資産形成額	輸出額
2011 年産業連関表	2,560	1,310
2015 年産業連関表	3,120	720
年間平均増加率	0.05	-0.14

資本形成額の年間平均増加率を、2015～2030 年は 0.03、2030～2050 年は 0.05 とし、2030 年の資本形成額を 2015 年の 1.5 倍、2050 年は 4 倍とした。

2015 年の輸出額は 2011 年から減少しており、2030 年と 2050 年の輸出額は 2015 年と同額とした。

情報産業の拡大にともない家計消費支出の教育費が増大するものとし、2015 年の 8.9 兆円に対して 2030 年は 1.0 兆円、2050 年は 5.0 兆円を加算した。

4. 計算結果

表 2 に示す変化を与えて産業連関分析を行い、GDP、CO₂ 排出量、電力需要量を (1) ~ (3) 式で計算した。

$$\text{GDP} = \text{国内最終需要額} - \text{家計外消費支出} + \text{輸出} - \text{輸入} \quad (1)$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = \text{中間需要額} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数} \quad (2)$$

$$\text{電力需要量} = \text{電力生産額} \div \text{総電力コスト} \quad (3)$$

2030 年と 2050 年の計算結果、および 2013 年 CO₂ 排出量 1,310 Mt-CO₂ を基準とした CO₂ 排出削減率を表 17 に示す。

表 17 産業連関分析の計算結果

	2015 年	2030 年	2050 年	2050 年 (DAC 含む)
GDP (兆円)	533	595	706	705
電力需要量 (TWh)	1,000	1,185	1,830	1,860
CO ₂ 排出量 (Mt-CO ₂)	1,227	740	264	0
CO ₂ 排出削減率 (%)	6.3	43.5	79.8	100

産業連関分析による GDP は、2030 年に 595 兆円、2050 年に 700 兆円を超える結果であった。図 1 に示すように年間平均成長率は 2015 年～2030 年は 0.7%、2030 年～2050 年は 0.9% となった。

GDP の増加とともに、電力需要量は 2030 年に 1,185 TWh、2050 年には 1,830 TWh に達し、年間平均増加率は 1.1%、2.2% となった。2050 年の電力需要増加の主な要因は、情報産業の成長 450 TWh、電化の拡大 250 TWh、EV 車の普及 60 TWh であった。3.5 項で述べたように情報産業の電力需要を低めに設定したため、実際はさらに増加する可能性がある。本提案書では 2050 年の電力供給量 1,800 TWh の電源構成を用いたが、これを超える電力供給のポテンシャルはある [4,18,19]。

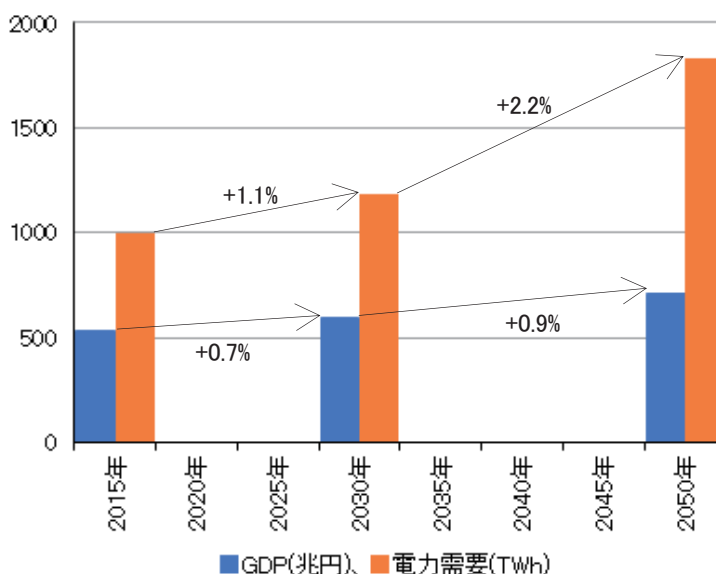


図 1 GDP、電力需要量、年間平均成長率

CO₂ 排出削減率は、2030 年で 44% であり、目標 46% をほぼ達成できることが分かった。しかし、2050 年での CO₂ 排出量は 264 Mt-CO₂ であり、排出量ゼロという目標には未達であった。

264 Mt-CO₂ の内訳は鉄鋼部門 63 Mt-CO₂、化学工業部門 46 Mt-CO₂、セメント部門 33 Mt-CO₂ などであった。航空機ジェット燃料、農業ハウス暖房用重油、漁船燃料などからの CO₂ 排出量をゼロとするには DAC が必要である。これらを含めて DAC で CO₂ を吸収貯蔵した場合の計算結果も表 17 に示した。DAC により CO₂ 排出量がゼロとなる結果を得たが、電力需要量はさらに増加した。

