

*V. R. F. Series*

**No.466**

*Mar. 2011*

中国の低炭素経済への転換に関する研究  
—地域別 CO<sub>2</sub>排出を中心に

張 宏 武

日本貿易振興機構 アジア経済研究所

INSTITUTE OF DEVELOPING ECONOMIES, JAPAN EXTERNAL TRADE ORGANIZATION

## 要 約

本論では中国の省別・部門別 CO<sub>2</sub> 排出量を独自に推計し、時系列（1995～2007 年）のデータベースを作った。それに基づいて、省別・部門別 CO<sub>2</sub> 排出構造の特徴を明らかにし、その背後にある影響要因を探った。さらに、各省の共通点と相違点を勘案し、類型化した上で、六つの地域に分けて、要因分析を行った。最後にエネルギー源転換、エネルギー効率向上、経済効率と産業構造転換、人口抑制などの手段から、中国の低炭素経済への転換に関する対策を論じた。

**【キーワード】** 中国 低炭素経済 環境ガバナンス CO<sub>2</sub> 排出 化石エネルギー

## 目 次

1. 研究の背景と意義.....	1
2. 中国の省別 CO <sub>2</sub> 排出の現状と特徴.....	6
2.1. 省別排出総量の特徴.....	6
2.2. 省別排出総量変動の特徴.....	7
2.3. 省別 CO <sub>2</sub> 排出構造の特徴.....	9
2.4. 省別単位 GDP あたり CO <sub>2</sub> 排出の特徴.....	13
2.5. 省別一人あたり CO <sub>2</sub> 排出の特徴.....	16
3. 中国の省別 CO <sub>2</sub> 排出量変化の要因分解.....	17
3.1. 分析方法 .....	17
3.2. 分析結果 .....	20
4. 中国の各省における部門別 CO <sub>2</sub> 排出変化の要因分解.....	26
4.1. 分析方法 .....	26
4.2. 分析結果 .....	28
5. 中国の地域別低炭素経済に関する分析 .....	34
5.1. 地域別 CO <sub>2</sub> 排出と経済との類型化 .....	34
5.1.1. 低炭素経済の地域類型 .....	34
5.1.2. 各類型の比較 .....	40
5.2. 類型別 CO <sub>2</sub> 排出変化の要因分析 .....	46
5.3. 類型別部門別 CO <sub>2</sub> 排出変化の要因分析 .....	50
5.3.1. 工業部門 .....	50
5.3.2. 転換部門 .....	51
5.3.3. 農業部門 .....	52
5.3.4. 建設部門 .....	53
5.3.5. 運輸部門 .....	54
5.3.6. 商業部門 .....	54

5.3.7. サービス部門 .....	55
6. 中国の低炭素経済への対策について .....	57
6.1. エネルギー構造転換手段 .....	58
6.1.1. 脱化石エネルギー化 .....	58
6.1.2. 脱石炭化 .....	62
6.1.3. 石炭利用の高度化 .....	63
6.1.4. 地域別のエネルギー構造転換の重点 .....	64
6.2. 省エネ手段（技術手段） .....	65
6.2.1. 工業部門の効率改善 .....	66
6.2.2. 転換部門の効率向上 .....	67
6.2.3. 循環型社会の推進 .....	68
6.3. 経済転換手段 .....	69
6.3.1. 経済効率の改善 .....	69
6.3.2. 産業構造の高度化 .....	70
6.4. 人口抑制手段 .....	71
7. 結論 .....	72
7.1. 省別 CO <sub>2</sub> 排出構造 .....	72
7.2. 省別 CO <sub>2</sub> 排出要因 .....	73
7.3. 地域別 CO <sub>2</sub> 排出構造 .....	75
7.4. 地域別 CO <sub>2</sub> 排出要因 .....	75
7.5. 中国の低炭素経済転換への対策について .....	77
主要参考文献 .....	80
あとがき（謝辞） .....	81
著者紹介 .....	82

## 図表目次

表 1	省別工業部門 CO <sub>2</sub> 排出量の総排出量に占める割合 (%)	10
表 2	省別エネルギー転換部門 CO <sub>2</sub> 排出量の総排出量に占める割合 (%)	12
表 3	省別単位 GDP あたり CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /万元)	14
表 4	中国の各省における工業化段階の総合評価 (2005 年)	35
表 5	中国の低炭素経済類型区	38
表 6	地域別各指標の比較	45
図 1	中国の省別 CO <sub>2</sub> 排出量 (2007 年)	7
図 2	中国の省別 CO <sub>2</sub> 排出量の年平均増加率 (1995~2007 年)	8
図 3	各省平均の CO <sub>2</sub> 排出構造の変化 (1995~2007 年)	9
図 4	省別単位 GDP あたり排出量の比較 (1995~2007 年)	15
図 5	一人あたり排出量の比較 (1995~2007 年)	16
図 6	1995 年~2007 年の省別 CO <sub>2</sub> 排出量変化の要因分析	21
図 7	経済要因	22
図 8	省エネ要因	23
図 9	人口要因	24
図 10	エネルギー転換要因	24
図 11	単位エネルギー消費あたり CO <sub>2</sub> 排出量の変動 (1995~2007 年)	25
図 12	累積経済要因	29
図 13	累積省エネ要因	30
図 14	累積構造要因	31
図 15	累積エネルギー転換要因	32
図 16	中国の各省における CO <sub>2</sub> 排出量と経済発展の関係	36
図 17	中国の各省における CO <sub>2</sub> 排出量と排出効率の関係	37
図 18	地域別一人あたり GDP の比較	41
図 19	地域別エネルギー消費原単位の比較	42

図 20	地域別一人あたり CO <sub>2</sub> 排出量の比較 .....	43
図 21	地域別 GDP あたり CO <sub>2</sub> 排出量の比較.....	44
図 22	地域別エネルギー消費あたり CO <sub>2</sub> 排出量の比較.....	44
図 23	各類型の CO <sub>2</sub> 排出変化の要因分析 (1995～2007 年) .....	46
図 24	各類型の経済要因 .....	47
図 25	各類型の省エネ要因 .....	48
図 26	各類型の人口要因 .....	49
図 27	各類型のエネルギー転換要因 .....	50
図 28	工業部門の要因分析 .....	51
図 29	転換部門の要因分析 .....	52
図 30	農業部門の要因分析 .....	52
図 31	建設部門の要因分析 .....	53
図 32	運輸部門の要因分析 .....	54
図 33	商業部門の要因分析 .....	55
図 34	サービス部門の要因分析 .....	56

## 1. 研究の背景と意義

中国では、経済の高度成長とエネルギー消費の増加に伴って、CO<sub>2</sub>排出量も大幅に増加してきた。国際エネルギー機関（IEA）によると、2007年に中国のCO<sub>2</sub>排出量はすでにアメリカを超え、世界一となった<sup>1</sup>。2009年12月にコペンハーゲンで開かれたCOP15で、中国は注目されるようになった。今後の世界各国の温室効果ガス排出量削減の交渉の中で、中国に大きな圧力がかかるのは確実である。

このような背景の下で、中国政府は2007年から「低炭素経済」への転換を掲げ、政策課題とする具体的な行動を取りはじめた。同年6月「中国の気候変動への対応に関する国家方案」を発表し、首相を長とする「気候変動対応国家本部」を設置した。同年8月には「再生可能エネルギー中長期発展計画」を発表した。同じく12月に国務院により発表した「中国のエネルギー状況と政策」白書の中に再生可能エネルギーを発展させることを国のエネルギー発展戦略として重要な位置づけを行った。2008年10月に発表した「中国の気候変動への対応政策と行動」に続き、2009年11月に「中国の気候変動への対応政策と行動——2009年度報告」も発表した<sup>2</sup>。コペンハーゲン大会前の2009年11月26日には、中国政府は初めて2020年までの温室効果ガスの排出削減をめぐる行動目標を発表し、単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量を2005年比で40%から45%削減すると発表した<sup>3</sup>。さらに、この数値目標を拘束指標として国民経済・社会発展中長期計画に盛り込み<sup>4</sup>、その指標を各省あるいは各部門に割り当てるための研究も行っている<sup>5</sup>。ま

---

<sup>1</sup> IEA(2009) : CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, 2009 Edition.

<sup>2</sup> 《中国应对气候变化的政策与行动——2009年度报告》，  
[http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File572.pdf?bcsi\\_scan\\_76177B99FFEB9FF3=0&bcsi\\_scan\\_filename=File572.pdf](http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File572.pdf?bcsi_scan_76177B99FFEB9FF3=0&bcsi_scan_filename=File572.pdf)

<sup>3</sup> 人民網日本語版、中国、温室効果ガス排出削減目標を決定、2009年11月27日  
<http://j.people.com.cn/94475/6826310.html>

<sup>4</sup> 国務院：把应对气候变化纳入经济长期规划，中国节能减排网，2009-08-15，  
<http://www.chinajnjpw.com/html/1/gj/200908/15-16047.html>

<sup>5</sup> 苏伟：减排目标尚未分解到省或行业，<http://finance.baidu.com/2009-12-31/122212788.html>，2009年12月31日

た、国家発展改革委員会は省レベルの気候変動への対応方案の制定に着手しており、気候変動への対応を地方にも迫っている。これらのことは、中国政府の低炭素経済転換への決意を表している<sup>6</sup>。

低炭素経済を発展させるための最も基礎的な作業としては、低炭素経済の現状を把握することが挙げられる。即ち、国で排出されたCO<sub>2</sub>は、どこの地域（またはどの部門）から、どれぐらい、どのように排出されたかを明確にしなければならない。次に、このような排出はどのような原因で排出されたかを検討しなければならない。この二点を明らかにした上で、実情に即した政策を打ち出すことが可能になる。そうしなければ、政策があっても、その効果が疑われる。

また、中国国土の面積が広く、各地に自然や経済及び社会の差が大きい。その上で、CO<sub>2</sub>の排出状況も様々で、低炭素経済発展やCO<sub>2</sub>削減の対策もひとつの方式ではなく、各自に違った政策が必要である。その意味で、中国の地域レベルに着目して、CO<sub>2</sub>削減を含む環境ガバナンスについての研究は非常に重要である。

しかし、当面の研究現状からすると、中国の経済発展や国民所得などの地域格差についての研究が多く、環境汚染についての格差研究は少ない。とりわけ、CO<sub>2</sub>排出についての地域格差の研究はもっと少ない。このような状況の背景には、中国の地域別統計データの入手が難しいことにある。他の汚染物質と比べると、中国政府から公表されたCO<sub>2</sub>排出量のデータは極めて不足しており、断片的な資料しか見つからないのが現状である。特に系統的・連続的かつ信憑性の高いCO<sub>2</sub>排出データは極めて不足している。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）を発表した。その中で、1994年時点における中国

---

<sup>6</sup> “中国准备第二次国家信息通报能力建设”项目 10 个分包项目启动会简报（第 2 期），  
<http://qhs.ndrc.gov.cn/gndt/jhqhbh/P020090402373643374748.pdf>



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。

CO<sub>2</sub>排出についての地域格差の研究は少ないもうひとつの背景は、他の汚染物質より（例えば、SO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>やCODなど）CO<sub>2</sub>というものはそれほど目の前の直接的な汚染物ではないという曖昧な認識にある。

このような状況は、中国の低炭素経済への転換及びCO<sub>2</sub>削減に大きなマイナス影響を与えている。中国のCO<sub>2</sub>排出量削減の努力は後回しにされてしまうと同時に、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。学者たちもCO<sub>2</sub>排出を研究する重要性を感じつつも、データの乏しさから敬遠せざるを得ない人も少なくない。そのため、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。

このような状況の中、本研究は、まず中国政府から公表されたエネルギーデータを駆使して、中国の省別・部門別化石燃料起源のCO<sub>2</sub>排出量を推計し、ベースデータを作成し、それに基づいて、CO<sub>2</sub>排出量の特徴を分析する。次に、中国の省別（地域別）・部門別CO<sub>2</sub>排出量の影響要因について分析する。その上で、地域レベルの環境ガバナンスの視点から、中国の低炭素経済への転換政策を提言する。

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。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。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。

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、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%）。温室効果ガスの大半を占めるエネルギー起源の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CO<sub>2</sub>の排出量は異なるが、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、鉄鋼、セメントなどの生産プロセスから排出されるCO<sub>2</sub>の推計は複雑で、そのときその場の生産技術、テクノロジープロセス（technology process）などによって違ってくる。このような推計は、組織的にある程度の財力、人力が必要で、個人にとってはとうてい無理である。

幸いなことに、中国政府は統計システムと指標の改善をしており、公表されたデータも次第に増えてきた一方、そのデータの連続性、正確性、信憑性も重視されてきている。例えば、中国政府が「国連気候変動枠組み条約」に従って、上述の2004年11月に発表した「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」の中に、中国における1994年の3種類の温室効果ガス（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O）の部門別排出量を掲載している。その後、2008年12月から国家発展改革委員会によって「中国第二次国家情報通達能力建設」プロジェクトが立ち上がり、今まで数回の討議が行われた。このプロジェクトは2012年に終了の予定である<sup>7,8,9</sup>。

ただし、ここで説明しておきたいのは、本研究での推計はあくまでも研究のための

<sup>7</sup> GEF/UNDP-“中国准备第二次国家信息通报能力建设”项目介绍, <http://nc.ccchina.gov.cn/web/column.asp?ColumnId=1>

<sup>8</sup> “中国准备第二次国家信息通报能力建设”项目 10 个分包项目启动会简报（第 2 期）, <http://qhs.ndrc.gov.cn/gndt/jhqhbh/P020090402373643374748.pdf>

<sup>9</sup> “能源清单活动温室气体清单编制”和“建立中国温室气体排放清单数据库”第一次进展汇报会召开, <http://nc.ccchina.gov.cn/web/NewsInfo.asp?NewsId=399>

一つの試みで、十分に精確なものとはいいがたい。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>10</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。

---

<sup>10</sup>朝日新聞社、COP15コペンハーゲン合意の要旨、2009年12月19日、  
<http://www.asahi.com/international/update/1219/TKY200912190285.html>

## 2. 中国の省別 CO<sub>2</sub> 排出の現状と特徴

本研究は中国のエネルギー消費データを利用して、各省・直轄市・自治区の省レベルの30の行政単位（以下省を略称、チベットのデータが得られないので、除外した）に対して、1995-2007年の各部門（工業・農業・建設業・運輸業・商業・その他サービス業と生活など七つの最終消費部門及び発電・熱供給の二つの転換部門）、各化石エネルギー源（原炭・洗精炭・その他洗炭・成型炭・コークス・コーク炉ガス・その他ガス・原油・ガソリン・灯油・ディーゼル・燃料油・LPG（Liquefied Petroleum Gas：液化石油ガス）・製油所ガス・その他石油製品・天然ガスなどの16種類）のCO<sub>2</sub>排出量を推計した。

推計方法としては、各省の各部門のエネルギー消費量に各エネルギー源のCO<sub>2</sub>排出係数を乗じて計算する（具体的な計算方法は張・竹歳（2010）を参照<sup>11</sup>）。その中で、エネルギー消費データは「中国能源統計年鑑」各年版<sup>12</sup>、排出係数は日本科学技術庁科学技術政策研究所の研究成果<sup>13</sup>を、それぞれ利用した。なお、推計の過程の中で、工業部門の原料として利用されたエネルギー部分（非燃料利用部分）を控除した。

### 2.1 省別排出総量の特徴

図1は、2007年の中国における省別CO<sub>2</sub>排出量の推計結果を表したものである。見てわかるように、CO<sub>2</sub>排出量を上位に見せたのは山東、河北、江蘇、河南と広東などの省である。この5省あわせて全国CO<sub>2</sub>排出量の37.2%を占めている。これらの省は、経済・人口規模の大きい省である（2007年名目GDPのランキングは広東、山東、江蘇、

<sup>11</sup>張宏武、竹歳一紀、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、「桃山学院大学経済経営論集」第51巻第3・4合併号、2010年3月

<sup>12</sup>中国国家统计局編、「中国能源統計年鑑」、中国統計出版社、各年版

<sup>13</sup>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



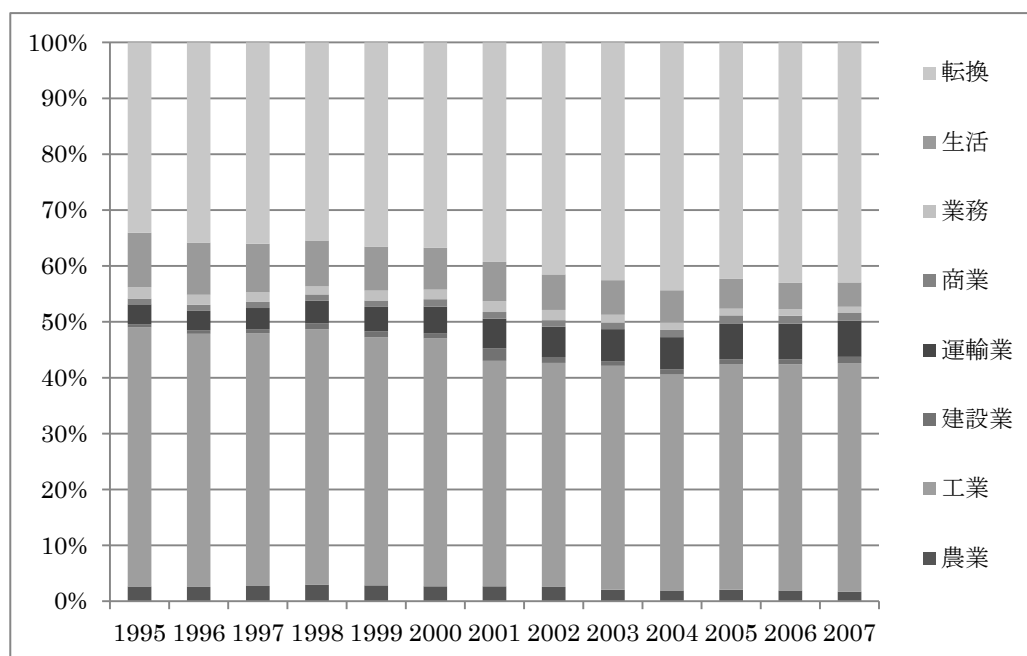


省（第五位）は順位に変化はない。ほかの省においては、順位が大きく上がったのは内蒙古（第16位→6位、上昇10のランキング）、その次は福建（8ランキング）、雲南（6ランキング）などの省である。一方、順位が大きく下がったのは、北京（第19位→第25位）、黒龍江（第9位→第14位）、遼寧（第2位→第7位）、吉林（第13位→第17位）などの省である。これらの省はほとんど前述の排出増加率が低い省と一致している。

### 2.3 省別CO<sub>2</sub>排出構造の特徴

中国は、まだ工業化の段階にあり、商業、運輸業、サービス業などの第三次産業は発達していないため、各省の内部CO<sub>2</sub>排出構造からみると、大部分の省は主に工業部門からの排出が多く、他の産業からの排出は相対的に少ない。また、エネルギー転換部門（発電、熱供給）の割合も大きい。この二つの部門のCO<sub>2</sub>排出量は1995年～2007年の間ずっと総排出量の80%以上を占めている（図3）。ただ、工業部門の割合が1995

図3 各省平均のCO<sub>2</sub>排出構造の変化（1995～2007年）



出所：筆者作成

表1 省別工業部門CO<sub>2</sub>排出量の総排出量に占める割合 (%)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
河北	52.2	47.4	47.6	48.4	48.2	47.5	48.2	49.9	53.0	53.5	57.7	59.9	56.0
湖南	56.7	55.7	55.3	55.5	51.9	50.1	45.3	49.3	44.7	41.0	54.4	55.8	55.9
広西	67.9	66.0	67.5	64.6	65.8	60.8	55.6	51.8	53.8	51.1	48.0	52.2	50.2
湖北	60.9	59.7	58.2	59.3	60.8	58.7	54.9	56.0	53.1	53.1	49.7	50.7	49.9
安徽	53.7	56.8	58.8	61.8	62.6	61.2	59.3	57.6	53.4	50.2	46.3	47.3	46.4
江西	53.3	52.6	54.9	54.6	53.2	46.7	46.2	40.8	38.7	41.2	40.9	45.6	46.3
四川	50.1	50.4	50.4	51.4	48.1	45.8	30.0	43.3	45.0	45.0	42.1	36.4	44.7
河南	37.6	36.0	34.7	36.2	36.9	40.4	35.5	30.2	29.6	24.2	35.6	40.8	44.6
重慶	---	---	59.7	67.1	68.6	72.5	72.5	67.0	52.3	47.6	53.3	48.6	43.8
福建	46.3	44.3	48.8	46.6	40.2	43.8	38.9	37.7	37.6	36.2	43.6	43.7	43.7
新疆	35.3	35.8	37.2	34.5	35.3	32.6	30.4	21.6	25.6	30.4	39.7	43.6	43.0
遼寧	52.1	48.1	47.1	47.2	45.5	47.5	39.5	41.3	43.9	39.0	39.6	39.8	42.8
雲南	51.2	50.2	47.7	50.4	44.0	45.0	39.4	45.0	46.4	43.8	51.0	46.2	42.5
天津	47.3	44.1	42.0	43.3	37.7	40.2	38.6	40.7	40.2	34.5	36.6	40.3	41.8
山東	38.0	37.2	38.4	42.0	40.6	57.3	38.2	33.2	42.1	41.3	43.0	41.2	41.7
山西	43.4	43.1	42.9	43.5	40.8	41.8	48.0	49.6	49.5	45.8	40.3	40.7	41.3
<b>平均</b>	<b>46.4</b>	<b>45.3</b>	<b>45.4</b>	<b>45.7</b>	<b>44.4</b>	<b>44.4</b>	<b>40.4</b>	<b>40.1</b>	<b>40.1</b>	<b>38.6</b>	<b>40.3</b>	<b>40.5</b>	<b>40.9</b>
吉林	45.7	46.3	45.6	39.2	35.0	36.4	32.4	30.2	30.8	30.5	33.3	37.8	38.8
江蘇	50.8	49.0	42.9	48.1	45.0	42.4	35.3	33.7	32.7	39.6	39.8	37.3	38.5
青海	39.9	35.9	35.1	33.1	47.1	43.6	33.6	31.3	32.9	36.7	32.7	39.5	38.4
甘肅	39.9	37.9	38.9	37.8	36.1	34.2	36.2	30.8	27.5	33.5	38.9	40.1	38.0
上海	46.1	45.9	44.5	44.2	46.0	43.1	41.3	37.8	36.1	33.6	31.4	38.5	37.5
海南	20.9	35.9	31.7	46.0	21.3	21.8	30.4	---	46.1	31.4	34.6	30.3	37.5
陝西	43.5	46.8	35.0	38.8	32.4	31.2	30.6	37.6	24.1	26.7	27.0	24.3	34.1
黒龍江	34.3	37.3	38.4	37.7	39.6	35.7	33.0	30.4	24.1	24.6	29.6	31.2	33.1
広東	40.8	39.7	42.9	41.4	38.8	34.8	33.4	31.4	36.4	31.1	30.6	33.7	32.4
貴州	34.8	33.8	35.0	34.4	34.4	29.8	27.6	29.5	30.7	31.3	32.8	32.9	30.9
浙江	47.4	44.7	42.8	41.8	39.3	36.9	34.7	36.3	32.9	36.6	35.8	32.7	30.1
寧夏	25.1	23.4	26.4	29.6	34.5	---	---	---	64.8	27.2	31.9	27.0	29.1
北京	42.0	45.9	46.9	47.1	43.7	41.3	42.5	38.6	37.4	31.9	30.2	29.2	28.6
内蒙古	36.1	32.2	36.4	34.0	37.1	36.8	34.8	34.5	17.9	27.8	24.9	18.5	21.7

