

中国北京近郊における 1984 年夏の
エアロゾル分布の気球観測*

高木 増美**・岩田 晃**・森田 恭弘**・近藤 豊**
石 広玉***・許 黎***・任 麗新***・呂 位秀***
游 荣高***

(1986 年 7 月 25 日受理)

Balloon Observation of Aerosols over the Suburbs of Beijing,
China in Summer 1984

By

Musumi TAKAGI, Akira IWATA, Yasuhiro MORITA, Yutaka KONDO,
Shi GUANGYU, Xu LI, Ren LIXIN, Lü WEIXIU,
and Yü RUNGAO

Abstract: Number density of aerosol particles larger than 0.3 μm diameter was measured with a balloon-borne light-scattering type aerosol counter over the suburbs of Beijing, China in summer 1984. It was confirmed that the aerosol density level in the stratosphere was several times higher than the background state in the volcanically quiescent period. Compared with the values observed at Sanriku between 1975 and 1979 which were probably affected by some volcanic activities, it was still more than 2 times high. It suggests that the stratospheric aerosol content at the time of observation was still in the slowly decaying phase after the El Chichon event in spring 1982. The tropospheric aerosol density at the continent was of the same order as the average over Japan islands observed so far. Brief comparison with the lidar observation at Toyokawa is given.

* 宇宙研特別事業費による研究論文

** 名古屋大学空電研究所

*** 中国科学院大気物理研究所

概 要

1984年夏、北京郊外上空において、エアロゾル濃度の気球観測を行った。この観測により、この時期の成層圏エアロゾル層は17ないし23 kmの高度にあり、その濃度は火山活動の静穏な時期より数倍高く、また1975~1979の間に三陸で観測した値にくらべても約2倍高かった。このことは、この時期はまだEl Chichon火山噴火の影響が残っていることを示すものと考えられる。一方対流圏内のエアロゾル濃度については、これまで日本で観測されて来た値の平均値に近い。豊川におけるライダーの結果とも簡単な比較を示した。

1. ま え が き

日中共同の第1回目の気球実験として、1984年夏、エアロゾル、一酸化窒素、オゾンの鉛直分布観測が実施された。一酸化窒素については測器に異状があり満足な結果が得られなかった。この報告では33 kmまでのエアロゾルの高度分布の観測結果を述べる。

1982年春に起きたメキシコの火山、エルチチヨンの噴火の影響は、1983、84年と次第に減少しながらも、なお成層圏に影響を残しており、本実験の目的は、この時期の成層圏の状態を確かめること、また日本と中国上空での差異をしらべることであった。同時に今後の日中共同実験の推進にあたっての種々の条件を、実地観測を通してしらべることも大きな目的の一つであった。

2. 実験の概要

この実験は、名古屋大学と、中国科学院大気物理研究所の間の協力による最初の試みとして実施された。エアロゾル測定に使用された装置は名古屋大学で設計製作された光散乱型エアロゾル計数装置で、直径 $0.3\mu\text{m}$ および $0.5\mu\text{m}$ 以上の粒子数を分別計数することができる。装置の詳細は前に報告された[1][2]。

気球、テレメータ、コマンド系、気象ゾンデ及び放球、追跡、測器回収等の地上支援は、すべて中国科学院により行われた。実験場は北京から東南東約50 kmにある河北省香河(Xianghe- 39.8°N , 117.0°E)にあり、1984年8月23日午後、測器をつるした $30,000\text{ m}^3$ の気球が放球された。約2時間の上昇中と、33 km高度における約1時間の水平浮遊中、満足な観測データが得られた。気球は対流圏から成層圏下部にかけて北東に向い、水平浮遊中はほぼ西に向って流れた。気球が北京上空にはいる直前、測器は気球から切離され、パラシュートで地上に降下し、その夜の間に無事回収された。回収後実験室に於て測器の再検査が行われ、これは観測精度を保証するため有効であった。