5. まとめ

LCS 定量的シナリオによる再生可能エネルギー電源の発電コストを用いた LCS 電源構成モデルの計算結果を電力部門に適用し、電力供給量を 1,000 ～ 3,000 TWh、発電部門からの CO₂ 排出削減率を 90 ～ 100% に変化させ、電力部門以外の分野に CO₂ 排出削減に必要な変化を与え、我々は多くのケースについて産業連関分析を行った。水素ガスタービンや DAC などの新技術を拡張型産業連関表に取り込むことにより新技術の効果の分析も可能とした。

本提案書では、電力部門、鉄鋼部門など 10 分野に変化を与えて産業連関分析を行い、2030 年に CO₂ 削減率 46%、2050 年 ZC 社会の実現という目標は達成可能であることを示した。

今後の取り組みとして、ZC 電源の普及、EV 車や電化の拡大、省エネの促進だけでなく、ZC 社会実現に向けてこれまで以上にリサイクルが必要となる。リサイクルによる CO₂ 排出削減効果を産業連関分析により評価する。次に、将来の産業構造について幅広くケーススタディを行うため、10 分野以外の分野についても、技術水準、コスト、規模等に変化を与えて産業連関分析を行い、明るい ZC 社会に向かうシナリオを提示する。

6. 政策立案のための提案

- (1) ZC 社会実現のために DAC 技術は必要であり、実用化を急ぐ必要がある。
- (2) 情報産業の拡大による電力需要の増加に対して電力供給は可能であるが、電力供給量の増加により総電力コストは上昇する。総電力コストを抑えるため電力需要抑制技術の開発が必要である。

参考文献

- [1] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例－拡張型産業連関表の適用－”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2020 年 3 月。
- [2] 総務省，https://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/ichiran.htm，(アクセス日 2022 年 1 月 25 日)。
- [3] 南斉規介，“(2019) 産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID)”，国立研究開発法人国立環境研究所，<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/index.html>，(アクセス日 2022 年 1 月 25 日)。
- [4] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“ゼロカーボン電源システムの安定化と技術・経済性評価 (Vol.3) － 2030 年政府案実現の見通し評価と 2050 年ゼロカーボン電源化への課題－”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2022 年 3 月。
- [5] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“中小水力発電 (Vol.2) －開発可能な発電電力量と発電原価，設備利用率との関係－”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2015 年 3 月。

- [6] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“地熱発電（Vol.2）—高温岩体発電の発電コスト試算—”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2016 年 3 月。
- [7] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“太陽光発電システム（Vol.4）—定量的技術シナリオに基づく太陽電池モジュールの製造コスト低下要因分析—”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2017 年 3 月。
- [8] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“風力発電システム（Vol.1）—陸上風力発電システムの経済性評価—”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2018 年 1 月。
- [9] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“アンモニア直接燃焼によるガスタービンシステムの提言”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2018 年 12 月。
- [10] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“木質バイオマスエネルギーポテンシャルの地域分布（Vol.2）—不均一に分布する人工林の伐採作業のコスト—”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2019 年 2 月。
- [11] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“蓄電池システム（Vol.6）—リチウムイオン電池のエネルギー密度向上の可能性と研究課題—”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2019 年 2 月。
- [12] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“二酸化炭素の Direct Air Capture（DAC）法のコストと評価”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2020 年 2 月。
- [13] 環境省，http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/emissions/results/material/kakuhou_gaiyo_2015a.pdf, (アクセス日 2022 年 1 月 25 日)。
- [14] 一般社団法人日本自動車工業会，<http://www.jama.or.jp/stats/outlook/20180315/forecast2018fy.html>, (アクセス日 2022 年 1 月 25 日)。
- [15] 国土交通省，<https://www.mlit.go.jp/k-toukei/nenryousyouthiryou.html>, (アクセス日 2022 年 1 月 25 日)。
- [16] 一般社団法人次世代自動車振興センター，<http://www.cev-pc.or.jp/tokei/hanbai.html>, (アクセス日 2022 年 1 月 25 日)。
- [17] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（Vol.1）—IT 機器の消費電力の現状と将来予測—”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2019 年 3 月。
- [18] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“太陽光発電システム（Vol.6）—2050 年にむけた主力電源としての太陽光発電システム産業の将来像—”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2020 年 3 月。
- [19] 低炭素社会の実現に向けた政策立案のための提案書，“日本における蓄電池システムとしての揚水発電のポテンシャルとコスト（Vo.3）”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2021 年 2 月。

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

**ゼロカーボン社会実現に向けた 2030 年、
2050 年の産業構造**

令和 4 年 4 月

Industrial Structure in 2030 and 2050 towards Zero Carbon Society

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2022.4

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 主任研究員 石川 環 (ISHIKAWA Tamaki)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ 8 階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2022 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。