

中国の二酸化炭素排出量削減の 可能性に関する産業連関分析⁺

陳泓旭*、ラウシンイー*、高辻秀興*、小野宏哉*

はじめに

中国は過去40年にわたって目覚しく発展してきた。中国統計局によれば、2018年に中国の名目国内総生産（GDP）は約90兆人民元（約1,378兆円、以下元と略する）であり、一人当たりGDPは約64,500元（約99万円）であった¹。1980年にそれぞれが0.46兆元（約7兆円）と468元（約7,200円）であった。GDPと一人当たりGDPはそれぞれ196倍と138倍の増加であった。中国の経済規模は2010年に約41.2兆元であり、日本を追い越して世界の第2経済大国となった。中国の驚異的な経済発展の物語は多くの実証研究を引き寄せている。

計画経済体制から市場経済体制への転換から、華僑・華人資本を含む外国直接投資を中核に置く輸出志向型産業発展、農村から都市部の経済特区や経済技術開発区への無制限労働供給、農村部における郷鎮企業を中心とした工業化またはルイス二部門発展論などに至って実証研究の蓄積が高い。市場原理は稀少な資源を効率的に配分させる反面、負の外部性をも引き起こす。中国の経済発展は狭義に言えば公害問題、広義にすれば持続可能な開発に係る局地的な公害から国内環境破壊をはじめ、多岐にわたって国が跨がる国家間の越境環境問題、強いては地球規模まで、人為的に外部不経済を作り出してしまった。中国はこの40年間に政治的に環境汚染が生じてても、再生可能・再生不可能な資源が枯渇しても、経済発展を優先にしていわゆる「先に成長し、後に対処する」と順序を位置付けてきたのである。

経済発展は明らかに産業構造の変貌を遂げながら、成長配当がGDPおよび一人当たり所得の上昇をもたらし、それによって社会経済状況の質的な進歩が顕著である。しかしながら、社会経済指標が改善した影に、環境破壊の進行も、他は変わらなければ、明確に危険的情勢にあることを否めない。カーソン（1962）、大来左武

⁺ この研究は籠義樹、高巖、大場裕之、ヴィクトリアミロシュニク、中野千秋、栗林純夫と弦間正彦からコメントを頂き、彼らに謝意を表したい。

* 麗澤大学大学院・経済研究科。陳泓旭、ラウシンイーと高辻秀興は実証分析枠組み構築、分析焦点、推計方法を担当した。陳泓旭は推計と分析結果の考察を担当した。陳泓旭と小野宏哉は考察から結論と政策提言を担当した。

¹ 国家統計局編（2019）『中国統計年鑑2019』、中国統計出版社。URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexch.htm>（2020-6-30アクセス）。

郎 (1972)、ブルントラント委員会 (1987)、世界銀行 (1992)、スターン報告 (2006) と気候変動に関する政府間パネル (IPCC、2014) は環境破壊を厳しく指摘してきた。中国の環境破壊は地方と国全体を超えて、いくつかの国が跨がる地域 (例えば、北東アジア地域)、地球規模の生物多様性や温暖化などによって人々の存続に係る持続可能な開発に対して明確に大きな脅威を与えている。

世界経済は過去半世紀以上持続的に発展してきたが、生態環境は有史以来最も重大な破壊に遭遇している。環境悪化と資源枯渇は経済発展にとって最も主要要素であるばかりでなく、人類の存続をも脅かしている。環境保護と経済発展が従来互に背反し、敢えて環境保護を優先するならば、経済発展の花咲は少なくなる。この研究はこの見方を否定するのではない。むしろ中国は如何に環境保全を一層に取り組みながら、経済厚生が低下しないかを焦点に当てる実証分析を行う狙いである。

中国は改革開放から今日に至って年平均GDPの40～50%の投資主導で経済発展ぶりが素晴らしかった。人々の所得が目覚ましく上昇した。同時に、産業と就業構造が高度化に変貌し、それに伴って都市化率が進み、対外経済関係の多様化と世界経済への統合も進んできた。その反面、中国の経済発展は必ずしも効率的ではなかった。国内および地球規模の環境問題が中核となる「持続可能な開発」という挑戦が特に深刻な状態に陥っている。

中国にとって環境保全の課題は多岐にわたって山積している。14億人の行動は生態系などの存続を脅かしている温室効果ガスを大量に排出して地球温暖化に厳しい影響を及ぼしている。温室効果ガスは二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O)、ハイドロフルオロカーボン類 (HFCs)、パーフルオロカーボン類 (PFCs)、六フッ化硫黄 (SF₆) の6種類の中で、CO₂の排出量は最も多い。したがって、中国にとっては今後CO₂排出量の削減を一層に取り組んでいくことが求められるのである。

そうした背景を鑑み、当論文は中国において「持続可能な開発」が実現するため、当国の2012年の産業連関表を用いて各部門において2021年から2050年までのCO₂排出量を推計し、その結果をもとに、分析の対象期間にCO₂排出量が「パリ協定 (気候変動抑制に関する多国間の国際的な協定) の削減目標」と比較して減少するか否かを明らかにすると同時に、CO₂排出削減を持続させるための対策を示すことを目的とする。なお、パリ協定はIPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change : 気候変動に関する政府間パネル) の作業結果をもとに、パリにて2015年12月12日に採択された多国間的な合意である。

1. 中国の経済発展に関する理論的と実証的概観

経済発展論では、中国の改革開放、そして農村の近代化と都市部の工業化、それらによって遂げてきた産業構造の変化、経済発展をけん引した輸出志向型製造業の発展と付加価値化の向上、それと共に増加し続けている海外直接投資の流入、金融・商業・物流・サービス、そして消費者行動の変化などの理論的と実証的に係る先行

研究は多く蓄積している。

生産責任制の下に、人民公社の解体に伴って農業部門の生産が拡大しながら、郷鎮企業の創出を契機に、当部門内の工業化が促進された。その結果、余剰労働力の有効的活用によって農村戸籍の人々の所得を目覚しく上昇した。小林と山本(1994)は「郷鎮企業とは一人民公社時代の「社隊企業」が転換して生まれた郷鎮営企業と改革・開放以降に生まれた農村部の個人・共同経営の企業の総称と定義されており、80年代の改革・開放の波に乗って急成長を遂げた」と説明している。中国南部における郷鎮企業の多くは香港を経由して台湾および東南アジア諸国の華僑・華人の資本家から直接投資を誘致した。これは資本の投下のみならず、労働集約製品の生産拡大に欠かせない機械に体化する技術と熟練技能者からの技能転移および国際マーケットをも提供した。郷鎮企業は中国の開放政策の重要な役割を担っていたのである。

改革開放を率先して農業部門の改革が行われた。Zhang (2003) は生産責任性の導入から改革が始まったと示した。当該研究は農業生産の拡大、農村経済の多様化、農村の生活水準の向上、そして新技術の革新と普及の促進が改革の重点であったと強調した。表1は1978年から2018年までに起きた農業部門の変遷を示している。この期間中に灌漑耕作面積、生産額はそれぞれ0.5倍、55倍の拡大であった。生産額の成長率は年4.3%となった、農業部門の改革と発展の結果、当部門の対GDP比率は2018年に7.5%であった。さらに、科学技術の革新によって肥料は生産拡大をけん引した力となっており、今後もその役割が期待されている。農村部の発展はルイス (Lewis, 1954) の「二重経済モデル」が示している通り、農村の農産物は余剰労働力が都市の工業部門へ移動したため、相対価格が上昇してそれが生産拡大のインセンティブとなり、その結果、農民所得も上昇した(表1の農村住民消費指数と農民賃金合計額)。

しかも、法的に郷鎮企業は私有制ではなく、集団所有制である。改革開放の初期に「経済特区」を除けば、企業形態は大きく国有と集団所有に限られていた。1988年にそれぞれ76.1%と19.7%であったが、1995年に71.1%と17.2%となった。いずれの年にも両形態は95.8%と88.3%を占めており、家族所有とその他の形態は4.2%と11.7%に過ぎなかった。さらに、嚴善平(2002)は1998年に郷鎮企は2,000万社を超えたと示した⁴。郷鎮企業は改革開放の初期と1990年代に国内需要への供給量を徐々に拡大したと共に、世界市場への輸出量も増加した。1988年に郷鎮企業の輸出額は80.2億ドルから1995年に846億ドルへ増え、7年間に864億ドルの増加であった(11倍増)。

⁴ 嚴善平(2002)、p.152。

表1 農業部門発展の変遷（1978～2018）

	灌漑耕作面積 (万m ²)	生産額 (億元)	GDP割合 (%)	生産額年成長率 (%)	肥料使用量 (万トン)	農村住民消費指数	農民賃金合計額 (億元)
1978	44,965.0	1,117.5	27.9		884.0		
1990	47,403.1	4,954.3	26.8	14.6	2,590.3	165.1	
2000	53,820.3	13,873.6	14.9	3.1	4,164.4	314.0	
2010	60,347.7	35,909.1	9.6	10.0	5,561.7	403.5	368.7
2015	65,872.6	54,205.3	8.7	8.6	6,022.6	464.0	627.1
2018	68,271.6	61,452.6	7.5	4.3	5,653.4	489.0	862.6

出所：国家統計局編『中国統計年鑑』各年

郷鎮企業は制度面の改革および生産責任制によって経済発展の役割を担っていた。これらは経済効率性を高めさせるインセンティブの車の両輪で、どちらも欠けてはいけない。この条件が揃って1980年代に香港、マカオ、台湾、東南アジア諸国の華僑・華人に加え、1990年代後半以降日本とアメリカの多国籍企業からの生産委託に伴った直接投資が両輪へ潤滑的に郷鎮企業の成長を押し進めた。樊（1992）によれば、1984-1989年に香港とマカオ、アメリカ、日本、台湾、シンガポールの累積投資額は1兆3,435億ドルであった²。直接投資は資本のみならず、機械に体化した技術およびそれを稼働させる技能が投資先に移転された。さらに、郷鎮企業は世界市場の需要を掘り起こすことが懸念しなくても、投資者が擁する既存の市場へ製品を供給すれば良いという好条件に与えられた。そのようにして海外からの直接投資は郷鎮企業に対して生産能力を強化したのみならず、技術移転、そして製品の世界市場を与えた役割を演じていた。研究者らによって多くの郷鎮企業の実証分析を行っていた。当論文の分析焦点が外れないために、それ以上の考察を留めることにする。上野（1992）、小林（1992）、赤羽孝之（1992）、林と山本（1994）、厳善平（2002）、張萍と張琢（2015）、Zhang（2003）、FuとBalasubramanyan（2003）をレビューすれば、分析手法と分析結果をより一層に把握することを勧める。

経済発展論は一つの国にとって産業が国内需要を満たすために創成され、成長（大量生産）を経て成熟と同時に輸出振興、衰退してゆくと同時に当該産業の海外移植、ならびに当該産業の国内生産の消滅という順に沿って展開されてゆくと言明する。言うまでもなく一つの産業が生成される前に、国内需要を埋め合わせるために輸入に依存しなければならない。国内需要量が増えるにつれて稀少な外貨を効率に配分しなければならないが故に、産業の生成で輸入代替に転換させるための産業政策を施行することになる³。これは連続的に進展してゆくのは工業化の過程である。そ

² 樊（1992）、pp. 52-54。

³ 新古典派経済学あるいは自由経済学派は産業政策の施行を反対する。なぜならば、価格原理で需給曲線の均衡が得られないため、資源配分が非効率となるからである。しかしながら、この正統派的な判断は市場の失敗が生じる場合、産業政策の導入を認めている。神の見えざる手と政府の介入という二者択一が迫る中で、欧米先進国および政府間金融機関（世界銀行、国際通貨金など）は東アジア諸国の政府との間にしばしば論争が行われている。中国をはじめ東アジア諸国は、まだ経済発展の途上にあるため、制度と組織が完全に成熟しておらず、市場均衡を実現させるための情報問題（情報不完全性と非対称性）が存在しているため、市場失敗が生じてしまう。

して、その生産は量的に拡大され、国内需要の超過量が世界市場へ振り向けて輸出振興へ転換することになる。

他方、経済発展に伴って労賃が占める生産コストも上がり、必然的に生産の単位コストの増加分が労働生産性の上昇分を超える。その結果、国内生産する製品の国際競争力が下がってしまう。したがって、国際市場の需要を絶えず充足させるために生産者（産業）は生産活動をより生産の単位コストが低い外国へ移転せざるを得ない。国内生産の優位性が下がる局面に、当該産業の衰退を余儀なくされ、外国へ生産を移らざるを得ない。そうした状況下で、企業（あるいは産業）は海外の生産移転先に直接投資を行うのである。一つ産業に関わる製品の輸入、輸入代替、大量生産と輸出振興、成熟と衰退という産業発展の転換は小島清（2004）が赤松要の「雁行形態発展論」の説明に合致すると論じている。そして、国内産業衰退は小島清（1981）が改良した産業の海外移植と海外直接投資の行動という仮説を立証している。

改革開放の初期に取り組んだ郷鎮企業の創出と発展は華僑・華人資本によって「雁行形態」的に押し進められたと言ってよい。これらの直接投資の規模は1990年代後半に始まった米日欧の多国籍企業と比べて相対的に小規模であった。華僑・華人資本は1980年代にまだ対外経済に開放していなかった中国南部（広東省と福建省を中心に）の農村地方に限定されていた。それに対して、1980年代の初頭により、経済特区の深圳と珠海（広東省）、汕頭と廈門（福建省）では、まだ米日欧の多国籍企業は数が少なかったが、規模の大きい直接投資を投下していた。1990年代の半ば頃より、西ヨーロッパ諸国の多国籍企業もこれらの経済特区へ本格に海外直接投資を実施した。直接投資額は1981年に256百万ドルから2018年に107,020万ドルへ増大し、420倍増であった（表2）。Vernon（1966）のPLC論はこれらの直接投資行動を説明することができるが、Dunning（1997）のOLI論は「所有権優位性」は「使用権」という優位性を十分に説明し切れない。

同期間中に輸出額は113倍増、輸入額は97倍増であり、貿易黒字が約40年間も続いた。表3と表4は貿易相手国の推移を示している。1981と1990に主要な輸出先は香港、日本、アメリカ、ドイツとシンガポールであったのに対して、輸入元は日本、香港、アメリカ、韓国、ドイツとシンガポールであった。それに対して2000、2010と2018には主要な輸出先は米国、香港、日本、韓国、ドイツとベトナムへと変わった。それに対して、輸入元は韓国、日本、台湾、アメリカ、ドイツとオーストラリアであった。1980年代に改革開放の初期段階であったため、直接投資と輸出入の規模は低かった。2000年以降、社会主義市場経済化がかなり前進したと同時に世界貿易機構（WTO）に加盟したために、輸出志向型工業化は直接投資額と対外経済の開放度と相互に補強しあったため、直接投資額と貿易額のいずれも増えた。

他方、2018年に製造業の生産額は30.5兆元であり、2001年の約150倍増に年平均成長率が14%であり、輸出額は製造業の7.0%を占めていた（表5）。従業員数の増加も目立っている。2018年に製造業に勤めていた労働者は2億1,390万人であり、人口の15%に相当した（年平均成長率は3%）。表6はいくつかの代表的な品目の

生産量をまとめている。1980と2018年の間に2015年の価格で、製造業における一人当たり従業員の生産額は1,685万円、2,433万円、4,270万円、8,631万円、13,041万円であった⁵。さらに、日本の国際協力銀行が行っている「わが国製造業企業の海外事業展開に関する調査」の報告によれば、日本企業が「今後3年程度有望事業展開先国・地域」の順位に中国が2005年に1位、2010年1位、2015年2位、2019年1位、そして2019年2位となっていた⁶。

表2 直接投資、輸出と輸入の推移

	直接投資額 (百万ドル)	輸出 (10億ドル)	輸入 (10億ドル)
1981	256	22.0	22.0
1990	2,657	62.1	53.3
2000	37,483	249.2	225.1
2010	185,750	1,577.8	1,396.2
2018	107,020	2,487.4	2,135.6

出所：Asian Development Bank, *Key Indicators for Asia and the Pacific*、各年。

表3 主要な輸出相手国（10億ドル）

	1981	1990		2000	2010	2018
香港	5.3	27.2	アメリカ	249.2	283.3	478.4
日本	4.7	9.2	香港	52.1	218.3	302.1
アメリカ	1.5	5.3	日本	41.7	121.0	147.1
韓国	-	-	韓国	11.3	68.8	108.8
ドイツ	0.8	2.1	ドイツ	9.3	68.0	77.5
シンガポール	0.7	2.0	ベトナム	1.4	23.1	83.7

出所：Asian Development Bank, *Key Indicators for Asia and the Pacific*、各年。

表4 主要な輸入相手国（10億ドル）

	1981	1990		2000	2010	2018
日本	6.2	53.8	韓国	23.2	138.4	204.6
香港	1.2	7.7	日本	41.5	176.7	180.6
アメリカ	4.7	14.6	台湾	25.5	115.7	177.6
韓国	-	6.6	アメリカ	22.4	103.1	155.1
ドイツ	1.3	29.8	ドイツ	10.4	74.3	106.3
シンガポール	0.7	2.0	オーストラリア	5.0	61.1	105.5

出所：Asian Development Bank, *Key Indicators for Asia and the Pacific*、各年。

⁵ 「中国GDPデフレーターは世界銀行によるものである。2015=100、1981=11.83、1990=23.28、2000=69.26、2010=188.50、2018=278.94。https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators# (2020-6-20アクセス)

⁶ https://www.jbic.go.jp/ja/information/research.html (2020-7-3アクセス)。

表5 製造業の生産額と従業員

	生産額 (10億元)	従業者 (百万人)	輸出の割合
1981	204.8	69.8	0.11
1990	686.8	95.7	0.09
2000	4,026.0	162.2	0.06
2010	16,512.8	218.4	0.10
2018	30,516.0	213.9	0.07
年平均成長率	14.1%	3.0%	