3. 結 果

図1に直径 $0.3\mu\text{m}$ 以上の粒子濃度の鉛直分布を実線で示す。最大濃度 2 cm^{-3} のエアロゾル層が高度17~23 kmに見出される。比較のため1982年10月三陸で観測した結果を点線

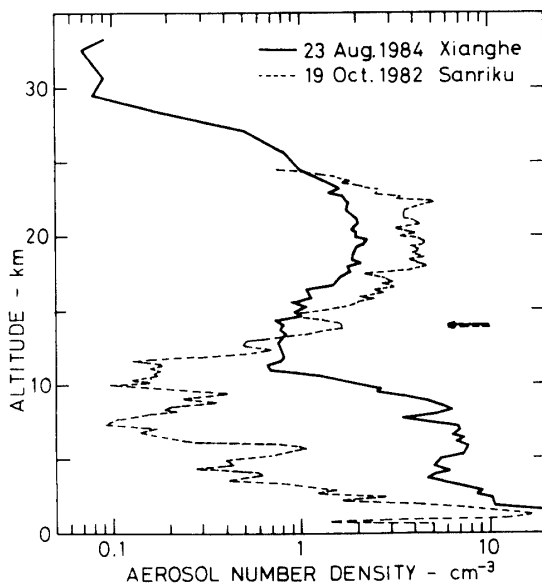


図1 直径 $0.3 \mu\text{m}$ 以上のエアロゾル粒子数の高度分布。矢印は対流圏界面高度を示す。

で示した。両分布をくらべると、エアロゾル層の高度は同じであるが、濃度は82年秋にくらべ半分に落ちている。各地のライダー観測（例えば[3]、[4]）によれば、82年秋はエルチヨン噴火後半年で、まだ過渡的な不規則な濃度分布が顕著であった。中緯度での規則的な濃度の減少が始ったのは82年12月頃からであり、この初期数ヶ月には、エアロゾル層高度の20~23 km から17~20 km への下降が認められている。図1の両分布の高度の一致は単に時期的なものである。

われわれはこれまで三陸で5回のエアロゾル観測を行っている。その結果の詳細は森田、高木[1]に報告されている。これらの観測のうち73年以外は、多かれ少なかれ何等かの火山活動が成層圏に影響していると考えられる。殆んどバックグラウンドと考えられる73年の濃度は $0.3 \sim 0.5 \text{ cm}^{-3}$ 、また75~79年の値は $0.5 \sim 1.5 \text{ cm}^{-3}$ であった。今回の中国の観測は、バックグラウンドより数倍大きく、また75~79年の値にくらべても2倍大きい。この事実はエルチヨン噴火後2年以上経過した84年夏に、なお北半球中緯度にその影響が残っていることを示す証拠だと考えられる。

図1に見られる対流圏内の高度分布は、両者で全く異なっている。中国上空では2 km から9 km にかけて $5 \sim 10 \text{ cm}^{-3}$ の高い濃度が見出された。特に地表から1 km 位までの地上境界層では濃度は非常に高く測定限界を越えていた。しかしながら対流圏内の状況は、その時々気象状態あるいは局地的な汚染状態によってきわめて大きく変動するもので、事実三陸の5回の観測での濃度の分布範囲は $0.1 \sim 50 \text{ cm}^{-3}$ に達している。今回の中国での観測値はむしろその平均に近く、今回だけの観測から中国大陸と日本列島との差異を云々することは困難である。

図2は、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上及び $0.5 \mu\text{m}$ 以上の2つの粒径範囲にあるエアロゾル数の比の高度分

