

東京における都市域の拡大にともなう気温の上昇*

梶 根 勇**

1. ま え が き

都市が発展，膨脹するにつれて市自体ならびにそこに住む人間活動の影響を受けて，都市内部の気温が上昇するという事は，良く知られた事実である。Kratzerは“Das Stadtklima”¹⁾の中で，とくに一節を割いてこの問題について論じている。本邦においては，荒川，福井，加藤，山本武夫らによって研究されてきた。これについては別にまとめられているから²⁾，ここでは詳しくは触れないことにする。

このような気温上昇の原因としては，5節で後述するようないろいろな理由が考えられるけれども，いまだ事実の裏付けを持った納得のゆく説明はなされていないようである。本稿では東京を例にとりて，まず最近における都市内部の気温上昇の実態を調べたのち，従来までの研究結果と照し合せながら，その原因についても若干の察を行なってみたいと考える。

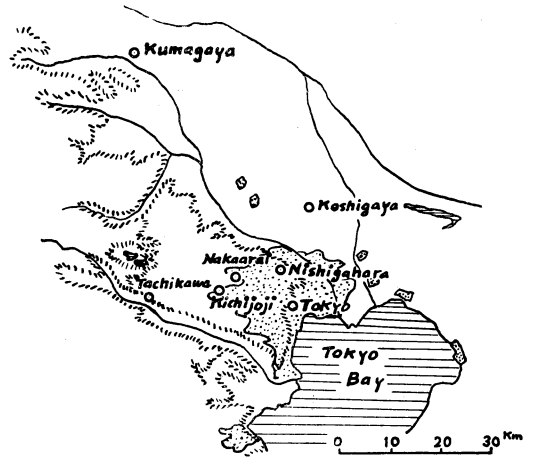
2. 最近30年間における東京の気温上昇

1926年から1956年までの31年間における月平均最高気温，および最低気温の上昇率を，最小2乗法によって求

めてみる。すなわち，ある年ある月の月平均最高または最低気温を θ とし，

$$\theta = \theta_0 + \alpha t$$

で表わすと，平均上昇率 α は



第1図 Location of the Climatological Stations near Tokyo.

第1表 Temperature Increasing Ratio of Monthly Mean Daily Maximum and Minimum Temperature (°C/year)

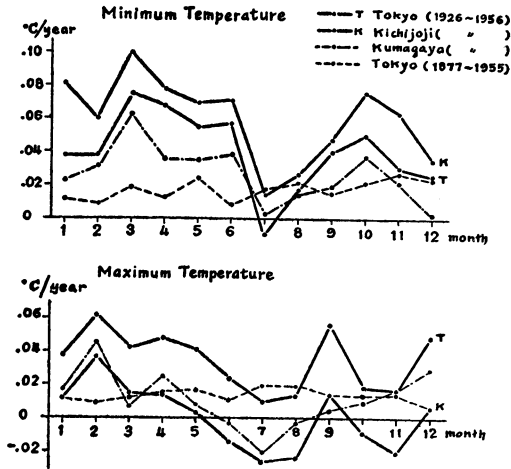
Station \ Month		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Minimum Temperature	Tokyo (1877~1955)	.011	.009	.019	.012	.025	-.008	-.017	-.021	-.016	-.022
	“(1926~1956)”	.038	.038	.076	.068	.055	-.057	-.10	-.017	-.047	-.050	-.030	-.025
	Kichijoji (“)	.081	.060	.100	.078	.069	-.071	-.014	-.026	-.047	-.076	-.063	-.044
	Kumagaya (“)	.023	.032	.063	.036	.035	-.039	-.002	-.015	-.019	-.037	-.021	-.002
	Chichibu (“)	.025	.000	.046	.026	.004	-.042	-.007	-.003	-.012	-.045	-.004	-.021
Maximum Temperature	Tokyo (1877~1955)	.012	.009	.012	.015	.017	-.010	-.019	-.019	-.014	-.013	-.013	-.006
	“(1926~1956)”	.038	.062	.042	.048	.041	-.024	-.010	-.013	-.057	-.019	-.014	-.049
	Kichijoji (“)	.011	.037	.015	.014	.003	-.014	-.026	-.022	-.015	-.009	-.021	-.006
	Kumagaya (“)	.017	.045	.006	.025	.008	-.003	-.021	-.003	-.005	-.010	-.017	-.029
	Chichibu (“)	.033	.067	.031	.023	.017	-.003	-.013	-.016	-.030	-.018	-.025	-.045

* Temperature Increase due to the Expansion of Urban Area in Tokyo.

