

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

需要の構造変化に着目した産業連関モデルの 拡張 (Vol.2)

—ロボットと水素利用の導入—

令和 5 年 1 月

An Expansion of Input-Output Model Focusing on the Demand-side
Structural Changes (Vol. 2) :
Effects of Robot and Hydrogen Utilization

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-FY2022-PP-02

概要

炭素中立社会の実現には、省エネルギー化や燃料転換など個別技術開発だけでは不十分で、情報技術の活用など、全体的な変化が必要であると指摘されてきた。これらは生産と消費を通じ互いに影響しあうため、全体的な変化を定量的に描くには、各要因の相互作用の解析が不可欠となる。社会経済における多要素システムの構造的変化の解析には、産業連関分析を拡張した方法が有用であり様々な研究がなされてきた [1-3]。

LCS では、これまで政策提案書 [4-5] が発電技術や直接空気回収技術 (DAC) など温暖化緩和技術に着目し、具体的なコスト分析に基づいた産業連関表の拡張を行った。また、政策提案書 [6] は、社会経済の需要側の変化に着目し、産業連関分析を拡張した。具体的には、①情報サービスビジネス、カーシェアリング他 MaaS、ICT による生産性の向上、② EV 等新型自動車導入、④住宅の ZEH、ZEH-ready 化など、新しい産業や製品の消費変化を通じた影響と投資構造の変化を通じた経済影響を分析した。[6] はまた、産業部門の化石燃料消費に対し、電力化等のシナリオを与え、2030 年での産業の炭素排出削減の評価を行った。

今回、2050 年脱炭素化シナリオ構築をさらに進めるため、今後社会を変革する駆動力として期待される 2 つの技術課題を前報 [6] の産業連関分析に導入した。一つは人口減少の下で労働生産性の向上により経済の活性化を促す手段として期待される協働ロボットの導入影響である。もう一つは、脱炭素化のための化石燃料代替の有力なオプションとして期待される水素利用である。前者、協働ロボットの生産性改良効果は、既存の潜在的就業者自動化率調査をもとにモデル化し産業連関分析に取り入れた。

後者について、2030 年評価を扱った前報では水素利用は限定的であったが、2050 年まで延長した今回は、LCS で評価を行った水素直接還元製鉄法 [7] と燃料電池貨物自動車技術を分析に導入した。これにともない、前報の 105 産業部門のうち石油製品製造業、製鉄業を細分化し、水素製造業を独立部門とした。産業連関表を 105 部門から 147 行部門と 139 列部門へ拡張したことで産業部門の化石燃料消費の電力化・水素代替などの脱炭素化のシナリオを明示的に扱えるようになった。

結果、SaaS と協働ロボットによる生産性の上昇が大幅に改善され、2015 年～2050 年間の GDP 年成長率は 0.3% から 1.5% に上昇した。協働ロボットは、農業、食品加工業、組み立て産業など比較的小規模な産業で効果が大きく、約 150% の労働生産性上昇に寄与した。これは LCS [10] が示した「地域活性化のための市町村の特色ある産業の維持」に向け、協働ロボットが人口減少を補う鍵となり得ることを示唆する。同時に日本のロボット産業は世界市場の拡大傾向に沿いつつ、日本の社会経済を支える産業となることを期待させるものである。

輸送部門、家庭部門、産業部門などに大幅な電力化や水素利用を拡大導入するシナリオでは、2050 年での水素需要は 1,600 PJ-HHV (13.9Mt-H₂) と 2019 年の日本の全最終エネルギー消費の 15% に達した。電力需要は 1,974 TWh に達し、これは 2019 年の日本の全最終エネルギー消費の 55% の水準に当たる。CO₂ 排出量は 261.1 Mt-CO₂ まで低下した。この排出量の 43% は水路輸送、航空輸送、他業などで生じた。いずれの分野も、過去の評価ではあまり注目されず、大幅な削減技術も未確立である。同時に、2050 年に向けて需要が増加下げ止まる傾向を示していた。これらの分野への大幅な削減策の確立は、炭素中立化に避けられない DAC/CCS などへの負荷を低下させると考えられ、今後の開発が必要である。

本提案書は、需要サイドにおける技術導入の影響評価や資本形成の経路による経済全体への影響に着目し分析した。ICT やロボットの導入効果は非線形最適化モデルで表現されている。LCS の拡張産業連関表研究 [4-5] は、既存の産業連関表にエネルギー技術など主に供給側の技術評価を中心に拡張を行い、さらに観光業やソフトウェア産業の成長の想定を取り入れたもので、両者

は別角度からのアプローチで「2050年炭素中立社会産業シナリオの構築」に接近したものである。

Summary

It has been pointed out that stand-alone technological mitigation options such as energy saving and emission reduction are insufficient to realize a carbon neutral society. When talking about the impact of carbon neutral options that are possible with societal structural change, especially that induced by overall ICT penetration, a method to quantitatively analyze the interactions between various factors is needed. Input-output analysis is a powerful method that enables researchers to generate comprehensive future scenarios in a quantitative manner [1-3].

LCS has established extended input-output model studies [4-5] focusing on low carbon technologies, i.e. power generation technologies and DAC (direct air capture)/CCS (carbon capture and storage), based on the cost-engineering method. A model has also been developed to evaluate the socio-economic effects of ICT (information and communication technologies), xEVs (x electric vehicles) and ZEH (zero energy houses)/ZEH-ready implementation [6] by extending the input-output method. This evaluates the potential of fuel substitution with electric power, biomass and hydrogen in certain industry sectors.

This study extends this model to evaluate the effects of collaborative robots and the potential of hydrogen utilization. The collaborative robots are expected to compensate for the decreasing labor force in Japan, especially in small- to medium-sized industries. For the latter, this study deals with freight FCVs and the Hydrogen Direct Reduction Method of Iron Ore [7], which are included to evaluate the potential and cost of hydrogen utilization technologies. In order to formulate fuel substitution processes more concretely, sectors are disaggregated into 147 row sectors and 139 column sectors from the 105 sectors of previous studies. The effects of collaborative robots are modelled based on existing potential automatization surveys.

The results show that SaaS and collaborative robot implementation improve labor productivity by around 150% in agriculture, food production and general machinery industries. This observation suggests that collaborative robots will contribute to maintaining small but distinctive local industries, especially in areas facing decreasing population [10]. The robot industry in Japan is expected to contribute to Japan's socio-economic sustainability along with global market growth.

The annual GDP growth rate between 2015 and 2050 increases from 0.3% to 1.5%. In the mostly accelerated decarbonization scenario, electrification, renewable sources and hydrogen utilization are implemented to a great extent. The electric power demand comes to 1,974 TWh, and hydrogen demand reaches 1,964 PJ-HHV (13.9 Mt-H₂), reducing CO₂ emissions to 261.1 Mt-CO₂ in 2050. Of this, 43% is attributed to waterway transportation, aviation and the ceramics industry. The carbon emission mitigation options in these sectors are not yet well established, while the market will still increase (or not decrease as much). Options for these sectors should be developed early to mitigate the demand for DAC/CCS.

This study aims to contribute to the construction of part of the future carbon neutral scenario development currently being investigated at LCS by focusing on demand-side societal changes rather than providing an alternative scenario by itself.

目次

概要

1. 本提案／報告の位置づけ	1
2. 産業連関モデルの拡張	2
2.1 産業部門の細分化	2
2.2 協働ロボットによる労働力代替の効果と定式化	2
3. モデルのシナリオ設定とシミュレーション	9
3.1 モデルのシナリオ設定	9
3.2 シミュレーションのシナリオ設定	12
3.3 シミュレーション結果	13
4. 結論	19
5. 政策立案に向けた提案	20
参考文献	21

1. 本提案／報告の位置づけ

炭素中立社会の実現には、省エネルギー化や燃料転換のみでなく、情報技術の活用による輸送と消費の構造的変化の必要性が指摘されてきた。このような生産技術、産業構造、消費構造の相互影響を通じ、社会経済の全体的な変化をもたらす。このような構造的変化の定量的評価には産業連関分析を拡張し応用する方法が有用であると考えられる。

このような視点からなされた既存研究として、鷲津ら [1] の再生可能エネルギーの導入に対応して発電部門を細分化した IONGES や、野村 [2] の JES5 モデルによる Society5.0 によるイノベーションの効果の分析モデルがある。JES5 モデルは包括的な研究であり、産業連関表基本表の拡張だけでなく、投資を通じての低炭素化の社会経済全体に及ぼす影響評価を可能とした。新型自動車に着目した研究として、紀村 [3] による xEV、FCV など新型自動車の投入係数の推計も先駆的な研究である。

LCS においては、政策提案書 [4-5] が産業連関表を拡張して太陽光発電技術などや直接空気回収法 (DAC) などの温暖化対策技術を導入した。ここでは独自のコストエンジニアリング分析を反映している。また、政策提案書 [6] は①情報サービスビジネス、カーシェアリング他 Mobility as a Service (MaaS)、ICT による生産性の向上、② EV 等新型自動車導入、④住宅の ZEH、ZEH-ready 化など、需要サイドの変化と投資を通じた経済影響等を扱い 2030 年での産業の炭素排出削減の評価を行った。

他方、情報化など新技術の導入による労働生産性改善効果を直接産業連関表の上で扱うことは困難がともなう。ことに、製造業や介護・医療などでの人間の作業を直接補助・支援する協働ロボットは、これらが生産に必須な投入要素でないことを念頭に置いた定式化が必要である。

今回の提案書では、先の提案書 [6] の分析モデルを2つの視点から拡張する。まず、人口減少のもとで日本の産業を維持するための手段として、①協働ロボット導入による労働力の補完の可能性に着目する。大型の産業用ロボットは既に生産設備の一部として広く普及しているが、労働環境は人間とは分離されている。これに対し協働ロボットは人間と労働環境を共有するもので、労働作業を直接的に補完しあう可能性が期待されている。第2の視点として、水素利用の可能性を拡張する。今回、②燃料電池貨物自動車の導入、③ LCS で評価した製鉄業への水素直接還元製鉄法 (DRI) [7] の導入、を行った。製造業の化石燃料消費の燃料転換や電力化など脱炭素化シナリオをより明示的に扱うため、石油製品をガソリン、ジェット燃料、軽油、灯油、A 重油、BC 重油、ナフサ、LPG、その他に細分化した。前報では一体であった水素製造業をガス業から分離し、LCS 提案書 [8-9] に基づいて投入係数を与えた。全体では、105 部門から 147 行部門および 139 列部門への拡張が行われた。

本報告で扱う協働ロボットは、人間と作業空間を共有するもので、特に農業、食品加工業、介護など人手の必要な場で導入が始まっている。今後、特に労働力減少が予想される地方の特色ある産業維持 [10] への寄与、さらに日本のロボット産業は、これまでの実績の上に、今後も世界市場をリードする産業となることが期待される。

本報告は、情報技術や ZEH、新型自動車など需要サイドに着目して詳細化を行った。ICT やロボットの導入効果を非線形最適化モデルで表現し、社会経済の変化と新技術の導入による CO₂ 排出の変化の総合評価を目的とした。これに対し、[4-5] はエネルギー変換技術や炭素回収貯蔵技術 (CCS)、直接空気回収法 (DAC) など、主に供給側技術の詳細なコストエンジニアリングに基づいて産業連関分析の枠組みに導入評価を行ったものである。このように両者は異なる角度から LCS で進められている 2050 年炭素中立社会定量的シナリオ構築に接近したものである。

2. 産業連関モデルの拡張

2.1 産業部門の細分化

前報 [6] では、産業用化石燃料消費からの CO₂ 排出削減手段として、重要ボイラのバイオチップ燃焼、軽油消費の電動化、灯油のヒートポンプ置き換えおよび電熱化、ガスバーナの水素化等のシナリオを導入した。しかし石油製品部門が 1 部門に統合化されていたため、これらの置き換えの過程と効果は明示できなかった。今回、この化石燃料の消費を用途別に細分化することで、この電力化、バイオマス利用、水素利用での置き換えシナリオ計算を産業連関表に明示できるようにした。具体的には、石油製品をガソリン、ジェット燃料等 9 製品に細分化した。

製鉄業では、銑鉄・フェアラロイ生産部門、高炉法、電炉法を分離し、水素 DRI 投入の効果を直接扱えるようにした。貨物自動車部門では、11-15t 積み普通トラックに燃料電池（日野プロフィア FCV）を導入した。このように水素利用シナリオを拡大したことに合わせ、水素生産部門を新たに導入した。前回報告の部門分割と今回の部門分割の対照を付表 1 に示す。

石油製品部門では、35_a ~ 35_i 行の各製品生産額の和が石油製品生産額 35 列の生産額に一致する。ここで、原油投入からの石油製品の生産比率（得率）は必ずしも固定的ではない。成分的にガソリンとナフサは極めて近く、ジェット燃料、軽油、灯油はほぼ同じである。得率はある程度調整が可能である。そこで、本モデルでは以下のように単純化した定式化を行った。

今、基準時点での石油製品 i の生産額を X_i 、石油製品製造業売り上げを T 、 X_i の T に占めるシェアを S_i とすると、基準時点では

$$X_i = S_i T \quad (1)$$

である。また各製品のエネルギー量当たりの価格を P_i とする。得率を調整し各製品の生産額が Z_i だけ変化したとすると、調整後は

$$X_i' = S_i T + Z_i \quad (2)$$

となるが、エネルギー量は全体では一定なので、

$$\sum_i Z_i / P_i = 0 \quad (3)$$

となる。また、ナフサとガソリンの調整可能量には $Z_i \leq \alpha_i S_i T$ の上限を設けている。実際には、得率調整は方法によって追加的な費用とエネルギー消費を発生させるが、ここでは単純化した。

このほか、今回鉄屑と非鉄金属くずが加えられている。産業連関表では、これらは内生部門と最終需要部門から発生（負の投入）し、電炉など加工産業に投入され、生産額合計は 0 となる特殊な行部門である。したがって、この部門には付加価値生産は存在せず、列部門には現れない。

2.2 協働ロボットによる労働力代替の効果と定式化

2.2.1 ロボットの導入による就業者代替の既存調査

産業用ロボットは今や生産工程の一部として製造業で広く普及しておりさらに介護支援、遠隔医療など様々な場への応用が期待されている。産業用ロボットは、人間による繰り返し単純作業の高速化と置き換えのほか、人間では不可能な精密作業、重量物作業や劣悪な労働環境での作業で広く普及した。

これとは別に近年では、まだ金額ベースでは小さいものの人間と協働する「協働ロボット」が急成長している。多くの産業用ロボットが安全面から作業範囲を防護柵で区分する等の措置が必要であるが、協働ロボットは小出力（日本では 80W 以下）で人間と隔離されず、作業空間を人間と共有して作業を行う。介護など支援ロボットなどはこのタイプとなる。協働ロボットは導入が手軽であり、文字通り手作業の支援や労働代替となる。

一般に、ロボットの導入効果の計測と評価は簡単ではない。通常の産業用ロボットでは、そもそも人間では代替が困難、あるいはそもそも不可能な作業も多く、導入ロボットのストック評価と生産性変化の全体的視点から導入効果を評価する必要がある [2]。これに対し、協働ロボット

では、個別作業の労働代替効果は直接計測可能と考えられるものの、まだデータはいくつかのケーススタディによる報告にとどまっており一般的な議論には至っていない。費用の見通しが不透明なため、導入をためらうケースも予想できる。

ロボット導入の経済性効果のケーススタディは、経済産業省ロボット導入実証事業採択事例紹介 [11] に具体的な数値を見ることができる。この調査では、FS および実証事業について労働投入変化や金銭的な収支の具体例が紹介されている。これらをまとめた結果を表1、表2に示す。

結果を見ると、小規模なFS段階で高い投資効率を示しながら、規模を拡大した実証段階では投資回収年数が明らかに伸びるなど、評価が大きく変わった例が多い。このように、ケーススタディの結果を、企業あるいは産業全体単純に拡大することは難しい。

このロボット導入効果のケーススタディとは別に、マッキンゼーは自動化による潜在的な労働代替の調査報告を行った [12]。これは世界各国の企業に対し、産業別・職種別に自動化の潜在性割合を評価したものである。ただし、これはコストや技術的課題については触れていないこと、対象はソフトウェアによる自動化も含む点に注意が必要である。潜在的な労働自動化の結果を図1に示す。

表1 ロボット導入FS調査まとめ

FS	データ数	労働生産性 (100万円/人)	投資額/削減人員人件費 (100万円/人)	投資回収 年数
製造業	56	4.7	5.0	1.5
食品製造業	7	3.2	5.7	1.8
素材産業	7	2.0	2.8	0.8
金属製品製造業	15	5.6	3.9	1.1
機械器具製造	21	3.7	6.6	1.9
卸売小売業	9	3.7	6.4	1.4
サービス業	9	6.6	12.2	4.6

(データ数1社の業種は除いた)

表2 ロボット導入実証調査まとめ

実証	データ数	労働生産性 (100万円/人)	投資額/削減人員 (100万円/人)	投資回収 年数
製造業	167	7.5	28.7	3.8
食品製造業	27	4.4	20.0	4.5
素材産業	36	7.1	38.0	5.4
金属製品製造業	28	8.7	27.1	3.1
機械器具製造	64	8.7	29.8	3.4
サービス業	16	3.8	34.1	9.0

(データ数1社の業種は除いた)

日本の場合、産業別・職業別労働者人口統計 [13] があるので、これと図1の自動化ポテンシャルを対応させる。文献 [13] の統計は付表2の職業分類から構成される。ここで、まず図1のマッキンゼーの7種類の職種を各職業に対応させた。言うまでもなく、どの職種にも「確定的肉体作

業 (Predictable Physical)」と「不確定肉體作業 (Unpredictable Physical)」等が混在しており、全自動化は容易ではない。実際、マッキンゼー報告書は、「完全自動化できる職種は5%未満である」とし、「職種の代替でなく、自動化可能な部分の置き換えにより労働の合理化を進めるべき」としている。

そこで、ここでは、マッキンゼーの表に、表3のような職務シェアマトリックスを想定した。ただし、ソフトウェアによる自動化は除いた。この重みは、ロボットとの協働作業による自動化可能性のある作業の割合を表す。例えば、介護支援業務の中にはロボットにより支援可能な確定的肉體作業も人の判断の必要な不確定的肉體作業も予想できる。

実際の導入に際しては、現場の自動化可能な割合の調査は、システムインテグレータがケースごとに事前に行う。この費用は後述の表4のように安価ではないので、より広い普及のためには、費用低下を目指し包括的な調査に基づく導入ガイドラインの確立が今後必要と思われる。

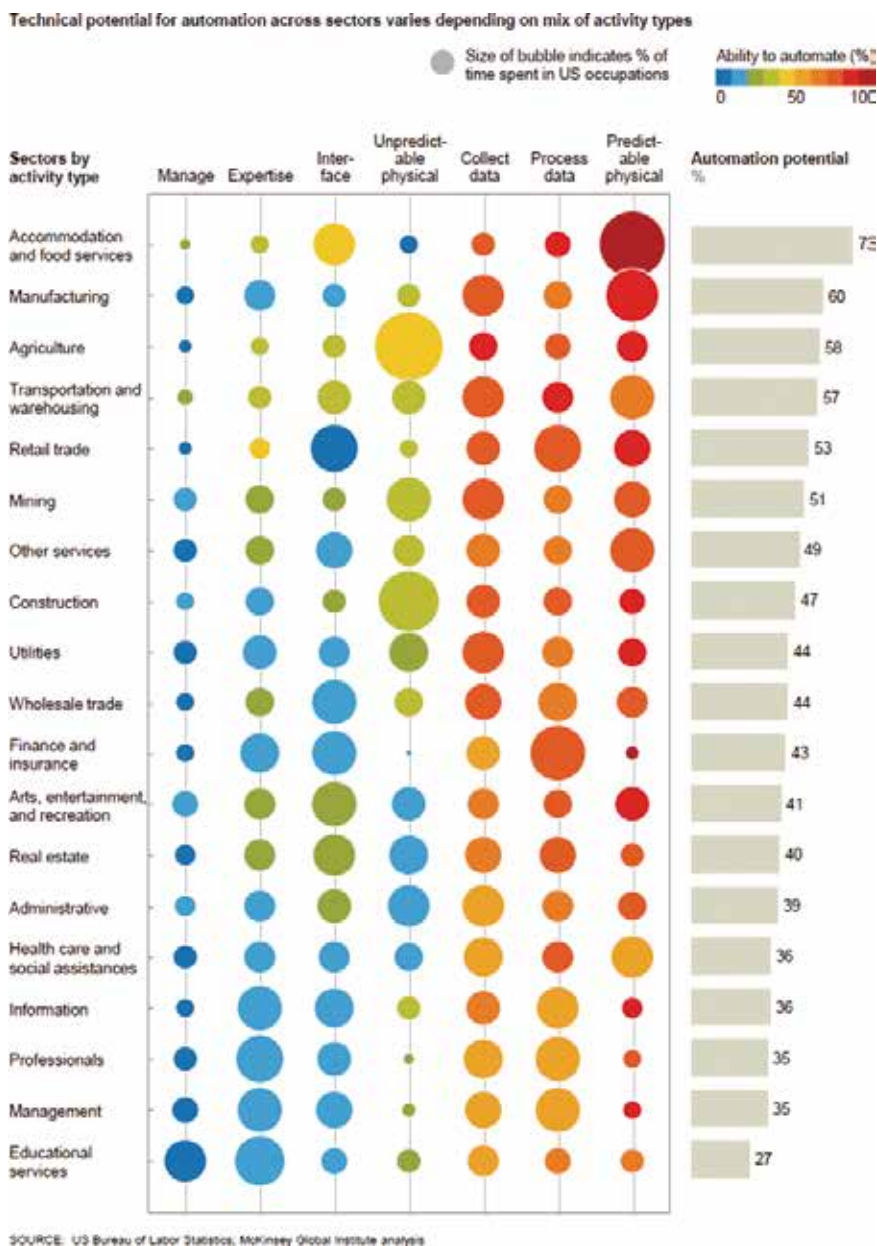


図1 マッキンゼーによる産業分野・職種別潜在的自動化可能割合 [12]

