

## 地球規模大気化学輸送モデルの現状

### -地球環境問題へのアプローチ-

林田佐智子

奈良女子大学理学部情報科学科

最近開発が進んでいる地球規模大気化学輸送モデルは、地球大気中の微量成分の動態をシミュレートし、人間活動が地球システムに与える影響を評価することができる。この講演では化学輸送モデルの現状と将来の見通しについてレビューする。

## The present status of Chemical Transport Model -An approach to global environmental problems -

Sachiko Hayashida

Nara Women's University

Global chemical transport models (CTM) are being developed to simulate the distribution and the evolution of trace constituents in the Earth atmosphere and to evaluate the impact of the human activities on the Earth system. The present status and future prospect of CTM will be reviewed.

近年、人間活動が地球環境に及ぼす影響が、地球環境問題として社会的に注目されるようになった。例えば、フロン放出による極域オゾンホールの出現や、温室効果気体の過剰な放出による地球温暖化がその例である。人工起源物質を始めとする大気微量成分の地球環境に対する影響を評価するには、大気微量成分の生成・消滅の化学反応や輸送過程を記述する数値モデルを用いた研究が大変有効である。しかし残念ながら、日本におけるこの分野の研究は海外に遅れを取っているのが現状である。

地球大気の数値モデルと言えば、まず大気大循環モデル(General Circulation Model: GCM)を思い浮かべる人が多いであろう。GCMは、例えば気象庁の数値予報モデルとして毎日の天気予報に活躍している。基本的には地球流体モデルであり、風、気温の場や湿度、降水量などを計算する。また、二酸化炭素の長期変動によって気候がどのように変化するかを調べるためには、気候モデルが用いられるが、基本的な構成は同様で、流体力学と熱収支計算のモデルである。最近では海面との相互作用、地表面からの蒸発散などの過程が組み込まれている。

一方、このような力学モデルは流体力学の方程式系を解くのに計算コストがかかり、複雑な化学反応を含めるのはこれまで難しいとされていた。最近では計算機の高速化に伴い、力学—

化学結合モデルが開発されつつあり、日本では、東京大学の気候変動研究センター(CCSR)で GCM に化学反応を含めたモデルを走らせている。このようなモデルは大気微量成分の変動に対する力学的応答を調べることができ、地球環境の将来予測を行うのに適している。しかし、このようなモデルには含まれるプロセスが複雑である上、計算量も膨大で、計算結果の解析に非常に手間がかかる。また、計算された結果は数式にもとづく計算結果であるから、ある程度の時間スケールの範囲で見れば（例えば季節変動など）現実に近いものを反映するが、日々の観測結果を再現するわけではないので、観測結果との直接的な比較はできない。

上記のような力学計算を基本とするモデルと立場を異にするのが、化学輸送モデル（Chemical Transport Model: CTM）である。化学輸送モデルでは、大気の力学場（流れの場）は、方程式に基づいて計算するのではなく、外部からデータとして入力する。実際に観測された気象データを元に計算することもできるし、GCM の出力結果を使用することも可能である。気象データは実測データに基づいているので、これを用いると日々の化学種の空間分布を現実的に表現でき、衛星などの観測結果との比較が容易である。観測される化学種の変化量は、化学反応による正味の濃度変化として評価することができる。

化学反応モデルのもっとも単純な例は、ボックスモデルであるが、これを流跡線解析（気象データから同じ空気塊を追いかける手法）と組み合わせれば、ある地点で観測された微量気体（例えばオゾン）が数日後にどれだけ化学的に破壊されてどこに輸送されたかを知ることができ、実際の観測結果との比較を行うことができる。これを 3 次元的に発展させたモデルが化学輸送モデルと考えればよいだろう。現在このようなモデルの開発や研究が欧米を中心に盛んに行われている。

我々の研究グループは NCAR（米国大気科学研究所）の大気化学研究部の協力を得て、多数の化学種の生成・消滅による時間変化を時間発展的に解くプログラムを開発し、流跡線にあわせて計算を行うことに成功した。このモデルは特に極域オゾンホールを研究対象に、主要な化学種約 50 と化学反応百数十を含んでいる。極域では太陽の高度が低いいため、太陽光の量に依存して決まる光解離定数（光化学反応の反応係数）の計算方法に独自の工夫がなされている。

近年、南極ばかりでなく、北極でもオゾンホールが観測されているが、北極は南極と異なる気象条件下にあり、オゾン破壊メカニズムの研究は現在進行中の段階である。1996 年に宇宙開発事業団が打ち上げた衛星 ADEOS に搭載されたセンサー、ILAS(Improved Limb Atmospheric Spectrometer)は、1997 年冬期北極で、オゾンの他エアロゾル・硝酸・二酸化窒素・亜酸化窒素・水蒸気など、オゾン破壊を支配する主要要素となる微量気体を観測することに成功した。この年の冬はとりわけ大規模なオゾン減少が観測されたことで知られている。我々は化学反応モデルで計算した結果を ILAS の観測データと比較し、1997 年におこった北極オゾン破壊の特長の解明に取り組んでいる。

我々の現在のモデルでは一つの空気塊を流跡線上で追いかけて計算を行っているだけであるが、今後輸送の計算部分を改良し、3次元化学輸送モデルに発展させることを検討している。また、NCAR では、彼らが開発した CTM を MORZART と命名し、希望する研究者には無償で配付している(Brasseur et al., MOZART, a global chemical transport model for ozone and related chemical tracers 1. Model description, J. Geophys. Res., 1998)ので、この導入も検討中である。

講演では CTM の活用事例を中心に紹介をする予定である。