

大都市における気温上昇について*

加藤久雄** 森 幾也***

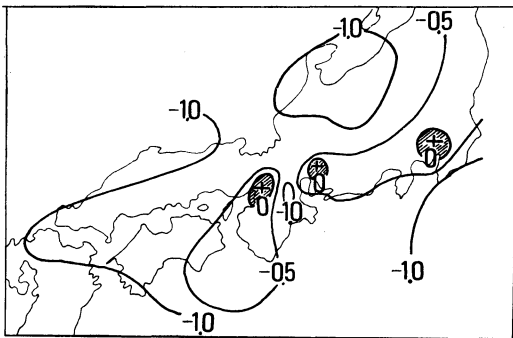
要旨

都市化にともなう気温の上昇は、東京・大阪では以前から注目されていたが、最近では名古屋でも無視できなくなってきた。そこで、名古屋を主として、東京・横浜・大阪・京都における気温上昇の実態を、それぞれの周囲の気温変化と比較して調べてみた。この際、東京・大阪・京都では近年、観測場所が移転しているので、その影響もみつもって見た。

その結果、冬（1月）には、各都市とも $0.2^{\circ}\text{C}/5$ 年程度で上昇していること、東京・大阪・京都では移転の影響が $0.3\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ もあり、これが加わって最近いちじるしく上昇したこと、最低気温の上昇がいちじるしいこと、名古屋周辺でも上昇していること、夏（8月）はあまり上昇していないこと、などが明らかとなった。

1. はしがき

東京や大阪の都市化に伴う気温上昇については、荒川（1936・38・69・70）や福井（1943・68）によって早くから指摘されていたが、最近では名古屋でも気温上昇が明白となってきた。たとえば、第1図は1970年1月の気温偏差分布図であるが、一般には偏差は負であるのに、東京・大阪付近および名古屋では正偏差となっており、同様なことが寒候期にはしばしばみられるようになってきた。



第1図 1970年1月の月平均気温偏差分布図。 $(^{\circ}\text{C})$ 。
 平年値は1931~60年の平均。

* On the Rising Trends of Air Temperature in Large Cities.

** H. Kato 名古屋地方気象台

*** I. Mori 八丈島測候所

このような気温上昇は、都市気候の調査や季節予報の際に問題となるだけでなく、産業・経済の各方面にも影響するなど多くの問題を含んでいる。そこでこの実態を明らかにするため、1941年~1970年1月までの資料を用いて、東京・横浜・名古屋・京都・大阪の各都市について、1月と8月の平均気温の変化をそれぞれの周囲の都市化の影響の少ないとみられる場所と比較して調査し、さらに名古屋については、最高・最低気温の変化を周辺部も含めて調査した。

2. 冬（1月）の平均気温について

1月の平均気温について、各都市とその周囲（ほぼ東西南北に一地点ずつ）との気温差の各5年間の平均値とその前の5年間の平均値との差を示すと第1表のようである。

すなわち、各都市の気温は周囲にくらべ一般に上昇しており、25年間の積算では東京では実に 1.30°C に達しており、名古屋でも 0.56°C に達している。各都市別の状況は次のようである。

東京：1946~50年に一時低くなった。荒川（1970）はこれを戦災の影響としている。その後は、 $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}/5$ 年の割合で上昇し、最近（1966~70年）は $0.6^{\circ}\text{C}/5$ 年で急上昇した。

大阪：1951年頃から $0.1\sim 0.2^{\circ}\text{C}/5$ 年の割合で上昇し、最近では $0.4^{\circ}\text{C}/5$ 年で急上昇した。

