

A-1 衛星データ等を活用したオゾン層破壊機構の解明及びモデル化に関する研究

(2) 極域・中緯度相互作用とオゾン層変動に関する研究

② 北海道におけるレーザーレーダー観測による成層圏エアロゾルの動態解明

研究代表者 郵政省通信総合研究所地球環境計測部光計測研究室 板部敏和

郵政省通信総合研究所

地球環境計測部 光計測研究室 板部敏和・水谷耕平・安井元昭

平成8-10年度合計予算額 14,340千円

(平成10年度当初予算額 4,989千円)

[要旨] 極域と中緯度の大気相互作用とオゾン層の関連を調べるため、稚内においては通年、極域と中緯度の相互作用が強くなる冬季においては稚内に加えて釧路において偏光解消度を測定できるレーザーレーダー(ライダー)観測をおこない成層圏エアロゾルの量、高度分布の動態を調べた。ピナツボ火山噴火の影響による成層圏エアロゾルは1996年までは減少しつづけていたが、1997年頃からはかなり落ち着いてきており定常状態になりつつあるように見える。0.532 μm と1.064 μm での後方散乱係数の波長依存性は1992年頃に比べて大きくなっており半径0.1ミクロンより小さい粒子が卓越してきているようである。釧路のライダー装置は1997年11月には夏場にも天気がよく観測の可能な陸別に移し、同時に観測が自動化できるように装置の改良を行った。

[キーワード] レーザーレーダー、成層圏エアロゾル、後方散乱係数、偏光解消度

1. 序

南極のオゾンホールが年々拡大する中、人口の多い北半球の中高緯度でもオゾンの長期的な減少傾向が観測されている。極域オゾンの破壊過程が研究されるにつれ成層圏エアロゾル表面での不均一反応がオゾン破壊に重要不可欠な役割を担っている事が明らかになってきた。また、そのような研究の過程で、中緯度においても成層圏エアロゾルがオゾン・ケミストリーの重要な側面を担っている可能性が指摘されている。1991年6月に噴火したフィリピンのピナツボ火山により成層圏に注入された成層圏エアロゾルの影響がいつまで続き、いつ定常状態になり、その時の成層圏でどのくらいのエアロゾルが存在し、その時の粒径分布はどうなるのかは定常状態で存在する成層圏エアロゾルのサイクルを理解する上で、また成層圏ケミストリーの理解のためにも興味深い。さらには、今日のオゾン層破壊において焦点になって来ている不均一反応の場となる成層圏エアロゾルのデータを衛星観測や他の地上観測から得られる微量分子のデータと比較し、高層大気環境の変動予測に役立てることが重要である。

2 目的

本研究の目的は、日本の最北端でオゾン減少の最も大きく現れ、冬期には数度極域内に起源を持つ気塊が通る北海道の稚内においてライダー観測を行い、筑波やアラスカなどの他の地点におけるライダー観測と比較する事のできる成層圏エアロゾルの鉛直分布データを取得する事である。そのような比較から成層圏エアロゾル量、高度分布、中高緯度での水平分布と輸送に関するデータが得られる。また、北海道で得られる微量分子観測の結果や衛星観測のデータと比較して、そこから成層圏で起きている物理・化学過程を解明する事も重要な研究課題である。稚内は冬期の晴天率が低く、観測日数が限られるため、冬期には釧路でもライダー観測を行っていたが、1997年の11月には釧路のライダー装置を夏場にも観測の可能な陸別に移して、北海道におけるエアロゾルの鉛直分布データが通年得られるようにした。

3 観測装置

稚内のライダー装置はNd:YAGの基本波1.064 μm と2倍波0.532 μm で観測を行なうようになっており、2倍波では偏光解消度も測れるようになっている。1.064 μm では1995年以降感度が足りず実質的に成層圏エアロゾルは観測できなかったが、検出器を感度のよいものに交換し観測ができるようになった。また、1996年暮れから1997年年初にかけて稚内、釧路の0.532 μm のPチャンネルを低高度用と高々度用の2つのチャンネルに分けて受信するようにし、エアロゾル量が少なくなってもS/Nよく成層圏エアロゾルを観測できるようにした。釧路の観測装置のブロックダイアグラムを図1に示す。釧路での観測は東北工大と協力して冬季に行い、Nd:YAGの2倍波0.532 μm で偏光解消度の観測もできるようになっていた。1997年11月に釧路のライダー装置を陸別に移したが、この時に将来の自動化観測を目指して望遠鏡や送信ミラーの蓋開けをモーターで行うなどの改良を施した。表1に観測装置の概要をまとめる。