出所：筆者作成

注：四川省の1995年と1996年の数字は重慶も含めている

---データなし



年の46.4%から2007年の40.9%に低下したのに対して、転換部門が逆に34.1%から42.9%まで増大した。

まず、省別のCO<sub>2</sub>排出量に占める工業部門の割合を見てみよう（表1）。各省の平均で総排出量に占める工業部門からのCO<sub>2</sub>排出量は1995年の46.4%に対して、2007年は40.9%になり、5.5ポイントを下がった。その過程の中で、変動幅はそれほど大きくない（2004年は一度38.6%まで下がった）。しかし、省別の差が大きい。2007年総排出量に占める工業部門の割合の大きい順に河北（56.0%）、湖南（55.9%）、広西（50.2%）、湖北（49.9%）、安徽（46.3%）となっている。これに対して、割合の小さい省の順に内蒙古（21.7%）、北京（28.6%）、寧夏（29.1%）、浙江（30.1%）、貴州（30.9%）、広東（32.4%）となっている。一方、1995年の場合は、割合大きい順に広西（67.9%）、湖北（60.9%）、湖南（56.7%）、安徽（53.7%）、江西（53.3%）で、割合小さい順に海南（20.9%）、寧夏（25.1%）、黒龍江（34.3%）、貴州（34.8%）、新疆（35.3%）などとなっている。

次に、エネルギー転換部門の総排出量に占める割合を見てみよう（表2）。各省とも発電・熱供給部門からのCO<sub>2</sub>排出量の比重が上昇の傾向を示している。1995年に34.1%であったが、2007年には42.9%にのぼり、上昇率は約9ポイントであった。その中で、2004年にはピークの44.4%にも達した。しかし、各省の地域格差は工業部門よりも大きい。2007年の時点で、割合が大きい順に内蒙古（64.6%）、雲南（64.5%）、寧夏（60.5%）、浙江56.7%）、江蘇（53.0%）で、割合が小さいのは北京（25.6%）、湖北（28.6%）、河北（28.9%）、湖南（29.1%）などの省である。一方、1995年において、割合が大きいのは、寧夏（56.8%）、内蒙古（48.1%）、雲南（47.0%）、山東（44.6%）と黒龍江（44.3%）であったが、割合が小さいのは貴州（20.3%）、湖南（20.8%）、湖北（21.6%）、広西（22.8%）と新疆（22.8%）などの省であった。

表2 省別エネルギー転換部門CO<sub>2</sub>排出量の総排出量に占める割合 (%)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
内蒙古	48.1	50.2	45.7	47.5	49.0	51.6	53.9	54.9	69.8	52.0	56.3	66.0	64.6
宁夏	56.8	61.4	56.8	54.0	47.4	---	---	---	25.1	61.8	55.6	61.3	60.5
浙江	36.2	39.8	41.4	41.7	43.8	46.4	48.6	47.1	51.1	50.0	49.9	53.9	56.7
江苏	38.7	41.5	45.4	41.9	45.6	48.7	54.0	55.2	56.6	51.4	51.3	54.3	53.0
黑龙江	44.3	46.4	46.3	47.0	44.6	48.3	49.6	51.3	56.5	56.9	53.1	51.3	49.5
山西	37.0	38.1	38.2	40.7	39.5	38.8	35.3	35.6	36.3	39.2	48.0	48.4	49.3
广东	38.3	40.5	39.3	40.0	42.5	46.2	46.6	49.6	45.0	51.3	48.4	46.7	47.7
贵州	20.3	21.8	19.6	24.0	24.0	30.3	31.8	30.4	35.6	37.8	41.1	45.0	47.4
陕西	34.3	33.1	40.6	38.2	44.5	48.3	48.7	44.8	52.3	52.9	46.1	48.0	47.0
甘肃	31.4	32.8	34.9	34.9	36.1	36.8	36.0	43.4	49.0	47.6	42.6	42.1	45.5
河南	41.3	43.9	45.4	44.8	43.9	43.6	48.6	55.0	57.3	62.4	50.8	47.2	45.4
山东	44.6	48.2	46.7	41.1	42.1	23.6	43.4	49.0	46.5	47.4	41.5	43.4	43.9
安徽	32.4	32.0	30.3	26.7	26.4	27.2	30.4	31.9	36.6	39.6	42.6	42.5	43.5
<b>平均</b>	<b>34.1</b>	<b>35.8</b>	<b>36.0</b>	<b>35.4</b>	<b>36.5</b>	<b>36.8</b>	<b>39.3</b>	<b>41.5</b>	<b>42.5</b>	<b>44.4</b>	<b>42.3</b>	<b>43.0</b>	<b>42.9</b>
辽宁	35.9	40.2	39.7	39.4	40.6	39.0	43.2	43.5	43.3	48.3	44.3	44.7	42.5
吉林	35.8	36.8	37.9	41.0	46.7	44.3	48.8	50.5	49.9	52.6	46.8	42.3	41.4
天津	28.5	33.8	28.6	35.0	37.1	33.3	36.8	40.0	39.8	44.9	45.0	42.2	41.1
江西	29.2	32.0	27.7	27.8	29.4	35.8	35.6	36.4	39.7	45.4	42.5	39.2	40.6
云南	47.0	47.9	50.4	53.5	59.2	51.6	57.5	56.4	57.0	50.0	55.0	61.6	39.5
福建	28.3	31.1	25.5	28.3	28.1	33.5	37.7	40.6	43.1	43.0	35.3	36.1	39.3
新疆	22.8	23.1	26.9	28.9	29.4	31.7	34.1	39.7	38.0	37.2	36.8	36.5	38.6
青海	27.6	30.9	34.0	34.8	23.9	26.0	37.9	35.7	37.1	32.8	35.5	33.8	36.3
海南	39.1	0.0	22.7	19.6	32.4	31.6	28.8	---	24.2	31.9	36.2	38.8	36.3
四川	27.1	26.5	29.4	27.2	28.1	29.2	21.3	33.5	31.8	31.9	36.0	40.3	32.4
上海	40.0	39.9	38.7	37.9	36.2	38.0	38.3	39.7	41.6	40.5	40.4	33.5	32.2
重庆	---	---	21.8	14.8	14.8	11.4	11.4	14.2	25.8	26.2	21.8	26.6	31.7
广西	22.8	23.7	22.4	23.1	21.4	24.5	26.4	27.8	27.2	31.3	33.1	29.2	31.3
河北	31.0	34.7	34.8	33.3	34.8	36.1	36.6	36.9	35.5	35.8	31.7	30.8	29.1
湖北	21.6	22.7	24.1	23.0	21.4	22.7	25.1	25.6	26.1	29.0	29.7	29.4	28.9
北京	29.5	28.6	30.1	28.8	27.2	28.9	27.0	29.4	28.6	31.0	31.0	28.5	28.6
湖南	20.8	20.2	19.9	18.9	24.1	26.7	31.7	28.7	35.0	39.9	23.2	25.4	25.6

出所：筆者作成

注：四川省の1995年と1996年の数字は重慶も含めている

---データなし

## 2.4 省別単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出の特徴

前述のように、中国は既に2020年までに単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量を2005年比で40～45%削減するという目標を正式に表明している。それに基づいて、この目標を拘束指標として、第十二次五カ年計画と第十三次五年計画に盛り込み、各省に配分するとされている。

単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量はCO<sub>2</sub>排出強度とも言う。これは各地域の経済活動に密接な関連を持つ指標で、その数値は低ければ低いほど、われわれ人類にとって良いことである。

表3は中国の1995～2007年の省別の単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量を示したものである（GDPの値は2005年価格に実質化した）。2007年時点における中国のGDP単位あたりCO<sub>2</sub>排出量を見ると、地域格差が大きいことに気づく。一番多い寧夏が9.43t-CO<sub>2</sub>/万元で、一番少ない北京が1.23t-CO<sub>2</sub>/万元で、その差が実に7.8倍にも上る。各省の中で、単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量の低い順に北京、広東、上海、浙江、福建、海南、江蘇などの省で、2t-CO<sub>2</sub>/万元以下となっている。これらの省はすべて沿海地域に位置している。一方、GDP単位あたりCO<sub>2</sub>排出量の高い省は、寧夏、貴州、内蒙古、山西などの省で、63t-CO<sub>2</sub>/万元以上となっている。このような現象は、中国経済発展のレベルに一致している。即ち、中国の単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出の特徴は、経済発展の進んでいる沿海地域の排出強度が低く、経済発展の遅れている地域の排出強度が高くなっている。

表3 省別単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量 (t-CO<sub>2</sub>/万元)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
寧夏	8.3	7.2	6.6	6.3	5.7	7.9	9.5	10.8	11.5	7.7	8.9	8.9	9.4
貴州	9.1	8.8	8.7	8.4	7.7	7.4	6.7	6.5	7.6	7.8	7.8	8.1	7.5
内蒙古	7.8	7.5	7.6	6.6	6.4	6.3	6.2	6.1	4.9	6.7	6.3	6.0	6.4
山西	10.4	9.6	8.6	7.4	7.3	6.9	7.9	8.5	8.2	7.5	6.7	6.6	6.3
河北	6.2	5.6	5.0	4.6	4.3	4.2	4.1	4.2	4.3	4.4	4.8	4.4	4.7
新疆	5.6	6.1	5.3	5.1	4.6	4.4	4.3	3.7	3.9	4.3	4.4	4.4	4.3
甘肅	7.5	6.8	5.8	5.3	5.0	4.9	4.8	4.4	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3
青海	5.6	5.2	5.4	4.9	5.4	4.3	4.6	4.3	4.4	4.2	3.9	4.3	4.0
吉林	7.6	7.2	6.5	5.4	4.8	4.2	4.1	3.9	3.8	3.6	4.3	4.1	3.8
雲南	3.4	3.3	3.2	2.9	2.6	2.4	2.6	2.8	3.1	1.8	3.9	3.9	3.7
遼寧	6.9	6.4	5.5	4.9	4.4	4.8	3.8	3.9	3.9	3.7	3.6	3.6	3.5
河南	4.1	3.7	3.3	3.0	2.8	3.0	2.7	2.5	2.5	2.6	3.0	3.0	3.2
湖北	5.4	5.1	4.8	4.3	4.0	3.7	3.2	3.2	3.4	3.3	3.1	3.2	3.1
陝西	5.2	5.5	4.1	3.5	3.0	2.7	2.5	2.8	2.7	3.0	3.0	2.9	3.0
山東	3.3	3.0	2.6	2.6	2.4	1.8	2.1	2.1	2.4	2.6	3.2	3.0	2.9
黒龍江	6.1	5.6	5.4	4.8	4.4	4.1	3.7	3.1	2.9	2.8	3.1	3.0	2.9
安徽	5.0	4.6	4.3	4.1	3.9	3.8	3.6	3.5	3.6	3.2	2.9	2.9	2.8
平均	<b>4.3</b>	<b>4.0</b>	<b>3.6</b>	<b>3.3</b>	<b>3.0</b>	<b>2.9</b>	<b>2.8</b>	<b>2.7</b>	<b>2.7</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>2.8</b>	<b>2.8</b>
湖南	4.9	4.4	3.4	3.2	2.3	2.0	1.8	1.9	2.0	2.0	2.8	2.9	2.7
重慶	4.8	4.5	4.0	4.1	4.1	3.9	3.6	3.1	2.5	2.5	2.7	2.6	2.5
天津	5.4	4.4	4.0	3.7	3.4	3.4	3.1	3.2	2.8	2.7	2.7	2.5	2.4
広西	3.4	3.0	2.6	2.4	2.3	2.3	2.0	1.8	1.9	2.4	2.2	2.4	2.3
江西	4.0	3.5	2.9	2.7	2.4	2.3	2.3	2.1	2.3	2.4	2.2	2.2	2.3
四川	4.4	4.1	3.7	3.5	2.9	2.5	3.3	2.4	2.8	2.8	2.3	2.1	2.2
江蘇	3.5	3.2	2.6	2.6	2.3	2.2	1.9	1.9	1.8	2.0	2.3	2.1	2.0
海南	1.5	1.1	1.6	2.2	1.5	1.5	1.6	1.9	2.2	1.9	1.8	1.8	1.9
福建	1.9	1.8	1.6	1.5	1.7	1.5	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	1.8	1.9
浙江	2.4	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9
上海	3.3	3.1	2.9	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.1	2.0	1.8	1.9	1.8
広東	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
北京	2.9	2.8	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2

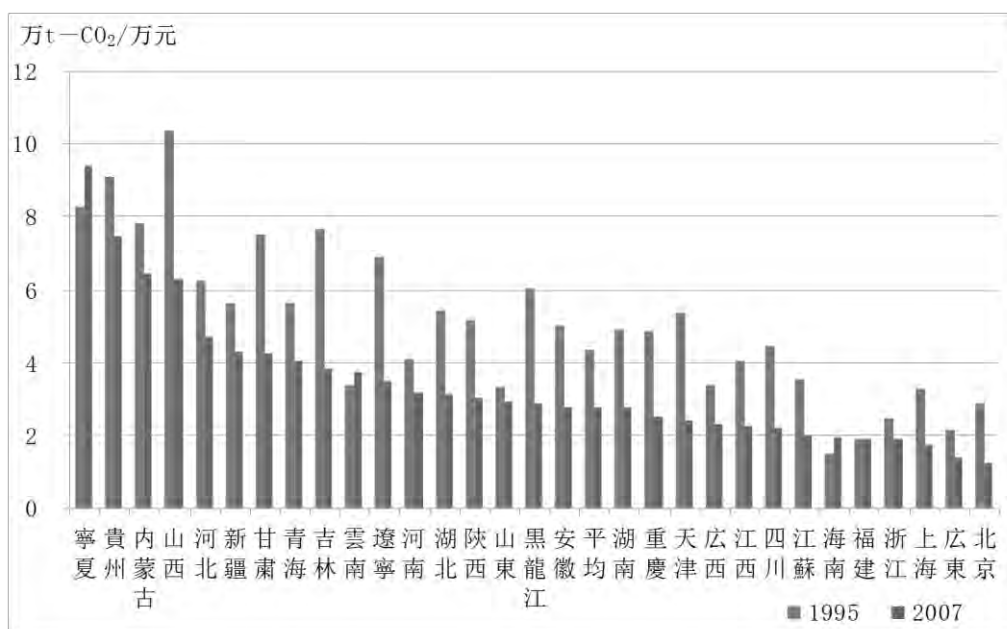
出所：筆者作成

注1：寧夏の2000-2002年、海南の2002年について、データがないため、内挿法で補足した

注2：四川と重慶の1995-1996年について、1997年の各自に占める割合をもって、配分した

2007年と1995年を比べてみると（図4）、中国の省別単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量は大体減少傾向にあることがわかる。各省の平均では4.3t-CO<sub>2</sub>/万元から2.83t-CO<sub>2</sub>/万元に低減し、減少率は36.4%である。その中で、下落幅が最も大きい北京が57.8%で、次の天津が55.5%である。他の平均以上の下落幅を達した省は黒龍江、四川、吉林、遼寧、重慶、上海、安徽、湖南、江蘇、江西、甘肅、湖北、陝西、山西などの省である。しかし、多くの省で単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量は減少しつつある中で、2007年になって、なおかつ1995年よりも高くなっている寧夏、雲南と海南の三つの省が存在している。ここで、中国の省別格差の大きさと多様さが窺える。

図4 省別単位GDPあたり排出量の比較（1995－2007年）



出所：筆者作成

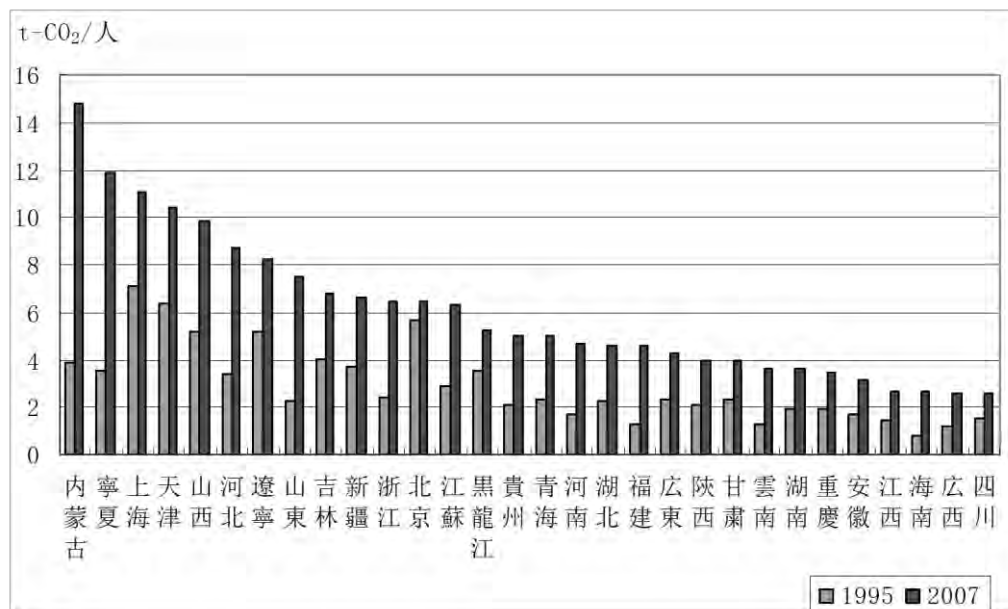
## 2.5 省別一人あたりCO<sub>2</sub>排出の特徴

省別一人あたりCO<sub>2</sub>排出量（図5）はこの12年間大きく増加した。どの省も増加の傾向であったが、その増加率の違いで、省別の格差が一段大きくなった。2007年の時点において、一番多く排出している内蒙古では14.8トン/人、一番少ない四川の2.6トンの5.7倍にも上った。

比較的排出の多い省は、北部に位置する内蒙古、寧夏、山西、河北、遼寧、山東、吉林、新疆などの石炭産地と沿岸部に位置する上海、天津、北京、浙江、江蘇などの経済発展レベルの高い省である。前者は石炭利用の割合が多く、後者はエネルギー消費量が多い。

また、一人あたりCO<sub>2</sub>排出量が比較的少ないのは南に位置する省が多い。

図5 一人あたり排出量の比較（1995－2007年）



出所：筆者作成

### 3. 中国の省別CO<sub>2</sub>排出量変化の要因分解

以上では、中国の省別CO<sub>2</sub>排出量の幾つの特徴を見てきた。以下では、このような特徴はどのような原因で、どのように形成されたのかをマクロ的な観点から見てみよう。

#### 3.1 分析方法

CO<sub>2</sub>排出変動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。

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

ここで、CO<sub>2</sub>排出量をC、エネルギー消費をE、GDP（国内総生産）をG、人口をPとすると、以下のような式が得られる。

$$C = \frac{C}{E} \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times P$$

ただし

C/E：単位エネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量

E/G：単位GDPあたりのエネルギー消費量

G/P：一人あたりGDP

ここで、恒等式右辺の第1項は、1単位あたりのエネルギーを利用するときに排出されるCO<sub>2</sub>排出の割合を表すもので（炭素集約度と呼ぶ）、この値が小さいほどエネルギー源が汚染排出のない、または少ないエネルギーの利用割合が高いことを示す。CO<sub>2</sub>排出削減には化石エネルギーから再生可能な自然エネルギー（風力や太陽エネルギーなど）に転換する必要がある。

そして、第2項は1単位あたりのGDPを産出するのに消費されるエネルギーの割合を

表すもので（エネルギー集約度と呼ぶ）、この値が低いほど、より少ないエネルギーで経済活動を営むことができることを示し、マクロなエネルギー効率を示している。CO<sub>2</sub>排出量を削減する観点からは、できるだけエネルギー利用効率を向上させる必要がある。

また、第3項は国民一人あたりが生産する経済的付加価値で、この値が高いほど生産活動や消費活動などが増えることを意味する。経済の発展はCO<sub>2</sub>排出と正の相関関係がよく見られる。ただし、ここで明確にしなければならないのは、それは産業構造と技術進歩が一定という仮定の下でのことであって、もし産業構造や技術進歩などの変化が見られた場合は、経済の規模が拡大しても、それに相応するCO<sub>2</sub>排出量が出ない場合もある。

最後の第4項は人口であるが、他の条件が変わらない限り、この値が大きいほどCO<sub>2</sub>排出量はそれなりの影響が大きい。

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、省エネ対策、生活水準、人口の要因に左右されることを示唆している。

そして、この変化率（増分）をとると、以下のようになる。

$$\Delta C = \Delta(C/E) \times \Delta(E/G) \times \Delta(G/P) \times \Delta P$$

以上の式から、CO<sub>2</sub>排出量（C）の変化は、エネルギー源転換要因、省エネ要因、経済要因、人口要因のような四つの要因に分解することができる。

茅恒等式は、CO<sub>2</sub>排出削減を目的とした4つのマクロレベルの政策手段を挙げている。炭素原単位、エネルギー原単位、国富、人口の4要因で構成され、それぞれ一定の政策的アプローチに繋がっている。炭素原単位では排出量のより少ないエネルギー源への転換が主要な手段となり、エネルギー原単位ではエネルギー効率の増大が手段となる。国富の場合は、経済規模の縮小ないし産業構造高度化が手段となり、人口の場合は、人口管理が手段となる。

つまり、CO<sub>2</sub>排出量を削減するためには、エネルギーのCO<sub>2</sub>排出原単位を改善する（エ



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、国民一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。総じて言えば、CO<sub>2</sub>の排出量は、この4要素の組み合わせで決まることになる。

要因分析に当たっては、偏微分を用いた要因分析手法を採った。具体的には、各地域の排出量をいくつかの因子の積として表し、偏微分することにより、それぞれの因子の変化が与える排出量変化分を算出した。

第一のエネルギー源転換要因は、下式によって計算される。

$$\begin{aligned}\Delta\left(\frac{C}{E}\right) &= \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times P + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times P \div 2 \\ &+ \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P \div 2 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times \Delta P \div 2 \\ &+ \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times \Delta P \div 3 \\ &+ \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 4\end{aligned}$$

そして、第二の省エネ要因は下式によって計算される。

$$\begin{aligned}\Delta\left(\frac{E}{G}\right) &= \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times P + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times P \div 2 \\ &+ \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P \div 2 + \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times \Delta P \div 2 \\ &+ \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times \Delta P \div 3 \\ &+ \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 4\end{aligned}$$

また、第三の経済要因は下式によって計算される。

$$\begin{aligned}
\Delta\left(\frac{G}{P}\right) &= \frac{C}{E} \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P \div 2 \\
&+ \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P \div 2 + \frac{C}{E} \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 2 \\
&+ \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 3 \\
&+ \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 4
\end{aligned}$$

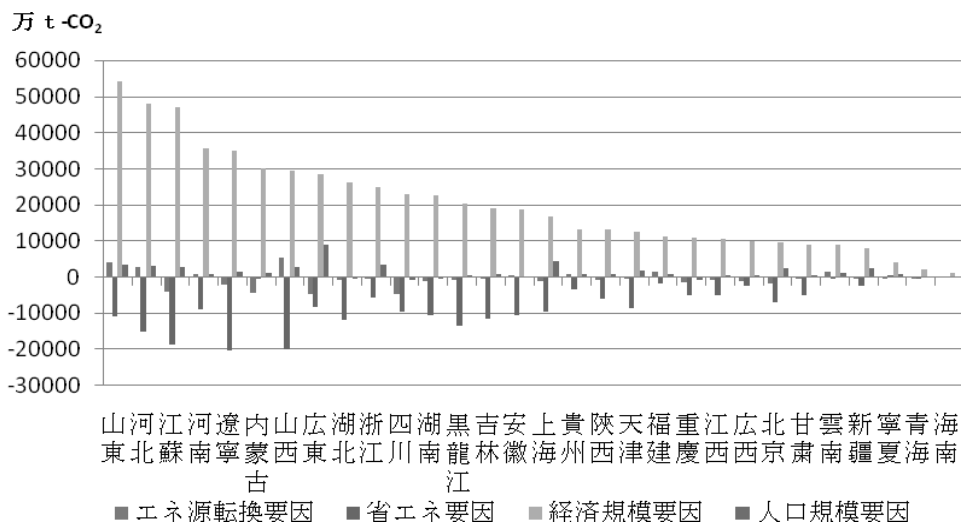
最後に、第四の人口要因は、下式によって計算される。

$$\begin{aligned}
\Delta P &= \frac{C}{E} \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times \Delta P + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times \Delta P \div 2 \\
&+ \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times \Delta P \div 2 + \frac{C}{E} \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 2 \\
&+ \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \frac{G}{P} \times \Delta P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \frac{E}{G} \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 3 \\
&+ \frac{C}{E} \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 3 + \Delta\left(\frac{C}{E}\right) \times \Delta\left(\frac{E}{G}\right) \times \Delta\left(\frac{G}{P}\right) \times \Delta P \div 4
\end{aligned}$$

### 3.2 分析結果

ここで、茅恒等式を用いて、中国のCO<sub>2</sub>の排出量増減の要因分析を行った。分析にあたって用いたCO<sub>2</sub>排出量データは前述の筆者の推計で得たもので、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）からとったものである。GDPに関しては、実質価格（2005年価格）にした。

