

CS-85

夏期台風通過時における NO_x , SO_x , O_3 の輸送・反応シミュレーション

株式会社 熊谷組 正会員 五十川誠二
豊橋技術科学大学工学部 正会員 北田 敏廣

1.はじめに アジア各国における 1975 年から 1987 年の一次エネルギー(石炭、石油、水力、原子力など)消費量の年平均伸び率は、東アジアの国々が大きく、特に消費量の多い中国は 5.2%¹⁾であり、この伸び率でいくと 1999 年には、 SO_x の排出量にして 2103 万トンが見込まれている。これら増加する大気汚染物質の動態を知るとは地球規模の環境問題(温室効果、酸性雨等)を考える上で重要なことである。

本研究の目的は、(1)研究室で構築されてきた Eulerian 輸送反応モデルを用い、アメリカ NASA によって西大西洋域の対流圏化学特性を明らかにするために実施された PEM-WEST(A)(1991 年 9 月)航空機観測を対象に数値シミュレーションを行い、その計算結果と観測値あるいは旧計算値(Kitada, Isogawa and Kondo 1996)²⁾を比較することによってモデルのパフォーマンスを検討する、(2)Lagrangian 輸送モデルを用い、台風通過時における日本上空の物質の Back Trajectory を求めることにより、輸送経路の再現と起源位置を明らかにすることである。

2.解析モデル Eulerian モデルは、質量保存則より導かれた空間 3 次元非定常移流・拡散・反応方程式である³⁾。25 の輸送化学種、これ以外に 13 種の遊離基が定常状態法適用の化学種としてモデルに含まれており、これらの化学種は 90 の気相化学反応により相互に関係づけられている。またサブグリッドスケールにおける積雲対流の鉛直輸送効果を考慮している⁴⁾。初期濃度分布は、PEM-WEST(A)観測データと既存の気候学的なデータを元に推定した値を用いた。Lagrangian モデルは、移流項のみを取り扱った簡易モデルを使用する。

3.気象場、計算領域、人為排出源 用いた気象場は、気象庁の全球客観解析データの 1991 年 9 月 16 日～9 月 29 日までの 14 日間である。9 月 27 日に日本上空を 19 号台風が通過している。計算領域は、東経 99.375 度から西経 159.375 度、北緯 0 度から北緯 80.625 度で、グリッドサイズは、緯度方向経度方向ともに 1.875 度とした。鉛直方向グリッドは、地表面は上空 20hpa (20km)を 16 分割したものである。輸送タイムステップは 30 分、化学反応は 25 秒間隔で行った。地上排出源を考慮した物質は、 NO_x 、 SO_x 、 CH_4 、 CO 、その他の揮発性炭化水素類(VOC)である。 CO 、VOC については、 NO_x の排出源と連動させて扱っている。空中排出源としては、雷放電による NO_x の生成、飛行機からの NO_x 排出を考慮している⁵⁾。また Lagrangian モデルが、同じ気象場に対し、9 月 27 日 12GMT を出発時間とし 9 月 24 日 0GMT までの Back Trajectory と台風領域の粒子の動きの再現のために用いられている。

