

B-051 アジアにおけるオゾン・ブラックカーボンの空間的・時間的変動と気候影響に関する研究

(3) アジアにおける大気汚染物質放出量の推定と将来予測

独立行政法人海洋研究開発機構

地球環境フロンティア研究センター 大原利眞* (兼任)

山地一代

顔 暁元**

(* 独立行政法人国立環境研究所 アジア自然共生研究グループ)

(** 現在、中国科学院土壤研究所 (中国・南京))

<研究協力者>

独立行政法人国立環境研究所 アジア自然共生研究グループ 黒川純一

九州大学 経済学部

堀井伸浩

平成17～19年度合計予算額 8,569千円

(うち、平成19年度予算額 2,594千円)

※ 上記の合計予算額には、間接経費1,978千円を含む

[要旨] アジア地域におけるオゾン・エアロゾル前駆体物質 (窒素酸化物(NO_x)、非メタン揮発性有機化合物(NMVOC)、二酸化硫黄(SO_2)、一酸化炭素(CO))と炭素粒子(ブラックカーボン(BC)、オーガニックカーボン(OC))の排出量を1980～2020年について算定し、アジア地域排出インベントリ REAS 1.1 (Regional Emission inventory in Asia Version 1.1) を開発した。REAS 1.1は、アジア地域の過去から将来における人為起源の大気汚染排出量を対象に開発された最初のインベントリであり、統一的な方法論に基づいて排出量を推計していること、主要な人為発生源と大気汚染物質をほぼカバーしていること、などの特徴がある。代表的なオゾン・エアロゾル前駆体物質である窒素酸化物(NO_x)は、2000年におけるアジア全体の排出量が年間2,730万トンであり、中国(41%)とインド(17%)の排出量が非常に多い。最大の排出国である中国では、石炭火力発電所(34%)、工場等の石炭燃焼(25%)、自動車等の石油燃焼(25%)が大きな割合を占める。また、 NO_x 排出量は1980年から2003年の間に2.8倍に増加し、中でも中国における増加は3.8倍と非常に大きい。さらに、将来の排出シナリオ(中国については持続可能性追求型(REF)、対策強化型(PSC)、現状推移型(PFC)の3種類、その他の国については1種類)を設定し、2020年までの将来排出量を予測した。その結果によると、2020年における中国の NO_x 排出量は、REFとPFCでは、2000年に較べて、それぞれ、1.4倍、2.3倍に増加する。一方、PSCでは、2000年レベルに比べ、わずかではあるが減少する。しかし、2000年以降の排出量や燃料消費量の増加傾向や衛星観測結果などから判断すると、現在の NO_x 排出量は既にPFCシナリオの2020年予測値付近まで達している可能性がある。さらに、旧ソ連(アジア域)の1980～2005年における NO_x 、 SO_2 、 CO 、 BC 、 OC の燃料燃

焼起源排出量を推計し、ユーラシア大陸東部をカバーする排出インベントリを構築した。

[キーワード] 排出インベントリ、アジア、排出トレンド、将来予測

1. はじめに

アジア地域では、様々な人間活動に伴って、大量の大気汚染物質や温室効果ガスが大気中に放出され、大気環境に大きな影響を及ぼしている。これらの大気汚染物質による放射強制力を評価・予測するためには、大気中への排出量をできるだけ正確に把握し、排出インベントリを作成する必要がある。

アジア地域におけるオゾン・エアロゾル前駆体物質と炭素粒子などの粒子状物質に関する最近の排出量推定は、TRACE-Pプロジェクトの一環としてアルゴンヌ国立研究所のDavid Streetsらによってなされている他、EDGAR等の全球規模の排出インベントリの一部としてなされている。また我が国でも地球環境フロンティア研究センターにおいて1995, 2000年ベースの排出インベントリの作成を進めており、その一部はwebページにREAS (Regional Emission Inventory in Asia) 1.0として公表した。しかし、これら公表データのレビューを行った結果、EDGARではアジアのSO₂放出量が大幅に過大評価されているなど、幾つかの問題点が指摘されている (Akimoto and Ohara, 2004)。また、アジア地域における大気環境の変化を科学的に理解するためには、排出量の過去の変化を把握し、将来動向を予測することが重要な課題である。

2. 研究目的

本研究は、アジア域における1980年から将来2020年までのオゾン・エアロゾル前駆体物質と炭素粒子の排出インベントリを構築することを目的とし、これをGCMベースの全球化学気候モデルCHASERへ提供して、より精度の高いオゾンとエアロゾルの放射強制力の推定を可能にすることを目指すものである。具体的な目標は以下のとおりである。

- ・ 基準年1995、2000年における排出量推計を改良し、REAS 1.0を更新する。更に、1980～2003年の排出量を推計する。
- ・ アジアにおける将来排出シナリオを設定し、2020年までの将来排出量を予測する。
- ・ 上記の結果をもとに、1980～2020年のオゾン・エアロゾル前駆体物質と炭素粒子の排出インベントリREAS 1.1を構築する。
- ・ 旧ソ連（アジア地域）におけるオゾン・エアロゾル前駆体物質と炭素粒子の排出量を推計する。

3. 研究方法

- ・ 中国における大気汚染物質排出関連データを入手し、基準年の1995、2000年において、より精度の高い排出量推計を行う。
- ・ 基準年の推計結果と過去の燃料消費量などの統計データをもとにして、1980～2003年の24年間におけるアジア地域の排出量を推計する。
- ・ 2010年と2020年の排出量の将来推計を行う。この将来予測においては、特に中国の経済発展に伴う排出量の増加についてより現実的な見積もりを行うため、九州大学の研究者と協同研究を行う。
- ・ 旧ソ連のロシアアジア部及び中央アジア諸国における排出量を推計し、東ユーラシア領域をカ

バーする排出インベントリを作成する。

4. 結果・考察

(1) 1980～2003年の排出量推計

1) 推計方法

アジア域における1995年～2003年を対象とした人為起源の二酸化硫黄(SO₂)、窒素酸化物(NO_x)、一酸化炭素(CO)、黒色炭素粒子(BC)、有機炭素粒子(OC)、非メタン揮発性有機化合物(NMVOC)の排出量を推計した。表1は対象とした物質と発生源種類を示す。また、図1は、排出量の推計フローを示す。中国、インド、日本、韓国、パキスタンについては地域別(各国の地域数はそれぞれ、30、20、6、4、5地域)に、その他については国単位で推計した。

燃料燃焼排出量は、国・領域別のエネルギー使用量と排出係数から推計した。エネルギー使用量はIEA(International Energy Agency)のエネルギーバランス表(IEA, 2004)をベースとし、IEA非対象国についてはRAINS-ASIAもしくは国連エネルギー統計年鑑から採用した。但し、1996年以降の中国におけるIEAの石炭消費量は実際よりも過小と考えられるため、中国能源統計年鑑の省別値を使用した(図2; Akimoto et al., 2006)。また、バイオ燃料は、中国に対しては清華大学資料、Yan et al. (2006)、RAINS-ASIA、FAO(United Nations Food and Agriculture Organization)及びIEAの統計データ、その他の国に対しては、RAINS-ASIA、Streets et al. (1998)、FAO及びIEAの統計データをもとに設定した。イオウ分については清華大学資料、Kato and Akimoto(1992)、RAINS-ASIA等をもとに、排出係数についてはEMEP/CORINAIR(EEA, 2000)、AP-42(U.S. EPA, 1999)、IPCCガイドライン(IPCC, 1997)等をもとに設定した。また、自動車排出量については、燃料使用量をもとに燃費と燃料消費量あたりの排出係数を設定して推計した。

工業プロセスからの排出としては、非鉄金属精錬と硫酸製造におけるSO₂排出、粗鋼・鉄鋼生産におけるCO排出を考慮し、これらの活動量データには各種の国際統計を使用した。また、航空機と国際船舶の排出量は、EGDAR(Olivier et al., 1996)による1990年と1995年のグリッド排出量(但し、BCとOCは、CO₂排出量とBC・OC排出係数より推計)を、これらの毎年の燃料使用量によってスケーリングした。

最後に、国・地域別排出量をグリッド別人口や道路網密度等を使って経緯度0.5度グリッドに分解した。なお、大規模火力発電所は、中国については清華大学資料、その他についてはRAINS-ASIAをもとに個別に推計した。

表1 排出インベントリREASで対象とした物質と発生源種類

				NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	BC	OC	CH ₄	NMVOC	
Anthropogenic	Combustion	industry	fossil fuel + biofuel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		power												
		transport												
		domestic												
	Non-combustion	Industrial processes		●	●	●								●
		Oil, solvent etc												●
	Agriculture	Agricultural soil		●				●	●				●	
Livestock							●	●				●		
Natural soils				●				●	●					

