

# 富士山付近の比較的低い雲からの降水について\*

北川 寿江\*\*・丸山 晴久\*\*

**要旨:** 富士山測候所の気象資料を用いて富士山頂以下にかかる雲, すなわち, 比較的低い雲からの降水について調べた. その結果, このような条件の雲からの降水は全体の20~30%を占めていて, 降水量は少なく, 継続時間が短いこと, 月別にみると, 年間の変動は特に大きくないが梅雨期にやや多い傾向があることがわかった. またこのような条件付降水の総降水にたいする割合と山頂温度との関係を見ると  $-8^{\circ}\text{C}$  で極小があらわれ, 温度が低くなるにしたがいその割合は増加を示し  $-8^{\circ}\text{C}$  以上の温度についても やや増加の傾向がみられた. このことから比較的低い雲からの降水過程について雲物理学的考察をおこなった.

## 1. まえがき

1965年から気象研究所で行われている“成雨機構の研究”の一環としての富士山観測に関連して, 富士山頂に降水及び霧のない時に太郎坊や御殿場に降水がある, すなわち山頂より下にかかる雲で降水が形成されていることがあるかどうか, またこのような降水は雲の温度に関係があるかどうかを調べた.

富士山測候所では1932年以来約20年間, 山頂よりみた下層の雲量, 雲形及び山頂より上層の雲量, 雲形の観測をしている. また太郎坊においては1946年より一般気象観測があり御殿場では1949年までの観測資料がある. 今回はそれらの資料の重複した4年間のうち気象資料の欠測のない1948年と1949年について解析した.

富士山の平面図は第1図に示されている. 我々が用いた資料は, 山頂(標高3776m), 太郎坊(1300m), 御殿場(468m)で, 水平距離は山頂と太郎坊間7.5km, 太郎坊と御殿場間12kmである.

## 2. 降水量別にみた降水回数

御殿場と太郎坊の降水量を0, 0.1~0.9, 1.0~9.9,  $10.0 \leq$  (単位 mm) の4階級に分類しその各々の降水量

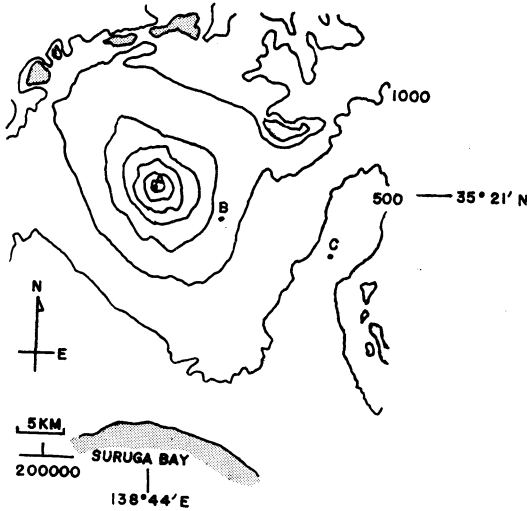
第1表 降水量別降水回数

### A. 御殿場

降水量 (mm)	総降水回数 (A) %	条件付降水回数 (B) %	B/A (%)
0	64 (24.1)	33 (51.6)	51.6
0.1~0.9	48 (18.1)	20 (31.2)	41.7
1.0~9.9	59 (22.3)	9 (14.1)	15.3
$10.0 \leq$	94 (35.5)	2 (3.1)	2.1
	265(100.0)	64(100.0)	24.2

### B. 太郎坊

降水量 (mm)	総降水回数 (A) %	条件付降水回数 (B) %	B/A (%)
0	49 (17.4)	36 (40.9)	73.5
0.1~0.9	50 (17.7)	32 (36.4)	64.0
1.0~9.9	68 (24.1)	17 (19.3)	25.0
$10.0 \leq$	115 (40.8)	3 (3.4)	2.6
	282(100.0)	88(100.0)	31.2



第1図 富士山付近の平面図

A: 山頂測候所 B: 太郎坊観測所  
C: 御殿場観測所

\* On the precipitation from lower clouds around Mt. Fuji.

\*\* Tosie Kitagawa and Haruhisa Maruyama. 気象研究所

\* この研究は気象研究所の成雨機構共同研究に関連して行われたものである.

