



Title	都市中心地域における気温の上昇現象について
Author(s)	井上, 力太
Citation	衛生工学, 9, 1-11
Issue Date	1964-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36166
Type	departmental bulletin paper
File Information	9_1-12.pdf



都市中心地域における気温の上昇現象 について

井 上 力 太*

(昭和38年12月2日受理)

On the Temperature Rise over City Centers

Rikita Inouye

The phenomenon of higher air temperature over city centers, as compared with that over the suburbs is explained in many cases as caused by green house effect.

Analysing the air conditions of some typical cities of Japan such as Tokyo, Osaka, Sapporo and Asahigawa, the author shows that the latter two cities have a different type of air temperature rise from the former two.

And, as a result of estimating the heat balance of Sapporo, he concludes that what influences most the rise of air temperature is not the green house effect, but the lessened sunshine exposure due to the polluted air, as well as the heat from city boilers and stoves.

1 ま え が き

都市中枢部の気温が周辺地域に比べて高い値を示すことは、世界各地の都市において認められており、わが国においてもその例を数多く示すことができる。

一般に都市と周辺地域の温度差は、Peppler⁽¹⁾の示したごとく、最低気温において著しく表われ、最高気温の差は小さいのが常であるといわれている。またこのような都市における日中の相対的に低い気温と夜間の高温とは、都市の上空を覆う汚染層による昼間における日射の減少と、温室効果 (Greenhouse effect) によつて説明されている場合が多い。

もし、われわれが都会の空から SO_2 を追放し得たとしたならば、都市気温は変化するものであろうか？ 上の説明によれば、そのようにならなければならないが、このことを推定するために、本報告では都市における熱収支を、札幌を例にとつて推定し、かつ気温上昇の原因について若干の考察

*非常勤講師，札幌管区気象台

を試みることにした。

2 都市気温上昇の様相について

都市中心部の気温上昇について、わが国におけるいくつかの例を示す。都市中心部の気温を示す代表的な例としては

- ア．東京管区気象台……東京都千代田区竹平町
- イ．大阪管区気象台……大阪市生野区勝山通り9
- ウ．札幌管区気象台……札幌市北2条西18丁目
- エ．旭川地方気象台……旭川市八条通11丁目

以上の観測値をとり、またこれと比較する周辺地域の観測値として

- オ．東京に対しては東京都世田ヶ谷区玉川用賀町の東京農業大学育種学研究所
- カ．大阪に対しては堺市鳳東町の堺市役所鳳出張所
- キ．札幌に対しては札幌市琴似町八軒の北海道農業試験場
- ク．旭川に対しては上川郡水山町の北海道農業試験場上川支場

以上の各所の観測結果を用いることにした。これらの各所はいずれも気象庁よりの依頼によつて定期的に観測を行つてゐる機関である。

これら比較のための地点を選ぶにあつては、地形などの自然の要素による温度影響がなるべく入らないように、努めねばならない。たとえば海岸よりも内陸、また平地よりも盆地では気温の日較差（最高気温と最低気温の差）は大きくなるから、たとえば海岸に都市があるような場合、比較点を内陸にとれば、都市要素以外の原因によつて¹⁾ まえがき²⁾ に述べたと同様な温度差が表われることになり、またこれによつて色々の結論を引き出すことは誤りを犯すことになる。

上に選んだ観測点も全く疑問の余地がないわけではないが、比較的距離も近く、位置や地形もあまり変化のないような場所で選んである。

Fig1～Fig4 は過去10年間の最高気温および最低気温の毎日の観測値より計算した月平均値について、中心部と周辺部の差を求め、それを中心部の値に対してplotしたものである。

Fig1は東京、Fig2 は大阪、Fig3 は札幌、Fig4 は旭川についてのものである。

これらの図を一見してわれわれは直ちに次のような特徴に気がつくことであろう。

- a．都市中心部と周辺地区では最低気温はいずれも中心部が高温である。また最高気温も大阪を除き中心部が高い。
- b．東京、大阪では周辺地区との最高気温の差よりも、最低気温の差の方が大きい、旭川、札幌などでは最高、最低気温差はほぼ等しい。
- c．最低気温差は低温になるほど大きくなる傾向がある。特に旭川においては4～5℃以下になると、その傾向がはつきり見られるが、大阪の例ではあまりはつきりしない。
- d．最高温度差は温度の値如何によらずほぼ一定である。

