

15. 東アジアを対象とした自動車排出ガスによる大気汚染の将来予測 ——中国における自動車からのNO_x発生量の推定——

PROJECTIONS OF ENERGY CONSUMPTION AND EMISSION OF NO_x BY AUTOMOBILES IN EAST ASIA ——Emission Of Nitric oxide by automobiles in China——

白井 朗^{*} · 花木 啓祐^{*} · 秋元 肇^{*}
Akira USUI^{*} , Keisuke HANAKI^{*} , Hajime AKIMOTO^{*}

ABSTRACT ; Energy consumption and NO_x emission by automobiles in China has been predicted in 2000 and 2010 with two scenarios. For the purpose of establishing an emission inventory of NO_x in the East Asia. Total amounts of NO_x emission by automobiles in China was estimated to be 1.3 / 1.8 million tonnes for Case1 based on GDP correlation, and 1.3 / 2.3 million tonnes for Case2 based on automobile production plan by Chinese government in 2000 / 2010, respectively.

KEYWORDS ; China , East Asia , Automobile , NO_x Emission .

1 はじめに

1. 1 研究の背景と目的

大気汚染防止対策に日本が本格的に取り組み始めたのは1960年代から。硫黄酸化物SO_xに関しては現在では殆ど問題にならない濃度レベルまで低下していることに加え、窒素酸化物NO_xは工場など固定発生源の汚染防止技術がかなりの水準に達していることから、我が国は幸いにも1970年代から大気汚染問題はやや改善に向かっている。しかし現状では、車社会には重い課題となる移動発生源のNO_x対策が後手になり、汚染の主役は今や自動車排気ガスによるNO_xとされ、環境行政には尚難問が残されている。

一方アジア諸国は工業化と経済成長に伴い、大気汚染激化の道をたどろうとしている。中国の現状については、大気汚染物質として工場などから排出されるSO_xが重要だが、自動車保有台数増加に伴いNO_xの重要性が増し、2010年頃には中国だけの汚染に止まらず、酸性雨として準地球的規模の被害が予想される。中国の自動車排気ガスについては現状では殆ど研究されていないが、アジアの将来を考えると今から自動車に注目する必要がある。

本研究では、将来(2000/2010年)における東アジア各国の自動車を発生源とするNO_x発生量の推計を試み、特に中国について既存の研究による推計結果と比較・検討した結果について報告する。ケーススタディとしては韓国・日本を選び、各国の自動車産業の発展と大気汚染の状況について分析した。

1. 2 研究の手順

- 1、先進国の大気汚染と自動車排出ガス規制の歴史(日本を中心に)及び途上国の大気汚染の現状調査
- 2、自動車産業の発展の調査(中国・韓国・日本)から過去の発展のトレンドを把握
- 3、中国独自の問題点の抽出と途上国共通の問題点の整理(各国自動車排気ガス規制・燃料種問題も含む)
- 4、中国の自動車によるNO_x総排出量の将来予測

将来予測については、各国の現在(1970/1980/1990年)までの人口・国内総生産GDP・自動車保有台数・燃料消費量などの相関を分析し、将来(2000/2010年)における人口・GDPをもとに1人当たりGDPから1万人当たり自動車保有台数を予測。保有台数・車種別構成比率(乗用車・トラック+バス)を予測し、消費燃料(ガソリン・軽油)を予測してNO_x総排出量推計を行った。

中国については国土が広いことから国内を地域分割し、省・特別市別の30地域を対象とした。各地区毎のNO_x総排出量推計については各地区毎の自動車保有台数を基に振り分けた。

^{*}; 東京大学 先端科学技術研究センター 〒153 東京都目黒区駒場4-6-1

Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo.

^{**}; (株)大和総研 社会開発情報本部 Daiwa Institute of Research Ltd. Social Development division.

