

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

張 宏武・時政 勗

(受付 2002 年 5 月 10 日)

1. は じ め に

地球温暖化をもたらす原因の 1 つと言われた CO₂ の排出は、世界で大きな問題となっている。その中で、アジアにおいて、CO₂ の排出量の最も多い中国と 2 番目に多い日本は特に注目されている。日本エネルギー経済研究所のデータによると¹⁾、1998 年中国と日本の CO₂ の排出量は炭素換算でそれぞれ 7.77 億 t、3.12 億 t、世界全体の CO₂ 排出量 (61.09 億 t) に占める割合はそれぞれ 12.7%、5.1% となっている。また、アジアの CO₂ 排出量 (17.84 億 t) に占める比率はさらにそれぞれ 43.6%、17.5% となっている。両国を合わせると世界の 1/6 強、アジアの 3/5 強の排出となっている。今後、経済と生活レベルを高めていく中で、両国の CO₂ 排出量をどのようにして削減あるいは現状維持あるいは増加抑制できるかは大きな研究課題である。もし両国の CO₂ 排出量をもたらす原因が明らかにされれば、互いに目標の達成に有益な示唆が得られることになるであろう。

以上の考え方の立場に立って、本研究では、日本と中国のエネルギーバランス表のデータを利用し、両国の部門別、エネルギー源別 CO₂ 排出量を推計し、その各部門の GDP あたり排出要因を探った。

推計期間は 1980 年～1999 年の 20 年間であるが、中国の 1980～1985 年の工業部門別エネルギー消費データが得られなかったため、工業部門別の排出推計は 1985～1999 の 15 年間とした。推計部門数は、日本で 18、中国で 22 であった。エネルギー源の種類は、日本で 17、中国で 14 であった。推計方法は基本的には、IPCC/OECD ドラフトガイドラインの算出方法と同様に、部門ごとにそれぞれの CO₂ の発生源排出係数に、燃料消費量を乗じて算出する。本研究で用いた排出係数は日本では環境庁の研究成果 (表 1)、中国では科学技術庁の研究成果 (表 2) をそれぞれ利用した。

1) 日本エネルギー経済研究所計量分析部編、エネルギー・経済統計要覧、2001 年版、省エネルギーセンター、2001 年

表 1 日本の二酸化炭素排出係数

単位：Gg-C/10¹⁰ kcal

エネルギー	排出係数	エネルギー	排出係数	エネルギー	排出係数
石 炭		石 油		石 油	
原料炭	0.9900	原油	0.7811	B 重油	0.8047
国産一般炭	1.0422	ガソリン	0.7658	C 重油	0.8180
輸入一般炭	1.0344	ナフサ	0.7605	製油所ガス	0.5924
無煙炭	1.0344	ジェット燃料	0.7665	LPG	0.6833
コークス		灯油	0.7748	天然ガス	
コークス	1.2300	軽油	0.7839	天然ガス	0.5639
オイルコークス	1.0612	A 重油	0.7911	LNG	0.5639

出所：環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994

表 2 中国の二酸化炭素排出係数

エネルギー	熱 量 換 算		排 出 係 数	
	換算値	単 位	係 数	単 位
石 炭				
原 炭	5000	kcal/kg	1.065	t-c/toe
洗 精 炭	6300	kcal/kg		
そ の 他 洗 炭	2500	kcal/kg		
コークス				
コ ー ク ス	6800	kcal/kg	0.868	t-c/t
コークス炉ガス	4200	kcal/m ³	0.460*10 ⁻⁷	t-c/kcal
石 油				
原 油	10000	kcal/kg	0.863	t-c/t
重 油	10000	kcal/kg	0.878	t-c/t
ガ ソ リ ン	10300	kcal/kg	0.854	t-c/t
灯 油	10300	kcal/kg	0.863	t-c/t
軽 油	10200	kcal/kg	0.869	t-c/t
L P G	12000	kcal/kg	0.823	t-c/t
製油所ガス	11000	kcal/kg	0.800	t-c/t
そ の 他 ガ ス	4050	kcal/m ³	0.637*10 ⁻⁷	t-c/kcal
天然ガス	9310	kcal/m ³	0.631*10 ⁻⁷	t-c/kcal

出所：①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，大蔵省印刷局，1992年

②中国国家統計局：中国能源統計年鑑・1991～1996，中国統計出版社，1998年

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

表 3 日本の部門別 CO₂ 排出量の推計結果 (単位: 万 t - c)

	農 業	鉱 業	建設業	食料品	織 維	製 紙	化学工業	窯業土石	鉄 鋼
1980	682.2	55.2	312.5	411.7	441.0	604.2	1,465.0	1,281.4	4,026.2
1981	665.5	50.4	299.4	454.7	514.6	568.9	1,305.9	1,238.6	3,824.6
1982	607.0	49.6	292.6	404.2	486.4	551.4	1,233.2	1,136.9	3,512.7
1983	673.2	50.1	319.9	400.1	455.3	560.1	1,250.1	1,139.1	3,524.4
1984	703.2	50.1	354.9	390.2	377.1	565.5	1,364.9	1,130.8	3,731.6
1985	683.8	47.5	343.9	362.0	356.0	531.3	1,339.3	1,060.1	3,608.2
1986	738.1	47.6	364.9	355.1	351.8	559.6	1,313.8	994.8	3,347.7
1987	777.1	48.6	383.1	379.1	363.0	614.9	1,364.8	1,015.1	3,515.1
1988	827.5	49.2	396.2	407.9	373.7	711.6	1,403.2	1,109.2	3,681.2
1989	859.9	54.3	404.1	406.5	353.3	714.5	1,451.6	1,153.9	3,772.0
1990	945.2	56.2	436.9	418.2	305.0	704.9	1,454.8	1,152.9	3,835.7
1991	948.2	60.1	426.6	411.6	286.7	678.8	1,517.4	1,185.4	3,691.9
1992	940.0	59.9	409.8	422.7	289.6	664.2	1,438.7	1,191.3	3,539.8
1993	940.8	63.5	453.6	398.2	278.7	657.4	1,393.9	1,179.4	3,442.8
1994	919.6	66.8	459.5	419.5	285.2	707.5	1,538.1	1,216.2	3,559.5
1995	959.3	71.3	464.3	421.0	281.8	739.8	1,474.0	1,201.8	3,545.7
1996	937.3	74.0	348.8	421.3	261.7	704.4	1,439.3	1,189.0	3,608.0
1997	920.1	70.3	367.1	410.0	248.0	706.1	1,448.1	1,155.3	3,698.5
1998	877.9	55.8	342.9	407.9	239.8	644.2	1,387.8	1,105.4	3,451.1
1999	835.3	64.2	337.7	413.1	250.2	685.8	1,557.8	1,081.8	3,486.6
	非鉄金属	機 械	その他 製造業	電力・ガス	家 庭	業 務	運 輸	合 計	
1980	486.3	494.6	1,384.3	1,286.7	2,384.9	2,275.0	4,320.2	21,911.4	
1981	393.4	540.4	1,300.5	1,251.1	2,484.2	2,238.4	4,267.0	21,397.6	
1982	315.5	522.3	1,259.4	1,177.4	2,441.1	2,261.2	4,284.8	20,535.8	
1983	308.9	574.6	1,281.2	1,197.7	2,722.0	2,448.8	4,479.8	21,385.3	
1984	327.1	615.2	1,376.3	1,188.0	2,706.4	2,440.9	4,499.9	21,822.3	
1985	308.0	624.1	1,420.9	1,143.7	2,725.5	2,424.4	4,598.3	21,576.8	
1986	294.5	613.5	1,360.2	1,111.6	2,699.2	2,426.7	4,755.6	21,334.6	
1987	267.6	665.7	1,426.6	1,153.4	2,913.4	2,546.4	4,954.6	22,388.7	
1988	276.7	731.5	1,543.4	1,159.7	3,010.7	2,780.6	5,212.6	23,674.9	
1989	304.6	799.5	1,576.7	1,170.5	3,135.4	2,894.0	5,567.8	24,618.6	
1990	366.2	880.4	1,640.7	1,247.1	3,269.6	3,167.2	5,814.4	25,695.3	
1991	374.6	895.9	1,608.3	1,306.2	3,305.7	3,365.7	6,073.1	26,136.3	
1992	359.0	889.1	1,571.1	1,341.6	3,512.1	3,501.1	6,212.2	26,342.1	
1993	347.7	819.4	1,546.7	1,386.8	3,493.1	3,280.9	6,258.9	25,941.7	
1994	361.0	896.9	1,580.4	1,466.6	3,727.0	3,655.5	6,567.1	27,426.4	
1995	333.5	870.4	1,611.5	1,471.2	3,822.3	3,651.9	6,760.7	27,680.4	
1996	316.5	879.7	1,731.6	1,472.6	3,802.2	3,612.8	6,931.8	27,731.0	
1997	310.2	869.8	1,646.0	1,521.9	3,732.4	3,607.2	7,024.7	27,735.7	
1998	290.0	821.6	1,680.9	1,538.3	3,630.2	3,665.7	7,102.6	27,242.1	
1999	308.3	851.9	1,829.4	1,550.5	3,823.6	3,766.4	7,213.6	28,056.1	

資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994

②資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版より推計，作成

2. 推計結果に基づく日本と中国の CO₂ 排出構造の比較

(1) 排出量及び排出動態比較

以上の方法を用いて、日本と中国における部門別 CO₂ 排出量の推計結果をそれぞれ表 3 と表 4 に、また、両国の CO₂ 排出関連指標の比較を表 5 に示す。これによると、中国の CO₂ 排出量は1985年には炭素換算で4.8億 t、日本の2.2倍であったが、1998年には8.3億 tに達し、

表 4 中国の部門別 CO₂ 排出量の推計結果 (単位: 万 t - c)

	農 業	鉱 業	建設業	食料品	織 維	製 紙	化学工業	窯業土石	鉄 鋼
1985	2,625.8	3,170.8	799.7	1,694.4	2,037.6	946.6	4,136.8	4,412.8	5,642.9
1986	2,722.5	3,440.2	651.8	1,869.5	2,153.9	1,013.2	4,336.1	4,730.0	6,258.1
1987	2,870.9	3,858.2	770.8	2,076.5	2,306.9	1,098.3	5,036.3	5,104.0	6,525.7
1988	3,035.5	4,153.5	710.8	2,244.1	2,516.7	1,198.3	5,423.2	5,539.8	7,002.1
1989	3,048.2	4,639.3	763.6	2,381.2	2,657.4	1,250.8	5,815.8	5,573.6	7,185.5
1990	3,103.4	5,059.3	734.4	2,402.9	2,727.2	1,277.2	5,897.4	5,041.0	7,583.2
1991	3,371.8	3,984.4	800.9	2,365.2	2,727.0	1,201.0	5,680.4	6,965.1	8,213.0
1992	3,305.7	4,223.9	876.0	2,477.2	2,913.3	1,296.6	5,729.0	7,357.2	8,888.9
1993	3,144.8	4,535.9	851.8	2,656.3	2,815.5	1,341.5	6,076.6	7,759.0	10,271.4
1994	3,351.7	4,869.8	882.0	2,721.7	3,103.9	1,366.1	7,024.0	8,541.2	11,099.4
1995	3,696.9	5,200.2	887.0	3,062.9	3,252.5	1,541.8	8,689.7	9,355.2	13,901.1
1996	3,853.2	5,322.7	976.6	3,021.3	3,043.3	1,547.8	9,726.2	9,541.8	13,642.5
1997	3,910.9	5,424.2	771.9	2,694.7	2,903.2	1,394.1	8,420.7	8,981.9	13,718.8
1998	3,854.8	5,456.6	1,073.5	2,797.1	2,879.9	1,372.6	7,705.3	8,588.3	13,659.0
1999	3,906.2	5,202.2	928.1	2,540.3	2,611.7	1,257.1	7,204.2	8,233.8	13,110.2
	非鉄金属	機 械	その他 製造業	電力・ガス	家 庭	業 務	運 輸	合 計	
1985	932.2	2,873.9	3,143.5	2,167.7	9,294.9	2,134.4	2,409.2	48,423.0	
1986	1,003.0	2,996.3	3,143.7	2,261.3	9,341.3	2,161.3	2,514.5	50,596.8	
1987	1,043.3	3,109.2	3,411.2	2,507.7	9,848.5	2,345.1	2,614.1	54,526.6	
1988	1,173.8	3,301.6	3,556.1	2,744.5	10,547.5	2,705.8	2,724.9	58,578.0	
1989	1,270.1	3,284.9	3,784.8	2,986.0	10,458.0	2,881.3	2,817.7	60,798.2	
1990	1,344.7	3,250.2	3,758.0	3,074.6	10,489.6	2,996.4	2,823.9	61,563.3	
1991	1,423.8	3,200.5	4,020.8	1,855.7	10,841.3	3,441.8	2,970.0	63,062.7	
1992	1,587.7	3,457.7	4,265.3	2,233.0	10,389.2	3,746.5	3,122.0	65,869.3	
1993	1,673.7	3,479.7	5,254.2	2,750.1	10,346.3	4,688.2	3,264.5	70,909.5	
1994	1,750.8	3,612.6	5,131.7	2,715.4	10,127.9	4,805.9	3,263.3	74,367.4	
1995	2,010.1	3,588.2	5,549.4	3,159.4	10,960.2	4,326.0	3,552.1	82,733.0	
1996	2,186.4	3,765.3	5,737.7	4,328.2	11,541.0	5,054.4	3,587.2	86,875.5	
1997	2,233.8	3,607.4	5,655.3	5,162.6	10,834.5	4,506.2	4,554.3	84,774.4	
1998	2,323.3	3,414.3	5,648.6	4,760.9	9,401.9	4,916.1	4,955.2	82,807.4	
1999	2,423.0	3,180.3	5,660.3	5,027.1	9,543.6	5,337.9	5,546.4	81,712.6	

資料：①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，大蔵省印刷局，1992

②国家統計局：中国能源統計年鑑・1989，1991，1991～1996，1997～1999，中国統計出版社より推計，作成

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

日本の3倍まで拡大している。1980年～1999年の期間に CO₂ 排出量の年平均増加率は中国で4.2%，日本で1.3%，中国のほうが日本よりかなり高い。この年増加率を1980～1990年，1990～1999年の2期に分けてみると，中国は5.1%から3.2%へ，日本は1.6%から1.0%へ，両国とも90年代のほうで低下傾向が見られた。ただ，中国では，1997年から1999年までの3年間で，排出量が前の年より減りつづけてきた。結果として，1995年～1999年の年増加率はマイナス0.3%になり，1990年～1995年の年増加率の6.1%と比べると大きく下回った。

次に，日本と中国の GDP あたり排出量から見てみよう。表5に示したように，日本を1にした倍率は，実質 GDP ベースで1980年の33.8倍から段々小さくなってきたが，1998年にまだ18倍の差が存在している。その倍率は PPP ベースで見た場合は，1980年の4.3倍から2.3倍へと縮んだ。

また，人口あたりの排出量は，中国では日本より少ないが，1980年から1998年に20%から31%へ，比率が段々高くなってきた。

表5 CO₂ 排出関連指標の日中比較

①中国／日本の倍率								
	日本	中国	日本	中国	日本	中国	日本	中国
	排出総量		GDP あたり排出量				人口あたり排出量	
			実質 GDP ベース		PPP ベース			
1980	1.0	1.7	1.0	33.8	1.0	4.3	1.00	0.20
1985	1.0	2.2	1.0	31.2	1.0	4.0	1.00	0.26
1990	1.0	2.4	1.0	28.9	1.0	3.7	1.00	0.26
1995	1.0	3.0	1.0	21.9	1.0	2.8	1.00	0.31
1998	1.0	3.0	1.0	18.0	1.0	2.3	1.00	0.31
②排出総量の年増加率（％）								
期間	日本	中国	期間	日本	中国	期間	日本	中国
1980～85	-0.3	5.2	1990～95	1.5	6.1	1980～90	1.6	5.1
1985～90	3.6	4.9	1995～99	0.3	-0.3	1990～99	1.0	3.2
1980～99	1.3	4.2						

資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994

②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，大蔵省印刷局，1992

③資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版

④国家統計局：中国能源統計年鑑・1989，1991，1991～1996，1997～1999，中国統計出版社

⑤日本エネルギー経済研究所計量分析部編：エネルギー・経済統計要覧・2001年版，省エネルギーセンター，2001年

などより作成

(2) 部門排出構造の比較

CO₂ の部門別排出量は、まず、転換部門と最終消費部門とに大きく分けられる。ここで、転換部門の排出とは、化石エネルギーを電力や熱力に転換する過程の排出であり、最終消費部門の排出とは、各産業、民生及び運輸などの部門からの直接排出である。しかし、転換過程で得た電力などのエネルギーは各最終消費部門に利用され、この転換部門からの CO₂ 排出量は、最終消費部門からの間接排出になる。ここで、転換部門からの CO₂ 排出量を各最終消費部門に振り分ける必要が生じる。この意味では、部門別 CO₂ の排出量を見る時に、転換部門を配分しない排出と転換部門を配分した排出の 2 つの場合がある。表 3 と表 4 を示したのは転換部門を各部門に配分した場合の排出量である。