以上のような特性が何を意味するかは興味のある問題である。特に東京、大阪と札幌、旭川の例に見る明瞭な差位が何の原因によるものであるかは十分に検討を要する問題であろう。

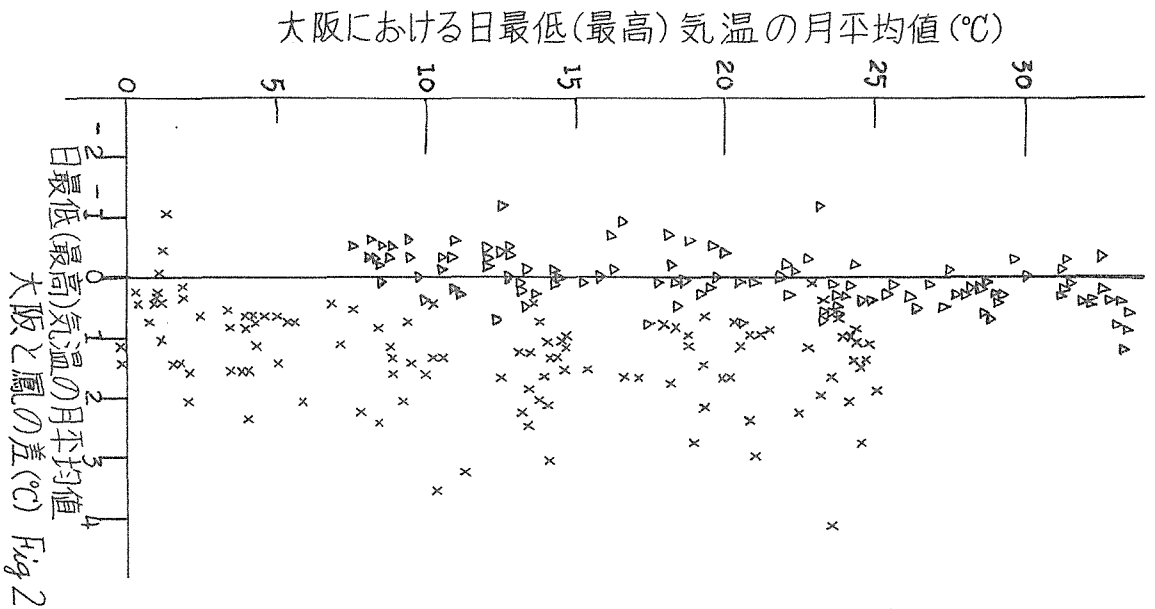
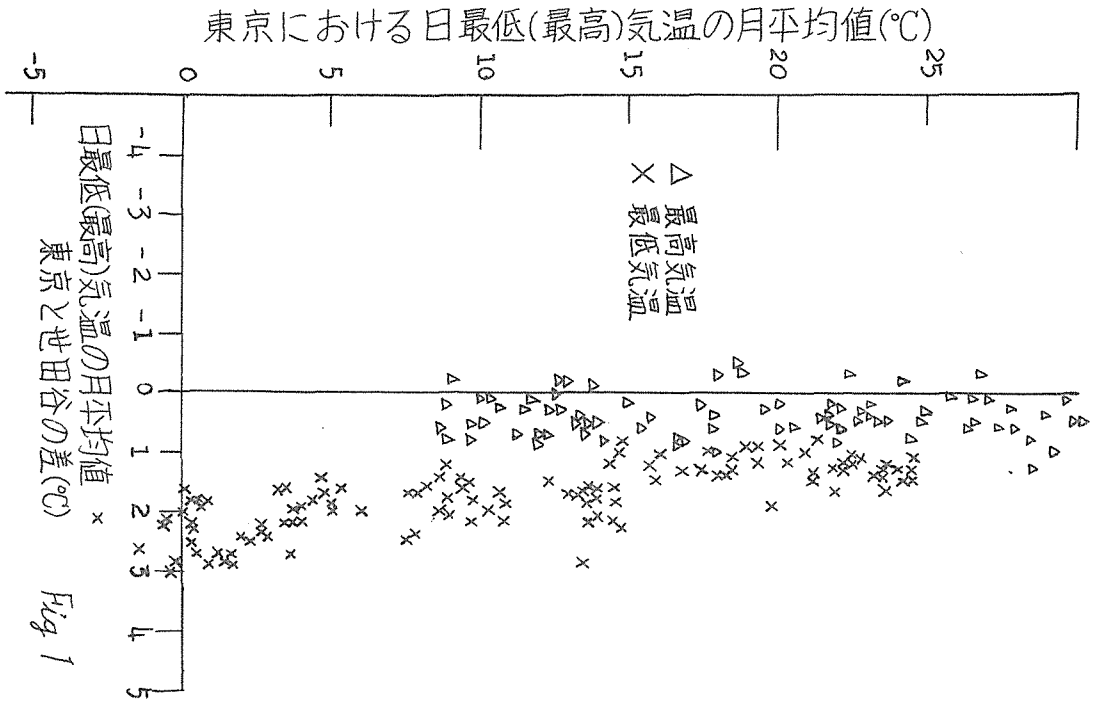


