

「地球変動のメカニズム」
平成10年度採択研究代表者

植松 光夫

(東京大学海洋研究所 助教授)

「海洋大気エアロゾル組成の変動と影響予測」

1. 研究実施の概要

船舶を用いて北太平洋洋上のエアロゾル化学成分の同時高分解能測定を行い、海洋大気エアロゾルの生成、輸送、除去過程の解析を進めた。アジア大陸から放出される大気物質が輸送され、北太平洋中央部に到達する間に、鉍物粒子や海塩粒子と反応し、海洋へ降下していく過程や、さらに偏西風による北米大陸への輸送を明らかにした。東アジア域でのVMAP大気観測網による観測結果によって化学輸送モデルの精度を著しく向上させた。化学予報天気図を描き、人為起源物質発生量の変化に対応した自然環境の二次的変化などの予測を目指している。

2. 研究実施内容

本研究プロジェクト (Variability of Marine Aerosol Properties: VMAP) は観測プラットフォームと測定機器の開発と改良、船や島嶼を用いた大気観測、そして観測結果を基にしたモデルの開発という大きく分けて三つのグループが有機的なつながりを持って進められている。

2.1 無人海洋大気観測艇「かんちゃん」の開発と運用

大気エアロゾルやその前駆体である気体成分、海洋表層の物理・生物パラメータを自動航走、あるいは定点保持して連続同時観測が可能なプラットフォームを開発した。東海大、千賀の統括のもと、艇自体と航走関係は、ヤマハ発動機が中心となり、通信系と超高感度大気観測測器システムの開発は紀本電子が行った。また、YOYOシステムをはじめとする海洋観測測器はアレックス電子、ゼニライトブイが担当した。才野クレストでの「カルガモ」との連携運航も検討している。

2002年4月、5-6月にかけて三保沖において定点観測を目的としたSCOOP-0201、0202航海を行った。6月10日から22日まで清水港から岩手県大槌港までの回航観測(SCOOP-0203航海)、約1000kmの航海をほぼ成功させた。東大海洋研所属「淡青丸」KT-02-7航海に併せて、同時海洋観測を行った。この航海での問題点は流れ藻や流れ網がスクリュウに絡み付き、航行が困難になったことである。大槌港へは淡青丸に曳航され、入港した。東大大槌臨海研究センターに陸揚げし、スクリュウガードの取り付け、通信系の安全性を高めるため、

船舶電話に加え、航海可能領域に制限がなくなるインマルサットによる交信ができるように改良を行った。

「かんちゃん」航海において、三宅島雄山から大量の二酸化硫黄ガスだけではなく、アンモニアガスの放出と同時にこれらのガスの反応から生成する硫酸アンモニウムのエアロゾルの海洋への降下は、貧栄養の黒潮域において海洋生物に肥料として付加することが予想される。現在、モデルによる火山起源硫酸エアロゾルの降下量分布と衛星画像によるクロロフィル濃度の変化が見られるかどうか、解析を進めている。

2.2 研究調査船によるVMAP海洋大気測定観測

黄砂が北太平洋洋上に降下し、海水中の微量元素濃度が変化するか、米国の海洋化学グループを始めとする国際共同研究として海洋研究調査船MelvilleのIOC2002航海が2002年5月1日から6月6日まで行われた。大阪港を出港し、ホノルル港入港まで梶井クレストも参加し、海洋大気観測を行った。現在、海洋化学の結果との詳細な比較を行う準備をしている。2002年AGU Fall meetingでの特別セッションでは、シベリアで発生した森林火災から放出された元素状炭素が北太平洋北西部に拡散していた可能性があり、海塩粒子などの変質過程にも影響が見られたことを速報的に報告し、大きな反響と彼らの測定結果の疑問を解き明かす結果と高く評価された。

淡青丸KT02-7次航海（6月15- 22日）においては、三宅島からの噴煙の直接測定をしたが、あまり粒子化が進んでいなかった。また「かんちゃん」との同一海域でのCTD観測を行った。また、ナイトレイト計、サルフェイト計の船上テストを行った。