産業別・職業別労働者人口統計 [13] の産業×職業表に、表3の作業重みと図1の潜在自動化率を乗じると、潜在的なロボットによる就業者数削減率を推計できる。この逆数を潜在的な労働供給増加係数とみなすこととする。

産業別・職業別労働者人口統計を付表1の本モデルの産業部門と対応させ、ロボットによる潜在的労働増加係数を付表3のように与えた。ただし、この数値は最大値であり、この中のどの程度導入されるかは、さらなる協働ロボット導入行動のモデル化が必要となる。

表3 想定した職種と作業マトリックス

		100% Software		50% Software		50% Software	50% Software	
職種		Manage	Expertise	Interface	Unpredictable physical	Collect data	Process data	Predictable physical
		作業	Manage	0	0	0	0	0
Expertise	0		1	0	0	0.1	0.1	0.25
Interface	0		0	0.5	0	0.05	0.05	0
Unpredictable physical	0		0	0	0.5	0	0	0.25
Collect data	0		0	0	0	0.3	0.125	0
Process data	0		0	0	0	0.05	0.175	0
Predictable physical	0		0	0	0.5	0	0	0.5

2.2.2 協働ロボット導入のモデル化

本評価では、付表3に推計した潜在的労働力増加率を、これ以上のロボット化投資を行っても経済的には無意味となる境界点と考え、さらに投資回収年数に着目した定式化を行うことでパラメータを同定できるようにモデル化を行う。

まず、基本的なモデル化としてロボット投資 R により労働力が L_0 から $L(R)$ に増強されるとする LCS 政策提案書 [6] の SaaS 部門と同様の定式化を行う。

$$L(R) = L_0 \{1 + AR^\alpha\} \quad (4)$$

ただし、 $0 < \alpha < 1$ とする。この式では、 $R=0$ で $L(R)=L_0$ であり、ロボットは必須の投入要素ではない。これは、通常の生産関数とは異なる点である。この増加した労働力とロボット化投資の関係を図2に示す。

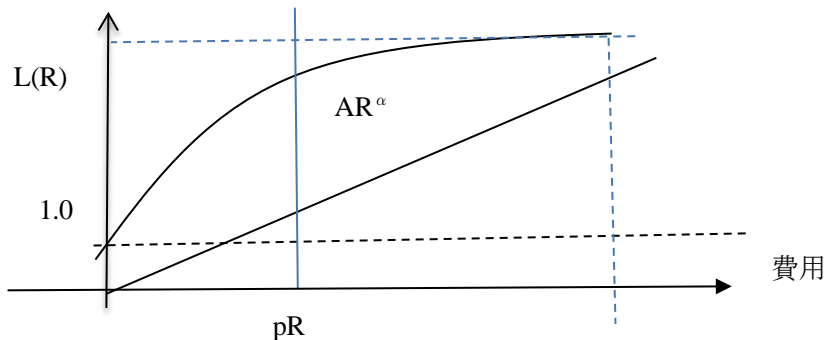


図2 ロボット化投資と労働力増加の関係

p を年経費率とするとこの投資の年間費用は pR である。また L_0 に対する初期賃金支払い額を W とする。ロボット化投資 R に対して pR の年間費用が発生し、労働者数は不変とすると年間支払総額は $W+pR$ となる。労働供給は $L(R)$ に増え、金銭換算では $W(1+AR^\alpha)$ 分の働きをしている。

最も効率的な投入 R^* は、所与の W のもとでの

$$\max W(1+AR^\alpha) - W - pR \quad (5)$$

で与えられる。これは、 $WA\alpha R^{*(\alpha-1)} - p = 0$ となる投入量であり、このとき

$$AR^{*\alpha} = (pR^*/W)/\alpha \quad (6)$$

となる。すなわち最適な労働量増加率 $AR^{*\alpha}$ は、ロボット費用と賃金支払い額の比率を α で除した値から得られる。

この場合 $WAR^{*\alpha} = pR^*/\alpha$ はロボット投入による便益増加分と解釈できる。投資額は R^* なので、投資回収年数 T は、利子率を含まない単純化した場合に

$$T = p/\alpha \quad \text{あるいは} \quad \alpha = p/T \quad (7)$$

の関係を得る。簡単のため $r = pR/W_0$ と協働ロボット年支払額/賃金の比率で正規化すると、効率的投入は

$$\max (1+AR^\alpha) - 1 - p(R/W_0) = Br^\alpha - r \quad (8)$$

で得られる。 $Br^\alpha = r$ を満たす r が最大ロボット投入比率であり、このとき労働供給量は $1+Br^\alpha = 1+r$ 倍になっている。これを付表3の潜在的労働力増加率最大値とする。ロボット投資の対賃金投入比損益分岐点 r はこの値から1を差し引いた値となる。こうして、労働増加関数のパラメータ α 、 B を推計できる。

上式はロボットの価格や技術的可能性を考慮せず、投資対効果のみからなる行動のモデル化である。もしある時点で投資に見合う効果を生み出すロボットが市場にない場合は、当然最適な投資は低下する。これを、ここでは

$$L(R) \rightarrow \mu L(R) \quad (9)$$

と調整係数 μ を乗じることで表現した。

次いでロボットの導入費用について検討する。初期費用について、日本ロボット工業会が2017年に制作した小冊子「ここが知りたい！ロボット活用の基礎知識」[14]は、工作機械産業への導入例として、表4のような費用構成を上げた。

表4 産業用ロボットの初期必要費用 [14]

項目	費用
ロボット本体	300万円
架台、ハンド等関連設備	70万円
安全柵等ロボット周辺設備	90万円
システムインテグレーション	520万円
計	980万円

全体費用は本体価格の3倍以上に上昇する。このシステムインテグレーションは設計、設置、据え付け、リスク評価などを含む。協働型ロボットでは一般的に安全柵等は不要とされるが、これを除いても本体価格の約3倍の費用が必要となる。

年間経費は、産業用ロボットの法定耐用年数は小型機械の10年であり、これに定額法を仮定すると減価償却率は10%となる。メンテナンス等の費用ははっきりしないこと、また10年は技術進歩を考えるとやや長いように思われることを考慮し、ここでは暫定的に30%を年間費用に

想定する。

このようなモデル化の妥当性は、計算結果をロボット市場予測値と比較することである程度確かめられる。協働ロボットの世界市場は、矢野経済研究所（2022）[15]によれば、

「2020年における協働ロボット世界市場規模は、メーカー出荷台数ベースで25,485台、同出荷金額ベースで899億7,500万円と推計する。」

「2031年の協働ロボット世界出荷台数を326,397台、出荷金額を8,247億1,000万円に拡大予測」

とある。

また、グローバルインフォメーション [16] は、市場調査レポート「協働ロボットの世界市場・COVID-19の影響（～2027年）：コンポーネント・ペイロード（5 Kg未満・5-10 Kg・10 Kg超）・用途（ハンドリング・加工）・産業（自動車・家具&設備）・地域別」で

「協働ロボットの市場規模は、2021年の12億米ドルからCAGR 43.4%で成長し、2027年には105億米ドルに達すると予測されています。」

としている。後者がより高成長を予測しているが、ほぼ整合的といつてよい。

さらに、PRTIMES [17] は、

「2021年の産業用ロボットの世界市場規模は42,345.3百万米ドルでした。産業用ロボットの世界市場規模は、2022年から2030年までの予測期間において年平均成長率（CAGR）11.8%で推移し、2030年には116,848.7万（百万）米ドルに達する¹⁾と予測されます。」

としている。この比率では、協働ロボットの世界市場シェアは2030年において約5.9%～9%となる。前者はシェアの成長を控えめにしていることになる。この比率を日本に適用すると、2025年は3,100億円～4,700億円、2035年で5,700億円～8,720億円となる。2030年ではこの中間と見ると4,200億円～6,420億円である。ただし、これらの数値は基本的にロボット本体のみの市場である。導入の全工程をこの産業が担当する場合、表4のようにこの数字の約3倍の売り上げが発生するとみられる。

産業連関表では、通常ロボット化投資は資本形成に含まれるので投入産出表には現れない。しかし投入産出表の一部門として扱うことで、ロボット導入の効果をより明示的に扱うことが可能となる。同時に、最適な投入レベルを生産化するには、固定投入係数で扱うよりも独立した変数で扱う方が適している。そこで、本モデルでは、協働ロボットからの投入を、ロボットはRaaS（Robot as a Service）産業が保有し、ここがサービス提供とメンテナンスを行い、導入企業はマージンを含む年経費をRaaS産業に支払う形式とした。協働ロボットはRaaS産業が資産として保有することとした。需要側の各産業については、協働ロボットは資本に組み込まれず費用に計上されるため、見かけ上付加価値生産額は低下することになる。このようなas a Service産業のモデル上の取り扱いについては、今後も検討が必要と考えられる。

2.3 燃料電池トラックについて

陸上貨物輸送は、適切な技術オプションが限られるため、炭素中立化の大きな課題の一つである。前報告書では、軽貨物・小型貨物自動車にはBEV化とPHEVを想定したが、中型以上のトラックには燃費の改善されたディーゼルエンジン車をそのまま用いていた。バッテリーが大幅に改良され

¹⁾ 原文では「万米ドル」とあるが、「百万米ドル」の誤りと思われる。

れば BEV 化も想定できるが、ここでは、近年発表された燃料電池トラックの導入を考える。燃料電池自動車は、乗用車ではトヨタ MIRAI が代表的である。2021 年の動力ユニットは、バッテリーは 1.2 kWh-LiB、燃料消費率 135-152 km/kg である。FC スタック（形式 FCB-130）は PEFC、最高出力 128 kW、セル数 330、使用圧力 70 MPa である。動力用モータ（形式 3KM）は交流同期電動機、定格出力 48 kW、最高出力 134 kW である。駆動用バッテリーは 4.0 Ah、直列 84 個である。最大トルクは 300 Nm である。トヨタはこの FCV モジュールを複数台搭載することで、バスやトラックの FCV 化を進めている。

国土交通省によるトラックの重量別輸送実績 [18] によれば、普通貨物車による令和 2 年度の輸送量 33,619,005 t・km のうち 20,108,407 t・km を、積載重量 11 ~ 16 t のトラックが占めている。これは車両総重量ではほぼ 25 t クラスとなる。これは、発表された燃料電池貨物自動車のうち、「日野プロフィア」FR1AWHG が相当する [19]。この広報資料によれば、プロフィア FCV は上記 MIRAI の FCV モジュールを 2 基搭載する。

紀村 [3] は、FCV 乗用車のコスト試算を示している。これを利用することでプロフィア FCV の生産コストの推計を行える。プロフィアのエンジン車はメーカーカタログ [20] によれば販売価格 1,867 万 2,120 円（消費税込み）から 2,405 万 1,600 円とあるので、今は 2,000 万円を仮定する。FCV 化による価格上昇分は MIRAI モジュール×2 であり、エンジンが不要となる。

車両本体の生産者価格（生産費用）と輸送や販売店マージンを加えた販売価格との比を、仮に紀村による乗用車の比率と同じと仮定すると、プロフィア ICE の生産価格は 1,380 万円となる。産業連関表の「そのほか自動車」の投入係数を用いて部品価格を推計する。産業連関表では、生産費用に対してトラック・バス等その他自動車部門の内燃機関の投入係数は約 9% であるので、エンジンコスト約 130 万円が FC、水素タンク、モータに置き換わることになる。2013 年時点ではその差額は約 600 万円となる。これにより、販売価格は現状値で 2,870 万円と推計できる。この比較を付表 4 に示す。

紀村 [3] によるシナリオでは FC 関連の費用の大幅な低下が仮定され、2030 年時点で価格は 2,120 万円となる。ここでは将来値としてこの値を採用することとする。

2.4 水素直接還元製鉄法の導入

鉄鋼業からの CO₂ 排出削減の手段として、還元剤に炭素でなく水素を用いる水素還元法がある。LCS では、政策提案書 [7] においてこの水素直接還元製鉄法（水素 DRI 法）の評価を具体的に行っている。これによれば、水素直接還元製鉄法は還元が発熱反応から吸熱反応になるためエネルギー的には不利であるが、反応速度が速いため炉を小型化できること、鉄がほとんど炭素を含まないペレット状で出てくるため脱炭のプロセスが不要、という特長が示されている。その意味で、このプロセスから取り出された鉄は電炉に投入されるスクラップ鉄とほぼ同等で、かつ純度は高くなるものと考えられる。上記政策提案書は、電解法による水素発生から水素 DRI 法による鉄ペレット生産までのエネルギー収支とプラントコスト、生産コスト評価を表 5 のように具体的に示している。これと産業連関表基本表の高炉製鉄部門の投入係数をもととして水素 DRI 法の生産時の投入係数を推計した。

産業連関モデルへの適用は以下の手順で行った。まず、高炉法による製鉄法の一定割合を水素 DRI 法に置き換えるものとし、銑鉄・フェロアロイ部門の投入係数を高炉法と水素 DRI 法の重みづけ和であらわす。次に製鋼段階では同様に転炉法と電炉法の投入係数の加重和で与える。資本係数も同様である。ただし、水素 DRI 法の製鉄段階は水素製造設備を含むものとなる。具体的な数値は LCS[8-9] に基づき与えた。本モデルで用いた DRI 法の推計投入係数および資本係数は、付表 5 および付表 6 に示す。

表5 LCS政策提案書[7]による製造費用まとめ

	高炉法			¥/kg-Fe	水素 DRI 法			¥/kg-Fe	備考
固定費	設備建設費	80,000	M¥		設備建設費	23,500	M¥		
	年費用	12,000	M¥/Year	4.8	年費用	3,525	M¥/Year	1.4	
	人対応	100	人		人対応	100	人		
		500	M¥/Year	0.2		500	M¥/Year	0.2	
	計			5	計			2	水素製造含む
変動費	鉄鉱石	1,594	kg/銑鉄		鉄鉱石	1,417	kg/銑鉄		
		12,000	¥/t	19.1		12,000	¥/t	17	
	石灰石	118	kg/銑鉄		H2	800	Nm ³		
		1.3	¥/t	0.1		75	¥/Nm ³	60	
	CaO	44.6	kg/銑鉄		LNG	54.5	MJ		
		14,000	¥/t			1.5	¥/MJ	2.7	
	石炭	827	kg/銑鉄		動力	135	kWh		
		10,000	¥/t	8.3		15	¥/kWh	2	
	O2	19.2	Nm ³		H2 (2050)	800	Nm ³		
		500	¥/Nm ³	8.6	予測値	58	¥/Nm ³	46	
	LPG	469	MJ						
		1.5	¥/MJ	0.7					
	電力	139	kWh						
		15	¥/kWh	2.1					
計			41				82	68 (2050 予測値)	
合計			46				84	70 (2050 予測値)	

3. モデルのシナリオ設定とシミュレーション

3.1 モデルのシナリオ設定

本モデルは、部門数が拡大され、協働ロボットの追加があり投入労働力に拡大がなされているものの、基本的な定式化は前報 [6] と同じである。部門を細分化した結果、化石燃料の代替等に対応個所の投入係数の変化として直截的に与えられるようになり、むしろ明快なものとなっている。前モデルとの修正点や推計の注意点について、以下に示す。

今回は 2030 年に加え、2050 年評価も行っている。ただし、本モデルは 2015 年と将来年次の 2 点のみしか扱えないため、2015 年→2030 年→2050 年の動的な経路変化は示されない。

(1) 電源構成について

基本的な構成と定式化は前報の政策提案書 [6] と同様である。基準となる 2050 年の基本的な電

源構成と電力供給量は、表6に示す政策提案書[5]、[21]に合わせた。

この2030年および2050年における基準値とする。EV化や水素利用などの技術導入シナリオにとっても電力需要も増減するので、基準の電源構成全体を比例的に拡大・縮小することで電力需給を調整し、電気事業の中間投入や資本形成を変化させている。

(2) 資本ストック初期値について

投資や資本ストックなどの基本的な経済活動データは、国民経済計算(SNA)[22]が系統的に整備しており、SNAの2015年投資額合計134,355.10億円と産業連関表(2015)の投資額合計137,051.10億円はほぼ一致している。産業連関表には資本ストックはなく、一方SNAの資本ストックは29部門しかないため、資本ストックは細分化の必要がある。ここでは、産業連関表の部門別投資額を用い29産業部門を139列部門に按分した。

(3) 部門別CO₂排出量について

各部門のCO₂排出量は投入した化石燃料エネルギー金額にCO₂排出原単位を乗じ合計することで求めている。電力からの排出は需要部門に計上されない「熱・電力配分前」のCO₂排出量となっている。ここでは、2015年産業連関表物量表の固有単位当たり価格と環境省の固有単位当たりCO₂排出原単位から求めた表7のような投入金額当たり排出原単位を用いた。なお、ここではほとんどが化学工業に原材料として投入されるナフサおよび潤滑油やアスファルト等非エネルギー用途はCO₂排出に計上しないこととした。

35. 石油製品、36. 石炭製品、90. 都市ガス・熱供給業のエネルギー産業では、

(投入エネルギーCO₂排出量) - Σ(生産エネルギー製品CO₂排出量)

により排出量を与える。石油製品業では、この場合、産出された石油製品であるナフサ(35_g)と潤滑油・アスファルト他(35_i)の炭素含有量も差し引くことになる。国立環境研究所による2015年の産業部門別CO₂排出量[23]は、石炭製品業(13.3 Mt-CO₂)、石油製品業(25.3 Mt-CO₂)、都市ガス・熱供給業(3.3 Mt-CO₂)である。この数値を再現するよう以下の調整を行う。

石油製品産業では、(投入エネルギーCO₂排出量) - Σ(生産エネルギー製品CO₂排出量)の2015年値が25.3Mt-CO₂になるよう、潤滑油・アスファルトなど非燃料製品の排出割合を推計し調整した。このような調整後の2015年におけるCO₂排出原単位を表7の項目35_iに示す。

ガス・熱供給業についてはΣ(生産エネルギー製品CO₂排出量)に補正係数を乗じ調整している。ただしこの補正係数はガスでは0.4%であり、補正の影響はほぼ無視できる。石炭製品産業では、潤滑油・アスファルト等(35_i)の投入が石炭投入7,500億円に対し1,500億円と大きい。そこでこの投入のうちある一定割合がCO₂排出に寄与するものと仮定した。2015年ではこの割合は44.3%と求められた。以上の排出量の補正手順は、今後工業プロセスとの整合性など検討が望ましい。

表6 2030年、2050年のLCS基準電源構成 [5]、[21] と電力供給

	電源設備 構成初期 値 (GW)	発電電力 量初期値 (TWh)	建設単価 (k¥/kW)	LCS 電源構成 (GW)	発電 電力量 (TWh)	LCS 電源構成 (GW)	発電 電力量 (TWh)
	2015	2015	2030	2030	2030	2050	2050
水力 (中小水力含む)	48	85	640	50	88	79	140
石炭	40	343	250	0	0	0	0
LNG	73	410	120	77	412	24	128
石油	38	103	200	0	0	0	0
原子力	42	9	370	0	0	0	0
風力	3	6	250	81	149	217	400
太陽光	32	35	150	488	523	520	557
地熱	1	3	79	2	10	23	112
バイオマス	30	16	398	0	0	0	31
蓄電池 (設備容量は TWh)	0	0	40	1	0	0.881	229
合計 (総合)	307	1,010	192	698	1,181	865	1,368

表7 本モデルの燃料種別 CO₂ 排出原単位 (2015年)

コード	燃料種	Mt-CO ₂ /M¥
6a	石炭	223.1
6b	原油	62.0
6c	天然ガス	42.0
35_a	ガソリン	20.7
35_b	ジェット燃料油	43.2
35_c	灯油	43.7
35_d	軽油	34.0
35_e	A重油	49.8
35_f	B重油・C重油	66.0
35_g	ナフサ	49.6
35_h	液化石油ガス	46.4
35_i	その他の石油製品	96.9
36	石炭製品	116.7
90	都市ガス	18.6

(4) 産業用化石燃料用途別投入シェア

前報 [6] における化学工業、製鉄業、石油製品業、窯業、輸送業を除く産業部門脱炭素化シナリオは、総合エネルギー統計の詳細表 [24] から化石燃料自家発電投入、自家蒸気発生投入、最終エネルギー投入を抽出し適用した。本提案書では、これをさらに拡大する。まず、この用途別需要の2015年値を付表7に示す。

ここに、以下のような脱炭素化シナリオを導入する。

1. 自家発電は全て事業者電力事業に統合化する。あるいは、事業者電力事業と同等のエネルギー転換効率およびCO₂排出原単位を持つ。
2. 自家蒸気発生は木質バイオマスチップに置き換える。
3. ガソリン需要、軽油需要は動力源と見て電動化する。
4. 灯油需要、LPG 需要は暖房等低温加熱用とみなし、ヒートポンプに置き換える。
5. 重油需要は木質バイオマスチップに置き換える。ただし水運業はここでは除く。
6. 天然ガス、都市ガス最終需要は、ガスバーナまたはガスヒータとみなす。加工プロセスがガスバーナによると高温が必要と想定できる場合は水素、そうでない場合は製造業では電熱に、それ以外の業種ではヒートポンプに置き換える。この想定は3.2で示す。

この置き換えシナリオは仮想的なものであり、置き換えの現実性については、経済性、技術とも現状では不十分な可能性も高く、調査が必要である。

この他、各財の t 期民間部門最終消費は、2015年初期値の消費額 D_0 と政策提案書 [25] による所得弾性値により t 期需要を $D(t) = D_0 \cdot (\text{GDP}_t / \text{GDP}_0)^\theta$ の形で需要関数を与え、内生的に計算している。これを付表8に示す。

以下にはシミュレーションケースの設定 (3.2) とその結果を (3.3) を述べる。

3.2 シミュレーションのシナリオ設定

今回は、2030年および2050年の将来2時点を対象としてシミュレーションを行う。2030年の各シナリオの設定は基本的に前報 [6] と同じである。協働ロボット RaaS の追加がなされるため2030年の生産性に変化が生じることでやや差が生じる。

Scn-1 (2015年値) : 初期値 (2015) 年値の再現

Scn-2 (2030年値 BAU) : 2030年の労働供給量を20-64歳人口とし、2015年値の89%とする。

Scn-3 (ZEH/新自動車導入) : 2030年時点で前報告と同様に新型自動車、ZEH/ZEH-ready住宅、貨物自動車を導入する。LCS 2030年70% CO₂ 排出削減の電源構成シナリオを導入