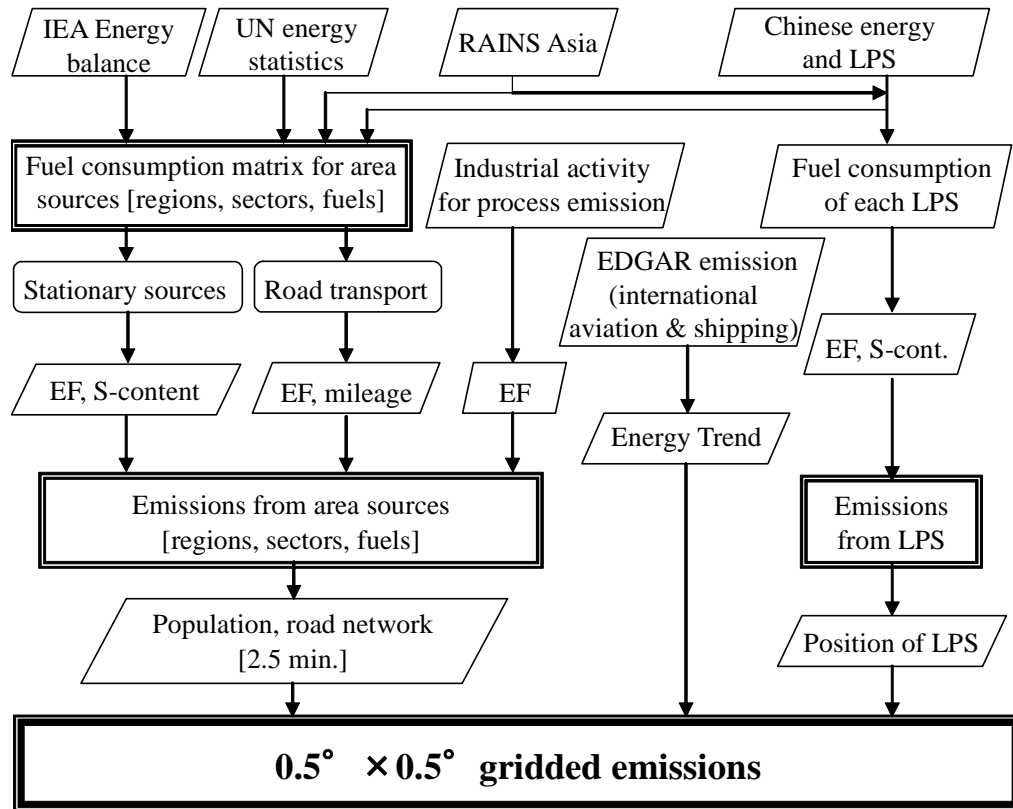


図1 排出量の推計フロー

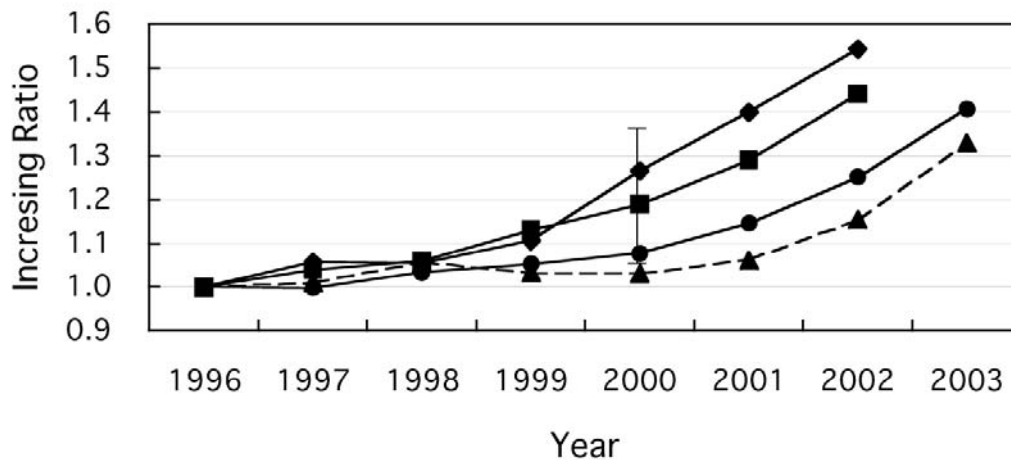


図2 中国北部平野地域におけるNO_x排出量と対流圏観測衛星GOMEで観測されたN₂O₂対流圏カラム濃度のトレンドの比較。GOME観測結果 (Irie et al. (2005) (◆)、Richter et al. (2005) (■))；NO_x排出量 (エネルギー消費量として中国能源統計年鑑の省別データを使った結果 (●)；IEA統計データを使った結果 (▲))。鉛直バーは、2000年にGOME(■)の不確かさを示す (Richter et al., 2005)。

2) 2000年の排出量

2000年のアジア全域におけるSO₂、NO_x、BC、OC、CO排出量の推計結果を表2に示す。

① SO₂

アジア全体の年間SO₂排出量は42.8 Mtで、中国 (27.6 Mt; 65%) とインド (6.1 Mt; 14%) の排出量が多い。部門別燃料別に見ると、発電部門と産業部門における石炭燃焼の割合が大きく、それぞれ、全体の35%、28%を占める。これに、民生部門(6%)を加えると、全排出量の70%が石炭燃焼による。最大の排出国である中国では、全排出量の84%が石炭燃焼による。一方、インドでは、石炭火力発電の割合が非常に大きく、全体の約半分 (47%) を占めるが、石炭燃焼合計では58%程度であり、アジア全体(70%)や中国 (84%) に比べると小さい。それに代わって、石油の寄与が29%と大きい。

② NO_x

アジア全体の年間NO_x排出量は27.3 Mtで、SO₂と同様に中国 (11.2 Mt; 41%) とインド (4.7 Mt; 17%) の排出量が多いが、日本 (7%)、韓国(6%)、インドネシア (6%)などの排出も比較的多い。部門別燃料別では、輸送部門の石油燃焼、発電部門と産業部門の石炭燃焼の割合が大きく、それぞれ、全体の34%、22%、14%を占める。全体の燃料別シェアは、SO₂と異なり、石油 (41%) が石炭 (37%) よりやや大きい。最大の排出国である中国では、石炭火力発電、産業部門の石炭燃焼、輸送部門の石油燃焼の割合が大きく、それぞれ、全体の34%、25%、25%を占める。インドでは、石炭火力発電と輸送部門の石油燃焼の割合が非常に大きく、それぞれ、全体の33%を占める。また、民生部門におけるバイオ燃料の消費量が多いため、その排出割合 (13%) は中国 (4%) に比べると多い。

③ BC

アジア全体の年間BC排出量は2.73 Mtで、SO₂と同様に中国（1.09 Mt；40％）とインド（0.80 Mt；29％）の排出量が圧倒的に多い。部門別燃料別では、民生部門のバイオ燃料と石炭の割合が大きく、全体の80％（バイオ燃料60％、石炭20％）を占める。最大の排出国である中国では、民生部門のバイオ燃料と石炭の割合が大きく、全体の85％（バイオ燃料、石炭ともに43％）を占め、アジア全体に比べると、石炭の割合が大きい。約30％のシェアを持つインドでは、民生部門のバイオ燃料だけで77％を占め、アジア全体（60％）や中国（43％）よりも割合が多い。

④ OC

アジア全体の年間OC排出量は8.88 Mtで、SO₂、NO_x、BCとは異なり、インド（3.27 Mt；37％）が最も多く、次に多いのが中国（2.56 Mt；29％）である。部門別燃料別では、民生部門のバイオ燃料の割合が大きく（90％）、石炭とあわせると、民生部門の割合は95％に達する。中国では、民生部門のバイオ燃料（82％）と石炭（15％）が総排出量の大部分を占め、アジア全体に比べると、石炭の割合が大きい。最大の排出国であるインドでは、民生部門のバイオ燃料だけで全体の94％を占める。

⑤ CO

アジア全体の年間CO排出量は328 Mtで、SO₂、NO_x、BCと同様に、中国（152 Mt；46％）が最も多く、次に多いのがインド（85 Mt；26％）である。部門別燃料別では、民生部門のバイオ燃料（45％）、産業部門の石炭（18％）、輸送部門の石油（13％）、民生部門の石炭（8％）などの割合が大きい。このように、CO排出量は、SO₂、NO_x、BC、OCとは異なり、特定の部門と燃料に集中してないところに特徴がある。中国では、産業部門の石炭（31％）、民生部門のバイオ燃料（27％）、民生部門の石炭（15％）、輸送部門の石油（12％）などの割合が大きく、アジア全体に比べると、石炭の割合が大きい。インドでは、民生部門のバイオ燃料（66％）の割合が大きく、産業部門のバイオ燃料、輸送部門の石油、発電部門の石炭が8％づつを占める。

表2 中国、インド、アジア全域における2000年の排出量推計結果

	Power Plant			Industry ^b				Transport			Domestic			Aviation ^c	Ship ^d	Total
	Coal	Oil	Others	Coal	Oil	Others	Process	Oil	Others	Coal	Biofuel	Others				
China																
SO ₂	10,569	357	34	10,464	719	432	1,794	219	168	2,323	272	206			27,555	
NO _x	3,788	169	74	2,839	357	156		2,773	57	290	439	245			11,186	
BC	13	5	0	85	14	0		37	1	465	465	8			1,093	
OC	3	4	0	17	10	0		32	0	377	2,111	9			2,563	
CO	10,859	36	442	47,633	242	47	9,442	19,003	34	23,507	40,391	486			152,122	
India																
SO ₂	2,865	216	3	490	1,339	63	241	199	0	165	348	212			6,140	
NO _x	1,543	185	81	249	228	161	0	1,564	0	45	618	56			4,730	
BC	8	2	0	7	8	11	0	78	0	62	616	2			795	
OC	2	2	0	1	6	56	0	62	0	50	3,083	6			3,268	
CO	6,438	71	262	4,088	160	6,978	1,461	7,093	0	2,817	56,058	22			85,447	
All Asia																
SO ₂	14,598	1,713	101	12,102	3,750	803	2,631	1,150	168	2,536	948	747	6	1,525	42,778	
NO _x	6,012	842	717	3,695	1,217	690		9,169	57	361	1,588	763	199	2,005	27,316	
BC	22	29	2	99	48	18		258	1	549	1,649	24	3	26	2,728	
OC	6	22	2	21	35	87		191	0	445	8,025	39	1	10	8,883	
CO	18,431	229	1,414	57,478	713	18,747	13,680	42,176	34	27,441	145,879	1,213	92	21	327,548	

^a data are in kt year⁻¹

^b including emission from industry processes sectors

^c fossil fuel use for international aviation

^d fossil fuel use for international shipping

3) 排出量の経年変化

表3は、1980～2003年のアジア全域と中国における排出量推計結果を示す。また、図3は地域別もしくは部門別のNMVOC排出量の1980～2003年における経年変化図を、図4は他の物質に関する同様の図を、さらに図5は1980年と2000年の地域分布図をそれぞれ示す。

アジア域における排出量は、1980～2003年の24年間で1.3倍(BC、OC)～2.8倍(NO_x)に増加している。中国におけるNO_x排出量の増加率は特に大きく、24年間の増加率は3.8倍に達する。しかし、中国のEC、OC、COは1996～2000年に減少している。この原因は、ECとOCについては民生部門において、COについては産業・民生部門において、バイオ燃料と石炭の消費量が減少したためである。しかし、2000年以降はどの物質の排出量も増加している。

① SO₂

アジア全体のSO₂排出量は1980年から1996年まで増加し、その後、アジア経済危機によるエネルギー消費減少のために1999年まで減少したが、2000年以降は再び急増している。1980年から2003年の間で見ると2.2倍に増加し、特に、最大の排出国である中国の増加は2.5倍と大きい。しかし、同期間の増加率は、中国よりもインド(3.2倍)の方が高い。発電、産業、民生の各部門のシェアは、1980年には(28、46、21) %、2003年には(46、42、9) %であり、構成比で見ると、発電は増加、産業では横ばい、民生では減少している。また、地域分布の20年間の変化を見ると、中国とインドにおける増加は明瞭であるが、全域的にはNO_xに比べると増加傾向が小さい。

② NO_x

アジア全体のNO_x排出量は1980年から2003年まで一様に増加し、24年間で2.8倍になっている。この間、1996～1999年には増加率が低いのに対し、2000年以降の増加は著しい。特に、最大の排出国である中国の増加は3.8倍(平均年率6%)と非常に大きく、特に、2000年以降の増加は、過去にない増加を示す(3年間で1.3倍)。なお、1996年以降の変化は衛星観測データによって検証されている(Akimoto et al., 2006)。部門(発電、産業、輸送、民生)別のシェアは、1980年には(17、29、37、17) %、2003年には(33、22、35、10) %であり、発電における増加が非常に大きい。地域分布に着目すると、排出量は20年間で全域で急増しているが、とりわけ、中国の沿岸域やインドの都市域(ヒンドスタン平原や西部沿岸域)における増加が顕著である。それに対して、日本や朝鮮半島における変化は小さい。