図6 1995年～2007年の省別CO<sub>2</sub>排出量変化の要因分析

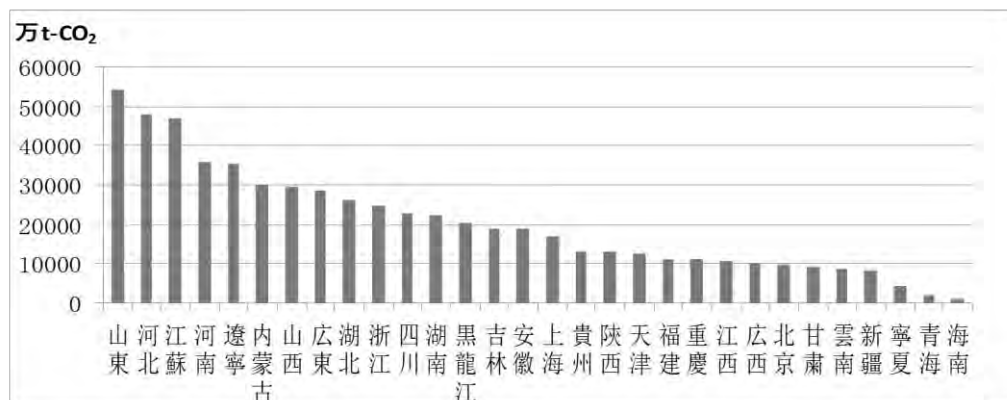


出所：筆者作成

図6は1995年～2007年の省別要因分析の結果を示したものである。ここでまず分かることは、ほとんどの省で経済規模要因と省エネ要因が大きく、しかも反対の働きをしていることである。即ち、ほとんどの省において、経済規模要因がCO<sub>2</sub>排出増加に働き、省エネ要因がCO<sub>2</sub>排出削減に働いている。中国のCO<sub>2</sub>排出に影響を及ぼす基本的な構図としては、経済成長がCO<sub>2</sub>排出増加に大きく寄与している一方、省エネがCO<sub>2</sub>排出削減に大きく貢献していることが鮮明である。次に、エネルギー源転換要因と人口要因の働きは小さく、特にエネルギー源転換要因の働きがプラスになったり、マイナスになったりして、はっきり見て取りにくく状態にある。

図7～10は要因ごとに見たものである。まず、経済規模要因ではすべての省においてプラスになっており、その中で、寄与が大きいのは山東、河北、江蘇、河南、遼寧、内モンゴ、山西、広東などの省で、寄与が小さいのは海南、青海、寧夏、新疆、雲南、甘肅、北京、広西などの省である。その原因としては、おおむね、元々経済規模の大きい省や経済成長率が速いほど寄与が大きく、元々経済規模の小さい省や経済成長率

図7 経済要因



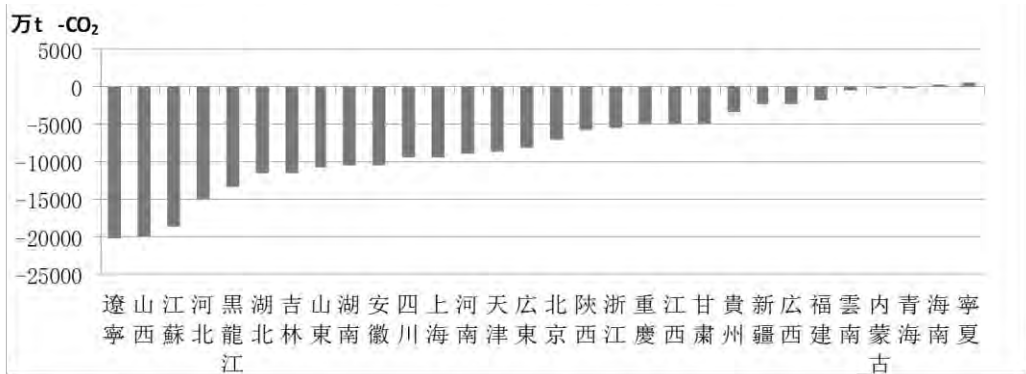
出所：筆者作成

が低いほど寄与が小さいように思われる。例えば、寄与の大きいトップの省はいずれも経済規模の大きい省で、内蒙古の経済規模はまだそれほど大きくないが、経済成長率が高いため、全国省別経済規模ランキングは1995年に第24位であったものの、2007年に第16位に上った。一方、前述の寄与の小さい各省は、北京を除いて、いずれも経済規模の小さい省である（広西はやや離れているが、ランキングは下がった）。

北京の経済規模要因が小さいことには、別の原因があると思われる。前にも行ったように、経済規模要因の中に、経済構造の影響もあるが、ここでの分析はそれを欠いるため、経済構造の影響は分からない。北京では、経済の成長率が高いが、経済構造変化のため（第三次産業へのシフト）、経済が成長しても、CO<sub>2</sub>排出の少ないとされる第三次産業の比重の拡大によって、経済規模による排出増加を低く抑えられたのである。その意味では、経済規模の一番大きい広東省も構造要因の影響があったと思われる。

次に、省エネ要因では、寧夏と海南の僅かなプラス働きを除けば、すべての省でマイナスの働きとなっている。そのうち、寄与の大きいのは、遼寧、山西、江蘇、河北、黒龍江、湖北、吉林などの省で、寄与が小さいのは青海、内蒙古、雲南、福建、広西、

図8 省エネ要因

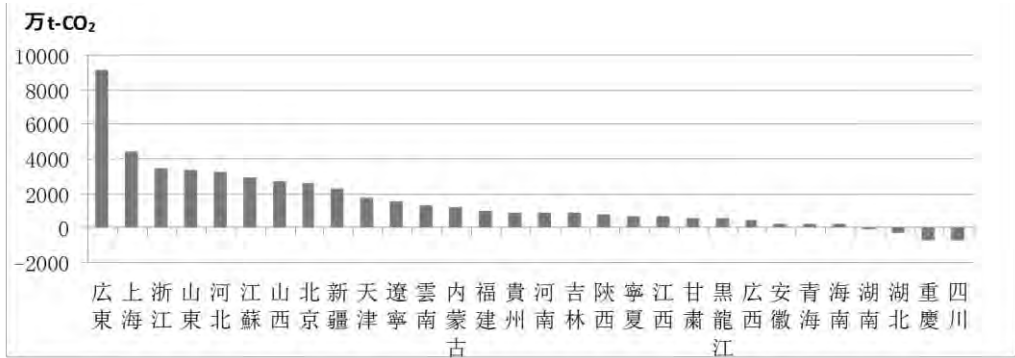


出所：筆者作成

新疆などの省である。その原因としては、各省のエネルギー効率（単位エネルギー消費あたりGDPというエネルギー原単位を指標として）の改善度合いに関連していると思われる。1995年と2007年の各省（30の省）の単位エネルギー消費あたりGDPの順位を比較してみると、大きく下がったのが山西（1位→28位）、黒龍江（8位→29位）、遼寧（6位→25位）、吉林（7位→26位）、河北（10位→14位）、湖北（12位→19位）などの省で、これらの省はほとんど石炭産出量の多い華北地方と東北地方で、元々エネルギー効率が極めて悪かった地域であった（石炭がたくさん取れるから、節約意識が欠けていたということも考えられる）。この間、大きな改善が見られた。一方、2007年の時点で単位エネルギー消費あたりGDPの上位1～6位の省は、順次に寧夏、海南、内モンゴ、雲南、青海、福建で、ほとんど省エネ要因の寄与の小さい省と一致している。これらの省の多くは、内陸部に位置するが、沿岸部に位置する省でも経済発展があまり発達していない地域である。

また、人口要因では、マイナスの働きをしている湖南、湖北、重慶、四川などの省を除けば、他の26の省はプラスの働きをしている。その中で、特に寄与の大きい省は、広東、上海、浙江、山東、河北、江蘇などの省である。これらの省は、GDPの規模の大きい省で、且つ一人あたりGDPの大きい省が多くなっている。1995年から2007年に

図9 人口要因



出所：筆者作成

図10 エネルギー転換要因



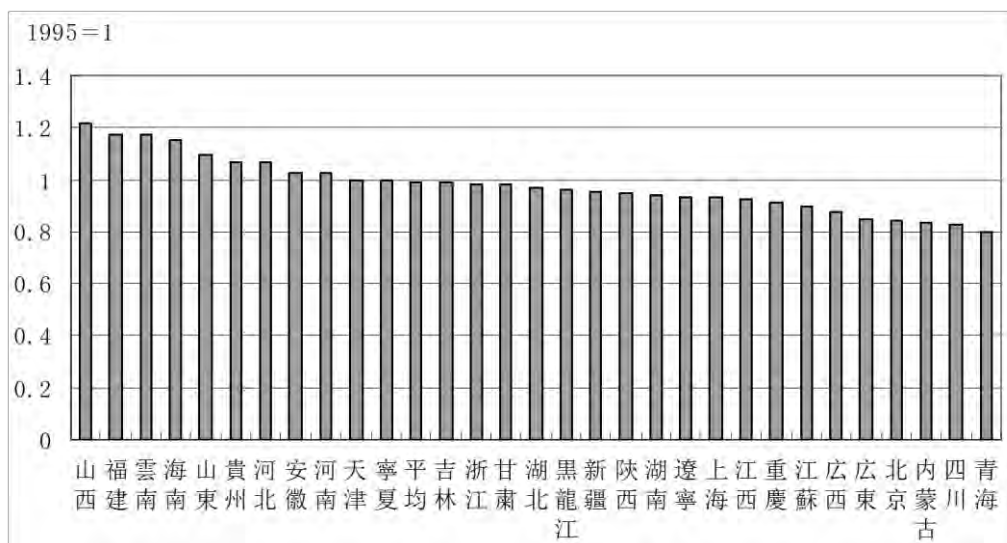
出所：筆者作成

かけて、中国のGDP規模のトップは広東省で、その次は山東、江蘇、浙江の順になっている。一人あたりGDPから見ると、上海、北京と天津の三つの直轄市の後に来るのも、浙江、江蘇、広東、山東などの省である。

最後に、エネルギー源転換要因では、20の省にマイナスの働きがある一方、プラスの働きをしている省も1/3に当たる10の省がある。その中で、マイナスの寄与の大きい省は、広東、四川、内モンゴ、江蘇などの省で、プラスの寄与の大きい省は山西、山東、河北、雲南、福建などの省である。その原因としては、おそらくエネルギー消費規模の大きさと単位エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量の変動が関係していると思われる。エネルギー消費が多ければ多いほど正負にかかわらず、その寄与が大きくなる。また、

単位エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量が多ければ多いほど、単位発熱量あたりCO<sub>2</sub>排出量の多い石炭を多く消費することになる。期間中に単位エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量の変動が大きければ大きいほど、エネルギー源転換要因が大きくなる。実際に中国の省別エネルギー単位消費あたりCO<sub>2</sub>排出量の変動を1995年を1にしてみると（図11）、2007年の時点で、0.9以下の省は青海、四川、内モンゴ、北京、広東、広西、江蘇などの省で、エネルギー源要因のマイナス寄与の大きい省が多い。一方、1.05以上になっている省は山西、福建、雲南、海南、山東、貴州、河北などの省で、エネルギー源要因のプラス寄与の大きい省が多い。

図11 単位エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量の変動（1995～2007年）



出所：筆者作成

## 4. 中国の各省における部門別CO<sub>2</sub>排出変化の要因分解

以上では、省別のCO<sub>2</sub>排出変化の要因について、マクロ的な観点から見てきた。しかし、これは各省において平均的なものであって、産業部門ごとの差が見えない。ここでは、各部門別がCO<sub>2</sub>排出変化にどのように影響しているかを見ていく。

### 4.1 分析方法

ある地域のCO<sub>2</sub>排出量は、以下のように表わせる。

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \left[ \left( \frac{C_i}{E_i} \right) \times \left( \frac{E_i}{G_i} \right) \times \left( \frac{G_i}{G} \right) \times G \right]$$

ここで、

C : CO<sub>2</sub>排出量

E : エネルギー消費量

G : GDP

*i* : 部門を示すサフィックス

また、CO<sub>2</sub>排出量の変化(ΔC)は、次のように示すことができ、排出変化を幾つかの要因に分解できる。

$$\begin{aligned} \Delta C = & \sum_i \left[ \Delta \left( \frac{C_i}{E_i} \right) \times \left( \frac{E_i}{G_i} \right) \times \left( \frac{G_i}{G} \right) \times G \right] + \sum_i \left[ \left( \frac{C_i}{E_i} \right) \times \Delta \left( \frac{E_i}{G_i} \right) \times \left( \frac{G_i}{G} \right) \times G \right] \\ & + \sum_i \left[ \left( \frac{C_i}{E_i} \right) \times \left( \frac{E_i}{G_i} \right) \times \Delta \left( \frac{Y_i}{G} \right) \times G \right] + \sum_i \left[ \left( \frac{C_i}{E_i} \right) \times \left( \frac{E_i}{G_i} \right) \times \left( \frac{G_i}{G} \right) \times \Delta G \right] \\ & + \text{交絡項} \end{aligned}$$

= 第1要因 (炭素エネルギー原単位要因 ( $C_i/E_i$ )) 変化の効果

+ 第2要因 (エネルギー消費原単位要因 ( $E_i/Y_i$ )) 変化の効果

+ 第3要因 (産業構造要因 ( $Y_i/Y$ )) 変化の効果

+ 第4要因 (経済要因 ( $Y$ )) 変化の効果

+ 複数の要因変化の複合効果



このように、ある地域における化石エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量の変動は、エネルギー転換要因、省エネ要因、産業構造要因、経済要因と4つの要因に分解することができる。炭素エネルギー原単位要因はエネルギー消費あたりのCO<sub>2</sub>排出量で、エネルギー源の構成の変化を表す指標である。エネルギー消費原単位要因は単位付加価値の産出あたりのエネルギー消費で、エネルギー消費効率の指標である。一方、産業構造要因は各産業の生産ウェイトの変化による全産業のCO<sub>2</sub>排出への影響を表している。更に、経済要因は、経済規模の変化がどれだけCO<sub>2</sub>排出の増減を引き起こしたかを表している。

この方法は、複数要因の同時変化による変化分はすべて交絡項に計上するのが特徴である。しかし、よく指摘されるように、この交絡項（残差）は大きい値となるのが問題となっている。

交絡項を小さくするために、幾つかの工夫が出された。例えば、B.W.Ang&S.Y.Lee<sup>14</sup>（1994）の産業エネルギー消費の要因分解の研究がある。ここで、その成果を参考に、さらにCO<sub>2</sub>排出量変化の分析へと発展させた要因分析方法を示す。

ここで、C<sub>0</sub>とC<sub>t</sub>はそれぞれ0年とt年のCO<sub>2</sub>排出量とすると、この2時点のCO<sub>2</sub>排出量の変化は、以下の式で表せる。

$$\Delta C_{tot} = C_t - C_0$$

この排出量の変化を4つの要因に分解すると、以下のようになる。

$$\Delta C_{tot} = \Delta C_{tec} + \Delta C_{int} + \Delta C_{str} + \Delta C_{pdn} + D$$

すると、

$$\Delta C_{tec} = \sum [C_{i,0} + \alpha_i (C_{i,t} - C_{i,0})] \ln \left( \frac{P_{it}}{P_{i0}} \right)$$

---

<sup>14</sup> B.W.Ang&S.Y.Lee: Decomposition of industrial energy consumption, Energy Economics 1994,16(2)83-92

$$\Delta C_{int} = \sum [C_{i,0} + \alpha_i (C_{i,t} - C_{i,0})] \ln \left( \frac{I_{it}}{I_{i0}} \right)$$

$$\Delta C_{str} = \sum [C_{i,0} + \alpha_i (C_{i,t} - C_{i,0})] \ln \left( \frac{S_{it}}{S_{i0}} \right)$$

$$\Delta C_{pdn} = [C_0 + \alpha (C_t - C_0)] \ln \left( \frac{G_t}{G_0} \right)$$

となる。

ただし、 $\Delta C_{tec}$ ：エネルギー源転換効果、 $\Delta C_{int}$ ：エネルギー効率効果、

$\Delta C_{str}$ ：構造効果、 $\Delta C_{pdn}$ ：経済効果

ここで、 $k$ 年の変数をそれぞれ次のように定義しておく

$C_k$ ： $k$ 年における $CO_2$ 排出量

$C_{ik}$ ： $k$ 年における $i$ 部門の $CO_2$ 排出量

$E_k$ ： $k$ 年におけるエネルギー消費量

$E_{ik}$ ： $k$ 年における $i$ 部門のエネルギー消費量

$G_k$ ： $k$ 年におけるGDP

$G_{ik}$ ： $k$ 年における $i$ 部門の付加価値

$S_{ik}$ ： $k$ 年における $i$ 部門のGDPシェア ( $= Y_{ik} / Y_k$ )

$I_k$ ： $k$ 年におけるエネルギー消費原単位 ( $= E_k / Y_k$ )

$I_{ik}$ ： $k$ 年における $i$ 部門のエネルギー消費原単位 ( $= E_{ik} / Y_{ik}$ )

$P_k$ ： $k$ 年におけるエネ消費あたり汚染原単位(汚染エネルギー原単位) ( $= C_k / E_k$ )

$P_{ik}$ ： $k$ 年における $i$ 部門の汚染エネルギー原単位 ( $= C_{ik} / E_{ik}$ )

## 4.2 分析結果

以上の式を利用し、中国の各省における部門別の $CO_2$ 排出量変化の要因分解をして

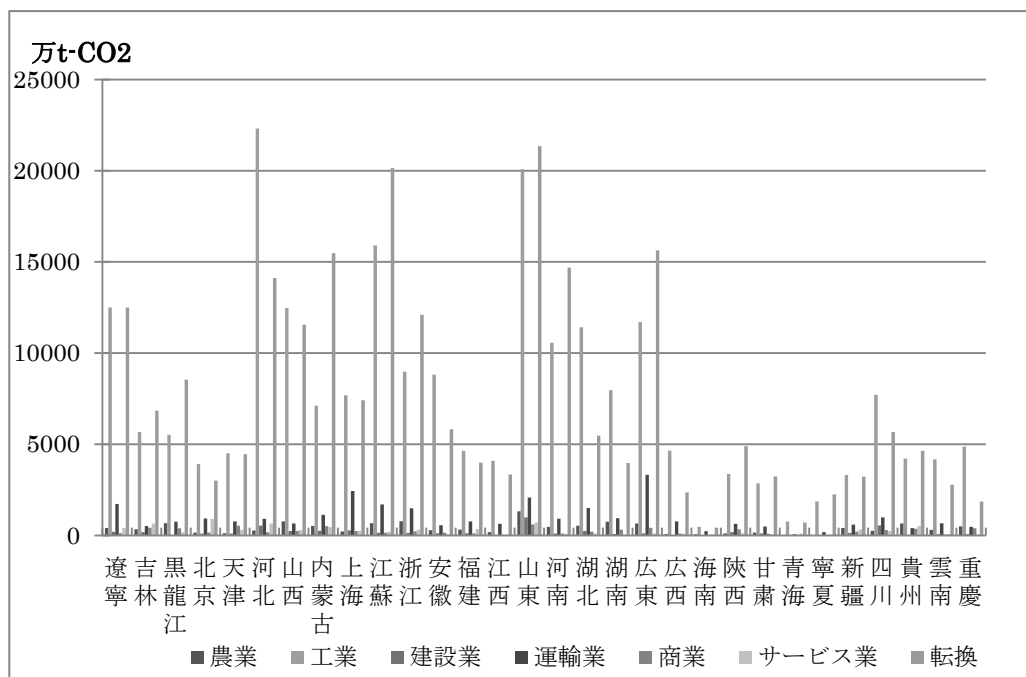
みた。具体的な方法としては、1995年から2007年までの13年間の各省における部門別CO<sub>2</sub>排出量、エネルギー消費量とGDPデータを利用して、CO<sub>2</sub>排出量の変化要因を1年ごとに分解することである。

ここで利用したデータは、CO<sub>2</sub>排出量は筆者の推計から、エネルギー消費量は「中国エネルギー統計年鑑」から、GDPは「中国統計年鑑」から、それぞれ採った。GDPについては、第一次産業、第二次産業と第三次産業の2005年の実質価格に統一した。

図12～図15は、1995～2007年の各省の部門別累積要因分解値を要因ごとにみたものである。

まず、経済要因から見てみよう。図12から見られるように、全ての省において、全ての部門がすべてプラスの働きをしている。ここでは、中国经济全体がまだまだ規模を拡大していることをもう一度確認することができる。部門別から見ると、特に寄与

図12 累積経済要因

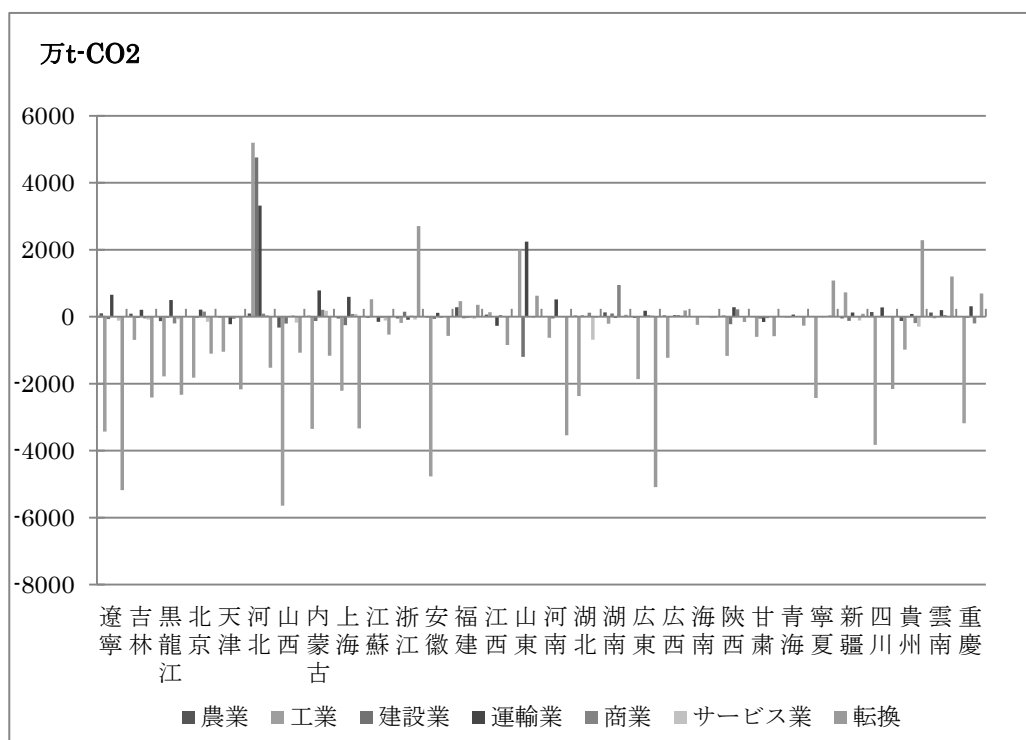


出所：筆者作成

が大きいのは工業と発電などの転換部門である。これは、中国経済はまだまだ工業中心であり、CO<sub>2</sub>排出の多い部門が主導している証拠である。一方、省別から見ると、工業及び転換部門の値が大きいのは、江蘇、山東、河北、広東、河南、遼寧などの省である。これらの省はいずれも中国の経済規模の大きい省である。また、中国で石炭産地としてよく知られている山西と内蒙古は転換による排出への寄与も格段に大きい。

次に、省エネ要因（図13）では、経済要因と違って、多くの場合はマイナスの働きをしている。これは、多くの省において多くの部門の省エネ要因がCO<sub>2</sub>排出量変化の削減要因となっていることを意味している。中でもやはり工業と転換部門の寄与が大きい。特に山西、安徽、内蒙古、遼寧、四川、重慶、寧夏などの工業部門、広東、遼寧、河南、上海などの転換部門の値が大きい。