Scn-4a (Infs) : 消費者向け情報サービス (Infs) が新市場を作る

Scn-4b (SaaS) : 事業者向け情報サービス業が SaaS として導入され生産性が向上する。

Scn-4c (MaaS) : MaaS による自家保有自動車の置き換えが発生する。MaaS ではEVやコンパクトEVの導入が先行する。

Scn-4d (RaaS) : 手作業の必要な産業部門に協働ロボットが RaaS として導入される。ただし、(9)式 μ すなわち生産性上昇の調整係数に25%を想定した。

Scn-5 (電炉シェア50%) : 製鉄業の電炉法のシェアを50%に拡大する。

Scn-6 (産業部門燃料代替) : 産業化石燃料消費を最終用途に応じ代替する。代替は化学工業、製鉄業、石油製品業、窯業を除く各産業の1/3まで普及する。

この Scn-6 では、部門 8-18、37-43、53-77、80-88、EFC におけるガス最終需要は高温需要と見て水素バーナに、部門 1-5、6a、6b、6c、7a、7b、91-98、102-128 では低温需要とみなしヒートポンプにより電力化されるものとする。

2050年のシミュレーションでは、Scn-2以降の技術導入の設定を一部変化させる。

Scn-2 (2050年 BAU) : 労働供給量変化のみを与える。2050年の労働供給力を20-69歳人口とし、2015年値の78%とする。

Scn-3 (2050年 ZEH/新自動車導入): 新型自動車、ZEH/ZEH-ready 住宅、貨物自動車を導入する。乗用車の新車販売のうち 94% が EV 化され、ストックでは 62% が EV 化されている。なお、EV の 20% はコンパクトな通勤 EV である。新築住宅の 45% が ZEH、45% が ZEH-ready となる。旧型住宅のストックは 2030 年の 96% から 85% に低下する。貨物自動車のうち、新車販売では軽自動車の 90% が EV 化、小型自動車の 90% が PHEV 化される。普通貨物自動車は全てディーゼルエンジン車のままである。ストック全体では EV は 20%、PHEV が 50%、残りは ICE 車である。3.1 に述べた LCS 2050 年の電源構成 [5], [21] を想定する。

Scn-4a (Infs): 消費者向け情報サービス (Infs) が新市場を作る。2030 年から 5 倍に拡大する。

Scn-4b (SaaS): 事業者向け情報サービス業が SaaS として導入され生産性が向上する。生産性上昇率は 2030 年から 20% 上昇する。

Scn-4c (MaaS): MaaS による自家保有自動車の置き換えが発生する。MaaS では EV やコンパクト EV の導入が先行する。MaaS 市場は 2030 年から 3 倍に拡大される。

Scn-4d (RaaS): 手作業の必要な産業部門に協働ロボットが RaaS として導入される。潜在生産性上昇率上限の調整係数 (9) 式 μ は 100% となる。

Scn-5 (電炉シェア 50%): 電炉シェアを 50% に拡大する。また、高炉の鉄鋼生産の 2/3 は 2.3 に示した水素 DRI 法に移行する。

Scn-6 (産業部門燃料代替): 産業化石燃料消費を最終用途に応じ代替する。代替は化学工業、製鉄業、石油製品業、窯業、輸送業を除く各産業の 75% まで普及する。普通貨物自動車の 50% が 2.2 に述べた FCV 化する。

Scn-7 (脱炭素化加速): Scn-6 をさらに強化する。産業化石燃料消費の用途別脱炭素化の対象を製鉄業、石油製品業、水運業、航空輸送業を除く全産業の 85% まで拡大する。普通貨物自動車の 90% が 2.2 に述べた FCV 化する。MaaS も同様に 90% まで EV 化される。全住宅の 90% がリノベーションにより ZEH 化または ZEH-Ready 化し、断熱化とともに全電化される。

この Scn-7 では、2030 年の電力化と水素バーナ化に加え、部門 19-34、48-52、78-79 においてガス最終需要が電熱化されるものとする。石油製品業、水運業、電炉製鉄業、航空輸送業は脱炭素化オプションの適用外となる。なお、ここではエネルギー起源のみを論じるため、土地利用変化やセメント業の石灰石からの CO₂ 排出はここでは考慮されていない。

ここでは産出額、付加価値生産、燃料投入、CO₂ 排出量にまず着目し各シナリオ間の変化について示す。

3.3 シミュレーション結果

まず、日本全体の生産額、CO₂ 排出量、電力需要のシミュレーション結果を表 8 に示す。

産業部門別の詳細な結果は多岐にわたるため、図 3～図 5 にまとめを示す。

経済活動については、表 8 のように Scn-6、Scn-7 の電力化、水素利用、バイオチップ利用など大幅な削減オプションを導入してもなお GDP は 2050 年まで年率 1.5% 程度の成長を示す。この一因にはエネルギー源転換のため大きな投資が必要であり、この資本設備に対する支払額が付加価値部門に計上されることがある。

電力需要は最終需要やプロセス産業での電力化、水素製造が導入される Scn-6 から急増し、約 1,974 TWh にまで増加している。これは 2019 年総合エネルギー統計 [24] の日本の全最終エネルギー消費 12,942 PJ の約 55% に達する。2050 年における電力需要のシナリオ間比較を、需要の上位 20 部門について表 9 に示す。水素製造や粗鋼 (電気炉) 部門などプロセスで電力需要が発生する部門や MaaS、道路輸送部門など EV 化の進む運輸部門の変化が大きい。電気事業は需要が大幅に増大するにもかかわらず電力需要がむしろ低下しているが、これは電源構成変化による自

家消費率の変化によるためであり、自家消費分を外部からの投入と見るか、発電効率に組み入れるかで評価が変わるため、解釈には注意が必要である。非製造業のうちシナリオ間変化の大きいものに公務と研究がある。これらの影響は技術の代替や ICT の進展にともなって波及した効果であると解釈できる。

水素は、2030年では Scn-6 のみ、2050年では水素 DRI が導入される Scn-5、Scm-6、Scn-7 で利用され、最も導入が加速される Scn-7 において 1,964 PJ²⁾ (13.9 Mt-H₂) に達する。これは日本の 2019 年全最終エネルギー消費 15% に当たる。水素投入価格には、水素 DRI 法を除き 95 円/Nm³ を用いている。この値はガス業投入係数と LCS [8-9] によるアルカリ電解法コストの水素製造原単位をもとに推計した。これは水素 DRI 法で用いる表 5 の水素価格 58 円/Nm³ よりも高価である。この違いは、表 5 は水素 DRI 法がオンサイトでの水素製造を仮定しているのに対し、他の部門ではガス業としての事業費を考慮した価格であることによる。なお、2050 年の水素需要 13.9 Mt-H₂ は政府の目標値 20 Mt-H₂ [26] の約 7割であるが、これは LCS の電源構成が水素発電を含まないこと、政府目標は水素価格 20 円/Nm³ の大幅な価格低下を織り込んでいることによると考えられる。

水素需要の上位 10 部門を表 10 に示す。道路輸送部門は製鉄部門での水素 DRI 導入よりも大きな需要先であり、FCV トラックの導入シナリオで大きく変化する。自動車部品・製造では、水素バーナ導入により製鉄業以上の大きな水素需要が発生している。ただし道路輸送と水素 DRI を除く製造業各部門の水素による天然ガス代替は想定に過ぎないため、今後調査が必要と考えられる。CO₂ 排出は、最も対策を加速した Scn-7 でも 261.1 Mt-CO₂ の発生が残っている。そこで、この発生源を見ると、表 11 のようにまとめられる。さらに発生源について 2015 年値と比較したものを表 12 に示す。新技術導入により大幅な削減を行った電気事業、道路輸送、銑鉄・フェロアロイ、家計部門、MaaS の残余排出量が 143.3 Mt-CO₂、削減技術導入オプション未設定の航空輸送、水運、その他の窯業・土石製品から 113.4 Mt-CO₂ となり、排出量の 43% を占める。これは 2015 年時点から約 2 倍に増加している。その他窯業・土石製品は、表 7 の燃料電池車にもあるよう、水素利用の拡大にともなう貯蔵タンク用の需要増が影響している。

石油製品からの排出変化についてさらに検討を加える。表 13 にあるよう、ガソリン自動車は大幅に減少するが、日本が輸出競争力を持つ化学工業原料のナフサ需要は増大し、揮発油需要は約 70% 程度への減少にとどまる。家庭用灯油需要、貨物自動車の軽油需要の減少は航空輸送の成長により一部補われ約 55% への減少にとどまる。主に船舶用の BC 重油も減少はするものの約 58% への減少にとどまる。また得率も変化する。2015 年と 2050 年 Scn-7 の石油製品貿易の比較を表 14 に示す。ナフサ輸入は 1.4 兆円の輸入から 2.7 兆円の輸入に増加する一方、灯油、A 重油は余剰が発生し、それぞれ 6,300 億円、5,100 億円の輸出となる。これらが原油輸入量もあまり低下しない結果となった理由である。こうして石油製品業からの排出は表 10 の値にとどまったといえる。ナフサ需要、航空需要、水運部門についてはこれまで削減オプションの技術開発が他と比べ遅れており、また定量的検討の例も乏しく、石油需要の大幅な削減実現の障壁になる可能性がある。2050 年の炭素中立化社会の実現には、この部門の代替オプションの開発が急がれるといえる。

²⁾ 総合エネルギー統計 [24] に合わせ、高位発熱量を使用。

表8 主要指標のまとめ

	GDP (T¥)				CO ₂ 排出量 (Mt-CO ₂)		電力需要 (TWh)		水素需要 (PJ) (下段は水素 百万 t)	
	2030	(年成長率)	2050	(年成長率)	2030	2050	2030	2050	2030	2050
2015 初期値	548.2				1,220.5		1,009.6		—	—
Scn-2 (2050BAU)	627.5	0.90%	611.1	0.31%	1,358.4	1,335.3	1,165.7	1,142.0	—	—
Scn-3 (ZEH,xEV)	627.3	0.90%	620.7	0.36%	789.7	727.7	904.5	993.3	—	—
Scn-4a (Infs)	626.7	0.90%	617.6	0.34%	788.2	717.4	902.5	982.5	—	—
Scn-4b (SaaS)	733.7	1.96%	805.4	1.10%	883.6	883.5	1,004.4	1,190.9	—	—
Scn-4c (MaaS)	738.1	2.00%	823.9	1.17%	894.9	903.1	1,030.7	1,340.5	—	—
Scn-4d (RaaS)	752.7	2.14%	908.6	1.45%	910.2	994.2	1,047.3	1,461.0	—	—
Scn-5 (電炉 50%)	770.6	2.30%	926.6	1.51%	846.2	752.9	1,086.0	1,482.5	0.0	432.6 (3.0)
Scn-6 (産業脱炭素化)	771.7	2.31%	929.9	1.52%	761.5	456.4	1,150.4	1,699.3	107.6 (0.8)	987.6 (7.0)
Scn-7 (脱炭素化加速)	—	—	935.5	1.54%	—	261.1	—	1,974.0	—	1,964.1 (13.9)

(*) —はシナリオ想定のない組み合わせを示す。

表9 電力需要上位20部門のシナリオ間比較 (兆円)

	2015年 値	Scn-2 (2050BAU)	Scn-3 (ZEH,xEV)	Scn-4a (Infs)	Scn-4b (SaaS)	Scn-4c (MaaS)	Scn-4d (RaaS)	Scn-5 (電炉 50%)	Scn-6 (産業脱 炭素化)	Scn-7 (脱炭素 化加速)	Scn-7/ Scn-2 比
H2 (水素製造業)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.976	6.899	—
MaaS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.305	3.274	3.245	3.254	3.263	—
道路輸送	0.087	0.103	1.694	1.673	1.921	2.024	2.347	2.281	2.315	2.267	2,209%
小売	1.526	1.532	1.587	1.574	1.717	1.732	1.854	1.871	2.132	2.143	140%
電気事業	1.971	2.271	1.026	1.013	1.215	1.384	1.513	0.932	1.107	1.184	52%
教育	0.527	0.578	0.602	0.598	0.756	0.773	0.882	0.893	1.014	1.028	178%
パルプ・紙・板紙等	0.379	0.473	0.478	0.480	0.674	0.666	0.745	0.778	0.974	0.971	205%
飲食サービス	0.526	0.515	0.533	0.530	0.619	0.499	0.558	0.562	0.801	0.829	161%
公務	0.370	0.411	0.427	0.424	0.543	0.553	0.613	0.622	0.796	0.813	198%
粗鋼 (電気炉)	0.226	0.249	0.252	0.252	0.251	0.251	0.251	0.582	0.760	0.748	301%
熱間圧延鋼材	0.230	0.256	0.248	0.247	0.278	0.275	0.284	0.287	0.335	0.691	270%
研究	0.157	0.195	0.204	0.190	0.358	0.363	0.447	0.456	0.640	0.648	332%
鉄道輸送	0.398	0.414	0.424	0.419	0.523	0.525	0.584	0.588	0.604	0.601	145%
医療	0.326	0.349	0.363	0.361	0.412	0.421	0.462	0.468	0.557	0.566	162%
鋳鍛造品	0.208	0.304	0.275	0.265	0.335	0.333	0.411	0.399	0.409	0.543	179%
自動車部品・同附属品	0.301	0.469	0.328	0.315	0.399	0.448	0.488	0.489	0.504	0.504	107%
廃棄物処理	0.343	0.366	0.360	0.357	0.390	0.391	0.444	0.448	0.496	0.496	136%
冷間仕上鋼材	0.189	0.273	0.263	0.257	0.308	0.307	0.360	0.337	0.321	0.463	170%
娯楽サービス	0.298	0.305	0.314	0.313	0.386	0.390	0.420	0.427	0.463	0.463	152%

表 10 シナリオ別の水素需要上位 20 部門 (PJ)

		2030		2050		
		Scn-5 (電炉 50%)	Scn-6 (産業脱炭素化)	Scn-5 (電炉 50%)	Scn-6 (産業脱炭素化)	Scn-7 (脱炭素化加速)
99	道路輸送	0.0	4.8	0.0	287.9	1232.9
46	粗鋼 (転炉)	0.0	0.0	432.6	451.1	451.1
80	自動車部品・同附属品	0.0	35.9	0.0	56.6	65.2
41	ガラス・ガラス製品	0.0	5.6	0.0	16.5	18.3
8	食料品	0.0	5.6	0.0	13.6	15.3
54	非鉄金属加工製品	0.0	4.7	0.0	12.0	13.6
69	電子デバイス	0.0	2.4	0.0	12.2	13.5
85	建築	0.0	3.7	0.0	11.8	13.4
18	化学肥料	0.0	4.1	0.0	11.4	12.3
82	他輸送機械・同修理	0.0	2.9	0.0	10.6	11.9
68	業務用機械	0.0	1.7	0.0	8.7	9.9
75	その他の電気機械	0.0	2.7	0.0	6.9	8.5
53	非鉄金属製錬・精製	0.0	2.7	0.0	7.1	8.0
86	建設補修	0.0	2.4	0.0	7.0	7.8
43	陶磁器	0.0	2.6	0.0	6.1	6.7
38	他プラスチック製品	0.0	2.0	0.0	5.1	5.7
70	その他の電子部品	0.0	1.8	0.0	4.9	5.5
62	生産機械	0.0	1.4	0.0	3.9	4.4
60	冷凍機・温度調整装置	0.0	1.2	0.0	3.8	4.3
55	建設建築金属製品	0.0	1.3	0.0	3.7	4.2

表 11 2050年 Scn-7 の CO₂ 排出量上位 10 分野

	CO ₂ 排出量 (MtCO ₂)
電気事業 (*)	61.9
航空輸送	59.2
水運	40.6
道路輸送 (*)	37.0
家計消費 (*)	22.8
鉄鉄・フェロアロイ (*)	21.5
石油製品	18.5
その他の窯業・土石製品	13.6
MaaS (*)	13.1
石炭製品	9.2

(注) (*) は対策技術導入分野、太字は対策未設定分野

表 12 2050年 Scn-7 の CO₂ 排出量上位分野の 2015 年からの推移

	2015	2050
電気事業、道路輸送、鉄鉄・フェロアロイ、家計消費の残余	901.4	143.3
航空輸送、水運、そのほかの窯業・土石製品	60.6	113.4
石油製品、石炭製品	38.6	27.7

表 13 2050年石油製品国内需要 (兆円)

	ナフサ需要 (兆円)	ガソリン 需要 (兆円)	ジェット 燃料需要 (兆円)	軽油灯油 需要 (兆円)	BC 重油 需要 (兆円)	原油輸入 (兆円)
2015 初期値	2.23	6.01	0.97	3.51	1.14	9.27
Scn-2 (2030BAU)	3.18	6.13	1.05	3.69	1.30	9.43
Scn-3 (ZEH, xEV)	4.20	2.05	1.03	2.97	0.69	7.74
Scn-4a (Infs)	4.16	2.03	1.01	2.94	0.68	7.74
Scn-4b (SaaS)	4.42	2.37	1.38	3.42	0.82	7.74
Scn-4c (MaaS)	4.41	2.18	1.40	3.50	0.83	7.74
Scn-4d (RaaS)	4.54	2.32	1.55	3.88	0.91	7.74
Scn-5 (電炉 50%)	4.65	2.32	1.64	3.92	0.93	8.76
Scn-6 (産業脱炭素化)	4.44	2.04	1.46	2.01	0.76	7.75
Scn-7 (脱炭素化加速)	4.32	2.00	1.43	1.04	0.66	7.75

表 14 石油製品の貿易構造の変化

		2015 (兆円)		2050 (兆円)	
		輸出	輸入	輸出	輸入
35_a	ガソリン	0.20	0.13	0.34	0.00
35_b	ジェット燃料油	0.27	0.40	0.22	0.04
35_c	灯油	0.21	0.04	0.63	0.00
35_d	軽油	0.47	0.02	0.51	0.00
35_e	A重油	0.00	0.02	0.66	0.00
35_f	B重油・C重油	0.11	0.40	0.16	0.05
35_g	ナフサ	0.00	1.36	0.00	2.68
35_h	液化石油ガス	0.01	0.72	0.03	0.02
35_i	その他の石油製品	0.15	0.18	0.05	0.09

(*) ジェット燃料の輸出入は国際航空輸送を含むため国内消費と直結しない。

経済活動を見ると、SaaSによる生産性上昇を導入したScn-4bとRaaSが導入されるScn-4dで大きなGDP上昇が見られる。今回の設定では、2030年のRaaS生産額は約2.9兆円であり、2.1.2に述べた協働ロボット世界市場から推計し付帯設備を含めた日本市場の1.9兆円よりも高いが、日本では労働人口の減少が他国よりも顕著かつロボット生産は日本に実績があるため、世界の水準よりも導入が高くなる可能性は考えられる。2030年では、RaaSのGDP上昇効果は小幅にとどまるが、2050年では大幅な上昇が示されている。この部門別変化を図3(2030年)、図4(2050年)に示す。図3の2030年のケース間比較にみられる傾向は2050年結果ではさらに拡大する。現在でも日本が競争力を持つ分野である化学工業、生産機械が経済をけん引している。これに対し、サービス業の成長はやや控えめである。

電力施設建設の成長が突出しているが、これは電源の炭素中立化を進めるために大幅な電源構成の変革が想定され、そのための施設建設の投資が大幅に伸びたためである。この拡大にともない投資需要も増え、これを通じて素材産業に波及した。

情報サービス産業はScn-4b(SaaS)導入により大きく成長している。また、インターネット情報サービス他情報関連産業もこれにともなって成長している。研究部門の成長もこれとほぼ並行する。

SaaSとRaaSについて、導入規模、賃金に対する導入比率、GDP変化など総括表を表15に示す。部門別の詳細は付表9に示す。産業分野別寄与では、RaaSは、農業、食品加工業、組み立て産業など比較的小規模な産業で150%を超える生産性向上を示すなど効果が大きく、労働力を補完している点がかがえる。これは、人口減少のなか、協働ロボットがLCS[10]が示した市町村の特色ある産業を今後も維持するための鍵となることを示唆する。他方、プロセス産業では寄与は小さい。サービス業ではRaaSよりもSaaSの効果が上回っている。

RaaSの輸出は、2030年で約8,600億円、2050年では約2.1兆円に達しており産業用ロボットの2015年の1,600億円、2030年および2050年の4,800億円を上回る結果となっている。

政府は、2019年にロボットによる社会変革推進会議報告書[27]において、「世界の産業用ロボット販売台数は2013年から2017年の5年間で2倍に増加。今後も年平均14%増見込み。」「日本は世界一のロボット生産国。販売台数のシェアは90年代の9割程度よりは低下したものの、世界のロボットの6割弱が日本メーカー製」と世界市場の拡大と日本の競争力の高さを述べた後、①近年の中国の生産台数の急拡大、②日本の出荷先が自動車産業、電気・エレクトロニクス産業に

偏っていること、③欧米でAIやIoTを取り込む新たなプレーヤーの参入拡大を指摘し、日本も新たなアプローチの必要なことを合わせて指摘している。今回の評価は、小型で人間活動と親和性の高い協働ロボットは日本の幅広い産業の生産性上昇に寄与し人口減少を補い得ること、またこれらは世界市場の拡大傾向とも整合的であることを示した。これは、日本が過去の実績を活かせるこの分野に期待を持たせるとともに、過去の延長の上に新しいアプローチを与えるような育成政策の重要性をまた示唆する。

本モデルは、生産関数は技術進歩項を持たず、生産性の向上はSaaSによるソフトウェア導入かRaaSによるロボット代替によって明示的に生じる。このため、労働人口が減少しSaaS、RaaS未導入のScn-4aでは、GDPはわずかに低下する。SaaS、RaaSによる生産性向上オプションが導入されると、表10のように年率1.5%の経済成長を示す。これにともない、電力消費は増加する。特に水素利用の拡大を想定するScn-7では2050年には1,974 TWhに達している。ただし、今回のシナリオでは近年注目されるICTによる電力消費[28-29]の増加は、一部の情報サービス (Infs) に限定的に含まれるのみで、計算サービス自体や通信トラフィック増大による電力消費は含まれていない。このため、今後2,000 TWhをさらに超える需要が発生する可能性は十分にあり、炭素中立と両立する電力の安定供給の手段の確保が必要となる。