③ BC

アジア全体のBC排出量は1980年から2003年の間で1.28倍に増加した。しかし、その間の変化は複雑で、1980～1991年まで増加、1991～1995年まで横ばい、その後、2000年まで微減した後、2000年以降は微増している。このような変化は中国における結果を反映したものであり、中国では、民生部門における石炭・バイオ燃料の減少分と産業部門の石炭とディーゼル車における増加分の

バランス関係によって変化傾向が変わる。なお、部門(発電、産業、輸送、民生)別のシェアは、1980年には(2、5、4、89)%、2003年には(2、7、10、82)%であり、輸送部門で増加、民生部門で減少した。

地域別の24年間の増加率に着目すると、最大の排出国である中国では1.1倍と比較的小さいが、インドを含む南アジアでは1.5倍も増加している。このため、地域分布の変化は中国とインドで著しく異なる。中国におけるBCの主要発生源は民生部門の石炭とバイオ燃料である(表2)。民生の燃料使用量は、1980年(8.4×10^3 PJ)から2000年(10.6×10^3 PJ)に増加したが、(石炭+バイオ燃料)の使用割合は低下した。結果的に、2000年の(石炭+バイオ燃料)の総消費量は(7.9×10^3 PJ; シェア79%)で1980年(7.8×10^3 PJ; シェア93%)とほぼ同じであった。このような石炭とバイオ燃料の使用量の変化が、中国におけるBCの変化を特徴づけている。一方、インドにおけるBCの主要発生源は民生のバイオ燃料である(表2)。インドの民生用バイオ燃料使用量は、1980年には 5.9×10^3 PJ(シェア91%)であったが、2000年には 7.9×10^3 PJ(シェア86%)と増加した。このように、インドでは民生用燃料に占めるバイオ燃料の割合は減少したが、その消費量は増加したため、BC排出量が増加し続けた。

④ OC

アジア全体のOC排出量は、BCの変化傾向と類似しており、1980~1995年まで増加し、その後、2000年まで微減し、2000年以降は微増する(1980年から2003年の間に1.3倍増加)。OCの主要発生源である民生部門のバイオ燃料の消費量(表2)は、中国では1995年まで増加し、その後、微減もしくは横ばいで推移するのに対し、インドでは単調に増加する。このため、1995年以前における両国のOC排出量はほぼ同じであるが、1996年以降はインドの排出量が中国の排出量より多い。また、OCの地域分布の変化傾向はBCと同様であるが、その変化がより顕著である。

排出量のOC/BC比は、民生部門におけるバイオ燃料の使用割合に応じて国・地域別によって変化する。例えば、1980~2003年の平均OC/BC比は、中国の約2.3(1980年には2.29、2000年には2.34)に対して、インドではバイオ燃料比率が高いため、約4.2(1980年が4.29、2000年が4.11)である。更に、中国国内でも民生部門のバイオ燃料使用率は地域によって異なり、北部は南部に較べて石炭使用が多いためにバイオ燃料の使用率が低い。このため、OC/EC比は北部で低く、南部で高くなる。このようなOC/BC比の地域変化や経年変化は、エアロゾルの大気放射影響にとって重要である。

⑤ CO

アジア全体のCO排出量は、OCと同様な経年変化傾向を示すが、1980年から2003年の増加率はOCよりも高い(1.66倍)。この変化は、中国排出量の変化を反映した結果であり、もう一つの大きな排出国であるインドの排出量は単調増加した。最大の排出国である中国では、COが24年間に1.75倍も増加したが、1995~2000年の期間には減少した。この原因は、民生部門の石炭とバイオ燃料の消費量が減少したためである。部門(発電、産業、輸送、民生)別のシェアは、1980年には(2、22、7、69)%、2003年には(6、30、13、50)%であり、発電、産業、輸送の各部門では増加し、民生部門では減少した。なお、COの地域分布の変化傾向は、SO₂と良く似ている。

f NMVOC

NMVOCの2000年におけるアジア全域の排出量は4,024万トンで、発生源種類別には工場・火力発電所などの燃焼施設(38%)と自動車などの輸送機関(33%)が大きな割合を占める。また、1980年から2003年の間にNMVOC排出量はアジアでは2.1倍、東アジアでは2.4倍、中国では2.5倍に増加した。

4) おわりに

アジア地域における1980～2003年の燃料消費量と大気中への物質の排出量を推計した。アジア地域の燃料消費量は増加し続け、それに伴って、大気中への排出量も大幅に増加していることを定量的に明らかにした。このような排出物質の増大は、アジア地域の大气環境に大きな影響を及ぼしていると考えられ、モデルや観測による影響解明研究を進める必要がある。これらの研究において、REASが活用されることを期待するものである。一方、排出量推計には大きな不確かさ(uncertainty)を伴うため、対流圏衛星等の観測データに基づくインバース推計(トップダウン・アプローチ)と各国の排出実態を把握する調査研究(ボトムアップ・アプローチ)を組み合わせ、不確かさを低減する努力をしていく必要がある。

表3 1980～2003年のアジアと中国における排出量推計結果

	1980	1985	1990	1995	2000	2003	
Asia ^b	SO ₂	23,338	27,681 (1.19)	33,040 (1.42)	40,377 (1.73)	41,488 (1.78)	51,020 (2.19)
	NO _x	10,676	12,243 (1.15)	16,316 (1.53)	21,936 (2.05)	25,112 (2.35)	29,486 (2.76)
	BC	2,194	2,563 (1.17)	2,850 (1.30)	2,944 (1.34)	2,699 (1.23)	2,802 (1.28)
	OC	7,083	7,895 (1.11)	8,644 (1.22)	9,109 (1.29)	8,872 (1.25)	9,205 (1.30)
	CO	207,388	239,353 (1.15)	276,734 (1.33)	308,093 (1.49)	305,420 (1.47)	339,399 (1.64)
	NMVO _C	21,850	25,144 (1.15)	30,335 (1.39)	36,671 (1.68)	40,238 (1.84)	45,470 (2.08)
China	SO ₂	14,944	18,524 (1.24)	21,564 (1.44)	27,141 (1.82)	27,555 (1.84)	36,627 (2.45)
	NO _x	3,774	4,603 (1.22)	6,550 (1.74)	9,305 (2.47)	11,186 (2.96)	14,488 (3.84)
	BC	1,034	1,283 (1.24)	1,425 (1.38)	1,394 (1.35)	1,093 (1.06)	1,137 (1.10)
	OC	2,370	2,730 (1.15)	3,020 (1.27)	3,189 (1.35)	2,563 (1.08)	2,624 (1.11)
	CO	90,311	108,228 (1.20)	128,354 (1.42)	149,386 (1.65)	137,011 (1.52)	158,267 (1.75)
	NMVO _C	6,826	8,185 (1.20)	9,701 (1.42)	12,212 (1.79)	14,730 (2.16)	17,183 (2.52)

^a Data are kt y⁻¹. Numbers in parentheses are ratios to the 1980 values.

^b Excluding emissions from international aviation and international shipping.

