

# 東京における降水量の長期変化の解析\*

米 谷 恒 春\*\*

## 要 旨

東京での年降水量と日降水量が、1.0mm 以上 30.0mm 未満、30.0mm 以上 50.0mm 未満 および 50.0mm 以上の年間日数の経年変化を調べ、1876年から1975年までの間に、降水の様相が次のように変化していることを示した。

1876年～1925年：日降水量1.0mm 以上 30.0mm 未満の日数が全般的に多い。このため、年降水量が全統計期間の下位10位に入る年はまれであった。

1926年～1950年：日降水量1.0mm 以上 30.0mm 未満の日数が全般的に少ない。この結果、年降水量が全統計期間の上位10位に入る年も下位10位に入る年も共に多くなっている。

1951年～1975年：日降水量50.0mm 以上の日数が全般的に少ない。このため、年降水量は全般に小さく、年降水量が全統計期間の下位10位に入る年が多い。しかし一方では、極端に大きい日降水量が記録されている。

## 1. はしがき

現在、空間規模からみると対照的な二つの型の気候変化が注目されている。一つは、活発な人間活動の影響が集約的に現われた都市域での気候変化である。降水現象に関しては、都市域における微雨日数の増加(吉野, 1957; 1977 a) とか、都市域でその周辺より量が増加していること(Atkinson, 1971; Changnon・Huff, 1973 など)が報告されている。しかし、降水量の増加については逆の現象も報告されているようで、人間活動の降水現象に及ぼす影響についてはまだ広く認められた結論はでないのが現状であり、データの集積といっその研究が望まれている(吉野, 1977 b)。

他の一つは、地球規模での気候の変化である。降水量の長期変動に関して、変化の傾向や季節による違い、地域差について多くの人によって調べられており(関口, 1964; Suzuki, 1968; 荒川・吉本, 1969; 朝倉, 1970; 加藤・森, 1970 など)、日本の太平洋側で年降水量が1960年頃から著しく減少していることなどが知られている。これらの研究は巨視的な立場でなされており、調査の対象となる降水量は月降水量とか年降水量とかであ

る。ところで、1960年頃から異常に大きな日雨量とか1時間雨量とかがいくつかの地点で記録されており(たとえば朝倉, 1972)、これが最近の異常天候の一つの特徴になっている。しかしながら、日降水量の変化傾向は都市気候の分野での微雨日数以外についてはあまり詳しく調べられていないようである。

上に記した二つの事を動機として、1964年9月まで永年気候観測所の一つであった東京管区気象台(以下東京と記す)における降水量の変化の様相を、日降水量をも含めて調べた。その結果、明白な変化が見い出されたので報告する。なお、調査した期間は東京で気象観測が開始された1876年から1975年までの100年間であり、使用したデータは東京都の気候(東京管区気象台編, 1957)および東京気象表によった。

## 2. データについて

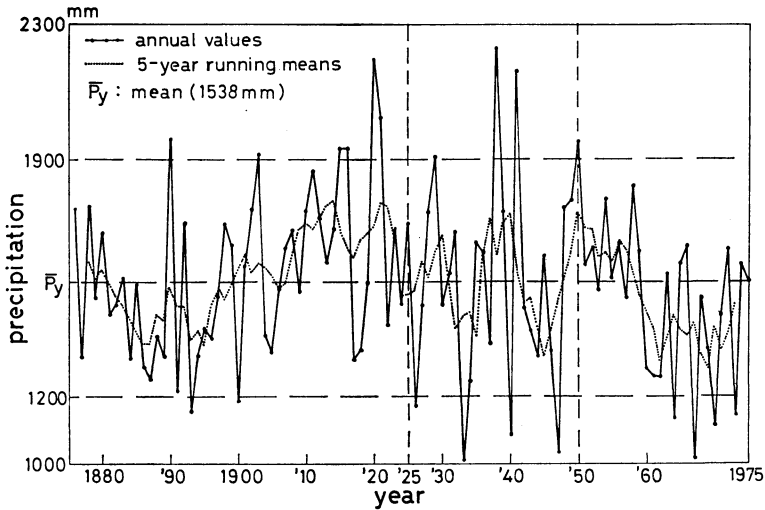
降水量の観測法・統計法には次のような変遷があった(東京管区気象台編, 1957; 気象庁統計課, 1965): (1) 雨量計の変更 (2) 日界の変更 (3) 日降水量の求め方の変更 これらの変更によっても月降水量や年降水量の均質性は損なわれまいと考えられている。ただし、日降水量には(2)が大きな影響を及ぼしている。個々の日降水量が大きく変わることがあっても、日界の変更は母集団の推定の支障にはならないと考えた。そしてこの報告では、ただ単に経年変化を調べるだけでなく、ある期間における降水量の特徴を調べる方法を探り、観測法・統計

