

# ヒートアイランドの形成要因としての都市 キャニオンの天空比と夜間の長波放射収支\*

朴 恵 淑\*\*

## 要 旨

日本の典型的な地方小都市として北海道市を選び、都市キャニオンの幾何学的形態を表わす指標としての天空比と地表面温度、気温および夜間の長波放射場との関係を考察した。

天空比と地表面温度および気温の分布パターンはよく類似している。郊外で大きく都心部で小さい天空比と地表面温度との関係は負の高い相関を示す ( $r = -0.741$ )。また、熱的特性が類似しているアスファルトやコンクリート面では天空比と地表面温度の夜間冷却量 ( $\Delta T_{L-n}$ ) とはほぼ直線関係にある。

都心部の代表地点についてみると、都市キャニオン内の天空比が小さい地表面 (51%) と天空比が大きい屋上面 (94%) での地表面温度及び気温の夜間冷却量は地表面が小さく、屋上面が大きい。また、地表面の正味長波放射量 ( $R_n$ ) は屋上面の約6割弱であるが、これは地表面の下向き長波放射量が屋上面に比べて大きいことに起因する。地表面の下向き長波放射量 ( $L_s\downarrow$ ) の観測値は、建物の壁面からの放出長波放射量 ( $L_w\downarrow$ ) に、屋上面の下向き長波放射量 ( $L_r\downarrow$ ) を付加した計算値とほぼ 1:1 で対応する。このような地表面における下向き長波放射量の増加は正味長波放射量の減少をもたらすため夜間を通して高温が維持される。都市キャニオンの幾何学的形態を表わす指標である天空比で表わされる建物のしゃへい効果は夜間のヒートアイランド形成の主要な要因の一つである。

## 1. はじめに

ヒートアイランド現象が夜間に顕著であることはよく知られている。その要因としては都市内外における地表面の幾何学的形態や構成物質の差異による力学的・熱的特性の差、人工熱、汚染物質による温室効果などが考えられる (Oke, 1979; Landsberg, 1981; Lee, 1984)。特に、都市キャニオンの幾何学的形態を決定する建物の影響は非常に大きい。建物に囲まれた都市空間では、昼間における短波放射の壁面からの多重反射によるエネルギー吸収の増大と夜間における壁面からの放出長波放射量の増加および周囲の建物のしゃへい効果に基づく天空へ

の上向き長波放射量の減少をひき起こす。その結果、都市内部に高温を維持させ、ヒートアイランドが生じる要因となる。したがって、ヒートアイランドの成因解明の一つとして、建物が都市内外の放射場に及ぼす影響を調べる必要がある。この影響は、地上から空を仰ぎ見るときに周囲の建物が天空に占める割合 (天空比) によって大きく変わる。天空比の具体的な算出方法は、大別すると、Hardware Scale Model を用いた方法 (Oke, 1981) と魚眼レンズを用いて全天写真をとり、天空比算定図を重ね、天空の占める割合を求める方法 (Barrington and Mattsson, 1985; Yamashita *et al.*, 1986) があるが、ここでは後者を用いた。

多くの都市の中心部の平均的な天空比と地表面温度および気温との関係は負の相関関係があり、天空比が大きいほど低温となることがこれまでの研究で明らかにされている (Parry, 1967; Oke, 1981; Barrington and Mattsson, 1985; Yamashita *et al.* 1986)。

\* Sky view factor of urban canyon and long-wave radiation balance caused by the nocturnal heat island

\*\* Hye-Sook PARK, Graduate School of the University of Tsukuba, 筑波大学院

—1986年12月4日受領—

—1987年7月16日受理—

また、このメカニズムについては、大学構内の独立したビルの中庭の地表面と屋上面における夜間の長波放射収支量の比較観測によって地表面は建物のシャド効果による付加的放射を受けるため、屋上面に比べて夜間を通して高温となることを指摘した研究がある(小林, 1979)。

しかし、実際にビル群が形成している都市空間について観測に基づく定量的な裏付けと考察を行う必要がある。都市キャニオン内の長波放射成分の定量的な評価を行うことによって、ヒートアイランドの成因論やこれと関連する熱収支、放射収支の基礎的なデータを得ることができる。