Fig1—Fig4 都市と周辺地区の気温差と都市気温の関係

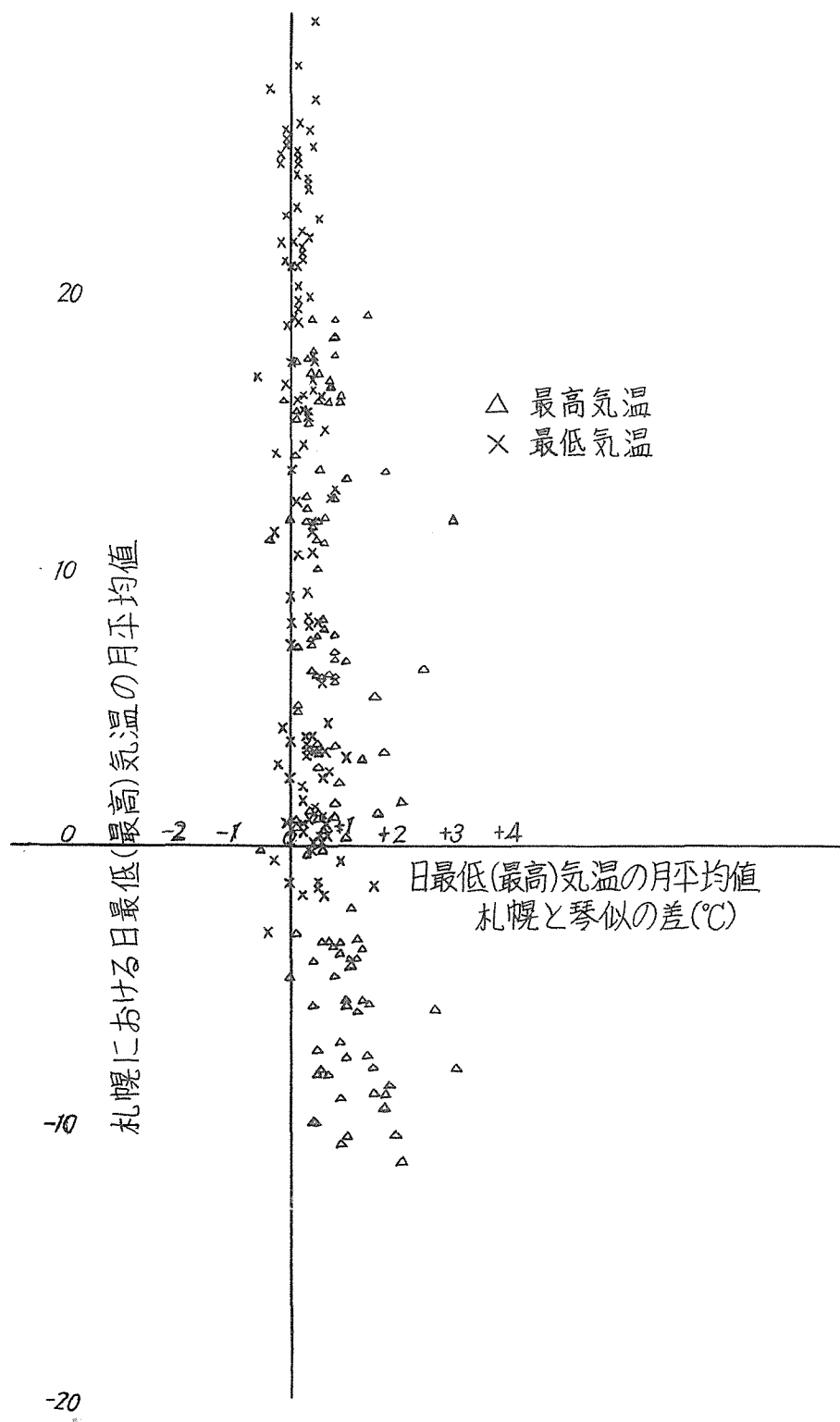


Fig 3

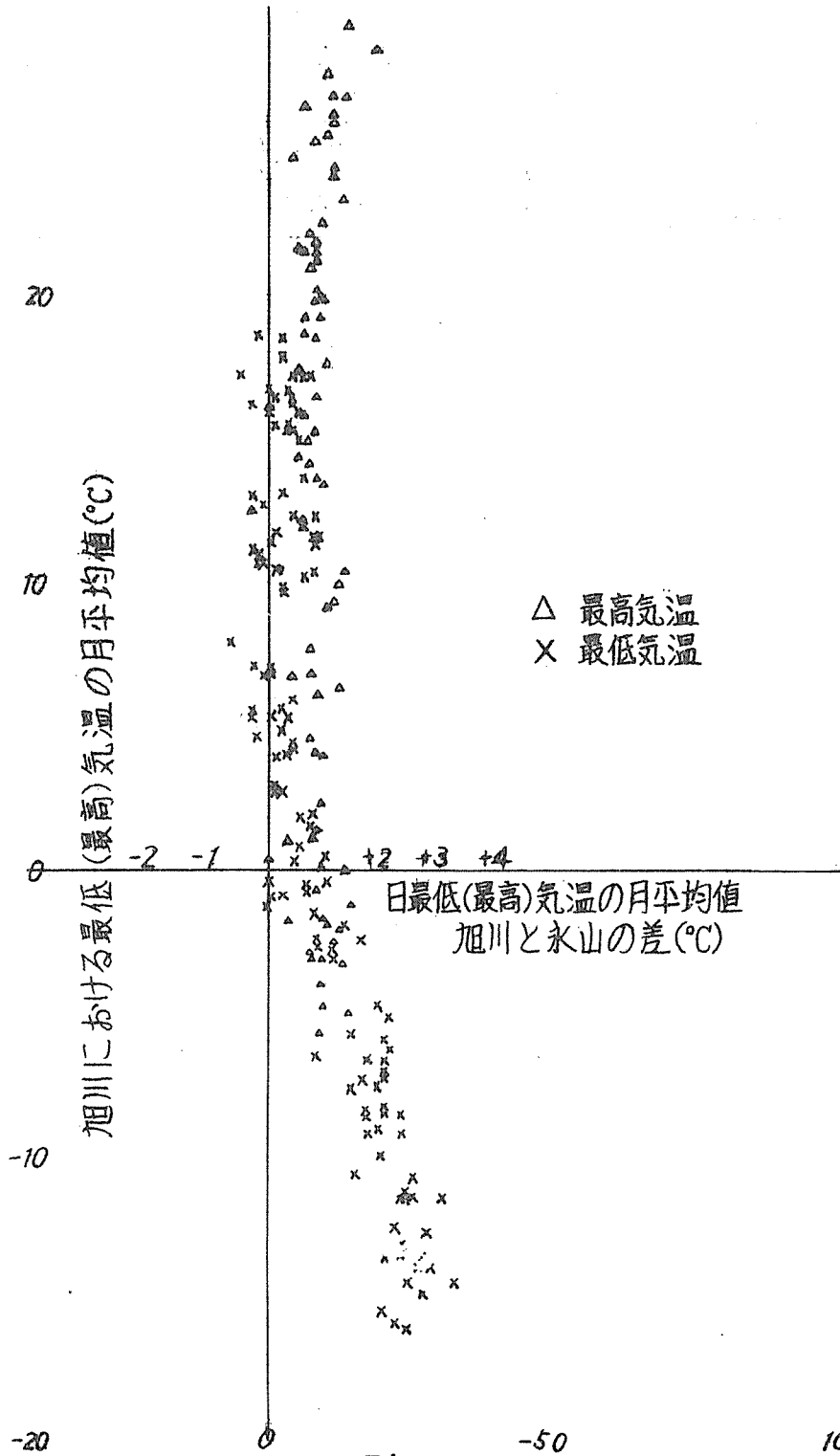


Fig 4

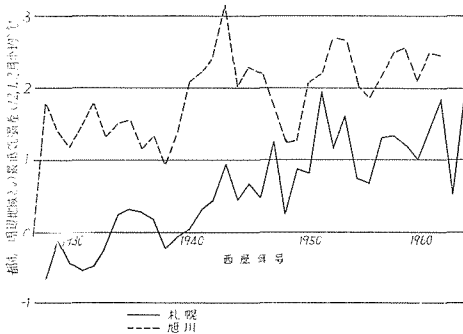


Fig5 都市とその周辺地区との
最低気温差の経年変化

こゝでは原因の追求はあともわしにして、次にこれらの温度差が地形などの自然的要因によるものでないことを確かめるために、その経年変化を調べて見ることにする。Fig5 は札幌および旭川について最低気温差の経年変化を調べたものであるが、それらが現在まで大体増加の傾向にあることから見れば、この温度差は都市化に関連したものであり、従つて比較観測点の並び方などにもあやまりのなかつたことを意味するものと考えられる。

