

## 中国の産業別生産性とエネルギー効率

### Productivity and Energy Efficiency of Chinese Industries

渡邊隆俊\*、藤川清史\*\*

WATANABE Takatoshi\*, FUJIKAWA Kiyoshi\*\*

#### 要旨

2000年代の中国の産業部門別の全要素生産性（TFP）の成長率を推計し、TFP成長率とエネルギー効率改善およびCO<sub>2</sub>排出量削減との関係を検討した。推計期間は2002～2007年と2007～2012年の2期間である。TFP成長率の水準は両期間とも概ねプラスであった。ただ、中国経済を牽引した輸送機械と電子・通信機器では、前半期には高いTFP成長率が推計されたものの、後半期ではかなり低下した。これは中国では世界的不況への対策として大規模公共投資が行われたため、後半期では資本が過剰になったことがその一因と考えられる。TFP成長率の高い産業ほどエネルギー生産性も高いという関係が確認できたが、TFP上昇率とCO<sub>2</sub>排出量については、明確な相関関係を見出せなかった。これはCO<sub>2</sub>排出量を当該産業の直接排出量としたためであろうと考えられる。次稿では発電時に発生する間接的なCO<sub>2</sub>排出量も考慮した分析を試みたい。

#### Abstract

We estimated the growth rate of total factor productivity (TFP) by industry in China and investigated the relationship between improving TFP, improving energy efficiency, and reducing CO<sub>2</sub> emissions. The estimation periods are 2002-2007 and 2007-2012. The level of TFP growth was generally positive in both periods. However, if we take transportation equipment and electronic/communications equipment, which drove the Chinese economy, as examples, although a relatively high TFP growth rate was estimated in the first half, it declined considerably in the second half. This is thought to be due to China's large-scale public investment in response to the global recession, resulting in an excess of capital in the second half. We confirmed that industries with higher TFP growth rates have higher energy productivity. However, no clear correlation could be found between the TFP growth rate and CO<sub>2</sub> emissions. This is likely because we used direct CO<sub>2</sub> emissions from the industries in question, so in the

---

\* 愛知学院大学経済学部教授、Email: twata@dpc.agu.ac.jp

\*\* 愛知学院大学経済学部教授、Email: fujikawa@dpc.agu.ac.jp

next paper we would like to attempt an analysis that takes into account indirect CO<sub>2</sub> emissions from power generation.

キーワード

エネルギー効率、産業連関表、全要素生産性、中国、二酸化炭素排出

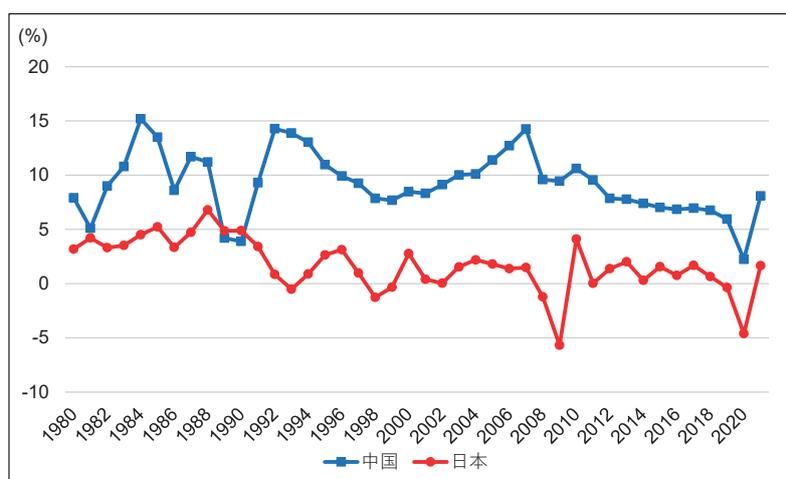
Keywords

China, CO<sub>2</sub> emissions, energy efficiency, input -output table, total factor productivity (TFP)

## 1. はじめに

中国の本格的な経済成長は 1978 年の改革開放政策の採用から始まった。鄧小平副主席（当時）によって推進されたこの政策は、毛沢東の自力更生主義の修正であり、海外から資金と技術の導入を促進した。ただ、改革開放政策は常に順調だったわけではない。改革開放政策が始まった直後の 80 年代には、先進国から中国への投資ブームが起こり中国経済は急成長した。一方で、経済活動の自由に加えて、政治的自由を求める国民運動が若者を中心におこった。しかしこの運動は政治的自由を容認しない中国政府によって弾圧され、天安門事件という悲劇を生んだ。政治的自由の弾圧は、共産主義が西側の経済力によって骨抜きにされるのではないかという中国の保守派の危機感でもあった。先進諸国はこの事件を非難し経済制裁を行った。これにより海外から中国への投資が激減した。

第 1 図に日本と中国の経済成長率を示した。1989 年に中国の経済成長率が急低下したのは、保守派による改革開放路線の修正の影響である。しかし、経済成長が軌道に乗り始めていた南部地



第 1 図 日本と中国の GDP 成長率

資料：IMF - World Economic Outlook Databases のデータに基づいて筆者作成

域はそうした改革開放政策の後退に不満であった。巻き返しを図りたい鄧小平氏は、このような動きに応じて1992年に南部地域を視察し、改めて経済活動の自由を保障する「社会主義市場経済」の考え方を強調した（いわゆる「南巡講話」）。これによって、再び改革開放派が中国の経済運営の主導権を握るようになった。その後海外からの投資が盛り返し、中国は再び2桁の経済成長を記録するようになった。

改革開放政策が中国の「離陸」の契機であったことは間違いないが、1990年代当時の中国研究者間では、この経済成長の「質」についての議論があった。World Bank（1993、1997）は中国の改革開放政策を成功だと評価し、中国の成長は継続するとする楽観的な予想をした。一方Krugman（1994）は、社会主義諸国の経済開発初期の経済成長率が高かったのは生産要素を総動員したためであり生産性が向上したためではないと主張し、中国の生産拡大も長続きはしないだろうという悲観的な予想を示した。

