

東京都の都市域における降水量の特異性

米谷恒春*

国立防災科学技術センター

Anomalies in Precipitation in the Tokyo Metropolitan Area

By

Tsuneharu Yonetani

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Urban anomalies in hourly precipitation over a year and in daily precipitation for the month of August are shown. The anomalies described below suggest that convective activity of the atmosphere is enhanced in the Tokyo Metropolitan area.

1. Larger amounts of hourly precipitation were recorded at observatories in the urban area than in surrounding areas in most months of 1967.

2. Observatories in the metropolitan area recorded larger amounts of daily precipitation in August than observatories in surrounding areas over five years from 1972 to 1976. This tendency is only seen in 1972-1976. The time change of the total number of days with heavy precipitation of more than 31 mm, over five years shows that (a) before 1967, the total number of days with heavy precipitation in the metropolitan area was half that of surrounding areas, and (b) the total number of those days increased in the metropolitan area from 1967, with the number becoming larger than that in surrounding areas after 1972.

1. はじめに

この報告では、大きな1時間降水量と8月における大きな雨量とが、東京都の都市域において郊外よりも多く記録されていることを、統計的に示す。示される事実は、いままでに筆者が行なった数値実験の結果から期待される事と一致する。

多数の自動車が行き交い、中高層建造物が立ち並び、活発な人間活動が営まれている都市域では、多量のエネルギー消費に伴う熱が放出され、空中に漂う汚染物質の濃度も高い。このような人間活動が原因となって、都市域では郊外の気候と明らかに異なる、都市固有の気

* 第1研究部

候、都市気候が形成されている。都市気候として、最も顕著なものは、ヒートアイランドと呼ばれている、都市域で周辺より気温の高い現象である。都市域における降水の特異性については、統一した結論はまだ得られていない。

都市域における降水の特異性としては、微雨日数の増加と降水量の増加が報告されている。Landsberg (1972) が典型的な大工業都市についてまとめた結果によると、微雨日数と降水量は都市域で周辺より、共に約10%増加している。また、セントルイスについて調べた結果では、都市の影響が最も顕著に現れた区域において、降水量が30%~35%増加したと評価されている (Huff and Vogel, 1978)。このような、都市域での降水量の増加を示す報告が数多くある。しかし一方では、都市域での降水量の増加は認められないことも報告されている (Lowery and Probald, 1978)。ただし、セントルイスは面積 158 km²、人口は75万人 (1960年の調査) の都市で、都市内外の気温差が 1°C 程度のヒートアイランドが生じている (Principal Investigators of Project METROMEX, 1976)。一方、Lowery and Probald が調べた都市は、最近都市化が進んだ工業都市で、1970年の人口は4万5千人に満たない。

さて、世界有数の大都市である東京を含む、わが国の諸都市については、微雨日数に顕著な増加が認められる (吉野, 1977)。しかし、月降水量や年降水量については、都市域における明瞭な特異性は未だ報告されていない。

降水に及ぼす都市の影響としては、(1)大気成層をより不安定にし、さらには積雲を形成させる、ヒートアイランドに代表される熱的効果、(2)ヒートアイランドとか中高層建造物を作る風の収束による力学的効果、(3)汚染物質の凝結核・氷晶核としての効果、が考えられる。気温差 1°C 程度のヒートアイランドが積雲を形成し得ることは数値実験によっても確かめられており (米谷, 1980)、条件さえ整えば、ヒートアイランドが対流現象に無視できぬ影響を与え、降水に変化を与えることは理論的に間違いない。(3)に挙げた、雲核の増加が降水に及ぼす影響は、解明されていない。

大都市においても、月降水量や年降水量に都市域で特異性が認められたり、認められなかったりするものは、多量な降水をもたらす現象の差による、と考えられている (Yoshino, 1975)。つまり、例えば台風が襲来した場合を考えると、台風に伴う諸現象、特に強い風などのため都市固有の大気状態はほとんど解消するであろう。したがって、台風でかなりの雨が降る場合に、都市の影響を受けて都市域で雨量が多くなるとは考えられない。もし、台風による雨量が月降水量や年降水量のうちに占める割合が大きければ、都市域での特異性は不明瞭ということになる。

