

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

大気エアロゾルの直接的・間接的冷却効果は温室効果気体による温暖化効果と相殺する可能性が示唆されている。しかし、その化学組成、濃度、粒子数などの時空間的変動が大きく、地球規模での気候への影響評価の見積りには過大な不確定要素が伴う。大気からの降下物質は、生物活動に影響し、生物起源のエアロゾル発生量や炭素固定量を増減する。地球表面積の約7割を占める海洋において、エアロゾルの主要成分である海塩、鉱物、硫酸塩、硝酸塩、炭素質粒子が対流圏大気組成の決定や気候変化と大きくかかわっている。

北太平洋は自然起源と人為起源エアロゾルが混在し、その変質過程が顕著に現れる特徴ある重要な海域である。この北太平洋上での観測が優位に推進できる我が国を中心に地球表層における陸、大気、海洋間を生成、循環、消滅するエアロゾルの物理、化学的特性と生物地球化学的循環の変化を把握することが目的である。

本年度は日本周辺海域に4点からなる大気観測網を設置し、大気エアロゾル組成の時空間変化を長期にわたって自動計測することを開始した。船舶による研究航海において、北太平洋北西海域で発生源の異なる物質が気体、エアロゾル、霧などとの相互作用により、変質、除去していく過程を明らかにした。またハワイへの航海では北太平洋中央部での海洋バックグラウンドエアロゾルの化学的特徴を捉えることができた。赤道海域への航海では緯度変化によるエアロゾルの粒径変化と炭素質エアロゾルの関係から、新たな海洋起源のエアロゾルの存在に確証を得つつある。

2001年4月から5月にかけての国際共同集中観測(ACE-Asia)の航空機や船舶観測の計画立案のため、予報モデルが不可欠であった。化学物質の変質過程も含めた物質輸送気象モデルを確立させ、72時間の予報モデルの開発と実証に成功した。これにより、黄砂や人為起源物質粒子などの輸送や分布が実測値とモデル値の比較検討により、モデルによる再現が格段に向上した。また、その予測モデル結果はWebにより、広く研究者グループに公開されるシステムとして完成した。

無人海洋大気観測艇「かんちゃん」は秋まで浜名湖、遠州灘で航行テスト、航行装置の調整を繰り返し行い、その後、観測装置を搭載し、作動テストを行った。3

月上旬に相模湾において、テスト観測を淡青丸相模湾航海と同時に行い、成功した。平成13年度からの本格的海洋大気観測が計画通り進められ、地球環境変化に果たす海洋生物の働きや大気汚染が海洋環境に与える影響など航続距離2500kmの性能を生かして調査が開始される。

## 2．研究実施内容

本研究ではエアロゾルのアジア大陸から北太平洋への輸送を中心とする海洋大気エアロゾル組成の長期大気観測網による観測とエアロゾルのプロセス研究を中心とした船舶観測の野外観測グループ、化学物質輸送・気象モデルの開発解析グループ、そして、海洋大気測定用の無人観測艇と搭載測定装置の開発・運用グループの3グループからなる。

観測測定グループ：凌風丸、「みらい」、白鳳丸、淡青丸による合計7航海（176日間）において海洋大気観測と試料採取を行った。その中で、シベリアの森林火災で発生した大量のススを2000km離れた北太平洋北西部で検出したり、人為起源の影響の少ない生物生産の高い海域でpH3程度の酸性化した海霧試料を採取できた。1998年、1999年の酸性化された海霧の存在は、北太平洋北部でほぼ毎年定常的に出現していることが確認できた。

また赤道海域への航海では、粒径分布と炭素質エアロゾルの緯度変化から粒子の生成過程や起源が推定できる可能性を得た。同じ航海で船上から係留気球を使ったエアロゾルの鉛直分布測定について、その手法が確立し海洋混合層上端部までのサンプリングが可能となった。

夏のハワイへの航海では海洋大気のバックグラウンド濃度を測定する絶好の機会であり、現在化学分析を進めている。3月上旬の相模湾航海では大規模な黄砂現象を捉えることができ、海洋表面水にも大量の黄砂粒子の降下を確認、採取した。三宅島の噴火による影響も検出したが、定量的にどう捉えていくか、その周辺海域への多岐にわたる影響をも推定できる手法が必要かと考えている。

ライダーグループの黄砂情報やwebでのリアルタイムのライダーによる鉛直分布結果速報の公開は、年度末から始まった集中観測において我々も大いにその恩恵を受けたが、世界的にも高い評価を受けている。