そこで、本研究では日本の地方小都市の代表例として関東平野の中央部にある水海道市を選び、この点を明らかにする目的で観測を行った。まず、建物の影響を表わす指標としての天空比と移動観測による地表面温度及び気温との関係を考察し、天空比の違いによって地表面温度の夜間冷却量の差が生ずることを明らかにする。さらに、ビル群の中心部にある代表地点を選び、都市キャニオン内の建物の地表面と屋上面における長波放射収支成分の比較観測に基づいて、都市地表面の長波放射場及ぼす建物の影響について論ずる。

## 2. 観測

研究対象として関東平野の中央にある小都市水海道市(人口約41,000人)を選んだ。その理由は市街地が平坦な田園地域に囲まれていて、市街地の土地利用形態や都市構造が日本における地方小都市の典型と見なすことができるからである。市街地は約1km四方の長さを持ち、建物は1~2階の木造建築がほとんどであるが、市街地の内部は3~4階の鉄筋コンクリートの建物が密集している。市街地周辺の郊外は水田、畑地となっている。

観測時間は、1986年4月13日9時から4月14日10時までである。観測期間中は北日本を除く、日本全国が高気圧の中に入り、快晴(雲量<2/10)・静穏(平均風速<0.2ms<sup>-1</sup>)で、ヒートアイランドの発達には理想的な天気状態であった。

観測は都市内外の地表面温度、気温、天空比の分布を知るための移動観測と都市キャニオンの内部における長波放射収支の定点観測の二つに大別される。移動観測は34地点における地表面温度および気温観測(1.5m)を3回(4:00~5:30, 13:30~15:30, 22:30~24:00)

行ったが、本研究では夜間と早朝の2回のデータを使用した。定点観測は都市の中心部にある最高層のビル(観測地点30)の地表面(高度1.5m)、屋上面(17.5m)について長波放射量、表面温度、気温、風向、風速、雲量を観測し、壁面(6.3m)について表面温度を観測した。長波放射収支量は放射収支計(英弘精機社製; CN-11型, CN-40型)を使用して連続記録させた。表面温度は赤外放射温度計(松下通信工業製; ER-2008型)により、1時間毎に測定した。気温はサミスター(移動観測)およびアスマン通風乾湿計(定点観測)を使用し、1時間毎に測定した。風向、風速は地上面、屋上面において中浅式風向風速計(ピラム)により1時間毎に測定し、5分間の平均値をもって測定値とした。雲量は屋上面での目視観測により行った。天空比は各観測地点で魚眼レンズ(CANON Fish-eye lens 7.5 mm, picture angle 180°)を用いて全天写真を撮影し、伊藤(1977)の天空比算定図を重ね、天空の占める割合を求めた。

## 3. 観測結果と考察

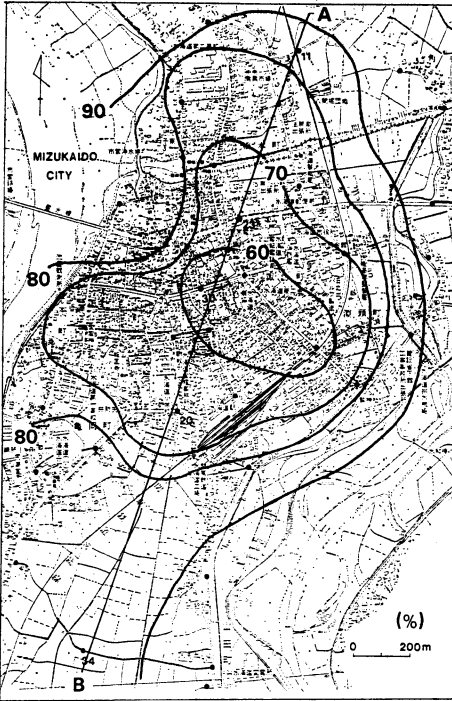
### 3.1 水海道市における天空比と地表面温度及び気温との関係

都市内外に天空比と地表面温度、気温の分布を第1・2・3図に示した。地表面温度及び気温は4:00~5:30の観測値である。天空比の分布は都市内部が小さく郊外へ行くほど大きくなる同心円のパターンを示す。最小値は都市中心部での51%(観測地点30)で、最大値は周辺部での97%(観測地点34)である。都市内外の天空比は都心部の51%から周辺部の97%までの幅があるが、都心部は60~70%の間にある。これは筆者が日本の23都市の中心部で測定して得られた結果と比べてみると、地方小都市の値として妥当性がある。

