



硫黄酸化物汚染対策に関する日中比較分析

Japan-China Comparative Analysis on Measures Against Sulfur Oxides Pollution

(財) 日本エネルギー経済研究所計量分析部客員研究員

長岡技術科学大学助教授 李 志東

Zhi Dong LI

Associate Professor, Nagaoka University of Technology
Visiting Researcher, Energy Data and Modelling Center, IEEJ

中国国家発展計画委員会能源研究所能源効率中心主任 戴 彦徳

Yan De DAI

Chief, Energy Efficiency Center, the Energy Research Institute
The State Development Planning Commission, PRC

Summary

In this paper, a factor analysis model that could break down sulfur oxide emissions into five factors is developed and used to evaluate the contributors to fluctuations of SO₂ emissions in Japan and China. Then we make a comparative analysis on abatement efforts under way in each country. The major conclusions are as follows:

- (1) In Japan, SO₂ emissions have been on the sharp decline after peaking in the 1960s' second half at the 5-million-ton level. It was because comprehensive environmental measures, including desulfurization efforts and energy-related ones, were introduced after the Environmental Act was enacted, and because all factors but the economic growth functioned well to reducing SO₂ emissions.
- (2) In China, SO₂ emissions have increased from 7 million tons-short in the early 1970s to 24 million tons in the mid-1990s. For one thing, the desulfurization factor functioned little as a contributor to SO₂ reductions. The remaining factors contributed to SO₂ reductions less than their Japanese counterparts did, while the economic growth proved much higher than in Japan, thus sending positive contributors overwhelming negative ones.
- (3) Focusing on environmental control policy system, Japan's system centers on emission standards, total emission control and fuel regulations, while China's dose on concentration standards and desulfurizer regulations without committing to quantitative control and fuel regulations. On energy and environmental policies, the both countries strengthened energy conservation measures. Yet, as for structural shifts (switching to low-sulfur fossil energies and to non-fossil energies), Japan definitely took incentive measures, but China did few.
- (4) To keep the robust economic growth and realize SO_x reductions simultaneously, it would be essential for China to introduce quantitative control and take policies to discourage coal use and promote switching to non-fossil energies, while strengthening conservation measures.

(Full report will appear in the Home Page 【<http://eneken.ieej.or.jp/>】 of IEEJ.)

はじめに

現代社会における環境問題の多くは経済発展とエネルギー需給に密接に関連している。大気汚染問題はその典型例である。経済発展とそれにもなう生活水準の向上を図るために、エネルギーが必要である。そのエネルギーを化石エネルギーによってまかなうならば、二酸化硫黄などの大気汚染物質が発生する。その汚染物質を適切に除去しないまま、大気に排出すれば、大気汚染が発生する。すなわち、「経済発展の維持と生活水準の向上」エネルギー消費の増大 大気汚染物質発生量の増大 大気汚染物質排出量の増大 大気汚染の深刻化」という連鎖関係が存在しう。現実をみると、日本は50年代後半から第一次石油危機までの高度経済成長期において深刻な大気汚染問題に見舞われた。公式に認定された10万人以上の公害病患者の大半は大気汚染による被害者であることがその証左である(植田, 1996)。一方、中国は70年代末期に高度経済成長期に突入してから現在にいたるまで、大気汚染問題は深刻化しつつある。世界銀行(1997/9)では、1995年において、中国都市部の室外大気汚染によって17.8万人、石炭などの燃焼に起因する室内空気汚染によって11.1万人が早死にしたと推定している。上記の連鎖関係が成立することは過去の日本と現在の中国で確認される。

しかし、「」を別とすれば、「」という連鎖関係は断ち切れなほど強固な関係ではない。エネルギーの利用効率を向上させれば、エネルギーの消

費量が増加しなくても、経済発展と生活水準の向上が実現でき、「」の関係を弱めることができる。エネルギー消費の増大を汚染物質含有量の少ないエネルギーによってまかなうならば、エネルギー消費が増大しても、汚染物質の発生量は抑制でき、「」の関係を弱めることができる。さらに、発生される汚染物質を除去すれば、発生量が増加しても、大気への排出量が抑制でき、「」の関係も弱めることができる。

日本では、環境法(『公害対策基本法』)が制定された1967年と比べると、1996年の実質GDPは3.5倍に増加したが、一次エネルギー消費は2.8倍、化石エネルギー消費は2.4倍、二酸化硫黄発生量は1.5倍にしか増加しておらず、二酸化硫黄排出量は逆に0.17倍までに減少した。GDP弾性値をみると、一次エネルギー消費は0.83(3.62/4.37)、化石エネルギー消費は0.70(3.05/4.37)、二酸化硫黄発生量は0.32(1.42/4.37)、二酸化硫黄排出量は-1.34(-5.84/4.37)となっている。その結果、二酸化硫黄濃度は1967年の 0.169mg/m^3 (0.059PPM)から1996年の 0.026mg/m^3 (0.009ppm)までに低下し、大気環境が著しく改善された。この事実は、「」という連鎖反応関係をかなり解除できると証明している。

大気汚染について、日本は失敗の教訓と成功の経験を合わせ持つ国である。では、なぜ日本が大気汚染問題を引き起こし、また解決できたのか。深刻化しつつある大気汚染に対して中国がどのような総合対策を取るべきなのか。要因分解モデルに基づく日中比較分析を通じて、これらの問題に対

する解答を探ってみることが、本稿の目的である。

なお、大気汚染は総浮遊粒子状物質、降下煤じん、硫酸化物、窒素酸化物などによって引き起こされるが、ここでは、硫酸化物による大気汚染問題と対策を分析の対象とする。理由は二つある。一つは、日本にとって硫酸化物対策が環境対策の最も成功した分野であるのに対し、中国にとって硫酸化物汚染が環境汚染の最も深刻な分野であり、待ったなしの対策が最も必要な分野であるからだ。もう一つは、硫酸化物汚染のような環境問題の解決には、環境政策、エネルギー政策、経済発展政策などを中心とする総合対策が必要であるが、このような総合対策が中国の環境保護システムには欠如しているからである。

以下の構成は次のとおりである。まず1と2で二酸化硫黄排出量の要因分解モデルの説明とデータ整備を行う。次に3で実証分析の結果を示す。最後に日中比較分析を行い、中国への示唆を検討する。

1. 二酸化硫黄排出量の要因分解モデル

マクロ的にみると、二酸化硫黄排出量の影響要因は図1-1のように階層的に分解することができる。

二酸化硫黄排出量(ESO2)は発生量(PSO2)と総脱硫率()に依存する。

は1から脱硫できなかった比率(ESO2/PSO2)を引くもの(1-ESO2/PSO2)として定義できる。PSO2が増えれば、また が低ければ、ESO2が増える。

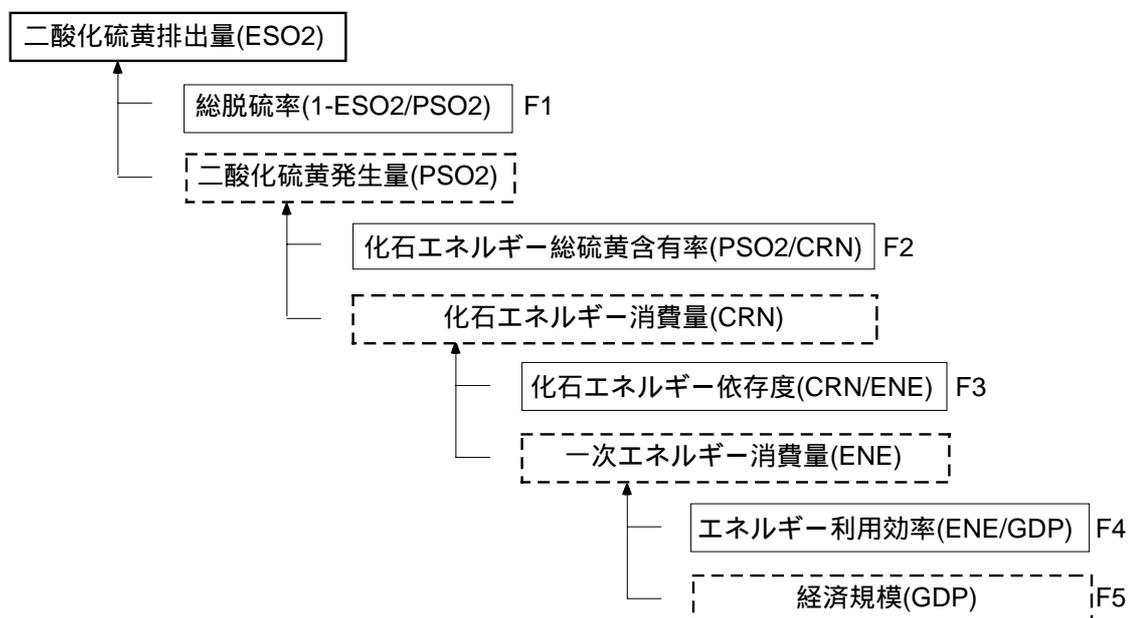
$$\begin{aligned} \text{ESO2} &= \text{PSO2} \cdot (1 - \text{ }) \\ &= \text{PSO2} \cdot (1 - \text{ESO2/PSO2}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{ESO2/PSO2} > 0, \text{ ESO2/PSO2} < 1$$

$$\text{ } = \text{ESO2/PSO2} > 0$$

総脱硫率()は一次エネルギーの加工段階での製品脱硫、とエネルギー消費の段階での排煙脱硫などに依存する。これらの要因はさらに経済発展水準、技術政策、環境政策などによって影響される。

図 1-1 二酸化硫黄排出量の決定要因の構造



二酸化硫黄発生量(PSO2)は一次エネルギーとしての化石エネルギーの消費量(CRN)と総硫黄含有率(PSO2/CRN)に依存する。CRNが増えれば、また(PSO2/CRN)が高ければ、PSO2が増える。

$$PSO2 = CRN \cdot (PSO2/CRN) \quad (2)$$

$$PSO2/CRN > 0, \quad PSO2/(PSO2/CRN) > 0$$

総硫黄含有率(PSO2/CRN)は各種化石エネルギーの硫黄含有率と消費構造によって異なる。一般的には、硫黄含有率は、石炭が石油より、さらに天然ガスより高い。また産地によっても異なる。たとえば、石炭の場合、硫黄含有率は中国北部が南部より低い。原油の場合、中国産が中東産より低く、中国産でも大慶油田が勝利油田より低い。このような硫黄含有率の異なる化石エネルギーをどのように使うかは、環境政策、エネルギー需給政策、エネルギー安全保障政策などによって影響されるが、その結果は(PSO2/CRN)に影響する。

