

C-051 アジア大陸からのエアロゾルとその前駆物質の輸送・変質プロセスの解明に関する研究
 (4) 中国大規模発生源地域における大気汚染物質・エアロゾルの観測と解析

東京大学

先端科学技術研究センター 近藤 豊

平成 17~19 年度合計予算額	14, 025 千円
(うち、平成 19 年度予算額	4, 275 千円)

※上記の合計予算額には、間接経費 3, 237 千円を含む

[要旨] アジアの広域でのエアロゾルの分布は、アジア大陸での人為起源エアロゾルの生成、生成源からの輸送、輸送途中での消失過程によって決まる。アジア大陸上での一次エアロゾルの発生量分布は、これまで積み上げ方式による推定はあるものの、その推定誤差は大きい。ここでは、アジアにおけるエアロゾルの主要部分を占めると考えられる元素状炭素 (elemental carbon; EC) の濃度を、関連する一次放出気体である CO、CO₂ と同時に測定し、それらの成分の濃度レベルとその変動、放出比を明らかにする。このことにより、EC の発生源での放出量をより高精度で推定することが可能となり、アジアにおけるエアロゾル分布の実態をより正確に把握できる。本研究では、まずアジアの代表的な大都市である北京市内において長期に EC、CO、CO₂ を高精度で連続観測を行うための観測システムを開発・製作した。これを、2005 年 10-11 月に北京大学構内に設置し、2005 年 11 月-2006 年 1 月、2006 年 3-5 月、8-10 月、2007 年 3 月、8 月、2008 年 1 月、3-4 月と、これらの測定器による集中観測を各季節で実施した。2005 年 11 月から 2006 年 10 月の間の EC、CO、CO₂ の中央値は 5.9 μgC m⁻³、1120 ppbv、438 ppmv である。EC 濃度および EC-CO₂、EC-CO 相関の傾きの中央値が季節によらず安定していること、各季節とも夜間に最大となることが明らかになった。これらのことより、EC 発生源の大きな季節変化はないこと、夜間はディーゼル車からの排気などの付加的な EC の排出があると推定される。また EC、CO 及び EC-CO 相関の傾きに週末の減少はなく、週のサイクルを通しての安定した放出があることが示された。冬季 CO は最大になることも見出し、冬季の暖房が重要な発生源であることが示唆された。しかし EC の対応する変動はなく、冬季の暖房などによる大きな発生はないことが示唆された。観測された ΔCO/ΔCO₂、ΔEC/ΔCO と排出量の統計値から求めた CO/CO₂、EC/CO₂、EC/CO 放出比の比較からこれまでの EC、CO の発生量の統計値の信頼性を推定した。CO、EC のこの領域での統計値は 2 倍程度過大評価している可能性がある。

[キーワード] 炭素性エアロゾル、元素状炭素、有機エアロゾル、一酸化炭素、北京

1. はじめに

近年、東アジアにおける人為的なエアロゾルの増大に伴い、エアロゾルの気候に及ぼす影響が強く懸念されている。エアロゾルは、太陽放射を吸収・散乱することにより大気や地表面を加熱・冷却する。また、エアロゾルは雲粒子の形成の核（雲凝結核）として作用するため、雲物理量（雲粒子の数濃度や粒径）へ

の影響を通じて、雲の反射率（アルベド）や雲量の変化（従って地球の放射収支）、あるいは降水量の変化も引き起こすと考えられている。このため第4次地球温暖化に関する政府間レポート（IPCC レポート）では、エアロゾルの気候影響の重要性を指摘すると共に、その影響の見積りの不確定性が大きいため、影響の定量的評価は気候変動研究の最重要課題としている。

各種のエアロゾルのうち、特に元素状炭素（EC；黒色炭素エアロゾルあるいはブラックカーボンとも呼ばれる）は太陽放射を効率よく吸収し、大気を加熱するため、人為的なエアロゾルの気候影響評価において重要な物質である。また EC はその周囲に付着している PAH などの有害な成分により、人間の健康に悪影響がある。このような背景から、燃焼過程により東アジア域で人為的に排出される元素状炭素による健康・気候影響を高い精度で評価することが必要かつ急務となっている。しかしながら従来の研究では、東アジア最大のエアロゾルの発生域である中国国内での観測データが決定的に不足し、その発生量・濃度分布は未知の状態にある。

2. 研究目的

アジアの広域でのエアロゾルの分布は、アジア大陸での人為起源エアロゾルの生成、生成源からの輸送、輸送途中での消失過程によって決まる。東アジア域の詳細な排出統計（エミッションインベントリ）は、一次エアロゾル成分の元素状炭素（EC）や有機炭素（OC）に関して特に不確定性が大きい。本研究ではアジアの代表的なメガシティでありエアロゾルの主要な発生源である北京とその周辺域で、エアロゾルの化学組成及びその前駆物質の同時観測を行う。EC は化石燃料やバイオマスの燃焼過程で発生するエアロゾルである。アジアの更なるモータリゼーションに伴い、人口が集中するアジアのメガシティでは今後、重要な環境問題になると予想される。3次元化学輸送—放射モデル等を用いて、大気汚染物質放出量に対する濃度分布や健康影響や気候システム応答のアセスメントを行うためには、EC の排出量の推定の信頼性を向上させる必要がある。ここでは比較的統計量の精度がある CO や CO₂ に対する比から、EC の統計量の推定精度を検証しようとする方法をとる。特に、長期観測データを取得し、その日変動・週変動・季節変動を明らかにし、北京周辺での EC 濃度とその発生源の挙動を明らかにし数値モデルに的確に反映させるための基礎を築く。

3. 研究方法

大気汚染物質・エアロゾルの総合観測

本研究では、まずアジアの代表的なメガシティである北京市内において長期に EC、OC、CO、CO₂ の高精度の連続観測を可能にするための観測システムを開発・製作した。