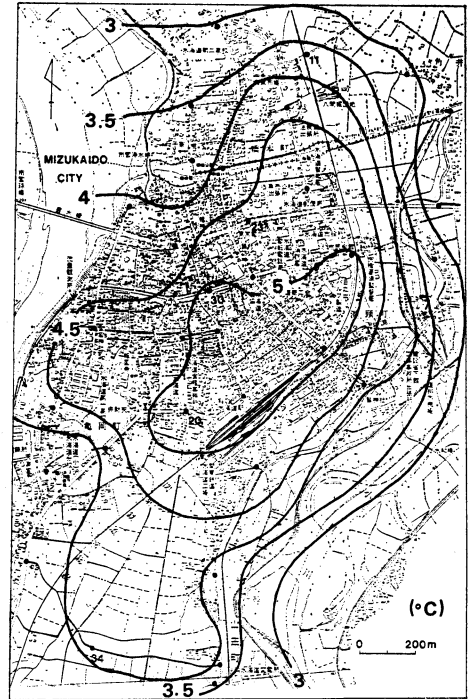
地表面温度及び気温の分布はよく類似している。都市中心部に高温域が出現し、郊外へ行くほど低温となる典型的なヒートアイランドの形成を示している。ヒートアイランド強度は6.2°C(地表面温度)、2.0°C(気温)である。

注目すべきことは天空比と地表面温度および気温の分布パターンが極めてよく類似していることである。ただし、天空比が都市の中心部から周辺部に向かって増加するにしたがって地表面温度及び気温は減少する。

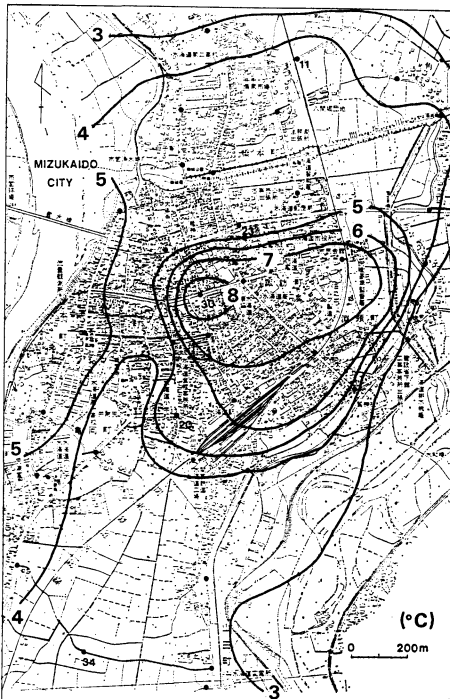
ここでは、ヒートアイランドの気温分布の形成要因として地表面温度の役割について直接論じないが、これまでの研究によって都市キャニオン内の気温に対して地表



第1図 水海道市における天空比分布。(1986. 4. 14)



第3図 水海道市における気温分布。(1986. 4. 14. 4:00~4:30)



第2図 水海道市における地表面温度分布。(1986. 4. 14. 4:00~5:30)

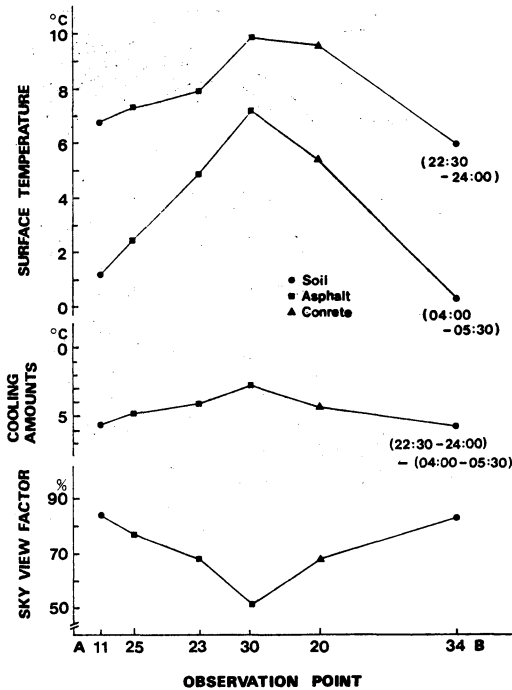
面温度の影響が大きいことは明らかである。

第4図は、都市の郊外から都心部を通る縦断面 A-B (第1図参照) に沿った夜間 (22:30~24:00) 及び早朝 (4:00~5:30) における地表面温度、地表面温度の夜間冷却量 (22:30~24:00~4:00~5:30)、天空比を示したものである。

