

中国における化石エネルギー起源の CO₂ 排出量変化の要因分析

張 宏 武
竹 歳 一 紀

1. はじめに

中国のCO₂排出は今世界中から注目されている。それは、その規模の大きさと増加の速さによるものである。IEA（国際エネルギー機関）の統計によると、2007年に中国の化石エネルギー源起源のCO₂排出量は世界のCO₂排出量の21%を占めており、すでにアメリカを抜いて世界第1位となっている（IEA, 2009）。世界の温室効果ガス削減に向けて、中国の努力が求められている。

そのためには、まず、中国のCO₂排出量についてのいくつかの実情が把握されなければならない。たとえば、経年のかつ部門別・地域別のCO₂排出量及びその排出構造を見る必要がある。さらに、増加を続けてきた中国のCO₂排出量変化はどのような要因によるものか、それらの要因がそれぞれどの程度の寄与をしているかなどを見る必要がある。その上で、はじめてCO₂排出削減の効果的な対策が構築される。

しかし、現実としては、中国のCO₂排出量に関するそういった実情は極めて不透明な状況にある。これまでに中国政府が公表したCO₂排出量データは非常に限られている。正式なものとしては、2004年11月の「中華人民共和

国における気候変動に関する最初の国家情報通達」(Initial National Communication on Climate Change)の中で、1994年時点における1年だけの全国部門別排出量データが公表されたにとどまる(中国国家発展と改革委員会、2004)。

そこで、張・竹歳(2010)では、中国の公表されているエネルギー統計データと、各エネルギー源のCO₂排出係数から、1980年～2007年の時系列かつ部門別・エネルギー源別のCO₂排出量を推計し、それに基づいて化石エネルギー起源のCO₂排出構造を分析した¹⁾。その結果、以下のようなことが明らかになった。第1に、総排出量の増加傾向の中で、エネルギー転換部門からの排出比率が大きく上昇してきており、2007年には50%近くに達している(49.0%)。第2に、エネルギー転換部門の排出量をエネルギー最終消費量により各産業部門に配分した後で見ると、工業部門からの排出比率が2007年においても80%以上を占め、この期間中ほとんど変化が見られない。第3に、化石エネルギー源別では石炭からの排出量が80%以上を占めており、その比率は近年やや上昇傾向にある。

本稿では、張・竹歳(2010)において推計した、中国における化石エネルギー起源のCO₂排出量²⁾を2009年までに延長した結果を用いて、その変化をいくつかの要因に分解し、各要因の寄与について分析を行う。このことにより、中国のCO₂排出構造と経済成長との関連、およびCO₂排出削減に向けての方向性を示すのが目的である。まず次節では、CO₂排出量変化の要因分析についての先行研究を概観する。第3節では、茅恒等式を用いて中国のCO₂総排出量の変化について要因分析を行う。第4節では、茅恒等式を拡張した方法により、部門別の単位GDPあたりCO₂排出量変化の要因分析を試みる。第5節では結論と含意について述べる。

1) IEAが部門別のCO₂排出量を推計しているが、部門数が少ないことや、推計のベースとなるデータが明らかでないことなどから、公表されているものからここで行ったような分析を行うことは難しい(IEA, 2009など)。

2) 以下、特に断らない限り、本稿でのCO₂排出量は化石エネルギー起源のものを指す。

2. CO₂ 排出量変化の要因分析についての先行研究

2.1 要因分析の方法

要因分析とは、ある変数の変化を個々の影響要因のもたらす結果に分解する方法である。よく使われているのは指数分解法 (Index Decomposition Analysis; IDA) で、主要な例として挙げられているのはLaspeyres分解法, Divisia分解法, Paasche分解法, Adaptive-Weighting Division (AWD) 分解法などである。その中で、エネルギー消費の研究において多く応用されているのは、Liu et al. (1992) が提出したAdaptive-Weighting Division (AWD) 法, Ang et al. (1998) が提出したLogarithmic Mean Weight Division Index (LMDI) 法, 及びChung and Rhee (2001) が提出したMean Rate-of-Change Index (MRCI) 法などである。

CO₂ 排出量変化の要因分析法としては、Ehrlich and Ehrlich (1970) が提出したIPAT方程式, Kaya (1989) が提出した茅恒等式 (Kaya Identity) などがあげられる。これらの研究は、基本的にはCO₂ 排出量を、経済要因, エネルギー強度要因, 技術要因, 人口要因といった各要因に分解し、その影響メカニズムや影響力を分析するものである。

2.2 先行研究の概観

世界各国のCO₂ 排出量変化について要因分析を行った研究としては、Torvanger (1991) によるOECD加盟9カ国の1973-1987年における製造業部門CO₂ 排出量についての研究, Casler and Rose (1998) によるアメリカ (1972-1982年) のCO₂ 排出量についての研究, Schipper (2001) のAWD法を使ったIEA加盟13カ国のCO₂ 排出量についての研究, Tester et al. (2005) のKaya Identityを利用した世界数カ国 (1980-1999年) の研究, Ratnakar and Mukhopadhyay (2010) による世界114カ国 (1992-2004年) の研究, などがある。

中国のCO₂ 排出量変化の要因分析については、早期に張 (2002) および時

政・張(2002)による研究がある。近年は中国でもこのような分析が重視され、多くの研究が発表されている。例えば、Wang et al. (2005), Wu et al. (2006), 徐ほか(2006), Liu et al. (2007), Wei et al. (2007), 馮ほか(2008), 朱ほか(2009), 宋・蘆(2009), 趙・武(2010), 李ほか(2010), 蔣(2011)などの研究があげられる。