3 都市における収支熱量の過不足について

前述のような都市の高温の原因については、いまだに一般に認められた結論は得られていない。しかしいずれにしても元来の原因は都市の受ける熱量が周辺地区より多いことによることは明らかである。このような都市の受ける熱量の過不足については大体次のような要素が考えられる。

- ア. 煤煙層による日射の吸収
- イ. 煤煙層による長波輻射に対する温室効果
- ウ. 都市の暖房、産業活動などにより発生する熱量
- エ. 都市と周辺地域における蒸発量の差
- オ. 都市と周辺地域との長波長輻射に関する blackness の相違

そのほかにも色々の原因が考えられるが主なものは上記のごときのものであろう。“まえがき”にも述べたごとく、上記原因のなかでも特にア・イ. が重視される場合が多いが、山本⁽²⁾は大都市上空の大気汚染が長波長輻射を吸収再放射する量は極めてわずかであり、大阪を例にとつて値を見積つた結果では日量 6 cal/cm^2 程度に過ぎず、むしろ上記ウ・エ・オ. を重視すべきであると述べている。次節以下には札幌を例にとつて各熱量の見積りを行つて見ることにする。

4 大気汚染による日射量の減少について

汚染層を通りぬけて地表に達するまでに、日射がかなりの減衰を受けていることは、冬期われわれが都心を離れ郊外に出るときに感ずる空の青さや日射の強さから経験的に知ることができる。しかしながら、このような都心の日射の減少量についての定量的観測は極めてその例が少い。その主たる理由は日射観測に主に使用されているロビッチ日射計の精度が極めて不安定なものであり、測器の特性に変化が起りやすく、従つてこの種の比較に用いるには不適當なことによるのである。しかし最近では測器の温度特性、入射角特性、再現性などが極めて優れたエブリー日射計が主要な気象庁の観測点で用いられるようになって来たので、今後はこの種の比較も漸次可能となるであろう。