** Isamu Kayane, 東京教育大学理学部地理学教室。—1960年8月12日受理—

$$\alpha = \frac{n \sum \theta_i t_i - \sum t_i \theta_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

で求められる。ここで t_1, t_2, \dots, t_n における気温がそれぞれ $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ とする。



第2図 Temperature Increasing Ratio of Monthly Mean Daily Minimum and Maximum Temperature.

第1図にその位置を示した東京、吉祥寺、熊谷の3地点を選び、計算した結果が第1表および第2図である。これによると各地点とも上昇率はかなり大きく、100年間に直すと 5°C 以上に達する場合も少なくない。しかしこれには今世紀初頭以降の気候の一般的温暖化の影響が大きく効いているらしいことは、同時に示した東京における1877年から1955年までの値と比較して考えれば明らかである。すでに荒川⁹⁾は全国各地で、観測所開設以来約50年間の観測値を使って、これと同様な計算を行なったが、これによっても上昇率は $1^{\circ}\text{C}/100$ 年前後である。そこでここでは上昇率の絶対値はあまり問題にしないことにする。

さて第2図から気付くことは、取扱った31年間については気温上昇率の年変化様式が、3地点とも類似していることである。このことは、前述したような気候の温暖化が起きているにもかかわらず、その影響の現われ方が3地点とも同じであったことを示すものと解釈してもよからう*。そして、各地点相互の絶対値の差の中に、気温上昇に関する各地点の局地性が隠されているものと考えられる。

ところでこの3地点は、それぞれ周辺的环境状態を異

* 秩父についての計算値を第1表にかかげたが、3地点との平行性は悪い。秩父ではこの期間内に観測点の移転があったので、何が原因であるかはこれだけからは云えない。

** 西ヶ原は都心部ではないが、この期間中終始市街地の中にあつた。第1図参照のこと。

にしている。東京はこの期間中、終始都心部にあり、周辺的环境には著しい変化が無かつた。他方熊谷も圍りに若干の住宅の増加をみたが、終始ほゞ開けた田舎にあつたと考えてよからう⁴⁾。これに対し吉祥寺では、昭和の初め頃は、当時の地図(昭和4年修正測図同7年要部修正測図の5万分の1地形図、地理調査所発行)からも判るごとく、観測点である成蹊高等学校の周辺には住宅はほとんどなく、畠の中に孤立していた。ところが徐々に住宅が増え、とくに戦後にその傾向が目立ち、現在では完全に市街地と化してしまつている。

以上述べた各地点の特殊性を考慮して、熊谷においてはこの期間中に都市の膨脹による気温の変化がまったくなかつたと仮定すると、次の事実を認めることが出来る。

- (1) 東京ではこの期間中に最高気温、最低気温ともに、若干相対的な上昇が認められる。
- (2) 吉祥寺では、最低気温は著るしく上昇したが、最高気温は相対的にやゝ低下した。

