

# 中国における化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub>排出量の推計と分析

張 宏 武  
竹 歳 一 紀

## 1. はじめに

CO<sub>2</sub>をはじめとする温室効果ガスの大量排出によってもたらされる地球温暖化現象は、私たちの生活に多大な影響を与えようとしている。1997年12月、京都で開催されたCOP3（気候変動枠組条約第3回締約国会議）において、温室効果ガス排出削減に関する「京都議定書」が採択された。国連の枠の下で法的拘束力を持つ国際条約である京都議定書は2005年2月16日に正式に発効し、現在のところ、温室効果ガス排出削減の唯一の世界的目標となっている。しかし、その約束期間は2008年から2012年であり、すでに京都議定書の次の排出削減目標について、国際的な議論が戦わされているところである。

2009年12月7日～19日にデンマークのコペンハーゲンで開催されたCOP15（気候変動枠組条約第15回締約国会議）の中心的議題も、この「ポスト京都」についてであった。しかしながら、先進国と発展途上国の利害対立、および発展途上国間での利害対立を主な原因として、COP15では京都議定書に替わる新たな国別削減目標を定めるまでには至らなかった。そして、その議論の中心となったのが、中国とアメリカという京都議定書に参加していない世界の2大温室効果ガス排出国の動向であった。

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によるCO<sub>2</sub>排出量はアメリカを抜いて世界第一位となった<sup>1)</sup>。世界のCO<sub>2</sub>排出量の21%を占めるに至った中国を無視して世界の温室効果ガス削減を話し合うことは、もはや不可能である。しかし、1人あたりCO<sub>2</sub>排出量では、中国はアメリカのまだ4分の1に満たない。これが議論を複雑にしている。ここでポスト京都をめぐるさまざまな議論には立ち入らないが、いずれにせよ、今後の地球温暖化対策に中国の参加が不可欠であることには間違いない。

中国も、経済成長に伴うエネルギー需給の逼迫を回避するため、そして地球温暖化に関する国際世論に対応するために、「低炭素経済」への転換を政策課題とし始めている。低炭素経済への転換政策を進めるためには、まず、CO<sub>2</sub>排出量の中身を把握する必要がある。そしてそれは、国全体だけではなく、具体的にどの部門で、あるいはどの地域でどれくらいの排出をしているかを明らかにするものでなければならない。その上で、各部門、各地域がどのように排出しているか、すなわちCO<sub>2</sub>排出の原因は何かを分析する必要がある。この二点を明確にすることなしに、実情にあった削減対策を講ずることはできない。

そこで本稿では、中国における化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量を部門別に推計し、それに基づき中国のCO<sub>2</sub>排出構造の特徴について分析する。そこから中国のCO<sub>2</sub>排出量の削減対策に有益な示唆を探ることとする。まず次節では、最近の中国における低炭素経済への転換についての政策動向を概観する。第3節では、中国の化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量を部門別にかつ時系列で推計する。第4節ではその推計結果から、中国の化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の実態と変化について特徴を分析する。第5節では、マクロレベルでのCO<sub>2</sub>排出量に関係するエネルギー消費、GDP、人口について、中国におけるCO<sub>2</sub>排出量とそれらの要因との関係について分析する。

---

1) IEA（2009）による。

最後に、これらの分析結果についてまとめる。

## 2. 中国の低炭素経済に対する政策動向

「低炭素経済」は2007年ごろから国際社会のホットイシューになり、「低炭素経済」や「低炭素社会」などの言葉が流行するようになった。UNEP（国連環境計画）は2008年の世界環境デー（World Environment Day）のテーマを「悪癖を絶ち、低炭素経済の実現を（“Kick the Habit! Towards a Low Carbon Economy”）」とした。

中国でも2007年から「低炭素経済」という用語が政策の場に取り入れられた。最初はエネルギーと環境政策に関連して打ち出され、2007年4月には「低炭素経済と中国エネルギー・環境政策シンポジウム」が北京で開かれた。その後、中国政府は低炭素経済の発展に向け、行動を始めた。同年8月には、国家発展改革委員会が「再生可能なエネルギーの中長期発展計画」を公表した。同じく9月の第15回 APEC（アジア太平洋経済協力会議）首脳会議においては、胡錦濤国家主席が地球温暖化防止に関する四つの提言を提出したが、その中の一つは低炭素エネルギー技術の促進についてであった。また、中国科学技術省大臣万鋼氏は中国科学技術協会年次大会において低炭素経済を発展させることを強く主張した。

そして、2007年12月に発表された「中国のエネルギー状況と政策白書」でも、従来の「石炭を主とする」エネルギー戦略から、エネルギー多元化の発展を新たな戦略とした。その中で、再生可能エネルギーを発展させることが、正式に国のエネルギー発展戦略の重要内容として位置づけられた。2007年に中国政府が発表した「気候変動に対応する国家方案」<sup>2)</sup>の中では、2010年までに GDP 1 単位あたりのエネルギー消費量を2005年比で20%削減する目標を打ち出している。そのほか、「気候変動に対応する科学技術行動方案」<sup>3)</sup>や、

2) 2007年6月に中国国家発展改革委員会が発表した「中国対応気候変化国家方案」。

3) 2007年6月に中国科学技術省など14の部門が共同で策定した「中国対応気候変化科技専門行動」。

「気候変動への更なる対応に関する決議」<sup>4)</sup> などにおいても、中国政府は低炭素経済へ転換する決意を表明している。

2009年9月、胡錦濤国家主席は国連気候変動サミットにおいて、2020年までにCO<sub>2</sub>排出量をGDP比で2005年水準より大幅に削減すると表明した。また2020年までに森林面積を4000万ヘクタール増やすこと、全エネルギー消費に占める非化石エネルギーの割合を15%にまで向上させる目標を明らかにした<sup>5)</sup>。

そして、COP15を前にした2009年11月26日、中国政府は初めて温室効果ガス排出量削減の数値目標を打ち出し、2020年までにGDP1単位あたりのCO<sub>2</sub>排出量を2005年比で40～45%減らす新たな行動目標を決定したと発表した<sup>6)</sup>。

### 3. 化石エネルギー起源の部門別CO<sub>2</sub>排出量の推計

#### 1) 推計の意義

改革開放以来、中国では経済の急成長に伴って、化石エネルギーの利用が増大した。2005年の時点で、中国のエネルギー消費量は石油換算で140,457万トン、世界のエネルギー総消費量の15%を占めており、世界第二のエネルギー消費大国となっている<sup>7)</sup>。その中で最も問題になっているのは、発熱量あたりCO<sub>2</sub>排出量の多い石炭への依存度が世界の平均よりもずっと高くなっていることである。周知のように、石炭、石油、天然ガスのような化石エネルギー源のうち、発熱量あたりCO<sub>2</sub>排出量は、石炭がもっとも多く、その次は石油で、天然ガスはもっとも少ない。

図1に示すように、2005年時点の各国エネルギー消費に占める固体エネル

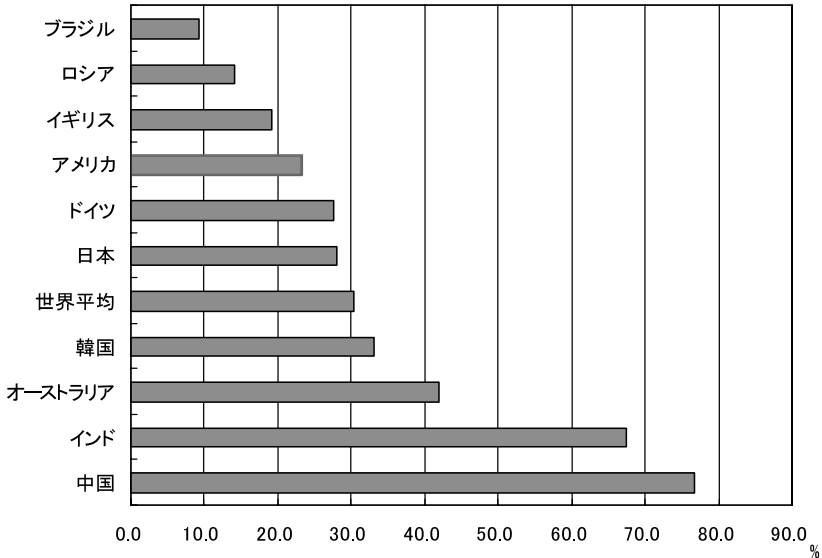
4) 2009年8月に全国人民代表大会常務委員会において採択（中国環境保護部のサイト <http://www.zhb.gov.cn> を参照）。