これらの各研究は、分析方法や用いられたデータと対象年度もそれぞれ異なり、その結果も違っている。しかし傾向的には、各要因の影響は大体同じといえる。すなわち、経済成長は中国のCO₂排出量増加の最大要因で、エネルギー効率の向上はCO₂排出量減少の最大要因である。その他の要因の影響は相対的に小さい。

こうした中国のCO₂排出量変化要因についての研究を見ると、分析方法が改善され、有益な示唆が与えられるようになったものの、幾つかの欠点も指摘できる。第1に、多くの研究ではCO₂排出量の推計に用いる化石エネルギーの種類が石炭、石油、天然ガスの3種類だけであり、推計結果の精確性に欠ける。第2に、多くは国レベルのマクロ的な視点からの分析で、部門別・地域別の視点からの分析に欠けている。第3に、多くの研究は1年ごとの分析ではなく、数年間隔(例えば5年ごと)で分析を行っている。期首と期末の年だけを用いて計算すると、その期間の年々の累積とは違った値になり、正確とは言えない。

そこで、本稿では、筆者らが独自に推計した中国のCO₂排出量をベースにして、マクロおよび部門別の視点から、1年ごとのCO₂排出量変化の要因分析を行うことにする。

3. マクロから見たCO₂排出量変化の要因分析

3.1 茅恒等式とその意味

CO₂排出の要因をマクロ的に見る場合に、「茅恒等式」という分解式を利用する方法がよく知られている。これは、以下の式で表すものである。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = (\text{CO}_2 \text{ 排出量} / \text{エネルギー消費量}) \times (\text{エネルギー消費量} / \text{GDP})$$

$$\times (\text{GDP}/\text{人口}) \times \text{人口}$$

ここで、CO₂ 排出量をC、エネルギー消費量をE、GDP（国内総生産）をY、人口をNとすると、以下のように表すことができる。

$$C = \frac{C}{E} \times \frac{E}{Y} \times \frac{Y}{N} \times N \quad (1)$$

ただし

C/E：単位エネルギー消費あたりCO₂ 排出量

E/Y：単位GDPあたりエネルギー消費量

Y/N：1人あたりGDP

ここで、恒等式(1)右辺の第1項(C/E)は、1単位のエネルギーを消費するときに排出されるCO₂の量を表すもので(炭素集約度と呼ぶ)、この値が小さいほどCO₂排出の少ないエネルギー源の利用割合が高いことを示す。第2項(E/Y)は1単位のGDPを産出するのに消費されるエネルギーを表すもので(エネルギー集約度と呼ぶ)、この値が低いほど、よりエネルギー効率的に経済活動を営んでいることを示す。また、第3項(Y/N)は国民1人あたりが産出する経済的付加価値で、この値が高いほど経済発展の水準、生活水準が高いといえる。最後の第4項(N)は人口であるが、他の条件が変わらない限り、この値が大きいほどCO₂排出量は多くなる。すなわち、ある国のCO₂排出量は、エネルギー源の種類、エネルギー効率、生活水準、人口を要因として左右されることを、この恒等式は示している。

そして、(1)式について変化率 δ をとると、以下ようになる。

$$\delta C = \delta(C/E) + \delta(E/Y) + \delta(Y/N) + \delta N \quad (2)$$

(2)式から、CO₂排出量の変化は、エネルギー源転換要因、省エネ要因、経済要因、人口要因の4つの要因に分解することができる。つまり、CO₂排出量を削減するためには、エネルギーのCO₂排出原単位を改善する(エネルギーの低炭素化)か、生産額あたりのエネルギー消費量を減らす(省エネ)か、国民1人あたりの生産額を減らす(貧しくなる)か、人口を減らすかのいずれか、あるいは複数の組み合わせを行うしか方法がないということになる。

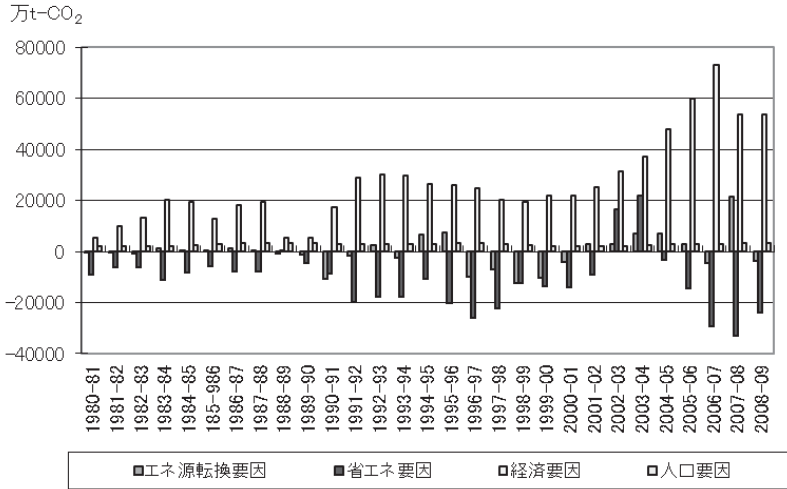
3.2 茅恒等式による要因分析

この(2)式を用いて、中国のCO₂総排出量変化の要因分析を行った。分析にあたって用いたCO₂排出量データは張・竹歳(2010)の推計結果を2009年まで延長したもので³⁾、エネルギー消費データは『中国能源統計年鑑』(各年版)、GDPと人口のデータは『中国統計年鑑』(各年版)から得ている。GDPに関しては、2000年価格に実質化した。

