

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年3月31日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22710016

研究課題名（和文） 中国北京市及び西安市をモデル都市とする急激な発展に伴う大気環境変動の実態解明

研究課題名（英文） Investigation of the changes in atmospheric environment associated with rapid development of Beijing and Xi'an as typical cities

研究代表者

奥田 知明 (OKUDA TOMOAKI)

慶應義塾大学・理工学部・講師

研究者番号：30348809

研究成果の概要（和文）：中国の大都市における短期的および長期的な大気環境変動の実態解明調査を行った。北京五輪開催に関連した環境規制により、大気粉じん中硫酸イオン濃度は40%減少した。長期的変動に関しては、2005年から2009年にかけて中国北京市における大気中二酸化硫黄濃度は約30%減少した。大気粉じん中硫酸イオン濃度は暖房期20%、非暖房期50%と減少割合が季節によって異なっており、これは気象条件に加えオキシダント濃度の変化が影響していると考えられた。

研究成果の概要（英文）：We investigated the changes in atmospheric environment associated with rapid development in Chinese mega-cities. The pollution control measures associated with the Olympic Games 2008 worked well in reducing sulfate by 40%. The concentration of sulfur dioxide was decreased by 30% from 2005 to 2009 in Beijing. Atmospheric sulfate was decreased by 20% in winter while it was decreased by 50% in summer at the same period. We estimated that this was due to the changes in several meteorological conditions as well as concentration of oxidants.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境変動、東アジア、SO<sub>2</sub>、エアロゾル、水溶性イオン成分、環境規制、北京、オリンピック

## 1. 研究開始当初の背景

21世紀における主要な地球規模の環境問題の1つとして、経済発展が続く東アジア地域から放出される膨大な量の大气汚染物質が引き起こす環境影響が挙げられる。中でも微小な大気粉じん（＝エアロゾル）は大気中に長時間滞留して太陽光や熱放射を散乱・吸収し、地球規模での気候変動に大きな影響を

与えるほか、呼吸と共に生体内に入り込んで様々な健康被害を引き起こす。また有害汚染物質を吸着してその輸送を担う「汚染物質の運び屋」としての働きも近年注目されてきている。多くの人口を抱え、多様な国を含む東アジア地域での環境問題の解決は、21世紀に取り組むべき最重要課題と言える。将来的な大気環境を考える場合、急速な発展が進む東

アジア地域の気象環境状況を常時定量的に把握しておくことは必要不可欠である。東アジア地域から排出されるエアロゾル等の大気汚染物質の量は年々増加している。また東アジア地域から流入する越境大気汚染が我が国の気象環境に悪影響を与えていることが指摘されており、一例として、日本の都市大気における光化学オキシダントの主成分であるオゾン濃度のうちの10-20%が東アジア起源の越境汚染由来であることが報告されている。中国主要都市の急激な発展に伴う気象環境変動を追跡することは、今後の東アジア各都市の発展に伴う環境変動を正確に予測しその対策を講じる上で非常に重要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、東アジア都市域において長期的連続的な大気観測を実施し、急激な発展に伴う気象環境変動の実態解明を行うことを目的とした。

## 3. 研究の方法

北京市では、清華大学環境科学与工程系 (Tsinghua, 北京市中心部より北西約20km) および中国科学院地理科学与資源研究所 (CAS, 同北北東約15km) においてエアロゾル試料の採取を行った (図1)。清華大学は基本的には緑化住宅地域に位置しているが、北京市の主要高速道路である北四環西路に隣接しており、自動車交通の影響を受けると考えられる。また中国科学院は清華大学と立地条件は似ているが、同地点は2008年オリンピック開催に合わせ建設されたプレスセンタービルに隣接している。現地周辺では過去約5年間の発展が顕著であり、環境が大きく様変わりした。西安市では、西安交通大学環境科学与工程系 (西安市中心部より南東約5km) において試料の採取を行った (図2)。同地点の南東約100mには高速道路が (南二環路東段)、また北および東側には住宅街や西安交通大学の校舎があり、試料採取地点付近は西安市の都市部における典型的な区域である。

エアロゾル試料はニトロセルロースフィルター上に捕集した。捕集の際に用いたローボリュームエアサンプラーは、吸引流量約5L/min、1試料あたりの吸引時間は約168時間 (一週間) で使用した。微量金属成分は、三次元偏光光学系エネルギー分散型蛍光X線分析法 (EDXRF) により分析した。また大気粉塵を捕集したフィルターから、超純水により水溶性イオン成分を抽出し、抽出液中のイオン成分 ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) をイオンクロマトグラフィーにより分析した。大気中  $NO_2$  および  $SO_2$  濃度は、北京市環境保護局 (BJEPB) の値を使用した (図3)。