ただ、日本の過去の経験を振り返ると、日本の産業構造は欧米先進国からの技術導入を通じて高度化されてきた。高度成長期では生産性の向上が経済成長の最重要の源泉であった（Saito（2000））。また高度成長期が終焉を迎えたのは1970年代初頭に日本と欧米先進国との技術の格差が縮小したのが一因であったことも広く認識されている。中国経済も海外からの資金と技術を梃に経済成長を実現していることを鑑みれば、中国も日本の経験と同じ過程をたどるとみるのが自然であろう。

1980年代から1990年代における中国経済の成長に対する評価は様々あるが、Fujikawa and Watanabe（2005）は1987-1992年と1992-1997年を対象として、中国の産業別の生産性向上率を推計した。後述するように1980年代のTFPの上昇はあまり観察されなかったものの、1990年代では製造業を中心に大きなTFPの成長率が観察された。Krugman（1994）の主張は、ある意味杞憂であった。本稿は上記のFujikawa and Watanabe（2005）と同様に、2000年代の中国の産業部門別に生産性の向上を推計することがその目的の1つであるが、それとともに生産性の向上とエネルギー効率の関係に注目する。つまり、生産性向上率の高い産業ほどエネルギー効率を改善しているのか、またCO<sub>2</sub>の排出削減を実現しているのかを検証する。

本稿の以下では、第2節で本稿の生産性上昇率推計のモデルについて述べ、第3節では中国の生産に関する先行研究を紹介する。第4節で中国の産業別生産性の推計結果を紹介し、第5節でTFP成長率とエネルギー効率の関係について論じる。そして第6節ではこれらの推計結果の考察をおこない、最後に第7節で結論を論じる。

## 2. モデル

生産性の向上が経済成長にとって最も重要な要素の1つであることが広く知られている（Solow（1957））。生産性の向上の推計方法には、投入要素の集計関数の形式に応じてさまざまな方法があるが、本稿では集計関数として、トランスログ関数（対数の2次関数）を用いることにする。トランスログ関数は（1）式のように定義される、ただし、 $Y$ は生産量で $X_i$ （ $i=1, \dots, n$ ）は $i$ 番目の投入物を示す。

$$\ln Y = a_0 + \sum_i a_{1i} \ln X_i + \sum_i \sum_j a_{2ij} \ln X_i \cdot \ln X_j \quad (1)$$

トランスログ関数は2次関数であるため、期間0から期間1までの出力の増加は、二次関数の補題を使用して、次のように表すことができる。

$$\ln Y_1 - \ln Y_0 = \frac{1}{2} \sum_i \left( \frac{\partial \ln Y_1}{\partial \ln X_{1i}} + \frac{\partial \ln Y_0}{\partial \ln X_{0i}} \right) (\ln X_{1i} - \ln X_{0i}) \quad (2)$$

さらに、変形して次のようにかける。

$$\ln Y_1 - \ln Y_0 = \frac{1}{2} \sum_i \left( \frac{X_{1i}}{Y_1} \frac{\partial Y_1}{\partial X_{1i}} + \frac{X_{0i}}{Y_0} \frac{\partial Y_0}{\partial X_{0i}} \right) (\ln X_{1i} - \ln X_{0i}) \quad (3)$$

さて、中国の経済システムは必ずしも完全競争条件下での利益最大化の原理に基づいているわけではない。しかし、ある程度は限界理論（各投入物の実質賃金とその限界生産性に等しい）が成立すると仮定すれば、(3)式は次のように変形される。

$$\ln Y_1 - \ln Y_0 = \frac{1}{2} \sum_i \left( \frac{X_{1i}}{Y_1} \frac{q_{1i}}{p_1} + \frac{X_{0i}}{Y_0} \frac{q_{0i}}{p_0} \right) (\ln X_{1i} - \ln X_{0i}) \quad (4)$$

ここで、 $p$ は生産物の価格、 $q_i$ は*i*番目の投入物の価格である。つまり、各投入物の変化にかかる荷重値はそれぞれの名目投入シェアということになる。改めて、 $w_i$ を*i*番目の投入物の名目投入シェアとすると、(4)式は次のように書き換えられる。

$$\ln Y_1 - \ln Y_0 = \frac{1}{2} \sum_i (w_{1i} + w_{0i}) (\ln X_{1i} - \ln X_{0i}) \quad (5)$$

ただ一般には、生産関数の形（具体的にはパラメータの値）は時間の変化とともに変化するものである。そのため実際の観測データを代入すると(5)式の等式は必ずしも成り立たず、左辺と右辺には差が生じるのが自然である。その差は生産効率の変化によるものと考えられ、左辺（生産物の増加率）が右辺（投入物の平均的増加率）よりも大きい場合は生産の効率改善のために生産がより拡大したものとみなすことができる。したがって次の(6)式が本稿で用いる「全要素生産性（TFP）の成長」の定義である。

$$TFP = (\ln Y_1 - \ln Y_0) - \frac{1}{2} \sum_i (w_{1i} + w_{0i}) (\ln X_{1i} - \ln X_{0i}) \quad (6)$$

### 3. 中国のTFPに関する先行研究

#### 3.1. 1990年代までを対象とした先行研究

Young (1995) の研究は、香港、シンガポール、韓国、台湾の新興工業国（NIEs）4か国・地域のTFP成長率を推計し、Elias (1990)（発展途上国を対象）とDougherty (1991)（先進国を対象）の研究結果と比較した。これを第1表に示す。アジア新興工業国の経済成長は総じて「生産要素総動員型」であり、「これらのTFP成長率は南アメリカ諸国のTFPより高いわけでもなく、先進国の過去の経験を上回っているわけでもない」とKrugman (1994)と同様の主張を展開した。その後

Young (2003) は、中国の TFP 成長率を筆者本人が独自に調整したデータを用いて推計した。製造業の TFP 成長率は、調整データを用いると公式データでの推計結果 (3.0%) に比べて半分程度 (1.4%) に低下すると述べた。また、調整データ用いた TFP 成長率 1.4% は確かに大きい、驚くほどの大きさではないとも述べた。