表1. ライダー観測装置の概要

	稚内		陸別	
送信部				
レーザー	Nd:YAG	SHG Nd:YAG	SHG Nd:YAG	
波長	1064nm	532nm	532nm	
出力	600mJ/P	160mJ/P	160mJ/P	
繰り返し	10Hz	10Hz	10Hz	
ビーム広がり	0.1mrad	0.1mrad	0.1mrad	
受信部				
望遠鏡	35cm Φ シュミットカセグレン		28cm Φ シュミットカセグレン	
受信視野	1mrad		2mrad	
検出器	cooled-PMT	PMT x 3	PMTx3	
高度分解能	96m		30m	
観測パラメーター	後方散乱	後方散乱、偏向解消度	後方散乱、偏向解消度	

4 観測結果

ピナツボ火山の噴火から7年以上が経過して火山噴火により成層圏に注入されたエアロゾルの長期的な消長が見えるようになってきた。図2には最近の稚内における観測結果を示した。成層圏エアロゾルは12 kmから32 kmにかけてみられるが、エアロゾルの散乱比は0.1以下まで下がってきている。図3には1991年からの稚内での1.064 μm と0.532 μm における後方散乱係数(β)の積分値(IBC)の経年変化を示している。また、図4には釧路・陸別における1995年以降の冬期の観測と稚内の夏期の観測をあわせた図を示した。稚内のIBCは1996年までは急激に減ってきているが、1997年以降ははかかなり落ち着いてきている。釧路・陸別のデータでも1995年から1996年にかけてはIBCが減ってきているが1996年から1998年にかけての変化はあまり見られない。

図5には極渦が崩れて北海道にその一端がかかった前後の散乱比と偏向解消度の高度分布を示した。高度12 kmから30 kmにかけて成層圏エアロゾルが観測されているが、エアロゾルの高度分布からは極渦の影響はあまりはっきりしないようである。

図3で示しているように稚内において1992年の後半から1994年にかけては1.064 μm と0.532 μm が両方観測できている。2つの波長での時間変化を見ると0.532 μm と1.064 μm のIBCの比が徐々に大きくなっている。これは成層圏のエアロゾルの平均粒径が時間とともに小さくなってきている事を示している。また、1998年に観測されたIBCの比は1994年頃の値に近く、1992年から1994年にかけての粒径分布の変化に比べると、その後の変化は小さい事を示していると思われる。図6にはエアロゾルが多かった1992年10月の波長依存性の高度分布を示した。ここで γ は $\beta \propto \lambda^{-\gamma}$ と定義される波長依存性である。12 km付近では γ は1.3程度であるが20 kmあたりでは2に近い値になっており、高度が高くなるにつれて粒径が小さくなっている様子を示していると思われる。

5 考察

1991年6月のピナツボ火山の噴火で増加していた成層圏エアロゾルは1997年には落ち着いて、そろそろ定常状態に近くなっているように見える。しかし、注意深く見てみるとまだ減少傾向が有るようにも見える。現在のIBCはピナツボ火山が爆発する前の値にほぼ戻っており、さらにまた1982年のエルチジョンの噴火以前の値にもどっている。しかし、1980年のセントヘレンの噴火以前のIBCはもっと低かった可能性があり、IBCがいつ定常状態になり、その時の成層圏でどのくらいのエアロゾルが存在するか観測を続けていく必要がある。

極渦が近づいたときのエアロゾルの高度分布への影響については観測頻度があまり多くない事も有り、あまりはっきりした結果はえられていない。陸別のライダー装置は現在遠隔操作が出来るように改良中であり、これが完成すると春先の観測をもっと密に行う事が出来るようになると期待される。