化石エネルギー消費量(CRN)は一次エネルギー消費量(ENE)と化石エネルギー依存度(CRN/ENE)に依存する。ENEが増えれば、また(CRN/ENE)が高ければ、CRNが増える。

$$CRN = ENE \cdot (CRN/ENE) \quad (3)$$

$$CRN/ENE > 0, \quad CRN/(CRN/ENE) > 0$$

化石エネルギー依存度(CRN/ENE)は一次エネルギーの消費構造によって異なる。エネルギーは化石エネルギーと非化石エネルギー(水力その他自然エネルギーと原子力)の2種類に大きく分けられる。非化石エネルギーは、初期投資が大きいこと(水力、原子力)、建設期間が長いこと(水力、

原子力)、自然条件の影響を受けやすいこと(原子力以外)、規模の経済性が顕著ではないこと(水力、原子力以外)、などの問題点を持つと同時に、クリーンエネルギーで環境に優しいこと、国内に賦存する再生可能な資源で安全保障に寄与すること、などの長所を持つ。一方、化石エネルギーは、非化石エネルギーほどクリーンではなく環境問題を内包すること、資源が有限なことにより、安定供給と安全保障の問題を誘発しかねないこと、などの問題点を持つと同時に、非化石エネルギーの問題点を持たないことで、短期間で大量に供給可能であること、などの長所を持つ。どのエネルギーをどれほど利用するかは、エネルギー需給政策、安全保障政策、環境政策などによって強く影響されるが、その結果は(CRN/ENE)に影響を与える。

一次エネルギー消費(ENE)はエネルギー消費のGDP原単位(ENE/GDP)と経済規模(GDP)に依存する。(ENE/GDP)が高ければ、またGDPが増えれば、ENEが増える。

$$ENE = GDP \cdot (ENE/GDP) \quad (4)$$

$$ENE/GDP > 0, \quad ENE/(ENE/GDP) > 0$$

エネルギー消費のGDP原単位はエネルギー源構成、エネルギー利用技術、エネルギー価格、経済構造、輸出入構造、生活様式などさまざまな要因に依存する。これらの要因はさらにエネルギー政策、技術政策、経済発展戦略と政策、国民意識などによって影響される。

経済規模(GDP)は経済体制、経済発展戦略と経済政策などによって影響されると同時に、エネルギー需給と環境状況にも依

存する。エネルギーの供給不足，生態破壊と環境汚染の進行は経済発展を阻害することになる。しかし，ここでは，GDPを外生変数として扱う。

(1)～(4)式を整理すれば，マクロレベルでの二酸化硫黄排出量の決定式が得られる。

$$ESO_2 = (ESO_2/PSO_2) \cdot (PSO_2/CRN) \cdot (CRN/ENE) \cdot (ENE/GDP) \cdot GDP \quad (5)$$

ESO₂ : 二酸化硫黄排出量

PSO₂ : 二酸化硫黄総含有量

CRN : 一次化石エネルギーの消費量

ENE : 一次エネルギー消費量

GDP : 実質国内総生産

ESO₂/PSO₂ : 総硫黄排出率 (1-総脱硫率)

PSO₂/CRN : 総硫黄含有率

CRN/ENE : 化石エネルギー依存度

ENE/GDP : 一次エネルギー消費のGDP原単位

(5)式を全微分すれば，二酸化硫黄排出量の変化に関する要因分解式が得られる。

$$\begin{aligned} ESO_2 = & (ESO_2/PSO_2) \cdot (PSO_2/CRN) \cdot (CRN/ENE) \cdot (ENE/GDP) \cdot GDP \\ & + (ESO_2/PSO_2) \cdot (PSO_2/CRN) \cdot (CRN/ENE) \cdot (ENE/GDP) \cdot GDP \\ & + (ESO_2/PSO_2) \cdot (PSO_2/CRN) \cdot (CRN/ENE) \cdot (ENE/GDP) \cdot GDP \\ & + (ESO_2/PSO_2) \cdot (PSO_2/CRN) \cdot (CRN/ENE) \cdot (ENE/GDP) \cdot GDP \\ & + (ESO_2/PSO_2) \cdot (PSO_2/CRN) \cdot (CRN/ENE) \cdot (ENE/GDP) \cdot GDP \\ & + \text{交絡項} \\ = & \{ESO_2/(ESO_2/PSO_2)\} \cdot (ESO_2/PSO_2) \quad \text{F1:総脱硫率変化要因} \\ & + \{ESO_2/(PSO_2/CRN)\} \cdot (PSO_2/CRN) \quad \text{F2:化石燃料低硫黄化要因} \end{aligned}$$

$$+ \{ESO_2/(CRN/ENE)\} \cdot (CRN/ENE)$$

F3:脱化石燃料化要因

$$+ \{ESO_2/(ENE/GDP)\} \cdot (ENE/GDP)$$

F4:省エネルギー要因

$$+ \{ESO_2/GDP\} \cdot GDP$$

F5:経済成長要因

$$+ \text{交絡項} \quad (6)$$

ただし，は今期(t)と前期(t-1)の差である。たとえば， $ESO_2 = [ESO_2(t) - ESO_2(t-1)]$ となる。また，{ }は前期値だけ，今期値だけ，2期平均値の何れかを取りうる(倉沢，1988を参照)。ここでは，近似精度の高い2期平均値を取る。たとえば， $\{ESO_2/(ENE/GDP)\} = \{[(ESO_2(t) + ESO_2(t-1))/2]/[(ENE(t)/GDP(t) + ENE(t-1)/GDP(t-1))/2]\}$ とする。

2. データ

大気中の二酸化硫黄濃度に関する計測は，日本では1965年から，中国では1981年から定期的に行っており，そのデータも公表されている。日本の場合，二酸化硫黄濃度の年平均値(継続測定局15局)は1967年の0.169mg/m³(0.059ppm)をピークとして急激に低下し，1986年以降は0.03mg/m³(0.010ppm)以下に安定している(表2-1)。一方，中国の場合，都市部の年平均濃度は1987年0.117mg/m³(0.041ppm)をピークに緩やかに低下し，1997年に0.066mg/m³(0.023ppm)となった(表2-2)。1996年の年平均濃度を比較すると，中国が0.079mg/m³(0.028ppm)で，日本の0.026mg/m³(0.009ppm)の3.03倍となっている。二酸化硫黄汚染は，日本では急速に改善されて

表 2-1 日本の二酸化硫黄関連指標の推移

	SO ₂ 排出量	実質GDP	IHP [*] -消費量	化石燃料消費量	SO ₂ 発生量	IHP [*] -消費のGDP原単位	化石燃料の比率	総SO ₂ 含有率	総SO ₂ 排出率	SO ₂ 排出のGDP原単位	SO ₂ 発生のGDP原単位	大気中のSO ₂ 濃度	
	(ESO2)	(GDP)	(ENE)	(CRN)	(PSO2)	(ENE/GDP)	(CRN/ENE)	(PSO2/CRN)	(ESO2/PSO2)	(ESO2/GDP)	(PSO2/GDP)		
	1,000トン	10億円	1,000TOE	1,000TOE	1,000トン	TOE/100万円	%	%	%	kg/100万円	kg/100万円	PPM	mg/m ³
1960	2,800	73,126	82,295	77,266	3,208	1.13	93.89	4.15	87.27	38.29	43.88		
1961	3,140	81,766	93,296	87,447	3,557	1.14	93.73	4.07	88.27	38.40	43.51		
1962	3,440	88,056	99,324	93,958	3,841	1.13	94.60	4.09	89.56	39.07	43.62		
1963	3,940	96,924	113,720	107,788	4,342	1.17	94.78	4.03	90.74	40.65	44.80		
1964	4,430	106,565	126,396	120,482	4,845	1.19	95.32	4.02	91.44	41.57	45.46		
1965	4,880	113,362	136,932	130,390	5,280	1.21	95.22	4.05	92.42	43.05	46.58	0.057	0.163
1966	5,010	125,882	153,885	146,905	5,815	1.22	95.46	3.96	86.16	39.80	46.19	0.057	0.163
1967	5,015	139,780	179,407	173,355	6,616	1.28	96.63	3.82	75.80	35.88	47.33	0.059	0.169
1968	5,000	157,059	201,070	194,492	7,112	1.28	96.73	3.66	70.30	31.84	45.28	0.055	0.157
1969	4,990	175,940	232,853	226,087	7,859	1.32	97.09	3.48	63.50	28.36	44.67	0.050	0.143
1970	4,978	190,448	257,776	250,093	8,078	1.35	97.02	3.23	61.63	26.14	42.41	0.043	0.123
1971	4,900	200,052	269,568	260,241	8,103	1.35	96.54	3.11	60.47	24.49	40.51	0.037	0.106
1972	4,700	218,215	288,186	278,392	8,175	1.32	96.60	2.94	57.49	21.54	37.46	0.031	0.089
1973	4,010	229,326	323,617	315,113	8,703	1.41	97.37	2.76	46.08	17.49	37.95	0.030	0.086
1974	3,450	228,243	325,036	312,706	8,698	1.42	96.21	2.78	39.66	15.12	38.11	0.024	0.069
1975	2,590	237,330	308,240	294,433	8,070	1.30	95.52	2.74	32.10	10.91	34.00	0.021	0.060
1976	2,100	246,262	327,223	310,980	8,426	1.33	95.04	2.71	24.92	8.53	34.22	0.020	0.057
1977	1,700	257,412	332,883	318,098	8,615	1.29	95.56	2.71	19.73	6.60	33.47	0.018	0.051
1978	1,500	271,349	339,993	317,997	8,785	1.25	93.53	2.76	17.08	5.53	32.37	0.017	0.049
1979	1,450	285,321	354,614	328,551	9,135	1.24	92.65	2.78	15.87	5.08	32.02	0.016	0.046
1980	1,500	292,737	346,491	316,601	8,712	1.18	91.37	2.75	17.22	5.12	29.76	0.016	0.046
1981	1,400	301,489	337,593	306,402	8,218	1.12	90.76	2.68	17.04	4.64	27.26	0.014	0.040
1982	1,300	310,826	334,995	300,189	7,964	1.08	89.61	2.65	16.32	4.18	25.62	0.013	0.037
1983	1,100	318,690	335,355	297,082	7,852	1.05	88.59	2.64	14.01	3.45	24.64	0.012	0.034
1984	1,050	331,754	360,696	318,381	8,232	1.09	88.27	2.59	12.75	3.16	24.81	0.012	0.034
1985	1,030	345,446	361,530	311,531	7,417	1.05	86.17	2.38	13.89	2.98	21.47	0.011	0.031
1986	920	356,286	365,824	313,822	7,477	1.03	85.78	2.38	12.30	2.58	20.99	0.010	0.029
1987	906	373,233	370,041	313,466	7,789	0.99	84.71	2.48	11.63	2.43	20.87	0.010	0.029
1988	891	395,532	395,280	339,786	8,190	1.00	85.96	2.41	10.88	2.25	20.71	0.010	0.029
1989	876	413,120	410,436	353,704	8,458	0.99	86.18	2.39	10.36	2.12	20.47	0.011	0.031
1990	876	436,044	432,080	370,190	8,457	0.99	85.68	2.28	10.36	2.01	19.40	0.010	0.029
1991	876	448,903	441,713	376,175	8,411	0.98	85.16	2.24	10.42	1.95	18.74	0.011	0.031
1992	876	450,606	449,925	383,106	8,772	1.00	85.15	2.29	9.99	1.94	19.47	0.009	0.026
1993	876	452,758	454,197	379,490	8,955	1.00	83.55	2.36	9.78	1.93	19.78	0.008	0.023
1994	876	455,690	476,251	398,435	9,316	1.05	83.66	2.34	9.40	1.92	20.44	0.008	0.023
1995	876	468,446	490,063	404,179	9,657	1.05	82.47	2.39	9.07	1.87	20.61	0.008	0.023
1996	876	483,295	503,308	414,226	9,948	1.04	82.30	2.40	8.81	1.81	20.58	0.009	0.026
<年平均伸び率：%>													
1960-67	8.67	8.07	9.35	9.61	8.87	1.19	0.24	-0.68	-0.18	0.55	0.74	-	-
1967-73	-3.64	10.51	13.19	13.56	6.95	2.42	0.33	-5.82	-9.91	-12.81	-3.22	-10.15	-10.15
1973-96	-6.40	3.29	1.94	1.20	0.58	-1.31	-0.73	-0.61	-6.94	-9.39	-2.62	-5.10	-5.10
1967-96	-5.84	4.37	3.62	3.05	1.42	-0.72	-0.55	-1.58	-7.15	-9.78	-2.83	-6.28	-6.28
<GDP弾性値 = Xの年平均伸び率/GDP年平均成長率>													
1960-67	1.07	1.00	1.16	1.19	1.10								
1967-73	-0.35	1.00	1.25	1.29	0.66								
1973-96	-1.94	1.00	0.59	0.36	0.18								
1967-96	-1.34	1.00	0.83	0.70	0.32								