\* Analysis of Secular Changes of Precipitation at Tokyo.

\*\* T. Yonetani, 国立防災科学技術センター.

——1978年6月29日 受領——

——1978年8月26日 受理——



第1図 年降水量の経年変化と5年移動平均による変化の傾向。

法の変遷は無視した。なお結果から見ても、各期ごとの日降水量の特徴と月降水量の特徴や、日降水量階級別年間日数の特徴と年降水量の特徴は整合しており、不都合は生じなかった。

観測法・統計法の変遷以外に、観測環境の悪化という問題がある。特に近年都市においては、露場周辺における高層建築物の存在や複雑な風の場などが受水率に影響を及ぼしていることが十分に考えられる。しかしながら、その大きさを評価することはいまのところできない。そこで、この報告ではあくまでも東京における変化として記すにとどめた。

3. 年降水量の変化の傾向

年降水量の変化の傾向を第1図に示す。5年移動平均により変化の傾向を見ると、1880年～1900年と1960年以降の少雨傾向と、1910年～1925年頃と1950年代の多雨傾向が認められる。また、1925年～1950年は年降水量の変動が激しくなっている。以下、年降水量の5年移動平均値が全統計期間の平均値より小さい期間を少雨期、大きい期間を多雨期と呼ぶことにする。

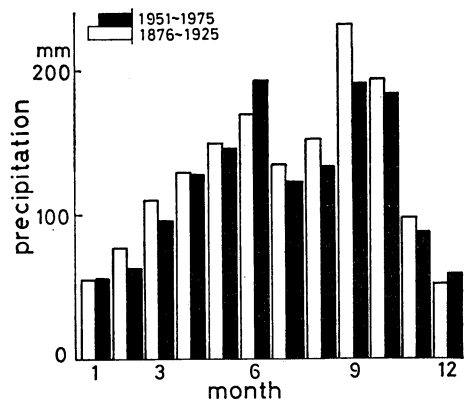
年降水量が1,900mm以上あった年と年降水量が1,200mmに満たなかった年がいずれも10回ずつあるが、次にその発生時期の分布を見る。前者は、1890年を除く9例が1950年までの多雨期に現われており、1951年以降には一度も記録されていない。一方後者は、1960年以降の少雨期に4回も記録されているが、ほぼ少雨期である1880年～1900年の20年間には2回しか現われていない。とこ

ろで、全統計期間の最大値と最小値は共に1930年代に記録されている。このような特徴が年降水量の経年変化の様相に認められたので、この報告では全統計期間を次の3期間に分けることにする。

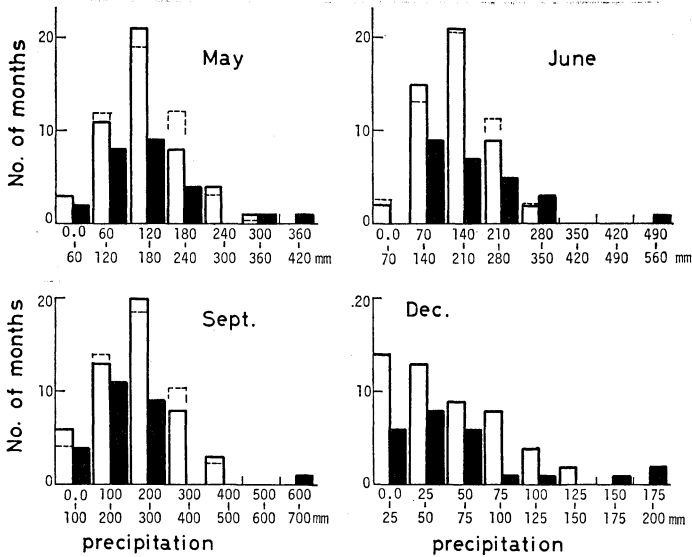
第1期：多雨期と少雨期を各1期ずつ含んでいるが、年降水量が1,900mmを越えた年が相対的に多く、1,200mm未満の年が相対的に少ない1876年～1925年の50年間

第2期：年降水量が1,900mmを越えた年も、1,200mm未満であった年も共に多く現われ、多雨年と少雨年が混在している1926年～1950年の25年間

第3期：多雨期と少雨期を含んでいるが、年降水量が



第2図 1876年～1925年と1951年～1975年の平均月降水量。



第3図 1876年～1925年(白抜き)と1951年～1975年(黒塗り)における5, 6, 9, 12月の月降水量の度数分布. 第1期における平均値と分散はそれぞれ, 5月が151mmと61mm, 6月が171mmと64mm, 9月が233mmと102mm, 12月が53mmと38mmである.

1,900mmを越えた年が一度もなく, 1,200mm未満の年が相対的に多い1951年～1975年の25年間

なお, この3期間の平均年降水量は, 第1期が1,566mm, 第2期が1,548mmといずれも全統計期間の平均値1,538mmより大きい, 第3期は1,470mmでかなり小さくなっている.

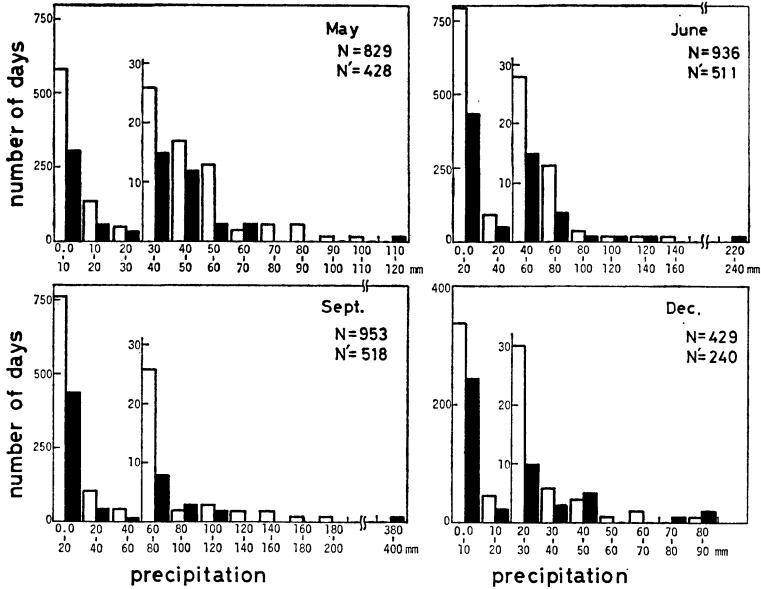
4. 月降水量と日降水量における第1期と第3期の相異  
多雨期と少雨期とを共に含んでいながら, 年降水量の状態が対照的であった第1期(1876年～1925年)と第3期(1951年～1975年)について, 月降水量と日降水量の差異を調べる.

第1期と第3期における月別平均降水量を第2図に示す. 季節別の降水量の変化傾向から, 最近, 梅雨期は増加傾向を示し, 秋霖期は逆に減少傾向にあることが知られている(たとえば加藤・森, 1970). この傾向は第2図にも現われている. 月降水量の平均値で表わすと, 6月が第1期の171mmに対して第3期は193mmと10%以上の増加, 9月が第1期の233mmに対して第3期は193mmと20%近い減少になっている. この二月以外にも, 12月で第1期の53mmに対して第3期が60mmと10%以上の増加になっていて差異が顕著である.

次に, 各月の月降水量の度数分布を求め比較したとこ

ろ, 5, 6, 9, 12月で明らかな差が見られた(第3図). つまり, 第1期の50年間で記録されなかった大きな月降水量を第3期の25年間で記録している. 5, 6, 9月における破線で示した分布は第1期の平均値と分散(以下 $\sigma$ と記す)から求めた正規分布であり, この三月については第1期の月降水量はほぼ正規分布をしていると見なせよう. 第3期における5月の月降水量の最大値は400mmであるが, これは第1期の分布からすると $3\sigma$ を越す値である. 6月にも大きい方へ $2\sigma$ を越える300mm以上の月降水量, 別の表現を用いれば, 第1期の分布からでは20年以上に1度しか期待できない月降水量が第3期の25年間に4回も記録されている. しかも, そのうちの1回は $5\sigma$ を越える510mmに達している. 9月には670mmが第3期に記録されているが, これは $4\sigma$ を越えている. 12月は第1期の分布も正規分布をしていないが, 第1期に記録されなかった150mm以上の月降水量が第3期に3回も記録されている.

5月と9月の月降水量の平均値は第3期の方が第1期より小さくなっている(第2図参照). 一方, 月降水量の最大値は第3期の方が大きくなっていることは注目し値しよう. また, 最大値510mmを除いて6月の月降水量の第3期の平均値を求めると180mmで第1期の5%



第4図 1876年～1925年（白抜き）と1951年～1975年（黒塗り）における5, 6, 9, 12月の日降水量の度数分布。NとN'はそれぞれ第1期と第3期の日降水量0.0mm以上の全日数。

第1表 上位10位に入る日降水量, 月降水量, 年降水量の, 第1期, 第2期, 第3期における発現回数および各期での最大値とその全期間を通しての順位。

	日降水量			月降水量			年降水量		
	発現回数	最大値	全期間での順位	発現回数	最大値	全期間での順位	発現回数	最大値	全期間での順位
1876～1925	4	193.7mm	4	3	460.9mm	7	6	2,193.7mm	2
1926～1950	3	278.3	2	5	673.7	1	4	2,229.6	1
1951～1975	3	392.5	1	2	670.9	2	0	1,823.1	12

増, 12月についても最大値188mmを除いた第3期の平均値を求めると第1期の3%増にすぎなくなる。これらの月では第3期に異常に大きい月降水量が2～3回記録されたために, 第3期の平均値が大きくなったことは明らかである。

第4図は, 5, 6, 9, 12月の日降水量の度数分布の比較である。日降水量にも月降水量におけるのと同様な傾向が見られる。つまり, 第3期の25年間における日降水量の最大値が第1期の50年間の最大値よりも大きくなっている, 5月の118.0mm (104.3mm: 第1期の最大日降水量, 以下同様), 6月の225.5mm (159.4mm), 9月の392.5mm (193.7mm), 12月の85.4mm (80.5mm)である。5月と12月については, 第1期と第3期の最大日

降水量の差は小さいが, 6月での差は約60mmで第3期の最大日降水量は第1期の40%増, 9月では200mmで第3期は第1期の100%増と大きな差が生じている。

第1表は, 全統計期間の上位10位に入る日降水量, 月降水量, 年降水量の各期別回数, 各期における各降水量の最大値およびその全統計期間を通しての順位を示したものである。第1期の50年間に上位10位に入る日降水量は4回記録されているが, この期間の最大値193.7mmは全統計期間での第4位の値である。一方, 年降水量となると, 全期間の第2位に当たる2193.7mmを最大として上位10位に6回含まれている。これと対照的なのが, 第3期の1951年～1975年である。日降水量については, 第2期の最大値, 全期間の第2位より110mmも多い第

第2表 年降水量が上位10位に入る10カ年と下位10位に入る10カ年, および全統計期間における日降水量階級別年間日数の平均値, 年降水量の平均値, 各階級に属する降水による年降水量の平均値 および各階級に属する日降水量の平均値, ( ) 内の値は全期間における平均値からの差。

	階級別日数の平均値 (日)			年降水量 平均値 (mm)	各階級の平均年降水量 (mm)			各階級の平均日降水量 (mm)		
	1mm以上 30mm未満	30mm以上 50mm未満	50mm 以上		1mm以上 30mm未満	30mm以上 50mm未満	50mm 以上	1mm以上 30mm未満	30mm以上 50mm未満	50mm 以上
年降水量 上位10位	103.3	11.7	7.5	2,019 (+481)	932 (+107)	452 (+141)	619 (+233)	9.0	38.6	82.5
全期間	92.9	8.4	4.9	1,538	825	311	386	8.9	37.0	78.7
年降水量 下位10位	83.4	5.1	3.1	1,110 (-428)	705 (-120)	186 (-125)	205 (-181)	8.4	36.6	66.2

1位を最大に上位10位に3回入っている(参考のために記しておく, 全期間の第3位の値もこの期間に記録されている)。ところが, 月降水量の最大値は全期間の第2位である。さらに年降水量となると, 第3期の最大値は全統計期間の第12位にすぎない。なお, 第2期の1926年~1950年には, 全統計期間の第1位または第2位という大きな値が日・月・年の各降水量に記録されており, 上位10位に入る回数も多い。

日降水量と月降水量における第1期と第3期とでの特徴的相異は, ともに第3期における最大値の方が第1期のものより大きくなっていることであると言えよう。ところで, この相異は年降水量における違いと逆の傾向を示している。そこで, 次節で各期における日降水量の特徴を調べ, 年降水量の特徴との関係を見ることにする。

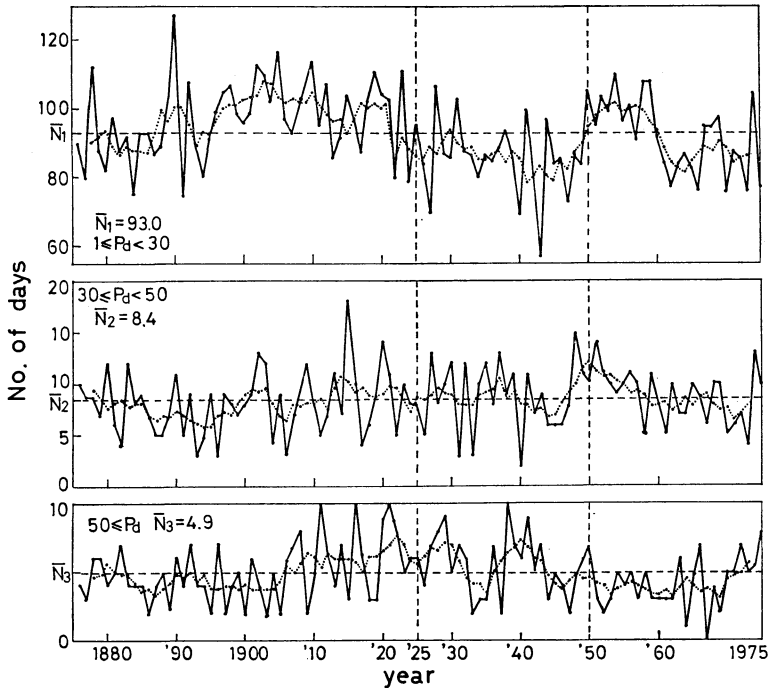
#### 5. 第1期~第3期における日降水量の特徴

日降水量の状態を階級別年間日数で表示するが, ここでの階級は通常用いられているものと少し変えて, 日降水量1.0mm以上30.0mm未満, 30.0mm以上50.0mm未満および50.0mm以上とする。

まず本論に入る前に, この日降水量階級別年間日数と年降水量との関係を調べておく。第2表は, 年降水量が上位10位に入る10カ年と下位10位に入る10カ年, および全統計期間における日降水量階級別年間日数の平均値, 年降水量の平均値, 各階級に属する降水による年降水量の平均値, および各階級に属する日降水量の平均値を示したものである。日数について全期間の平均値と比較してみると, 上位の10カ年は日降水量1.0mm以上の年間日数が多く, 下位の10カ年は日降水量1.0mm以上の年間日数が少なくなっている。また, 全期間の平均値に対する増減率は日降水量30.0mm以上の年間日数について大きくなっていることが分かる。次に, 年降水量であるが, 上位の10カ年の平均年降水量は全期間の平均年降水

量より481mm多くなっている。このうち, 日降水量1.0mm以上30.0mm未満の降水による年降水量の増加は107mm, 30.0mm以上50.0mm未満の降水による増加は141mm, 50.0mm以上の降水によるものは233mmで, 年降水量の増加分の50%近くが日降水量50.0mm以上の降水による増加分によって占められている。下位の10カ年における平均年降水量の, 全期間における平均年降水量からの減少幅をみても, 日降水量50.0mm以上の降水による年降水量の減少幅が他の二つの階級に属する降水による年降水量の減少幅よりかなり大きくなっている。最後に各階級に属する降水の平均日降水量を見ると, 上位の10カ年の平均値が全期間の平均値より全て大きくなっており, 逆に下位の10カ年の平均値は全期間のそれより全て小さくなっている。以上第2表は, 年降水量が上位10位に入る年は日降水量1.0mm以上の年間日数が多いと同時に各階級の中で相対的に大きな日降水量の日数が多いこと, また, 年降水量が下位10位に入る年には逆が成り立つことを示している。そして, 年降水量の多少には日降水量50.0mm以上の日数の多少が最も大きく寄与していると考えられる。

さて, 第5図に各日降水量階級別年間日数の変化の傾向を示した。各期ごとの変化傾向の特徴としては, (1) 日降水量1.0mm以上30.0mm未満の日数が, 第1期では全体的に多く, 第2期では逆に全体的に少ないこと (2) 30.0mm以上50.0mm未満の日数は, 1950年を中心とした5カ年ほどは特に多くなっているが, 全期間を通して際立った変化はしていないこと (3) 50.0mm以上の日数が第3期で全体的に少なくなっていることを挙げることができよう。これを平均値で示せば, 日降水量1.0mm以上30.0mm未満の年間日数は, 全期間の平均値93.0日に対して, 第1期は96.9日, 第3期は91.6日で全期間の平均値とほぼ同じであるが, 第2期は



第5図 日降水量1.0mm以上30.0mm未満(上), 30.0mm以上50.0mm未満(中), 50.0mm以上(下)の年間日数の経年変化と5年移動平均による変化の傾向。 $\bar{N}_i$ は平均値。

86.3日で7%の減少となっている。30.0mm以上50.0mm未満の年間日数は、全期間の平均値が8.4日で、第1期は8.1日、第2期は8.8日、第3期は8.7日で、その増減は小さい。日降水量50.0mm以上の日数は、全期間の平均が4.9日に対して、第1期は5.0日、第2期は5.6日で全期間における平均の14%増、第3期は4.0日で18%の減少である。この第3期の値は、第1期で日降水量50.0mm以上の日数が少なくなっている1876年～1905年(この期間はほとんどが少雨期である)の平均値4.2日より小さい。

年降水量の変化傾向として、1880年～1900年の少雨期、1910年代を中心とする多雨期、1925年～1950年における多雨年と少雨年のひんばんな繰り返し、1950年代の多雨期と1960年以後の少雨期が認められた(第1図参照)。ところで、1880年～1900年の少雨期には日降水量1.0mm以上30.0mm未満の日数が多いとか、1950年代の多雨期には日降水量50.0mm以上の日数が少ないという特徴が認められる。このような各日降水量階級別年間日数の特徴的傾向から、各期における年降水量の特徴的傾向が説明できるであろう。つまり、第1期：日降水量

1.0mm以上30.0mm未満の年間日数が全体的に多かったため、日降水量30.0mm以上の日数が少ない年でも年降水量が全統計期間の下位10位に入るとはまれとなった。第2期：日降水量1.0mm以上30.0mm未満の日数が全体的に少ない。このため、日降水量30.0mm以上の年間日数の変動がいわゆる直接的に年降水量に反映され、年降水量の変動の幅は第1期や第3期よりも大きくなった。この結果、全統計期間の上位10位に入る年降水量の多い年も、下位10位に入る少ない年も共に多く現われた。第3期：年降水量の多少に寄与する割合が最も大きい日降水量50.0mm以上の日数が全体的に少ない。このため、日降水量50.0mm未満の日数が多い年でも年降水量が全統計期間の上位10位に入ることはなく、逆に少ない年には下位10位に入ることが多くなった。

## 6. まとめ

東京において気象観測が開始された1876年から1975年までの100年間について、全期間を年降水量の状態から多雨期と少雨期を含む3期に分けて、その期間における特徴を比較して、降水量の変化の様相を調べた。

第1期は年降水量が全統計期間の下位10位に入る年が

まれであった1876年～1925年、第2期は年降水量が全統計期間の上位10位に入る年も下位10位に入る年も共に多く現われ、多雨年と少雨年が混在した1926年～1950年、第3期は年降水量が全統計期間の上位10位に入る年が無く、下位10位に入る年が多く現われた1951年～1975年である。各期の年降水量の特徴は、次のような日降水量における特徴を反映した結果である。第1期：日降水量1.0mm以上30.0mm未満の年間日数が全般に多い。第2期：第1期と対照的に日降水量1.0mm以上30.0mm未満の日数が一般的に少ない。第3期：年降水量の多少に寄与する割合の最も大きい日降水量50.0mm以上の年間日数が全体に少ない。さらに第3期の特徴としては、極端に大きな日降水量が記録されていることがある。

上記の傾向は、年降水量と日降水量階級別年間日数の変化に基づくもので、1年を通しての変化傾向である。第3期の特徴、日降水量50.0mm以上の日数が少なくなっているが一方では極端に大きい日降水量が生じていることは、第4図で示した5月、9月、12月における日降水量度数分布にも認められる。しかし6月の度数分布からは、日降水量50.0mm以上の日数が少なくなっているとは言い難い。結局、極端に大きい日降水量は季節によらず第3期で発現しているが、日降水量50.0mm以上の日数が少なくなっていることについては、季節によって異なるようである。

#### 謝辞

草稿を読んでいただき、有益な意見をいただいた、木下武雄 第一研究部長、八木鶴平 異常気候防災研究室長および清野裕 研究員に感謝する。また、本誌レフリーからいただいたコメントも有益であった。記して謝意を

表したい。

#### 文 献

- 荒川秀俊, 吉本秀幸, 1969: 電力界の資料にもとづく日本の河川流量の趨勢, 天気, 6, 77-78.
- 朝倉 正, 1970: 日本の気候変動と大気熱冷源の研究(Ⅲ), 北極地方の寒冷化と最近の日本の天候, 気象研究ノート, 105, 37-55.
- , 1972: 少雨期に大雨が降る1972年, 水利科学, 16, 88-102.
- Atkinson, B.W., 1971: The effect of an urban area on the precipitation from a moving thunderstorm, J. Appl. Met., 10, 47-55.
- Changnon, S. A. Jr., and F. A. Huff, 1973: Precipitation modification by major urban areas, Bull. Amer. Met. Soc., 54, 1220-1232.
- 加藤久雄, 森 幾也, 1970: 降水量の長期変動について, 気象研究ノート, 105, 89-94.
- 気象庁統計課, 1965: 補正により均質化した累年気候表, 気象庁技術報告, 38, 46-47.
- 関口 武, 1964: 日本の雨の長期変動の地域性, 地理学評論, 37, 217-225.
- Suzuki, E., 1968: Secular variations of rainfall in Japan, Pap. Met. Geophys., 19, 363-399.
- 東京管区気象台編, 1957: 東京都の気候, 気象協会, 565 pp.
- 吉野正敏, 1957: 東京都区内における雨の分布と微雨日数の増加, 日本気象学会75周年記念論文集(和文編), 121-125.
- , 1977a: 日本および外国の諸都市における気候の変化, 気象研究ノート, 133, 1-25.
- , 1977b: 都市気候の分布の実態 3, 降水量, 気象研究ノート, 133, 44-47.