出所：Asian Development Bank, *Key Indicators for Asia and the Pacific*、各年。

表6 製造業の製品（一部）の生産量

	1980	1990	2000	2010	2018
冷蔵庫（万台）	4.90	463.06	1,279.00	7,295.72	10,764.47
クーラ（万台）	1.31	24.07	1,826.70	10,887.47	27,975.47
カラーテレビ（万台）	3.21	1,033.04	3,836.00	24,584.46	27,906.00
マイコン（万台）	-	8.21	672.00	24,584.46	27,906.00
携帯電話（万台）	-	-	30,354.21	99,827.36	250,859.26
化学肥料（万トン）	1,232.10	1,879.70	3,186.00	6,337.86	8,972.96
化学繊維（万トン）	45.03	165.42	694.00	3,090.00	6,405.78
板ガラス（万ケース）	2,466.00	8,067.00	18,352.00	66,330.80	105,995.02
粗鋼（万トン）	3,178.00	6,635.00	12,850.00	63,722.99	102,692.97
圧延鋼（万トン）	2,716.00	5,153.00	13,146.00	80,276.58	145,170.97
セメント（万トン）	7,986.00	20,971.00	59,700.00	188,191.17	327,234.97
自動車（万台）	22.23	51.40	60.70	1,826.53	3,975.67

出所：国家統計局編『中国統計年鑑2019年』。

表7 全国可処分所得と消費支出額（元）

	可処分所得	消費支出額
1990	1,510	1,279
2000	6,280	4,998
2010	19,109	13,471
2015	21,966	15,712
2018	28,228	19,853

出所：国家統計局編『中国統計年鑑』、2011年、2019年。

過去40年間に個人や家庭にとっては欠かせない電気製品である冷蔵庫、クーラ、カラーテレビ、マイコンと携帯電話の生産量は劇増加した。それぞれの年平均増加率は22%、30%、29%、34%であった。さらに、経済発展に伴って衣食文化の多様化、都市化の進展、経済インフラの強化、個人所得と都市化率の向上ぶりは目だった。のみならず、住宅と商業ビルの建設、高速道路、地下鉄と高速鉄道、空港や港、通信網の建設スピードも速かった。そして、農業・産業・商業・家庭のエネルギー供給の増加、モータリゼーションの進展も目覚ましかった。化学肥料、化学繊維、板ガラス、粗鋼、圧延鋼、セメント、電解アルミニウム、自動車の生産も驚異的な増加を見せている。ここで留意すべきは、一人当たり従業員の生産額を含む数字が中国は改革開放を実施した結果、中央指令経済体質を脱却して市場原理を軸に産業発展は高い成長ぶりを見せたことである。それが長年にわたって「世界の工場」と称される証拠である。

外国直接投資を含めて資本形成は経済発展を推進してきた。1981年以降、年間GDP比の投資は25%以上推移していた。1981年に25.4%、1990年に25.5%、2000年に33.4%、2010年に47.7%、2018年に44.1%の規模であった。限界資本係数とはGDPと投資の関係は1単位あたりの投資増加額がいくらのGDPの成長分を作り出すかと定義されている。1980年、1990年、2010年、2018年における産出と投資比率はそれぞれ0.41、0.38、0.32、0.40と0.20であった⁷。つまり1元の投資あたりのGDP産出額は概ね減少している（ただ、リーマン・ショックの負の波及効果を抑止させたために4兆元の景気対策が及ぼした結果である）。したがって、過剰な投資主導経済発展はかならずや投資の効率性が下がることを懸念しなければならない。

対GDP比の投資規模が大きかったが、対GDP比の消費は他の中所得国と比べて比較的に低く推移していた。支出面のGDPにすれば、長期的に投資と消費のねじれは経済成長の持続性が制限される。これは限界生産性（または、資本の限界効率）が収穫逓減となるからである。その回避に個人や家計の消費を促進する対応が求められている。表7は全国の可処分所得と消費支出額を示している。1990年に可処分所得は1990年から2018年まで19倍に増え、年平均成長率は11%であった。消費支出額は同期間に16倍に拡大し、年平均成長率は10%であった。それぞれの年に可処分所得に占める消費支出額の割合は85%と70%であり、可処分所得が上がれば、消費支出の割合は下がる状況であった。

LuとLau（2015）の分析によれば、2012年に北京、上海、天津、大連の4都市における平均消費性向は0.77である。つまり個人または家計の可処分所得に占める消費支出は77%である。例えば、2,000元の可処分所得の消費は1,540元である。さらに、彼らの推計結果は中国の都市部では、2012年に129,000-980,000元の所得層の限界消費性向（MPC）は0.03である⁸。つまり100元の追加所得があった場合、3元を消費に回し、97元を貯蓄にする意味である。それに対して26,000-48,000元、49,000-66,000元、67,000-91,000元、92,000-128,000元に属している人々のMPCはそれぞれ0.53、0.66、0.56、0.22である。最も所得が低い階層と最も高い階層のMPC格差は0.5である。したがって、個人や家計の消費を刺激する対応は所得階層で対処しなければならない。

長期的に増加した投資を通じて高度な経済成長率を実現しようとするれば、経済発展メカニズムが歪み、資源配分が非効率的になる。ところが、投資が過剰にすればするほど、投資結果が優先的に重視される。それによって環境汚染の対処が後回しとなってしまい、住民の生活環境に負の外部性を与える。それに加え、政府主導の過剰投資は実に腐敗を助長してしまっている。両者の関係が必然的ではない。しかしながら、高い経済成長率を重視した負の側面は、神のみぞ知る手に委ねる資源配分の調整が失敗する。それを是正するため、政府が市場の代わりに資源配分を介入す

⁷ 国家統計局編『中国統計年鑑2019年』により、計算したものである。具体的に1980年の産出投資比率は1980年のGDPから1979年のGDPを引いたのはGDPの増加分となり、それを1979年の投資額で割った。以降の数字も同様である。

⁸ Lu, Wenliang, Lau Sim Yee (2015), p. 73。

るが、その反面、それが腐敗を引き起こす構図となってしまう。政府は今後腐敗を排除させるために、説明責任を確実にする透明性を高めさせなければならない。

持続的に安定な経済発展を強めるため、対GDPの民間最終消費比率を上昇させることが必須である。そのために、都市と地方の内部、都市間・地方間、都市と地方間における所得階層の間の格差を縮まなければならない。同時に高所得階層の個人や家計に対してMPCを上げさせるインセンティブを導入することが欠かせない。先進諸国の経験から、所得再分配の累進課税、固定資産税率や相続税率の見直す示唆が得られよう。

消費意欲が向上すれば、消費の拡大によって有効需要が大きくなり、財・サービス市場における生産者と生産者、生産者と消費者、消費者と消費者の間により効率的な物流システムを強化しなければならない。今後情報通信技術（ICT）を通じた電子商取引量が確実に増大していくに違いない。したがって、効率的な物流サービスを提供するためのソフトの組織運営とハードのインフラ整備・強化はますます重要になってくると予測できよう。この局面に関して特に負の外部性が生じさせないための環境破壊の防止、あるいは環境保全が担保する取り組みを避けて通れない。

2. 中国における環境問題の概観

先進諸国が経験したように、発展途上国の工業化が進むにつれて公害も拡大する。中国でもそうである。14億人を擁している国の経済発展は広範にわたる環境問題が発生しているのは紛らさぬ事実である。40年間に持続的な経済成長が遂げられた反面、完全競争の市場は自由経済主義に頼れば、再生可能と再生不可能のいずれも長期にわたって稀少な資源の配分を効率的に実現することができない。外部性は市場調整の失敗を引き起こす。その是正に政府の役割は極めて大きい。経済発展と環境保全をいかに両立していくかという方策を示すために、まず環境問題の実態を把握しなければならない。この環境問題は国内に閉じ込まれている公害、いくつかの国が跨がる越境環境問題、そして地球規模の環境問題を含む。

2-1. 中国政府の環境保全対応に関する5カ年計画の目標と実績

中国は1949年10月1日に成立した後に、経済を運営するシステムは計画経済体制であった。1953年より第1次5カ年計画を実施し、2020年は第13次5カ年計画の最終年である⁹。5カ年計画に環境保全には第11次5カ年計画(2006-2010年)より「資源・環境」という部に組み込まれるようになった。つまり中国政府は深刻化になりつつある環境問題を本格的に対応しなければならないと視認したのである。環境保全を具体的に対処するようになって15年が経ち、効果はまだ足かせとなっている。先進国の経済が見せた通り、環境破壊が短期間に起きやすいが、それを是正するのに

⁹ 1950年代後半に「大躍進」の影響を受けて第3次5カ年計画は3年遅れて再開した。そして1966年「文化大革命」によって第4次5カ年計画が停滞していた。

容易くないため時間が要する。

表8は第11次、第12次5カ年計画に係る資源・環境の目標と実績、そして第13次の目標値とそれらの法的拘束性を示している。まず、工業用水使用効率性（限界工業生産額の水使用量）の実績はそれぞれの5カ年計画の目標値を上回った成果であった。さらに、2005年から2015年までの10年間に於いてエネルギーの経済効率（GDP単位あたりのエネルギー消費）も実績値が目標値を超えた。第11次5カ年計画は持続可能な開発に大切な非化石エネルギー（炭化水素エネルギー源の代替）利用を促進しなかったが、第12次では本格的に取り組んでいた。その結果、一次エネルギー消費量の2割はグリーンエネルギーであった。

さらに、「パリ協定（Paris Agreement）」¹⁰に約束した温暖化ガス削減に沿って中国政府は2011年に始まった第12次5カ年計画に「GDP単位当たりのCO2排出量の減少率」を17%と目標にしていたが、それが2015年に20.0%という実績であった。中国政府は2つの5カ年計画はいずれも空気質と地表水質の改善に取り組まなかった。その代わりに、第11次はCOD要求量とSO2の排出総量の削減において目標値を上回った実績となった。第12次はアンモニア性窒素とNOxを加え、4つ汚染物質の削減率はそれぞれ12.9%、13.0%、18.0%、18.6%の実績が目標値を超えた。

表8 5カ年計画における資源・環境の目標と実績

	第11次5カ年計画 (2006～2010年)		第12次5カ年計画 (2006～2010年)		
	2005年 目標	実績	2015年 目標	実績	
工業生産増加額1単位あたりの 水使用量の削減率	30.0	36.7	30.0	35.0	
GDP 1 万元あたりの水使用量の削減率	-	-	-	-	
GDP単位当たりのエネルギー消費削減率	20前後	19.1	16.0	18.2	
一次エネルギー消費量に占める非化石エ ネルギー消費量の割合	-	-	11.4	12.0	
GDP単位当たりのCO2排出量の減少率	-	-	17.0	20.0	
地表水質	Ⅲ類以上の水体の比率*	-	-	-	
	劣Ⅴ類の水体の比率*	-	-	-	
主要汚染物質の 排出総量の減少率	化学的酸素要求量	10.0	12.5	8.0	12.9
	アンモニア性窒素	-	-	10.0	13.0
	二酸化硫黄	10.0	14.3	8.0	18.0
	窒素酸化物	-	-	10.0	18.6

出所：原健太郎（2018）、p.5。

¹⁰ UNFCCC（気候変動に関する国際連合枠組条約、196カ国参加）の「京都議定書」に続く温暖化効果ガス削減の議定書であり、パリ協定に参加国が2030までに温暖化効果ガス削減目標の達成を確認する政府間約束である。ただし、当協定は拘束力（または罰則）を有しない。

表8 (続) 5カ年計画における資源・環境の目標と実績

	第13次5カ年計画 (2006～2010年)			属性
	2015年	2020年の 目標	5年間の 削減累計	
工業生産増加額1単位あたりの水使用量の削減率	-	-	-	-
GDP 1万元あたりの水使用量の削減率	-	-	23.0	拘束性
GDP単位当たりのエネルギー消費削減率	-	-	15.0	拘束性
一次エネルギー消費量に占める非化石エネルギー消費量の割合	12.0	15.0	3.0	拘束性
GDP単位当たりのCO2排出量の減少率	-	-	18.0	拘束性
空気の質				
地級以上の都市の空気質の優良日数比率	78.6	80.0以上	-	拘束性
PM2.5の基準未達成の地級以上の都市における濃度低下率	-	-	18.0	拘束性
地表水質				
Ⅲ類以上の水体の比率	66.0	70以上	-	拘束性
劣Ⅴ類の水体の比率	9.7	5.0以下	-	拘束性
主要汚染物質の排出総量の減少率				
化学的酸素要求量	-	-	10.0	拘束性
アンモニア性窒素	-	-	10.0	拘束性
二酸化硫黄	-	-	10.0	拘束性
窒素酸化物	-	-	10.0	拘束性

出所：原健太郎 (2018)、p.5。

表8 (続) が示しているように、2020年に完了した第13次5カ年計画は「GDP 1万元あたりの水使用量の削減率」「GDP単位当たりのエネルギー消費削減率」「GDP単位当たりのCO2排出量の減少率」はそれぞれに対して2020年に達成しなければならない数字目標を設けていない。代わりに削減累積値を23.0%、15.0%と18.0%と設定した。「一次エネルギー消費量に占める非化石エネルギー消費量の割合」の目標値は各年3%である(延15%)。さらに、第13次は前回と前々回と異なり、地級以上の都市の空気質の優良日数比率は80.0以上と設けている。PM2.5に関して当計画は累積値を18%にしている。地表水質では、Ⅲ類以上は70%以上、劣Ⅴ類は5.0以下と設定されている(水質基準分類について表10を参照)。主要汚染物質の排出総量において各物質の累積は10%と設けられている。

第11次と第12次の実績は目標値より明らかに改善した。第13次5カ年計画の成果を評価するのは2022年以降に待たなければならない。しかしながら、現に把握している点は「GDP単位当たりのCO2排出量の減少率」である。新華社によれば、中国は「2017年末現在、中国はGDPの単位あたりの二酸化炭素排出量を2005年のレベルから46%削減し、2020年までにCO2排出量を2005年のレベルから40～45%削減するという約束を果たしました」と発表していた¹¹。

¹¹ http://www.china.org.cn/business/2018-03/28/content_50757398.htm (2020-5-26にアクセス)。

2-2. 部門別環境問題の実態

(1) 農林水産業に関する代表的な環境問題の実態

他は変わらなければ、農林水産業において環境問題が発生しやすい。中国の農村のみならず、それと隣接している都市部の人々は実に多様な公害の被害を受けている。農村部の人口規模はとんでもなく大きく、いうまでもなく公害の拡大を防がねばならぬが、中長期の取り組みとしても、すでに害した環境に対する改善が喫緊である。農林業では、過剰化学肥料と殺虫剤は水質を汚濁し、森林の過剰伐採は森林土壌の保水力が低下してしまう。後者は灌漑用水の組み入れに不足したり、過剰になったり、農産物の耕作に影響を及ぼす。前者は下流の河川、そして海洋を汚染するのみならず、農・魚貝などの農作物や食品を通じて人体を害するという因果を与える。また、森林伐採、土壌保水力低下、農業排水の汚濁などによって水資源に係る農林水産の生態系の維持が脅され、自然のエコ体型循環が断滅しかねず、それが生態系多様性の持続性が失くされる事態に堕ちる懸念になる。

表9は全国と農業の用水規模を示している。2018年に全国の用水量は6,103億立方メートルであり、農業は3,852億立方メートルであった。農業用水割合は全国の6割である。また、農業用水は2000年から2018までに年平均成長率は1.2%である。全国の一人当たり用水量は2000年に435立方メートルであったのに対して、2018年に445立方メートルに増加した。用水量は増えた実態となっているが、これらの数字から水質の状況を判明できない。

原(2018)は表10が示している地表水の水質基準分類に沿って河川水質評価割合を整理した。それらの定めは全国に適用されている。2012年にⅠからⅢ類までは68.9%であり、ⅣからⅤ類までは20.9%、そして劣Ⅴ類は10.2%であった。2016年にⅠ、Ⅱ、Ⅲ類はそれぞれ2.4%、37.5%、27.9%であったが、ⅠからⅢ類までは67.8%の評価であった。ⅣからⅤ類までは23.7%であり、劣Ⅴ類は8.6%であった。2016年にⅣ-Ⅴ類の評価は2012年より悪化し、劣Ⅴ類は2012年より改善した。同じ調査の結果は地2012年に下水水質がとても良い、良好と良いという評価結果はそれぞれ11.8%、27.3%、3.6%であった。良くない、悪いと評価した割合はそれぞれ40.5%と16.8%であった。2016年に良くない、悪いと評価割合はそれぞれ10.1%、25.4%であったのに対して、良くない、悪い評価はそれぞれ45.4%と14.4%であり、それらは2012と比べて評価が下がった。これらの分析は中国において水資源の質的向上を一層に努めなければならない意味である。その取り組みは政府ばかりに頼らず、産業界と個人々人は水に対する環境保全の行動転換の喚起も欠かせないと注意している。

表9 農業用水量の推移

	全国用水量 (億 m ³)	農業用水量 (億 m ³)	1 当たり用水量 (m ³)
2000	5,497.6	3,783.5	435.4
2010	6,022.0	3,689.1	450.2
2018	6,103.2	3,851.5	445.1
年平均増加率	0.0070	0.0012	0.0015

出所：国家統計局編『中国統計年鑑2019年』。

表10 地表水の水質基準分類

I 類	生活飲用水水源、国家自然保護区に適用
II 類	生活飲用水水源一級保護区、貴重な魚類保護区、魚類エビの産卵区、仔魚と稚魚の索餌場などに適用
III 類	生活飲用水水源二級保護区、一般の魚類保護区、水泳区に適用
IV 類	一般鉱業用水区、人に直接接しない娯楽用水区に適用
V 類	農業用水区、一般の景観に必要な水域に適応