観測成分：測定原理（測定器）・時間分解能

元素状炭素(EC)：光補正／加熱分析法（Sunset Laboratory 社 EC-OC 計）・1時間

有機炭素(OC)：光補正／加熱分析法（EC-OC 計）・1時間

CO 濃度：赤外吸収法測定器・1分

CO₂ 濃度：赤外吸収法測定器・1分

気象測定（気温、湿度、風向、風速、日射）・1分

EC-OC 計で EC、OC を分離して測定するための加熱時間ステップ（温度プロトコル）としては、いわ

ゆる NIOSH に従っている[Kondo et al., 2006; Miyazaki et al., 2006; Bae et al., 2006]。この EC-OC 計を用いて、東京において 3 年間 EC-OC 測定を続けてきている。この測定データを用いて EC 測定精度・誤差の詳細な評価を行った。EC 濃度と加熱型走査型モビリティ分析計 (SMPS) による $1 \mu\text{m}$ 以下のサイズの不揮発性粒子濃度(Non-volatile- PM_{10}) との一致が極めて良いことを見出した[Kondo et al., 2006]。さらに測定された OC はエアロゾル質量分析計 (AMS) から得られる有機エアロゾル濃度(OM ; organic matter)との相関が良いこと[Takegawa et al., 2005、2006]を見出した。またこの OC は OM から導出された有機炭素 OC_{AMS} とよい一致を示す[Kondo et al., 2007]ことを見出した。このように、今回使用する EC-OC 計の測定値を、別の原理による測定と比較することにより評価した結果、本研究で得られる EC, OC 濃度に十分な信頼性があることを把握した。

この観測システムを、2005 年 10-11 月に北京大学構内に設置した。北京は、 $39.13\text{-}41.08\text{N}$, $114.42\text{-}117.50\text{E}$ に位置している (図 1)。この図に EC の排出源の強度分布も示してある。北京の北は山岳地帯であり EC の放出は小さい。北京の南には、都市・工業地域が広がっており EC の発生量が多い。2005 年 11 月-2006 年 1 月、2006 年 3 月-5 月、8 月-9 月、10 月、2007 年 3 月と、これらの測定器による集中観測を各季節で実施した。また 2006 年の 8 月には北京の南 50 km の地点でも同様な観測を実施した。これらの観測は、北京大学との共同で実施した。

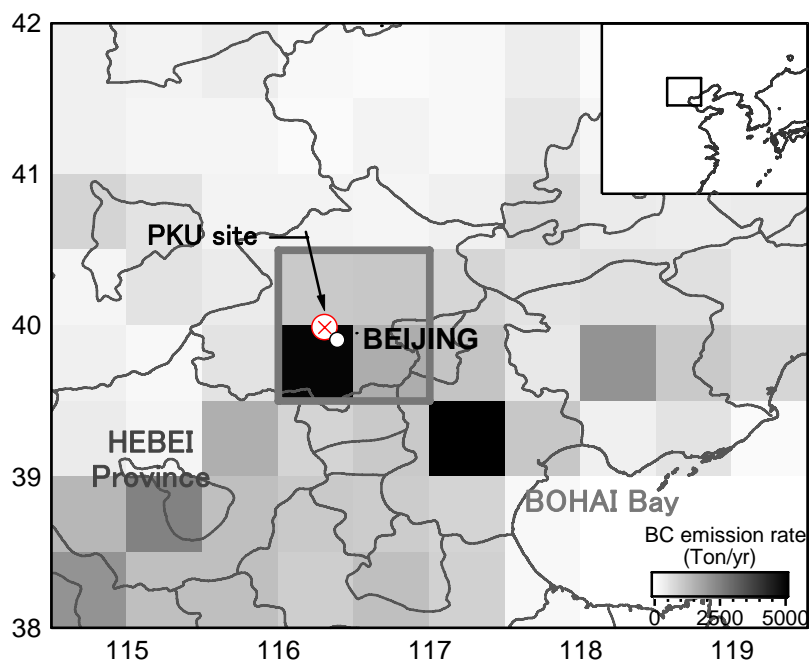


図 1 北京市と北京大学の地図。EC の排出源の強度分布も示してある。

4. 結果・考察

4.1. 時間変動

図2にEC、OC、CO、CO₂の秋・冬季の時系列を示す。EC濃度はOC、CO、CO₂と同期した変動をしている。また、図には示していないが、これらの濃度は、風速と反相関している。これらの量の年、季節別の統計量を表1に示した。図3に各季節でのEC、CO、CO₂の中央値を示した。

EC濃度は0.1から34.5 $\mu\text{gC m}^{-3}$ の間を変動し、中央値は5.9 $\mu\text{gC m}^{-3}$ である。EC濃度中央値の季節変化は小さい。ECの平均濃度は、東京の約3倍である。季節内の変動は冬季が最大である。これに比べCOの季節変動は大きく、冬季に最大となる。このことは冬季には特有のCOの発生源があることを示している。