図1は1年ごとの要因分解の結果を示したものである。それを見ると、まず、経済要因と省エネ要因は2つの大きな要因となっていて、しかも反対の働きをしていることがわかる。一番大きい経済要因に注目すると、年によって大小はあるものの、CO₂排出量の増加要因としては、特に2003年以降、ますます大きくなってきたことが読み取れる。これは、近年の中国においては、所得水準の上昇によるCO₂排出量の増加が圧倒的に大きいということの意味している。ただし、2007年からはその比重はやや小さくなってきた。一方、省エネ要因は、主としてCO₂排出量の減少要因になっているが、2002年から2004年にかけては、逆に増加要因になっている。

3) 推計方法の詳細については、張・竹歳(2010)を参照されたい。ここでは、化石エネルギー源を原炭・洗精炭・その他洗炭・コークス・コークス炉ガス・原油・燃料油・ガソリン・灯油・ディーゼル・LPG(Liquefied Petroleum Gas:液化石油ガス)・製油所ガス・その他ガス・天然ガスの14種類に分けて推計している。

図1 CO₂ 総排出量変化の要因分解（1年毎）



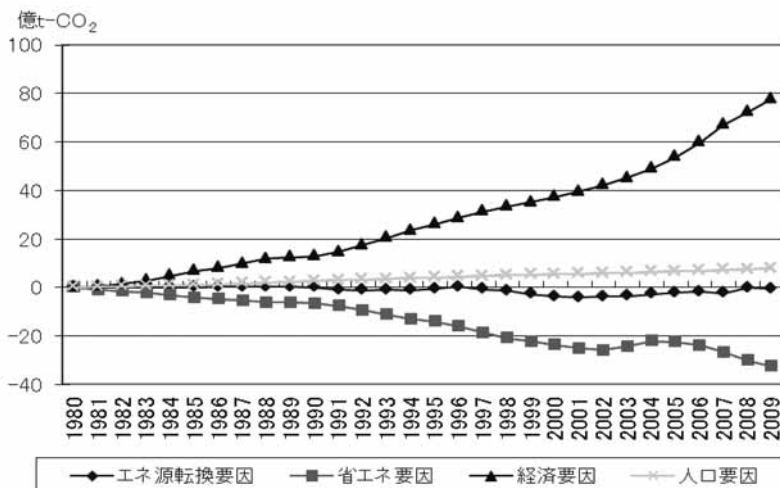
また、人口要因は常にCO₂ 排出の増加要因になっている。ただ、それほど大きな影響は見られない。中国の人口抑制政策がCO₂ 排出に一定の歯止めをかけているように思われる。これに対して、エネルギー源転換要因は一番小さく、1990～1991年と1996～2001年の間のマイナスの働きがやや大きい以外は、あまり機能していない。これは、中国のエネルギー消費構造がこの間あまり変わっていないことを物語っている。特に、2001年から2006年にかけては、プラスになっており、エネルギー源の転換によるCO₂ 排出の削減が進んでいないことを示している。

中国の5カ年計画の期間に合わせて、分析結果から5年ごとにその特徴を見ると、1980年代から90年代にかけては、省エネによるCO₂ 排出削減の効果が大きく、エネルギー源転換による削減効果も強くなっていた。しかし、2000年代に入ると、経済要因が大きく増加し、エネルギー源転換要因や省エネ要因もこの5年間を通して見ると逆に排出増に働いている。

このような傾向は図2を見ても明らかである。図2は、1980年を基準とし、1年ごとの要因分解の結果を累積で示したものである。経済要因は一貫

してCO₂排出増加の働きをしてきたこと、省エネ要因は2002年まではCO₂排出削減に働いていたが、2002年から2004年の間はむしろ増加の働きに転じていたこと、人口は緩やかな増加要因となっているのに対して、エネルギー源転換要因はCO₂排出削減にほとんど働いていないことなどが、あらためて指摘される。

図2 CO₂総排出量変化の要因分解（累積）



1980～2009年の全期間を通して、中国のCO₂排出量は14.03億トンから4.8倍の66.79億トンへと増加した。その増分の52.76億トンは、図2で示したような各要因の累積から、エネルギー源転換要因による0.52億トン減、省エネ要因32.44億トン減、経済要因77.84億トン増、人口要因7.88億トン増に分解できる。経済要因によるプラスと省エネ要因によるマイナスが主な増減要因であり、エネルギー源転換要因と人口要因は小さいものであったことがわかる。

