

付記：本稿は、明日香壽川，2002：北東アジア地域における開発と環境，「NIRA 政策研究」（総合研究開発機構），Vol. 15, No. 11, p. 58-63 (2002) を修正加筆したものである。

### 参考文献

明日香壽川，2001：CDM の制度設計-アジアカーボンファンドの構築，NIRA 政策研究（総合研究開発機構），14, 42-47.

明日香壽川，2002：京都メカニズムに対する公的資金活用オプションに関して，「2002年度環境経済・政策学会講演要旨集」，p. 114-115. より詳しいペーパーは，<http://www2s.biglobe.ne.jp/~stars/> から入手可能.

EANET；Acid Deposition Monitoring Network in East Asia，(財)酸性雨研究センターWeb site，<http://www.adorc.gr.jp/jpn/> 参照.

藤倉 良，2001：環境と開発協力，国際問題（(財)国際問題研究所），No. 498(9)，13-27.

国際協力銀行，2002：新環境ガイドラインとプラントビジネス，国際協力銀行レポート・グローバル・アイ，第13号，2-5.

環境庁地球環境部，2001：中国の環境問題・環境対策および日中環境協力の現状について（2001年1月）.

堀井伸浩，2001：中国におけるエネルギー消費激減の背景，コール・ジャーナル（(財)石炭利用総合センター），(42)，2001年1月号.

市川陽一，1998：酸性物質の長距離輸送，大気環境学会誌，33，9-18.

Pan, P. P., 2001：Chinese Mines Exploit Workers' Desperation-News from China, Washington Post Foreign Service, September 9, 2001.

進藤栄一，2002：東アジア共同体を構築する-資源と協調安全保障の途，軍縮問題資料（宇都宮軍縮研究室），2002年9月号および2002年10月号.

The World Bank, 1997：Clear Water, Blue Skies：China's Environment in the New Century, p. 26.

102：202：204：306（大気汚染；エアゾル；放射線収支；気候変化；温暖化）

## 2. 東アジアにおける大気汚染と気候影響

中 島 映 至\*

本講演では、大きく発展するアジア域、特に、日本の気候に大きく関わる東アジア域において、大気汚染などの人為起源の気候変動要因による気候影響について議論する。IPCC 第3次レポートでも総括されているように、その気候影響評価は非常に難しい。そのために、気候モデル、地上観測網をはじめとした総合的な研究体制の確立が必要であることがわかる。さらに、人間活動・気候変動・社会影響と言った複合的なシステムの理解が必要になっている。

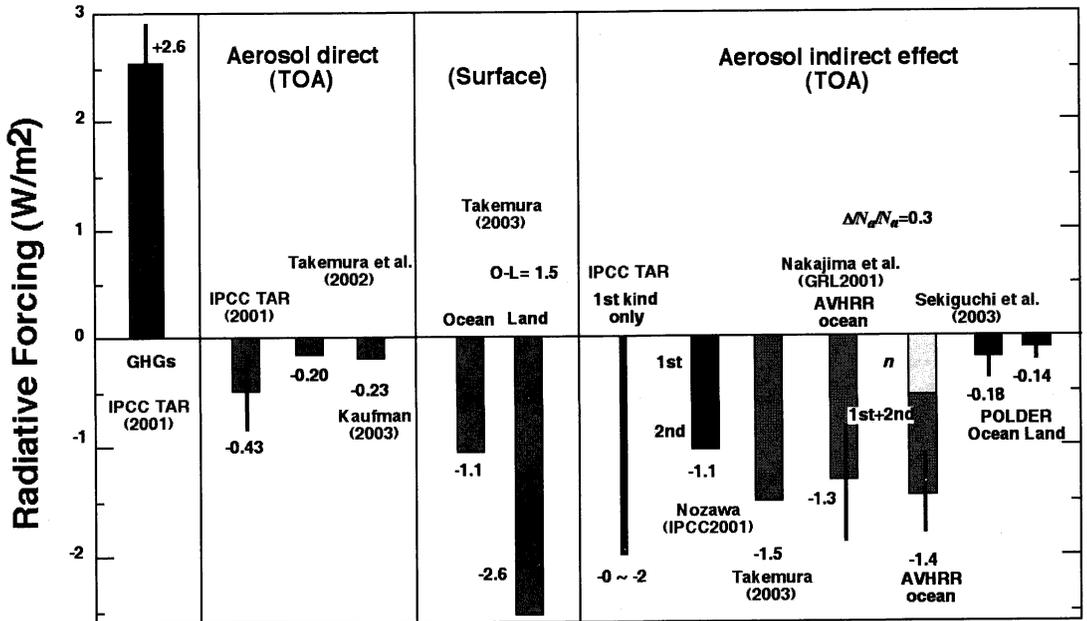
### 1. はじめに

地球温暖化問題や人間活動による環境変化の問題は、全球規模の問題として大きな社会的関心を呼んでいる。その中であって、総人口の60%、二酸化硫黄の排出量の36%を占めるアジア域におけるこれらの現象の研究は、この地域に住む我々の大きな関心事とともに、その貢献を求められている中心的な課題であると言える。