5) 人民網日本語版2009年9月23日「国連気候変動サミット、胡錦濤主席が重要演説」(<http://j.people.com.cn/94474/6765584.html>)。

6) 人民網日本語版2009年11月27日「中国、温室効果ガス排出削減目標を決定」(<http://j.people.com.cn/94475/6826310.html>)。

7) United Nations Energy Statistics Yearbook 2005による。

図1 各国のエネルギー消費における固体エネルギーの割合（2005年）

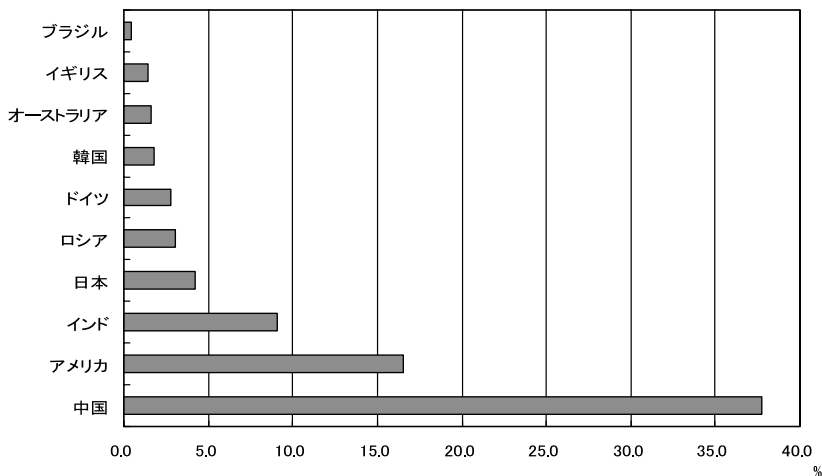


出所) United Nations Energy Statistics Yearbook 2005.

ギーの割合は、世界平均の30%に対し、中国はその2倍以上である76.8%を示している。それに加え、中国一国の固体エネルギーの消費量が世界全体に占める割合は37.8%に上っている（図2）。エネルギー消費の大きさと石炭依存度の大きさとがあいまって、中国はCO<sub>2</sub>排出量の増加が最も速い地域の一つといわれている。

地球温暖化を引き起こす原因とされる温室効果ガス（Greenhouse Gas: GHG）はCO<sub>2</sub>だけではなく、他にもいくつかある。京都議定書における排出量削減対象となっているものには、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）、メタン（CH<sub>4</sub>）、亜酸化窒素（N<sub>2</sub>O）（一酸化二窒素）、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（SF<sub>6</sub>）の6種類がある。ここで、あえてCO<sub>2</sub>のみ、特に化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>のみを取り上げて論ずるのには、二つの理由がある。

図2 世界の固体エネルギー消費に占める各国の割合（2005年）



出所) United Nations Energy Statistics Yearbook 2005.

一つは、温室効果ガスの中で、CO<sub>2</sub>の排出量、特に化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の割合が最も多いことである。前述の「気候変動に対応する国家方案」によれば、中国の温室効果ガス排出総量のうち、CO<sub>2</sub>の割合は83%を占めている（2004年）。また、全CO<sub>2</sub>排出量のうち、エネルギー起源のほか、セメント、鉄鋼などの生産過程における化学反応による排出もあるが、やはり化石エネルギー起源の排出量は圧倒的に多く、90%以上を示している（1994年は90.95%<sup>8)</sup>）。温室効果ガスの大半を占める化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の実態を明らかにし、それにより適切な対策をとることが、地球温暖化防止へ大きく貢献すると思われる。

いま一つの理由は、化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の推計が相対的に容易なことである。化石燃料の種類によって、1単位あたりのCO<sub>2</sub>排出量は異なるが、部門別に異なる値を持たず、発熱量あたりの排出係数は安定し

8) 中国国家発展和改革委員会（2004）p.17。

ていると考えられる。したがって、同じ種類の燃料に対して、各部門に同一の排出係数を用いて推計することが可能である。

一方、今の中国では、CO<sub>2</sub>排出量に関するデータが極めて乏しいのが実情である。特に系統的・連続的かつ信憑性の高いデータは極めて不足している。統計システムが徐々に整備され、公表されるデータも次第に増えてきたが、研究に資する CO<sub>2</sub>排出量データはまだ十分ではない。例えば、中国政府が公表している CO<sub>2</sub>排出量の時系列データは、部門別・地域別の数字がなく、全国一つの総排出量しかない。2004年11月、中国政府は正式に「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)を公表した<sup>9)</sup>。その中で、1994年時点における中国全国の部門別温室効果ガス排出量のデータが公表されたが、それは1年のみの数字であり、比較することができない。しかも、10数年前の数字と今の実情とはかなりの違いがあると思われる。

このような状況では、中国の低炭素経済の発展政策に大きな影響がある。と同時に、中国の CO<sub>2</sub>排出量削減に対する研究にも大きな支障が生じる。そのために、部門別、地域別 CO<sub>2</sub>排出量の推計及び分析が必要かつ重要となるのである。ただし、本稿での推計はあくまでも研究のための一つの試みで、十分に精確なものとは言いがたい。中国政府がより詳細なデータを早く公表することが期待される。

## 2) 推計方法

エネルギー消費データから CO<sub>2</sub>の排出量を推計するには、まず各化石燃料が燃焼されるとき CO<sub>2</sub>の排出係数を決定することが必要である。推計に当たっては、基本的に、部門ごとにそれぞれの CO<sub>2</sub>の排出係数に、燃料消費量を乗じて算出する<sup>10)</sup>。

9) 中国国家発展と改革委員会 (2004)。

10) 排出係数が toe (石油換算トン) あたりで与えられているエネルギー源については (表 1 参照)、トンで示される消費量をいったん石油換算トンに換算してから

化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub> 排出量を C とすれば、C は次の式で表される。

$$C = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \alpha_{ij} \times E_{ij}$$

$\alpha_{ij}$  : 第 j 部門の i 種エネルギーの排出係数 (排出量 / エネルギー消費)

$E_{ij}$  : 第 j 部門の i 種エネルギー消費

i : 部門を示すサフィックス

j : エネルギー源を示すサフィックス

### 3) 排出係数の採用

日本では、CO<sub>2</sub>の排出係数を求める研究が数多くなされている。それらの成果は、たとえば、環境庁企画調整局地球環境部 (1992)、エネルギー経済研究所 (各年)、科学技術庁科学技術政策研究所 (1992)、経済企画庁経済研究所 (1997) などに示されている。これらの CO<sub>2</sub> 排出係数は微妙に異なっているが、それほど大差はないと思われる。その中で、中国を対象とする研究もいくつか見られたが、中国のエネルギー消費データの制約もあって、推計期間、排出部門、エネルギー源が限られているものが多いようである。また、これらの研究は、高位発熱量データに基づいて求めた研究が多い。

本推計では、科学技術庁科学技術政策研究所 (1992) が採用した排出係数を利用した。その理由としては、まず、この研究での排出係数は、米国オークリッジ国立研究所の研究成果も取り入れている。また、この研究では低位発熱量 (真発熱量) データを用いているので、本研究で利用した『中国能源統計年鑑』に載っている各エネルギー源の消費量データと一致している。ここで、本推計で用いたエネルギー熱量換算及び CO<sub>2</sub> 排出係数を表 1 に示す。