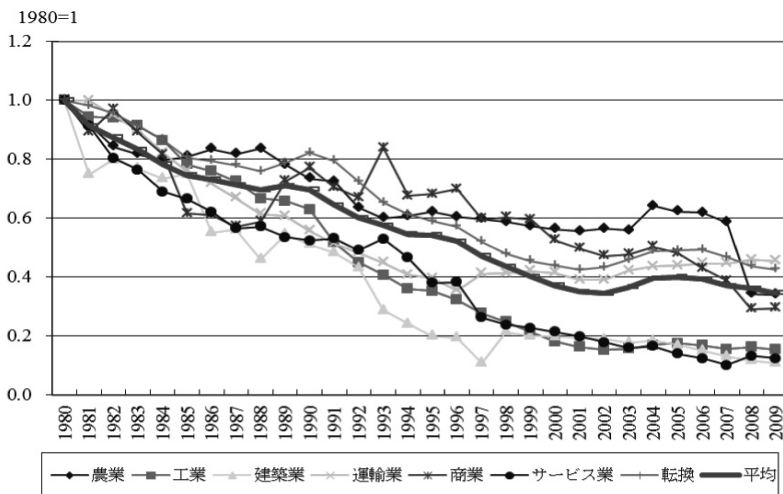
4. 部門別に見た単位GDPあたりCO₂ 排出量変化の要因分析

中国政府は2009年12月のCOP15直前に、単位GDPあたりCO₂排出量を2020年までに2005年比で40～45%減らすという数値目標を発表した。そこで本節では、中国の単位GDPあたりCO₂排出量について検討していく。

本稿での研究期間に限ってみると、中国では単位GDPあたりのCO₂排出量はかなり低下してきている。1980年には1万元のGDPを産出するのに排出されたCO₂排出量は7.53トンであったのに対して、2009年には2.61トンまで下がり、60%以上の減少率となっている。ただし、すべての産業が同様の減少率になっているわけではない(図3)。減少率が比較的大きいのは、建設業、サービス業、工業の3部門で、1980年の単位GDPあたりCO₂排出量を1としたとき、2009年にはそれぞれ0.11, 0.12, 0.15まで下がった。以下、商業、農業、転換部門、運輸業の順になっている(それぞれ0.29, 0.34, 0.43, 0.45)。

また、各産業部門の単位GDPあたりCO₂排出量に関して、もう1つ注目すべき点は、2003～2005年の期間に、大部分の産業部門で横ばいか、むしろ増加傾向が見られるということである。

単位GDPあたりCO₂排出量の増減に見られる以上のような特徴について、それがどのような原因によるものかを、要因分解により検討してみる。

図3 部門別単位GDPあたりCO₂排出量の変化

4.1 分析方法とデータ

部門別CO₂排出量は、エネルギー源の構成、エネルギー効率、産業部門間構成などの要因からなっている。すなわち、CO₂排出量(C)は、各部門の炭素集約度(C_i/E_i)とエネルギー集約度(E_i/Y_i)、各部門のGDP構成比率(Y_i/Y)、およびGDP(Y)により、以下のように表すことができる。

$$C = \sum_i \left[\left(\frac{C_i}{E_i} \right) \times \left(\frac{E_i}{Y_i} \right) \times \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \times Y \right] \quad (3)$$

ここで

C : CO₂排出量

E : エネルギー消費量

Y : GDP

i : 部門を示すサフィックス

また、単位GDPあたりCO₂排出量に注目すれば、(4)式のようなになる。ここから、単位GDPあたりCO₂排出量の*t*-1期から*t*期への変化(差分)は、(5)式のようにいくつかの要因に分解できる。

$$\frac{C}{Y} = \sum_i \left[\frac{C_i}{E_i} \times \frac{E_i}{Y_i} \times \frac{Y_i}{Y} \right] \quad (4)$$

$$\Delta \left[\frac{C}{Y} \right] = \frac{C_t}{Y_t} - \frac{C_{t-1}}{Y_{t-1}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &= \sum_i \left[\left(\Delta \frac{C_i}{E_i} \right) \times \frac{E_i}{Y_i} \times \frac{Y_i}{Y} \right] + \sum_i \left[\frac{C_i}{E_i} \times \left(\Delta \frac{E_i}{Y_i} \right) \times \frac{Y_i}{Y} \right] \\ &+ \sum_i \left[\frac{C_i}{E_i} \times \frac{E_i}{Y_i} \times \left(\Delta \frac{Y_i}{Y} \right) \right] + \sum_i [\Delta Z_i] \end{aligned}$$

ここで、 Δ は変数の差分を示す。すなわち、以下のように表すことができる。

単位GDPあたりCO₂ 排出量の変化

- = 各部門の炭素集約度の変化（エネルギー源転換）の合計
- + 各部門のエネルギー集約度の変化（省エネルギー）の合計
- + 各部門のGDP構成比率の変化（産業構造変化）の合計
- + 各部門のその他の効果（残差）の合計

この要因分析法は離散型分析法と呼ばれる。ただし、このような要因分解は、期間が長ければ、 ΔZ で示す残差が大きくなる問題が生じやすい。

そこで本稿では、残差を小さくするために、以下の要因分析法を用いて検討を進めていく。

$$C_i/E_i = P_i \quad E_i/Y_i = I_i \quad Y_i/Y = S_i$$

とおくと

単位GDPあたりCO₂ 排出量の変化は、Simple Average Divisiaにより、

$$\begin{aligned} \Delta \left[\frac{C_t}{Y_t} \right] &= \sum_i \left[\frac{C_{it-1}}{Y_{t-1}} + \alpha \left(\frac{C_{it}}{Y_t} - \frac{C_{it-1}}{Y_{t-1}} \right) \right] \ln \left(\frac{P_{it}}{P_{it-1}} \right) \\ &+ \sum_i \left[\frac{C_{it-1}}{Y_{t-1}} + \alpha \left(\frac{C_{it}}{Y_t} - \frac{C_{it-1}}{Y_{t-1}} \right) \right] \ln \left(\frac{I_{it}}{I_{it-1}} \right) \\ &+ \sum_i \left[\frac{C_{it-1}}{Y_{t-1}} + \alpha \left(\frac{C_{it}}{Y_t} - \frac{C_{it-1}}{Y_{t-1}} \right) \right] \ln \left(\frac{S_{it}}{S_{it-1}} \right) + \sum_i [\Delta Z_i] \end{aligned} \quad (6)$$