この領域では、アジアモンスーンで象徴されるような複雑な大気大循環、大気汚染や黄砂現象に象徴される複雑な大気物理化学現象、21世紀中に大きく発展すると思われる経済活動など、他の地域に比べても、研究にとって複雑な要因を多く抱えている。ここでは、大気汚染の中の人為起源エアロゾルの気候影響を中心

\* 東京大学気候システム研究センター，  
teruyuki@ccsr.u-tokyo.ac.jp

© 2004 日本気象学会



第1図 1850年からの外部強制要因による大気上端での放射強制力 ( $W/m^2$ )。縦線は、推定の不確定性を表す。IPCC (2001), Nakajima *et al.* (2001), Nozawa *et al.* (2001), Takemura *et al.* (2002), Sekiguchi *et al.* (2003), Takemura (2003) からの引用。

にこの地域の特性を議論することにする。

## 2. 外部気候変動要因

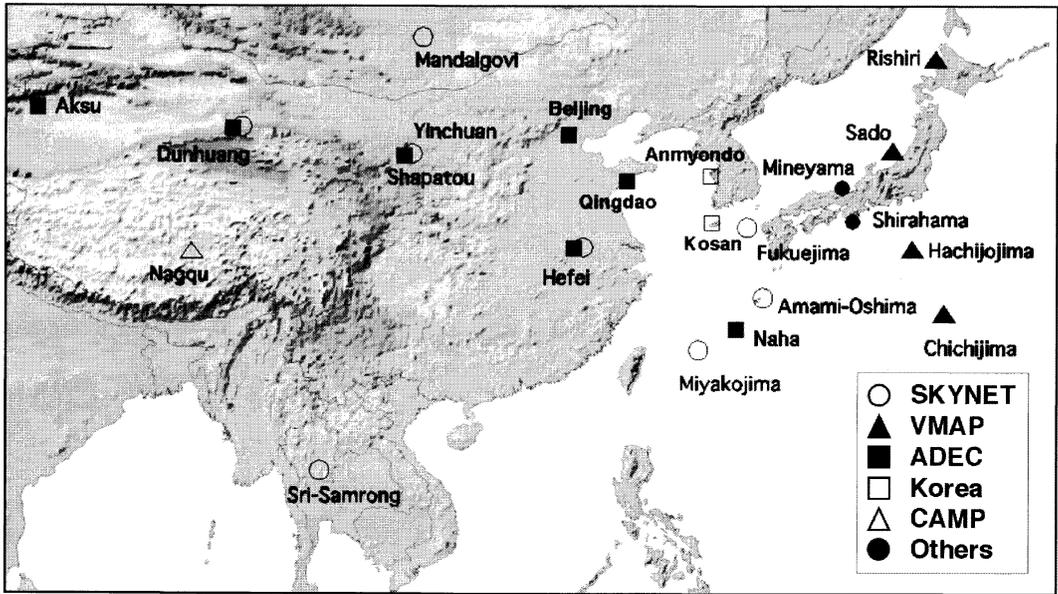
気候系に対して外部から働く気候変動要因として、100年スケールで問題にされているものには、人為起源の温室効果ガス、エアロゾル、地表面変化、太陽出力などがある。1850年からの大気上端における全球平均の放射強制力 ( $W/m^2$ ) を評価すると第1図のようになる。温暖化要因は  $+2.6 W/m^2$  の大きさを持つ温室効果ガスの増加であるが、この中には、二酸化炭素の他に  $N_2O$ ,  $CH_4$ , ハロカーボン、対流圏オゾンの増加が含まれる。その評価誤差は IPCC 第3次報告書 (IPCC, 2001) によると  $\pm 10\%$  程度である。第1図によるとエアロゾルが直接、放射収支を変える直接効果は、 $-0.5 W/m^2$  から  $-0.2 W/m^2$  と最近の評価では小さくなっているが、評価の不確定性が大きい (IPCC, 2001; Takemura *et al.*, 2002; Kaufman, 2003)。大気下端における放射強制力は数  $W/m^2$  あり、また、海陸の差は  $1.5 W/m^2$  にも及ぶので、モンスーン循環等を変化させる大きなポテンシャルを持っている。さらに、エアロゾルが雲核になって雲を変えることによって生じる間接効果に関しては、気候モデルと衛星観測とも  $-1$