図13 累積省エネ要因

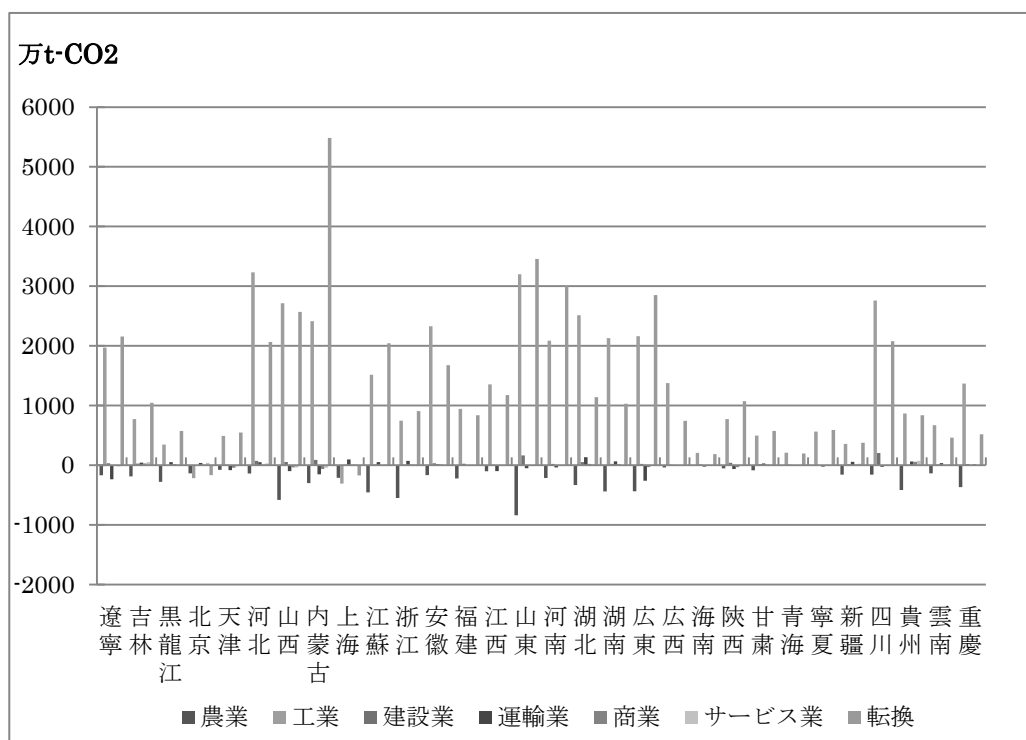


出所：筆者作成

また、構造要因では、省エネ要因と違って、多くの省において、多くの部門がプラスの働きをしている。図14から見られるように、プラスのほうの値はマイナスよりずっと大きい。これは、中国において、産業構造変化によるCO<sub>2</sub>排出量への影響はまだ増加の一途にたどっていることを物語っている。各部門の寄与を見ると、まず言えるのは、農業だけがすべての省において、マイナスになっていることである。これは産業構造の中で、農業のシェアが低下する傾向は各省で共通していることを意味している。

次に、大きな役割を果たしている工業部門と転換部門の寄与は、北京、上海を除くすべての省がプラスになっている。また、建設業においては、北京を除くすべての省がプラスになっていることが見受けられる。これは今の段階の中国では工業化が進み、

図14 累積構造要因

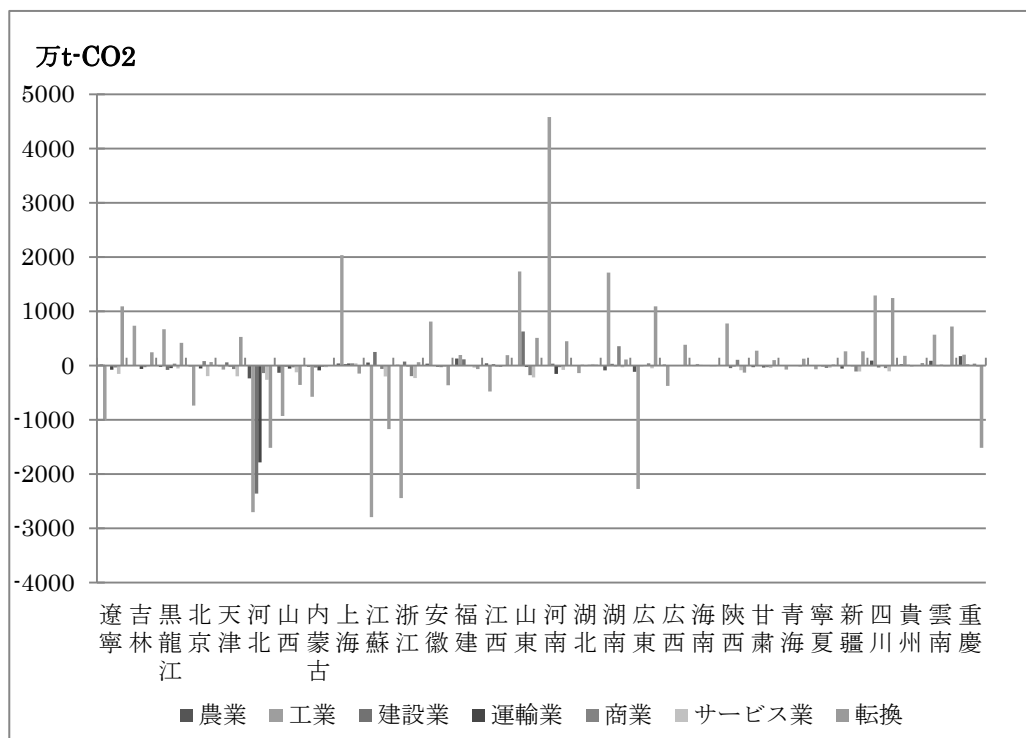


出所：筆者作成

工業と建設業の発展及びエネルギー転換部門の拡大によって、CO<sub>2</sub>排出の増加につながっていることの証拠である。その中で、北京と上海では、既に工業のシェア増大は沈静化し、この二つの部門においては、マイナスの寄与となっている（北京の建設業もマイナスになっている）。

一方、他の運輸業、商業とサービス業のいわゆる第三次産業については、各省でプラスになったり、マイナスになったりして、まちまちであるが、大抵ほとんどの省でこの三つの部門が同じ傾向を示している。マイナスになっているのは、遼寧、天津、山西、内モンゴ、福建、江西、山東、河南、広東、広西、海南、陝西などの省で、これらの省は、どちらから言えば、大体工業の成長が著しい、または重工業のシェアが大きい省が多い。

図15 累積エネ源転換要因



出所：筆者作成

最後に、エネルギー転換要因について見てみよう。まず言えるのは、各省の各部門において、かなりの差があり、プラスとマイナスの傾向はまちまちである。ここで、注意したいのは、エネルギー源要因は他の要因より値が小さいことである。図15から見てとれるように、河南、河北、江蘇、浙江、広東などの工業を除けば、大部分の値は正負1000の範囲内にある。これは、中国においてエネルギー源の転換があまり進んでいないことを示している。また、寄与のやや大きい部門といえば、やはり工業部門と転換部門である。

## 5. 中国の地域別低炭素経済に関する分析

### 5.1 地域別CO<sub>2</sub>排出と経済との類型化

#### 5.1.1 低炭素経済の地域類型

以上で中国における省別の CO<sub>2</sub> 排出の現状、特徴及び排出変化要因について見てきた。しかし、中国の省レベルの数は 30 以上あり、分析上も、政策の実行上も複雑になっている。もし類似する幾つかの省を統合することができれば、中国の地域別低炭素経済の特徴を簡潔につかむことができ、政策面でも大きな寄与が期待できると考えられる。ここでは、省別 CO<sub>2</sub> 排出と経済との関連に着目して、幾つかの省の特徴と共通点について検討していくことにする。

周知のように、CO<sub>2</sub> 排出量は経済発展と密接な関係が存在する。一般的に、他の要素が一定の場合は、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。また、他の要素の変わりも加えて（例えば、エネルギー消費構造が石炭から石油へ、天然ガスへ、または化石燃料から非化石燃料へのシフトがあった場合）、GDP が増大しても CO<sub>2</sub> 排出量は減少することもある。つまり、経済発展のある段階において、CO<sub>2</sub> 排出量は GDP の増加に伴って、逆 U 字型の環境クズネツ曲線があてはまることも考えられる。しかし、残念ながら、中国ではこのような時期はまだいたっていない。各省の CO<sub>2</sub> 排出の推移から見ると、たまには前年度より減少する例もあるものの、全期間を通して、CO<sub>2</sub> 排出量が減少している省は一つもない。中国の CO<sub>2</sub> 排出量と GDP との関係から見る



と、CO<sub>2</sub>排出量の減少傾向にはほど遠いことがわかる。

ある地域の CO<sub>2</sub> 排出量と経済発展との関係を考える際には、その地域に相応する経済発展の段階、特に工業化の段階が重要な意味を持つことになる。なぜなら、工業部門が他の部門より CO<sub>2</sub> 排出量の一番多い部門だからである。工業化の初期に、インフラ整備によって、原材料などの重工業が発達し、CO<sub>2</sub> が最も多く排出される時期になる。工業化の進展によって、CO<sub>2</sub> 排出の増加幅が小さくなるが、まだ絶対量が増加していく。やがて工業化が実現し、サービス業が大部分を占めることになると、初めて CO<sub>2</sub> 排出量が減少に転じる。これは CO<sub>2</sub> 排出量推移の一般的傾向である。中国の各省においては、経済発展のレベルにかなりの差が見受けられる。ある中国の工業化に関する研究によれば、省別に工業化前の段階から、工業化の初期、中期、後期にかけて、脱工業化まで、実に多種多様である（表 4）。この研究は、各省の一人あたり GDP、三次産業の産出額の比率、工業構造、都市化のレベル、就職構造などの指標に基づいて、総合的な工業化段階を判断したものである。

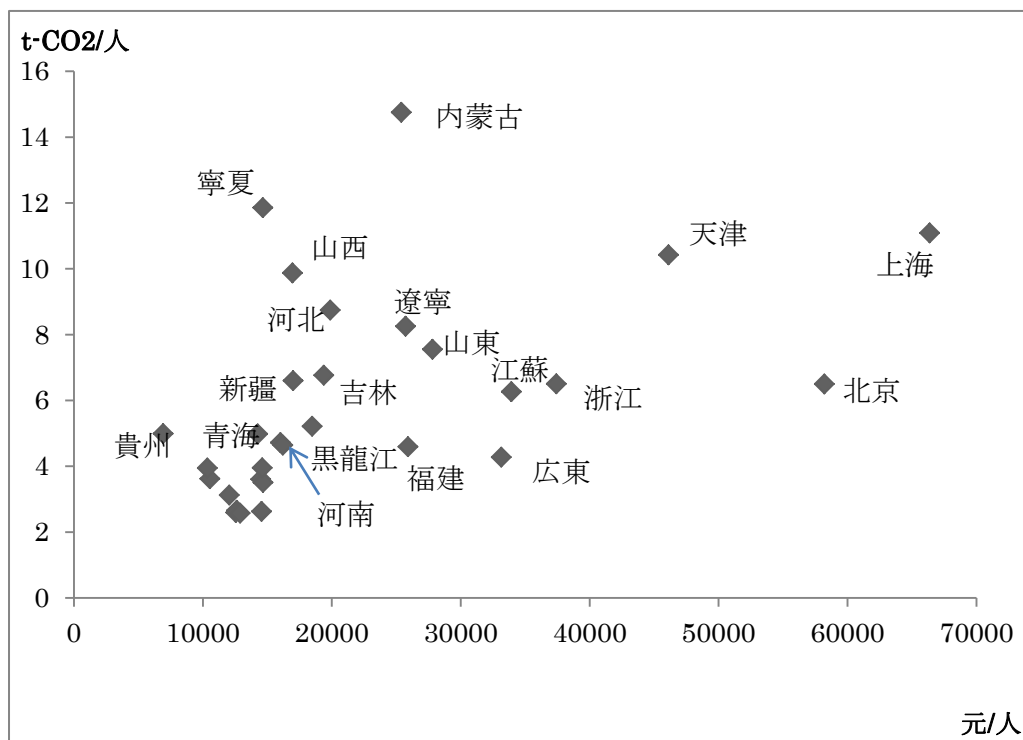
表 4 中国の各省における工業化段階の総合評価（2005 年）

工業化段階		省市区
脱工業化段階（五）		上海、北京
工業化後期（四）	後半段階	天津、広東
	前半段階	浙江、江蘇、山東
工業化中期（三）	後半段階	遼寧、福建
	前半段階	山西、吉林、内モンゴ、湖北、河北、黒龍江、重慶、寧夏
工業化初期（二）	後半段階	陝西、青海、湖南、河南、新疆、安徽、江西、四川、甘肅、雲南、広西、海南
	前半段階	貴州
前工業化段階（一）		西藏

出所：陳佳貴他（2007）、中国工業化進展報告：1995～2005 年中国省別工業化レベルの評価と研究、社会科学文献出版社 p42 により簡略したもの

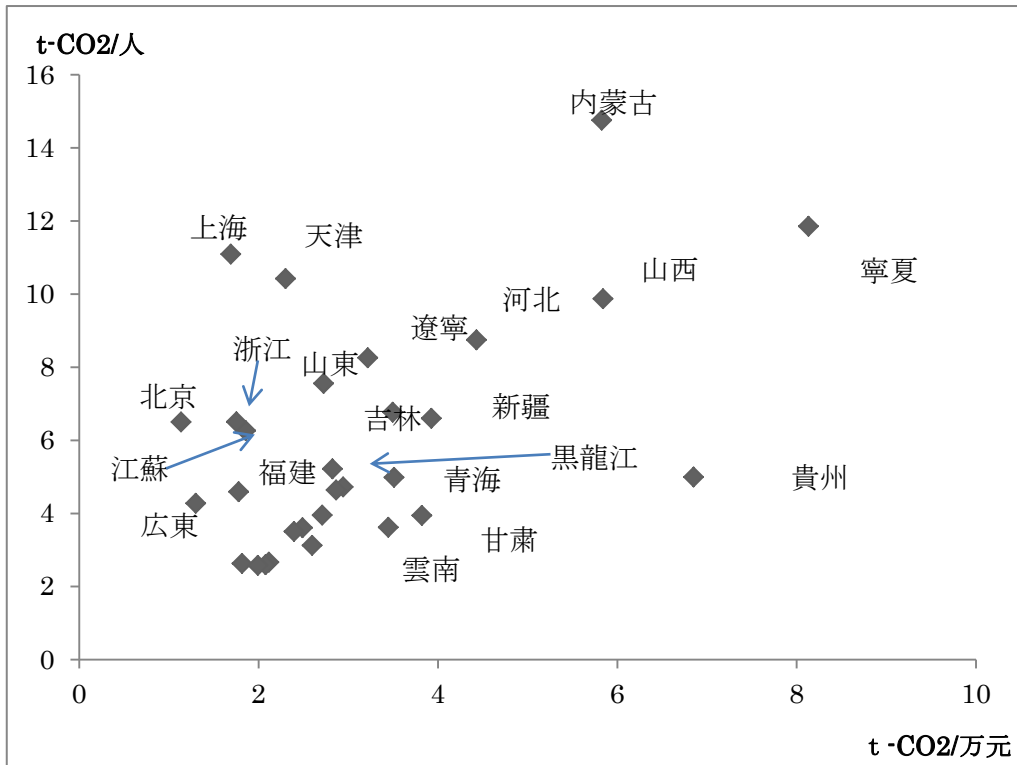
図 16 は、2007 年のデータに基づく、中国の各省における一人あたり CO<sub>2</sub> 排出量と一人あたり GDP の関係を見たものである。これと表 4 を比較して見ると、各省の組み合わせがかなり似ていることが分かる。つまり、グループ分けの観点から、工業化段階と CO<sub>2</sub> 排出の間で相当の関係が見受けられる。この図を見る際、上に行けば行くほど CO<sub>2</sub> 排出量が多く、右に行けば行くほど経済発展の度合いが高くなることを意味している。一人あたり GDP の値が高いのは上海、北京、天津、浙江、江蘇、広東、山東、福建、遼寧、内モンゴなどの省である。一方、一人あたり CO<sub>2</sub> 排出量の多い省は内モンゴ、寧夏、上海、天津、山西、河北、遼寧、山東、吉林、新疆、浙江、北京、江蘇などの省である。

図16 中国の各省におけるCO<sub>2</sub>排出量と経済発展の関係



出所：筆者作成

図17 中国の各省におけるCO<sub>2</sub>排出量と排出効率の関係



出所：筆者作成

また、図17は中国の各省における一人あたりCO<sub>2</sub>排出量とGDPあたりCO<sub>2</sub>排出量の関係を見たものである。この図の見方は、上に行けばいくほどCO<sub>2</sub>排出量が多く、右に行けばいくほどCO<sub>2</sub>排出の効率は悪くなっている。ここで、縦軸のCO<sub>2</sub>排出量の指標は図16と同じであるが、横軸に示すGDPあたりCO<sub>2</sub>排出量については、排出効率の低い順から配列すると、寧夏、貴州、山西、内蒙古、河北、新疆、甘肅、青海、吉林、雲南、遼寧というようになっている。

ここで、表4と図16、図17を反映した中国の省別CO<sub>2</sub>排出と経済との関係を総合的に考慮して、地域的繋がりにも視野にいれて、中国の低炭素経済地域を以下のように分類をした。

表5 中国の低炭素経済類型区

類 型	特 徴	省、市、区
東部	I 型	高効率中高排出型
	II 型	中高効率中排出型
中部	I 型	低効率中高排出型
	II 型	中効率中低排出型
西部	I 型	低効率中低排出型
	II 型	中高効率低排出型

出所:筆者作成

まず、中国で経済のレベルを表現する際によく使う言葉として、東部、中部、西部がある。一般的に、東部から、中部を経て、西部に行くと、経済のレベルが低くなっていくとされている。つまり、中国では、東部は最も経済が発達している地域で、西部は最も遅れている地域で、中部はその中間にある。ここでも、このような経済発展レベルの実態を反映して、中国の地域を東部、中部、西部の三つに分けることにする。

次に、上述の東部、中部、西部のうちに、CO<sub>2</sub>排出量及び排出効率の実態を反映して、それぞれ二つのグループに分けて見ることにする（表5）。

#### (1) 東部 I 型

北京、上海、天津の三つの直轄市は都市型の地域で、中国では最も経済発展のレベルが高い地域である。一人あたりGDPは4.6万元から6.6万元で、一人あたりCO<sub>2</sub>排出量は上海、天津では10 tを超えていて、北京では6.5tとなっている。特徴のひとつとしてはCO<sub>2</sub>排出の効率が低いことにある。GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量は北京で1.13t-CO<sub>2</sub>/万元と、全国で最も低く、寧夏（8.13t-CO<sub>2</sub>/万元）の1/7にすぎない。上海で1.6913t-CO<sub>2</sub>/万元と、全国三番目の低さである。ただ、天津では2.306913t-CO<sub>2</sub>/万元と、やや高めである。もうひとつの特徴は、一人あたりCO<sub>2</sub>排出量が多いことである。上海と天津は

それぞれ11.09t-CO<sub>2</sub>/人、10.42 t-CO<sub>2</sub>/人となっていて、全国三番目と四番目の多さである。ただ、北京では6.50 t-CO<sub>2</sub>/人と、やや低めである。

## (2) 東部Ⅱ型

この類型は、東部沿岸に位置する浙江、江蘇、広東、山東、遼寧、福建などの省からなっており、上述の都市型地域に次ぐ経済発展のレベルが高い地域である。この六つの省の一人あたりGDPは2.5万元から3.7万元で、一人あたりCO<sub>2</sub>排出量は遼寧と山東が7t以上で、浙江と江蘇が6t台、広東と福建が4t台とそれぞれなっている。CO<sub>2</sub>排出効率については、浙江、江蘇、広東、福建が高く、山東と遼寧がやや高くなっている。排出量については、広東、福建がやや低いのを除けば、6 t-CO<sub>2</sub>/人以上の排出となっている。

## (3) 中部Ⅰ型

北部に位置する山西、河北、吉林、黒龍江、内モンゴ、寧夏などの省からなっている。ここで内モンゴの経済発展に若干説明を加えてみたい。内モンゴは近年著しい経済成長を遂げて、一人あたりGDPは遼寧に近くなるまでに大きく伸ばしたが、一人あたりCO<sub>2</sub>の排出量は全国で最も多くなっている。本類型での一人あたりGDPは内モンゴを除いて、大体1.7万元～2.0万元となっている。一つの大きな特徴として、GDPあたりCO<sub>2</sub>排出に現われる排出効率の悪さと一人あたりCO<sub>2</sub>排出量の大きさが非常に目立っていることである。前者のGDPあたりCO<sub>2</sub>排出量は寧夏で最も高く8.13t-CO<sub>2</sub>/万元となっているのをはじめ、山西、内モンゴ、河北はそれぞれ三位、四位、五位に占めている。後者の一人あたりCO<sub>2</sub>排出量は最も多い内モンゴ(14.76 t-CO<sub>2</sub>/人)と寧夏(11.86t-CO<sub>2</sub>/人)をはじめ、山西(9.87 t-CO<sub>2</sub>/人)と河北(8.75 t-CO<sub>2</sub>/人)はランキング五位と六位である。他の吉林と黒龍江はやや中間に位置している。

## (4) 中部Ⅱ型

中南部に位置する湖北、湖南、河南、安徽、江西などの省からなっている。一人あたりGDPは1.6～1.2万元、中国で中下レベルである。CO<sub>2</sub>の関連指標から見ると、中

部Ⅰ型と比べると、CO<sub>2</sub>排出効率はより高くなっているが、CO<sub>2</sub>排出量はより低くなっている。また、西部と比べると、CO<sub>2</sub>排出効率は西部Ⅰ型より高いであるが、CO<sub>2</sub>排出量は西部Ⅱ型より高くなっている。いわば、CO<sub>2</sub>排出効率と排出量は共に中間レベルにある。

#### (5) 西部Ⅰ型

西北部の陝西、青海、新疆、甘肅と西南部の貴州からなっている。一人あたりGDPは貴州（0.7万元）と甘肅（1.0万元）が最も低くなっているほか、陝西と青海も1.4万元台、最高の新疆は1.7万元となっている。CO<sub>2</sub>排出効率は陝西（2.71t-CO<sub>2</sub>/万元）がやや高いのを除けば、他の省は低くなっている（3.51～6.85t-CO<sub>2</sub>/万元）。また、CO<sub>2</sub>排出量は新疆が6.6t-CO<sub>2</sub>/人で高く、他は大体4～5t-CO<sub>2</sub>/人ほどである。ここで、貴州について言及しておきたい。貴州は西南部に位置し、西部Ⅱ型の各省に隣接しているが、CO<sub>2</sub>排出の特徴からすると、西部Ⅰ型に近いので、このグループに入れたのである。

#### (6) 西部Ⅱ型

西南部に位置する重慶、四川、雲南、広西、海南などの省からなっている。一人あたりGDPが1.03万元～1.46万元/人で、全国的に下位である。CO<sub>2</sub>排出効率は雲南がやや低いのを除けば、他は西部Ⅰ型より高くなっている。CO<sub>2</sub>排出量はほぼ最も低くなっている（少ない順のランキングでは四川、広西、海南が一から三位、重慶が六位、雲南が八位）。

### 5.1.2 各類型の比較

以上のように類型化したうえで、各地域に関する比較を通して、特徴を明らかにする。

#### (1) 経済水準

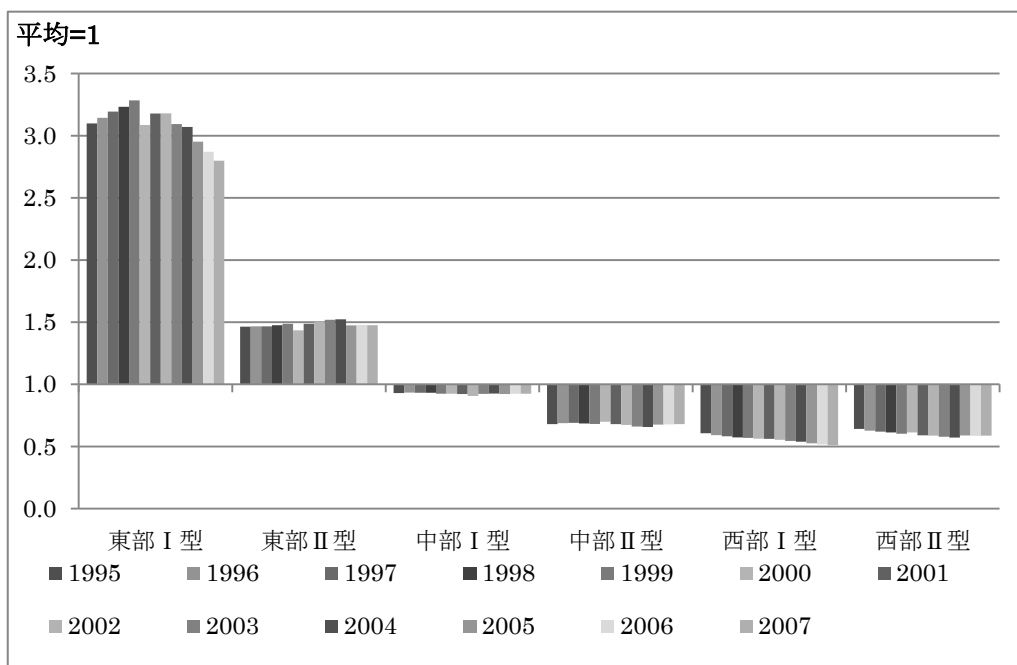
一人あたりGDPから見ると、中国の地域的経済水準のレベルがはっきりわかる。平均以上の値を示すのは東部地域である。その中で、最も高い水準に達するのは東部Ⅰ

