

ピナトゥボ火山爆発の影響による下部成層圏の異常昇温*

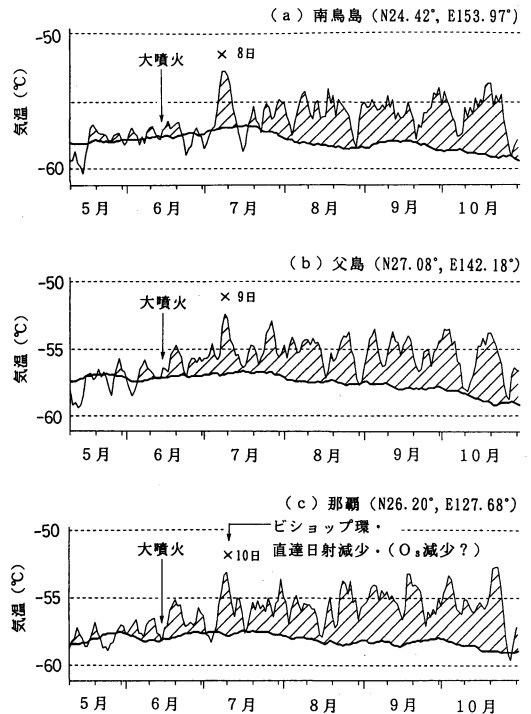
八木正允*¹・山川康男*²・小室肇*³・武田豊*⁴
森越克佳*⁵・佐藤尚志*⁶・中村雅道*⁷

1. 噴火の経過

フィリピン島のルソン島にあるピナトゥボ山(15.14°N, 120.35°E, 標高1745m)は、1991年6月9日から噴火を繰り返し、同月15日には今世紀最大といわれる大噴火をした。この時、山頂部は吹き飛んで直径約2.5kmのクレータができ、噴煙は約30kmの高さに達した(スミソニアン報告, Smithsonian Institution, 1991a)。15日に起こった大噴火の噴煙の様子は、気象静止衛星「ひまわり」でも観測され(徳野, 1991, 千葉, 1991)、噴煙は西南西の方向に約20m/sで移動した。可視画像で、暗灰色の噴煙塊が台風5号のまわりの白色の上層雲を突き抜けて広がっていることから、日射をよく吸収する鉱物性の物質が成層圏に大量に放出されたと推定できる。

2. 下部成層圏の異常昇温

第1図の(a), (b), (c)は、ほぼ北緯25度圏に沿う3つの観測点、南鳥島(24.42°N, 153.97°E)、父島(27.08°N, 142.18°E)、及び那覇(26.20°N, 127.68°E)における上空40hPa面(高度約23km)の21時(日本時)の気温の日別変化図である。図中で、細実線は1991年の気温経過(3日移動平均)を表し、太実線は平



第1図 北緯25度圏に沿う観測点の40hPaの気温(21時)の変化図。(a)南鳥島、(b)父島、(c)那覇、太実線は平年値の近似値、細実線は1991年の値(3日移動平均)。×印は1991年7月の21時の最高気温、その上の日付は出現日。

* Abnormal temperature rises in the lower stratosphere affected by the eruptions of the volcano Pinatubo, Philippines.