気象庁の藤本⁽³⁾は東京管区気象台と茨城県館野の高層気象台の双方のエブリー日射計による1957年10月～12月における観測値から一日中日射が雲に遮られなかつた18例の観測値を選び出して

比較した結果、東京の館野に対する比が

98%の場合が3回

95%程度の場合が2回

80~90%の場合が8回

80%以下の場合が2回

大気の混濁がはなはだしく東京の記録が正常な日変化をしない場合が3回

以上のとおりあつたと報告している。

札幌などでは近傍にエブリー日射計による観測を実施している場所はないのでこの種の比較は困難である。けれども汚染層による日射の減少が著しいことは次の例によつても知ることができる。

Fig 6は1963年1月4日と5日における札幌の日射及び視程を示したものであるが、この両日は高層観測値を調べた結果によるとほとんど可降水量が等しい上に1日違いであるから太陽高度もほとんど等しくまた両日も天候はほぼ快晴であつた。これらのことからこの両者の日射量の差は主に汚染層による日射量減少の差が表われているものと考えてよい。視程観測値から見ればこの両日の汚染の程度は非常に異つたものであることがわかる。日射量の日量は4日が 220.4 cal/cm^2 、5日が 156.0 cal/cm^2 あつたのでその差は 64.4 cal/cm^2 、比は71%となる。

またTab1はI.F. Hand⁽⁴⁾がBostonとBostonの南々西10哩のBlue HillにあるHarvard Blue Hill Observatory において

エブリー日射計を用いて1944年~1948年の5年間水平面全天日射量の比較観測を行つた結果でBostonのBlue Hill に対する値の比を週に寒候期半年に対して示したものである。期間の全平均は82%で、最少の日は1946年の12月6日の6%であり、これはBoston 上空のSmokeのためであると報告されている。

以上の3例は、測定を行つた場所も、観測資料の比較方法も異つていてので一概に取扱うことはできないが大体においてこれらのことから都市と郊外との日射量の比は寒候期に月平均で70~90%程度のものと見て差支えないと思われる。

たとえば過去5ケ年の観測値から得られる1月における札幌の日射量の日平均値は 133.9 cal/cm^2 であるから、汚染層による日射の減少量は1月の平均値で大体 $15 \sim 60 \text{ cal/cm}^2/\text{day}$ 程度のも

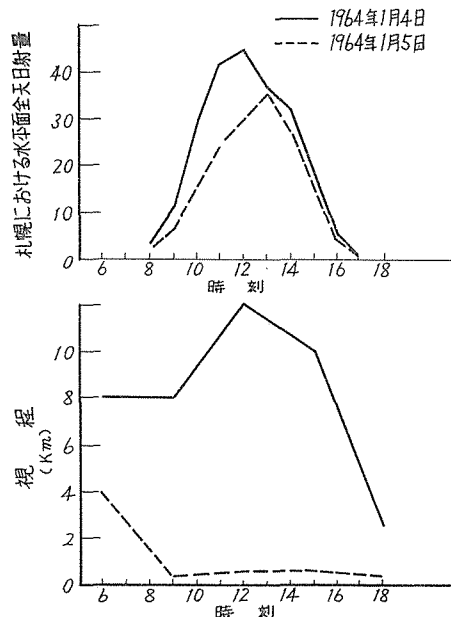


Fig 6 札幌市における良視程の日と悪視程の日に対応する日射量

のと思われる。

Tab1 Boston における水平面全天日射量の Blue Hillの値に対する比(%)
1944~1948の4年間の平均値

週の始まりの日	%	週の始まりの日	%	週の始まりの日	%
10月 1日	84	12月 3日	74	2月 5日	80
8日	81	10日	81	12日	84
15日	81	17日	79	19日	83
22日	77	24日	83	26日	88
29日	80	1月 1日	83	3月 5日	95
11月 5日	80	8日	81	12日	93
12日	82	15日	77	19日	90
19日	74	22日	81	26日	90
26日	73	29日	82		