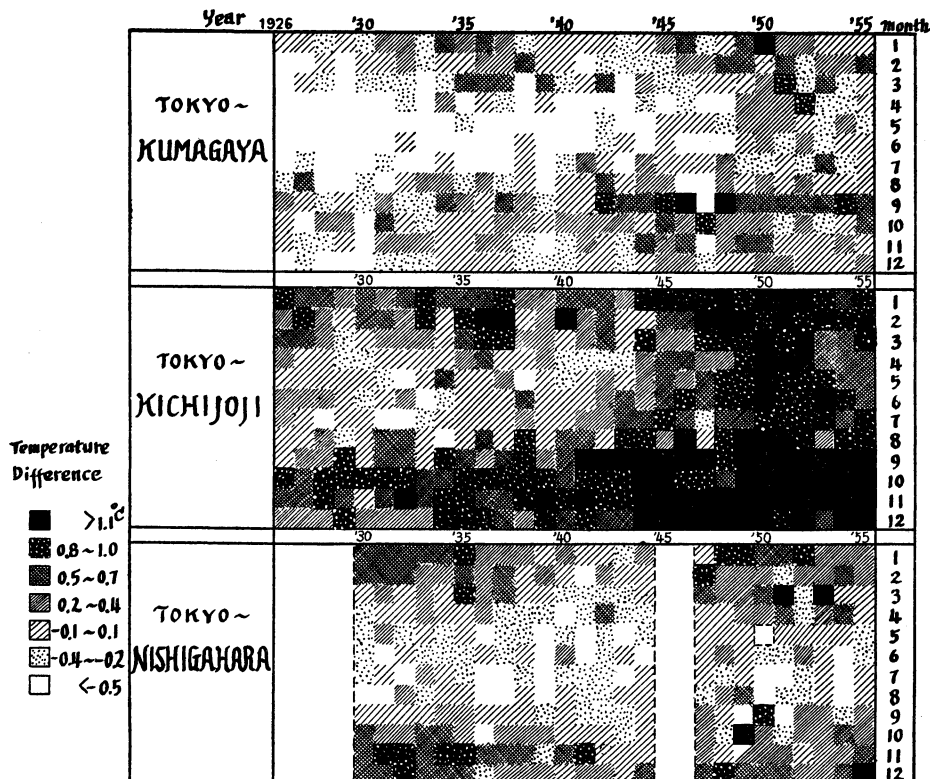
3. 都市内外の気温差の経年変化からみた気温の上昇傾向

前節の事実をより明確に把握するために、東京—熊谷、東京—吉祥寺、東京—西ヶ原**の間の月平均最高気温、最低気温の気温差を求め、気温差を階級区分してダイアグラムを作成した。結果は第3図、第4図に示す通りである。図中でプラスは東京の気温が他の地点より高い場合である。

まず最高気温から考える。熊谷との差の変化を、東京における気温上昇の絶対量と考えると、この期間内に東京では約 $0.2\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ の上昇が全季節に認められ、とくに戦後、暖候期にその傾向が強い。一方吉祥寺を基準にすると、東京は約 $0.4\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 上昇していることになる。すなわち、東京の上昇量を $0.2\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ と考えれば、吉祥寺ではこの期間内に(とくに戦後) 0.2°C 程度の低下を示していることになる。西ヶ原はほゞ東京と平行して変化したと考えてよからう。

次に最低気温についてみると、東京は熊谷を基準としてほとんど変化なし。あつたとしても 0.2°C 以下である。これに対し東京—吉祥寺の気温差は1946年頃から激減した。つまり吉祥寺の最低気温が戦後 $0.2\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 程度上昇したのと考えられる。西ヶ原は最高気温の場合と同様にほとんど変化がない。

紙面の都合で割愛したが、第1図に位置を示した中新



第3図 Monthly Mean Daily Maximum Temperature Differences between Tokyo and its nearby Stations.

井、立川、越谷の各地点についても同様な作業を行なった結果、以上述べた傾向と矛盾しないことがわかった。

4. 日々の気温差の頻度分布の型の差異からみた、吉祥寺の気温変化

3節まで吉祥寺における気温変化が特異であることがわかった。しかも吉祥寺では、取扱った期間内にその周辺で、都市域の拡大ともなう著しい環境変化が起きている。特異な温度変化はその為であると推察される。そこで吉祥寺について、さらに日々の気温差⁹⁾を用いて、調べてみる。