図7には成層圏エアロゾルの主成分と考えられている硫酸水溶液の波長依存性の計算値を示した。粒子半径が0.1 μm より大きなものでは0.532 μm と1.064 μm から得られる γ は1.6以下にしかならない。 γ を2程度にするには0.07 μm 以下の粒子が必要になる。し

たがって、1994年以降の成層圏エアロゾルでは0.07 μm 以下の小さい粒径のものが卓越してきていると思われる。また、図6に有るように高度が高くなるに連れて小さな粒子が多いと思われる。ピナツボ火山の噴火の後最初は大粒径の粒子が多かったのが時間とともに大きい粒子から早く沈殿し平均粒径が小さくなり、さらに重い粒子が早く落ちてきて高度が高くなるほど小さい粒子が多くなるというのは物理的には理解しやすい。粒径分布の違いは不均一反応をするエアロゾルの表面積の見積もりに影響し、反応率の評価に影響を及ぼすことになる。

6 まとめ

成層圏エアロゾルの動態を明らかにし、成層圏エアロゾル表面での不均一反応とそのオゾン破壊への影響をしらべるために稚内において1991年8月から、釧路においても1994年12月からライダー観測を行っている。また、1997年11月に釧路のライダー装置を陸別に移し、通年観測をできるようにした。ピナツボ火山噴火の影響は小さくなってきてほぼ定常状態になりつつあるように見える。定常状態がいつ頃訪れ、その時のエアロゾル量がどのくらいになるか注意深く見守っていきたい。ピナツボ噴火の後時間の経過とともに相対的に粒径の小さな成層圏エアロゾル粒子が増えてきた。定常状態での粒径分布がどうなるかOPCゾンデなどと比較しながら導出する事も重要である。

また、北海道でのライダー観測を行うとともに、他の観測点でのデータや衛星データとの比較研究などもやっていきたい。

国際共同研究等の状況

無し

研究成果の発表状況

口頭発表

K. Mizutani, T. Itabe, T. Shibata, O. Uchino, T. Nagai, T. Fujimoto, and N. Sugimoto,
Backscatter wavelength dependence of the Ponatubo aerosols, 1996, 18th
International Laser Raser Conference.

十束、佐藤、浅井、板部、水谷、道上、石橋、西尾、 釧路での成層圏エアロゾルの観測
結果、1997、第4回大気ライダー観測研究会

K. Mizutani, T. Itabe, M. Yasui, T. Aoki, T. Nagai, T. Fujimoto, M. Hirota, O. Uchino,
A. Nuryanto, S. Kaloka and S. Hamdi, Lidar Observations of the Aerosols in
the Equatorial Region. 1997, the Tsukuba International Workshop on
Stratospheric Chnage and Its Role in Climate and on the ATMOS-C1
Satellite Mission

十束、菅田、白石、浅井、水谷、板部 ライダー観測データの自動処理について
1998、第5回大気ライダー観測研究会

K. Mizutani, T. Itabe, M. Yasui, T. Aoki, T. Nagai, T. Fujimoto, M. Hirota, O. Uchino,
A. Nuryanto, S. Kaloka and S. Hamdi, Lidar Observations of Aerosols at
Bandung, Indonesia. 1998, 19th International Laser Raser Conference.

論文発表

K. Mizutnai, T. Itabe, M. Yasui, T. Aoki, T. Nagai, T. Fujimoto, M. Hirota, OUchino, A. Nuryanto,
S. Kaloka, S. Hamdi, Lidar Observations of the Stratospheric Aerosols at bandung,
Indonesia, 1998, SPIE, Vol. 3504, pp566-570