出所：原健太郎 (2018)、p.7。

(2) 鉱業と製造業における環境問題の実態

第2次産業の構成は主に鉱業と電力・ガス・水の供給を含む製造業からなる。産業構造の転換は経済発展と共に進んでいる。2018年に製造業の付加価値は30.5兆円である。2001年により年平均成長率は14%のすう勢であった。こうした驚異的な発展によって第2次産業は多くの雇用を誘発し、それによって人々の所得も素晴らしく向上した。第2次産業はまさに経済発展のエンジンであった。しかしながら、その発展の影に外部効果が働き、中国の経済社会と自然界に深刻な公害が拡大した。それによって再生不可能と再生可能な資源を核となる持続可能な開発が脅かされる。環境悪化は経済発展と両立できない実存的な危機を与えている。

採掘業と製造業部門の環境問題は多様である。代表的な公害は有害物質を交えた液体廃棄物による水質汚濁、SO₂やNO_xとSPMなどの有害気体や煙じん、炭化水素燃焼の温暖化効果ガス、工業廃水、固体廃棄物、採掘と製造活動が起因する騒音などが挙げられる。技術進歩が停滞すれば、第2次産業において生産拡大が続く過程に環境問題はさらに悪化する。2000年にエネルギー資源生産量は138,570万トン標準石炭であった。それが2018年に377,700万トンに増加した。18年間に2.4倍以上の増加であり、年平均増加率は5.7%であった。これらの資源構成は主に石炭、石油、天然ガスである。同期間中に、生産量はそれぞれの年に72.9%、16.8%、2.6%から69.3%、7.2%、5.5%に変化した。比率を見れば、エネルギーが効率的に生産されていると誤解しかねない。実数字の生産量はむしろ拡大しているため、温暖化効果ガスの排出増加に繋がる可能性を否めない。

第2次産業にとっては固体廃棄物の増大も大きな問題となっている(表11)。全国一般工業固体廃棄物総合処理量は2018年に約331.5億トンであり、2000年から年平均増加率が8.5%であった。当期間中にそれらの総合処理量は181.2億トンと9.7%であった。それに対して2018に総合利用率は54.6%であり、それは2000年の45.9%増加した。企業が努力した結果、一般固体廃棄物排出量は2000年の3.2億トンから

2018年に73万トンへと減った¹²。しかしながら、工業一般固体廃棄物処理量は依然として高く2018年に約80億トンであり、2000年の9千トンから年平均増加率13.6%を見せ、深刻な公害である。

全国の工業廃水は2017年に7億トンであった。CODの廃水は1,022万トン、アンモニア窒素は140万トン、窒素は216.5万トン、リンは12万トン、そして石油は5,200万トンであった¹³。これらの物質は人間を含む生態系に害する廃水である。他方、主要物質の廃水量は大きい。2017年に北京、天津、上海、重慶、杭州、広州はそれぞれ8,500万トン、1.8億トン、3.2億トン、1.9億トン、2.5億トンと2.1億トンであり、これらの都市において工業生産の規模がお大きい意味を指す。

(3) 商業、都市化、経済インフラ強化、暮らしに係る環境問題

中国の財・サービスの生産と消費両市場は巨体である。それらの取引を仲介する商業市場（金融、物流、通信、輸送、情報サービスなどを含む）も大きい。改革開放後、都市部の人口は2018年に8.31億人であり、1980年の7,200万人から11.5倍増であった（年平均増加率は6.7%）¹⁴。都市人口の割合は1980年に19.4%から2018年に59.6%となった。さらに、農村部から都市部へ出稼ぎする人々（外出労民工）の増加も大きい¹⁵。2000年に1.21億人から2018年に2.41億人であり、18年間に2倍増を見せた。

都市化の進展、ならびに経済発展と共にモノ・サービス、情報と人の移動量も増大してきた。その拡大は経済インフラの充実によって支えられている（表12）。換言すれば、住宅数、商業施設、ビジネスや生活活動、そして生産側と消費者の取引およびそれを支える電力・水道・ガスや通信、交通と運搬などの業種およびそれらの稼働に欠かせない経済インフラの拡大や補強も増大してゆく。都市間を結ぶ高速道路の総延長は2018年に13.2万キロであり、主要都市間の高速度鉄道は2008年に672キロから2018年に約3万キロに伸び、10年間に約45倍増を示した。さらに、自家用車の台数は1990年に81.62万台から2018年に約2億台に増えた。こうした状況下で、他の先進国と同じく、中国では一人当たり所得の向上によって都市化率が進んだ反面、都市型公害も同時に発生した。

¹² 国家統計局編（2019）、op. cit.

¹³ 国家統計局編（2019）、ibid.

¹⁴ 国家統計局編（2019）、ibid.と当年鑑の各年。

¹⁵ 北京や上海などの直轄市では、正月季節、5月と10月の連休季節に多くの外出労民工が一時帰省に伴って、サービス関連業種では一時的な人手不足状況に陥る。

表11 一般工業固体廃棄物の推移

	一般工業固体 廃棄物産出量 (万トン)	一般工業固体 廃棄物総合処 理量(万トン)	一般工業固体 廃棄物排出量 (万トン)	一般工業固体 物廃棄処理量 (万トン)	一般固体廃棄 物総合利用率 (%)
2000	82,608	37,451	3,186.2	9,152	45.9
2010	240,944	161,772	498.2	57,264	66.7
2014	329,254	296,392	59.4	81,317	62.1
2017	331,592	181,187	73.0	79,798	54.6
年平均成長率	0.085	0.097	-0.199	0.136	

出所：国家統計局編『中国統計年鑑2019』、国家統計局編『中国環境統計年鑑2014』

表12 都市部建物の投資額（億元）と住宅建設・販売量

	投資総額	住宅	事務所	商業	その他
1998	3,614.2	2,081.6	433.8	475.8	623.0
2005	15,909.3	10,860.9	763.1	2,039.5	2,245.7
2010	48,259.4	34,026.2	1,807.4	5,648.4	6,777.4
2015	95,978.9	64,595.2	6,209.7	14,607.5	10,566.4
2018	120,263.5	85,192.3	5,996.3	14,177.1	14,897.8
倍率	33.3	40.9	13.8	29.8	23.9
年平均増加率	0.192	0.204	0.140	0.185	0.172

	住宅建設数(件)	販売数(件)
2000	2,139,702	-
2005	3,682,523	4,235,372
2010	6,019,767	8,817,526
2015	7,050,109	10,578,896
2018	6,182,425	13,298,420
倍率	2.9	3.1
年平均増加率	0.061	0.092

出所：国家統計局編『中国統計年鑑』各年。

表13 都市における建設面積および衛生の推移

	都市面積 (平方キロ)	建設対象面積 (平方キロ)	ゴミ排出量 (万トン)	排泄物と尿の 処理(万トン)	公共トイレ (万人あたり)
2000	878,015	22,439	11,819	2,385	3.0
2010	178,692	40,058	15,805	3,066	2.7
2015	191,776	52,102	19,142	1,951	3.0
2018	200,897	58,456	22,802	1,447	2.9

出所：国家統計局編『中国統計年鑑』各年

都市型公害は主に商業施設と住宅、ならびに社会経済活動を支える経済インフラとなる交通インフラ（道路、鉄道など）の建設から商業施設のビジネス展開と生活の暮らしによってもたらされる。とりわけ建設素材の生産と使用から発生する廃棄物と水質汚濁、道路交通の大気汚染と騒音、大量なゴミの発生、緑の減少、ならびに衛生悪化といった問題が深刻化になりかねる。さらに表12、表13の数字は都市型公害を引き起こす裏付けの証拠を示している。故に、都市型公害の深刻化を対処することが喫緊である。

3. 環境保全対処の視点、分析アプローチと焦点

3-1. 視点

前述した通り、40年間に持続的な経済成長が果たされた反面、自由経済主義の市場競争は、再生可能と再生不可能のいずれも稀少な資源の供給は需要に追いつかないという成長の限界に堕ちる。これは正に『成長の限界』と『我々の共通未来』（プラントランド委員会報告書）が鳴らしている警鐘である。2010年より、5カ年計画と環境保全対策が講じられてきたが、依然として課題が多く山積していることを既に整理した。公害・環境問題は重大な外部性であり、社会的限界便益が存在している中で、私的限界費用は社会的限界費用より小さく、市場均衡点が環境問題の量を多めに作り出してしまう構図となる。したがって、環境破壊の行動を抑止させるために、私的限界費用を社会的限界費用と同じ水準に引き上げさせなければならず、それが外部性がもたらした市場失敗を是正する対処である。負の外部性を内部化するピグー税や限界費用逡減の性質を活かした補助金で市場失敗の是正に政府の介入が求められる¹⁶。本稿はこの視点に立脚し、中国の2012年の139部門からなる産業連関表を用いて環境保全の対応を明らかにする分析を行う。ここで分析アプローチの視点を述べる。

まず、世界銀行の高中所得区分となる中国の経済は、大量生産と大量消費の経済社会となり、生産側から製品販売側を経て消費側の諸側面まで大量廃棄物を発生する経済構造を改めなければならない¹⁷。その対処に当たって、中国の経済社会は少なくとも資源節約型・資源循環型（再利用を含む）へ転換する構造改革が避けられない。

次に、経済発展成果を高く評価するが、その影にこれまで示している通り、農林水産業、鉱業と製造業、商業や物流と輸送業、生活暮らしといった諸側面から土壤汚染、森林や草原の砂漠化、水資源の汚濁、大気汚染、非鉄金属や石油化学の有害廃棄物、固体廃棄物、残コンや汚泥など産業公害が深刻な状態にある。大気汚染に関してSO₂、NO_x、SPM、ばいじん、粉じんなどが人々の健康または人体に害を及ぼしている。また、水質汚濁、非鉄金属と石油化学の廃棄物は農業と漁業に害し、それが野菜や果物、魚介の食連鎖で食品汚染を引き起こす。公害・環境破壊は上流にある生産側が公害・環境問題の発生源となり、下流の使用者や消費者が被害を受ける負の外部経済の構図をなしている。

第三に、他の国々と同じく、中国で自然環境と経済社会の環境に負の外部効果を与えた主体は人々の行動である。人々の行動は経済社会において再生可能な資源と

¹⁶ 価格原理の需給調整メカニズムは私的限界費用曲線が需要曲線と交えた点で均衡価格と取引量が定まる。しかしながら、負の外部性においてその均衡量は公害・環境破壊の排出量であり、それを最適な量に減少させるために、私的限界費用を社会限界費用と需要曲線の交点にシフトさせる限界外部費用であるピグー税を課せば良い。これは内部化という。Baumol (1972)。

¹⁷ 世界銀行は一人当たりの所得で4つの分類をしている。2019年に「低所得国」は995ドル以下、「底中所得国」は996ドル-3,895ドル、「高中所得国」は3,896ドル-12,055ドル、「高所得国」は12,056ドル以上である。

再不可能な資源の過剰使用によって「持続可能な開発」の確保を担保することができない。人々の行動は第1次産業から第2次産業に至って多岐に環境負荷に負の影響を与える。森林や草原などの生態系は過剰使用で環境負荷が大きくなる。前者では土壌の保水力が低下し、大雨によって土砂崩れの災害が発生する。後者では砂漠化になって黄砂が大気に舞い上がって遠い地域や隣国へ汚染を伝播する。淡水と海水の資源が過剰に利用すれば、多様な生態系の再生可能から再生不可能な状態に墮ちる。第2次産業において金属、非金属や炭化水素の採掘・精錬、製品へ転換する製造、中間財や最終財の製造など廃水と廃棄、工業固体廃棄物、有害物質の排出（液体、固体と気体）、騒音などの公害が起こる。サービス業の中核となる商業（物流業を含む）、輸送・運搬、金融（直接・間接仲介ビジネス）、情報あるいはデータ処理・分析・保存、地方と都市部の暮らしは廃水、ゴミ、大気、騒音などの公害が発生する。これらは環境負荷の全てではないが、公害・環境破壊を代表する実例である。

3-2. 前提条件と仮説、評価の判断基準

本研究は各々の公害・環境破壊を対処する方策を明らかにする分析ではない。本研究は人々の行動によって負の外部効果である公害・環境問題を引き起こすことに対し、人々の行動を如何に変えさせるか、という分析の視点に立脚する。当実証分析は日本の環境基準法の第2条に沿って前述の視点を設定した。これにより、この分析は中国の2012年IO表を用いて経済活動によって排出するCO₂の総量を推計し、推計結果をもとに環境負荷の大きさを判断する客観的な物指しとする。つまりGDPの拡大に伴ってCO₂排出総量が増えれば、環境負荷が増加する意味である。しかしながら、この物指しだけでは「環境効率性」が向上したか否かを判断することができない。故に、当研究はGDP単位当たりのCO₂排出量（g/元）を用いて環境効率性が向上したか否かを判断することとする。GDP単位当たりのCO₂排出量は、「パリ協定」（2030年）に関わる中国の設定値を用いて、当分析の6つの5カ年期間区分におけるCO₂排出量の増減を評価することとする。

本実証分析を行うための仮定と仮説は次である。この分析は日本「内閣府経済社会総合研究所」の定まりを参考して二つの仮定を置く。第一に、産業連関表は「一定の技術仮定」に基づく数学的手法により作成されている。第二に、「生産規模に関する一定性」を下に、「生産規模は平均的な生産構造を表したものであり、産業連関分析においては、各部門に格付けされた企業、事業所の生産規模は、分析の対象年次と作表の対象年次の間において大きな変化がない」。これらの仮定により、当実証分析は139の産業部門を分析の対象となる7つの大部門区分に組み替え、「競争輸入型」レオンチェフ逆行列係数を求め、それによってそれぞれの7つの対象大部門区分におけるCO₂排出量を推計し、環境効率性を向上させる対応を明らかにすることが可能であるという仮説を設定することができる。分析対象期間は2021年から2050年までとするが、当該期間をさらに2021-2025年、2026-2030年、2031-2035年、2036-2040年、2041-2045年、2046-2050年という6つの5カ年期間区分に分ける。

また、上述の仮説をもとに推計したCO₂排出総量、ならびにCO₂排出源である139産業部門各々の排出量で環境負荷の規模を判断することができる。各分析対象期間の最終年（2025、2030、2035、2040、2045、2050）のCO₂排出総量からGDP原単位当たりのCO₂排出量（g/元）を計算し、その結果は環境効率性を判断する評価を行う。

本論文は産業連関表を用いて6つの5カ年期間区分において地球温暖化をもたらす最大な要因であるCO₂排出量の推計を分析の焦点とする。その推計結果はCO₂排出総量、ならびに7つの大部門区分のCO₂排出量が増加したか否かを明らかにすることができる。CO₂排出量の増減は環境負荷の大きさを定め、それをもとに環境効率性を評価することが可能となる。また、評価を行った後、2021年から2050年まで、それぞれの5カ年期間区分を合わせて2021年から2050年までにおいて揺らぎない「環境負荷」の低減または「環境効率性」の強化を確実に実現する方策を明らかにする。この検討にあたり、本研究は「パリ協定」と密接に関わったIPCCの第5次評価報告書が掲げる「適応」「緩和」「資金」の指針に加え、「シフト」という新たな概念を導入して考案することとする。

日本政府は環境省所管「気候変動適応法」（平成20年法律第50号）の第2条は「「気候変動適応」とは、気候変動影響に対応して、これによる被害の防止又は軽減その他生活の安定、社会若しくは経済の健全な発展又は自然環境の保全を図ることをいう。」と定義している¹⁸（IPCCの「適応」指針に基づく）。そして、IPCCは「緩和」とは温室効果ガスの排出削減と吸収の対策であると説明している。IPCCは「緩和の数字目標を「2℃シナリオ」としており、その実現する可能性の高い緩和シナリオである」と勧告している。また、IPCCは「2100年に大気中のCO₂換算濃度を約450 ppmという予測の結果を示している。このシナリオでは、2050年には世界全体で2010年と比べて40～70%温室効果ガス排出量を減らし、2100年にはゼロまたはマイナスの排出量にする必要がある」と示している¹⁹。中国はIPCCの緩和指針を踏まえ、「パリ協定」に対して2030年に2005年のCO₂排出量の35%-45%の水準に達成すると設定した。

IPCCが提唱している「資金」とは、CO₂削減の対応を実施するための財源である。高中所得と高所得国は財源が比較的が多いが財政の支出だけでは不十分である（政治的と経済的の意味）。そうした現実の中で、企業や非政府組織（NGO）が「適応」と「緩和」の対応に資金の拠出が求められている。それに対して、底中所得国と低所得国は自ら十分な資金を調達することが困難のため、より豊かな国々および多国籍企業と国際NGOの資金支援を求めている。そうした情勢の中で、中国は「適応」「緩和」の対応に「資金」調達は欠かせない。IPCCの3つの指針に加え、本研究は中国において確固とする環境に優しい経済社会の定着に資する再生可能なエネルギーの普及、グリーン技術に適応、研究開発とその成果の普及、強いては環境に優しい

¹⁸ http://www.env.go.jp/earth/tekiou/tekiouhou_jyoubun_rl.pdf（2020-4-25アクセス）。

¹⁹ IPCC第5次評価報告書に掲載する「第3作業部会（気候変動の緩和）」の結果を示している。
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf（2020-5-30アクセス）。

暮らし方へ「シフト」することを提案する。それがIPCCの「適応」「緩和」「資金」の指針と合わせて環境効率性をより一層に高めさせることができるためである。

3-3. 分析焦点

本研究はまず2012年のIO表(139部門)を用いて投入係数と競争輸入型レオンチェフ逆行列を求め、上で、「影響力係数」と「感応度係数」「最終需要項目別生産誘発額」「最終需要と粗付加価値との関係」「労働力の産業連関分析係数」などを体系的に推計して整理する。また、各5カ年の時期区分における経済成長率および投資率を計算してそれぞれの時期区分に関わる内生部門と最終需要の規模を推計する。