第1表 アジア・先進国・ラテンアメリカの TFP 上昇率の比較

途上国・地域	期間	TFP 上昇率 (%)	先進国	期間	TFP 上昇率 (%)
香港	1966-91	2.3	カナダ	1960-89	0.5
シンガポール	1966-90	0.2	フランス	1960-89	1.5
韓国	1966-90	1.7	ドイツ	1960-89	1.6
台湾	1966-90	2.1	イタリア	1952-73	2.0
ブラジル	1950-85	1.6	日本	1960-89	2.0
チリ	1940-85	0.8	イギリス	1960-89	1.3
メキシコ	1940-85	1.2	アメリカ	1960-89	0.4

資料：Young (1995)

次に、World Bank (1997) の推計結果を第2表に示す。第2表の右欄に示すように、1978年から1995年における中国の経済成長の要因のうち、投入物の増加と技術進歩の効果のシェアは7:3であった。これは、日本、アメリカ、韓国の TFP 成長率と比較して遜色がない。この結果から中国の改革開放後の TFP 上昇率は年率 2.73% ということになり、これは相当高い数字である。

第2表 世界銀行による中国、日本、米国、韓国の TFP 上昇率比較

国	期間	年平均成長率 (%)				要因シェア (%)	
		GDP	資本設備	人的資本	労働	投入	技術進歩
中国	1978-95	9.4	8.8	1.6	2.4	71	29
アメリカ	1950-92	3.2	3.2	1.1	1.6	65	35
日本	1960-93	5.5	8.7	0.3	1.0	70	30
韓国	1960-93	8.6	12.5	3.5	2.4	79	21

資料：World Bank (1997)

Fujikawa and Watanabe (2005) は、1987～1997年のデータを用い、中国の産業別の生産性向上率を推計した。推計結果を第3表に示す。各産業の生産量の伸び率は両期間ともかなり高かったが、TFPの上昇率は両期間で明確に異なっていた。1987～1992年ではTFPの上昇はほとんど観察されず、Krugman (1994) の主張は当時の中国にはあてはまったかもしれない。しかし1992-1997年では、海外からの技術が積極的に導入された「輸送機械」や「電気機械」などの機械産業でTFPの向上が拡大し、もはや生産要素総動員型の経済成長とは言えなくなった<sup>1</sup>。

<sup>1</sup> Fujikawa and Watanabe (2005) では、中国経済の TFP の向上と外国資本の導入および外資系企業の輸出

第3表 中国の産業部門別 TFP 成長率

1987-92	生産物 増加率	投入物の貢献			TFP 成長率
		中間投入	労働	資本	
10 金属	7.84	10.24	0.84	0.76	-5.61
11 一般機械	12.15	10.22	1.04	0.41	1.44
12 輸送機械	20.28	17.64	0.91	0.73	3.37
13 電気機械	11.37	9.30	0.95	0.61	1.43
14 その他製造業	22.51	20.04	1.11	1.16	2.87
15 建設	5.97	3.04	2.24	0.25	0.88
16 電力・ガス・水道	15.39	11.92	0.26	6.04	-1.32
17 輸送	6.06	9.83	0.71	2.77	-10.92
18 商業・飲食業	22.88	19.80	3.94	1.21	1.15
19 サービス業	11.91	11.36	2.29	2.69	-4.82
平均	10.35	9.07	1.13	1.00	-0.34
1992-97	生産物 増加率	投入物の貢献			TFP 成長率
		中間投入	労働	資本	
10 金属	10.42	10.36	0.06	0.33	-0.31
11 一般機械	9.35	4.75	-0.44	0.21	5.61
12 輸送機械	22.10	18.91	0.59	0.65	4.96
13 電気機械	22.74	19.64	0.21	0.87	5.06
14 その他製造業	19.99	9.55	0.60	0.42	13.19
15 建設	10.54	12.96	0.94	0.13	-5.43
16 電力・ガス・水道	4.28	10.38	-0.03	1.52	-12.33
17 輸送	14.81	5.21	1.08	2.45	8.75
18 商業・飲食業	5.22	3.68	1.98	0.84	-1.11
19 サービス業	11.31	8.25	2.35	1.36	0.58
平均	11.75	9.46	0.27	0.72	2.31

資料：Fujikawa and Watanabe (2005)

### 3.2. 2000年代以降を対象とした先行研究

Wu and Liang (2017) の研究結果を第4表に示す。1980年代のTFP成長率は1.86%と大きな数字であるが、これは農業制度改革（主に農村部の市場原理の導入）が主因だとした。1990年代のTFP成長率は、国有企業の改革が捗々しくなく0.72%と低迷したものの、リーマンショック前までの期間のTFP成長率は大きく推計された。この背景には2001年のWTO加盟による輸出の増加があるとした。しかし、リーマンショック後の2007～2012年のTFP成長率はマイナスに転じた。

活動との関連について考察し、外資系の企業のシェアが大きいほど、当該産業のTFP成長率が高くなることと、TFP成長率が高い産業ほど、総売上高中の輸出シェアが高くなることが確認された。加えて、1980～1990年代の中国の外資系企業は、輸出産業の生産性向上に重要な役割を果たし、輸出主導の経済成長を後押ししたことが確認された。

第4表 中国のTFP成長率

	付加価値成長率	資本貢献度 (%)	労働貢献度 (%)	TFP成長率 (%)
1981-1991	8.81	5.82	1.12	1.86
1991-2001	8.85	7.00	1.12	0.72
2001-2007	11.37	9.45	0.59	1.32
2007-2012	9.22	10.39	0.25	-1.42

資料：Wu and Liang (2017)

Brandt et al. (2020) は2008年のリーマンショック前後の中国のTFPを推計した。TFP成長率が改革開放政策採用直後の1979～1988年では3.5%、リーマンショック前の1999～2008年のTFP成長率は2.8%と極めて高率であったが、リーマンショック後の2009～2018年では0.7%と大幅に低下するという興味深い結果を報告した。リーマンショック後も中国経済は成長はするのだが、その要因は公共投資による資本の増加であり、TFPの貢献は限定的であったことを指摘した。

Wei et al. (2017) は1979～2015年の中国のTFPを推計した。中国経済の成長の主要因は資本の増加であり、労働の量的増加の寄与は限定的であったとした。TFP成長は2008年まで（リーマンショック前）はプラスであったが、それ以降はマイナスに転じたと述べた。リーマンショック後の積極財政は資本蓄積を促進したものの、効率を高めるための構造改革は行われなかったと、Brandt et al. (2020) と同様の評価をした。