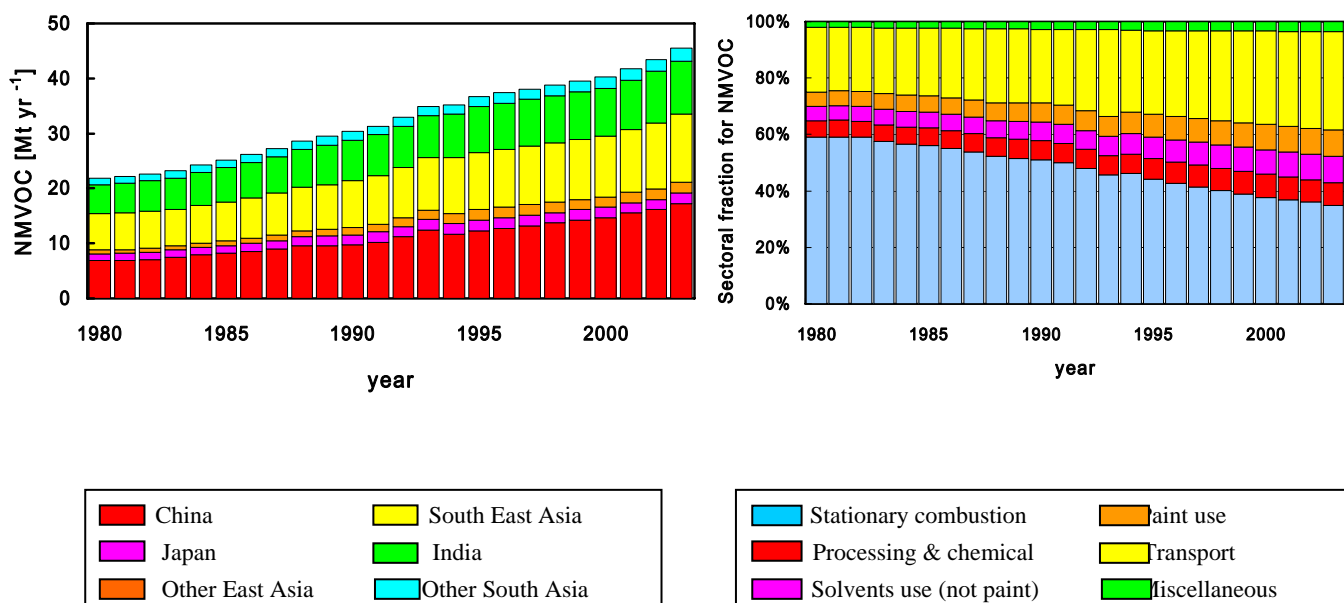


図3 NMVOCの1980～2003年の地域別排出量（左図）と部門別構成比（右図）の経年変化

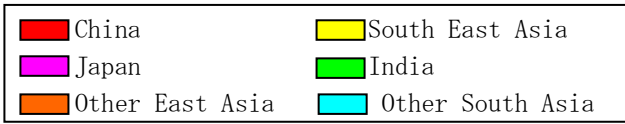
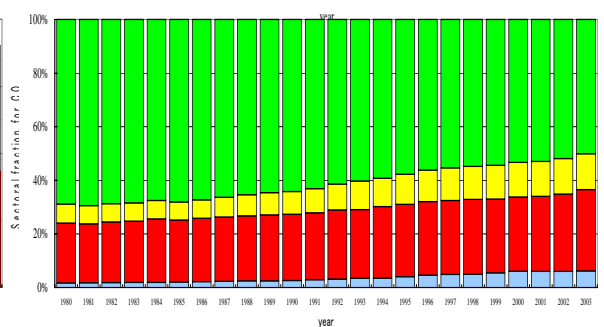
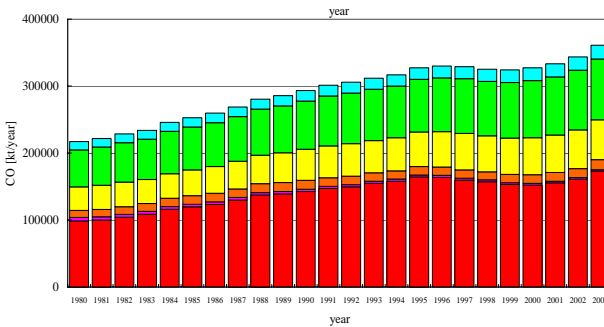
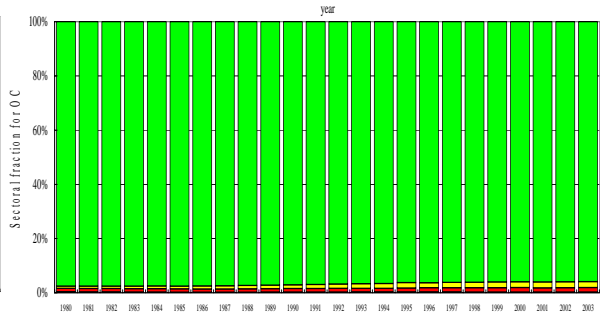
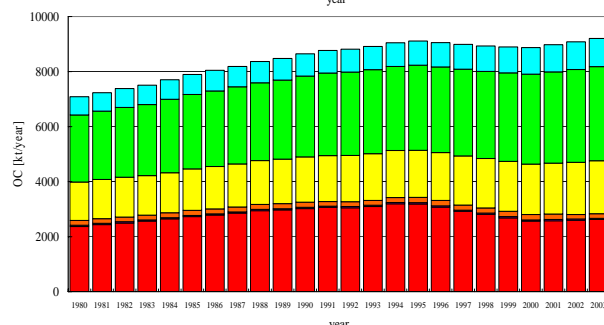
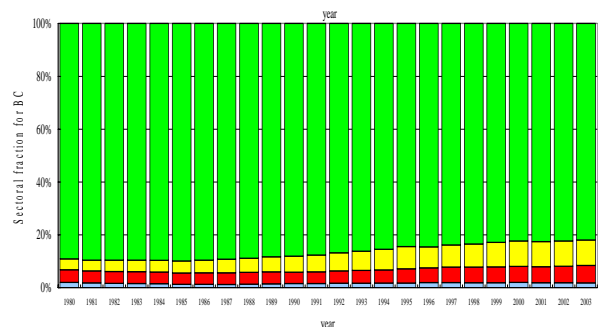
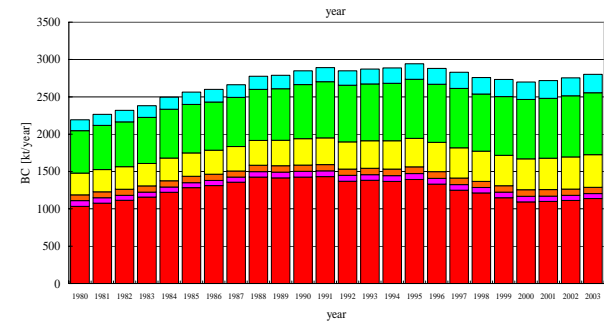
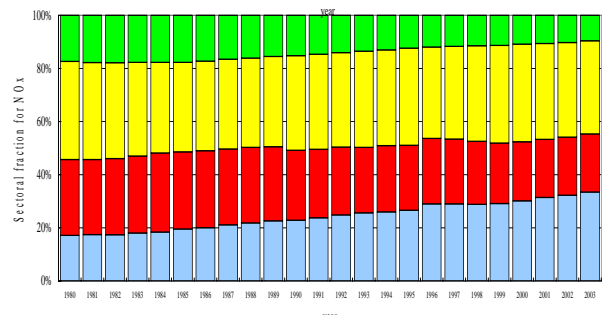
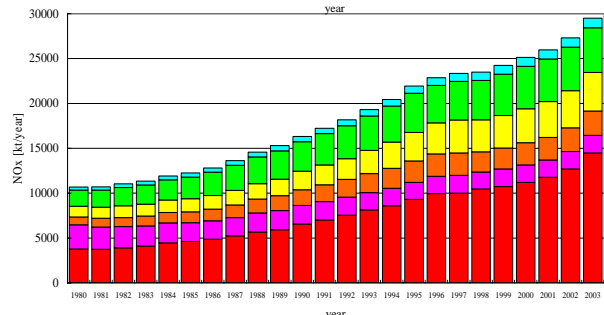
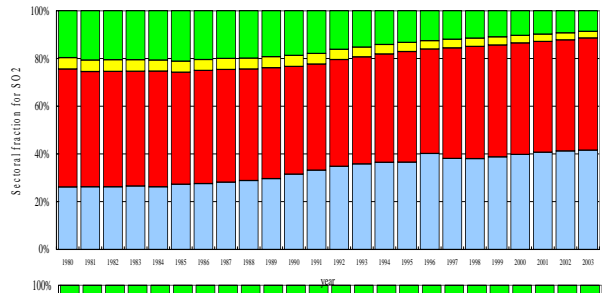
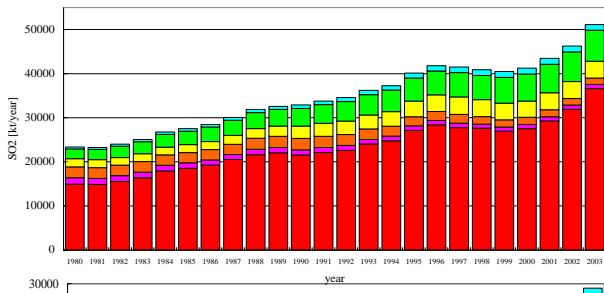


図4 1980～2003年の地域別排出量（左図）と部門別構成比（右図）の経年変化

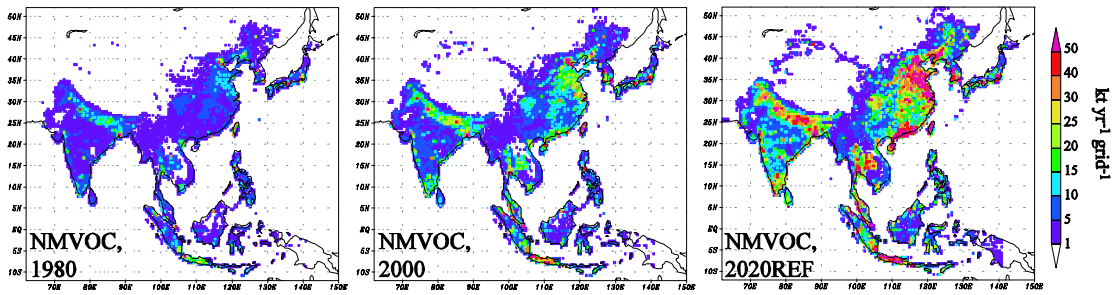
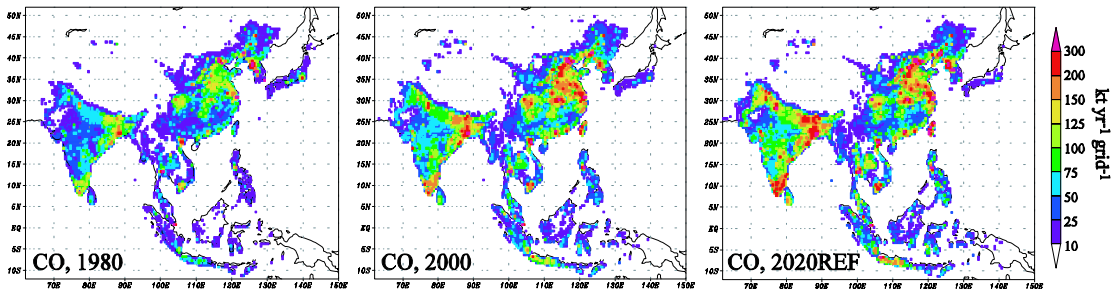
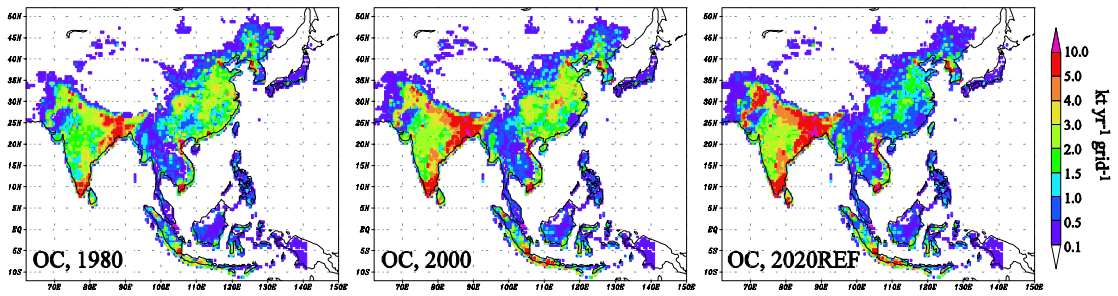
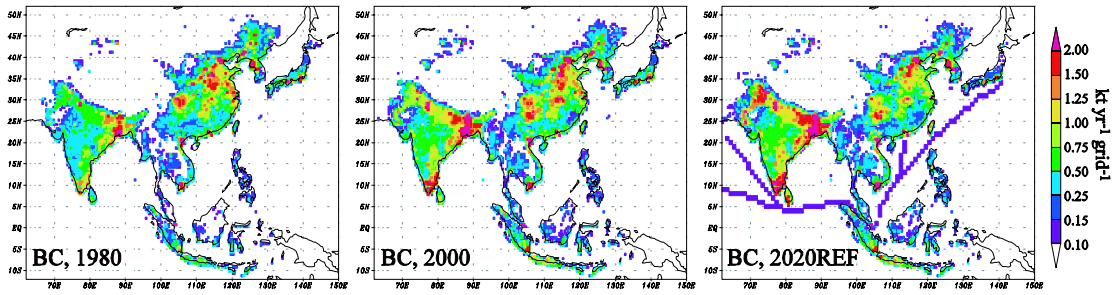
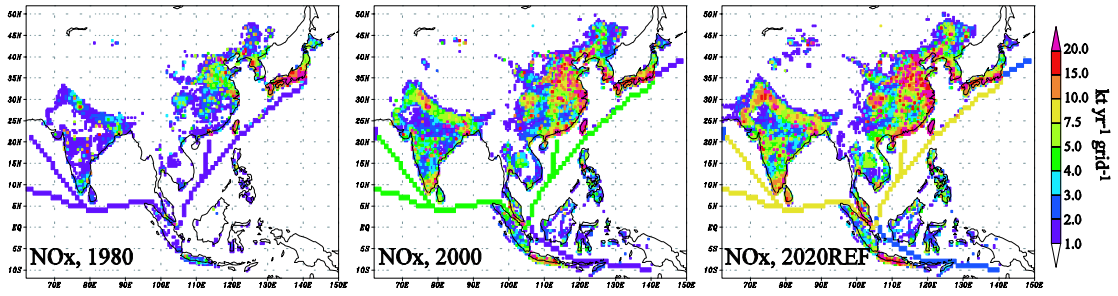
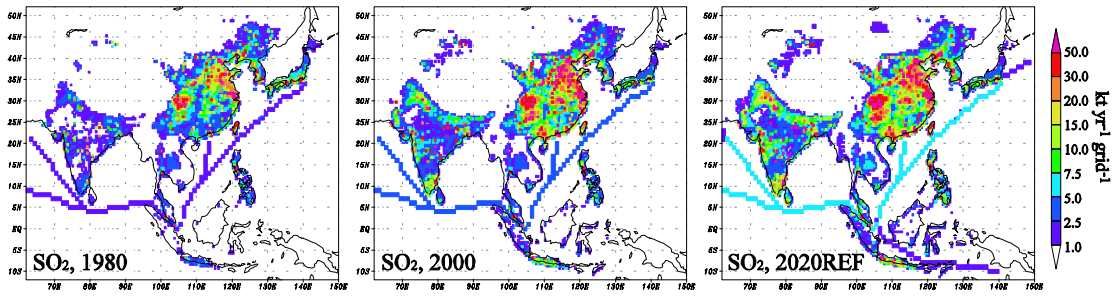