① 転換配分なしの場合

図 1 は、日本と中国の転換配分なしの部門別 CO₂ 排出量の推移を見たものである。これを見る限り、まず注目したいのは、両国とも転換部門の排出量が最も多く、しかも大きく増加傾向にあることである。違うところと言えば、中国での増加は特に著しいことである。転換部門の全部門排出に占める割合から見ると、日本では 28.5% から 34.0% に上がったが、中国では 22.9% からさらに 39.3% まで上っている。

次に、転換部門に次ぐ排出量の多い部門は、日本では運輸部門と鉄鋼部門、中国では家庭と鉄鋼部門が取り上げられる。鉄鋼部門について言えば、両国とも排出の多い部門であるが、日本の大体横ばいに対して、中国の方は 90 年代の半ば頃まで増加傾向であって、その後やや減少気味であった。

運輸部門は、日本では転換部門に次ぐ 2 番目の排出部門であるが、転換部門と同様に、大きく増加傾向であった。期首年と期末年の運輸部門の全部門に占める割合は 18.9% と 25.0% で、6 ポイント増加した。一方、中国では、運輸部門からの排出はそれほど多くないが、増加傾向にあること、特に近年の増加幅が大きくなったことに注目したい。日本の現状と比較してみると、中国の運輸部門の CO₂ 排出量はさらに増えることが予想される。

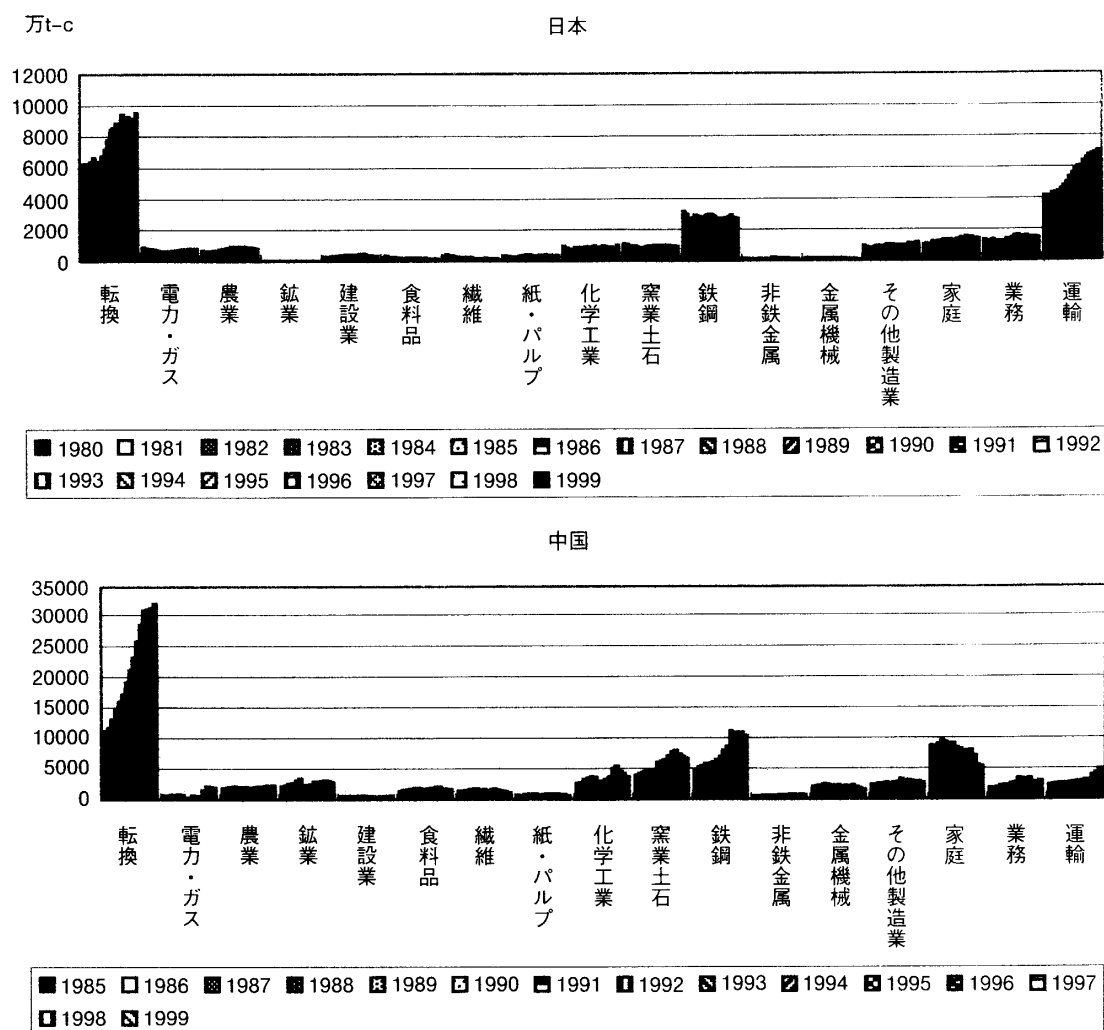
家庭部門は、中国のほうは最初に 2 番目に多い部門であったが、90 年代に入ってから減少し続け、1999 年には鉄鋼、窯業土石より少なくなった。

その他、両国の共通に見られる特徴は、化学工業、窯業土石、その他製造業などの重化学工業及び業務部門の CO₂ 排出量が多く、食料品や繊維のような軽工業部門からの排出は相対的に少ないことである。両国で違いを示すのは鉱業と機械の 2 つの部門である。この 2 つの部門は、日本の排出量は少なかったが、中国の排出量は多い。

② 転換部門を配分した場合（図 2）

転換配分なしの場合と比べると、まず、両国において、排出の最も多い部門は違ってくるのが分かる。日本では、運輸部門からの排出が最も多く、しかも大きく増加の傾向が見ら

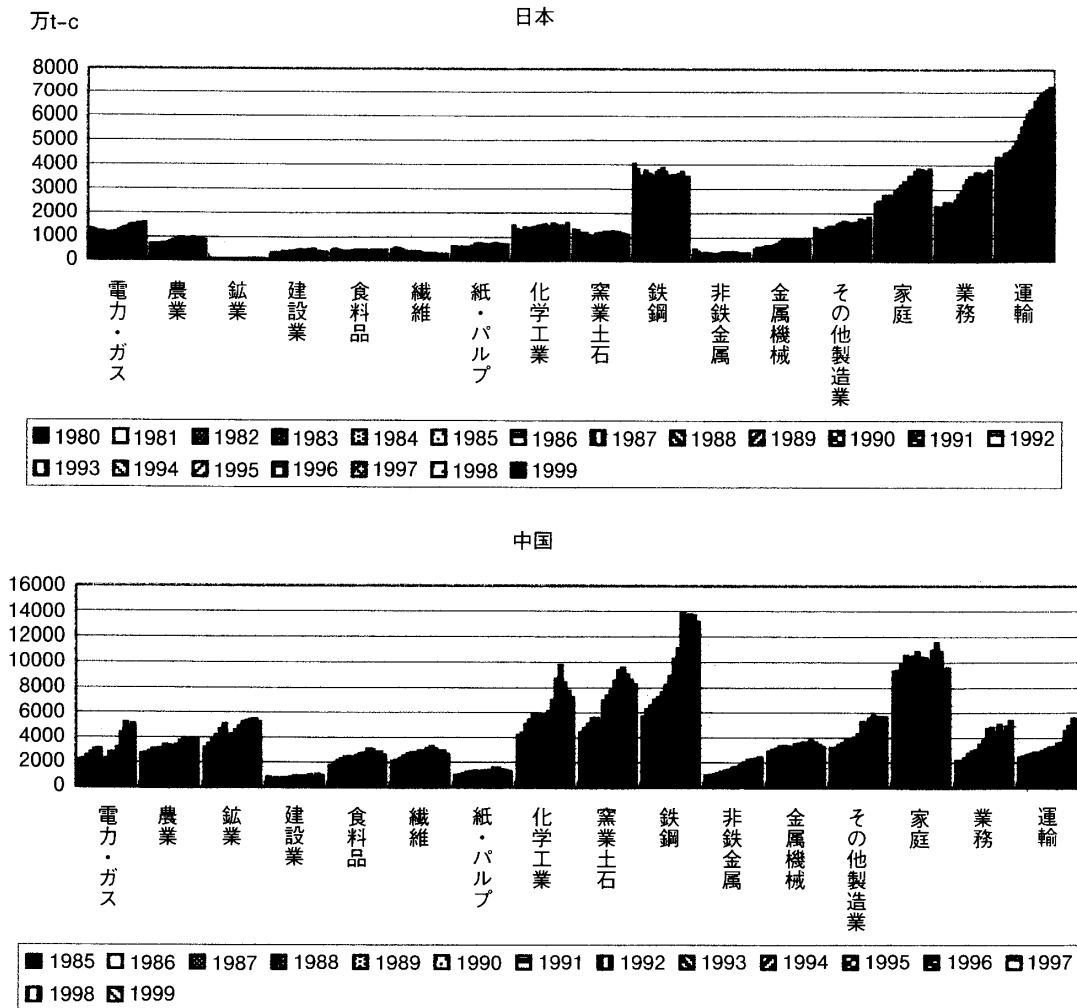
日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析



資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994
 ②資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版
 ③国家統計局：中国能源統計年鑑・1989，1991，1991～1996，1997～1999，中国統計出版社
 ④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，大蔵省印刷局，1992
 などより作成

れた。全部門に占める割合は，1980年で19.7%，1999年で25.7%と，6ポイント増加した。その次に，産業部門の鉄鋼と民生部門である家庭と業務部門が排出の多い部門として挙げられる。増加傾向としては，産業部門の横ばいに対して，民生部門のほうは経年的に増えている。ただ，近年の増加傾向は緩めになっている。

一方，中国では，最初に家庭部門の排出が最も多かったが，近年は鉄鋼部門が家庭部門を上回って，排出の一番多い部門となった。鉄鋼と家庭部門に次いで，化学工業，窯業土石，その他製造業，鉱業などの重化学工業部門及び業務，運輸などの第3次産業部門の排出も多く

図 2 部門別 CO₂ 排出量推移の比較（転換部門を配分した）

資料：図 1 と同じ

なっている。

図 2 の日本と中国の部門別 CO₂ 排出量の推移傾向から見ると、日本では大体民生、運輸部門はまだまだ伸びているのであるが、産業部門の伸びは落ちついたように見える。これに対して、中国では民生、運輸部門はもちろんのこと、産業部門も含めて、ほぼ全部門において排出量の増加傾向が見られる。ただ、多くの産業部門は近年になって低下傾向が現われたが、これは沈静化するかどうかは今後の推移で見極める必要がある。

(3) 部門別 GDP あたり CO₂ 排出量の比較

図 3 は両国の実質 GDP データを時価の為替レートで換算し、日本の部門別 GDP あたり CO₂ 排出量を 1 にして、中国との比較を見るものである。ここで見られるように、農業、運輸などの少数部門を除いて、日中の格差はかなり大きい。その中で、特に電力ガス、鉱業、機

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

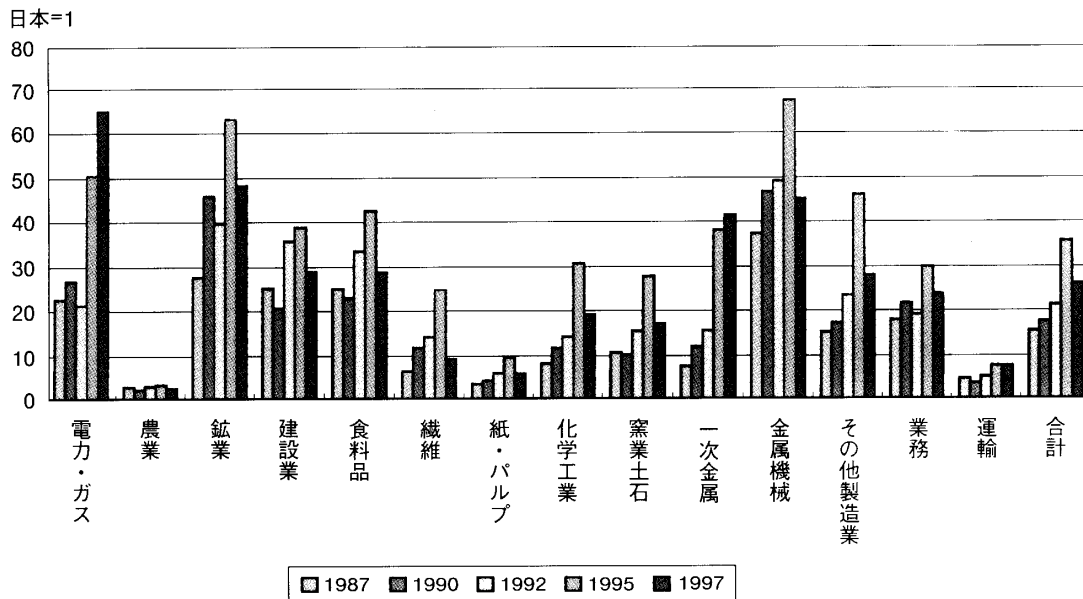


図3 部門別 GDP あたり CO₂ 排出量の比較

資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994

②内閣府経済社会総合研究所編：長期週及主要系列国民経済計算報告——平成2年基準——，財務省印刷局，2001年

③資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版

④国家統計局：中国能源統計年鑑・1989，1991，1991～1996，1997～1999，中国統計出版社

⑤国家統計局：中国投入産出表，'87，'92，'95，'97，中国統計出版社

⑥日本・中国国際産業連関表・'90，アジア経済研究所，1997

⑦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，大蔵省印刷局，1992

⑧中国研究所編：中国年鑑・1999，創土社，1999

などより作成

械などの部門は40倍以上の差が存在している。その推移から見ると，1987年～1997年の10年間で，部門別 GDP あたり CO₂ 排出量の格差が格段に拡大していた。特に1994年頃の円高と中国元の大幅な切り下げの影響で，格差は一段大きくなった。その後日中の格差は縮小の傾向にあるが，多くの部門において，1997年と1987年と比べると，まだ差が大きいことが読み取れる。

(4) 発生源別排出構造の比較

本研究で言う CO₂ 排出量の発生源は化石エネルギーに限定されているため，これに限って見ておく。図4は日本と中国のエネルギー源別 CO₂ 排出の推移を示したものである。これを見ると，日本と中国の発生源別 CO₂ 排出構造の相違性が明らかである。日本の場合は，どのエネルギー源ともある程度の比率を占めており，ばらつきの度合いは小さい。その中で比較

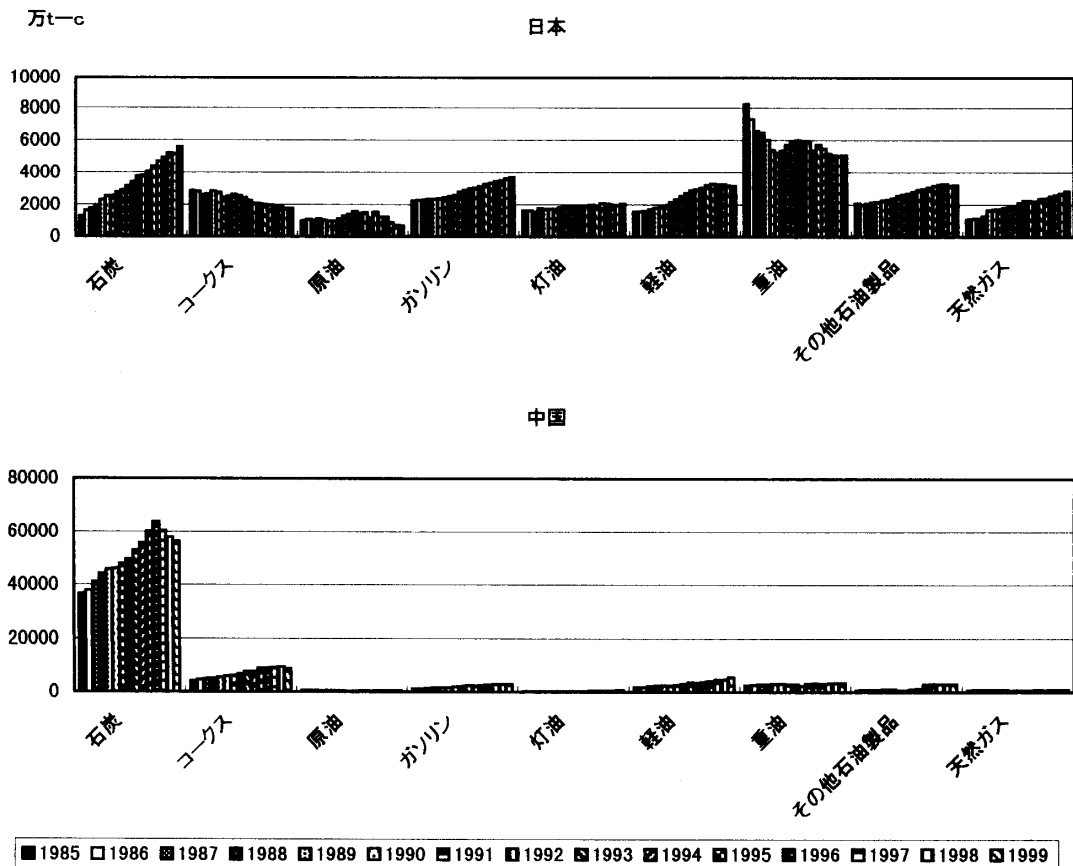


図4 エネルギー源別 CO₂ 排出量推移の比較
資料：図1と同じ

的に割合が大きくなっているのは重油（37.6～18.2％）である。そのほかに、石炭（5.8～19.9％）やコークス（13.0～6.4％）、ガソリン（10.2～13.1％）、軽油（7.1～11.2％）、灯油（7.5～7.3％）、その他石油製品（9.5～11.4％）、天然ガス（4.9～10.1％）などのエネルギー源もある程度の割合を占めている。経年の推移から見ると、増加傾向を示したのは、石炭、ガソリン、軽油、その他石油製品、天然ガスなどのエネルギー源である。その中で、特に石炭の増加は最も大きい。1980年に全化石燃料のうち、石炭の割合が5％であったが、1999年には最初から減り続けている重油の比率をも上回り、約15ポイントも増加し、19.9％になっている。石炭は各エネルギー源の中で最も排出割合の多い発生源となった。また、1980～1999年の年増加率は8.1％で、各エネルギー源の中で最も増加率の大きい発生源となっている。