### 4) 利用データ

本稿の部門別 CO<sub>2</sub> 排出量の推計では、利用できる『中国能源統計年鑑』

---

排出係数をかけることになる。



表1 エネルギー種別熱量換算係数及びCO<sub>2</sub>排出係数

エネルギー種別	熱量換算係数		排出係数		備考
	係数	単位	係数	単位	
原炭	5,000	kcal/kg	3.905	t-CO <sub>2</sub> /toe	1 toe =10 <sup>7</sup> kcal
洗精炭	6,300	kcal/kg			
その他洗炭	2,500	kcal/kg			
コークス	6,800	kcal/kg	3.182	t-CO <sub>2</sub> /t	
コークス炉ガス	4,200	kcal/m <sup>3</sup>	1.687	t-CO <sub>2</sub> /toe	
原油	10,000	kcal/kg	3.165	t-CO <sub>2</sub> /t	
燃料油	10,000	kcal/kg	3.219	t-CO <sub>2</sub> /t	
ガソリン	10,300	kcal/kg	3.132	t-CO <sub>2</sub> /t	
灯油	10,300	kcal/kg	3.164	t-CO <sub>2</sub> /t	
ディーゼル	10,200	kcal/kg	3.187	t-CO <sub>2</sub> /t	
LPG	12,000	kcal/kg	3.018	t-CO <sub>2</sub> /t	
製油所ガス	11,000	kcal/kg	2.933	t-CO <sub>2</sub> /t	
その他ガス	4,050	kcal/m <sup>3</sup>	2.141	t-CO <sub>2</sub> /toe	
天然ガス	9,310	kcal/m <sup>3</sup>	2.312	t-CO <sub>2</sub> /toe	

注) t-CO<sub>2</sub>はCO<sub>2</sub>換算トン、toeは石油換算トンを示す。

出所：1) 排出係数は、科学技術庁科学技術政策研究所（1992）p.161より。

2) 熱量換算係数は、『中国能源統計年鑑 2008』より。

の部門別エネルギー消費データの期間に基づき、推計期間を1980年～2007年の28年間とした。推計にあたっては、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、エネルギー消費部門を農業・工業・建設業・運輸業・商業・サービス業・生活の7つの最終消費部門に、発電・熱供給の2つのエネルギー転換部門に分けて推計を行った。

なお、エネルギー最終消費部門の中では、工業部門のCO<sub>2</sub>排出量が最も多いとされている。そこで、工業部門における業種別のCO<sub>2</sub>排出量も推計した。しかし、1985年以前の工業業種別エネルギー消費量のデータが得られなかったため、これについての推計期間は1985年～2007年とした。エネルギー

源の種類は、部門別推計と同じく14種類である。エネルギー消費部門については、1985～1990年には14の部門にしか分けられていないが、1991～1996年では31の部門、1997～2007年では40の部門に分かれている。

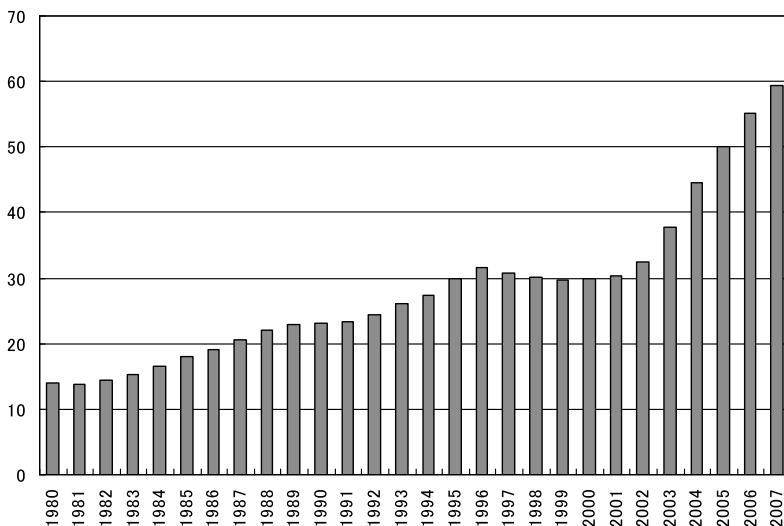
### 5) 推計結果の吟味と検証

以上の推計方法とデータを用いて、中国の1980年から2007年まで28年間の部門別・エネルギー源別のCO<sub>2</sub>排出量を推計した（ただし、推計の過程で工業部門の化石エネルギー源総消費量から化学原料としての利用など非エネルギー利用の部分を控除した）。

この推計結果から、図3は1980～2007年の中国における化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の推移を示している。これによると、1980年のCO<sub>2</sub>排出量は140,310.9万トンであったのに対し、2007年は4.2倍の593,729.6万トンにも

図3 中国の化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の推移

億t-CO<sub>2</sub>



出所) 筆者推計

達している。

この結果を他の推計結果と比べてみると、それほど大きな差がないことがわかる。たとえば、前述の「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」では、1994年時点の中国の化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub>排出量を27.95億トンとしている。本研究で推計された27.34億トンとの差はわずか0.6億トン程度である。また、前述の「気候変動に対応する国家方案」では、2004年の CO<sub>2</sub>排出量を50.7億トンとしており、その中には工業製品を製造する過程での化学反応による CO<sub>2</sub>排出量も含まれている。本研究の結果は、その数字の88%に相当する44.6億トンであった。前述のように、化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub>排出量は全 CO<sub>2</sub>排出量のおよそ90%を占めることを考えれば、ここでの推計結果はほぼ信頼できるものと言えよう。

#### 4. 推計結果から見た化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub>排出量の特徴

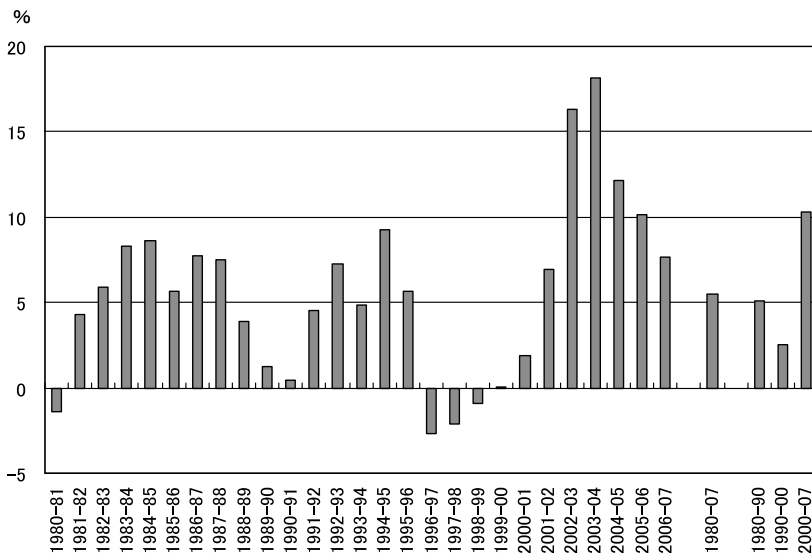
##### 1) 排出量は増加し続ける傾向

本研究は化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub>排出量を対象にしているため、以下では特に言わない場合でも、CO<sub>2</sub>排出量は化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub>排出量のこととする。

図3からもわかるように、1980年から1996年までは中国の化石エネルギー起源の CO<sub>2</sub>排出量は一貫して増加していたが、1997年から2001年の暫くの間、一旦その増加は沈静化したように見えた<sup>11)</sup>。しかし、それから再び増加の一途を辿っている。1980～2007年の間の増加率から見ると、少数の年(1996～1999年)を除くほとんどの年において、前年より増加している。平均の年増加率は5.5%であった。

段階的平均値を見ると(図4)、1980～1990年の10年間の増加率は5.1%で、全期間平均の増加率に近い。次の1990～2000年の10年間は2.6%で、全期間平均の半分以下にとどまった。しかし、2000年から2007年はまた増加に転じ

11) この期間にエネルギー消費が停滞したように見える理由については、石炭についての統計上の問題も指摘されている。堀井(2004)など。

図4 中国の化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の変化率

出所) 筆者作成

て増加率は二桁の10.3%に達し、全期間平均を大きく上回った。とりわけ最近2002～2007年の5年間の増加率はさらに上昇し、12.8%となっている。これは、中国の経済成長が化石エネルギー源頼みであるという状態が、ますます深刻になっていることの表れである。