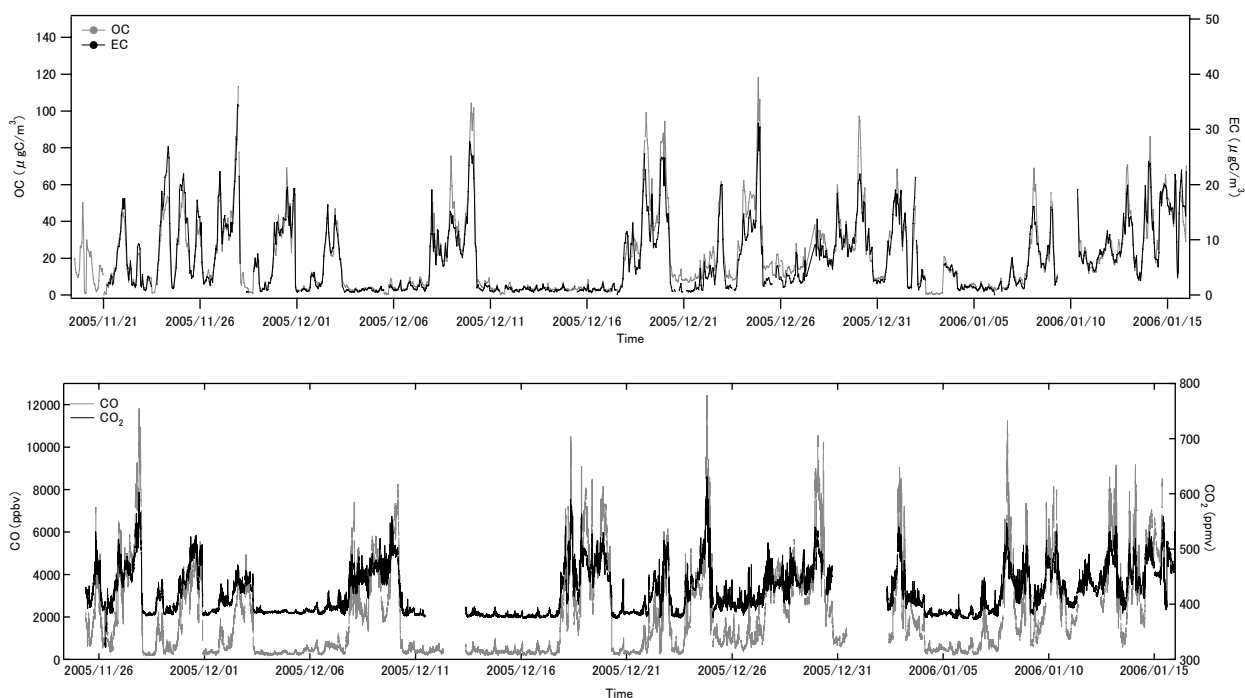


図2 2005年11月より2006年1月に北京において測定されたEC、OC、CO、CO₂濃度

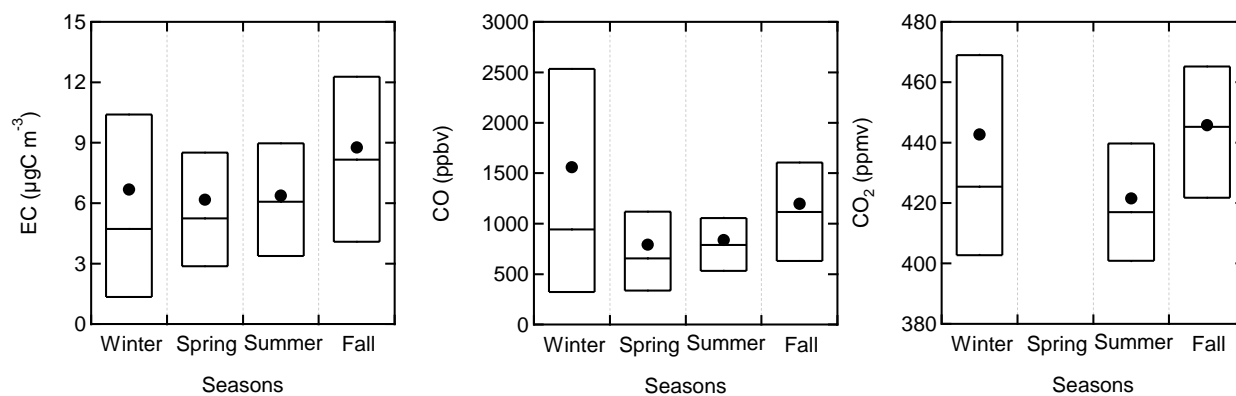


図3 各季節でのEC、CO、CO₂濃度の中央値

表 1. 北京における EC, CO, and CO₂ の年、季節別統計量

	EC ($\mu\text{gC m}^{-3}$)	CO (ppbv)	CO ₂ (ppmv)
Annual average	6.9	1118	438
Median	5.9	841	431
Minimum	0.1	101	350
Maximum	34.5	8318	650
Number of data	1585	1595	1256
Average			
Winter	6.9 (± 6.3)	1557 (± 4529)	443 (± 44)
Spring	6.2 (± 4.2)	790 (± 548)	N/A
Summer	6.4 (± 3.7)	838 (± 446)	423 (± 26)
Fall	8.8 (± 5.6)	1197 (± 713)	446 (± 28)
Average (weak wind condition: $WS \leq 2 \text{ m s}^{-1}$)			
Winter	11.1 (± 6.9)	2081 (± 1474)	475 (± 37)
Spring	8.2 (± 4.3)	1157 (± 553)	N/A
Summer	7.5 (± 3.5)	993 (± 438)	432 (± 24)
Fall	10.2 (± 5.5)	1397 (± 681)	454 (± 27)

(): 標準偏差

4.2. 排出統計

EC、CO は化石燃料やバイオマスの不完全燃焼により直接放出される。CO₂ は燃焼により生成される炭素の酸化物の大部分を占める。CO₂ は生物圏での呼吸でも排出される一方、光合成で吸収される。表 2 は観測サイト近傍でのこれらの成分の排出源の統計を示す [Streets *et al.*, 2003]。この統計によれば

表 2. 観測地周辺 (39.5 °N, 40.5 °N - 116.0 °E 117.0 °E)での EC, CO, CO₂ 排出源の種類と寄与率 (%)。2000 年での統計値 [Streets *et al.*, 2003].

	Domestic sector		Non-domestic sector			Total
	Biofuel	Fossil fuel	Industry	Power	Transportation	
EC	16 (1.4)	23 (2.0)	61*	3*	36*	100 (8.7)
CO	5 (110)	14 (278)	40*	1*	59*	100 (2056)
CO ₂	3 (2084)	14 (9487)	50*	30*	20*	100 (67928)

(): emissions of each species from the domain in units of Gg Species yr⁻¹* proportions of each source in the non-domestic sector [Streets *et al.*, private conversation]

EC、CO、CO₂ 共に非民生セクターからの排出が民生セクターからの排出を上回っている。また非民生セクターの内訳を見ると、EC、CO、CO₂ ではそれぞれ、工業、運輸、工業部門が主要な発生源と推定されている。

4.3 気象条件

北京での気象要素（気温、風速）の季節ごとの値を図4に示した。冬季と夏季には大きな温度差がある。また、冬季から季節の進行と共に風速が弱まっていくことが統計的に示される。図3に示したECの中央値と風速の中央値の相関を示したのが図5である。ECの中央値が風速と共に減少することが分かる。このことはECの発生源の季節変動に比べ、風速の季節変動の方がEC濃度の中央値に大きな影響を与えていることを示している。