として計算される（ただし、 $\alpha = 0.5$ ）。このように、単位GDPあたりCO₂ 排出量の増減は、各部門のエネルギー源転換要因、省エネルギー要因、産業構造変化要因（および残差）に分解することができる。

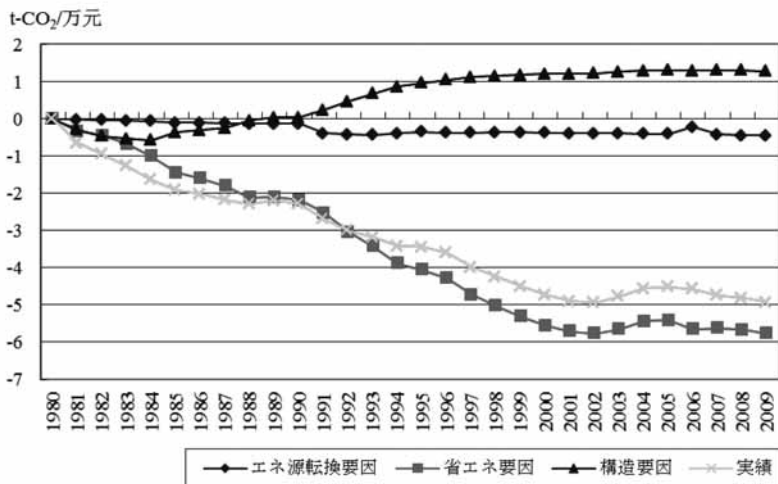
本稿では、この方法により、単位GDPあたりCO₂ 排出量増減の要因を、

家庭部門を除いた各産業部門について分析した。ここで用いる部門別CO₂排出量データは、筆者らが推計したエネルギー転換部門を最終消費各部門に配分する前の部門別排出量で、部門別エネルギー消費データは『中国能源統計年鑑』（各年版）、部門別GDPデータは『中国統計年鑑』（各年版）からとったものである。ただし、GDPを実質化する係数はここで用いる各産業部門別に得られないため、農業については第一次産業全体の数値、工業と建築業については第二次産業全体の数値、運輸業、商業、サービス業については第三次産業全体の数値をそれぞれ用いた。

4.2 全産業部門についての分析結果

全産業についての単位GDPあたりCO₂排出量の1年ごとの変化を(6)式により分解し、各要因の変化量を1980年からの累積で示したのが図4である。これによると、全産業の単位GDPあたりCO₂排出量は、1980年以降低下傾向にある中で、2000年頃までは、省エネ要因が減少要因として大きく働いていた。それは、次節で詳しく見るように、工業部門およびエネルギー転換部門での省エネルギー、すなわち単位GDPあたりのエネルギー消費量が低下したことによる。逆に、構造要因は1990年代以降増加要因として働いていた。単位GDPあたりCO₂排出量が多い工業部門と転換部門のウェイトが増加したのである。このような各要因の動きは2000年以降あまり見られなくなり、どの要因も小さくなった結果、単位GDPあたりCO₂排出量は2000年以降ほぼ横ばいとなっている。

図4 単位GDPあたりCO₂ 総排出量変化の要因分解（累積）



1980～2009年の期間全体では、単位GDPあたりCO₂ 排出量削減の最も大きな要因は省エネ要因であった。GDP 1 万元あたりCO₂ 排出量はこの間 4.923 トン削減されたが、省エネによる削減量は実に 5.762 トンである。次に、エネルギー源転換要因は小さいながら削減要因となっている（削減量は 0.445 トン）。しかし、構造要因は排出増加の働きをしていて、1.279 トンの増加となっている。残りの 0.005 トンは分解されない交絡要因項とみなされる。

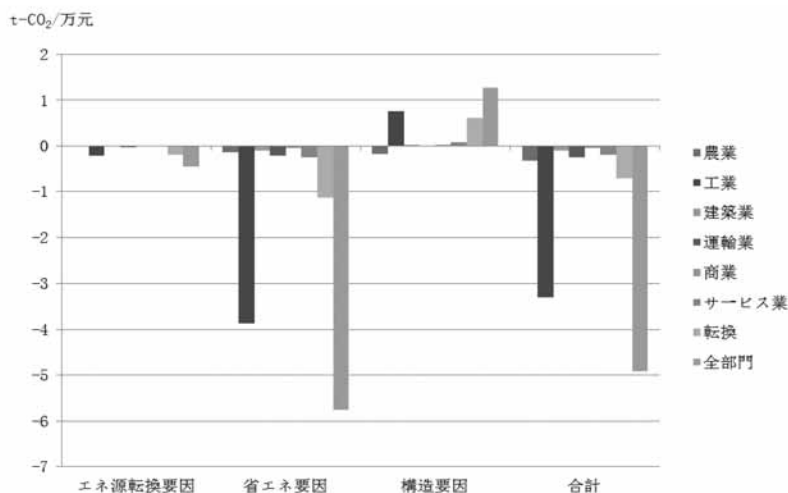
4.3 産業部門別の分析結果

1980～2009年の部門別単位GDPあたりCO₂ 排出量変化を各要因に分解したものが図5である⁴⁾。まず、工業部門が各要因で大きな比重を占めていることが明らかである。全部門のGDP 1 万元あたりCO₂ 排出削減量 4.92 トンのうち、工業部門での削減量は 67.1% にあたる 3.30 トンである。そのう

