

6 海外から移流する汚染物質の影響と海外の排出インベントリ

6.1 粒子状物質と越境汚染の関係

春先に中国大陸から飛来してくる黄砂については、日本のSPM濃度に大きな影響を与えることは以前から指摘されている(環境省,2005)。特に日本海側の地方や九州地方では影響が大きく、例えば富山県では、2006年4月には黄砂の飛来により、環境基準を超えるSPMが観測された(図6-1:富山県環境科学センター、2006)。

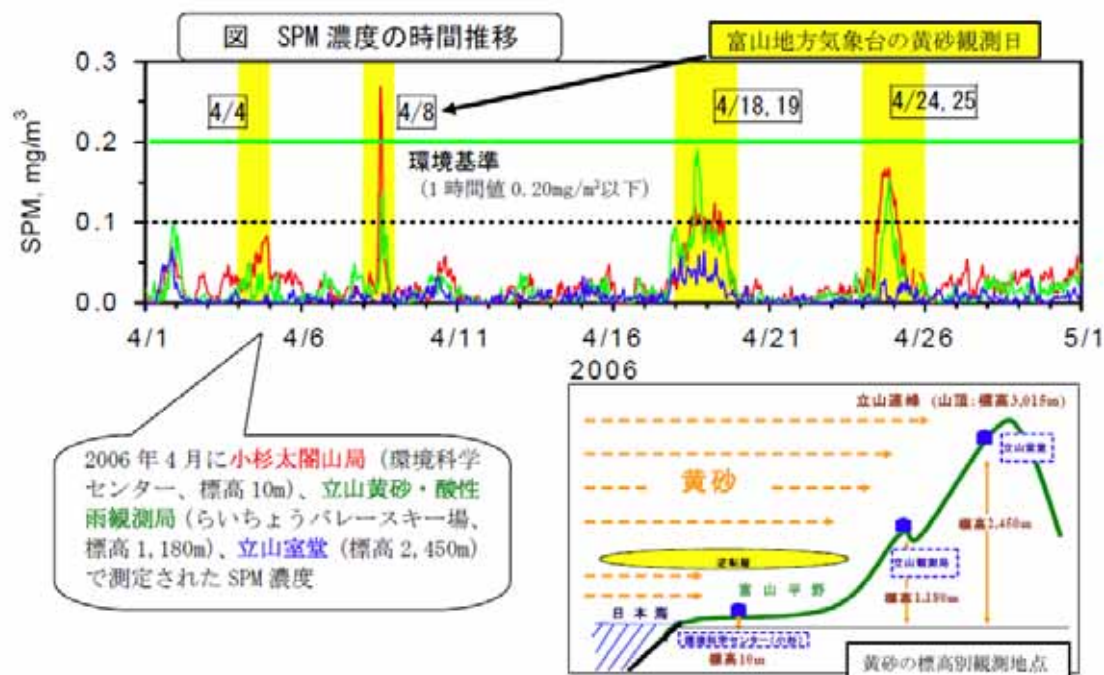


図6-1 富山県における黄砂飛来時のSPM濃度推移

黄砂イベント発生時の日本への影響の度合いについては、フィールド調査やシミュレーションにより種々の研究がなされ報告されている(文末の調査事例リスト参照)。ここでは、東アジア域の3次元シミュレーションモデル(CFOR3)による黄砂イベントを含む、越境汚染のシミュレーション例を表6-1(1)、粒子状SO₄²⁻を含めた大陸からの硫黄化合物の沈着量の推定例を表6-2(2)に整理した。

表 6-1(1) 粒子状物質の越境汚染の報告例

論文タイトル	Characteristics of Asian aerosol transport simulated with a regional-scale chemical transport model during the ACE-Asia observation
著者名	S. Satake, I. Uno, T. Takemura, G. R. Carmichael, Y. Tang, D. Streets, N. Sugimoto, A. Shimizu, M. Uematsu, J.-Seok Han, S. Ohta
出典	Journal of Geophysical Research, 109, D19S22, 2004.
概要	ACE-Asia 集中観測期間中の対流圏エアロゾルの輸送と光学的深度が、CFORS 化学輸送モデルを使ってシミュレートされた。その結果、大陸からの移流に伴ういくつかの高濃度事例、エアロゾルの鉛直プロファイルやダストと硫酸塩輸送の強い相関をなど多く点で観測された特徴が再現された
シミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象モデルは RAMS を使用 ・ 計算領域は東アジア全体で水平解像度は 80km ・ 排出量データは Streets <i>et al.</i>(2003)を利用。 ・ 集中観測が行われた ACE-Asia2001(2001 年春)を対象にシミュレーションを実施 ・ シミュレーションの結果と PM₁₀ の観測値は良く一致した。(Fig4) 硫酸塩、炭素成分を含め、粒子状物質が大陸から日本へ輸送される過程が再現された。 ・ 排出された炭素成分の多くが、計算領域を越えて輸送されることから、放射収支に大きな影響を与える(Fig.11)

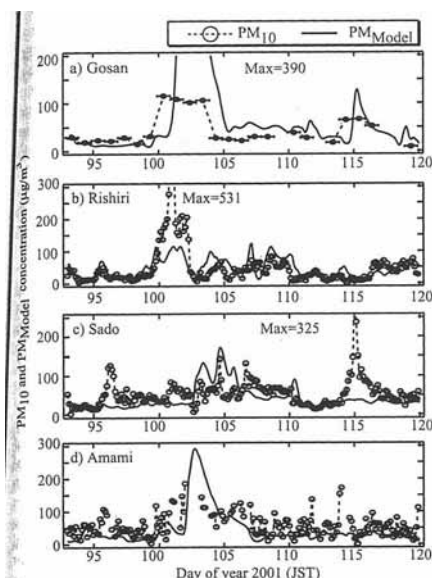


Figure 4. Time variation for simulated total aerosol concentrations (PM_{model}) (by solid line) ($\mu g/m^3$) and for observed PM_{10} concentrations ($\mu g/m^3$) (open circle and dot line) for (a) Gosan, (b) Rishiri, (c) Sado, and (d) Amami.

