

46-13 大気中の水・エネルギー循環の変化予測を目的とした 気候モデルの精度向上に関する研究

課題代表者 名古屋大学大学院環境学研究科・神沢 博 (kanzawa@ihas.nagoya-u.ac.jp)

1. 研究の目的

本研究課題では、(i) 人為起源対流圏エアロゾルと対流圏オゾンによる気候変化の不確定性を明らかにすること、(ii) 水蒸気、雲の過程などによってもたらされる気候変化・気候変動の不確定性を明らかにすること、(iii) 気候変化・気候変動と対流圏物質循環の総合的なモデルの基礎を確立すること、を主な目的とし、さらに、それらの知見を統合し、総合的な気候・物質循環モデルの開発改良とその応用を目指す。

本研究課題の目的は、換言すれば、主にエアロゾル、オゾンおよび雲・降水過程に着目し、全球気候モデル（大気海洋大循環結合モデル）を用いた地球温暖化予測に伴う不確定性の幅を明らかにすることである。これまでの研究により開発済みのエアロゾル、オゾン等の反応・輸送モデルを基礎とし、同モデルに存在する不確定性を明らかにするとともに、その幅を狭めるためのモデルの改良、高度化を行う。従来より行ってきた現在気候の再現性の検討だけでなく、モデルにより表現される気候変動・気候変化の妥当性についても議論を行うため、雲・降水 エアロゾル相互作用を考慮した全球気候モデルを開発する。モデルの検証には、衛星観測や客観解析などのデータによる、エアロゾル分布の長期解析や降水要因別の寄与率の解析などを有機的に活用する。また、気候変化に伴う降水量変化のメカニズム解明には、単純化した水惑星モデル（大気の下端が全て海と仮定したモデル）などの簡単なモデルを援用し、複雑な気候モデルにより予測される降水量変化について理論的に考察を加える。なお、別途の研究プロジェクトにおいて、本研究課題でのプロセス研究で得られた知見を組み込んだ大気海洋大循環結合モデルを利用して、温室効果ガス、エアロゾル源、等の人為的排出に伴う気候変動の将来の見通し（予測）実験を行うことを念頭に置いている。

研究終了時の達成目標を以下のように設定している。

- ・本研究のプロセス研究および本研究の成果を利用して実施される地球温暖化実験（地球温暖化の将来の見通し実験）の成果は、IPCC 第4次評価報告書（2007年公表予定）に反映される。
- ・気候モデルを用いた将来における地球温暖化の見

通しを、現在よりも不確定性の小さいものにする。

- ・気候モデルにより表現される気候変動・気候変化の再現性についての知見を得る。
- ・気候モデルにおける諸物理過程の表現を改良・高度化し、気候変化に伴う水・エネルギー循環の変化に関する定量的評価を行う。
- ・気候モデルにより表現される平均的な気候状態の維持機構（あるいは要因別の寄与率）の妥当性を定量的に評価する。

2. 研究の方法

地球温暖化実験の経験から、また、前駆となる研究の知見から、全球気候モデルにおいて不確定性の高いプロセスがわかっている。そのうちの2つのプロセス、すなわち、エアロゾル循環、水循環の2つの過程に焦点を当てた研究を、その2つの過程に応じたサブテーマ（（1）対流圏エアロゾルおよびオゾン過程モデルの高度化に関する研究；（2）気候変化に伴う大気中の水循環過程の変化に関する研究）に分けて行う。2つの過程は、エアロゾルの間接過程を通して結びついている。なお、IPCC対応等でこれまでなされてきた地球温暖化実験、あるいは、これからなされる実験の結果を理解することにも重点を置く。手法としては、数値モデルと観測データ解析による研究が中心となる。

3. 研究の成果

3.1 対流圏エアロゾルおよびオゾン過程モデルの高度化に関する研究

主にエアロゾル、オゾンの過程に着目し、全球気候モデルを用いた地球温暖化予測に伴う不確定性の幅を明らかにすることを目的として研究を行っている。これまでの主な成果は、以下の4点である。(A) 全球光化学モデルを、対流圏オゾン・硫酸エアロゾル相互作用を表現できるように発展させ、既存の大気大循環気候モデルにオンラインで導入して開発したモデルに、人為起源物質の将来の排出シナリオを与えて、2100年までの将来予測実験を行った。その結果、対流圏オゾンの将来予測およびその気候への影響を考える際には、温暖化による気候変化との相互作用も考慮に入れる必要があること、また、硫酸塩エアロゾルが二酸化硫黄の排出だけではなく、