観測地点11と34は周囲が畑、水田となる郊外であり、観測地点20・23・25・30は市街地である。特に、観測地点30は都市の中心地である (25は11と23の間の地点)。

地表面温度は常に市街地が郊外よりも高温で、都心が最も高い。地表面温度の夜間冷却量は市街地、特に都心が小さく、郊外が大きい。天空比は郊外から都心に向かうにしたがって小さくなる。

熱的特性が類似した材質であるアスファルトやコンクリート面では天空比の多少によってその傾向が異なる。例えば、天空比の最も小さい地点 (観測地点30, 51%) で地表面温度が最高値を示しており、夜間冷却量が最も小さいが (2.7°C)、天空比が大きい地点 (観測地点20, 68%; 23, 68%; 25, 77%) ほど低温で、夜間冷却量 (観測地点20, 4.2°C; 23, 4.0°C, 25, 4.9°C) が大き



第4図 A-B 縦断面における地表面温度，気温，地表面温度の夜間冷却量，天空比の分布。

くなる。また、地点数は少ないが、アスファルト、コンクリート面は土壌より高温で、夜間冷却量はアスファルトやコンクリート面が小さく(観測地点20, 4.2°C; 23, 4.0°C; 25, 4.9°C; 30, 2.7°C), 土壌は大きい(観測地点11, 5.6°C; 34, 5.7°C)。この結果は、アスファルトやコンクリート面は土壌に比べて夜間に冷えにくくなり、相対的に高温を維持することを示唆する。

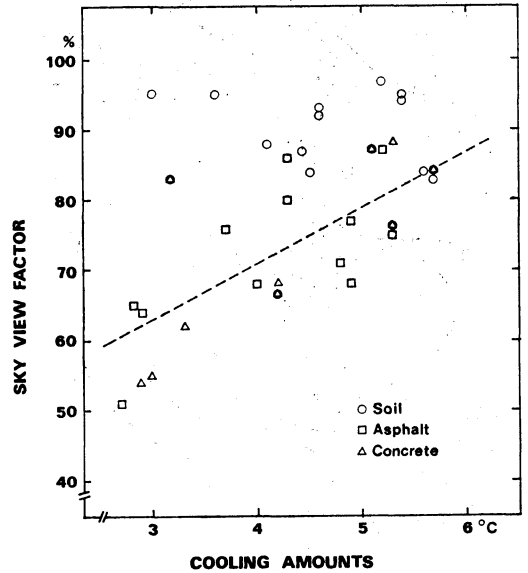
第5図は、全観測地点における地表面温度の夜間冷却量(22:30~24:00-4:00~5:30)と天空比との関係を示したものである。

天空比が大きいほど夜間冷却量が大きくなる傾向が認められる。特に、類似した熱的特性をもつアスファルトやコンクリート面に着目すると、両者はほぼ直線関係にあり、夜間冷却量をX, 天空比をYとする回帰式で表わすと、

