

チョウ ダイシュウ
張 代洲

共同研究者

緒方裕子

(熊本県立大学・博士課程学生・大気化学)

曹仁秋

(東京ダイレック・研究員)

山田丸

(熊本県立大学・PD研究員・大気化学)

長谷徹志

(熊本県立大学・助手・大気物理学)

河本和明

(長崎大学・准教授・大気物理学)

略 歴

1983年 中国北京大学入学(同大学1987年大学卒業、1990年修士、1994年博士)
1994年 北京大学環境科学センター(1996年までポストドク研究員、1998年まで助手)
1997年 名古屋大学外国人研究員(1999年3月まで)
1999年4月 熊本県立大学(2002年3月まで専任講師、2007年3月まで助教授、2007年4月から2010年3月准教授、2010年4月から教授)

高分解能モニタリングによる九州に飛来する
大陸起源汚染物質の動態変化の解析

Evolution of atmospheric pollutants from the Asia continent :
Monitoring with high time resolution at coastal site of Kyushu area

In order to investigate the trans-boundary movement of air pollutants with high time resolution monitoring in East Asia, observations were started in 2008 with high quality instruments at the western coast of Amakusa Islands, Kumamoto. From November 2008 to June 2009, the observations were held at Takahama Kouminkan of Takahama village, where no significant local air pollution was anticipated. However, results show that some of gaseous species such as SO₂ and NO_x some time had clear the diurnal variations, increase in the morning and decrease on the night although the amplitudes were small. For this reason, the observational site was re-set in summer 2009 at a place (N32° 19' , E129° 59' , 35m a.s.l) close to the village but without apparent anthropogenic activities to further refrain from the local influence.

Concentrations of aerosol particles, sulfate, SO₂, NO_x and O₃ were measured at the new observatory from March 2010. Results show that, compared to the results at previous site, diurnal variations of the relevant species due to the local anthropogenic activities and topography did not appear anymore, indicating the effectiveness of the new site for observations of long-range transport air species. From the results in the spring 2010, some interesting aspects were obtained. Here we briefly introduce the current results and discuss the prospect of the site in future studies on atmospheric subjects in the East Asia.

はじめに

近年、東アジアの急速な経済発展に伴い、日本への大陸起源の越境汚染(汚染大気や黄砂)が大きな関心を呼んでいる。特に、中国は大量の石炭を燃料として使用しており、様々な汚染大気(SO₂、NO_x、BC等)を大量に発生している。これら汚染大気のアジアにおける中国の発生量の割合は非常に高く、SO₂(66%)、NO_x(57%)、BC(62%)と見積もられている[Zhang et al., 2009]。

またこれらの越境汚染物質は輸送過程において、周辺の物質や気象条件により、大気中で多様に変化し、日本へ飛来してくる。輸送中にどのような動態変化(化学的な性質の変化、気相からエアロゾルへの変換、粒径の変化)が起きているのかということは注目されている課題である。しかし、これまでに国や研究機関に設置された観測サイトは、電力の供給及び管理上の原因で、ほとんど設置場所の周辺からの影響を避けることができなかった。そこで、本研究は日本の大都市の影響をほとんど受けない熊本県天草市において、汚染物質の高時間分解能モニタリングをおこない、エアロゾルとガス状物質の動態挙動を明らかにし、メソスケール規模の気象場と汚染物質動態変化との相互作用に関する解析を行うことを目的としている。また、将来的には東アジアにおける大気汚染物質の観測ネットワーク構築への参加も考えている。

観測

本財団の支援を受け、2008年10月より熊本県天草市高浜にある公民館(N32° 22' ,E129° 59' , 図1参照)の一室で観測を開始、2009年6月まで連続観測を行った。観測項目は、ガス成分がO₃、SO₂、NO_x、CO濃度、粒子状物質はエアロゾル粒子数濃度、硫酸塩、硝酸塩、BC、OC・EC、PM_{2.5}濃度である。付近は民家や交通量も少なく、目立った工業施設、商業施設もないため、ローカルな影響はほとんどないものと予想されていたが、SO₂、NO_x等のガス成分に小さな日変化が見られ、ローカルな影響が示唆された。