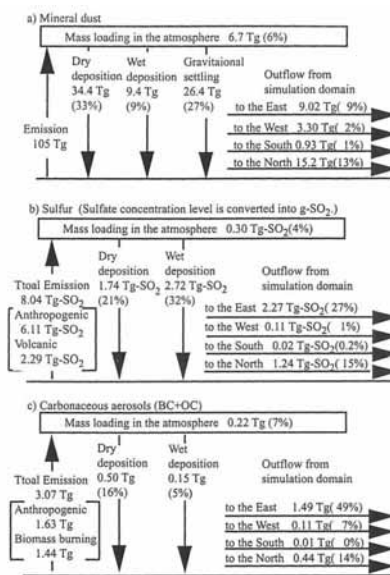
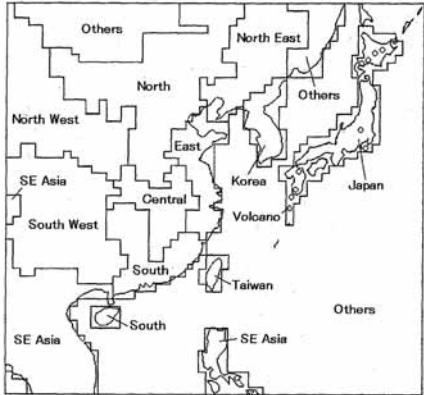


Figure 11. Regional budgets for (a) mineral dust, (b) sulfur, and (c) carbonaceous aerosols. Emission, deposition, and outflow are shown by arrows in Tg (Tg- SO_2 for sulfur cycle). Numbers in parentheses under each deposition and outflow indicate the ratio to emission.

表 6-1(2) 粒子状物質の越境汚染の報告例

論文タイトル	東アジアにおける硫黄化合物のソース・リセプター解析 - 地域気象モデルと結合した物質輸送モデルによるシミュレーション -
著者名	片山学, 大原利眞, 村野健太郎
出典	大気環境学会誌,39(4),200-217 (2004)
概要	地域気象モデルRAMS と結合した物質輸送モデルHYPACT を用いて東アジアにおける硫黄化合物の動態をシミュレートし、1995年7月と12月におけるソース・リセプター関係を定量化することにより、日本列島への沈着量の発生源地域別構成とその季節変動を解析した。
シミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> ・計算領域は、東アジア域を含む東西 4800km、南北 4400km (80km 格子) 鉛直 23 層で上空 20km までの同一座標系と計算スキームで運用し、RAMS の各種気象パラメータを HYPACT に精緻に与える。(Fig.2) ・SO₂ 排出量は、中国、日本、南北朝鮮、台湾、モンゴルの人為起源は Klimont <i>et al.</i> (2001) による 1995 年推計結果、その他の国と海上人為起源は EDGAR3.2 (2003) による 1995 年推計結果、火山起源は藤田ら (1992) の結果を使用。 ・反応・沈着モデルは、市川ら (1994) 池田 (2001) による簡略モデルを、一部改良して使用。 ・側面・上部境界条件は、ECMWF の全球客観解析データを使用。 ・全国 6 気象官署と溝畑 (2004) の SO₄²⁻ の測定データとの比較によれば、時間変動などを良く再現している。 ・日本への硫黄沈着量の発源地域別寄与率は 7 月には火山 36%、日本 28%、中国 18%、朝鮮半島 12%、12 月には中国 58%、朝鮮半島 17%、日本 13%、火山 8% となり、季節によって大きく変化する。12 月には越境汚染の寄与率が 75% に達する。 <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p>Fig. 2. Model domain and regional zone for source-receptor analysis by HYPACT. Circles denote the volcanoes having SO₂ emission.</p> </div>

これまでの報告例から、SPMのシミュレーションを行うにあたり、黄砂の影響(黄砂により環境基準を超過する可能性)を議論するためには、東アジア域からの越境汚染を考慮することが必須であるといえる。一方で、黄砂の影響を考慮しないのであれば、夏季については大陸からの移流の影響が小さくなるものの、平均的な濃度レベルには、無視し得ない影響を与えているものと考えられる。また、冬季のSPM高濃度事例においては、硫黄化合物の沈着量から推定される大陸からの寄与は大きくなるが、これまでのフィールド調査の結果からは関東における冬季の高濃度事例の発生原因としては、接地逆転層の形成などローカルな気象条件による一次排出粒子(主としてEC)の滞留や硝酸塩の粒子化によるものが支配的であると推測される。しかし、冬季についても平均的な濃度レベルを議論するうえでは、越境汚染の影響は大きいものと考えられるため、今後、モデルの計算精度を向上させていく過程では、後述するような海外の発生源インベントリを用いて、越境汚染についてもなんらかの考慮することが必要になるものと判断される。

6.2 オキシダントと越境汚染の関係

近年の日本におけるオキシダント濃度の上昇には、東アジアからのオキシダントまたはその前駆物質の越境汚染も寄与していることが指摘されている(秋元、2000; 大原ら、2003; 若松ら、2004)。表 6-2 に東アジア域からの越境汚染が日本のオキシダント濃度に与える影響についての報告例を示す。

表 6-2(1) オキシダントの越境汚染の報告例

論文タイトル	Surface ozone at four remote island sites and the preliminary assessment of the exceedances of its critical level in Japan
著者名	P. Pochanart, H. Akimoto, Y. Kinjo, H. Tanimoto
出典	Atmospheric Environment, 36, 4235 – 4250 (2002)
概要	<p>日本の 4 箇所の遠隔サイト（利尻、隠岐、沖縄及び小笠原）における最近の地表オゾンデータの解析結果は、東アジアの人為的排出が日本における大気境界層内のオゾン濃度に明確に影響していることを示している。リージョナルスケールの排出により、人為的に汚染された大陸の空気塊がシベリアやヨーロッパから各サイトに移流する秋季、冬季と春季の期間に、オゾン濃度の上昇が観測されている。ATO40 と SUM06 の暴露インデックスを用いたオゾン基準レベルの超過に関する予備的解析では、オゾン閾値が様々な地点や年で超過していた。東アジアにおける人為的排出の増加は、近い将来に状況をより悪化させる可能性がある。</p>
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ リモートサイトのオゾン濃度は、春季に最大、夏季に低下する傾向がみられる（ Fig.3）。 ・ トラジジェクトリー解析の結果、夏季に濃度が低下するのは清浄な海洋からの移流の影響が大きくなるためと考えられる ・ 一方、夏季以外のオゾン濃度の上昇は大陸からの人為的に汚染された空気塊の影響を受けている。 ・ 対流圏上層からのオゾンの沈降による地表オゾンの濃度への影響はそれほど大きくはなかった(<7%)。 <div style="text-align: center;"> </div> <p>Fig. 3. Multi-year monthly averaged O₃ seasonal variations at Rishiri, Oki, Okinawa, and Ogasawara. The symbols indicate the average and the whiskers indicate ± 1 standard deviation. The periods of O₃ monitoring varied among sites from 1994 to 2000. The data at most sites were collected for the entire years except at Ogasawara where O₃ was monitored from July 1997 to August 1998.</p>