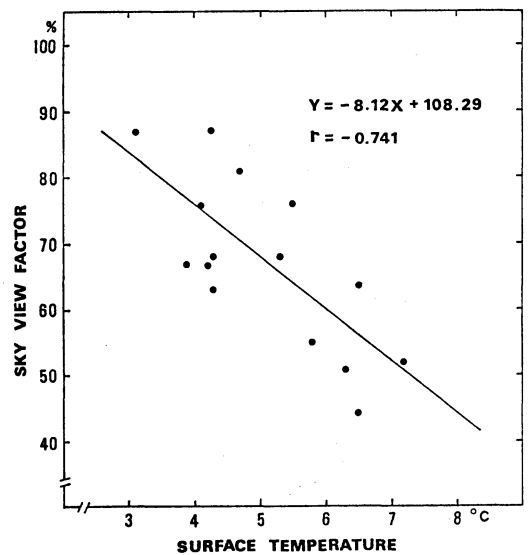
$$Y = 7.84X + 39.75$$

$$(r = 0.719)$$

となる。これは、建物に囲まれている割合が大きい地域では地表面温度が冷えにくくなり、夜間を通して常に高温が維持されることが考えられる。



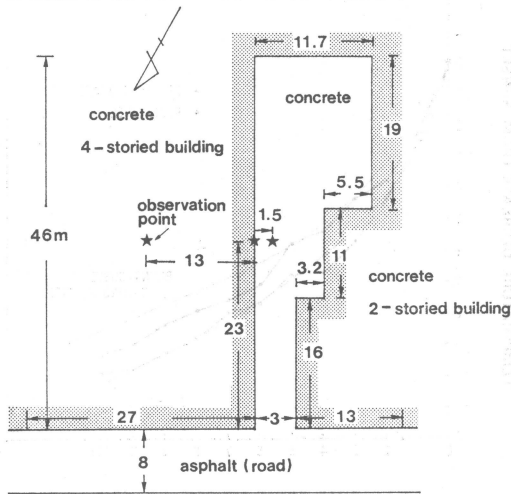
第5図 天空比と地表面温度の夜間冷却量との関係。



第6図 天空比と地表面温度との関係。

もう一つの特性は、地表面の構成物質が土壌である場合、夜間冷却量は天空比とほぼ無相関を示すことである。これは、夜間冷却量は天空比だけではなく、地表面構成物質の熱的特性によっても大きく異なることを意味する。この点については今後、熱収支解析などを行い、さらに解明する必要がある。

第6図は、アスファルトやコンクリート面で被われて



第7図 都市キャニオンの平面図.

いる地点を選んで地表面温度（4：00～5：30）と天空比との関係を示したものである。同一都市内においても場所のおかれている天空比の増加に伴って地表面温度が低下する負の高い相関（ $r = -0.741$ ）がある。このように、天空比で表現できるような都市キャニオンの幾何学的形態は都市温度の形成と密接な関係にあり、ひいてはヒートアイランドの形成に深いかかわりがあると思われる。

3.2 都市中心部のビル空間構成面における地表面温度、気温と天空比

前節で、都市内の分布状況から天空比と地表面温度、気温は負の相関関係があることを述べたが、より直接的に都市キャニオン内の長波放射場に及ぼす建物のしゃへい効果を調べるため、都市中心部の最高層のビルの地上

面、屋上面、壁面における表面温度、気温、長波放射成分の比較観測を行った。

観測を行った都市キャニオンは幅8mのアスファルト道路に沿って2～4階の鉄筋コンクリートや木造建物が密集している水海道市の中心部にある。観測場所は主要幹線道路に沿って並んでいる4階建（高さ16m）と2階建（高さ8m）の二つのコンクリート建築物に取り巻かれるキャニオンである（第7図参照）。表面の構成物質は全部コンクリート面である。観測は地表面、壁面、屋上面で、2章で述べたような観測を行った。

写真1・2は観測を行った都市キャニオンの地上と屋上で撮った天空写真である。この写真から求めた天空比は地上で51%、屋上で94%である。

第8図に、地表面、壁面、屋上面における表面温度及び気温の時間変化を示した。日中と夜間で地表面と屋上面の表面温度の高低が逆転している。屋上面の表面温度は17時頃までに地表面の表面温度よりかなり高いが、17時～翌朝7時の間には低くなる。つまり、日中は地表面に比べて屋上面が高温、夜間は地表面の方が高温になる。なお、壁面温度は日中が最低であるが、夜間を通して地表面の温度と屋上面の温度の中間値を示す。気温の日変化パターンは、1日中地表面の気温が屋上面より高い。特に、夜間は日中に比べて両面の気温差が大きい。夜間を通して地表面温度及び地上気温が屋上面より高いことは、地表面が屋上面に比べて冷却されにくいことを意味する。

この原因は、表面の構成物質がいずれもコンクリート面であるから正味長波放射量  $R_n$  の差によると考えられる。そこで、第1近似解で Brunt (1941) の式を用いてこの差を推察した。

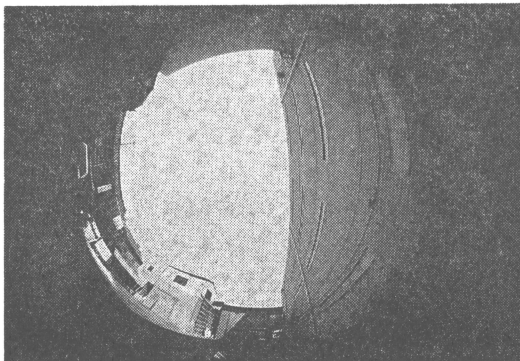


写真1 地上における天空比（51%）.

