

関東地方における降水量の気候変化*

米谷 恒春**

要旨

1900年以前から観測がなされている7気象台での、季節別の降水量と年降水量との長期変化を調べた。1901年～1975年を1期間を25年とする3期に分けて、各期の特徴を調べるという方法による。

東京・熊谷などの5地点では、8月～10月の降水量が顕著な減少傾向となっている。このため、全般的な傾向として、1926年以降の年降水量も少ない。一方、銚子では例外的な変化傾向を示しており、年降水量が少雨傾向を示したのは1926年～1950年だけである。

前橋・宇都宮・水戸・銚子では、多雨期と少雨期とで年降水量に気候変化の生じた事が、統計的に言える。

1. まえがき

わが国における降水量の長期変化について、いくつかの研究がある。年降水量や季節ごとの降水量の変化の傾向とか地域差とかが、すでに報告されている(たとえば Suzuki, 1968; 加藤・森, 1970)。また、年降水量とか月降水量とかの変動についても、地域差の調査などがある(安田, 1978など)。本報告では、いままでに成された調査・研究におけるよりも、一層、気候の変化に重点を置いて、関東地方に在る7気象官署での年降水量と季節別降水量の長期変化を調べる。

関東地方の横浜・東京・熊谷・前橋・宇都宮・水戸・銚子の各気象台では、1900年以前から気象観測が行なわれている。この7気象台での降水量を解析するが、基本的な考え方は次のとおりである。すでに報告したように(米谷, 1978)、東京管区気象台での年降水量は、1880年～1900年が少雨傾向、1910年～1925年が多雨傾向、1926年～1950年が多雨年と少雨年とが混在した時期、1950年代が多雨傾向、1960年以降が少雨傾向、という変化をした。この変化傾向と7気象台の観測開始年とを考え合わせて、1901年～1975年の75年間を、1期25年とする3期に分ける。そして、25年間の状態を1つの気候とみなし、この変化を調べる。1期間25年の長さは、平年値を求める長さにはほぼ等しく、気候変化として取り扱うのに

適したスケールの1つであろう。

調べる要素は、年降水量と季節別の降水量である。季節は、前年の11月～3月、4月～7月、8月～10月の3季節とする。季節の境は、以下に記す降水量の年変化(和達, 1958)を参考にして決めた。

3月では、それまで多かった日本海側と、太平洋側とで降水量はほぼ等しい。4月になると、太平洋側から吹きつける南東風をまともに受ける地方で、降水量が目立って増え始める。そこで、3月と4月を1つの区切りにした。6月と7月には、梅雨前線が大きな影響を及ぼす。8月には、梅雨前線は北に去り、時として台風の影響を受けることがある。9月と10月は秋りと台風による雨が多い。11月になると、冬の季節風による降水が日本海側で増し、反対に太平洋側の降水が減少し始める。そこで、7月と8月および10月と11月とを各季節の区切りにした。

本報告では、1901年～1925年を第1期、1926年～1950年を第2期、1951年～1975年を第3期と呼ぶ。また、誤解を生じる恐れは無いと思われるので、厳密には東京管区気象台と書くべきところを単に東京と記すように、気象官署名の代わりに地点名で表記する。

2. データについて

本報告で用いた月降水量と年降水量は、気象庁統計課が保有している磁気テープのファイルによる。

データの均質性を破るものとして、気象官署の移転、観測環境の変化および観測法・統計法の変更がある。気象官署の移転については、本報告で調べた7気象台のう

* Climatic change of precipitation in the Kanto district.