この報告では、一定の条件下で都市の影響を強く受けると思われる対流現象に、密接に関係する降水について、東京都の都市域と郊外との差異を調べる。すなわち、1時間降水量と8月の日降水量とについて、量別の度数分布を都市域と郊外とで比較する。量の多い1時間降水量は、組織化された積雲群によりもたらされる。それ故、活発な対流活動と密接な関係

東京都の都市域における降水量の特異性—米谷

にある。一方、8月は大気成層が不安定になることが多く、しゅう雨や雷雨などの降水を伴う対流現象がよく発現する。ただし、都市気候を解消するような、著しいじょう乱である台風や熱帯性低気圧の影響を受ける日もある。そこで、8月の日降水量については、台風と熱帯性低気圧の影響下にあった日を除外する。

さてここで、東京都における降水量の全般的な傾向を記しておく(和達, 1966)。夏の7月~9月では、月降水量の等量線はほぼ南北に走り、西部の山岳地帯と東部とで降水量は著しく異なる。例えば8月の月降水量は、東部で150 mm~200 mm、西部山岳地帯の最も多い所で300 mmを越える。冬季の12月や1月の月降水量は、東部が50 mm以上100 mm以下に対し西部が25 mm以上50 mm未満と、夏とは逆に東部の方が多くなっている。以上に挙げた以外の月の降水量には、大きな差はない。

2. 通年でみた1時間降水量の差異

1976年のAMeDASの記録を用いて、定時を起点とする1時間降水量の度数分布を、都市域にある東京・新砂・羽田・世田谷の4観測所と、郊外にある八王子・青梅・相模原・所沢の4観測所とで、各月ごとに比較した(観測所の位置関係は図1を参照)。この年は、8観測所のどこかで1時間降水量が11 mm以上を記録した月が8カ月あった。この8カ月における1時間降水量の強度別度数分布を図2に示す。

5月と9月を除いて、各月の最も大きな1時間降水量は、都市域の観測所で記録されている。さらに、これらの月では全体的に見ても、大きな1時間降水量は都市域の観測所で記録

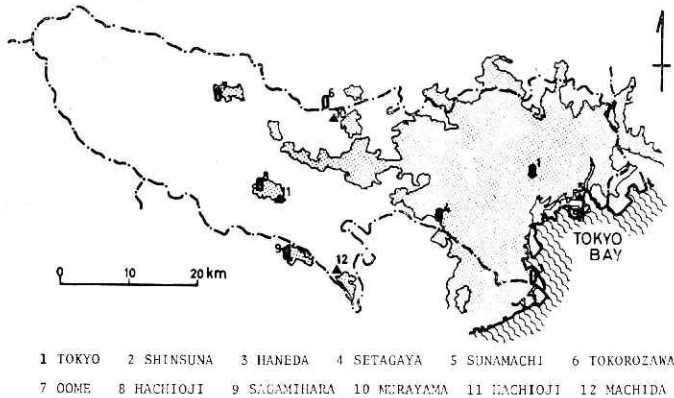


図1 観測所の位置。丸印はアメダス観測所、三角印は区内観測所、陰を施した領域が1975年頃の市街地(国土地理院の1:500,000地方図による)。

Fig. 1 Locations of precipitation stations. Circles are stations belonging to the Automated Meteorological Data Acquisition System, and triangles are auxiliary stations. The shaded areas are the Tokyo urban area and other small urban areas in around 1975 (after the local map published by the Geographical Survey Institute).