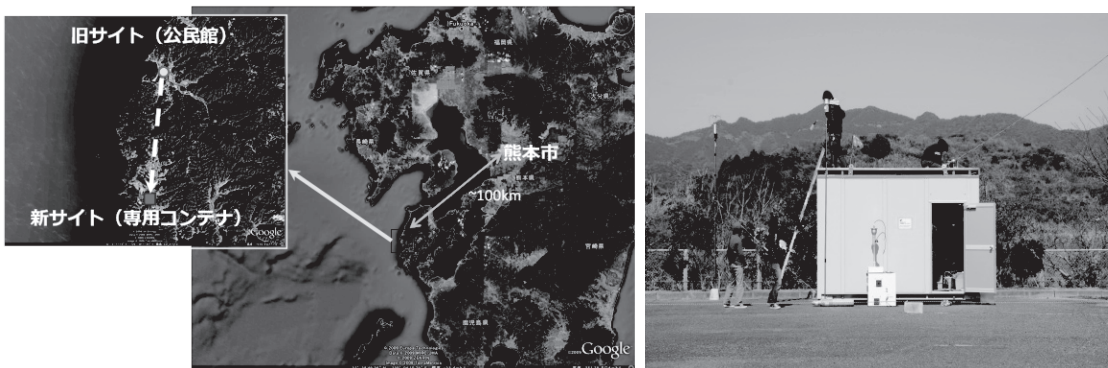


図1 大気観測サイト天草ラボの所在地と外観

そこで、本年度予算を用いて、よりローカルな影響が少ないと考えられる場所へ観測サイトの移設を行った(N32° 19' E129° 59' ,図1参照)。新サイトは専用の観測コンテナ内に計測機器を設置、2010年3月より観測を開始した(図1参照)。新サイトでの観測項目は、ガス成分がO₃(Thermo, USA,

Model 49C)、SO₂(Thermo, USA, Model 43C-TL)、NO_x(Thermo, USA, Model 48C-TL)濃度、粒子状物質はエアロゾル粒子数濃度 (Rion, KC-01D and KC-18)、硫酸塩濃度 (Thermo, USA, Model 5020 SPA)である。

旧サイトと新サイトの観測結果を図2に示す。旧サイトでは、海陸風の影響と見られる日中(海側、西風)と夜間(陸側、東風)で風向が切り替わっていることが分かった。また、SO₂とNO_x濃度も日中に上昇、夜間に減少という日変化が観測された。一方、新サイトにおいては、風向は概ね西風、SO₂とNO_x濃度も日変化もほとんど観測されなくなった。