名古屋：高山・飯田との比較では上昇・下降の変動が

第1表 1月の各都市と周囲との気温差の変化。(°C): 気温差の各5年間平均値とその前の5年間平均値との差

		年	(1946~50)	(1951~55)	(1956~60)	(1961~65)	(1966~70)	積算値
		—(1941~45)	—(1946~50)	—(1951~55)	—(1956~60)	—(1961~65)		
東 京	東 京—銚 子		-0.5	0.4	0.4	0.3	0.7	1.3
	〃 —富 崎		-0.1	0.3	0.4	0.3	0.8	1.7
	〃 —甲 府		0.3	0.0	0.3	0.2	0.3	1.1
	〃 —前 橋		-0.2	0.3	0.3	0.1	0.6	1.1
	平 均		-0.13	0.25	0.35	0.23	0.60	1.30
大 阪	大 阪—豊 岡		-0.1	0.0	0.1	0.2	0.6	0.8
	〃 —和歌山		0.0	0.2	-0.1	0.1	0.2	0.4
	〃 —上 野		-0.1	0.4	0.0	0.3	0.2	0.8
	〃 —彦 根		0.3	0.1	0.1	0.0	0.6	1.1
	平 均		0.03	0.18	0.03	0.15	0.40	0.79
名 古 屋	名古屋—伊良湖			-0.2	0.3	0.2	0.2	0.5
	〃 —彦 根		0.4	-0.1	0.2	0.0	0.3	0.8
	〃 —高 山		-0.3	0.2	-0.3	0.2	0.5	0.3
	〃 —飯 田		0.3	0.3	-0.4	0.5	-0.2	0.5
	平 均		0.13	0.05	-0.05	0.23	0.20	0.56
横 浜	横 浜—銚 子		-0.5	0.5	0.2	0.3	0.1	0.6
	〃 —富 崎		0.0	0.3	0.2	0.4	0.2	1.1
	〃 —甲 府		0.2	0.3	0.0	0.2	-0.3	0.4
	〃 —前 橋		-0.2	0.4	0.2	0.1	-0.1	0.4
	平 均		-0.12	0.38	0.15	0.25	-0.02	0.64
京 都	京 都—豊 岡		0.1	-0.3	0.0	0.0	0.8	0.6
	〃 —和歌山		0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.4	0.1
	〃 —上 野		0.1	0.1	-0.1	0.1	0.4	0.6
	〃 —彦 根		0.3	-0.1	0.0	-0.2	0.8	0.8
	平 均		0.15	-0.10	-0.07	-0.05	0.60	0.53

あるが、4地点の平均では1961年頃から0.2°C/5年の割合で上昇し、最近も上昇が続いている。

横浜：1951年頃から0.2~0.3°C/5年の割合で上昇していたが、最近になって上昇はやんだ。

京都：他の都市と異り、1946~50年には上昇したが、以後はわずかではあるが下降の傾向がづづいた。しかし最近になって+0.6°C/5年で急上昇した。

東京・大阪・京都では上述のように最近急上昇しているが、いずれも近年、露場の移転や測器の更新(気温の隔測化)があり、この影響が加わっていると思われるので、このことについて後に述べる。以下では露場の移転、測器の更新を含めて移転の影響と呼ぶ。

3. 夏(8月)の平均気温について

8月の東京・大阪・名古屋について周囲(第1表に示したと同じ地点)との気温差の変化を示すと第2表のようである。すなわち、1950~54年には各都市とも-0.2~-0.4°C/5年で下降した。しかし、それ以後は東京では0.2~0.3°C/5年で上昇し、最近(1965~69年)は0.08°C/5年と上昇はにぶくなってきている。また大阪は0.1~0.2°C/5年の上昇があったが、最近では上昇傾向はなくなった。名古屋は0.1~0.2°C/5年で上昇している。積算値からみると冬にくらべると上昇量はかなり小さい。なお、東京・大阪での最近の上昇傾向の鈍化には移転が影響しているかも知れない。

第2表 8月の各都市と周囲との気温差の変化(°C)

地名	年	(1945~49) —(1940~44)	(1950~54) —(1945~49)	(1955~59) —(1950~54)	(1960~64) —(1955~59)	(1965~69) —(1960~64)	積算値
	東京	+0.08	-0.38	+0.28	+0.23	+0.08	
大阪	+0.18	-0.22	+0.08	+0.15	±0.00	+0.19	
名古屋	+0.15	-0.15	+0.03	+0.20	+0.10	+0.33	