Fig1. アジア各国の1人当たり国内総生産GDPと
1万人当たり自動車保有台数の相関（1974～1993）
（自動車＝乗用車＋トラックおよびバス）

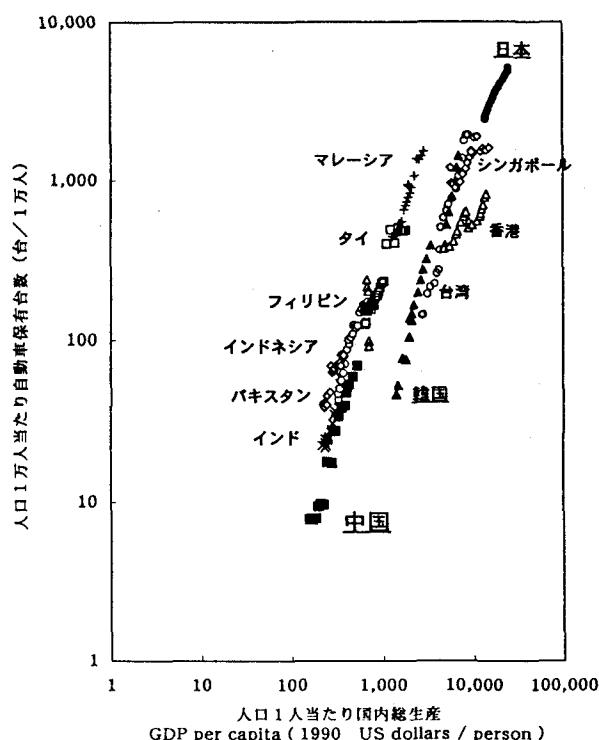


Fig2. GDPと自動車保有台数の相関／中国
（1974～1993）

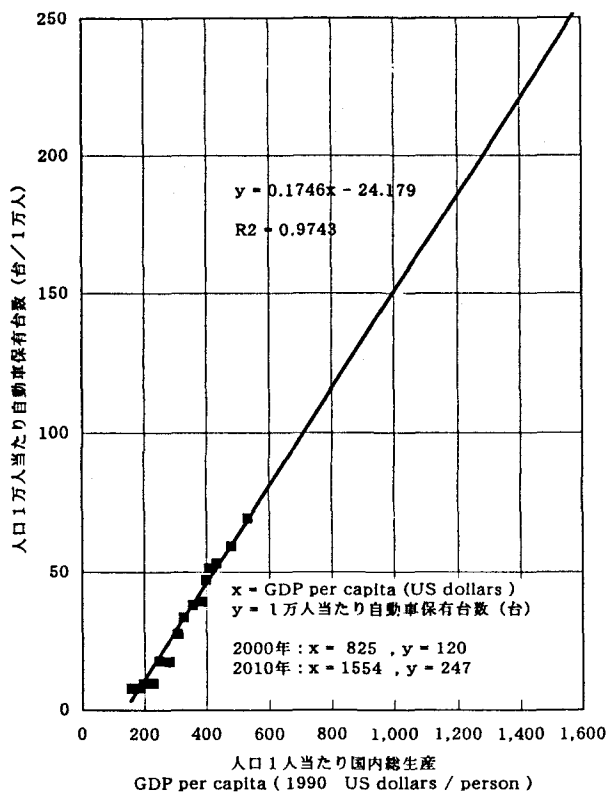


Table1. 中国の国内総生産GDP及び自動車保有台数の推移（1974～1993）

	GDP (90年米10億ドル) (Billion 1990 \$US)	自動車保有台数 (千台) (Thousand)	人口 (百万人) (Million persons)	1人当たりGDP (1990 \$US)	1万人当たり自動車 保有台数 (台)
1974	142.0	705	900	158	8
1975	153.7	712	916	168	8
1976	145.4	727	931	156	8
1977	156.9	747	943	166	8
1978	176.0	760	956	184	8
1979	188.8	910	969	195	9
1980	199.6	930	981	203	9
1981	209.9	970	994	211	10
1982	229.1	970	1,009	227	10
1983	252.7	1,800	1,023	247	18
1984	289.7	1,800	1,037	279	17
1985	322.9	2,887	1,051	307	27
1986	349.0	3,574	1,067	327	34
1987	385.2	4,123	1,084	355	38
1988	424.9	4,325	1,102	386	39
1989	444.6	5,275	1,119	397	47
1990	462.5	5,836	1,134	408	51
1991	495.8	6,114	1,148	432	53
1992	555.4	6,917	1,162	478	60
1993	622.9	8,176	1,175	530	70