図5 1980年、2000年、2020年（REFシナリオ）の排出量分布（経緯度0.5度メッシュ）

(2) 将来排出量の予測

1) 予測方法

2000年を基準年とした上で、将来排出シナリオを設定し、2010年と2020年におけるアジア域の排出量を予測した。中国の将来エネルギー消費量は、中国エネルギー研究所とNational Lawrence Berkley Laboratoryが、3種類の排出シナリオに基づいて、エネルギー需要予測モデルLEAP2000 (Long-range Energy Alternatives Planning system 2000) を使って算出した結果を使用した。ここで、設定されたシナリオは、持続可能性追求型(エネルギー対策や環境対策を適度に進めたシナリオ。排出量は3種類のシナリオの中位; REF)、対策強化型(エネルギー対策や環境対策を強力に進めることにより、排出量が最も少ないシナリオ; PSC)、現状推移型(燃料消費や環境対策が現状のまま推移し排出量が最も増加するシナリオ; PFC)の3種類である。中国以外については、IEAのアウトルック・シナリオに基づくエネルギー消費予測値を使用した。また、排出係数は、2000年インベントリの設定値に準拠したが、自動車や火力発電所については、将来排出シナリオのコンセプトに基づく排出規制動向を考慮して適宜修正した。一方、農業起源排出量についてはFAOによる食糧生産の将来予測値を、また、その他の発生源については人口やGDPといった社会経済指標を、それぞれ使って、将来排出量を推計した。

2) 結果

排出量推計結果を表4と図6に示す。また、2020年REFシナリオの排出量の地域分布を図5(既出)に示す。

① NO_x

2020年におけるNO_x排出量は、東アジアにおいて22.6 Tg (REF)、17.3 Tg (PSC)、33.1 Tg (PFC)と予測された。中国における2020年のNO_x排出量は、2000年に較べて、+40% (REF)、-3% (PSC)、+131% (PFC)となり、PFCシナリオでは現状の2.3倍にも増加するに対し、PSCシナリオではわずかではあるが減少する。このように、将来の社会経済シナリオの設定によって排出量は大きく変化しうること、逆に言えば、社会経済成長をコントロールすることにより東アジアの大気環境を保全できる可能性があることを示す。2000年と2020年(PFC)の地域分布を比較すると、中国沿岸域においてNO_x排出量が著しく増加すると予測される(図5参照)。

② NMVOC

2020年のNMVOC排出量は、東アジアにおいて、35.6Tg(REF)、29.5Tg(PSC)、39.1Tg(PFC)と予測され、中国では2000年に較べて、+141% (REF)、+100% (PSC)、+165% (PFC)と、いずれのシナリオでも大幅に増加する。本研究では、NMVOCに対する排出規制の将来変化を一切考慮せず、今後の検討課題である。

③ BC

中国のBC排出量は、REFシナリオでは2010年では1.11 Mtで2000年(1.09 Mt)とほぼ同じであるが、その後、家庭での石炭とバイオ燃料の使用が減少し、2020年には0.91 Mt(17%)になると予測される。PSCシナリオでは、中国のBC排出量は急減する(2000年比で2010年には-11%、2020年には-40%)。一方、PFCシナリオでは、石炭消費による増加が家庭のバイオ燃料による減少を上回る

ため、BC排出量は増加する（2000年比で2010年には+19%、2020年には+29%）。

アジア全体のBC排出量も、このような中国の排出量変化に大きく左右される。REFシナリオでの排出量は、2010年では2000年(2.70 Mt)に比べて16%(2.84 Mt)増加するが、2020年には2000年レベルまで減少し、2.73 Mtとなる。中国がPSCシナリオの場合には、アジア全体の2020年排出量は2.48 Mtとなり、2000年よりも8%減少する。一方、中国がPFCシナリオの場合には、2020年には20%増加する。

④ OC

中国の将来OC排出量は、家庭におけるバイオ燃料の使用が減少するため、どのシナリオでも2000年に比べて減少する。各シナリオにおける2020年の排出量は、2000年と比較して、64% (PSC ; 0.92 Mt)、46% (REF; 1.38 Mt)、14% (PFC; 2.21 Mt)、それぞれ減少する。

アジア全体の2020年のOC排出量は、PSC、REF、PFCシナリオ別に、7.99 Mt (PSC)、8.45 Mt (REF)、9.29 Mt (PFC)となり、2000年の排出量(8.87 Mt)と比較すると、各々、-10%、-5%、+5%となる。

⑤ SO₂

REFシナリオにおける中国のSO₂排出量は、2000年(27.6 Mt)に比べ、2010年には9%増加(30.0 Mt)するが、2020年には3%まで減少(26.8 Mt)する。PSCシナリオでは、中国のSO₂排出量は急減する(2010年で-6%、2020年で-28%)が、PFCシナリオでは増加する(2010年で+17%、2020年で+48%)。

アジア全体の排出量は、このような中国の排出量変化に大きく左右される。REFシナリオでの排出量は、2000年(41.2 Mt)に比べて、2010年には16%(47.9 Mt)、2020年には22%(50.2 Mt)まで増加する。中国がPSCシナリオの場合には、アジア全体の2020年排出量は43.3 Mtとなり、2000年よりも5%減少する。一方、中国がPFCシナリオの場合には、2020年には55%増加する。

⑥ CO

REFシナリオにおける中国のCO排出量は、2000年(137 Mt)に比べ、2010年には5%増加(145 Mt)するが、2020年には-4%に減少(131 Mt)する。PSCシナリオでは、中国のCO排出量は減少する(2010年で-4%、2020年で-28%)が、PFCシナリオでは増加する(2010年で+27%、2020年で+55%)。

アジア全体の将来CO排出量は、SO₂のケースと類似している。REFシナリオでの排出量は、2000年(305 Mt)に比べて、2010年には10%(335 Mt)、2020年には12%(343 Mt)まで増加する。中国がPSCシナリオの場合には、アジア全体の2020年排出量は316 Mtとなり、2000年よりも3%増加する。一方、中国がPFCシナリオの場合には、2020年には39%増加する。

3) おわりに

中国のNO_x排出量を、過去の既存推計結果と比べて図7に示す。2020年における中国のNO_x排出量は、REFシナリオとPFCシナリオでは、2000年に較べて、それぞれ、1.4倍、2.3倍に増加する。一方、PSCシナリオでは、2000年レベルに比べ、わずかではあるが減少する。しかし、2000年以降の排出量と燃料消費量の増加傾向、対流圏衛星観測(GOME/SCIAMACHY)などから判断すると、現在のNO_x排出量は既にPFCシナリオの2020年予測値付近まで達している可能性がある。

表4 2010、2020年における排出量の予測結果 (単位：キロトン/年)

Scenario	2000	2010REF	2010PSC	2010PFC	2020REF	2020PSC	2020PFC
SO ₂							
China	27,555	29,972	25,864	32,289	26,804	19,902	40,863
Japan	926	913	-	-	914	-	-
Other East Asia	1,642	2,094	-	-	2,698	-	-
Southeast Asia	3,649	5,170	-	-	7,062	-	-
India	6,140	7,935	-	-	10,192	-	-
Other South Asia	1,336	1,849	-	-	2,546	-	-
All Asia	41,248	47,933	43,825	50,250	50,216	43,313	64,275
NO _x							
China	11,186	13,990	12,253	16,912	15,619	11,049	25,469
Japan	1,959	1,837	-	-	1,837	-	-
Other East Asia	2,473	3,069	-	-	3,651	-	-
Southeast Asia	3,770	4,800	-	-	5,763	-	-
India	4,730	5,900	-	-	7,052	-	-
Other South Asia	992	1,496	-	-	2,201	-	-
All Asia	25,112	31,093	29,355	34,014	36,124	31,553	45,973
BC							
China	1,093	1,107	975	1,306	911	659	1,415
Japan	75	43	-	-	36	-	-
Other East Asia	89	95	-	-	105	-	-
Southeast Asia	413	447	-	-	456	-	-
India	795	862	-	-	886	-	-
Other South Asia	234	287	-	-	339	-	-
All Asia	2,699	2,841	2,709	3,041	2,733	2,481	3,237
OC							
China	2,563	2,187	1,967	2,549	1,378	920	2,214
Japan	44	35	-	-	33	-	-
Other East Asia	197	208	-	-	218	-	-
Southeast Asia	1,833	1,933	-	-	1,897	-	-
India	3,268	3,540	-	-	3,633	-	-
Other South Asia	967	1,152	-	-	1,289	-	-
All Asia	8,872	9,055	8,834	9,416	8,448	7,991	9,285
CO							
China	137,011	144,540	131,417	174,131	131,031	103,630	212,032
Japan	2,661	1,900	-	-	1,846	-	-
Other East Asia	12,708	15,312	-	-	18,829	-	-
Southeast Asia	54,514	61,762	-	-	68,443	-	-
India	79,382	88,708	-	-	95,733	-	-
Other South Asia	19,145	23,065	-	-	27,227	-	-
All Asia	305,420	335,286	322,163	364,878	343,109	315,708	424,110
NMVOC							
China	14,730	22,424	20,757	23,611	35,098	28,971	38,599
Japan	1,880	2,153	-	-	2,462	-	-
Other East Asia	1,859	2,724	-	-	3,789	-	-
Southeast Asia	11,091	14,675	-	-	19,104	-	-
India	8,638	11,485	-	-	15,744	-	-
Other South Asia	2,040	2,835	-	-	3,914	-	-
All Asia	40,238	56,297	54,630	57,483	80,112	73,985	83,613