- (注) 1.ESO2は、1970,75,89年はOECD(1994/8)と環境庁大気保全局大気規制課(1994/1)から取った。1960-69年、1971～74年、1976～88年は日本の大気汚染経験検討委員会(1997/6)、科学技術庁科学技術政策研究所(1992/4)および環境庁による固定汚染源調査を参考に推定した。1990年以降は、日本の大気汚染経験検討委員会(1997/6)を参考に、1989年排出量レベルに安定していると仮定した。
- 2.実質GDPは1990年価格で、日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター『エネルギー経済統計要覧』各年版から取った。
- 3.ENE, CRNはIEA統計から取った。
- 4.PSO2は源別一次エネルギー消費量に、硫黄含有率をかけて算出した。天然ガスの硫黄含有率は科学技術庁科学技術政策研究所(1992/4)を参考にTOEあたり0.046%と仮定した。石油の硫黄含有率は『出光石油資料』(各年版)から取った。石炭の硫黄含有率は国内炭と輸入炭に分けて、『コールノート』(各年版)に基づいて推定した。
- 5.二酸化硫黄濃度は継続測定局の年平均濃度で、環境庁『環境白書』(各年版)から取った。
- 6.1ppm=2.860mg/m³。
- 7.単位について、TOEは石油換算トン(1kg=10,000kcal)、kgはキログラムである。

きたのに対し、中国では未だに深刻な状況にある。

二酸化硫黄濃度に直接影響するのは、二酸化硫黄の排出量(ESO2)である。しかし、残念ながら、個別年次を除けば、全排出量

に関する年次調査が両国ともに行われていない。ここでは、両国の排出量を次のように推定した。

日本については、1970年、75年、89年の排出量はOECD(1994/8)と環境庁大気

表 2-2 中国の二酸化硫黄関連指標の推移

	SO ₂ 排出量	実質GDP (1995年)	IHP - 消費量	化石燃料 消費量	SO ₂ 発生量	IHP - 消費 のGDP原単位	化石燃料 の比率	総SO ₂ 含有率	総SO ₂ 排出率	SO ₂ 排出の GDP原単位	SO ₂ 排出の GDP原単位	大気中のSO ₂ 濃度	
	(ESO2)	(GDP)	(ENE)	(CRN)	(PSO2)	(ENE/GDP)	(CRN/ENE)	(PSO2/CRN)	(ESO2/PSO2)	(ESO2/GDP)	(PSO2/GDP)	PPM	mg/m ³
	1,000トン	10億元	1,000TOE	1,000TOE	1,000トン	TOE/100万元	%	%	%	kg/100万元	kg/100万元		
1971	6,798	800	235,994	233,414	9,012	295.10	98.91	3.86	75.43	8,500.58	11,269.44		
1972	7,136	830	252,184	249,260	9,461	303.80	98.84	3.80	75.43	8,597.01	11,397.30		
1973	7,287	896	263,659	260,391	9,661	294.37	98.76	3.71	75.43	8,136.06	10,786.22		
1974	7,259	916	271,314	267,616	9,624	296.10	98.64	3.60	75.43	7,922.28	10,502.79		
1975	8,466	996	313,484	309,614	11,224	314.74	98.77	3.63	75.43	8,500.31	11,269.18		
1976	8,556	980	327,134	323,213	11,343	333.79	98.80	3.51	75.43	8,730.07	11,573.77		
1977	9,758	1,055	368,821	364,727	12,937	349.74	98.89	3.55	75.43	9,253.64	12,267.89		
1978	10,952	1,178	411,213	407,378	14,520	349.10	99.07	3.56	75.43	9,297.75	12,326.37		
1979	11,207	1,267	418,514	414,205	14,858	330.20	98.97	3.59	75.43	8,842.19	11,722.36		
1980	11,084	1,366	413,176	408,170	14,695	302.40	98.79	3.60	75.43	8,112.37	10,754.80		
1981	11,044	1,437	407,211	401,548	14,641	283.30	98.61	3.65	75.43	7,683.45	10,186.17	0.040	0.115
1982	11,612	1,568	423,257	416,831	15,395	269.91	98.48	3.69	75.43	7,404.88	9,816.92	0.040	0.115
1983	12,270	1,739	445,134	437,670	16,266	255.96	98.32	3.72	75.43	7,055.21	9,353.34	0.033	0.094
1984	13,459	2,003	481,709	474,179	17,843	240.44	98.44	3.76	75.43	6,717.82	8,906.03	0.032	0.092
1985	14,507	2,274	516,998	508,962	19,232	227.36	98.45	3.78	75.43	6,379.74	8,457.85	0.037	0.105
1986	15,375	2,474	547,946	539,716	20,384	221.48	98.50	3.78	75.43	6,214.73	8,239.05	0.037	0.106
1987	16,401	2,761	583,804	575,095	21,743	211.45	98.51	3.78	75.43	5,940.20	7,875.11	0.041	0.117
1988	17,425	3,073	620,560	611,047	23,100	201.94	98.47	3.78	75.43	5,670.25	7,517.23	0.033	0.094
1989	18,100	3,199	645,635	635,305	23,996	201.83	98.40	3.78	75.43	5,658.21	7,501.29	0.037	0.105
1990	18,456	3,321	655,805	644,748	24,467	197.50	98.31	3.79	75.43	5,558.01	7,368.43	0.034	0.098
1991	19,072	3,626	680,765	669,762	25,285	187.74	98.38	3.78	75.43	5,259.89	6,973.21	0.031	0.090
1992	19,431	4,141	699,055	687,524	25,760	168.82	98.35	3.75	75.43	4,692.43	6,220.91	0.034	0.096
1993	20,480	4,700	745,308	731,374	27,152	158.58	98.13	3.71	75.43	4,357.60	5,777.01	0.034	0.098
1994	22,049	5,292	795,146	777,229	29,231	150.25	97.75	3.76	75.43	4,166.37	5,523.49	0.030	0.086
1995	23,700	5,848	852,556	833,286	31,420	145.79	97.74	3.77	75.43	4,052.75	5,372.87	0.028	0.081
1996	24,579	6,409	890,718	871,125	32,585	138.97	97.80	3.74	75.43	3,834.92	5,084.08	0.028	0.079
<年平均伸び率：%>													
1971-79	6.45	5.93	7.42	7.43	6.45	1.41	0.01	-0.92	0.00	0.49	0.49	-	-
1979-89	4.91	9.70	4.43	4.37	4.91	-4.80	-0.06	0.52	0.00	-4.37	-4.37	-	-
1989-96	4.47	10.44	4.70	4.61	4.47	-5.19	-0.09	-0.14	0.00	-5.40	-5.41	-3.98	-3.98
1979-96	4.73	10.00	4.54	4.47	4.73	-4.96	-0.07	0.25	0.00	-4.80	-4.80	-	-
<GDP弾性値 = Xの年平均伸び率/GDP年平均成長率>													
1971-79	1.09	1.00	1.25	1.25	1.09								
1979-89	0.51	1.00	0.46	0.45	0.51								
1989-96	0.43	1.00	0.45	0.44	0.43								
1979-96	0.47	1.00	0.45	0.45	0.47								

- (注) 1.ESO2は、1995年は『中国環境年鑑1996年』から取った。その他年次については、1995年実績と硫黄含有量との比率を固定し、それに各年次の硫黄含有量をかけて算出した。総合脱硫率が1995年より高い年次では、排出量が過大推計、低い年次では、排出量が過小推計となる。
- 2.実質GDPは1995年価格で、『中国統計年鑑1998年』に基づき算出した。
- 3.ENE, CRNはIEA統計から取った。
- 4.PSO2は源別一次エネルギー消費量に、硫黄含有率をかけて算出した。天然ガスの硫黄含有率は科学技術庁科学技術政策研究所(1992/4)を参考に、TOE当たり0.046%と仮定した。石油の硫黄含有率は国産原油0.3%、輸入石油1.0%、石炭の硫黄含有率は原炭トン当たり1.15%と仮定した。
- 5.二酸化硫黄濃度は都市部の年平均濃度で、『中国環境年鑑』(各年版)から取った。
- 6.1ppm=2.860mg/m³。
- 7.単位について、TOEは石油換算トン(1kg=10,000kcal)、kgはキログラムである。