4.結果及び考察 (1)観測値と計算値の比較 PEM-WEST(A)観測の Mission8(9 月 25 日、17～23GMT、八丈島南東の比較的クリーンな場を飛行)と Mission9(9 月 25 日、0～6GMT、長崎沖で日本に接近中の台風 9119 号の上空を飛行)の 2 つについて比較したものを図 1 に示す。比較図上の obs.は観測値、oldcal.とは空中排出源、積雲対流の効果などを含まない以前の結果²⁾、newcal.がそれらの含むものを表す。この図より、窒素酸化物 NO 、 NO_2 ($\text{NO}_x + \text{PAN} + \text{HNO}_2$)は、大幅に改善された。これには空中排出源の雷放電による NO_x の生成と航空機からの NO 排出が寄与していると思われる。硫黄酸化物 SO_2 は、Mission8 は良好であるが、Mission9 で観測値より低い値である。 O_3 は、Mission8 については良好である。Mission9 は、5GMT 以降の観測値とのギャップが緩和されている。この 5GMT、6GMT は、台風の中心付近から外縁部の気象場の変化の激しい場所を観測機は飛行しており、計算値と観測値の適合性の改善理由として積雲対流の効果を含めたことが考えられる。(2)Trajectory 解析 台風上陸時の日本上空における Air mass の起源を知るため、ちょうど台風領域と重なる経度 127～138E、緯度 30～41N (西日本、朝鮮半島を含む)の位置で経度方向は 1.5° 間隔、緯度方向は 1.0° 間隔で粒子 88 個を高度 1000m を起点に 2000m 間隔で高度 11,000m までに配置し、9 月 27 日 12GMT を起点にその Back trajectory を求めた。例として、図 2a、2b に高度 1000m、図 3a、3b に高度 7000m のもの示す。図 2a、3a は、粒子の動きを真上から、図 2b、3b は経度方向から見た図で 4 時間間隔でプロットしたものである。高度 1000m では、中国東北部、朝鮮半島そして西太平洋を起源とするものがほとんどである。供給高度は、500～1500m 間に集中しており大気境界層の物質収束を表している。高度 7000m では、積雲対流による粒子の輸送効果を考慮していないためか偏西風によって輸送されるものがほとんどで、海洋からの輸送は少なかった。供給高度は、6000～9000m 間が大部分を占め、境界層や成層圏下層(15,000m)からの供給は少なかった。成層圏下層から供給されてきた粒子は、緯度 20N に位置するもので、一般にこの地域はハドレー循環に伴う下降流の影響で低緯度下層に輸送される。しかし、台風の影響で低緯度下層には輸送されず、中緯度の日本列島上空で輸送されることが判る。これらの Back trajectory の結果をもとに、日本上空の物質の起源位置を高度別にまとめたものが図 4 であり、上層にいくに従って偏西風帯が位置する緯度 30～50N からの輸送が支配的になる結果を得た。

参考文献

- 1)大気汚染研究協会(1993), 地球大気環境問題とその対策 アジアの視点, オーム社.
- 2)Kitada, T., S. Isogawa, and Y. Kondo (1996), Long range transport of NO_x , SO_x and O_3 over East Asia and the northern Pacific ocean caused by typhoons, Air pollution Modeling and Its Application XI, pp.191-201 Plenum Press, New-York.
- 3)西沢 匡人(1997), 冬期季節風下における NO_y , SO_x , O_3 の輸送・反応シミュレーション, 豊橋技術科学大学大学院修士論文.