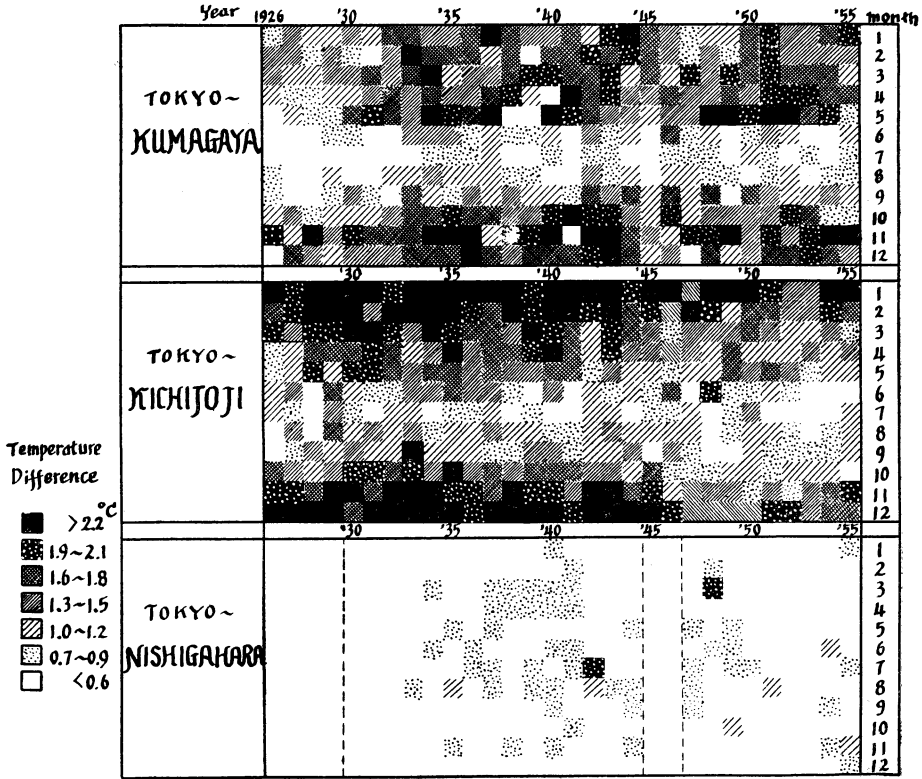
1932~37年*と1950~55年の相異なる6年づつ、約4000日について、東京と吉祥寺の毎日の日最高気温および日最低気温の差を求め(プラスは東京が高温の場合を示す)、頻度分布表を作成した。頻度をパーセントに直

し図示したのが第5図と第6図である。ただしこの場合、東京における日極値の起時をしべ、正常な日変化によると判断出来ない日については除外した。

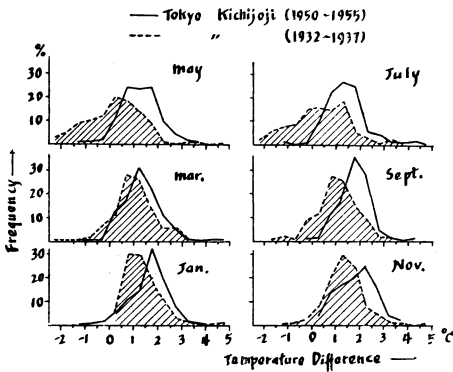
第5図、第6図についてとくに興味ある点を2つだけ述べる。(1)最高気温の差は、1932~37年の夏期には負(吉祥寺の方が高い)の場合が全体の1/3近くも現われていたが、現在ではほとんど現われない。(2)最低気温の差は、1932~37年の寒期には幾つかの山が認められるが、現在ではほゞ一つのグルーにまとまっている。

前者については、山本武夫⁹⁾がすでに京都における資料から確かめたように、都市上空に生じる烟塵層による日射の減衰が、その原因であろう。すなわち昭和の初め頃では、烟塵層が当時郊外地であった吉祥寺までは拡がらなかったため、減衰を受けぬ強い日射が原因となっており、ときどき東京よりも高い最高気温を記録したが、戦後では日射の減衰は東京と同様に受け、しかも東京では都心の建物の密集・高層化などの影響を受けて、若干最高気温が上昇しているため、気温差が負になることがなくな

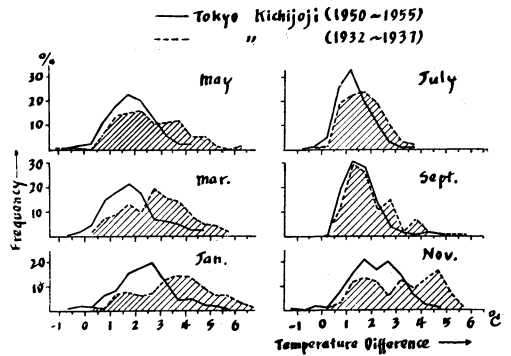
* 観測開始直後は精度も不十分であろう。また、東京との気温差が最も大きな期間という意味もあってこの期間を選んだ。



第4図 Monthly Mean Daily Minimum Temperature Differences between Tokyo and its nearby Stations.