一方、中国では、石炭からの排出が圧倒的に多い。全エネルギーに占める割合は、1985年で75.9％、その後少しずつ減り続けたとはいっても、1999年に至っても、なお68.8％の高い比率を占めている。これに対して、他のエネルギー源では石炭から製造されたコークスが約1割を占めているほか、大体5～6％以下である。その中で特に、単位熱量あたり CO₂ 排出の少ない天然ガスは僅か1～2％程度である。

3. 日中における GDP あたり部門別 CO₂ 排出量要因分解の比較分析

(1) 要因の分解

GDP あたり部門別 CO₂ 排出量は、その部門の技術特性を示している指標である。その値は小さければ小さいほど技術的汚染効率性が高い。その変化の主な決定要因は、エネルギー源の変化、エネルギー消費原単位の変化、製品構成の変化、産業部門間構成の変化などからなっている。

GDP あたり部門別の CO₂ 排出量は、以下のように表すことができる。

$$\frac{C_t}{Y_t} = \sum_i \left[\frac{C_{it}}{Y_{it}} \right] = \sum_i \left[\frac{C_{it}}{E_{it}} \times \frac{E_{it}}{Q_{it}} \times \frac{Q_{it}}{Y_{it}} \times \frac{Y_{it}}{Y_t} \right]$$

と表せる。

ここで

C : CO₂ 排出量

E : エネルギー消費量

Q : 実質産出額

Y : 実質付加価値額

i : 部門を示すサフィックス

ここで、 (C_i/E_i) は、 i 部門のエネルギー消費あたりの CO₂ 排出量、 (E_i/Q_i) は、 i 部門の産出ベースのエネルギー消費原単位、 (Q_i/Y_i) は、 i 部門の付加価値率（の逆数）、 (Y_i/Y) は、 i 部門の付加価値シェアを表す。

このとき、

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

とおくと

GDP 当たり CO₂ 排出量の変化は、

$$\begin{aligned} \Delta \left[\frac{C_t}{Y_t} \right] &= \sum_i \left[\frac{C_{i0}}{Y_0} + \alpha \left(\frac{C_{it}}{Y_t} - \frac{C_{i0}}{Y_0} \right) \right] \ln \left(\frac{P_{it}}{P_{i0}} \right) \\ &\quad + \sum_i \left[\frac{C_{i0}}{Y_0} + \alpha \left(\frac{C_{it}}{Y_t} - \frac{C_{i0}}{Y_0} \right) \right] \ln \left(\frac{I_{it}}{I_{i0}} \right) \\ &\quad + \sum_i \left[\frac{C_{i0}}{Y_0} + \alpha \left(\frac{C_{it}}{Y_t} - \frac{C_{i0}}{Y_0} \right) \right] \ln \left(\frac{V_{it}}{V_{i0}} \right) \\ &\quad + \sum_i \left[\frac{C_{i0}}{Y_0} + \alpha \left(\frac{C_{it}}{Y_t} - \frac{C_{i0}}{Y_0} \right) \right] \ln \left(\frac{S_{it}}{S_{i0}} \right) \end{aligned}$$

$$+\sum_i [\Delta Z]$$

として計算される ($\alpha=0.5$ とする)。(時政 昂・張 宏武 (2002) 参照)

(2) 各部門で見た要因分解の日中比較

以上で述べた要因分解の手法で日本と中国の部門別 GDP あたり CO₂ 排出量についての要因分析を行った。年次データは、日本は1980～1998年の連続19年のデータを利用したが、中国は部門別産出額データの制約で、個別の年次1987, 1990, 1992, 1995, 1997年の5年しか得られなかった。計算の方法は、まず、隣接の2時点の変化を計算し、それからこの2時

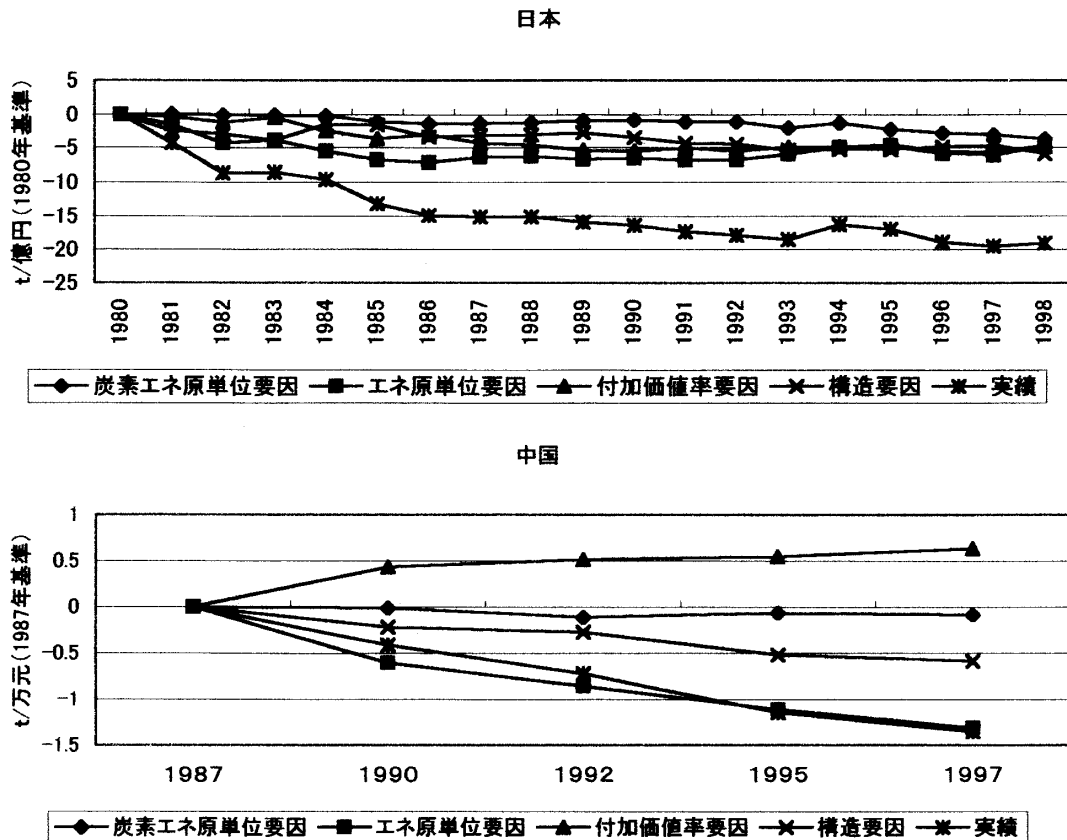


図5 GDP あたり CO₂ 排出量の要因比較

- 資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994
 ②内閣府経済社会総合研究所編：長期週及主要系列国民経済計算報告——平成2年基準——，財務省印刷局，2001年
 ③資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版
 ④国家統計局：中国能源統計年鑑・1989, 1991, 1991～1996, 1997～1999，中国統計出版社
 ⑤国家統計局：中国投入産出表，'87, '92, '95, '97，中国統計出版社
 ⑥日本・中国国際産業連関表・'90，アジア経済研究所，1997
 ⑦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，大蔵省印刷局，1992
 などより作成

点の変化を累積し、初期年に対する変化を求める方法である。

以下では、その分析結果を図 5 ～図19に示す。

① 全部門 GDP あたり CO₂ 排出量の要因分解の比較（図 5）

両国の GDP あたり排出の実績は同様に下がってきたが、その影響要因は異なっている部分がある。最大の違いは、日本で 4 つの要因とも大体汚染排出削減に働いているが、中国では付加価値率要因は汚染排出に対しプラスの働きをしていて、しかもそのプラスの働きは増大傾向にあることである。ここで、中国の経済効率を高めることによって、汚染排出低下のための潜在力の大きさを窺える。

また、両国ともマイナスになっている 3 つの要因のうち、炭素エネ原単位要因は両国ともあまり働いていないことが共通であるが、中国の構造要因、エネ消費原単位要因の働きは日本より大きい。特に中国ではエネ消費原単位要因は一番大きな削減要因となっている。

全体的に言えば、日本では各要因とも汚染排出の低下に働いていること、各要因のばらつきが小さいことから見ると、GDP あたり CO₂ 排出量は安定的に低下する段階にいるといえよう。しかし、中国では、各要因のばらつきが非常に大きく、プラスとマイナスの相殺効果をもっている。

② 農業部門の比較（図 6）

両国とも実績は低下している。各要因の中で、炭素エネ原単位要因と付加価値率要因は両国ともほとんど変動していないのが共通している。しかし、エネルギー消費原単位要因は日本で1988年頃からプラスになっているが、中国でマイナスになっている。また、構造要因は日本で1988年頃から段々低下してきて、一番大きなマイナス要因となっているが、中国ではほとんど働きは見られていない。これは、日本では農業部門の比重が下がっていること、中国では農業部門の比重が変わっていないことを意味している。

③ 建設部門の比較（図 7）

両国とも実績は低下している。中国では農業部門と同じく、エネ消費原単位要因は大きなマイナスの働きをしているのに対して、他の 3 つの要因は1987年～1992年に若干プラスが見られた以外は、ほとんど動きがなかった。一方、日本では、各要因の動きが年によって変わって、やや複雑ではあるが、大体構造要因は汚染排出の低下要因となっていて、エネルギー消費原単位要因は増加要因となっている場合が多い。その他の 2 つの要因は働きが小さい。

④ 鉱業部門の比較（図 8）

実績は両国とも低下している。その低下をもたらす主な要因は両国とも構造変化によるものである。しかし、その一方、主なプラス要因は異なっている。それは、日本ではエネルギー消費原単位要因で、中国では付加価値率要因である。それ以外の要因（日本では炭素エネ原単位要因と付加価値率要因、中国では炭素エネ原単位要因とエネ消費原単位要因）は働きが

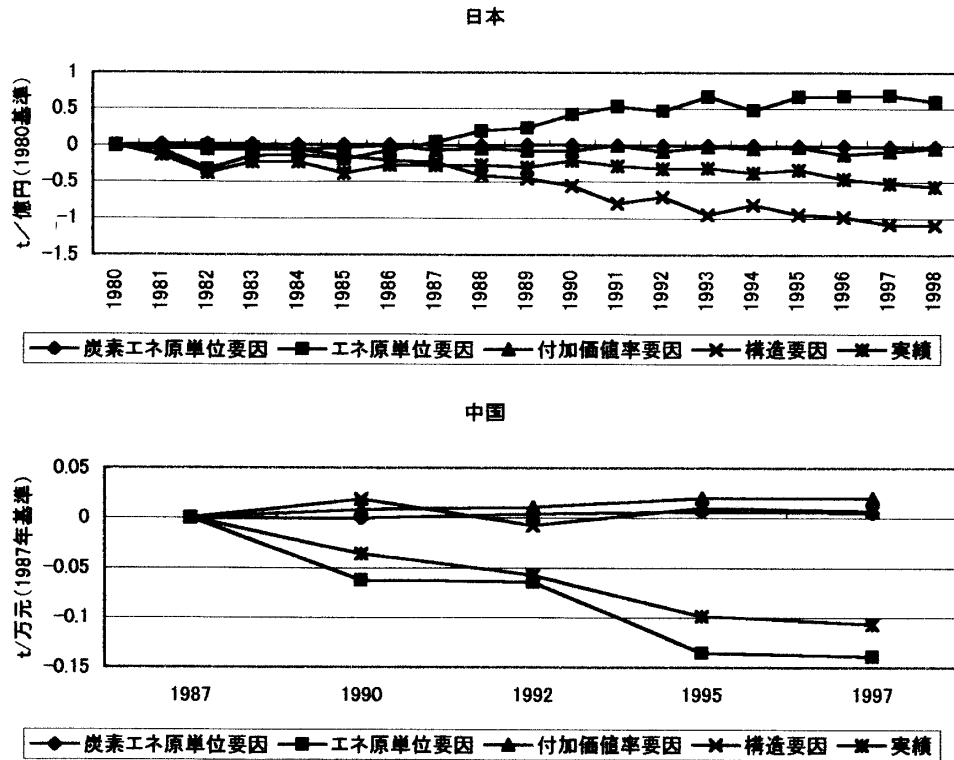


図 6 GDP あたり農業部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図 5 と同じ

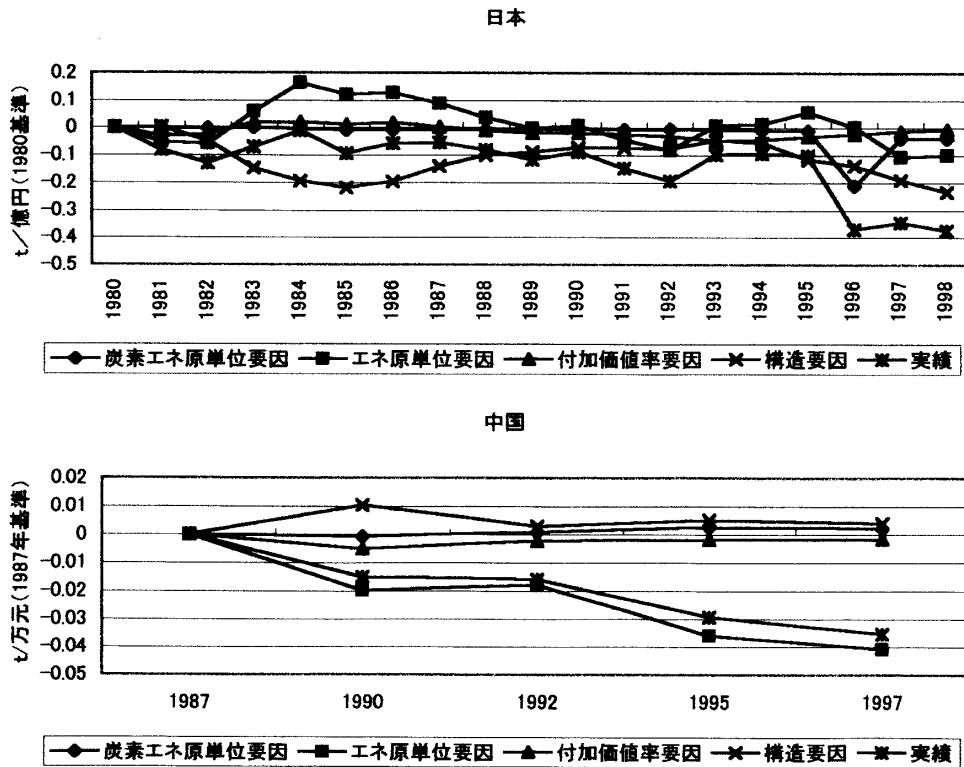


図 7 GDP あたり建設部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図 5 と同じ

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

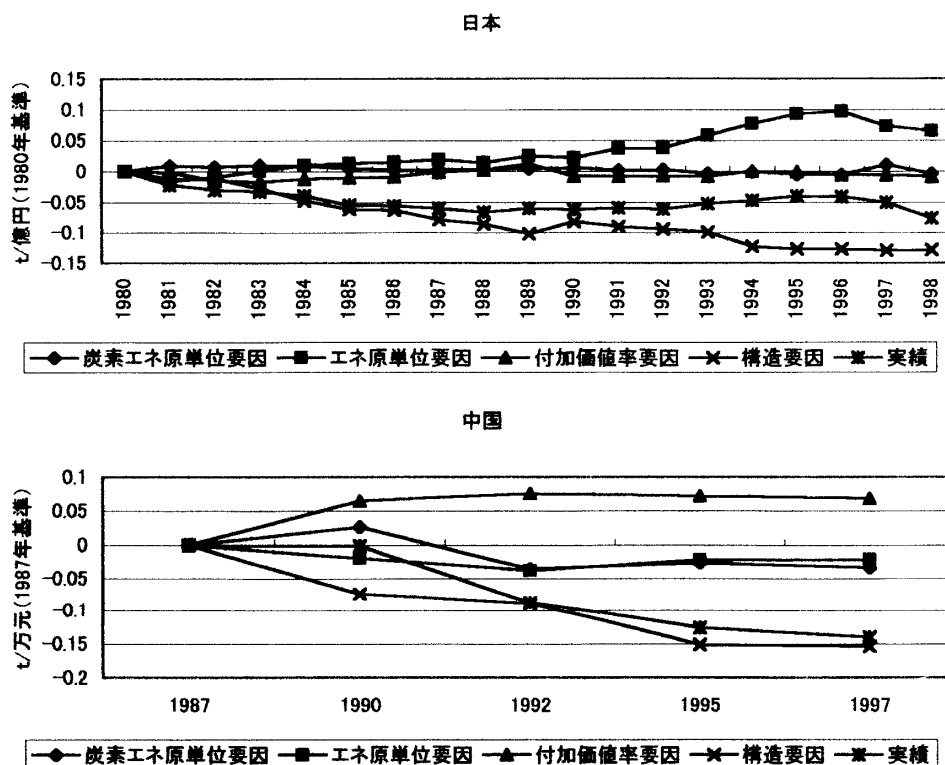


図 8 GDP あたり鉱業部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図 5 と同じ

小さい。

⑤ 食料品部門の比較（図 9）

実績は両国とも低下している。日本では、構造要因とエネルギー消費原単位要因と炭素エネルギー原単位要因の 3 つの要因は汚染排出の低下要因となっている。これに対して、付加価値率は汚染排出増加の要因となっている。一方、中国では、エネルギー消費原単位要因だけは汚染低下の大きな要因となっているが、他の 3 つの要因には、炭素エネルギー原単位要因はほとんどゼロに近いので機能していないが、構造要因はプラスの場合が多い、付加価値率要因は逆にマイナスの場合が多い。