4) 1年ごとの各要因の変化量を累積した数値である。

ち、省エネ要因とエネルギー源転換要因はそれぞれ全部門での各要因による削減量のそれぞれ67.1%と46.9%を占めている。構造要因はGDP1万円あたり0.77トン増加の働きをしており、全部門での構造要因による増加量の60.1%に相当する。これは、産業構造の変化による単位GDPあたりCO₂排出量増加のうち、工業部門へのシフトが進んだことによる増加が大きな部分を占めていることを示す。

図5 部門別単位GDPあたりCO₂排出量変化の要因分解（全期間）



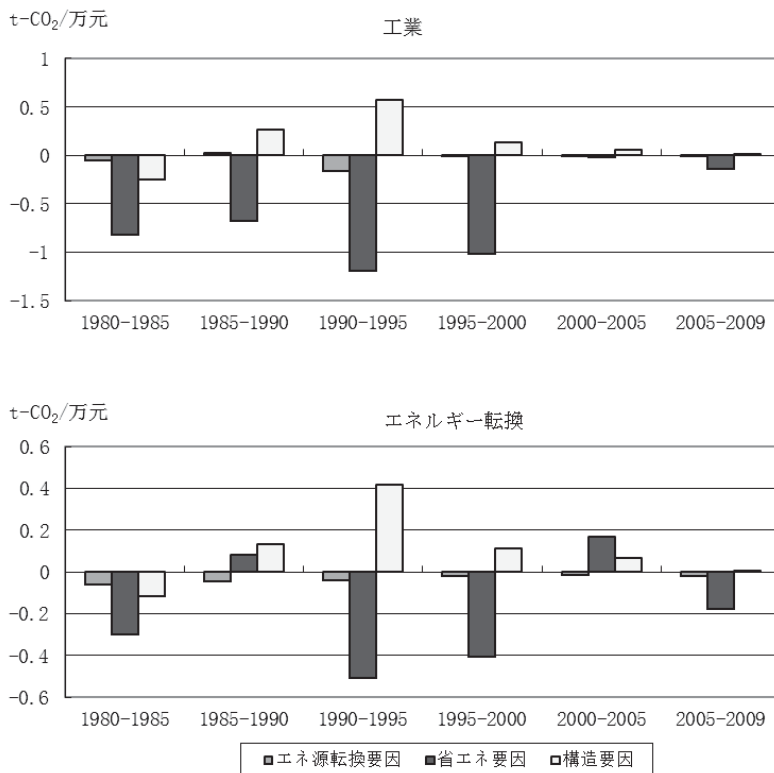
次に、転換部門による削減量は全部門の14.5%にあたり、そのうち、省エネ要因とエネルギー源転換要因による削減量は、それらの要因による削減量全体のそれぞれ19.7%、44.2%を占めている。エネルギー源の転換による単位GDPあたりCO₂排出量の削減は、そのほとんどが工業部門と転換部門でなされたことを示している。

ほかの部門については、全部門の削減量全体に占める割合から見ると、農業が6.8%、運輸業が5.0%、サービス業が3.8%、建築業が2.1%、商業が0.8%となっている。省エネ要因は各部門で減少要因となっているが、省エ

ネ要因全体に占める各部門の比率は、サービス業が4.4%、運輸業が3.7%、農業が2.6%、建築業が1.8%、商業が0.8%、となっており、工業部門や転換部門に比べると低い貢献度である。この他では、農業部門の構造要因の働きも比較的大きい（GDP 1 万元あたりマイナス0.19 トン）、これは農業の比重低下を反映している。

次に、全部門の削減量全体に占める割合が高い工業部門と転換部門について、GDPあたりCO₂排出量変化の要因分析を時期別に詳しく見てみよう（図6）。まず工業部門では、省エネ要因が単位GDPあたりCO₂排出量に対してマイナスであるが、エネルギー源転換要因もマイナスの働きをしている時期が多かった。これに対して構造要因は、1980年代前半を除けば、プラスの働きをしている。この結果、全期間の合計では工業部門における構造要因が、単位GDPあたりCO₂排出量を増やす方向に働いていることはすでに見たとおりである。ただし、プラスの値は1990～1995年の最高値を経て段々小さくなってきた。

図6 工業部門とエネルギー転換部門における単位GDPあたりCO₂排出量変化の要因分解（5年毎）



転換部門については、1980年代前半と1990年代には省エネ要因が比較的大きなマイナスとして働いていたが、1980年代後半および2000年代前半には逆にプラスとなった。構造要因は1980年代前半にマイナスに働いたものの、その後プラスとなっており、転換部門が経済的にもその比重を増していったことを物語っている。ただし、ここでも工業部門と同じように、そのプラスの値が1990年代前半のピークを経て、減少してきた。その一方でエネルギー源転換要因はマイナスであるもののその絶対値は小さく、全期間を通して転換部門でのエネルギー源の転換が進まなかったこと、すなわち石炭