白鳳丸KH02-3次航海（9月9日- 10月25日）において、秋季の東アジア大陸からの衛星画像でも確認できるほどの人為起源物質の流れ出しを東シナ海中央部で検出した。鉍物粒子がない場合、硝酸塩粒子は海塩粒子との反応により、大粒子として存在するを見出した。しかし、硫酸塩粒子は微小粒子として存在し、その除去機構の大きな違いが沿岸域においても、外洋域においても生じていることが明らかになり、今後、硝酸塩エアロゾルの輸送モデルに不可欠な反応過程として考慮する必要があることがわかった。

「みらい」MR03-K1次航海（2月20日- 3月30日）において、北西部北太平洋での春季の観測を行ったが、黄砂現象の出現はなかったが、数多くの低気圧前線の通過に伴う空気塊の違いの特徴が明らかにできそうである。係留気球によるエアロゾルの鉛直分布と試料採取、船舶用ライダーなど、大気関係の総合観測として取り組んだ。

2.3 化学天気予報

VMAPで用いられた九大、鶴野らによる「化学天気予報システム」(CFORS: Chemical weather FORecast System)は、最新の知見にもとづく地域気象モデルとオンライン結合した物質輸送モデルを用いて構成し、気象の変化に伴う人為起源・自然起源の物質の輸送を予報するためのものである。

現在、ACE-Asiaの集中観測期間中に得られたVMAP観測網データをもとに解析を進め、観測値とCFORSモデル結果が非常に良く一致し、他の多くのモデル結果よりも優れたものであると評価を受けている。現在、着実にいくつかの論文として投稿し、受理されている。

一方、VMAPでの炭素質エアロゾル濃度は、モデル結果と良く合っているが、米国を始めとする測定グループの値よりも低めであり、中島クレストのAPEX集中観測時に奄美大島の観測点で、ハワイ大グループとの相互比較実験を行う。

これらVMAP一連の研究成果公表として、国内での学会発表36件、国外では、4月に北京で開催されたACE-Asia Data Workshop、9月に台北で開催された6th International Aerosol Conferenceでの特別セッション、ギリシャで開催されたThe Joint CACGP/IGAC International Symposium、12月に米国、サンフランシスコで開催された米国地球物理連合秋季大会の特別セッション、3月につくばで開催されたEighth International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Qualityなどで、計46件の発表があった。

ACE-Asiaの成果をJournal of Geophysical ResearchのSpecial Issuesに掲載することになり、VMAP関係者からは、First issueに10編を越える投稿が認められている。

3. 研究実施体制

研究代表者 植松光夫（東大海洋研、助教授）

総括

観測測定グループ

- ① 植松光夫（東大海洋研、助教授）
- ② VMAP地上観測網における観測・測定による化学成分の時空間変動の研究
船舶での海洋大気観測による化学的・物理的プロセス研究
有機エアロゾルの化学的特徴と生成・消滅過程の研究

モデル化グループ

- ① 鶴野伊津志（九大応力研、教授）
- ② 化学天気予報システムの構築
発生源と発生量の推定とモデルへの導入
地上観測網のエアロゾル化学成分データとの比較と解析研究

無人観測艇グループ

- ① 千賀康弘（東海大海洋、教授）
- ② 無人海洋大気観測艇の改良と保守
自動化学分析機器の改良と保守
無人海洋大気観測艇による洋上観測と解析

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

- Carmichael, G.R., Calori, G., Hayami, H., Uno, I., Cho, S.Y., Engardt, M., Kim, S.-B., Ichikawa, Y., Ikeda, Y., Woo, J.-H., Ueda, H., Amann, M., “The MICS-Asia study : model intercomparison of long-range transport and sulfur