保全局大気規制課（1994/1）から取った。1960～69年，1971～74年，1976～88年は日本の大気汚染経験検討委員会（1997/6），科学技術庁科学技術政策研究所（1992/4）および環境庁による固定汚染源調査を参考に推定した。1990年以降は日本の大気汚染経験検討委員会（1997/6）を参考に，1989年排出量レベルに安定していると仮定した。中国については，1995年排出量を『中国環境年鑑1996年』から取った。その他の年次は，1995年実績と硫黄含有量との比率を固定し，それに各年次の硫黄含有量をかけて算出した。このように推定された排出量データには，精度の問題が問われる。しかし，ここでは本データが排出量の変化傾向を概ね反映できると仮定して分析を進めたい。

二酸化硫黄排出量は，日本の場合，60年代初期の300万トン規模から後半の500万トン規模に一旦増加したが，1967年の環境法の整備を機に急速に減少し，80年代半ば以降は100万トン以下の水準で推移してきた。一方，中国では，二酸化硫黄排出量は70年代の700万トン弱から90年代半ばの2,400万トン規模へ増加してきた。

注意しなければならないのは，排出量と濃度との関係である。日本場合，両者の変化方向は一致している。すなわち，排出量の減少が濃度の低下をもたらしているのである。しかし，中国の場合，両者の変化方向は逆になっている。排出量が増加しているのに，濃度がなぜ低下しているのか。原因はさまざまであるが，次の2点が特に重要であろう。一つは，排出量は濃度測定の都市では減少しているが，その以外の地

域，特に農村部では逆に増加している可能性が大きい。たとえば，都市部を根拠地とする県以上の鉱工業企業による排出量は1989年1,395万トン，1995年1,396万トンであり，横這いとなっているが，農村部を根拠地とする郷鎮鉱工業企業による排出量は360万トンから1.53倍の549万トンへ急増してきた（李，1999）。二つは，上記濃度データは日本のような継続測定局のデータではなく，全測定局のデータなので，比較可能な濃度変化を正しく反映していない可能性がある。たとえば，全測定局数は1989年63都市であったが，1996年90都市となった。

二酸化硫黄含有量データ（ PSO_2 ）は，石炭，石油，天然ガスの一次消費量（CRN）にそれぞれの硫黄含有率にかけて算出した。一次消費量データはIEA統計から取った。石炭と石油の硫黄含有率は，日本については，国産と輸入に分けて年次別に整備した。中国については，石炭の硫黄含有率を原炭トン当たり1.15%，国産原油の硫黄含有率をTOE（石油換算トン）当たり0.3%，輸入原油の硫黄含有率を1.0%と仮定した。天然ガスについては，科学技術庁科学技術政策研究所（1992/4）を参考に，硫黄含有率をTOE当たり0.046%と仮定し，日中両国に適用した。

一次エネルギー消費量データ（ENE）はCRNデータと同様にIEA統計から，GDPデータはそれぞれの政府統計から取った。要因分解に必要な二次データ（ ESO_2/PSO_2 ， PSO_2/CRN ， CRN/ENE ， ENE/GDP ）は，上記一次データを用いて算出した。これらのデータは日本が表2-1，中国が表2-2にそれぞれ示すとおりである。

3 . 実証分析の結果

3-1 日本

表 3-1 には日本についての結果を示す。
次のことが確認される。

脱硫要因は60年代の半ば頃から ,化石

燃料の低硫黄化要因は 60 年代初期から二酸化硫黄排出量の削減要因として寄与してきた。脱硫対策をみると ,石油精製における重油脱硫装置の容量は 1971 年の 50.9 万 BPSD から 1998 年の 146.8 万 BPSD へ増加し ,重油の平均硫黄含有率は 1966 年以前の 2.6% から 1970 年 1.93% , 1973 年 1.43% , 1993 年 1.05% へ低下した (『資源エネルギー

表 3-1 日本の二酸化硫黄排出量に関する要因分解の結果

	SO ₂ 排出量 変化分 (1,000トン)	要因					要因合計 (F1~F5)	交絡項 (残差)
		F1: 総脱硫 率変化要因	F2: 燃料低 硫黄化要因	F3: 脱化石 燃料化要因	F4: 省エネ ルギー要因	F5: 経済 成長要因		
1960	-	-	-	-	-	-	-	-
1961	340	33.85	-61.10	-5.01	40.94	331.35	340.03	-0.03
1962	300	47.66	16.28	30.28	-37.84	243.72	300.10	-0.10
1963	500	48.43	-54.37	7.26	145.34	353.82	500.48	-0.48
1964	490	32.05	-7.42	23.66	45.41	396.56	490.26	-0.26
1965	450	49.83	32.63	-4.82	84.90	287.71	450.26	-0.26
1966	130	-346.66	-112.91	12.54	59.14	517.57	129.68	0.32
1967	5	-641.53	-182.42	60.67	244.21	524.44	5.37	-0.37
1968	-15	-376.97	-213.93	5.27	-12.80	582.97	-15.45	0.45
1969	-10	-507.89	-253.51	18.85	165.98	566.44	-10.13	0.13
1970	-12	-149.12	-365.66	-3.84	111.88	394.70	-12.04	0.04
1971	-78	-93.47	-180.95	-24.47	-22.07	242.94	-78.03	0.03
1972	-200	-242.45	-281.08	3.06	-96.55	416.87	-200.16	0.16
1973	-690	-959.96	-267.08	34.61	288.58	216.25	-687.60	-2.40
1974	-560	-558.10	26.69	-44.92	33.99	-17.67	-560.01	0.01
1975	-860	-636.97	-44.70	-21.61	-277.94	117.89	-863.32	3.32
1976	-490	-590.05	-26.81	-11.93	53.50	86.63	-488.66	-1.34
1977	-400	-441.45	-1.04	10.42	-51.55	84.12	-399.50	-0.50
1978	-200	-231.14	31.79	-34.32	-50.55	84.35	-199.87	-0.13
1979	-50	-107.67	9.56	-13.95	-11.95	74.04	-49.97	-0.03
1980	50	119.95	-15.37	-20.47	-72.02	37.85	49.95	0.05
1981	-100	-15.43	-37.13	-9.76	-80.42	42.71	-100.02	0.02
1982	-100	-57.70	-14.69	-17.23	-51.59	41.17	-100.03	0.03
1983	-200	-183.10	-4.52	-13.77	-28.69	29.98	-200.11	0.11
1984	-50	-100.75	-23.62	-3.88	35.12	43.18	-49.94	-0.06
1985	-20	88.42	-85.81	-25.02	-39.65	42.06	-20.00	0.00
1986	-110	-117.82	0.71	-4.37	-18.61	30.12	-109.98	-0.02
1987	-14	-51.34	38.38	-11.50	-31.96	42.42	-14.00	0.00
1988	-15	-60.11	-27.30	13.16	7.15	52.12	-14.99	-0.01
1989	-15	-43.45	-7.01	2.23	-5.20	38.43	-15.00	0.00
1990	0	0.10	-40.00	-5.11	-2.29	47.30	0.00	0.00
1991	0	4.83	-18.88	-5.27	-6.14	25.46	0.00	0.00
1992	0	-36.78	20.80	-0.14	12.82	3.32	0.00	0.00
1993	0	-18.11	26.42	-16.59	4.11	4.17	0.00	0.00
1994	0	-34.61	-8.06	1.14	35.87	5.66	0.00	0.00
1995	0	-31.49	18.95	-12.51	0.86	24.18	0.00	0.00
1996	0	-26.04	4.53	-1.85	-3.98	27.33	0.00	0.00
1961-66	2,210	-134.84	-186.88	63.90	337.90	2,130.72	2,210.80	-0.80
1967-73	-1,000	-2971.39	-1,744.62	94.15	679.22	2,944.62	-998.03	-1.97
1974-96	-3,134	-3128.82	-177.10	-247.23	-549.13	966.82	-3,135.46	1.46

(注) 前掲表 2-1 より算出。

ギ一年鑑 95/96 年版』)。エネルギー消費段階の排煙脱硫装置は 1970 年の 102 基から 1995 年の 2,249 基，容量は 540 万 km^3/h から 2 億 1,550 万 km^3/h へ増加した(図 3-1)。低硫黄化対策をみると，原油の硫黄含有率は 1960 年の 2.03% から 1996 年の 1.35%，石炭の硫黄含有率は 1.06% から 0.60% へ低下した(表 3-2)。大気保護関連の法整備(62 年制定，68 年，70 年，74 年改正)が二酸化硫黄対策を有意に促進したと考えられる。

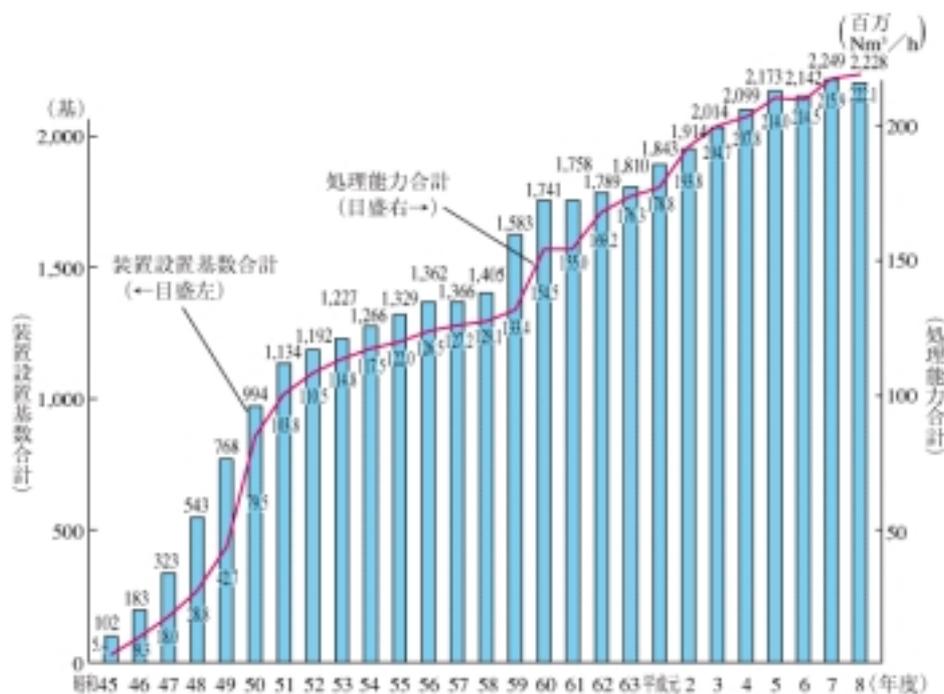
脱化石燃料化要因と省エネルギー要因は第 1 次石油危機(1973 年)以降から二酸化硫黄排出量の削減要因として寄与してきた。脱化石燃料化は原子力の開発促進を中心に展開された。原子力が 1966 年に導入され，一次エネルギーに占める比率は第 1 次石油危機時の 0.8% から第 2 次石油危機時(1979 年)の 5.2% へ，そして 1996 年の 15.6% へ上昇してきた。省エネルギーはエネル