されていると言える。一方、5月では、大きな1時間降水量は郊外で記録されている。9月では、最も大きな値は郊外で記録されているが、全体的に見た場合に、大きな1時間降水量が郊外で多く記録されているとは言い難い。結局、1976年で11mm以上の1時間降水量を記録した8カ月のうち、6カ月では都市域で大きな値が記録されており、郊外の観測所でより大きな値が記録されていたと言えるのは、1カ月だけである。

3. 8月の日降水量に見られる差異

雷雨などの降水を伴う対流現象が年間で最も多く発現するのは8月である。この節では、8月の日降水量の階級別発生状態の差異を、(1)都市域の観測所と郊外の観測所、(2)年代が異なる場合、について調べる。まえがきで記したように、都市の影響が不明瞭となる、台風や熱帯性低気圧の影響を受けた日は除外する。この除外した日と降水量は付録に示してある。

AMeDASが整備される1976年までは、区内観測所の毎日の降水量が気象月報に掲載されている。また、すべての観測所で長い期間、観測が継続されているわけではないが、東京都気象月報は1951年から利用できる。データの継続性を考慮して、都市域にある観測所として、東京・砂町・世田谷を、郊外にある観測所として、村山・町田・八王子を選んだ。これらの観測所の位置は図1に示してある。

3.1 都市域と郊外での差異

データが利用できる期間で、最近の5カ年間、1972年-1976年における日降水量の階級別度数分布を図3に示す。各年とも、降水量が1mm以上あった日数は、郊外の方が都市域におけるよりも多い。これは、まえがきで記した8月の月降水量が郊外で多いことに、対応していると考えられる。ところで、各年ごとの最大値は、1972年、1973年、1974年の3カ年で、都市域にある観測所が記録している。また全体的に見ると、1972年、1974年、1976年の3カ年で、都市域で大雨が多く観測されていることが言える。郊外にある観測所の方で、大雨が多く観測されたと言えるのは、1975年の1年のみである。

都市域で大雨の多くなかった1973年と1975年の8月は、度数分布からも理解されるように、

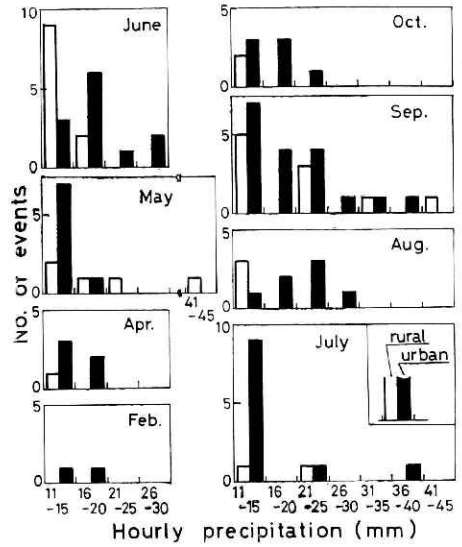


図2 1976年で、11mm以上の、強度別1時間降水量度数分布の都市域と郊外との比較。黒塗が都市域における4観測所での総数を、白抜が郊外に在る4観測所での総数を示す。アメダスデータによる。

Fig. 2 Histograms of hourly precipitation in each month of 1976. The ordinates are the total number of events at the four stations of Automated Meteorological Data Acquisition System in the urban and rural areas.

渇水月でもあった。東京の月降水量は、1973年が平年値の約40%、1975年が平年値の約20%であった。降水に及ぼす都市の影響は、湿った夏に顕著で、乾いた夏には抑制されることが報告されている (Huff and Changnon, 1972)。したがって、1972年～1976年の8月の階級別日降水量度数分布は、東京都の都市域で都市の影響を受けて大雨が多いことを、強く示唆するものである。以下、この点をさらに調べる。

図4は、上記の調査期間のほぼ20年前になる、1954年～1958年の5カ年における日降水量の階級別度数分布である。1954年～1958年を調査期間としたのは、なるべく古い年代であること、および欠測の短いこと、を基準にして選んだ結果である。