型の三大都市で、平均の3倍位である。次に東部Ⅱ型の沿岸地域で、平均の1.5倍位である。それに対し、中部Ⅰ型が平均に近く、やや低めで、他の地域では平均より低い。最も低いのは西部地域である（図18）。

## (2) エネルギー効率

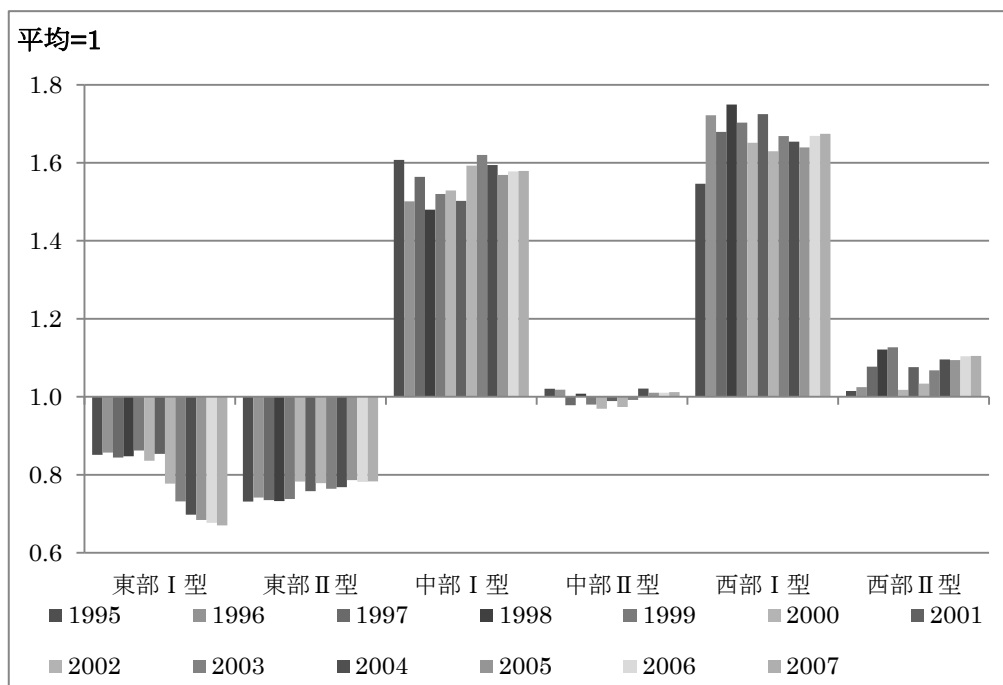
GDPあたりエネルギー消費というエネルギー消費原単位から見ると、エネルギー効率の差が見えてくる。エネルギー効率が最も高いのは東部地域で、特に東部Ⅰ型の都市地域では、かなりの改善が見られた。これに対し、エネルギー効率が低いのは中部Ⅰ型と西部Ⅰ型で、特に西部Ⅰ型では最も悪くなっている（図19）。

図18 地域別一人あたりGDPの比較



出所：筆者作成

図19 地域別エネルギー消費原単位の比較



出所：筆者作成

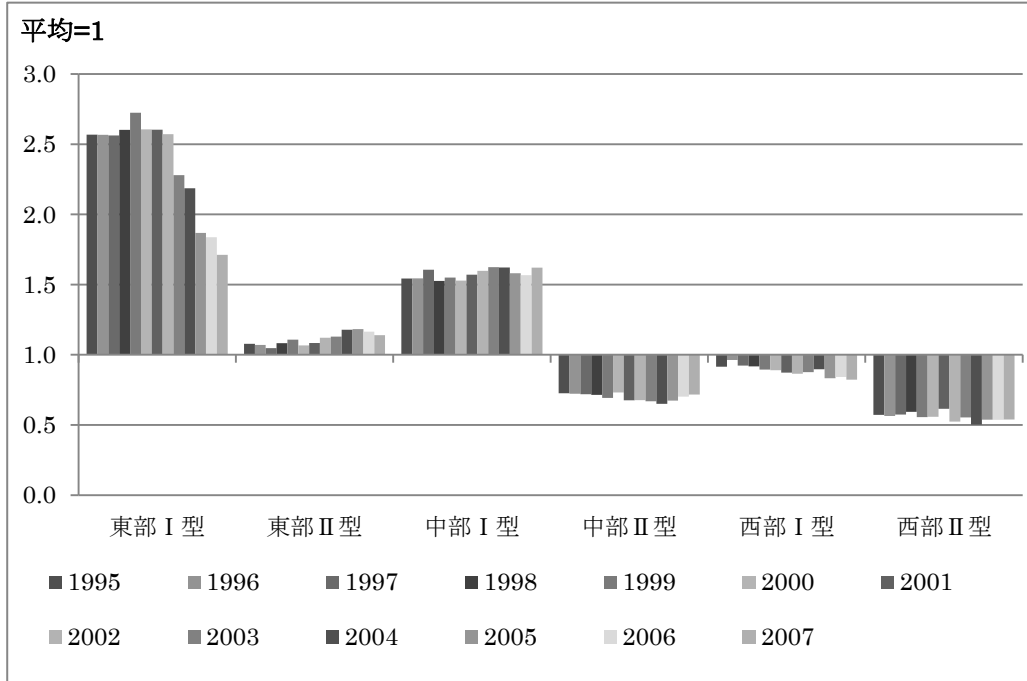
### (3) CO<sub>2</sub>排出指標

まず、一人あたりCO<sub>2</sub>排出量から見ると、最も多いのは東部 I 型で、その次は中部 I 型、東部 II 型の順で、この三つの地域では平均以上の排出量となっている。ここで注意しておきたいのは、中部 I 型の北方地域の一人あたりCO<sub>2</sub>排出量は、一人あたりGDPの高い東部沿岸地域よりも多いことである。中部の北方に位置する中部 I 型地域は中国で最も有名な石炭産地で、重工業の割合が大きく産業構造を持つ地域でもある。ほかの中西部の三つの地域では、一人あたりCO<sub>2</sub>排出量は平均より低く、特に西部 II 型にあたる西南部地域では最も低い（図20）。

次に、GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量というGDP排出原単位（排出強度）の指標から見ると、前のGDPあたりエネルギー消費というエネルギー消費原単位の指標とよく似ていることに気づかされる。ここで、排出強度が最も高いのは中部 I 型地域で、その次は西部



図20 地域別一人あたりCO<sub>2</sub>排出量の比較

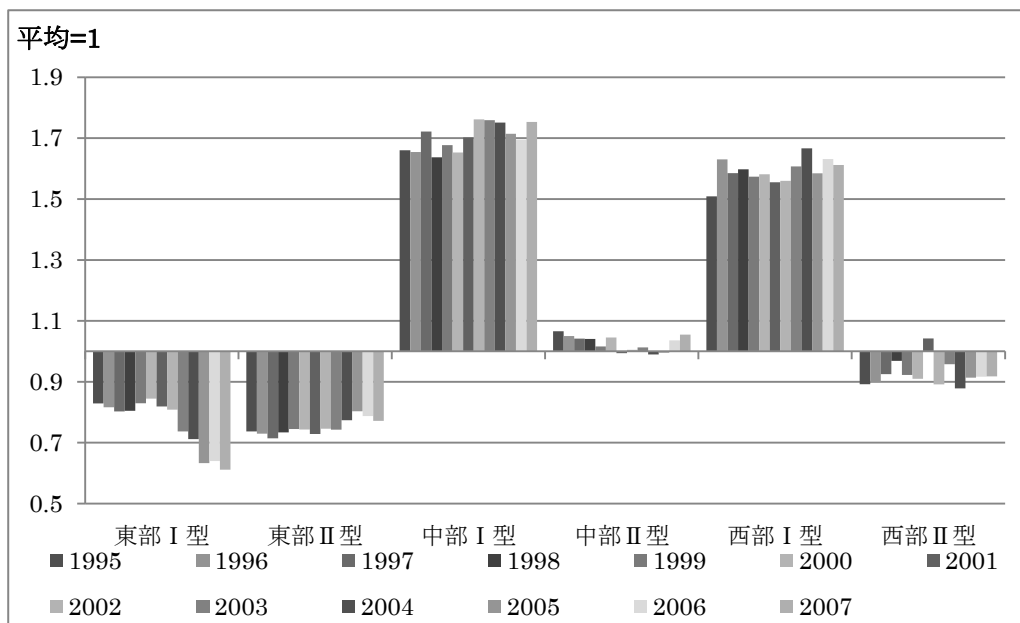


出所：筆者作成

I 型地域である。東部地域では排出強度が低く、特に東部 I 型では大きな改善が見られた。他の地域では平均値に近いが、中部 I 型で平均より高い一方、西部 II 型で平均より低く、最も排出強度の低い地域となっている（図21）。

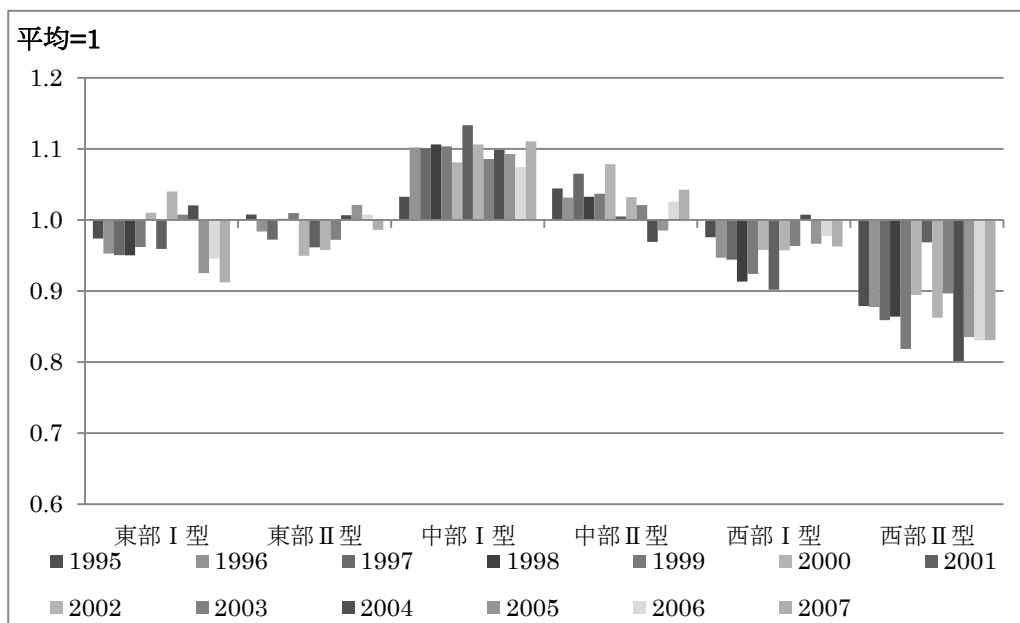
最後に、エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量というエネルギー排出原単位から検討しよう。まず、縦軸の値に注目して見ると、各地域ではそれほど差がないことをわかる。大雑把に言うと、中部地域では平均より高く、東部と西部地域では平均より低い。その中で、エネルギー排出原単位が最も高いのは中部 I 型で、最も低いのは西部 II 型である。他の地域では、その中間に位置している（図22）。

図21 地域別GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量の比較



出所：筆者作成

図22 地域別エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量の比較



出所：筆者作成

表6 地域別各指標の比較

	経済水準 (GDP/人)	エネルギー効率 (TCE/GDP)	CO <sub>2</sub> 排出 (CO <sub>2</sub> /人)	CO <sub>2</sub> 排出強度 (CO <sub>2</sub> /GDP)	エネルギー排出原 単位 (CO <sub>2</sub> /TCE)
東部Ⅰ型	1	1	6	1	3
東部Ⅱ型	2	2	4	2	4
中部Ⅰ型	3	5	5	6	6
中部Ⅱ型	4	3	2	4	5
西部Ⅰ型	6	6	3	5	2
西部Ⅱ型	5	4	1	3	1

出所:筆者作成

表6は、地域別の各指標を、望ましい結果の順番につけて比較したものである。これに基づいて、各地域の特徴を簡潔にまとめると、以下のようになる。

東部Ⅰ型：経済水準とエネルギー効率ともに最高、CO<sub>2</sub>排出強度も最低で、ただ、CO<sub>2</sub>排出量は最も高く、エネルギー排出原単位も西部より高く、まだまだ改善の余地がある。

東部Ⅱ型：経済水準とエネルギー効率とは東部Ⅰ型より低く、CO<sub>2</sub>排出強度も東部Ⅰ型より高い。ただ、CO<sub>2</sub>排出量は東部Ⅰ型より低く、エネルギー排出原単位も東部Ⅰ型より高くなっている。

中部Ⅰ型：経済水準は東部に次ぐ第三番目であるが、CO<sub>2</sub>排出は経済発展している東部Ⅱ型よりも多い二番目である。エネルギー効率は西部Ⅰ型とほぼ同じで悪く、CO<sub>2</sub>排出強度とエネ排出原単位が共に一番悪くなっている。

中部Ⅱ型：各指標とも大体中間に位置している。

西部Ⅰ型：経済水準とエネルギー効率共に最低、CO<sub>2</sub>排出量は西部Ⅱ型と中部Ⅱ型より多く、排出強度も中部Ⅰ型とほぼ同じで悪くなっている。ただ、エネルギー排出原単位については西部Ⅱ型に次ぐ二番目の良い地域である。

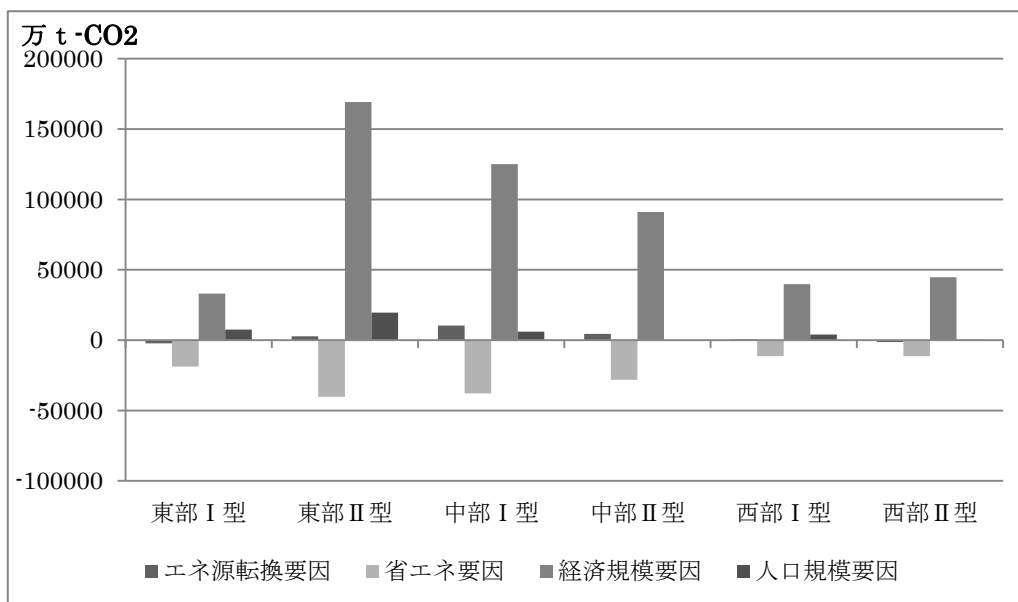
西部Ⅱ型：CO<sub>2</sub> 排出量とエネルギー排出原単位と共に最低になっているが、他の指標は西部Ⅰ型よりも良い地域である。

## 5.2 類型別 CO<sub>2</sub> 排出変化の要因分析

各類型において、CO<sub>2</sub> 排出の変化にどのような影響を与えているのであろうか。前の要因分析の方法を用いて、1995～2007 年の CO<sub>2</sub> 排出変化要因を分析した結果は図 23 で示している。

各類型とも経済要因が最も大きく、しかもすべて CO<sub>2</sub> 排出の増加要因となっている。一方、すべての省エネ要因とも CO<sub>2</sub> 排出の削減要因になっているが、いずれも働きの値が経済要因より小さい。人口要因については、すべての類型が CO<sub>2</sub> 増加の働きをしているが、東部Ⅱ型のやや大きい値を除けば、それほど大きくない。その中で、中部Ⅱ型と西部Ⅱ型ではあまり機能していない。他方、エネルギー源転換要因に

図 23 各類型の CO<sub>2</sub> 排出変化の要因分析（1995～2007 年）



出所：筆者作成

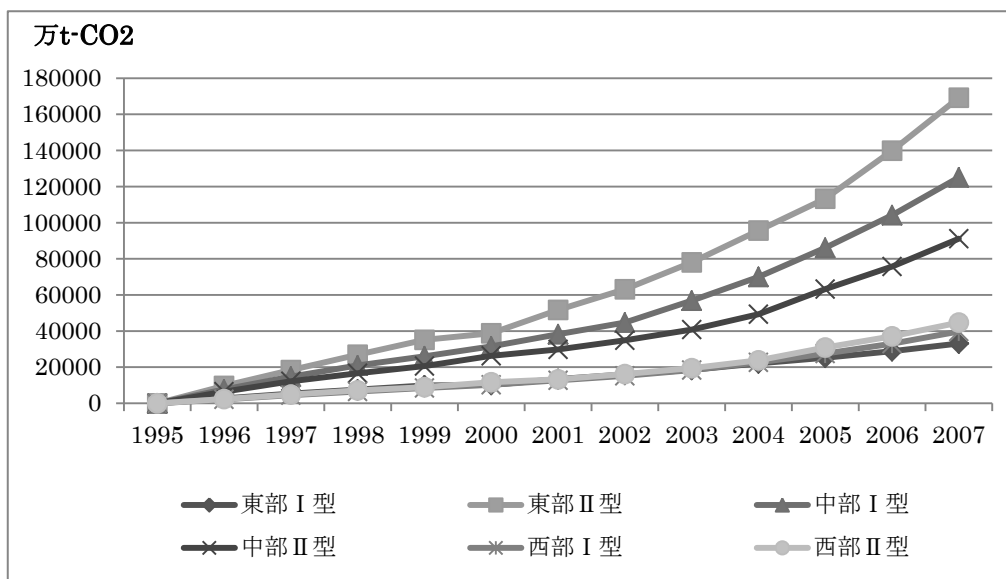
については、全体的に大きくないが、石炭産出の多い中部 I 型では正の寄与が大きいほか、中部 II 型と東部 II 型でもやや大きい。エネルギー源転換が少し進んでいるのは東部 I 型の都市型地域と西部 II 型の西南地域である。前者は都市ガスへの転換、後者は天然ガスと水力利用への拡大がその原因と考えられる。

各類型の寄与の大きさから見ると、東部 II 型が最も大きい値を持っていて、特に経済要因が CO<sub>2</sub> 排出増加に大きな働きをしていることが分かる。次にくるのが中部の I 型と II 型である。他の三つの地域は相対的に小さい。

図 24～図 27 で示しているのは要因別に見た各類型における年ごとの累積要因分析の結果である（1995 年基準）。

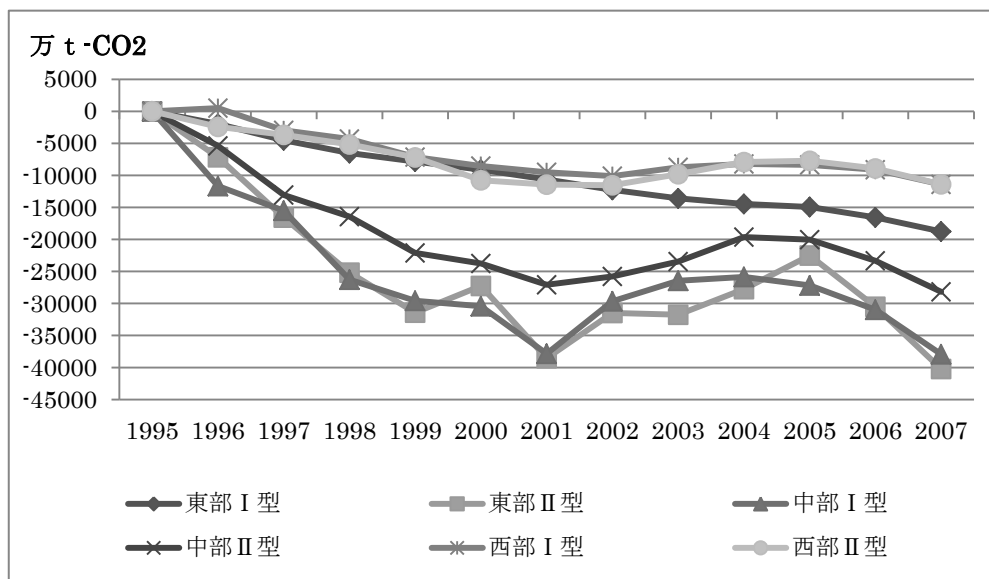
まず、経済要因では、各類型とも CO<sub>2</sub> 排出に増加の寄与が時間と共に、大きくなっていくことが見受けられる。その中で、東部 II 型、中部 I 型、中部 II 型、西部 II 型、西部 I 型、東部 I 型の順になっている。

図 24 各類型の経済要因



出所：筆者作成

図 25 各類型の省エネ要因

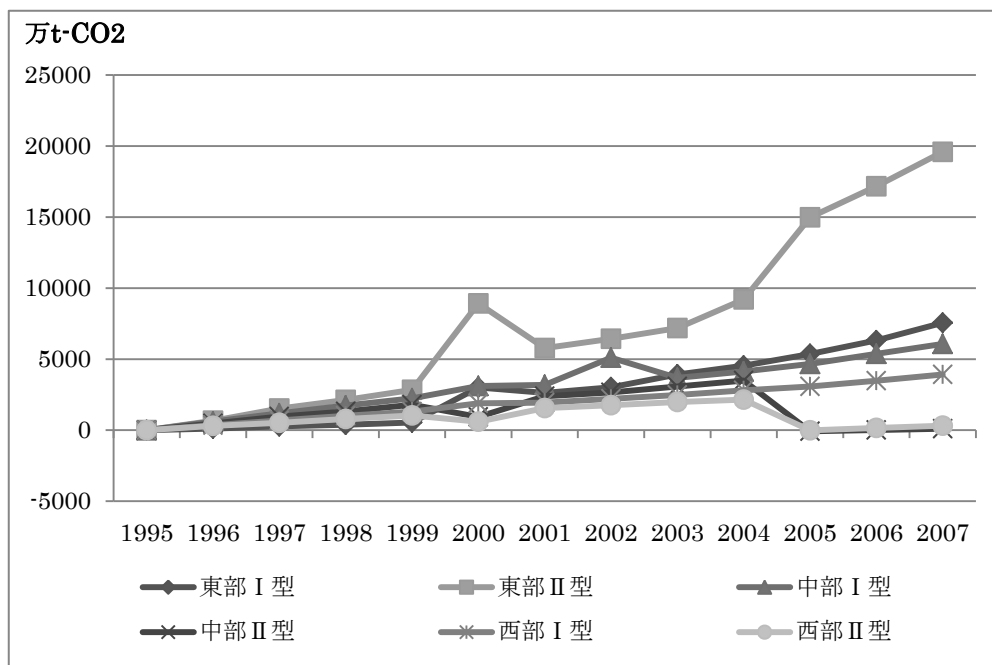


出所：筆者作成

次に、省エネ要因では、各類型とも CO<sub>2</sub> 排出に対して削減に働いており、概ね 2001 年までは時間と共に削減に働いてきた。しかし、その後各地域とも逆の傾向が見られ、2005 年からは再び削減の方向に向かっている。寄与の大きさから見ると、最も省エネの寄与の大きいのは東部 II 型と中部 I 型のような工業化が進んでいる地域である。しかし、この二つの地域では 21 世紀以来の起伏も大きく、いったん中部 II 型の水準近くまで上昇した。あとは中部 II 型と東部 I 型の順になっていて、西部の二つの類型はほぼ同じ形で一番小さい値を取ってきた。

