

「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

新しい観測手段を開発し、船舶、島嶼観測によって西部北太平洋洋上のエアロゾル化学成分の時空間的分布を捉え、異なる発生源からのエアロゾル生成、輸送、除去過程を明らかにしてきた。得られた広域で高時間分解能を持つ観測結果からモデルによる再現性を著しく向上させ、72 時間後の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予測の精度を高めつつある。

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、船舶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。

2001 年 3 月に相模湾において、東大海洋研所属「淡青丸」KT-01-01 航海に併せて、同時試験観測を行った。実際の運用のため、「かんちゃん」を清水港へ移動させ、最終的な作動試験を行い、2001 年 5 月に清水港から「かんちゃん」の観測航海の母港となる八丈島、神湊港への SCOOP-0101 航海を成功させた。その後、八丈島西方海域の観測航海 SCOOP-0102 航海を行い、様々な問題点を洗い出した。2001 年 12 月に八丈島から清水港に向けての SCOOP-0103 航海を行い、清水、三保マリーナにおいて、改良を行った。

「かんちゃん」で得られた SCOOP-0101 次と 0103 次航海において、三宅島の噴煙を横切り、大量の二酸化硫黄ガスやアンモニアガスを検出した。それ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エアロゾルを測定した。いままで火山性のアンモニアガスの放出についてはほとんど報告例がなく、日本国内だけではなく、国際的にも大きな関心を集めている。三宅島火山から噴出した大量の窒素化合物は、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、現在、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、また窒素の安定同位体からその起源の同定を進めている。

2-2 ACE-Asia 集中観測における VMAP 観測活動

2001年4月、5月にかけて行われたアジアにおける Aerosol Characterization Experiments (エアロゾル特性観測計画)、ACE-Asia 国際共同集中観測は、北大西洋までも輸送された例年にない大規模な4月10日前後の黄砂をはじめとする黄砂現象の頻発する中、興奮に包まれて終了した。我々 VMAP グループ (東大海洋研、植松ら) は地上観測網として大気物質輸送パターンを明確にするため、東経140度線に沿って北緯42度に存在する利尻島から佐渡島、八丈島、そして、北緯27度に位置する父島の4観測点でエアロゾルと気体成分の連続測定を2001年3月から開始した。アジア大陸から西部北太平洋上へ輸送される黄砂と、それに伴って運ばれる人為起源物質の時間的、地理的分布がこの VMAP 観測網で明らかになりつつある。また米国研究者をはじめとする国際共同観測グループが、発生源である中国内陸部での観測、米国の「空飛ぶ実験室」と呼ばれる大型観測航空機 C-130 や研究調査船 Ron Brown、韓国の済州島などでも同時観測を行った。これら米国の航空機や研究船に VMAP メンバー (北大低温研、河村ら) が参加した。我々の観測結果も含め、総合的な事例解析が現在、進められている。

集中観測期間中、日本では VMAP メンバー (東京理科大、三浦ら) を中心に船舶を用いた海洋大気観測が海洋地球観測船「みらい」MR01-K02 航海 (亜熱帯・亜寒帯循環の研究) で行われた。東経146度を中心に北緯30-40度の海域で、洋上大気化学組成だけではなく、係留気球によるエアロゾルの鉛直分布と試料採取、戦略基礎研究の APEX メンバー (東大、中島ら) による雲レーダーをはじめ、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。航海中は九大、鶴野らのモデルによる72時間前の予報をもとに観測体制を敷き、予想通り、5月18日には黄砂の飛来を観測した。現在、今までになかった鉛直分布の測定結果の解析や天然放射性核種を用いたエアロゾルの寿命についての解析が進められている。

VMAP プロジェクトが開始されて以来、船舶観測によって、エアロゾルの生成や除去過程の研究、海洋生物生産の高い海域やバックグラウンド大気での観測を行ってきた。その結果、海洋表面で濃縮されている有機物が起源となって有機エアロゾルが生成されることや、海洋から放出された有機性気体が粒子化され、エアロゾルとなって日周変化をしている可能性が示唆された。また、北部北太平洋で夏に高頻度に発生する海霧は pH2.8 から 4.5 程度の酸性霧であり、その起源は人為的なものに起因する場合もあるが、オホーツク海などでは海洋生物から放出される硫黄化合物であることが三年間にわたる観測からわかってきた。2000年5月の航海では黒い海霧を観測し、ロシアの極東地域の森林火災で発生したエアロゾルがオホーツク海、ベーリング海に広く拡散していることがわかり、衛星画像からも確かめられた。この森林火災によるエアロゾルの海洋への降下量は、インドネシアの1997年に発生した大規模な森林火災に匹敵する規模であった。海洋環境への影響は今後の課題となるであろう。海洋大気エアロゾルの分布や量的な見積もりにはさらなる観測が必要であることはいうまでもない。