$W/m^2$  を越す大きな値を示唆しているが、いまだに大きな不確定性を伴っている。

東アジア域では第2図 (787ページに掲載) に示すように人為起源の微量気体、硫酸塩エアロゾル、炭素性エアロゾル、黄砂と呼ばれる土壌性エアロゾルが複雑に入り交じった状態にあることがモデルによっても再現されている (Uno *et al.*, 2003)。このような人為起源物質と土壌性エアロゾルの混合状態は、南アジアから東南アジアにかけた広い領域でもよく見られ、アジア域における大気状態は自然・人為起源のものが入り交じった複雑な状態にある。従って、これまで多くの研究が行われた欧米域、アマゾン域、アフリカ域と比較するためにも詳細な研究がアジア域で行われる必要がある。

## 3. アジア域の大気観測

このような動機のもとに、アジア域における大気汚染の気候影響研究は近年、世界の研究者の関心事となっている。INDOEX 研究 (Ramanathan *et al.*, 2001) ではインド洋域、IGAC/ACE-Asia (Huebert *et al.*, 2003) では東アジア域の2001年春季のエアロゾルの化学的・物理的特性が詳細に調査された。日本科学



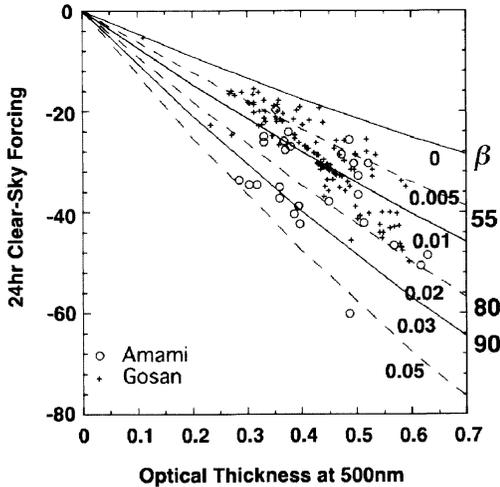
第3図 エアロゾルと放射フラックス観測を行っているアジア域のサイト。

技術振興事業団のAPEX (Asian Atmospheric Particle Environmental Change Studies) は、アジア域のエアロゾルが作り出す間接効果の調査を行っており、2001年4月にはACE-Asiaと共同観測を奄美大島周辺で実施した。また、科学技術振興調整費のADEC (Aeolian Dust Experiment on Climate impact) が日中共同研究として黄砂現象の把握のために実施されている。WCRP/GEWEXで実施されたGAME (GEWEX Asian Monsoon Experiment) やCEOP (Coordinated Enhanced Observing Period) においても、放射エネルギー収支を含めた地表面フラックス観測のインフラ整備が行われてきた。現在では、さらに新しいトレンドとして、研究と対策を目的とした総合的なプロジェクトが欧米の研究者を中心として提案されつつある。例えば、アジア域の大気汚染による気候影響、農業被害や健康被害などの調査、対策策定プロジェクトABC (Atmospheric Brown Cloud) が国連環境計画 (UNEP) によって計画されつつあるが、その主体はV. Ramanathanなどの大気科学研究者である (Ramanathan *et al.*, 2003)。このような国際社会によるアジア域への研究投資や、アジア各国の経済成長による各国内環境研究への投資も増えており、アジア域での研究は充実しつつある。

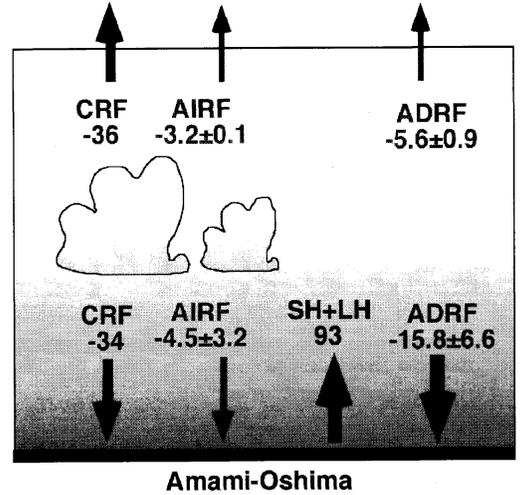
第3図にアジア域におけるエアロゾルと放射エネルギー収支観測の主要サイトを掲げる。このうち、