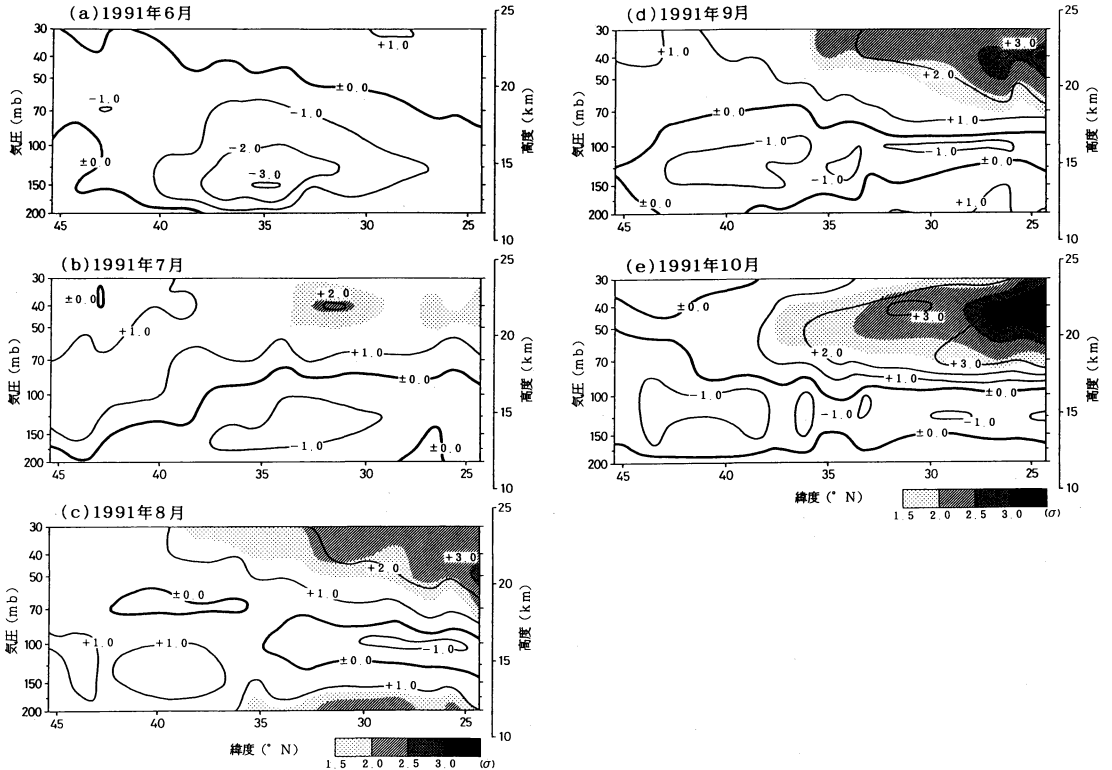
- *¹ Shoin Yagi, 気象庁観測部高層課.
- *² Yasuo Yamakawa, 気象庁観測部高層課.
- *³ Hajime Komuro, 気象庁観測部高層課.
- *⁴ Yutaka Takeda, 気象庁観測部高層課.
- *⁵ Katuyoshi Morikoshi, 気象庁観測部高層課.
- *⁶ Takashi Sato, 気象庁観測部高層課.
- *⁷ Masamichi Nakamura, 気象庁観測部高層課.(現観測部南極事務室).

—1991年10月28日受領—
—1993年12月17日受理—

© 1994 日本気象学会

年値の近似値(1985年から1990年までの6年間の日別平均値に15日移動平均を施したものを)を表している(図中に付記してある諸現象については3節参照)。

3地点いずれも、7月7日から11日にかけて、突然に平年に比べ約4.5度昇温しており、その後の気温も、平均的に見ると平年より約3°C高い。1991年7月の21時の40hPaの最高気温は、南鳥島では8日の-51.5°Cであり、南鳥島より西に約1300km離れた父島では9日の-51.1°C、父島より西に約1400km離れた那覇では10日の-51.9°Cである。いずれも平年値の近似値に比べ



第2図 月平均気温の年平均偏差の南北断面図。実線は年平均偏差（単位°C）を、陰影は年平均偏差が標準偏差 σ の何倍かを示す。

約6°C高い。7月の21時の40hPaの気温としては、南鳥島では1971年の観測開始以来2番目に高く、父島では1971年の観測開始以来1番高い。また那覇では1973年の観測開始以来3番目に高い。3地点とも最高気温出現時の風は、東風20m/sである。異常高温域はほぼ一般流の速度で東から西に移動したと推定される。なお、那覇では10月21日21時に、同所の40hPaの21時の気温としては観測開始以来最高の、-51.3°Cを観測した。