第二に、本分析はIO表の内生部門分類に沿って、139部門から農林水産業、鉱業、製造と電気ガス水道業、金融商業・その他産業、建築業、物流と飲食商売業、生活部門、という7つの大部門に組替えて推計する。それをもとに、第一の計算結果を主要部門に沿って整理する。

第三に、本実証分析は、6つの5カ年分析対象時期区分に沿って第二の推計結果を用いて一次エネルギー消費(標準石炭換算トン)からCO₂排出量を推計する。それに基づいて139部門、ならびにこれらを組替えた7つの大部門のそれぞれのCO₂排出量を求める。各5カ年時対象期区分における139部門全体、各部門、そして7つの大部門のそれぞれのCO₂排出量を計測する。それらの結果をもとにCO₂排出量が「環境負荷」を定量的にGDP単位当たりのCO₂排出量(g/元)で「環境効率性」の評価を行う。そのために、本分析は「パリ協定」において設定した中国の目標値に対し、推計したCO₂排出量から「環境効率性」(GDP単位当たりのCO₂排出量(g/元))が改善するか否かを明らかにする。

最後に、第三の分析結果を踏まえ、中国は「持続可能な開発」を維持しながら、139部門とそれらを仕分けた7つの大部門区分においてCO₂排出量削減が揺るぎない経済社会になるため、政府が実施すべく対応を明らかにする。そのために、「パリ協定」と密接に関わっている「国連気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が提案している温室効果ガスの削減に取り組むべく「適応」「緩和」「資金」という3つの指針に加え、グリーンエネルギーや環境に優しい新技術の導入、ならびに低炭素社会の確立と定着への「シフト」という概念を用いてピグー税と補助金制度を比較した上で対応を明らかにする。

4. 産業連関表を用いたCO₂排出量の推計

当研究は「中国投入産出(産業連関)学会」が作成した2012年の139産業部門からなるIO表を用いる。当該IO表は<https://www.dropbox.com/sh/rhct29ri49a3nik/AABGYHvsgx85ARmXRf6h-p8ma?dl=0>に収納している。表14は当IO表の簡易形(万円)を示している。そして、表14は当IO表に関わる各産業の名称、表15はそれらの産業に対応するコード番号を示している。当IO表の行にある中間需要合計とは、ある産業が最終需要の取引前の販売額の合計である。つまり中間財としての中間需

要に係る産業が購入した生産物の金額の合計である（例えば、農業という産業の行に対応する各産業の中間需要の合計額である）。さらに、最終需要合計額は民間消費支出計、政府消費支出計、資本形成計と輸出額の合計額である。国内生産額は中間需要合計と最終需要合計から輸入額を引いた額である（その他調整額を含む）。

表14が示している通り、付加価値の合計額は雇用者所得、生産税、資本消耗と営業余剰の合計である。産業連関表の列とは、ある産業がどのように他の産業から中間投入財として購入し、そしてその産業において、労働力へ支払うコストなどの付加価値を含む生産額となるかを示すものである。また、IO表では、それぞれの産業に関わる中間需要の国内生産額は各産業の中間投入の国内生産額に等しい。2012年のIO表は、その年において139部門の産業に関わる中間需要合計、民間消費支出、政府消費支出、資本形成、輸出、輸入、国内生産額はそれぞれ約106.5兆元、19.9兆元、7.3兆元、23.8兆元、13.7兆元、12.2兆元、160.2兆元であった。それに対して、雇用者所得、生産税、資本消耗と営業余剰はそれぞれ26.4兆元、7.4兆元、7.2兆元、12.7兆元であり、付加価値の総額は53.7兆元であった。

4-1. CO2排出量推計の準備に関するIO表の組み替え

本論文は中国と日本の産業分類を参考に、139部門からなるIO表を用いて、環境問題の深刻さを表すCO2排出量を推計し、その結果が増加したとなれば、その削減を如何にするかを明らかにする実証分析である。そのために7つの大部門に組み替える必要がある。組み替えた7つの大部門の名称は次の通りである。農林水産業、鉱業、製造と電力ガス水道業、金融商業・その他産業、建築業、物流と飲食商売業、生活部門である。また、それぞれの名称に対応する産業構成は次の通りである。農林水産業は農業、林業、畜業、漁業、農林畜漁サービス5つ部門からなる。鉱業は石炭、原油・天然ガス、鉄鉱石、非鉄金属鉱物、非金属鉱物、その他の製造鉱物の6つ部門の構成である。製造と電力ガス水道業は多く、精穀・製粉、飼料・有機質肥料、植物油脂、加工油脂などを含む92部門によって構成する。金融商業・その他産業の構成は金融、法務・財務・会計サービス、保険など11産業である。建築業は住宅建築、土木建築、建設補修、建築用金属製品とその他の建築サービス、耐火物5つ産業からなる。物流と飲食商売業は商業、鉄道輸送・道路関係公共事業、道路輸送など11部門から構成する。生活部門は住民サービス業、その他の対個人サービス、教育、保健、社会福祉、娯楽サービス、社会保険事業、その他の公共サービス、公共施設管理業9つ部門を含む。

本稿の分析は投入係数とレオンチェフ逆行列を求めた後、影響力係数、感応度係数、輸入係数、生産誘発係数、生産誘発額、最終需要誘発、輸入誘発額、CO2排出量等を推計する。また、本実証分析はMicrosoft ExcelとGNU Octaveという2つのソフトウェアを利用して計算を行う²⁰。

²⁰ URL : <https://sourceforgenet/projects/octave/files>から入手することができる。

表14 中国の2012年139産業部門のIO表の簡易形 (万円)

	コード	農業	林業	畜産	～	社会保険事業	134	135	その他の公共サービス	中間需要合計		民間消費支出計		輸出	最終需要合計	輸入	国内生産額
										TIU	THC	EX	TFU				
1	農業	001	002	003	～	～	～	～	～	387,894,117	93,396,971	6,401,968	116,775,522	38,414,555	469,404,580		GO
2	林業	8,804	2,768,413	3,606	～	4,007	-	-	-	44,583,367	487,544	65,347	46,412	9,809,931	34,470,763		
3	畜産	90,132	33,294	21,543,222	～	～	-	-	-	148,649,046	79,218,199	643,349	123,452,464	2,217,769	271,893,911		
134	文化芸術業	5,434	3,233	1,888	～	224	～	～	～	1,873,254	3,462,971	537,684	11,796,682	1,096,008	12,524,138		
135	スポーツ	-	-	-	～	-	-	-	-	423,640	2,463,234	470,758	4,838,595	959,587	4,365,257		
136	中間投入合計	167,243,192	11,657,900	140,610,351	～	1,010,194	134,355,690	172,028,538	1,985,367,833	10,646,269,125	1,366,658,526	1,220,269,787	6,567,743,246	16,016,270,834			
137	雇用者所得	307,610,379	23,142,852	131,602,009	～	2,911,827	172,028,538	168,878	1,010,194	2,641,340,939	1,366,658,526	1,220,269,787	6,567,743,246	16,016,270,834			
138	生産税	-18,476,672	-1,298,498	-6,062,254	～	-167,489	168,878	168,878	168,878	736,062,253	736,062,253	736,062,253	736,062,253	736,062,253			
139	資本減耗	13,027,681	968,509	5,743,805	～	106,414	22,737,557	22,737,557	22,737,557	716,819,825	716,819,825	716,819,825	716,819,825	716,819,825			
140	営業余剰	-	-	-	～	459,421	2,771,763	2,771,763	2,771,763	1,273,778,692	1,273,778,692	1,273,778,692	1,273,778,692	1,273,778,692			
141	付加価値合計	302,161,387	22,812,863	131,283,561	～	3,310,173	197,706,737	197,706,737	197,706,737	5,368,001,709	5,368,001,709	5,368,001,709	5,368,001,709	5,368,001,709			
142	国内生産額	469,404,580	34,470,763	271,893,911	～	4,320,367	332,062,427	332,062,427	332,062,427	16,016,270,834	16,016,270,834	16,016,270,834	16,016,270,834	16,016,270,834			

表15-1 中国産業連関表 (139部門) 各産業の名称

1 農業	36 パルプ・紙・板紙・加工紙、紙加工品	71 農、林、畜、漁業用機械	106 金融
2 林業	37 印刷・製版・製本	72 その他の特殊産業用機械	107 法務・財務・会計サービス
3 畜産	38 石油製品、核燃料	73 自動車製造業	108 保険
4 漁業	39 石炭製品	74 自動車部品	109 不動産仲介及び賃貸
5 農、林、畜、漁サービス	40 石油化学基礎製品	75 鉄道車両	110 不動産賃貸業
6 石炭	41 化学肥料	76 船舶	111 ビジネスサービス業
7 原油・天然ガス	42 農薬	77 その他の輸送機械	112 旅行・その他の運輸付帯サービス
8 鉄鉱石	43 塗料・印刷インキ	78 民生用電気機器	113 研究
9 非鉄金属鉱物	44 合成材料製造業	79 その他の電気機械器具	114 専門技術サービス業
10 非金属鉱物	45 化学工業製品	80 電子計算機・同付属装置	115 科学技術の交流と普及のサービス業
11 その他の鉱物	46 日用化学产品制造业	81 通信機械	116 河川・下水道・その他の公共事業
12 精穀・製粉	47 医薬品	82 レーダー、ラジオ設備製造業	117 自然保護ガバナンス
13 飼料・有機質肥料	48 化学繊維	83 民生用電子機器	118 その他の対個人サービス
14 植物油脂、加工油脂	49 ゴム製品	84 半導体素子・集積回路	119 教育
15 砂糖類	50 プラスチック製品	85 その他の電子部品	120 保健
16 と畜、肉加工品	51 セメント	86 分析器・試験機・計量器・測定器	121 社会福祉
17 水産食料品	52 セメント製品	87 その他の電子機器	122 娯楽サービス
18 その他の食料品	53 その他の建設用土石製品	88 住宅建築	123 社会保険事業
19 インスタント食品製造業	54 ガラス・ガラス製品	89 土木建築	124 その他の公共サービス
20 酪農品	55 陶磁器	90 建設補修	125 かん具・運動用品
21 調味料	56 炭素、その他の窯業・土石製品	91 建築用金属製品とその他の建築サービス	126 耐火物
22 その他の食料品	57 銑鉄、粗鋼	92 廃棄物処理	127 電動機
23 酒類	58 熱間圧延鋼材	93 電力、熱供給	128 開閉制御装置及び配電盤
24 その他の飲料	59 フェロアロイ	94 ガス供給	129 配線器具
25 たばこ	60 非鉄金属製錬・精製	95 水道	130 電池
26 綿・スフ織物	61 非鉄金属加工製品	96 商業	131 金属製品・機械・設備などの修理
27 毛織物	62 金属製品	97 鉄道輸送・道路関係公共事業	132 倉庫
28 麻織物、絹・人絹織物	63 原動機・ボイラ	98 道路輸送	133 宿泊業
29 紡績	64 金属加工・工作機械	99 水運	134 飲食店
30 ニット生地	65 運搬機械	100 航空輸送	135 公共施設管理業
31 衣服・その他の繊維既製品	66 ポンプ及び圧縮機	101 管道運輸業	136 新聞出版業
32 なめし革・毛皮・同製品	67 事務用機械	102 運輸付帯サービス	137 ラジオ、テレビ、映画やDVD業
33 靴	68 その他の一般産業機械及び装置	103 郵便・信書便	138 文化芸術業
34 製材・木製品	69 建設・鉱山機械	104 電気通信	139 スポーツ
35 家具・装備品	70 化学機械、木材加工	105 ソフトウェア業	

表15-2 中国産業連関表（139部門）各産業のコード

旧	新	コード	産業名称	旧	新	コード	産業名称
1	1	01001	農業	48	48	28049	化学繊維
2	2	02002	林業	49	49	29050	ゴム製品
3	3	03003	畜産	50	50	29051	プラスチック製品
4	4	04004	漁業	51	51	30052	セメント
5	5	05005	農、林、畜、漁サービス	52	52	30053	セメント製品
6	6	06006	石炭	53	53	30054	その他の建設用土石製品
7	7	07007	原油・天然ガス	54	54	30055	ガラス・ガラス製品
8	8	08008	鉄鉱石	55	55	30056	陶磁器
9	9	09009	非鉄金属鉱物	56	56	30058	炭素、その他の窯業・土石製品
10	10	10010	非金属鉱物	57	57	31059	鉄鉄、粗鋼
11	11	11011	その他の鉱物	58	58	31060	熱間圧延鋼材
12	12	13012	精穀・製粉	59	59	31061	フェロアロイ
13	13	13013	飼料・有機質肥料	60	60	32062	非鉄金属製錬・精製
14	14	13014	植物油脂、加工油脂	61	61	32063	非鉄金属加工製品
15	15	13015	砂糖類	62	62	33064	金属製品
16	16	13016	と畜、肉加工品	63	63	34065	原動機・ボイラ
17	17	13017	水産食料品	64	64	34066	金属加工・工作機械
18	18	13018	その他の食料品（加工）	65	65	34067	運搬機械
19	19	14019	インスタント食品製造業	66	66	34068	ポンプ及び圧縮機
20	20	14020	酪農品	67	67	34069	事務用機械
21	21	14021	調味料	68	68	34070	その他の一般産業機械及び装置
22	22	14022	その他の食料品（製造）	69	69	35071	建設・鉱山機械
23	23	15023	酒類	70	70	35072	化学機械、木材加工
24	24	15024	その他の飲料	71	71	35073	農、林、畜、漁業用機械
25	25	16025	たばこ	72	72	35074	その他の特殊産業用機械
26	26	17026	綿・スフ織物	73	73	36075	自動車製造業
27	27	17027	毛織物	74	74	36076	自動車部品
28	28	17028	麻織物、絹・人絹織物	75	75	37077	鉄道車両
29	29	17029	ニット生地	76	76	37078	船舶
30	30	17030	紡績	77	77	37079	その他の輸送機械
31	31	18031	衣服・その他の繊維既製品	78	78	38084	民生用電気機器
32	32	19032	なめし革・毛皮・同製品	79	79	38085	その他の電気機械器具
33	33	19033	靴	80	80	39086	電子計算機・同付属装置
34	34	20034	製材・木製品	81	81	39087	通信機械
35	35	01001	家具・装備品	82	82	39088	レーダー・ラジオ設備製造業
36	36	22036	パルプ・紙・板紙・加工紙、紙加工品	83	83	39089	民生用電子機器
37	37	23037	印刷・製版・製本	84	84	39090	半導体素子・集積回路
38	38	25039	石油製品、核燃料	85	85	39091	その他の電子部品
39	39	25040	石炭製品	86	86	40092	分析器・試験機・計量器・測定器
40	40	26041	石油化学基礎製品	87	87	39091	その他の電子機器
41	41	26042	化学肥料	88	92	42094	廃棄物処理
42	42	26043	農薬	89	93	44096	電力、熱供給
43	43	26044	塗料・印刷インキ	90	94	45097	ガス供給
44	44	26045	合成材料製造業	91	95	46098	水道
45	45	26046	化学工業製品	92	104	63114	電気通信
46	46	26047	日用化学製品製造業	93	105	65115	ソフトウェア業・情報処理・提供サービス
47	47	27048	医薬品	94	125	24038	がん具・運動用品
95	127	38080	電動機	118	91	50102	建築用金属製品とその他の建築サービス
96	128	38081	開閉制御装置及び配電盤	119	126	30057	耐火物
97	129	38082	配線器具	120	96	51103	商業
98	130	38083	電池	121	97	53104	鉄道輸送・道路関係公共事業
99	131	43095	金属製品・機械・設備などの修理	122	98	54105	道路輸送
100	136	85133	新聞出版業	123	99	55106	水運
101	137	86134	ラジオ、テレビ、映画やDVD業	124	100	56107	航空輸送
102	138	87135	文化芸術業	125	101	57108	管道運輸業
103	139	88136	スポーツ	126	102	58109	運輸付帯サービス
104	106	66116	金融	127	103	60111	郵便・信書便
105	107	67117	法務・財務・会計サービス	128	132	59110	倉庫
106	108	68118	保険	129	133	61112	宿泊業
107	109	70119	不動産仲介及び賃貸	130	134	62113	飲食店
108	110	71120	不動産賃貸業	131	117	79128	住民サービス業
109	111	72121	ビジネスサービス業	132	118	80129	その他の対個人サービス
110	112	73122	研究	133	119	82130	教育
111	113	74123	専門技術サービス業	134	120	83131	保健
112	114	75124	科学技術の交流と普及のサービス業	135	121	84132	社会福祉
113	115	76125	河川・下水道・その他の公共事業	136	122	89137	娯楽サービス
114	116	77126	自然保護ガバナンス	137	123	93138	社会保険事業
115	88	47099	住宅建築	138	124	90139	その他の公共サービス
116	89	48100	土木建築	139	135	78127	公共施設管理業
117	90	49101	建設補修				

4-2. IO 表分析の基本計算式

(1) 投入係数

「投入係数」とは、各部門が1単位の生産を行うために使用した中間需要と中間投入の大きさを示したものである。投入係数は、各列部門における個々の投入額を当該列部門の国内生産額で除したものであり、生産の原単位を指す。そして、投入係数を行列で示した内容は「投入係数表」と呼ぶ。この投入係数表を行列Aとし、A1式で表す。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad A1$$