⑥ 繊維部門の比較（図10）

実績は両国とも低下している。その低下の原因は日本でも中国でも主に構造要因の変化によるものであるが、近年中国の構造要因について汚染排出低下率の弱まる傾向が見られた。また、中国では90年代に入ってから、エネルギー消費原単位要因も汚染低下の要因になった。しかし、他の要因は、日本では80年代の初期にややプラスの働きになっていた以外は、3 つの要因ともあまり汚染排出変化に寄与していなかった。一方、中国では炭素エネルギー原単位要因はあまり機能していなかったが、付加価値率要因はプラスの働きをしている。ただ、近年その働きは小さくなっている。

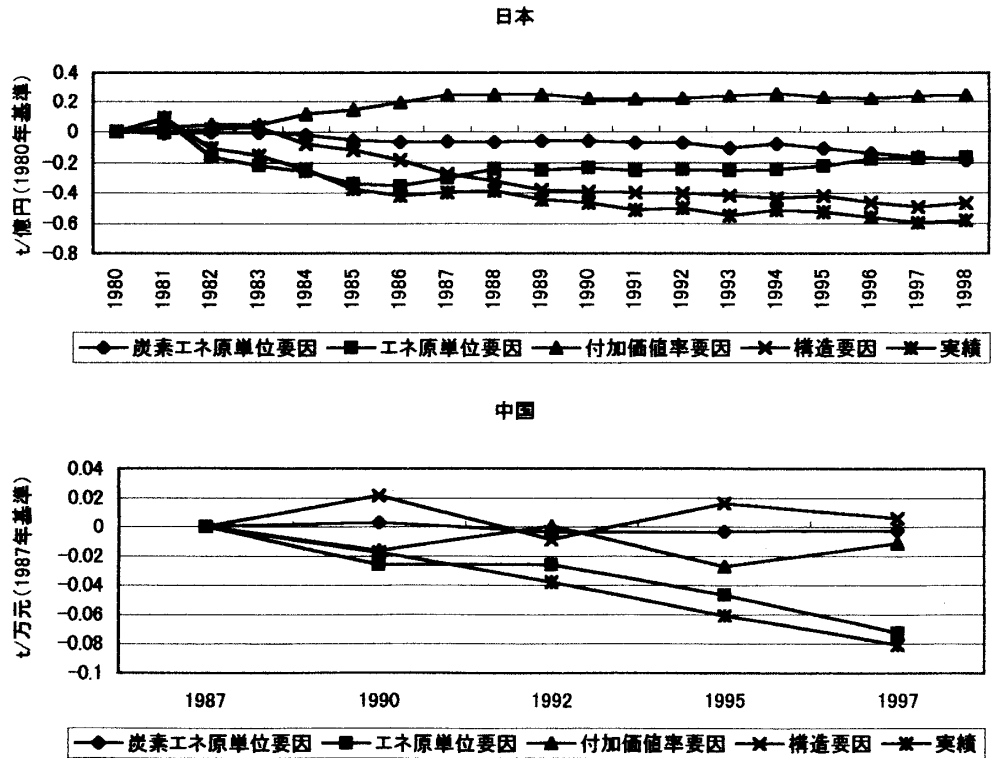


図9 GDP あたり食料品部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図5 と同じ

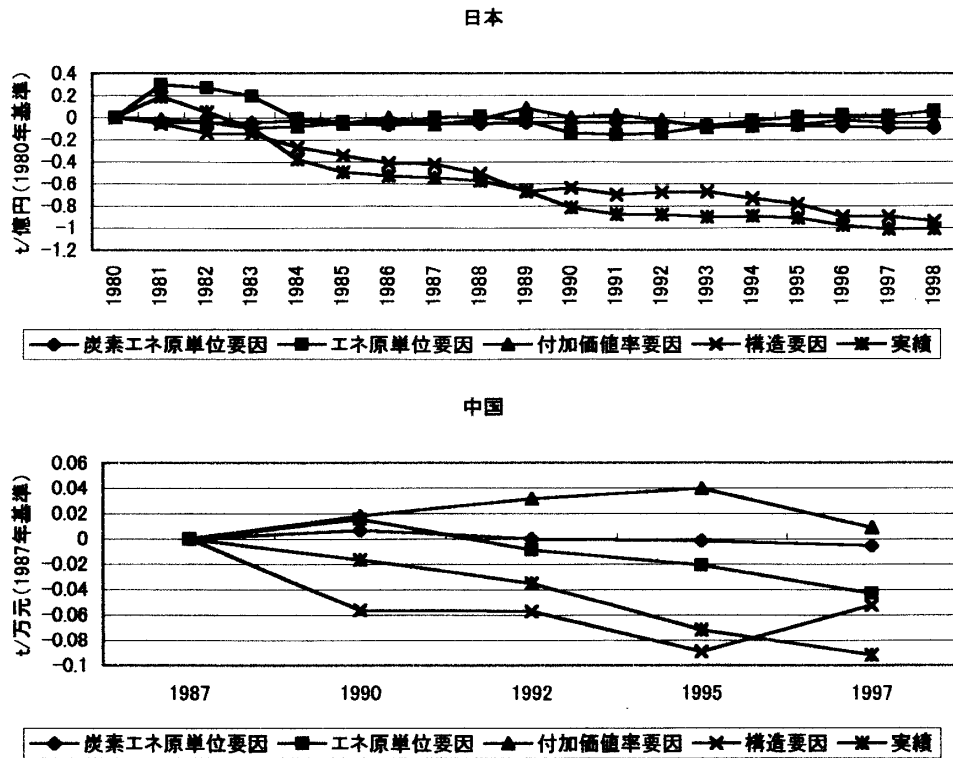
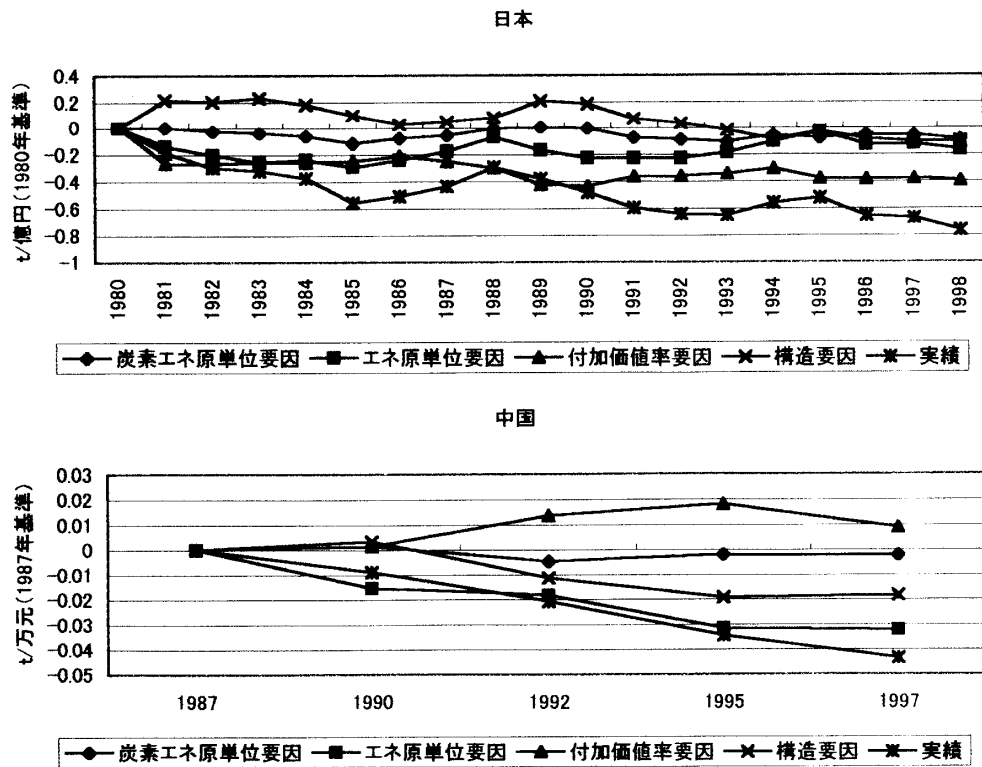


図10 GDP あたり繊維部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図5 と同じ

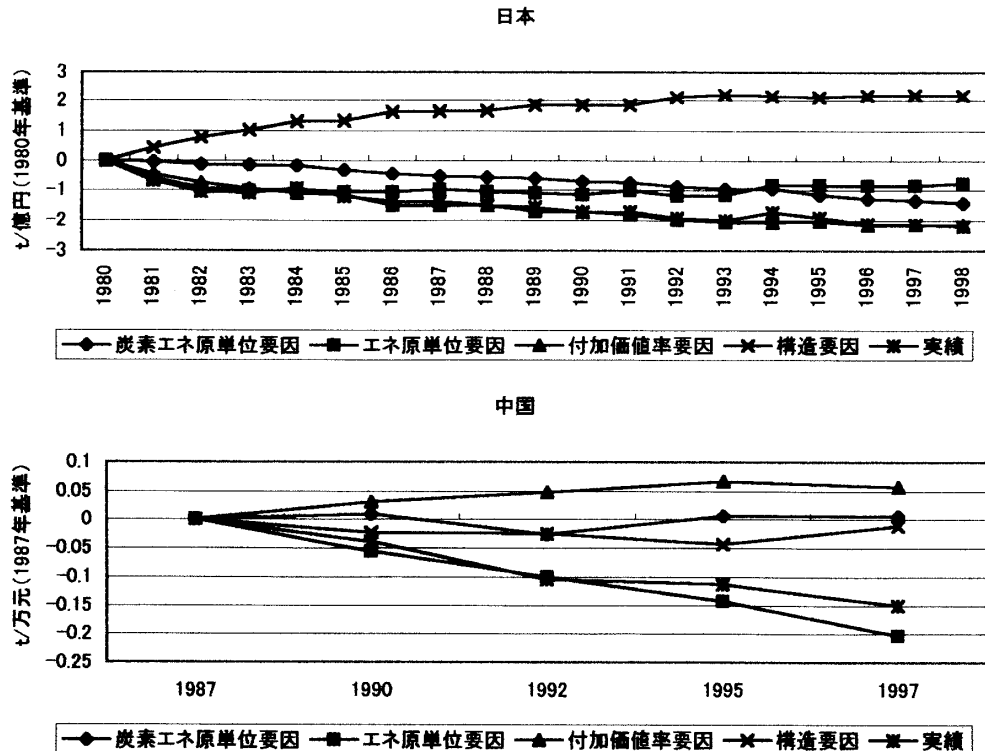
⑦ 製紙部門の比較 (図11)

実績は両国とも低下している。主な低下要因となっているのは日本では付加価値率要因で、中国ではエネ消費原単位要因である。その他、構造要因について中国では90年代から汚染排出低下の働きが強くなっている。日本では90年代までは大体汚染排出の増加要因となっていたが、90年代からはややマイナスの働きになった。炭素エネ原単位要因は両国ともあまり働いていないことは共通している。異なっているのは、中国において付加価値率要因はプラスの働き、日本においてエネルギー消費原単位要因はややマイナスの働きをしていることである。



⑧ 化学工業部門の比較 (図12)

両国とも実績は低下している。日本の化学工業に関しては全部門に占める割合の変化を示す構造要因は、規模の拡大によって、汚染排出の増加をもたらしている。その一方、他の3つの要因は共に単位 GDP あたり汚染排出の低下要因となっている。これに対し、中国では、汚染排出増加の要因は付加価値率要因、汚染排出低下の要因はエネルギー消費原単位要因となっている。その他の構造要因と炭素エネ原単位要因の働きは小さい。

図12 GDP あたり化学工業部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図5と同じ

⑨ 窯業・土石部門の比較 (図13)

実績は両国とも低下しているが、日本の下げ幅が著しく大きい。日本では、エネルギー消費原単位要因と付加価値率要因がマイナスの働きをしている。これに対して、炭素エネ原単位要因と構造要因はあまり働いていない。特に炭素エネ原単位要因はほとんどゼロに近いほど小さい。一方、中国では、エネルギー原単位要因だけがマイナスの働きとなっているのに対して、付加価値率要因と炭素エネ原単位要因は共にプラスの働きをしている。構造要因の働きは小さい。

⑩ 一次金属部門の比較 (図14)

両国とも実績は低下している。その低下の主な要因は両国とも構造要因の働きが大きい。また、両国のエネルギー消費原単位要因と炭素エネ原単位要因とも働きはほとんど見られなかった。違った効果を見せたのは、付加価値率要因であった。日本での付加価値率要因は、初期におけるプラスの働きを除けば大体マイナスの働きをしているのに対して、中国では終始プラスの働きをしている。

⑪ 機械部門の比較 (図15)

機械部門の GDP あたり CO₂ 排出量の変化は、日本ではあまり下がっていなかったが、中国では低下傾向であった。日本の実績が低下していない原因として、日本では機械工業が全