SKYNET サイトの一部 (奄美大島、福江島、合肥、Sri-Samrong) では、スカイラジオメーター、日射・赤外放射フラックス計、ライダー、マイクロ波放射計、全天カメラによる雲量、エアロゾル散乱計と吸収計によるエアロゾルの散乱と吸収断面積 (これらから消散対散乱の比である1次散乱アルベドが得られる) が整備されており、エアロゾル・雲・放射エネルギー収支に関する総合的な観測体制が整いつつある。ABCプロジェクトのスーパーサイトとなった韓国Gosanサイト、モルジブサイト、ネパールサイトでもこのような大規模な観測システムが導入される予定で、現在、ABCサイトに設置するべき測器の調整が研究者コミュニティで行われている。もちろん、短期寿命ガス関連の測器もABCでは設置される予定である。

現在のグローバル規模のエアロゾルの気候影響研究のトレンドは、このような地上観測サイトを利用した、モデル・地上観測・衛星観測の高度な同時利用の方向にある。たとえば、AERONET (Holben *et al.*, 2001) による全球200点あまりの波長別天空光輝度を再現するためのエアロゾル特性と分布を同化するような解析が行われつつある。また、人工衛星のリモートセンシングの検証としても多くの地上観測サイトの利用が始まっている。このような目的に資するように、観測・解析の自動化、標準化、リアルタイムのデータ公開がひとつの流れになりつつある。また、航空機利用も盛



第6図 奄美大島とGosanにおけるエアロゾルによる24時間平均晴天放射強制力の光学的厚さ依存性。2001年4月の例。エアロゾルの複素屈折率の虚数部を0から0.05まで変えた理論値を線で示す（破線：奄美大島，点線：Gosan）(Nakajima *et al.*, 2003)。



第7図 奄美大島海域における大気エネルギー収支。2001年4月の月平均値。CRF：雲放射強制力，ADRF：エアロゾルによる直接効果の全天放射強制力，AIRF：エアロゾルによる間接効果の放射強制力，SH+LH：顕熱と潜熱フラックス (Nakajima *et al.*, 2003)。

んであるが、これに関しては専用観測機を持たない我が国との体力差は大きくなる一方である。

#### 4. アジア域のエアロゾルの光学特性と放射収支

第4図(788ページに掲載)に、TERRA衛星搭載のMODISによるチャンネル1, 2, 6および8のデータを利用した4チャンネル法(Higurashi and Nakajima, 2003)によって得られた土壌性エアロゾルと炭素性エアロゾルの光学的厚さの2003年3月, 4月, 5月の月平均値の分布を示す。図は、前節で概観したような東アジア域の複雑なエアロゾルの混合状態を示している。特に、この年の5月にはシベリアの森林火災から発生した炭素性エアロゾルが日本付近を広く覆っていることが分かる。波長500 nmにおけるその光学的厚さは0.5を越える。

サハラ砂漠等における土壌性エアロゾルの一次散乱アルベドは0.95程度の値を取ることが再認識されてきたが(Kaufman *et al.*, 2001; Takemura *et al.*, 2002)、アジア域ではこれも複雑である。第5図(788ページに掲載)に2001年4月にSKYNET奄美大島サイトで観測されたエアロゾルの化学組成と一次散乱アルベドの時系列を示す。この時は、4月10日から15日の間に顕著な黄砂が訪れたことが、土壌性粒子の増加

によって明らかであるが、一次散乱アルベドは0.8近くまで下がっている。その原因は、この時期、同時に増加した黒色炭素(すす)にある。すなわち、この領域では、第2図と第4図に示すように人為起源エアロゾルが黄砂粒子と複雑に入り交じった形で輸送されるために、その光学特性も単体のものから大きく離れている。

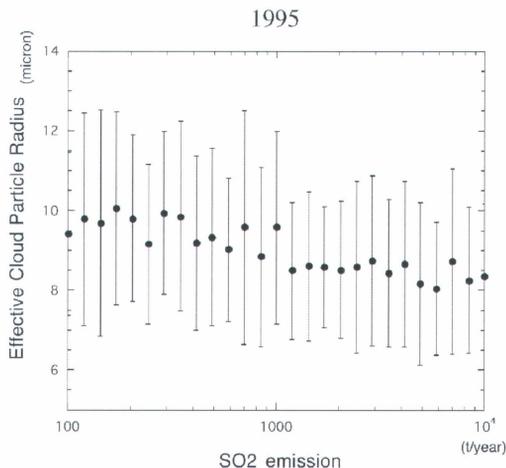
このようなエアロゾル層が作り出す放射強制力は複雑で光学的厚さのみでは決められない。第6図に奄美大島とGosanサイトで放射フラックスと天空輝度をもとに推定したエアロゾルによる晴天放射強制力の24時間平均値( $RF_{24,clr}$ )を、波長500 nmでエアロゾルの光学的厚さ( $\tau_{500}$ )の関数としてプロットしてみる。図にはエアロゾルの太陽放射に対する光吸収係数(複素屈折率の虚数部)の値を変えた理論値も同時に示す。この時期、Gosanよりも奄美大島の方が大きな光吸収性を有していることがわかる。また、ばらつきも大きく、日によって光吸収が大きく変化している。このことは東シナ海の狭い領域でもエアロゾルの光学的厚さが非常に複雑に変化していることを示している。必ずしも、Gosanのようなエアロゾルの発生源に近い地点の方が光学的に複雑であるとは言えない。むしろ発生源から遠い奄美大島の大気の方が、様々な発生源から