出所：OECD「IEA統計」（1992～1993）、日本自動車工業会「主要国自動車統計」（自動車＝乗用車＋トラックおよびバス）

2 自動車産業について

2.1 東アジアの自動車産業

日本を除く東アジアの自動車市場は全世界の約1割を占めるにすぎないが、高い経済成長力と膨大な人口に伴って自動車販売台数は増大する傾向にある。その中でも特に中国は、12億という人口規模から考えても、東アジア最大の成長力と潜在規模を持つと考えられる。

Fig. 1に「アジア各国の自動車台数推移」を示す。人口1万人当たり自動車保有台数（1993年）を比較して見ると、先進国である日本の5500台（1.8人に1台）に対し、途上国である韓国は1500台（日本の30年前の水準）、中国は70台（韓国の20年前の水準）となっている。特に、中国の乗用車保有台数は、平均して1万人当たり12台で、現在アジア最低の水準にある。

2.2 中国の自動車産業

中国の自動車政策は、1986年以降、国内企業保護の見地から「三大三小二微」を原則に（乗用車生産への外資企業の参入を6社に限定）していた。

しかし、国内のモータリゼーション（車の大衆化）が急拡大し、国民の生活水準が向上したことなどにより、一般の購入に耐えうる乗用車の生産が望まれるようになり、1994年中国政府は外国資本の参入を許可する方向で政策転換を図っている。乗用車の保有台数は、急速な伸びを見せており、1979年の15万台から1993年の140万台へと年平均16%の増加率である。

中国は外資企業の支援を受け、独自のファミリーカーを開発する「乗用車国産計画」を決定した。中国政府制定の「自動車工業産業政策」の中では、2000年までに国内市場の90%以上を国産車で占め、一般家庭に乗用車の普及を進めることが最大の目標とされた。車種としては排気量1300cc前後で、価格は5万元以内を検討している。更に現在国内に乱立している自動車メーカーを整理統合し、1994年の推定年産130万台から2000年までに年産300万台規模の体制確立を目指している。

3 推計結果

3.1 GDPと自動車保有台数の相関を基に（Case 1）

Table 1に「中国の国内総生産GDP・自動車保有台数の推移（1974～1993）」、Fig. 2に「中国の国内総生産GDPと自動車保有台数の相関」を示す。1人当たりGDPと1万人当たり自動車保有台数の間には一次（直線）の良い相関（ $R^2 = 0.9743$ ）があることがわかり、この相関を将来推計に利用した。

Table 2に「経済成長率、人口増加率の想定と中国の自動車保有台数の推計値」を示す。1993年の実績値をもとに今後の年平均増加率をGDP 7.6%、人口1.0%とすると、2000年/2010年の順でGDPは1.04/2.16兆ドル、総人口は12.6/13.9億人と計算でき、自動車保有台数は1500/3400万台になると推計した。

Fig. 3に「年間ガソリン消費量の推移」を示す。ガソリンは乗用車が主に消費するので、乗用車が全てガソリン自動車であると仮定して分析した。同様に軽油の消費量を、トラック・バス等の商用自動車全てが全てディーゼル自動車であると仮定して分析した。自動車保有台数に対する乗用車/商用車の比率は、1993年の実績値：29.9%/70.1%（245/573万台）、及び中国政府の将来目標値を基に、乗用車の需要拡大を想定し、2000年：40%/60%（600/900万台）、2010年：50%/50%（1700/1700万台）とした。

