

II-158

春期の西太平洋域における気塊の逆トラジェクトリー解析 —INSTAC-1データ(1989年3月7日—3月9日)—

豊橋技術科学大学 (学生会員) 松尾 浩司、(正会員) 北田 敏廣
名古屋大学太陽地球環境研 近藤 豊

1. はじめに

遠隔地大気に対する人為の影響を明らかにすることが求められている。成層圏オゾンの破壊や地球温暖化が注目を集めているが、燃焼の過程で生成する $\text{NO}_x(\text{NO}, \text{NO}_2)$ は各種温暖化物質(CH_4, CFCs 等)の対流圏における寿命を決める化学種 OH の生成を制御するkey物質の一つである。本研究は、西太平洋域において大気成分の輸送、反応現象の解明を目的として行われたINSTAC-1プロジェクト(1989年3月7日—9日;気象研,国環研,名大等)で航空機観測の対象となった空気塊の輸送経路を、三次元地球規模流れ(米国NMCデータ)を用いた逆トラジェクトリー計算により明らかにし、この地域の NO の起源を推定したものである(フライトルート,図1)。観測データは、(1)北緯7度より南で NO , O_3 ともに非常に低濃度であること、(2)北緯20度,東経125度および143度,高度4.0—4.5(Km)で NO の高濃度(40ppt)を示しており、これらの空気塊の起源推定に特に注意を払った。

さらに、二つのトラジェクトリーの計算法、すなわち鉛直方向への移動量を計算するのに推定鉛直風を用いる方法と等温位面をたどる方法を比較、検討した。

2. 解析方法

気圧高度1000(mb)から50(mb)までの全球を経度方向144点,緯度方向73点,鉛直方向12点の格子点網で近似した。また、NMCデータの流れ場は、鉛直風速が与えられていないため、(1)式を使って風の水平発散から鉛直-P速度 ω を求めた。 ω と直交座標系の流速 w の関係は(2)式で与えられる。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial p} = 0 \quad \text{----- (1)}$$

$$w = \left(\frac{\partial z}{\partial t} \right)_p + u \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_p + v \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_p - \frac{\omega}{p \cdot g} \quad \text{----- (2)}$$

逆トラジェクトリー解析では、仮想空気塊を設定し時刻60(MIN)で時間が戻る方向へ計算を進めて移動距離を求めた。

3. 結果および考察

図2にNMC対流圏データによる水平面流れ場の例(7 March, 1989)を示す。図より、中高緯度には、高、低気圧の波動に伴う強い風速場が存在し、対照的に低緯度の、特に、太平洋上では流れが弱いことがわかる。

(1) 二つの逆トラジェクトリー計算法の比較

図3(a)~(d)は、3月10日12GSTに125°E、20°N地点(図1,○印)の高度6,4.5,3,1.5 kmにあった気塊の二つの方法による逆トラジェクトリー計算結果の鉛直面比較図である。図より、最後の2~3日の流跡線はよく一致しており、気塊の過去2~3日の軌跡をたどるには、いずれの計算法も同様の結果を与えることがわかる。しかしながら、それ以前になるとその差が徐々に広がっている(特に水平移動距離に見られる)。等温位面解析に用いている断熱運動の仮定が、長期間維持できない(水の相変換、地表の効果など)という欠点があり、一方、推定鉛直風を用いる方法には、客観解析による鉛直風自身に誤差が含まれている可能性がある。放球したバルーンの長期間追跡などによる直接的な検証のデータが必要と考えられるが、Kitadaら(1983)²⁾が「水平風観測データが現象を解像するのに必要な密度で取られているならば、客観解析は十分な精度で鉛直風を推定し得る」ことを数値解析的に示しており、現時点では鉛直風推定によるものの方が適切と判断した。

(2) INSTAC-1データで観測された高濃度 NO 気塊の起源

3月7日12GST, 143°E, 20°N地点(図1,△印)の高度4.5 kmおよび3月10日12GST, 125°E, 20°N地点(図1,○印)の高度4 kmで NO 高濃度が観測された(図4は、Davaoから八尾までの帰りのフライトルートに沿っての NO 濃度である。20°Nに見られる高濃度が3月10日に相当する)。図5,6はそれぞれの地点、時刻の各高度(6,4.5,3,1.5 km)を起点とする逆トラジェクトリーの計算結果を示す。図5,6いずれも、問題の高度4.5 km以下を出発点とするトラジェクトリーは当該気塊が2~3日前に中国大陸の排起源地帯を通過したことを示しており、この高濃度 NO が人為起源であることを示唆している。ただし、興味深い点は、高度6 kmを起点とするトラジェクトリーが、大陸に近い点(図6)では下層と同じく西方起源であることを示しているのに対し、太平洋上を出発点(図5)とする場合には、それが停滞した気塊あるいは南方から輸送された気塊であることを示す点である。すなわち143°E, 20°Nの太平洋上では4.5 km以下の下層が西方起源、6 km以上の上層が南方起源気塊であることを示唆し、大陸に近い点とでは根本的に流れ構造の違いがあることを示している。