次に、人口要因では、各類型は大部分の年において、緩やかではあるが、増加をに働いてきた。その中で、大きな変動を見せたのは東部 II 型の 2000 年の値である。要因の大きさからすると、やはり東部 II 型が一番大きい。工業化が進んでいるこの地域に人口の規模もまだまだ増加の一途を辿っている。これに対し、中部 I 型と西部 II 型で 2004 年以降低下傾向が見られ、ほぼゼロに近いところまできている。その他の三つの類型は少しずつ増加の傾向で推移してきた。

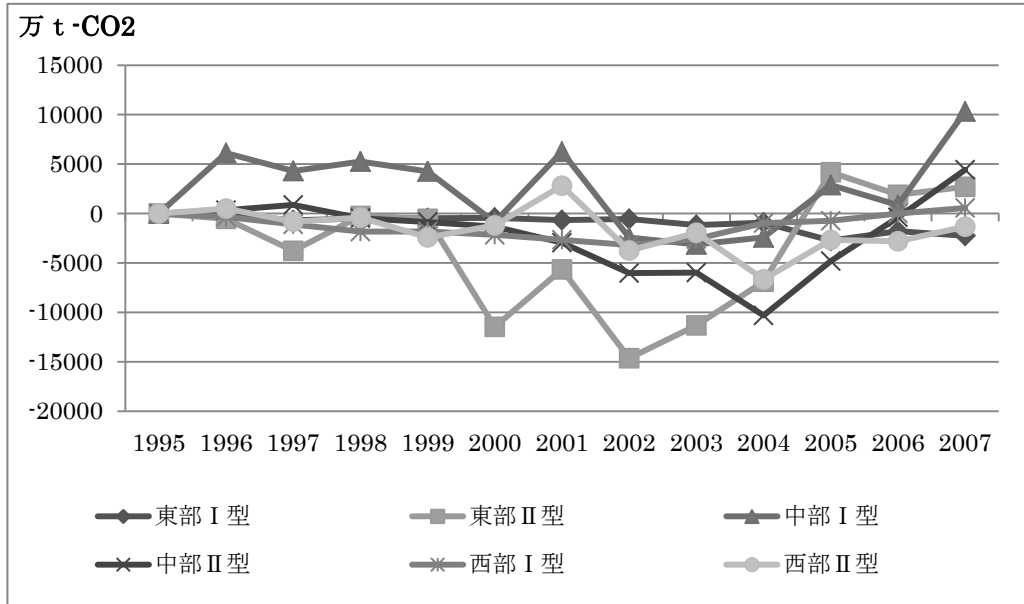
図 26 各類型の人口要因



出所：筆者作成

最後に、エネルギー源転換要因では、各類型への寄与は変動の幅がそれほど大きくないものの、プラスになったり、マイナスになったりして、かなりのばらつきが見られた。東部 II 型では、最初の段階でエネルギー転換要因があまり機能してなかったが、2000 年に入ってから、一旦 CO<sub>2</sub> 排出削減の作用が強くなってきた。2002 年に最低の値を見せてから、再び増加に転じ、2005 年に最大の作用となった。一方、中部 I 型では、最初の頃は CO<sub>2</sub> 排出増加に働いて、その後一旦低下したが、2007 年に最も大きくなっている。他の類型は割りに寄与が小さい。

図27 各類型のエネルギー転換要因



出所：筆者作成

### 5.3 類型別部門別CO<sub>2</sub>排出変化の要因分析

ここでも同様、各類型の部門別CO<sub>2</sub>排出変化の影響要因を見ていこう。

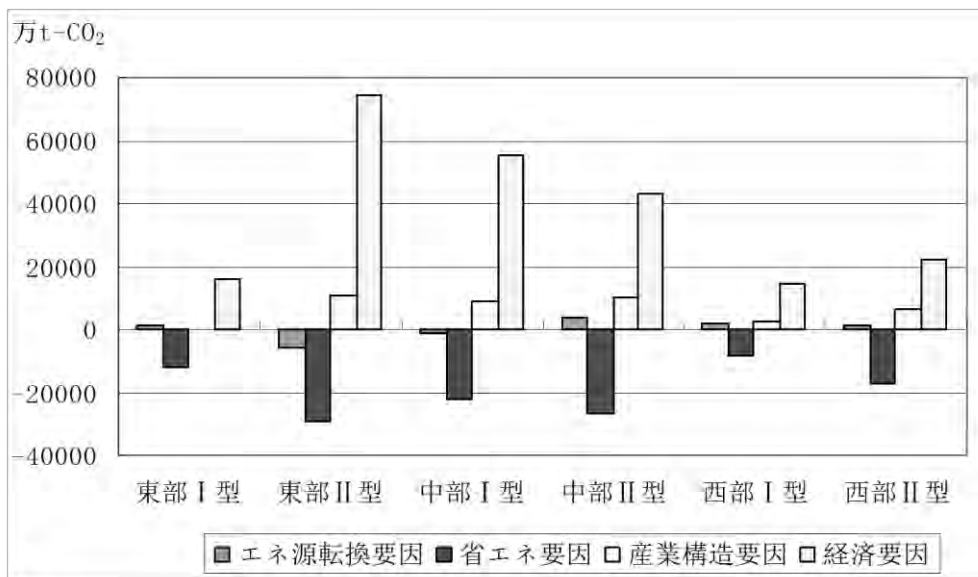
#### 5.3.1 工業部門

まず、工業部門から見てみよう（図28）。すべての地域が経済要因のプラスの働きと省エネのマイナスの働きが基本の構図となっている。工業部門のCO<sub>2</sub>排出量の増加要因は経済の発展によるものが大きい、特に東部沿岸地域と中部地域の力は大きい。これに対して、CO<sub>2</sub>排出量の削減要因は一貫して、省エネによるものが大きい、やはり東部沿海地域と中部地域の働きが大きい。

一方、産業構造要因もすべてプラスになっており、東部II型と中部地域の働きが大きい、西部II型も大きい。これに対し、東部I型の値が小さい。全体として、中国で工業化がまだ進行している中で、東部都市型の北京、上海、天津地域の工業化が収



図28 工業部門の要因分析



出所：筆者作成

束している傾向が見られた。

他方、エネルギー源転換要因では、東部Ⅱ型と中部Ⅰ型がマイナスとなっていて、エネルギー転換はある程度進んでいるが、他の地域がプラスになっており、脱化石エネルギーの方向に向かっていない。

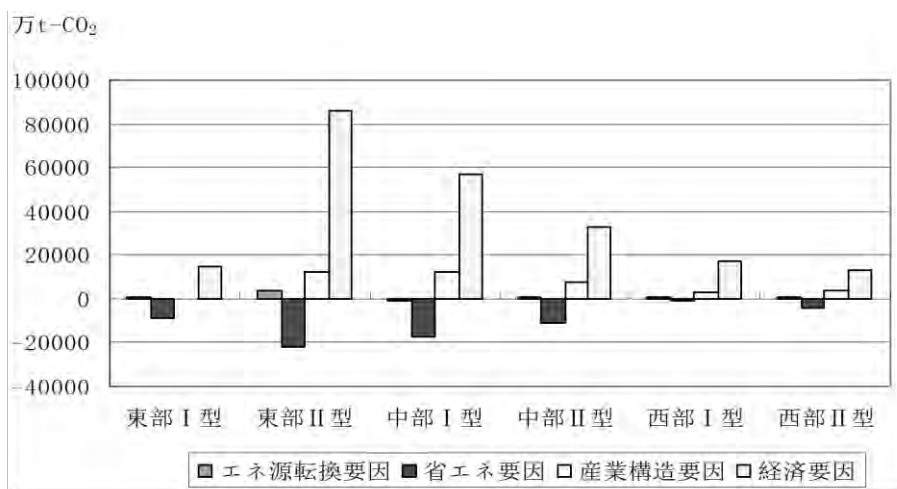
### 5.3.2 転換部門

転換部門も大体工業部門と同じで、経済要因と省エネ要因から成る基本的な構図となっているが、東部Ⅱ型と中部Ⅰ型の経済要因が工業部門以上の値となっている。また、産業構造要因では、東部Ⅰ型の僅かなマイナスを除けば、プラスとなっている。発電などのエネルギー部門は東部Ⅰ型のほかに、まだ拡大の道をたどっていることを意味している。最後のエネルギー源転換要因は東部Ⅱ型のやや大きいプラスを除けば、ほとんど小さい。

### 5.3.3 農業部門

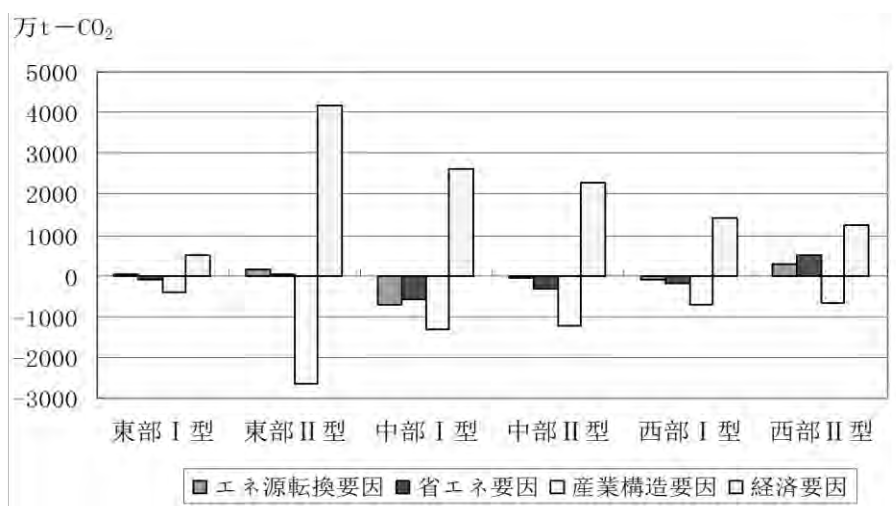
農業部門では、経済要因が工業部門と転換部門と同じで、すべてがプラスの働きとなっているが、その値ははるかに小さい。また、省エネ要因については、前の二つの部門と違って、西部Ⅱ型と東部Ⅱ型が僅かながらもプラスになっている。

図29 転換部門の要因分析



出所：筆者作成

図30 農業部門の要因分析



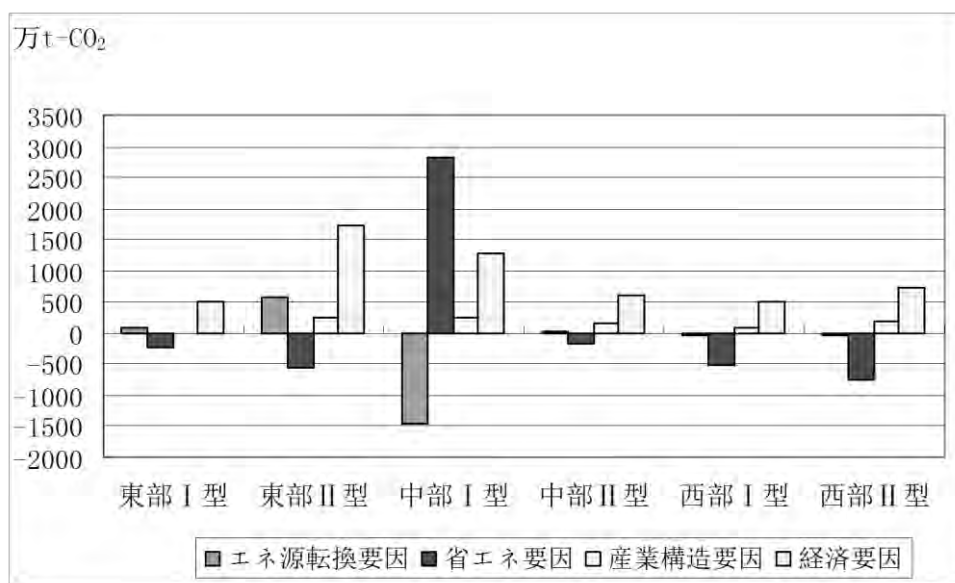
出所：筆者作成

また、産業構造要因が、工業部門と転換部門と違って、すべての地域でマイナスの働きとなっている。農業部門のシェアが縮小していることを意味している。後のエネルギー源転換要因は中部全地域と西部Ⅰ型地域がマイナス、東部全地域と西部Ⅱ型地域がプラスとなっている。

### 5.3.4 建設部門

建設部門では、経済要因がすべての地域においてプラスになっている。省エネ要因が中部Ⅰ型地域の大きなプラスの以外には、マイナスとなっている。産業構造要因がすべてプラスである一方、エネルギー源転換要因が中部Ⅰ型のやや大きいマイナスと東部Ⅱ型のやや大きいプラスの以外には、寄与が小さい。

図31 建設部門の要因分析



出所：筆者作成

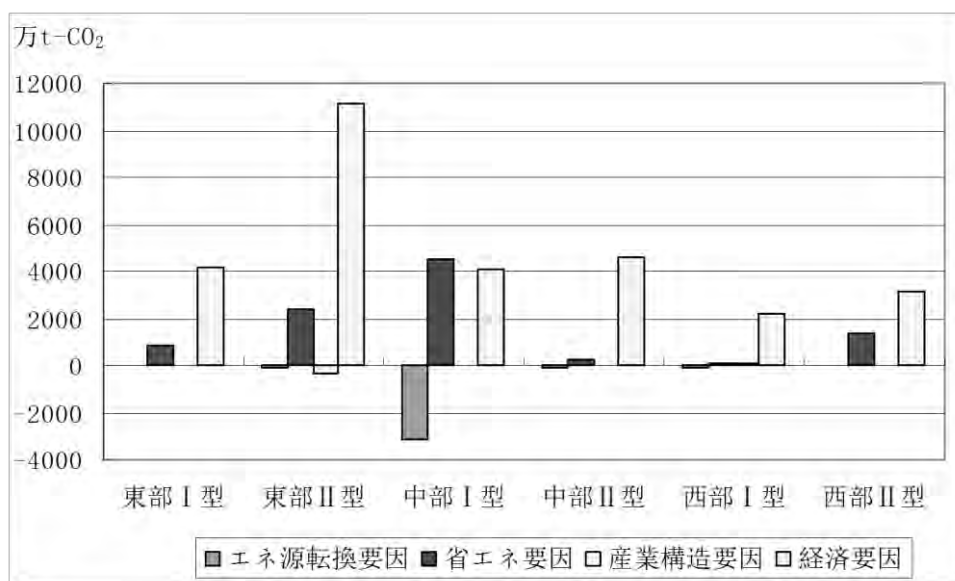
### 5.3.5 運輸部門

運輸部門では、経済要因がすべてプラスということは他の部門と変わりはないが、省エネ要因もすべてプラスになっていることは他の部門と大きな違いがある。エネルギー源転換要因が中部Ⅰ型のやや大きいマイナスを除けば、他の地域での寄与が小さい。産業構造要因については、すべての地域で大きな寄与が見られなかった。

### 5.3.6 商業部門

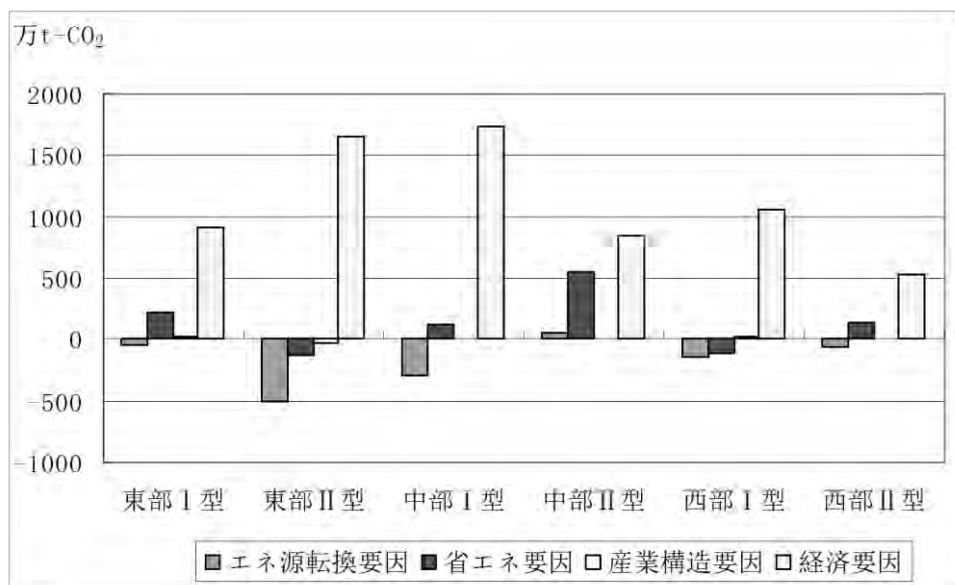
商業部門では、経済要因がすべてプラスであるが、省エネ要因もプラスの地域が多く、その中で中部Ⅱ型が最も大きい。また、産業構造要因の値は大きくないが、東部Ⅱ型のマイナスを除けば、プラスになっている。これに対し、エネルギー源転換要因が中部Ⅱ型の僅かなプラスを除けば、マイナスの寄与をしている地域が多い。その中で、東部Ⅱ型と中部Ⅰ型の値が大きい。

図32 運輸部門の要因分析



出所：筆者作成

図33 商業部門の要因分析

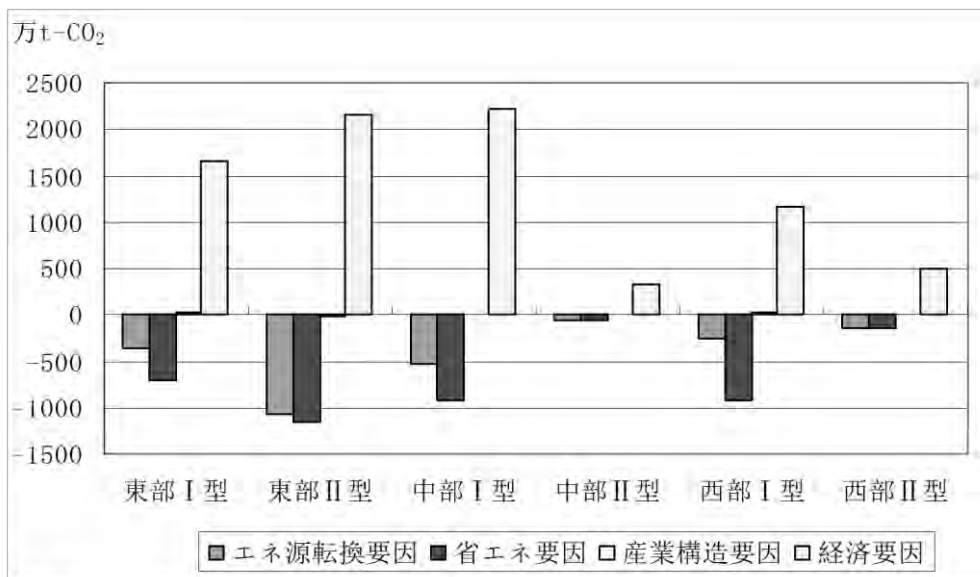


出所：筆者作成

### 5.3.7 サービス部門

最後のサービス業では、経済要因がプラス、省エネ要因がマイナスをしていることは他の多くの部門と共通しているが、産業構造要因も小さいながらもプラスの地域が多い。一方、エネルギー転換要因がすべてマイナスになっていることが他の部門とは違っている。

図34 サービス部門の要因分析



出所：筆者作成

## 6. 中国の低炭素経済転換への対策について

中国政府は2007年から低炭素経済への転換に本格的に取り組み、真剣に努力してきた。幾つかの政策や対策も採ってきた。しかし、大きな成果を収めているとはいえない。まだ始まったばかりである。今後、更なる努力が求められる。そこで、中国の低炭素経済への転換についての問題点と改善の方向性を検討する必要がある。

本研究で明らかのように、中国においては、CO<sub>2</sub>排出量が増え続けてきた。その要因はエネルギー利用と経済発展に関連する指標が大きな影響を与えている。例えば、エネルギー利用指標として、単位エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量を表すエネルギー源の構成や、単位GDPあたりエネルギー消費量を表すエネルギー利用の効率などが挙げられる。また、経済発展の指標として、経済成長率は勿論のこと、単位産出額あたり付加価値を表す付加価値率や、エネルギー多消費産業の変化を含む産業構造の変化なども挙げられる。その他に、人口などの増減も考えられる。

本研究で行った省別・地域別要因分析により明らかのように、中国においてCO<sub>2</sub>排出削減要因として大いに機能しているのは省エネルギー要因であった一方、経済成長はCO<sub>2</sub>排出増加の大きな要因であった。人口要因は汚染排出の増加に働いた。これに対し、エネルギー源転換につながっている脱化石燃料要因はあまり機能していなかった。

ここでは、本研究の分析の結果を踏まえて、これから中国のCO<sub>2</sub>排出に影響を及ぼす諸要因の作用はどうなっていくのか、また有効かつ可能な低炭素経済への転換対策として、何を採るべきかについて検討していきたい。

前述の通り、低炭素経済への転換には、少なくとも以下の四つの手段が考えられる。即ち、エネルギー構造転換、エネルギー効率上昇、経済効率の改善と産業構造の転換、及び人口増加の抑制などの手段である。これらの手段を、それぞれエネルギー構造転換手段、省エネ手段、経済転換手段と人口抑制手段と呼んでおく。

## 6.1 エネルギー構造転換手段

エネルギー低炭素手段とは、CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスを多く排出する石炭、石油、天然ガスなどの化石エネルギーからCO<sub>2</sub>をほとんど排出しない水力、風力、太陽光などの再生可能エネルギー利用（中国では原子力も含む）に転換することを指す。本研究で行った要因分析によって明らかになったように、過去十数年間、中国の各地域とも、エネルギー源転換要因はあまり大きな寄与が見られなかった。つまり、中国では脱石炭への進行はあまり進んでいないと言わざるをえない。この状況は、中国のエネルギー資源の保有状況や経済発展の段階に関係している。中国では長い間石炭中心のエネルギー消費構造からなかなか抜けられない原因は、やはり諸エネルギー資源の中で石炭が数量も一番多く、開発条件（開発コストも含む）も他のエネルギーより容易になっていることにある。かつて、経済発展段階と技術レベルの資金面での制約もあって、石炭よりCO<sub>2</sub>排出の少ない石油と天然ガスを大量に輸入することも、新エネルギー開発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。過去の制約要素が緩和され、エネルギー構造転換の大きな前進を可能にしてきた。これからこのようなエネルギー転換が低炭素経済への転換の大きな手段になる。

エネルギー転換を通して、低炭素経済へ転換する手段として挙げられるのは、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）、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）の三つの方法である。

### 6.1.1 脱化石エネルギー化

中国政府は既に「再生可能エネルギー法」を制定し、「再生可能エネルギー中長期計画」も策定している。その中で、2020年に非化石エネルギーの利用割合が全国一次エネルギー消費の15%とする目標を定めている。



## (1) 水力

中国では水力資源が豊富で、世界第一位の座にある。中国の水力発電の設備容量は200GW（GW=10<sup>9</sup>W）を突破し、世界一になっている<sup>15</sup>。政府は、2020年に15%の再生可能エネルギーのうち、水力からの貢献率は9%に達する計画を立てている。そのため、2020年に水力発電の設備容量は350GWに達する必要がある。毎年10GW以上の新設が求められる。