第2図の(a)~(e)は、1991年6月~10月における21時の月平均気温の年平均偏差の南北断面図である。石垣島から稚内までの国内16地点の高層気象観測資料を使って作成した。図中には、年平均偏差（実線）の他に、異常昇温の割合を見るために、それが標準偏差(σ)の何倍になるかを陰影濃度で示してある。平年値には月別にそれぞれ、1961年から1990年まで30年間、30個の月平均値を平均した値を使用し、標準偏差には、それら30個の月平均値の標準偏差を使用した。

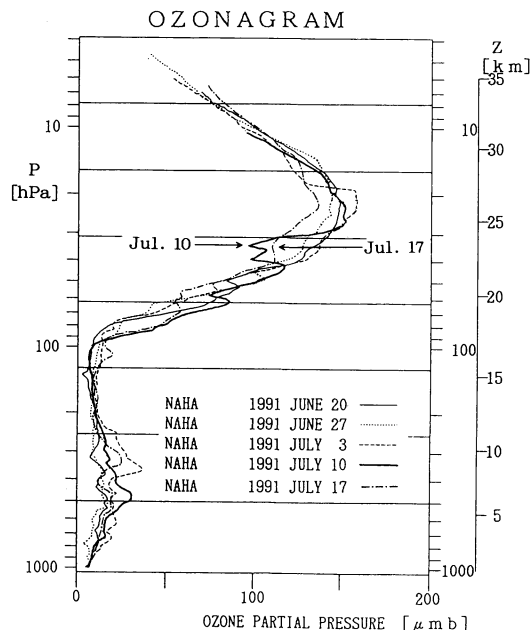
60hPa（約20km）から30hPa（約24km）の範

囲では、月が経つにつれ高温偏差が強まり、異常昇温域が北に向かって広がっている。また、成層圏のより下部に向かう傾向が見られる。一方、圏界面付近では逆に低温偏差となっている。

3. 考察と結論

次に列挙するその他の事実と考察から、われわれは、第1図で、7月8~10日頃最初に出現し西から東に伝播した異常昇温とその後の異常昇温、および、第2図で、低緯度地方から高緯度地方に広がっていく下部成層圏の異常昇温は、主にピナトゥボ火山爆発の影響によるもの、と考える。

(1)那覇で最初に異常昇温が現れた7月10日前後には、上空の火山性エアロゾルの影響と思われる現象が、いくつか観測された。①沖繩地方では、7月10、11日に直達日射量が平年より20%程度減少し、②各地でビショップ環が観測された(気象庁報道参考資料, 1991, 7. 11)。直達日射量は、その後8月も沖繩地方と西日本の太平洋岸の一部で平年より10%減少した(気象庁



第3図 那覇のオゾンゾンデの測定結果
(気象庁オゾン層解析室提供)

記者発表1991. 9. 25). ③ 7月10日の那覇上空のオゾン分布をそれより前のものと比較すると、40~30 hPaの層でオゾン分圧が約25%減少し(第3図)、8月になってもこの層のオゾン量がいつもより少ない傾向が続いた。ただし、この層のオゾン量の減少がピナトゥボ火山爆発の影響によるものかどうか、まだわからない。

(2) ① 極軌道衛星 Nimbus-7 の TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) から推定された SO₂ の高濃度領域は西に広がり、爆発の8日後の6月23日には地球を約1/3周し、かつ南北方向にも南緯約10度から北緯約20度の範囲に拡散している(スミソニアン報告, Smithsonian Institution, 1991a)。② また、軌道衛星 NOAA-11 が測定した散乱日射量から推定した成層圏エアロゾル雲は、80~100 km/hr で西に移動している(Smithsonian Institution, 1991b)。③ 一方、6月中旬から7月中旬の30 hPa 面(高度約24 km)の北半球天気図では、等高線は極の高気圧を中心にほぼ同心円状になっており、北緯15度の緯度帯では20~25 m/s の東風となっている(Berliner Wetterkarte (Freie University Berlin, 1991); 気象庁客観解析図(気象庁数値予報課, 1991))。