(2) レオンチェフ逆行列

「レオンチェフ逆行列」とは、ある部門に対して1単位の最終需要が発生した場合、当該部門の生産に必要とされる中間財の需要を通して、各部門に対して直接または間接に誘発される生産額の究極的な大きさを示すものである。これは通常 L^{-1} で表される。「レオンチェフ逆行列」はA2式から求められる。さらに、 L^{-1} を一覧表にしたものが「逆行列係数表」であり、 $n \times n$ (正方形) 行列の形式で表している。逆行列の係数とは、たとえば、 l_{ij} の場合、それが第j産品1単位の最終需要に対し、第i産品の生産量1が必要となるという意味である。また、「逆行列係数表」では対角線上の係数は一般的に1以上の値であり、その他の係数は1以下の値であることが特徴付けられている。それは1つの産業に関わる最終需要の増加は直接に当該部門自身の生産も増加させられると同時に、間接に他の産業の生産増加を誘発するからである。前者は直接効果、後者は間接効果と呼ばれる。

$$L^{-1} = (I - (I - \hat{M})A)^{-1} \quad A2$$

(3) 影響力係数と感応度係数

レオンチェフ逆行列係数表の各列の係数は、当該列部門に対する最終需要(国産品に対する需要)が1単位発生した場合に、直接又は間接に各行部門においてどのくらいの生産量が必要となるかを示すものである。各列の合計となる「列和」は、当該列の部門に対する最終需要1単位が産業全体に対して与える総効果である。これは産業全体においてどの部門に対してどの位の影響力を与えるかを測る係数である。なぜならば、それが産業全体の平均値からどのくらい乖離するかを測定する必要があるからである。また、この測定は部門別の列和を列和全体の平均値で除した比率を求めれば、「どの列部門に対する最終需要があったときに、産業全体に与える総効果の影響力」という指標を算出することができる。この指標は「影響力係数」と呼ばれ、以下のA3式から求められる。

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix}, \quad b_j = \frac{\sum_{i=1}^n l_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}}, \quad l_{ij} \text{は } L^{-1} \text{の要素} \quad A3$$

影響力係数は3種類ある。第1種影響力係数はA3式で算出した係数である。第2種影響力係数は自部門に対する直接波及効果1.0を除いた上で、列和を算出した影響力係数（逆行列から単位行列を減じた行列に対して計算）である。第3種影響力係数は自部門に対する直接及び間接波及効果を取り除いた上で行和を算出した影響力係数（逆行列から対角成分を取り除いた行列に対して計算）である。本実証分析は第3種影響力を使用する。

それに対して、「レオンチェフ逆行列」の各行和は各部門に対してそれぞれ1単位の最終需要が発生した場合に、直接または間接に当該行部門に各部門から受ける生産波及の大きさを表すものである。この効果を測るために、産業全体においてどの部門からどの位の影響力を受けるかを測定しなければならない。それが産業全体の平均値からどのくらい乖離するかを測定する必要がある。この測定は部門別の行和を行和全体の平均値で除した比率を求めれば、「各列部門にそれぞれ1単位の最終需要があったときに、どの行部門が相対的に強い影響を受けるか」という相対的な指標を求めることができる。これが「感応度係数」と呼ばれ、以下のA4式から求められる。

$$D = \begin{pmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{pmatrix}, \quad d_j = \frac{\sum_{j=1}^n l_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}}, \quad l_{ij} \text{は } L^{-1} \text{の要素} \quad A4$$

影響力係数と同様に、感応度係数は3種類ある。第1種感応度係数はA4式から計算する。第2種感応度係数は自部門に対する直接波及効果1.0を除いた上で、行和を算出した感応度係数（逆行列から単位行列を減じた行列に対して計算）である。第3種感応度係数は自己部門に対する直接及び間接波及効果を取り除いた上で行和を算出した感応度係数（逆行列から対角成分を取り除いた行列に対して計算）である。本実証分析は第3種影響力を使用する。

(4) 輸入係数

輸入係数は輸入額を中間需要と国内需要額（内生部門生産額と国内最終需要の合計）で割れば求められる。そして、単位行列から輸入係数を引いた数字を対角行列に変形すれば、輸入係数行列になる。輸入係数を用いれば、最終需要項目別輸入誘発額、同誘発係数及び同誘発依存度が求められる。

(5) 最終需要、投資、雇用者所得に関わる生産誘発額

レオンチェフ逆行列と必要に応じて輸入係数行列を使用して、最終需要項目別生産誘発額を求めることができる。そして投資による誘発効果とそれらの変動(増減)によって、雇用者所得をも含めて推計することができる。最終需要項目別生産誘発額と、支出面から民間消費支出、政府消費支出、固定資本形成、輸出が与えられれば、生産誘発額が求められる。民間消費支出、政府消費支出、固定資本形成および輸出からなる最終需要に関わる各産業の生産誘発額はレオンチェフ逆行列と各産業の最終需要額の積である。よって、各最終需要項目別生産誘発額は以下のA5式から求められる。

$[I - (I - M^A)A]^{-1}$ 型の逆行列×自給率（対角行列）×国内最終需要額(行列) A5

注：自給率（対角行列）= 単位行列 - 輸入係数（対角行列）

(6) GDP成長率の設定式

本実証分析の6つ5カ年対象期間であり、それぞれの5カ年期間にある最終年（2025、2030、2035、2040、2045、2050）のGDPを予測しなければならない。この予測値は1980年から2018年までの年平均成長率と5カ年計画の成長率実績値を考慮に入れて求めた。加えて、2030年以降の成長率を予測するにあたり、Barro（1991）が示した経済成長論の「収斂仮説」を参考にし、収斂成長率は2.0～2.2を目安に環境保全に欠かせない環境効率性の向上をもたらす妥当な成長率を設定することとなる。つまり計算は分析対象期間の幾何平均成長率を用いて算出する。計算式はA6式である。表16は対象5カ年期間のGDP計算結果を示している。

$$\text{分析対象年のGDP計算式 } \text{GDP}_t = \text{GDP}_{t-1}(1 + i_g)^n \quad \text{A6}$$

但し、t：計算対象年のGDP（2025、2030、2035、2040、2045、2050）

t-1：計算対象年のGDP_tを求めるための前5年のGDP（2025、2030、2035、2040、2045、2050）

i_g：計算対象年のGDP_tとGDP_{t-1}の平均成長率

n：5年（2021～2025、2026～2030、2031～2035、2036～2040、2041～2045、2046～2050）

(7) 投資額の計算設定式

上述に算出した分析対象5カ年期間のGDPに対する比率を設定して投資額が求められる。対象年の投資額は表17が示しているGDPと対GDP比率にかけたものである。

(8) CO2排出計算方法

本実証分析の重点はCO2排出量の推計である。これはCO2係数推定値IPCC（2006）と燃料使用量の積である。CO2係数推定値はA7式からある燃料の単位使用量当たりの発熱量が単位発熱量当たりの炭素排出量と44/12の積である。但し、NCVは各種のエネルギーは標準的な石炭に変換された参考係数（『中国エネルギー統計年鑑』から規定される）を使用する。CEFは単位発熱量当たりの炭素排出量（IPCC（2006）から規定される）を用いる。COFは炭素酸化係数因子である。

$$\varphi_k = NCV_k \times CEF_k \times COF_k \times \left(\frac{44}{12}\right) \quad (k = 1, 2, 3 \dots 8) \quad \text{A7}$$

5. 推計結果

5-1. 投入係数とレオンチフ逆行列

IO表の投入係数と7大区分に沿って整理し直したその投入係数、当該レオンチフ逆行列係数表と7大区分に沿って整理し直したその逆行列係数表はそれぞれ

<https://www.dropbox.com/sh/rhct29ri49a3nik/AABGYHvsgx85ARmXRf6h-p8ma?dl=0>に収納している。

表18は付加価値規模の上位10産業は商業、不動産仲介及び賃貸、金融、農業、住宅建築、その他の公共サービス、教育、畜産、道路輸送、電力、熱供給の順、および各部門が占める産業全体の割合を示している。そして、表19は7つの大区分の各々の付加価値規模をまとめており、付加価値規模の順は第Ⅵ区分の商業、第Ⅳ区分の不動産仲介及び賃貸、第Ⅰ区分の農業、第Ⅴ区分の住宅建築、第Ⅶ区分のその他の公共サービス産業、第Ⅲ区分の電力、熱供給、第Ⅱ区分の石炭、である。これらの産業の生産額と産業全体の割合は約1.89%、0.69%、0.78%、1.95%、1.42%、3.11%、1.23%、である。

IO表(2012)からみると、最終需要規模の上位10産業は住宅建築、その他の公共サービス、土木建築、不動産仲介及び賃貸、商業、自動車製造業、教育、保健、電子計算機・同付属装置、衣服・その他の繊維既製品の順である。表21はこれらの産業に係る逆行列係数を示している。つまりそれぞれの産業の最終需要が1単位増加すれば、当該産業に関わる中間投入産業として(輸入を含む)1.04倍、1.22倍、1.19倍、1.23倍、1.85倍、1.34倍、1.78倍、1.10倍、1.48倍、3.54倍の中間投入額が増加する。例えば、住宅建築、その他の公共サービス、土木建築の3つの産業はそれぞれ100万円の最終需要が増加すれば、各々の産業への中間投入の合計額は輸入を含めて104万円、122万円、119万円が誘発されることになる。

表16 2021年-2050年の対象年のGDP

	GDP _{t-1} (万元)	GDP _t (万元)	i _g	n (年)
2020	9,908,650,000	10,404,082,500	5.0%	5
2025	10,404,082,500	14,254,494,678	6.5%	5
2030	14,254,494,678	17,763,693,798	4.5%	5
2035	17,763,693,798	21,612,249,617	4.0%	5
2040	21,612,249,617	25,668,572,905	3.5%	5
2045	25,668,572,905	29,756,911,093	3.0%	5
2050	29,756,911,093	32,854,034,300	2.0%	5

表17 2021年-2050年の対象年の投資額

	GDP	GDP比率	投資額
2020	10,404,082,500	0.40	4,161,633,000
2025	14,254,494,678	0.35	4,989,073,137
2030	17,763,693,799	0.35	6,217,292,829
2035	21,612,249,617	0.30	6,483,674,885
2040	25,668,572,905	0.30	77,00,571,871
2045	29,756,911,093	0.25	7,439,227,773
2050	32,854,034,300	0.25	8,213,508,575

表18 付加価値規模の上位10部門産業

	産業	付加価値 (万円)	割合
96	商業	498,310,097	3.11%
109	不動産仲介及び賃貸	312,482,880	1.95%
106	金融	302,984,092	1.89%
1	農業	302,161,387	1.89%
88	住宅建築	227,760,725	1.42%
124	その他の公共サービス	197,706,737	1.23%
119	教育	161,720,520	1.01%
3	畜産	131,283,561	0.82%
98	道路輸送	130,439,680	0.81%
93	電力、熱供給	125,542,655	0.78%

表19 各区分付加価値規模最上位の産業

	区分	産業	付加価値 (万円)	割合
1	I	農業	302,161,387	1.89%
6	II	石炭	110,951,490	0.69%
93	III	電力、熱供給	125,542,655	0.78%
109	IV	不動産仲介及び賃貸	312,482,880	1.95%
88	V	住宅建築	227,760,725	1.42%
96	VI	商業	498,310,097	3.11%
124	VII	その他の公共サービス	197,706,737	1.23%

表20 最終需要規模の上位10部門産業の逆行列係数

産業	88	124	89	109	96
逆行列係数	1.04	1.22	1.19	1.23	1.85
産業	73	119	120	80	31
逆行列係数	1.34	1.78	1.10	1.48	3.54

表21 各区分最上位産業の逆行列係数

	I	II	III	IV	V	VI	VII
産業	3	6	73	109	88	96	124
逆行列係数	2.37	1.99	1.34	1.23	1.04	1.85	1.22

表22 影響力係数と感応度係数（1を軸に）による分類

	影響力係数<1	影響力係数>1
感応度係数>1	第2象限：他の産業への影響力は低い が、他の産業から感応しやすい（影響を受けやすい）	第1象限：他の産業への影響力は高い と同時に他の産業から感応しやすい （影響を受けやすい）
感応度係数<1	第3象限：他の産業への影響力は低い と同時に、他の産業から感応しにくい （影響を受けにくい）	第4象限：他の産業への影響力は高い が、他の産業から感応しにくい（影響を受けにくい）

表23 第三種影響力係数と感応度係数：上位20産業

産業	影響力係数	産業	感応度係数
121 社会福祉	25.0765	106 金融	7.6545
116 自然保護ガバナンス	14.0231	96 商業	7.6409
123 社会保険事業	11.4340	111 ビジネスサービス業	7.3164
99 水運	5.4551	93 電力、熱供給	6.6166
131 金属製品・機械・設備などの修理	4.7439	58 熱間圧延鋼材	6.3997
103 郵便・信書便	4.5116	38 石油製品、核燃料	5.7941
101 管道運輸業	3.8486	1 農業	4.3413
75 鉄道車両	3.1680	98 道路輸送	4.1711
115 河川・下水道・その他の公共事業	2.8258	109 不動産仲介及び賃貸	3.6961
59 フェロアロイ	2.6676	62 金属製品	3.5990
64 金属加工・工作機械	2.4721	40 石油化学基礎製品	3.4200
82 レーダー・ラジオ設備製造業	2.4355	47 医薬品	3.3213
63 原動機・ボイラ	2.2830	36 パルプ・紙・板紙・加工紙、紙加工品	3.1143
100 航空輸送	2.1584	6 石炭	3.0577
46 日用化学産品製造業	1.8947	45 化学工業製品	3.0240
71 農、林、畜、漁業用機械	1.6004	74 自動車部品	2.8546
87 その他の電子機器	1.5790	113 専門技術サービス業	2.7845
39 石炭製品	1.5689	50 プラスチック製品	2.7715
76 船舶	1.5515	129 配線器具	2.5167
42 農業	1.4905	26 綿・スフ織物	2.4574

5-2. 影響力係数と感応度係数（第3種）

表22は第3種影響力係数と感応度係数の分類区分を示している。それぞれの影響力係数と感応度係数は1を軸にすれば、4つの象限に分類することができる。第1象限に属している産業は後方連関産業に対して影響を与えやすく、同時に前方連関産業からも影響を受けやすい（感応度が高い）。第2象限に属している産業は後方連関産業に影響を与えにくい、前方連関産業から影響を受けやすい（感応度が高い）。第3象限に属している産業は後方連関と前方連関産業の何れも影響を受けにくい（感応度が低い）。第4象限に属している産業は後方連関産業に対して影響を与えやすいが、前方連関産業から影響を受けにくい（感応度が低い）。

計算結果によれば、最も高い部門は社会福祉であり、住宅建築は最も低い。また、影響力係数は1を超えている部門の数が多。表23は影響力係数と感応度係数の上位20産業をまとめている。図1は表22に沿って計算結果を4つ象限に整理した。第1象限に属している産業がない。社会福祉、自然保護ガバナンス、社会保険事業、水運など25産業が第2象限に属している。これらは後方連関産業へ与える効果が小さいが、前方連関産業から受ける効果が大きい。第3象限に属している産業の数は多い。中でも、電池、分析器・試験機・計量器・測定器、娯楽サービス、その他の電子部品などの部門が含まれているそれらの産業は後方連関と前方連関産業とのいずれも低い効果の性質を持っており、独立型の産業であると言っても良い。第4象限においては、非鉄金属製錬・精製、セメント、セメント製品、綿・スフ織物など

の40産業は配置しており、それらは後方連関産業への波及効果が大きいものに対して、前方連関産業から受ける効果が小さい。

5-3. 輸入係数

輸入係数は輸入額を中間需要と最終需要の合計額で割れば求められる。表24は輸入係数、国内自給率上位の10産業を示している。この表に示していない農、林、畜、漁サービス、その他の鉱物、その他の電子部品、ガス供給、水道、商業、管道運輸業、運輸付帯サービス、法務・財務・会計サービス、不動産仲介及び賃貸の輸入係数は下位10産業である。輸入係数が低ければ、当該産業の国内自給率が高い意味である。逆に、輸入係数が高ければ、輸入誘発額も高くなる傾向がある。

5-4. 最終需要部門別生産誘発額の計算結果

生産誘発額とは、最終需要の民間消費支出、政府消費支出、固定資本形成、輸出が与えられたとき、それによって誘発される生産額のことである。民間消費支出、政府消費支出、固定資本形成および輸出からなる最終需要に関わる各産業の生産誘発額はレオンチェフ逆行列と各産業の最終需要額の積である。表25は2020-050年国内最終需要と輸出額を示している。前節のGDP成長率（最終需要の変化率）の計算結果とA6の式、および表24を参照して以下の式で最終需要部門別生産誘発額算出できる。

$$\text{最終需要部門別生産誘発額} = \text{逆行列} \times [\text{輸入係数} \times (\text{国内最終需要} + \text{輸出})]$$

図1 影響力係数と感応度係数の関係

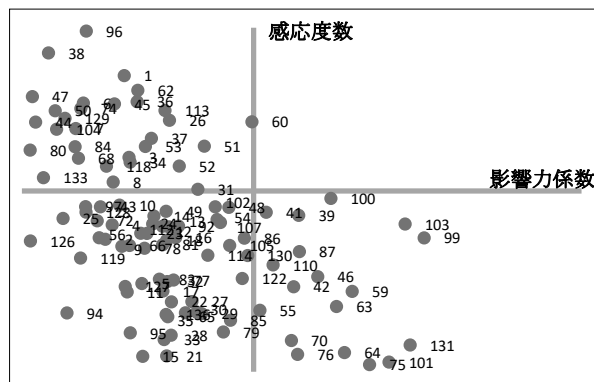


表24 輸入係数：上位10産業

	輸入係数	国内自給率
1 レーダー・ラジオ設備製造業	0.5873	0.4127
2 原油・天然ガス	0.5487	0.4513
3 半導体素子・集積回路	0.5096	0.4904
4 分析器・試験機・計量器・測定器	0.4421	0.5579
5 鉄鉱石	0.4320	0.5680
6 事務用機械	0.4201	0.5799
7 航空輸送	0.3889	0.6111
8 通信機械	0.3726	0.6274
9 廃棄物処理	0.3553	0.6447
10 非鉄金属鉱物	0.3402	0.6598