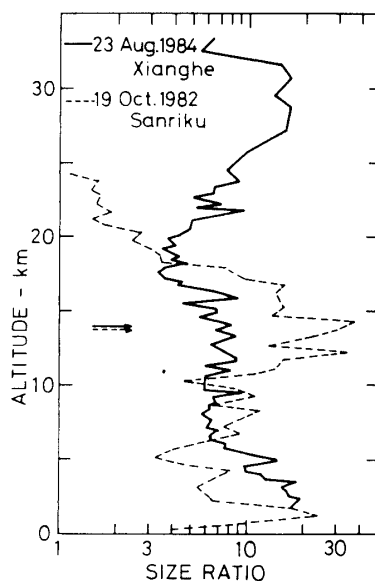


図 2 直径 $0.3, 0.5\mu\text{m}$ 以上のそれぞれの粒径範囲にあるエアロゾル数比の高度分布。矢印は対流圏界面高度を示す。

布を示す。この比はエアロゾルの粒径分布を近似する一つのパラメータとして慣習的によく使われるものである。図 1 と同様に、82 年秋の三陸での値と対比して示してある。今回の観測の方が高度に対してより一様であると云える。特に 82 年の値は 20km 以上の高度で極端に低い。このことは粒径分布が大きい方の粒子にかたよっていることを示し、噴火直後のエアロゾル粒径分布に見られる一つの特徴でもある。成層圏エアロゾル層における今回の値は 3~5 であり、これは噴火前に見られた典型的な値[5]と一致する。このことはエアロゾル濃度にはなお噴火の影響が残っているにもかかわらず、粒径分布は噴火前にもどっていること、更に粒径分布がエアロゾルの組成のひとつの反影であると考えることができれば、組成はバックグラウンドにもどっていることをうかがわせるものである。

4. ライダー観測との比較

気球による直接観測はきわめて信頼度の高いデータを得ることができるけれども、頻繁に実行するには種々の制約がある。一方ライダーによる遠隔観測は、一度設備が完成すれば継続的な運用が可能である。特に天候にめぐまれば毎日の変動を追いかけることもできる。したがって気球の結果をライダーと比較することは、時間的な変動の中で気球観測日がどのような位置を占めているかをあきらかにする上で重要である。しかし両者の比較には以下のような問題点である。直接観測は比較的広い波長域でのエアロゾルの側方散乱から個々に個数を検出しているのに対し、ライダー観測はある特定の波長でのエアロゾル分布の全体が関与する後方散乱を測っている。このため両者の比較換算を実行するには、エアロゾルの粒径分布と光学特性に関する正確な情報が必要である。この種の換算は幾つかの論文で試みられている。ここでは Swissler 他[6]と類似の方法を採用した。これは 0.

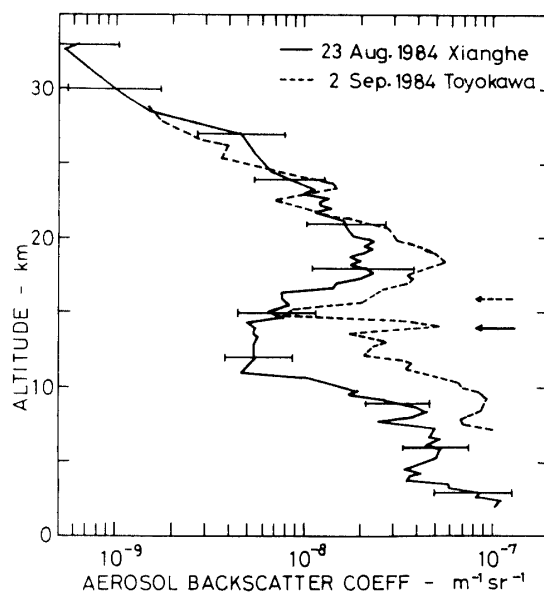


図3 532 nm 波長でのエアロゾルの後方散乱係数の比較. 実線は気球観測からの換算, 点線はライダー観測の結果である. 両観測は時間的には10日, 場所的には5°の緯度差がある.

3/0.5 μm の濃度比を粒径分布のパラメータとしてとり上げるもので, これをもとに数種類のありそうな粒径分布及び屈折率を仮定して換算する.