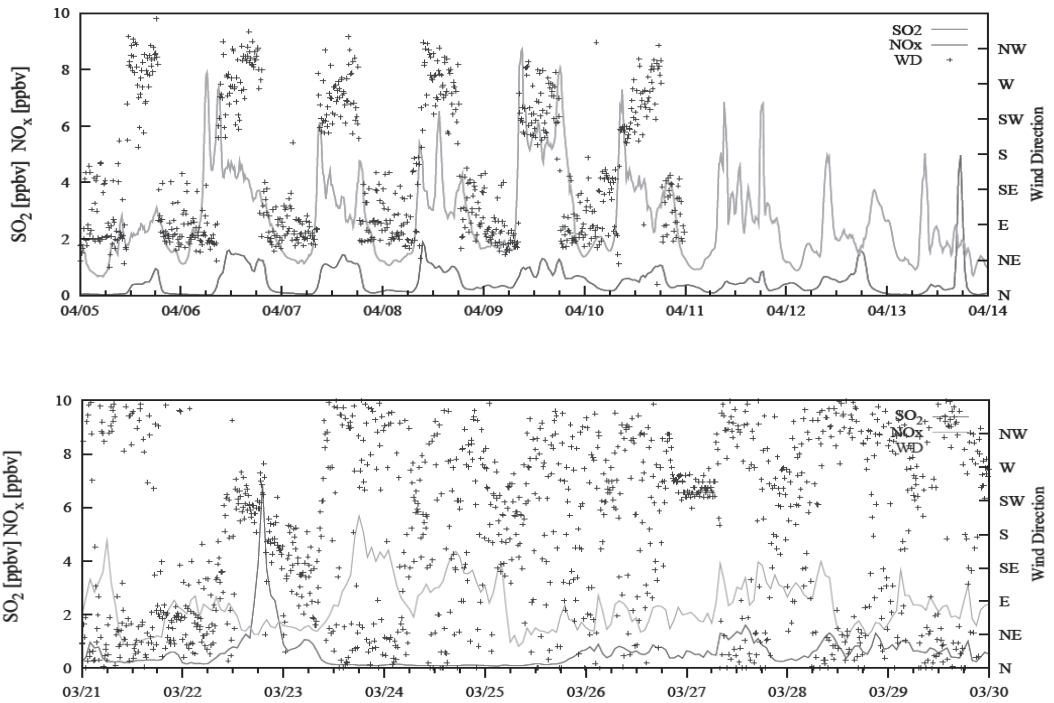


図2 旧サイト(上)と新サイト(下)のSO₂とNO_x濃度変化

図3に3月15日から3月24日のガス濃度(SO₂)とエアロゾル濃度(粒子数濃度と硫酸塩濃度)、気象データの時系列変化を示す。気象データは観測サイト近くの牛深気象台のデータを使用している。期間中の3/15 16:00、3/20 20:00、3/25 15:00に前線が通過している(図3の点線)。表1に観測期間中の統計データを示す。

	Min	Median	Mean	Max	SD
SO ₂ [ppbv]	0.09	0.50	0.74	6.87	0.92
Sulfate [ug/m ³]	0.12	3.25	4.23	20.09	3.41
Pressure [hPa]	1006	1016	1016	1028	4.71
temp [°C]	5.00	12.90	13.02	20.60	3.47
RH [%]	28.00	66.00	65.69	93.00	17.86
WS [m/s]	0.30	3.20	3.55	9.10	2.00

表1 2010/3/15～3/24のSO₂、硫酸塩、気象データの統計値

期間中のガス濃度とエアロゾル濃度の変化をまとめると、①前線通過後(3/15、3/20)に高濃度の硫酸塩イベントと黄砂イベントを観測(3/15~16、3/20~21)。②前線通過時以外にも硫酸塩濃度の増加を観測(3/18、3/19~20)。③SO₂濃度の増加(3/15、3/22)を観測した。これらのイベントをT1:高濃度硫酸イベント(①と②)、T2:ダストイベント、T3:高濃度SO₂イベントの3タイプに分類し、イベント毎に後方流跡線解析(NOAA Hysplit-models, 500m, 72hr)を行った結果を図4に示す。その結果、高濃度硫酸塩イベント(T1,図4(a))は中国起源、ダストイベント(T2,図4(b))はゴビ砂漠起源である可能性が高いことが分かった。また、高濃度SO₂イベント(T3,図4(c))に関しては、観測サイトの南方から空気塊が輸送され(風向も南方)、桜島の噴火に伴う火山性SO₂ガスの影響の可能性が高いことが分かった。実際、桜島は2009年6月から活動を活発化しており、鹿児島地方気象台の発表によれば、期間中は毎日噴火(計29回)、最大で1500mの噴煙を伴う噴火を起こしている。