Table 3に「NOx排出係数」を示す。排出係数は、科学技術庁/科学技術政策研究所レポートの値を利用した。ガソリン自動車のNOx排出係数は、2000年/2010年の順で、ガソリン消費1トン当たり31.7/28.5kg、ディーゼル自動車の排出係数は軽油消費1トン当たり27.4/26.5kgとした。

1人当たりGDPから1万人当たり自動車保有台数を予測し、消費燃料（ガソリン・軽油）を予測してNOx排出係数を乗じることによりNOx総排出量推計を行った。

3.2 中国政府の予測を基に（Case 2）

中国自動車工業会社の予測では、「自動車需要は、1996年から2000年の5年間で年平均9%の伸びを示し、21世紀初頭の10年間には同8%の伸びが見込まれることから、2000年には世界第7位、2010年には同3位に躍進する」とされている。

この予測では、乗用車保有台数が2000年/2010年の順で、600/2200万台になると推計されている。乗用車/商用車の比率はCase 1と同じと仮定し、総自動車保有台数は1500/4400万台とし、Case 1と同様の試算を試みた。

Table2. 経済成長率・人口増加率の想定と中国の自動車保有台数の推計値

経済成長率の想定（年平均増加率：％）

	1971～91	91～2010	
	実績値	想定値	高成長ケース 低成長ケース
OECD諸国	2.9	2.4	3.0 1.9
東アジア諸国	7.4	5.8	7.3 4.7
中国	7.2	7.6	9.5 6.1
世界全体	3.0	3.0	3.8 2.4

出典：世界銀行、OECD

人口増加率の想定（年平均増加率：％）

	1971～91	91～2010
	実績値	想定値
OECD諸国	0.8	0.4
東アジア諸国	2.1	1.5
中国	1.6	1.0
世界全体	1.9	1.5

出典：国際連合、世界銀行、OECD

左記想定GDPと人口による
中国の自動車保有台数の推計値

	1993	2000	2010	単位
	実績値	推計値	推計値	
GDP	623	1,040	2,164	(90年米10億ドル)
人口	1,175	1,260	1,392	(百万人)
1人当たりGDP	530	825	1,554	(90年米ドル)
1万人当たり台数	70	120	247	(台)
自動車台数	8.18	15.11	34.41	(百万台)

$y = 0.1746x - 24.179$ (R2 = 0.9743)
x = 1人当たりGDP、y = 1万人当たり台数

Fig3. 自動車ガソリン (Motor Gasoline) 消費量の推移

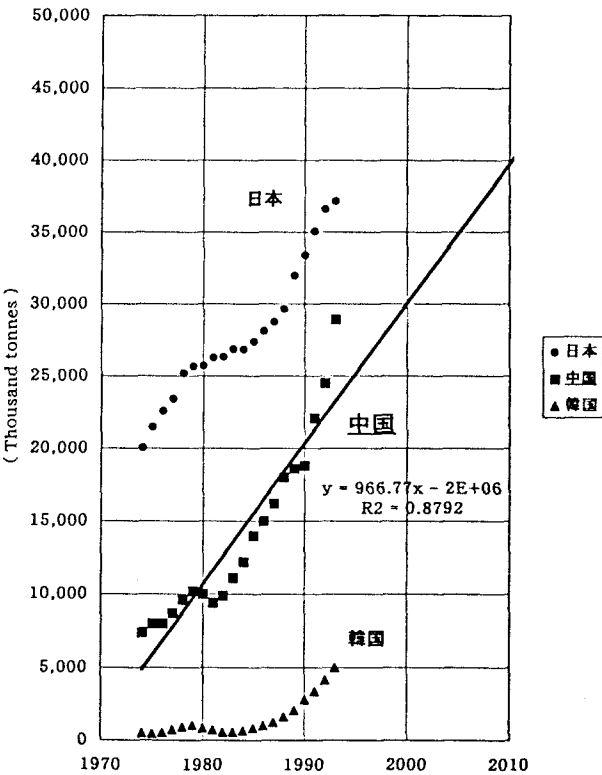


Table3. NOx排出係数（単位：kg/t）

車種	基準	NOx排出ガス規制に対応するNO2排出係数（単位：kg/t）		
	従来通り	米国基準	日本基準	
ガソリン車	31.7	15.9	3.41	
ディーゼル車	27.4	22.9	17.0	
LPG車	20.3	10.2	2.18	