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。

ACE-Asia の観測期間中には数度の大規模な黄砂が発生し、特に、4月6日から8日にかけて中国の砂漠で発生した黄砂は沿海州北部の寒冷渦(低気圧)に巻き込まれ高濃度のまま、北太平洋を横切り北米東岸まで達した。また、その翌週には黄砂が西日本を覆う様子が予報された。これらの予報結果はNASAの海色センサー衛星 SeaWiFS の観測結果と一致していた。しかし、モデル結果と観測の不一致の場合を検討し、中国大陸に新たなる黄砂の発生源となる乾燥地帯が広がりつつあることが確認でき、モデルによる再現性が大幅に改善された。

観測とモデルの結果を解析することで、黄砂が硫酸塩に数時間の遅れを持って日本に飛来することや、従来知られていなかった東南アジアの焼畑に伴うススや一酸化炭素が日本に輸送されることがわかりつつある。今後の詳細な解析が期待されている。

これら VMAP 一連の研究成果は、ACE-Asia の成果の一部として10月に岐阜で開催された2001年度日本気象学会秋季大会の特別セッション、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において13編が発表された。

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

観測機器開発グループ

- 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. 研究成果の発表

(1) 論文発表

- 大原利眞・若松伸司・鶴野伊津志「関西地域における春季高濃度汚染の数値シミュレーション(2)汚染発生機構の感度解析」大気環境学会誌, 36, p.231-243, (2001).
- 村山利幸「エアロゾルの鉛直分布の経時変化(ライダー観測)」エアロゾル研究, 16, p.111-117, (2001).
- 笹川基樹・植松光夫「大気から海洋に降下する窒素化合物の挙動とその降下量」月刊海洋, 33, p.483-486, (2001).
- 池原 実・竹本紀之・大河内直彦・河村公隆「南大洋表層堆積物における多環芳香族炭化水素の緯度分布」, 地球化学, 35, p.73-84, (2001).
- 田中伸幸・河村公隆「東京郊外で同時に採取したエアロゾルおよび降水試料中の中性脂質成分の経時変化」地球化学, 35, p.169-182, (2001).
- 三浦和彦・原 壮史・宇井剛史・早野輝朗「海塩粒子の変質」月刊海洋, 34, p.208-213, (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ゾルの生成と雲核形成への影響」月刊海洋, 34, p.227-231, (2002).
- 永尾一平・松本 潔・田中 浩「大気 DMS・エアロゾル・雲核間の相互関係」月刊海洋, 34, p.214-220, (2002).
- 植松光夫「海洋生物生産の加速と海洋大気」月刊海洋, 34, p.151-155, (2002).
- Aranami, K., Watanabe, S., Tsunogai, S., Ohki, A., Miura, K. and Kojima H., " Chemical assessment of oceanterrestrial sulfur in the marine boundary layer over the northern North Pacific during summer" , J. Atmos. Chem., 41, p.49-66, (2002).
- Miura, K., Hara, T., Ui, T., Kishida, T., Sugimoto, N., Matsui, I., Kojima, H., Uematsu, M., Hara, K. and Nakae, S., " Observation of aerosols by using kytoon on R/V MIRAI in the Japanese pre ACE-Asia cruise" , J. Aerosol Science, 32, S473-S474, (2001).
- Mukai, H, Machida, T., Tanaka, A., Vera, YP., Uematsu, M., " Lead isotope ratios in the urban air of eastern and central Russia" , Atmospheric Environment, 35, p.2783-2793, (2001).
- Murayama, T., Sugimoto, N., Uno, I., Kinoshita, K., Aoki, K., Hagiwara, N., Liu, Z., Matsui, I., Sakai, T., Shibata, T., Arao, K., Sohn, B.J., Won, J.-G., Yoon, S.-C., Li, T., Zhou, J., Hu, H., Abo, M., Iokibe, K., Koga, R., and Iwasaka, Y., " Ground-based network observation of Asian dust events of April 1998 in east Asia" , Journal of Geophysical Research, 106, p.18345-18359, (2001).
- Murayama, T., Sugimoto, N., Matsui, I., Liu, Z., Sakai, T., Shibata, T., Iwasaka, Y., Won, J-G., Yoon, S-C., Li, T., Zhou, J. and Hu, H., " Lidar Network Observation of Asian Dust" , in Advances in Laser Remote Sensing - Selected Papers presented at the 20th International laser Radar Conference (Edition d'Ecole polytechnique), p.169-172, (2001).
- Murayama, T., " Formation of ice cloud from Asian-dust particles in the upper

