

Abstract

As one of the lidar observation network stations of Pinatubo volcanic clouds, CRL started lidar observation at Wakkanai, Hokkaido and Koganei, Tokyo cooperating with Tohoku Institut of Technology. A lidar system at Wakkanai is at CRL Wakkanai Radio Observatory. The system is operated at Nd:YAG fundamental wavelength. The other system at CRL Koganei is at Nd:YAG 2nd harmonics, and can observe two polarization components, or depolarization ratio of aerosols. Here we will show the early results of the observations.

1. はじめに

1991年6月中旬のフィリピン、ルソン島にあるピナツボ山がおおよそ400年ぶりの大噴火を起こした。噴火により大量の火山物質（火山灰、火山性ガス）が成層圏に注入され、その総量は1982年に大噴火したエルチチョン火山時をしのぐと見積られている。成層圏に到達した火山物質は濃厚な火山雲を形成し、それによる日没・日出時の太陽光の散乱で、鮮やかな薄明が見られている。通信総研では国内火山雲観測網による観測の一環としてピナツボ火山雲のライダー観測を稚内と小金井において開始した。以下本予稿では、火山雲の大気環境に与える影響、観測に用いたライダーシステム、及び初期の観測結果について述べる。

2. 大気環境への影響

成層圏火山雲は数年にわたり下部成層圏に滞留して、大気に種々の影響を与える。古くから唱えられているのは、火山雲が本来地表に到達すべき太陽放射を遮ることから、全地球の平均気温が低下する、といういわゆる日傘効果である¹⁾。一方近年、火山雲が日射を吸収し、その結果大気加熱率が上昇、これが大気大循環に大きな影響を与える、との見積がなされている²⁾。

以上は気候への影響であるが、さらにオゾンホールに関連した最近の研究から、火山雲のオゾンへの影響も問題となってきた。火山物質の主要な成分である二酸化硫黄（SO₂）は、成層圏中で序々に酸化して硫酸（H₂SO₄）となる。硫酸は水分子とともに硫酸水溶液の液滴微粒子（エアロゾル）を作る。火山雲の主体はこの硫酸液滴エアロゾル（以後、硫酸エアロゾル）である。ところで、極域成層圏でのオゾン破壊（オゾンホール）は極成層圏に生成した硝酸と水の結晶、もしくは水によるエアロゾル表面反応を通して、触媒反応でオゾンを破壊する塩素原子（Cl）ができることが主要な化学反応過程である。この不均一過程の研究で、新たに硫酸エアロゾルの表面で五酸化二窒素（N₂O₅）と水の



なる反応の係数が大であることが明らかとなった。火山大噴火後、硫酸エアロゾルが多量に存在する時にはこの反応が急速に生じる。通常Cl原子は不活性な分子の一部として下部成層圏に存在する。

これは活性な塩素を含む分子 (ClO_x ; 例えば Cl_2) が窒素酸化物 (NO_2 等; 通称 NO_x) により酸化されるためである。 N_2O_5 が上の反応で急激に減少した場合、これと釣り合っている NO_x 全体が減少する。 NO_x の減少は ClO_x の減少をおさえる (ClO_x を増加させる)、結果としてオゾンの減少を引き起こす。エルチチョンや今回の噴火級の火山雲が成層圏に形成された場合、フロンガスが依然増加していることから、緯度によっては10%以上のオゾン減少を導くとのモデル計算結果が複数のグループにより求められている³⁾⁴⁾⁵⁾。

このように濃厚な火山雲は大気環境に甚大な影響を与えることが予想される。それにもかかわらず、これらの影響を実証することは非常に困難であった。気候への影響では、変動の激しい実測データから十分なSN比で火山の影響を抽出することは難しい。また、大気大循環数値モデルもこの影響の検証にはいまだに性能が十分とは言い難い。オゾン破壊については、ピナツボ噴火以前には硫酸エアロゾル表面の反応は知られていなかったことと、さらに10年前のエルチチョン大噴火の際にはフロンガスの量がオゾン破壊を顕在化するほど増加しておらず、ほとんど無視されていた。

3. ライダーシステム

観測に用いたライダーシステムの諸元をTable 1、Table 2に示す。稚内で用いたライダーシステムは、中国黄土地帯で黄砂の起源における砂塵の分布を測定するために開発されたもので、中国での観測に先立ち急ぎよピナツボ火山雲の観測に用いたものである。このシステムは砂漠での測定に備え、送受信部を一体化したコンパクトな構成としている。波長はエアロゾルによる散乱により敏感⁶⁾なNd:YAGレーザーの基本波である1.06 μm を用いている。