- deposition in East Asia” , *Atmos. Environ.*, 36, 175–199, (2002).
- Fang, J., Kawamura, K., Ishimura, Y. and Matsumoto, K., “Carbon isotopic composition of fatty acids in the marine aerosols from the western North Pacific: Implication for the source and atmospheric transport” , *Environ. Sci. & Technol.*, 36, 2598–2604, (2002).
 - Hatakeyama, S., Muramno, K. and Mukai, H., Uno, I., Bandow, H., “Analysis of the Plume from Mt. Sakurajima and Kagoshima City by Aerial Observations of Atmospheric Pollutants and Model Studies: The IGAC/APARE/PEACAMPOT Campaign over the East China Sea” , *J. Aerosol Res.*, 17, 39–42, (2002).
 - Kanaya, Y., Nakamura, K., Kato, S., Matsumoto, J., Tanimoto, H. and Akimoto, H., “Nighttime variations in HO₂ radical mixing ratios at Rishiri Island observed with elevated monoterpene mixing ratios” , *Atmos. Environ.*, 36, 4929–4940, (2002).
 - Kanaya, Y., Yokouchi, Y., Matsumoto, J., Nakamura, K., Kato, S., Tanimoto, H., Furutani, H., Toyota, K. and Akimoto, H., “Implications of iodine chemistry for daytime HO₂ levels at Rishiri Island” , *Geophys. Res. Lett.*, 29, doi: 10.1029/2001GL014061, (2002).
 - Koarashi, J., Amano, H., Andoh, M., Iida, T. and Moriizumi, J., “Estimation of ¹⁴CO₂ flux at soil-atmosphere interface and distribution of ¹⁴C in forest ecosystem” , *J. Environ. Radioact.*, 60, 249–261, (2002).
 - Matsunaga, S., Mochida, M., Saito, T. and Kawamura, K., “In situ measurement of isoprene in the marine air and surface seawater from the western North Pacific” , *Atmos. Environ.*, 36, 6051–6057, (2002).
 - Mochida, M., Kitamori, Y., Kawamura, K., Nojiri, Y. and Suzuki, K., “Fatty acids in the marine atmosphere: Factors governing their concentrations and evaluation of organic films on sea-salt particles” , *J. Geophys. Res.*, 107, doi:10.1029/2001JD001278, (2002).
 - Nakatsuka, T., Yoshikawa, C., Toda, M., Kawamura, K., Wakatsuchi, M., “An extremely turbid intermediate water in the Sea of Okhotsk: Implication for the transport of particulate organic carbon in a seasonally ice-bound sea” , *Geophys. Res. Lett.*, 29, doi: 10.1029/2001GL014029, (2002).
 - Narukawa, M., Kawamura, K., Li, S.-M. and Bottenheim, J.W., “Dicarboxylic acids in the arctic aerosols and snowpacks collected during ALERT2000” , *Atmos. Environ.*, 36, 2491–2499, (2002).
 - Ooki, A., Uematsu, M., Miura, K., and Nakae, S., “Sources of sodium in atmospheric fine particles” *Atmos. Environ.*, 36, 4367–4374, (2002).
 - Pochanart, P., Akimoto, H., Kinjo, Y. and Tanimoto, H., “Surface ozone at

four remote island sites and the preliminary assessment of the exceedances of its critical level in Japan” , Atmos. Environ., 36, 4235-4250, (2002).

- Saito, T., Tsunogai, U., Kawamura, K., Nakatsuka, T. and Yoshida, N., “Stable carbon isotopic compositions of light hydrocarbons over the western North Pacific and implication for their photochemical ages” , J. Geophys. Res., 107, ACH 2-1 to 2-9, (2002).
- Sasakawa, M., and Uematsu, M., “Chemical composition of aerosol, sea fog and rainwater in the marine boundary layer of the northwestern North Pacific and its marginal seas” J. Geophys. Res., 107, doi:10.1029/2001JD001004 (2002).
- Sugimoto, N., Matsui, I., Shimizu, A., Uno, I., Asai, K., Endoh, T., Nakajima, T., “Observation of dust and anthropogenic aerosol plumes in the Northwest Pacific with a two-wavelength polarization lidar on board the research vessel Mirai” , Geophys. Res. Lett., 29, doi:10.1029/2002GL015112, (2002).
- Taguchi, S., Iida, T. and Moriizumi, J., “Evaluation of the atmospheric transport model NIRE-CTM-96 by using measured radon-222 concentration” , Tellus 54B, 250-268, (2002).
- Tanimoto, H., Furutani, H., Kato, S., Matsumoto, J., Makide, Y. and Akimoto, H., “Seasonal cycles of ozone and oxidized nitrogen species in Northeast Asia, 1, Impact of regional climatology and photochemistry observed during RISOTTO 1999-2000” , J. Geophys. Res., 107, doi:10.1029/2001JD001496, (2002).
- Tanimoto, H., Wild, O., Kato, S., Furutani, H., Makide, Y., Komazaki, Y., Hashimoto, S., Tanaka, S. and Akimoto, H., “Seasonal cycles of ozone and oxidized nitrogen species in Northeast Asia, 2, A model analysis of the roles of chemistry and transport” , J. Geophys. Res., 107, doi:10.1029/2001JD001497, (2002).
- Uematsu, M., Yoshikawa, A., Muraki, H., Arao, K., and Uno, I., “Transport of mineral and anthropogenic aerosols during a Kosa event over East Asia” J. Geophys. Res., 107, doi:10.1029/2001JD000333 (2002).
- Ueno, T., Nagao, S. and Yamazawa, H., “Atmospheric deposition of ⁷Be, ⁴⁰K, ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb during 1993-2001 at Tokai-mura, Japan” , J. Radioanal. And Nucl. Chem., 255(2), 335-339, (2003).
- Wang, Z., Akimoto, H., Uno, I., “Neutralization of soil aerosol and its impact on the distribution of acid rain over east Asia: Observations and model results” , J. Geophys. Res., 107, doi:10.1029/2001JD001040, (2002).
- Zhang, M., Uno, I., Sugata, S., Wang, Z., Byun, D., “Numerical study of boundary layer ozone transport and photochemical production in east Asia in