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

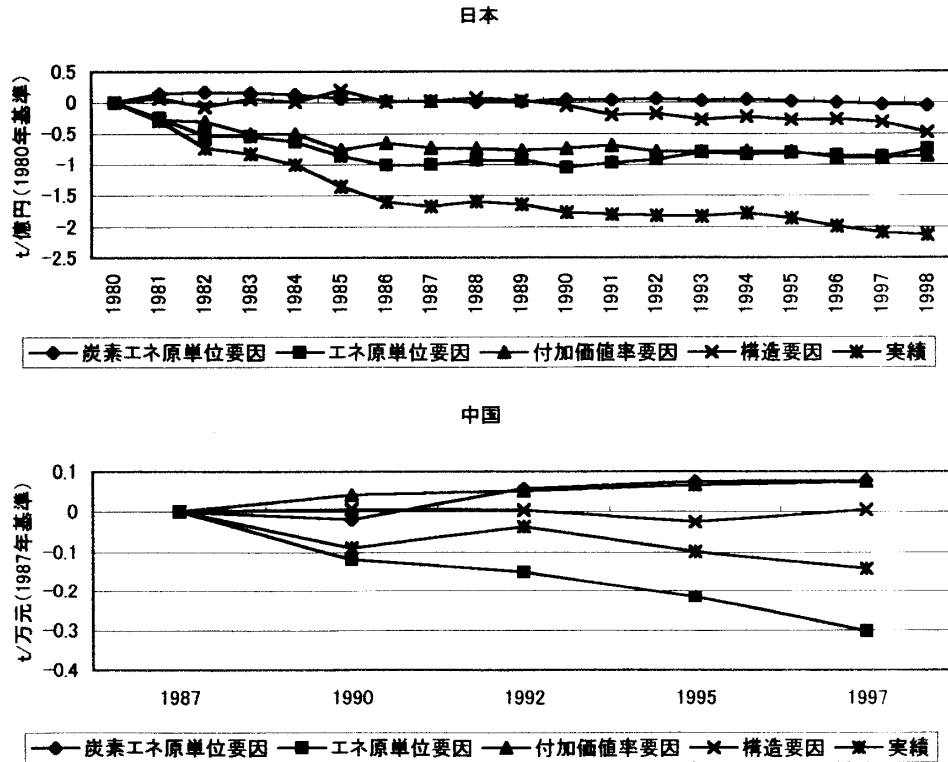


図13 GDP あたり窯業・土石部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図 5 と同じ

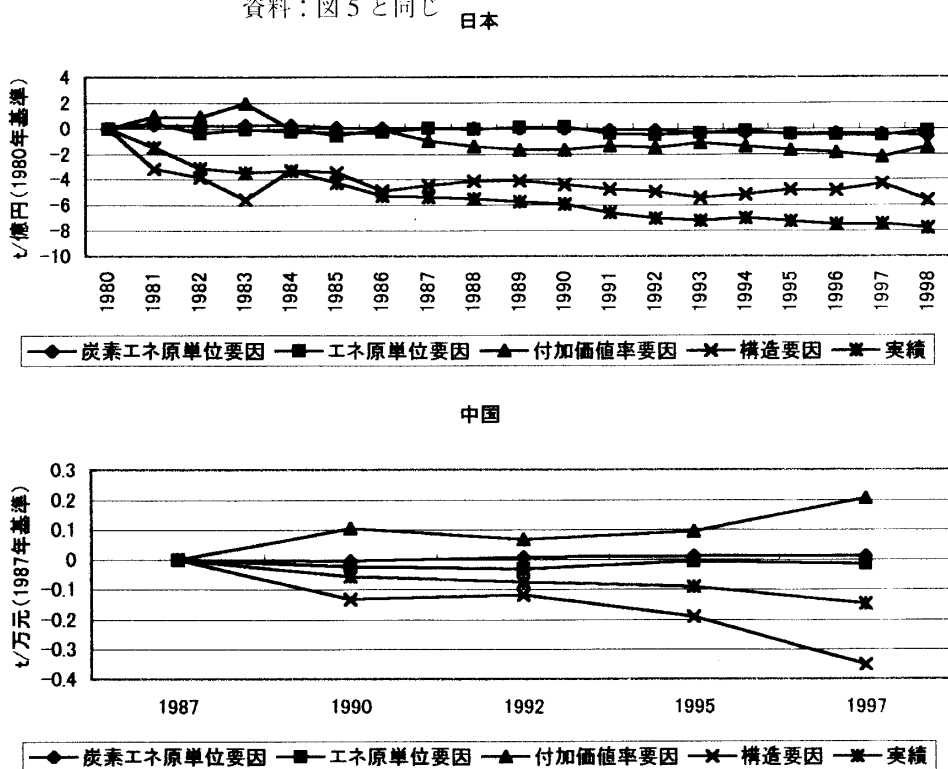
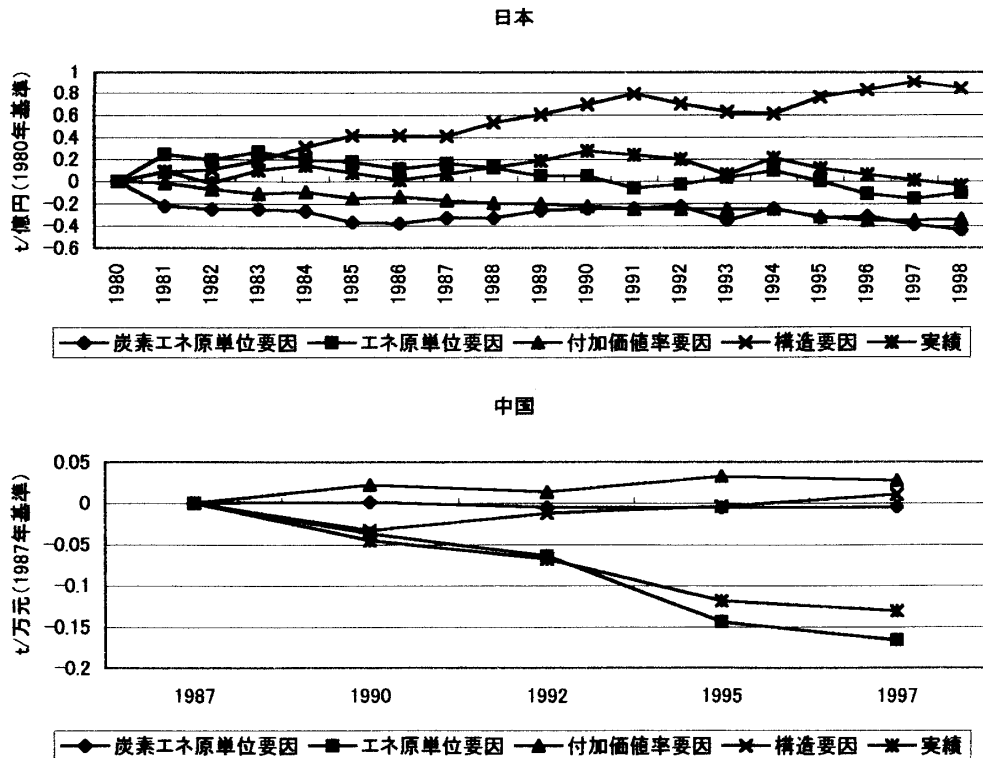


図14 GDP あたり一次金属部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図 5 と同じ

図15 GDP あたり機械部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図5 と同じ

部門に占める割合の拡大によって、構造要因が大きなプラス要因となっている。それ以外の炭素エネ原単位要因、付加価値率要因はマイナスの働きをしているが、構造要因のプラスの働きより小さいため、実績は下がらなかったのである。その以外のエネルギー消費原単位要因はプラスになったり、マイナスになったりして、働きは小さい。

一方、中国では、機械部門の各要因は、全部門と同じ、普通の組み合わせを見せている。つまり、エネルギー消費原単位要因は大きなマイナス、付加価値率はプラス、炭素エネ原単位要因と構造要因はあまり機能していないという構図を示している。

⑫ その他製造業部門の比較（図16）

実績は、日本では大きな低下傾向であったが、中国では低下傾向はあるものの、低下の幅が小さい。その原因は、日本では4つの要因の中に、プラスの働きをしている要因はほとんど現れていない。炭素エネ原単位要因と付加価値率要因の働きは小さいものの、エネ消費原単位要因と構造要因は相まって、汚染排出低下に働いていた。ただ、近年エネ消費原単位要因の働きは上昇傾向が見られた。

しかし、中国の付加価値率要因は大きなプラスの働きをしている。エネルギー消費原単位要因は1992年までは大きなマイナスの働きをしていたが、その後上昇傾向になった。また、炭

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

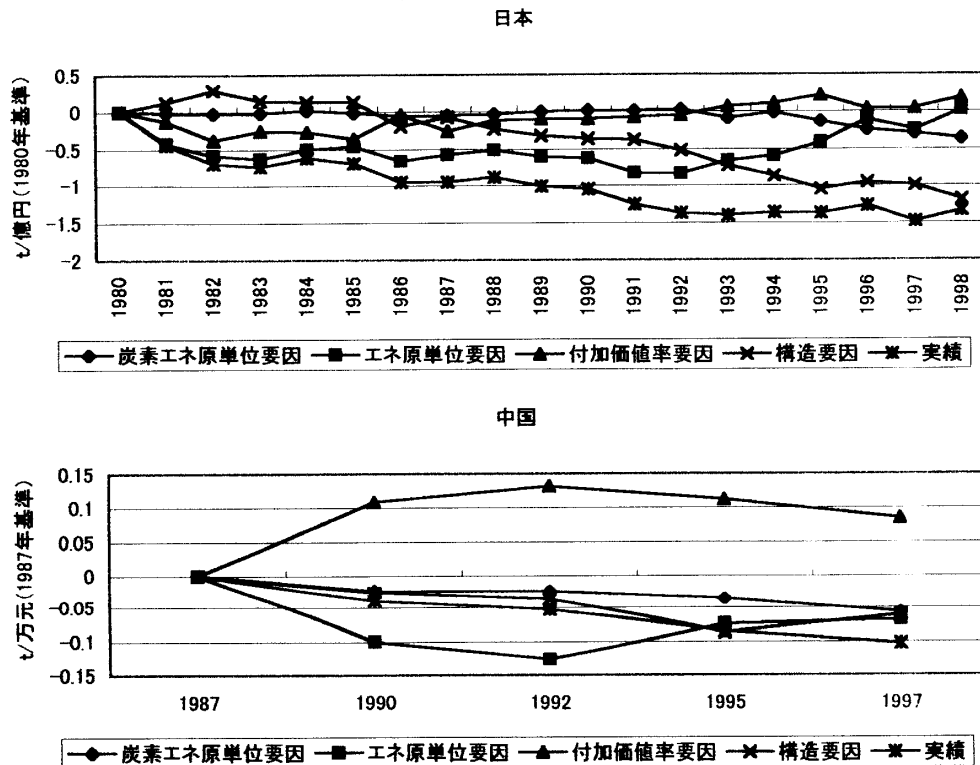


図16 GDP あたりその他製造業部門 CO₂ 排出量の要因比較

資料：図5と同じ

素エネルギー原単位要因と構造要因の働きはマイナスになっているものの、その下げ幅が小さい。

⑬ 電力ガス部門の比較（図17）

実績は両国とも低下している。その低下の主な原因は日本ではエネルギー消費原単位要因であった。中国では90年代まではエネルギー消費原単位要因であったが、それ以降エネルギー消費原単位要因は排出上昇の方向に働き、その代わりに炭素エネルギー原単位要因は大きな低下要因となった。それ以外の要因は、日本で3つの要因ともあまり働きが見られなかったのに対して、中国では付加価値率要因はプラスの働きが見られた。

⑭ 運輸部門の比較（図18）

日本では、運輸部門の GDP あたり CO₂ 排出量の変化は、1990年頃までは低下していたが、90年代からは大体上昇傾向で推移してきた。その大きな原因はエネルギー原単位要因の動きによるものである。それに、付加価値率要因のマイナスの働きと構造要因のプラスの働きを加えたものである。炭素エネルギー原単位要因はほとんど働いていない。

一方、中国では、実績は低下している。その低下の要因は主にエネルギー消費原単位要因であった。そのほかの要因は、構造要因のややプラスの働きを除けば、炭素エネルギー原単位要因と付加価値率要因はほとんど機能していない。

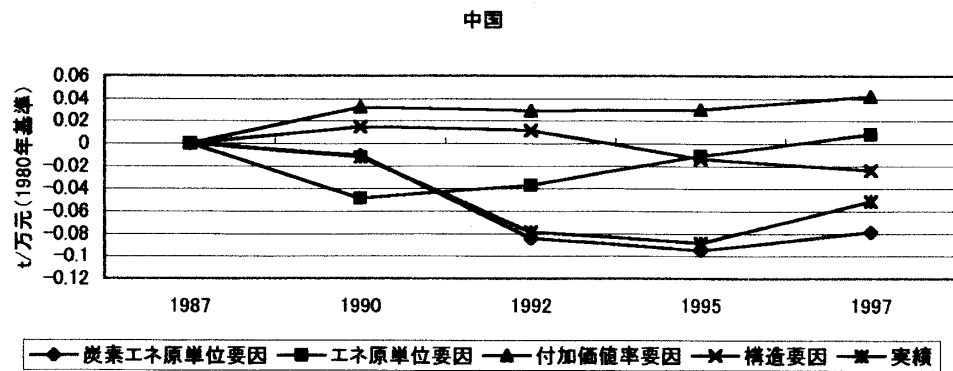
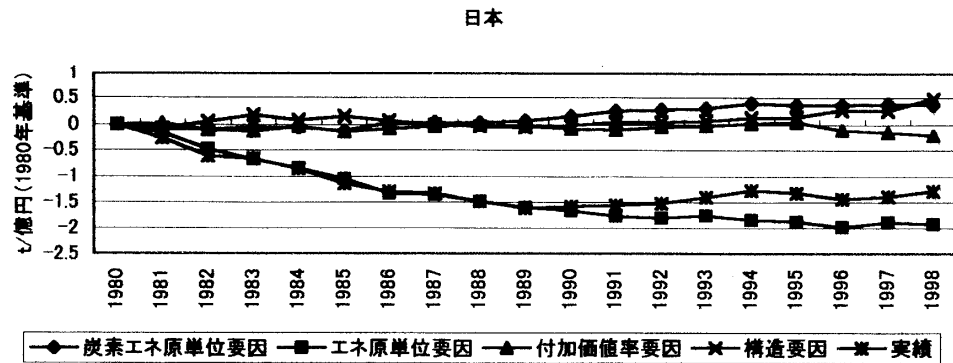


図17 GDP あたり電力ガス部門 CO₂ 排出量の要因比較
資料：図 5 と同じ

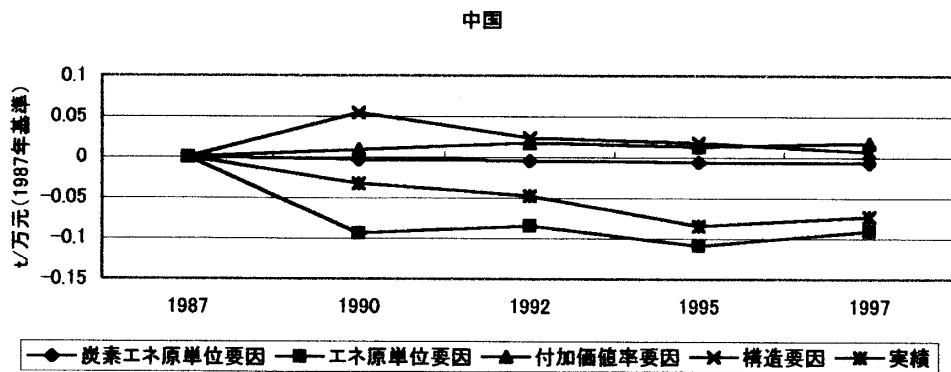
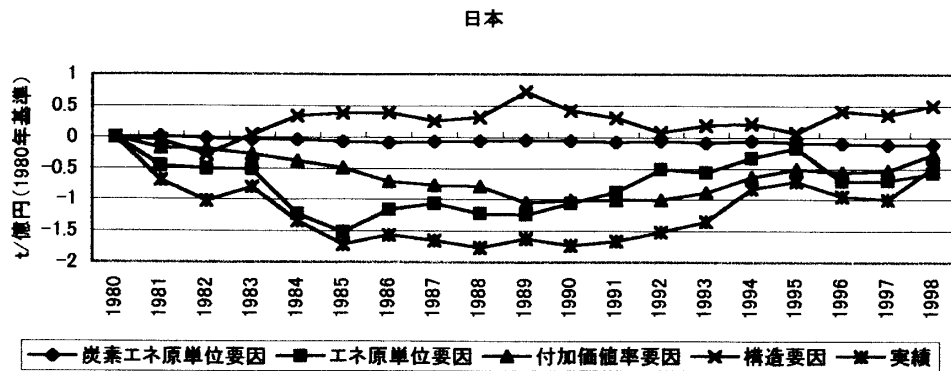
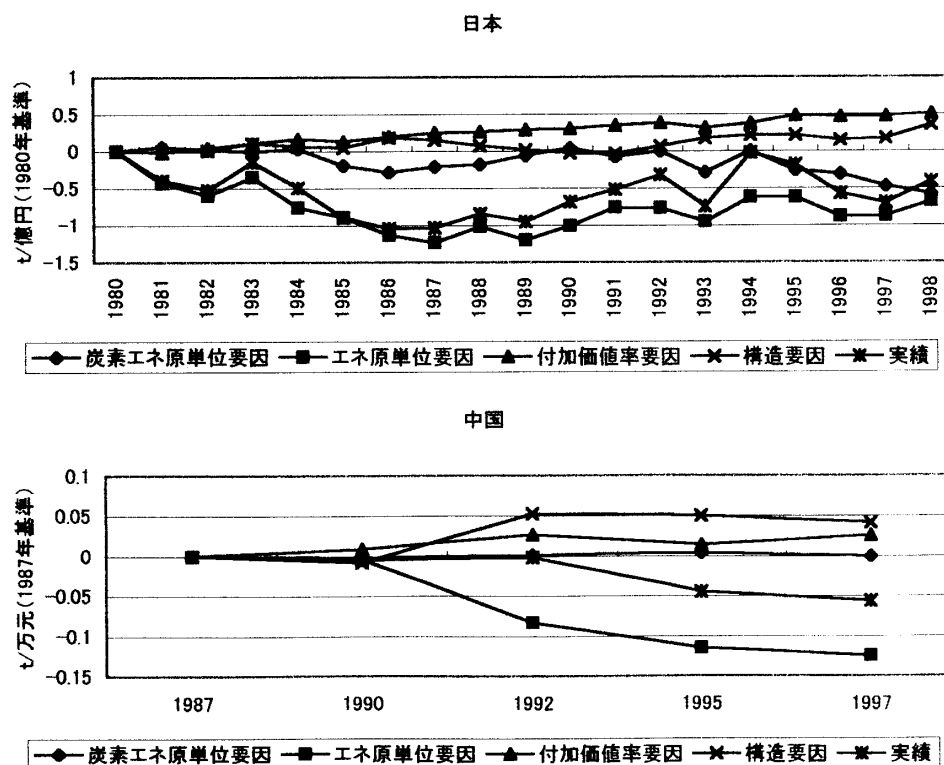


図18 GDP あたり運輸部門 CO₂ 排出量の要因比較
資料：図 5 と同じ

⑮ サービス部門の比較 (図19)

日本では全期間で見ると、サービス部門の GDP あたり CO₂ 排出量はやや低下していたが、その過程で波動が見られた。各要因のうち、エネ消費原単位要因は実績の動きと似たような波動をしていることから、この要因は実績の大きな影響要因と見ることができる。他の3つの要因には、構造要因と付加価値率要因がややプラスの働き、炭素エネ原単位要因がややマイナスの働きをしている。

一方、中国では、実績は1992年まではほとんど変わらず、その後低下傾向が見られた。要因別から見れば、1990年までは各要因がほとんど機能しておらず、それ以降からは動きが見られた。低下の主な要因として、エネルギー消費原単位要因が挙げられる。それ以外の要因は構造要因が1990年～1992年の間に上がったほかは、あまり大きな動きは見られなかった。



資料：図5と同じ

(3) 各要因で見た日中比較

以上で見た両国の GDP あたり部門別 CO₂ 排出量の要因分析結果は、各要因の推移傾向を総括的に表6でまとめられている。ここで明らかなように、日中両国ともほとんどの部門において GDP あたり CO₂ の排出量は低下しているが、各要因の推移傾向について見ると、いろいろな影響が見られた。