これらの研究で共通するのは、リーマンショック後にTFP成長率が低下することである。後述するように、これらは本稿の研究結果と一致する。その理由については後ほど述べることにしたい。

#### 4. 中国の産業部門別TFPの推計

##### 4.1. 使用データ

本稿は、中国の2007年、2012年、2017年の3枚の産業連関表を使用した。生産量と投入量を時系列で比較可能にするために、これらの産業連関表から2007年の価格で評価した接続産業連関表（実質表）を作成した。価格データには中国統計年鑑の価格指数を用いた。産業部門分類については、生産部門（列部門）は28部門に、中間投入部門（行部門）は非エネルギーとエネルギーの2部門に統合した。生産要素は労働と資本とした。労働投入は「中国人口与就業統計年鑑」を用いて作成し、資本投入には産業連関表の資本減耗引当を用いた。ただし資本減耗引当は名目値であるので「中国統計年鑑」の固定資本投資価格指数を用いて2007年価格に実質化した<sup>2</sup>。

<sup>2</sup> この方法が望ましい方法ではないが、データの制約上、次善策としてこの方法を用いた。

## 4.2. 中国の産業部門別 TFP 成長率の推計結果

本稿の TFP 成長率の推計期間は前半期（2007～2012年）と後半期（2012～2017年）である。前半期の中国経済はリーマンショックを契機とする世界的な不況下にあり、輸出主導型の経済成長に陰りが見えた時期であった。そのため中国政府は2008年秋に、外需減少を補うための4兆元の景気刺激策（公共投資）を発表した。後半期の中国経済は、外需主導から内需（消費）主導の経済成長へと経済構造が変化し始めた時期であった。この頃の中国経済は「ニューノーマル（新常态）」、「小康社会」というワードに代表されるように、高度経済成長から安定成長への移行が課題となった。

### 4.2.1. 2007～2012年のTFP上昇率

第5表は前半期の産業別 TFP 上昇率である。表中の生産量と TFP の網掛けセルは、上位5位の産業部門である。生産量の増加率は全産業平均で9.0%と高かった。上昇率が特に高かった産業部門は、ガス供給、その他サービス、運輸・通信といずれもサービス部門であった。製造業では、輸送機械、電気機械の主要輸出産業が上位に位置しており、それ以外でも製紙・印刷、化学製品、電子・通信機器の上昇率が高かった。

TFP の上昇率は、総じてプラスとして推計されており、全産業平均で1.3%であった。高い TFP 上昇率が推計されたのは、製造業ではその他製造業と輸送機械、サービス業では商業・飲食とその他サービスであった。TFP 上昇率は、生産量の変化率と生産要素の変化率の差で定義されるが、TFP 上昇率に貢献しているのは労働投入であった。多くの産業の TFP 上昇の背景には、労働効率の改善による労働投入の減少があった。

### 4.2.2. 2012年から2017年の推計結果

第6表に後半期の産業別 TFP 上昇率を示した。全産業の生産量の上昇率は前半期の9.0%から5.8%と大きく低下した。生産量の増加率が高かった産業部門は、運輸・通信、ガス供給、その他サービスのサービス産業および建設であった。これらは前半期にも高い生産の上昇率を示していた産業部門である。このことから、中国経済が2000年以降はサービス化していることがわかる。製造業では、前半期では輸送機械、電気機械の生産量の増加が大きかったが、後半期ではこれらの産業の生産量増加は鈍化した。輸送機械・電気機械は中国経済の成長を支えてきた輸出産業であるが、世界的な不況のために輸出が減少したと考えられる。

TFP の上昇率は、前半期と同様マイナスの産業部門があるものの、総じてプラスであった。後半期では石炭、原油・天然ガス、金属鉱業といった鉱業の TFP 上昇率が高かった。主要輸出産業に注目すると、輸送機械では1.75%から1.11%に低下、電気機械では0.78%から0.54%に低下、電子・通信機器では1.26%から0.01%に低下した。TFP の増加に大きく貢献したのは後半期でも労働投入の効率改善であり、労働投入の効果がマイナスの産業の数は前半期より増加した。

第5表 中国の産業部門別 TFP 成長率 (2007-2012)

	生産	非エネルギー 中間投入	エネルギー 中間投入	労働	資本	TFP	
1	農林畜産水産業	3.97	2.92	0.10	-2.09	0.16	2.88
2	石炭	7.18	4.18	2.90	0.25	0.57	-0.71
3	原油・天然ガス	-1.36	1.73	-0.84	-1.78	0.65	-1.13
4	金属鉱業	8.69	6.25	0.57	-0.11	0.76	1.22
5	非金属鉱業	-0.08	-0.22	0.25	-0.51	-0.00	0.41
6	食品・煙草	9.62	7.55	0.07	0.24	0.18	1.60
7	繊維	2.03	1.51	-0.02	-0.75	0.02	1.28
8	衣服・皮革	8.89	7.38	0.07	0.04	0.25	1.15
9	木材加工・家具	7.52	6.16	0.10	-0.29	0.44	1.11
10	製紙・印刷	10.01	7.96	0.31	0.32	0.40	1.02
11	石油石炭製品	4.22	1.62	4.08	-0.11	0.03	-1.40
12	化学製品	9.64	7.84	0.49	0.33	0.32	0.66
13	窯業・土石	9.38	7.59	0.95	1.88	0.60	-1.64
14	一次金属	9.18	7.14	0.55	-0.32	0.46	1.35
15	金属製品	8.71	7.66	0.51	0.63	0.27	-0.35
16	一般機械	9.27	8.49	0.06	0.19	0.30	0.22
17	輸送機械	10.64	9.05	0.06	-0.46	0.25	1.75
18	電気機械	10.05	8.64	0.14	0.26	0.23	0.78
19	電子・通信機器	9.45	7.46	0.03	0.57	0.13	1.26
20	精密機械	2.47	1.37	-0.01	-0.55	-0.00	1.66
21	その他製造業	-17.33	-17.61	-0.28	-2.37	-0.31	3.24
22	電力・熱供給	5.73	1.06	3.14	-0.05	-0.06	1.65
23	ガス供給	12.62	4.67	6.31	0.09	0.42	1.13
24	水道	3.78	2.70	0.04	-0.19	0.51	0.72
25	建設	9.27	8.75	0.19	1.48	0.16	-1.30
26	運輸・通信	10.98	8.48	0.29	0.23	0.62	1.35
27	商業・飲食	9.85	4.79	-0.01	1.43	0.76	2.88
28	その他サービス	11.86	7.58	0.07	0.73	1.71	1.77
	全産業	9.01	6.72	0.47	0.06	0.50	1.25