NOx排出ガス規制対応車の構成比率想定値（単位：％）

中国				
年	基準	従来通り	米国基準	日本基準
2000年		100	0	0
2010年		80	20	0

韓国				
年	基準	従来通り	米国基準	日本基準
2000年		70	30	0
2010年		40	50	10

NO2排出係数（単位：kg/t）

2000年				
車種	国名	中国	韓国	日本
ガソリン車		31.7	27.0	3.41
ディーゼル車		27.4	26.1	17.0
LPG車		20.3	17.3	2.18

2010年				
車種	国名	中国	韓国	日本
ガソリン車		28.5	21.0	3.41
ディーゼル車		26.5	24.1	17.0
LPG車		18.3	13.4	2.18

出所：科学技術庁 科学技術政策研究所レポート（H5、3）より作成。

Table4. 中国の自動車によるNOx排出量の推計

	1987年 実績値	Case1		Case2	
		2000年 推計値	2010年 推計値	2000年 推計値	2010年 推計値
GDP (10億ドル)	385	1,040	2,164		
人口 (百万人)	1,084	1,260	1,392		
自動車保有台数 (千台)	4,081	15,000	34,000	15,000	44,000
うち乗用車 (千台)	1,115	6,000	17,000	6,000	22,000
うち商用車 (千台)	2,966	9,000	17,000	9,000	22,000
ガソリン消費量 (千トン)	16,200	30,000	40,000	30,000	50,000
軽油消費量 (千トン)	6,500	13,500	25,500	13,500	33,000
NOx排出量 (千トン)	692	1,321	1,816	1,321	2,299
参考/科学技術政策研究所	683	1,018	1,407	1,018	1,407

Table5-1. 省別の自動車によるNOx排出量の推計/中国

地区Region	自動車保有台数		Case1 (千トン)		Case2 (千トン)	
	2000年	2010年	2000年	2010年	2000年	2010年
	構成比率	構成比率	NOx	NOx	NOx	NOx
広東Guangdong	12.14%	13.21%	160	240	160	304
山東Shandong	7.51%	7.65%	99	139	99	176
河北Hebei	7.06%	7.21%	93	131	93	166
遼寧Liaoning	6.37%	6.29%	84	114	84	145
四川Sichuan	5.24%	5.14%	69	93	69	118
北京Beijing	5.22%	5.31%	69	96	69	122
江蘇Jiangsu	4.92%	4.89%	65	89	65	112
河南Henan	4.19%	3.88%	55	70	55	89
黒龍江Heilongjiang	3.27%	2.95%	43	54	43	68
山西Shanxi	3.43%	3.23%	45	59	45	74
湖南Hunan	3.32%	3.32%	44	60	44	76
湖北Hubei	3.03%	2.88%	40	52	40	66
浙江Zhejiang	3.27%	3.38%	43	61	43	78
雲南Yunnan	3.23%	3.35%	43	61	43	77
上海Shanghai	2.98%	3.06%	39	56	39	70
天津Tianjin	2.61%	2.69%	34	49	34	62
吉林Jilin	2.33%	2.21%	31	40	31	51
広西Guangxi	2.52%	2.59%	33	47	33	60
新疆Xinjiang	2.40%	2.40%	32	44	32	55
陝西Shaanxi	2.16%	2.07%	29	38	29	48
安徽Anhui	2.05%	1.86%	27	34	27	43
福建Fujian	2.28%	2.36%	30	43	30	54
内蒙古Inner Mongolia	1.86%	1.74%	25	32	25	40
江西Jiangxi	1.73%	1.68%	23	31	23	39
甘肅Gansu	1.33%	1.19%	18	22	18	27
貴州Guizhou	1.29%	1.20%	17	22	17	28
海南Hainan	1.10%	1.23%	15	22	15	28
青海Qinghai	0.48%	0.42%	6	8	6	10
寧夏Ningxia	0.46%	0.43%	6	8	6	10
チベットTibet	0.22%	0.17%	3	3	3	4
中国合計Total	100%	100%	1,321	1,816	1,321	2,299