水力資源の多くは西部地域、特に西部Ⅱ型にあたる西南地域に集中している。この地域は石炭資源も比較的多い地域であるが、その石炭は硫黄分、灰分の含有量が多く、熱量も低い。このため、生産、使用の際の汚染が深刻で、当地及び周辺地域において酸性雨をはじめとする大気汚染の主要原因となっている。この西南地域で水力開発を行えば、石炭の需要、使用量を減少させることが可能となり、ひいてはCO<sub>2</sub>排出の減少につながるであろう。

## (2) 原子力

中国の原子力発電については、その技術と基礎を既に備えている。しかし、原子力発電の割合は僅か1.06%（2009年）、世界平均の16%に比べるとはるかに低い。2007年11月に国家发展改革委員会が作成し、国務院に承認された「国家原子力発電発展計画（2005年～2020年）」が発表された。2020年までに原子力発電所の総容量を4000万KW以上にする目標を立てている。年間の総発電量は約2800億KWHに達し、中国の総発電量に占める原子力発電の割合は4%程度にまで引き上げられることとなる。国家发展改革委員会が発表した「中国の気候変動に対応する政策と行動—2009年度報告」によると、中国は2008年に100万KW級の原子力発電ユニットを新たに14機設置したが、現在建設中の24機と合わせると、総出力は2540万KWに達する見込みとなり、原子力による発電量で世界最大規模となる。原子力発電所の地域分布は、東部Ⅰ型地域に多

---

<sup>15</sup>我国水电装机容量突破2亿千瓦 位居世界第一、<http://biz.cn.yahoo.com/10-08-36/y6yq.html>、2010-08-27

く立地している。これらの地域は、エネルギー資源が不足の上、経済発展のゆえに、エネルギー消費が多い。「北炭南運」、「西炭東運」に頼らざるを得なく、輸送面、環境面での圧力が大きな問題となっている。今後原子力発電を拡充させることによって、こうした問題の解決に資するであろう。ただ、この地域では人口が多く集中しているため、安全面の問題も十分に留意しなければならない。

### (3) 風力

中国での風力発電は2004年から急速に発展してきた。ここ数年は発電容量が倍増を続けており、2009年末には累算出力2580万kWと、米国の3506万kWに次ぐ規模となっている。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。世界風力エネルギー会議（Global Wind Energy Council、GWEC）は、2010年末あるいは2011年末までに中国の風力発電設備の累算出力が米国を上回り、世界最大の風力発電大国になると予測している。また、風力発電システムの製造分野でも中国は世界最大となっており、2009年には生産高が世界の3分の1を占めた。国産ブランドが国内市場に占める割合も85%以上となっており、海外への輸出も開始されている。中国政府の計画では2020年に風力発電の規模は1.5億kWに達し、火力、水力に次ぐ第三位の在来エネルギーとなる。

中国の風力資源は主に北部地域と東部沿岸地域に集中している。特に内蒙古の開発可能な資源は1.5億kW、全国の陸地風力資源の50%を示している（中国可再生能源学会風能専門委員会）。中国政府は内蒙古、新疆、甘肅、河北、吉林、江蘇などの風力資源に恵まれた地域に設備容量1000万kWを超える七つの大型風力発電所を建設する計画を立てている。うち甘肅省酒泉での建設を始め、基礎工事はすでに着工済みで、設備容量は1200万kWを超えている。そのほかに、山東、上海、浙江、福建、広東、広西、海南などの東南沿海地域で海上風力の開発も計画している。既に上海での海上発電所が建設され、運営が始まっている。

中国の風力発電産業の順調な発展を図るためには、まず、風力資源の調査が必要である。風力資源についてのデータがはっきり把握されていないのが現状である。風力資源がどれくらいあるか正確にわからないと、合理的、科学的産業発展計画ができない。中国政府は風力資源が豊富な西北、北部、東北、東部沿海の各地域に高さ70-100メートルの風測塔を400カ所建設し、2年間観測してデータを収集し、国内の風力資源の状況を把握し、効率的な風力発電所建設を目指している。

次に、風力利用の計画と管理、開発と送電網の協調および財政、税収、価格の政策支援などの措置を採る必要がある。風力発電が急ピッチで成長するにつれ、盲目的な開発もみられている。調査によると、無計画かつ無秩序な発電施設の建設のため、東北地区では半数の施設が放置されている。さらに、発電施設と送電施設の建設ペースが統一されていないことなどから、全国的には3分の1の風力発電施設が稼働しても、利用できない状態になっている。

ここでのいわゆる供給能力の過剰問題は、構造的過剰であって、実質的には自主的なコア技術の不足が問題になっている。欧米から輸入設備が中国の国内事情に合わず、特に風力資源が一番豊富な内陸部の西北地域において、風が吹く際に黄砂が飛んでくる。そこで設備があっても、正常に稼働されず、或いは設備の寿命は大幅に短縮される。今後一層の技術開発と発電と送電との接続問題の解決を図る必要がある。

そのほか、人材の育成、確保にも力を入れなければならない。風力発電は急発展し、風力発電関連の企業で働くエンジニアが大幅に不足している問題が発生している。設置している風力発電に関する専門学科の数が少ないことを考えると、大学に学科設置への増加も必要となる。事実上、中国では既にこのような動きが見られている。

#### (4) 太陽光

中国の太陽エネルギー資源は非常に豊富で、理論的資源量は17000億トン標準炭といわれている。その分布は主に西部地域、特にチベット高原、甘粛中北部、寧夏、新疆南部、青海東部、内モンゴル南部及び山西北部、河北西北部などの地域に集中している。

2008年以前、中国の太陽エネルギー産業が東部地域に集積し、それ以降次第に西部地域に拡大する動きが出てきた。

ここ数年で中国の太陽熱エネルギー産業が世界最大市場となった。現在までに、太陽熱エネルギーは標準炭に換算し2億トン相当が利用された<sup>16</sup>。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<sup>17</sup>、2009年の太陽光電池の生産量は世界の40%に上っている。

中国の太陽光発電規模は2010年に50万kWであるが、中国国家能源局が太陽光発電の総出力を2015年までに500万kW、2020年までに2000万kWに引き上げる目標を定めている<sup>18</sup>。電力価格は2015年に1元/KWH以内に抑えて、2020年には火力発電並みの0.6-0.8元/KWHになる予定である。

2010年12月、中国政府が太陽光発電応用モデルとして13の地域を指定した。13のモデル地域は北京、上海、天津、深圳、河南鄭州、安徽合肥、山東德州、江西新余、湖北黄石、湖南湘潭、河北保定、遼寧鞍山、浙江などの開発区に位置している<sup>19</sup>。

### 6.1.2 脱石炭化

石炭は化石エネルギーの中で単位発熱量あたりCO<sub>2</sub>排出量が一番多い。大体石炭を1にした場合は、石油が0.8、天然ガスが0.6という具合である。中国においては、自然資源条件の制約から、エネルギー消費構造を石油中心のものへと発展させることは難しいが、天然ガスについては、将来大きな力を発揮させることが可能である。現在天然ガスが一次エネルギー消費に占める割合は2%に過ぎず、先進国や世界平均の水準を

---

<sup>16</sup>太陽熱エネルギー利用が世界最大、CO<sub>2</sub>排出削減にも貢献—中国、  
<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070911-00000015-rcdc-cn>、2007-9-11日

<sup>17</sup>太陽エネルギー産業の規模が世界第1位、  
<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20090507-00000109-scncn>、2009-5-7

<sup>18</sup>太陽光発電の国内投資加速、5年後には発電能力10倍へ—中国、  
<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20100809-00000001-rcdc-cn>、2010-08-09

<sup>19</sup>石炭、中国力争两年后光伏发电应用规模不低于1000兆瓦、中国新闻网、  
<http://www.cinic.org.cn/site951/nypd/2010-12-06/441519.shtml>、2010-12-06

大きく下回っている。しかし、中国の天然ガス資源の開発潜在力は非常に大きく、さらには周辺国の豊富な天然ガス資源も使用が可能である。CO<sub>2</sub>排出削減の角度から見れば、天然ガスは最もクリーンで効率がが高く、便利な化石エネルギーであり、中国において大きな役割を果たすべきエネルギー源である。今、中国では石油、天然ガスの開発と調達に力を入れており、石油の対外依存率は既に50%以上に達している。天然ガスについては、内陸西部から東部長江デルタ地域に輸送することを進行しているほか、近隣の国からの輸入している。

本研究で明らかになったあまり大きくないエネルギー源転換要因の大部分は、化石エネルギーの中での脱石炭化が大きい。特に生活部門のガス化が進んだ結果と思われる。省別石炭消費の総エネルギー消費の割合を見ると、1995年を1にした場合、2007年に北京と上海だけが大幅に低下（0.6以下）、他の28の省は0.9以上を占める省が20あり、その中で山西省の1.12をはじめ、1以上の省も9がある。これらの省は脱石炭化が全然進んでいないことがわかる。

今後の対策としては、石炭消費の割合を徐々に減らしていく中で、本来石炭に向かう予定の人材、技術、資金などを主に石油、天然ガスなどのエネルギー開発に投入する必要がある。

### 6.1.3 石炭利用の高度化

石炭利用の高度化とは、選炭・水洗い加工、成型炭加工などの成熟技術を普及させると同時に、先端的なクリーン技術の開発、石炭ガス化を中軸にした石炭精製システムを構築することである。

中国では石炭消費の割合が非常に多くて、短期的にはこの状況を変えることが難しい。そこで、いかに石炭利用の過程でCO<sub>2</sub>排出量を下げるのが一つの課題となっている。石炭利用に当たって、CO<sub>2</sub>排出量を削減するために、二つの方法がある。一つはCO<sub>2</sub>を空中に排出する前に捕獲すること、もう一つは燃焼の際にCO<sub>2</sub>排出量を下げること

である。前者はコストが非常にかかる。既存の燃焼設備を改善しなければならないし、同様の発電量で余計に30%以上の石炭が燃やされることになる。今のところ、アメリカで2機の小型発電所しか運営されていない。これに対し、後者の場合は、石炭を燃焼する前に、化学処理を加えれば、空中に排出CO<sub>2</sub>が少なくなる<sup>20</sup>。

石炭ガス化の発展は、コストなどの問題があって、あまり発展してこなかったが、最近になって、天然ガスの価格の上昇に伴って、発展の時期を迎えた。今後中部Ⅰ型と西部Ⅰ型にあたる石炭産地の北部地域で石炭クリーン利用技術の開発を推し進める必要がある。

#### 6.1.4 地域別のエネルギー構造転換の重点

以上で述べた各種のエネルギー構造転換手段はすべての地域において、すべての手段を同様に発展させることは不可能であり、そうすべきではない。各地域の資源保有状況、経済発展レベルなどの実情に合わせ、重点的に発展させる必要がある。

東部Ⅰ型地域では、都市型の地域で、消費される電力などのエネルギーは外部からの供給が多い。そのため、できるだけクリーンなエネルギーに転換する必要がある。例えば、北京、天津の都市住民の冬のボイラー式の暖房供給を従来の石炭から石油や天然ガスに転換することや、都市住民の厨房用エネルギー供給が都市ガスに転換することなどが上げられる。

東部Ⅱ型地域では、経済が発達している沿岸部の地域で、エネルギー消費量が多く、内陸から大量のエネルギー供給に頼ることは運輸能力やコストのことを考えると、限界がある。これらの地域では運輸量の少ない原子力を多く利用することが考えられる。ただ、人口密度も多い地域で安全の確保が求められる。また、海上に風力資源が多いといわれているので、風力の利用に力を入れるべきであろう。

中部Ⅰ型地域では、石炭の産出が多い地域で、石炭の高度利用が求められる。同じ

---

<sup>20</sup> 从黒煤炭中挖出清洁能源、<http://biz.cn.yahoo.com/yphen/20101115/85961.html>、2010-11-15

北方に位置する西部Ⅰ型地域では、石炭高度利用のほかに、風力資源が非常に豊富で、風力の利用が大いに期待される。

また、西部Ⅱ型地域では、水力と天然ガス資源が豊富であることは特徴となっていて、エネルギー利用の重点はこの二つのエネルギーにする必要がある。最後の中部Ⅱ型地域では、中国のほぼ中央に位置していて、交通も便利であるため、各種エネルギーの総合的利用が可能である。

## 6.2 省エネ手段（技術手段）

省エネ手段とは、エネルギー利用効率の向上を通して、単位GDP産出のエネルギー消費を低減し、相対的に同様の産出量あたりのCO<sub>2</sub>の排出低減を実現する手段である。

CO<sub>2</sub>排出量はエネルギー消費量に依存するので、排出量を抑制するには、まずエネルギー利用の効率化、すなわち省エネルギーを進めることが必要である。普段はエネルギー利用の効率は単位エネルギー消費あたり産出で表すことが多い。エネルギー利用効率の向上により、一次エネルギー消費量の削減を通して、CO<sub>2</sub>排出の減少につながる。すなわち、エネルギー効率の向上は、中国エネルギーの発展戦略だけでなく、環境保護戦略においても重要な役割を果たすことは明らかである。たとえば、発電専用方式（熱効率約40%）から熱併給方式（熱効率約75%）へと転換すれば、一次エネルギー消費量は大幅に削減される。

改革・開放以来、エネルギー利用効率の向上は、中国政府のエネルギー政策における重要な取り組みの一つである。経済成長に伴ってエネルギー消費は急増し、エネルギー供給が開発や輸送の問題で追いつかないために、需要者サイドの対応策として省エネルギーが非常に精力的に進められた。

前述の要因分析で明らかになったように、過去十数年間、省エネはCO<sub>2</sub>削減の主な手段となってきた。言い換えれば、もしこのようなエネルギー効率上昇がなければ、中国では同じ経済規模の下で、現在よりもっと多くのCO<sub>2</sub>を排出するであろう。中国

では、第十一次五ヵ年計画（略称「十一五」）から、2010年に単位GDPあ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定め、いろいろな手を打って、努力している。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、省エネの余地が大いに残っている。中国国家発展改革委員会によると<sup>21</sup>、中国の国内総生産（GDP）が世界総計に占める割合は8%であるが、エネルギー消費量は同18%に上っている。エネルギー効率の向上、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。また、中国域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、CO<sub>2</sub>を削減する余地が大きいと考えられる。

中国のエネルギー効率を向上させるには、まず、工業部門の効率改善が必要となる。次に、電力、熱供給のエネルギー転換部門における効率の改善が必要である。さらには、資源の循環利用も重要な役割を果たす。

### 6.2.1 工業部門の効率改善

今の中国は、発展途上国から中等発展国へ向けた重要な一步を踏み出したところである。工業化の初期から工業化への転換を実現し、工業化の後期へと向かっている。この過程において、工業が、規模拡張型から経済効率重視へと発展するため、工業部門のエネルギー消費原単位の大幅な低下が期待されている。

本研究でも明らかなように、中国では工業部門からのCO<sub>2</sub>排出量が特に多い、この意味では、中国の工業部門、特に製造業部門におけるエネルギー利用効率の向上がCO<sub>2</sub>排出の削減に大きな役割を果たすことは明らかである。今までの主要業種での対策内容は、①設備、プロセス変更はせず、エネルギー管理の改善・強化(ソフト面での改善)、②小規模投資で排熱を回収・利用するための設備附加と、設備改善、③従来の設備、プロ

---

<sup>21</sup>中国 GDP が世界に占める割合は 8%、エネルギー消費量は 18%—中国国家発改委、<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20100824-00000006-rcdc-cn>、2010-08-24



セスを大幅に変更し、高効率なものにする、という3段階で対策が進められているが、今後一層のエネルギー利用効率向上にはさらなる技術開発が必要である。特に、エネルギー多消費産業に力を入れるべきである。例えば、鉄鋼業の場合は、高効率設備(乾式TRT、ガスタービン複合発電、直流式電気炉)、排熱回収(他産業、地域への熱供給)、次世代技術(溶融還元製鉄法、半凝固プロセスなど)、高効率設備(多段粉砕、ロールプレス方式、堅型ローラミル)などが挙げられる。また、セメント製造の場合は、次世代技術(流動床セメント焼成システム)の開発が必要となる。なお、石炭・石油化学工業の場合は、プロセスの高度化、マイルドな(低温、低圧)生産プロセスの開発、ケミカルヒートポンプ、廃棄物(不要な副生成物)の少ない生産プロセスなどが挙げられる。紙・パルプの場合は、高効率設備(蒸解、パルプ洗浄、サイドプレス、漂白、脱リグニン工程)、古紙利用の拡大、残材・低質材の活用などが挙げられる。

### 6.2.2 転換部門の効率向上

中国では、化石燃料全体の約1/3が発電に利用されており、発電効率の向上はCO<sub>2</sub>排出量の削減に直接結び付いている。現在、天然ガスや軽質油を燃料とするシステムは実用化しており、主力燃料として石炭を用いる石炭ガス化複合発電システムも開発中である。複合発電は高温ガスタービンと蒸気タービンの併用方式で、従来の蒸気タービンによる発電効率の上限(40%以下)を超える高効率実現が可能である。より高効率の発電システムとして、燃料電池発電、コージェネレーション用発電システムなどの開発にも力を入れるべきである。

また、発電排熱の有効利用で、総合熱効率を75~80%にまで高めることができる。実際には、熱の遠方輸送は電気以上に困難であり、発電システム近傍での電気と熱の需要バランスを考慮した利用体系を作る必要がある。

### 6.2.3 循環型社会の推進

鉄、アルミニウム、紙、プラスチックなどの製造には多くのエネルギーが消費されている。これらを用いた製品の廃棄は、エネルギーと資源を捨て、ゴミを増加させることになる。アルミニウムの再生に必要なエネルギーは、ボーキサイトから生産する場合の僅か10～20%で済む。鉄鋼を完全にスクラップだけから製造する場合には、約2/3のエネルギーの節約ができる。新聞用紙は古紙、再生紙から作れば、パルプから作るより25～60%もエネルギーが節約できる。牛乳、飲料水の容器を紙やプラスチック製からガラス製にし、回収・再利用することでも、エネルギーと資源が節約できる。すでに、先進国では、消費者レベルでのゴミ分別・回収に着手し、金属、紙、プラスチックなどの包括的・系統的リサイクルが開始されているが、中国の場合はまだそこまで至っていない。

地域的な観点からすれば、各地域において省エネの重点が異なる。

まず、前述の西部Ⅰ型と中部Ⅰ型にあたる中国の北部内陸地域で省エネを重点に置くべきである。これらの地域は、石炭産地として知られ、たくさんの石炭を全国の各地に供給している。本来なら、地産地消で石炭の運輸コストが余りかからないので、エネルギー利用コストが安いというメリットがある。なぜ、実際にはこれらの地域でエネルギー利用効率が最も悪いなのか。考えられる原因は、勿論省エネ技術が東部地域より劣っているのが大きな原因ではあるが、ほかにもある。まず、資源がたくさんあるから、かえって節約意識が薄くなっているかもしれない。また、これらの地域では、もともと資源・原材料産業といった重工業中心の産業構造で、単位産出あたりエネルギー消費が多い。それにたくさんの古いエネルギー効率の低い設備が運営されている。したがって、この類型の地域では、今後省エネ技術をさらに高めると同時に、エネルギー節約の意識も高めなければならない。また、全国に位置付けられた産業構造を高度化して、古い設備を更新する必要がある。

東部地域では、経済発展のレベルが高く、技術的にも進んでいるため、新しい省エネ技術の開発や先端設備の導入などにより、日本のような先進国の省エネ水準に達す

れば、さらなるエネルギー効率の改善が生まれる。「十一次五ヵ年計画」に定めた各省の2010年末の省エネ目標の達成状況をみると、北京と天津で既に2009年に達成しており、他の東部地域でも80%以上の達成率ができている<sup>22</sup>。これらの地域のさらなる省エネが期待できる。今策定中の「十二次五ヵ年計画」において、国の省エネ目標は15～20%にしている<sup>23</sup>。東部地域も重要な鍵を握っている。

### 6.3 経済転換手段

一般的に、経済成長はエネルギー消費及び汚染物質の増加を伴っている。私たちにあっては厄介な問題である。経済成長を放棄してCO<sub>2</sub>排出を削減するか、またはCO<sub>2</sub>の排出を見返りして経済成長を維持するかという選択に迫られる。大部分の人々は経済成長を犠牲にして、CO<sub>2</sub>排出削減の目標を達成するのは抵抗感がある。特に経済発展レベルがまだ低い途上国にとっては、経済発展が優先となる。

#### 6.3.1 経済効率の改善

本研究が行った分析で既に見たように、経済成長要因については、どの地域でも、またどの部門でもCO<sub>2</sub>排出のプラス要因となっている。中国のCO<sub>2</sub>排出の増加は概ね経済成長によるものと見てきた。しかし、中国の経済発展はまだ低い水準にあり、今後規模拡大の可能性は十分にあるであろう。その意味では、中国の経済成長によるCO<sub>2</sub>排出の増加は避けられない。問題なのは、経済成長率とCO<sub>2</sub>排出の増加率の関係である。つまり、経済効率を高めることで、単位産出あたりCO<sub>2</sub>排出濃度を下げることである。結果的に、必ずしも経済成長と同程度のCO<sub>2</sub>排出増加が起こらない。もし単位GDP当りCO<sub>2</sub>排出が大幅に低減されれば、経済規模が増大しても、汚染排出の削減あ

---

<sup>22</sup>中国国家发展和改革委员会、2009年各省市自治区直辖市节能目标完成情况、  
<http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbgg/2010gg/W020100624356964628637.pdf>, 2012-06-21

<sup>23</sup>十二五节能目标将发布 单位GDP能耗降幅低于20%、中国证券报、2010-10-14、  
<http://biz.cn.yahoo.com/yphen/20101014/47583.html>

るいは緩慢増加が実現できるであろう。

本研究の地域別の検討からは、経済力の高い東部 I 型が最も効率的な排出をしていることが明らかになった。そこで、各地域で仮に東部 I 型並みの排出水準になった場合、簡単に換算すると、中国全土では38.8%の削減効果をもたらすことになる。もちろん、これはあくまでも一種の仮説で、各地域の事情はそれぞれであるから、必ずしも東部 I 型と同じようにはならない。しかし、CO<sub>2</sub>排出量削減の潜在力がかなり存在することは明らかである。また中国国内においてもそれほどの差があるだけでなく、日本のような先進国に比べるとまだまだ差が大きいこと。東部 I 型地域でもまだまだ効率上昇の余地があるに違いない。

### 6.3.2 産業構造の高度化

経済転換のもう一つの手段は、産業構造の高度化にある。単位産出あたりCO<sub>2</sub>排出の多い産業から排出の少ない産業への転換によって、同様のGDPを達成するのにCO<sub>2</sub>排出量の減少、または同様のCO<sub>2</sub>を排出するのにGDPの増大を実現する手段である。

周知のように、単位産出あたりエネルギー消費の多い産業（いわゆるエネルギー多消費産業）の多くは鉄鋼、一次金属、セメント、化学などの重工業で、軽工業や第三次産業などの産業は単位GDPあたりエネルギー消費が少ない。したがって、産業構造が第三次産業への転換を通して、CO<sub>2</sub>排出削減ができる。ただし、それは容易ではない。なぜなら、産業構造の転換は内在の規律があるからである。経済発展の初期段階（いわゆる工業化段階）において、大規模なインフラ整備が必要で、上述のエネルギー多消費の製品への需要が高まり、エネルギーへの需要も下がることができない。しかし、それは私たち人類にとっては、何の打つ手もないというわけではない。中国では全体的に工業化段階の最中であるが、既に工業化後期や脱工業化段階に入っている省もある（表4を参照）。これらの省は東部沿岸地域に位置して、サービス業、特に現代サービス業を大いに発展させる必要がある。本研究でも明らかにしたように、東部

都市型の北京、上海、天津地域の工業化が収束している傾向が確認された。また、東部Ⅱ型の各省も工業化の後期に入り、意識的にサービス業を発展させる必要がある。他の工業化段階にある各省は、工業内部の構造転換や機器設備の更新などをする必要がある。