5 汚染層による温室効果について

前節に述べたような都心における日射の不足にもかかわらず最高気温も都心の方が高い例が多いということは、これらの都心部では周辺地域と比べて、この日射不足を補う以上の熱量を得ていなければならないことを意味する。“まえがき”に述べたごとく都市高温の原因は汚染層の温室効果(下から来る長波輻射を吸収再輻射する作用)によつて説明される場合が多いが、一方に述べたように山本は実験室中でのSmokeを通じての赤外輻射の透過率および吸収係数を求めた実験結果と、日射観測から求めた大気混濁係数の値から、この量が極めてわずかであることを結論している。

又石井⁽⁵⁾は札幌において、山本式輻射計を用いて、濃煙霧の日の大気輻射量の観測を行い、その結果を大気輻射計算図から求めた大気輻射量、および各天頂角方向の有効輻射量と天頂方向の有効輻射量の比に関するSüssengerの実験式等と比較してSmogによる附加輻射概算 $0.015 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$ という値を得ている。この測定は測定器械の性質上深夜に行つたものであるが一日中等しい値をとるものとして日量を求めると 2.2 cal/cm^2 という値を得る。いずれにしてもSmogからの附加輻射のみでは日射量不足を補うには不充分である。

6 ボイラー ストープ等により発生する熱

Tab2は札幌市の調査資料によつて、同市における冬期4ヶ月間のボイラー、および家庭暖房用ストープによる石炭消費量を推定したものである。ボイラー中暖房施設のように冬期間のみ使用するものは冬期消費量が明確であるが、一年を通じての年間消費量しかわからないものは、次のようにして冬期間使用量を推定してある。⁽⁶⁾

まず浴場、クリーニング店、料理店のような場合は一年を通じ同一の使用状態にあるものと見て年間消費量の $1/3$ を冬期4ヶ月間の消費量とみなす。また病院などのボイラーに関しては年間消費量の $1/2$ を冬期消費量とする。また家庭暖房用ストープの石炭消費量については昭和32年に札幌市で行

つた実態調査の結果—世帯平均3.1屯という結果が得られているので、その結果を用い、所帯数に乗じてある。また表中の地域区分はFig7に示すとおりである。今1gramの石炭は燃焼によつて、6500calの熱を出すものと仮定し、又ボイラー、ストーブなどの燃焼効率が100%であるとすれば、発生する熱量はTab2最右列に掲げるような数字になる。

Tab2 札幌市におけるボイラー、炉、および暖房用ストーブ
による冬期間の石炭消費量（昭和38年）

地 域 名	面 積 (Km^2)	ボイラー、炉 (ton)	ストーブ (ton)	消 費 密 度 (ton/ Km^2)	発 生 熱 量 (cal/ cm^2 /day)
中 央	1.34	36,180	7,180	32,358	175
東 北	9.23	23,900	64,460	9,573	52
東 南	6.31	4,810	62,550	10,039	54
西 北	7.33	18,750	44,880	8,681	47
西 南	9.63	17,580	103,110	12,533	68
郊 外	251.83	36,510	157,840	772	4

気象台の属する西北地区の値と、琴似の農業試験場の属する郊外の値の差から考えると、昼間の日射量不足を補うにはいまだ熱量不足のように考えられる。もつとも石炭以外にも都市で消費される熱は多種多様であり、たとえば家庭用暖房燃料としてほかに石油、薪、コークス、市ガスなどが使われている。昭和32年に斉藤⁽⁷⁾が行つた調査では家庭暖房に用いられるなかで石炭は全消費熱量の82%を占めることになっている。この結果を用いれば西北地区でも約57cal/ cm^2 /dayの発生熱量があることになる。従つてこれに前節で述べたSmogによる附加輻射を考慮すれば、ほぼ昼間の日射量不足を補い得る熱量が得られると思われる。なおFig3及びFig4より札幌および旭川において周辺地区との最低温度差が大きくなり始めるのはほぼ5℃附近から以下であることがわかるが、これは札幌についていえば10月下旬から5月上旬までの期間にあたり丁度採暖期間と一致する。