表 15 SaaS、RaaS 導入効果まとめ

		2030	2050
Scn-4a (SaaS、RaaS 導入前)	GDP (兆円)	619.0	609.3
Scn-4b (SaaS)	SaaS 支出額 (兆円)	36.6	67.4
	SaaS 支出対賃金比	12.0%	23.1%
	賃金 (兆円)	303.5	292.5
	GDP (兆円)	725.3	800.5
Scn-4d (SaaS + RaaS)	SaaS 支出額 (兆円)	36.7	63.6
	RaaS 支出額 (兆円)	3.6	8.8
	SaaS 支出対賃金比	11.9%	20.3%
	RaaS 支出対賃金比	1.2%	2.8%
	賃金 (兆円)	308.3	313.6
	GDP (兆円)	741.5	903.6

4. 結論

本提案書では、ZEH、EV、水素利用など炭素中立社会実現のためのカギとなる技術を産業、輸送、家計各部門へ導入すると、どれほどの炭素排出効果が期待できるのか、また直接炭素中立化に寄与しない情報サービスや協働ロボットが人口減少の社会でどのように経済活動に貢献し全体として明るく豊かな炭素中立社会にどのように寄与するかを、部門間の相互作用を明示的に扱うことのできる産業連関分析モデルの開発により定量評価した。このモデルは、2020年にLCSで開発されたもの [6] に、今回、LCSで調査した水素直接還元製鉄法とロボットによる労働人口代替評価、燃料電池貨物自動車導入をさらに組み入れたものである。炭素中立化実現の目標年である2050年は、同時に人口減少により労働力低下が顕在化する。社会経済活動の維持のためのICTや協働ロボットの導入と、炭素中立化のための家庭、輸送部門の電力化、さらに産業用エネ

ルギーの脱炭素化の可能性を部門別・用途別に見た。このうえで、このような新技術の普及が、産業間の相互連関構造を経て経済活動やCO₂排出にどのように影響を及ぼすかをモデル化した。

今回、このモデルの上シミュレーションから、以下の知見が得られる。

1. 人口が減少する今後の日本では、経済活動の単なる現状延長は経済の縮小しか導かない。前報 [6] で扱った総務省調査による ICT の導入による全社的な生産性の改善効果に加え、今回はマッキンゼー調査による作業の自動化による生産性上昇の潜在性評価を行った。中で、協働ロボットは人手の必要な作業の労働力を補完する可能性が大きく、農業など一次産品、食品産業、組み立て産業などで寄与が大きいと考えられる。これは地方の特色ある産業の維持に貢献する可能性を示す。この振興は世界市場の拡大と相俟って、将来の社会経済への寄与を期待させるものである。
2. 2050年の炭素中立化実現にむけ、今回は貨物部門への燃料電池車導入、産業部門の燃料代替と電力化、水素 DRI 法による鉄鋼業の低炭素化技術など水素導入の効果を試算した。これらを大幅に導入した脱炭素化加速シナリオ Scn-7 においては、2050年で電力需要は1,974 TWh、水素需要は 1,964 PJ (13.9 Mt-H₂) に達した。
3. 2050年のこの Scn-7 シナリオでは、現状の CO₂ 排出量を 1/4 ~ 1/5 に削減できた。それでもなお、日本全体では 261.1 Mt-CO₂ の残余排出量がある。これらの 43% は、削減オプションが限られる航空業、水運業、その他窯業の3部門が占める。
4. 輸送部門の EV 化や住宅部門の電化が大幅に進展するにもかかわらず、石油精製業からの CO₂ 排出はあまり減少しない結果となっている。これは、船舶用重油があまり減らないこと、ジェット燃料需要の増加が予想されること、日本の強みである素材系産業で広く原料として使われているナフサ需要も増加が見込まれることのため、全体としては石油精製業の生産が下げ止まったためである。この結果、ナフサ消費を燃料起源の CO₂ 排出から除外したとしてもなお、石油精製業からの CO₂ 排出は下げ止まる結果となった。

本報告では取り扱っていないが、現時点ではセメントなど非エネルギー起源の CO₂ 排出も有力な削減オプションに乏しく、炭素中立社会の実現のための残余の炭素排出の削減には、CCUS/DAC を最終的な手段とせざるを得ない。炭素回収と貯蔵の負荷を下げこれらのコストを低減するためには、これまで検討の遅れているナフサ、ジェット燃料、船舶用重油の総合的な対策技術の開発は、今後緊急性が高まると考えられる。

本報告は、情報技術やロボット、ZEH、新型自動車など需要側の変化に着目し、新たなモデル化を提示しつつ生産と投資の構造的変化がもたらす社会経済の変化と CO₂ 排出の変化を産業連関表により総合評価を目指したものである。LCS では、これとは別にエネルギー変換技術など、主に供給側技術の詳細なプロセス評価をもととした産業連関表の拡張と評価を進めてきた [4-5]。両者はいずれも、現在 LCS で進められている 2050 年炭素中立社会の定量的シナリオ構築に異なる角度から接近するものである。

5. 政策立案に向けた提案

本報告は、前報告 [6] で取り扱った ZEH/ZEB など住宅部門の効果、MaaS/SaaS など ICT サービスの導入、乗用車の EV 化に、さらに、協働ロボットの導入、貨物自動車の FCV 化、また直接水素還元製鉄法の導入も行った。これにより、主要な産業部門、輸送部門、家庭部門からの大幅な排出削減を期待できるものの、なおこれまで排出シェアが比較的小さく、炭素排出削減オプションの少ないいくつかの分野からの排出が、炭素中立化の際のボトルネックとなる可能性が浮き彫

りとなった。

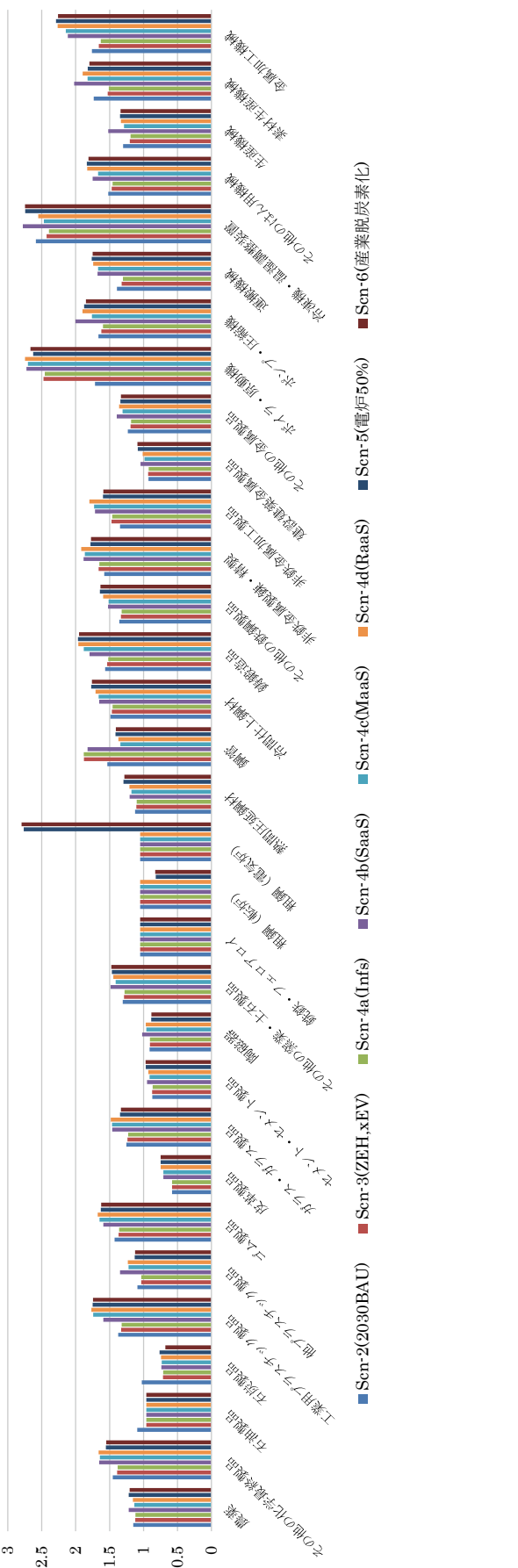
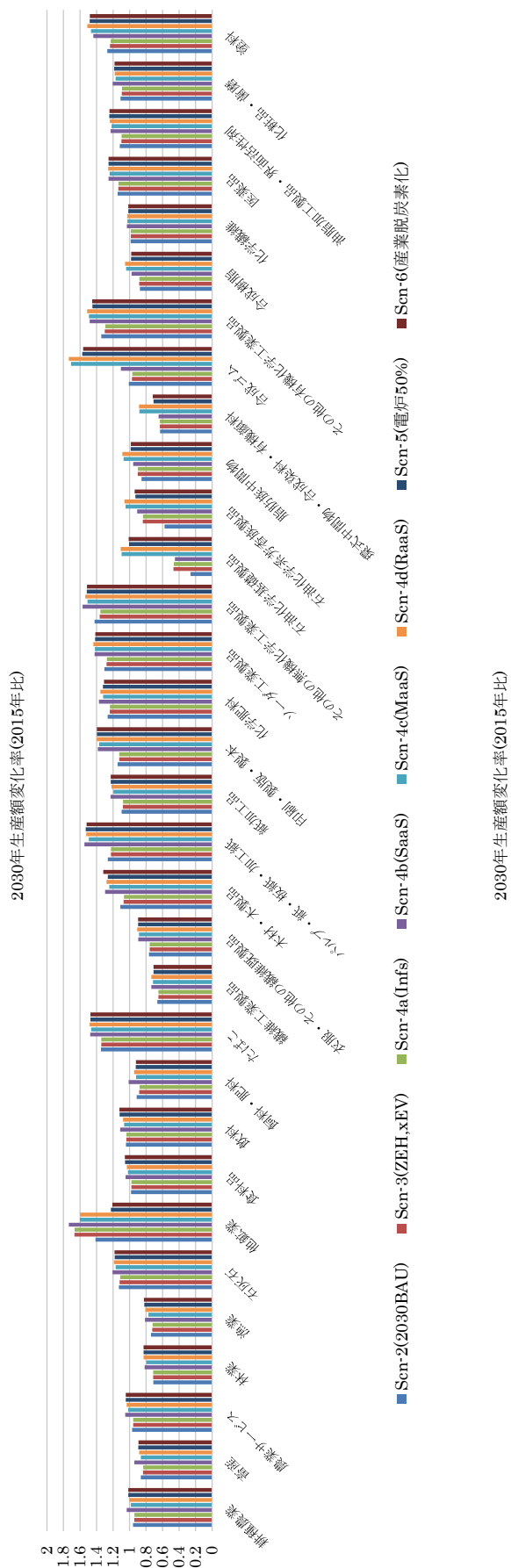
本提案書では、今後重要度が増すと思われる以下の研究課題についての調査と開発を提案する。

- (1) 航空輸送業、水運業は経済活動の維持に重要であり、特に前者の需要増加が予想される。後者も内海・国際航路とも対策技術の開発が必要な分野である。DAC/CCS という手段はあるとはいえ、対策技術がなければ石油消費を高止まりさせる可能性がある。中で、化学原料のナフサは日本の競争力ある産業として今後も日本経済に位置づけられる。原材料ナフサ自体は燃料から除外されても、ナフサ、ジェット燃料、重油需要の生産維持から、石油製品業からの排出は高止まりする可能性がある。プロセスと需要全体を見た炭素中立化のシステム開発が検討されるべきである。
- (2) 労働力減少を補う手段として、協働ロボットの寄与の余地は大きい。これは人口減少のなか、地方の特色ある中小規模の産業維持への寄与を示唆している。過去、この分野は日本が得意としてきた分野でもあり、過去の延長の上に新しいアプローチを与える育成政策の重要性を示唆する。輸出競争力の維持と世界市場の拡大を期待できる。協働ロボットが産業の就業現場により浸透するよう、設計と導入費用の低下のための仕組みを進めるべきである。
- (3) 炭素中立化のために電力化は不可欠であるが、産業部門の電力化や水素製造の増加を考慮すると、電力需要は2050年で2,000 TWhを超える可能性は高い。ICT化を進めると、さらなる電力需要の増加を生む可能性は十分ある。炭素中立と両立する電力の安定供給の手段の確保のための方策と技術導入が急がれる。

参考文献

- [1] 鷲津明由, 中野諭, 荒井園枝, 「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 43(3), 12-31, 経済産業統計協会, 2015.
- [2] 野村浩二, 「Society 5.0 for SDGs 一創造する未来の経済評価一 報告書」, 21世紀政策研究所, 2020年7月.
- [3] 紀村真一郎, 「次世代自動車をもたらす中部圏へのインパクト一中部圏地域間産業連関表による分析一」, 産業連関, Vol. 26, No. 1, pp. 80-98, 2019.
- [4] LCS 政策提案書, ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例一拡張型産業連関表の適用一, LCS-FY2019-PP-14, 2020.
- [5] LCS 政策提案書, ゼロカーボン社会実現に向けた2030年, 2050年の産業構造, LCS-FY2021-PP-09, 2022.
- [6] LCS 政策提案書, 需要の構造変化に着目した産業連関モデルの拡張 (Vol. 1) 一投入係数と資本係数の変化とモデル開発一, LCS-FY2020-PP-19, 2021.
- [7] LCS 政策提案書, 水素直接還元製鉄法の評価と技術課題, LCS-FY2021-PP-13, 2022.
- [8] LCS 政策提案書, カーボンフリー水素の経済性とCO₂排出量 (Vol. 1), LCS-FY2016-PP-07, 2017.
- [9] LCS 政策提案書, カーボンフリー水素の経済性とCO₂排出量 (Vol. 2), LCS-FY2017-PP-10, 2018.
- [10] LCS 政策提案書, 地域自立化に向けた市町村別経済活動の現状分析と方向性, LCS-FY2021-PP-19, 2021.
- [11] 経済産業省, 一般社団法人日本ロボット工業会, 「ロボット導入実証事業」事例紹介ハンドブック2018, https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/161019handbook.pdf, (アクセス日 2022年7月).

- [12] McKinsey Global Institute, A Future That Works, Automation, Employment and Productivity, Jan. 2017, <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>, (アクセス日 2021年11月).
- [13] 政府統計, 労働力調査/基本集計 全都道府県 結果原表 全国, 就業者II-5, <http://www.stat.go.jp/data/roudou/index.htm>, (アクセス日 2021年11月).
- [14] 日本ロボット工業会, 「ここが知りたい! ロボット活用の基礎知識」, 2017, <https://robo-navi.com/webroot/document/2017robothb.pdf>, (アクセス日 2022年7月).
- [15] 矢野経済研究所, https://www.nikkei.com/article/DGXZRSP629216_Y2A320C2000000/, (アクセス日 2022年7月).
- [16] グローバルインフォメーション, 市場調査レポート「協働ロボットの世界市場・COVID-19の影響(～2027年): コンポーネント・ペイロード(5 Kg未満・5-10 Kg・10 Kg超)・用途(ハンドリング・加工)・産業(自動車・家具&設備)・地域別」, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000001803.000071640.html>, (アクセス日 2022年7月).
- [17] PR TIMES, 産業用ロボット市場は2030年まで年平均成長率11.8%で成長する見込み, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000005380.000067400.html>, (アクセス日 2022年7月).
- [18] 国土交通省, トラックの重量別輸送実績, <https://www.mlit.go.jp/common/001405864.pdf>, (アクセス日 2022年7月).
- [19] 日野自動車パンフレット, 日野プロフィア, <https://www.hino.co.jp/corp/news/2020/20200323-002583.html>, (アクセス日 2022年7月).
- [20] 日野自動車, 日野プロフィア諸元, <https://www.lnews.jp/2017/04/j040511.html>, (アクセス日 2022年7月).
- [21] LCS 政策提案書, 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一, LCS-FY2021-PP-05, 2022.
- [22] 内閣府, 2020年度国民経済計算(2015年基準・2008SNA), https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/2020/2020_kaku_top.html, (アクセス日 2022年8月).
- [23] 国立環境研究所, 日本の温室効果ガス排出量データ, (1990年度-2020年度) 確報値, <https://www.nies.go.jp/gio/aboutghg/index.html>, (アクセス日 2022年8月).
- [24] 資源エネルギー庁, 総合エネルギー統計(詳細版) 2018, https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline2, (アクセス日 2019年10月).
- [25] LCS 政策提案書, 家庭部門の地域別消費構造と直接および間接的二酸化炭素排出量の評価, LCS-FY2020-PP-12, 2021.
- [26] 資源エネルギー庁, 水素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/009_04_00.pdf, 2022年6月23日, (アクセス日 2022年11月).
- [27] 経済産業省, ロボットによる社会変革推進会議 報告書, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/robot_shakaihenkaku/pdf/20190724_report_01.pdf, (アクセス日 2022年9月).
- [28] LCS 政策提案書, 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一, LCS-FY2018-PP-15, 2019.
- [29] LCS 政策提案書, 情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 (Vol. 2) —データセンター消費エネルギーの現状と将来予測および技術的課題一, LCS-FY2020-PP-03, 2021.