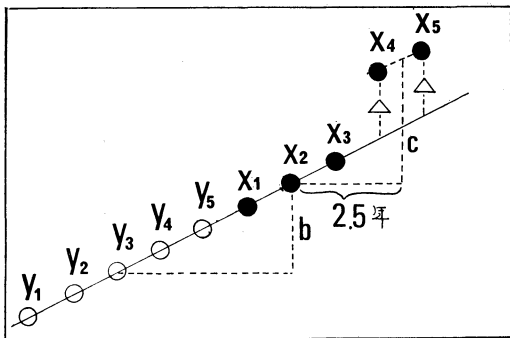
4. 東京・大阪・京都の月平均気温の移転による影響について

1月 東京については、移転は1966年なので1965年までの上昇率0.23°C/5年(第1表)が持続したと仮定すれば、移転の影響△は、

$$\Delta = 0.60^\circ\text{C} - 0.23^\circ\text{C} = 0.37^\circ\text{C}$$

となる。

大阪・京都では移転後は2年間の値しかない。そこで移転の影響を△、移転後2年間の周囲との差を(x₄, x₅)とし、移転前3年間の周囲との差(x₁ x₂ x₃)とその前の5年間の周囲との差(y₁ y₂ y₃ y₄ y₅)の変化から得ら



第2図 移転の影響の推定のための模式図。実際にはy₁…x₃は直線上に並んでいるわけではなく、またx₄・x₅もこの直線に平行に並んでいるわけではなく、ばらついているが、平均的にみれば図のようになる。

れる平均上昇率が持続していると仮定すると次式が得られる(第2図参照)。

$$\frac{x_1+x_2+x_3}{3} - \frac{y_1+y_2+y_3+y_4+y_5}{5} = b \dots$$

[$\frac{b}{4}$ が平均上昇率]

$$\frac{x_4+x_5}{2} - \frac{x_1+x_2+x_3}{3} = \frac{b}{4} \times 2.5 + \Delta = C$$

$$\Delta = C - \frac{5}{8}b$$

これらの△は第3表に示すように、大阪、京都とも約0.3°Cとなった。

次に観点を変えて、隣接都市(東京に対しては横浜、また京都と大阪に対しては神戸)をえらび、都市化の影響は同一である、つまり両都市間の気温差は変化しないと仮定して、移転前後の気温差の変化から移転の影響をみつもり、これを△'とすると第3表の最下段のようになった。大阪ではほぼ△と一致し、京都では△より大きくなったが、大体の傾向は一致している。したがって△と△'の両方から、移転の影響として、大阪では、0.3°C、京都では0.3~0.4°Cの上昇があったと推定される。しかし、東京の場合には△'は0.62であり、△との差がやや大きいし、もし0.62が正しいとすると、第1表で示された最近の急上昇はすべて移転の影響であり、都市化上昇は最近はなくなっていることになる。しかし、これは、実は比較の対象に選んだ横浜の上昇が第1表に示す

第3表 1月の気温の移転による影響の推定(°C)

地名	大 阪		京 都		東 京 (移転前後5年比較)	
	移 転 年 月 日	1668年8月1日		1968年8月1日		1966年1月1日
△ 遠い周辺との比較による。上昇率は一定	+0.27		+0.25		+0.37	
△' 都市化の似ている場所との比較による	大阪—神戸 (1969~70)—(1964~68) +0.32		京都—神戸 (1969~70)—(1964~68) +0.44		東京—横浜 (1966~70)—(1961~65) +0.62	

ように最近なくなっていることによるものである。なぜこのような結果がでたか不明であるが、このことがむしろおかしいのであり、実際には横浜ではある程度の上昇が続いているとみるのが妥当であろう。したがって、東京については△'よりも△の方をより重視して、移転の影響として0.4~0.5°Cの上昇とみるべきであろう。

以上のように、都市化上昇とか気候変動のような、重要ではあるが変化の小さい量を見つめることはもともと困難であるが、観測所の移転はそれを一層困難にするからできるだけさけることがのぞましい。