—1967年12月22日受理—

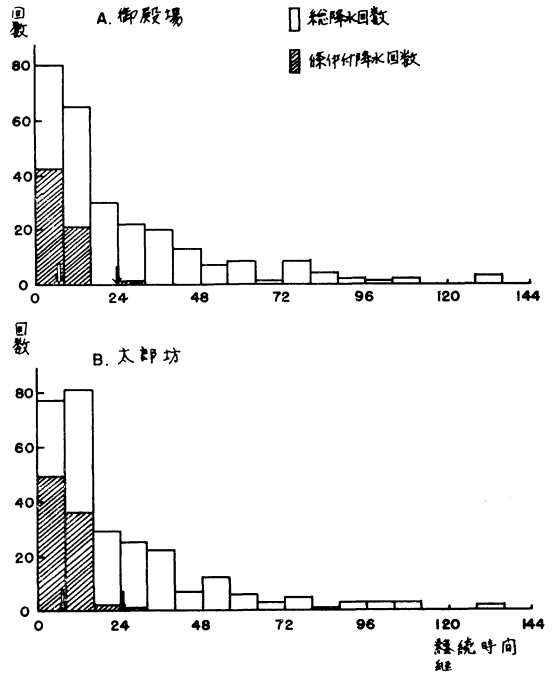
について降水回数をしらべた。ここで降水回数は降りをはじめから降り終るまでの1降水を単位として表わされている。第1表に示されているAは降水のあった総回数を示し、Bはその総回数のうち山頂に降水がなく、御殿場又は太郎坊に降水があったような条件の時の回数を示している。したがってB/Aは降水の総回数に対してこのような条件付の降水の占める割合を示している。第1表からいえることは

- 1) このような条件付の降水は全体の20~30%を占めていること。(御殿場24.2%, 太郎坊31.2%)
- 2) 1降水が0.9mm以下のものについてみると総降水回数では30~40% (御殿場42.2%, 太郎坊35.1%)であるにもかかわらず条件付降水については80%前後 (御殿場82.8, 太郎坊77.3%)も占めている。したがってこのような弱い降水についての条件付と総回数の比は50%~70%となっている。(御殿場 50.5%, 太郎坊67.8%)
- 1), 2) のことから低い雲からの降水は、予想以上に多くあらわれているがその降水量は少ないことが示される。
- 3) 次に太郎坊と御殿場と比較すると総降水回数では太郎坊の方が御殿場に比して6%増になっているのにかかわらず、条件付の場合は38%増になっている。

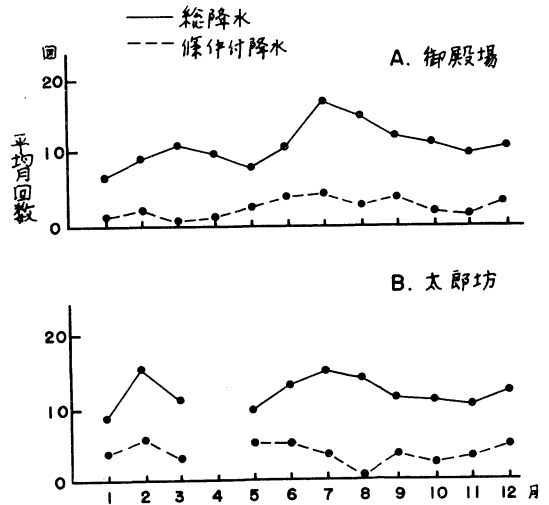
このことは太郎坊と御殿場は標高差800mあり太郎坊はほとんど雲底付近にあると思われるので主に降水粒子の蒸発に起因していると考えられる。

### 3. 降水の継続時間

降水の継続時間について調べた結果は第2図に示されている。ここで用いられている継続時間は降水量の資料が8時間単位のものであるために、1降水が2つにまたがれば16時間以内というあらわし方をした。第2図によれば御殿場、太郎坊ともに総降水の継続時間は尾をひいた分布を示している。これにたいして、条件付の降水は尾をひかない分布を示している。このことから条件付降水の継続時間は短いことがわかる。大体の雨が8時間以内におさまっている。第2図の中の矢印は総降水の平均継続時間ならびに条件付降水の平均継続時間を示している。御殿場についてみれば総降水の平均継続時間23.2時間、条件付の降水の継続時間は6.8時間であり、また太郎坊についてみても総降水の平均継続時間は24.3時間、条件付降水の平均継続時間7.2時間である。また短い降水時間の半分以上は条件付の降水で占められていること