troposphere” , Proc. SPIE, p.218-225, (2001).

- Uno, I., Amano, H., Emori, S., Kinoshita, K., Matsui, I. and Sugimoto, N., “ Trans-Pacific yellow sand transport observed in April 1998: A numerical Simulation ” , Journal of Geophysical Research - Atmospheres -, 106, p.18331-18344, (2001).
- Uno, I., “ Tropospheric Chemical Transport Modeling over East Asia ” , Present and future of Modeling Global Environmental Change : Toward Integrated Modeling, p.89-99, The 14th Toyota Conference, (2001).
- Kawamura, K., Yokoyama, K., Fujii, Y. and Watanabe, O., “ A Greenland ice core record of low molecular weightdicarboxylic acids, oxocarboxylic acids and σ -dicarbonyls: A trend from Little Ice Age to the present (1540 to 1989 A.D.) ” , J. Geophys. Res., 106, p.1331-1345, (2001).
- Ternois, Y., Kawamura, K., Keigwin, L., Ohkouchi, N. and Nakatsuka, T., “ A biomarker approach for assessing marine and terrigenous inputs to the Okhotsk Sea sediments for the last 27,000 years ” , Geochimica Cosmochimica Acta, 65, p.791-802, (2001).
- Kawamura, K., Steinberg, S., Ng, L. and Kaplan, I.R., “ Wet deposition of low molecular weight mono- and di-carboxylic acids, aldehydes and inorganic species in Los Angeles ” , Atmospheric Environment, 35, p.3917-3926, (2001).
- Rosell-Mele, A., Bard, E., Emeis, K.C., Grimalt, J.O., Muller, P., Schneider, R., Bouloubassi, I., Epstein, B., Fahl, K., Fluegge, A., Freeman, K., Goni, M., Guntner, U., Hartz, D., Hellebust, S., Herbert, T., Ikehara, M., Ishiwatari, R., Kawamura, K., Kenig, F., de Leeuw, J., Lehman, S., Mejanelle, L., Ohkouchi, N., Pancost, R.D., Pelejero, C., Prahl, F., Quinn, J., Rontani, J.F., Rostek, F., Rullkotter, J., Sachs, J., Blanz, T., Sawada, K., Schultz-Bull, D., Sikes, E., Sonzogni, C., Ternois, Y., Versteegh, G., Volkman, J.K. and Wakeham, S., “ Precision of the current methods to measure the alkenone proxy Uk37ft and absolute alkenone abundance in sediments: Results of an interlaboratory comparison study ” , Geochemistry, Geophysics, Geosystems (G3), Vol. 2, Paper No. 2000GC000141, July 6, 2001 (An Electronic Journal of the Earth Sciences, published by AGU and the Geochemical Society).
- Matsumoto, K., Kawamura, K., Uchida, M., Shibata, Y. and Yoneda, M., “ Compound specific radiocarbon and $\delta^{13}\text{C}$ measurements of fatty acids in a continental aerosol sample ” , Geophys. Res. Lett., 28, p.4587-4590, (2001).
- Uchida, M., Shibata, Y., Kawamura, K., Kumamoto, Y., Yoneda, M., Ohkushi, K., Harada, N., Hirota, M., Mukai, H., Tanaka, A., Kusakabe, M. and Morita, M., “ Compound-specific radiocarbon ages of fatty acids from bathyal sediments in the western North Pacific ” , Radiocarbon, 43, 2B, p.969-956, (2001).

(2) 特許出願

国内特許 1 件(申請中)