- wintertime” , *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1029/2001GL014368, (2002).
- Kawamura, K., Ishimura, Y. and Yamazaki, K., “Four year observation of terrestrial lipid class compounds in marine aerosols from the western North Pacific” , *Global Biogeochemical Cycles*, 17, doi: 10.1029/2001/GB001810, (2003).
 - Sasakawa, M., Ooki, A., and Uematsu, M., “Aerosol size distribution during sea fog and its scavenge process of chemical substances over the northwestern North Pacific” *J. Geophys. Res.*, 107, doi:10.1029/2002JD002329, (2003).
 - Seki, O., Kawamura, K., Nakatsuka, T., Ohnishi, K., Ikehara, M. and Wakatsuchi, M., “ Sediment core profiles of long-chain alkanes in the Sea of Okhotsk: Enhanced transport of terrestrial materials in the last deglacial to the early Holocene” , *Geophys. Res. Lett.* ,30, doi: 10.1029/2001GL014464, (2003).
 - Uematsu, M., Wang, Z., Uno, I., “Atmospheric input of mineral dust to the western North Pacific region based on direct measurements and a regional chemical transport model” , *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi:10.1029/2002GL016645, (2003).
 - 植松光夫「海洋生物生産の加速と海洋大気」月刊海洋, 34, 151-155, (2002).
 - Uematsu, M. and Odate, T, “Status and future plans for SOLAS-Japan” *PICES Press*, Vol.10, No..2, 18-20 (2002).
 - 植松光夫「大気海洋物質交換における長期観測の展望」月刊海洋, 34, 651-659, (2002).
 - 大木淳之, 三浦和彦, 植松光夫「海洋生物生産によるエアロソルの生成と雲核形成への影響」月刊海洋, 34, 227-231, (2002).
 - 神田 学・張 翔雲・鵜野伊津志・川島茂人・高橋裕一・平野元久「地域気象モデルによる花粉飛散の数値シミュレーション」*天気*, 49, 267-277, (2002)
 - 松本公平・河村公隆・内田昌男・柴田康行「有機分子レベル放射性炭素年代測定法の地球化学への応用とその意義」*地球化学*, 36, 149-159, (2002) .
 - 鵜野伊津志・天野宏欣・木下紀正・荒生公雄・村山利幸・松井一郎・杉本伸夫「地域気象モデルと結合した黄砂輸送モデルの開発と1998年4月の黄砂シミュレーション」*天気*, 50, 17-29, (2003).
 - 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) .
 - 吉田保衡・鵜野伊津志・木下紀正・小山田 恵「火山ガスの3次元流れの追跡：ラグランジュ粒子モデルの応用」*南太平洋海域調査研究報告「列島火山の噴煙活動を探る」*木下紀正編, 37, 98-105, (2003) .
 - 三浦和彦：2.1節 大気の組成、2.4節 大イオンとエアロゾル、2.5節 大気電気伝導率

と気柱抵抗、日本大気電気学会編「大気電気学概論」， pp238、コロナ社、78-80， 90-113， (2003)

(2) 特許出願

なし