のエアロゾルの影響を受けて複雑に変化している。24時間平均した晴天放射強制力の単位光学的厚さ当たりの値 ( $\beta = -RF_{24, \text{clr}} / \tau_{500}$ ) を放射強制の効率因子と呼ぶが、その値は、米国東海岸の Tarfox では70程度 (Russel *et al.*, 1999), モルジブでは25から75の値 (Ramanathan *et al.*, 2001) と言われているが、第6図では、55から100の値にあり、この領域でエアロゾルの光吸収が大きいことが分かる。

このような地上観測から求めたエアロゾルモデルや、衛星観測のエアロゾル種分類, SPRINTARS エアロゾルモデル (Takemura *et al.*, 2002), CFORS 化学メソスケールモデル (Uno *et al.*, 2003) と言った4つの方法から総合的に求めた奄美大島の2001年4月の全天放射エネルギー収支は第7図のようになる (Nakajima *et al.*, 2003)。モデルによる光学的厚さの過小評価や、地上観測における光吸収の過大評価の可能性はあるものの大気上端でのエアロゾルの直接効果による放射強制力は20%の範囲で求まっている。その大きさは  $-5.6 \text{ W/m}^2$  に及ぶ。間接効果は SPRINTARS モデルと AVHRR データの1990年4月の解析値から求めたが (Nakajima *et al.*, 2001; Sekiguchi *et al.*, 2003), その大きさは  $-3.2 \text{ W/m}^2$  であった。下端では直接効果と間接効果はそれぞれ、 $-15.8 \text{ W/m}^2$  と  $-4.5 \text{ W/m}^2$  であった。地表面での手法による違いは大きく50%くらいになっている。

さて、これらの値を第1図で示したように人為起源エアロゾルの全球年平均値と比較すると、次の様なことが明らかになる。① 第7図の領域で約半分が人為起源のエアロゾルであると粗く仮定すると、直接効果の大気上端と下端での放射強制力は、第7図の約1/5程度である。② 間接効果の大気上端での値は、1/2~1/3である。

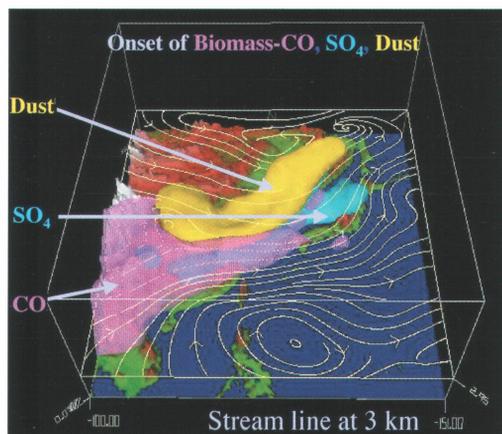
このような事情は、大気上端でのエアロゾルの直接効果の放射強制力の地域分布を見ると明らかである (第8図: 788ページに掲載)。図には炭素性エアロゾルと硫酸塩エアロゾルが作り出す放射強制力を示すが、光吸収をしない硫酸塩エアロゾルがどの場所でも負の強制力を示すのに対して、すすを含む炭素性エアロゾルは局所的には大きな負の値をとるものの、地表面反射率の高い陸域では正の放射強制力を示すために、全球平均では  $+0.08 \text{ W/m}^2$  と小さな正の値になってしまう。従って、大気上端でのエアロゾルの直接効果の値はすすの存在によって全球平均では小さな値になる。逆に、間接効果は硫酸塩エアロゾルのような状況



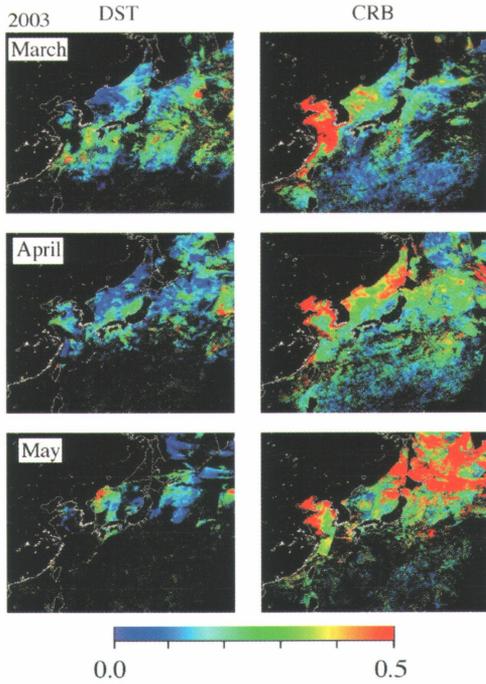
第10図 衛星観測から得られた低層雲の有効粒子半径とその地点での  $\text{SO}_2$  の排出量との関係 (Kawamoto *et al.*, 2003)。