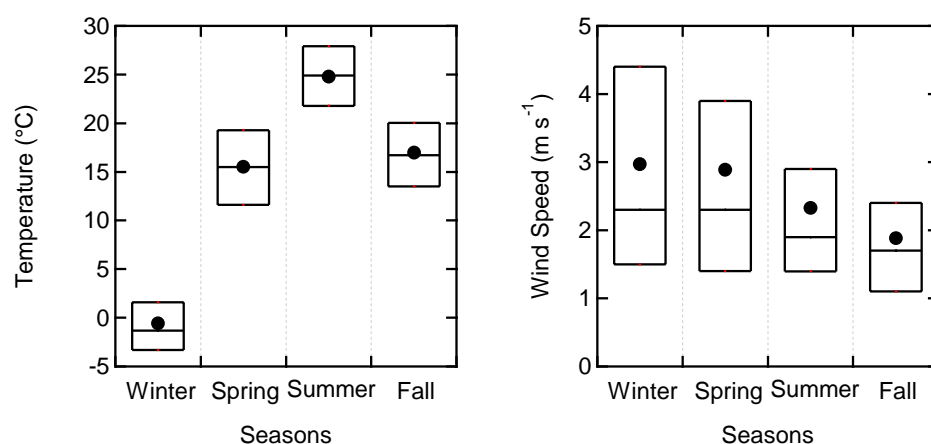


図4 各季節での気温、風速の中央値

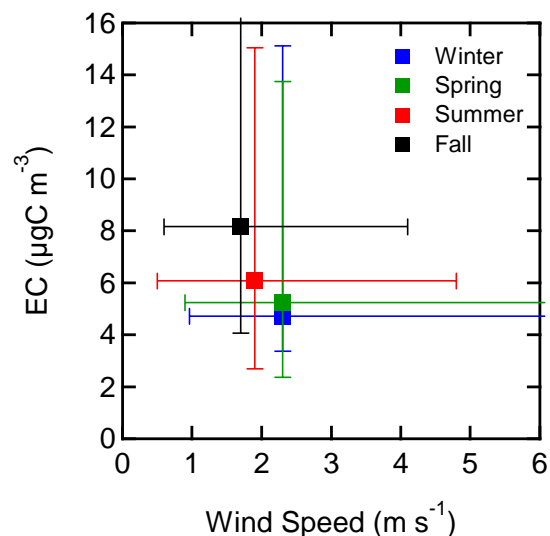


図5 ECと風速の各季節の中央値との相関

ECの風向・風速依存性をさらに詳しく調べたものが、図6である。この図から分かるように冬季にはEC濃度は各季節で明確に風速と共に濃度が低下する。これは風が弱いと、ある空気塊に一定期間

に注入される EC 量が増加することによる。また風速の低下に伴い大気境界層の厚さが薄くなり、放出された EC の上下拡散による希釈が弱まる結果、それらの濃度が増加する。東京でも同様な関係が観測されている[Kondo et al., 2006; Morino et al., 2006]。4 m s⁻¹以上の風速では EC 濃度はほぼ一定となる。

4 m s⁻¹以上の風速では特に EC の風向依存性が大きい。北風領域では特に低濃度になりこの値は、中国北東部のバックグラウンド濃度に近いものを代表すると考えられる。南風の場合は 3 μg m⁻³程度の濃度になっており、北京の南方に EC の発生源が存在していることを示唆している。このことは図 1 の EC の発生源分布と整合している。以下の解析では、2 m s⁻¹以下の弱風条件でのデータの解析を行う。

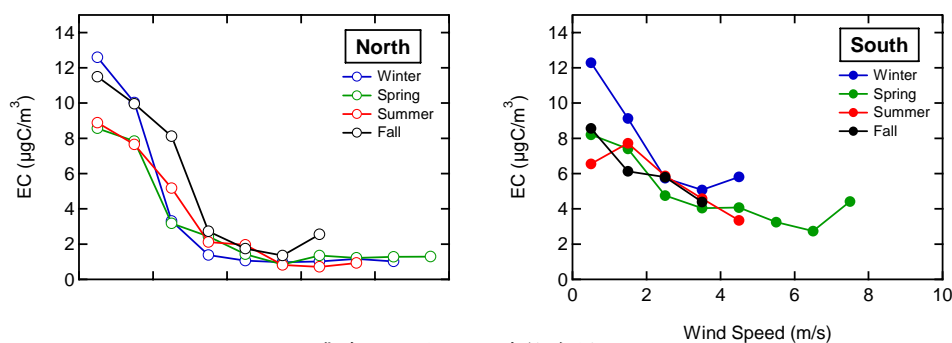


図 6 EC 濃度の風向・風速依存性

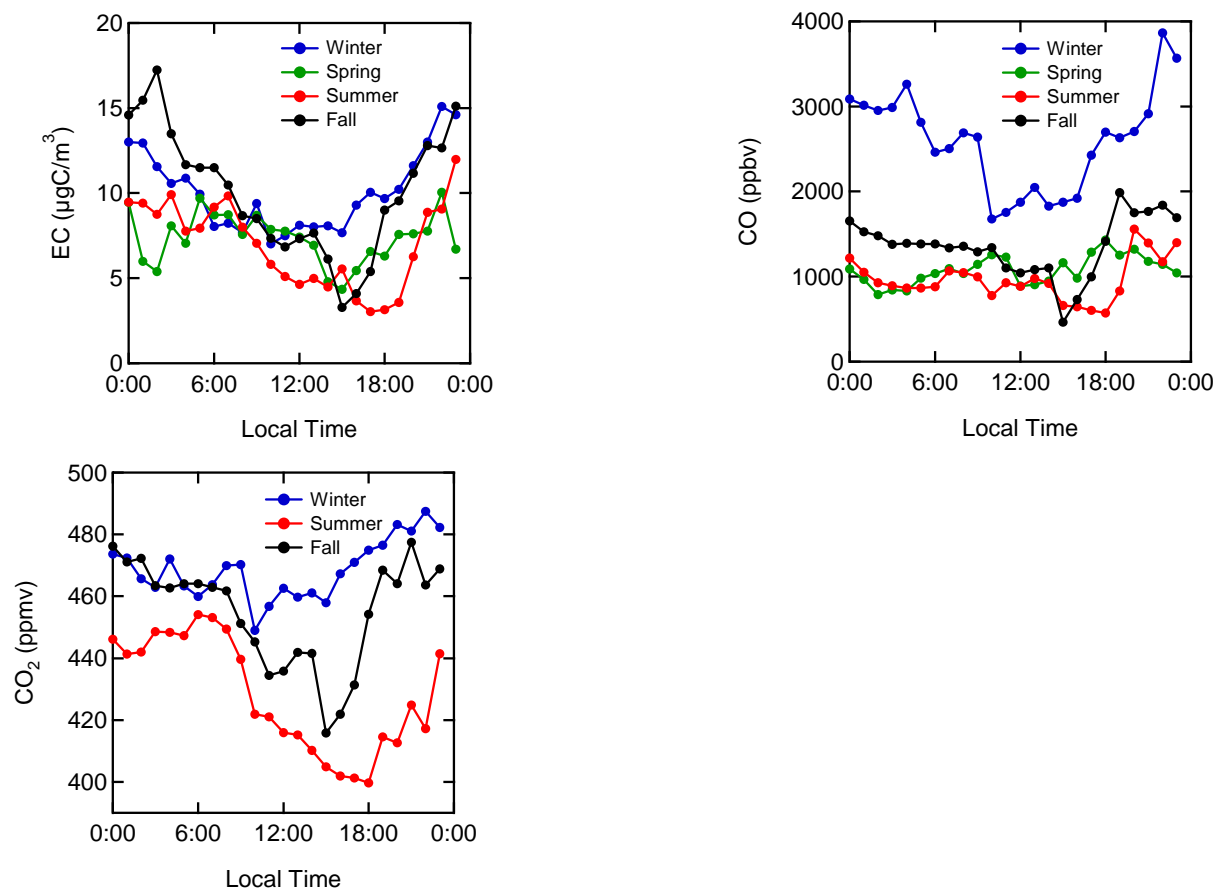


図 7 各季節での EC の日変動

4.4 季節変動・日変動

図 7 に各季節での EC、CO、CO₂ の弱風日の日変化を示す（月曜日から金曜日の平日）。EC は夜間に増加する傾向がある。CO の日変化は EC に比べ小さい。冬季には CO の濃度が他の季節に比べ特に高い。この増加は夜間に顕著である。このことは冬季の夜間に他の季節にはない付加的な CO の発生源があることを示している。