第2図 降水継続時間  
 白い矢印: 条件付降水の平均継続時間  
 黒い矢印: 総降水の平均継続時間



第3図 月別降水回数

がわかる。これらのことはさきに降水量の分布について述べたこととよい一致を示している。

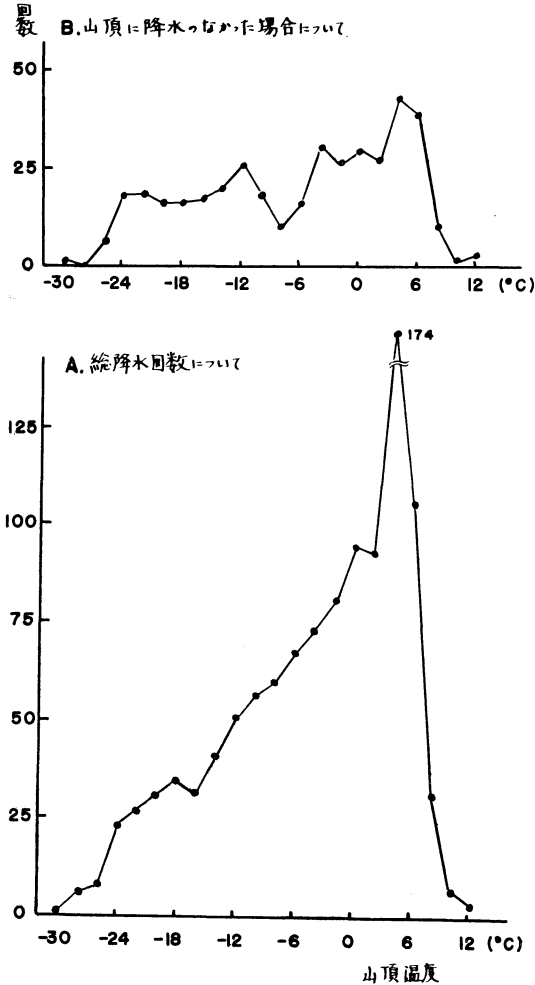
### 4. 月別にみた降水回数

月別に降水回数を分類して総降水回数と条件付降水回数とを調べた結果は、第3図に示されている。第3図の

Aは御殿場、Bは太郎坊について示されている。その結果、年間の変動は特に大きくはないが、低い雲からの降水回数は総降水回数と比例関係がみられ、梅雨期にやや多くみられる。

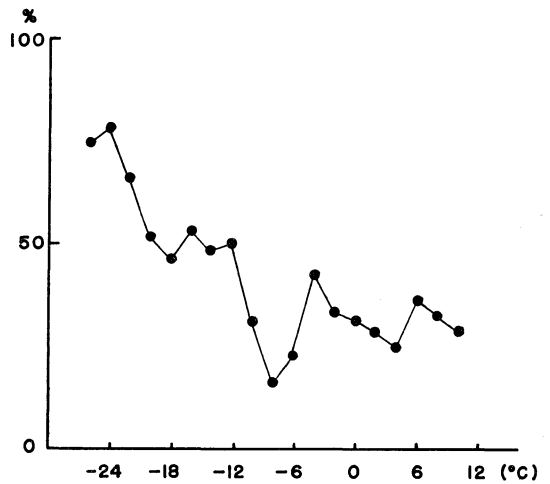
5. 降水と山頂温度との関係

山頂より低い雲から降水があった時、その雲頂温度によって降水のおこり易さにどのような差があるかみだすことは雲物理学に重要な意味をもっている。しかしここでは、雲頂温度はわからないため、それにかわるものとして山頂温度であらわすことにした。降水のあった場合の山頂温度にたいする降水頻度を調べた。その結果は第4図に示されている。Aは総降水について降水のおこった時の山頂温度についての度数分布を示している。Bは同じく山頂に降水のなかった場合の条件付降水につ



第4図 降水頻度と山頂温度との関係

いて調べた結果である。これらによれば山頂温度が高くなるのともなう降水の頻度はA、Bいずれも増加している。しかし総降水については特に顕著な関係を示し温度の上昇にともなう急速な増加を示している。これは冬期は降水回数少く夏は多いという太平洋側の特徴であると思われる。第5図は各温度における条件付降水の総降水に対する割合を示している。もしこの割合が山頂温度に関係ないならばそれは一定になるとと思われる。しかしこの図のカーブによれば山頂温度は  $-8^{\circ}\text{C}$  で極小となり温度が低くなるにしたがい条件付の降水の割合は増加している。また  $-8^{\circ}\text{C}$  以上の温度においてもやや増加の傾向がみられる。



第5図 総降水回数に対する条件付降水の割合 (%) と山頂温度との関係

6. 討論

現在降水を起す機構には次の2つの過程が考えられている。1つは氷晶過程による降水 (Bergeron-Findeisen型) であり、他は“暖い雨” (Bowen-Ludlam型) である。前者の降水過程において重要な役割をもつと思われる氷晶核濃度と温度との関係は丸山 (1961) によれば自然氷晶核の観測から

$$n(t) = 1.78 \times 10^{-5} e^{-0.66t}$$

が示されている。ここで  $t$  は空気温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) を示し、 $n$  は空気 1l 中のその温度で活性化する氷晶核数である。したがって温度の減少とともに氷晶核濃度は指数関数的に増加することを示している。上の式からより高い温度を外挿して求めた計算値によれば  $-10^{\circ}\text{C}$  では氷晶核濃度は  $0.13/l$  となり  $-8^{\circ}\text{C}$  では  $0.034/l$  である。