図1 中国北京市における試料採取地点。

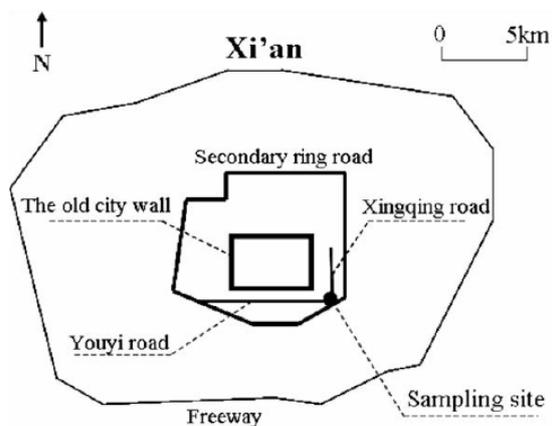


図2 中国西安市における試料採取地点。



図3 中国環境保護局による大気汚染物質測定地点。

#### 4. 研究成果

##### (1) 中国北京市における短期的環境変動

北京五輪開催に伴う環境規制が布かれた期間(2008年7/1-9/20)を『規制期間』とし、それに対応する比較対照期間(2005-2007, 2009年7/1-9/20)を『対照期間』と定義すると、硫酸イオン濃度は対照期間に対して規制期間では41%減少し、これは硫酸イオンの前駆体物質であるSO<sub>2</sub>と同じ傾向を示した。一方硝酸イオン濃度は158%増加し、硝酸イオンの前駆体物質であるNO<sub>2</sub>とは異なる傾向を示した。規制期間および対照期間における後方流跡線解析を行った結果、北京市外部の他地域からの影響は特になかったことがわかった。光化学反応により生成するオゾン等の酸化性物質の増加によって窒素酸化物の酸化が促進され、エアロゾル中硝酸塩濃度が増加した可能性が考えられた。

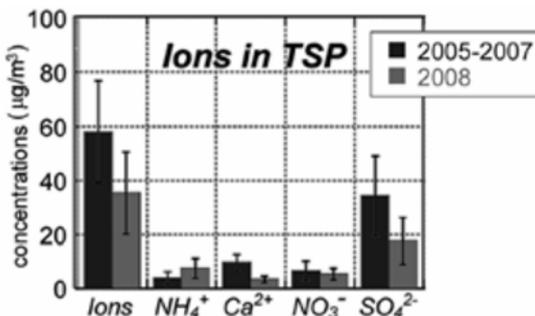


図4 『規制期間』と『対照期間』における中国北京市エアロゾル中水溶性イオン成分濃度。

##### (2) 中国北京市における長期的環境変動

中国北京市における過去約10年間の長期的な大気環境変動の実態解明調査を行った。具体的には、2000年から2010年にかけて北京市におけるエネルギー使用量は2倍になり、またこの間2008年にはオリンピック開催に向けて北京市独自の環境規制が行われたため、これらが大気環境に与えた影響を調査した。その結果、2005年から2009年にかけて中国北京市における大気中二酸化硫黄濃度と大気粉じん中硫酸イオン濃度は約30%減少した(図5)。これは、2000年代後半から急速に設置が進んだ排煙脱硫装置の効果が現れたためと考えられる。その一方で、1年を暖房期(11/15-3/15)と非暖房期(5/15-9/15)に区分した際に、大気中二酸化硫黄濃度は20-30%減少したが、大気粉じん中硫酸イオン濃度は暖房期20%、非暖房期50%と減少割合が季節によって異なっていた(図6)。大気粉じん中硫酸イオン濃度は大気中二酸化硫黄濃度の他に気温や相対湿度等の気象条件や酸化剤としてのオキシダント濃度に依存することが知られているが、本研究において検討した結果、北京市大気粉じん中硫酸イオ

ン濃度の変化はオキシダント濃度の変化により強く影響を受けていることが考えられた。

三次元偏光光学系エネルギー分散型蛍光X線分析法を用いて北京市大気粉じん中金属濃度を測定した。その結果、測定された全ての金属濃度において、2006年から2010年にかけて年率3-16%の割合で減少していた(図7)。これらのことから、近年北京市においてエネルギー使用量自体は増加しているものの、種々の環境規制の効果により、大気汚染物質濃度は減少傾向にあることが明らかとなった。