## 2) 転換部門と生産部門を中心とする総排出構造

各部門の特徴を簡潔にするため、エネルギー消費部門を最終消費である生産部門（農業、工業、建設業）、運輸部門（交通、郵便、通信など）、業務部門（商業、サービス業）、家庭部門（生活）及び中間消費であるエネルギー転換部門の五つに分けてみる。

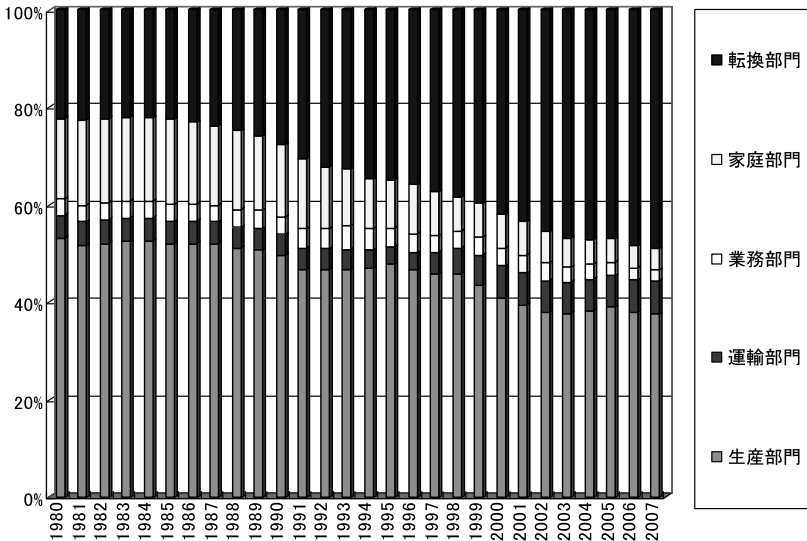
また、エネルギー転換部門の扱いについての違いによって、二つの状況に分けて分析する必要がある。すなわち、エネルギー転換を各部門に配分する

前の場合と配分した後の場合の二つである。前者はエネルギー転換部門を他の部門と並列して、一つの部門として扱う。後者は各最終消費部門の消費した電力や熱力に応じて排出量を配分した後の状況で、エネルギー転換部門はなくなる。

まず、(エネルギー) 転換部門の排出量を各部門に配分する前の状況を見てみよう (図5)。CO<sub>2</sub>排出量は1980~2007年に平均で3.2倍増加した。そのうち、転換部門の増加割合がもっとも高く、8.3倍にも達している。ほかに運輸部門が5倍、生産部門と業務部門がそれぞれ2倍、それに対して、家庭部門はわずか10%の増加となっている。

その結果、各部門の総排出量に対する割合は大きく変化した。1980年の時点では、生産部門が半分以上を占めている (53.1%)。以下、転換部門 (22.3%)、家庭部門 (16.5%)、運輸部門 (4.8%)、業務部門 (3.3%) の順になっ

図5 中国の部門別 CO<sub>2</sub>排出構造の推移 (転換部門配分前)



ている。しかし、2007年になると、転換部門の排出量の比重がもっとも大きくなり、全体の約半分（49.0%）まで増大してきた。生産部門については、総排出量に占める割合は37.6%に減少したが、依然として絶対量は増加の傾向が強い。

転換部門と生産部門の比重をあわせると、1980年の75%から2007年の86%以上に増加したことになる。これは、中国の経済はまだ実体経済（生産部門）の比重が大きく、資源・エネルギー多消費経済（エネルギー転換部門）の特徴を持っている拡張型経済だといえよう。ほかに増加傾向を示したのは運輸部門（2ポイント増）で、やはり拡張型経済の表れである。これに対して、家庭部門と業務部門の比重は減少傾向にある。特に家庭部門においては、12ポイントも減少した（16.5%→4.4%）。

以上述べたことから、中国の化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量は転換部門と生産部門を中心とする総排出構造が鮮明である。

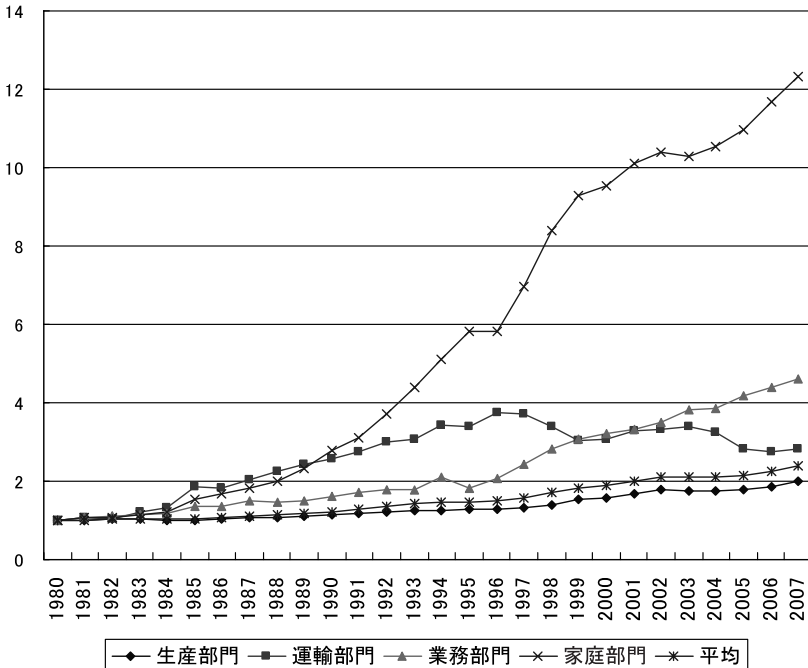
転換部門の比重増大の原因は中国の電力化の進展に大きな関係があると思われる。1980年から2007年までの28年間に中国の電力化率は大きく上昇した。このことから、発電過程からのCO<sub>2</sub>排出量をいかに削減するかが大きな問題になっている。

ここで注意したいのは、家庭部門からのCO<sub>2</sub>排出量の比重減少は、この電力化の進展にも由来することである。すなわち、中国では、発電を中心とするエネルギー転換部門の発展によって、家庭においては、以前によく利用していた石炭や石油などの一次エネルギーから、電力などの二次エネルギーをより多く利用するようになったのである。

図6は部門別電力化率の推移を示したものである（1980年を1にした指数表示）。図から読み取れるように、全体で1.4倍増加したが、家庭部門は11.3倍増、90年代からは生産部門を超えて、業務部門に次ぐ電力化率第2位の部門となっている。

次に、転換部門を各部門に配分した後のCO<sub>2</sub>排出量構造では（図7）、生産部門からの排出量の比重が非常に目立っている。28年間を通して、若干変

図6 中国の部門別電力化率の推移 (1980年 = 1)

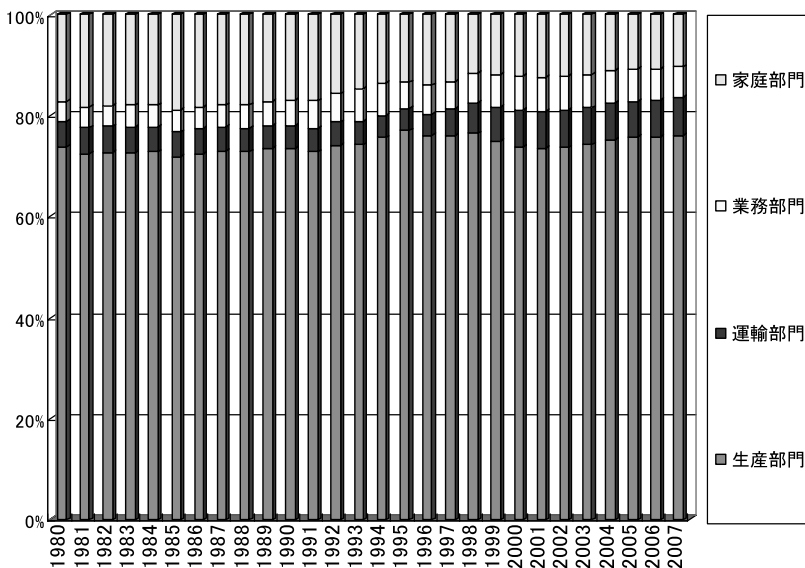


出所)『中国能源統計年鑑』各年版より筆者作成

動があるものの、ずっと70%以上の割合を占めている。1980年には73.8%であったが、2007年には76.1%に達し、むしろ増加している。また、転換部門配分前の場合と違って、家庭部門の比重は減少傾向にあるものの、2007年時点でも10%以上の割合を占め、第2位の排出部門となっている。一方、運輸部門と業務部門はまだ比重が小さいが(6~7.5%)、緩やかに増加している(それぞれ約2ポイントずつ増)。