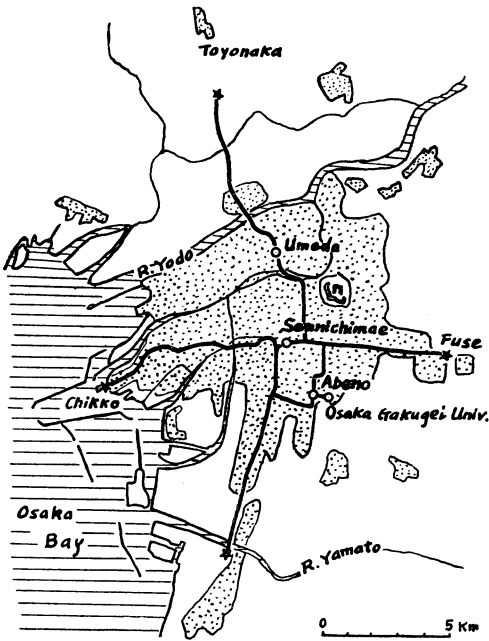
第5図 Frequency Distribution of Daily Maximum Temperature Differences between Central Part of Tokyo and its Suburbs.



第6図 Frequency Distribution of Daily Minimum Temperature Differences between Central Part of Tokyo and its Suburbs.

ったのであろう。 的田⁷⁾は1913~1919年の観測値を使い、目黒の林業試験所(当時は郊外地)と旧本丸の中央気象台との気象要素の比較を行なった。これによると、平

均最高気温は、5月では21.43℃と21.33℃で目黒が0.10℃高く、6月では24.97℃で同じ値である。他の月は目黒がやや低い。この事実も前記の推察を支持するものと考えられる。



第7図 Route Map of Osaka.

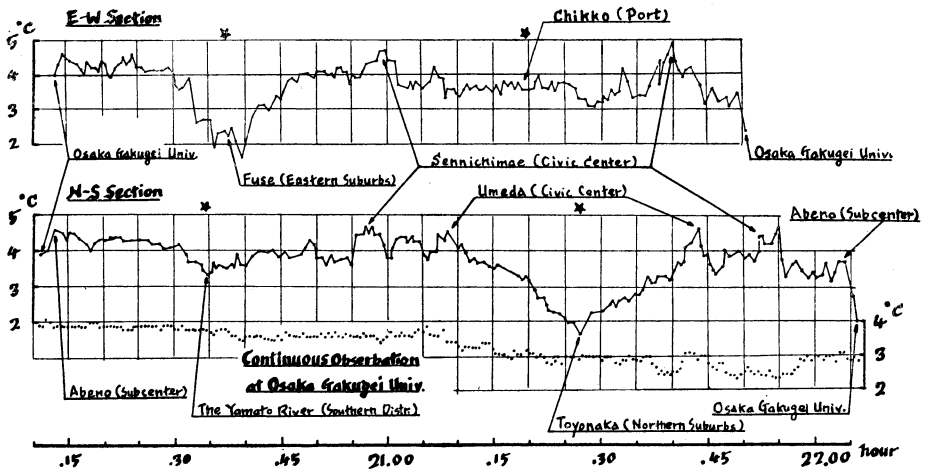
後者の原因としては、吉祥寺が戦後都市域内に入ったため急激な気温上昇（とくに夜間の）が起こり、様々な天候状態の下においても*、マイクロな意味で東京と同一気候区内に含まれるようになり、気温差も1つのグループにまとまったのであろう。都市縁辺において著しい気温勾配が生じることは、すでに多くの報告によって知られているが、参考までに、1958年2月2日の夜に、大阪市において都市気候総合研究班により観測された結果を掲げておく**。結果は第8図に示す通りである。当夜は2~4 m/sの北風で弱かったが、快晴とは云えず、都市温度の発達にとって最適の気象条件ではなかった。しかし、都市縁辺部での著しい気温差は認めることが出来た。

5. まとめ

以上都市の気温の経年変化について、若干の作業を行なったが、得られた結果に基づいて気温上昇の原因について推論してみる。

□ 都市内部の高温（場合によっては低温）の原因の主なものとしては、次の4つが考えられる。

- A. 人工熱の放出（工場、暖房、など）
- D. 烟塵層の効果（CO₂, H₂O, 塵, 都市霧など）



第8図 Temperature Profile of Osaka. February 2nd 1958 (20:00-22:00)