と同じで、負の値の和になるために、全球平均値は東アジアの春期の値とそれほど違わない。このようにして、全球平均としては小さなエアロゾルの直接効果も局地的には大きな強制力を作り出すことができる。また、地表面では  $-10 \text{ W/m}^2$  にも及ぶ大きな強制力を作っている。一方、間接効果は全球規模で作用し、惑星反射率を変えることによって全球の熱収支に影響を与える。

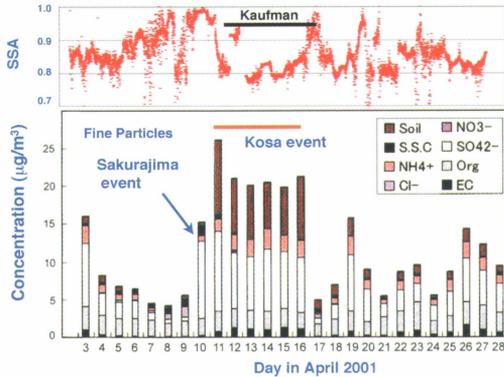
今後の研究として重要なのは、これらのエアロゾルの気候影響のうち、大きな不確実性が残っている間接効果と、地表面での直接効果の評価である。このうち、



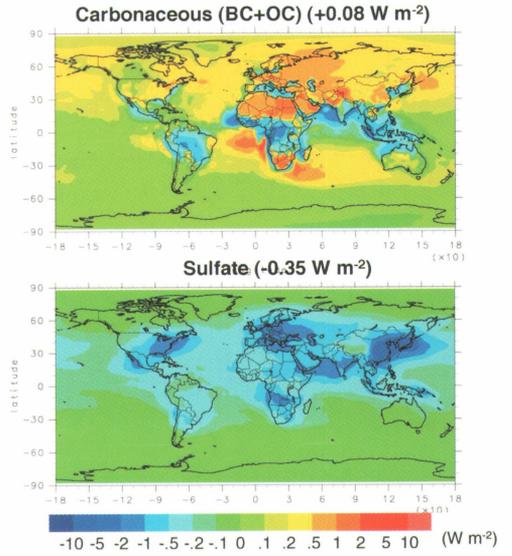
第2図 東アジア域春季における  $\text{CO}$ 、硫酸塩エアロゾル、土壌性エアロゾルの典型的な輸送状態 (九州大学鶴野伊津志氏提供)。



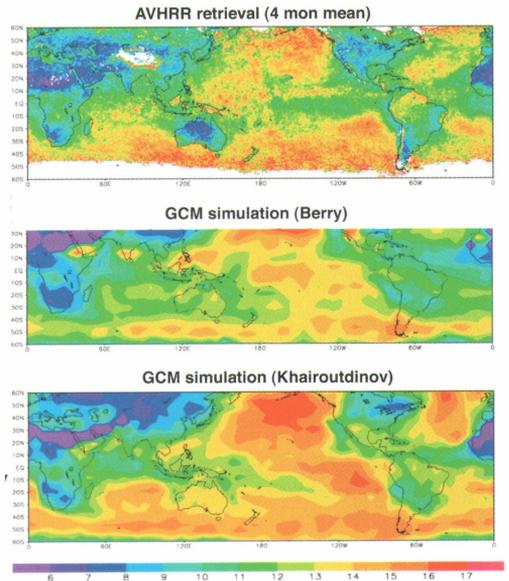
第4図 TERRA/MODIS 衛星搭載イメージャーによる2003年春季の日本周辺のエアロゾルの波長500 nm での光学的厚さの分布, DST: 土壌性エアロゾル, CRB: 炭素性エアロゾル. 上から3月, 4月, 5月の月平均値 (Higurashi, 2003).



第5図 エアロゾルの一次散乱アルベド (上) と化学組成(下)の時系列. 奄美大島, 2001年4月の例 (Nakajima *et al.*, 2003; データは北海道大学太田幸雄氏提供).



第8図 SPRINTARS モデルで計算された炭素性エアロゾルと硫酸塩エアロゾルによる大気上端での年平均放射強制力 (Takemura *et al.*, 2002).