依存の構造が変わっていないことがここにも表れている。

5. おわりに

本稿では、中国における化石エネルギー起源のCO₂排出量変化の要因分析を行った結果、以下のようなことが明らかになった。

まず、中国のCO₂排出量全体の増減に関しては、1980年～2009年の30年間で、エネルギー源転換要因により0.52億トン減、省エネ要因により32.44億トン減、経済要因により77.84億トン増、人口要因により7.88億トン増であった。経済要因と省エネ要因が2大要因であり、反対の働きをしている。人口要因はCO₂排出増加に働いているが、それほど大きくない。エネルギー源転換要因はCO₂排出量の削減にあまり貢献していない。

これを時期別に見ると、1980年代から90年代にかけては、省エネによるCO₂排出削減の働きが大きい。1990～2000年の間は、エネルギー源転換要因と省エネ要因がマイナス、経済要因と人口要因がプラスとなっているが、2000～2005年の期間ではすべての要因がプラスに働いた。2005～2009年には、幾分元にもどったものの、まだ経済要因が大きい。省エネ要因はマイナスではあるが小さく、エネルギー源転換要因もわずかのマイナスにとどまっている。

次に、各産業部門の単位GDPあたりCO₂排出量増減の要因を分析した結果によると、全産業部門では、1980～2009年の間のGDPあたりCO₂排出量削減に大きく働いた要因は省エネ要因であり、エネルギー源転換要因の貢献は小さかった。一方、増加要因となっているのは構造要因であった。

部門別に見た場合は、工業部門が一番大きな比重を占め、省エネ要因による削減量全体の67.1%、エネルギー源転換要因による削減量全体の46.9%が工業部門である。そして、構造要因による増加量全体の60.1%が工業部門へのシフトによるものである。これを時期別に見ると、省エネ要因のマイナス、構造要因のプラスとも、2000年以降小さくなっていること、エネルギー源転換要因は一貫して小さいことがわかった。

このように、中国のCO₂排出量で特に大きな比重を占める工業部門において、単位GDPあたりCO₂排出量を減少させる省エネ要因およびエネルギー転換要因の働きが近年小さくなってきており、GDPに占める工業部門の割合自体も縮小していない。その状況下でGDPが依然高い比率で増加しているために、中国全体のCO₂排出量は増加の一途をたどっている。こうした構造があらためて明らかになった。

中国では、第十一次五ヵ年計画（略称「十一五」）で定めた、2010年に単位GDP当たりエネルギー消費を2005年比で20%を削減するという省エネ目標を達成し、2015年までの新しい目標が打ち出されている。しかし、現在の中国のエネルギー効率は先進国とまだ大きな差があり、エネルギー消費原単位の低下の潜在力は大きいといえる。さらに、中国国内でエネルギー消費原単位の地域格差が大きいことを考えれば、エネルギー利用効率を高めることを通して、CO₂を削減する余地が大きいと考えられる。

また、エネルギー源の転換に関しては、かつては技術レベルと資金面での制約もあり、石炭よりCO₂排出の少ない石油や天然ガスを大量に輸入することも、新エネルギー開発への技術・資金の大規模な投入もできなかった。しかし、今は状況が大きく変わった。脱化石エネルギー化（化石エネルギーから非化石エネルギーへ）⁵⁾、脱石炭化（石炭から石油、天然ガスへ）と石炭利用の高度化（石炭クリーン利用技術の開発促進）の3つの方法によるエネルギー転換が中国のCO₂排出削減の大きな手段になる。中国はこのすべての手段を使うべきであり、また使える段階にあるといえる。

5) 中国の水力発電の設備容量は200 GW (GW=10⁹ W) を突破し、世界一になっている。2010年10月に発表された「中国風力発電発展報告2010」によれば、2009年に中国で新たに設置された風力発電設備の容量は1380万kWで、世界最多となっている。また、国連環境計画（UNEP）が発表した報告書によると、中国の太陽エネルギー産業の規模は世界第1位、2009年の太陽光電池の生産量は世界の40%に上っている。

参考文献

- Ang, B.W., F. Q. Zhang, and K. H. Choi (1998), "Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition," *Energy*, vol.23 (6), pp.489–495.
- Casler, S. D. and A. Rose (1998), "Carbon Dioxide *Emissions in the U.S. Economy: A Structural Decomposition Analysis*," *Environmental and Resource Economics*, vol.11 (3–4), pp.349–363.
- Chung, H. S. and H. C. Rhee (2001), "A Residual-free Decomposition of the Sources of Carbon Dioxide Emissions: A Case of the Korean Industries," *Energy*, vol.26 (1), pp.15–30.
- Ehrlich, P. R. and, A. H. Ehrlich (1970), *Population, Resources, Environment: Issues in Human Ecology*, San Francisco: Freeman.
- 馮相昭・鄒驥 (2008) 「中国CO₂ 排放趨勢の經濟分析」『中国人口資源与环境』第18卷第3期, 43–47頁.
- International Energy Agency (2009) *CO₂ Emissions from Fuel Combustion: Highlights, 2009 Edition*, International Energy Agency.
- 蔣金荷 (2011) 「中国碳排放量測算及影響因素分析」『資源科学』第33卷第4期, 597–604頁
- Kaya, Y. (1989), "Impact of Carbon Dioxide Emission on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios," Presentation to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, IPCC, Paris.
- 李艷梅・張雷・程曉凌 (2010) 「中国碳排放變化的因素分解与減排途徑分析」『資源科学』第32卷第2期, 218–222頁.
- Liu, L. C., Y. Fan, G. Wu et al. (2007), "Using LMDI Method to Analyze the Change of China's Industrial CO₂ Emissions from Final Fuel Use: An Empirical Analysis," *Energy Policy*, vol.35, pp.5892–5900.
- Liu, X. Q., B. W. Ang and H. L. Ong (1992), "The Application of Divisia Index to the Decomposition of Changes in Industrial Energy Consumption," *The Energy Journal*, vol.13 (4), pp.161–177.
- Ratnakar, P. and U. Mukhopadhyay (2010), "Identifying the Major Players behind Increasing Global Carbon Dioxide Emissions: A Decomposition Analysis," *The Environmentalist*, vol.30 (2), pp.183–205.
- Schipper, L., S. Murtishaw and M. Khrushch (2001), "Carbon Emissions from