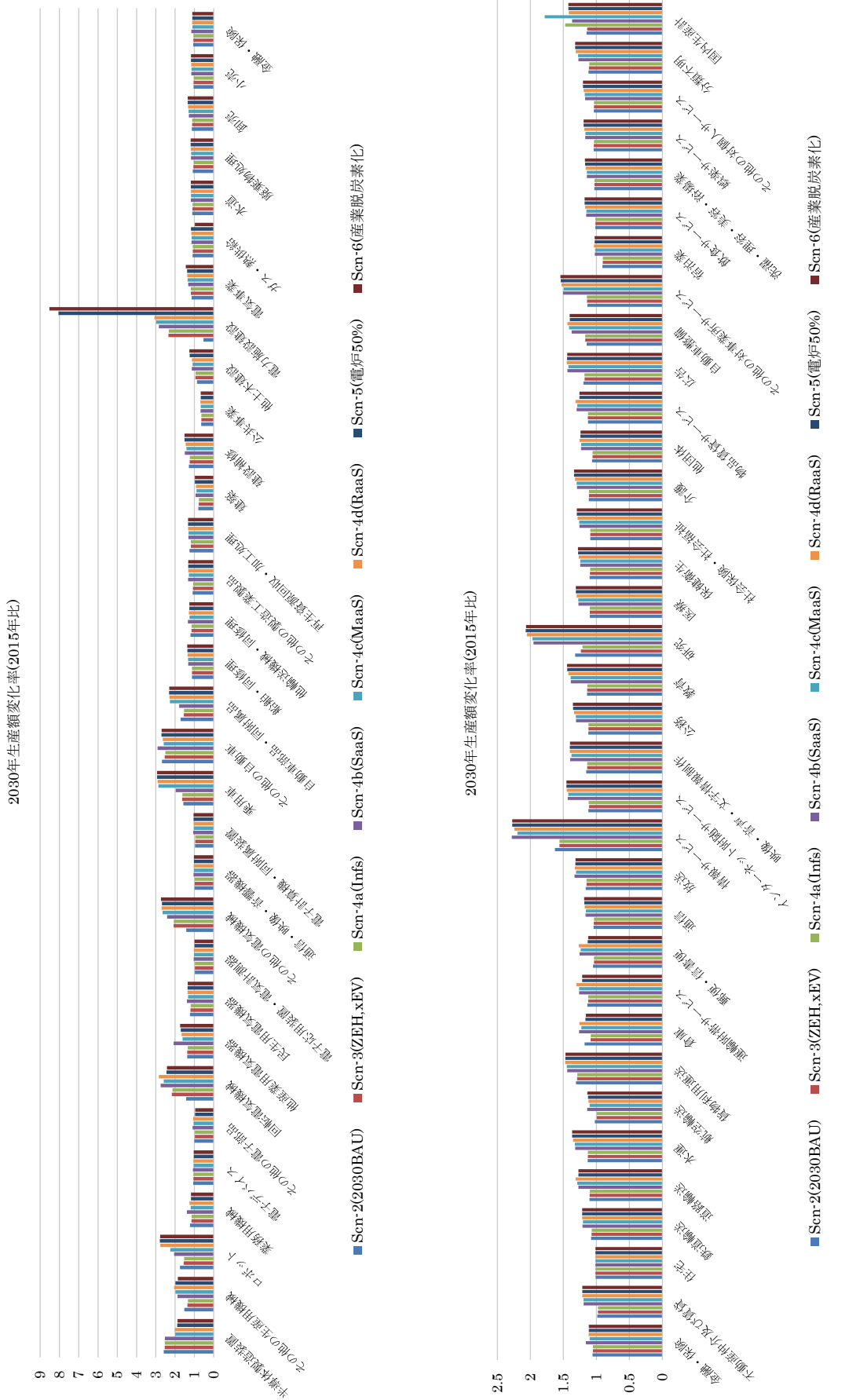


図3 シミュレーション結果：生産額2015年から2030年までの変化

(*) 図1～3は2015年比のグラフであるため、初期時点では未成立のInfs、SaaS、MaaS、RaaS、水素製造業はグラフに現れない。

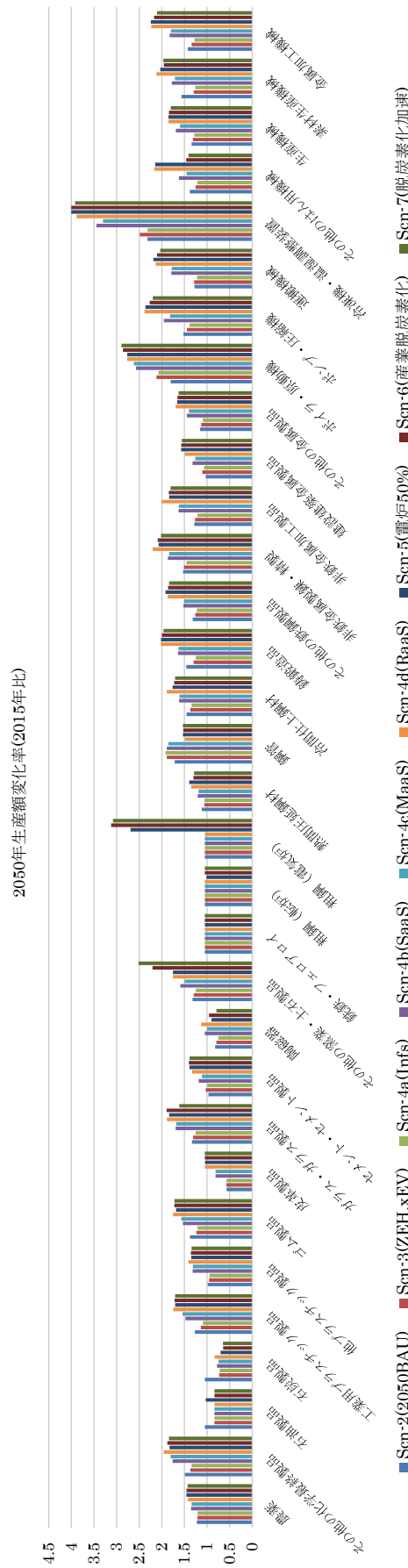
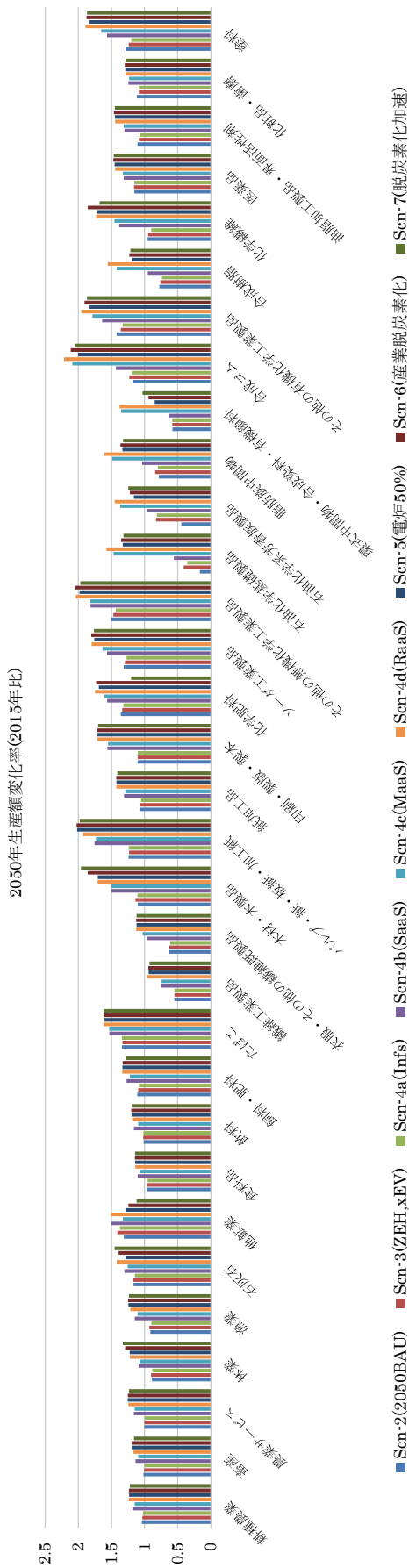
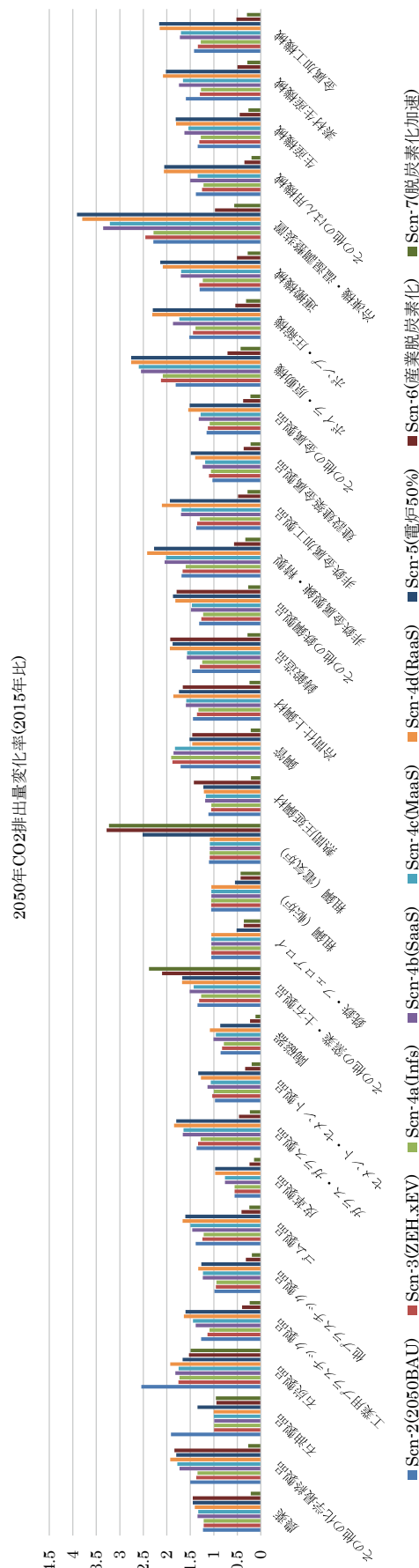
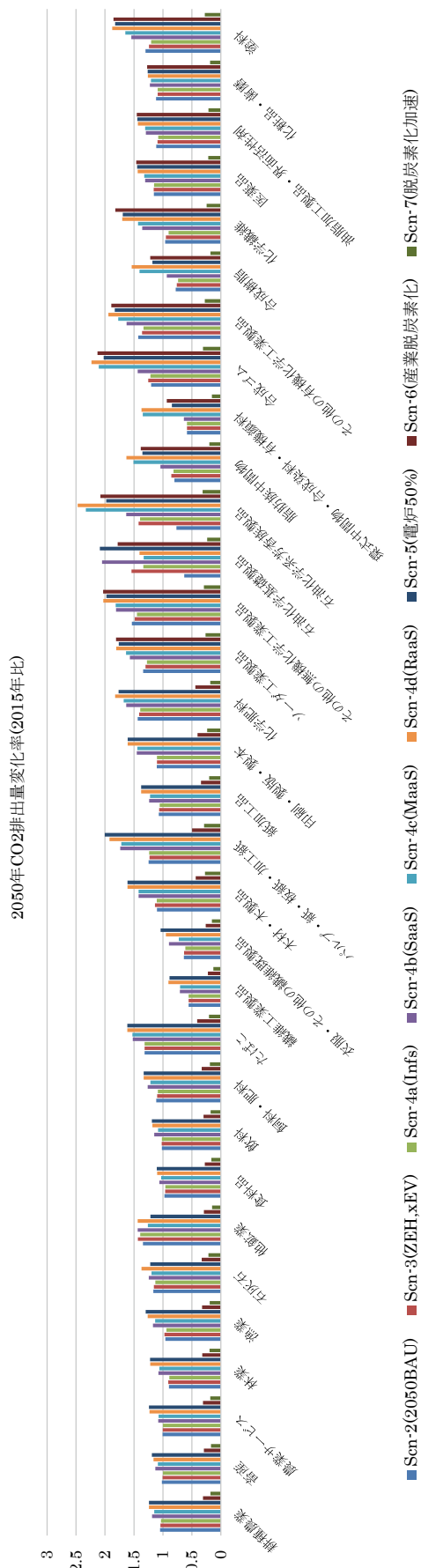




図4 シミュレーション結果：生産額 2015年から2050年までの変化



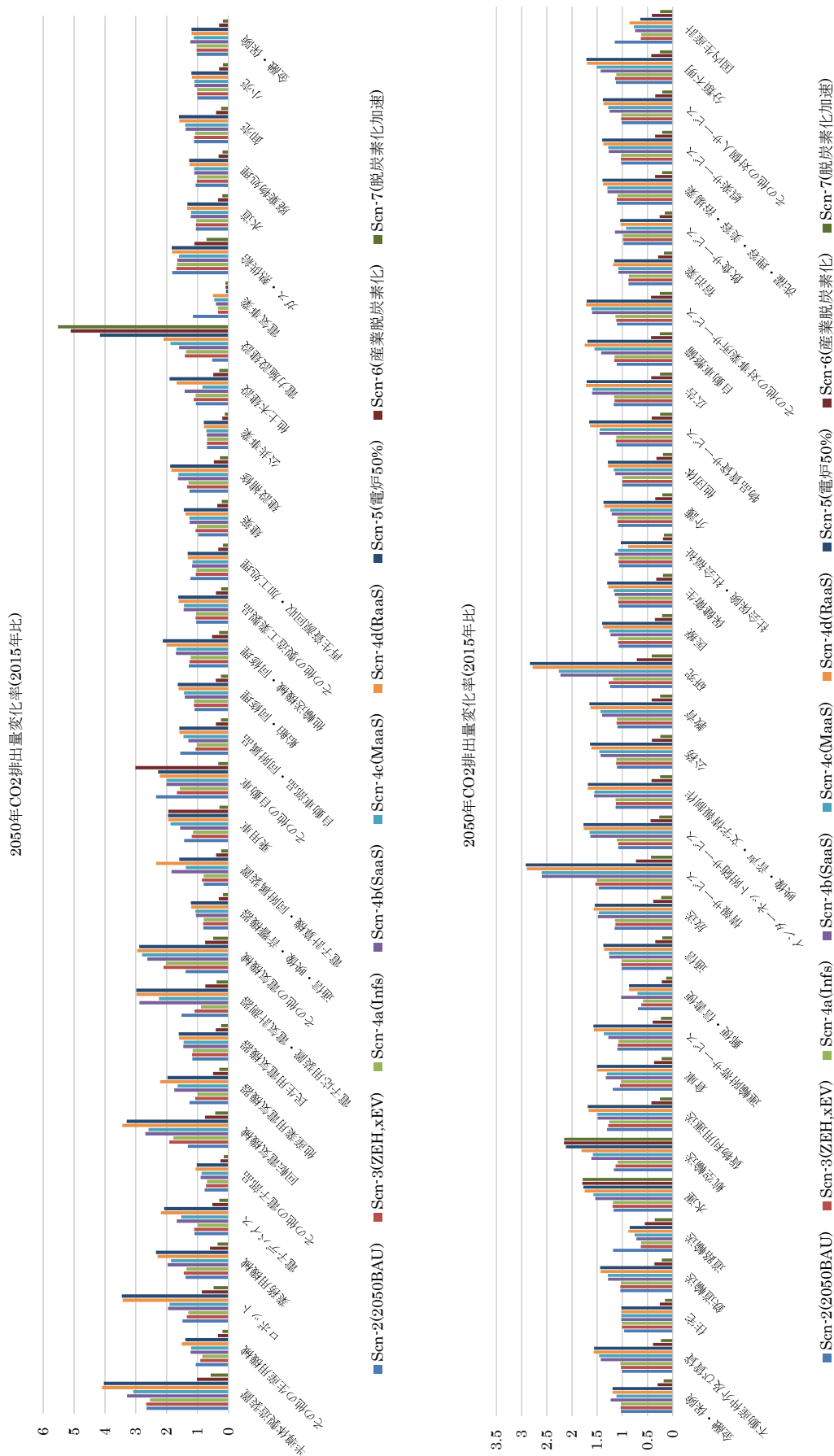


図5 シミュレーション結果：部門別CO₂排出量 2015年から2050年までの変化

付表1 全モデルと今回の新モデルの部門対照表 (行部門)

前モデル部門表 (行部門)		新モデル部門表 (行部門)	
1	耕種農業	1	耕種農業
2	畜産	2	畜産
3	農業サービス	3	農業サービス
4	林業	4	林業
5	漁業	5	漁業
6	石炭・原油・天然ガス	6a	石炭
7	その他の鉱業	6b	原油
8	食料品	6c	天然ガス
9	飲料	7a	石灰石
10	飼料・有機質肥料	7b	他鉱業
11	たばこ	8	食料品
12	繊維工業製品	9	飲料
13	衣服・その他の繊維既製品	10	飼料・肥料
14	木材・木製品	11	たばこ
15	家具・装備品	12	繊維工業製品
16	パルプ・紙・板紙・加工紙	13	衣服・その他の繊維既製品
17	紙加工品	14	木材・木製品
18	印刷・製版・製本	15	パルプ・紙・板紙・加工紙
19	化学肥料	16	紙加工品
20	無機化学工業製品	17	印刷・製版・製本
21	石油化学系基礎製品	18	化学肥料
22	他有機化学工業製品	19	ソーダ工業製品
23	合成樹脂	20	その他の無機化学工業製品
24	化学繊維	21	石油化学基礎製品
25	医薬品	22	石油化学系芳香族製品
26	化学最終製品 (除医薬品)	23	脂肪族中間物
27	石油製品	24	環式中間物・合成染料・有機顔料
28	石炭製品	25	合成ゴム
29	プラスチック製品	26	その他の有機化学工業製品
30	ゴム製品	27	合成樹脂
31	なめし革・革製品・毛皮	28	化学繊維
32	ガラス・ガラス製品	29	医薬品
33	セメント・セメント製品	30	油脂加工製品・界面活性剤
34	陶磁器	31	化粧品・歯磨

35	その他の窯業・土石製品	32	塗料・印刷インキ
36	銑鉄・粗鋼	33	農業
37	鋼材	34	その他の化学最終製品
38	鑄鍛造品（鉄）	35_a	ガソリン
39	その他の鉄鋼製品	35_b	ジェット燃料油
40	非鉄金属製錬・精製	35_c	灯油
41	非鉄金属加工製品	35_d	軽油
42	建設用・建築用金属製品	35_e	A重油
43	その他の金属製品	35_f	B重油・C重油
44	はん用機械	35_g	ナフサ
45	生産用機械	35_h	液化石油ガス
46	業務用機械	35_i	その他の石油製品
47	電子デバイス	36	石炭製品
48	その他の電子部品	37	工業用プラスチック製品
49	産業用電気機器	38	他プラスチック製品
50	民生用電気機器	39	ゴム製品
51	電子応用装置・電気計測器	40	なめし革・革製品・毛皮
52	その他の電気機械	41	ガラス・ガラス製品
53	通信・映像・音響機器	42	セメント・セメント製品
54	電子計算機・同附属装置	43	陶磁器
55	乗用車	44	その他の窯業・土石製品
56	その他の自動車	45	銑鉄・フェロアロイ
57	自動車部品・同附属品	46	粗鋼（転炉）
58	船舶・同修理	47	粗鋼（電気炉）
59	その他の輸送機械・同修理	SCRP_s	鉄屑
60	その他の製造工業製品	48	熱間圧延鋼材
61	再生資源回収・加工処理	49	鋼管
62	建築	50	冷間仕上鋼材
63	建設補修	51	鑄鍛造品（鉄）
64	公共事業	52	その他の鉄鋼製品
65	その他の土木建設	53	非鉄金属製錬・精製
EFC	電力設備建設	SCRP_n	非鉄金属屑
66	電力	54	非鉄金属加工製品
67	ガス・熱供給	55	建設・建築用金属製品
68	水道	56	その他の金属製品
69	廃棄物処理	57	ボイラ・原動機

70	商業	58	ポンプ・圧縮機
71	金融・保険	59	運搬機械
72	不動産仲介及び賃貸	60	冷凍機・温湿調整装置
73	住宅賃貸料	61	その他のはん用機械
74	鉄道輸送	62	生産機械
75	道路輸送	63	基礎素材産業用機械
76	水運	64	金属加工機械
77	航空輸送	65	半導体製造装置
78	貨物利用運送	66	その他の生産用機械
79	倉庫	67	ロボット
80	運輸附帯サービス	68	業務用機械
81	郵便・信書便	69	電子デバイス
82	通信	70	その他の電子部品
83	放送	71	発電電気機械
84	情報サービス	72	他産業用電気機器
85	インターネット附随サービス	73	民生用電気機器
86	映像・音声・文字情報制作	74	電子応用装置・電気計測器
87	公務	75	その他の電気機械
88	教育	76	通信・映像・音響機器
89	研究	77	電子計算機・同附属装置
90	医療	78	乗用車
91	保健衛生	79	その他の自動車
92	社会保険・社会福祉	80	自動車部品・同附属品
93	介護	81	船舶・同修理
94	他に分類されない会員制団体	82	他輸送機械・修理
95	物品賃貸サービス	83	他製造工業製品・事務用品
96	広告	84	再生資源回収・加工処理
97	自動車整備・機械修理	85	建築
98	その他の対事業所サービス	86	建設補修
99	宿泊業	87	公共事業
100	飲食サービス	88	他土木建設
101	洗濯・理容・美容・浴場業	EFC	電力施設建設
102	娯楽サービス	89	電力
103	その他の対個人サービス	90	ガス・熱供給
104	分類不明	91	水道
SaaS	SaaS	92	廃棄物処理

MaaS	MaaS	93	卸売
InfS	InfS	94	小売
Total	内生部門計	95	金融・保険
Wage	労働費用	96	不動産仲介及び賃貸
Rtrn	資本費用	97	住宅サービス
Othrs	他費用	98	鉄道輸送
Vad_T	付加価値計	99	道路輸送
Q_Row_T	生産額計	100	水運
		101	航空輸送
		102	貨物利用運送
		103	倉庫
		104	運輸附帯サービス
		105	郵便・信書便
		106	通信
		107	放送
		108	情報サービス
		109	インターネット附随サービス
		110	映像・音声・文字情報制作
		111	公務（中央＋地方）
		112	教育
		113	研究
		114	医療
		115	保健衛生
		116	社会保険・社会福祉
		117	介護
		118	他団体
		119	物品賃貸サービス
		120	広告
		121	自動車整備・機械修理
		122	その他の対事業所サービス
		123	宿泊業
		124	飲食サービス
		125	洗濯・理容・美容・浴場業
		126	娯楽サービス
		127	その他の対個人サービス
		128	分類不明

SaaS	SaaS
MaaS	MaaS
InfS	情報サービス
RaaS	RaaS
H2	水素製造業
Row_T	内生部門計
Wage	労働費用
Rtrn	資本費用
Othrs	他費用
Vad_T	付加価値計
Q_Row_T	生産額計

付表1 (続き) 前モデルと今回の新モデルの部門対照表 (列部門)

前モデル部門表 (列部門)		新モデル部門表 (列部門)	
1	耕種農業	1	耕種農業
2	畜産	2	畜産
3	農業サービス	3	農業サービス
4	林業	4	林業
5	漁業	5	漁業
6	石炭・原油・天然ガス	6a	石炭
7	その他の鉱業	6b	原油
8	食料品	6c	天然ガス
9	飲料	7a	石灰石
10	飼料・有機質肥料 (別掲を除く。)	7b	他鉱業
11	たばこ	8	食料品
12	繊維工業製品	9	飲料
13	衣服・その他の繊維既製品	10	飼料・肥料
14	木材・木製品	11	たばこ
15	家具・装備品	12	繊維工業製品
16	パルプ・紙・板紙・加工紙	13	衣服・その他の繊維既製品
17	紙加工品	14	木材・木製品
18	印刷・製版・製本	15	パルプ・紙・板紙・加工紙
19	化学肥料	16	紙加工品
20	無機化学工業製品	17	印刷・製版・製本
21	石油化学系基礎製品	18	化学肥料
22	他有機化学工業製品	19	ソーダ工業製品
23	合成樹脂	20	その他の無機化学工業製品
24	化学繊維	21	石油化学基礎製品
25	医薬品	22	石油化学系芳香族製品
26	化学最終製品 (医薬品を除く。)	23	脂肪族中間物
27	石油製品	24	環式中間物・合成染料・有機顔料
28	石炭製品	25	合成ゴム
29	プラスチック製品	26	その他の有機化学工業製品
30	ゴム製品	27	合成樹脂
31	なめし革・革製品・毛皮	28	化学繊維
32	ガラス・ガラス製品	29	医薬品
33	セメント・セメント製品	30	油脂加工製品・界面活性剤
34	陶磁器	31	化粧品・歯磨

35	その他の窯業・土石製品	32	塗料
36	銑鉄・粗鋼	33	農業
37	鋼材	34	その他の化学最終製品
38	鋳鍛造品（鉄）	35	石油製品
39	その他の鉄鋼製品	36	石炭製品
40	非鉄金属製錬・精製	37	工業用プラスチック製品
41	非鉄金属加工製品	38	他プラスチック製品
42	建設用・建築用金属製品	39	ゴム製品
43	その他の金属製品	40	皮革製品
44	はん用機械	41	ガラス・ガラス製品
45	生産用機械	42	セメント・セメント製品
46	業務用機械	43	陶磁器
47	電子デバイス	44	その他の窯業・土石製品
48	その他の電子部品	45	銑鉄・フェロアロイ
49	産業用電気機器	46	粗鋼（転炉）
50	民生用電気機器	47	粗鋼（電気炉）
51	電子応用装置・電気計測器	48	熱間圧延鋼材
52	その他の電気機械	49	鋼管
53	通信・映像・音響機器	50	冷間仕上鋼材
54	電子計算機・同附属装置	51	鋳鍛造品
55	乗用車	52	その他の鉄鋼製品
56	その他の自動車	53	非鉄金属製錬・精製
57	自動車部品・同附属品	54	非鉄金属加工製品
58	船舶・同修理	55	建設建築金属製品
59	その他の輸送機械・同修理	56	その他の金属製品
60	その他の製造工業製品	57	ボイラ・原動機
61	再生資源回収・加工処理	58	ポンプ・圧縮機
62	建築	59	運搬機械
63	建設補修	60	冷凍機・温湿調整装置
64	公共事業	61	その他のはん用機械
65	その他の土木建設	62	生産機械
EFC	電力設備建設	63	素材生産機械
66	電力	64	金属加工機械
67	ガス・熱供給	65	半導体製造装置
68	水道	66	その他の生産用機械
69	廃棄物処理	67	ロボット