豊川に設置した532 nm波長のライダーは, 1982年12月から観測にはいった[7]. 中国での気球実験にもっとも近い観測は1984年9月2日のもので, 約10日の差がある. 図3に中国での気球観測値からエアロゾルの532 nmでの後方散乱係数に換算した値と, ライダーの結果とを示した. ライダーの解析に必要な大気密度の高度分布は, 同日21時の浜松の高層資料を使った.

成層圏エアロゾル層の高度についてはよい一致が見られる. しかしそのピーク値はライダーの方が2倍程高い結果になっている. 火山噴火の過渡的な乱れが完全に消滅していると思われるこの時期としては, 10日の時間差, 5°の緯度差では, 2倍の違いは大き過ぎる. しかし気球観測データから後方散乱係数への換算には, 仮定されるエアロゾルの粒径分布と屈折率にかなり幅があること, 気球用測器が屈折率1.40の粒子に対して校正されていること, またライダーによる後方散乱係数の測定精度がこの程度のエアロゾル濃度では20~30%より良くはないこと等の誤差の要因がある. 最終的には図3に示される程度の誤差範囲が期待されるので, 大よその一致は得られていると云えるかも知れない.

5. おわりに

今回の中国での気球観測結果をまとめると次の通りである. 1984年夏の北半球中緯度においては, エアロゾル層の高度は17~23 kmのかなり広い範囲を占め, 直径0.3 μm 以上

の粒子数は約 2 cm^{-3} であった。また $0.3, 0.5 \mu\text{m}$ 以上の粒子の個数比は 3~5 であった。この値から、エルチヨン噴火後 2 年以上経過しているにもかかわらず、まだ濃度はバックグラウンドより数倍高いこと、しかし粒径分布状態は噴火前にもどったことが示される。

対流圏のエアロゾル濃度は、中国では地上直近では極度に高かったが、2 km から圏界面にかけての値は、これまで 10 年間にわたって三陸で得られた値の平均に近いものであった。

謝 辞

今回の気球実験は、日中の大気球グループの長期にわたる協力関係の上に実現したものである。本実験を実施するに当って、宇宙科学研究所西村純教授、中国科学院大気物理研究所曾慶存所長、周秀驥教授に負う所が大きい。また香河観測所での大気球飛揚は、大気物理研究所、高エネルギー物理研究所、宇宙科学技術センター、広州電子研究所等の協力によって実施されており、荆其一、顧逸東、張亜臣その他多数の方々から多大の協力を頂いたことに厚く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- [1] 森田恭弘・高木増美, 光散乱式エアロゾル粒子カウンターによる成層圏エアロゾルの気球観測, 宇宙科学研究所報告, 8, 87-99, 1983.
- [2] Takagi, M., Y. Morita, A. Iwata, and Y. Kondo, On the observation techniques for stratospheric aerosols, J. Meteor. Soc., Japan, 63, 277-282, 1985.
- [3] Uchino, O., On dispersion processes of the El Chichon dust particles in the lower stratosphere, J. Meteor. Soc., Japan, 63, 288-293, 1985.
- [4] Hayashida, S. and Y. Iwasaka, On the long term variation of stratospheric aerosol content after the eruption of volcano El Chichon: Lidar measurements at Nagoya, Japan, J. Meteor. Soc., Japan, 63, 465-473, 1985.
- [5] Hofmann, D. J. and J. M. Rosen, Balloon-borne observations of stratospheric aerosol and condensation nuclei during the years following the Mt. St. Helens eruption, J. Geophys. Res., 87, 11039-11061, 1982.
- [6] Swisler, T. J., P. Hamill, M. Osborn, P. B. Russel, and M. P. McCormick, A Comparison of lidar and balloon-borne particle counter measurements of the stratospheric aerosol 1974-1980, J. Atmos. Sci., 39, 909-916, 1982.
- [7] Iwata, A and M. Takagi, Lidar observation of decaying El Chichon eruption cloud over Toyokawa, Japan (35°N), Res. Lett. Atmos. Elect., 4, 11-16, 1984.