#### 6.4 人口抑制手段

他の条件が同一の場合、人口が多いほどCO<sub>2</sub>排出も多い。人間は自然界の一員として、製品を消費したり、エネルギーを消費したりして、汚染を排出する。中国のCO<sub>2</sub>排出量は世界で第一位になるのも膨大な人口数と密接な関係がある。前述の要因分析からもわかるように、中国の人口要因はCO<sub>2</sub>排出量の増加要因になっているが、経済要因と比べるとそれほど大きくない。この間、中国ではいわゆる「一人子政策」を採っていて、人口の増加が鈍化してきた。それによって、CO<sub>2</sub>排出量の増加も相応的にある程度遅らせた。言い換えれば、もし中国の「一人子政策」（この政策の是非は別にして）がなければ、中国のCO<sub>2</sub>排出量はさらに増えるであろう。この視点から見れば、CO<sub>2</sub>削減に大きく貢献したと言える。しかし、現在中国の人口数はすでに13億人以上に達している。今の政策を続けていくとしても、ピークに至るまでは人口の更なる増加は避けられない状況になっている。さらに、中国の「一人子政策」は実施されてもう30年以上経った今、それによる社会への影響は非常に深刻になってきた。例えば人口の高齢化問題や、性別のアンバランスの問題など様々に露呈し始めた。これからは中国の人口増加はまだまだ続くと思われる。したがって、人口要因のCO<sub>2</sub>排出量に対する影響は今まで通り増加の作用は暫く続くであろう。ただ大きな増加要因にはならないと思われる。

中国各地の人口の出産率と地域的人口移動からすると、今後東部沿岸地域と内陸部地域の人口増加の差がそれほど多くないと思われる。したがって、人口要因によるCO<sub>2</sub>排出の影響の地域格差も大きくないであろう。

## 7. 結 論

本研究は、まず中国における1995～2007年の省別・部門別CO<sub>2</sub>排出量を推計し、その排出構造を分析した。その上で、省別・部門別CO<sub>2</sub>排出量の影響要因について検討した。ここで、明らかになったのは、以下の通りである。

### 7.1 省別CO<sub>2</sub>排出構造

中国のCO<sub>2</sub>排出量の省別格差は30倍以上に上っていて、特に経済発展している沿岸部の排出量が多い。1995-2007年のCO<sub>2</sub>排出量の増加率は内モンゴル、寧夏などの西部地域が大きい。全体として、ほとんどの省において、2000年以降に増加率が上昇している。ここから中国のCO<sub>2</sub>削減の圧力が益々高くなってきていることが窺える。

各省の部門別CO<sub>2</sub>排出構造では、工業部門と転換部門の割合が大きい。大部分の省においてこの二つの部門のCO<sub>2</sub>排出量をあわせると、総排出量の80%以上を占めている。ただ、工業部門の割合が徐々に低下してきたのに対して、転換部門が逆に増大した傾向が見られた。中国はまだ工業化の段階にあり、今後CO<sub>2</sub>排出もさらに増えそうであろう。

単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量の省別格差が7.8倍。2t-CO<sub>2</sub>/万元以下となっている省はすべて沿海地域に位置している。一方、63t-CO<sub>2</sub>/万元以上となっている省は中西部に位置している。これは、中国の経済発展のレベルに一致している。即ち、経済発展の進んでいる沿海地域の排出強度が低く、経済発展の遅れている地域の排出強度が高くなっている。時系列的に、単位GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量は大体減少傾向にあるが、減少幅が大きいのは北京、天津、上海、重慶の直轄市や東北三省、西南の四川などの省である。一方、一向に減少しない寧夏、雲南と海南のような省も存在している。ここからは中国の省別格差の大きさと多様さが窺える。

省別一人あたりCO<sub>2</sub>排出量は大きく増加し、省別の格差も一段大きくなった。2007年の時点で5.7倍にも上った。排出の多い省は、石炭利用割合の多い北部の石炭産地とエネルギー消費量の多い沿岸部の経済発展レベル高い省である。

## 7.2 省別CO<sub>2</sub>排出要因

まず、中国の省別CO<sub>2</sub>排出量変化要因をマクロ的に分析した結果、ほとんどの省において、経済規模要因がCO<sub>2</sub>排出増加に働き、省エネ要因がCO<sub>2</sub>排出削減に働いている。中国のCO<sub>2</sub>排出に影響を及ぼす基本的な構図としては、経済成長によって、CO<sub>2</sub>排出増加に大きく寄与している一方、省エネによってCO<sub>2</sub>排出削減に大きく貢献していることが鮮明である。また、エネルギー源転換要因と人口要因の寄与は小さく、特にエネルギー源転換要因の寄与がプラスになったり、マイナスになったりしている状態にある。要因ごとに見た場合、まず、経済規模要因ではすべての省においてプラスになっている。大雑把に言えば、経済規模の大きい省や経済成長率が速いほど寄与が大きく、経済規模の小さい省や経済成長率が低いかほど寄与が小さい。次に、省エネ要因では、寄与の大小は、各省のエネルギー効率の改善度合いに関連している。石炭産出量の多い華北地方と東北地方で、元々エネルギー効率が極めて悪かった地域で大きな改善が見られた。一方、省エネ要因の寄与の小さい省の多くは、経済発展があまり発達していない地域である。また、人口要因では、26の省はプラスに働いている。その中で、特に寄与が大きいのは、GDPの規模の大きい省で、且つ一人あたりGDPの大きい省が多くなっている。最後に、エネルギー源転換要因では、2/3の省でマイナスの寄与がある一方、1/3の省はプラスの寄与をしている。その中で、マイナスとプラスの寄与の大きい省はエネルギー消費規模の大きさと単位エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量の変動に関係している。エネルギー消費が多ければ多いほど正負に拘らず、その寄与が大きくなる。また、単位エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量が多ければ多いほど、単位発熱量あたりCO<sub>2</sub>排出量の多い石炭を多く消費することになる。期間中に単位エネルギー

消費あたりCO<sub>2</sub>排出量の変動が大きければ大きいほど、エネルギー転換要因が大きくなる。

次に、各省の部門別CO<sub>2</sub>排出変化要因を見た場合は、経済要因がすべての省の全部門において、プラスに働いている。ここでは、中国経済の全体がまだまだ規模を拡大していることをもう一度確認することができた。その中で、特に寄与が大きいのは工業と発電などの転換部門である。これは、中国経済はまだまだ工業中心であり、CO<sub>2</sub>排出の多い部門が主導している証拠である。一方、省別の中では、工業及び転換部門の値が大きいのは、経済規模の大きい省と石炭産地としてよく知られている地域である。また、省エネ要因では、経済要因と違って、多くの省において多くの部門の省エネ要因がCO<sub>2</sub>排出量変化の削減要因となっていることを意味している。中でもやはり工業と転換部門の寄与が大きい。また、構造要因では、省エネ要因と違って、多くの省において、多くの部門がプラスの寄与をしている。これは、中国において、産業構造変化によるCO<sub>2</sub>排出量への影響はまだまだ増大の一途にたどっていることを意味している。各部門の影響については、農業のシェアが低下する傾向は各省でも共通しているが、大きな役割を果たしている工業部門と転換部門の働きは、北京、上海を除くすべての省がプラスになっている。建設業においては、北京を除くすべての省がプラスになっている。これは今の段階の中国では工業化が進み、工業と建設業の発展及びエネルギー転換部門の拡大が、CO<sub>2</sub>排出の増加につながっていることの証拠である。一方、運輸業、商業とサービス業のいわゆる第三次産業については、各省でプラスになったり、マイナスになったりして、まちまちであるが、大抵ほとんどの省でこの三つの部門が同じ傾向を示している。マイナスになっている省は、大体工業の成長が著しい、または重工業のシェアが大きい省が多い。最後に、エネルギー転換要因については、省別・部門別にかかなりの差があり、プラスとマイナスの傾向はまちまちであるが、他の要因より値が小さい。これは、中国においてエネルギー源の転換があまり進んでいないことを示している。



### 7.3 地域別CO<sub>2</sub>排出構造

中国の省別CO<sub>2</sub>排出と経済との関係を総合的に考慮して、地域的つながりも視野に入れて、中国の低炭素経済地域を東部Ⅰ型、東部Ⅱ型、中部Ⅰ型、中部Ⅱ型、西部Ⅰ型、西部Ⅱ型のようにそれぞれ分類した。その中で、経済水準が最も高いのは東部Ⅰ型で、次は東部Ⅱ型である。それに対し、中部Ⅰ型が平均に近く、やや低めで、他の地域では平均より低い。最も低いのは西部地域である。エネルギー効率が最も高いのは東部地域で、これに対し、エネルギー効率が低いのは中部Ⅰ型と西部Ⅰ型で、特に西部Ⅰ型では最も悪くなっている。一人あたりCO<sub>2</sub>排出量の最も多いのは東部Ⅰ型で、その次は中部Ⅰ型、東部Ⅱ型の順で、この三つの地域では平均以上の排出量を見せている。ほかの中西部の三つの地域では、平均より低く、特に西部Ⅱ型にあたる西南部地域では最も低い。また、GDPあたりCO<sub>2</sub>排出量の最も高いのは中部Ⅰ型地域で、その次は西部Ⅰ型地域である。東部地域では排出強度が低く、特に東部Ⅰ型では大きな改善が見られた。他の地域では平均値に近いが、中部Ⅰ型で平均より高い一方、西部Ⅱ型で平均より低く、最も排出強度の低い地域となっている。最後に、エネルギー消費あたりCO<sub>2</sub>排出量については、大雑把に言うと、中部地域では平均より高く、東部と西部地域では平均より低いと見受けられる。その中で、エネルギー排出原単位が最も高いのは中部Ⅰ型で、最も低いのは西部Ⅱ型である。他の地域では、その中間に位置している。

### 7.4 地域別CO<sub>2</sub>排出要因

まず、地域別CO<sub>2</sub>排出量の変化要因をマクロ的に見た場合、各類型とも経済要因が最も大きく、しかもすべてCO<sub>2</sub>排出の増加要因となっている。一方、すべての省エネ要因ともCO<sub>2</sub>排出の削減要因になっているが、いずれも寄与の値が経済要因より小さい。人口要因については、すべての類型がCO<sub>2</sub>増加の働きをしているが、それほど大きくない。他方、エネルギー源転換要因については、全体的に大きくないが、やや進

んでいるのは都市ガスへの転換に当たる東部Ⅰ型の都市型地域と天然ガスと水力利用への拡大に当たる西部Ⅱ型の西南地域である。要因ごとに見ると、まず、経済要因では、各類型ともCO<sub>2</sub>排出に増加の寄与が時間と共に、大きくなっている。その中で、東部Ⅱ型、中部Ⅰ型、中部Ⅱ型、西部Ⅱ型、西部Ⅰ型、東部Ⅰ型の順になっている。次に、省エネ要因では、各類型ともCO<sub>2</sub>排出に削減に働いているが、2001～2005年の間、各地域とも逆の傾向が見られた。省エネの寄与が最も大きいのは東部Ⅱ型と中部Ⅰ型のような工業化が進んでいる地域である。また、人口要因では、各類型は大部分の年において、緩やかではあるが、増加に働いてきた。特に工業化が進んでいる東部Ⅱ型が人口の規模もまだまだ増加の一途を辿っている。最後に、エネルギー源転換要因では、各類型の寄与は変動の幅がそれほど大きくないものの、プラスになったり、マイナスになったりして、かなりのばらつきが見られた。

次に、地域別・部門別CO<sub>2</sub>排出変化の要因を見た場合、工業部門がすべての地域で経済要因のプラスの寄与と省エネのマイナスの寄与が基本の構図となっている。全体的に、工業部門のCO<sub>2</sub>排出量の増加は経済の発展によるものが大きい、産業構造変化もCO<sub>2</sub>排出増加の一因になっている。これに対して、CO<sub>2</sub>排出量の削減は省エネによるものが大きい、両方とも東部沿岸地域と中部地域で寄与が大きい。全体として、中国で工業化がまだ進行している中で、東部都市型の北京、上海、天津地域の工業化が収束している傾向が見られた。他方、エネルギー源転換要因では、東部Ⅱ型と中部Ⅰ型がマイナスとなっていて、エネルギー転換はある程度進んでいるが、他の地域がプラスになっており、脱化石エネルギーの方向を向かっていない。

転換部門も大体工業部門と同じで、経済要因と省エネ要因が基本的な構図をしているが、東部Ⅱ型と中部Ⅰ型の経済要因が工業部門以上の値をとっている。また、産業構造要因では、まだ拡大の道にたどっている。エネルギー源転換要因は東部Ⅱ型のやや大きいプラスを除けば、ほとんど小さい。

農業部門では、経済要因のすべてがプラスの要因となっているが、その値ははるか

に小さい。また、省エネ要因については、西部Ⅱ型と東部Ⅱ型が僅かながらもプラスになっている。産業構造要因がすべての地域でマイナスの寄与となっている。エネルギー源転換要因は中部全地域と西部Ⅰ型地域がマイナス、東部全地域と西部Ⅱ型地域がプラスとなっている。

建設部門では、経済要因がすべての地域でプラスになっている。省エネ要因が中部Ⅰ型地域で大きなプラスとなっている以外には、マイナスとなっている。産業構造要因がすべてプラスである一方、エネルギー源転換要因が中部Ⅰ型のやや大きいマイナスと東部Ⅱ型のやや大きいプラスの以外には、寄与が小さい。

運輸部門では、経済要因がすべてプラスに、省エネ要因もすべてプラスになっている。エネルギー源転換要因が中部Ⅰ型のやや大きいマイナスを除けば、他の地域の寄与が小さい。産業構造要因については、すべての地域で寄与が小さい。

商業部門では、経済要因がすべてプラスであるが、省エネ要因もプラスの地域が多く、その中で中部Ⅱ型が最も大きい。また、産業構造要因の値は大きくないが、東部Ⅱ型のマイナスを除けば、プラスになっている。これに対し、エネルギー源転換要因がマイナスの寄与をしている地域が多い。

サービス業では、経済要因がプラス、省エネ要因がマイナスとなっているが、産業構造要因も小さいながらもプラスの地域が多い。一方、エネルギー源転換要因がすべてマイナスになっている。

## 7.5 中国の低炭素経済転換への対策について

低炭素経済への転換には、エネルギー構造転換手段、省エネ手段、経済転換手段と人口抑制手段の四つの手段が考えられる。

エネルギー構造転換手段においては、脱化石エネルギー化、脱石炭化と石炭利用の高度化の三つの方法が挙げられる。脱化石エネルギー化の手段は、水力、風力、太陽力のような再生可能なエネルギー及び原子力エネルギーの利用を推進することであ

る。脱石炭化手段においては、今までのエネルギー源転換手段の中で、脱石炭化によるものが大きい。今後、自然資源条件の制約から、石油中心のものへと発展させることは難しいが、天然ガス利用については、大いに潜在力が残っている。石炭利用の高度化については、中部Ⅰ型と西部Ⅰ型にあたる石炭産地の北部地域で石炭クリーン利用技術の開発を推し進める必要がある。

地域別のエネルギー構造転換の重点としては、東部Ⅰ型地域では、クリーンなエネルギーに転換する必要がある。東部Ⅱ型地域では、原子力と海上風力の利用に力を入れるべきである。中部Ⅰ型地域では、石炭の高度利用が求められる。西部Ⅰ型地域では、石炭高度利用のほかに、風力の利用が大いに期待される。西部Ⅱ型地域では、水力と天然ガス利用に重点を置くべきである。中部Ⅱ型地域では、各種エネルギーの総合的利用が可能である。

省エネ手段については、主にCO<sub>2</sub>削減の主な手段となってきた。今後、工業部門の効率改善とエネルギー転換部門効率の改善が必要である。工業部門の効率改善については、今までの主要業種での対策内容は、エネルギー管理の改善・強化と設備附加・設備改善、設備・プロセスの変更などの対策が進められているが、今後は特にエネルギー多消費産業に力を入れるべきである。転換部門の効率向上については、天然ガスや軽質油を燃料とするシステムと石炭ガス化複合発電システム、燃料電池発電、コージェネレーション用電システムなどの開発に力を入れるべきである。

地域的な観点からすれば、今後省エネの重点は西部Ⅰ型と中部Ⅰ型にあたる北部内陸地域に置くべきである。省エネ技術をさらに高め、古い設備を更新すると同時に、エネルギー節約の意識も高めなければならない。東部地域では、先進国の省エネ水準に達するよう、さらなる省エネ技術の開発や先端設備の導入などの努力が必要となる。

経済転換手段としては、経済効率の改善と産業構造の高度化が考えられる。経済効率の改善については、各地域とも大きな潜在力が存在している。仮に中国で最も経済効率の良い東部Ⅰ型並みの排水水準になった場合は38.8%の削減効果をもたらす試算

もある。また、東部Ⅰ型地域においても、日本のような先進国に比べると差が大きく、効率上昇の余地がまだまだ大きい。

産業構造の高度化については、中国では全体的に工業化段階の最中であるが、既に工業化後期や脱工業化段階に入っている省もある。これらの省はサービス業、特に現代サービス業を大いに発展させる必要がある。特に、工業化が収束している傾向が確認された東部Ⅰ型の北京、上海、天津地域と工業化の後期に入った東部Ⅱ型の各省において、意識的にサービス業を発展させる必要がある。他の工業化段階にある各省は、工業内部の構造転換や機器設備の更新などをする必要がある。

人口抑制手段については、今の状態はしばらく続き、大きな変動がないと見られる。

最後に、紙面の制約のため、詳細は他の機会に譲るが、日本との協力について言及しておきたい。

周知のように、現時点のCO<sub>2</sub>排出問題は、もはや一国の問題ではなく、地球規模の問題となっている。各国が相互に協力して取り組んでいかなければ解決ができない。中国と日本に限って言えば、先進国である日本はエネルギーと環境分野においてすぐれた技術を持っており、途上国である中国は世界最大のエネルギー消費国とCO<sub>2</sub>排出国として、日本からの技術移転があれば、大いに役立つと思う。京都議定書で定められた排出量取引や、共同実施、クリーン開発メカニズムなどの市場メカニズムの活用で低コストでCO<sub>2</sub>を削減することができる。なぜなら、CO<sub>2</sub>を削減するコストは日本と比べ、中国の方が安く、日本から中国に技術移転や資金的な援助をすれば、全体としてより低いコストでCO<sub>2</sub>を削減できる可能性があるという報告がよく見られている。また、日本によるエネルギー効率を高める技術の中国への移転も大きな貢献が期待できる。

## 主要参考文献

- [1] 張宏武『中国の經濟發展に伴うエネルギーと環境問題—部門別・地域別の經濟分析—』  
溪水社、2003年
- [2] 張宏武、竹歳一紀「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」『桃山  
学院大学經濟經營論集』、第51卷第3・4合併号、2010年3月
- [3] 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
- [4] 張宏武、时临云「中国的多部门CO<sub>2</sub>排放量的试算及其特征分析——基于1980-2007年的化  
石能源消费数据」、『中国环境科学学会学术年会论文集·第二卷（2009）』，中国环境科  
学学会编，北京航空航天大学出版社，2009年6月
- [5] 張坤民、潘家华、崔大鹏（主编）『低碳经济论』中国环境科学出版社、2008年
- [6] 張坤民、潘家华、崔大鹏（主编）『低碳发展论』（上、下册）中国环境科学出版社、2009年
- [7] 中国能源和碳排放研究课题组（编）『2050中国能源和碳排放报告』科学出版社、2009年
- [8] 国家发展和改革委员会能源研究所课题组（编）『中国2050年低碳发展之路：能源需求暨碳  
排放情景分析』科学出版社、2009年
- [9] 中国城市科学研究会（编）『中国低碳生态城市发展战略』中国城市出版社、2009年
- [10] 森晶寿編著，東アジアの經濟發展と環境政策，ミネルヴァ書房、2009年10月
- [11] 大塚健司「中国における温暖化対策の20年—その原則と関心をめぐって」『アジア研ワ  
ールド・トレンド』、2009年1月
- [12] 李志東「中国における低炭素社会構築の取り組み」『東亜』、2010年2月
- [13] 中国国家发展和改革委员会（编）『中华人民共和国气候变化初始国家信息通报』中国计  
划出版社、2004年11月
- [14] 中国国家发展和改革委员会『中国应对气候变化国家方案』2007年6月、  
<http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File189.pdf>
- [15] 国家发展和改革委员会『中国应对气候变化的政策与行动——2009年度报告』2009年11月、  
[http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File572.pdf?bcsi\\_scan\\_76177B99FF  
EB9FF3=0&bcsi\\_scan\\_filename=File572.pdf](http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File572.pdf?bcsi_scan_76177B99FFEB9FF3=0&bcsi_scan_filename=File572.pdf)
- [16] 中国科学技术部等『中国应对气候变化科技专项行动』2007年6月、  
<http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File198.pdf>
- [17] 我国首次宣布温室气体减排清晰量化目标 进入碳总量控制时代，新华网，2009-11-27、  
<http://news.cn.yahoo.com/09-11-/1037/2jqmx.html>
- [18] 中国国家统计局（编）『中国能源統計年鑑』中国統計出版社、各年版
- [19] 中国国家统计局（编）『中国統計年鑑』中国統計出版社、各年版
- [20] 中国国家统计局工業交通統計司（编）『中国工業經濟統計年鑑』中国統計出版社、各年  
版

## あとがき（謝辞）

小論は日本貿易振興機構アジア経済研究所において、海外客員研究員としての研究成果をまとめたものである。ここで、日本での研究機会を提供してくださった日本貿易振興機構アジア経済研究所並びに研究所の研究者の方々、国際交流・研修室の方々に深く感謝する。

論文作成にあたり、たくさんの方々のご協力をいただいた。まず、アジア経済研究所のカウンタパートである大塚健司氏に終始のご協力をいただいた。研究所内での研究発表の際、同氏をはじめ、コメントをいただいた小島道一氏、寺尾忠能氏、道田悦代氏、木村公一朗氏などの方々に感謝しなければならない。また、本論文の一部内容を京都大学と桃山学院大学で発表させていただいたとき、たくさんの方々からコメントをいただいた。特に京都大学の植田和弘先生、森晶寿先生、劉徳強先生、桃山学院大学の竹歳一紀先生、巖善平先生、梅本哲世先生、近畿大学の藤田香先生に感謝したい。最後に、いつも温かく見守ってくださった恩師である広島修道大学の時政勗先生に深くお礼を申し上げたい。

2011年1月

## 著者紹介

名前 (Name) 張 宏武 (ちょう こうぶ、Zhang Hongwu)

E-mail: [zhghw5505@yahoo.co.jp](mailto:zhghw5505@yahoo.co.jp)

1978-1982年 (中国) 山西師範大学、学士

1982-1994年 (中国) 山西師範大学、助手、講師、助教授

1994-1996年 (日本) 広島大学、客員研究員

1996-1999年 (日本) 広島大学大学院国際協力研究科、学術修士

1999-2003年 (日本) 広島修道大学大学院商学研究科、商学博士

2003-現在 (中国) 天津商業大学経済学院教授

2009.05-2010.04 (日本) 桃山学院大学、客員研究員

2010.07-2010.12 (日本) ジェトロ・アジア経済研究所、海外客員研究員



## 専門分野

中国と日本の環境、エネルギー問題、特に地球環境問題

### 主要論著

『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』（単著）、溪水社、2003年

『中国におけるエネルギー産業の地域的展開——山西省の石炭産業を中心に』（共著）、溪水社、2005年

『産業自主创新与創新政策選択』（編著）、中国商務出版社、2007年

『技術創新与産業生態化研究』（共著）经济管理出版社、2009年

「中国における経済成長とエネルギー消費・環境汚染の関係」（『修大論叢』2000年7月）

「中国のエネルギー消費と大気汚染の部門別分析」（『第17回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』2001年1月）

「中国におけるエネルギー起源のCO<sub>2</sub>とNO<sub>x</sub>排出に関する研究」（『修大論叢』2001年7月）

「中国におけるSO<sub>2</sub>量の部門別推計及び分析」（『修道商学』2001年9月）

「中国における地域別大気汚染物質排出量の推計および分析」（『環境経済・政策学会2001年大会・報告要旨集』2001年9月）

「中国における地域別・部門別大気汚染の分析」（『第18回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』2002年1月）

「中国における地域別CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>排出量：推計と分析」（『経済科学研究』2002年3月）

「中国における大気汚染の地域分析」（『修大論叢』2002年7月）

「日本と中国のCO<sub>2</sub>排出の部門別比較分析」（『経済科学研究』2002年9月）

「日本と中国におけるCO<sub>2</sub>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、2002年12月）

「中国の省別・部門別エネルギー消費の分析」（『第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』2003年1月）

「中国の地域別環境汚染排出構造」（『環境経済・政策学会2004年大会・報告要旨集』2004年9月）

「中国の地域別の単純化したグリーンGDPの一試算」（『富大経済論集』2004年11月）

「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」（『経済経営論集』2010年3月）