最終需要部門別生産誘発額の上位10部門は、自動車製造業、その他の特殊産業用機械、その他の公共サービス、通信機械、電子計算機・同付属装置、農業、その他の輸送機械、金属加工・工作機械、開閉制御装置及び配電盤、レーダー・ラジオ設備製造業である。表26は最終需要部門別生産誘発額を示している。2012年のIO表のデータを基準としているため、2020年から2050年までの順位も同じである。

5-5. CO2排出量の推計結果

CO2排出係数推定値公式A8を使って、石炭、コークス、原油、ガソリン、灯油、ディーゼル、燃料油、天然ガスなど、それぞれのCO2排出係数が算出できる。それらのCO2排出係数は表27に示している。

2015年末にパリで開かれた「気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）」に中国は2030年にCO2排出量を2030年の達成目標を2005年の排出量から60-65%を削減すると設定している。この目標は中国政府として初めて排出総量の抑制にコミットしたもので世界的に注目された。中国のCO2排出量は、2006年にアメリカを抜き世界最大な温室効果ガスの排出規模となり、2013年の排出量は123億トンを突破し、世界の全体排出量の24%弱を占めている。近年、中国経済は減速、構造調整を呈しつつも、ブリティッシュ・ペトロリアムは中国のエネルギー消費は2030年までに右肩上がりの状態が続くだろうと予測している。中国は世界一多いCO2排出量を自主的にして設定目標の達成は、パリ協定の成功にかかわるだけでなく、地球全体の平均気温の上昇を2℃以内に押さえて目標の実現を左右する重量なカギとなる。そのために、中国政府は第13次5カ年計画を含め、国内で政策を動員し、「パリ協定」に設定した目標を実現するように取り組んできた。

2020年、2021年から2030までエネルギー使用量の年成長率は2005年の年成長率を用いて推計を行なった。そして、2031年から2040年までのそれが2012年の年成長率を基準にした。2041年から2050年までの期間に関して2017年の年成長率を基準にした。表28は2005-2050年CO2排出量の推計結果を示している。

表25 2020-2050年国内最終需要と輸出 (万円)

	2020		2025		2030		2035		2040		2045		2050	
	最終需要合計	輸入	最終需要合計	輸入	最終需要合計	輸入	最終需要合計	輸入	最終需要合計	輸入	最終需要合計	輸入	最終需要合計	輸入
1 農業	130,853,114	69,874,067	179,293,807	95,733,527	223,216,325	118,445,805	281,965,529	136,691,489	336,901,729	160,043,648	381,390,530	193,328,286	422,955,047	211,733,182
2 林業	103,447	17,843,752	141,732	17,843,752	178,992	30,247,525	200,144	34,906,928	236,002	40,870,373	286,680	49,370,276	314,105	54,070,338
3 畜産	133,329,391	43,034,007	182,672,820	4,034,007	227,175,402	6,838,176	289,498,123	7,891,546	346,207,786	9,239,725	390,022,455	11,161,331	432,900,042	12,223,893
4 漁業	43,960,742	1,354,300	60,230,027	1,354,300	74,923,999	2,295,718	95,265,763	2,649,356	113,901,858	3,101,968	128,475,173	3,747,092	142,568,111	4,103,815
～	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～
138 文化芸術業	13,130,505	1,993,581	17,989,929	1,993,581	22,392,604	3,379,384	28,331,274	3,899,953	33,856,588	4,566,214	38,293,562	5,515,860	42,473,482	6,040,971
139 スポーツ	5,590,615	1,745,439	7,659,627	1,745,439	9,544,356	2,958,750	11,971,438	3,414,523	14,293,607	3,997,855	16,244,966	4,829,298	18,002,875	5,289,048

表26 2020-2050年最終需要部門別生産誘発額 (万円)

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1	9,476,750	12,983,969	16,145,185	20,594,125	24,630,660	27,733,143	30,784,905
2	-4,433	-6,074	-7,553	-9,634	-11,522	-12,974	-14,401
3	1,132,102	1,551,077	1,928,719	2,460,194	2,942,402	3,313,027	3,677,594
～	～	～	～	～	～	～	～
138	2,487,630	3,408,268	4,238,082	5,405,921	6,465,504	7,279,900	8,080,982
139	1,561,814	2,139,821	2,660,805	3,394,011	4,059,252	4,570,556	5,073,501

表27 CO2排出係数

	石炭	コークス	原油	ガソリン	灯油	ディーゼル	燃料油	天然ガス
NCV* (GJ/kg)	0.02091	0.02844	0.04182	0.04307	0.04307	0.04265	0.04182	0.03893
CEF** (kg/GJ)	25.8	29.2	20	19	19.6	20.2	21.1	15.3
COF	1	1	1	1	1	1	1	1
CO2排出係数	1.98	3.04	3.07	3.00	3.10	3.16	3.24	2.18

* : 中華人民共和国国家統計局編『中国エネルギー統計年鑑』各年。
 *** 中華人民共和国国家統計局編『中国エネルギー統計年鑑』各年。

表28 2005-2050年CO2の排出量

	国全体の量 (万トン) 実績	排出量 (トン)/元	排出量(g)/元
2005	717,390	0.038	383.0
2009	947,334	0.027	272.3
2010	1,026,890	0.025	250.2
2011	1,124,786	0.023	232.7
2012	1,193,236	0.022	222.1
2013	1,233,749	0.021	209.8
2014	1,224,038	0.019	190.6
2015	1,201,743	0.018	175.9
2016	1,188,338	0.016	161.2
2017	1,198,992	0.015	146.2
本実証分析の推計結果			
2020	1,367,560	0.013	131.4
2025	1,708,851	0.012	119.9
2030	2,146,769	0.012	120.9
2035	2,577,737	0.012	119.3
2040	3,135,068	0.012	122.1
2045	3,977,404	0.013	133.7
2050	5,131,896	0.016	156.2

注：パリ協定の目標値は2005年の35% = 134.0 g/元、40% = 153.2 g/元

中国は「パリ協定」に2030年に削減目標を1元あたり134.0g（2005年の35%削減）と1元あたり153.2gと設定している。表が示している通り、中国は2030年にCO2排出量の推計結果は1元あたり120.9gである。したがって、この推計結果は設定された目標値から13.1g（2005年の35%削減）と32.3g（2005年の40%削減）より多く削減することとなる。2031年以降の推計結果の考察を5-8節で論じる。

5-6. 投資の波及効果の計算結果

表17は各5カ年期間の最終年の投資側を示している。2012年IO表の7大区分にした部門の固定資本算出額は、(I) 66,925,827万元、(II) 6,175,684万元、(III) 937,742,692万元、(IV) 106,161,460万元、(V) 1,301,332,582万元、(VI) 77,658,168万元、(VII) 0万元。I-VIIはそれぞれの大区分の名称番号である。それぞれの投資側を産業全体の固定資本で除して、(I) 0.0269、(II) 0.0025、(III) 0.3775、(IV) 0.0427、(V) 0.5239、(VI) 0.0313、(VII) 0の算出結果となる。そして、各部門に属している産業の固定資本は本部門の固定資本を割って、各産業の割合が得られる。表29は割合が0.1より大きい産業を示している。最後に、各産業の割合と年間投資総額をかければ、各産業の年投資額が求まる。これらの投資額はレオンチェフ逆行列と乗じて投資の誘発額が算出できる。

5-7. 雇用所得/生産性

雇用者誘発係数とは各部門に就業者雇用者数を、当該部門の生産額で除したものである。よって、その部門の1単位当の生産に要する雇用者の投入量が求まる。

$$\text{雇用係数} = \frac{\text{当該部門の雇用者数}}{\text{当該部門の生産額}}$$

雇用係数（表30）の対角行列にレオンチェフ逆行列係数を乗じたものは雇用誘発係数（表31）である。これはある産業に1単位の需要が生じた場合に、直接・間接的に各産業にどれだけ雇用者の増加を誘発するかを示している。また、雇用誘発係数の列和は当該部門の1単位の需要発生による産業全体にあたる雇用者の誘発数を示している。

$$\text{雇用誘発係数} = \hat{L}[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$$

\hat{L} は雇用係数の対角行列、 $[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$ は逆行列係数

雇用係数が最も高い部門はスポーツであり、住宅建築は最も低い。また、雇用係数は1を超えている産業はスポーツ、社会福祉、自然保護ガバナンス、金属製品・機械・設備などの修理、社会保険事業、郵便・信書便、電池、水運、河川・下水道・その他の公共事業、管道運輸業である。雇用誘発係数を用いて雇用賃金に関する内生部門の誘発額を求めることができる。雇用賃金の誘発額は雇用誘発係数が輸入を

取り除いた最終需要合計とかけたものであり、表32はその結果を示している。

さらに、表33は1元所得あたりの生産額は雇用係数から求められる分析対象期間における内生部門の雇用賃金から内生部門における各部門の投入に関する雇用賃金生産性である。これらの分析結果は今後2021-2050の分析対象期間における温室効果ガスの排出量の削減を対処する際に、1元あたり生産額（内生部門）を上昇させると経済効率性が向上し、それはCO2排出量を減少させることになる意味である。

5-8. CO2 排出量の推計結果と考察

表34と表35は推計結果をまとめている。それぞれの表は全国の産業から排出するCO2の総量と7大区分に係る各々のCO2排出量をGDP原単位当たりの排出量（g/元）で表している。推計したGDP原単位当たりのCO2排出総量は2030年に120.9g/元である。したがって、この推計結果から明らかに、中国は自ら「パリ協定」に設定した目標を達成することができる。また、この推計結果（120.9g/元）は目標値の134.0 g/元（2005年の35%削減）と153.1 g/元（2005年の40%削減）より高い削減量となっている。さらに、2035年、2040年と2045年にGDP原単位当たりの排出量の推計結果はそれぞれ119.3 g/元、122.1 g/元、133.7 g/元である（これは「パリ協定」に設定した2005年の40%より低い）。これらのいずれも2030年の「パリ協定」の目標値より高い削減量である。しかしながら、2050年の推計結果は156.2 g/元であり、それが2030年の「パリ協定」の目標値より低い削減量であると留意しなければならない。

表35に関して留意すべきは2035年より、製造と電力ガス水道業、建築業、物流と飲食商売業、および生活という4つの大区分においてGDP原単位当たりのCO2排出量が再び増加に転じる。また、それぞれの大区分は2040年以降GDP原単位当たりのCO2排出量の増加ぶりは目立つ。GDP原単位当たりのCO2の排出総量の削減が2030年だけの目標さえ達成すれば、環境負荷効率性が向上するという政策の目的であることにするのは、危うい判断と経済行動であると懸念せねばならない。製造と電力ガス水道業、建築業、物流と飲食商売業、生活という4大区分に関して、生産者と消費者それぞれの行動はGDP原単位当たりのCO2排出総量の増加をもたらすと指摘して良い。それに関して、この実証分析は人々の行動によって環境に対して負の経済効果をもたらし、CO2排出量の増加が環境効率を低下させて環境負荷が高まってしまうことに十二分に注意しなければならない。

表29 投資額の割合

	産業	割合
1	不動産仲介及び賃貸	0.886
2	商業	0.714
3	畜産	0.651
4	住宅建築	0.648
5	原油・天然ガス	0.541
6	石炭	0.482
7	農業	0.254
8	土木建築	0.242
9	自動車製造業	0.214
10	道路輸送	0.203
11	専門技術サービス業	0.114
12	漁業	0.103

表30 雇用係数

1	0.66	26	0.09	51	0.18	76	0.37	101	1.56	126	0.06
2	0.67	27	0.06	52	0.10	77	0.06	102	0.37	127	0.19
3	0.48	28	0.10	53	0.06	78	0.09	103	6.69	128	0.26
4	0.61	29	0.08	54	0.20	79	0.14	104	0.12	129	0.15
5	0.47	30	0.11	55	0.29	80	0.03	105	0.58	130	3.73
6	0.25	31	0.12	56	0.07	81	0.07	106	0.01	131	7.68
7	0.12	32	0.11	57	0.03	82	0.36	107	0.16	132	0.06
8	0.18	33	0.13	58	0.01	83	0.06	108	0.01	133	0.07
9	0.14	34	0.09	59	0.37	84	0.02	109	0.02	134	0.03
10	0.16	35	0.12	60	0.12	85	0.14	110	0.16	135	0.11
11	0.30	36	0.09	61	0.01	86	0.25	111	0.02	136	0.09
12	0.05	37	0.15	62	0.04	87	0.51	112	0.23	137	0.27
13	0.06	38	0.04	63	0.17	88	0.00	113	0.34	138	0.23
14	0.04	39	0.17	64	0.58	89	0.01	114	0.33	139	39.41
15	0.09	40	0.03	65	0.09	90	0.23	115	1.98		
16	0.05	41	0.14	66	0.08	91	0.02	116	11.34		
17	0.06	42	0.18	67	0.23	92	0.13	117	0.16		
18	0.08	43	0.03	68	0.03	93	0.01	118	0.19		
19	0.10	44	0.02	69	0.02	94	0.05	119	0.18		
20	0.09	45	0.04	70	0.38	95	0.08	120	0.01		
21	0.08	46	0.28	71	0.38	96	0.05	121	12.09		
22	0.09	47	0.02	72	0.05	97	0.04	122	0.55		
23	0.11	48	0.24	73	0.01	98	0.01	123	7.19		
24	0.10	49	0.05	74	0.05	99	2.48	124	0.02		
25	0.11	50	0.03	75	0.55	100	0.87	125	0.03		

表31 雇用誘発係数

	1	2	3	4	5	……	135	136	137	138	139
1	0.738	0.020	0.185	0.093	0.110	……	0.005	0.021	0.042	0.003	1.015
2	0.002	0.718	0.001	0.002	0.004	……	0.001	0.003	0.001	0.001	0.171
3	0.003	0.004	0.532	0.006	0.025	……	0.001	0.006	0.007	0.000	0.254
4	0.001	0.002	0.013	0.643	0.010	……	0.000	0.002	0.007	0.000	0.108
	~	~	~	~	~	……	~	~	~	~	~
133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	……	0.000	0.002	0.000	0.000	0.129
134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	……	0.000	0.001	0.000	0.000	0.045
135	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	……	0.110	0.000	0.000	0.000	0.014
136	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	……	0.000	0.087	0.000	0.000	0.038
137	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	……	0.000	0.001	0.272	0.000	0.024
138	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	……	0.005	0.000	0.000	0.233	0.011
139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	……	0.001	0.667	0.001	0.001	39.703

表32 2012年、2020～2050年雇用賃金に関する誘発額

	2012	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1	257,199,014	275,269,756	396,896,466	471,994,899	601,845,212	722,363,628	809,874,430	900,108,342
2	12,279,015	11,967,623	24,509,653	20,976,861	27,210,166	33,140,049	36,213,046	40,505,191
3	123,257,887	137,042,528	194,458,975	234,244,072	296,283,613	354,506,365	400,391,243	444,283,368
4	47,956,204	53,803,669	76,969,243	92,039,415	116,154,922	138,990,700	157,117,804	174,321,586
5	12,933,967	16,238,308	23,440,106	27,890,798	34,319,875	40,985,068	46,957,003	51,979,743
~	~	~	~	~	~	~	~	~
135	4,727,380	5,036,014	7,022,427	8,586,942	10,976,134	13,138,419	14,764,730	16,396,436
136	1,289,767	1,407,233	2,145,072	2,415,870	3,065,819	3,679,325	4,134,091	4,593,134
137	3,944,962	3,671,630	5,886,754	6,294,338	8,308,861	10,027,975	11,002,427	12,279,451
138	2,811,682	2,936,410	4,219,978	5,013,852	6,437,058	7,716,820	8,639,440	9,602,029
139	162,771,312	162,340,160	249,543,420	278,082,704	360,760,616	433,997,305	481,624,132	536,308,032

表33 1元あたり雇用賃金の生産性(生産額、元)