表 6-2(2) オキシダントの越境汚染の報告例

論文タイトル	Contribution of regional pollution and long-range transport to the Asia-Pacific region: Analysis of long-term ozonesonde data
著者名	M. Naja, H. Akimoto
出典	Journal of Geophysical Research, 109, D21306 (2004)
概要	<p>札幌、筑波、鹿児島及び那覇における長期間（1970～2002年）オゾンデータのバックトラジェクトリーに基づく解析が行われた。日本における1970年代から1990年代にかけての、地域的汚染塊のオゾン濃度レベル11～20%（5～11ppbv）の増加は、1990年代の中国におけるNO_x排出の大きな増加のためと推測される。地域的汚染オゾンの1970年と1990年間の長期間傾向は、日本とヨーロッパで大きな違いはない。しかしながら、札幌でのユーラシア大気塊における1990年代中の下層対流圏の冬季増加傾向（年当たり0.2～0.4ppbv）は、ヨーロッパや北アメリカからの大陸間輸送によるものと示唆される。</p>
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ トラジェクトリー解析の結果、夏季のつくばでは日本周辺の空気塊の寄与割合が高い。一方で札幌ではユーラシア大陸からの寄与が大きい（Fig.3）。 ・ 近年の日本におけるオゾン濃度の上昇は、中国・東アジアからのNO_x排出量の増大によるものと考えられるが、排出量の急激な増加とオゾン濃度の上昇傾向は必ずしも一致していない（Fig.15）。

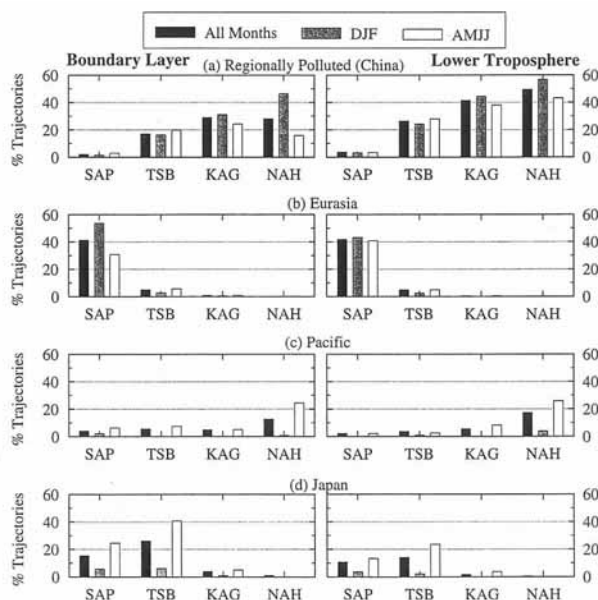


Figure 3. Relative contributions of air masses from (a) regionally polluted, (b) Eurasia, (c) Pacific, and (d) Japan regions at Sapporo (SAP), Tsukuba (TSB), Kagoshima (KAG), and Naha (NAH) in the boundary layer (left column) and lower troposphere (right column). Results are shown using data for all months, wintertime (December–January–February (DJF), when photooxidation is least active), and late spring/early summer (April–May–June–July (AMJJ), when it is most active). These estimates are made for days with valid ozone measurements.