表 6 日本と中国の部門別 GDP あたり CO₂ 排出及びその影響要因の推移傾向の比較

	部門別 GDP あたり 排出実績		炭素エネ原 単位要因		エネルギー消費原 単位要因		付加価値率要因		構造要因	
	日本	中国	日本	中国	日本	中国	日本	中国	日本	中国
農 業	低下	低下	横ばい	横ばい	上昇	低下	横ばい	横ばい	低下	横ばい
建 設	低下	低下	横ばい	横ばい	上昇-低下	低下	横ばい	横ばい	低下	横ばい
鉱 業	低下	低下	横ばい	横ばい	上昇	横ばい	横ばい	上昇	低下	低下
食 料 品	低下	低下	横ばい	横ばい	低下-横ばい	低下	上昇	横ばい	低下	横ばい
織 維	低下	低下	横ばい	横ばい	横ばい	低下	横ばい	上昇	低下	低下
製 紙	低下	低下	横ばい	横ばい	低下-横ばい	低下	低下	上昇	上昇-横ばい	低下
化 学 工 業	低下	低下	低下	横ばい	低下	低下	低下	上昇	上昇	低下-横ばい
窯 業 土 石	低下	低下	横ばい	上昇	低下	低下	低下	上昇	横ばい-低下	横ばい
一 次 金 属	低下	低下	横ばい	横ばい	横ばい	横ばい	横ばい-低下	上昇	低下	低下
機 械	横ばい	低下	低下	横ばい	横ばい	低下	低下	上昇	上昇	低下-横ばい
その他製造業	低下	低下	横ばい-低下	横ばい	低下-上昇	低下-上昇	横ばい	上昇	横ばい-低下	横ばい
電 力 ガ ス	低下-横ばい	低下-上昇	横ばい	低下	低下	低下-上昇	横ばい	上昇	横ばい	上昇-低下
運 輸	低下-横ばい-上昇	低下	横ばい	横ばい	低下-上昇	低下-横ばい	低下-上昇	横ばい	上昇-横ばい	上昇-横ばい
サ ー ビ ス	低下-横ばい	横ばい-低下	横ばい-低下	横ばい	低下-横ばい	横ばい-低下	横ばい-上昇	横ばい-上昇	横ばい-上昇	横ばい-上昇

注：筆者の要因分析の結果に基づく作成

① 炭素エネ原単位要因

両国とも大体横ばいの部門が多く、低下している部門が少ない。ただ、両国を比べると、日本の方は中国より、傾向的にある程度低下している。

その根拠として、図20は日本と中国の炭素エネ原単位の推移を指数で示している。この図を見ると、日本では電力ガス部門のプラス傾向を除けば全て1980年より低くなっているが、その減少率が化学工業の30%を除けば、ほとんどの部門が10%以内に止まっている。一方、中国では、電力ガスとその他製造業のマイナス傾向を除けば、ほとんどの部門がプラス傾向となっている。

② エネルギー消費原単位要因

日本では低下の働きをしている部門はあったが、農業、鉱業、その他製造業、運輸などの部門には上昇傾向が見られた。一方、中国では、ほとんどの部門は低下あるいは横ばいの働きをしている。中国の主な低下要因はこのエネルギー消費原単位要因であると言える。

図21は日本と中国のエネルギー消費原単位（産出額ベース）の推移を指数で示したものである。日本では鉱業、農業のプラスの傾向を除けば、大体低下の傾向にあるが、低下率から見ると、電力ガスの44%を除けば、大体10～20%程度に止まっている。一方、中国では、電力ガスを除けば、全ての部門が低下している。しかもその低下率はほとんどの部門が50%以上に上っている。

この違いの原因と言え、両国の省エネ技術の違いがあると思われる。中国ではもともと

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

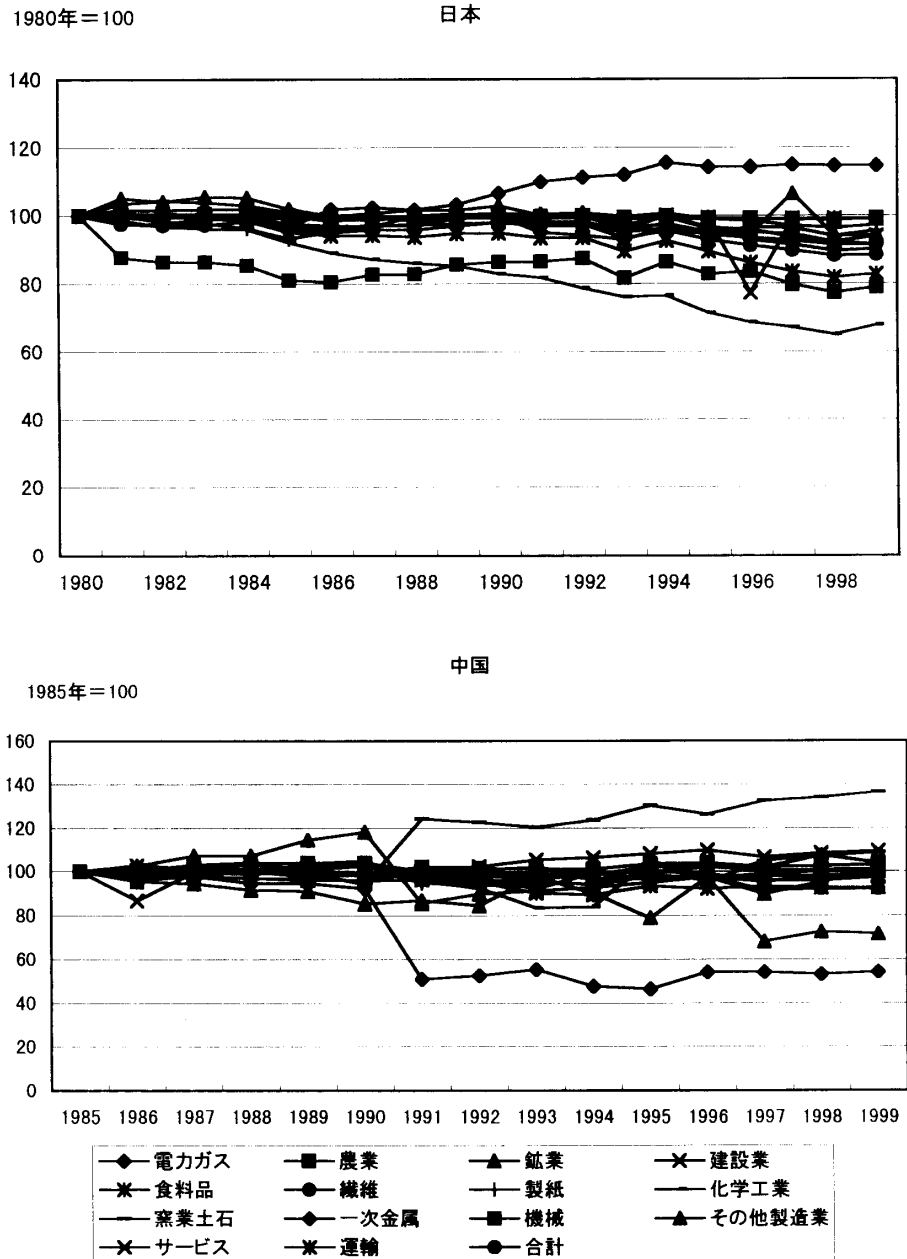


図20 炭素エネルギー単位（エネルギー消費あたり CO₂ 排出量）の推移（指数）

資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994

②資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版

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，大蔵省印刷局，1992

④国家統計局：中国能源統計年鑑・1989，1991，1991～1996，1997～1999，中国統計出版社

⑤国家統計局：中国統計年鑑，中国統計出版社，各年版

などより作成

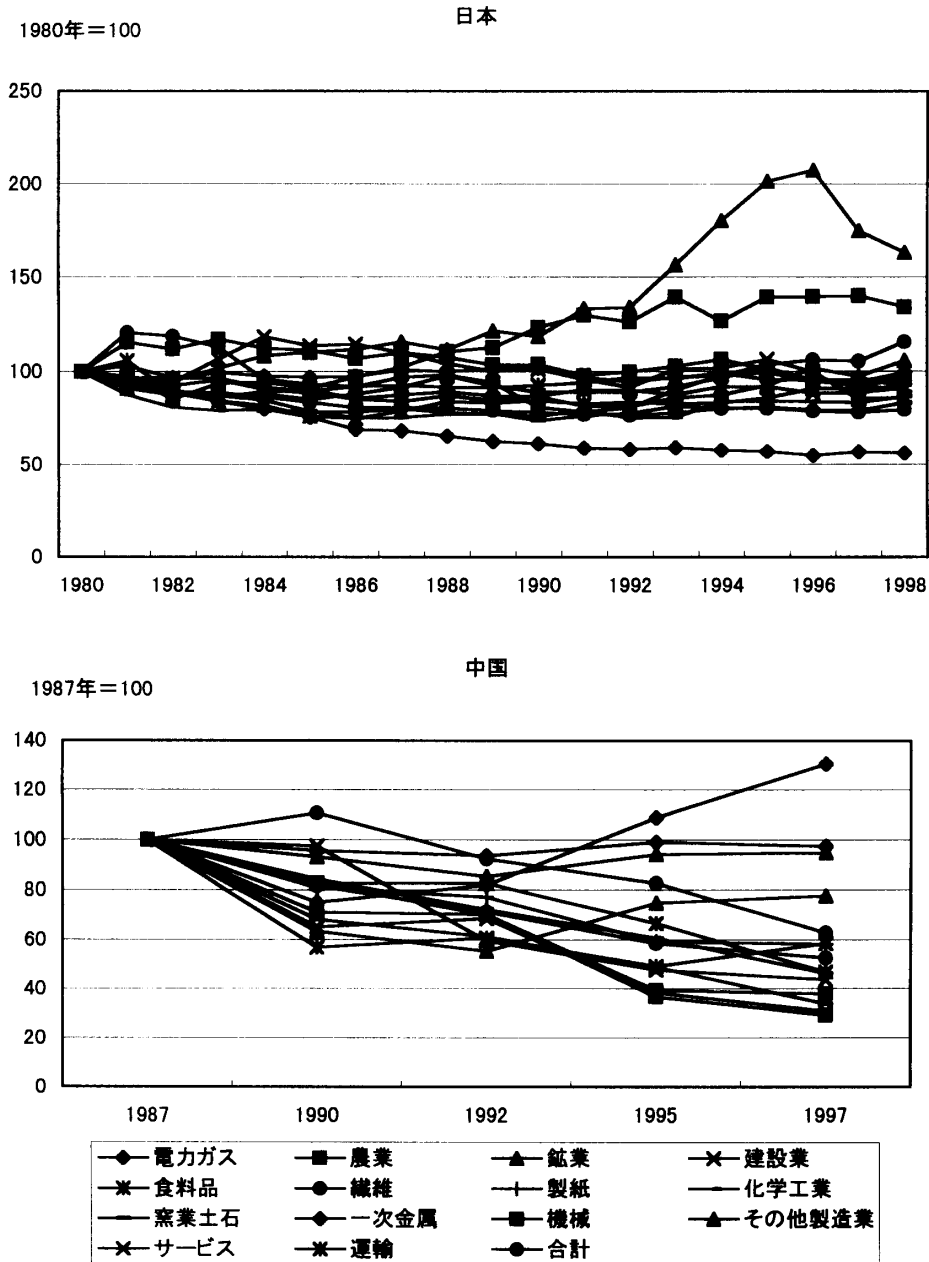


図21 エネ消費原単位（産出額あたりエネルギー消費量）の推移（指数）

資料：①資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版
 ②内閣府経済社会総合研究所編：長期週及主要系列国民経済計算報告——平成2年基準——，財務省印刷局，2001年
 ③国家統計局：中国統計年鑑，中国統計出版社，各年版
 ④国家統計局：中国投入産出表，'87，'92，'95，'97，中国統計出版社
 ⑤日本・中国国際産業連関表・'90，アジア経済研究所，1997
 などより作成

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

著しく高かったエネルギー消費原単位を下げるのが技術上比較的容易であるため、新しい省エネ技術を導入する過程は持続している。一方、日本での省エネ技術は既に進んでいて、更なるエネルギー消費原単位の低下は難しくなっている。

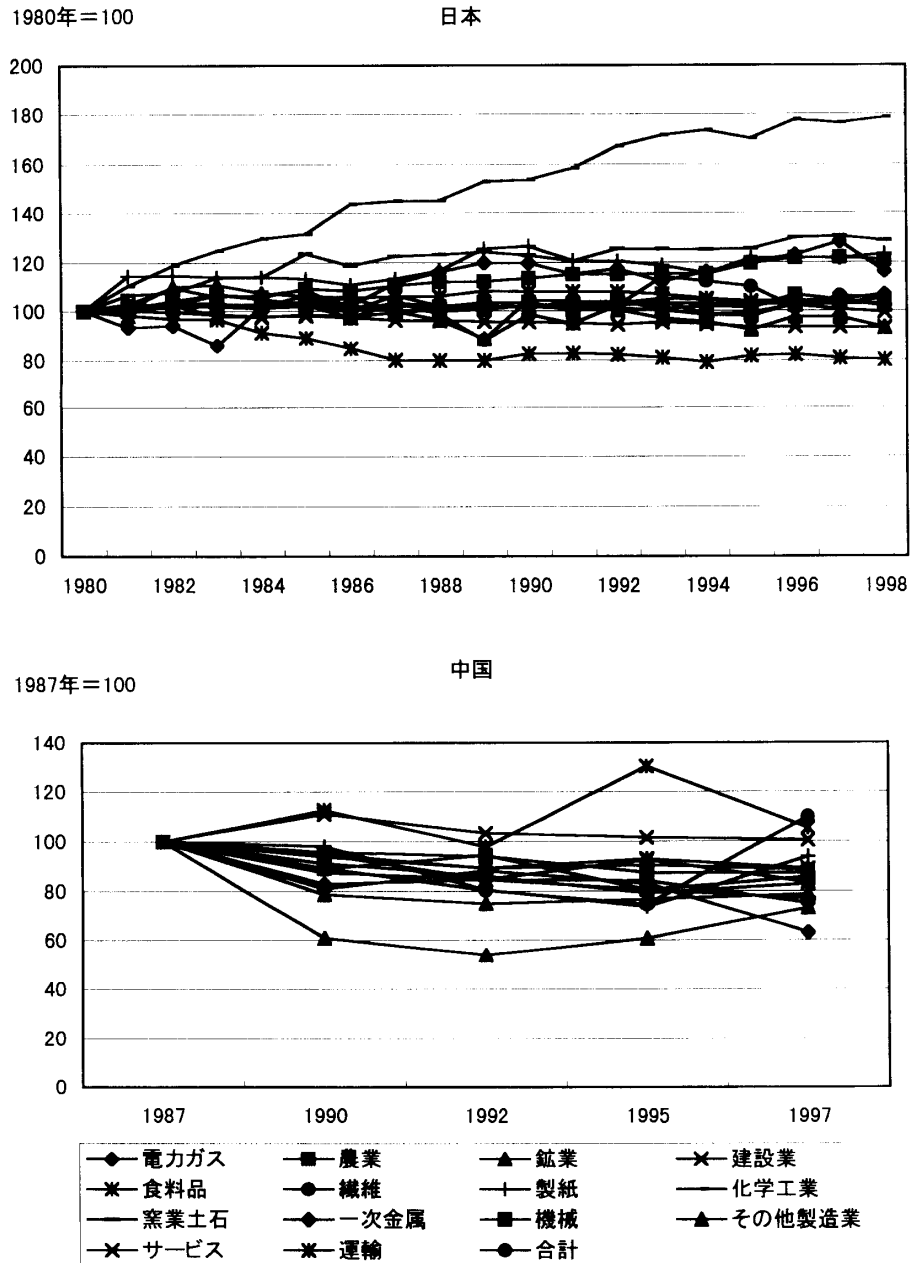


図22 付加価値率（産出額あたり付加価値）の推移（指数）

資料：①内閣府経済社会総合研究所編：長期週及主要系列国民経済計算報告——平成2年基準——，財務省印刷局，2001年

②国家統計局：中国投入産出表，'87，'92，'95，'97，中国統計出版社

③日本・中国国際産業連関表・'90，アジア経済研究所，1997

などより作成

③ 付加価値率要因

日本では低下あるいは横ばいの働きをしている部門が多いのに対して、中国では上昇の働きをしている部門が多い。この付加価値率要因は中国の汚染排出の大きな増加要因となっている一方、日本の汚染排出の主な低下要因となっている。これは日本で高付加価値率構造が定着している一方、中国では高付加価値率化は進んでいないことを意味している。つまり、中国では、まだ産出あたりの付加価値が低く、工業化あるいは産業化が進展していて、経済効率の低下、経済規模の拡大が汚染排出の大きな原因となっている。

それを裏付けるために、両国の実際の付加価値率 (Y_i/Q_i) を指数で見たのが図22である。日本の場合は、1980年から1998年かけての各部門の付加価値率は、食料品の20%低下の以外に、ほとんどの部門が増加の傾向を示している。しかし、中国では1997年の部門別付加価値率は1987年と比べると、繊維、食料品の僅かなプラスの傾向を除けば、ほとんどの部門が低下してしまった結果を示している。