資料：著者による推計

## 5. 中国経済の TFP 成長率と CO<sub>2</sub> 排出量

この節では、中国経済の TFP と CO<sub>2</sub> 排出量の変化について論じる。今回の推計期間における中国経済の規模を国内生産額でみると、2007～2012年では1.7倍、2012～2017年では1.4倍に拡大した。一方 CO<sub>2</sub> 排出量は、前半期では1.4倍、後半では1.0倍であった。一般的に、生産活動

第6表 中国の産業部門別 TFP 成長率 (2012-2017)

	生産	非エネルギー 中間投入	エネルギー 中間投入	労働	資本	TFP	
1	農林畜産水産業	2.84	1.30	0.03	-2.55	-0.02	4.08
2	石炭	2.63	-0.81	0.39	-3.53	-0.14	6.73
3	原油・天然ガス	7.11	-2.53	-0.69	-1.36	3.77	7.92
4	金属鉱業	0.83	-1.83	-0.48	-2.31	-0.15	5.60
5	非金属鉱業	6.43	4.07	0.89	-3.08	0.85	3.71
6	食品・煙草	6.16	5.16	0.11	-0.29	0.09	1.09
7	繊維	0.48	0.33	0.01	-0.70	-0.07	0.92
8	衣服・皮革	3.81	4.14	0.06	-0.62	0.01	0.22
9	木材加工・家具	5.18	4.83	0.08	0.01	0.02	0.24
10	製紙・印刷	4.98	4.40	0.21	-0.10	0.09	0.38
11	石油石炭製品	2.99	0.46	3.06	-0.18	-0.10	-0.25
12	化学製品	4.75	3.09	0.38	-0.13	0.16	1.24
13	窯業・土石	5.64	3.86	0.87	-0.50	0.23	1.18
14	一次金属	-0.10	-1.19	0.18	-0.54	-0.03	1.47
15	金属製品	5.47	3.77	0.28	-0.18	0.18	1.42
16	一般機械	2.00	1.36	0.04	-0.25	0.01	0.85
17	輸送機械	5.55	4.45	0.06	-0.10	0.02	1.11
18	電気機械	4.07	3.14	0.05	0.19	0.14	0.54
19	電子・通信機器	7.53	6.90	0.09	0.31	0.21	0.01
20	精密機械	7.71	6.43	0.19	-0.08	0.03	1.14
21	その他製造業	7.56	4.26	0.03	-1.03	0.88	3.42
22	電力・熱供給	3.36	1.21	0.65	-0.17	0.93	0.75
23	ガス供給	9.96	1.69	9.68	0.16	0.86	-2.43
24	水道	5.00	3.23	0.69	-0.79	0.40	1.47
25	建設	7.70	7.09	0.15	0.33	0.03	0.10
26	運輸・通信	10.22	5.34	0.31	1.54	3.34	-0.30
27	商業・飲食	7.21	5.06	0.17	1.17	1.70	-0.90
28	その他サービス	7.60	5.54	0.13	1.48	0.07	0.39
	全産業	5.78	4.04	0.28	0.05	0.42	1.00

資料：著者による推計

の拡大は、エネルギーの利用とCO<sub>2</sub>の排出量を増加させる。第7表は、産業別 TFP 上昇率（再掲）、エネルギー生産性変化率、単位当たりCO<sub>2</sub>排出量寄与率である。産業部門の網掛けセルは、エネルギー投入係数の上位5部門であり、エネルギー集約的な部門であることを示している。TFP 上昇率およびエネルギー生産性変化率の網掛けセルは、上位5位の産業部門を示し、単位当たりCO<sub>2</sub>排出量寄与率の網掛けセルは削減率の上位5位の産業部門を示している。この数字からは、生産

第7表 産業部門別 TFP 上昇率、エネルギー生産性変化率、単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量寄与率

		TFP 上昇率 (年平均, %)		エネルギー生産性 変化率 (年平均, %)		単位当たり CO <sub>2</sub> 排出量 寄与率 (%)	
		2007-12	2012-17	2007-12	2012-17	2007-12	2012-17
1	農林畜産水産業	2.88	4.08	-5.86	-0.21	-0.10	0.02
2	石炭	-0.71	6.73	-5.18	1.25	0.04	-0.13
3	原油・天然ガス	-1.13	7.92	5.66	19.31	0.01	-0.06
4	金属鉱業	1.22	5.60	6.93	4.74	-0.02	-0.07
5	非金属鉱業	0.41	3.71	-2.34	-0.91	0.02	-0.04
6	食品・煙草	1.60	1.09	7.46	-1.77	-0.53	-0.70
7	繊維	1.28	0.92	2.97	0.10	-0.17	-0.24
8	衣服・皮革	1.15	0.22	2.76	-2.82	-0.29	-0.40
9	木材加工・家具	1.11	0.24	5.53	2.20	-0.10	-0.27
10	製紙・印刷	1.02	0.38	2.97	-1.25	-0.21	-0.29
11	石油石炭製品	-1.40	-0.25	-1.56	-1.40	0.00	-0.06
12	化学製品	0.66	1.24	6.18	0.25	-0.69	-0.58
13	窯業・土石	-1.64	1.18	4.07	-0.98	-0.13	-0.21
14	一次金属	1.35	1.47	3.99	-2.36	-0.27	0.01
15	金属製品	-0.35	1.42	1.37	0.74	-0.17	-0.35
16	一般機械	0.22	0.85	9.14	0.29	-0.58	-0.56
17	輸送機械	1.75	1.11	8.80	0.37	-0.41	-0.79
18	電気機械	0.78	0.54	2.07	0.37	-0.54	-0.69
19	電子・通信機器	1.26	0.01	9.51	-0.89	-1.05	-0.60
20	精密機械	1.66	1.14	3.19	-5.31	-0.04	-0.09
21	その他製造業	3.24	3.42	-5.20	8.23	0.13	-0.07
22	電力・熱供給	1.65	0.75	0.35	2.39	0.05	-0.06
23	ガス	1.13	-2.43	0.97	-4.77	-0.05	-0.05
24	水道	0.72	1.47	3.97	1.16	-0.00	-0.01
25	建設	-1.30	0.10	-0.88	-1.48	-0.51	-0.41
26	運輸・通信	1.35	-0.30	1.29	-1.49	-0.37	-0.54
27	商業・飲食	2.88	-0.90	12.97	-2.55	-0.38	-0.43
28	その他サービス	1.77	0.39	11.94	-3.74	-1.28	-1.22
	全産業	1.25	1.00	4.53	1.92	-4.00	-5.97