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1 農業	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
2 林業	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
3 畜産	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
4 漁業	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5 農、林、畜、漁サービス	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 石炭	0.08	0.06	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
7 原油・天然ガス	-0.40	-0.90	-0.41	-0.44	-0.45	-0.42	-0.43
8 鉄鉱石	-0.01	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
9 非鉄金属鉱物	5.59	1.01	4.72	2.70	2.38	3.48	3.19
10 非金属鉱物	0.77	0.65	0.77	0.71	0.70	0.74	0.73
11 その他の鉱物	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12 精穀・製粉	0.42	0.41	0.43	0.38	0.38	0.40	0.40
13 飼料・有機質肥料	0.61	0.59	0.62	0.56	0.55	0.59	0.58
14 植物油脂、加工油脂	1.48	1.31	1.48	1.34	1.32	1.41	1.39
15 砂糖類	1.04	0.92	1.04	0.93	0.92	0.98	0.97
16 と畜、肉加工品	3.44	3.26	3.47	3.14	3.10	3.29	3.26
17 水産食料品	20.84	19.33	20.93	19.41	19.19	20.12	19.95
18 その他の食料品(加工)	4.13	3.99	4.17	3.78	3.74	3.96	3.92
19 インスタント食品製造業	1.01	1.00	1.02	0.92	0.91	0.97	0.96
20 酪農品	0.29	0.27	0.29	0.28	0.28	0.29	0.28
21 調味料	1.61	1.58	1.63	1.47	1.46	1.55	1.53
22 その他の食料品(製造)	3.12	3.03	3.15	2.85	2.81	2.99	2.95
23 酒類	0.52	0.48	0.52	0.47	0.46	0.49	0.49
24 その他の飲料	1.59	1.51	1.60	1.45	1.43	1.52	1.50
25 たばこ	0.23	0.21	0.23	0.21	0.21	0.22	0.22
26 綿・スフ織物	4.93	4.66	4.93	4.72	4.69	4.82	4.80
27 毛織物	5.13	4.89	5.14	4.90	4.87	5.02	4.99
28 麻織物、絹・人絹織物	3.96	3.77	3.96	3.79	3.76	3.87	3.85
29 ネット生地	13.64	13.14	13.67	13.11	13.03	13.38	13.32
30 紡績	22.47	21.58	22.49	21.85	21.75	22.16	22.09
31 衣服・その他の繊維既製品	17.32	16.83	17.38	16.56	16.45	16.95	16.86
32 なめし革・毛皮・同製品	10.81	10.35	10.84	10.34	10.26	10.58	10.52
33 靴	11.77	11.55	11.83	11.23	11.16	11.51	11.45
34 製材・木製品	3.53	3.24	3.54	3.33	3.29	3.43	3.40
35 家具・装備品	14.40	14.17	14.46	13.83	13.76	14.13	14.06
36 パルプ・紙・板紙・加工紙、紙加工品	3.29	2.86	3.30	2.99	2.94	3.13	3.10
37 印刷・製版・製本	0.86	0.79	0.87	0.79	0.78	0.82	0.82
38 石油製品、核燃料	3.12	2.65	3.12	2.81	2.76	2.96	2.92
39 石炭製品	1.20	0.93	1.20	1.08	1.05	1.13	1.12
40 石油化学基礎製品	13.25	10.16	13.15	11.88	11.63	12.49	12.32
41 化学肥料	6.00	5.54	6.03	5.46	5.38	5.73	5.66
42 農薬	7.24	6.64	7.26	6.66	6.57	6.94	6.87
43 塗料・印刷インキ	9.19	7.94	9.18	8.51	8.39	8.83	8.75
44 合成材料製造業	12.30	8.69	12.14	10.94	10.66	11.52	11.35
45 化学工業製品	5.92	5.03	5.91	5.41	5.32	5.65	5.59
46 日用化学製品製造業	5.53	5.13	5.56	5.09	5.03	5.31	5.26
47 医薬品	11.47	10.28	11.50	10.59	10.45	11.02	10.91
48 化学繊維	1.79	1.64	1.79	1.70	1.68	1.74	1.73
49 ゴム製品	17.20	15.29	17.20	16.12	15.94	16.64	16.51
50 プラスチック製品	10.63	9.37	10.62	9.90	9.77	10.24	10.15
51 セメント	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15
52 セメント製品	0.48	0.43	0.48	0.45	0.44	0.46	0.46
53 その他の建設用土石製品	4.50	4.06	4.49	4.25	4.21	4.37	4.34
54 ガラス・ガラス製品	5.56	5.01	5.56	5.24	5.19	5.40	5.36
55 陶磁器	6.24	5.94	6.26	5.97	5.93	6.11	6.08
56 炭素、その他の窯業・土石製品	2.91	2.53	2.91	2.70	2.67	2.80	2.78
57 銑鉄、粗鋼	1.01	0.79	1.01	0.90	0.89	0.95	0.94
58 熱間圧延鋼材	18.47	15.86	18.45	17.04	16.79	17.71	17.54
59 フェロアロイ	4.85	3.62	4.81	4.33	4.23	4.56	4.49
60 非鉄金属製錬・精製	2.84	2.02	2.81	2.48	2.41	2.64	2.59

61	非鉄金属加工製品	11.44	9.69	11.41	10.59	10.44	10.98	10.88
62	金属製品	14.96	13.52	14.99	13.92	13.76	14.43	14.30
63	原動機・ボイラ	18.01	16.27	18.08	16.56	16.35	17.27	17.10
64	金属加工・工作機械	3.59	3.07	3.60	3.22	3.16	3.39	3.35
65	運搬機械	6.70	6.38	6.75	6.20	6.14	6.46	6.40
66	ポンプ及び圧縮機	12.41	10.54	12.39	11.43	11.26	11.89	11.77
67	事務用機械	26.92	25.07	26.89	26.15	26.00	26.52	26.42
68	その他の一般産業機械及び装置	16.10	13.90	16.09	14.86	14.65	15.45	15.30
69	建設・鉱山機械	14.22	13.23	14.32	12.95	12.78	13.58	13.44
70	化学機械、木材加工	3.55	3.28	3.57	3.23	3.19	3.39	3.35
71	農、林、畜、漁業用機械	2.55	2.48	2.58	2.33	2.31	2.45	2.42
72	その他の特殊産業用機械	16.18	13.49	16.18	14.58	14.33	15.33	15.14
73	自動車製造業	11.17	10.52	11.27	10.16	10.03	10.66	10.55
74	自動車部品	3.32	3.12	3.33	3.08	3.05	3.20	3.17
75	鉄道車両	3.52	3.40	3.56	3.24	3.20	3.38	3.35
76	船舶	11.16	10.98	11.21	10.67	10.60	10.92	10.87
77	その他の輸送機械	19.33	16.78	19.32	17.85	17.61	18.55	18.37
78	民生用電気機器	10.97	10.28	11.02	10.24	10.13	10.60	10.52
79	その他の電気機械器具	28.80	26.78	28.74	28.06	27.90	28.40	28.31
80	電子計算機・同付属装置	52.79	47.70	52.66	50.80	50.39	51.72	51.47
81	通信機械	37.45	34.73	37.39	36.36	36.14	36.87	36.73
82	レーダー・ラジオ設備製造業	37.80	33.72	37.64	36.59	36.31	37.12	36.96
83	民生用電子機器	23.92	23.29	24.04	22.68	22.52	23.32	23.18
84	半導体素子・集積回路	-336.01	132.17	-406.15	-834.28	-1551.15	-525.89	-610.58
85	その他の電子部品	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86	分析器・試験機・計量器・測定器	37.70	19.13	36.25	30.86	29.46	33.48	32.59
87	その他の電子機器	4.98	4.79	5.01	4.68	4.63	4.83	4.80
88	住宅建築	4.52	4.52	4.58	4.11	4.06	4.32	4.28
89	土木建築	0.38	0.38	0.39	0.35	0.34	0.36	0.36
90	建設補修	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12
91	建築用金属製品とその他の建築サービス	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05
92	廃棄物処理	-4.11	1.67	-4.83	-16.19	-80.17	-7.18	-8.79
93	電力、熱供給	0.65	0.58	0.65	0.60	0.59	0.63	0.62
94	ガス供給	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95	水道	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	商業	9.92	9.44	9.97	9.30	9.21	9.61	9.54
97	鉄道輸送・道路関係公共事業	4.07	3.59	4.09	3.70	3.65	3.88	3.84
98	道路輸送	8.89	8.17	8.93	8.18	8.08	8.53	8.45
99	水運	5.54	5.13	5.54	5.26	5.22	5.40	5.37
100	航空輸送	13.94	9.05	13.69	12.10	11.74	12.87	12.64
101	管道運輸業	0.19	0.17	0.19	0.17	0.17	0.18	0.18
102	運輸付帯サービス	0.85	0.79	0.85	0.78	0.77	0.82	0.81
103	郵便・信書便	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11
104	電気通信	0.21	0.19	0.21	0.19	0.19	0.20	0.20
105	ソフトウェア業・情報処理・提供サービス	1.18	1.13	1.19	1.08	1.06	1.13	1.12
106	金融	0.69	0.63	0.69	0.63	0.62	0.66	0.65
107	法務・財務・会計サービス	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
108	保険	15.66	14.76	15.79	14.28	14.09	14.97	14.81
109	不動産仲介及び賃貸	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
110	不動産賃貸業	8.03	6.59	8.01	7.27	7.14	7.63	7.53
111	ビジネスサービス業	11.78	10.40	11.81	10.82	10.67	11.29	11.17
112	研究	0.13	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13
113	専門技術サービス業	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
114	科学技術の交流と普及のサービス業	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
115	河川・下水道・その他の公共事業	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
116	自然保護ガバナンス	1.07	0.92	1.07	0.98	0.96	1.02	1.01
117	住民サービス業	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
118	その他の対個人サービス	0.22	0.20	0.22	0.20	0.20	0.21	0.21
119	教育	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04
120	保健	0.36	0.36	0.36	0.33	0.32	0.34	0.34
121	社会福祉	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
122	娯楽サービス	3.05	2.42	3.04	2.71	2.65	2.86	2.82

123	社会保険事業	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
124	その他の公共サービス	0.28	0.28	0.28	0.26	0.26	0.27	0.27
125	がん具・運動用品	28.77	27.44	28.82	27.59	27.41	28.18	28.04
126	耐火物	2.08	1.78	2.08	1.92	1.89	1.99	1.97
127	電動機	4.07	3.62	4.07	3.78	3.73	3.92	3.88
128	開閉制御装置及び配電盤	3.15	2.78	3.15	2.95	2.92	3.05	3.02
129	配線器具	1.63	1.50	1.64	1.53	1.51	1.58	1.57
130	電池	0.36	0.32	0.36	0.34	0.33	0.35	0.35
131	金属製品・機械・設備などの修理	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
132	倉庫	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
133	宿泊業	3.62	3.07	3.62	3.24	3.18	3.42	3.37
134	飲食店	1.01	0.96	1.02	0.92	0.91	0.96	0.95
135	公共施設管理業	0.54	0.53	0.55	0.52	0.52	0.53	0.53
136	新聞出版業	7.39	6.65	7.43	6.72	6.63	7.05	6.97
137	ラジオ、テレビ、映画やDVD業	1.08	0.92	1.07	1.00	0.99	1.03	1.02
138	文化芸術業	0.65	0.62	0.65	0.60	0.60	0.63	0.62
139	スポーツ	0.80	0.71	0.80	0.73	0.72	0.76	0.76

表34 GDP原単位CO2の排出総量 (g/元)

2025	119.9	パリ協定の約束 (2030年)	
2030	120.9	2005年の35%	2005年の40%
2035	119.3	134.0	153.2
2040	122.1		
2045	133.7		
2050	156.2		

表35 7区分に関わるGDP原単位CO2の排出総量 (g/元)

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
I	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
II	5.4	5.5	4.6	4.0	4.0	4.2
III	100.9	102.3	102.4	107.9	147.3	206.6
IV	1.7	1.7	1.7	1.8	2.1	2.5
V	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	1.1
VI	8.9	9.9	11.3	13.7	17.7	24.8
VII	4.0	5.6	8.5	14.0	24.8	46.8

環境問題という負の経済効果を是正するために、人々に対して負の外部性を引き起さない効果的かつ持続性のあるインセンティブを与えねばならない。実効性がある取り組みはインセンティブの設計から導入、運営・モニタリング、改善に至って対処することが重要である。そうした対処に向かって本稿はCO2排出量の削減、ならびに揺るぎない環境効率向上を確実に確保しなければならない。そのために、既に論じた通り、「パリ協定」と密接に関係するIPCCの「適応」「緩和」「資金」の3つ指針と本研究が提案する「シフト」という概念から対応策を明らかにする。

結論に代えて：長期的に継続的な環境負荷効率性の強化対応策

環境問題である外部効果は市場失敗の意味である。いうまでもなく、その是正に政府の介入が必須である。本稿は中国の2012年IO表（139部門）を用いて環境問題が人類ならびに生態体系を脅かすCO2排出量を推計した。この実証分析は持続可能

な開発を確実に確保するため、人々の行動に起因する環境負荷を減らすために、各々の問題を如何に対処してゆく分析のアプローチではなく、IOを用いて人々の生産と消費の両面からCO2排出量を推計した。この研究は推計結果をもとに、CO2排出総量は増加するか否か、CO2排出総量の増減は如何に「環境負荷」と「環境効率性」に影響を及ぼすかを評価することが可能となる実証分析である。このようにして推計結果とそれらの考察から二つの結論を示したい。

結論1：補助金でGDP原単位当たりのCO2排出量削減に「適応」「緩和」の実現

IO表の分析結果は、2021年から2050年の分析対象期間（6つの5カ年期間ごと）におけるCO2排出総量の削減が2030年に「パリ協定」に設定した目標を下回る推計結果が得られると示している。これはIPCC第5次評価報告書が掲げる「適応」「緩和」の指針が期待する成果と合致していると言って良い。推計結果はCO2排出量削減成果をGDP単位当たりのCO2排出量という基準を用いて、2030年に「パリ協定」の設定目標を達成することができるというIO表応用の有効性を示している意味である。しかしながら、2040年以降、GDP単位当たりのCO2排出量は再び増加に転じる分析結果を踏まえ、「適応」「緩和」の努力は果たして2031年から2050年までにおいても効果であるかどうかについて、実証分析の推計結果から判断することができない。したがって、GDP単位当たりのCO2排出量の削減は「適応」「緩和」を継続的に2030年以降でも効果的に機能させるために、「資金」「シフト」に関する対応が欠かせない。結論2はこれを述べる。

ここで、本論文の結論1を示すために、具体的な対応策を説明する。中国の驚異な経済発展は輸送機械の一つである自家用車の保有台数も激増している趨勢をもたらしている。それによって温室効果ガスのCO2、そして公害排煙の一つであるSOXの排出は深刻な大気汚染を作り出している。さらに、14億人の経済社会を支えるための重要なエネルギー源となる炭化水素を使用した発電所からもCO2とSOXの排出量増加に加担している。したがって、それらの負の外部効果を是正させる「政府介入」が必要不可欠である。政府はCO2排出量の削減をピグー税による内部化にする介入ではなく、むしろ「補助金」という政策アプローチから対処しなければならない。

図2から図5までは「補助金」から新エネルギー（環境に優しいエネルギー源）をもとに「適応」「緩和」で経済社会の活動に係る人々の行動を変化させることを示している。図2はガソリンやディーゼルを代替し、電気自動車などの新エネルギー駆動の輸送機械を政府の補助金によって導入する対応の需給関係の調整を示している。環境に害している排気を緩和させるために、電気自動車などの導入でCO2排出量が減少する経済社会の生産と消費の生活様式への「適応」は必要不可欠である。個人にとって価格が安い自家用車を保有することは「需要法則」という市場経済の原理である。しかしながら、その人の行動の負の外部性は環境破壊を加担することになる。

言い換えれば、社会的最適となる電気自動車等を増やせば、価格が上昇し、それが消費者の経済メリットが得られないため、環境に優しい輸送機械は普及しにく

い、という現実には価格自由化の市場原理の結果である。これは資源配分に効率であるが、私的便益が決定する市場均衡は社会的最適になる均衡点と乖離させることになる。したがって、その是正に対して政府は補助金を提供することにより、電気自動車等の普及が可能にすることができる。

電気自動車等を普及させるために、需要を増さねばならない。負の外部性を無視して、生産規模の拡大は極めて困難となるため価格は下がらない。電気自動車等の生産において設備や技術などを活用して多大な投資費用が必要であるが、規模の経済性によって費用は逡減法則が働く。生産量が増えれば、電気自動車の平均コストが下り、一台を追加に生産する限界コストも低下する。そのメカニズムは図3が示しているように、限界費用は需要曲線と交わる点から平均費用曲線のB点と一致する長方形の面積は補助金が生産者の収入不足分を補填すれば、個々人に対して電気自動車が普及し、社会的最適価格と量が同時に確保することが可能となる。

もう一つの補助金の有効性を示す。補助金は炭化水素を使用した発電所を環境に優しい(CO2やSOXなどの排出削減)発電技術をさせることができる。図4はピグー税による外部性の内部化は適切ではないことを示している。なぜならば、従量税を課税する結果、人々はより高い電力代金を払わなければならないからである。これは市場原理に基づく個々人の行動を納得させることが困難である。したがって、ピグー税の変わりに補助金を用いて環境に優しい発電所に転換させれば、個々人にとっては追加的な支出が発生しないために、賛同が得られる。