1954年～1958年は、朝鮮戦争が終り、わが国の経済がようやく復興期に入った時期で、都市域も狭く、都市人口も500万人程度であった。大気状態の都市における特異性も、現在ほど顕著でなかったと考えられる。例えば、ヒートアイランドであるが、年間で最も大きな差を示す1月の最低気温で見ても、都市内外の気温差は1951年～1955年は約2°Cで、4°C以上あった1966年～1970年の半分以下にすぎなかった (河村, 1977)。

1954年は郊外にある観測所の町田で、また1956年は同じく八王子で、部分的に欠測の期間があった。1954年に町田で欠測となった8月21日～31日の間に、都市域でも郊外でも大雨が記録されている。例えば、町田に最も近い観測所の八王子では、24日の日降水量が93mm、31日が25mmである。したがって、もし町田で欠測がなかったならば、大きい日降水量のクラスで郊外の度数が多くなる分布を1954年のヒストグ

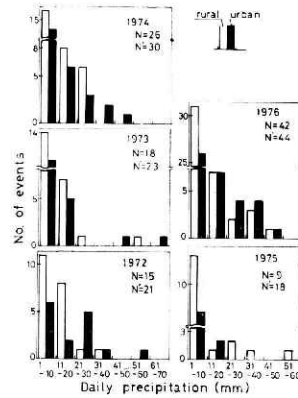


図3 8月の階級別日降水量度数分布の都市域と郊外との比較。1972年～1976年。黒塗が都市域に在る3観測所での総数を、白抜が郊外に在る3観測所での総数を示す。Nは都市域の3観測所で、N'は郊外の3観測所での、日降水量が1mm以上あった総日数である。

Fig. 3 Histograms of daily precipitation in August from 1972 to 1976. The ordinates are the total number of events at the three auxiliary stations in the urban (rural) area. Data on days when a typhoon or a tropical depression hit Tokyo are excluded. N indicates the total number of days with precipitation observed at the stations in the urban area, and N' at the stations in the rural area.

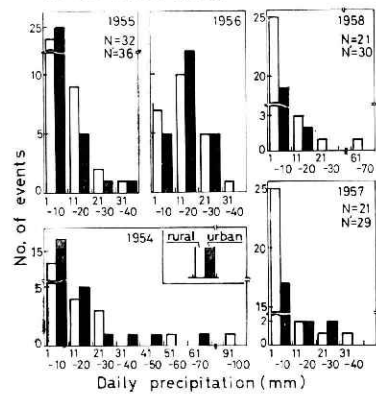


図4 図3に同じ。ただし1954年～1958年。1954年と1956年に、郊外に在る1観測所で部分的に欠測があった。そこで両年では、日降水量が1mm以上の総日数、NとN'は表示していない。

Fig. 4 Same as in Fig. 3 but from 1954 to 1958. Since some data are missed at a station in the rural area in 1954 and 1956, N and N' are not indicated.

ラムは示したはずである。

上記のように郊外の観測所で欠測のあった年を含んでいるが、図4からは、大雨の発現状態について都市域と郊外とで差を見だし難い。つまり、図3で示された、都市域で大雨が多い傾向は、1955年頃には認められない。

3.3 年代の違いによる差異

ここでは、日降水量の発現状態の年代による違いを見る。まず、全体的な分布の、隔たった5年間における差異を、都市域と郊外とで比べる。次に、5年間における大雨日数の年代的な変化を見る。

図5は、1954年～1958年と1972年～1976年の各5カ年間における階級別日降水量の度数分布を、都市域の3観測所と郊外の3観測所の、それぞれで比較したものである。都市域では、日降水量20mm以下の日数は1954年～1958年の5カ年の方が多いが、21mm以上の日数は1972年～1976年の5カ年が多いことが明白である。日降水量31mm以上の日数になると、その差はより顕著である。数値で示せば、31mm以上の日数は、1954年～1958年が4日に対して1972年～1976年が12日と、後者は前者の3倍に達している。