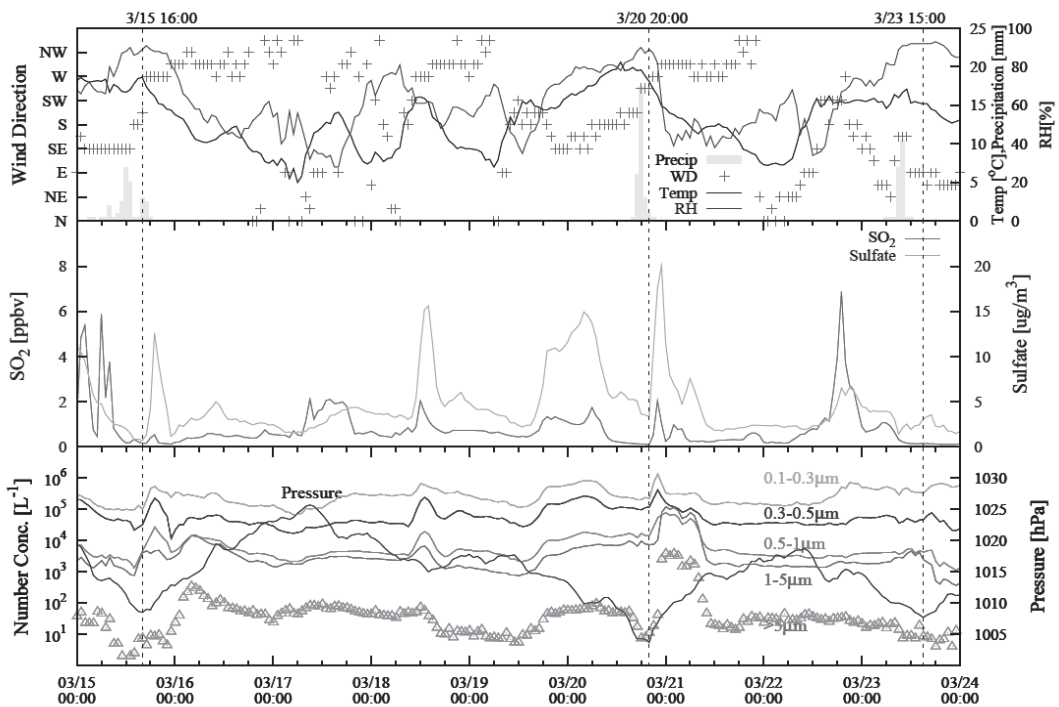


図3 2010年3月天草ラボで観測されたSO₂濃度、硫酸塩濃度、エアロゾル粒子数濃度と気象データの時系列変化

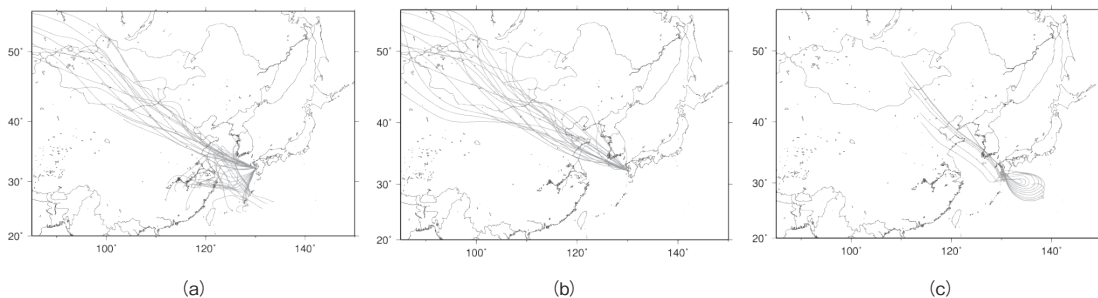


図4 イベント毎の後方流跡線解析結果(NOAA Hysplit-models, 500m, 72hr) (a)高濃度硫酸塩、(b)ダスト、(c)高濃度SO₂ イベント