図2 電気自動車等の導入による社会的需要と補助金の関係

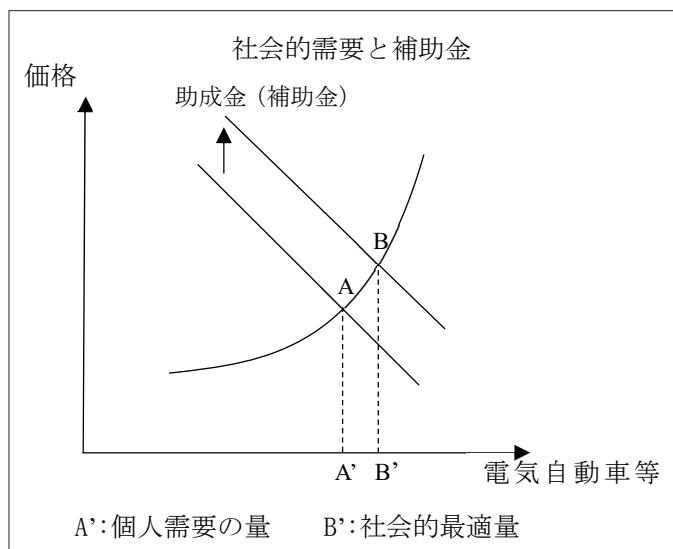


図3 電気自動車等の導入から見る費用低減と補助金の関係

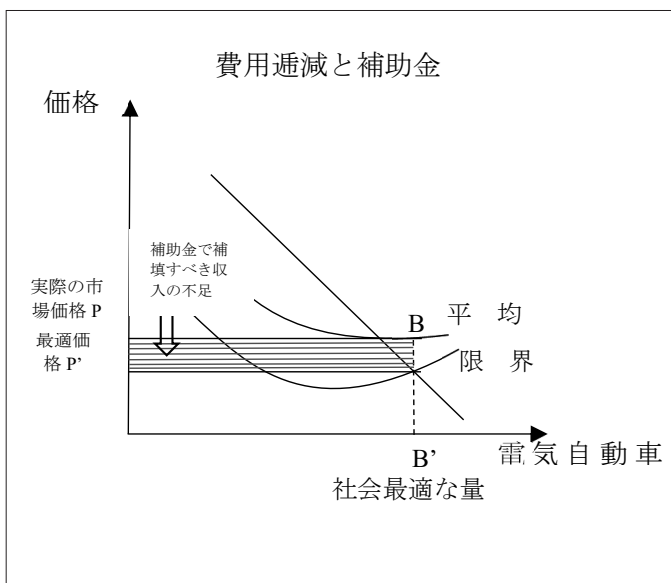


図4 ビグー税の構図

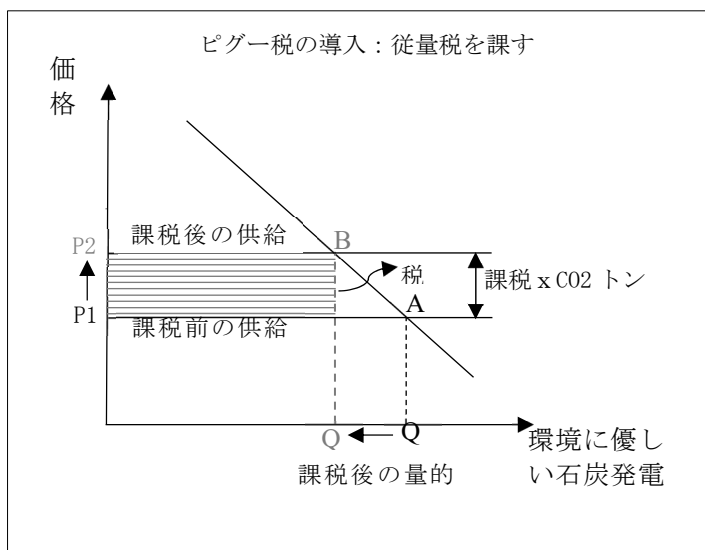


図5 ピグー税に変わって補助金による新技術の発電の構図

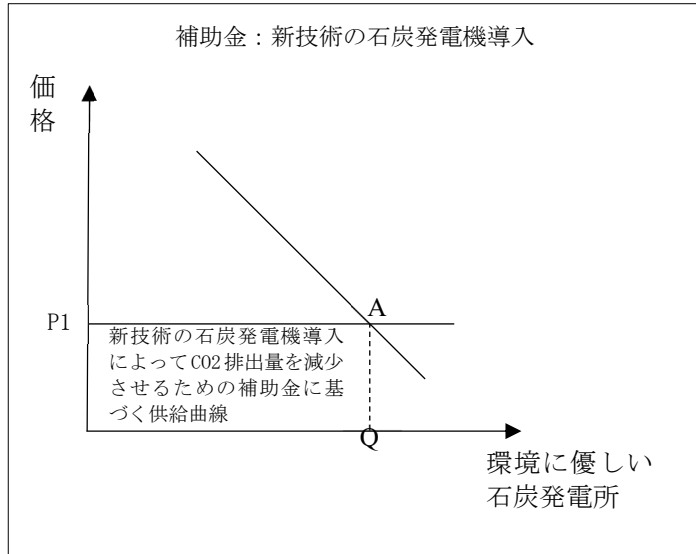


図5はそのメカニズムを示している。それによって人々は従来の通り、電力を使っても価格は変わらないと同時に、温室効果ガスの排出抑止という環境保全に貢献するのである。補助金は財政の負担に加担すると声高に批判されると指摘されるのであろう。しかしながら、当該批判は的ではない点を留意すべきである。なぜならば、本稿が提案する補助金は環境負荷を軽減すると同時に、他は変わらなければ、国内の公害から地球温暖化が一層に悪化した後に対処するコストは、防止の費用より相当に高くなるからである。つまり温室効果ガスの「緩和」または環境優しい経済社会への投資は、劣化した環境からの人類の実存的脅威のコストよりも安い。これは実にStern（2007）の強調と一致している。

結論2：「資金」「シフト」による揺らぎないGDP原単位当たりのCO2排出削減

CO2排出総量の削減においては2030年に「パリ協定」に設定したGDP原単位当たりのCO2排出総量の目標値を達成できると推計結果が示している。2030年に120.9 g/元は「パリ協定」の134.0 g/元（35%に削減）、153.1 g/元（40%に削減）を下回る。しかしながら、2046年から2050年までの期間中に推計したGDP原単位当たりのCO2排出総量は「パリ協定」に設定した2005年の35%（134.0g/元）を超える増加ぶりを見せているが、40%の目標以下に留まっている。そして、7つの大区分に係るGDP原単位当たりのCO2の排出量については、製造と電力ガス水道業、建築業、物流と飲食商売業、生活という4つの大区分において明らかに2040年以降に顕著に増加に転じる。中でも、製造と電力ガス水道業、物流と飲食商売業、生活の3大区分の増加趨勢が目立つ推計結果である。

GDP原単位当たりのCO2排出総量の削減が2030年だけの目標さえ達成すれば、環境負荷効率性が向上するという政策の狙いだとなれば、危うい政策判断と負の外部

性を及ぼす経済行動であると言わざるを得ない。なぜならば、推計したGDP原単位当たりのCO₂の排出量は総量の面と7つの大区分のうち、製造と電力ガス水道業、建築業、物流と飲食商売業、生活の4つの大区分面においてそれぞれ2046年以降再び増加に転じるからである。生産者と消費者はそれぞれの経済行動または意思決定に対して、負の外部効果を抑止する揺らぎないインセンティブの設計、運用とモニタリングを十二分に行う役割を政府が担わなければならない。しかも、政府も同時に外部効果を及ぼす環境保全コストを内部化する取り組みはインセンティブが長期的に頑丈な機能として有効でないことを認識しなければならない。

したがって、本実証分析結果は2040年以降、GDP原単位当たりのCO₂排出総量は再び増加させないために、政府、民間部門、暮らし部門はGDP原単位当たりのCO₂排出総量を下げることと、再び増加に転じない抑止する行動を2030年に待たずに即時に一層に削減するコミットメントに努めなければならない。そのために「資金」「シフト」を確実に政治的、経済的、社会的、営利・非営利団体や個人からの協力を得る頑丈なインセンティブを与える政策を講じなければならない。

14億人の人口を擁している中国において経済発展の結果は、大量生産と大量消費の経済社会の状況に推し上がってきた。そうした状況の中で、生産側から製品販売側を経て消費側の諸側面にわたって大量廃棄物が発生するという経済構造になってしまった。エネルギー消費の側面からGDP原単位当たりのCO₂排出量の削減は「環境負荷」と「環境効率性」の改善が確実に揺らぎない「持続可能な開発」にするために、中国の経済社会は資源節約型・資源循環型（再利用を含む）の経済社会構造へ「シフト」しなければならない。

「シフト」を持続的にもたすために、政府部門、民間部門、営利・非営利組織と個人の協働が非常に重要である。具体的な例を挙げれば、第1次エネルギー生産と消費において石炭・石油の使用量を減らすための再生可能なエネルギーから代替する。そして、同時に農林水産業における資源節約と環境に優しい生産と消費の行動から交通部門において自家用車やトラック、鉄道や内陸河川に関わる運搬・輸送、製造業の工場とビジネスサービスの商業施設、個人々の暮らしの住宅とそのアメニティに至って生産・消費という環境優しい生活様式の経済社会構造への「シフト」が喫緊である。加えて、その取り組みが長期にわたって「持続可能な開発」でなければならない。それを確実にするために、言うまでもなく、インセンティブを与えることが必要不可欠である。

「シフト」は円滑かつ頑丈にさせるために「資金」の側面を十二分に対応することに考慮に入れなければならない。「資金」とは文字通り、人々の限界行動は金銭に反応するという原理から、それがインセンティブの設計に非常に大切である。これは財政資源を使用するばかりではない意味を留意せねばならない。したがって、これは財政資源を用いて個人々が費用を負担しても良いというインセンティブを設計することが極めて大切である。負の外部効果を内部化させれば、税収規模が高まっても、必ずしも長期にわたって「環境負荷」が軽減し、または「環境効率性」が向上しない。ピグー税を代表する環境税で内部化するアプローチを取るのではなく、

むしろ補助金は人々が環境に優しく行動または意思決定を起こさせる効果または有効性が高いインセンティブである。これは本研究の第2の結論である。

当実証分析は日本のIO表編成の産業分類方式を参考して中国の139部門からなるIO表を7つの大区分に分けるために組み替えた。同時に、本稿は日本の環境基準法の定まりを引用して分析の焦点と推計アプローチを設定した。この実証分析がレビューした先行研究の中で、中国国内でIO表の分析を用いて環境改善に係る各々の産業の推計に同様な分析アプローチが取ったことがない。故に、本実証分析のアプローチは分析のオリジナリティである。また、分析視点と合わせて本論文は文献・知的蓄積に貢献したことを付記する。

本稿のIO表分析は中国の環境問題の改善を包括的に網羅していることではない。IO表自体は実態と5年程度遅れて編成され、その分析・推計は「一定の技術仮定」を前提にしている。したがって、IO表の分析は投入額からレオンチフ逆行列を求め、それを用いて様々な経済課題に係る分析・推計を行うことが可能となる。しかしながら、政治的、経済社会的、文化的などの様々な側面において変化が起こったりした場合に、IO表の分析結果を考察する際に細心の注意を払う必要がある。それは本研究の限界である。それを補うために、今後、中国の2007年と2017年のIO表を用いてCO2排出量「適応」「緩和」「資金」と「シフト」の基準を比較評価する必要がある。この取り組みは特にIO表の産業部門の大分類、中分類、小分類を区別して分析・推計するアプローチに値する。これは今後の課題とする。

Abstract

This paper uses 2012 input-output table (IO table, 139 sectors) to estimate CO₂ emissions in China. Instead of analyzing each environmental problem in China, this study argues that CO₂ emissions are caused by individuals' behavior in production and consumption spheres. This analytical focus enables the estimation of CO₂ emissions using IO table. The estimated results are used for the assessment of whether total CO₂ emissions will increase or otherwise. Furthermore, the total CO₂ emissions are then converted to CO₂ emissions in GDP per unit (g/yuan) for the purpose of clarifying how it effect the "environmental load" or "environmental efficiency". This analysis draws two conclusions from the estimated results and discussions.

Firstly, the estimated results confirm that China can achieve the goals set in the "Paris Agreement". More specifically, the analytical findings show China will achieve 120.9 g/yuan (CO₂ emissions in GDP per unit), which is better than the target value of 134.0 g/yuan (35% reduction in 2005) and 153.1 g/yuan (40% reduction in 2005). Furthermore, the estimated results show CO₂ emissions in GDP per unit in 2035, 2040 and 2045, respectively, is 119.3 g/yuan, 122.1 g/yuan and 133.7 g/yuan (less than 40% reduction in 2005). They are better than the target value of the "Paris Agreement" in 2030. However, it should be noted that the estimated result for 2050 is 156.2 g/yuan, which is lower than the target value of the "Paris Agreement" for 2030.

The estimated results imply the effectiveness "adaptation" and "mitigation" guidelines set forth in the IPCC's Fifth Assessment Report. Furthermore, in addition to the IPCC's "financing", this paper introduces the concept of "shift" to realize a stable reduction of CO₂ emissions in GDP per unit. For this purpose, rather using the Pigovian tax, this study advocates the use of subsidies, which are effective or good incentives for people to act or make decisions that are environmentally friendly.

Interdisciplinary fields: economic development, sustainable development, global warming, input-output table, economic welfare.

(受領日：2021年1月15日)

第1回修正受領日：2021年2月15日

第2回修正受領日：2021年2月28日

掲載承諾日：2021年3月15日)

参考文献

- Barro, Robert J. (1991) "Economic Growth in a Cross-section of Countries", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106 No.2, pp. 407-444.
- Baumol, William J. (1972) "On Taxation and the Control of Externalities," *The American Economic Review*, Vol. 22, No. 3, pp. 307-322.
- Chenery, Hollis B., Tsunehiko Watanabe (1958) "International Comparisons of the Structure of Production", *Econometrica* Vol. 26, No. 4 (Oct.1958), pp.487-521.
- Dunning, John. H (1997) *Alliance Capitalism & Global Business*, Routledge.
- Fu, Xiaolan, V. N. Balasubramanyan (2003) "Township and Village Enterprises in China", *Journal of Development Studies* Vol. 39(4), pp. 27- 46.
- Lau, Sim Yee, Chen Hongxu, Takatsuji Hideoki, Sim Kim Lau (2019) "Globalization and Education: Drawing Lessons from Japan for China, Malaysia and Other Emerging Economies," *Reitaku International Journal of Economic Studies* Vol.27, No.1, 2019, pp. 42-56.
- Lau, Sim Yee, Takashi Shirasu (2003) "China, Japan and Korea: Prospects for Enhancing Closer Economic Relations", *Global Economic Review*, Vol. 32, Issue 1, 2003, pp. 3-19.
- Lewis, Arthur W. (1954) "Economic Development and Unlimited Supplies of Labour", *The Manchester School* Vol. 22, Issue 2, pp. 139-191.
- Lu, Wenliang, Lau Sim Yee (2015) "An Empirical Analysis of Consumer Behaviors in Chinese Urban Areas", *Reitaku Journal of Interdisciplinary Studies* Vol. 23, 2015, pp. 61-93.
- Vernon, R (1966) "International investment and international trade in the product cycle", *The International Executive*, Vol. 8, No. 4, pp. 16-16.
- World Commission on Environment and Development (1987) *Our Common Future*, Oxford University Press.
- Leontief, Wassily (1986) "Chapter 1 Input-output Economics", in *Input-output Economics*, pp.3-18, Oxford University Press.
- Leontief, Wassily (1951) "Input-output Economics", *Scientific American* Vol. 185, No. 4 (October 1951), pp. 15-21.
- Simpson, David, Komlocjo Tsukui (1965) "The Fundamental Structure of Input-output Tables, An International Comparison", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 47, No. 4 (Nov. 1965), pp. 434-446.
- Stern, Nicholas (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press.
- Zhang, L. X. (2003) "Agriculture and Rural Development in China", in L. X. Zhang, J. Liu, S. F. Li, N. S. Yang, P. R. Gardin, *Agriculture Development and the Opportunities for the Aquatic Research in China*, pp. 1-9, World Fish Center.
- Zhu, Qiuxia, Elbern Sttefanie (2002) "Economic institutional evolution and further needs for adjustments: Township Village Enterprises in China", ZEF Discussion Papers on Development Policy, No. 56, University of Bonn, Center for Development Research.
- 赤羽孝之 (1992) 「中国における郷鎮企業の発展とその実態」、『上越教育大学研究紀要』第11巻第2号、pp. 283-299。
- 井出眞弘 (2003) 『Excelによる産業連関分析入門』、産能大学出版部。
- 伊藤元重、大山道広 (1985) 『国際貿易論』、岩波書店。
- 上野和彦 (1992) 「中国郷鎮企業の存在形態」、『人文地理』第44巻 第2号、pp.24-43。
- 大野健一 (1996) 『市場移行戦略』、有斐閣。
- 大野健一、大野 泉 (1993) 『IMFと世界銀行一内側からみた開発金融機関』、日本評論者社。
- 小林誠、山本聡 (1994) 「中国・郷鎮企業の現状と課題」大蔵省財政金融研究所『フィナンシャル・レビュー』1994年11月、pp. 1-26。
- 小林昌之 (1992) 「中国の経済特区の法的枠組」、針生誠吉、安田信之編集『中国の開発と法』、pp. 261-286、アジア経済研究所。
- 小島清 (2004) 『雁行型経済発展論 [第2巻]』、文眞堂。
- 小島清 (1994) 『海外直接投資のマクロ分析』、文眞堂。
- 小島清 (1981) 『多国籍企業の直接投資』、ダイヤモンド社。
- 巖善平 (2002) 「郷鎮企業における所有構造改革-展開と評価-」、丸川知雄 編『中国企業の所有と経営』、pp. 145-171、アジア経済研究所。

- 陳泓旭他 (2019) 「中国におけるマルチメディア産業の発展:産業連関表を用いた実証分析」、『麗澤経済研究』26巻1号、pp. 1-30。
- 陳泓旭他 (2018) 「産業連関表による中国のマルチメディア産業の基礎的実証分析」、第19回日本評価学会全国大会口頭発表、2018年12月1日。
- 樊勇明 (1992) 『中国の工業化と外国資本』、文眞堂。
- 薩茹拉 (2013) 「中国内モンゴル自治区の産業間における影響力係数・感応度係数にみる波及効果の変化:4時点(1992年、1997、2002年、2007年)産業連関表の応用」、『龍谷大学経済学論集』、Vol. 52、No. 3、pp. 155-172。
- 張洋、張琢 (2015) 「20世紀以降の中国の農村における社会変動に関する研究(上)」、『佛敎大学社会学部論集』第60号(2015年3月)、pp. 77-95。
- 丸川知雄、中川涼司編著(2008)『中国発:多国籍企業』、同友館。
- 丸川知雄(2007)『現代中国の産業—勃興する中国企業の強さと脆さ』、中公新書。
- 水田洋監訳監修、杉山忠平翻訳(2000)、アダム・スミス著『国富論:諸国民の富の性質と原因に関する研究』、岩波文庫。
- メドウズ、ドネラ H.他著、大来佐武郎監訳(1972)『成長の限界』、ダイヤモンド社。
- 原健太郎(2018)「中国環境問題の現状」、JETRO。
- ラウ シンイー(2000)「もう一つの移行経済戦略:東アジアモデル」、橋田坦編『中央アジア諸国の開発戦略』、pp. 207-235、勁草書房。
- URL: <https://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexch.htm> (2020-6-30アクセス)。
- URL: <https://comtrade.un.org/data/> (2020-5-10アクセス)。
- URL: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> (2020-4-20アクセス)。
- URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>(2020-6-20アクセス)。
- URL: <https://www.jbic.go.jp/ja/information/research.html> (2020-7-3アクセス)。
- URL: http://www.china.org.cn/business/2018-03/28/content_50757398.htm (2020-5-26にアクセス)。
- URL: https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=405AC000000091#B (2020-5-27アクセス)。