他方、郊外における日降水量31mm以上の日数は、1954年～1958年が6日に対して1972年～1976年が9日と、後者は前者の1.5倍になっている（既に述べたように、1954年に一部欠測の観測所があり、この期間にかなりの量の雨が降った日がある。したがって、1.5倍という差

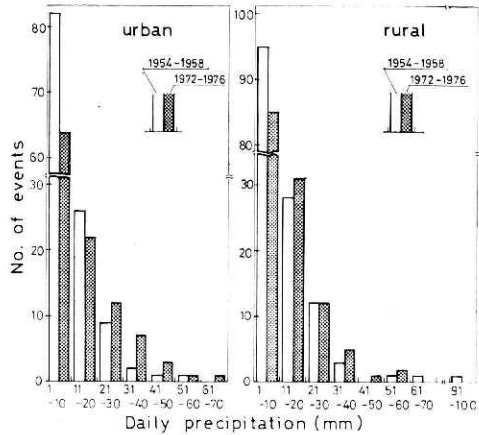


図5 都市域に在る3観測所(左)と郊外に在る3観測所(右)における、1954年—1958年と1972年—1976年との、8月における階級別日降水量の度数分布の比較。

Fig. 5 Histograms of daily precipitation in August from 1954 to 1958 and from 1972 to 1976 in the urban area (left) and in the rural area (right). The ordinates are the total number of events in the three auxiliary stations in the urban (rural) area. Data on days when a typhoon or a tropical depression hit Tokyo are excluded.

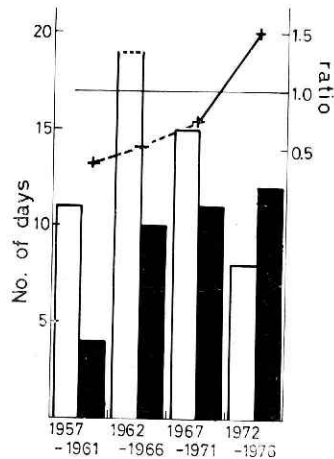


図6 日降水量31mm以上の5年間における日数の年代別変化の、郊外と都市域との比較。黒塗の棒グラフが都市域に在る3観測所での総日数を、白抜が郊外に在る3観測所での総日数を示し、折れ線グラフは前者の後者に対する倍率を示す。1965年と1966年は郊外に在る1観測所が欠測であった。

Fig. 6 Variations of total number of days with precipitation of more than 31mm during five years. Black shows that in the three auxiliary stations in the urban area, and white in the three auxiliary stations in the rural area. The line shows the variation of the ratio (total number of days in the urban area)/(total number of days in the rural area).

はもう少し小さくなると考えられる)。郊外の観測所での差は、都市域の観測所での3倍と比較すると小さい。また、分布を見ると、1972年～1976年で日降水量21mm以上とか31mm以上の、大雨の日が多くなっているとは言い難い。

日降水量31mm以上の日数が、都市域の観測所において1954年～1958年の5年間より、1972年～1976年で著しく増加していることが示された。そこで次に、1957年～1976年の20年間を5年ごとに区切り、この5年間における日降水量31mm以上の総日数を、都市域の観測所と郊外の観測所について求め、年代による変化を見る。

図6が上記の様相を示したものである。郊外の観測所である八王子で、1965年と1966年が欠測であった。周辺の状況から、この両年で日降水量31mm以上の日数は、八王子で2～3日あったと判断される。したがって、1962年～1966年の郊外における日数は21日～22日となり、都市域の日数の郊外の日数に対する比率は、0.45程度とするのが妥当である。結局、図6は次のことを示している。(1)1967年頃から日降水量31mm以上の日数が都市域で増加し始めている。(2)最近の傾向としては、それまでの状態とは逆に、郊外よりも都市域で大雨が多く観測されている。

大雨の日数が都市域で増え始めた、1960年代の後半は、1960年頃から次第に高度成長期に入った日本経済が、高度成長の頂点に達した時期である。東京の都市域は急激に拡大し、都市人口が1,000万人を越えたのも、この年代である。