### 3) 工業を中心とする産業別排出構造

産業別の CO<sub>2</sub>排出構造を見てみると(図8)、工業部門からの排出が圧倒的に多い。全期間を通して、80%前後のシェアを占めていて、2007年時点で

図7 中国の部門別 CO<sub>2</sub>排出構造の推移（転換部門配分後）

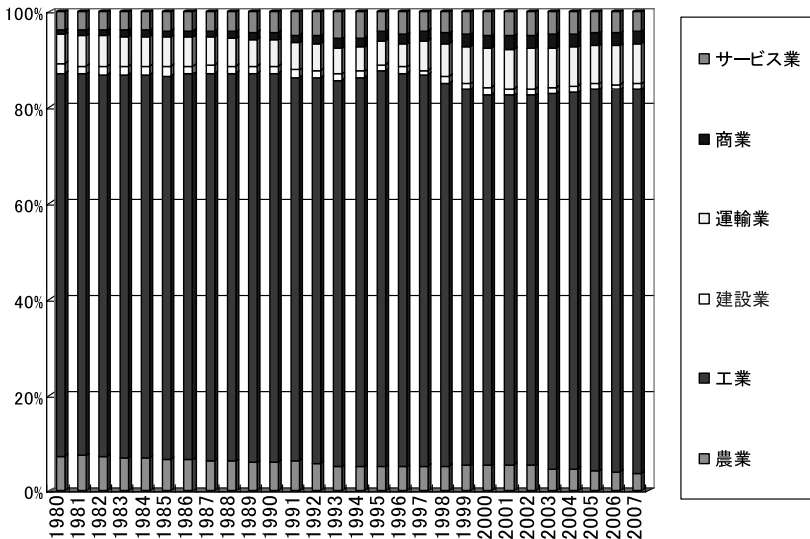
出所) 筆者作成

も80%以上の割合を占めている。2007年の産業別排出割合を見ると、第一次産業（農業）は3.6%、第二次産業（工業、建設業）は81.3%、第三次産業（運輸業、商業、サービス業）は15.1%をそれぞれ占めている。ただし傾向としては、第二次産業からの排出割合は横ばいで、第一次産業の比率低下と第三次産業の比率増加とが相殺される形になっている。

#### 4) 素材業種を中心とする工業部門排出構造

さらに、工業部門を採掘業、製造業と電力・ガス供給業の三つに分けて排出量を推計した。2007年のCO<sub>2</sub>排出量は工業部門全体の、それぞれ7.0%、85.8%、7.2%となっており、製造業が大半を占めている。しかも近年、その製造業からの排出量の割合は増加傾向にある（2000年の82.3%より3ポイント以上増）。その製造業のうち、特に鉄鋼業、化学原料及び化学製品製造



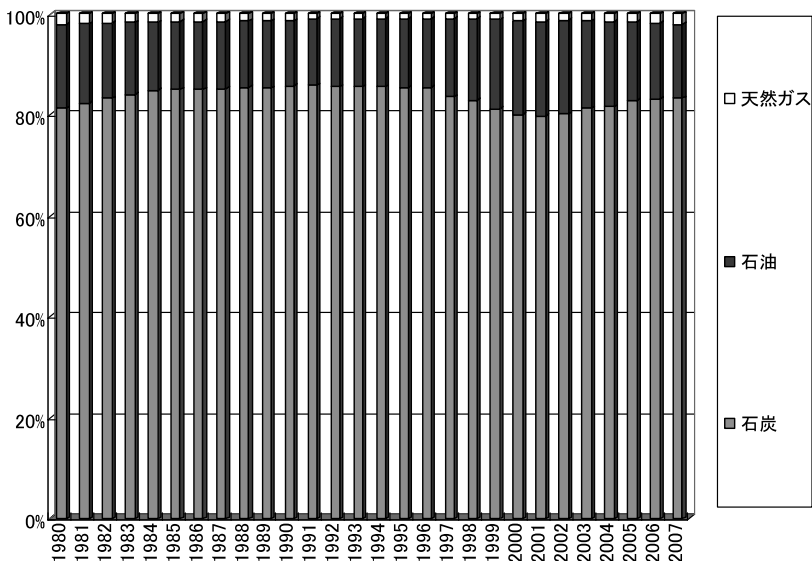
図8 中国の産業別CO<sub>2</sub>排出構造の推移

出所) 筆者作成

業、非金属鉱物製品製造業の比重が最も大きい。2007年における工業部門のCO<sub>2</sub>排出量に占める割合はそれぞれ30.6%、13.4%、11.3%で、電力・熱供給業の6.5%を加えると、この4部門だけでCO<sub>2</sub>排出量は工業部門全体からの排出の6割以上を占めていることがわかる。これらのいわゆる素材型の部門をCO<sub>2</sub>削減の重点に置くべきであろう。

##### 5) 石炭を中心とするエネルギー源排出構造

図9に示しているように、中国の化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量は石炭に大きく依存している。1980年の時点で、石炭、石油、天然ガスの消費により排出されたCO<sub>2</sub>の割合はそれぞれ81.3%、16.5%、2.2%となっている。その中で、石炭からの排出が80%以上を占めている状況は、長期にわたり低下する気配は一向にない。それどころか、1980年代中期から1990年代半ばに

図9 中国のエネルギー源別CO<sub>2</sub>排出構造の推移

出所) 筆者作成

かけて、85%という高い割合になった。その後、やや低下したものの、2002年からはまた増加に転じ、2007年に至ってもこの割合は1980年よりも2ポイント多く、83.3%を占めている。石炭からの排出と比べると、石油と天然ガスからのCO<sub>2</sub>排出量は少なく、両者合わせても20%程度である。その中で、天然ガス起源の排出割合はわずか2%しかない。

ここから言えるのは、石炭消費からのCO<sub>2</sub>排出量が一貫して絶対的に大きいということである。この状況は中国の独特なエネルギー消費構造を反映している。そして、それは中国の資源条件、社会経済条件及び国際市場などの状況と密接に関連している。中国のCO<sub>2</sub>排出量削減対策はいかに石炭消費の減少に努めるかにかかっている。これまでのエネルギー消費構造からの転換が非常に重要な意味を持つのである。

以上で示した中国のCO<sub>2</sub>排出量の特徴は、直感的に当たり前のようだが、

時系列の変化も含めて具体的な数値をあらためて示したことには、意味があるろう。CO<sub>2</sub>排出構造から見ても、エネルギー源を石炭に依存した状態からまだまだ抜け出せないでいる状況が明らかである。