ギの生産，加工と最終消費の全過程において展開されて，GDP 当たりのエネルギー消費量は 1973 年の 1.41 から 1996 年の 1.04 へ低下した(表 2-1)。製造業の省エネルギーの進展が特に大きく，生産指数当たりのエネルギー消費量は 1973 年の 100 から 1996 年の 58.1 へ低下した(『エネルギー経済統計要覧 1999 年版』)。石油を中心とするエネルギー価格の高騰が，エネルギーの構造転換対策と省エネルギー対策を促進し，その結果二酸化硫黄排出量の削減に貢献したと考えられる。

経済成長要因は一貫して二酸化硫黄排出量の増加要因である。

以上のように，日本では，大気保護の関連法制度が整備されるまでは，大気汚染が深刻化したが，その原因は環境対策があまり実施されなかったことである。それ以降，特に第 1 次石油危機以降に，大気汚染

図 3-1 日本の年度別排煙脱硫装置の設置状況



(注) 昭和57年までは当該年度の1月1日現在の数値であり，昭和58年度以降は当該年度の3月31日現在の数値である。

(出所) 環境庁『環境白書』1998年版

表3-2 日本の一次エネルギー需給構造と硫黄含有率の推移

	一次エネルギー需要 (TTOE)								一次エネルギー硫黄含有率 (固有単位当たり, %)			
	化石合計			水力	原子力	非化石合計	一次エネルギー合計	石油	国産炭	輸入炭	石炭平均	
	石炭	石油	天然ガス									
1960	47,515	29,108	643	77,266	5,031	0	5,029	82,295	2.03	1.12	0.72	1.06
1961	49,296	37,156	995	87,447	5,848	0	5,849	93,296	1.96	1.12	0.69	1.06
1962	47,470	45,228	1,260	93,958	5,366	0	5,366	99,324	2.01	1.12	0.69	1.06
1963	48,786	57,297	1,705	107,788	5,931	0	5,932	113,720	2.02	1.12	0.69	1.03
1964	50,007	68,620	1,855	120,482	5,914	0	5,914	126,396	2.02	1.12	0.68	1.03
1965	49,197	79,394	1,799	130,390	6,540	0	6,542	136,932	2.04	1.12	0.67	1.03
1966	52,510	92,514	1,881	146,905	6,824	156	6,980	153,885	1.99	1.12	0.67	1.01
1967	57,760	113,608	1,987	173,355	5,895	156	6,052	179,407	1.93	1.12	0.69	0.96
1968	59,553	132,810	2,129	194,492	6,317	261	6,578	201,070	1.82	1.12	0.70	0.95
1969	63,749	159,770	2,568	226,087	6,480	287	6,766	232,853	1.72	1.12	0.71	0.92
1970	61,618	185,426	3,049	250,093	6,484	1,199	7,683	257,776	1.57	1.12	0.72	0.90
1971	56,041	200,886	3,314	260,241	7,241	2,085	9,327	269,568	1.53	1.12	0.67	0.86
1972	54,742	220,206	3,444	278,392	7,319	2,476	9,794	288,186	1.44	1.12	0.65	0.82
1973	57,862	252,178	5,073	315,113	5,743	2,530	8,504	323,617	1.35	1.12	0.65	0.80
1974	61,516	244,469	6,721	312,706	7,110	5,134	12,330	325,036	1.37	1.12	0.68	0.79
1975	57,091	229,625	7,717	294,433	7,173	6,548	13,807	308,240	1.36	1.12	0.66	0.77
1976	56,498	245,412	9,070	310,980	7,189	8,881	16,243	327,223	1.35	1.12	0.64	0.76
1977	53,228	253,755	11,115	318,098	6,275	8,251	14,785	332,883	1.36	1.12	0.63	0.76
1978	46,576	255,754	15,667	317,997	6,024	15,457	21,996	339,993	1.42	1.13	0.62	0.74
1979	51,217	258,720	18,614	328,551	6,944	18,345	26,063	354,614	1.44	1.13	0.64	0.74
1980	59,556	235,649	21,396	316,601	7,593	21,524	29,890	346,491	1.43	1.13	0.66	0.75
1981	65,069	219,307	22,026	306,402	7,533	22,886	31,191	337,593	1.38	1.12	0.68	0.75
1982	64,303	213,153	22,733	300,189	7,018	26,694	34,806	334,995	1.37	1.11	0.67	0.74
1983	61,768	211,376	23,938	297,082	7,247	29,785	38,273	335,355	1.38	1.10	0.65	0.73
1984	69,576	216,284	32,521	318,381	6,159	34,990	42,315	360,696	1.38	1.10	0.64	0.71
1985	72,977	203,563	34,991	311,531	7,127	41,587	49,999	361,530	1.25	1.09	0.63	0.69
1986	69,000	209,327	35,495	313,822	6,950	43,861	52,002	365,824	1.26	1.07	0.62	0.68
1987	66,841	210,493	36,132	313,466	6,432	48,931	56,575	370,041	1.35	1.07	0.61	0.66
1988	73,637	228,596	37,553	339,786	7,765	46,560	55,494	395,280	1.30	1.02	0.61	0.65
1989	73,246	239,845	40,613	353,704	7,890	47,657	56,732	410,436	1.30	0.97	0.60	0.63
1990	74,002	252,925	43,263	370,190	7,680	52,713	61,890	432,080	1.23	0.92	0.60	0.62
1991	76,589	253,076	46,510	376,175	8,384	55,629	65,538	441,713	1.20	0.87	0.61	0.62
1992	75,229	260,613	47,264	383,106	7,099	58,183	66,819	449,925	1.24	0.82	0.61	0.62
1993	76,829	254,880	47,781	379,490	8,221	64,958	74,707	454,197	1.30	0.77	0.61	0.61
1994	78,755	268,513	51,167	398,435	5,785	70,136	77,816	476,251	1.29	0.72	0.60	0.61
1995	82,592	269,569	52,018	404,179	7,062	75,903	85,884	490,063	1.33	0.67	0.61	0.61
1996	84,643	273,527	56,056	414,226	6,925	78,755	89,082	503,308	1.35	0.62	0.60	0.60
	一次エネルギー需要に占める比率 (%)								化石エネルギー需要に占める比率 (%)			
	化石合計			水力	原子力	非化石合計	一次エネルギー合計	石炭	石油	天然ガス	化石合計	
	石炭	石油	天然ガス									
1960	57.7	35.4	0.8	93.9	6.1	0.0	6.1	100.0	61.5	37.7	0.8	100.0
1961	52.8	39.8	1.1	93.7	6.3	0.0	6.3	100.0	56.4	42.5	1.1	100.0
1962	47.8	45.5	1.3	94.6	5.4	0.0	5.4	100.0	50.5	48.1	1.3	100.0
1963	42.9	50.4	1.5	94.8	5.2	0.0	5.2	100.0	45.3	53.2	1.6	100.0
1964	39.6	54.3	1.5	95.3	4.7	0.0	4.7	100.0	41.5	57.0	1.5	100.0
1965	35.9	58.0	1.3	95.2	4.8	0.0	4.8	100.0	37.7	60.9	1.4	100.0
1966	34.1	60.1	1.2	95.5	4.4	0.1	4.5	100.0	35.7	63.0	1.3	100.0
1967	32.2	63.3	1.1	96.6	3.3	0.1	3.4	100.0	33.3	65.5	1.1	100.0
1968	29.6	66.1	1.1	96.7	3.1	0.1	3.3	100.0	30.6	68.3	1.1	100.0
1969	27.4	68.6	1.1	97.1	2.8	0.1	2.9	100.0	28.2	70.7	1.1	100.0
1970	23.9	71.9	1.2	97.0	2.5	0.5	3.0	100.0	24.6	74.1	1.2	100.0
1971	20.8	74.5	1.2	96.5	2.7	0.8	3.5	100.0	21.5	77.2	1.3	100.0
1972	19.0	76.4	1.2	96.6	2.5	0.9	3.4	100.0	19.7	79.1	1.2	100.0
1973	17.9	77.9	1.6	97.4	1.8	0.8	2.6	100.0	18.4	80.0	1.6	100.0
1974	18.9	75.2	2.1	96.2	2.2	1.6	3.8	100.0	19.7	78.2	2.1	100.0
1975	18.5	74.5	2.5	95.5	2.3	2.1	4.5	100.0	19.4	78.0	2.6	100.0
1976	17.3	75.0	2.8	95.0	2.2	2.7	5.0	100.0	18.2	78.9	2.9	100.0
1977	16.0	76.2	3.3	95.6	1.9	2.5	4.4	100.0	16.7	79.8	3.5	100.0
1978	13.7	75.2	4.6	93.5	1.8	4.5	6.5	100.0	14.6	80.4	4.9	100.0
1979	14.4	73.0	5.2	92.7	2.0	5.2	7.3	100.0	15.6	78.7	5.7	100.0
1980	17.2	68.0	6.2	91.4	2.2	6.2	8.6	100.0	18.8	74.4	6.8	100.0
1981	19.3	65.0	6.5	90.8	2.2	6.8	9.2	100.0	21.2	71.6	7.2	100.0
1982	19.2	63.6	6.8	89.6	2.1	8.0	10.4	100.0	21.4	71.0	7.6	100.0
1983	18.4	63.0	7.1	88.6	2.2	8.9	11.4	100.0	20.8	71.2	8.1	100.0
1984	19.3	60.0	9.0	88.3	1.7	9.7	11.7	100.0	21.9	67.9	10.2	100.0
1985	20.2	56.3	9.7	86.2	2.0	11.5	13.8	100.0	23.4	65.3	11.2	100.0
1986	18.9	57.2	9.7	85.8	1.9	12.0	14.2	100.0	22.0	66.7	11.3	100.0
1987	18.1	56.9	9.8	84.7	1.7	13.2	15.3	100.0	21.3	67.2	11.5	100.0
1988	18.6	57.8	9.5	86.0	2.0	11.8	14.0	100.0	21.7	67.3	11.1	100.0
1989	17.8	58.4	9.9	86.2	1.9	11.6	13.8	100.0	20.7	67.8	11.5	100.0
1990	17.1	58.5	10.0	85.7	1.8	12.2	14.3	100.0	20.0	68.3	11.7	100.0
1991	17.3	57.3	10.5	85.2	1.9	12.6	14.8	100.0	20.4	67.3	12.4	100.0
1992	16.7	57.9	10.5	85.1	1.6	12.9	14.9	100.0	19.6	68.0	12.3	100.0
1993	16.9	56.1	10.5	83.6	1.8	14.3	16.4	100.0	20.2	67.2	12.6	100.0
1994	16.5	56.4	10.7	83.7	1.2	14.7	16.3	100.0	19.8	67.4	12.8	100.0
1995	16.9	55.0	10.6	82.5	1.4	15.5	17.5	100.0	20.4	66.7	12.9	100.0
1996	16.8	54.3	11.1	82.3	1.4	15.6	17.7	100.0	20.4	66.0	13.5	100.0