これら3つの事実及び第1図に見られる異常昇温の

第1波の伝搬の様子から、噴火によって高度20~25 km に吹き上げられた火山性エアロゾルは、拡散しながら20日余りで地球を一周し、特に高濃度の部分が10日前後に沖縄地方に到達した、と推定される。

(3) ① 軌道衛星 ERBS (Earth Radiation Budget Satellite) の SAGE II (The Stratospheric Aerosol and Gas Experiment II) で7月1日から27日までの期間に観測されたエアロゾル雲の子午面分布図(McCormick and Veiga, 1991)によれば、成層圏で高濃度のエアロゾル雲が存在する場所は、南緯15度から北緯25度の緯度帯でかつ高度19~25 km のところである。② 内野ら(1991)*がつくばで行ったライダー観測によると、圏界面(高度15~16 km)より上空でのエアロゾル層は7月2日に高度17 km のところに現れ、同月16, 17日には高度約22 km のところでさらに顕著に現れている。

異常昇温域の高度とエアロゾル高濃度域の高度はほぼ一致している。下部成層圏異常昇温は、噴火によって吹き上げられた火山性エアロゾルが日射エネルギーを吸収したため、エアロゾル層より下の圏界面付近では、いわゆる日傘効果のため、逆に低温化したと推定される。

(4) Labitzke et al. (1983), Fujita (1985) は、エルチチョン山爆発(1982. 4)の影響による下部成層圏の異常昇温について報告している。また、火山ダストの放射収支については、浅野ら(1991)によって調べられている。それらの結果は今回の調査結果と矛盾しない。

謝 辞

気象研究所の浅野正二氏、千葉長氏、内野修氏、埼玉大学の藤田敏夫氏には、いろいろ議論していただきました。また、査読者の貴重なコメントが改稿の参考になりました。これらの方々には感謝いたします。

参 考 文 献

- 浅野正二・内山昭博・千葉長, 1991: 火山ダストの放射収支効果, 1991年度秋季気象学会予稿集, 183.
- 千葉長, 1991: ピナツボ山噴火の気候への影響, 科学, 61, 629-630.
- Free University Berlin, 1991: Berliner Wetterkarte

* この論文の改稿中に, Uchino et al. (1993, J. Meteor. Soc. Japan, 71, 285-296) が出版された。

- 30 mb.
- Fujita, T., 1985 : The Abnormal Temperature Rises in Lower Stratosphere After the 1982 Eruptions of the Volcano EL Chichon, Mexico, *Pap. Meteorol. Geophys.*, **36**, 47-60.
- 気象庁数値予報課, 1991 : 全球客観解析図, 30 hPa.
- Labitzke K., B. Naujokat and M. P. McCormick, 1983 : Temperature effects on the stratosphere of the April 4, 1982 eruption of EL Chichon, Mexico, *Geophys. Res. Lett.*, **10**, 24-26.
- McCormick M. P. and R. Veiga, 1991 : Heights of the Pinatubo aerosol cloud measured by the SAGE II instrument, 1-27 July, 1991, *Bulletin of the GLOBAL VOLCANISM NETWORK*, Vol. 16, No. 7, 22.
- Smithsonian Institution, 1991a : *Bulletin of the GLOBAL VOLCANISM NETWORK*, Vol. 16, No. 5, 3.
- Smithsonian Institution, 1991b : *Bulletin of the GLOBAL VOLCANISM NETWORK*, Vol. 16, No. 7, 19-22.
- 徳野正巳, 1991 : ピナツボ山噴火の火山雲, *気象*, **412**, 12-15.
- 内野 修, 1991 : ピナトゥボ火山噴火後初期の成層圏エーロゾル層, *気象研究所ニュース*, 平成3年第9号, 3-5
-
-