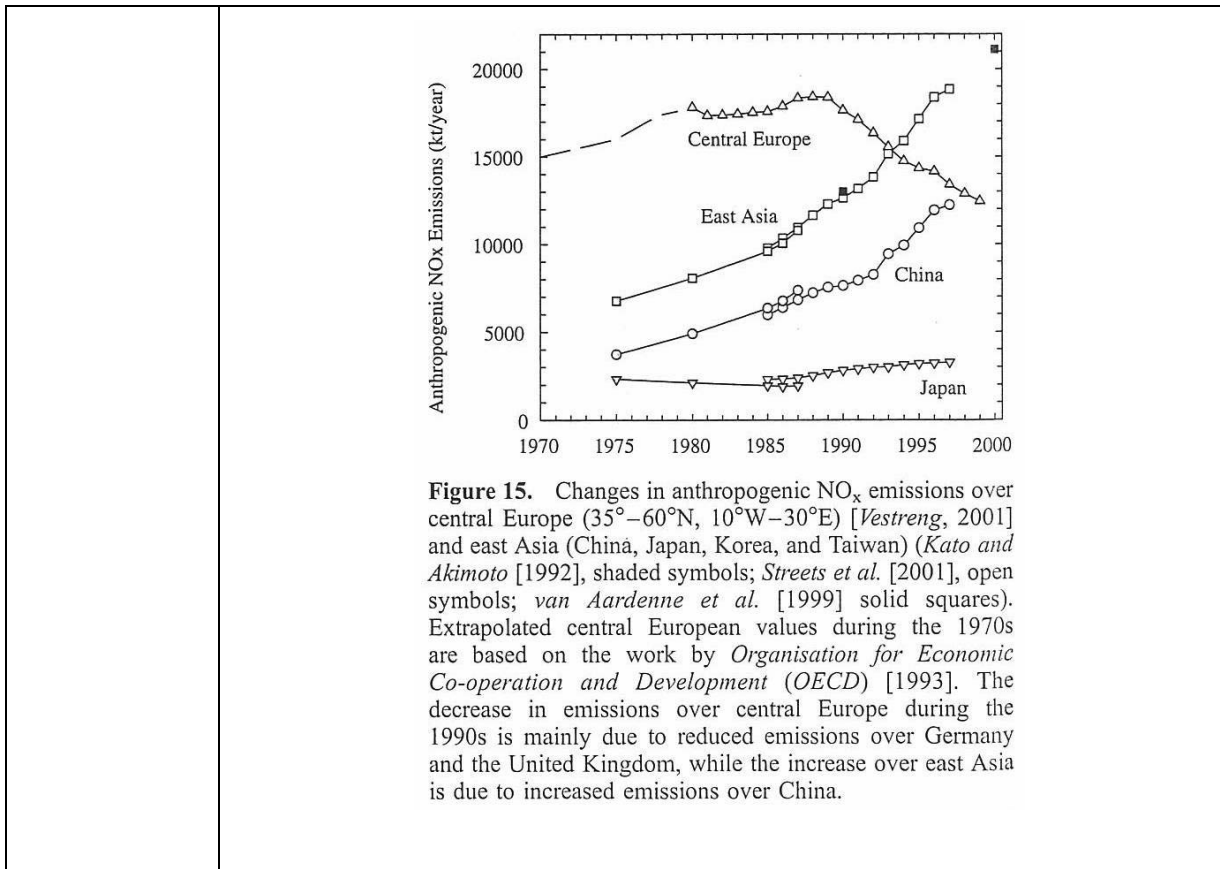


表 6-2(3) オキシダントの越境汚染の報告例

論文タイトル	Analysis of the seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using the Community Multi-scale Air Quality model: What controls surfacezone levels over Japan ?
著者名	K. Yamaji, T. Ohara, I. Uno, H. Tanimoto, J. Kurokawa, H. Akimoto
出典	Atmospheric Environment, 40, 1856 – 1868 (2006)
概要	東アジアのオゾン濃度について RAMS/CMAQ を使用してシミュレートした。東アジアにおける地表オゾン分布は、季節ごとの気象条件に応じてダイナミックに変化する。東アジアのリージョナルな排出によるオゾン生成の寄与についての季節変化を見積もった。

内容

- CMAQ の計算領域は東アジア全域(6240 × 5440km²)で、水平解像度は 80 × 80km
- 排出量データは Streets *et al.*(2003)の 1° × 1° のグリッド排出量を利用。
- 月別のオゾン濃度分布からは、日本では大陸からの移流が弱くなり、清浄な海洋大気の寄与が大きくなるため、濃度が低下する(Fig.3)。
- 日本を含む東アジアからの汚染物質の排出により生成されるオゾンは、夏季に最大となり、中国や韓国では最大 35ppbv に達する。一方で冬季については東アジア以外の領域からのオゾンまたは前駆物質の長距離輸送が寄与していることが示唆される。また、対流圏上層からのオゾンの沈降の寄与は小さいと考えられる。(Table 1)。

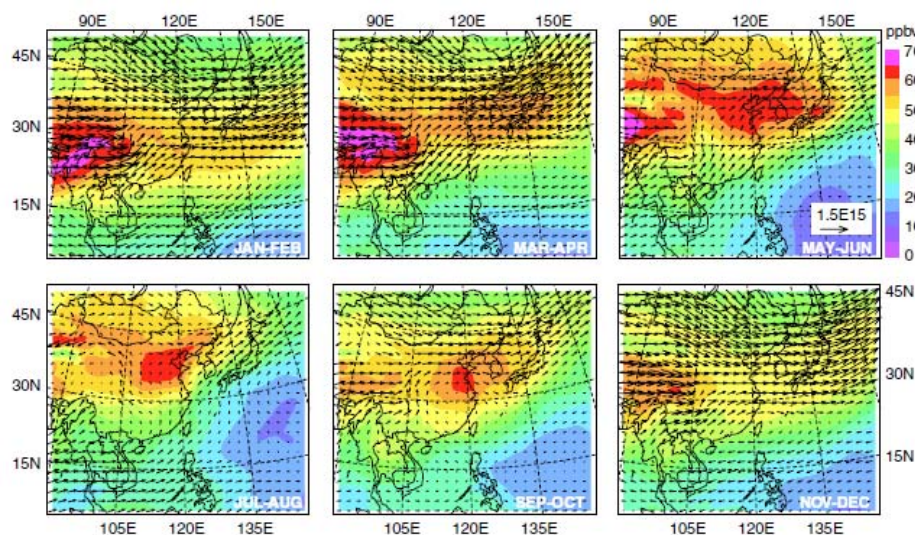


Fig. 3. Spatial distributions of ozone concentrations (ppbv, colors) and ozone fluxes (molecule cm⁻²s⁻¹, arrows) in the boundary layer (below 2km), averaged over 2 months.

Table 1
Ozone concentrations (C_A and C_B) and eastward (FRU) and upward (FRW) ozone flow rates

	O ₃ concentration		C _B /C _A (%)	O ₃ flow rate		(FRW/FRU) (%)
	C _A (control) (ppbv)	C _B (Asia_ emissions) (ppbv)		FRU (molecules s ⁻¹)	FRW (molecules s ⁻¹)	
Jan-Feb	47.1	5.9	12.5	4.36E+28 (13.1)	-2.80E+27 (5.2)	6.4
Mar-Apr	56.4	12.1	21.4	4.56E+28 (22.9)	-1.73E+27 (9.4)	3.8
May-Jun	58.1	19.7	34.0	1.96E+28 (36.1)	-9.09E+26 (16.1)	4.6
Jul-Aug	38.2	20.4	53.6	1.46E+28 (57.9)	2.50E+27 (24.6)	-17.1
Sep-Oct	53.3	16.4	30.7	1.76E+28 (26.8)	-7.63E+26 (13.1)	4.3
Nov-Dec	50.0	4.8	9.7	4.32E+28 (9.0)	-5.42E+27 (7.1)	12.5

C_A: ozone concentrations on a latitudinal cross-section (Fig. 1) in the boundary layer (below 2km). C_B: concentrations of chemical ozone produced by east Asian emissions on the latitudinal cross-section in the boundary layer. C_B/C_A: contribution ratios of east Asian emissions to ozone concentrations on the latitudinal cross-section. FRU: eastward ozone flow rates on a latitudinal cross-section in the boundary layer, numerals in brackets are contribution ratios of east Asian emissions (%). FRW: upward ozone flow rates at top of the boundary layer over Japan (closed by dotted line in Fig. 1), numerals in brackets are contribution ratios of east Asian emissions (%).