- Manufacturing Energy Use in 13 IEA Countries: Long-term Trends through 1995," *Energy Policy*, vol.29, pp.667-688.
- 宋徳勇・盧忠宝 (2009) 「中国碳排放影响因素分解及其周期性波動研究」『中国人口資源与环境』第19巻第3期, 18-24頁.
- Tester, J. W. et al. (2005), *Sustainable Energy: Choosing among Options*, US: MIT Press.
- Torvanger, A. (1991), Manufacturing Sector Carbon-dioxide Emissions in 9 OECD Countries, 1973-1987: A Divisia Index Decomposition to Changes in Fuel Mix, Emission Coefficients, Industry Structure, Energy Intensities and International Structure," *Energy Economics*, vol.13 (3), pp.168-186.
- 時政島・張宏武 (2002) 「日本と中国におけるCO₂排出量変化の部門別分析——各種要因分析法の比較をかねて」『現代経済学研究』第10号, 122-149頁.
- Wang, C., J. Chen and J. Zou (2005), "Decomposition of Energy Related CO₂ Emission in China: 1957-2000," *Energy*, vol.30, pp.73-83.
- Wei, Y. M., L. C. Liu, F. Ying, G. Wu et al. (2007), "The Impact of Lifestyle on Energy Use and CO₂ Emission: An Empirical Analysis of China's Residents," *Energy Policy*, vol.35, pp.247-257.
- Wu, L., S. Kaneko and S. Matsuoka (2006), "Dynamics of Energy-related CO₂ Emissions in China during 1980 to 2002: The Relative Importance of Energy Supply-side and Demand-side Effects," *Energy Policy*, vol.34, pp.3549-3572.
- 徐国泉・劉則淵・姜照華 (2006) 「中国碳排放の因素分解模型及実証分析: 1995~2004」『中国人口・資源与环境』第6期, 158-161頁.
- 張宏武 (2002) 「我国CO₂排出量的主要因分析」『山西師範大学学报(自然科学版)』第16巻第2期, 78-84頁.
- 張宏武・竹歳一紀 (2010) 「中国における化石エネルギー起源のCO₂排出量の推計と分析」『桃山学院大学経済経営論集』第51巻第3・4合併号, 207-237頁.
- 趙奥・武春友 (2010) 「中国CO₂排放量变化的影響因素分解研究——基于改進的Kaya等式与LMDI分解法」『軟科学』第24巻第12期, 55-59頁.
- 中国国家發展和改革委員会 (2004) 『中華人民共和国気候変化初始国家信息通報』中国計画出版社.
- 朱勤・彭希哲・陸志明・吳開亜 (2009) 「中国能源消費碳排放变化的因素分解及実証分析」『資源科学』第31巻第12期, 2072-2079頁.

付記

本研究は、2011年度中国教育部人文社会科学研究基金項目「中国CO₂ 排放，影響因素及低炭經濟政策研究：多部門多地区的的研究」（批准番号 11 YJA 790205）の一部である。

（ちょう・こうぶ／天津商業大学経済学院教授）

（たけとし・かずき／経済学部教授／2012年10月26日受理）

Decomposition Analyses of the Changes in China's CO₂ Emissions from Fossil Fuels

ZHANG Hongwu

TAKETOSHI Kazuki

The purpose of this paper is to analyze the changes in China's CO₂ emissions from fossil fuels in the period from 1980 to 2009 by decomposing them into some factors. First, applying the Kaya Identity, changes in the total CO₂ emissions are decomposed into the factors of "fuel conversion," "energy saving," "economy," and "population." During this period, the factor of economy, which is represented as per capita GDP, has been the largest factor increasing the total CO₂ emissions, and the factor of energy saving has been the largest factor decreasing them. The factor of fuel conversion has had little effect on decreasing the total CO₂ emissions. Second, applying the Simple Average Divisia method to the extended Kaya Identity, changes in CO₂ emissions per GDP are decomposed into the factors of "fuel conversion," "saving energy" and "industrial structure" in each sector. During this period, the factor of saving energy has contributed to decreasing CO₂ emissions per GDP, while the factor of fuel conversion has had only a little decreasing effect. The factor of industrial structure has increased CO₂ emissions per GDP. Lately, the effects of saving energy and fuel conversion have become much small in the manufacturing sector, of which the share of CO₂ emissions is the largest in China. Under this situation, the unchanged weight of manufacturing sector cannot decrease China's CO₂ emissions per GDP, and the growing GDP has been increasing the total CO₂ emissions.