## 5. CO<sub>2</sub>排出量とエネルギー・経済・人口との関係

### 1) マクロレベルでの CO<sub>2</sub>排出量の決定要因

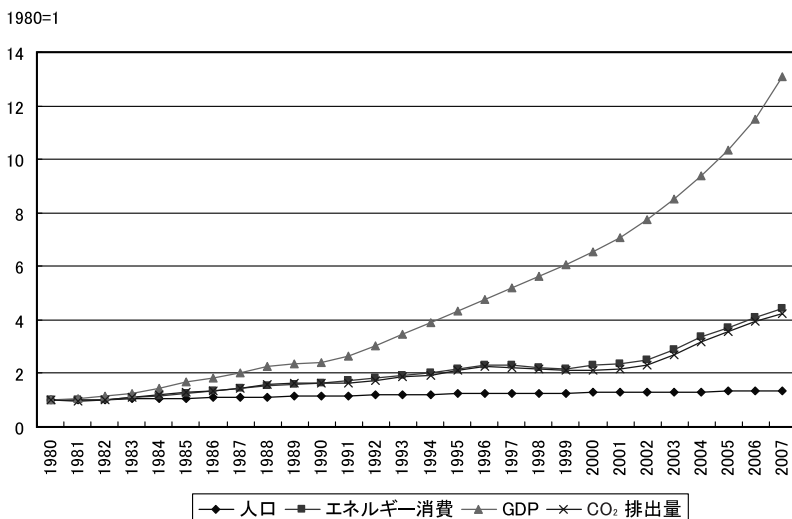
前節では、中国の CO<sub>2</sub>排出量についての幾つかの特徴を見た。では、いったい CO<sub>2</sub>排出量はどのような要因で決まるのであろうか。マクロ的な観点からの分析にあたり、よく用いられるものに茅恒等式がある。茅恒等式は、以下の式で表される。

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

この恒等式は、ある国の CO<sub>2</sub>の排出量は、エネルギーの種類、省エネ水準、生活水準、人口を要因として左右されることを示唆している。つまり、ある国の CO<sub>2</sub>排出量は少なくとも、エネルギー、経済（GDP）及び人口と密接な関係を持っていることを意味している。

中国の場合は、図10から見られるように、この四つの指標はともに増加している。ただ、その増加傾向はそれぞれ違っている。増加傾向の一番大きいものは GDP である一方、人口の増加は緩やかである。これに対し、エネルギー消費は CO<sub>2</sub>の排出量と大体同じ増加傾向で推移してきた。これは、同じ CO<sub>2</sub>排出量に対して、より多くの GDP を生み出すことができるようになったが、より少ないエネルギー消費で済ませることができるようになっていないことを意味している。人口あたりの CO<sub>2</sub>排出量の減少も実現していない。

図11を見てもそのことが裏付けられる。GDP 1 単位あたり CO<sub>2</sub>排出量は、2007年には1980年の半分以下（0.32）まで減少したのに対して、1人あたり CO<sub>2</sub>排出量は2倍以上にも増加した。これは、省エネも含めた技術進歩によって生産効率が向上し、排出量減少に繋がった一方、GDP 規模の急激な拡大

図10 CO<sub>2</sub>排出量と人口・エネルギー消費・GDPの推移（指数）

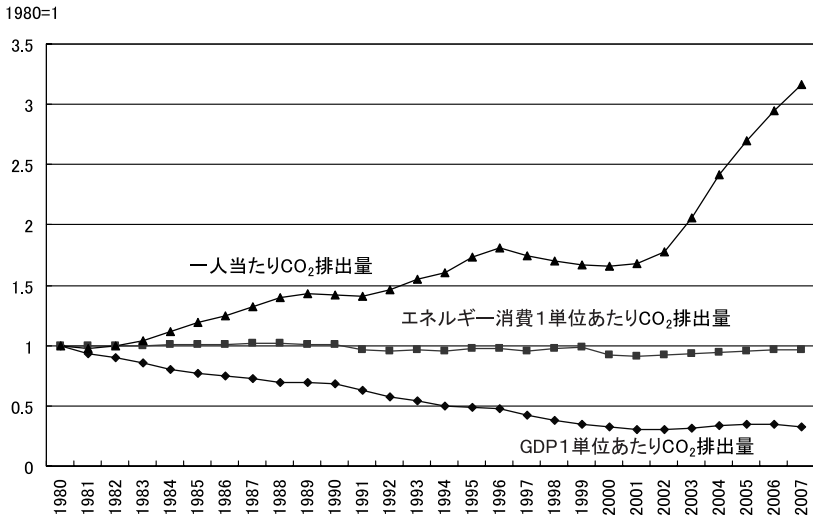
出所) 人口とGDPについては『中国統計年鑑』各年版より(以下同様)。CO<sub>2</sub>排出量については筆者推計。

と人口増加の鈍化とがあいまって、1人あたりCO<sub>2</sub>排出量を大きく押し上げたことを示している。

また、エネルギー消費1単位あたりCO<sub>2</sub>排出量はやや下がった年もあったが、ほとんど変わっていない(全期間の下げ幅はわずか4%しかない)。この指標はエネルギー消費構造と関連するものである。前にも見たように、中国の石炭依存のエネルギー消費構造は変わっておらず、CO<sub>2</sub>排出の少ないエネルギーへの転換はあまり進んでいないことを意味している。

## 2) CO<sub>2</sub>排出量とエネルギー消費量との関係

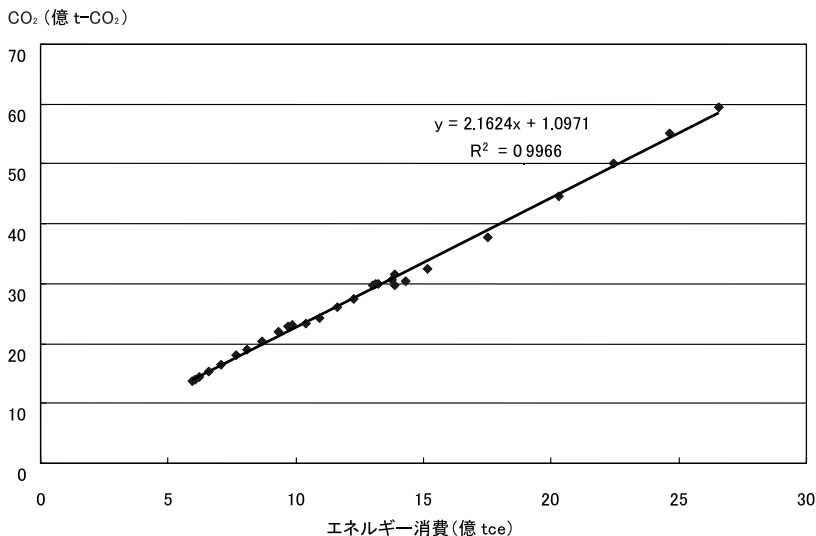
CO<sub>2</sub>排出量とエネルギーの関係は二つの側面から捉えられる。すなわち、一定のエネルギー利用構造の下では、エネルギー消費が多いほどCO<sub>2</sub>排出量も多くなる一方、CO<sub>2</sub>排出量のより少ないエネルギー源を多く利用するエ

図11 単位あたりCO<sub>2</sub>排出量の推移（指数）

出所) 筆者作成

エネルギー利用構造への転換によって、エネルギーの消費が増えても、CO<sub>2</sub>排出量を少なくすることが可能になる。しかし、図12の中国のエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量の強い相関関係を見ると、中国のエネルギー利用構造はあまり変わっていないことがあらためて示唆される。

エネルギー消費1単位あたりCO<sub>2</sub>排出量を年別に見ると、その変化に三つのピークがあることがわかる(図13)。まず、1980年代は後期ごろまで増加傾向にあって、全期間の最大値になっている。その後いったん下がったものの、90年代の中期から再び増加に転じ、後期に次のピークに達した。そして、21世紀に入ってからまた減少し始め、一番低い水準まで下がったが、その後段々増加し、2007年には1990年代中期の水準に逆戻りした。全期間を通して見ると、エネルギー消費1単位あたりのCO<sub>2</sub>排出量の変動は期首の2.33 t-CO<sub>2</sub>/tceから期末の2.24 t-CO<sub>2</sub>/tceへ、下げ幅は僅か4%しかなかった。最大下げ幅は(2.37 t-CO<sub>2</sub>/tceから2.12 t-CO<sub>2</sub>/tceまで)せいぜい10%ほ