これまでの報告例から、日本のオキシダント濃度に与える越境汚染の影響については、バックグランド濃度を上昇させている要因となっていることは間違いないと判断される。しかし、この影響の度合いは、地域や季節により異なり、特に夏季については比較的影響が少ない。また、東アジアからの移流だけではなく、北日本や冬季については、ヨーロッパなどからの長距離輸送も影響しているものと考えられる。

したがって、オキシダント濃度のシミュレーションを実施するにあたって、年平均値の議論をする場合や、ある閾値以上の積算濃度(AOT40、SUM06 など)を議論する場合、あるいは 60ppb 以上の環境基準達成率を議論する場合は、越境汚染の影響を考慮することは必須であると判断される。一方で、夏季の都市域における高濃度エピソード(120ppb 以上)のみを計算対象とする場合には、ローカルな気象条件や発生源の状況が重要となり、越境汚染の影響は相対的に小さくなるものと考えられる。

今年度のテストシミュレーションについては、関東地方を対象としてSPMについては黄砂の影響を除いた、夏季及び初冬季の高濃度事例、オキシダントについては夏季の高濃度事例のみを対象とすることから、越境汚染を考慮するためのアジア域からのネスティングはしないこととした。ただし、今後(次年度以降)については、越境汚染を考慮したシミュレーションも想定し、次章で参考になるとと思われる海外の排出インベントリの情報について整理した。

6.3 海外の排出インベントリ

大陸からの越境汚染をシミュレーションで考慮するには、東アジア域を含む排出インベントリが必要となる。そこで、これまでに構築された海外の排出インベントリのうち、今後越境汚染を考慮する上で利用可能と思われるデータについて整理した。

基準年が比較的新しく、東アジア域を含むデータが整備されているインベントリの概要を表 6-3 に整理した。

表 6-3(1) 海外のインベントリの概要(対象発生源、グリッドサイズ、対象エリア、基準年)

発生源	TRACE-P	REAS	EDGAR	EAGrid2000	LTP
工業部門					
民生部門					
輸送部門					
農業					
バイオマス燃焼					
ごみ処分場					
下水処理場					
自然起源	-				
グリッドスケール(最小)	30s × 30s	0.5° × 0.5°	1° × 1°	30s × 45s	1° × 1°
対象エリア	東アジア	東アジア	全世界	東アジア	日中韓
基準年(最新)	2000	2000	2000	2000	1998

表 6-3(2) 海外のインベントリの概要(対象物質)

	TRACE-P	REAS	EDGAR	EAGrid	LTP
SO ₂ (SO _x)					
NO _x					
CO					
NMVOG					
BC			-		*
OC			-		
NH ₃					
その他(温室効果ガス)					-

*PM10,Dust として集計

(1) TRACE-P

TRACE-P および ACE-Asia プロジェクトのデータ解析、シミュレーションモデルの開発のために構築された。作成されたインベントリは、Sateke *et al.*(2004) 表 6-1(1)や Yamaji *et al.*(2006) 表 6-2(3)でシミュレーションに用いられた。排出量の集計結果の例を図 6-2 に示す。

出典:

- D.G. Streets, T.C. Bond, G.R. Carmichael, S.D. Fernandes, Q. Fu, D. He, Z. Klimont, S.M. Nelson, N.Y. Tsai, M.Q. Wang, J.-H. Woo, and K.F. Yarber, An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 108, (D21) Art. No. 8809 (2003)
- http://www.cgrer.uiowa.edu/EMISSION_DATA/index_16.htm

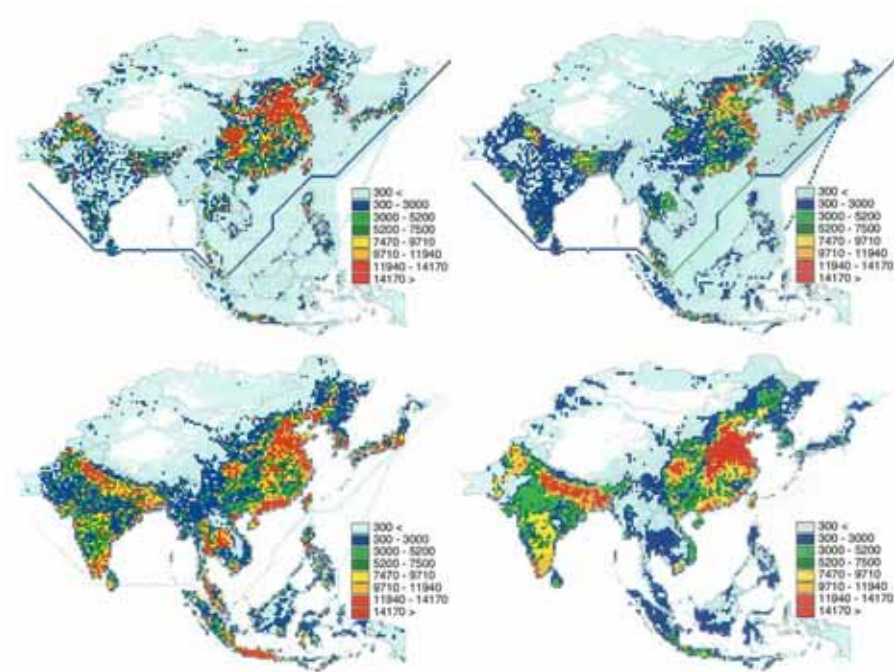


Figure 9. Area source emission distributions at 30 min \times 30 min resolution of selected gaseous species: (top left) SO_2 , (top right) NO_x , (bottom left) NMVOC, and (bottom right) NH_3 . The scale is the same for each species in units of Mg yr^{-1} per grid cell.

図 6-2 排出量分布の例 (Street *et al.*, 2003)

(2) REAS

地球環境フロンティア研究センターの大気組成変動予測研究プログラムにより、作成されたインベントリ。一部 1995 年版 EDGAR(後述)のデータベースをリバイスして集計されている。地球温暖化や大気中微量成分の変動を予測するモデルで利用することを想定。現在、国立環境研でのシミュレーションで使用。図 6-3 に、NMVOC の排出量集計結果を示す。