④ 構造要因

日本では運輸、サービスのような第三次産業及び機械、製紙、窯業・土石、電力・ガスのような産業部門が上昇の働きをしているのに対して、農業、建設業、鉱業及び食料品、繊維といった軽工業部門が低下の働きをしている。中国でも運輸、サービスのような第3次産業が上昇、軽工業部門が低下の働きをしているが、他の部門は横ばいの働きをしている部門が多い。

4. 日本と中国の部門別 GDP あたり CO₂ 排出量変化の主成分分析比較

以上で日本と中国の GDP あたり部門別 CO₂ 排出量変化の要因を経年的に見てみた。以下では、両国における1987年～1997年の10年間で GDP あたり部門別 CO₂ 排出量変化の分析結果を見てみよう。

図23に示したように、各要因の動きとして、大雑把に言えば、炭素エネルギー単位要因は中国でほとんど機能していないのに対して、日本ではマイナスの働きをしている部門が多い。この意味では、中国では電気ガス、窯業土石、その他製造業の少数部門のやや大きい値を除いて、エネルギー源の転換効果がほとんどないのに対して、日本では電気ガス部門を除いて、多くの部門において、ある程度の転換効果が現れている。

次に、エネルギー消費原単位要因は、中国では電気ガス部門の僅かのプラスを除けば、全部マイナスの働きをしているのに対して、日本では電気ガス、建設業、一次金属、機械部門のマイナスを除けば、大部分の部門がプラスの働きをしている。

また、付加価値率要因は、中国では食料品と繊維部門のほんの僅かなマイナスを除けば、他

日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析

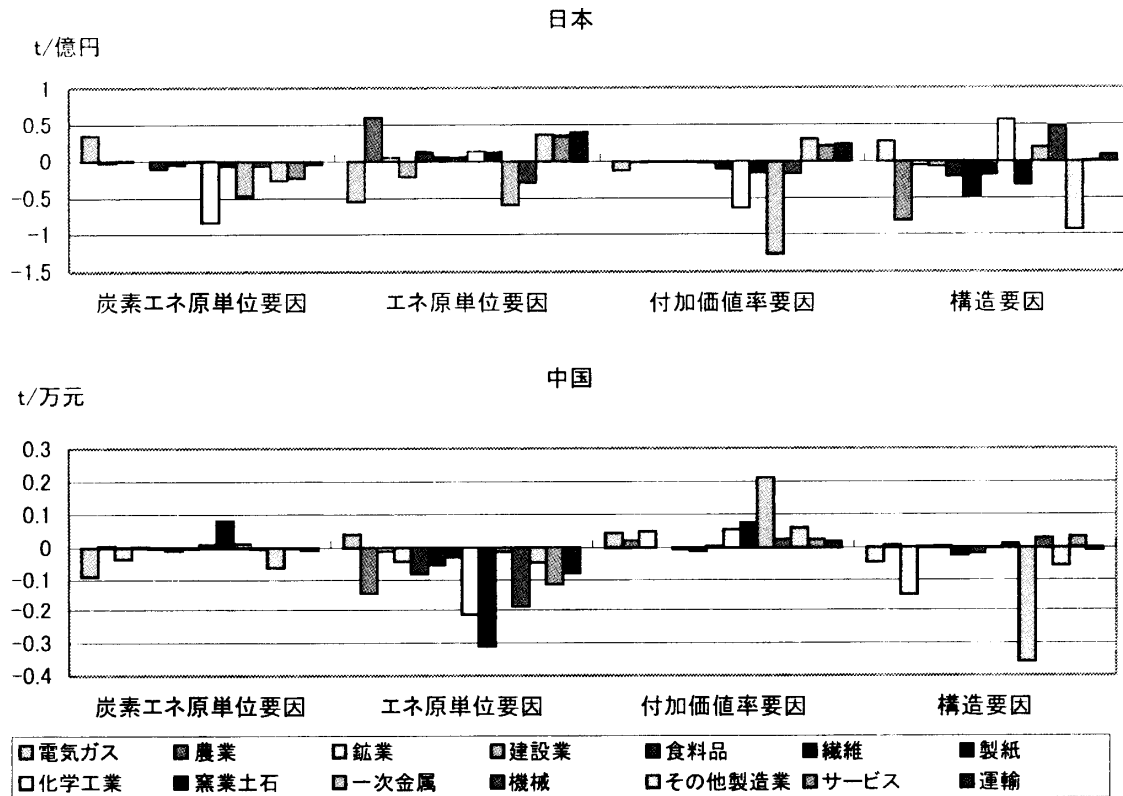


図23 GDP あたり部門別 CO₂ 排出量の要因比較（1987～1997）

資料：図5と同じ

の部門が全部プラスの働きをしているのに対して、日本ではその他製造業、サービスと運輸部門を除けば、逆にマイナスの働きをしている。

最後に、構造要因は両国ともまちまちであるが、中国では鉱業と一次金属の大きなマイナスの働きを除けば、他の部門の働きは小さい。一方、日本では各部門の働きは中国より大きい。比較的マイナスの大きい部門は、農業とその他製造部門、プラスの大きい部門は化学と機械部門が挙げられる。

以上で、GDP あたり部門別 CO₂ 排出量変化の要因を四つの指標に分けて分析したが、各部門の CO₂ 排出量変化の特徴を知るには、一つ一つの部門のこうした要因の特性が、どのように変化したかを見る場合には、複雑になっている。そこで、もし元の情報の損失を最小にするようにして、各時点を代表するより低次元の指標を作ることができれば、各部門における CO₂ 排出量変化の特徴を簡潔に要約することができ、非常に便利であろう。ここで、総合指標を探るため、主成分分析の方法を用いた。

（1）主成分分析の方法

まず、連続型要因法に基づいて得た結果、すなわち、各部門の CO₂ 排出量変化要因のデー

タ (X_1, X_2, X_3, X_4) を標準化した。標準化したデータは U_1, U_2, U_3, U_4 でそれぞれ表す。次に、相関行列から出発する主成分分析を実施するために、相関行列の固有値と固有ベクトルを求めた。そして、累積寄与率と因子負荷量を計算した。

最後に、GDP あたり CO_2 排出量変化要因の固有ベクトルから、それぞれ次のような四つの主成分 (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4) が得られた。

中国の場合は、

$$Z_1 = 0.37U_1 - 0.53U_2 - 0.45U_3 + 0.61U_4$$

$$Z_2 = -0.60U_1 + 0.45U_2 - 0.57U_3 + 0.34U_4$$

$$Z_3 = -0.68U_1 - 0.56U_2 + 0.43U_3 + 0.24U_4$$

$$Z_4 = 0.20U_1 + 0.46U_2 + 0.55U_3 + 0.67U_4$$

である。

一方、日本の場合は、

$$Z_1 = -0.30U_1 - 0.52U_2 - 0.60U_3 + 0.53U_4$$

$$Z_2 = -0.81U_1 + 0.53U_2 - 0.18U_3 - 0.15U_4$$

$$Z_3 = -0.08U_1 + 0.28U_2 + 0.52U_3 + 0.80U_4$$

$$Z_4 = 0.49U_1 + 0.61U_2 - 0.59U_3 + 0.21U_4$$

である。

ここで、第1主成分と第2主成分の累積寄与率は中国で92.8%、日本で84.4%である。つまり、GDPあたり部門別 CO_2 排出量において、元の4つの変動要因が持っている情報が中国で92.8%、日本で84.4%を説明できることがわかる。したがって、元の4つの変数を2つの新しい変数に集約したとき、情報の損失はそれぞれ7.2%、15.6%である。ここで、4つの主成分の中から、第1主成分と第2主成分を採用することにする。

(2) 主成分の意味付け

① 中国の場合

第1主成分と第2主成分は以下のように書くことができる。

第1主成分は

$$Z_1 = 0.37 \times \text{炭素エネ原単位要因} - 0.53 \times \text{エネ消費原単位要因} \\ - 0.45 \times \text{付加価値率要因} + 0.61 \times \text{構造要因}$$

であり、

第2主成分は

$$Z_2 = -0.60 \times \text{炭素エネ原単位要因} + 0.45 \times \text{エネ消費原単位要因} \\ - 0.57 \times \text{付加価値率要因} + 0.34 \times \text{構造要因}$$

である。

② 日本の場合

第 1 主成分と第 2 主成分は以下のように書くことができる。

第 1 主成分は

$$Z_1 = -0.30 \times \text{炭素エネ原単位要因} - 0.52 \times \text{エネ消費原単位要因} \\ - 0.60 \times \text{付加価値率要因} + 0.53 \times \text{構造要因}$$

であり、

第 2 主成分は

$$Z_2 = -0.81 \times \text{炭素エネ原単位要因} + 0.53 \times \text{エネ消費原単位要因} \\ - 0.18 \times \text{付加価値率要因} - 0.15 \times \text{構造要因}$$

である。

第 1 主成分及び第 2 主成分には、それぞれの意味付けは、次のようにまとめることができよう。

まず、中国の場合は、第 1 主成分は構造要因 (Y_i / Y)、エネルギー消費原単位要因 (E_i / Q_i) の係数が大きく、特に正の符号を持つ構造要因の係数が 0.6 以上の値を示しており、これは部門の経済構造特性を表すもので、経済的性質を示す指標といえそうである。そして、第 2 主成分は炭素エネ原単位要因 (C_i / E_i) と付加価値率要因 (Q_i / Y_i) の係数が大きいことから、これは部門の技術特性を表すもので、技術的な性質を示す指標といえそうである。

次に、日本の場合は、第 1 主成分は付加価値率要因 (Q_i / Y_i)、構造要因 (Y_i / Y) 及びエネルギー消費原単位要因 (E_i / Q_i) の係数が 0.5 以上の大きさに、部門の経済構造特性を示しており、やはり経済的な性質を持つ指標といえそうである。

次に、第 2 主成分は、炭素エネ原単位要因 (C_i / E_i) とエネルギー消費原単位要因 (E_i / Q_i) の係数が一番大きいことから、これはエネルギー消費の技術特性を表すもので、技術的性質を示す指標といえそうである。

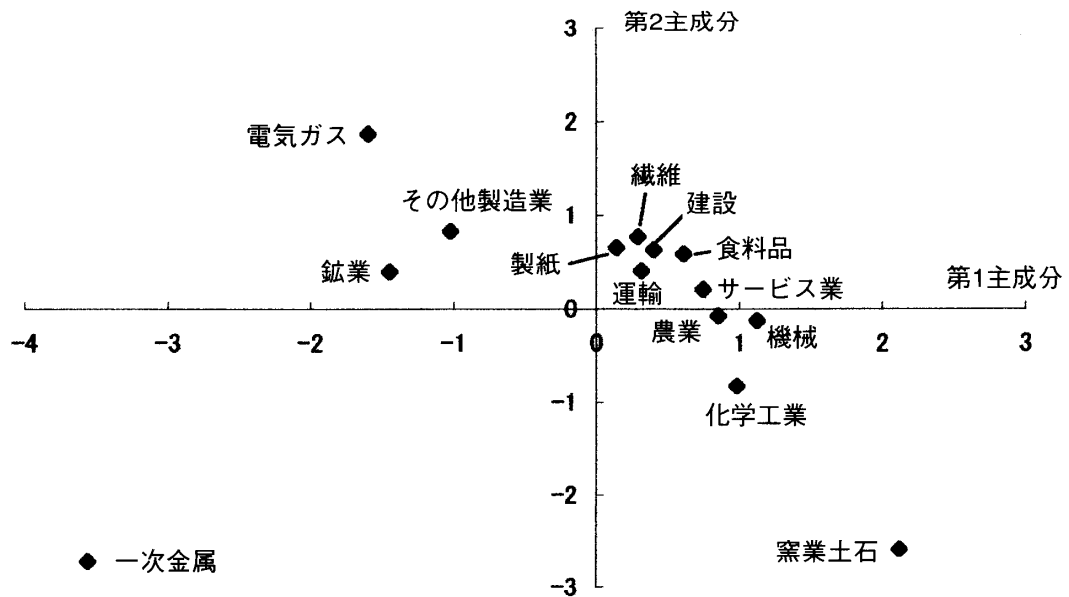
(3) 主成分分析の結果

主成分分析の結果を図 24 に示す。以上の意味付けに従えば、横軸に近い部門は相対的に経済的要因の強い部門で、逆に縦軸に近い部門は技術的な要因の強い部門と見ることができる。

この図を見る限り、横軸に近い部門は、中国では農業、鉱業、サービス業、機械業、日本では、農業、鉱業、運輸、繊維、食料品、窯業土石、一次金属などの部門である。逆に縦軸に近い部門は、中国では製紙部門、日本では建設部門などの部門である。両国とも経済的要因が強いと言えよう。

一方、経済的、技術的に両方とも働く部門としては、中国では窯業・土石、一次金属、電気ガス、化学工業、その他製造業、日本では化学工業、機械、電気ガス、その他製造業など

(1) 中国



(2) 日本

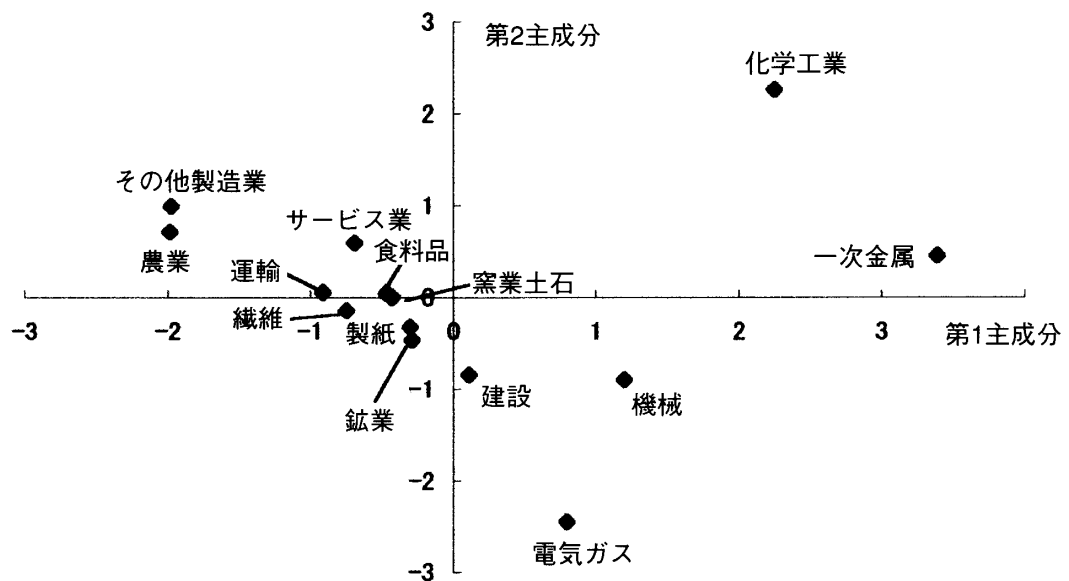


図24 主成分分析の比較

資料：筆者の要因分析の結果による計算，作成

の部門である。

以上の主成分分析の結果から、CO₂ 排出量を減らすためには、原点に持っていけば良い訳で、原点から遠く離れた部門は重要部門として、認識すべきである。ここでは、部門の重要度として、中国では、トップグループの窯業・土石、一次金属、電気ガス部門のほかに、そ

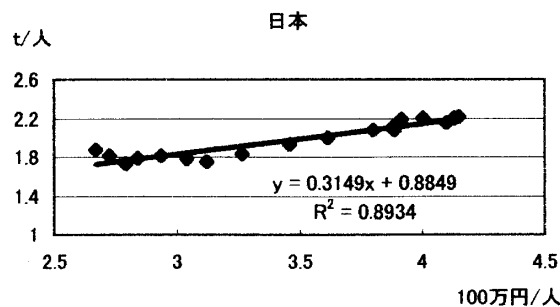
の他製造業，化学工業などの部門にも何らかの対策が必要であろう。以上の部門はいずれも重化学工業部門である。特に窯業土石，一次金属部門には，技術的にも，経済的にも改善すべきであろう。中国の経済基盤はまだ広がる可能性が十分あることを考えると，規模を減らすのは難しそうであるが，高付加価値化という技術的な減少方法を用いるのは現実的である。

一方，日本の場合には，重要部門として，化学工業，一次金属，電気ガス，その他製造業などの部門が挙げられる。特に化学工業は経済的にも，技術的にも改善が求められる。これに対して，一次金属部門は主に技術的な改善，電気ガスは経済的改善の措置が必要であろう。

5. 環境クズネッツ曲線による分析

環境クズネッツ曲線とは，横軸に豊かさの指標をとり，縦軸に汚染水準を取った場合に現われる逆 U 字型の曲線である。この概念は，経済発展と環境汚染の関係を分析する道具として，世界銀行の世界開発報告（1992年版）などで用いられている。

(1) 自国貨幣の実質 GDP ベース ('95価格)



(2) 為替レートで換算した実質 GDP ベース ('95価格)