資料：著者による推計

額あたりの CO<sub>2</sub> 排出量は減少したことがわかる。そこで本節では、TFP 成長率とエネルギー生産性および単位当たりの CO<sub>2</sub> 排出量の関係を検討する。

### 5.1. エネルギー生産性変化率

エネルギー生産性とは「エネルギー投入 1 単位当たりの国内生産」である。この数字が大きいほどエネルギー効率が高いことになる。全産業でのエネルギー効率は、前半期では 4.5% 上昇、後半期では 1.9% 上昇であり、後半期では効率改善度が低下した。

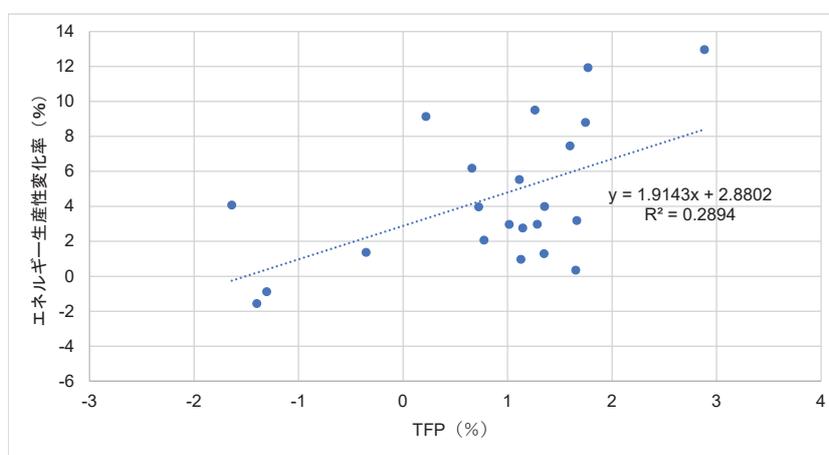
### 5.2. 単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量の寄与率

単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量の寄与率は、国内生産額 1 単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量変化率と当該産業部門の国内生産額中のシェアとの積である。全産業での単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量は、前半期で -4.0%、後半期では -6.0% であり、CO<sub>2</sub> 排出削減の程度は拡大している。

### 5.3. TFP とエネルギー生産性変化率

前半期・後半期とも、多くの産業部門で TFP 成長率とエネルギー生産性がともにプラスであったが、両者の関係を散布図で確認してみる。第 2 図は期間の前半期、第 3 図は期間の後半期の TFP 上昇率とエネルギー生産性変化率の関係を示したものである<sup>3</sup>。

第 2 図、第 3 図ともに回帰直線は右上がりであり、TFP 上昇率とエネルギー生産性変化率には正の相関があることがわかる。ただ相関係数は前半期で 0.54、後半期で 0.43 であったことから、後半では前半ほど強い相関関係ではなかった<sup>4</sup>。

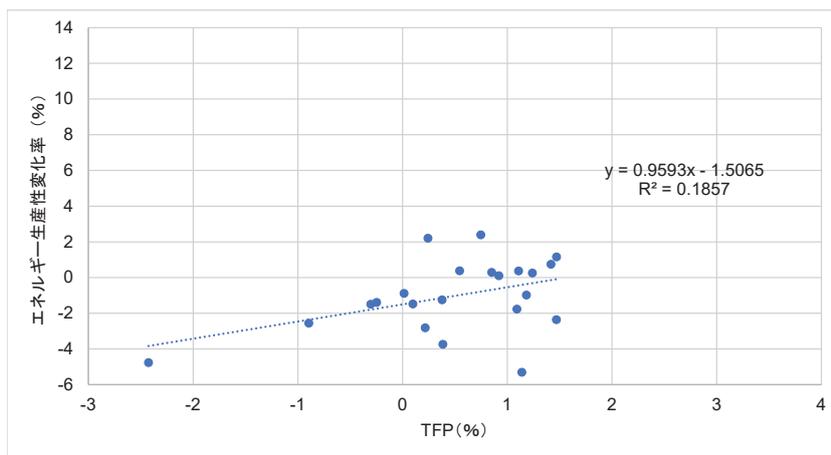


第 2 図 TFP とエネルギー生産性変化率 (2007-2012)

資料：著者作成

<sup>3</sup> ただし、その他製造業と農業は除いた。

<sup>4</sup> 第 2 図および第 3 図において、被説明変数をエネルギー生産性変化率、説明変数を TFP 上昇率として最小二乗法で推計したところ、この傾きの t 値は前期 2.85、後期 2.13 であった。これらは、ともに 5% 有意水準で有意であった。