出典

- <http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d4/emission.htm>

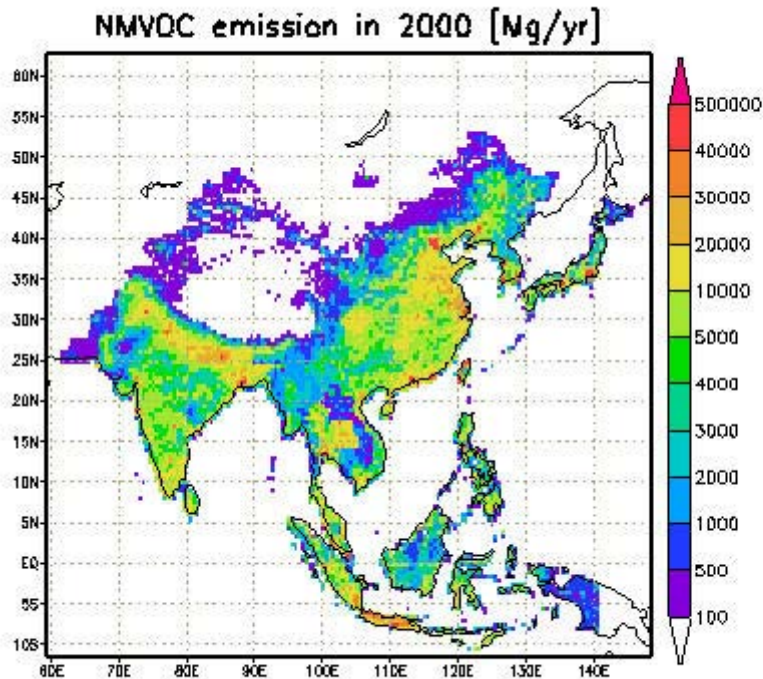


図 6-3 NMVOC の排出量集計結果

(<http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d4/emission.htm>)

(3) EDGAR

ヨーロッパの複数の研究機関 MNP(オランダ)、TNO(オランダ)、RC-IES(イタリア)、MPIC-AC(ドイツ)によるジョイントプロジェクトにより作成された。地球温暖化やオゾン層の破壊などグローバルスケールの大気環境モデルで利用することを想定した全球のグリッド排出量データベース。片山ら(2001) 表 6-1(2)で使用実績がある。

図 6-4 に排出量の集計結果の例を示す。

出典

- <http://www.mnp.nl/edgar/model/v32ft2000edgar/>

(4) EAGrid

神成らにより作成された東アジア域のインベントリデータ。当初 1995 年ベースで集計されていたものが、その後 2000 年ベースに更新されている。国立環境研究所と京都大学の共同研究により、開発されたアジア太平洋統合評価モデル(AIM)で使用実績がある他、RAMS/HYPACT による東アジア域における硫黄化合物と窒素酸化物のソース・リセプター解析に用いられた。

出典

- http://www-iam.nies.go.jp/aim/AIM_workshop/11thAIM/Session9/9-2-AIMAIR2005_Fujiwara.pdf
- http://www.suiri.tsukuba.ac.jp/terc_em02/terc_em02_10.pdf
- <http://www.iiasa.ac.at/rains/meetings/7thMICS-Asia/papers/kannari.pdf>

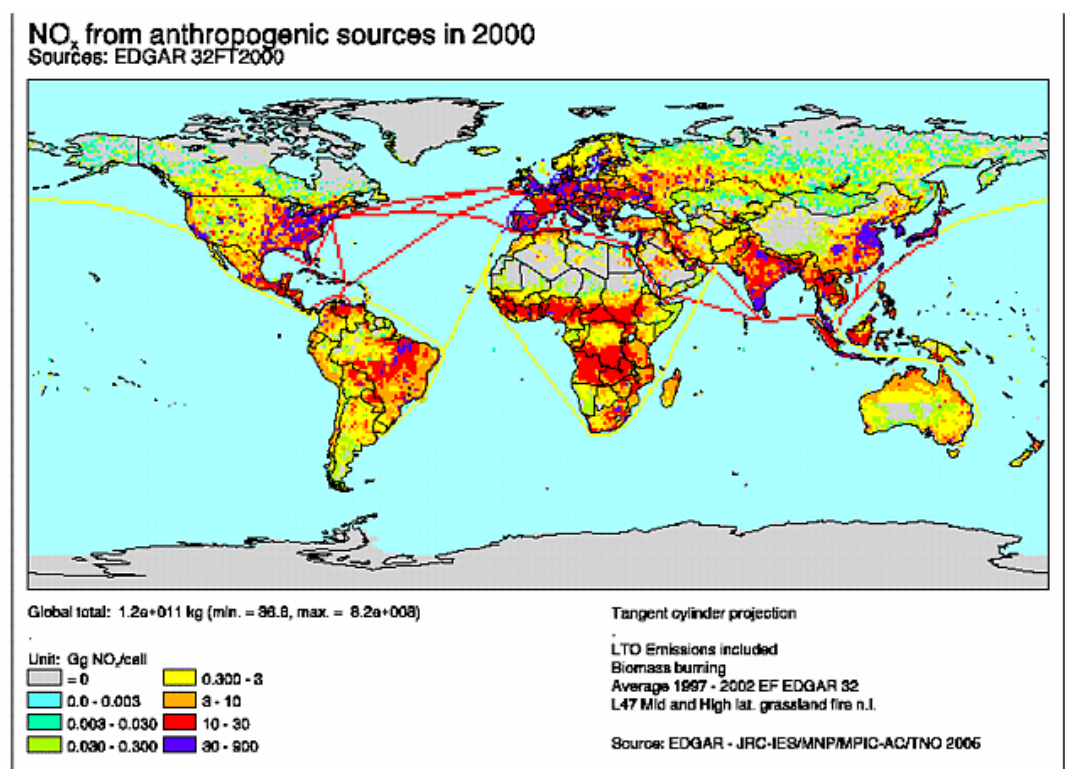


図 6-4 NO_x の排出量集計結果(<http://www.mnp.nl/edgar/model/v32ft2000edgar/>)

(5) LTP

日中韓 3 国による長距離大気汚染(LTP)専門家会合における国際共同調査への対応のために環境省が平成 11 年度に整備したインベントリーデータ。UNDP(国連開発計画)の東アジア諸国向け排出インベントリー作成マニュアル(ドラフト)に準拠して推計。日本国内の集計結果については、報告書があるが、中国、韓国のデータについては、Web サイトでは公開されていない。

出典:

- <http://eng.nier.go.kr/eng/index.html>

図 6-5 に表 6-3 に整理した、5 つのインベントリーのうち、LTP を除いた 4 つについて、中国の排出量(2000 年)の集計結果(NO_x、SO₂ および VOC)を比較した(LTP については日本以外の排出量推計結果未入手のため)。

図 6-5 より、物質別に比較した場合、NO_x についてはインベントリ間の差は比較的小さいが、SO₂ と NMVOC については、差が大きい。特に、EAGrid で集計されている NMVOC は、他のインベントリと比較すると推計値は突出して大きくなっている。これは、燃烧系からの NMVOC の排出係数を中国国内の小規模炉の使用実態を反映して、従来よりも大きな値に設定したためであると考えられる。なお、Street *et al.*(2003)によると中国における排出量の推計誤差範囲(95%信頼区間)は、NO_x について ±23%、SO₂ について ±13%、NMVOC については ±59%とされており、SO₂ と NMVOC については、誤差範囲を考慮しても差が大きいと言える。