第4表 8月の気温の移転による影響の推定(°C)。

地名	大阪	京都	東京
△	-0.60	+0.14	-0.04
△'	大阪—神戸 (1968~69) —(1963~67) -0.43	京都—神戸 (1968~69) —(1963~67) +0.44	東京—横浜 (1966~69) —(1961~65) +0.13

第5表 1月の名古屋と周囲との気温差の変化(°C)

要素	年 (1946~50) —(1941~45)	(1951~55) —(1946~50)	(1956~60) —(1951~55)	(1961~65) —(1956~60)	(1970~66) —(1961~65)	積算値
最低気温	+0.33	+0.10	-0.02	+0.10	+0.40	+0.91
最高気温	-0.30	+0.08	-0.28	+0.38	±0.00	-0.12

第6表 8月の名古屋と周囲との気温差の変化(°C)。

要素	年 (1961~65) —(1956~60)	(1966~69) —(1961~65)	積算値
最低気温	+0.2	+0.1	+0.3
最高気温	-0.0	-0.3	-0.3

第7表 8月の大阪と周囲との気温差の変化(°C)。

要素	年 (1955~59) —(1950~54)	(1960~64) —(1955~59)	積算値
最低気温	-0.1	+0.4	+0.3
最高気温	+0.1	+0.3	+0.4

各5年間名古屋と周辺の各観測所との気温差の変化(15年間の変化積算値に相当する)の分布を示すと第3図のようであるすなわち、名古屋の最低気温はこの15年間に愛知県山間部や三重県南部にくらべ1.0°C以上、上

8月 1月の場合と同様な考え方で推定すると第4表のようになり、東京では移転の影響はあまりなく、京都では0.2~0.4°Cの上昇、大阪では0.4~0.5°Cの下降があったと推定される。

5. 最高・最低気温について

名古屋の最高・最低気温の変化について平均気温(第1表)と同じ方法でしらべた。

1月 第5表に示すように、最高気温は上昇したり下降したりして系統立った変化はなく、最近(1966~70年)も上昇傾向はない。最低気温は一般に上昇の傾向がつづき、最近では0.4°C/5年と上昇の割合が大きい。したがって前記の平均気温の上昇は最低気温の上昇によるものと考えられる。

8月 第6表のようであり、最高気温は下降の傾向があり、最低気温は上昇の傾向がある。しかし、東京・大阪について移転前の変化をみたところ、第7表・第8表のようになり、最高・最低とも上昇の傾向がみられた。

6. 冬の名古屋周辺の気温変化

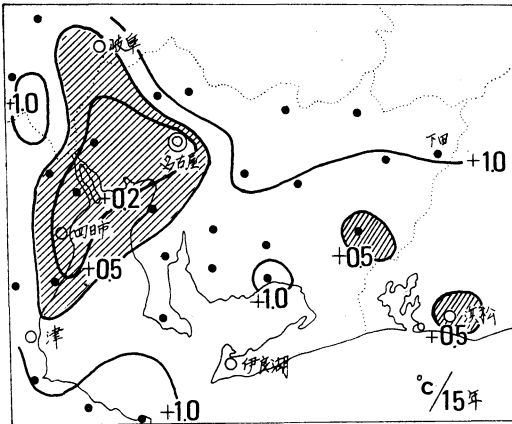
1月の最低気温について、1966~70年と1951~55年の

第8表 8月の東京と周囲との気温差の変化(°C)

要素	年 (1955~59) —(1950~54)	(1960~64) —(1955~59)	積算値
最低気温	+0.1	+0.4	+0.5
最高気温	±0.0	+0.4	+0.4

昇しているが、濃尾平野南西部~四日市にくらべると0.2°Cしか上昇していない。

名古屋自身は前述のように周囲(飯田・伊良湖・彦根・高山)との比較から、この期間に最低気温は第5表のように0.48°C≒0.5°Cの上昇があったのであるから、図中の0.2°C、0.5°C、1.0°Cは、これら周囲にくらべると、それぞれ+0.3°C、±0.0°C、-0.5°Cを意味している。つまり、斜線内では気温は上昇しており、とくに濃尾平野から三重県北部の+0.2°Cの等値線の範囲内では最低気温が0.3°C/15年の割合で上昇していることになる。



第3図 1月の名古屋と周辺との最低気温差の変化 (1966~70年)—(1951~55年).