** Tsuncharu Yonetani, 国立防災科学技術センター。

—1980年9月8日受領—

—1981年3月30日受理—

ち4気象台が調査期間中に1度以上移転しているが、降水量については、統計値の接続はなく、継続されている(気象庁、1973)。

降水量の観測法・統計法の変遷には、日界の変更、雨量計の変更、および日降水量の求め方の変更があった。年降水量は、日界の変更の影響はほとんど受けない。さらに、日界の変更以外の影響も比較的受けずに済んだことが調べられている(斉藤、1956)。しかし、この調

査以降に実施された転倒ます型雨量計への変更に関しては、統計値は接続されてはいるものの、注意しなければならない点もあるようである(たとえば、菊地原、1974)。

本報告では、データの均質性に問題はないとして、ひとまず解析を行なう。次に、明らかになった変化が、気象官署の移転、観測環境の変化、あるいは、転倒ます型雨量計への変更、以上3つの影響を強く受けた結果であるか、それとも降水現象の変化であるかを検討する。

第1表 年降水量と季節別降水量との、第1期～第3期での平均値と標準偏差。
()内の数字は、第1期の値に対する比率。

	1901年～1925年		1926年～1950年		1951年～1975年	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
年降水量	mm	mm	mm	mm	mm	mm
横浜	1,789	255	1,622 (0.91)	340 (1.33)	1,603 (0.90)	208 (0.81)
東京	1,661	226	1,548 (0.93)	320 (1.42)	1,469 (0.88)	209 (0.92)
熊谷	1,365	176	1,276 (0.93)	254 (1.44)	1,215 (0.89)	204 (1.16)
前橋	1,343	165	1,217 (0.91)	188 (1.14)	1,178 (0.88)	216 (1.31)
宇都宮	1,628	234	1,528 (0.94)	269 (1.15)	1,392 (0.86)	178 (0.76)
水戸	1,522	194	1,375 (0.90)	229 (1.18)	1,341 (0.88)	143 (0.74)
銚子	1,785	229	1,610 (0.90)	287 (1.25)	1,721 (0.96)	251 (1.09)
11月～3月						
横浜	443	104	393 (0.89)	113 (1.08)	406 (0.91)	106 (1.02)
東京	391	94	369 (0.94)	121 (1.29)	364 (0.93)	102 (1.09)
熊谷	245	70	211 (0.86)	77 (1.10)	215 (0.88)	76 (1.08)
前橋	202	68	164 (0.81)	65 (0.97)	180 (0.89)	58 (0.86)
宇都宮	299	79	253 (0.85)	76 (0.96)	260 (0.87)	85 (1.09)
水戸	379	98	323 (0.85)	92 (0.94)	333 (0.88)	98 (0.99)
銚子	570	150	511 (0.90)	127 (0.84)	565 (0.99)	153 (1.02)
4月～7月						
横浜	646	158	605 (0.94)	226 (1.43)	677 (1.05)	178 (1.13)
東京	605	130	595 (0.98)	215 (1.65)	591 (0.98)	162 (1.24)
熊谷	518	108	532 (1.03)	163 (1.50)	529 (1.02)	111 (1.03)
前橋	562	99	538 (0.96)	132 (1.33)	534 (0.95)	100 (1.01)
宇都宮	704	184	658 (0.93)	175 (0.95)	611 (0.87)	116 (0.63)
水戸	583	128	563 (0.97)	172 (1.35)	564 (0.97)	131 (1.02)
銚子	582	133	524 (0.90)	177 (1.33)	606 (1.04)	139 (1.05)
8月～10月						
横浜	719	187	620 (0.86)	157 (0.84)	518 (0.72)	167 (0.89)
東京	665	174	581 (0.87)	150 (0.87)	512 (0.77)	184 (1.06)
熊谷	602	134	531 (0.88)	127 (0.95)	469 (0.78)	161 (1.20)
前橋	580	143	513 (0.88)	122 (0.85)	465 (0.80)	180 (1.26)
宇都宮	627	119	614 (0.98)	145 (1.23)	519 (0.83)	150 (1.26)
水戸	561	131	485 (0.86)	119 (0.90)	446 (0.79)	118 (0.90)
銚子	628	160	568 (0.91)	142 (0.88)	549 (0.87)	183 (1.14)

3. 各期の特徴

関東地方の降水量は、以下の(1)~(4)に記す変化をした(第1表参照)。各地点における変化は、銚子と宇都宮を除き、同じ傾向を示している。

(1) 年降水量には、長期的な減少傾向が認められる。第2期の平均値は第1期の平均値の10%近く、第3期の平均値は10%以上、第1期の値より小さい。ただし、銚子のみ例外で、第3期は、第1期とはほぼ同じ状態にある。