第9図 衛星観測とモデルによる低層雲の有効粒子半径 (ミクロン) の比較. 1990年1月, 4月, 7月, 10月の平均値. 上からAVHRRによる観測値, Berryのパラメタリゼーションによるモデル値, Khairoutdinovのパラメタリゼーションによるモデル値 (Suzuki *et al.*, 2003).

間接効果の評価は主にモデルによって行われているが、現在の所、不確定性が特に大きい。第9図(788ページに掲載)に、エアロゾル数と雲粒子数に関するいくつかのパラメタリゼーションを用いた低層雲の粒子半径のモデル再現値を衛星観測値に比較するが、高緯度や熱帯域の再現状態などから、パラメタリゼーションの改善が必要なことがわかる。

また、大きな課題として残っている、大気汚染によって雲量は変化するのか、降雨量が変化するのか、などの問題も、評価法の差が大きく確度の高い知識は得られていない (Iwasaki *et al.*, 1999; Menon *et al.*, 2002; Kawamoto *et al.*, 2003)。また、第10図に示すような二酸化硫黄排出量と雲パラメーターの変化を直接結びつけるような研究も必要とされている。

#### 参 考 文 献

- Higurashi, A. and T. Nakajima, 2002 : Detection of aerosol types over the East China Sea near Japan from four-channel satellite data, *Geophys. Res. Lett.*, **29** (17), 1836, doi : 10. 1029/2002GL015357.
- Higurashi, A., 2003 : Aerosol Characteristics over the East China Sea from satellite four-channel radiances, IUGG General Assembly, Sapporo, June 30-July 4.
- Holben, B. N., D. Tanre, A. Smirnov, T. F. Eck, I. Slutsker, N. Abuhassan, W. W. Newcomb, J. S. Schafer, B. Chatenet, F. Lavenue, Y. J. Kaufman, J. V. Castle, A. Setzer, B. Markham, D. Clark, R. Frouin, R. Halthore, A. Karneli, N. T. O'Neill, C. Pietras, R. T. Pinker, K. Voss and G. Zibordi, 2001 : An emerging ground-based aerosol climatology : Aerosol optical depth from AERONET, *J. Geophys. Res.*, **106**, 12067-12097.
- Huebert, B. T., T. Bates, P. B. Russell, G. Y. Shi, Y. J. Kim, K. Kawamura, G. Carmichael and T. Nakajima, 2003 : An overview of ACE-Asia : strategies for quantifying the relationships between Asian aerosols and their climatic impacts, *J. Geophys. Res.*, ACE-Asia Special Issue, in press.
- IPCC, 2001 : Climate Change 2001-The Scientific Basis J. T. Houghton, Ed., Cambridge Univ. Press.
- Iwasaki, T. and H. Kitagawa, 1999 : A possible link of aerosol and cloud radiations to Asian summer monsoon and its implication in long-range numerical weather prediction, *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 965-982.
- Kaufman, Y. J., A., 2003 : The global aerosol system and its direct forcing of climate results from MODIS, AERONET and GOCART, IUGG General Assembly, Sapporo, June 30-July 4.
- Kaufman, Y. J., D. Tanre, O. Dubovik, A. Karnieli and L. A. Remer, 2001 : Absorption of sunlight by dust as inferred from satellite and ground-based remote sensing, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 1479-1482.
- Kawamoto, K., T. Hayasaka, T. Nakajima, D. Streets and J.-H. Woo, 2003 : Examining the aerosol indirect effect using SO<sub>2</sub> emission inventory over China, submitted to *Atmospheric Research*.
- Menon, S., J. Hansen, L. Mazaranko and Y. Luo, 2002 : Climate effects of black carbon aerosols in China and India., *Science*, **297**, 2250-2253.
- Nakajima, T., A. Higurashi, K. Kawamoto and J. E. Penner, 2001 : A possible correlation between satellite-derived cloud and aerosol microphysical parameters, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 1171-1174.
- Nakajima, T., M. Sekiguchi, T. Takemura, I. Uno, A. Higurashi, D. H. Kim, B. J. Sohn, S. N. Oh, T. Y. Nakajima, S. Ohta, I. Okada, T. Takamura and K. Kawamoto, 2003 : Significance of direct and indirect radiative forcings of aerosols in the East China Sea region, *J. Geophys. Res.*, ACE-Asia Special Issue, in press.
- Nozawa, T., S. Emori, A. Numaguti, Y. Tsushima, T. Takemura, T. Nakajima, A. Abe-Ouchi and M. Kimoto, 2001 : Projections of future climate change in the 21st century simulated by the CCSR/NIES CGCM under the IPCC SRES scenarios, In 'Present and Future of Modeling Global Environmental Change-Toward Integrated Modeling', Matsuno, T. and H. Kida eds., Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 15-28.
- Ramanathan, V., P. J. Crutzen, J. Lelieveld, A. P. Mitra, D. Althausen, J. Andersen, M. O. Andreae, W. Cantrell, G. R. Cass, C. E. Chung, A. D. Clarke, J. A. Coalkey, W. D. Collins, W. C. Conant, F. Dulac, J. Heinzenberg, A. J. Heymsfield, B. Holben, S. Howell, J. Hudson, A. Jayaraman, J. T. Kiehl, T. N. Krishnamurti, D. Lubin, G. McFarquhar, T. Novakov, J. A. Ogren, I. A. Podgorny, K. Prather, K. Priestley, J. M. Prospero, P. K. Quinn, K. Rajeev, P. Rasch, S. Rupert, R. Sadourny, S. K. Satheesh, G. E. Shaw, P. Sheridan and F. P. J. Valero, 2001 : Indian Ocean Experiment : An integrated analysis of the climate forcing and effects of the great Indo-Asian haze, *J. Geophys. Res.*, **106**, 28371-28398.
- Ramanathan, V., and P. J. Crutzen, 2003 : New direc-