(注) 1.エネルギーはIEA, ENERGY STATISTICS AND BALANCES OF OECD COUNTRIES,1960-96, MAGNETIC TAPE,1998より算出。
 2.硫黄含有率について、石油は『出光石油資料』、輸入石炭は『コールノート』より算出、国産石炭は関連資料を参考に設定。

問題が急速に解決に向かったが、その原因は脱硫対策を中心に、エネルギー関連政策をも含む総合的な環境対策が取られたことである。第1次石油危機以降の排出量削減の要因別貢献度の順位は高い順で、「脱硫要因>省エネルギー要因>脱化石燃料化要因>化石燃料低硫黄化要因」となっている。

3-2 中国

表3-3には中国についての要因分析結果を示す。次のことが確認される。

化石燃料の低硫黄化要因は70年代の前半と90年代において、脱化石燃料化要因は90年代において、省エネルギー要因は70

年代末頃から、二酸化硫黄排出量の削減要因として寄与している。低硫黄化は70年代では石油天然ガスの増産にともなう脱石炭化政策、90年代では石油需要の急増にともなう自発的な脱石炭化によってもたらしているものである。80年代で低硫黄化要因が寄与しなかったのは、外貨獲得のため石油輸出を拡大し、石炭による石油代替を展開した結果である。また、90年代における脱化石燃料化は、主に電力不足を解決するための水力と原子力の開発促進による効果である(表3-4)。省エネルギーは改革開放にともなう技術進歩、経済構造の変化、エネルギー価格の上昇、エネルギー多消費製品

表3-3 中国の二酸化硫黄排出量に関する要因分解の結果

	SO ₂ 排出量 変化分 (1,000トン)	要因					要因合計 (F1~F5)	交絡項 (残差)
		F1: 総脱硫 率変化要因	F2: 燃料低 硫黄化要因	F3: 脱化石 燃料化要因	F4: 省エネ ルギー要因	F5: 経済 成長要因		
1971	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	338.30	0.00	-119.25	-4.67	202.51	259.74	338.33	-0.03
1973	150.93	-0.01	-164.12	-5.84	-227.44	548.10	150.70	0.23
1974	-28.28	0.01	-227.34	-9.10	42.80	165.38	-28.27	-0.01
1975	1,207.28	-0.05	63.57	10.23	479.82	655.57	1,209.13	-1.85
1976	89.77	0.01	-276.07	3.08	499.86	-137.23	89.65	0.12
1977	1,202.35	0.00	97.52	8.24	427.52	670.43	1,203.70	-1.35
1978	1,193.67	-0.01	49.81	18.53	-19.09	1,144.59	1,193.83	-0.16
1979	254.94	0.06	70.73	-10.83	-616.42	811.20	254.75	0.19
1980	-122.95	0.00	40.63	-20.52	-979.62	836.79	-122.71	-0.24
1981	-40.13	0.00	140.84	-20.08	-721.52	560.76	-40.00	-0.13
1982	568.15	-0.06	145.21	-14.68	-548.70	985.98	567.75	0.40
1983	657.53	0.01	75.15	-19.22	-633.41	1,234.21	656.74	0.79
1984	1,189.10	0.02	159.24	14.87	-804.26	1,817.30	1,187.18	1.92
1985	1,048.15	-0.02	58.85	1.24	-781.88	1,768.29	1,046.48	1.67
1986	868.41	0.06	-7.99	7.94	-391.53	1,259.44	867.93	0.48
1987	1,025.53	-0.02	17.12	1.67	-736.45	1,741.95	1,024.27	1.26
1988	1,023.72	-0.02	-1.49	-7.10	-777.86	1,808.92	1,022.44	1.28
1989	675.90	-0.03	-15.51	-12.09	-10.11	713.62	675.89	0.01
1990	355.10	0.05	85.36	-15.96	-396.01	681.61	355.05	0.05
1991	616.91	-0.03	-97.20	13.28	-950.33	1,650.38	616.10	0.81
1992	358.50	-0.02	-145.38	-6.51	-2,043.95	2,552.54	356.69	1.81
1993	1,049.52	0.06	-184.11	-44.70	-1,248.10	2,523.66	1,046.80	2.72
1994	1,568.51	-0.06	276.16	-83.33	-1,146.83	2,520.59	1,566.54	1.97
1995	1,650.74	0.03	58.42	-1.64	-689.18	2,281.98	1,649.61	1.13
1996	879.06	0.00	-192.83	14.97	-1,155.54	2,211.23	877.83	1.23
1972-78	4,154.02	-0.06	-575.89	20.47	1,405.97	3,306.57	4,157.07	-3.05
1979-88	6,472.45	0.03	698.29	-66.71	-6,991.63	12,824.86	6,464.84	7.61
1989-96	7,154.24	0.01	-215.09	-135.97	-7,640.05	15,135.61	7,144.50	9.74

(注) 前掲表2-2より算出

の輸入増大などの効果である（たとえば，李，1999を参照）。いずれもエネルギー関連の効果であり，環境法の成立（1979年）と改正（1989）による明確な影響が確認されない。

脱硫要因の影響が確認されていない。その直接な原因は脱硫率が一定であると仮定したことである。しかし，中国では石炭の加工率が未だに2割前後で，火力発電所の排煙脱硫装置が96年までに僅か114.5万

表3-4 中国の一次エネルギー需給構造と硫黄含有率の推移

	一次エネルギー需要 (TTOE)								一次エネルギー硫黄含有率 (固有単位当たり，%)			
	化石合計			水力	原子力	非化石 合計	一次エネルギー 合計	石炭	国産石油		輸入石油	石油平均
	石炭	石油	天然ガス						国産石油	輸入石油		
1971	190,409	39,873	3,132	233,414	2,580	0	2,580	235,994	1.15	0.30		0.300
1972	199,276	45,929	4,054	249,260	2,924	0	2,924	252,184	1.15	0.30		0.300
1973	202,642	52,741	5,008	260,391	3,268	0	3,268	263,659	1.15	0.30		0.300
1974	200,667	60,644	6,305	267,616	3,698	0	3,698	271,314	1.15	0.30		0.300
1975	234,419	67,783	7,412	309,614	3,870	0	3,870	313,484	1.15	0.30		0.300
1976	235,391	79,363	8,458	323,213	3,922	0	3,922	327,134	1.15	0.30		0.300
1977	269,073	85,505	10,149	364,727	4,094	0	4,094	368,821	1.15	0.30		0.300
1978	302,284	93,614	11,479	407,378	3,836	0	3,836	411,213	1.15	0.30		0.300
1979	309,732	92,342	12,131	414,205	4,309	0	4,309	418,514	1.15	0.30		0.300
1980	306,557	89,654	11,960	408,170	5,006	0	5,006	413,176	1.15	0.30		0.300
1981	306,175	84,696	10,678	401,548	5,637	0	5,663	407,211	1.15	0.30		0.300
1982	322,689	84,143	9,999	416,831	6,398	0	6,427	423,257	1.15	0.30		0.300
1983	341,364	86,072	10,234	437,670	7,427	0	7,464	445,134	1.15	0.30		0.300
1984	375,311	88,292	10,577	474,179	7,463	0	7,529	481,709	1.15	0.30		0.300
1985	404,841	93,290	10,831	508,962	7,944	0	8,036	516,998	1.15	0.30		0.300
1986	429,034	99,155	11,526	539,716	8,130	0	8,230	547,946	1.15	0.30		0.300
1987	457,721	105,739	11,635	575,095	8,601	0	8,708	583,804	1.15	0.30		0.300
1988	486,268	112,833	11,945	611,047	9,387	0	9,513	620,560	1.15	0.30		0.300
1989	505,054	117,647	12,603	635,305	10,182	0	10,330	645,635	1.15	0.30		0.300
1990	515,414	116,534	12,800	644,748	10,898	0	11,056	655,805	1.15	0.30		0.300
1991	532,131	124,187	13,445	669,762	10,758	0	11,003	680,765	1.15	0.30		0.300
1992	541,355	132,545	13,625	687,524	11,286	0	11,531	699,055	1.15	0.30		0.300
1993	569,114	146,653	15,608	731,374	13,139	418	13,934	745,308	1.15	0.30	1.00	0.307
1994	614,745	146,138	16,346	777,229	14,470	3,624	17,918	795,146	1.15	0.30	1.00	0.300
1995	658,142	158,436	16,707	833,286	16,390	3,344	19,271	852,556	1.15	0.30	1.00	0.337
1996	678,978	173,422	18,724	871,125	16,165	3,737	19,593	890,718	1.15	0.30	1.00	0.365
	一次エネルギー需要に占める比率 (%)								化石エネルギー需要に 占める比率 (%)			
	化石合計			水力	原子力	非化石 合計	一次エネルギー 合計	石炭	石油		天然ガス	化石合計
	石炭	石油	天然ガス						石油	天然ガス		
1971	80.7	16.9	1.3	98.9	1.1	0.0	1.1	100.0	81.6	17.1	1.3	100.0
1972	79.0	18.2	1.6	98.8	1.2	0.0	1.2	100.0	79.9	18.4	1.6	100.0
1973	76.9	20.0	1.9	98.8	1.2	0.0	1.2	100.0	77.8	20.3	1.9	100.0
1974	74.0	22.4	2.3	98.6	1.4	0.0	1.4	100.0	75.0	22.7	2.4	100.0
1975	74.8	21.6	2.4	98.8	1.2	0.0	1.2	100.0	75.7	21.9	2.4	100.0
1976	72.0	24.3	2.6	98.8	1.2	0.0	1.2	100.0	72.8	24.6	2.6	100.0
1977	73.0	23.2	2.8	98.9	1.1	0.0	1.1	100.0	73.8	23.4	2.8	100.0
1978	73.5	22.8	2.8	99.1	0.9	0.0	0.9	100.0	74.2	23.0	2.8	100.0
1979	74.0	22.1	2.9	99.0	1.0	0.0	1.0	100.0	74.8	22.3	2.9	100.0
1980	74.2	21.7	2.9	98.8	1.2	0.0	1.2	100.0	75.1	22.0	2.9	100.0
1981	75.2	20.8	2.6	98.6	1.4	0.0	1.4	100.0	76.2	21.1	2.7	100.0
1982	76.2	19.9	2.4	98.5	1.5	0.0	1.5	100.0	77.4	20.2	2.4	100.0
1983	76.7	19.3	2.3	98.3	1.7	0.0	1.7	100.0	78.0	19.7	2.3	100.0
1984	77.9	18.3	2.2	98.4	1.5	0.0	1.6	100.0	79.1	18.6	2.2	100.0
1985	78.3	18.0	2.1	98.4	1.5	0.0	1.6	100.0	79.5	18.3	2.1	100.0
1986	78.3	18.1	2.1	98.5	1.5	0.0	1.5	100.0	79.5	18.4	2.1	100.0
1987	78.4	18.1	2.0	98.5	1.5	0.0	1.5	100.0	79.6	18.4	2.0	100.0
1988	78.4	18.2	1.9	98.5	1.5	0.0	1.5	100.0	79.6	18.5	2.0	100.0
1989	78.2	18.2	2.0	98.4	1.6	0.0	1.6	100.0	79.5	18.5	2.0	100.0
1990	78.6	17.8	2.0	98.3	1.7	0.0	1.7	100.0	79.9	18.1	2.0	100.0
1991	78.2	18.2	2.0	98.4	1.6	0.0	1.6	100.0	79.5	18.5	2.0	100.0
1992	77.4	19.0	1.9	98.4	1.6	0.0	1.6	100.0	78.7	19.3	2.0	100.0
1993	76.4	19.7	2.1	98.1	1.8	0.1	1.9	100.0	77.8	20.1	2.1	100.0
1994	77.3	18.4	2.1	97.7	1.8	0.5	2.3	100.0	79.1	18.8	2.1	100.0
1995	77.2	18.6	2.0	97.7	1.9	0.4	2.3	100.0	79.0	19.0	2.0	100.0
1996	76.2	19.5	2.1	97.8	1.8	0.4	2.2	100.0	77.9	19.9	2.1	100.0