(2) 11月~3月の降水量は、第2期と第3期で、それぞれ同じ程度第1期より少ない。第2期と第3期の平均値は、第1期の平均値より10%前後小さくなっている。ただし、銚子の第3期だけは、第1期と同じ状態にある。銚子での、上記の特徴と11月~3月の降水量が他の季節の降水量と同程度であることが、年降水量に減少傾向が生じなかった1つの理由である。

(3) 4月~7月の降水量は、第2期で大きく変動しているものの、著しい変化はしていない。ただし、宇都宮では、第2期の平均値は第1期の平均値の10%近く、第3期の平均値は10%以上、第1期の値より減少している。また、銚子では、第2期の平均値が第1期の値より10%小さい。

(4) 8月~10月の降水量には、著しい長期的な減少傾向が認められる。第2期の平均値は第1期の平均値の10%以上、第3期の平均値は20%以上、それぞれ第1期の値より小さい。ただし、宇都宮と銚子での減少率は、20%までには達しなかった。(1)に記した年降水量の長期的減少は、この季節の減少が著しいために生じている。

長期的な減少が顕著な、年降水量と8月~10月の降水量とについて、変化の様相を具体的に記す。東京を例に挙げると、年降水量が第1期の平均値より少なかった年数は、第1期で12カ年、第2期で16カ年、第3期で23カ年となった。第3期では、90%以上を占める年で、年降水量は第1期の平均値より少なかったことになる。8月~10月の降水量については、第1期の平均値以下であった年数は、第1期で12カ年、第2期で18カ年、第3期で21カ年である。

大多数の地点では、第1期の平均値より少ない値を記録した第3期での年数は、年降水量についても、8月~10月の降水量についても、20カ年以上となった。例外は、年降水量についての熊谷(18カ年)と、8月~10月の降水量についての宇都宮(19カ年)、および、両要素

第2表 ラベージ検定の HK の値

	第1期と 第2期	第2期と 第3期	第1期と 第3期
横浜*	4.97	0.57	5.14
東京	3.56	5.35	7.78
熊谷	4.50	0.74	6.90
前橋	6.17	0.88	9.28
宇都宮	3.11	3.09	12.46
水戸	6.39	2.05	11.63
銚子*	6.27	3.55	0.92

* 横浜では1923年の年降水量を、銚子では1945年7月の月降水量を、それぞれ周辺の観測所の値から推定している。このことは第3表の HK の値についても同じである。

についての銚子である。

4. 議論

前節で明らかにした、年降水量に見られる各期の特徴の違いが、気候変化と言えるかどうかを、まず検討する。この問題は「気候変化」の定義に関係してくるのであるが、ここでは、仮説検定の手法により統計的に調べる。つまり、帰無仮説、母集団における年降水量の分布は各期で同一である、を検定し、この帰無仮説が棄却された場合に気候変化と見なす。検定は、母集団分布に関して正規分布を仮定できないときの検定法の1つである、ラベージ検定による(岡本ら, 1978)。

ラベージ検定の HK の値を第2表に示す。HK の値が5.99以上であれば有意水準5%で、また、9.21以上であれば有意水準1%で帰無仮説は棄却される。第2表より、横浜を除くすべての地点で、第1期と他の期において年降水量の母集団の異なることが、1%あるいは5%の有意水準で言える。東京・熊谷・宇都宮では第1期と第3期とで、銚子では第1期と第2期とで、前橋と水戸では第1期と他の2期とで、降水量に気候変化が生じたと判断される。

以上で見た、降水量における各期の特徴の違いが、観測所の移転や観測環境の変化、または観測法の変更の影響を受けて生じた見掛け上のものか、それとも、降水現象の変化と考えられるかを次に検討する。

宇都宮と銚子を除く5地点では、年降水量と季節別降水量における各期の特徴の変化は、同じ傾向を示した。この5地点では、観測所の移転と観測環境の変化に、以下、イとロに記す相異がある。したがって、共通