- tions : atmospheric brown clouds, *Atmos. Environ.*, **37**, 4033-4035.
- Russell, P. B., J. M. Livingston, P. Hignett, S. Kinne, J. Wong, A. Chien, R. Bergstrom, P. Durkee and P. V. Hobbs, 1999 : Aerosol-induced radiative flux changes off the United States mid-Atlantic coast : Comparison of values calculated from sun-photometer and in situ data with those measured by airborne pyranometer, *J. Geophys. Res.*, **104**, 2289-2307.
- Sekiguchi, M., T. Nakajima, K. Suzuki, K. Kawamoto, A. Higurashi, D. Rosenfeld, I. Sano and S. Mukai, 2003 : A study of the direct and indirect effects of aerosols using global satellite datasets of aerosol and cloud parameters. *J. Geophys. Res.*, in 108 (D22), 4699, doi : 10. 1029. 2002 JP 003359.
- Suzuki, K., T. Nakajima, A. Numaguti, T. Takemura, K. Kawamoto and A. Higurashi, 2003 : A study of the aerosol effect on a cloud field with simultaneous use of GCM modeling and satellite observation, *J. Atmos. Sci.*, **61**, 179-194.
- Takemura, T., T. Nakajima, O. Dubovik, B. N. Holben and S. Kinne, 2002 : Single scattering albedo and radiative forcing of various aerosol species with a global three-dimensional model, *J. Climate*, **15**, 333-352.
- Takemura, T., 2003 : SPRINTARS モデルによる放射強制力評価に関する私信.
- Uno, I., G. R. Carmichael, D. G. Streets, Y. Tang, J. J. Yienger, S. Satake, Z. Wang, J.-H. Woo, S. Guttikunda, M. Uematsu, K. Matsumoto, H. Tanimoto, K. Yoshioka and T. Iida, 2003 : Regional chemical weather forecasting system CFORS : Model descriptions and analysis of surface observations at Japanese Island, Stations During the ACE-Asia Experiment, *J. Geophys. Res.*, **08** (D23), 8668, doi : 10. 1029/2002JD002845.

501 (リモートセンシング)

### 3. 東アジアにおける地表面植生の変化

本 多 嘉 明\*・梶 原 康 司

#### 1. はじめに

1991年以来、モンゴル国内において衛星を用いた植生調査を実施し、毎年のように起こる干ばつを経験した。現地での聞き取り調査による結果も20年来草原の疲弊が進行しているとのことであった。第1図は、1930年頃の年平均値をもとに植生モデルによって作成した東アジア植生分布図である。第2図は、NOAA/AVHRR-GAC データに基づく1990年の東アジア植生分布図である。両者を比較するとタクラマカン砂漠周辺において草原が減少し、半砂漠、砂漠が拡大していることが分かる。また、第3図は、NOAA/AVHRR-

GAC データに基づく1998年のタクラマカン砂漠周辺の植生分布図である。1990年の状態に比べて砂漠化が進展している状況がよく分かる。しかしながら、NOAA/AVHRR-GAC データの解析による結果は数十年あるいは十年単位の長い間隔をあけてやっと分かる程度の粗いものである(松岡ほか, 1998)。そこで、本講演では、新しい衛星データを利用した、砂漠化の詳細なモニタリングのための手法開発に関する研究の現状を紹介する。

#### 2. 研究の流れ

草本主体の草原植生においては、植生被覆状態(植生被覆率など)を衛星データによって推定できる(近田ほか, 2002)。さらに、草原タイプごとに植生被覆率

\* 千葉大学環境リモートセンシング研究センター。