EC 濃度の絶対値とともに、それらの CO、CO₂ との相関も EC の発生源を推定するために重要なパラメーターとなることが Kondo et al. [2006]により示されている。これらの成分の放出後の輸送・希釈過程がほぼ同じであるため、この相関はより強く発生源の特徴を反映しているはずである。特に汚染空気塊は小スケールでの混合を繰り返しているため、これらの成分の濃度比は、ある領域におけるそれぞれの成分の放出量の平均値の比を表すと解釈することが可能である。

図 8 に各季節の CO-CO₂、EC-CO₂、EC-CO 相関を示した。各季節でこれら EC、CO、CO₂ の変動は互いに高い相関をもっていた。前述のように冬季は CO の付加的な排出源があるため CO-CO₂ 相関の傾き ($\Delta\text{CO}/\Delta\text{CO}_2$) は冬季に最大となるが夏季・秋季はほぼ一致している。EC-CO₂ の相関は大きな季節変動はなく、どの季節でも夜間に $\Delta\text{EC}/\Delta\text{CO}_2$ が大きくなっている。このことは EC、CO₂ の発生源共に、大きな季節変動がないことを示している。夜間の EC の発生源としては夜間に交通量が増す大型ディーゼル車からの放出による可能性が高い。

$\Delta\text{EC}/\Delta\text{CO}$ は冬季以外、ほぼ同じ日変動をしている。CO-CO₂、EC-CO₂ の相関の解析からも明らか

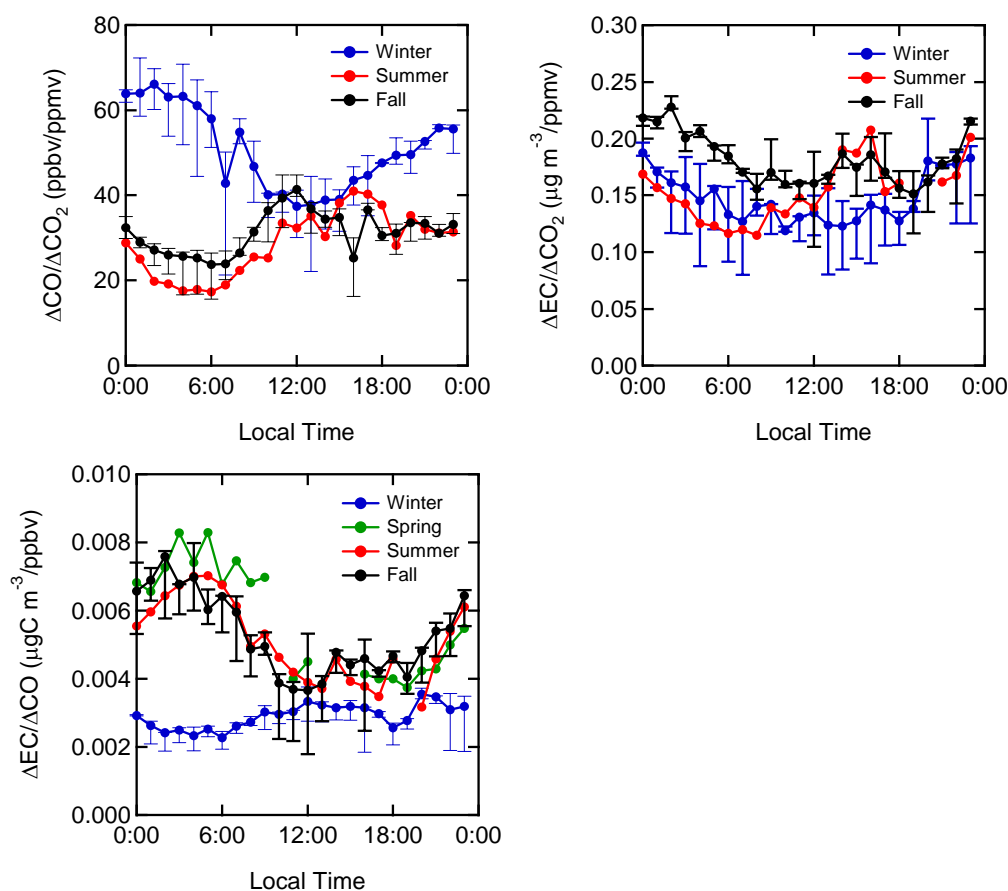


図 8 各季節での $\Delta\text{EC}/\Delta\text{CO}$ の日変動

になったように、このことは、EC 排出の季節変動が小さいこと、また CO は冬季の夜間に冬季特有の大きな発生源があることを示している。この CO の発生源としては、気温の低下する冬季の夜間の暖房用の燃料の燃焼によると推定される。暖房用に石炭の消費量が多いことを考えると、石炭が大きな発生源と思われるが、木材などのバイオ燃料もある程度寄与している可能性がある。

4.5. 週変動

多くの先進国では、産業・経済・社会活動は週の中でサイクルを繰り返し、土曜・日曜その他の休日では大気汚染物質の放出量は平日に比べ大きく低下することが、これまでの研究で知られている [Cerveny and Balling, 1998]。特に多くの都市域では、いわゆる weekend effect (週末効果)として、微量気体・エアロゾルの地上・衛星観測データから明らかになっている。このような効果が北京で見られるか解析を行った。図 9 に各季節での弱風条件での CO、EC の曜日変動を示した。CO、EC 濃度が週末に低下する傾向は見られない。気象条件の違いの可能性を調べるため $\Delta EC/\Delta CO$ の日変動を、weekday と weekend で図 10 に比較した。ここでは冬季のデータは除外してある。やはり、 $\Delta EC/\Delta CO$ においても、weekend effect は見られない。特に夜間の $\Delta EC/\Delta CO$ が変化しないことは、ディーゼル車による EC の放出は週末で変化しないことを示唆している。