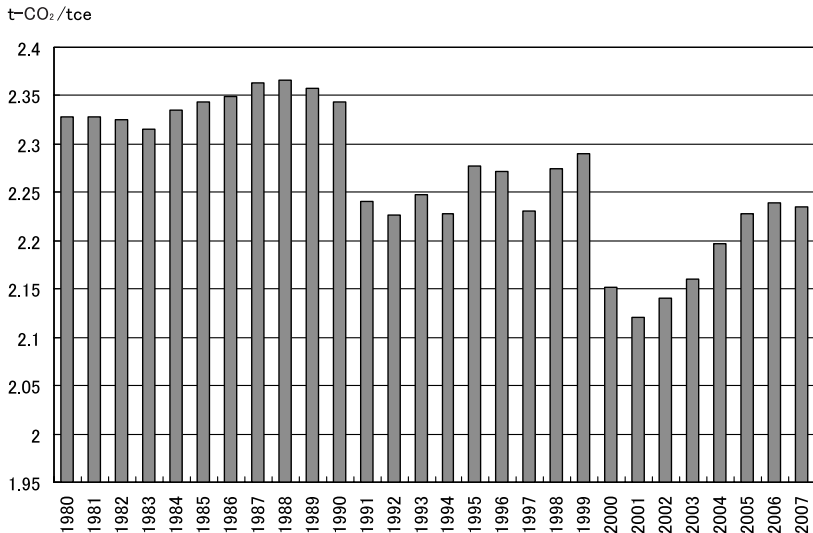
図12 エネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量の相関

どである。

### 3) CO<sub>2</sub>排出量とGDPとの関係

CO<sub>2</sub>排出量とGDPの関係も同様、他の要因が一定の場合は、GDPの規模が大きいほどCO<sub>2</sub>排出量も多くなり、GDPの増大によってCO<sub>2</sub>排出量も増加することになる。ただ、省エネを含めた生産効率の向上により、または産業構造の変化（例えば、エネルギー多消費産業からエネルギー寡消費産業へ、あるいは工業からサービス産業へ）により、GDPが増大してもCO<sub>2</sub>排出量は増加せず、場合によっては減少することもありうる。つまり、逆U字型の環境クズネッツ曲線があてはまることも考えられる。しかし、図14の中国のCO<sub>2</sub>排出量とGDPとの相関を見ると、両者は強く相関しており、CO<sub>2</sub>排出量の減少傾向にはほど遠いことがわかる。

一方、図15によると、中国のGDP1単位あたりCO<sub>2</sub>排出量は徐々に低下している。1980年から2007年までに、9.3 t-CO<sub>2</sub>/万元から3.0 t-CO<sub>2</sub>/万元

図13 エネルギー消費1単位あたり CO<sub>2</sub>排出量の推移

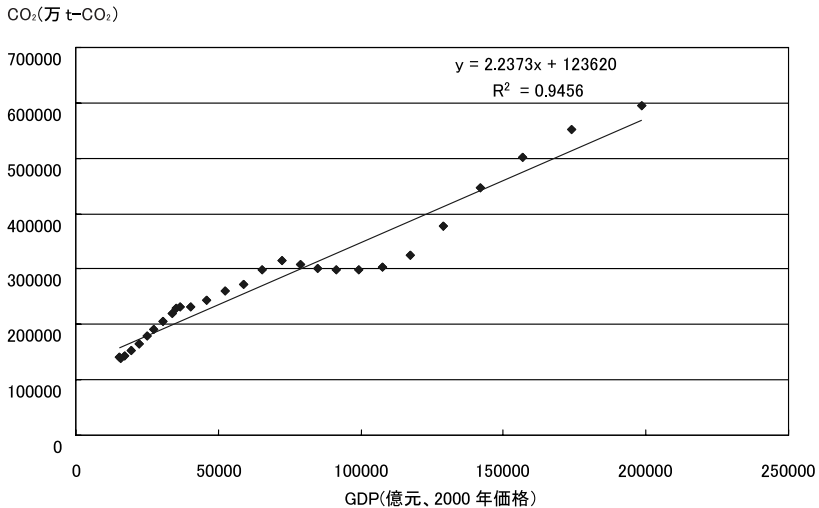
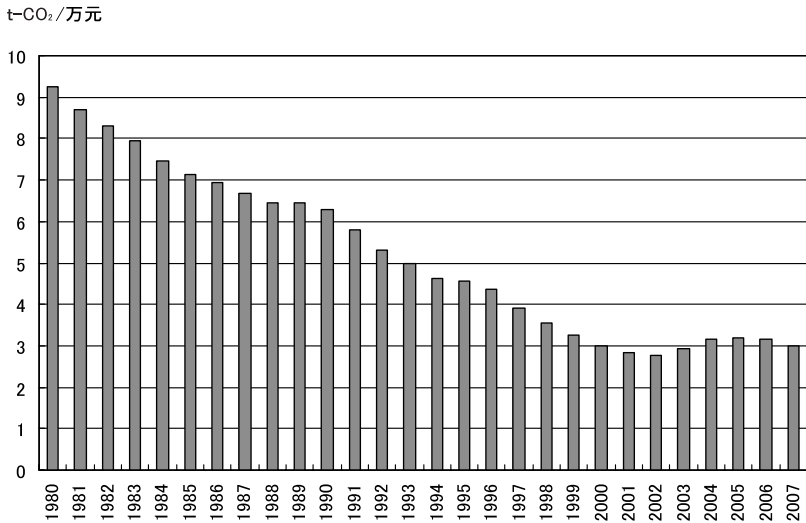
注) tce は石炭換算トンを意味する。

出所) 筆者作成

にまで下がり、減少率は66.7%であった。21世紀に入ってからは、その減少傾向は鈍化し、2002年から2005年の間では若干増加傾向も見られた。

ただし、産業部門別の GDP 1 単位あたり CO<sub>2</sub>排出量の変化を見てみると、かなり違った傾向が見える。図16は各産業部門の GDP 1 単位あたり CO<sub>2</sub>排出量の変化を、1980年を1として示したものである。太線の平均値に注目すると、1980年より下落し続け、2007年には0.36 (1980 = 1) まで下がった。産業部門ごとに見て、平均値より低くなっているのは、建設業、工業とサービス業 (1980年の1/3以下まで下がった) の3部門である一方、運輸業、農業、商業の三つの産業部門は、平均より上回っている。特に商業に注目すると、いったん0.6まで下がったものの、その後再び上昇に転じ、2007年に至っても僅かの変化しか見られない。

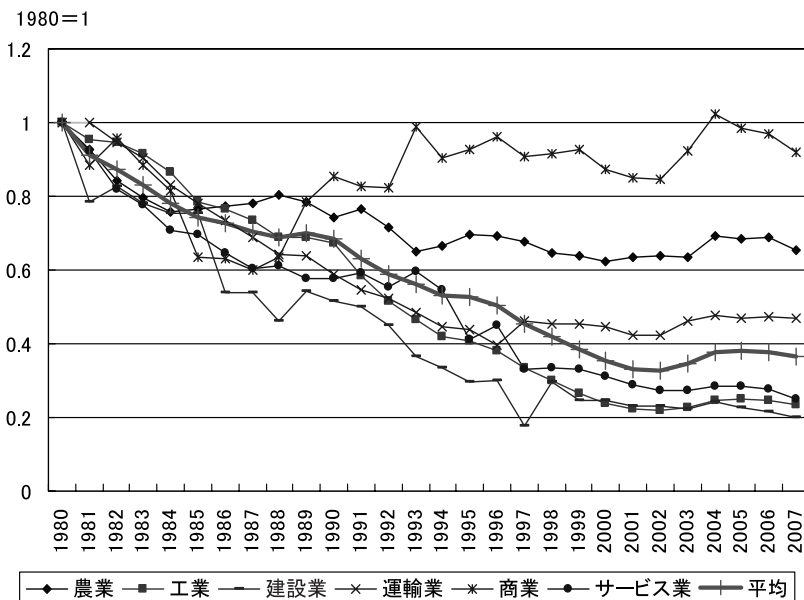
また、この図でもう一つ注目すべき点は、2000年以降の下げ幅がどの産業

図14 CO<sub>2</sub>排出量とGDPとの相関図15 GDP 1 単位あたり CO<sub>2</sub>排出量の推移

出所) 筆者作成



図16 産業部門別の GDP 1 単位あたり CO<sub>2</sub>排出量の変化



出所) 筆者作成

部門においても小さくなっており、ほとんどが横ばいか、僅かながらもむしろ上昇傾向が見られる部門があるということである。ここからも、前に述べた近年における全部門平均の GDP 1 単位あたり CO<sub>2</sub>排出量の増加傾向が裏づけられる。