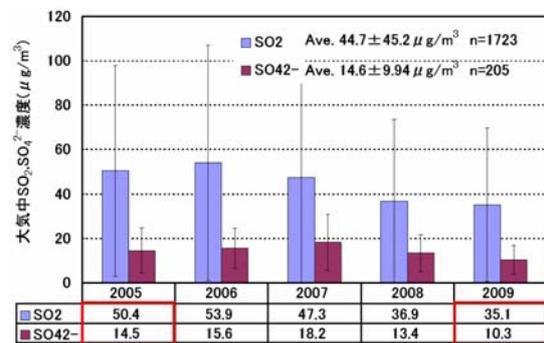


図5 2005-2009年における中国北京市大気中二酸化硫黄濃度と大気粉じん中硫酸イオン濃度の年平均値の推移。

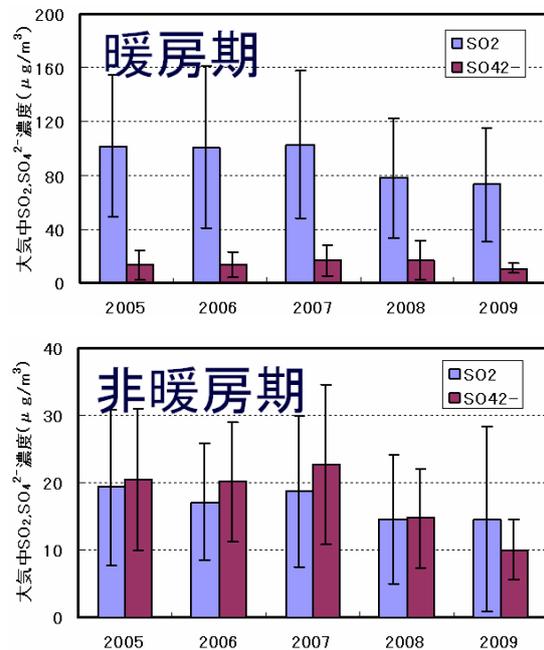


図6 2005-2009年における中国北京市大気中二酸化硫黄濃度と大気粉じん中硫酸イオン濃度の暖房期および非暖房期毎の平均値の推移。

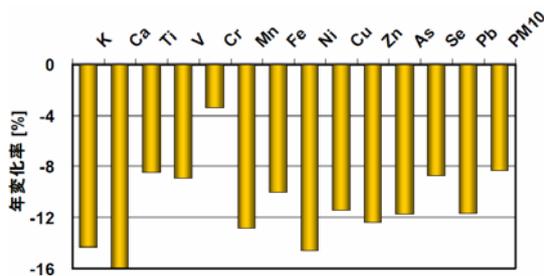


図7 2006-2010年における中国北京市大気中化学成分濃度の年変化率。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- (1) Yang, F., Tan, J., Shi, Z. B., Cai, Y., He, K., Ma, Y., Duan, F., Okuda, T., Tanaka, S., Chen, G., (2012) Five-year record of atmospheric precipitation chemistry in urban Beijing, China, *Atmospheric Chemistry and Physics*, **12** (4), 2025-2035. (査読有)
- (2) Okuda, T., Matsuura, S., Yamaguchi, D., Umemura, T., Hanada, E., Orihara, H., Tanaka, S., He, K., Ma, Y., Cheng, Y., Liang, L. (2011) The impact of the pollution control measures for the 2008 Beijing Olympic Games on the chemical composition of aerosols, *Atmospheric Environment*, **45** (16), 2789-2794. (査読有)

[学会発表] (計6件)

- (1) Okuda, T., Matsuura, S., Yamaguchi, D., Umemura, T., Hanada, E., Orihara, H., Tanaka, S., He, K., Ma, Y., Cheng, Y., Liang, L. The impact of the pollution control measures for the 2008 Beijing Olympic Games on the chemical composition of aerosols. *7th Asian Aerosol Conference*, Xi'an, China, August 17, 2011.
- (2) Okuda, T., Matsuura, S., Yamaguchi, D., Tanaka, S., He, K., Ma, Y., Jia, Y., Zhao, Q., Long-term observation of aerosols in Beijing, China, from 2001 to 2009: The impact of the Olympic Games 2008 on the air quality of Beijing city. *Joint International Symposium on Atmospheric Chemistry: Challenging the Future (12th CACGP & 11th IGAC)*, Halifax, Canada, July 14, 2010.
- (3) 奥田知明、大山愛美里、梅村友章、松浦慎一郎、山口大介、田中茂、賀克斌、馬永亮、梁林林 (2011)、環境規制に伴う中国北京市大気粉塵中化学成分組成の変化、第52回大気環境学会年会、長崎大学、2011年9月15日。
- (4) 奥田知明、Roni MARYANA、山口大介、高田秀重、熊田英峰、畠山史郎、中島典

之、内田昌男、Sri Juari SANTOSA、田中茂、賀克斌、馬永亮、梁林林 (2011) 東アジア都市域エアロゾル中無機化学成分の特徴、第28回エアロゾル科学・技術研究討論会、大阪府立大学、2011年8月27日。

- (5) 奥田知明、松浦慎一郎、山口大介、梅村友章、花田絵里子、田中茂、賀克斌、馬永亮、梁林林 (2010)、オリンピック開催が中国北京市エアロゾル化学組成に与えた影響、第16回大気化学討論会、首都大学東京、2010年11月17日。
- (6) 奥田知明、松浦慎一郎、山口大介、田中茂、賀克斌、馬永亮、趙晴、梁林林 (2010)、オリンピック開催に伴う中国北京市大気粉塵中化学成分組成の変化、第51回大気環境学会年会、大阪大学、2010年9月10日。

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥田 知明 (OKUDA TOMOAKI)

慶應義塾大学・理工学部・講師

研究者番号：30348809

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし