

長野県における気象原因別 降水量の経年・経月変化

SECULAR AND MONTHLY CHANGE OF PRECIPITATION
BY EACH WEATHER FACTOR IN NAGANO PREFECTURE

寒川典昭¹・福澤直樹²・肥田信彦³

Noriaki SOGAWA, Naoki FUKUZAWA and Nobuhiko HIDA

¹正会員 工博 信州大学助教授 工学部社会開発工学科 (〒380 長野県長野市若里500)

²正会員 福澤建設株式会社 (〒389-24 長野県飯山市大字常盤1234)

³信州大学大学院 工学系研究科博士前期課程社会開発工学専攻 (〒380 長野県長野市若里500)

This study investigates the secular change of monthly, seasonal and annual precipitation, and the change of the monthly precipitation by each weather factor in Nagano prefecture. The weather factors are cyclone, trough, front, typhoon, winter monsoon type pressure pattern, the instability of atmosphere, the other factor and the precipitation of total factors. The secular change of precipitation, which reaches a synthesis time series, increases or decreases repeating periodic variation regularly or irregularly. The monthly change of precipitation expresses well the characteristic of precipitation by each weather factor. Besides it is known that the cyclone, the front and the typhoon have a lot of precipitation from the monthly change. The result obtained is very important for a future water resources project in Nagano prefecture.

Keywords : *weather factor, secular change, monthly change, water resources project*

1. はじめに

将来起こり得る渇水を予測し、水資源計画の策定に人工降雨¹⁾を結びつけるためには、月・季節・年降水量を構成する気象原因別降水量の経年変化と月降水量を構成する気象原因別降水量の経月変化を把握することが重要である。このような目的から、著者等は次のような検討を行った。

1) 長野県内の気象官署がある各地点において、長野県気象月報の冒頭部に書かれている気象概況を参照して、62種類の気象原因別日降水量を抽出し、それから主要な8種類の気象原因別月、季節、年降水量にグループ化し、これを気象官署の地点数で平均した。

2) 8種類の気象原因別降水量に対して、コレログラム解析法とピリオドグラム解析法を用いて、有意な周期の候補を選定し、有意検定により有意

な周期を確定し、原時系列の周期成分を求めた。

3) 原時系列から周期成分を差し引いた残差時系列を求め、それを線形回帰し、回帰係数が有意な回帰直線を算定した。

4) 有意な回帰直線と有意な周期成分とを加え合わせ、原時系列の数式化表示として合成時系列を作成した。2)～4)で気象原因別月、季節、年降水量の経年変化が求まったことになる。

5) 対象とした期間の気象原因別平均月降水量から経月変化を求め、更に各々の月の気象原因別平均降水量を対応する月の全降水量で除して、割合による気象原因別平均月降水量の経月変化を求めた。

得られた成果は以下のようなものである。

2. データの処理方法

(1)降水の分類

長野県の気象官署である、長野、松本、飯田、諏訪、軽井沢の気象データは、1951年以降、長野県気象月報²⁾に保存されている。従って、本研究では1951年から1993年までの43年間の気象データを上記5地点の気象官署で平均して用いることとした。1993年までとしたのは、本研究は1994年度から取りかかっているためである。まず、そこから得られた日降水量を、長野県気象月報の冒頭部に書かれている気象概況を参考にして、62種類の気象原因別日降水量に分類した。しかし、この数の気象原因では、あまりにも原因数が多すぎるため、1種類の原因に属する降水の頻度が少なくなりすぎて、気象原因別降水量の経年・経月変化を検討することが難しい。そこで、次に同類の原因を慎重にグループ化することとし、8種類の気象原因別日降水を抽出した。それは次の通りである。①低気圧による降水、②気圧の谷による降水、③前線による降水、④台風による降水、⑤冬型の気圧配置による降水、⑥大気的不安定による降水、⑦その他の原因による降水、⑧全降水。また、本研究は水資源計画をその主目的としているため、用いるデータの単位は月、季節、年とした。季節の取り方としては、冬季を前年12月、本年1,2月、春期を本年3,4,5月、夏期を本年6,7,8月、秋期を本年9,10,11月とした。従って、冬季の場合は1年分データが少ないことになる。

(2)気象原因別降水量の経年変化の検討方法

ここでは、月、季節、年降水量の原時系列を対象とした。まず、その時系列の周期成分を抽出した。次に、原時系列から周期成分を除去した残差時系列を作成し、それを直線回帰した。最後に、周期成分と残差時系列の回帰直線を組み合わせて合成した時系列を作成した。ここで、合成するときには、周期成分及び残差時系列の回帰直線は有意なもののみを用いている。

a)周期成分の抽出

有意な周期の候補を抽出するために、コレログラム解析法³⁾とピリオドグラム解析法⁴⁾を用いた。両者の違いは、前者は時間軸上で、後者は周波数軸上で議論しているところにある。コレログラム解析法では、コレログラムにおいて遅れ時間がデータの始めから1/3以内、系列相関係数が0.2以上、-0.2以下を有意な周期の候補の対象とした。ピリオドグラム解析法では、ピリオドグラムのグラフにおいて極大点を有意な周期の候補の対象とした。このようにして得られた有意な周期の候補は

有意水準5%で有意検定⁵⁾にかけられ、有意な周期を確定した。時間 t の時系列 $x(t)$ が k 個の有意な周期($T_j, j=1, 2, \dots, k$)を持つとき次のように表される。

$$x(t)=a_0+a_1\cos\lambda_1t+b_1\sin\lambda_1t+\dots+a_k\cos\lambda_kt+b_k\sin\lambda_kt \quad (1)$$

ここに、 $\lambda_j=\frac{2\pi}{T_j}$ ($j=1, 2, \dots, k$)である。 $a_0, a_1, b_1, \dots, a_k, b_k$ は、原時系列と周期成分との誤差が最小となるように決定する⁶⁾。

$b_1, \dots, a_k, b_k$ は、原時系列と周期成分との誤差が最小となるように決定する⁶⁾。

b)残差時系列の作成とその回帰直線

a)で有意な周期成分が求まるので、まず、原時系列からその成分を差し引いた残差時系列を作成した。次に、残差時系列を直線で回帰した。最後に回帰性の検定を有意水準5%で実施し、有意な回帰直線を選定した。時間 t の回帰直線 $x(t)'$ は次式で表される。

$$x(t)'=\alpha+\beta t \quad (2)$$

ここに、 α, β は係数である。

c)周期成分と残差時系列の回帰直線との合成

ここでは、(1)式で得られた有意な周期成分と(2)式で得られた有意な残差時系列の回帰直線とを加え合わせ、両者の合成時系列を作成した。この合成時系列で原時系列が表現されたものと考えた。ここで、有意な周期成分があり、有意な残差時系列の回帰直線がない場合は、原時系列は有意な周期成分のみで表現されたものと見なした。両者共にない場合は、原時系列を始めから回帰分析し、有意な回帰直線が得られた場合は、原時系列はその回帰直線で表現されたものと見なした⁷⁾。ただし、このことについてはすでに発表しているので、本研究では省略する。尚、有意な周期成分、及び原時系列の有意な始めからの回帰直線が共に得られない場合は、原時系列は周期成分及び傾向成分を共に持たないランダムな変動であると考えた。

(3)気象原因別降水の経月変化の検討方法

ここでは、月降水量を対象とした。それぞれの気象原因の月降水量時系列について、43年間で平均し、平均月降水量を求め、その経月変化を見た。更に、このようにして求めた気象原因別月降水量を対象とする月の全降水の43年間の平均の月降水量で除して、それぞれの気象原因別月降水量の割合による経月変化を示した。従って、この検討方法では、季節、年降水量については考察していない。

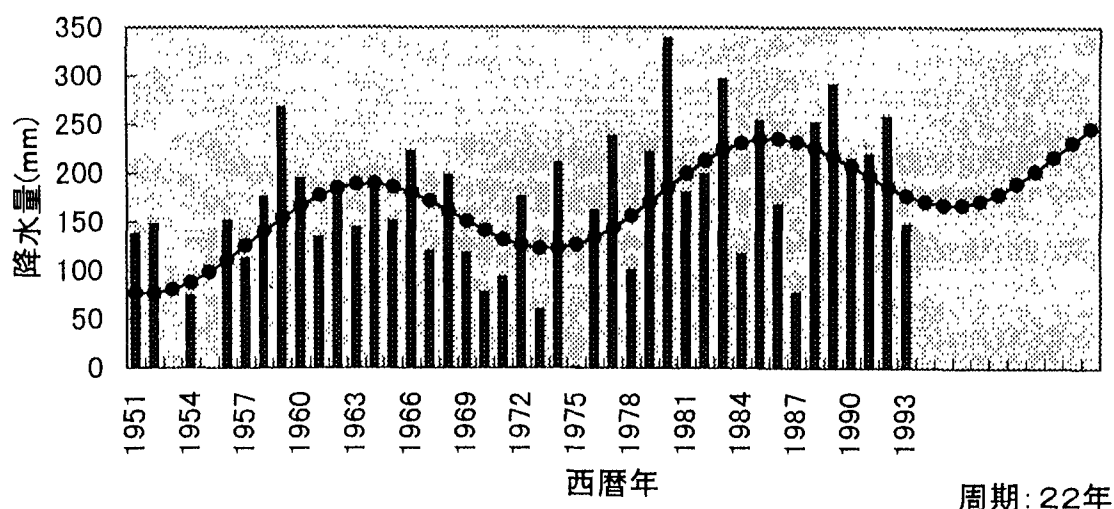


図-1 降水量の経年変化（低気圧，春）

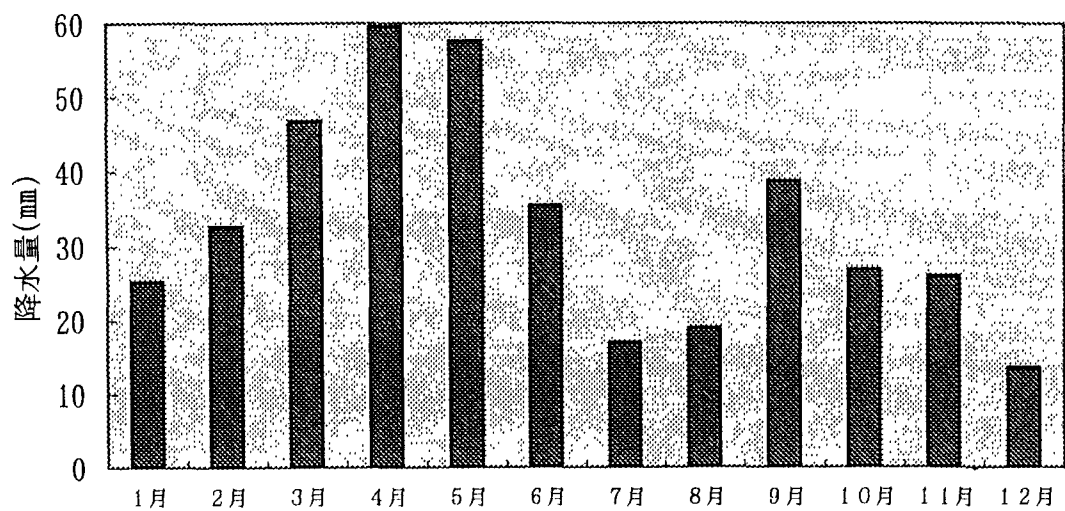


図-2 降水量の経月変化（低気圧，量）

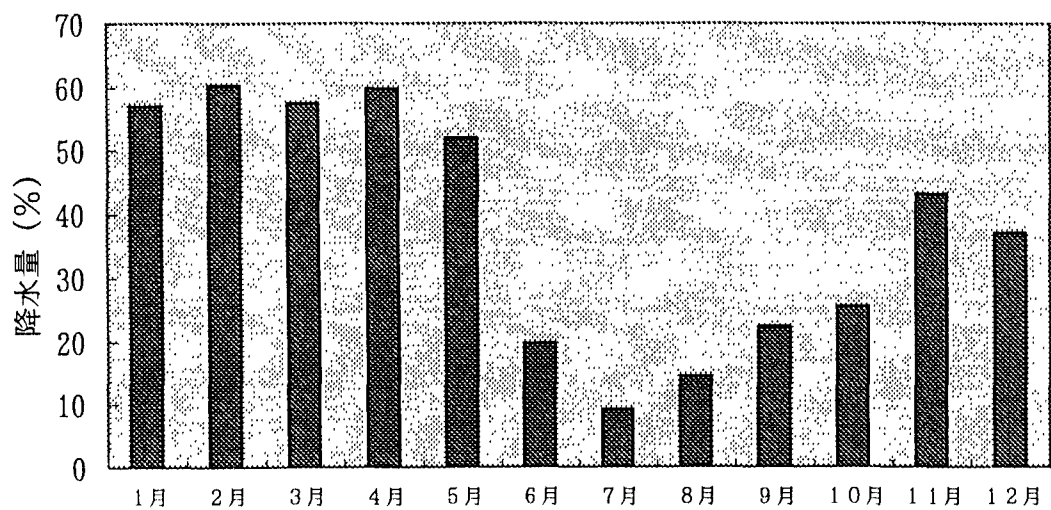


図-3 降水量の経月変化（低気圧，割合）

3. 気象原因別月・季節・年降水量の経年・経月変化

(1)低気圧による降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12月, 春, 夏, 秋, 年で得られている。残差時系列における有意な回帰直線は、3, 8, 11月, 春, 夏, 秋, 年で見られる。従って、合成時系列は残差時系列で有意な回帰直線が得られた区間で求まっている。ここでの考察は紙面の都合上、合成時系列が求まったもののみに留める。以下の降水原因についての場合も同様とする。3月, 8月, 年は、周期が14, 21年, 13, 16年, 15, 22年であり、残差時系列の回帰係数が0.899mm/年, 1.092mm/年, 5.849mm/年であるため、合成時系列は不規則な周期的変動を繰り返しながら上昇している。11月, 春, 夏, 秋は、周期が14年, 22年, 14年, 10年であり、残差時系列の回帰係数は0.737mm/年, 2.090mm/年, 2.091mm/年, 1.941mm/年であるため、合成時系列は規則的な周期的変動を繰り返しながら上昇している。図-1に低気圧による合成時系列の1例として春の場合を掲載している。

b)経月変化

降水量は3, 4, 5月が多く、45mm程度以上となっている。また、2, 6, 9月も35mm程度以上の比較的多い降水を示しており、12ヶ月通して見たとき、15mm程度以下の降水は記録されていない。また、全降水量に占める割合に関しては、1, 2, 3, 4, 5月が50%程度以上と高い率を示している。一方、6, 7, 8月は10~20%程度と低い率となっている。図-2に低気圧による降水量の経月変化を、図-3に低気圧による降水量の割合の経月変化を示している。

(2)気圧の谷による降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12月, 春, 夏, 秋, 冬, 年で得られている。しかしながら、残差時系列における有意な回帰係数は見られない。従って、合成時系列は求まっていない。

b)経月変化

降水量は4, 10月に多く、どちらも20mm程度弱となっている。また、3月における降水量は15mm程度、5, 11月における降水量は10mm程度で比較的多い。降水量の少ない月は、1, 2, 6, 7, 8, 9, 12月であ

り、その量は5mm程度以下となっている。また、全降水量に占める割合に関しては、3, 4, 10, 11, 12月が15~20%程度以上と高い率を示している。しかし、1, 2, 6, 7, 8, 9月は5%程度以下と少なくなっている。

(3)前線による降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12月, 春, 秋, 冬で得られている。残差時系列における有意な回帰直線は、5月, 春で見られる。5月は周期が7, 8, 9, 10, 13年, 回帰係数が-0.955mm/年, 春は周期が7, 9, 10, 13, 19年, 回帰係数が-0.866mm/年であるため、合成時系列は不規則な周期的変動を繰り返しながら下降している。

b)経月変化

降水量はやはり、梅雨前線の訪れる6, 7月, 秋雨前線の訪れる9月に、他の月と比べると極端に多く、6, 7月が110~125mm程度、9月が60mm程度弱となっている。一方その他の月に関しては、5, 8, 10月で20~25mm程度の降水量があるが、1, 2, 3, 4, 11, 12月では5mm程度以下の少ない降水量しか得られていない。全降水量に占める割合は、やはり6, 7月が高く、その率は60%程度以上となっている。また、9月においても35%程度弱の率を、5, 8, 10月においても15%程度以上の率を占めている。一方、降水量の少なかった1, 2, 3, 4, 11, 12月に関しては5%程度以下と低い率となっている。

(4)台風による降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、5, 6, 7, 8, 9, 10, 11月, 春, 夏, 秋, 年で得られている。しかしながら、残差時系列における有意な回帰係数は見られない。従って、合成時系列は求まっていない。

b)経月変化

降水量は、5, 6, 7, 8, 9, 10, 11月に見られ、他の月には存在しない。その中でも、8, 9月に多く、40mm程度以上の降水量が得られている。その他の月では、6, 10月に15mm程度の降水量があり、7月には10mm程度の降水量が見られる。一方、5, 11月には5mm程度以下の僅かな降水量しか示されていない。全降水量に占める割合に関しては、やはり降水量の多い8, 9月が高く、25~30%程度となっている。また、その他の月では、10月に15%程度の率が見られ、5, 6, 7, 11月に関しては、5%程度の低

い率を示している。当然降水量のない1, 2, 3, 4, 12月は0%である。

(5)冬型の気圧配置による降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12月、春、秋、冬、年で得られている。残差時系列における有意な回帰係数は、4月、冬、年で見られる。4月は周期が13, 14, 19年、回帰係数が0.014mm/年であるため、合成時系列は不規則な周期的変動を繰り返しながら上昇している。冬は周期が21年、回帰係数が-0.687mm/年、年は周期が10年、回帰係数が-1.467mm/年であるため、合成時系列は規則的な周期的変動を繰り返しながら下降している。

b)経月変化

降水量は、1, 2, 3, 10, 11, 12月に多く存在し、6, 7, 8, 9月に見られない。特に1, 2, 12月は10mm程度の降水量となっている。その他では4, 5月に僅かな降水がある程度である。全降水量に占める割合に関しては、全体としてこの降水量の占める率は多くないが、冬季の全降水量自体が少ないために、特に1, 12月はその率が25～30%程度、2月は20%程度弱と高い値を示している。一方、3, 10, 11月に比較的多くの降水量があったが、これらの月では他の原因の降水量が増加しているため、率としては5～15%程度と低くなっている。また、4～9月にかけては、4, 5月に5%程度以下の僅かな率を占めている他は、降水量のない6, 7, 8, 9月は当然0%となっている。

(6)大気的不安定による降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 春、夏、秋、年で得られている。残差時系列における有意な回帰係数は、6月、秋で見られる。6月は周期が5, 9, 10年、回帰係数が-0.599mm/年であるため、合成時系列は不規則な周期的変動を繰り返しながら下降している。秋は周期が10年、回帰係数が0.259mm/年であるため、合成時系列は規則的な周期的変動を繰り返しながら上昇している。

b)経月変化

降水量は、大気不安定の代表的な雷雨によるものが多く見られる6, 7, 8月に多く、特に7, 8月は25mm程度の降水となっている。また、6月は15mm程度の降水量を記録している。一方、3, 4, 5, 9, 10, 11, 12月については5mm程度以下の僅かな降水量し

か見られない。その他の1, 2月はその降水量は全く存在しない。全降水量に占める割合に関しては、やはり6, 7, 8月の降水量の率が高く、特に8月に関しては20%程度の高い率を示している。また、7月は降水量は8月とほとんど変わらないが、全降水量が多いため率は15%程度弱となっている。6月は10%程度弱である。一方、その他3, 4, 5, 9, 10, 11, 12月はいずれも5%程度以下と低い率を示し、降水量の存在しない1, 2月は当然0%となっている。

(7)その他の原因による降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12月、春、夏、秋、冬、年で得られている。残差時系列における有意な回帰係数は、9, 11, 12月、春、秋、冬、年で見られる。9, 11, 12月、春、秋、冬、年は、周期が10, 11年、9, 14, 21年、6, 8, 21年、10, 22年、12, 14, 21年、10, 18年、14, 15, 22年であり、残差時系列における回帰係数が-1.199mm/年、-0.551mm/年、-0.298mm/年、-1.416mm/年、-2.285mm/年、-0.727mm/年、-4.736mm/年であるため、合成時系列は不規則な周期的変動を繰り返しながら下降している。

b)経月変化

降水量の経月変化には2つのピークがあり、第1のピークは4月で15mm程度強、第2のピークは9月で20mm程度強となっている。このような傾向を示す理由として、夏季や冬季のようにはっきりとした特徴を持つ季節に比べ、春季や秋季は曖昧な気候の特徴を示し、降水の気象原因の特定ができにくかったためと考えられる。また、全降水に占める割合に関しては、6, 7月以外の月では10～20%程度の降水量がある。一方、6, 7月は5%程度以下と低い率を示している。

(8)全降水

a)経年変化

周期分析における有意な周期成分は、1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12月、冬、年で得られている。しかしながら、残差時系列における有意な回帰係数は見られない。従って、合成時系列は求まっていない。

b)経月変化

降水量は6, 7, 9月が多く、175～185mm程度となっている。これは梅雨前線や秋雨前線等前線による降水や、台風による降水がこの時期に集中するためである。全体的にみると夏季をピークにし、左右に徐々に下降していく比較的緩い放物線のグ

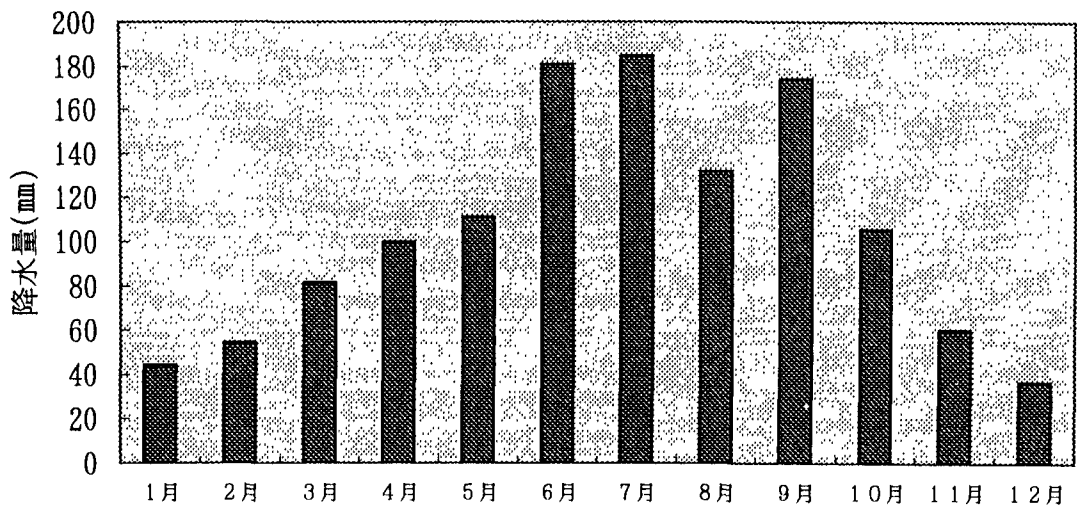


図-4 降水量の経月変化 (全降水, 量)

ラフを描いている。図-4に全降水による降水量の経月変化を示している。尚、当然のことながら、全降水に対する率はどの月でも100%となる。

4. あとがき

本研究は、長野県内気象官署5地点の日降水量を基礎データとして、気象原因別の月、季節、年降水量を求め、上述の5地点の平均値の月、季節、年降水量の経年変化と、月降水量の経月変化を検討する手順を提案し、実データを用いて経年、経月変化を検討したものである。得られた成果についてまとめると次のようになる。

1) 気象原因別データの抽出

対象とした気象原因別降水は62種類あったが、それを次の8種類にまとめた。①低気圧による降水、②気圧の谷による降水、③前線による降水、④台風による降水、⑤冬型の気圧配置による降水、⑥大気的不安定による降水、⑦その他の原因による降水、⑧全降水。

2) 経年変化

合成時系列まで到達したのは、低気圧では7個、気圧の谷ではなし、前線では2個、台風ではなし、冬型の気圧配置では3個、大気的不安定では2個、その他の原因では7個、全降水ではなしであった。到達した時系列は、規則的な、あるいは不規則な周期的変動を繰り返しながら、増加、あるいは減少していた。

3) 経月変化

経月変化の結果は、各気象原因別降水量の特徴を良く表現するものであった。40mm程度以上の月

を上げると、全降水を除くと、低気圧の3, 4, 5月、前線の6, 7, 9月、台風の8, 9月であった。全降水では6, 7, 9月の降水が多く、全体的には夏季を中心に左右に徐々に低下していく形状を示していた。50%程度以上の月を上げると、低気圧の1, 2, 3, 4, 5月、前線の6, 7月であった。このようにして見ると、低気圧、前線、及び台風による降水量が多いことがわかる。

謝辞:最後になりましたが、62種類あった気象原因別降水を8種類にグループ化するのに、前長野気象台、現高田測候所の宮下利雄様に御協力頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 米国土木学会(ASCE)灌漑排水技術部会人工気象調節及び気候変化委員会：人工降水技術のガイドライン(翻訳), ASCE技術マニュアルNo. 81, pp. 1-138, 1995.
- 2) 財団法人日本気象協会長野センター：長野県気象月報, 1951-1993.
- 3) 鈴木榮一：気象統計学, p. 145, 地人書館, 1968.
- 4) 3)に同じ, pp. 139-140.
- 5) 3)に同じ, p. 141.
- 6) 藤沢偉作, 池内 智：予測の理論, p. 65, 現代数学社, 1988.
- 7) 寒川典昭, 福澤直樹, 肥田信彦, 福田佳子：月・季節・年降水量を構成する気象原因別降水量の経年・経月変化, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-26, pp. 201-202, 1997.

(1997.9.30受付)