第3表 転倒ます型雨量計で測定された降水量を1/0.9倍したときの、第3期の平均値とこれの第1期の平均値に対する比率、および、第2期と第3期、第1期と第3期とについて、ラベージ検定を行なったときのHKの値。

	年降水量		11月～3月の降水量		4月～7月の降水量		8月～10月の降水量		HKの値	
	平均値	比率	平均値	比率	平均値	比率	平均値	比率	第2期と第3期	第1期と第3期
	mm		mm		mm		mm			
横浜	1,659	0.93	419	0.95	700	1.08	535	0.74	1.07	2.41
東京	1,545	0.93	382	0.98	623	1.03	537	0.81	2.22	2.29
熊谷	1,256	0.92	222	0.91	547	1.05	484	0.80	0.18	3.41
前橋	1,216	0.91	185	0.92	552	0.98	479	0.83	0.25	6.42
宇都宮	1,440	0.88	268	0.90	632	0.90	536	0.86	1.26	7.75
水戸	1,385	0.91	344	0.91	582	1.00	460	0.82	3.24	9.29
銚子	1,778	1.00	582	1.02	625	1.07	568	0.90	5.34	0.09

して認められた変化は、観測所の移転または観測環境の変化を主因とするものではない。イ) 横浜と東京の気象台は移転しているが、熊谷・前橋・水戸の気象台は移転していない。ロ) 観測環境の変化は、地点によって程度が大きく異なると考えられる。

宇都宮では、11月～3月を除く季節別降水量の変化が、銚子では、すべての季節別降水量や年降水量の変化が、他の5地点における変化と違っている。そして、宇都宮の気象台は1935年に、銚子の気象台は1915年、1945年、1949年に移転した。宇都宮と銚子とにおける独自の変化が、移転の影響を強く受けた結果であることを、否定するのは難しい。しかし、宇都宮の場合とはかくとして、銚子では、すでに記したように移転による接続は無いとされているにもかかわらず、変化の傾向は共通的な変化から著しく異なっている。このことから、銚子における独自の変化を、観測所の移転または観測環境の変化の影響を強く受けた結果であるとするのは、不自然に思える。

最後に、東京では1964年10月1日に、他の気象官署では1968年1月1日に実施された、貯水型指示雨量計から転倒ます型雨量計への変更の影響について検討する。この影響についてすでに調べられた結果によると、転倒ます型雨量計による降水量は貯水型指示雨量計による値より小さくなり、その差のはなはだしい場合として、10%という数字が挙げられている(たとえば、菊地原, 1974; 松本, 1974; 松園, 1974)。また、転倒ます型と貯水型とで生じる差異も、地点によって異なると言われているが、未だ詳細な検討はなされていない。そこで、東京については1964年10月以後の降水量が、他の地点に

ついては1968年1月以後の降水量が一律に10%少ない値であるとして、これを補正した場合(以下では10%補正と記す)に、いままでに得られた結論がどう変化するかを調べる。

第3表に、10%補正をした場合における、第3期の平均値とラベージ検定のHKの値を示す。転倒ます型雨量計の使用期間が最も長いので、補正による変化量が最も大きい東京での10%補正の影響は、次のようである(第1表と第3表参照)。第3期の年降水量の平均値は1,545mmとなり、第2期の平均値にほぼ等しい。補正を施さなかったときより76mm多くなり、増加量は第1期の平均値の5%に当たる。補正を施したことによる各季節での降水量の増加量も、第1期の平均値の5%になる。この結果、変化の傾向が補正を施さなかった場合と違って来るのは、11月～3月の降水量についてだけである。つまり、11月～3月の降水量は、第3期の平均値と第1期の平均値とで差がなくなり、減少傾向は認められない。

東京以外の地点については、10%補正を施したことにより、変化の傾向に違いが生じることは無い。以上より、転倒ます型雨量計の採用により、従来の雨量計より10%も小さい値が記録されていたとして、これを補正しても、東京の11月～3月の降水量を除いて、変化の傾向に本質的な変更はもたらされないことが分かる。