Fig 4. 省別GDPと自動車保有台数の相関/中国 (1990~1994)

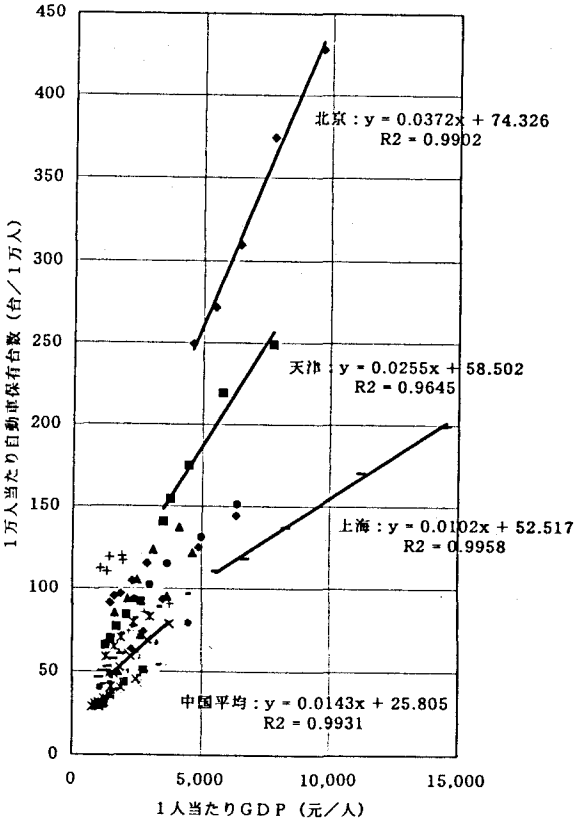


Table5-2. 省別の自動車によるNOx排出量の推計/中国

地区Region	面積 (千km ²)	単位面積当たりNOx排出量 (kg/km ²)			
		Case1		Case2	
		2000年	2010年	2000年	2010年
広東Guangdong	212	757	1,133	757	1,434
山東Shandong	153	648	907	648	1,149
河北Hebei	188	496	697	496	882
遼寧Liaoning	146	577	783	577	992
四川Sichuan	567	122	165	122	209
北京Beijing	17	4,103	5,737	4,103	7,263
江蘇Jiangsu	103	634	866	634	1,097
河南Henan	167	332	422	332	534
黒龍江Heilongjiang	473	91	113	91	143
山西Shanxi	156	290	376	290	476
湖南Hunan	210	209	287	209	363
湖北Hubei	188	213	279	213	353
浙江Zhejiang	102	424	603	424	763
雲南Yunnan	392	109	155	109	196
上海Shanghai	6	6,349	8,963	6,349	11,347
天津Tianjin	11	3,051	4,323	3,051	5,473
吉林Jilin	188	164	213	164	270
広西Guangxi	231	144	204	144	258
新疆Xinjiang	1,635	19	27	19	34
陝西Shaanxi	205	139	183	139	232
安徽Anhui	140	194	242	194	307
福建Fujian	122	247	352	247	446
内蒙古Inner Mongolia	1,089	23	29	23	37
江西Jiangxi	167	137	183	137	232
甘肅Gansu	455	39	47	39	60
貴州Guizhou	176	97	124	97	157
海南Hainan	34	429	659	429	834
青海Qinghai	780	8	10	8	12
寧夏Ningxia	66	92	118	92	150
チベットTibet	1,228	2	3	2	3
中国合計Total	9,605	138	189	138	239