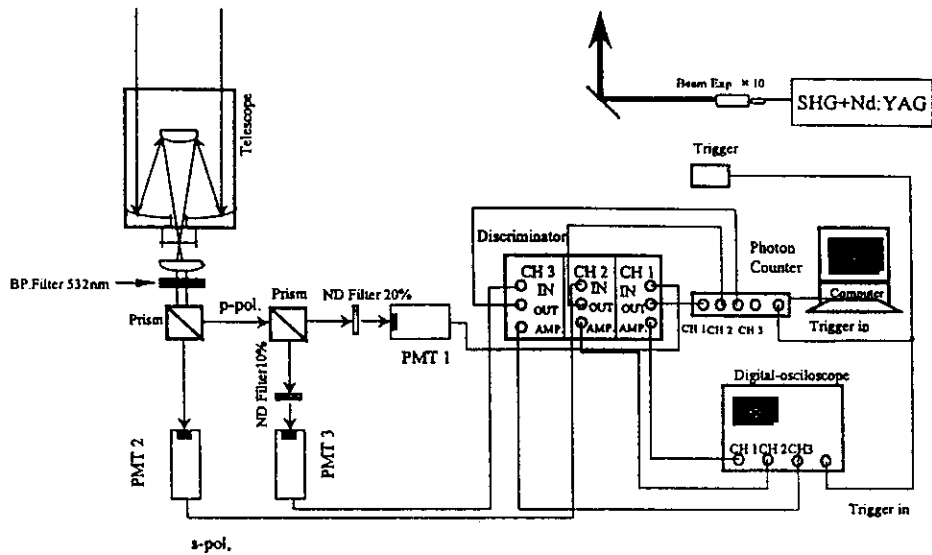


図1. 釧路・陸別に設置したライダーのブロックダイアグラム

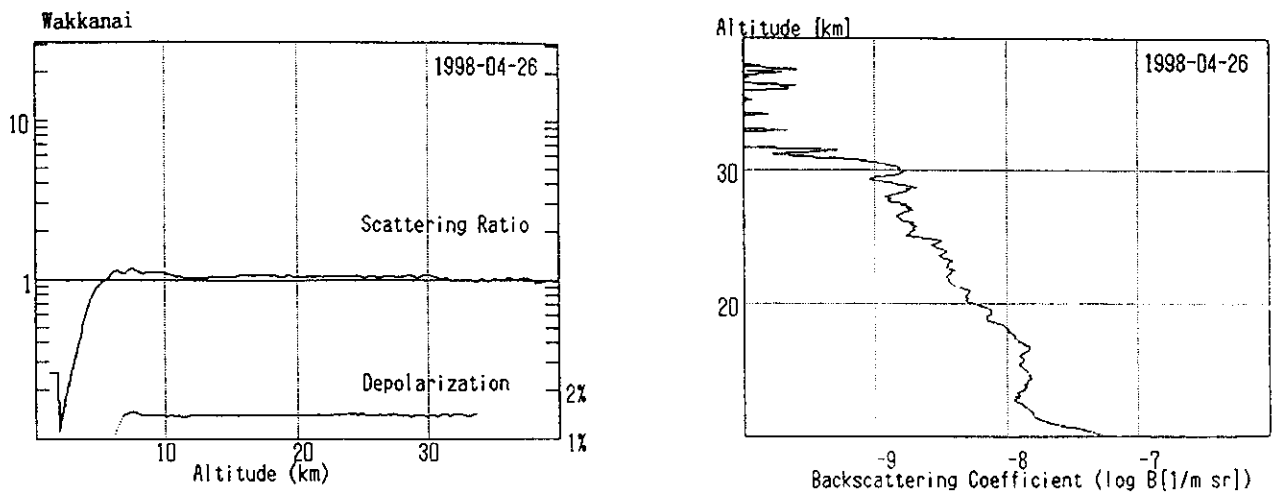


図2. 1998年4月26日の稚内での a) 散乱比と偏角解消度 b) 後方散乱係数の高度分布

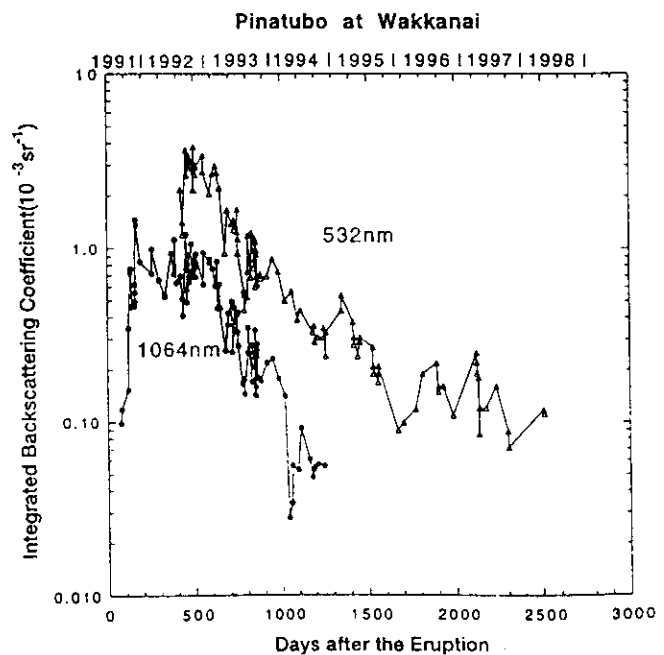