一方、愛知県北東部では逆に $0.5^{\circ}\text{C}/15$ 年の割合で下降していることになる。この下降の原因としては、県北東部での局地的な冷却のほか、基準にえらんだ周囲4地点(高山・伊良湖・飯田・彦根)の都市化昇温が考えられる。もし4地点にも都市化昇温があるとすれば、名古屋の都市化昇温量は前項までのべた量よりその分だけ大きいことになる。しかし、これら4地点での都市化昇温量は、その程度が小さく、正確にみつめることは困難と考えられるから、名古屋の都市化昇温についてはこれまでのべたところではほぼ満足しなければならないであろう。

また、最高気温については、系統立った地域的な特徴はみられなかった。

7. むすび

都市化に伴う気温の上昇傾向を、周囲との気温差の変化から調査したところ、次の結果がえられた。

(1) 1月の気温は、東京・横浜では1951年頃から $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}/5$ 年で上昇し、大阪でも1951年頃から $0.1\sim 0.2^{\circ}\text{C}/5$ 年で上昇しており、名古屋では1961年頃から $0.2^{\circ}\text{C}/5$ 年で上昇している。しかし、京都ではむしろ下降が続いていた。また、最近では東京と京都では $0.6^{\circ}\text{C}/5$ 年、また大阪では $0.4^{\circ}\text{C}/5$ 年と急上昇している。これには、移転(測器の更新も含む)の影響も加わっているとみられるので、その量を見積ったところ、大阪では、

0.3°C 、京都では $0.3\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 、東京では $0.4\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ の上昇があったと推定された。したがって最近の上昇は、各都市ともほぼ同程度で $0.2^{\circ}\text{C}/5$ 年程度となる。

(2) 8月の気温(東京・大阪・名古屋)は1955~59年頃から $0.1\sim 0.2^{\circ}\text{C}/5$ 年の割合で上昇を続けていたが、最近では上昇は鈍化した。積算では1月にくらべてかなり小さい。なお、移転の影響は東京では小さく、京都では $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ の上昇、大阪では 0.5°C 程度の下降があったと推定される。

(3) 名古屋について、最高気温・最低気温の変化をみると、1月は最低気温は上昇がいちじるしいが、最高気温はほとんど変化していない。また8月には名古屋では、最高気温は下降、最低気温は上昇がみられるが、東京・大阪では最高・最低とも上昇している。一般に都市化にともない、人工熱と煙じん層の被覆作用とにより最低気温が上昇し、最高気温が下降するといわれているが、以上のように、最低気温の上昇は明確であるが、最高気温の下降は不明確であり、人工熱の効果が大きいことが示されている。

(4) 1月には、濃尾平野から三重県北部でも最低気温が $0.3^{\circ}\text{C}/15$ 年程度で上昇している。

(5) 以上のように大都市およびその周辺では都市の発達により気温が上昇し、その量が無視できない程度に達しており、さらに、東京・大阪・京都では露場移転(測器の更新を含む)の影響も加わり、冬期気温は急上昇しているため、気温を取り扱う際にはこの事を考慮する必要がある。

参考文献

- 荒川秀俊, 1936: 日本の気候は変化しつつあるか?, 気象集誌, 第2輯, **14**, 425~427
 荒川秀俊, 1938: 日本各地における最高気温, 最低気温の逐年変化, 気象集誌第2輯, **16**, 379~380.
 荒川秀俊, 1969: 東京の都市化と湿度, 温度のvari, 天気, **16**, 379~380.
 荒川秀俊, 1970: 日本の大都市における気温と湿度の経年変化, 天気, **17**, 239~241.
 福井英一郎, 1943: 本邦の大都市における気候の変化 気象集誌第2輯, **21**, 428~434.
 福井英一郎, 1968: 日本における最近30年間の気温上昇, 気象研究ノート, 第97号, 1~8.