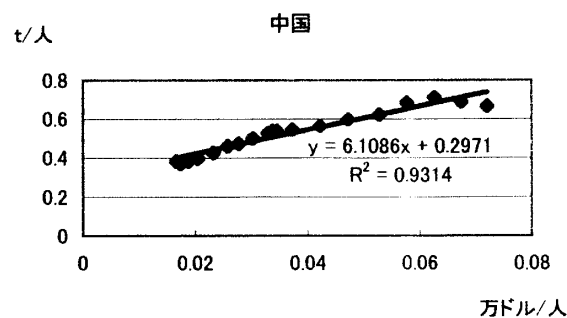
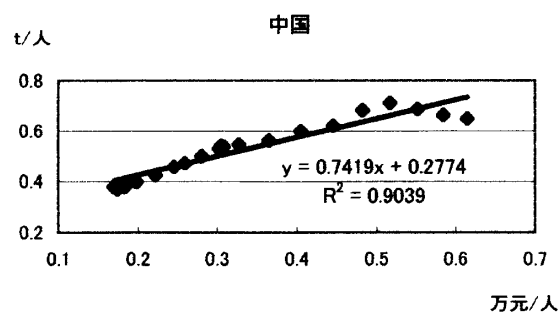
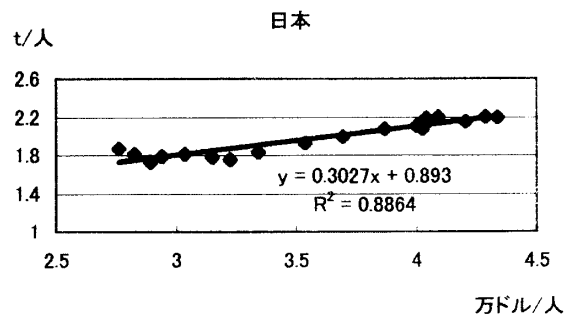


図25 一人あたり GDP と一人あたり CO₂ 排出量との相関の日中比較

資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994

②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，大蔵省印刷局，1992

③資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版

④国家统计局：中国能源統計年鑑・1989，1991，1991～1996，1997～1999，中国統計出版社

⑤日本エネルギー経済研究所計量分析部編：エネルギー・経済統計要覧・2001年版，省エネルギーセンター，2001年

などより作成

一般に逆 U 字型が現われる理由は、以下のように考えられている。すなわち、低所得の段階では豊かになるにつれて環境汚染的な経済活動が活発になり汚染水準が上昇する。一方、高所得になると、環境汚染はピークを迎えた後に改善する。この局面では、国民の環境認識は高まり、また経済的余裕が生まれて、環境投資が実施される。

ここで、日本と中国における1980年から1998年にかけての一人あたり GDP (x) と一人あたり CO₂ 排出量 (y) の関係を見るために、回帰分析を行った。その結果は図25に示す。図

横軸：付加価値（兆円），縦軸：排出量（万 t-c）

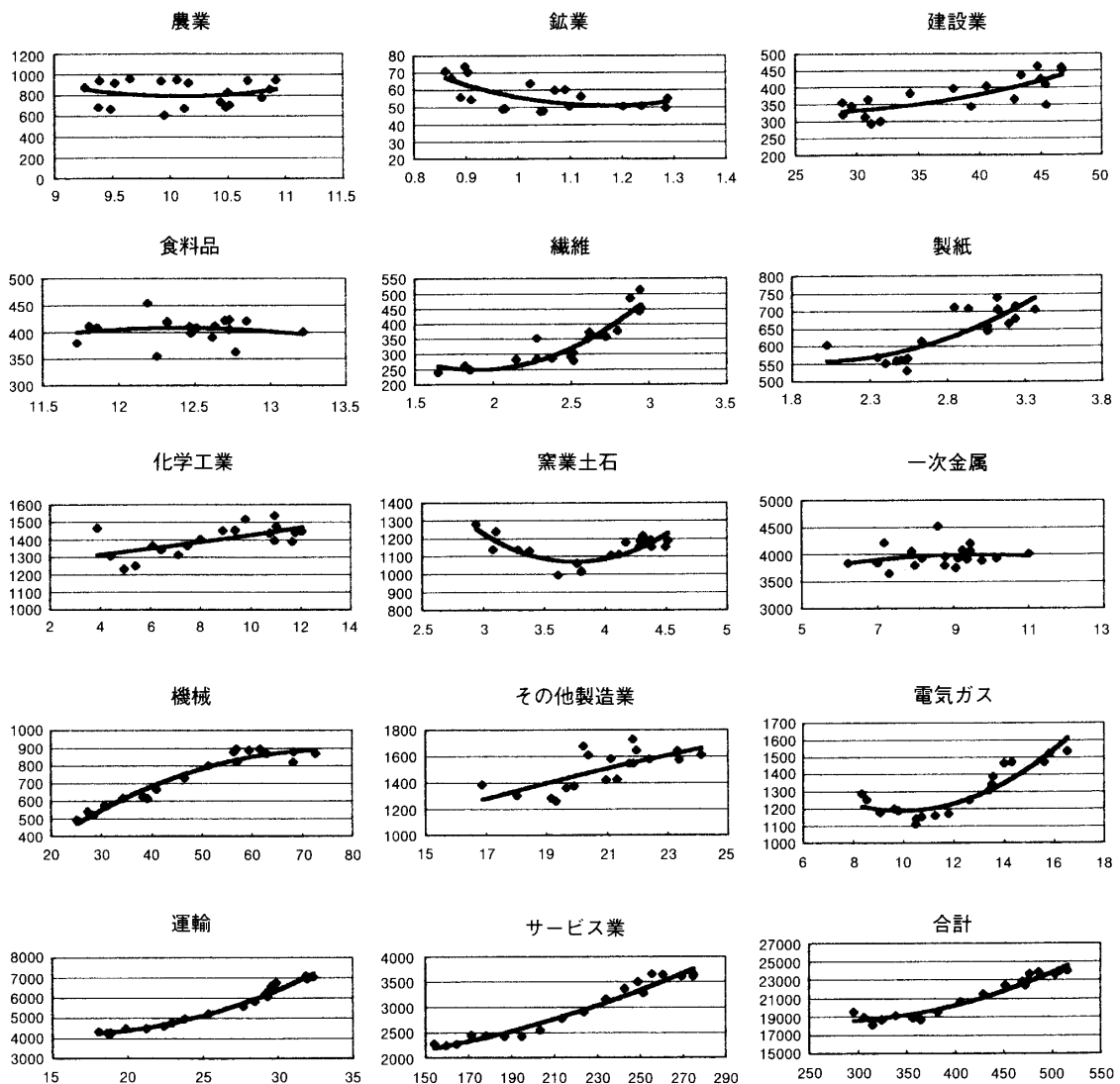


図26 日本の部門別 CO₂ 排出のクズネッツ曲線分析

資料：①環境庁編：温暖化する地球，日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書，大蔵省印刷局，1994

②内閣府経済社会総合研究所編：長期週及主要系列国民経済計算報告——平成2年基準——，財務省印刷局，2001年

③資源エネルギー庁長官官房総合政策課編：総合エネルギー統計，通商産業研究社，各年版

の曲線を見ると、一人あたり GDP と一人あたり CO₂ 排出量は両国とも時間と共に増加してきた。ただ、中国の場合は、その曲線がピークに達しているように見えるが、これは本当の転換点かどうかは、今後データの推移を見守る必要がある。

また、以上の環境クズネッツ曲線の考え方を部門別の CO₂ 排出量と付加価値の関係に持ってきて、経済の発展につれ、各部門の CO₂ 排出量はどのように推移してきたかを見るために、部門ごとの環境クズネッツ曲線を作ってみた。その結果を図26、図27に示す。

これによると、各部門の CO₂ 排出量は、付加価値の増加につれ、増加あるいは横ばいの傾向になっている部門がまだ多いようである。減少に向かったのは殆どなかった。

横軸：付加価値（億元），縦軸：排出量（万 t-c）

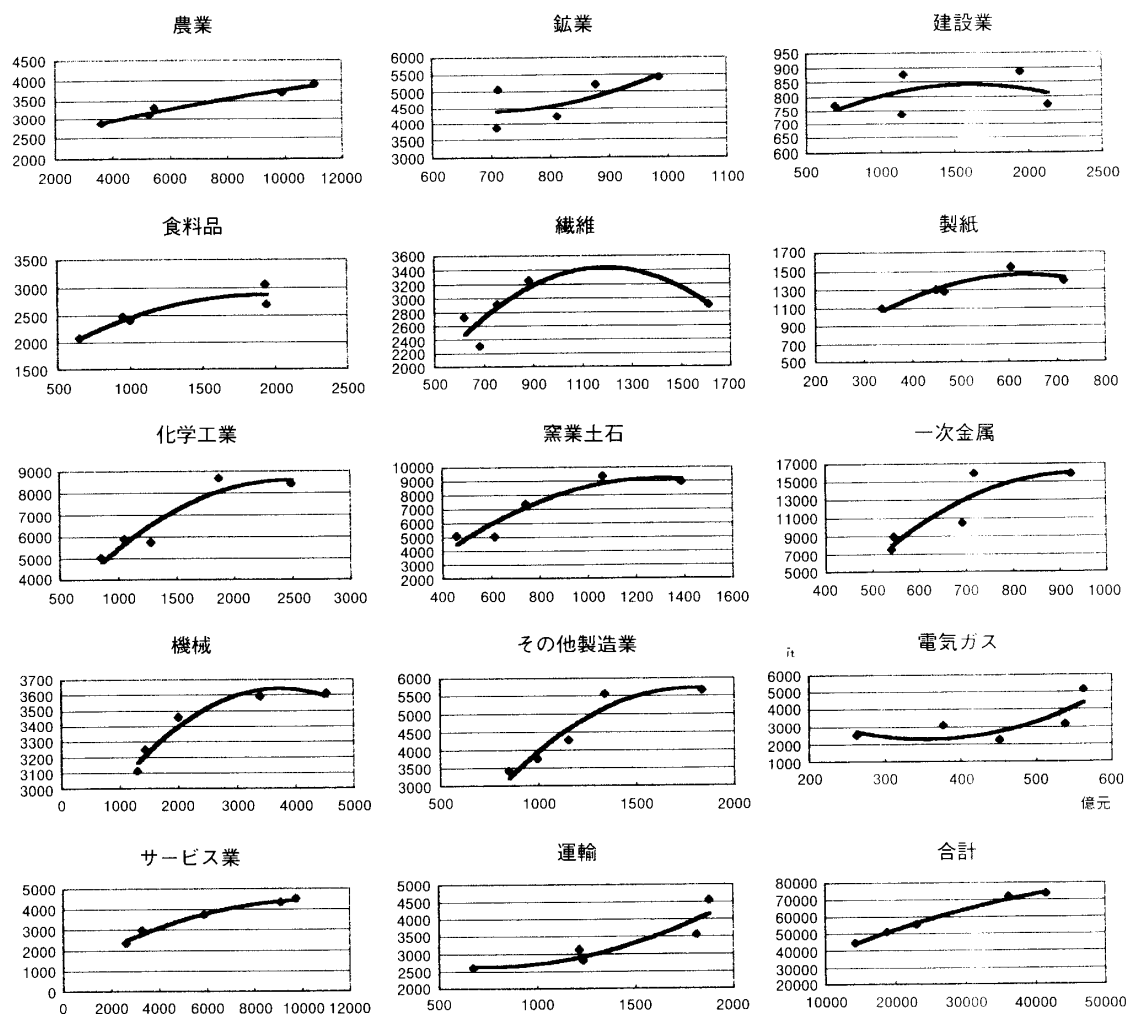


図27 中国の部門別 CO₂ 排出のクズネッツ曲線分析

資料：①国家統計局：中国能源統計年鑑・1989，1991，1991～1996，1997～1999，中国統計出版社

②国家統計局：中国投入産出表，'87，'92，'95，'97，中国統計出版社

③日本・中国国際産業連関表・'90，アジア経済研究所，1997

④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，大蔵省印刷局，1992
などより作成

6. ま と め

本研究は日本と中国の CO₂ 排出の部門別比較分析を行った。まず、1980年から1999年にかけての20年間において、両国の化石エネルギー源起源の CO₂ 排出量を部門別、エネルギー源別に推計し、その排出実態と動態を明らかにした上で、両国の共通点と相違点を比較した。そして、排出原因の違いを探るため、両国の GDP あたり部門別 CO₂ 排出の要因を分解した。さらに、分解した要因を簡潔に把握するため、主成分の手法を用いて分析した。また、CO₂ 排出と GDP の関係を経年的に見るために、クズネッツ曲線分析を加えた。その主な結果は、以下のようにまとめられる。

(1) 排出実態と動態

① CO₂ 排出量

CO₂ 排出量は日本と中国の両国とも増加してきたが、中国の増加率が高く、両国の差が段々広がってきた。また、排出効率を示す GDP あたり CO₂ 排出量から見ると、日中の差がすこしずつ縮んできたが、いまだに大きい。つまり、中国の排出効率は大いに改善の余地が存在している。

② 部門別排出構造

転換部門の配分なしの場合は、両国とも転換部門の排出量をもっとも多く、しかも大きく増加傾向にある。その次に日本の運輸部門、中国の家庭部門の排出が多い。

一方、転換部門からの間接排出を含めて見ると、日本では運輸、民生部門の排出が多く、しかも高く伸びてきた。産業部門では鉄鋼業を除いて排出が少ない。しかし、中国では産業部門、とりわけ重化学工業部門の排出が多く、運輸部門の排出が少ない。ただ、近年になって、排出の増加率から見ると、産業部門の低下傾向が見られた。

③ エネルギー源別排出構造

日本では石油からの排出が多い、石炭や天然ガスからの排出もある程度の比率を占めている。これに対し、中国では石炭からの排出が圧倒的に多い。

(2) GDP あたり部門別 CO₂ 排出量の要因分解

全部門において、両国とも GDP あたり部門別 CO₂ 排出量は低下しているが、その影響を及ぼす要因から見ると、日本では4つの要因が共に汚染排出削減の働きをしていて、各要因のばらつきが小さく、GDP あたり部門別 CO₂ 排出量は安定的に低下する段階にある。これに対して、中国では3つの要因が汚染排出削減に働いているが、付加価値率要因が汚染排出

に対し増加要因となっている。しかし、各要因のばらつきが非常に大きく、プラスとマイナスの相殺効果を持っている。

各要因の特徴については、まず、炭素エネ原単位要因がほとんど機能しない点では両国で共通している。しかし、エネルギー消費原単位要因と付加価値率要因は、中国ではエネルギー消費要因は主にマイナス、付加価値率要因は主にプラスの働きをしているのに対して、日本では2つの要因とも低下する部門と上昇する部門がまちまちである。構造の変化による汚染排出に影響するいわゆる構造要因は、日本では運輸、サービスといった部門は上昇の働きをしているが、産業部門は低下の働きをしている。一方、中国では軽工業部門は低下の働きをしているが、それ以外の部門は上昇の働きをしている。

(3) 主成分分析

主成分分析の結果、経済的、技術的2つの主成分が得られ、両国とも経済的要因は強いことが見られた。対策を重点的にとるべき重要部門として、両国とも一次金属、電気ガス、その他製造業、化学工業などの重化学工業部門が挙げられる。

(4) 環境クズネッツ曲線による分析

日本と中国の一人あたり CO₂ 排出量と一人あたり GDP との関係及び各部門の CO₂ 排出量と各部門の付加価値との関係を調べたところ、両国とも経済成長につれ、CO₂ 排出量は増加する傾向が見られ、いまだに排出のピークは至っていないと思われる。

参 考 文 献

- [1] 時政 昴, 張 宏武 (2002): 「中国のエネルギー消費と大気汚染の部門別分析」, 時政 昴, 『国際的環境保全型多部門経済における持続可能性の研究, 平成12年度～13年度科学研究費補助金基盤研究 (C) (1) 研究成果報告書』
- [2] 張 宏武 (2001): 「中国におけるエネルギー起源の CO₂ と NO_x 排出に関する研究」, 『修大論叢』, 第23号, 広島修道大学大学院研究会
- [3] 張 宏武 (2001): 「中国における SO₂ 排出量の部門別推計及び分析」, 『修道商学』, 第42巻第1号, 広島修道大学商経学会
- [4] 張 宏武 (2001): 「中国における大気汚染物質発生量の部門別研究」, 日本経済学会2001年春季大会発表論文
- [5] 沈 中元, 伊藤浩吉, 李 志東 (1999): 「日本・中国におけるエネルギー消費の分析」, 第15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, エネルギー・資源学会
- [6] 環境庁編 (1994): 『温暖化する地球, 日本の取り組み——「気候変動に関する国際連合枠組条約」に基づく日本国報告書』, 大蔵省印刷局
- [7] 資源エネルギー庁長官官房総合政策課編: 『総合エネルギー統計』, 通商産業研究社, 各年版
- [8] 内閣府経済社会総合研究所編 (2001): 『長期週及主要系列 国民経済計算報告——平成2年基準——』, 財務省印刷局
- [9] 科学技術庁科学技術政策研究所編 (1992): 『アジアのエネルギー利用と地球環境』, 大蔵省印刷局

- [10] 国家統計局：中国能源統計年鑑〔1989〕,〔1991〕,〔1991～1996〕,〔1997～1999〕,中国統計出版社
- [11] 国家統計局：中国投入産出表〔1987〕,〔1992〕,〔1995〕,〔1997〕,中国統計出版社
- [12] アジア経済研究所（1997）：『日本・中国国際産業連関表〔1990〕』,アジア経済出版会
- [13] 環境庁企画調整局地球環境部編（1992）：『地球温暖化防止対策ハンドブック〔1〕総合評価編』,『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

[付記]

本研究は、平成12～13年度科学研究費補助金（基盤研究（C(1)）課題番号12630022）の研究成果の一部である。