4. ま と め

東京都の都市域における降水の特異性を、対流現象に視点を置いて、明らかにした。すなわち、(1)1976年のAMeDASデータによると、対流活動と密接な関係にある1時間降水量について、より大きな値が都市域に在る観測所で記録されている。(2)対流現象が発現することの多い8月で、降水量が31mm以上ある日数は、台風と熱帯性低気圧による雨を除くと、都市域の観測所で多くなっている。この傾向は1972年頃から認められるもので、1966年頃までは、郊外の観測所での日数は都市域での日数の約2倍に達する多さであった。

以上の結果より、対流活動に伴う降水が東京都の都市域で周辺より多く発現していると判断される。そして、対流活動の活発化は、既に記した次の理由により、都市の影響と考えられる。(1)都市域における大雨の日数の、郊外における大雨の日数に対する相対的増加は、日本の経済が高度成長の頂点に達し、東京都の都市域が急激に拡大した時期から顕著になっている。(2)都市域で大雨の日数の多いことは、渇水月には明白でない。これは、すでに指摘されている、都市の影響は乾いた夏には顕著ではない、という事実と一致する。

参 考 文 献

- 1) Huff, F., and S. A. Changnon, Jr. (1972) : Climatological assessment of urban effects on precipitation at St. Louis. *J. Appl. Meteor.*, **11**, 823-842.
- 2) Huff, F. A., and J. L. Vogel (1978) : Urban topographic and diurnal effects on rainfall in the St. Louis region. *J. Appl. Meteor.*, **17**, 565-577.
- 3) 河村 武 (1977) : 都市気候の分布の実態. 気象研究ノート, **133**, 26-47.
- 4) Landsberg, H. E. (1970) : Meteorological observations in urban areas. *Meteor. Monogr.*, No. **33**, 91-99.
- 5) Lowery, W. P., and F. Probald(1978) : An attempt to detect the effects of a steelworks on precipitation amounts in central Hungary. *J. Appl. Meteor.*, **17**, 964-975.
- 6) Principal Investigators of Project METROMEX (1976) : METROMEX update. *Bull, Amer. Meteor. Soc.*, **57**, 304-308.
- 7) Yoshino, M. M. (1975) : Climate in a small area. University of Tokyo Press, cs. p. 100-104.
- 8) 吉野正敏(1977) : 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.
- 9) 米谷恒春 (1980) : ヒートアイランドによる積雲の形成——数値実験. 国立防災科学技術センター研究報告, No. **24**, 1-13.
- 10) 和達清夫監修 (1966) : 日本の気候. 東京堂出版, 492 pp, 287 p 参照.

(1980年11月25日 原稿受理)

付録 : 統計から除いた, 台風と熱帯性低気圧の影響下にあった日の日降水量 (8月)

年	日	じょう乱	東 京	砂 町	世田谷	村 山	町 田	八王子
1958	23	台風17号	27	34	4	15	48	55
	24		9	3	10	22	15	50
	25		15	25	27	42	40	49
1959	8	台風6号	11	13	19	44	42	98
	9		24	29	47	33	24	32
	12	台風7号	45	49	25	53	46	98
1960	13		21	14	53	74	62	89
	19	台風14号	48	46	57	57	47	69
	20		53	61	59	53	33	43
1963	28	台風11号	155	151	154	87	139	158
1964	20	熱 低	78	90	58	97	98	144
1965	21	台風17号	96	105	80	90	120	欠
	22		83	68	64	75	76	欠
1969	4	台風7号	45	20	18	30	53	17
	23	台風9号	32	33	42	22	17	35
1971	30	台風23号	93	100	95	130	133	177
	31		88	52	35	42	29	20
1972	7	台風13号	14	9	19	38	19	28
1974	24	台風14号	5	2	5	27	13	59
	25		37	40	50	105	57	117
	31	台風16号	79	60	53	105	80	153
1975	22	台風6号	1	—	4	30	45	86
	23		2	—	6	13	5	25