化学反応を介して対流圏オゾン化学および温暖化ともリンクしながら変動して行くことが示唆された。

(B) 簡略化した全球エアロゾルモデルを大気海洋大循環結合気候モデルに組み込み、現在使用可能なスーパーコンピュータでモデルを数十年～数百年の長期にわたって時間積分することを可能とした。(C) 全球エアロゾルモデルによる実験により、サハラ砂漠やアラビア半島では、地表面の短波に対する反射率が高いことから、大気中のダストがその上を被うと、かえって短波の反射が減少し、大気中のダストは短波放射に対しても地球を暖める働きを示すことを確かめた。(D) 衛星データによるエアロゾル光学特性の長期間にわたる変動の解析を行うため、1981年以降のデータの蓄積があるNOAA衛星シリーズ搭載のAVHRRデータのうち2つの可視チャンネルの校正係数を、地上観測値や各種データを駆使して決定した。その結果、エアロゾルの光学的厚さおよびオングストローム指数にみられていたこれまでの著しい過大評価は、大幅に改善された。

3.2 気候変化に伴う大気中の水循環過程の変化に関する研究

地球温暖化による気候変化に伴い水循環がどのように変化するかをより正確に把握するため、気候モデルによる水循環過程の再現性と不確定性を検証することを目的として研究を行っている。これまでの主な成果は、衛星データ等を利用した降水現象解析および単純化したモデルによって降水現象の本質を探る数値実験についての以下の3点である。(A) 熱帯降雨観測計画 (TRMM) 衛星の降雨レーダデータを利用し、卓越する降雨要因の衛星降雨データからの推定を世界で初めて行った。降雨要因を、陸上で4タイプ (夕立、shallow rain、温帯低気圧、大規模システム)、海上で3タイプ (shallow rain、温帯低気圧、大規模システム) の計7タイプに分類できた。(B) 衛星観測による大気水蒸気データを用い、熱帯季節内振動の西半球での伝播特性を明らかにした。特に、北半球冬季におけるMJO (Madden-Julian oscillation: 熱帯域で見られる積雲対流を伴う変動成分のうち最も卓越する擾乱) の西半球での伝播特性と次のイベントへのつながりについて、より明快な物理的な解釈を得た。(C) 単純化した水惑星モデルにおいて、大気の放射冷却の構造と熱帯域に卓越する降雨システムの組織的な伝播特性との関係について考察を行った。モデルで採用した積雲パラメタリゼーションは、wave-CISK (第二種対流不安定) 的構造を持ちやすいものであるはずであるが、実験の結果は、CIFK (第一種対流不安定) 的構造が

現われる傾向にあった。

4. 今後の課題

本研究課題は、国立環境研究所 (NIES) と東京大学気候システム研究センター (CCSR) とが協力して開発しているCCSR/NIES気候モデル、すなわち、大気海洋大循環結合モデル (全球3次元気候モデル) の研究に寄与することを念頭に置いている。また、日本における気候モデル開発・研究の中心であるCCSR/NIES気候モデルグループと気象研究所 (MRI) 気候モデルグループが、エアロゾルモデルという限られた分野ではあるが協力し、お互いの知見を緊密に交換する点にも特徴がある。

全般に研究は順調に進んでおり、新しい知見が得られているが、各サブテーマ間およびサブテーマ内の各グループの深い共同研究を達成すべく、調整を行い、研究をすすめている。

5. 成果文献

- Kikuchi, K., and Y. N. Takayabu, 2004: The development of organized convection associated with the MJO during TOGA COARE IOP: Trimodal characteristics. *Geophys. Res. Lett.*, 31, 10.1029/2004GL019601.
- Sudo, K., M. Takahashi, and H. Akimoto, 2003: Future changes in stratosphere-troposphere exchange and their impacts on future tropospheric ozone simulations. *Geophys. Res. Letters.*, 30, 2256 10.1029/2003GL018526.
- Takemura, T., T. Nakajima, A. Higurashi, S. Ohta, and N. Sugimoto, 2003: Aerosol distributions and radiative forcing over the Asian-Pacific region simulated by Spectral Radiation-Transport Model for Aerosol Species (SPRINTARS). *J. Geophys. Res.*, 108(D23), 8659, doi:10.1029/2002JD003210.
- Weng, Hengyi, A. Sumi, Y. N. Takayabu, M. Kimoto, and C. Li, 2004: Interannual-Interdecadal variation in large-scale atmospheric circulation and extremely wet and dry summers in China/Japan during 1951-2000 Part I: Spatial patterns. *J. Meteorol. Soc. Japan*, 82, 775-788.