70	商業	68	業務用機械
71	金融・保険	69	電子デバイス
72	不動産仲介及び賃貸	70	その他の電子部品
73	住宅賃貸料	71	回転電気機械
74	鉄道輸送	72	他産業用電気機器
75	道路輸送	73	民生用電気機器
76	水運	74	電子応用装置・電気計測器
77	航空輸送	75	その他の電気機械
78	貨物利用運送	76	通信・映像・音響機器
79	倉庫	77	電子計算機・同附属装置
80	運輸附帯サービス	78	乗用車
81	郵便・信書便	79	その他の自動車
82	通信	80	自動車部品・同附属品
83	放送	81	船舶・同修理
84	情報サービス	82	他輸送機械・同修理
85	インターネット附随サービス	83	その他の製造工業製品
86	映像・音声・文字情報制作	84	再生資源回収・加工処理
87	公務	85	建築
88	教育	86	建設補修
89	研究	87	公共事業
90	医療	88	他土木建設
91	保健衛生	EFC	電力施設建設
92	社会保険・社会福祉	89	電気事業
93	介護	90	ガス・熱供給
94	他に分類されない会員制団体	91	水道
95	物品賃貸サービス	92	廃棄物処理
96	広告	93	卸売
97	自動車整備・機械修理	94	小売
98	その他の対事業所サービス	95	金融・保険
99	宿泊業	96	不動産仲介及び賃貸
100	飲食サービス	97	住宅
101	洗濯・理容・美容・浴場業	98	鉄道輸送
102	娯楽サービス	99	道路輸送
103	その他の対個人サービス	100	水運
104	分類不明	101	航空輸送
SaaS	SaaS	102	貨物利用運送

MaaS	MaaS	103	倉庫
InfS	InfS	104	運輸附帯サービス
CIm_T	内生部門計	105	郵便・信書便
Csp_Priv	家計外消費支出（列）	106	通信
Csp_Gov	民間消費支出	107	放送
Csp_Oth	一般政府消費支出	108	情報サービス
CpF_Priv	国内総固定資本形成（公的）	109	インターネット附随サービス
CpF_Gov	国内総固定資本形成（民間）	110	映像・音声・文字情報制作
CpF_Oth	在庫純増	111	公務
Fnd_T	国内最終需要計	112	教育
DmDmd	国内需要合計	113	研究
Exp	輸出計	114	医療
Imp	輸入計	115	保健衛生
Q_CIm_T	国内生産額	116	社会保険・社会福祉
		117	介護
		118	他団体
		119	物品賃貸サービス
		120	広告
		121	自動車整備
		122	その他の対事業所サービス
		123	宿泊業
		124	飲食サービス
		125	洗濯・理容・美容・浴場業
		126	娯楽サービス
		127	その他の対個人サービス
		128	分類不明
		SaaS	SaaS
		MaaS	MaaS
		InfS	InfS
		RaaS	RaaS
		H2	水素製造業
		CIm_T	内生部門計
		Csp_Priv	家計消費
		Csp_Gov	政府消費
		Csp_Oth	他消費支出
		CpF_Priv	民間資本形成

CpF_Gov	公的資本形成
CpF_Oth	在庫他
Fnd_T	国内最終需要
DmDmd	国内需要
Exp	輸出
Imp	輸入
Q_Clm_T	国内生産計

(*) 太字は、今回細分化した主要な部門

付表2 産業別・職業別労働者人口統計職業 [13] 分類とマッキンゼー報告書との対応づけ

	職業（大分類）	職業（小分類）	職種
1	総数		Manage
2	管理的職業従事者		Expertise
3	専門的・技術的職業従事者	総数	Expertise
4		技術者	Expertise
5		保健医療従事者	Expertise
6		教員	Expertise
7		その他の専門的・技術的職業従事者	Collect data
8	事務従事者	総数	Collect data
9		一般事務従事者	Process data
10		会計事務従事者	Collect data
11		その他の事務従事者	Interface
12	販売従事者	総数	Interface
13		商品販売従事者	Interface
14		販売類似職業従事者	Interface
15		営業職業従事者	Interface
16	サービス職業従事者	総数	Unpredictable physical
17		介護サービス職業従事者	Unpredictable physical
18		生活衛生サービス職業従事者	Unpredictable physical
19		飲食物調理従事者	Unpredictable physical
20		接客・給仕職業従事者	Unpredictable physical
21		その他のサービス職業従事者	Unpredictable physical
22	保安職業従事者		Unpredictable physical
23	農林漁業従事者		Predictable physical
24	生産工程従事者	総数	Predictable physical
25		製品製造・加工処理従事者（金属製品）	Predictable physical
26		製品製造・加工処理従事者（金属製品を除く）	Predictable physical
27		機械組立従事者	Predictable physical
28		機械整備・修理従事者	Predictable physical
29		製品検査従事者	Predictable physical
30		機械検査従事者	Predictable physical
31		生産関連・生産類似作業従事者	Predictable physical
32	輸送・機械運転従事者		Predictable physical
33	建設・採掘従事者		Unpredictable physical
34	運搬・清掃・包装等従事者	総数	Unpredictable physical

35		運搬従事者	Predictable physical
36		清掃従事者	Unpredictable physical
37		その他の運搬・清掃・包装等従事者	Manage
38	分類不能の職業		

付表3 推計した産業部門別協働ロボットによる潜在的労働力増加率

部門コード	産業部門	潜在労働増加係数	部門コード	産業部門	潜在労働増加係数
1	耕種農業	276%	64	金属加工機械	168%
2	畜産	275%	65	半導体製造装置	168%
3	農業サービス	276%	66	その他の生産用機械	168%
4	林業	242%	67	ロボット	168%
5	漁業	286%	68	業務用機械	160%
6a	石炭	181%	69	電子デバイス	171%
6b	原油	181%	70	その他の電子部品	171%
6c	天然ガス	181%	71	発電電気機械	165%
7a	石灰石	181%	72	他産業用電気機器	165%
7b	他鉱業	181%	73	民生用電気機器	165%
8	食料品	197%	74	電子応用装置・電気計測器	165%
9	飲料	174%	75	その他の電気機械	150%
10	飼料・肥料	197%	76	通信・映像・音響機器	150%
11	たばこ	174%	77	電子計算機・同附属装置	150%
12	繊維工業製品	191%	78	乗用車	176%
13	衣服・その他の繊維既製品	191%	79	その他の自動車	176%
14	木材・木製品	181%	80	自動車部品・同附属品	176%
15	パルプ・紙・板紙・加工紙	186%	81	船舶・同修理	176%
16	紙加工品	186%	82	他輸送機械・修理	176%
17	印刷・製版・製本	169%	83	他製造工業製品・事務用品	176%
18	化学肥料	159%	84	再生資源回収・加工処理	188%
19	ソーダ工業製品	159%	85	建築	179%
20	その他の無機化学工業製品	159%	86	建設補修	179%
21	石油化学基礎製品	159%	87	公共事業	179%
22	石油化学系芳香族製品	159%	88	他土木建設	179%
23	脂肪族中間物	159%	EFC	電力施設建設	179%
24	環式中間物・合成染料他	159%	89	電力	148%
25	合成ゴム	159%	90	ガス・熱供給	148%
26	その他の有機化学工業製品	159%	91	水道	148%
27	合成樹脂	159%	92	廃棄物処理	188%
28	化学繊維	159%	93	卸売	132%
29	医薬品	159%	94	小売	130%
30	油脂加工製品・界面活性剤	159%	95	金融・保険	119%

31	化粧品・歯磨	159%	96	不動産仲介及び賃貸	116%
32	塗料・印刷インキ	159%	97	住宅サービス	116%
33	農薬	159%	98	鉄道輸送	160%
34	その他の化学最終製品	159%	99	道路輸送	177%
35	石油製品	171%	100	水運	169%
36	石炭製品	171%	101	航空輸送	143%
37	工業用プラスチック製品	187%	102	貨物利用運送	178%
38	他プラスチック製品	187%	103	倉庫	181%
39	ゴム製品	185%	104	運輸附带サービス	165%
40	なめし革・革製品・毛皮	193%	105	郵便・信書便	175%
41	ガラス・ガラス製品	183%	106	通信	126%
42	セメント・セメント製品	183%	107	放送	122%
43	陶磁器	183%	108	情報サービス	120%
44	その他の窯業・土石製品	183%	109	インターネット附随サービス	121%
45	鋳鉄・フェロアロイ	182%	110	映像・音声・文字情報制作	125%
46	粗鋼（転炉）	182%	111	公務（中央＋地方）	150%
47	粗鋼（電気炉）	182%	112	教育	121%
48	熱間圧延鋼材	182%	113	研究	124%
49	鋼管	182%	114	医療	117%
50	冷間仕上鋼材	182%	115	保健衛生	122%
51	鋳鍛造品（鉄）	182%	116	社会保険・社会福祉	115%
52	その他の鉄鋼製品	182%	117	介護	154%
53	非鉄金属製錬・精製	173%	118	他団体	153%
54	非鉄金属加工製品	185%	119	物品賃貸サービス	127%
55	建設・建築用金属製品	185%	120	広告	119%
56	その他の金属製品	185%	121	自動車整備・機械修理	184%
57	ボイラ・原動機	170%	122	その他の対事業所サービス	124%
58	ポンプ・圧縮機	170%	123	宿泊業	133%
59	運搬機械	170%	124	飲食サービス	133%
60	冷凍機・温湿調整装置	170%	125	洗濯・理容・美容・浴場業	115%
61	その他のはん用機械	170%	126	娯楽サービス	122%
62	生産機械	168%	127	その他の対個人サービス	125%
63	基礎素材産業用機械	168%	128	分類不明	153%

付表4 紀村 [3] 乗用車 FCV (MIRAI) および貨物用 FCV (プロファイア) の生産費用推計値

産業連関 表業部門	名称	FCV (Mirai)			FR-FCV (プロファイア) 15t積み		
		部品 点数	部品価格 (2013)	部品価格 (2030)	部品 点数	部品価格 (2020)	部品価格 (2030)
その他 窯業・土石	水素タンク	2	2,000,000	549,250	4	4,000,000	1,098,500
産業用 電気機器	駆動用モーター						
	発電機モーター						
	モーター	1	70,000	27,257	2	140,000	54,514
	インバーター(駆動用)						
	インバーター(発電用)						
	インバーター	1	25,000	11,250	2	50,000	22,500
	コンバーター	1	8,600	5,216	2	17,200	10,432
	リアクトル	1	6,000	5,000	2	12,000	10,000
電子応用装置 / 計測器	マネジメントユニット	1	6,500	4,758	2	13,000	9,516
	インバータ用電流センサ	1	1,488	1,002	2	2,976	2,004
	バッテリー用電流センサ	1	1,400	800	2	2,800	1,600
そのほか 電気機器	NiH バッテリー	204	130,764	115,250			
	Li バッテリー				384	647,060	337,152
	燃料電池スタック	1	1,200,000	292,969	2	2,400,000	585,938
電子部品	電流センサ(インバータ)	1	3,667	2,591	2	7,334	5,182
合計			3,453,419	1,015,343		7,292,370	2,137,338
自動車既存 部品削減	(内燃機関)		-241,294	-241,294		-1,299,997	-1,299,997
生産者価格			4,984,800	2,546,398	増加分	5,985,109	832,229
購入者価格			7,236,000	3,696,384	推計購入 者価格	28,688,062	21,278,394
粗付加価値額			699,951	353,735	推計車生 産者価格	19,762,887	14,610,007
従来車との 車体価格比			4.02	2.05		1.392	1.067

付表5 DRI製鉄法の推定投入係数

		投入係数			投入係数
石炭	6a	2.149E-04	ガス・熱供給	90	2.489E-03
天然ガス	6c	4.386E-04	水道	91	1.277E-04
石灰石	7a	2.605E-04	廃棄物処理	92	3.729E-06
他鉱業	7b	-3.617E-04	卸売	93	1.537E-02
衣服・その他の繊維既製品	13	3.775E-05	小売	94	2.400E-04
木材・木製品	14	5.313E-05	金融・保険	95	2.633E-03
印刷・製版・製本	17	9.788E-06	不動産仲介及び賃貸	96	6.483E-04
化学肥料	18	-1.491E-05	鉄道輸送	98	6.926E-04
ソーダ工業製品	19	1.072E-05	道路輸送	99	8.667E-03
その他の無機化学工業製品	20	5.407E-03	水運	100	1.368E-03
環式中間物・合成染料他	24	4.661E-07	航空輸送	101	8.157E-05
その他の有機化学工業製品	26	1.352E-05	貨物利用運送	102	4.824E-04
油脂加工製品・界面活性剤	30	4.474E-05	倉庫	103	9.322E-04
その他の化学最終製品	34	5.826E-05	郵便・信書便	105	5.779E-05
灯油	35_c	2.955E-04	通信	106	1.869E-04
軽油	35_d	4.661E-07	放送	107	4.661E-07
A重油	35_e	4.582E-04	情報サービス	108	1.800E-03
B重油・C重油	35_f	1.161E-04	インターネット附随サービス	109	4.349E-04
液化石油ガス	35_h	6.152E-05	映像・音声・文字情報制作	110	2.764E-04
その他の石油製品	35_i	4.428E-05	他団体	118	5.966E-05
ゴム製品	39	5.337E-04	物品賃貸サービス	119	5.146E-04
なめし革・革製品・毛皮	40	2.890E-05	広告	120	4.801E-05
その他の窯業・土石製品	44	2.432E-02	自動車整備・機械修理	121	6.998E-03
銑鉄・フェロアロイ	45	5.562E-01	その他の対事業所サービス	122	2.155E-03
非鉄金属製錬・精製	53	1.223E-02	洗濯・理容・美容・浴場業	125	9.322E-06
その他の金属製品	56	2.191E-05	その他の対個人サービス	127	3.542E-05
金属加工機械	64	4.661E-07	分類不明	128	4.504E-03
その他の電子部品	70	4.661E-07	内生部門計	Row_T	7.881E-01
通信・映像・音響機器	76	4.661E-07	労働費用	Wage	3.107E-02
他製造工業製品・事務用品	83	4.474E-05	資本費用	Rtrn	1.324E-01
再生資源回収・加工処理	84	2.124E-02	他費用	Othrs	4.841E-02
建設補修	86	1.010E-02	付加価値計	Vad_T	2.119E-01
電力	89	1.054E-01	生産額計	Q_Row_T	1.000E+00

付表6 DRI製鉄法の推定資本係数

		資本係数			資本係数
衣服・その他の繊維既製品	13	7.210E-05	電子計算機・同附属装置	77	1.533E-03
木材・木製品	14	5.864E-04	乗用車	78	9.613E-05
建設・建築用金属製品	55	9.373E-05	その他の自動車	79	1.706E-04
その他の金属製品	56	8.772E-04	他輸送機械・修理	82	7.693E-03
ボイラ・原動機	57	2.192E-02	他製造工業製品・事務用品	83	3.559E-03
ポンプ・圧縮機	58	6.128E-02	建築	85	1.258E-01
運搬機械	59	1.572E-02	建設補修	86	1.821E-02
冷凍機・温湿調整装置	60	1.226E-02	他土木建設	88	1.601E-02
その他のはん用機械	61	6.373E-03	卸売	93	3.917E-02
生産機械	62	3.531E-02	小売	94	1.990E-03
基礎素材産業用機械	63	5.208E-03	鉄道輸送	98	2.403E-06
金属加工機械	64	1.486E-02	道路輸送	99	4.196E-03
ロボット	67	1.923E-04	水運	100	1.322E-04
業務用機械	68	1.377E-01	航空輸送	101	2.403E-06
発電電気機械	71	2.366E-02	貨物利用運送	102	2.644E-04
他産業用電気機器	72	1.461E-01	倉庫	103	4.134E-04
民生用電気機器	73	1.367E-03	情報サービス	108	5.043E-02
電子応用装置・電気計測器	74	1.186E-02	研究	113	5.420E-02
その他の電気機械	75	1.658E-01	その他の対事業所サービス	122	1.297E-02
通信・映像・音響機器	76	1.877E-03	合計		1.000E+00

付表7 産業用化石燃料投入の用途別シェア

		軽油			灯油		
		自家発電	蒸気発生	最終需要	自家発電	蒸気発生	最終需要
1	耕種農業	5.5%	0.0%	94.5%	0.0%	0.0%	100.0%
2	畜産	58.3%	0.0%	41.7%	0.0%	0.0%	27.1%
3	農業サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	16.8%
4	林業	0.0%	0.0%	32.3%	0.0%	0.0%	100.0%
5	漁業	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	100.0%
6a	石炭	98.0%	0.4%	1.7%	0.0%	0.0%	100.0%
6b	原油	98.0%	0.4%	1.7%	0.0%	0.0%	100.0%
6c	天然ガス	98.0%	0.4%	1.7%	0.0%	0.0%	100.0%
7a	石灰石	98.1%	0.4%	1.5%	0.0%	0.0%	100.0%
7b	他鉱業	98.4%	0.4%	1.2%	0.0%	0.0%	100.0%
8	食料品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	37.7%
9	飲料	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	76.5%
10	飼料・肥料	3.3%	60.8%	35.9%	0.0%	0.0%	82.8%
11	たばこ	3.4%	61.8%	34.9%	0.0%	0.0%	32.4%
12	繊維工業製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	2.9%
13	衣服・その他の繊維既製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	5.5%
14	木材・木製品	0.5%	56.2%	43.3%	0.0%	0.0%	100.0%
15	パルプ・紙・板紙・加工紙	12.5%	70.1%	17.4%	0.0%	0.0%	4.7%
16	紙加工品	14.5%	81.5%	4.0%	0.0%	0.0%	5.3%
17	印刷・製版・製本	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	5.5%
18	化学肥料	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
19	ソーダ工業製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	74.9%
20	その他の無機化学工業製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1.7%
21	石油化学基礎製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.4%
22	石油化学系芳香族製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	2.4%
23	脂肪族中間物	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	3.1%
24	環式中間物・合成染料・有機顔料	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	4.8%
25	合成ゴム	1.7%	49.0%	49.2%	0.0%	0.0%	4.4%
26	その他の有機化学工業製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	7.2%
27	合成樹脂	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	8.3%
28	化学繊維	2.3%	64.8%	32.9%	0.0%	0.0%	5.0%
29	医薬品	2.6%	72.5%	24.9%	0.0%	0.0%	41.4%
30	油脂加工製品・界面活性剤	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	12.7%

31	化粧品・歯磨	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	16.9%
32	塗料・印刷インキ	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	5.8%
33	農薬	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	9.5%
34	その他の化学最終製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	16.9%
35	石油製品	55.9%	44.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
36	石炭製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	35.1%
37	工業用プラスチック製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	52.7%
38	他プラスチック製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	52.7%
39	ゴム製品	0.0%	50.5%	49.5%	0.0%	0.0%	19.6%
40	なめし革・革製品・毛皮	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	19.5%
41	ガラス・ガラス製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	9.3%
42	セメント・セメント製品	93.7%	5.3%	1.0%	0.0%	0.0%	7.6%
43	陶磁器	0.8%	87.0%	12.2%	0.0%	0.0%	100.0%
44	その他の窯業・土石製品	0.6%	61.7%	37.7%	0.0%	0.0%	100.0%
45	鉄鉄・フェロアロイ	30.1%	25.2%	44.7%	0.0%	0.0%	9.0%
46	粗鋼（転炉）	16.5%	13.8%	69.7%	0.0%	0.0%	85.7%
47	粗鋼（電気炉）	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	4.1%
48	熱間圧延鋼材	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	5.1%
49	鋼管	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	12.2%
50	冷間仕上鋼材	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	5.9%
51	鋳鍛造品（鉄）	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	79.0%
52	その他の鉄鋼製品	0.1%	7.9%	92.0%	0.0%	0.0%	57.4%
53	非鉄金属製錬・精製	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	12.2%
54	非鉄金属加工製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	9.9%
55	建設・建築用金属製品	0.4%	23.2%	76.4%	0.0%	0.0%	19.0%
56	その他の金属製品	1.4%	81.4%	17.2%	0.0%	0.0%	0.0%
57	ボイラ・原動機	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	26.6%
58	ポンプ・圧縮機	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	42.1%
59	運搬機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	39.1%
60	冷凍機・温湿調整装置	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	21.2%
61	その他のはん用機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	32.9%
62	生産機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	25.6%
63	基礎素材産業用機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	54.8%
64	金属加工機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	25.8%
65	半導体製造装置	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	11.5%
66	その他の生産用機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	43.1%

67	ロボット	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	32.8%
68	業務用機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	7.3%
69	電子デバイス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	12.4%
70	その他の電子部品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	8.7%
71	回転電気機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	10.0%
72	他産業用電気機器	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	8.9%
73	民生用電気機器	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	17.8%
74	電子応用装置・電気計測器	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	7.1%
75	その他の電気機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	7.9%
76	通信・映像・音響機器	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	9.9%
77	電子計算機・同附属装置	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	6.5%
78	乗用車	0.0%	66.4%	33.6%	0.0%	0.0%	63.2%
79	その他の自動車	0.0%	41.9%	58.1%	0.0%	0.0%	100.0%
80	自動車部品・同附属品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
81	船舶・同修理	0.0%	21.8%	78.2%	0.0%	0.0%	98.1%
82	他輸送機械・修理	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	29.7%
83	他製造工業製品・事務用品	0.0%	6.4%	93.6%	0.0%	0.0%	46.3%
84	再生資源回収・加工処理	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
85	建築	46.8%	37.6%	15.6%	0.0%	0.0%	100.0%
86	建設補修	47.2%	37.9%	14.8%	0.0%	0.0%	100.0%
87	公共事業	51.5%	41.4%	7.1%	0.0%	0.0%	100.0%
88	他土木建設	51.6%	41.4%	7.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EFC	電力施設建設	51.5%	41.4%	7.0%	0.0%	0.0%	100.0%
89	電力	60.3%	38.9%	0.8%	0.0%	0.0%	86.5%
90	ガス・熱供給	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
91	水道	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	44.3%
92	廃棄物処理	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	75.8%
93	卸売	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
94	小売	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
95	金融・保険	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.5%
96	不動産仲介及び賃貸	48.3%	0.0%	51.7%	0.0%	0.0%	68.9%
97	住宅賃貸料	22.4%	17.7%	59.9%	0.0%	0.0%	25.9%
98	鉄道輸送	0.0%	0.0%	43.0%	0.0%	0.0%	100.0%
99	道路輸送	0.0%	0.0%	31.5%	0.0%	0.0%	100.0%
100	水運	99.1%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	100.0%
101	航空輸送	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%

