

対流圏硫黄循環の数値シミュレーション

新添多聞・木田秀次

1 はじめに

地球の放射場に対して負の強制力を持つことで知られる対流圏の硫酸アロゾルの特徴は、温室効果ガスなどにくらべて大気中での寿命が短いために分布の時間的、空間的変動が大きいことにある。また対流圏硫酸粒子はその大半が産業活動の盛んな北米、欧州、東アジアから放出される SO_2 ガスをその起源とするため、これらの地域から流出する硫黄酸化物の振舞を理解することは気候変動を予測する上で極めて重要である。数値モデルを用いて、上記の領域からの硫黄酸化物の流出の季節的特徴を調べたところ、冬期ユーラシア上空に欧州から東アジアへ続く $SO_x (= SO_2 + SO_4)$ の大きな流出が見られた。北米やアジア起源の SO_x には見られないこの大規模な流出の原因が放出源の風下における化学、除去過程の違いにあるという観点から、液相酸化過程による SO_4 生成率、乾性沈着および湿性沈着過程による SO_x 除去率を降水活動の活発な北太平洋上空に相当する条件で一様に与えて計算した結果との比較を行った。使用したモデルは全球三次元オイラー形式の化学輸送モデルで、解像度は水平 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 、鉛直は σ 座標で地表から 100hPa までの 10 層。扱う化学種は SO_2, SO_4, DMS の 3 種で、生成、輸送、変質、除去を考慮する。計算は 1990 年を対象とし、気象場には NCEP/NCAR 再解析データを用いた。

2 結果と考察

北米、欧州、アジアを起源とする人為的 SO_x の流出を比較するために、それぞれの東側に西経 70 度、東経 65 度、東経 130 度を始点とする南北 20 度の幅の領域をとり、始点からの距離に対する子午面を通過する東向きの輸送フラックスを比較した(図 1)。Control runにおいては欧州からの輸送フラックスの距離に対する減少の度合は北米、アジアに比べて明らかに緩やかであり、始点から 4000km においておよそ倍の値を持つ。地表が海であることを想定して乾性沈着率を一定にすると、放出源近傍で除去される SO_2 の量が増加するために輸送量は全体的に減少する。また降水を伴わない水雲が豊富に存在することを想定して液相酸化率を一定とすると SO_2 に対してより降水による除去を受けやすい SO_4 の割合が増加するため輸送フラックスの減少の勾配が増す。この二つの効果を併せれば欧州と北米、アジアとの差も Control run よりはるかに小さくなるが、依然として Control run と同様に減少の勾配

が小さく、始点から 2000km より遠方では北米、アジアより値が大きい。降水活動の活発な雲が豊富に存在することを想定して液相酸化率および湿性沈着率を一定にしたところ、欧州からの輸送フラックスは減少の勾配が大きく増大してアジアからの輸送フラックスを示す曲線とほぼ一致し、欧州の持つ特徴はほとんど解消された。さらに液相酸化率、乾性沈着率、湿性沈着率ともに一定にすると、欧州からの輸送フラックスは北米、アジアよりむしろ小さくなっている、西風自体の物質を東方へ輸送するポテンシャルは欧州は北米、アジアより必ずしも大きくなっていることが分かる。以上の事から、冬期における欧州から東方への SO_x の大規模な流出は西風の状況の違いによりもたらされるのではなく、湿性沈着の違い、即ち冬期ユーラシア内陸では北大西洋や北太平洋と比べて降水が活発でない事が主な原因であると考えられる。さらに、雪氷に覆われた陸面では SO_2 の乾性沈着過程が海面よりずっと小さいこと、 SO_2 の液相酸化過程の反応炉たる水雲に乏しいために降水の影響を受けやすい SO_4 の生成が小さいことが欧州からの流出を更に強めていると考えられる。

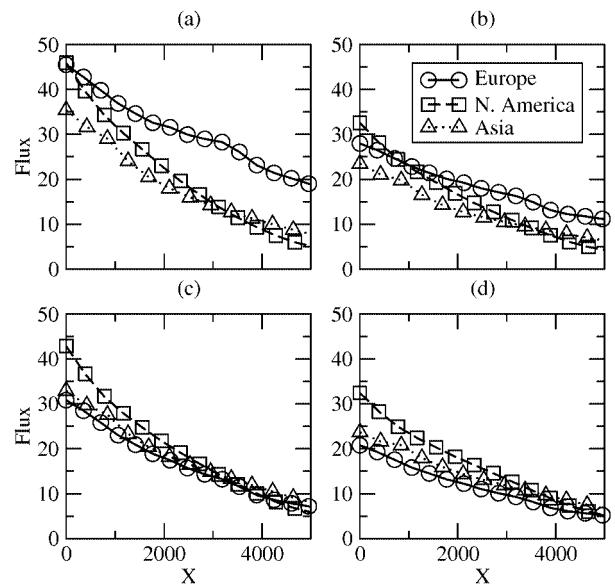


図 1: 1月における、解析領域の始点からの距離(km)に対する欧州、北米、アジアを起源とする人為的 SO_x の東向き輸送フラックス($mgS/m^2/month$)。(a):Control run、(b):乾性沈着率、液相酸化率一定、(c):湿性沈着率、液相酸化率一定、(d):乾性、湿性沈着率、液相酸化率一定。