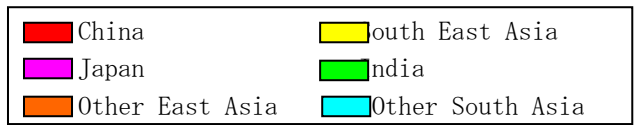
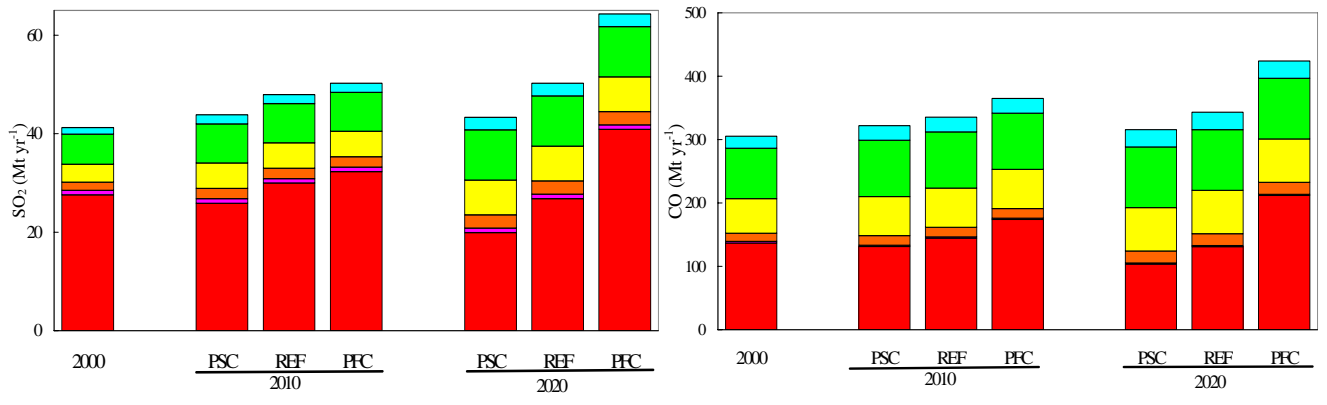
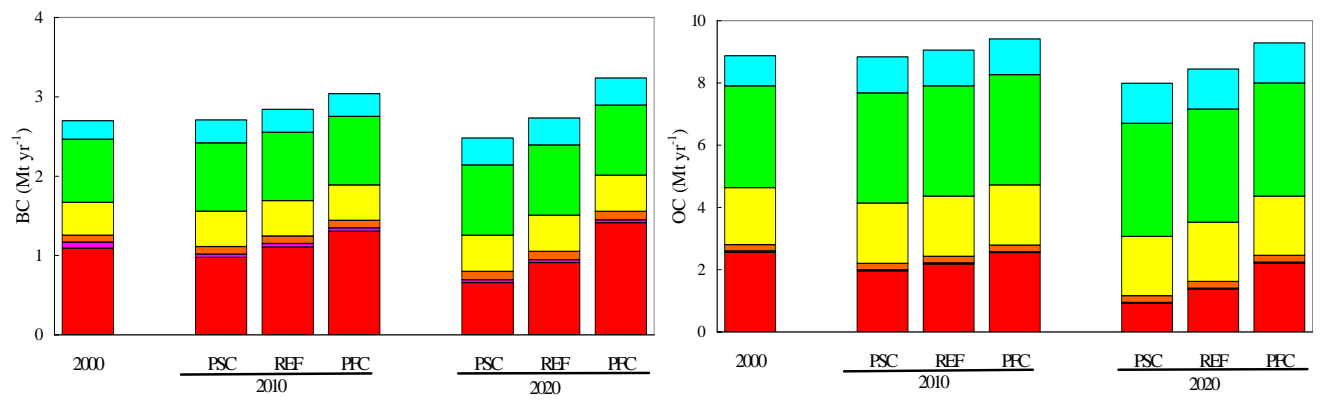
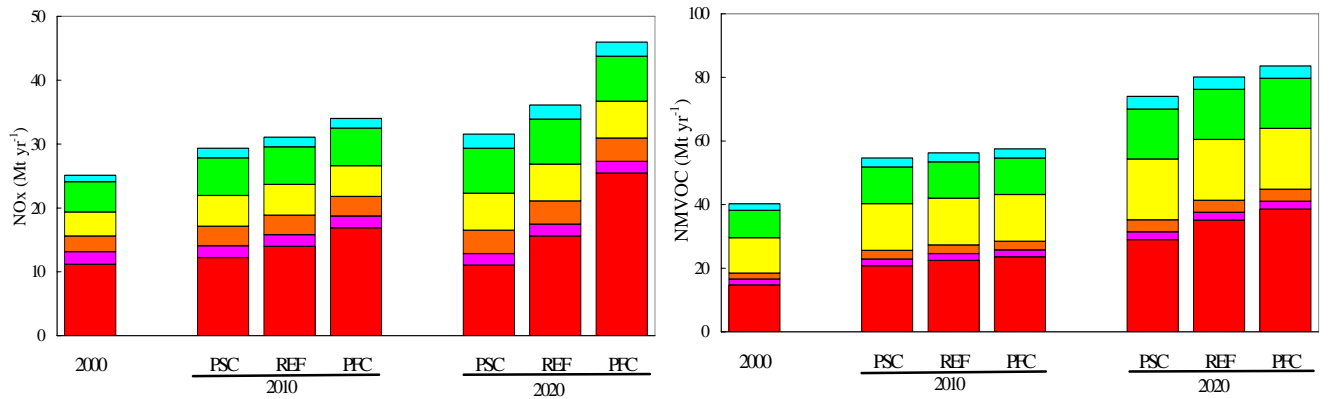


図6 アジア地域の排出量の将来予測結果

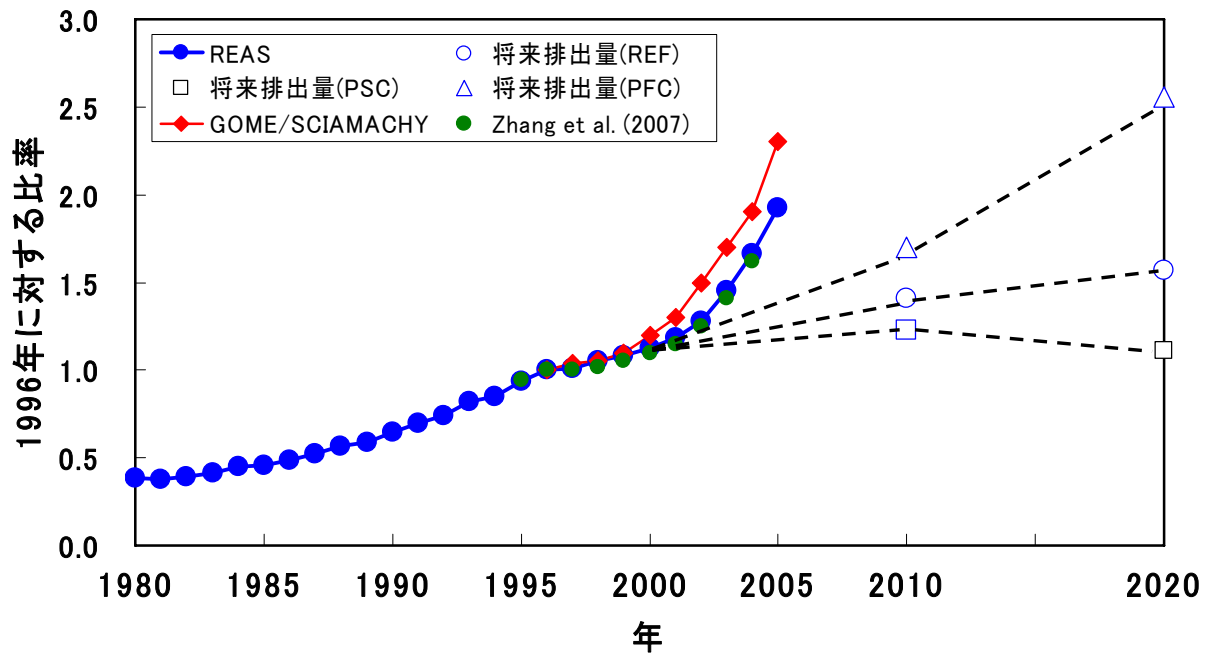


図7 中国NOx排出量の経年変化

(注) 対流圏観測衛星GOME/SCIAMACHYは、同衛星で観測された中国北部平野地域におけるNO₂対流圏カラム濃度の年平均値の推移を示す。

(3) 旧ソ連（アジア域）の排出量推計

旧ソ連（アジア域）における1980～2005年の燃料燃焼起源排出量を推計した。対象地域は、ロシア（極東(FARE)、東シベリア(ESIB)、西シベリア(WSIB)、ウラルの一部(URAL；クルガン州、スヴェルドロフスク州、チェリヤビンスク州)、カザフスタン(KAZN)、ウズベキスタン(UZBN)、キリギスタン(KYRN)、タジキスタン(TAJN)、トルクメニスタン(TURN)である。

1) 推計方法

① エネルギー消費量

1992-2005年のエネルギー消費量は、IEA Energy Balances(2007年版)を使用した。また、1980-1991年については、IEA Energy Balances Former USSRの燃料種類・セクター区分毎消費量を、1992年の国(Russia、Kazakhstanなど)毎消費量比で分配した。ロシア国内の総消費量は、経済地域別燃料種類別エネルギー消費量(1991、1995、1997、1999年；21世紀のロシア・エネルギー戦略、2001)をもとに、地域別に分割した。更に、大規模点源については、Ryaboshapko et al. (1996)をもとに、各点源毎の燃料消費量を設定した。

② 排出係数

石炭中硫黄分は、Ryaboshapko et al. (1996)に存在するHard Coal、Brown Coal生産炭毎消費量データより、各領域・燃料中の硫黄分を重み付け平均して設定した。原油中硫黄分については、Ryaboshapko et al. (1996)にデータが存在している生産地ベースのデータを、その他の石油製剤中硫黄分は、RAINS-ASIAから設定した。SO₂以外の燃焼系発生源の排出係数は、REASやRyaboshapko et al. (1996)をもとに設定した。

2) 推計結果

表5は2000年の推計結果を示す。NO_xとSO₂の排出量はアジア域(旧ソ連を含まない)の10%程度である。しかし、本推計結果にはプロセス排出をまだ考慮していないため、それを含めると、特にSO₂は増加すると考えられる。COはアジア域(旧ソ連を含まない)の4%程度と少ない。更に、BCとOCは非常に少なく、アジア域(旧ソ連を含まない)の1%程度にすぎない。表6は、既往のインベントリ(EDGAR、IIASA、Ginzburg)との比較結果を参考として示す。

CO₂とNO_xの経年変動を図8、9にそれぞれ示す。経年変化の特徴は国・地域によって異なるが、全域の排出量は1981～1990年に上昇した後、ソ連崩壊の1991年から1997年までは急減し、最近はやや増加している。

図10は、2000年における東ユーラシア地域における排出量分布を示す。旧ソ連(アジア域)における排出密度は、東アジアの排出密度に比べると非常に低い。しかし、排出量が比較的多い地域が、北緯50～60度付近で東西方法にベルト状に存在しており、これらの汚染物質が東アジアの大気環境に影響を及ぼしている可能性はある。

3) 今後の課題

- ① 非燃焼系起源の非鉄金属精錬起源 SO_2 、硫酸製造起源 SO_2 、粗鋼及び鉄鋼 (Pig Iron and Steel)、製造起源 CO と CO_2 、セメント製造起源 CO_2 について推計する。
- ② 燃焼系発生源や自動車のNMVOC排出量を推計する。