このことから約  $-8^{\circ}\text{C}$  以上における雲では氷晶核は

少く降水は起りにくくなる。山頂温度は必ずしも雲頂温度を示さないが少くとも雲頂温度は山頂温度と等しいかまたはそれ以上の温度と考えられる。第5図によれば $-8^{\circ}\text{C}$ に極小がありそれ以下では急速に条件付の降水の割合は増加の傾向を示している。また氷晶核濃度も温度が低くなると急速に増加するよく似た傾向がありこのことをあわせて考えると低い雲からの降水のおこりやすさは氷晶核濃度と密接な関係があると思われる。一方、 $-8^{\circ}\text{C}$ 以上の温度では条件付の降水の割合はやや増加の傾向を示しているが雲頂が $0^{\circ}\text{C}$ 以下であってもこれらの温度での降水はいわゆる“暖い雨”であると考えられる。温度が高くなると氷晶核濃度は減少し氷晶過程の降水はおこりにくくなり、温度が低くなると遊離する水分量が低下し暖い雨もおこりにくくなるために $-8^{\circ}\text{C}$ 前後に極小が生じたものであろう。

### 7. まとめ

以上にのべたことから、富士山頂以下にかかる雲からの降水については次のようなことを指摘することができる。

このような条件の降水は総降水回数の20~30%を占めていて、月別にその回数をみると年間の変動は特に大きくはないが、梅雨期にやや多くみられる。

1降水が0.9mm以下の降水量の少ない場合についてみると総降水では30~40%であるのに対して条件付の場合は80%前後も占めていて降水量が少ない。このことは条件

付の降水の続継時間は短いという結果とよく一致している。

太郎坊と御殿場の降水回数を比較すると太郎坊の方が条件付降水は明らかに多くなっているがこれは太郎坊と御殿場は標高差800mあり太郎坊はほとんど雲底附近にあると思われるので主に降水粒子の蒸発に起因していると考えられる。

また降水と山頂温度との関係をみると山頂温度が高くなるにともなつてその頻度は増加している。各温度における条件付降水の総降水に対する割合をみると、山頂温度 $-8^{\circ}\text{C}$ 前後で極小となり、この温度を境としてより低い温度ではその割合は急速に増加して氷晶過程による降水と思われ、より高い温度では“暖い雨”であると思われる。

終りに、この研究に助言と討論していただいた気象研究所応用気象研究部長桜庭信一博士、および物理気象研究部長大田正次博士に御礼申しあげる。また、この研究のために心よく観測資料を提供して下さった富士山測候所藤村所長、ならびに富士山測候所の方々に心から感謝する。

### 参 考 文 献

- Maruyama, H., 1961: On the annual variation of concentration and the origin of ice nuclei in the atmosphere. Pap. Meteor. Geophys., **12**, 216~246.

### 〔書評〕

吉野正敏著 「気候学」新気象叢書地人書館発行  
252ページ 800円

著者は日本の有数な気候学者であるばかりでなく、世界的にもその業績は高く評価されている。著者の研究は古典静気候学にぞくするものでなく、ミクロな大気運動や大規模な大気環流など運動の解析が主体である。このような著者の好みが本書のいたるところで発揮されている。

本書は(1)序論、(2)地球大気的气候、(3)大気大循環と地域気候、(4)中小規模の気候学への導入の4項目からできているが、252ページの約8割を南・北両半球の対流圏から成層圏までの大気環流、熱収支、大循環モデル、季節風、I.T.C. 東アジアの雨季にあてているので、気候に興味のある人だけでなく、気象技術者、学生が大気大循

環を勉強するのに好適な入門書となろう。また、かなりの精力を込めており、代表的な図がほぼ網羅されているので、気象学者にとっても便利な本である。本書の最大の欠点は中気候以下の記述が足りないことであるが、その分だけ大気候に重点をおいた本になっている。できれば、「気候学」という名前に大気大循環の気候学という副題があれば親切というものであろう。

ある意味では「気候学」という書名の本書は一般の人々の既成概念をとびこしているように思われるが、これは将来の気候学を背負っている著者の心意気を示すものかも知れない。著者はゴットシュケ教授の言を引用し「気候学は将来天気予報より重要となろう。天気予報はポップ・ミュージックのようなものであり、気候学はバッハ・モーツアルトのように社会的価値をもちつづける音楽である」と主張しているが、本書はそれを裏付ける極めてユニークな、興味深い書物である。(朝倉正)