* 種々の天気状態での東京周辺の最低気温分希について、筆者が解析したものを近く地理学評論に掲載する予定であるから参照せられたい。

** 本観測は、大阪学芸大学野木教授、奥村助教授および筆者らが都市気候総合研究（代表者福井英一郎）の一環として行なったものであるが、1959年度春季地理学会において、両氏により概要の報告があったに止まるので、ここにその一部を掲載させていただく。観測は自動車の先端にサーニスター温度計を取付け、2台で東西、南北両断面を移動観測した。観測法の詳細については参考文献(9)を参照せられたい。

- F. 都市の表面形態による力学的影響（風速の減少、摩擦など）
- M. 都市の構成物質による熱的作用（コンクリートやアスファルトの保熱、排水による蒸発の減少、色調など）

上記の項目の幾つかについて、最近では山本義一¹⁰⁾が取上げ計算を行なったが、その結果では人工熱の影響がかなり大きいようである。しかし時間のオーダーが入った場合に各項目の大きさの経年変化傾向を量的に求めることは、現状ではかなりの無理が伴うので、今までにわかった事実から逆に上記の4つの原因による影響を、相対的に評価してみる。結果は第2表のごとくなる。この表で、⊕は気温の上昇、⊖は低下、*は変らない場合をそれぞれ示している。たとえば、新都市域においては、取扱った31年間に最低気温の上昇が認められ、その原因

の一部として煙塵層の効果が考えられるので該当欄に⊕を記入した。また、都市の表面形態による影響は、相対的にみて煙塵層の効果より強く働いていると考えられるので、該当欄に⊕⊕と2つ記入した。もちろん第2表は理論的な裏づけによるものではなく、単なる推定にすぎない。詳細については今後の研究に待つべきものが多いと考える。

最後に本稿を草するに当たり、ご助言を賜った東京教育大学、福井英一郎教授、関口武助教授、吉野正敏氏および気候談話会の方々から感謝の意を表す。また、こころよく資料をお貸し下さった成蹊高等学校の加藤藤吉氏を始め、区内観測所関係各位に心から感謝する次第である。

引用文献

- 1) Kratzer, P.A. 1956: Das Stadtklima 2 Auflage. Brunswick, Vieweg, 184p.
- 2) 福井英一郎, 矢沢大二, 1957: 最近における都市気候研究の展望, 地理学評論, 30, 36-54.
- 3) 荒川秀俊, 1938: 日本各地における最高最低気温の逐年変化, 気象集誌II. 16, 379-380.
- 4) 西沢利栄, 1958: 小地域の気温分布とその地域区分一とくに都市とその周辺地域の場合, 地理学評, 31, 168-175.
- 5) 成蹊高等学校, 1956: 大正15年より昭和30年に至る30箇年気象観測報告.
- 6) 山本武夫, 1948: 都市膨張の気候におよぼす影響の本体について, 科学, 18, 409.
- 7) 的田宗祐, 1922: 市内と郊外の気象観測比較, 森林観候所特別報告, 8, 236.
- 8) 位野木寿一, 奥村和夫, 1959: 大阪市における冬季夜間気温の分布について, 1959年度春季地理学会研究報告要旨, 16-17.
- 9) 関口武, 1960: 山形県米沢市における都市気温の分布, ——本邦都市気温の研究——. 東京教育大学地理学研究報告IV, 17-40.
- 10) Yamamoto, G. 1957: Estimation of Additional Downward Radiation from Aerosols over Large Cities. 75th Anniversary Volume of the Jour, Meteor. Soc. of Japan. 1-4.

第4表 Estimation of the various causes influencing the city temperature.

Area	Maximum Temperature				Minimum Temperature			
	A	D	F	M	A	D	F	M
Tokyo Civic Center	⊕	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Nishigahara Old Urban Area	*	⊖	*	⊕	*	⊕	*	⊕
Kichijoji New Urban Area	*	⊖⊖	*	⊕	⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕
Kumagaya Country Side	*	*	*	*	*	*	*	*

⊕: Temperature increase due to the above influence
 ⊖: Temperature decrease due to the above influence
 *: No secular change due to the above influence

- Cause {
- A. Effect of the artificial heat.
 - D. Effect of the dust pall.
 - F. Effect of the buildings.
 - M. Thermal effect of the materials constructing the city.