小金井で偏光解消度の観測に用いたライダーは北極域における下層大気の測定に用いるために開発されたもので、送信レーザー光の偏光と平行、垂直な散乱エコーを同時に受信・測定することができる。波長は検出器の感度がより高いNd:YAGレーザーの第二高調波である0.53 μm を用いている。均一な球形による粒子の偏光解消度は零となる。一方非球形の粒子では、偏光解消度は大きな値を取る。従って、火山雲が固体の火山灰からなる場合偏光解消度は大きな値をとり、硫酸液滴エアロゾルからなる場合はほぼ零となることが予想される。この特性を利用して、火山灰と硫酸エアロゾルの分布の測定をめざす。

Table 1 Characteristics of Lidar system at Wakkanai

Transmitter		
Laser	Nd:YAG	fundamental
Wavelength	1064	nm
Output energy	600	mJ/pulse
Pulse repetition	10	Hz
Beam divergence	0.1	mrad
Receiver		
Telescope	$\phi 35$	cm
PMT	HAMAMATSU R3236	
Bin width of MCS	640	nsec(96 m)

Table 2 Characteristics of Lidar system at Koganei

Transmitter		
Laser	Nd:YAG	SHG
Wavelength	532	nm
Output energy	400	mJ/pulse
Pulse repetition	20	Hz
Beam divergence	0.1	mrad
Receiver		
Telescope	$\phi 35$	cm
PMT	HAMAMATSU R928	
Bin width of MCS	1000	nsec(150 m)
Simultaneous detection of two polarization components		

4. 観測結果

観測結果の詳細な検討は今後の課題であるが、ここでは、これまでの観測で得られたピナツボ火山雲高度分布の特徴の概略を紹介する。

ライダーシステムを作成後、稚内搬入に先立って試験観測を行った昨年8月15日の測定では、

高度約 23 km 付近にピナツボ起源と考えられる濃厚な散乱層が存在している。この層のピークでの濃度は、火山の影響を受けない状況に比べて約 40 倍であった。また、23 km 付近ほど顕著ではないが高度 18 km 付近も平常時に比べ約 4 倍の増加を示している。

このようにシステムの動作と小金井上空での火山雲による成層圏エアロゾルの増加を確認の後、8 月下旬にライダーを稚内電波観測所に持ち込んで観測を開始した。

4. 1 稚内での結果

稚内では 8 月 28 日に初めての観測を行った。稚内での観測は小金井から担当者が出向いて行っており、その後、3 月上旬までに約 20 夜の観測が実行できた。稚内における 8 月 28 日の分布では小金井における 8 月 15 日の分布の様な顕著なピークは見られないが、18 km 付近は小金井同様約 4 倍の増加を示している。その後 10 月に観測を再開し、12 月初旬にかけて比較的頻度の高

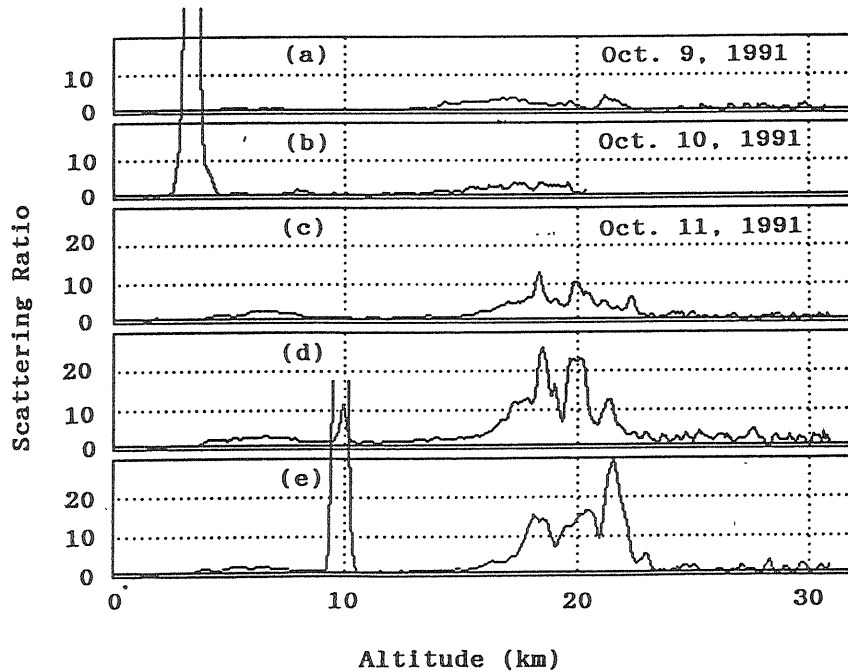


Fig. 1 昨年 10 月前半の稚内における観測結果 (a) 10 月 9 日、(b) 10 月 10 日、(c) 10 月 11 日 17:43-18:38JST、(d) 10 月 11 日 19:40-20:40JST、(e) 10 月 11 日 23:47JST-12 日 00:47JST