#### 4) CO<sub>2</sub>排出量と人口との関係

最後に、CO<sub>2</sub>排出量と人口の関係を着目すると、もちろん他の要素が一定の場合は、人口が多いほど CO<sub>2</sub>排出量の増加につながる。1 人当たり CO<sub>2</sub>排出量は人口と CO<sub>2</sub>排出量の規模で決まるが、中国の場合は、経済の高度成長によって CO<sub>2</sub>排出量が急速に増えた一方、人口抑制策によって人口数の増加は鈍化した。この結果、1 人あたり CO<sub>2</sub>排出量は1980年の1.42トン/

人から4.49トン/人にまで増加し（図17）、年平均増加率は4.35%になる。その過程で、減少に向かった時期もあったが、特に2002年以降は大きく増加し、年平均増加率は12.18%となっている。

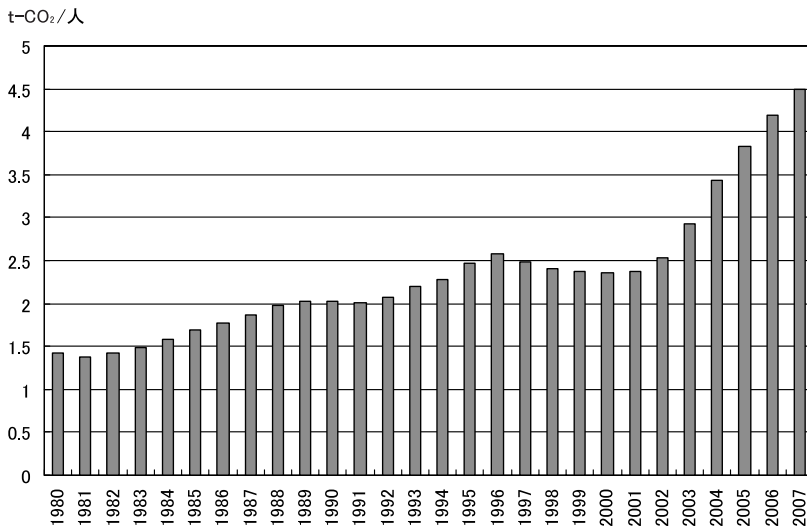
## 6. おわりに

本研究では、中国における化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の推計及び分析を行った。その結果をまとめると、以下の通りである。

まず、中国においてCO<sub>2</sub>排出量の経年的統計データが極めて不足している現状に鑑み、エネルギー消費データを利用して、間接的に推計することを試みた。この推計によって、1980年から2007年までの28年間の部門別、エネルギー源別のCO<sub>2</sub>排出量データを整備することができた。

次に、推計結果から、中国の化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出の特徴及び構造を明らかにした。すなわちそれは、総排出量の増加傾向、エネルギー転

図17 1人あたりCO<sub>2</sub>排出量の推移



出所) 筆者作成

換部門と生産部門を中心とする総排出構造、工業を中心とする産業部門別排出構造、素材産業を中心とする工業部門別排出構造、石炭を中心とするエネルギー源別排出構造などであった。

さらに、CO<sub>2</sub>排出量に影響する、エネルギー、経済（GDP）及び人口との関係を分析してみたところ、以下のようなことが明らかになった。

第一に、CO<sub>2</sub>排出量とエネルギー消費の関係については、両者の間に強い相関関係が見られ、中国のエネルギー利用構造があまり変わっていないことが確認された。また、エネルギー消費1単位あたりCO<sub>2</sub>排出量を見てみると、1980年代、90年代、2000年以降と三つの起伏があったが、28年間全体での下げ幅は僅か4%しかなかった。

第二に、CO<sub>2</sub>排出量とGDPの関係についても、両者の相関関係が強く、ともに右上がりの状態が続いている。CO<sub>2</sub>排出量のピークにはまだまだほど遠く、逆U字型の環境クズネツ曲線があてはまるようになることは当面考えられない。また、GDP1単位あたりCO<sub>2</sub>排出量は減少傾向にあり、全期間での削減率は66.7%であった（ただ、最近では若干増加傾向も見られた）。しかし、産業部門別の変化から見ると、平均削減率より低くなっているのは、建設業、工業とサービス業の各部門であり、運輸業、農業、商業の三つの産業部門は、平均を上回っている。

第三に、CO<sub>2</sub>排出量と人口との関係を見たところ、中国の1人当たりCO<sub>2</sub>排出量は、経済の高度成長と人口抑制策によって増加し、年平均増加率は4.35%になることが明らかになった。

COP15で承認された「コペンハーゲン合意」によると、途上国（気候変動枠組条約非付属書I国）は国内法により温室効果ガス削減計画を実行し、2年に1度その取り組み状況が国連を通じて公開されることになった<sup>12)</sup>。「コペンハーゲン合意」は正式に採択されず、「合意に留意する」という自主参加方式となったが、これを契機に、中国のCO<sub>2</sub>排出量に関する詳細なデー

12) 朝日新聞社 asahi.com：2009年12月19日「COP15コペンハーゲン合意の要旨」  
(<http://www.asahi.com/international/update/1219/TKY200912190285.html>)

タが継続的に中国政府から公開されることが期待される。

そして、本研究の結果や今後公開が期待されるそれらの資料を踏まえ、中国のCO<sub>2</sub>排出量削減に対してどのような対策をとるべきかを検討していくことが、今後の課題である。中国政府は、エネルギー源の転換とエネルギー利用効率の向上に力を入れているが、本研究で示されたような、近年のエネルギー消費構造やCO<sub>2</sub>排出構造の傾向を見る限り、2020年までにGDP1単位あたりのCO<sub>2</sub>排出量を2005年比で40～45%削減するとした目標を達成するためには、相当大胆かつ強力な政策が必要であることには疑いがないであろう。

### 参考文献

- 科学技術庁科学技術政策研究所（編）『アジアのエネルギー利用と地球環境—エネルギー消費構造と地球汚染物質の放出の動態』大蔵省印刷局，1992年。
- 環境庁企画調整局地球環境部（編）『地球温暖化防止対策ハンドブック [1] 総合評価編』第一法規，1992年。
- 環境庁企画調整局地球環境部（編）『地球温暖化防止対策ハンドブック [5] エネルギー編』第一法規，1992年。
- 経済企画庁経済研究所（編）「環境問題への計量経済学的接近」『経済分析』第154号，1997年。
- 張宏武『中国の経済発展に伴うエネルギーと環境問題—部門別・地域別の経済分析—』溪水社，2003年。
- 日本エネルギー経済研究所『エネルギー・経済統計要覧』財団法人省エネルギーセンター，各年版。
- 堀井伸浩「石炭と大気汚染問題」中国環境問題研究会（編）『中国環境ハンドブック—2005～2006年版—』蒼蒼社，2004年。
- 中国国家発展改革委員会「中華人民共和国気候変化初始国家情報通報」中国計画出版社，2004年。
- 中国国家発展改革委員会「中国対応気候変化国家方案」  
(<http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File189.pdf>)，2007年。
- 中国国家統計局（編）『中国能源統計年鑑』中国統計出版社，各年版。
- 中国国家統計局（編）『中国統計年鑑』中国統計出版社，各年版。

中国科学技術部他「中国応対気候変化科技専項行動」

(<http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File198.pdf>), 2007年。

International Energy Agency, *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion: Highlights, 2009 Edition*. International Energy Agency, 2009.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, *Energy Statistics Yearbook 2005*. United Nations Publications, 2008.

(本研究を進めるにあたり、財団法人平和中島財団からの研究助成をうけた。ここに謝意を表します。)

(ちょう・こうぶ／天津商業大学経済学院教授・本学客員研究員)

(たけとし・かずき／経済学部教授／2010年1月7日受理)