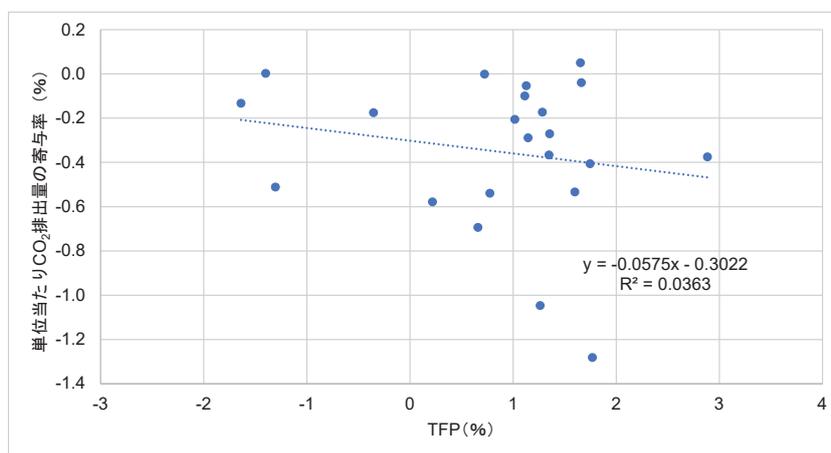
第3図 TFPとエネルギー生産性変化率（2012-2017）

資料：著者作成

#### 5.4. TFPとCO<sub>2</sub>排出量寄与率

エネルギー生産性の向上はCO<sub>2</sub>の排出量を低下させると考えられる。そこでTFP上昇率とCO<sub>2</sub>の排出量の変化率の関係を見ていこう。第4図は前半期、第5図は後半期のTFP上昇率とCO<sub>2</sub>排出量寄与率の関係を示したものである。

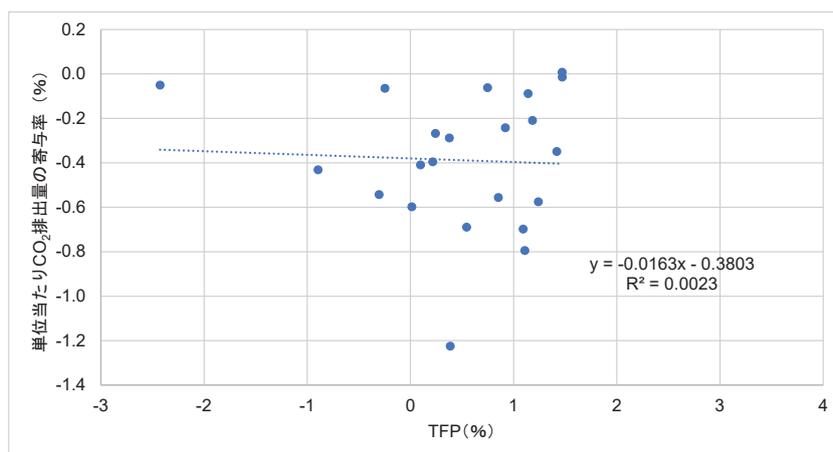
前半期の第4図では、回帰直線の傾きは緩やかであるが右下がりであるものの相関係数は0.19と低い。後半期の第5図では、その傾きは前半期より一層緩やかになり相関係数も0.05と極めて低い。これらのことより、TFPとCO<sub>2</sub>排出量寄与率に関しては、明確な負の相関があるとは言えなかった<sup>5</sup>。



第4図 TFPと単位当たりCO<sub>2</sub>排出量寄与率（2007-2012）

資料：著者作成

<sup>5</sup> 第4図および第5図において、被説明変数をCO<sub>2</sub>排出量寄与率、説明変数をTFP上昇率として最小二乗法で推計したところ、この傾きのt値は前期-0.87、後期-0.22であった。これらは、ともに5%有意水準で有意ではなかった。このことから、TFP上昇率とCO<sub>2</sub>排出量寄与率の関係は、明確に負の相関があるとは言えない。



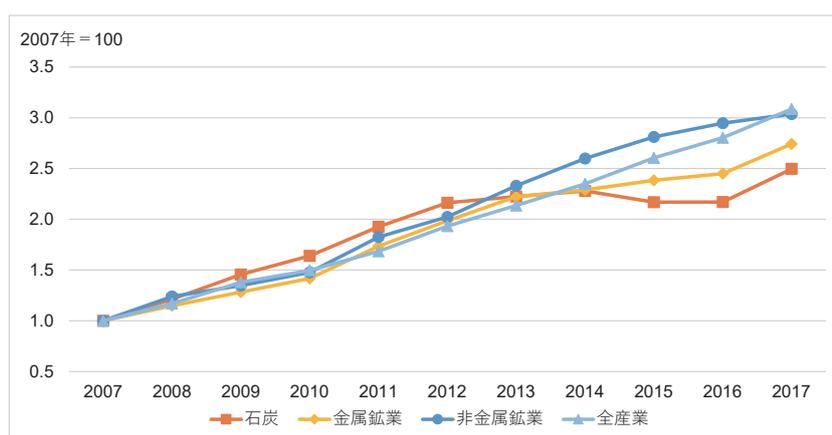
第 5 図 TFP と単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量寄与率 (2012-2017)

資料：著者作成

## 6. 討論

### 6.1. TFP がプラスになっている要因

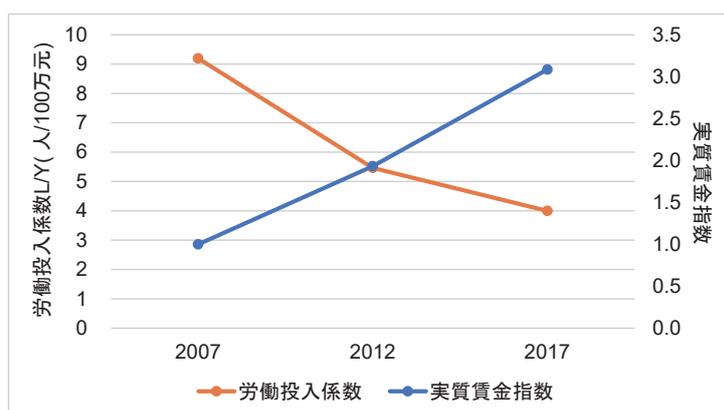
第 4 節で述べたように、前半期と後半期の両方で、各産業の TFP 成長率は概ねプラスとして推計された。また上述のように、両期間ともに労働投入の貢献は概ねマイナスであり、後半はマイナスの産業部門数が増加した。この要因としては、賃金上昇を背景とした労働節約的な技術進歩が考えられる。第 6 図は、労働投入が減少した上位 3 位の産業部門の実質賃金指数である。2007 ～ 2017 年の 10 年で実質賃金は約 3 倍に上昇していることがわかる。