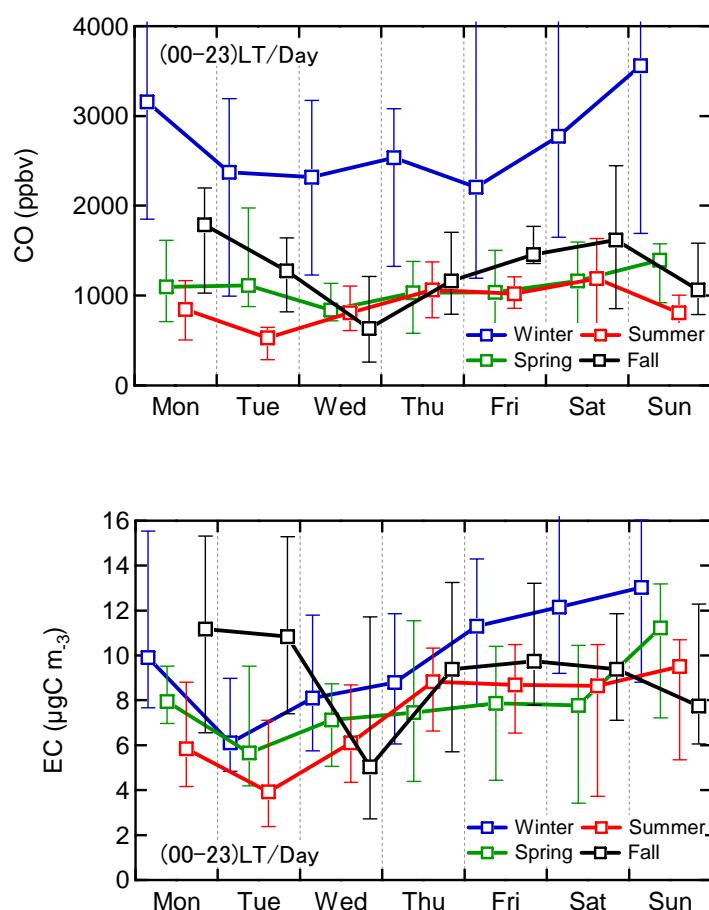


図 9 各季節での CO、EC の曜日変動

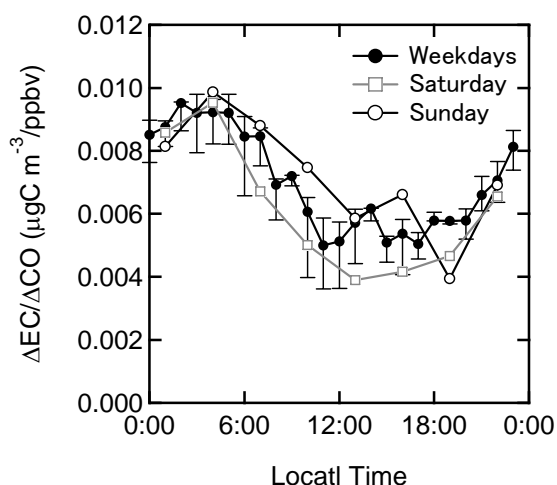


図 10 曜日ごとの $\Delta EC/\Delta CO$ 比の日変動

4.6. $\Delta EC/\Delta CO$ 比の温度変化

これまでの研究ではディーゼルエンジンからの EC の放出量は外気の温度依存性を持つことが報告されている [Ladommatos et al., 1998]。またアメリカのメリーランド州 [Chen et al. 2001] と東京で [Kondo et al., 2006] $\Delta EC/\Delta CO$ 比が温度と共に増加することが観測された。外気温が高くなるほど空気濃度、従って酸素濃度が低下し、燃焼効率が低下する結果 EC が発生しやすくなるメカニズムが提唱されている。図 11 に北京での $\Delta EC/\Delta CO$ 比の温度依存性を示す。5-10 °C の間の変化は見られるものの、10 °C 以上の温度での変化は緩やかである。北京周辺で使用されているディーゼル車の特性によるかもしれないが、温度依存性が弱い原因は現在のところ明確ではない。

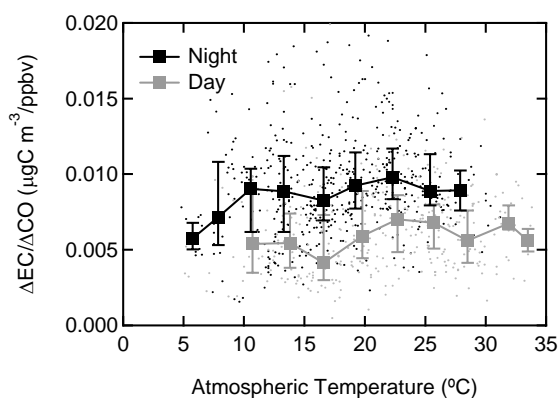


図 11 $\Delta EC/\Delta CO$ 比の温度依存性

4.7. 排出統計量との比較

表 3 に北京周辺の領域 (39.5 °N, 40.5 °N - 116.0 °E 117.0 °E) における民生、非民生セクターにおける CO/CO_2 、 EC/CO_2 、 EC/CO 放出比を示した [Streets et al., 2003]。 EC/CO_2 、 EC/CO 比は民生、非民生セクターで約 3 倍の違いがある。

表 4 に民生、非民生セクター合わせた CO/CO_2 、 EC/CO_2 、 EC/CO 放出比を測定された相関の傾きと比較

した。CO/CO₂、EC/CO₂比は統計量が観測値より約2倍大きくなっている。CO₂の排出統計量が最も信頼性が高いと推定されている[Streets et al., 2003]。CO₂の推定が正確とするならば、CO、ECの統計量は約2倍過大評価されている可能性がある。観測された $\Delta EC/\Delta CO_2$ 比は非民生セクターでのEC/CO₂放出比に近い。統計値では民生セクターの寄与を過大評価している可能性もある。EC/CO放出比は民生、非民生セクターとも大きな差はない。両方のセクターでCOの放出量を過大評価している可能性がある。EC/CO比が統計量と測定値が比較的一致しているのは、CO、ECとも同じ程度、統計量と観測に違いがあるという前述の結果の反映である。このようにこの観測により現在の統計量の不確定性の範囲を示すことができた。

表3. 北京周辺の領域(39.5 °N、40.5 °N - 116.0 °E 117.0 °E)における民生、非民生セクターにおけるCO/CO₂、EC/CO₂、EC/CO比 [Streets et al., 2003].