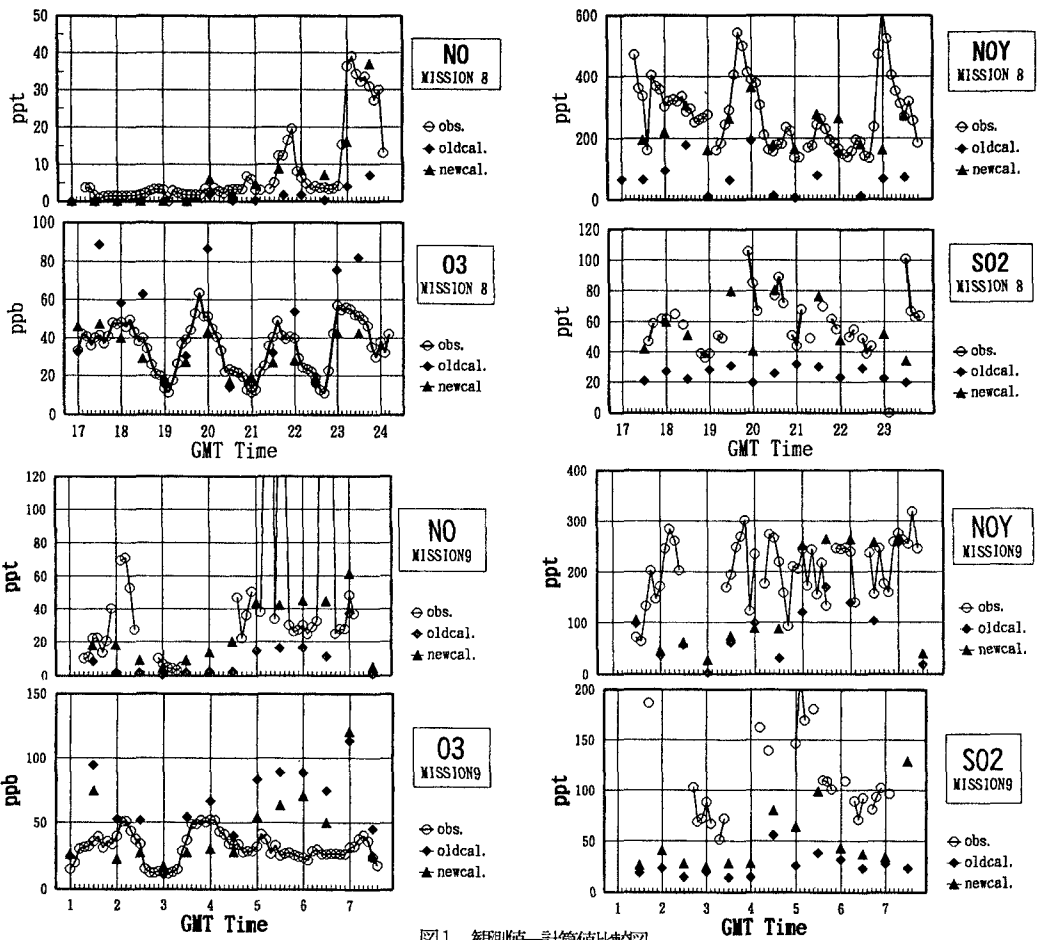


図1 観測値と計算値比較図

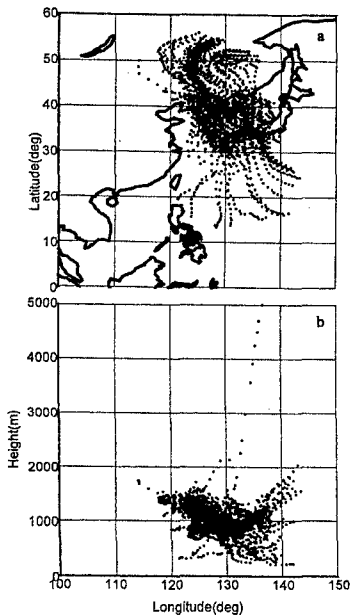


図2 9月27日、高度1000mからのBacktrajectory

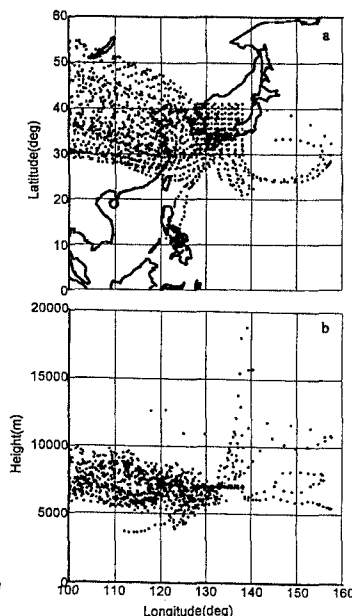


図3 9月27日、高度7000mからのBacktrajectory

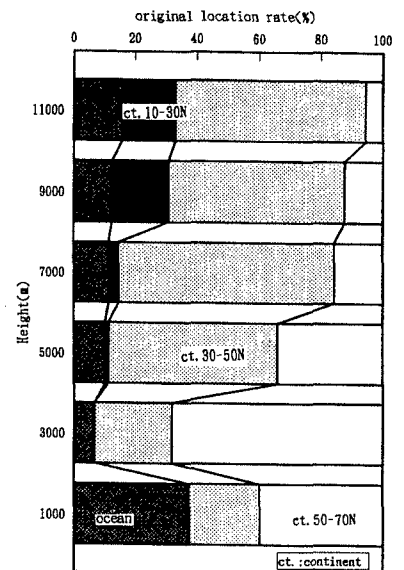


図4 高度別起源位置分布図