また、高濃度の硫酸塩イベント期間中は大気が高湿度状態にあった。これは、長距離輸送される過程でSO₂ガスが湿潤な海洋大気や雲中などによって急速に酸化され、硫酸塩に変換された可能性を示している[Seinfeld and Pandis, 2006]。また、2005年春の韓国、済州島での観測（期間平均の硫酸塩濃度： $3.99 \pm 3.40 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、SO₂濃度： $3.1 \pm 2.9 [\text{ppbv}]$ ）[Sahu et al., 2009]と天草での観測を比較すると、SO₂濃度は低く、硫酸塩濃度が高い値を示していることから、天草では長距離輸送によりSO₂ガスが硫酸塩へ変換されている可能性が高いことも分かった。

この様に、新サイト移設後の観測では大陸性の越境汚染の影響が度々観測された。今後は、さらに上記期間外においても、気象場と越境汚染の関連性を調査研究していく予定である。

まとめと今後の展望

2008年春より天草市に観測サイトを立ち上げ、大陸起源汚染物質の高時間分解能モニタリングを長期的に行うための準備を行ってきた。2008年11月2009年6月上旬まで公民館の一室で観測を行ったが、海陸風の影響やガス濃度の日変化が観測された。そこで、観測サイトの移転を行い、2010年3月より観測を開始した。

2010/3/15～3/24の期間中に大陸からの輸送による①高濃度硫酸塩イベント（T1）、②ダストイベント（T2）を観測した。特に前線通過後にはダストイベントを伴う高濃度硫酸塩イベントを観測した。しかし、前線通過を伴わない場合でも大陸からの空気塊が輸送され、高濃度硫酸塩イベントが観測された。後方流跡線解析結果よりT1は中国起源、T2はゴビ砂漠起源の可能性が指摘された。また、南方からの空気塊が輸送された時、桜島の噴火に伴う火山性のSO₂ガスの影響も観測された。

以上のように、新サイトにおいては、旧サイトで見られたようなガス濃度の日変化や海陸風の影響は観測されず、2010年3月の観測では、大陸起源の汚染物質を頻繁に観測し、大陸からの越境汚染をより高精度に計測する環境が整ったと考えられる。すでに熊本大学（硫酸塩計）、名古屋大学（シーロメーター）とは共同研究が行われてきたが、今後はさらに他大学・研究機関との共同研究を推し進めていく予定である。また、これまでは地上大気観測が主であったが、今後は上空大気の観測も構想しており、エアロゾル鉛直構造の解明を目的として、ライダー（名古屋大学）、放射計（東北大学）、係留気球（熊本県立大学）などの研究も計画している。

また、これまでも地元高校へ出張講義や係留気球観測見学などの交流を行ってきたが、今後も天草地区の高校において地学の授業への活用等も視野に入れた話し合いを行い、研究のみに留まらず教育活動へ積極的に参加していく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、財団法人アサヒビール学術振興財団により研究助成金を賜りました。特に、本助成金は観測サイトの運営面に充てられ、安定した運営を行うことができましたことを、ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

Sahu, L. K., Kondo, Y., Miyazaki, Y., Kuwata, M., Koike, M., Takegawa, N., Tanimoto, H., Matsueda, H., Yoon, S. C., and Kim, Y. J.: Anthropogenic aerosols observed in Asian continental outflow at Jeju Island, Korea, in spring 2005, *J. Geophys. Res.*, 114, D03301, doi:10.1029/2008JD010306, 2009.

Seinfeld, J. H., and S. N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, 1326 pp., John Wiley, NewYork, 1998.

Zhang, Q., Streets, D. G., Carmichael, G. R., He, K., Huo, H., Kannari, A., Klimont, Z., Park, I., Reddy, S., Fu, J. S., Chen, D., Duan, L., Lei, Y., Wang, L., and Yao, Z.: Asian emissions in 2006 for the NASA INTEX-B mission, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 9, 4081–4139, 2009