図3. 稚内における1.064 μm と 0.532 μm での後方散乱係数の積分値 (IBC) の時間変化

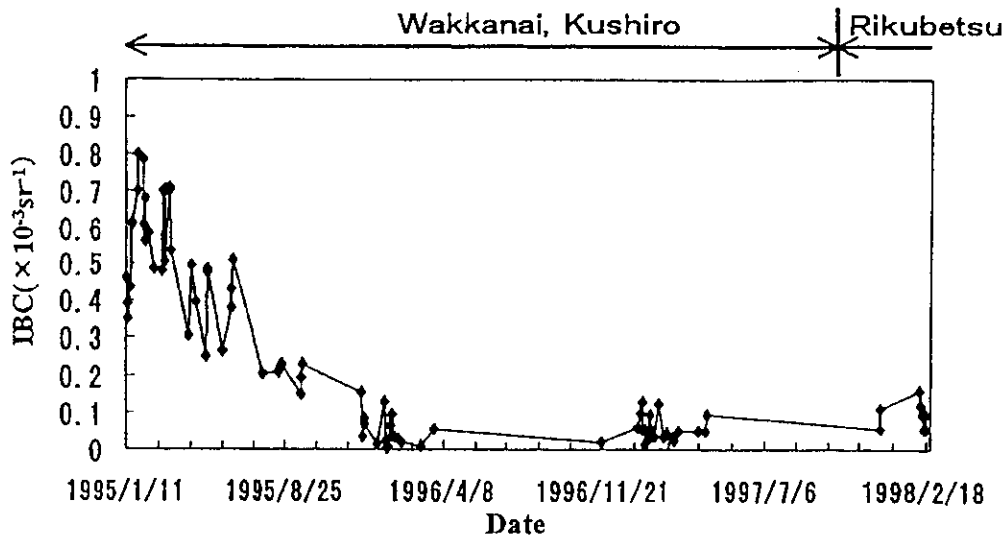


図4. 釧路・陸別（12月－3月）と稚内（4月－11月）での $0.532\mu\text{m}$ のIBCの時間変化

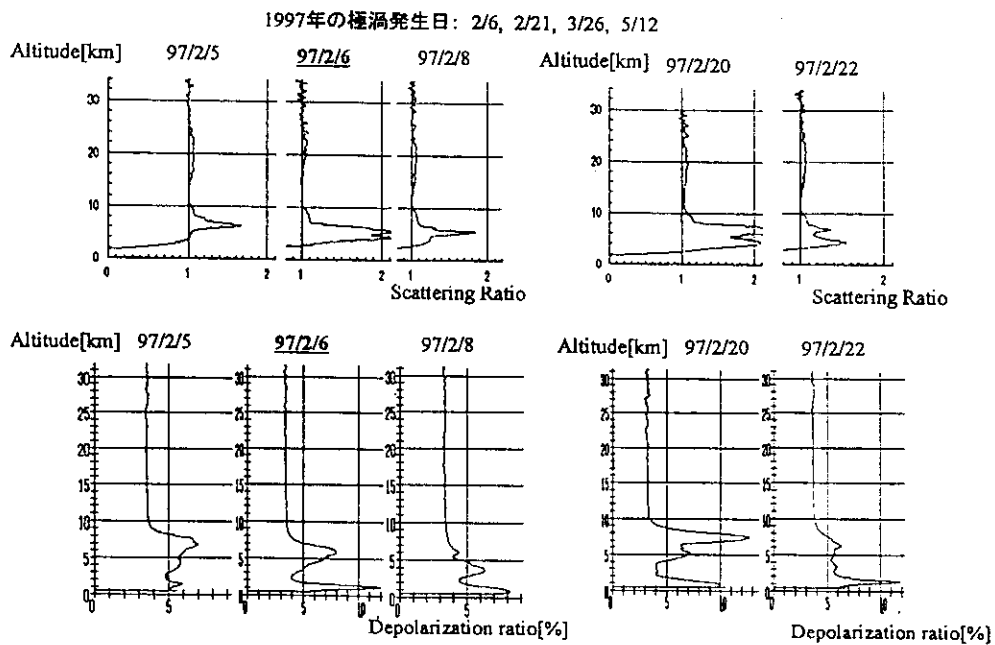


図5. 1997年の極渦発生日および発生日前後の散乱比と偏向解消度の高度分布