(注) 1. エネルギーはIEA, ENERGY STATISTICS AND BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES, 1971-96, MAGNETIC TAPE, 1998より算出。
2. 硫黄含有率について，石炭は埋蔵量ベース，国産原油は1995年平均，輸入原油は仮定である。

kWしか設置されていなく(王・潘,1999),稼働率も低いこと,などを考えれば,この結果は中国の現実をほぼ反映していると考えられよう。

経済成長要因は一貫して二酸化硫黄排出量の増加要因である。

以上のように,中国では環境法が制定される1979年までに二酸化硫黄排出量が年率1.45%,GDP弾性値1.09で急増したが,その原因は環境対策がほとんど実施されなかったことである。一方,1979年以降,排出量の伸び率が4.73%,GDP弾性値が0.47へ低下したが,その主な原因はエネルギー効率の改善である。排出量抑制の要因別貢献度の順位は高い順で「省エネルギー要因>化石燃料低硫黄化要因>脱化石燃料化要因」となっている。

3-3 日中比較

実証分析結果に関する日中比較の概要は表3-5に示す。以下の特徴が読み取れる。

脱硫要因については,日本では一貫して最大の削減要因として寄与してきたのに

対し,中国ではその影響が特に確認できない。製品脱硫と排煙脱硫を中心とする脱硫対策は,日本では硫酸化物対策の中心となっているが,中国ではほとんど進んでいない。脱硫対策による二酸化硫黄削減の潜在力は中国の方が日本より高い。

低硫黄化要因は,日本では一貫して,中国では70年代と90年代で削減要因として寄与している。非化石エネルギーへの転換要因は,日本では第一次石油危機以降,中国では90年代以降削減要因として寄与している。しかし,1995年現在の一次エネルギーの消費構造をみると,中国では「石炭76.2%>石油19.5%>天然ガス2.1%>水力1.8%>原子力0.4%」となっているのに対し,日本では「石油54.3%>石炭16.8%>原子力15.6%>天然ガス11.1%>水力1.4%」となっている(表3-3,3-4)。エネルギー源構成の調整による二酸化硫黄削減の潜在力は中国の方が日本より高い。

省エネルギー要因は,日本では第一次石油危機以降,中国では70年代末頃から削減要因として寄与しているが,貢献度はか

表3-5 二酸化硫黄排出量の削減要因に関する日中比較

	時期	要因別貢献度順位	重要法律,対策など(年)
日本	1960-66	低硫黄化 脱硫	大気法成立(62):地域指定制度と濃度規制導入。総合エネルギー調査会設置(65):石油安定供給,原子力とLNGの導入を強調。最初の原子力発電所営業運転開始(66)。
	1967-73	脱硫 低硫黄化	公害対策法成立(67)と改正(70)。大気法改正(68,70):k値排出量規制導入と強化(76年までに8回強化)。LNG輸入開始(69)。硫酸化物環境基準制定と改正(69,73)。総合エネルギー調査会に低硫黄化対策部会設置(69)。環境庁設置(71)。第1次石油危機(73)。
	1974-96	脱硫 省エネルギー 脱化石燃料化 低硫黄化	大気法改正(74):総量規制導入(指定地域数は76年までに11から24へ拡大)。電源開発3法制定(74):原子力開発促進。第2次石油危機(78)。省エネ法制定(79)。石油代替エネルギー法制定(80)。環境基本法制定(92)。省エネ法改正(98)。
中国	1971-78	低硫黄化	第1回全国環境保護会議(73)。三廢排出基準制定(73):濃度規制。
	1979-88	省エネルギー 脱化石燃料化	環境法(試行)制定(79)。大気環境基準制定(82)。環境保護局設置(82)。第2回全国環境保護会議(83-84)。大気法制定(87)。環境保護局改組(88)。
	1989-96	省エネルギー 低硫黄化 脱化石燃料化	第3回全国環境保護会議(89)。環境法改正(89)。大気法実施細則制定(91)。二酸化硫黄排出の汚染費徴収実験開始(92)。最初の原子力発電所営業運転開始(94)。大気法改正(95):総量規制に触れず。第4回全国環境保護会議開催と環境保護2000年2010年計画制定(96):総量規制導入。硫酸化物と酸性雨抑制区指定制度導入(97)。省エネ法制定(97)。

表3-6 エネルギー消費に関する中日米三ヶ国比較（1994年）

	中国	日本	米国	中国/日本	中国/米国
一次エネルギー消費(Mtoe)	795	477	1,977	166.7%	40.2%
人口(100万人)	1,199	124	261	966.9%	459.4%
為替レート換算名目GDP(10億\$)	553	4,617	6,625	12.0%	8.3%
購買力平価換算名目GDP(10億\$)	2,979	2,807	6,625	106.1%	45.0%
一人当たり消費(toe/一人)	0.66	3.85	7.57	17.1%	8.7%
一人当たり名目GDP(\$/一人)：為替レート換算	461	37,234	25,383	1.2%	1.8%
購買力平価換算	2,485	22,637	25,383	11.0%	9.8%
名目GDP産出量(\$/toe)：為替レート換算	696	9,679	3,351	7.2%	20.8%
購買力平価換算	3,747	5,885	3,351	63.7%	111.8%
換算レートメモ：	(元/\$)	(円/\$)	(\$/\$)	(円/元)	(\$/元)
為替レート	8.619	102.2	1	11.86	0.116
購買力平価	1.600	168.1	1	105.06	0.625

(注) 購買力平価は1995年値で代用。

(出所) 李志東『中国の環境保護システム』(1999/4)。

表3-7 物質生産のエネルギー原単位に関する国際比較（1994年）

	エネルギー消費原単位		中国/外国	
	中国	外国先進水準	原単位比	効率比
石炭生産の電力消費(kWh/t)	31.19	17.65(米国1992)	176.7%	56.6%
火力発電供給の燃料消費(gce/kWh)	414	332(日本1993)	124.7%	80.2%
鋼材生産のエネルギー消費(kgce/t)	973	656(日本)	148.3%	67.4%
石油精製のエネルギー消費(kgce/t)	20.93	21.57(日本)	97.0%	103.1%
合成アモニアのエネルギー消費(kgce/t)	1284	970(米国)	132.4%	75.5%
セメントのエネルギー消費(kgce/t)	193	117.3(日本)	164.5%	60.7%

(注) 中国は国営重点炭鉱の原炭生産原単位。中国は6,000kW以上の火力発電所、日本は電力事業者。中国は重点企業。中国現行の計算方式による結果。天然ガスを原料とする大型装置。中国は大型、中型企業の1993年の電力消費量。

(出所) 原典は王慶一『中国能源研究会報告』、閻長樂編『中国能源発展報告1997年』(1997/6) p.190。ただし、ここでは李志東『中国の環境保護システム』(1999/4)から引用。

なり異なる。日本では、省エネルギーが第2～3位の削減要因であるが、中国では最大の削減要因となっている。しかし、これは中国のエネルギー利用効率が日本より高いことを意味しない。1994年のエネルギー効率をみると、中国は購買力平価換算GDPベースで日本の6割、物量ベースで日本の6～8割に止まっている。省エネルギーによる二酸化硫黄対策の潜在力は中国の方が日本よりも高い。

以上のように、経済成長要因を除けば、日本では第1次石油危機以降、脱硫要因を中心とする排出量削減要因がすべて機能しており、その結果、二酸化硫黄排出量を効

果的に削減できたのである。それに対し、中国では、脱硫要因が削減要因としてほとんど機能しておらず、その他削減要因の寄与が日本ほど大きくなかったのに対し、経済成長率が日本より遙かに高く、増加要因の寄与が削減要因の寄与を遙かに上回っており、その結果、二酸化硫黄排出量を効果的に削減できなかったといえよう。