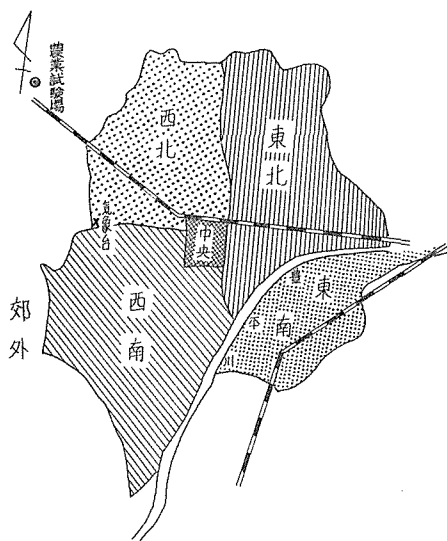


Fig7 第二表の地域区分

7 その他の熱収支について

Geiger⁽⁸⁾ は大都市の気温上昇をもたらす一つの因子として都市における蒸発量の減少があると述べている。

すなわち大都市においては降水量の一部は排水路に流れ込み蒸発による地面冷却に無関係となると

いうのである。しかし札幌や旭川の冬期の気温差を論ずる場合は都市も郊外も雪に覆われているので都市と郊外の差は特に考えられない。また雪に覆われていない場合でも最低気温の起るような時刻には蒸発はないのが常なので、この種の熱量差は昼間における日射不足分をカバーする熱量としての説明にはなるが、最低気温差の説明には使えない。

山本⁽²⁾は都市と郊外における長波長輻射に関する blackness の相違をあげているが、これも一面雪に覆われた北海道の都市と郊外の気温差を説明できる要素とはならない。ただしこれらの原因は東京や大阪のような場合には都心の温度上昇に関し相当の寄与をしているかも知れない。

8 あとがき

以上都市気温上昇の様相及び原因について札幌などを例にとり若干の推論考察を行つて来た。ここに述べた推論が正しいものとすれば“まえがき”において設定した質問に対する答は以下のごとくになる。

「都市気温上昇の因をなすものは主として生活や産業活動のため発生する熱量によるものであり、従つてたとえば冬期札幌の空から Smog が追放されたとしても、現在までと同程度の熱量が市民生活などのために消費されている限り、最低気温はほんのわずかに低下するかも知れないが最高気温は日射量が増すことによりむしろかなり上昇するであろう」

なお2のbに述べた東京・大阪と札幌・旭川の相違点については本文中でふれなかつたが、これは札幌、旭川などの暖房煤煙が主である都市は大阪などの工業都市と異つて煤煙濃度の季節変化が大きく、冬には汚染が著しいが、夏・秋等は大阪などよりはるかに空がきれいなことに関係があると考えられる。このため東京・大阪などでは夏でも周辺地域に比べればかなりの日射量不足があるが札幌、旭川ではその量は極めて少いと思われる。恐らくはこれが東京や大阪で最高気温差の方が最低気温差よりも小さくなる原因であろう。また7に述べた蒸発量の差は最高気温差を大きくする役割を果たすから、このような大阪および東京の気温上昇特性から見ればあまり大きな見限りはできないわけである。

最後に本報告を本誌に掲載でき得たことについての射場本教授の御配慮に対し厚く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 伊東彊自編著、大気汚染と制御、地人書館 P113
- (2) Yamamoto, G, Estimation of Additional Downward Radiation from Aerosols over Large Cities; 75Th Anniversary Volume of The Journal of Meteorological Society of Japan P1 1957.
- (3) 藤本文彦 日射量におよぼす大気汚染の影響(第一報)
天気・Vol 10 №10 1953 P338~344
- (4) I. F. Hand, Bull. Am. Meteorol. Soc. 30(7), 242(1949)
- (5) 石井幸男 積雪基礎調査、融雪の研究、北海道電力株式会社、札幌管区气象台 P47 1959
- (6) 斉藤 武 札幌市における石炭燃焼設備調査報告

第3報札幌市における冬季間石炭消費源分布

煤煙防止に関する調査資料P79, 札幌市煤煙防止対策委員会(1960)

- (7) 斉藤 武 同上第2報札幌市における家庭暖房の実態調査
- (8) Geiger, R. 1951; Compendium of Meteorology. Boston. Mass. P493.