第 6 図 中国の実質賃金率の推移

出所：中国労働統計（各年版）のデータに基づいて筆者作成

また、以下の第7図は労働投入係数と実質賃金（ともに全産業）の推移を示したものである。これを見ると、推計期間において、労働投入係数は低下傾向、実質賃金は上昇傾向となっていることがわかる。労働投入係数は労働生産性の逆数であることを念頭に第7図を解釈すると、この期間の中国経済では、労働生産性の上昇と実質賃金の上昇が同時に進行していた。この期間の企業行動としては、実質賃金の上昇に対して、労働節約的な技術進歩で対応していたことが推察される。



第7図 中国の労働投入係数と実質賃金率の推移

出所：中国労働統計（各年版）のデータに基づいて筆者作成

## 6.2. TFP 上昇率の低下要因

多くの産業部門において、後半期の TFP 上昇率は、前期に比べて低下した。この理由を検討する。第1の理由は生産量の低下である。輸出依存度が高い中国経済は、世界不況のために、その生産を減少させた。後半期はリーマンショックを契機とする世界的な不況下であった。輸出の減少により生産量の上昇率が低下したと考えられる。

第2の理由は資本投入と労働投入の過大評価であろう。リーマンショック直後に行われた設備投資のために資本が過剰となり、稼働率は低下していたと考えられる。しかし本稿の計算では稼働率が考慮されていないので、資本投入量が過大に評価され、それが TFP 上昇率の低下につながったと考えられる。労働投入に関しても同様で、本稿の計算では労働時間が考慮されていない。そのため労働投入が過大評価となっている可能性がある。

## 6.3. TFP 上昇率と単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量の関係

エネルギー効率の改善があつたにも関わらず、TFP 上昇率と単位当たり CO<sub>2</sub> 排出量の関係は、明確に負の相関があるとは言えない結果となつた。これは今回の CO<sub>2</sub> 排出の測り方が直接排出量のみであつたためと考えている。例えば、ある産業でエネルギー生産性が上昇したとしても、それが電力投入の削減であり、化石燃料の投入が削減されなかった場合、電力消費は直接には CO<sub>2</sub> を排出しないため、今回の計算方法では当該産業の CO<sub>2</sub> は減少しない。発電時に排出された間接的な CO<sub>2</sub> を考慮した CO<sub>2</sub> 排出量のデータを使用すべきであつた。

## 7. 結論

この論文では、中国経済の2007～2017年の10年間を対象にして、産業別生産性の上昇率の推計をおこなった。生産量は、前半期では約9%、後半では約6%という高率で増加した。TFP上昇率は前半期、後半期ともプラスの産業が多く、全産業でもプラスであった。この生産性の増大に貢献したのは、両期間とも労働節約的な技術の導入であったと考えられる。後半期はリーマンショック後の世界的な不況を受けて、中国からの輸出も減少した。そのため主要輸出産業の生産額は減少しTFP上昇率も低下した。TFP上昇率は、輸送機械では1.75%から1.11%に低下、電気機械では0.78%から0.54%に低下、電子・通信機器では1.26%から0.01%に低下した。

生産性の向上とエネルギー効率の関係を確認するために、TFP上昇率とエネルギー生産性および単位当たりのCO<sub>2</sub>排出量の関係を検討した。TFP上昇率とエネルギー生産性では、一定程度生産性の向上がエネルギー生産性を高めていることが確認できた。他方、TFP上昇率と単位当たりのCO<sub>2</sub>排出量の関係においては、明確な相関関係を見出すことができなかった。これは、CO<sub>2</sub>排出量として直接排出量のみを対象としたことに起因すると考えられる。

最後に今後の課題について述べる。まずTFP推計の精度を高める必要がある。本稿でのTFP成長率は、生産量の変化率と各生産要素投入量の変化率の差であるので、TFP成長率推計の精度は、生産要素投入量推計の精度に依存する。本稿の資本投入は会計的な資本減耗引当を用いているので、投入された資本サービスを正確にとらえられていない可能性がある。また労働投入データも労働時間を考慮した人・時間ベースでとらえるべきであろう。

TFP成長率とCO<sub>2</sub>排出量の関係についても、より精度の高い推計とする必要がある。CO<sub>2</sub>排出量については、直接排出量のみではなく、発電時に排出する間接的なCO<sub>2</sub>排出量も考慮すべきであった。

## 謝辞

本研究は愛知学院大学経済研究所プロジェクト費（2023年度）および科学研究費補助金（JP19K12459、JP21H04941）の支援を受けた研究成果の一部です。研究支援に感謝の意を表します。

## 参考文献

- Brandt, L., Litwack, J., Mileva, E., Wang, L., Zhang, Y., and Zhao, L., (2020), “China’s Productivity Slowdown and Future Growth Potential,” *Policy Research Working Paper* No.9298, 1-29, Word Bank.
- Dougherty, J., (1991), “A Comparison of Productivity and Economic Growth in the G-7 Countries,” Ph.D. thesis, Harvard University.
- Elias, V., (1990), *Sources of Growth: A survey of Seven Latin American Economies*, Institute of Contemporary Studies Press.

- Fujikawa, K., and Watanabe, T., (2005), “Productivity growth in the Chinese economy by industry,” *China & World Economy*, 13 (5), 56-67.
- Krugman, P., (1994), “The Myth of the Asia’s Miracle,” *Foreign Affairs*, 73 (6), 62-78.
- Saito, M., (2000), *The Japanese Economy*, World Scientific Publishing.
- Solow, R., (1957), “Technical Change and the Aggregate Production Function,” *Review of Economics and Statistics*, 39, 312-320.
- Wei, S., Xie, Z., and Zhang, X., (2017), “From “Made in China” to “Innovated in China” : Necessity, Prospect, and Challenges,” *Journal of Economic Perspectives*, 31 (1), 49-70.
- World Bank, (1993), *The East Asian Miracle: Economic Growth and Public Policy*, Oxford University Press.
- World Bank, (1997), *China 2020*, World Bank.
- Wu, H., and Liang, D., (2017), “Accounting for the Role of Information and Communication Technology in China’s Productivity Growth,” *RIETI Discussion Paper Series*, 17-E-111, The Research Institute of Economy, Trade and Industry.
- Young, A., (1995), “The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growing Experience,” *Quarterly Journal of Economics*, 110 (3), 641-680.
- Young, A., (2003), “Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People’s Republic of China during the Reform Period,” *Journal of Political Economy*, 111 (6), 1220-1261.