(3) 低緯度における空気塊の運動

図7は、124°E, 7°N地点(図1,□印)を3月9日12GSTに出発した気塊の

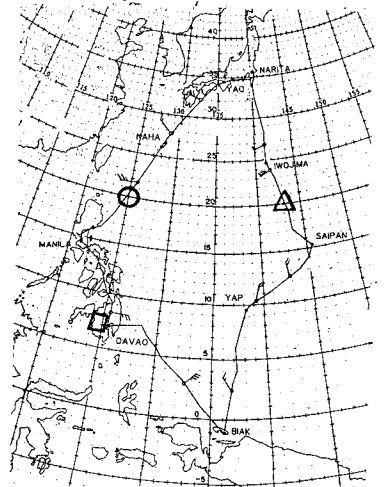


図1 Flight routes for the INSTAC-1 campaign¹⁾

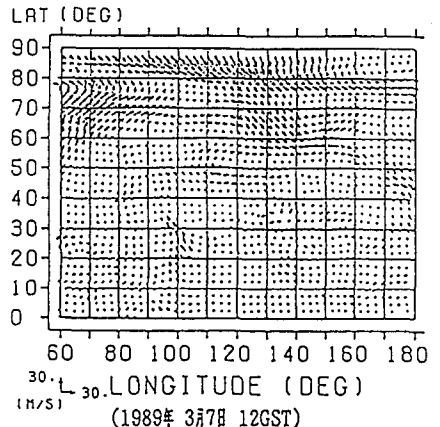


図2 水平面流れ場(高度850mb)

逆トラジェクトリーである。この地点では気塊はどの高度においても大きな移動は示さず、停滞していることを示す。INSTACデータは、高度4500 mで NO_x とともに極めて低い濃度(NO :平均10ppt, O_3 :平均15ppb)を示し、トラジェクトリー計算の結果と合わせて考えると、この濃度が太平洋の熱帯におけるバックグラウンド濃度であることを示唆している。

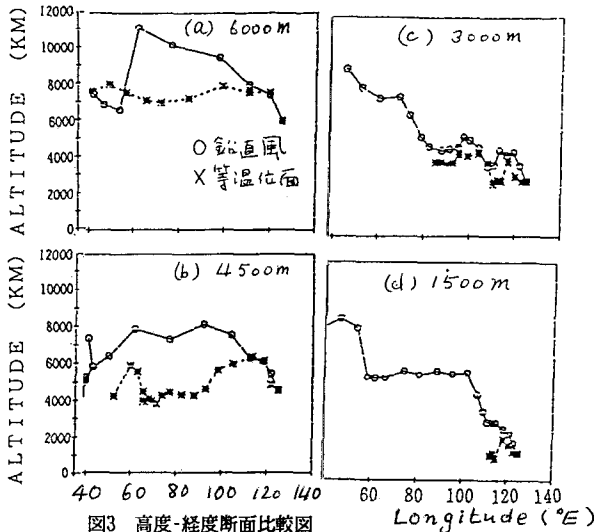


図3 高度-経度断面比較図
(Start: 125°E, 20°N; 12GST 10 March)
(図中のシンボルは12日毎隔)

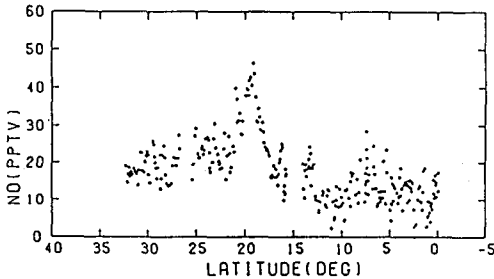


図4 NO mixing ratio observed above 4km during the flight from Davao to Yao on March 9 and 10.¹⁾

4. おわりに

観測プロジェクトINSTAC-1の対象となった気塊の起源推定のために、地球規模流れ場(NMCデータテープ)を用いて北半球の西太平洋地域における逆トラジェクトリー解析を行った。その結果、(125°E~143°E, 20°N)の高度4.5 kmで観測された NO 高濃度が大陸起源であることがわかった。しかしながら、大陸に近い125°Eと太平洋上の143°Eとでは、上下両層間の流れ構造に大きな違いが見られ、20°Nでは、中国大陸の影響を直接受ける地点の東方限界が143°E付近にあるという推定も可能であった。低緯度(1°S~10°N, 120°E~140°E, 高度<6km)では気塊の停滞する傾向が強い。 NO 、 O_3 は大気化学反応を通じて相互に影響しており、大陸の影響を明らかにするために今後化学反応を含めた解析が必要である。

参考文献

- 1) Kondo et al.: Papers in meteor and Geophys., 42, 21-29 (1991)
- 2) Kitada et al.: Atmos. Environ., 17, 2181-2192 (1983)

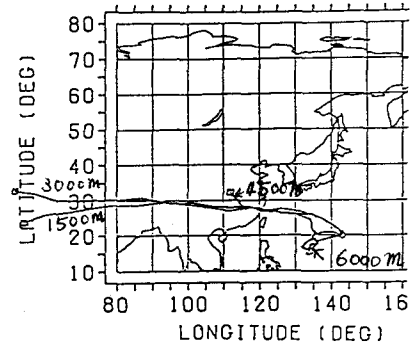


図5 鉛直風解析による逆流跡線水平面プロット
(Start: 143°E, 20°N; 12GST 7 March)

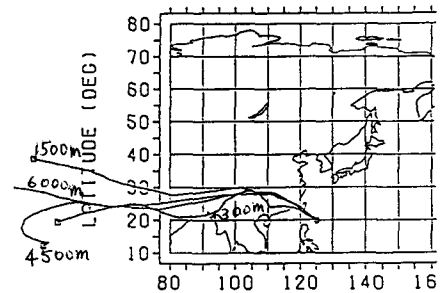


図6 鉛直風解析による逆流跡線水平面プロット
(Start: 125°E, 20°N; 12GST 10 March)

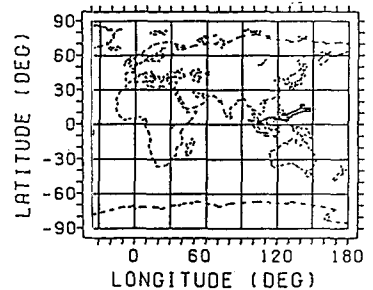


図7 鉛直風解析による逆流跡線水平面プロット
(Start: 124°E, 7°N; 12GST 9 March)