	CO/CO ₂ (ppbv/ppmv)	EC/CO ₂ ($\mu\text{gC m}^{-3}/\text{ppmv}$)	EC/CO ($\mu\text{gC m}^{-3}/\text{ppbv}$)
Domestic	52.81	0.55	0.0105
Non-domestic	46.49	0.18	0.0034

表4. 民生、非民生セクター合わせたCO/CO₂、EC/CO₂、EC/CO放出比と測定された相関の傾きとの比較。

	Streets et al., [2003]	Day		Night	
		Warm seasons	Winter	Warm seasons	Winter
$\Delta CO/\Delta CO_2$	47.57	24.99 (0.68)	25.02 (0.92)	19.00 (0.60)	34.27 (0.90)
$\Delta EC/\Delta CO_2$	0.24	0.15 (0.74)	0.12 (0.87)	0.16 (0.71)	0.13 (0.85)
$\Delta EC/\Delta CO$	0.0050	0.0054 (0.54)	0.0038 (0.86)	0.0080 (0.67)	0.0040 (0.87)

$\Delta CO/\Delta CO_2$: ppbv/ppmv

$\Delta EC/\Delta CO_2$: $\mu\text{gC m}^{-3}/\text{ppmv}$

$\Delta EC/\Delta CO$: $\mu\text{gC m}^{-3}/\text{ppbv}$

(): correlation coefficient

5. 本研究により得られた成果

(1)科学的意義

北京での元素状炭素エアロゾル (EC) およびトレーサー気体である CO、CO₂ の季節・日・週の変動を初めて長期に測定した。2005年11月から2006年10月の間のEC、CO、CO₂の中央値は5.9 $\mu\text{gC m}^{-3}$ 、1120 ppbv、438 ppmvであることを明らかにした。EC濃度およびEC-CO₂、EC-CO相関の傾きの中央値が季節によらず安定していること、各季節とも夜間に最大となることが明らかになった。これらのことより、EC発生源の大きな季節変化はないこと、夜間はディーゼル車からの排気などの付加的なECの排出があると推定される。またEC、CO、EC-CO相関の週末の減少はなく、週を通しての安定した放出があることが示された。冬季COは最大になることも見出した。冬季の暖房が重要な発生源であることが示唆された。しかしECの対応する変動はなく、暖房に伴うECの発生は重要でないことが示唆される。観測された $\Delta CO/\Delta CO_2$ 、 $\Delta EC/\Delta CO$ と排出量の統計値から求めたCO/CO₂、EC/CO₂、EC/CO放出比の比較からこれまでのEC、COの発生量の統計値の信頼性を推定した。CO、ECのこの

領域での統計値は2倍程度過大評価している可能性がある。

(2)地球環境政策への貢献

北京における EC と冬季の CO の重要な発生源の特徴が理解された。このことは、中国大都市での、炭素性エアロゾルの規制の方策を考える上で極めて重要な情報である。また EC の発生量の推定は地球温暖化に寄与する EC の削減を立案する際の重要なデータとなる。

北京オリンピック開催に向けて、北京の大気汚染物質濃度の低減のための方策を立てその評価を行うための中国の国家プロジェクトが進行している。このプロジェクトに対し、本研究の成果は北京大学を通じて大きな貢献となっている。

6. 引用文献

- Bae, M.-S., C.-S. Hong, Y. J. Kom, J.-S. Han, K.-J. Moon, Y. Kondo, Y. Komazaki, and Y. Miyazaki, Intercomparison of two different thermal-optical elemental carbons and optical black carbon during ABC-EAREX2005, *Atmos. Env.*, 41, 2791-2803, 2007.
- Cerveny, R. S. and R. C. Jr. Balling (1998), Weekly cycles of air pollutants, precipitation and tropical cyclones in the coastal NW Atlantic region, *Nature*, 394, 561-563.
- Chen, A. L. -W., B. G. Doddridge, R. R. Dickerson, J. C. Chow, P. K. Mueller, J. Quinn, and W. A. Butler (2001), Seasonal Variations in Elemental Carbon Aerosol, Carbon Monoxide and Sulfur Dioxide: Implications for Sources, *Geophys. Res. Lett.*, 28(9), 1711-1714.
- Kondo, Y., Y. Komazaki, Y. Miyazaki, N. Moteki, N. Takegawa, M. Nogami, S. Deguchi, M. Fukuda, T. Miyakawa, Y. Morino, D. Kodama, and M. Koike, Temporal variations of elemental carbon in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, 111, D12205, doi:10.1029/2005JD006257, 2006.
- Kondo, Y., Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, Q. Zhang, and D. R. Worsnop, Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, 112, D01203, doi:10.1029/2006JD007056, 2007.
- Ladommatos, N., S. Abdelhalim, and H. Zhao (1998), Control of oxides of nitrogen from diesel engines using diluents while minimizing the impact on particulate pollutants, *Appl. Therm. Eng.*, 18, 963-980.
- 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.
- Streets, D. G., Q. Zhang, L. Wang, K. He, J. Hao, Y. Wu, Y. Tang, and G. R. Carmichael (2006), Revisiting China's emissions after the Transport and Chemical Evolution over the Pacific (TRACE-P) mission: Synthesis of inventories, atmospheric modeling, and observation, *J. Geophys. Res.*, 111 (D14306), doi: 10.1029/2006JD007118.
- Takegawa, N., Y. Miyazaki, Y. Kondo, Y. Komazaki, T. Miyakawa, J. L. Jimenez, J. T. Jayne, D. R. Worsnop, J. Allan, and R. J. Weber, Characterization of an Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer (AMS): Intercomparison with other aerosol instruments, *Aerosol Sci. Technol.*, 39, 760-770, 2005.
- Takegawa, N., T. Miyakawa, Y. Kondo, J. L. Jimenez, D. R. Worsnop, and M. Fukuda, Seasonal and diurnal variations of submicron organic aerosol in Tokyo observed using the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer, *J. Geophys. Res.*, 111, D12206, doi:10.1029/2005JD006515, 2006.