い観測ができた。Fig. 1 に 10 月前半の鉛直分布の変化を示す。10 月 9 日から 10 月 11 日にかけて高度 22 km 付近のピークにおける後方散乱比 R の値は約 10 倍の増加を示した。さらに、10 月 11 日の高度分布から分かるように、一晩の内でも大きな変化がある。このような火山雲濃度の変化は火山雲の水平方向の不均一に由来し、輸送の効果による。稚内上空の火山雲は上のごとく大きな変動を示しつつ、最近では比較的安定した分布に落ち着きつつあるようである。

4. 2 小金井での結果

小金井本所における観測は 12 月中旬に開始した。Fig. 2 に 1 月下旬の観測結果を示す。両図の (a)、(b) は、それぞれ後方散乱比 R 及び偏光解消度 δ_a の高度分布である。図中実線と破線は解析方法が異なる。が、基本的に同様の結果を与えており、ここでの詳しい説明は避ける。 R の値は稚内ほど短時間での大きな変動を示さない様である。 δ_a に関しては、 R のピークより約 6~7 km 下方に極大が存在しそこでの値 ~10% は R の極大付近の値より約 1 桁大きい。この結果は、高度 10~20 km にかけては固体の火山灰が混在しているが、 R が極大となる高度 20 km よりやや高い高度では球形の硫酸液滴エアロゾルが卓越していることを示している。このような火山灰と硫酸液滴の分離は、火山灰 (大粒径、落下速度大⁷⁾) と硫酸液滴 (小粒径、落下速度小⁷⁾) の落

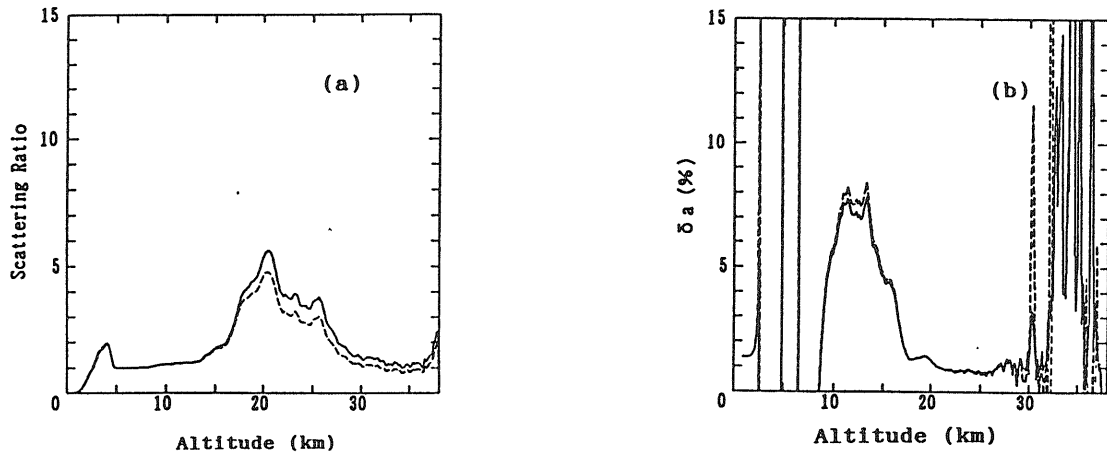


Fig. 2 本年1月22日の小金井における観測結果 (a) 後方散乱比、(b) 偏光解消度

下速度の差によって生じているものと考えられる。

5. まとめ

上に述べてきた様に、現在稚内・小金井の2カ所において観測を継続している。さらに稚内ではNd:YAG基本波(1.06 μ m)に加え、第二高調波での観測を開始する計画である。多波長での観測により火山雲粒子の粒径に関する情報を得ることを目指している。

得られる観測データを用い、今後、2.で紹介したライダー観測網によるデータ、大気大循環数値モデル等と比較しつつ、火山雲の輸送、火山雲粒子の消長、気候やオゾンに対する影響を考察していく予定である。

参考文献

- 1) Lamb, H. H., Phil. Trans. R. Soc., Vol.266, 425(1970)
- 2) Hirono, M., J. Geophys. Res., Vol.93, 5365(1988)
- 3) Brasseur, G. P., C. Granier and S. Walter, Nature, Vol.348, 626(1990)
- 4) Pitari, G., G. Visconti and V. Rizi, Geophys. Res. Lett., Vol.18, 833(1991)
- 5) Rodriguez, J. M., M. K. W. Ko and N. D. Sze, Nature, Vol.352, 134(1991)
- 6) Shibata, T., M. Fujiwara and M. Hirono, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.19, 2205(1980)
- 7) Kasten, F., J. Appl. Met., Vol.7, 944(1968)