日本周辺海域の北緯25度から北緯45度までに存在する東経140度に沿った父島、八丈島、佐波島、利尻島に大気エアロゾル観測局を設置した。この観測網による結果は、エアロゾル組成の時空間変化が発生量、輸送過程、除去過程などの要因とどう関係するのか、プロセス研究、モデル解析や予測研究を可能とする。

観測点の設置は場所の確保、使用許可、電源、地元の方や関係機関の方をお願いし、保守点検の契約などを経て、現在、不完全ながらも、全点で観測が開始された。なかでも八丈島観測点は多くの研究者が各種測定器を設置し、共同で総合観測が可

能なように、スペース、電源などに余裕を持たせ、観測を始めた。三宅島の影響をどのように評価するか、本来の目的以外で検討しなければいけない。

3月末に米国NOAAの研究船Ron Brownが八丈島沖合に到着し、24時間以上の同時観測を行った後、九州周辺から日本海全域で約1ヶ月の海洋大気観測を行う。また航空機観測は米国のNCARのC-130やTwin Otter機が岩国を基地として、またオーストラリアのKing Airが鹿児島をベースにして、濟州島や朝鮮半島周辺、日本周辺、奄美大島上空、八丈島上空の鉛直方向の計測を行う。

2001年4月から5月末までの2ヶ月の日本側の集中観測期間が終われば、データを各測点から回収し、衛星やモデルと実測値との比較検討を行い、さしあたってグループ内で結果の議論、取りまとめを行う予定である。国際的にも迅速な対応が要求されている。

モデル化グループ：今までの船舶による観測結果や地上観測点での結果をモデルにより検証し、輸送パターンや発生源別分布などの解析を行い、洋上での突発的な現象をも再現させることに成功した。

また集中観測前からRIAM-CFORS(Regional Atmospheric Modeling System-Chemical weather FORecast System)による集中観測時の72時間予報モデルが稼働し、その結果がwebで公開され、TRACE-P航空機観測や、ACE-Asiaでの航空機観測の飛行計画立案に多大な貢献をし国際的に大きな評価を受けている。このCFORSによる事後モデル結果と実測値との比較から、発生源の見落としや、発生量の再検討、輸送・除去過程などのより精度の高いモデルになるよう改善を行う予定である。

観測機器開発グループ：無人海洋大気観測艇「かんちゃん」は浜名湖、遠州灘で航行テストを繰り返し行い、3月に相模湾において、テスト観測航海を淡青丸相模湾航海と同時にを行った。海洋計測装置や大気計測装置は、さらなる感度の向上、作動の安定性などの改良が重ねられ、2001年5月22日、清水港を出航し、ヨットの伴走艇を従え、母港となる八丈島へ観測を行いながら向かう予定である。その後、八丈島を中心に気象庁の観測定線とも重なる北緯38度、東経144度、北緯29度、東経137度の二点への航路上の定期観測の可能性を検討する。海上保安庁との折衝が、今後の問題となる可能性がある。

### 3．研究成果の発表

#### (1) 論文発表

Miyata, Y., Tokieda, T., Amakawa, H., Uematsu, M. and Nozaki, Y., "Boron isotope Variations in the atmosphere", *Tellus*, 52B, 1057-1065(2000)

Mukai, H., Machida, T., Tanaka, A., Vera, Y.P. and Uematsu, M., "Lead isotope ratios in the urban air of eastern and central Russia", *Atmospheric Environment*,

in preee,( 2000 )

Uematsu, M., Ohta, K. and Matsumoto, K., "Short term variation of marin organic aerosols under the Northwestern Pacific high pressure region in the summer of 1999", *Geochemical Journal*, 35, 49-57,( 2001 )

Miura, K., Hara, T., Sato. A., Hoshino, M., Hikata, A., Yamazaki, A., Nakae, S., Kojima, H. and Uematsu, M., "Observation of aerosols in the planetary boundary layer by using kytoon on R/V MIRAI", *J.Aerosol Science*, 31, S733-S734( 2000 )

Uno, I., Jangl, E.-S., Murano, K., Shimohara, T.,Oishi, O., Utsunomiya, A., Hatakeyama, S., Tang, X. and Kim, Y.P., "Wintertime intermittent transboundary air pollution over east Asia simulated by a long-range transport model", *Global Environment Research*, Vol. 4,P. 3-12,( 2000 )