7. 国際共同研究等の状況

北京大学との共同研究：カウンターパート Hu Min 教授・Yuanhang Zhang 教授・Tong Zhu 教授（北京大学環境科学工学科）。本研究の実施に当たり、北京大学の Hu Min 教授と MOU を締結した。本研究で用いられた観測装置は北京大学の構内に設置すること、観測を共同で運用すること、データを共有することなどが合意された。この測定は、北京オリンピック開催に向けて、北京の大気汚染物質濃度の低減のための方策を立てその評価を行うための中国の国家プロジェクトの一環として位置付けられている。特に 2006 年の夏には中国・日本・ドイツ・アメリカが参加した CAREBEIJING 国際共同 Campaign が実施された。この研究で行われた測定は、北京の夏季の大気汚染状況を把握する上で重要なデータとなった。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) Kondo, Y., Y. Komazaki, Y. Miyazaki, N. Moteki, N. Takegawa, M. Nogami, S. Deguchi, M. Fukuda, T. Miyakawa, Y. Morino, D. Kodama, and M. Koike, *J. Geophys. Res.*, **111**, D12205, doi:10.1029/2005JD006257 (2006) “Temporal variations of elemental carbon in Tokyo”
- 2) Miyazaki, Y., Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Komazaki, M. Fukuda, K. Kawamura, M. Mochida, K. Okuzawa, and R. J. Weber, *J. Geophys. Res.*, **111**, D23206, doi:10.1029/2006JD007125, (2006), “Time-resolved measurements of water-soluble organic carbon in Tokyo”.
- 3) Kondo, Y., Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, Q. Zhang, and D. R. Worsnop, *J. Geophys. Res.*, **112**, D01203, doi:10.1029/2006JD007056 (2007), “.Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo”
- 4) Moteki, N. and Y. Kondo, *Aerosol Sci. Technol.*, **41**, 398-417(2007)“Effects of mixing state on black carbon measurements by Laser-Induced Incandescence”
- 5) Kuwata, M., Y. Kondo, M. Mochida, N. Takegawa, and K. Kawamura, *J. Geophys. Res.*, **112**, D11207, doi:10.1029/2006JD007758 (2007) ”Cloud condensation nuclei (CCN) activity of non-volatile particles in Tokyo”
- 6) Miyazaki, Y., Y. Kondo, S. Han, M. Koike, D. Kodama, Y. Komazaki, H. Tanimoto, H. Matsueda, *J. Geophys. Res.*, **112**, D22S30, doi:10.1029/2007JD009116, 2007Chemical characteristics of water-soluble organic carbon in the Asian outflow,.
- 7) Kuwata, M., Y. Kondo, Y. Miyazaki, Y. Komazaki, J. H. Kim, S. S. Yum, H. Tanimoto, and H. Matsueda, *J. Atmos. Chem. Phys. Discuss*, **7**, 15805-15851 (2007) “Cloud condensation nuclei activity at Jeju Island, Korea in spring 2005”
- 8) Moteki, N., and Y. Kondo, *J. Aerosol Sci.*, **39**, 348-364 (2008) “Method to measure time-dependent scattering cross sections of particles evaporating in a laser beam”
- 9) 近藤豊、竹川暢之、小池真、宮崎雄三、駒崎雄一、エアロゾル研究、**21**、287-296 (2006) ”都市域における炭素性エアロゾル生成過程”

<その他誌上発表（査読なし）>

なし

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) 近藤 豊、宮崎雄三、竹川暢之、宮川拓真、R. J. Weber、J. L. Jimenez、Q. Zhang、and D. R. Worsnop、東京における含酸素有機エアロゾルと水溶性有機エアロゾルの相関関係、地球惑星科学連合同大会、幕張メッセ、2006年5月16日
- 2) 宮川拓真、竹川暢之、近藤豊、駒崎雄一、D.R. Blake、福田真 人、茂木信弘、下野彰夫、エアロゾル質量分析計により測定された都市下流域における微小エアロゾルの化学組成、日本地球惑星科学連合2006年大会。
- 3) 近藤豊、宮崎雄三、竹川暢之、宮川拓真、R. J. Weber、J. L. Jimenez、Q. Zhang、and D. R. Worsnop、東京における含酸素有機エアロゾルと水溶性有機エアロゾルの相関、大気化学討論会、山形市蔵王温泉、2006年6月14日
- 4) 近藤豊、極域の気候に關与するエアロゾル研究の新たな展開、極地研究所シンポジウム、東京、2006年11月16日
- 5) 茂木信宏、近藤 豊、宮崎雄三、竹川暢之、駒崎雄一、倉田学児、白井知子、D. R. Blake、宮川拓真、小池 真、Laser-induced incandescence (LII)によるBlack Carbon (BC)の被覆状態測定法の開発と都市plume中におけるBC被覆進行速度の解析、第17回大気化学シンポジウム。
- 6) 桑田幹哲、持田陸宏、近藤 豊、竹川暢之、河村公隆、都市大気エアロゾルの雲凝結核能と揮発性の関係、第17回大気化学シンポジウム、2007年1月、愛知県豊川市。
- 7) 白岩学、近藤 豊、茂木信宏、竹川暢之、宮崎雄三、宮川拓真、児玉大輔、D. R. Blake、金谷有剛、東京の下流域におけるBC混合状態の時間変化、第17回大気化学シンポジウム、愛知県豊川市、2007年1月12日。
- 8) 近藤 豊、竹川暢之、宮崎雄三、炭素性エアロゾル研究の最近の進展、エアロゾル研究ワークショップ、地球フロンティア、新杉田 (神奈川)、2007年2月21
- 9) Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, Q. Zhang, and D. R. Worsnop, Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo, CACGP Conference, Cape Town, September 2006.
- 10) Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, Q. Zhang, and D. R. Worsnop, Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo, Second Korea-Japan-China Joint Conference on Meteorology, Goyang City, Korea, October 11, 2006
- 11) Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, Q. Zhang, and D. R. Worsnop, Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo, AGU Fall Meeting, San Francisco, December 2006.
- 12) M. Kuwata, Y. Kondo, M. Mochida, N. Takegawa, K. Kawamura Cloud condensation nuclei (CCN) activity of non-volatile particles in Tokyo, 2006 AGU fall meeting, December 2006, San Francisco, CA, USA.
- 13) Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, T. Zhu, M. Hu, Y. Zhang, S. Min, and Y. Zhao, Chemical composition of fine mode aerosol observed at Yufa and Beijing during the CAREBEIJING 2006 campaign, Data workshop on CAREBEIJING 2006 campaign, Beijing, January 30, 2007
- 14) Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, M. Koike, Y. Zhang, M. Hu, S. Min, T. Zhu, and Y. Zhao, Chemical

composition of PM₁ aerosol observed in PRD in the summer of 2006, Data workshop on PRD 2006 campaign, Beijing, February 1, 2007

- 15) Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, M. Koike, Y. Zhang, M. Hu, S. Min, T Zhu, and Y. Zhao, Aerosol Chemistry in Tokyo and PRD, International workshop on air quality in the Pearl River Delta Region, Guangzhou, February 2, 2007
- 16) Y. Kondo and N. Takegawa, Impacts of anthropogenic aerosols on climate in Asia, Trilateral Workshop for S&T Cooperation, Fukuoka, March 5, 2007

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 朝日新聞（2007年4月11日夕刊、車の排ガスなどの「すす微粒子」北京、東京の3倍）
- 2) 朝日新聞（2007年8月3日朝刊、都内のすす粒子、半減）
- 3) 読売新聞（2007年8月3日朝刊、都内空 すす半減）
- 4) 毎日新聞（2007年8月3日朝刊、都内都心 すす半減）