102	貨物利用運送	0.0%	97.3%	2.7%	0.0%	0.0%	100.0%
103	倉庫	76.1%	13.4%	10.6%	0.0%	0.0%	100.0%
104	運輸附帯サービス	2.0%	94.8%	3.2%	0.0%	0.0%	100.0%
105	郵便・信書便	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.1%
106	通信	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	76.8%
107	放送	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	52.2%
108	情報サービス	5.7%	1.3%	93.0%	0.0%	0.0%	100.0%
109	インターネット附随サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.5%
110	映像・音声・文字情報制作	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	2.6%
111	公務（中央＋地方）	19.5%	0.1%	80.4%	0.0%	0.0%	56.6%
112	教育	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	16.9%
113	研究	40.1%	25.0%	34.9%	0.0%	0.0%	69.1%
114	医療	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	2.0%
115	保健衛生	15.2%	12.0%	72.8%	0.0%	0.0%	85.2%
116	社会保険・社会福祉	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1.3%
117	介護	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1.4%
118	他団体	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1.5%
119	物品賃貸サービス	5.0%	70.1%	24.9%	0.0%	0.0%	100.0%
120	広告	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
121	自動車整備・機械修理	0.0%	28.2%	71.8%	0.0%	0.0%	60.8%
122	その他の対事業所サービス	3.0%	42.9%	54.1%	0.0%	0.0%	89.9%
123	宿泊業	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	2.2%
124	飲食サービス	0.1%	56.9%	43.0%	0.0%	0.0%	2.2%
125	洗濯・理容・美容・浴場業	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1.4%
126	娯楽サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	27.0%
127	その他の対個人サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	6.9%
128	分類不明	0.0%	0.0%	19.5%	0.0%	0.0%	100.0%

付表7 産業用化石燃料投入の用途別シェア（続き-1）

		重油			ガス		
		自家発電	蒸気発生	最終需要	自家発電	蒸気発生	最終需要
1	耕種農業	7.5%	0.0%	92.5%	0.0%	0.0%	100.0%
2	畜産	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
3	農業サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
4	林業	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5	漁業	0.0%	0.0%	82.6%	0.0%	0.0%	99.8%

6a	石炭	65.2%	0.0%	34.8%	0.0%	0.0%	100.0%
6b	原油	65.2%	0.0%	34.8%	0.0%	0.0%	100.0%
6c	天然ガス	65.2%	0.0%	34.8%	0.0%	0.0%	100.0%
7a	石灰石	48.8%	0.0%	51.2%	0.0%	0.0%	100.0%
7b	他鉱業	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
8	食料品	55.7%	0.0%	44.3%	2.4%	59.6%	38.0%
9	飲料	39.5%	16.6%	43.8%	10.5%	68.3%	21.2%
10	飼料・肥料	31.5%	13.2%	55.3%	2.4%	59.6%	38.0%
11	たばこ	28.7%	12.1%	59.2%	10.5%	68.3%	21.2%
12	繊維工業製品	51.9%	25.5%	22.6%	37.1%	41.5%	21.4%
13	衣服・その他の繊維既製品	30.2%	26.1%	43.7%	4.0%	59.3%	36.7%
14	木材・木製品	53.4%	0.0%	46.6%	11.3%	25.8%	63.0%
15	パルプ・紙・板紙・加工紙	38.1%	16.9%	45.0%	48.5%	42.2%	9.3%
16	紙加工品	26.5%	11.8%	61.7%	48.5%	42.2%	9.3%
17	印刷・製版・製本	0.0%	0.0%	100.0%	6.7%	21.4%	71.8%
18	化学肥料	0.0%	0.0%	30.1%	14.8%	55.9%	29.3%
19	ソーダ工業製品	7.2%	1.0%	91.8%	25.4%	28.2%	46.4%
20	その他の無機化学工業製品	0.0%	0.0%	100.0%	25.4%	28.2%	46.4%
21	石油化学基礎製品	0.0%	0.0%	100.0%	25.4%	28.2%	46.4%
22	石油化学系芳香族製品	0.0%	0.0%	100.0%	14.8%	55.9%	29.3%
23	脂肪族中間物	0.0%	0.0%	100.0%	14.8%	55.9%	29.3%
24	環式中間物・合成染料・有機顔料	35.6%	5.0%	59.4%	14.8%	55.9%	29.3%
25	合成ゴム	3.2%	0.4%	96.4%	14.8%	55.9%	29.3%
26	その他の有機化学工業製品	47.7%	6.7%	45.6%	14.8%	55.9%	29.3%
27	合成樹脂	51.8%	7.2%	41.0%	14.8%	55.9%	29.3%
28	化学繊維	0.0%	0.0%	100.0%	14.8%	55.9%	29.3%
29	医薬品	43.0%	6.0%	51.0%	14.8%	55.9%	29.3%
30	油脂加工製品・界面活性剤	55.4%	7.7%	36.8%	14.8%	55.9%	29.3%
31	化粧品・歯磨	57.4%	8.0%	34.6%	14.8%	55.9%	29.3%
32	塗料・印刷インキ	45.1%	6.3%	48.5%	14.8%	55.9%	29.3%
33	農薬	53.4%	7.5%	39.2%	14.8%	55.9%	29.3%
34	その他の化学最終製品	57.4%	8.0%	34.6%	14.8%	55.9%	29.3%
35	石油製品	0.0%	0.0%	0.0%	55.8%	44.2%	0.0%
36	石炭製品	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	14.0%	86.0%
37	工業用プラスチック製品	55.8%	14.5%	29.7%	10.3%	60.0%	29.6%
38	他プラスチック製品	55.8%	14.5%	29.7%	10.3%	60.0%	29.6%

39	ゴム製品	56.2%	13.4%	30.4%	26.1%	64.2%	9.6%
40	なめし革・革製品・毛皮	0.0%	0.0%	29.2%	0.1%	13.7%	86.2%
41	ガラス・ガラス製品	0.0%	0.0%	93.0%	7.7%	0.2%	92.0%
42	セメント・セメント製品	0.0%	0.0%	100.0%	7.7%	0.2%	92.0%
43	陶磁器	10.8%	0.1%	89.2%	0.8%	25.9%	73.3%
44	その他の窯業・土石製品	33.6%	0.2%	66.2%	0.8%	25.9%	73.3%
45	銑鉄・フェロアロイ	0.0%	0.0%	100.0%	1.4%	9.2%	89.4%
46	粗鋼（転炉）	0.0%	0.0%	82.5%	1.4%	9.2%	89.4%
47	粗鋼（電気炉）	0.0%	0.0%	100.0%	1.4%	9.2%	89.4%
48	熱間圧延鋼材	0.0%	0.0%	100.0%	1.4%	9.2%	89.4%
49	鋼管	0.0%	0.0%	84.7%	1.4%	9.2%	89.4%
50	冷間仕上鋼材	0.0%	0.0%	99.9%	1.4%	9.2%	89.4%
51	鋳鍛造品（鉄）	0.0%	0.0%	82.9%	1.1%	9.6%	89.2%
52	その他の鉄鋼製品	0.0%	0.0%	100.0%	1.1%	9.6%	89.2%
53	非鉄金属製錬・精製	0.0%	0.0%	100.0%	1.4%	9.8%	88.8%
54	非鉄金属加工製品	0.0%	0.0%	100.0%	1.4%	9.8%	88.8%
55	建設・建築用金属製品	0.0%	0.0%	100.0%	2.2%	19.1%	78.7%
56	その他の金属製品	90.7%	0.1%	9.1%	12.3%	84.8%	2.9%
57	ボイラ・原動機	3.9%	0.0%	96.1%	0.0%	0.0%	100.0%
58	ポンプ・圧縮機	13.8%	0.0%	86.2%	0.0%	0.0%	100.0%
59	運搬機械	13.1%	0.0%	86.9%	0.0%	0.0%	100.0%
60	冷凍機・温湿調整装置	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
61	その他のはん用機械	12.5%	0.0%	87.5%	0.0%	0.0%	100.0%
62	生産機械	2.3%	0.0%	97.7%	0.0%	0.0%	100.0%
63	基礎素材産業用機械	10.1%	3.2%	86.7%	0.0%	0.0%	100.0%
64	金属加工機械	23.3%	7.5%	69.2%	0.0%	0.0%	100.0%
65	半導体製造装置	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
66	その他の生産用機械	17.3%	5.5%	77.2%	0.0%	0.0%	100.0%
67	ロボット	13.4%	4.3%	82.4%	0.0%	0.0%	100.0%
68	業務用機械	7.3%	2.3%	90.4%	0.0%	0.0%	100.0%
69	電子デバイス	13.2%	4.2%	82.6%	0.0%	0.0%	100.0%
70	その他の電子部品	4.1%	1.3%	94.6%	0.0%	0.0%	100.0%
71	回転電気機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
72	他産業用電気機器	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
73	民生用電気機器	0.1%	0.0%	99.9%	0.0%	0.0%	100.0%
74	電子応用装置・電気計測器	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%

75	その他の電気機械	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
76	通信・映像・音響機器	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
77	電子計算機・同附属装置	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
78	乗用車	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
79	その他の自動車	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
80	自動車部品・同附属品	6.0%	0.0%	94.0%	0.0%	0.0%	100.0%
81	船舶・同修理	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
82	他輸送機械・修理	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
83	他製造工業製品・事務用品	5.3%	0.0%	94.7%	3.2%	32.7%	64.2%
84	再生資源回収・加工処理	42.2%	0.0%	57.8%	0.2%	0.1%	99.7%
85	建築	3.7%	0.5%	95.8%	0.5%	0.5%	99.0%
86	建設補修	18.3%	2.3%	79.4%	0.5%	0.5%	99.0%
87	公共事業	0.0%	0.0%	100.0%	0.5%	0.5%	99.0%
88	他土木建設	0.0%	0.0%	100.0%	0.5%	0.5%	99.0%
EFC	電力施設建設	71.7%	8.9%	19.4%	0.5%	0.5%	99.0%
89	電力	97.7%	2.1%	0.2%	88.0%	4.5%	7.4%
90	ガス・熱供給	85.4%	0.0%	14.6%	13.2%	0.4%	86.3%
91	水道	26.5%	0.0%	73.5%	10.4%	10.7%	78.9%
92	廃棄物処理	28.3%	0.0%	71.7%	0.2%	0.1%	99.7%
93	卸売	39.8%	0.0%	60.2%	2.4%	3.6%	94.0%
94	小売	32.3%	2.4%	65.3%	2.4%	3.6%	94.0%
95	金融・保険	0.0%	0.0%	100.0%	5.9%	5.4%	88.6%
96	不動産仲介及び賃貸	0.0%	0.0%	100.0%	13.6%	17.3%	69.1%
97	住宅賃貸料	0.0%	0.0%	100.0%	13.7%	17.5%	68.8%
98	鉄道輸送	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
99	道路輸送	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
100	水運	6.2%	0.0%	93.8%	0.0%	0.0%	100.0%
101	航空輸送	93.0%	0.0%	7.0%	35.9%	42.9%	21.1%
102	貨物利用運送	0.0%	0.0%	100.0%	20.6%	24.6%	54.7%
103	倉庫	0.0%	0.0%	100.0%	1.6%	1.9%	96.5%
104	運輸附帯サービス	0.0%	0.0%	100.0%	20.6%	24.6%	54.7%
105	郵便・信書便	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
106	通信	36.1%	0.0%	63.9%	25.6%	27.1%	47.2%
107	放送	30.2%	0.0%	69.8%	19.7%	23.5%	56.8%
108	情報サービス	0.0%	0.0%	100.0%	12.8%	15.3%	71.8%
109	インターネット附随サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%

110	映像・音声・文字情報制作	0.0%	0.0%	100.0%	0.3%	0.4%	99.3%
111	公務（中央+地方）	0.0%	0.0%	100.0%	3.4%	3.1%	93.6%
112	教育	11.5%	0.2%	88.3%	5.4%	5.6%	89.0%
113	研究	0.0%	0.0%	100.0%	2.8%	4.3%	92.9%
114	医療	0.0%	0.0%	100.0%	6.4%	7.5%	86.1%
115	保健衛生	0.0%	0.0%	100.0%	1.2%	1.2%	97.6%
116	社会保険・社会福祉	0.0%	0.0%	100.0%	0.6%	0.7%	98.7%
117	介護	0.0%	0.0%	100.0%	0.6%	0.7%	98.7%
118	他団体	0.0%	0.0%	100.0%	3.4%	4.0%	92.6%
119	物品賃貸サービス	38.1%	0.0%	61.9%	0.0%	0.0%	100.0%
120	広告	41.1%	0.0%	58.9%	1.3%	1.5%	97.2%
121	自動車整備・機械修理	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%
122	その他の対事業所サービス	0.0%	0.0%	100.0%	2.1%	4.4%	93.5%
123	宿泊業	0.0%	0.0%	100.0%	1.6%	1.9%	96.5%
124	飲食サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.1%	99.9%
125	洗濯・理容・美容・浴場業	0.0%	0.0%	100.0%	0.6%	0.9%	98.6%
126	娯楽サービス	0.0%	0.0%	100.0%	7.8%	4.3%	88.0%
127	その他の対個人サービス	0.0%	0.0%	100.0%	0.1%	0.0%	99.9%
128	分類不明	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%

付表7 産業用化石燃料投入の用途別シェア（続き-2）

		石炭		
		自家発電	蒸気発生	最終需要
1	耕種農業	0.0%	0.0%	99.9%
2	畜産	0.0%	0.0%	99.9%
3	農業サービス	0.0%	0.0%	99.9%
4	林業	0.0%	0.0%	0.0%
5	漁業	0.0%	0.0%	0.0%
6a	石炭	0.0%	0.0%	100.0%
6b	原油	0.0%	0.0%	100.0%
6c	天然ガス	0.0%	0.0%	100.0%
7a	石灰石	0.0%	0.0%	100.0%
7b	他鉱業	0.0%	0.0%	100.0%
8	食料品	0.0%	0.0%	0.0%
9	飲料	0.0%	11.7%	88.3%
10	飼料・肥料	0.0%	0.0%	0.0%

11	たばこ	0.0%	11.7%	88.3%
12	繊維工業製品	30.4%	69.6%	0.0%
13	衣服・その他の繊維既製品	0.0%	0.0%	0.0%
14	木材・木製品	0.0%	0.0%	0.0%
15	パルプ・紙・板紙・加工紙	43.9%	55.4%	0.7%
16	紙加工品	43.9%	55.4%	0.7%
17	印刷・製版・製本	0.0%	0.0%	0.0%
18	化学肥料	0.0%	0.0%	100.0%
19	ソーダ工業製品	23.6%	49.2%	27.3%
20	その他の無機化学工業製品	23.6%	49.2%	27.3%
21	石油化学基礎製品	23.6%	49.2%	27.3%
22	石油化学系芳香族製品	0.0%	0.0%	100.0%
23	脂肪族中間物	0.0%	0.0%	100.0%
24	環式中間物・合成染料・有機顔料	0.0%	0.0%	100.0%
25	合成ゴム	0.0%	0.0%	100.0%
26	その他の有機化学工業製品	0.0%	0.0%	100.0%
27	合成樹脂	0.0%	0.0%	100.0%
28	化学繊維	0.0%	0.0%	100.0%
29	医薬品	0.0%	0.0%	100.0%
30	油脂加工製品・界面活性剤	0.0%	0.0%	100.0%
31	化粧品・歯磨	0.0%	0.0%	100.0%
32	塗料・印刷インキ	0.0%	0.0%	100.0%
33	農薬	0.0%	0.0%	100.0%
34	その他の化学最終製品	0.0%	0.0%	100.0%
35	石油製品	34.2%	65.8%	0.0%
36	石炭製品	0.0%	0.0%	0.0%
37	工業用プラスチック製品	0.0%	0.0%	0.0%
38	他プラスチック製品	0.0%	0.0%	0.0%
39	ゴム製品	0.0%	0.0%	0.0%
40	なめし革・革製品・毛皮	0.0%	0.0%	99.9%
41	ガラス・ガラス製品	16.5%	1.2%	82.3%
42	セメント・セメント製品	16.5%	1.2%	82.3%
43	陶磁器	16.5%	24.9%	58.6%
44	その他の窯業・土石製品	16.5%	24.9%	58.6%
45	銑鉄・フェロアロイ	5.4%	8.6%	86.0%
46	粗鋼（転炉）	5.4%	8.6%	86.0%

47	粗鋼（電気炉）	5.4%	8.6%	86.0%
48	熱間圧延鋼材	5.4%	8.6%	86.0%
49	鋼管	5.4%	8.6%	86.0%
50	冷間仕上鋼材	5.4%	8.6%	86.0%
51	鋳鍛造品（鉄）	0.0%	0.0%	100.0%
52	その他の鉄鋼製品	0.0%	0.0%	100.0%
53	非鉄金属製錬・精製	0.7%	6.0%	93.3%
54	非鉄金属加工製品	0.7%	6.0%	93.3%
55	建設・建築用金属製品	0.0%	0.0%	100.0%
56	その他の金属製品	0.0%	0.0%	100.0%
57	ボイラ・原動機	0.0%	0.0%	100.0%
58	ポンプ・圧縮機	0.0%	0.0%	100.0%
59	運搬機械	0.0%	0.0%	100.0%
60	冷凍機・温湿調整装置	0.0%	0.0%	100.0%
61	その他のはん用機械	0.0%	0.0%	100.0%
62	生産機械	0.0%	0.0%	0.0%
63	基礎素材産業用機械	0.0%	0.0%	0.0%
64	金属加工機械	0.0%	0.0%	0.0%
65	半導体製造装置	0.0%	0.0%	0.0%
66	その他の生産用機械	0.0%	0.0%	100.0%
67	ロボット	0.0%	0.0%	100.0%
68	業務用機械	0.0%	0.0%	0.0%
69	電子デバイス	0.0%	0.0%	0.0%
70	その他の電子部品	0.0%	0.0%	0.0%
71	回転電気機械	0.0%	0.0%	0.0%
72	他産業用電気機器	0.0%	0.0%	0.0%
73	民生用電気機器	0.0%	0.0%	0.0%
74	電子応用装置・電気計測器	0.0%	0.0%	0.0%
75	その他の電気機械	0.0%	0.0%	0.0%
76	通信・映像・音響機器	0.0%	0.0%	0.0%
77	電子計算機・同附属装置	0.0%	0.0%	0.0%
78	乗用車	0.0%	0.0%	100.0%
79	その他の自動車	0.0%	0.0%	100.0%
80	自動車部品・同附属品	0.0%	0.0%	100.0%
81	船舶・同修理	0.0%	0.0%	100.0%
82	他輸送機械・修理	0.0%	0.0%	100.0%

83	他製造工業製品・事務用品	0.0%	0.0%	0.0%
84	再生資源回収・加工処理	3.8%	0.0%	96.2%
85	建築	0.0%	0.0%	0.0%
86	建設補修	0.0%	0.0%	0.0%
87	公共事業	0.0%	0.0%	0.0%
88	他土木建設	0.0%	0.0%	0.0%
EFC	電力施設建設	0.0%	0.0%	0.0%
89	電力	99.2%	0.0%	0.8%
90	ガス・熱供給	0.0%	0.0%	0.0%
91	水道	0.0%	0.0%	100.0%
92	廃棄物処理	3.8%	0.0%	96.2%
93	卸売	0.0%	0.0%	98.4%
94	小売	0.0%	0.0%	98.4%
95	金融・保険	0.0%	0.0%	0.0%
96	不動産仲介及び賃貸	0.0%	0.0%	0.0%
97	住宅賃貸料	0.0%	0.0%	0.0%
98	鉄道輸送	0.0%	0.0%	0.0%
99	道路輸送	0.0%	0.0%	0.0%
100	水運	0.0%	0.0%	0.0%
101	航空輸送	0.0%	0.0%	0.0%
102	貨物利用運送	0.0%	0.0%	0.0%
103	倉庫	0.0%	0.0%	0.0%
104	運輸附帯サービス	0.0%	0.0%	0.0%
105	郵便・信書便	0.0%	0.0%	0.0%
106	通信	0.0%	0.0%	0.0%
107	放送	0.0%	0.0%	0.0%
108	情報サービス	0.0%	0.0%	0.0%
109	インターネット附随サービス	0.0%	0.0%	0.0%
110	映像・音声・文字情報制作	0.0%	0.0%	0.0%
111	公務（中央＋地方）	0.0%	0.0%	100.0%
112	教育	0.0%	0.0%	99.8%
113	研究	0.0%	0.0%	100.0%
114	医療	0.0%	0.0%	0.0%
115	保健衛生	0.0%	0.0%	0.0%
116	社会保険・社会福祉	0.0%	0.0%	0.0%
117	介護	0.0%	0.0%	0.0%

118	他団体	0.0%	0.0%	0.0%
119	物品賃貸サービス	0.0%	0.0%	0.0%
120	広告	0.0%	0.0%	0.0%
121	自動車整備・機械修理	0.0%	0.0%	0.0%
122	その他の対事業所サービス	0.0%	0.0%	0.0%
123	宿泊業	0.0%	0.0%	0.0%
124	飲食サービス	0.0%	0.0%	0.0%
125	洗濯・理容・美容・浴場業	0.0%	0.0%	0.0%
126	娯楽サービス	0.0%	0.0%	0.0%
127	その他の対個人サービス	0.0%	0.0%	0.0%
128	分類不明	0.0%	0.0%	0.0%

付表8 各財需要の所得弾性値の設定 [24]