表5 旧ソ連を含むアジア域の2000年排出量推計結果 (キロトン/年)

	NOx	SO2	CO	BC	OC
China	11,186	27,555	137,011	1,093	2,563
Japan	1,959	926	2,661	75	44
Other East Asia	2,473	1,642	12,708	89	197
Southeast Asia	3,770	3,649	54,514	413	1,833
India	4,730	6,140	79,382	795	3,268
Other South Asia	992	1,336	19,145	234	967
All Asia	25,112	41,488	305,420	2,699	8,872
FARE	314	368	788	6	11
ESIB	492	797	789	4	9
WSIB	790	615	1,850	10	24
URAL	360	740	1,506	4	9
KAZN	330	751	281	2	3
KYRN	13	36	22	0	0
TAJN	14	2	78	0	0
TURN	75	36	83	1	1
UZBN	249	173	327	2	1
Total	2,638	3,518	5,724	29	59

表6 2000年排出推計の比較 (キロトン/年)

		EDGAR*1	IIASA*1	REAS*2	Ginzburg*1,3
NOx	Russia	5,806	4,459		
	Part of Russia			2,520	
	FARE			314	180
	SIB			1,282	583
	KAZN	521	393	314	
	KYRN	23	15	13	
	TAJN	24		14	
	TURN	84		75	
UZBN	356		249		
SO2	Russia	9,793	6,448		
	Part of Russia			2,520	
	FARE			368	229
	SIB			1,412	2,797
	KAZN	2,041	1,682	751	
	KYRN	33	26	36	
	TAJN	6		2	
	TURN	71		36	
UZBN	385		173		
CO	Russia	27,900	14,459		
	Part of Russia			4,932	
	KAZN	1,750	759	281	
	KYRN	132	69	22	
	TAJN	337		78	
	TURN	312		83	
	UZBN	1,740		327	

*1 Including process emissions

*2 Excluding process emissions

*3 Industry and vehicles only

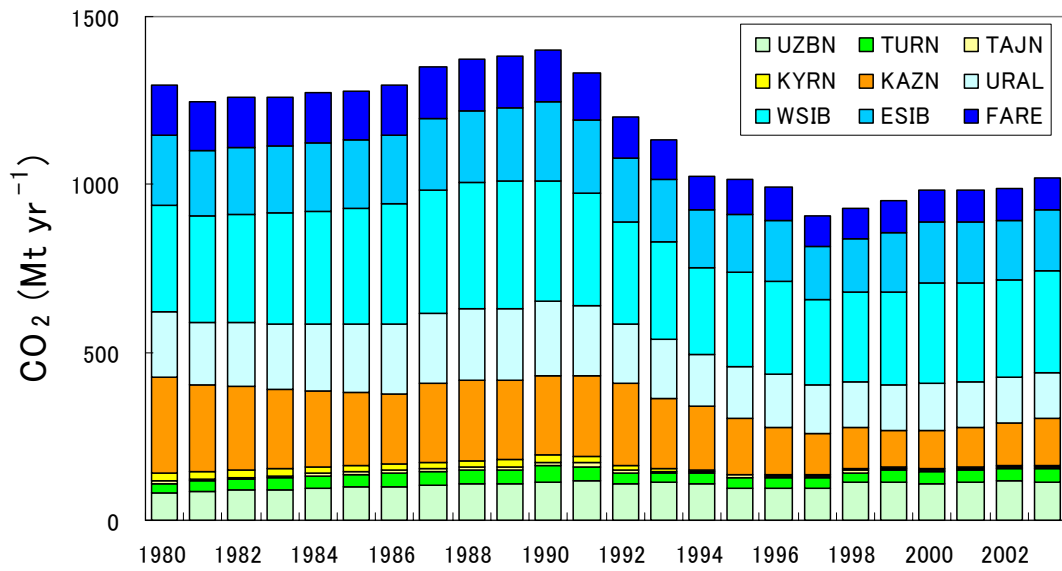


図8 旧ソ連（アジア域）における燃料燃焼起源CO₂排出量の変化

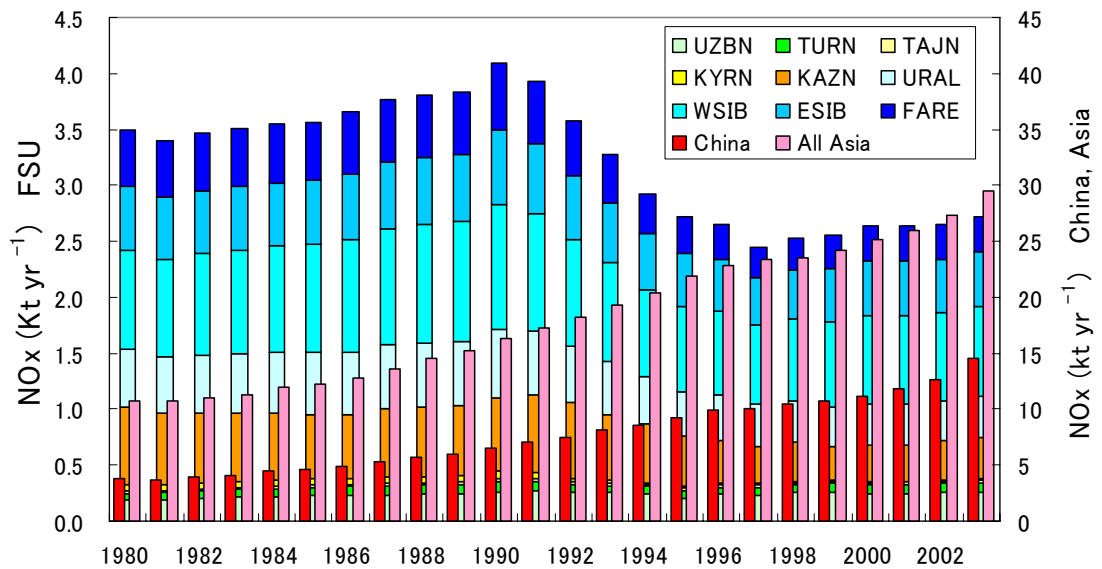


図9 旧ソ連（アジア域）、中国、アジア全域（旧ソ連を除く）におけるNO_x排出量の変化

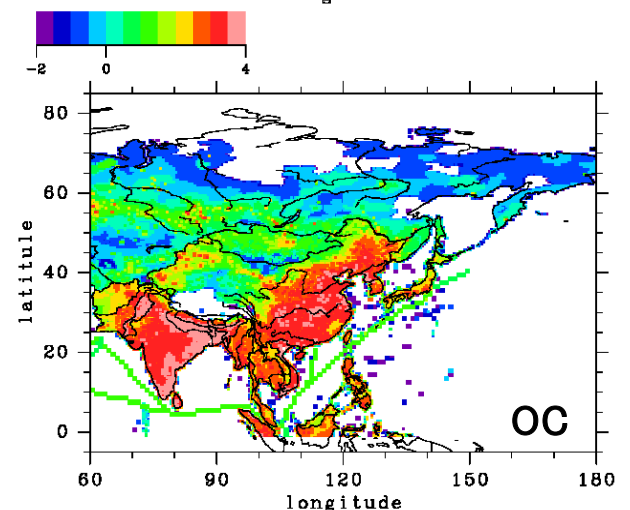
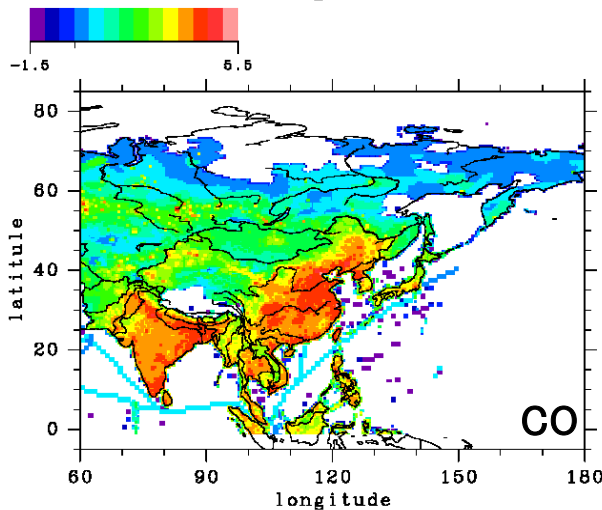
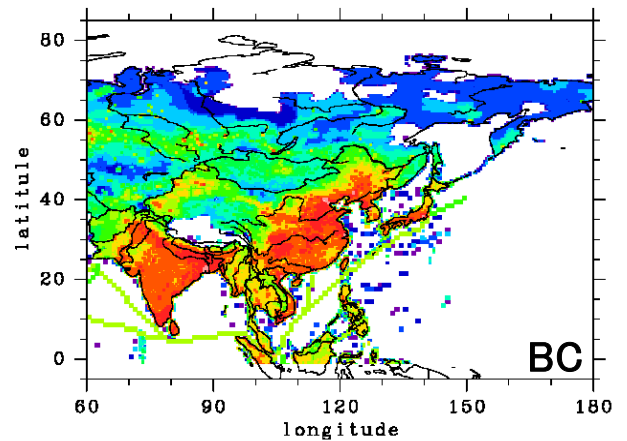
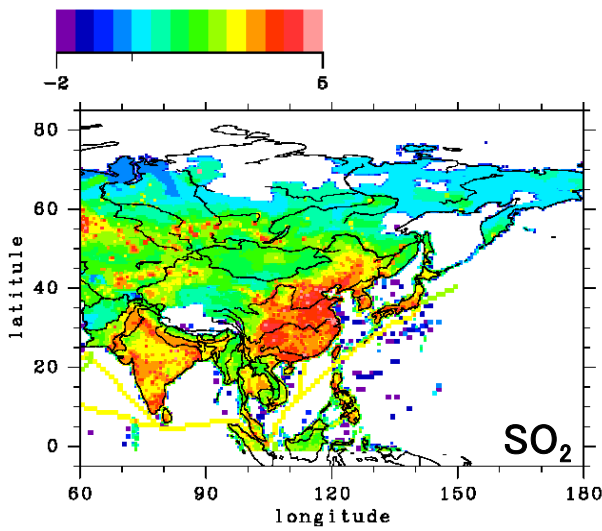
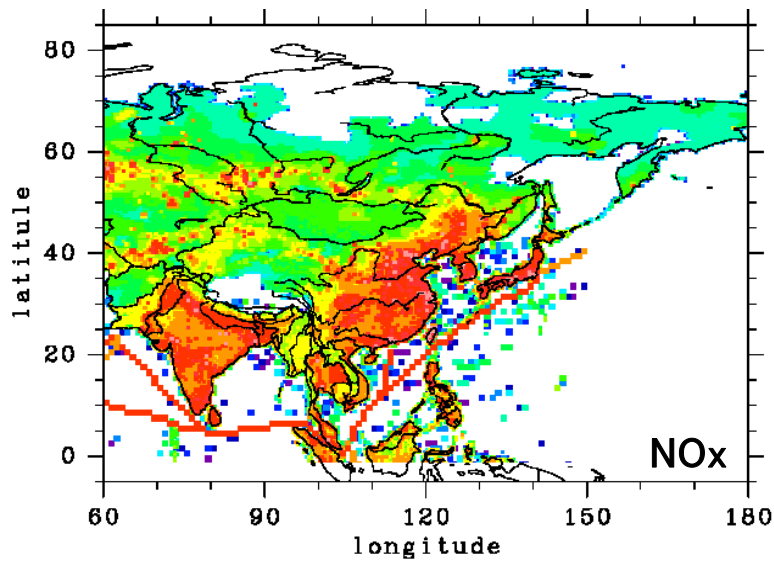