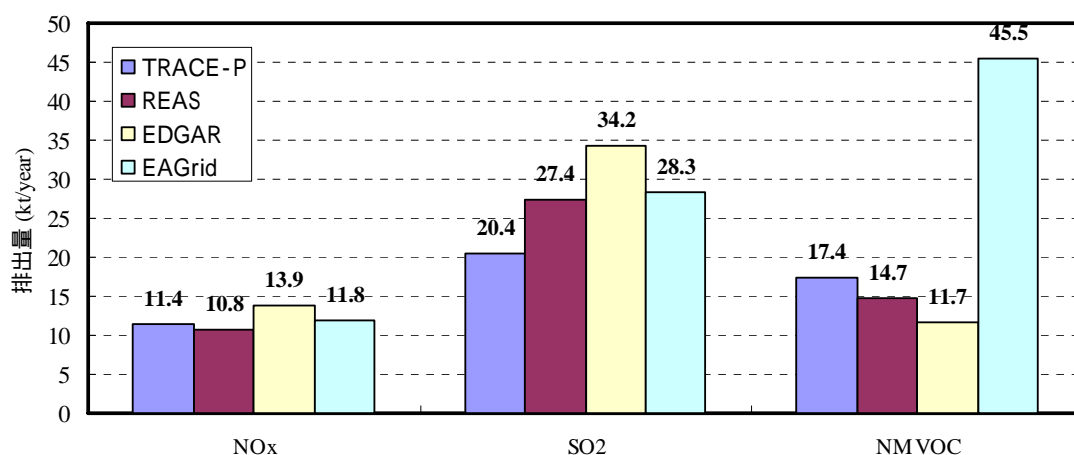


図 6-5 NO_x・NMVOC の中国における排出量集計結果の比較

大陸からの越境汚染調査事例リスト(本文で取り上げたものを除く)

M. Liu, D.L. Westphal, S. Wang, A. Shimizu, N. Sugimoto, J. Zhou, Y. Chen, A high-resolution numerical study of the Asian dust storms of April 2001, *Journal of Geophysical Research*, 108, ACE21-1 – ACE21-21 (2003)

包括的なダストエアロゾルモデルが開発され、本モデルを 2001 年 4 月のアジア砂嵐(ゴビ砂漠とタクラマカン砂漠起源)の事例に使用したところ、その性能は衛星写真や PM₁₀ の観測値などにより証明された。質量的見積では、75%がアジア砂漠に再び堆積し、20%が非砂漠地域に堆積し、1.6%が中国と日本海に沈着することが示された。

I. Uno, G. R. Carmichael, D. G. Streets, Y. Tang, J. J. Yienger, S. Satake, Z. Wang, Jung-Hun Woo, S. Guttikunda, M. Uematsu, K. Matsumoto, H. Tanimoto, K. Yoshioka, T. Iida, Regional chemical weather forecasting system CFORS: Model descriptions and analysis of surface observation at Japanese island stations during the ACE-Asia experiment, *Journal of Geophysical Research*, 108, ACE36-1 – ACE36-17 (2003)

CFORS は野外実験計画や観測値の解釈や事後解析の目的で設計された。このシステムはリージョナルな化学輸送モデルや RAMS 内に構築されたオンラインシステムを統合したものである。CFORS の適用結果は、硫黄酸化物、BC や CO の人為起源汚染物質及びラドンやミネラルダストを含んだ自然構成物の両者の時間変化についての説明に役立つ。総観的スケールの天気変化は、東アジアの春季における大陸スケールの汚染物質輸送に重要な役割を演じていることが認められた。

I. Uno, H. Amano, S. Emori, K. Kinoshita, I. Matsui, N. Sugimoto, Trans-Pacific yellow sand transport observed in April 1998: A numerical simulation, *Journal of Geophysical Research*, 106, 18331 – 18344 (2001)

1998 年 4 月に発生した、アジア大陸から日本と北アメリカへの黄砂輸送事例をシミュレートした。地域スケール気象モデルと連動した新オンラインダストトレーサモデルが開発されこの砂嵐事例に適用した。自然起源のミネラルダストとアジアで放出された人為起源のトレーサ物質はともに、排出地域は異なっても同時に輸送されることがわかった。

K. Matsumoto, Y. Uyama, T. Hayano, H. Tanimoto, I. Uno, M. Uematsu, Chemical properties and outflow patterns of anthropogenic and dust particles on Rishiri Island during the Asian Pacific Regional Aerosol Characterization Experiment (ACE-Asia), *Journal of Geophysical Research*, 108, ACE34-1 – ACE34-15 (2003)

大陸のエアロゾルの化学特性と輸送メカニズムを解明するため、2001 年の 3～5 月に実施した集中的な測定が行われた。これにより、 nss-SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 nss-Ca^{2+} 等の動態についての測定データを取得した。

K. Osada, M. kido, H. Iida, K. Matsunaga, Y. Iwasaka, M. Nagatani, H. Nakada, Seasonal variation of free tropospheric aerosol particles at Mt. Tateyama, central Japan, *Journal of Geophysical Research*, 108, ACE35-1 – ACE35-9 (2003)

中央日本の立山において、1999 年 1 月から 2002 年 11 月まで、大気中エアロゾル粒子の粒径分布とオゾン濃度を測定した。測定結果から、日本近くの黄海上の夏季における大気の停滞、三宅島の SO_2 の排出、黄砂などが影響していることがわかった。

M. Takigawa, K. Sudo, H. Akimoto, K. Kita, N. Takegawa, Y. Kondo, M. Takahashi, Estimation of the contribution of intercontinental transport during the PEACE campaign by using a global model, *Journal of Geophysical Research*, 110, D21313 (2005)

3次元化学輸送モデルを使用して、オゾンとその前駆物質及び非メタン炭化水素の地球的分布予測システムを新たに開発した。本モデルは、NCEPの気象データ及び毎日の化学種分布週間予報により運用される。本モデルはPEACEキャンペーンの毎日の飛行計画及び2002年1月と3~5月の航空機測定に、それぞれ適用された。この結果、汚染物質の大陸間輸送分布などを再現できることが示された。

O. Wild, P. Pochanart, H. Akimoto, Trans-Eurasian transport of ozone and its precursors, *Journal of Geophysical Research*, 109, D11302 (2004)