財部門		所得弾性値	財部門		所得弾性値
耕種農業	1	0.539	運搬機械	59	0.226
畜産	2	0.592	冷凍機・温湿調整装置	60	0.226
農業サービス	3	0.608	その他のはん用機械	61	0.226
林業	4	0.202	生産機械	62	0.141
漁業	5	0.589	基礎素材産業用機械	63	0.141
石炭	6a	0.000	金属加工機械	64	0.141
原油	6b	0.000	半導体製造装置	65	0.141
天然ガス	6c	0.000	その他の生産用機械	66	0.141
石灰石	7a	0.000	ロボット	67	0.141
他鉱業	7b	0.000	業務用機械	68	0.471
食料品	8	0.439	電子デバイス	69	0.565
飲料	9	0.410	その他の電子部品	70	0.565
飼料・肥料	10	0.287	発電電気機械	71	0.565
たばこ	11	0.681	他産業用電気機器	72	0.565
繊維工業製品	12	0.421	民生用電気機器	73	0.524
衣服・その他の繊維既製品	13	0.714	電子応用装置・電気計測器	74	0.262
木材・木製品	14	0.606	その他の電気機械	75	0.524
パルプ・紙・板紙・加工紙	15	0.219	通信・映像・音響機器	76	0.545
紙加工品	16	0.329	電子計算機・同附属装置	77	0.524
印刷・製版・製本	17	0.362	乗用車	78	1.162
化学肥料	18	0.427	その他の自動車	79	0.776
ソーダ工業製品	19	0.427	自動車部品・同附属品	80	0.565
その他の無機化学工業製品	20	0.427	船舶・同修理	81	0.776
石油化学基礎製品	21	0.000	他輸送機械・修理	82	0.259
石油化学系芳香族製品	22	0.000	他製造工業製品・事務用品	83	0.686
脂肪族中間物	23	0.142	再生資源回収・加工処理	84	0.000
環式中間物・合成染料・他	24	0.142	建築	85	0.000
合成ゴム	25	0.142	建設補修	86	0.000
その他の有機化学工業製品	26	0.142	公共事業	87	0.000
合成樹脂	27	0.000	他土木建設	88	0.000
化学繊維	28	0.000	電力施設建設	EFC	0.000
医薬品	29	0.280	電力	89	0.431
油脂加工製品・界面活性剤	30	0.427	ガス・熱供給	90	0.086

化粧品・歯磨	31	0.427
塗料・印刷インキ	32	0.427
農薬	33	0.427
その他の化学最終製品	34	0.427
ガソリン	35_a	0.520
ジェット燃料油	35_b	0.000
灯油	35_c	-0.200
軽油	35_d	0.200
A 重油	35_e	0.000
B 重油・C 重油	35_f	0.000
ナフサ	35_g	0.000
液化石油ガス	35_h	-0.200
その他の石油製品	35_i	0.000
石炭製品	36	-0.200
工業用プラスチック製品	37	0.565
他プラスチック製品	38	0.565
ゴム製品	39	0.565
なめし革・革製品・毛皮	40	0.737
ガラス・ガラス製品	41	0.746
セメント・セメント製品	42	0.746
陶磁器	43	0.746
その他の窯業・土石製品	44	0.746
鉄鉄・フェロアロイ	45	0.000
粗鋼（転炉）	46	0.000
粗鋼（電気炉）	47	0.000
鉄屑	SCRP_S	0.000
熱間圧延鋼材	48	0.000
鋼管	49	0.000
冷間仕上鋼材	50	0.000
鋳鍛造品（鉄）	51	0.565
その他の鉄鋼製品	52	0.000
非鉄金属製錬・精製	53	0.283
非鉄金属屑	SCRP_N	0.000
非鉄金属加工製品	54	0.283
建設・建築用金属製品	55	0.283
その他の金属製品	56	0.248

水道	91	0.379
廃棄物処理	92	0.000
卸売	93	0.531
小売	94	0.531
金融・保険	95	0.572
不動産仲介及び賃貸	96	0.000
住宅サービス	97	0.000
鉄道輸送	98	0.754
道路輸送	99	0.610
水運	100	0.689
航空輸送	101	0.689
貨物利用運送	102	0.689
倉庫	103	0.689
運輸附帯サービス	104	0.689
郵便・信書便	105	0.313
通信	106	0.514
放送	107	0.272
情報サービス	108	0.523
インターネット附随サービス	109	0.523
映像・音声・文字情報制作	110	0.362
公務（中央＋地方）	111	0.511
教育	112	1.835
研究	113	0.000
医療	114	0.511
保健衛生	115	0.511
社会保険・社会福祉	116	0.511
介護	117	0.511
他団体	118	0.689
物品賃貸サービス	119	0.368
広告	120	0.000
自動車整備・機械修理	121	0.601
その他の対事業所サービス	122	0.000
宿泊業	123	0.689
飲食サービス	124	0.689
洗濯・理容・美容・浴場業	125	0.689
娯楽サービス	126	0.689

ボイラ・原動機	57	0.226	その他の対個人サービス	127	0.689
ポンプ・圧縮機	58	0.226	分類不明	128	0.689

(*) この弾性値は所得10分類消費統計に基づき、時系列データによるものではない。適用の適切性については議論の余地があるがここでは長期的推移の指標として用いた。なお、112.教育支出の弾性値が突出して高いが、これは <https://www.stat.go.jp/data/kakei/longtime/index.html#time> の2000-2021時系列データに基づく推定でも1.85とほぼ同じ結果を得たので、ここでは上記の数値を用いる。

付表9 2050年のSaaSおよび協働ロボットの導入と導入効果

	Scn-4b (SaaS)			Scn-4d (SaaS+RaaS)					
	SaaS 支出額 (兆円)	SaaS 支出対 賃金比	生産性 増加率 (SaaS)	SaaS 支出額 (兆円)	RaaS 支出額 (兆円)	SaaS 支出対 賃金比	生産性 増加率 (SaaS)	RaaS 支出対 賃金比	生産性 増加率 (RaaS)
1 耕種農業	0.028	7.7%	116.6%	0.005	0.011	1.3%	107.2%	3.1%	164.0%
2 畜産	0.014	9.2%	118.1%	0.002	0.004	1.0%	106.4%	2.7%	162.0%
3 農業サービス	0.068	27.0%	130.0%	0.003	0.007	1.0%	106.3%	2.7%	162.7%
4 林業	0.016	10.8%	119.5%	0.002	0.004	1.6%	107.8%	2.7%	151.7%
5 漁業	0.027	12.4%	120.9%	0.003	0.007	1.2%	106.8%	3.0%	167.1%
6a 石炭	0.002	9.7%	118.6%	0.001	0.000	9.6%	118.5%	0.0%	100.0%
6b 原油	0.002	8.8%	117.8%	0.002	0.000	8.8%	117.7%	0.0%	100.0%
6c 天然ガス	0.003	6.9%	115.8%	0.003	0.000	7.0%	116.0%	0.0%	100.0%
7a 石灰石	0.004	22.4%	127.5%	0.005	0.000	23.9%	128.3%	0.0%	100.0%
7b 他鉱業	0.053	35.0%	133.9%	0.054	0.000	35.0%	133.9%	0.0%	100.0%
8 食料品	1.221	35.0%	133.1%	0.982	0.166	30.7%	130.9%	5.2%	139.8%
9 飲料	0.104	19.3%	124.3%	0.045	0.015	8.9%	116.3%	3.0%	129.0%
10 飼料・肥料	0.018	23.9%	127.1%	0.009	0.003	11.5%	118.5%	4.1%	138.7%
11 たばこ	0.001	0.9%	104.9%	0.000	0.001	0.6%	103.8%	1.0%	124.3%
12 繊維工業製品	0.071	35.0%	133.1%	0.080	0.013	35.0%	133.1%	5.5%	137.9%
13 衣服・その他の繊維既製品	0.147	35.0%	133.1%	0.138	0.030	35.0%	133.1%	7.6%	138.7%
14 木材・木製品	0.339	35.0%	133.1%	0.339	0.048	35.0%	133.1%	5.0%	133.7%
15 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.068	13.5%	120.1%	0.038	0.016	7.1%	114.4%	3.1%	133.3%
16 紙加工品	0.257	35.0%	133.1%	0.145	0.031	19.4%	124.3%	4.1%	134.6%
17 印刷・製版・製本	0.539	35.0%	133.1%	0.451	0.057	28.8%	129.9%	3.6%	127.9%
18 化学肥料	0.005	13.1%	119.9%	0.006	0.000	13.7%	120.3%	0.0%	100.0%
19 ソーダ工業製品	0.002	6.5%	113.7%	0.002	0.000	6.6%	113.9%	0.0%	100.0%
20 その他の無機化学工業製品	0.038	12.0%	118.9%	0.043	0.000	12.5%	119.4%	0.0%	100.0%
21 石油化学基礎製品	0.007	14.1%	120.6%	0.007	0.000	14.3%	120.8%	0.0%	100.0%
22 石油化学系芳香族製品	0.004	8.1%	115.5%	0.004	0.000	8.3%	115.6%	0.0%	100.0%
23 脂肪族中間物	0.013	9.0%	116.3%	0.014	0.000	9.3%	116.6%	0.0%	100.0%
24 環式中間物・合成染料・有機顔料	0.021	9.9%	117.1%	0.022	0.000	10.3%	117.5%	0.0%	100.0%
25 合成ゴム	0.008	7.4%	114.8%	0.009	0.000	7.8%	115.2%	0.0%	100.0%
26 その他の有機化学工業製品	0.020	7.7%	115.0%	0.023	0.000	8.1%	115.5%	0.0%	100.0%
27 合成樹脂	0.025	9.3%	116.6%	0.027	0.000	9.6%	116.9%	0.0%	100.0%
28 化学繊維	0.017	15.7%	121.8%	0.018	0.000	16.3%	122.2%	0.0%	100.0%
29 医薬品	0.053	8.7%	116.1%	0.060	0.000	9.1%	116.4%	0.0%	100.0%
30 油脂加工製品・界面活性剤	0.015	13.3%	120.0%	0.017	0.000	14.0%	120.6%	0.0%	100.0%
31 化粧品・歯磨	0.032	21.7%	125.8%	0.035	0.000	23.0%	126.6%	0.0%	100.0%
32 塗料	0.022	10.9%	118.1%	0.027	0.000	11.6%	118.6%	0.0%	100.0%
33 農薬	0.005	9.9%	117.2%	0.005	0.000	10.6%	117.8%	0.0%	100.0%
34 その他の化学最終製品	0.097	14.3%	120.8%	0.109	0.000	15.4%	121.6%	0.0%	100.0%
35 石油製品	0.000	0.0%	100.0%	0.000	0.000	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
36 石炭製品	0.002	6.8%	114.1%	0.004	0.000	10.9%	118.0%	0.0%	100.0%
37 工業用プラスチック製品	0.277	35.0%	133.1%	0.326	0.000	35.0%	133.1%	0.0%	100.0%
38 他プラスチック製品	0.656	35.0%	133.1%	0.675	0.000	35.0%	133.1%	0.0%	100.0%
39 ゴム製品	0.221	26.0%	128.3%	0.270	0.000	28.1%	129.5%	0.0%	100.0%
40 皮革製品	0.018	35.0%	133.1%	0.021	0.003	35.0%	133.1%	5.5%	138.7%
41 ガラス・ガラス製品	0.080	21.2%	125.5%	0.094	0.000	22.3%	126.2%	0.0%	100.0%
42 セメント・セメント製品	0.136	28.0%	129.5%	0.164	0.000	30.6%	130.8%	0.0%	100.0%

低炭素社会実現に向けた政策立案のための提案書
 需要の構造変化に着目した産業連関モデルの拡張 (Vol.2)
 令和5年1月

43	陶磁器	0.054	35.0%	133.1%	0.059	0.000	35.0%	133.1%	0.0%	100.0%
44	その他の窯業・土石製品	0.159	35.0%	133.1%	0.179	0.000	35.0%	133.1%	0.0%	100.0%
45	鉄鉄・フェロアロイ	0.001	2.1%	107.7%	0.001	0.000	1.6%	106.7%	0.0%	100.0%
46	粗鋼（転炉）	0.010	7.9%	115.3%	0.011	0.000	8.6%	115.9%	0.0%	100.0%
47	粗鋼（電気炉）	0.005	10.3%	117.5%	0.006	0.000	10.9%	118.0%	0.0%	100.0%
48	熱間圧延鋼材	0.110	35.0%	133.1%	0.111	0.000	35.0%	133.1%	0.0%	100.0%
49	鋼管	0.025	15.5%	121.6%	0.024	0.000	18.3%	123.6%	0.0%	100.0%
50	冷間仕上鋼材	0.045	11.6%	118.6%	0.061	0.000	13.2%	119.9%	0.0%	100.0%
51	鑄鍛造品	0.104	25.7%	128.1%	0.141	0.000	28.3%	129.6%	0.0%	100.0%
52	その他の鉄鋼製品	0.093	35.0%	133.1%	0.115	0.000	35.0%	133.1%	0.0%	100.0%
53	非鉄金属製錬・精製	0.026	11.3%	118.3%	0.031	0.000	11.4%	118.4%	0.0%	100.0%
54	非鉄金属加工製品	0.220	21.1%	125.4%	0.131	0.041	11.0%	118.1%	3.4%	133.4%
55	建設建築金属製品	0.346	35.0%	133.1%	0.332	0.044	33.3%	132.2%	4.4%	134.5%
56	その他の金属製品	0.906	35.0%	133.1%	0.958	0.132	35.0%	133.1%	4.8%	134.8%
57	ボイラ・原動機	0.062	8.4%	115.7%	0.037	0.017	5.0%	112.0%	2.2%	126.5%
58	ポンプ・圧縮機	0.162	22.9%	126.5%	0.112	0.025	13.3%	120.0%	3.0%	127.6%
59	運搬機械	0.118	28.4%	129.7%	0.078	0.015	16.3%	122.2%	3.1%	127.8%
60	冷凍機・温湿調整装置	0.092	13.9%	120.4%	0.055	0.018	8.1%	115.4%	2.6%	127.2%
61	その他のはん用機械	0.339	33.2%	132.2%	0.281	0.047	19.3%	124.3%	3.2%	127.9%
62	生産機械	0.300	23.0%	126.6%	0.190	0.041	13.9%	120.5%	3.0%	126.9%
63	素材生産機械	0.110	21.9%	125.9%	0.073	0.016	12.9%	119.7%	2.9%	126.7%
64	金属加工機械	0.388	29.1%	130.1%	0.279	0.050	17.4%	123.0%	3.1%	127.0%
65	半導体製造装置	0.180	13.3%	120.0%	0.129	0.042	8.0%	115.3%	2.6%	126.3%
66	その他の生産用機械	0.372	35.0%	133.1%	0.375	0.043	30.6%	130.8%	3.5%	127.4%
67	ロボット	0.040	21.0%	125.3%	0.040	0.009	12.3%	119.2%	2.9%	126.7%
68	業務用機械	0.561	23.9%	127.1%	0.376	0.067	14.8%	121.1%	2.6%	123.4%
69	電子デバイス	0.223	17.2%	122.9%	0.132	0.041	8.3%	115.7%	2.6%	127.2%
70	その他の電子部品	0.515	35.0%	133.1%	0.534	0.058	32.7%	131.9%	3.6%	128.3%
71	回転電気機械	0.203	30.4%	130.7%	0.154	0.026	17.9%	123.3%	3.0%	125.8%
72	他産業用電気機器	0.634	32.2%	131.6%	0.476	0.076	19.0%	124.1%	3.0%	125.8%
73	民生用電気機器	0.106	22.1%	126.0%	0.064	0.014	13.0%	119.8%	2.8%	125.6%
74	電子応用装置・電気計測器	0.213	21.6%	125.7%	0.127	0.028	12.0%	119.0%	2.7%	125.4%
75	その他の電気機械	0.185	16.5%	122.4%	0.135	0.025	11.4%	118.4%	2.1%	119.1%
76	通信・映像・音響機器	0.188	26.7%	128.7%	0.138	0.019	16.4%	122.3%	2.2%	119.3%
77	電子計算機・同附属装置	0.121	25.9%	128.3%	0.095	0.013	16.0%	122.0%	2.2%	119.3%
78	乗用車	0.234	11.4%	118.5%	0.146	0.059	6.4%	113.6%	2.6%	128.9%
79	その他の自動車	0.183	16.0%	122.0%	0.101	0.033	8.8%	116.2%	2.9%	129.4%
80	自動車部品・同附属品	0.880	18.4%	123.7%	0.536	0.157	10.1%	117.3%	3.0%	129.5%
81	船舶・同修理	0.125	24.2%	127.3%	0.076	0.018	14.0%	120.5%	3.2%	129.9%
82	他輸送機械・同修理	0.183	14.8%	121.1%	0.110	0.038	8.1%	115.5%	2.8%	129.3%
83	その他の製造工業製品	0.372	35.0%	133.1%	0.372	0.051	35.0%	133.1%	4.8%	131.1%
84	再生資源回収・加工処理	0.081	35.0%	133.9%	0.082	0.011	34.9%	133.9%	4.8%	136.0%
85	建築	4.033	35.0%	124.6%	4.042	0.636	35.0%	124.6%	5.5%	132.8%
86	建設補修	1.908	35.0%	124.6%	1.741	0.247	31.8%	123.4%	4.5%	132.2%
87	公共事業	0.877	35.0%	124.6%	0.589	0.109	22.5%	119.4%	4.2%	132.0%
88	他土木建設	1.465	35.0%	124.6%	1.546	0.228	35.0%	124.6%	5.2%	132.6%
EFC	電力施設建設	0.200	35.0%	124.6%	0.231	0.031	35.0%	124.6%	4.8%	132.4%
89	電気事業	0.134	4.8%	113.4%	0.109	0.041	3.5%	111.4%	1.3%	117.0%
90	ガス・熱供給	0.043	12.2%	120.7%	0.030	0.006	8.7%	117.6%	1.8%	117.9%

91 水道	0.096	14.5%	122.4%	0.068	0.013	10.0%	118.9%	1.9%	118.0%
92 廃棄物処理	0.763	35.0%	133.9%	0.577	0.098	25.8%	129.4%	4.4%	135.6%
93 卸売	1.532	9.4%	114.6%	1.352	0.215	7.6%	112.8%	1.2%	111.6%
94 小売	5.317	35.0%	132.3%	5.482	0.354	35.0%	132.3%	2.3%	111.9%
95 金融・保険	0.219	2.5%	121.3%	0.126	0.022	1.5%	118.2%	0.3%	105.4%
96 不動産仲介及び賃貸	0.118	5.6%	109.7%	0.111	0.014	5.0%	109.2%	0.6%	105.4%
97 住宅	0.034	2.2%	105.8%	0.026	0.007	1.7%	105.1%	0.4%	105.0%
98 鉄道輸送	0.181	9.5%	115.2%	0.095	0.037	4.8%	110.3%	1.9%	122.2%
99 道路輸送	2.880	35.0%	132.4%	2.234	0.338	24.8%	126.5%	3.7%	131.0%
100 水運	0.091	12.5%	117.9%	0.051	0.018	6.8%	112.6%	2.4%	126.2%
101 航空輸送	0.071	15.8%	120.4%	0.044	0.008	9.6%	115.3%	1.6%	116.1%
102 貨物利用運送	0.047	16.3%	120.8%	0.025	0.009	8.5%	114.3%	3.0%	130.4%
103 倉庫	0.056	14.8%	122.6%	0.022	0.011	5.3%	113.9%	2.6%	130.8%
104 運輸附帯サービス	0.475	24.1%	126.1%	0.277	0.060	12.5%	117.8%	2.7%	125.4%
105 郵便・信書便	0.275	35.0%	132.4%	0.219	0.033	35.0%	132.4%	5.2%	131.1%
106 通信	0.012	1.5%	104.7%	0.008	0.005	0.9%	103.6%	0.6%	108.5%
107 放送	0.013	2.0%	105.5%	0.011	0.004	1.7%	105.0%	0.6%	107.3%
108 情報サービス	1.287	9.8%	112.8%	1.383	0.129	9.6%	112.7%	0.9%	107.1%
109 インターネット附随サービス	0.135	18.0%	117.8%	0.122	0.008	15.5%	116.4%	1.1%	107.6%
110 映像・音声・文字情報制作	0.142	8.1%	111.6%	0.122	0.019	6.7%	110.5%	1.1%	109.1%
111 公務	1.187	8.0%	117.0%	0.890	0.258	5.7%	114.4%	1.6%	118.4%
112 教育	4.024	24.4%	128.6%	4.218	0.190	22.5%	127.6%	1.0%	107.6%
113 研究	1.248	9.2%	118.1%	1.346	0.145	8.4%	117.3%	0.9%	108.5%
114 医療	7.083	35.0%	133.9%	7.724	0.202	35.0%	133.9%	0.9%	105.9%
115 保健衛生	0.338	35.0%	133.9%	0.364	0.013	35.0%	133.9%	1.3%	108.0%
116 社会保険・社会福祉	2.159	35.0%	133.9%	1.327	0.040	35.0%	133.9%	1.1%	105.3%
117 介護	2.134	35.0%	133.9%	2.220	0.236	35.0%	133.9%	3.7%	121.9%
118 他団体	0.708	35.0%	133.9%	0.745	0.073	35.0%	133.9%	3.4%	121.3%
119 物品賃貸サービス	0.045	4.2%	112.5%	0.032	0.008	2.8%	110.3%	0.7%	109.1%
120 広告	0.101	9.8%	118.7%	0.097	0.008	9.0%	117.9%	0.8%	106.7%
121 自動車整備	1.165	35.0%	133.9%	0.872	0.155	23.6%	128.2%	4.2%	133.9%
122 その他の対事業所サービス	7.287	35.0%	133.9%	7.700	0.304	35.0%	133.9%	1.4%	109.0%
123 宿泊業	0.327	35.0%	133.9%	0.342	0.022	35.0%	133.9%	2.3%	112.9%
124 飲食サービス	2.270	35.0%	133.9%	1.960	0.160	35.0%	133.9%	2.9%	113.0%
125 洗濯・理容・美容・浴場業	0.003	0.3%	103.4%	0.003	0.001	0.3%	103.5%	0.1%	103.6%
126 娯楽サービス	0.043	2.4%	109.6%	0.032	0.008	1.7%	108.2%	0.4%	106.8%
127 その他の対個人サービス	0.011	0.7%	105.2%	0.011	0.006	0.6%	105.0%	0.3%	107.2%
128 分類不明	0.000	0.0%	101.2%	0.000	0.000	0.0%	101.1%	0.0%	107.3%
内生部門計	58.7			62.3	6.2				

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

**需要の構造変化に着目した産業連関モデルの
拡張 (Vol.2)**
—ロボットと水素利用の導入—

令和5年1月

An Expansion of Input-Output Model Focusing on the Demand-side
Structural Changes (Vol. 2) :
Effects of Robot and Hydrogen Utilization

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2023.1

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 研究統括／上席研究員 森 俊介 (MORI Shunsuke)
特任研究員 田中 加奈子 (TANAKA Kanako)
- 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。