図10 旧ソ連を含むアジア域の2000年の排出量分布

(注) 単位は トン/年/メッシュ(経緯度0.5度)、表示はlogスケールである。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

大気汚染物質の排出量が急増しているアジア地域において、高精度の排出インベントリを構築することは、同地域のみならず半球規模での大気環境影響を解明する上で重要である。現在、REAS 1.1の結果をホームページ (<http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d4/emission.htm>) から公開しており、その結果が国内外の研究者によって使用され始めている。また、REAS 1.1は、排出インベントリに関する国際的な研究ネットワーク GEIA/ACCENT のポータルサイト (http://www.aerov.jussieu.fr/experience/ACCENT/database_table_inventories.php) にも掲載され、アジア域の排出インベントリとして世界的に認知されつつある。

(2) 地球環境政策への貢献

大気汚染による影響が懸念されるアジア地域において、高精度の排出インベントリを構築することは、同地域における広域的な大気環境管理を進める上で不可欠である。REASの研究成果は、環境省の光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会の中間報告書(2007年12月)やUNECE/CLRTAPの「大気汚染の半球規模輸送に関するタスクフォース」(TFHTAP)の2007年中間報告書(大原は第4章「Emissions Inventories and Projections for Assessing Hemispheric or Intercontinental Transport」のコントリビューター)などに使用された。

6. 引用文献

- Akimoto, H., T. Ohara, J. Kurokawa, and N. Horii (2006), Verification of energy consumption in China during 1996–2003 by satellite observation, *Atmos. Environ.*, **40**, 7663–7667.
- Akimoto H., and T. Ohara (2005), Asian Inventories, Emissions of Atmospheric Trace Compounds, C. Granier et al. Eds. Kluwer Academic Publishers, 47–53, 2004
- European Environment Agency (EEA) (2000), EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, http://reports.eea.eu.int/technical_repot_2001_3/en, Copenhagen.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, edited by J.T. Houghton et al., IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell, UK.
- International Energy Agency (IEA), 2004, Energy Statistics of OECD Countries and Energy Statistics of Non-OECD Countries. IEA, Paris.
- Kato, N., and H. Akimoto (1992), Anthropogenic Emissions of SO₂ and NO_x in Asia: Emissions Inventories (plus errata), *Atmos. Environ.*, **26A**, 2997–3017.
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) (2001), RAINS-ASIA CD-ROM Version 7.52.
- Irie, H., et al. (2005), Evaluation of long-term tropospheric NO₂ data obtained by GOME

over East Asia in 1996–2002, *Geophysical Research Letter*, **32**, L11810, 10.1029/2005GL022770.

Ohara, T., et al. (2007), An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980–2020, *Atmospheric Chemistry and Physics*, **7**, 4419–4444.

Olivier, J.G.J., et al. (1996), *Description of EDGAR Version 2.0*, National Institute of Public Health and the Environment Report No.771060 002, Bilthoven, The Netherlands.

Richter, A., et al. (2005), Increase in tropospheric nitrogen dioxide over China observed from space, *Nature*, **437**, 129–130.

Ryaboshapke et al. (1996), Anthropogenic emissions of oxidized sulfur and nitrogen into the atmosphere of the Former Soviet Union in 1985 and 1990.

Streets, D.G., N.Y. Tsai, H. Akimoto, and K. Oka (2000), Sulfur dioxide emissions in Asia in the period 1985–1997, *Atmos. Environ.*, **34**, 4413–4424.

Streets, D.G., N.Y. Tsai, H. Akimoto, and K. Oka (2001), Trends in emissions of acidifying species in Asia, 1985–1997, *Water, Air, and Soil Pollution*, **130**, 187–192.

Streets, D.G., et al. (2003), An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000, *J. Geophys. Res.*, **108**(D21), 8809, doi:10.1029/2002JD003093.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (1999), *Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42) Volume 1: Point and Area Sources*, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.

Yan, X., T. Ohara, and H. Akimoto (2006), Bottom-up estimate of biomass burning in mainland China, *Atmos. Environ.*, **40**, 5262–5273.

アレクセイ・ミハイロヴィチ・マステパノフ編(2001)、21世紀のロシア・エネルギー戦略、(株)東西貿易通信社、pp. 604.

7. 国際共同研究等の状況

中国における排出量推計の精度を上げるために、中国の清華大学や北京師範大学との共同研究を推進し、平成18年度には横浜で研究セミナーを開催した。また、国立環境研究所にJSPS海外研究員として滞在している北京師範大学のTian准教授との共同研究を実施した。

8. 研究成果の発表状況

<論文(査読あり)>

1) X. Yan, T. Ohara, and H. Akimoto: *Atmospheric Environment*, **40**, 5262–5273 (2006)

“Bottom-up estimates of biomass burning in mainland China”

2) H. Akimoto, T. Ohara, J. Kurokawa, and N. Horii: *Atmospheric Environment*, **40**, 7663–7667 (2006)

“Verification of Energy Consumption in China during 1996–2003 by Using Satellite Observational Data”

- 3) T. Ohara, H. Akimoto, J. Kurokawa, N. Horii, K. Yamaji, X. Yan, and T. Hayasaka: Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 4419–4444 (2007)

“An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980–2020”

- 4) I. Uno, T. Ohara, K. Yamaji, and J. Kurokawa: Journal of Disaster Research, 2, 163–172, (2007)

“Recent Trends and projections in Asian Air Pollution”

- 5) K. Yamaji, T. Ohara, I. Uno, J. Kurokawa, P. Pochanart, and H. Akimoto: Journal of Geophysical Research, 113, D8306, doi:10.1029/2007JD008663 (2008)

“Future Prediction of Surface Ozone over East Asia using Models-3 Community Multiscale Air Quality Modeling System and Regional Emission Inventory in Asia”

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 大原利眞：生活と環境、52、5、90–95(2007)

「日本における光化学オゾンの上昇 –アジアにおける排出量の増加と越境汚染の影響–」

- 2) 大原利眞：伝熱、46、197、7–11(2007)

「越境大気汚染の日本への影響」

- 3) 大原利眞：エコノミスト、2007. 12. 17、104–107(2007)

「中国の大気汚染と日本への影響」

- 4) 大原利眞：地理・地図資料（帝国書院発行）、2008年4月号、4–6(2008)

「越境大気汚染と日本への影響」

(2) 口頭発表（学会）

- 1) T. Ohara: Developing Improved Regional Emission Inventories for China, Guangzhou, China, March, 2006

“Development of Asian emission inventory from 1980 to 2020”

- 2) 大原利眞、秋元肇、黒川純一、堀井伸浩、山地一代、顔暁元、早坂忠裕：第46回大気環境学会年会、2005

「1980～2000年におけるアジア域エミッションインベントリの構築」

- 3) 秋元肇、大原利眞、黒川純一、堀井伸浩：日本地球惑星科学連合2007年大会（2007）

「衛星観測データを用いた1996–2003年における中国エネルギー消費量の検証」

- 4) 山地一代、大原利眞、鶴野伊津志、黒川純一、秋元肇：日本地球惑星科学連合2007年

大会 (2007) 「CMAQ/RAMSおよび Regional Emission inventory in Asia (REAS)を用いた対流圏オゾンの将来」

5) H. Akimoto and T. Ohara: GEIA Open Conference, Paris, 2006

“REAS (Regional Emission Inventory in Asia): 1980-2020”

6) T. Ohara, J. Kurokawa, K. Yamaji, H. Akimoto, I. Uno, and N. Horii: 5th Annual CMAS Models-3 User's Conference, Chapel Hill/NC/USA, 2006

“Future projection of surface ozone in East Asia with CMAQ and REAS inventory”

7) 大原利眞、秋元肇、黒川純一、山地一代、堀井伸浩、早坂忠裕：第47回大気環境学会年会、(2006)「中国における人為起源排出量のトレンド解析と将来予測」

8) 山地一代、大原利眞、鶴野伊津志、黒川純一、秋元肇：日本地球惑星科学連合2007年大会 (2007)

「CMAQ/RAMSおよび Regional Emission inventory in Asia (REAS)を用いた対流圏オゾンの将来変動予測」

9) 秋元肇、大原利眞、黒川純一、堀井伸浩：日本地球惑星科学連合2007年大会 (2007)

「衛星観測データを用いた1996-2003年における中国エネルギー消費量の検証」

10) Ohara, T., J. Kurokawa, H. Akimoto, N. Horii, I. Uno, T. Hayasaka, D. Streets, and Tsinghua University group: ACCENT Workshop on remote sensing and inventories of anthropogenic emissions: The best of two worlds (2007)

“REAS: Regional Emission inventory in Asia – Emission changes during 1980-2030 –“

11) Ohara, T., J. Kurokawa, H. Akimoto, I. Uno, and Y. He: ACCENT Workshop on remote sensing and inventories of anthropogenic emissions: The best of two worlds (2007)

“Verification of the NOx emissions in China by satellite observations”

12) 大原利眞、黒川純一、秋元肇、山地一代、堀井伸浩、早坂忠裕：日本農業気象学会2008年度全国大会 (2008)

「東アジアにおけるオゾン前駆物質排出量の経年変化と将来予測」

(3) 出願特許

該当なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

該当なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

1) 朝日新聞 (2007年4月9日、全国版夕刊)

2) 成果の記者発表 (2007年10月10日、於 環境省記者クラブ、筑波研究学園都市記者会)

3) NHKお昼のニュース (2007年10月14日、NOx排出量の増加について1分ほど紹介)

- 4) 読売新聞（2007年10月10日、全国版朝刊）
- 5) 中国新聞（2007年10月11日、朝刊）
- 6) 西日本新聞（2007年10月11日、朝刊）
- 7) 日本農業新聞（2007年10月12日、朝刊）
- 8) 毎日新聞（2007年10月13日、全国版夕刊）
- 9) NTTドコモ・オンラインニュース配信I-channel（2007年10月13日、夜の3時間程度配信）
- 10) 朝日新聞（2007年10月14日、全国版朝刊）
- 11) 化学工業日報（2007年10月15日、朝刊）
- 12) 週刊科学新聞（2007年10月26日）
- 13) 産経新聞（2007年11月7日、全国版朝刊）

(6) その他

該当なし