3. 3 NO_x総排出量の推計結果

Table 4に「NO_x総排出量の推計結果」を示す。今もっているデータで見積りをして見ると、GDPと自動車保有台数の相関を基に推計したCase 1及び中国政府の予測を基に推計したCase 2を比較すると、2000年の値(1.3百万トン)は同じだが、自動車保有台数の推計値の違いから、2010年の推計値(1.8百万トン/2.3百万トン)で3割程度の差が生じた。

Fig. 4「GDPと自動車保有台数の相関」に見られる様に、GDPと自動車保有台数の関係は省別に非常に異なっており、北京、天津、上海の様な大都市で際立って保有台数が多いことが分かることから、NO_x排出量も省別に見なければならない。従って、各省別の自動車保有台数の伸び率を基に、NO_x排出量の推計を行うと、Table 5「省別のNO_x総排出量の推計結果」に見られる様に、NO_x総排出量では総自動車保有台数の多い広東、山東、河北などの省が主な排出源となっていることが分かった。更に、単位面積当たりのNO_x排出量でみると、上海、北京、天津などの大都市の排出量が特に多いことが分かった。

4 まとめ及び考察

4. 1 中国の環境破壊

中国、韓国など東アジア諸国では、地球環境負荷の大きな石炭への依存が増加しており、アジア地域全体のエネルギー源別NO_x発生量は、シェアで見ると石炭によるものが60～70%を占めている。中国のエネルギー供給の中で、石炭は全供給量の4分の3という圧倒的なシェアを占めており、当面中国の主要なエネルギー源であることに変わりはない。

中国の現在のNO_x排出量を部門別に見ると、産業部門が44%、発電部門が29%、輸送部門が9%。石炭中の硫黄分が燃焼することにより発生するSO_xが、現在の中国の酸性雨発生の主因ではあるが、自動車保有台数増大に伴うNO_x排出量の増加で、NO_x排出がより深刻な問題に発展する可能性がある。

将来(2000/2010年)における中国の自動車を発生源とするNO_x発生量の推計を行った結果、単位面積あたりのNO_x排出量は、特に上海、北京、天津などの大都市・工業地域で多くなっている。

4. 2 中国の自動車産業

中国の自動車産業は、その歴史的経緯からトラックの生産を中心に行ってきた。乗用車の生産は外資合弁企業に大きく依存している。

しかし1987年に、政府が自動車工業の戦略的重点をトラック中心から乗用車中心に転換したことで、今後は乗用車の需要増加が予想される。1993年の乗用車生産台数は、自動車総生産台数の18%を占めるまでになった。政府は1994年7月に新たな国内自動車産業の保護・育成策を発表した。

12億人の人口をかかえた発展途上の中国がどのような自動車政策をとるかは、東アジアの環境問題にとって、かつ中国経済の発展にとって重要な課題であるといえよう。

4. 3 今後の課題

地球規模の環境対策を検討する上で、今回の中国国内の調査研究で試みたように、省・地域別の詳細な積み上げによる検討が必要である。特に開発途上国については、エネルギーデータの整備が必要である。

将来的には、推計したNO_x発生量をもとに酸性雨のモデル計算を試み、長距離輸送を考慮して日本など近隣諸国への影響を評価することを目的にしている。

参考文献

- ・科学技術庁 科学技術政策研究所 NISTEP REPORT No.21 (1991/11)
「アジア地域のエネルギー消費構造と地球環境影響物質排出量の動態分析」
- ・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」 (1992/4)
- ・科学技術庁 科学技術政策研究所 NISTEP REPORT No.27 (1993/5)
「アジア地域のエネルギー利用と地球環境影響物質排出量の将来予測」
- ・OECD/IEA 「2010年世界のエネルギー展望」 (1993/11)
- ・OECD/IEA 「Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries」 [1992～1993年版]
- ・三菱総合研究所編 「中国情報ハンドブック」 [1995年版]
- ・中国国家統計局 「中国統計年鑑」 [1995年版]
- ・中国国家統計局 「中国能源統計」 [1991年版]