Uno, ., Emori, S. and Baldi, M., "Chemical transport model on-line coupled with RAMS for regional chemical climate, Air Pollution Modeling and Its Application XIV, ed. Gryning and Schiermeier", Kluwer Academinc/Plenum Pub., pp. 75-85,( 2001 )

Sugata, S., Byun, D.W. and Uno, ., "Simulation of sulfate aerosol in east Asia usingMODELS-3/CMAQ with RAMS meteorological data, Air Pollution Modeling and Its Application XIV, ed.Gryning and Schiermeier, Kluwer", Academinc/Plenum Pub., pp. 267-275,( 2001 )

Kawamura, K., Steinberg, S. and Kaplan, I. R., "Homologous series of C1-C10 monocarboxylic acids and C1-C6 carbonyls in southern California air and motor exhausts", *Atmospheric Environment*, 34, 4175-4191( 2000 )

Saito, T., Yokouchi, Y. and Kawamura, K., "Distributions of C2-C6 hydrocarbons over the western North Pacific and eastern Indian Ocean", *Atmospheric Environment*, 34, 4373-4381,( 2000 )

Matsunaga, S. and Kawamura, K., "Determination of  $\alpha$ - and  $\beta$ -hydroxycarbonyls and dicarbonyls in snow and rain samples by GC/FID and GC/MS employing benzyl hydroxyl oxime derivatization", *Analytical Chemistry*, 72, 4742-4746,( 2000 )

Ogawa, N., Kikuchi, R., Okamura, T., Inotsume, J., Adzuhata, T., Ozeki, T., Kajikawa, M., "Evaluation of Ionic Pollutants in Cloud Droplet at a Mountain Ridge in Northem Japan Using Constrained Oblique Rotational Factor Analysis", *Atmospheric Research*,( Elsevier B.V., North-Holland ) 54, 279-283,( 2000 )

Adzuhata, T., Inotsume, J., Okamura, T., Kikuchi, R., Ozeki, T., Kajikawa, M., Ogawa, N., "Evaluation of Ionic Pollutants of Acid Fog and Rain Using a Factor

Analysis and Back Trajectories", Analytical Sciences, 17, 71-76,( 2001 )

Murayama, T., Sugimoto, N., Uno I., Kinsohita, 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 -Atmosphere, in press,( 2001 )

Murayama, T., "Formation of ice cloud from Asian-dust particles in the upper troposphere", Proc. SPIE, 4153, 218-225,( 2001 )

Nagai, H., Tada, W. and Kobayashi, T., "Production rates of  $^7\text{Be}$  and  $^{10}\text{Be}$  in the atmosphere", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B172, 796-801 ,( 2000 )

Kobayashi, T., Nagai, H. and Kobayashi, K., "Concentration profiles of  $^{10}\text{Be}$  in large manganese crusts", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B172, 579-582, ( 2000 )

Miura, K., Hara, T., Ui, T. and Kishida, T., "Study on the Transport Process and the Modification of Aerosole", pp167, R/V Mirai Cruise Report MR00-04,( 2000 )

三浦和彦 :「海洋大気境界層内エアロゾルの物理・化学的性質」エアロゾル研究 , 15, 327-334( 2000 )

永井尚生 :「エアロゾル中の天然放射性核種」エアロゾル研究, 15, 321-326( 2000 )

河村公隆 , 今井美江 , 門間兼成 , 鈴木啓助 :「東京、福島県田島、札幌における降雪資料中の低分子ジカルボン酸類の分布と全有機態炭素」雪氷 , 62, 225-233, ( 2000 )

今井美江 , 河村公隆 :「同時採取した降水およびエアロゾル中の低分子ジカルボン酸ケトカルボン酸・ジカルボニルの分布と経時変化」地球科学 , 34, 111-123, ( 2000 )

南 秀樹 , 高山 実 , 竹元 勝 , 矢部和夫 , 植松光夫 :「北海道西部における雨水中の化学成分の沈着量変化」北海道東海大学紀要 ( 理工学系 ) , 13, 39-45( 2000 )

皆川昌幸 , 植松光夫 :「マイクロ波分解 / 誘導結合プラズマ発光分析法による地球化学的試料中の多元素迅速定量」分析科学 , 50, 273-279,( 2001 )

皆川昌幸 植松光夫 :「洋上大気エアロゾル大気エアロゾルと海洋表層の物質循環」月刊海洋 , 号外25, 16-21,( 2001 )