ラベージ検定のHKの値から、次のことが言える。

- (1) 有意水準5%で帰無仮説が棄却された、東京と熊谷の第1期と第3期については、10%補正を施すと、帰無仮説は容認されることになる。
- (2) 1%の有意水準で帰無仮説が棄却された、前橋・宇都宮・水戸での第1期と

第3期については、10%補正を施しても、少なくとも5%の有意水準で帰無仮説は棄却される。(3)補正を施さなかったときに帰無仮説が容認されたが、10%補正を施したために帰無仮説が棄却できるという場合は、生じていない。

5. まとめ

1900年以前から気象観測を行なっている、関東地方の7気象台のデータを用いて、年降水量と季節別降水量の長期変化を調べた。1901年～1975年を1期25年間とする3期間に分けると、降水量に明瞭な長期変化が見い出せる。

横浜・東京・熊谷・前橋・水戸の5地点での変化は同じ傾向を示し、それは次のとおりである。

(1)年降水量は、第1期の1901年～1925年が多雨期で、第2期の1926年～1950年と第3期の1951年～1975年が少雨期である。平均値で示せば、第2期では第1期の10%近く、第3期は10%以上、第1期より減少した。そして、東京と熊谷では第1期と第3期とで、前橋と水戸では第1期と第2期・第3期とで、年降水量に気候変化が生じている。

(2)秋りと台風による雨が多くを占める8月～10月の降水量は、顕著な長期的減少傾向を示した。第2期の平均値は第1期の10%、第3期の平均値は20%も、第1期の値より小さくなっている。

(3)11月～3月の降水量は、第2期と第3期が少雨期である。第2期と第3期の平均値は、共に、第1期の値より約10%小さい。

(4)梅雨前線による雨が多くを占める4月～7月の降水量は、第2期で大きく変動したが、長期的な変化は認められない。

(5)もし、転倒ます型雨量計に変更したため、それまでより降水量が10%少なく記録されていたとすると、イ)年降水量に気候変化が生じたと言えるのは、前橋と水戸だけになり、また、ロ)東京における11月～3月の降水量についてだけは、第3期での少雨傾向が認められないことになる。

宇都宮では、季節別の降水量は、上記の地点と傾向が少し違う。しかし、年降水量の変化は、上記の地点と同じように、長期的に見て減少傾向にある。そして、多雨期の第1期と少雨期の第3期とで気候変化が生じた。

銚子での変化は、他の地点における変化と大きく違う。8月～10月の降水量だけは、他の地点におけるのと同じように、長期的な減少傾向を示した。しかし、その程度は小さい。年降水量は、第2期だけが少雨である。多雨期の第1期と少雨期の第2期とで気候変化が生じた。

謝辞

仮説検定のラベージ法を用いることについて、統計数理研究所の研究指導普及室から御教示を得た。レフリーからも有益なコメントを頂いた。以上を記して、感謝いたします。また、降水量の磁気テープファイルを複写させていただいた、気象庁統計課にも感謝いたします。

文献

- 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.
- 菊地原英和, 1974: 統計上からみた新測器採用に関連する問題, 研究時報, 26, 72-75.
- 気象庁, 1973: 地上気象観測統計指針, 付録1-28~43.
- 松本 久, 1974: 転倒ます型雨量計について, 研究時報, 26, 37-40.
- 松園光義, 1974: 貯水型指示雨量計と転倒ます型雨量計による観測値の差について, 研究時報, 26, 11-13.
- 岡本雅典, 鈴木義一郎, 杉山高一, 1978: 基本統計学, 実教出版, 134-136.
- 斎藤錬一, 1956: 観測法の変更に比較的影響されなかった気象要素について, 研究時報, 8, 687-688.
- Suzuki, E., 1968: Secular variations of the rainfall in Japan, Pap. Met. Geophys, 19, 363-399.
- 和達清夫, 1958: 日本の気候, 東京堂出版, 93-98.
- 安田清美, 1978: 日本における降水量の変動係数について, 研究時報, 30, 199-206.
- 米谷恒春, 1978: 東京における降水量の長期変化の解析, 天気, 25, 661-667.