4. 中国への示唆

では、なぜ硫黄酸化物汚染の解決において、日本が中国よりも成功を遂げられたのか。言い換えれば、なぜ硫黄酸化物排出量

の各削減要因が日本では機能しているが、中国では日本のほど機能していないのか。

日本の成功については、『日本の大気汚染経験』（日本の大気汚染検討委員会、1997）によると、1973年までの成功は「政府による規制と業界に対する低硫黄原油の確保や重油脱硫装置の計画的導入の指導、民間による排煙脱硫装置などの技術開発と公害防止投資」によってもたらしたものであり、1974年以降については、従来の対策に加え、「石油危機後のエネルギー価格上昇によって省エネルギー対策が促進され、また、重化学工業中心から機械組み立て、情報などへの産業構造の変化が加速された。これらは結果的に産業部門からの大気汚染の削減に寄与した」と記述している（pp.11-12）。また、「その成功の裏には、経済的豊かさ・利益の追求と健全な環境の保護のジレンマの中で、試行錯誤はありながらも、被害者を中心とする住民運動、地域住民の健康保護のための地方公共団体の先駆的な取り組み、時期的には遅れはしたが国による対策システムの整備、企業による対策技術の開発・導入など、各主体の大きな努力があった」と論じた（p.54）。具体的には、住民が公害反対運動を展開し、地方公共団体、国、そして企業の公害防止努力を促進したこと、一部の地方政府が国よりも先に取り組みを行ったこと、各地方の実情に合った環境保護条例を導入したこと、国から委任された環境行政を行っていること、政府が総合対策体系を制定したうえで、行政監督、資金助成などを通じて、総合対策が効果的に実行される条件を整備したこと、企業が環境投資と技術開

発を中心とする環境対策を実施したこと（pp.54～77）。すなわち、各主体がそれぞれの役割を果たしていることが成功に繋がったのである。

本稿の主な目的は総合環境政策に関する分析なので、以下では政策主体としての政府の役割に注目し、日中両国の硫黄酸化物汚染に関する総合環境政策について検討し、中国への示唆を提示する。また、総合環境政策の内容は多岐にわたるが、ここでは、環境規制政策、エネルギー環境政策を取り上げる。

4-1 環境規制政策

大気中の二酸化硫黄濃度を低下させるための環境規制政策は、環境基準規制、単一排出源に対する排出濃度規制と排出量規制、地域の総排出量に対する総量規制、燃料使用規制、脱硫装置の取り付け義務化などに分けられる。環境基準規制は大気の質を守るための目標規制で、その他は目標達成のための対策規制である。目標規制は必要不可欠であるが、対策規制は選択可能である。濃度の低い硫黄酸化物を大量に排出する場合、また単一排出源の排出量が少なくても排出源の数が多く存在する場合、大気の質が低下する恐れがある。したがって、濃度規制よりも量的規制が有効であり、単一汚染源の排出量規制と地域の総量規制を併用する方が望ましい。また、量的規制を導入すれば、燃料使用規制、脱硫装置使用の義務化などを導入しなくてもいい。なぜならば、排出主体が量的規制を達成するために、省エネルギーか、エネルギーの構造転換か、それとも脱硫装置の使

用か、あるいはその組み合わせか、といういずれの対策を自発的に取らざるを得ないからである。逆に、量的規制がなく、脱硫装置の使用が義務化される場合、発生量削減対策のインセンティブが働かないだけでなく、たとえ脱硫装置が規制どおりに導入されたにしても、排出量が削減される保証はない。その意味では、硫黄酸化物に対する環境規制政策体系は量的規制を中心に構築されるべきである。

日本では、指定地域における濃度規制は1962年の『ばい煙の排出の規制などに関する法律』で導入された。1968年に『大気汚染防止法』が制定され濃度規制に替わって排出量規制(いわゆるK値規制)が導入された。さらに1970年の大気法改訂で排出量規制を全国的に、1974年の大気法改訂で総量規制を指定地域に導入した。1976年までに、排出量規制は8回ほど改正強化され、総量規制の地域が3回にわたって指定され、初期の11地域から24地域へと拡大した。二酸化硫黄の環境基準は1969年に制定され、1973年に改正強化された。その他の関連規制として、燃料使用基準が1971年に設定され、翌年に強化された。

一方、中国では、1973年に『工業“三廢”(廢氣, 廢水, 固体廢棄物)排出基準』, 1979年に『環境保護法(試行)』, 1987年に『大気污染防治法』が制定され、1989年に環境法改正、1995年に大気法改正が行われたが、汚染源に対する濃度規制しか導入されておらず、排出量規制への切り替えは行っていない。指定地域における総量規制(したがって、同地域の排出源に対する排出量規制)は1996年策定の『国家環境保護第9

次5カ年計画と2010年遠景目標』で導入されて、1998年に実施された。大気環境基準は1982年に制定され、1996年に改正されたが、二酸化硫黄については改正が見送られた。脱硫装置の取り付け義務については、直接規定の法制度はないが、一般的な法制度として、“三同時”制度(いかなる建設事業においても、汚染防止のための施設が主体工事と同時に設計、建設、操業されなければならない)が導入されている。脱硫装置が硫黄酸化物汚染防止の施設であるので、“三同時”制度が適用されるべきと考えられる。すなわち、脱硫装置の取り付けが間接的に義務化されていると理解できる。

日本と中国と比べると、硫黄酸化物対策としての環境規制政策体系が明らかに異なる。日本は排出量規制と総量規制および燃料規制を中心としている。一方、中国は濃度規制と脱硫装置規制を中心としており、量的規制と燃料規制を行っていない。量的規制を導入していないのは、中国の環境規制政策体系の欠点である。また、中国では、脱硫装置規制があるにも関わらず、脱硫要因が排出量の削減に寄与していない原因は少なくとも二つ考えられる。一つは脱硫装置を付けなくても濃度規制の基準を達成できることである。もう一つは脱硫装置規制を守っていないことである。しかし、二酸化硫黄の環境基準を達成していないこと、排煙脱硫装置の使用と製品脱硫が遅れていることから判断すると、後者がその主な原因と考えられる。

4-2 エネルギー環境政策

硫酸酸化物排出量削減に関するエネルギー環境政策は、化石燃料の低硫黄化政策、非化石エネルギーによる化石エネルギー代替政策、省エネルギー政策によって構成される。

日本では、硫酸酸化物の環境基準が1969年2月に閣議決定され、その3ヶ月後の5月に通産省総合エネルギー調査会に低硫黄化対策部会が設置され、低硫黄化対策を取り始めた。非化石エネルギーへの転換を促進するために、第1次石油危機の翌年(1974年)に、電源開発特に原子力発電の促進のための電源3法(『発電用施設周辺地域整備法』、『電源開発促進法』、『電源開発促進対策特別会計法』)、そして1980年に『石油代替エネルギーの開発および導入の促進に関する法律』を制定した。省エネルギーの促進を図るために、1979年に『エネルギーの使用合理化に関する法律』、1993年に省エネルギー関連2法(『エネルギー需給構造高度化法』、『省エネルギー・リサイクル支援法』)を制定し、1998年に省エネルギー法を強化改正した。また、1973年12月に制定された石油2法(『石油需給適正化法』、『国民生活安定緊急措置法』)は緊急避難的な法律であるが、省エネルギーを促進した。

一方、中国では、1986年に『省エネルギー管理臨時条例』、1997年に『省エネルギー法』を制定し、省エネルギーを促進してきた。しかし、化石燃料の低硫黄化政策および非化石エネルギーへの転換政策については、極めて曖昧である。たとえば、改正後の大気汚染防止法(1995年)と石炭法(1996

年)では、高硫黄炭の生産と使用を制限する条項が設けられているが、具体性が欠けている。また、1996年に作成された第9次5カ年計画と2010年長期展望では、「電力を中心、石炭を基礎とし、石油天然ガスの探査と開発を強化し、新エネルギーを積極的に開発する」というエネルギー多様化ともいうべき戦略を打ち出したが、環境問題の解決に必要な脱石炭化についての正面きっての言及はなかった。

以上のように、エネルギーの構造転換(低硫黄化石エネルギーへの転換、非化石エネルギーへの転換)に関する政策が明確に取られなかったことは、中国のエネルギー環境政策の欠点である。

おわりに

経済成長の維持と硫酸酸化物排出量の削減を同時に実現するために、脱硫要因、低硫黄化要因、非化石エネルギーへの転換要因および省エネルギー要因をすべて削減要因として機能させなければならない。そのために、健全な総合環境政策体系を整備することは必要不可欠である。中国にとっては、省エネルギー対策の強化と同時に、濃度規制から排出量規制へ切り替えること、総量規制の指定地域を拡大すること、脱石炭化政策および非化石エネルギーへの転換政策を取ることが、最重要の課題である。

謝辞：本研究は平和中島財団国際学術共同研究助成および日本科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業(CREST)の援助を受けて行ったものである。記して謝意を表す。

【参考文献】

- ・ IEA 『ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES,1960-1996,MAGNETIC TAPE,1998; ENERGY STATISTICS AND BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES,1971-1996,MAGNETIC TAPE,1998
- ・ 出光興産株式会社 『出光石油資料』 各年版
- ・ 植田和弘 『環境経済学』 岩波書店 (1996/7)
- ・ OECD 編集,環境庁地球環境部企画課,外務省経済局国際機関第二課監訳 『OECDレポート日本の環境政策』 中央法規 (1994/8), p.21
- ・ 王志軒・潘荔 『二酸化硫黄抑制区と酸性雨抑制区の火力発電所における二酸化硫黄汚染の抑制問題に関する考察』, 『中国電力』 No.32, 1999年第7期, pp.57-76
- ・ 科学技術庁科学技術政策研究所 『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排出の動態』 大蔵省出版局 (1992/4), pp.337-338
- ・ 環境庁 『環境白書』 各年版
- ・ 環境庁大気保全局大気規制課監修,溝口次夫編著 『酸性雨の科学と対策』 社団法人日本環境測定分析協会 (1994/1), p.8
- ・ 倉沢資成 『入門価格理論 (第2版)』 日本評論社 (1988/4), p.17
- ・ 黒田昌裕・木地孝之・吉岡完治・早見均・和田義和 『中国のエネルギー消費と環境問題』 通商産業研究所研究シリーズ` 27 (1996/6)
- ・ 国家統計局 『中国統計年鑑』 各年版
- ・ 資源エネルギー庁監修 『資源エネルギー年鑑 1995/96年版』 通産資料調査会 (1995/2)
- ・ 世界銀行 『碧水藍天:21世紀中国環境の展望 (Clear Water Blue Skies: China's Environment in the New Century)』 中国財政経済出版社, 1997/9
- ・ 中国環境年鑑編集委員会 『中国環境年鑑』 各年版,1990-94年までは中国環境科学出版社,1995年以降は中国年鑑社
- ・ 通商産業省資源エネルギー庁石油部監修 『石油資料』 各年版
- ・ 日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター 『エネルギー・経済統計要覧1999年版』 省エネルギーセンター (1999/1)
- ・ 日本の大気汚染経験検討委員会 (座長:佐和隆光) 『日本の大気汚染経験』 ジャパンタイムズ (1997/6)
- ・ 松井賢一編著 『エネルギー戦後50年の検証』 電力新報社 (1995/7)
- ・ 李志東 『中国の環境保護システム』 東洋経済新報社 (1999/4)

お問い合わせ

info@tky.ieej.or.jp