ヨーロッパ及びアジア大陸を横切る大気の大規模輸送は、ヨーロッパと北アメリカ方面の風上から北東アジアへ相当量のオゾン及び他のオキシダント類をもたらす。ヨーロッパの前駆物質発生源からのオゾンの形成と輸送についての化学輸送モデルで、ユーラシア大陸へのインパクトの広がりについて調査した。

P. Pochanart, J. Hirokawa, Y. Kajii, H. Akimoto, M. Nakao, Influence of regional-scale anthropogenic activity in northeast Asia on seasonal variations of surface ozone and carbon monoxide observed at Oki, Japan, *Journal of Geophysical Research*, 104, 3621 - 3631 (1999)

隠岐(日本)で1994年3月から1996年2月に地表O₃とCOの測定が実施された。トラジェクトリー解析などにより、北東アジアの人為的活動に伴う光化学オゾンなどを見積もったが、光化学オゾンの生成には大規模輸送の前駆物質の排出が非常に重要であるとの論点を支持することが示された。

G.R. Carmichael, I. Uno, M. J. Phadnis, Y. Zhang, Y. Sunwoo, Tropospheric ozone production and transport in the springtime in east Asia, *Journal of Geophysical Research*, 103, 10649 - 10671 (1998)

東アジア春季におけるオゾンの輸送と化学についてSTEM-地域スケール輸送化学モデルを用いて研究した。低気圧の通過に伴う東アジアで強いオゾンの沈降があった1987年5月1~15日の期間を対象として適用した。

M. Fujihara, S. Wakamatsu, K. Yamaguchi, M. Nakao, T. Tatano, T. Sagawa, Annual and seasonal variations in oxidant concentration in Matsue, Japan, *Atmospheric Environment*, 37, 2725 - 2733 (2003)

1989年1月から1997年12月の間で、西風が卓越する日本海沿岸に位置する松江において、地表オキシダント濃度の年々及び季節的傾向を調査した。オキシダント濃度の年々の増加率は、(韓国と中国が風上となる)西風時の方が、(日本が風上となる)南東から南西にかけての風向と比較して、大きくなっていった。これは、松江の西に位置する東アジアの、

特に韓国と中国における NO_x 排出量の増加によるものと結論される。

S. Kato, Y.i Kajii, R. Itokazu, J. Hirokawa, S. Koda, Y. Kinjo, Transport of atmospheric carbon monoxide, ozone, and hydrocarbons from Chinese coast to Okinawa island in the Western Pacific during winter, *Atmospheric Environment*, 38, 2975 – 2981 (2004)

CO、O₃と炭化水素の測定が、2000年の冬季に南日本の沖縄島で実施された。O₃と散発的な高濃度 CO 間に負の相関が観測されるなど、観測された空気は、中国沿岸地域から速い速度で輸送された汚染物質に影響されていることが示唆された。

I. Mori, M. Nishikawa, H. Quan, M. Morita, Estimation of the concentration and chemical composition of kosa aerosols at their origin, *Atmospheric Environment*, 36, 4569 – 4575 (2002)

黄砂エアロゾルはアジア大陸上で起こる砂嵐によって大気中に巻き上げられたミネラルダストから成る。黄砂粒子を大気中に巻き上げた強い砂嵐が、1998年4月14から15日にかけて中国の Badain Jaran 砂漠で起こった。その輸送ルート上の中国と日本の7箇所で黄砂エアロゾルを捕集し、エアロゾルの質量濃度と化学組成濃度を調査した。

T. Ohara, I. Uno, S. Wakamatsu, K. Murano, Numerical simulation of the springtime trans-boundary air pollution in East Asia, *Water, Air, and Soil Pollution*, 130, 295 – 300 (2001)

1993年4月の事例を対象に、地域気象モデルと化学輸送モデルにより東アジアにおける越境大気汚染を裏付けるための数値シミュレーションを行った。その結果、以下の点を示された。(1)硫酸塩エアロゾル、硝酸塩エアロゾル及びオゾンのような大気汚染物質が、総観的気象条件下でアジア大陸から日本列島に輸送されている。(2)越境大気汚染物質は日本の都市の大気汚染を増加させている。(3)将来、日本の大気質は開発途上のアジアにおいて増加する排出により大きく影響を受ける。

M. Zhang, I. Uno, Y. Yoshida, Y. Xu, Z. Wang, H. Akimoto, T. Bates, T. Quinn, A. Bandy, B. Blomquist, Transport and transformation of sulfur compounds over East Asia during the TRACE-P and ACE-Asia campaigns, *Atmospheric Environment*, 38, 6947 – 6959 (2006)

最近見積もられた東アジアの排出インベントリに基づき、2001年2月22日から5月4日の期間中の東アジアにおける硫黄化合物の輸送と変質について、RAMS 及び Models-3 / CMAQ を用いて調査した。

鵜野伊津志, アジアスケールの越境物質輸送モデリング, 大気環境学会誌, 38, 1 – 12 (2003)

アジアスケールの越境大気汚染の研究、特にモデル研究についてまとめたもの。人為起源汚染物質の代表としての硫酸塩の化学輸送モデル結果をもとに総観規模の気象変化との関係、春季の大きな大気環境問題となっている黄砂の輸送モデル開発、さらに化学天気予報の活用についても簡潔にまとめた。

谷本直隆, 大原利眞, 鵜野伊津志, 菅田誠治, 植松光夫, 東アジアにおける炭素粒子動態のモデル解析, 大気環境学会誌, 39, 229 – 245 (2004)

RAMS/CMAQ によって、ACE-Asia 期間中である 2001 年 4 月の元素状炭素 EC と有機炭素 OC の動態を解析したもの。EC 及び OC の東アジアにおける時間変動パターンや空間的分布などの解析を行った。

引用文献

環境省、大気環境モニタリングの在り方に関する検討会、大気環境モニタリングの在り方について報告書、平成 17 年 3 月

富山県環境科学センター、環境とやま、25、2006 年 6 月

秋元肇、光化学オキシダントの逆襲、大気環境学会誌、35、A48 – A51 (2000)

大原利眞・坂田智之、光化学オキシダントの全国的な経年変動に関する解析、大気環境学会誌、38、47 – 54 (2003)

若松伸司編、西日本及び日本海側を中心とした地域における光化学オキシダント濃度等の経年変動に関する研究、国立環境研究所 (2004)