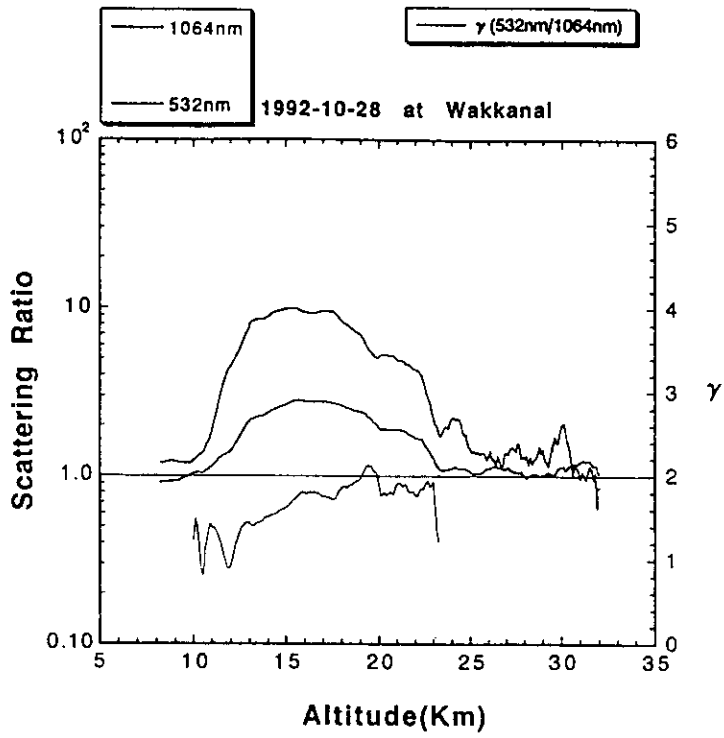


図6. 1992年10月28日の稚内における散乱比と γ の高度分布

wavelength dependence calculated for single mode log-normal distribution of 75% sulfuric acid aerosol

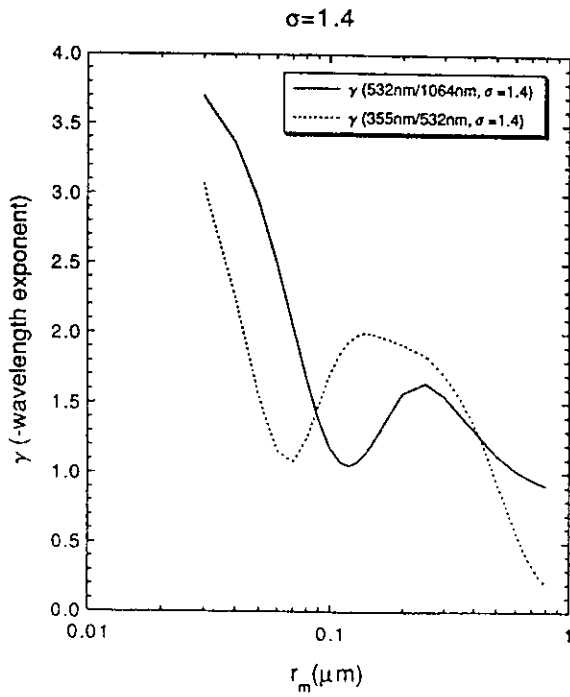


図7. 後方散乱係数の波長依存性 γ の計算値