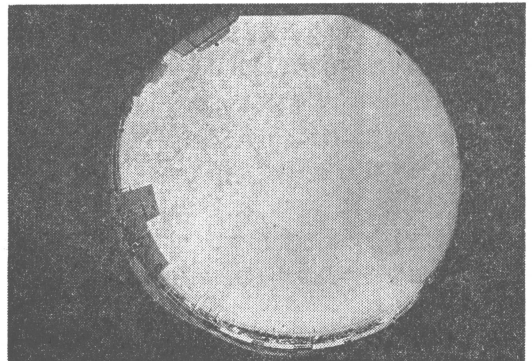
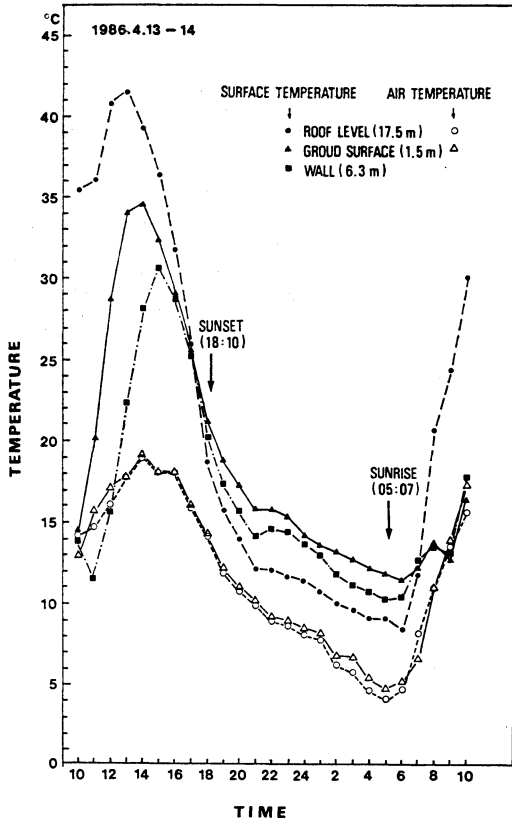


写真2 屋上における天空比（94%）.



第8図 地上、屋上、壁面における表面温度及び気温の時間変化。

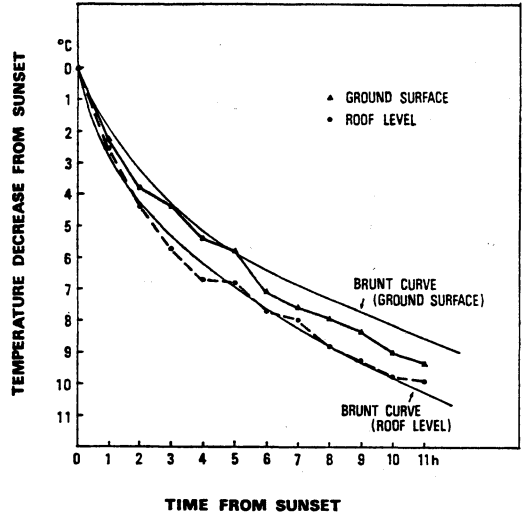
静穏で夜間を通して正味長波放射量  $R_n$  が近似的に一定である場合、地表面の冷却は Brunt の式によって表現することができる。

$$\Delta T_{s-t} = -\frac{2}{\pi^{1/2}} \cdot \frac{R_n}{(KC)^{1/2}} \cdot t^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta T_{s-t}$  は日没からの時間経過 ( $t$ ) に伴う表面温度の冷却量、 $R_n$  は正味長波放射量、 $K$  は熱伝導率、 $C$  は単位体積当りの熱容量である (Oke(1981) は  $(KC)^{1/2}$  をサマルアドミタンスと表現した)。

観測を行った日は静穏 (平均風速  $< 0.2 \text{ms}^{-1}$ ) であり、また、地表面と屋上面の材質は共にコンクリート面であるため、 $(KC)^{1/2}$  は一定で、夜間冷却量は  $R_n$  と  $t^{1/2}$  によって決まる。このような条件に基づいて地表面と屋上面における日没後の表面温度の夜間冷却量を示したのが第9図である。

Brunt 曲線の計算の際、 $R_n$  は観測結果に基づいて地表面が  $69 \text{Wm}^{-2}$ 、屋上面が  $113 \text{Wm}^{-2}$  にし、 $(KC)^{1/2}$  は



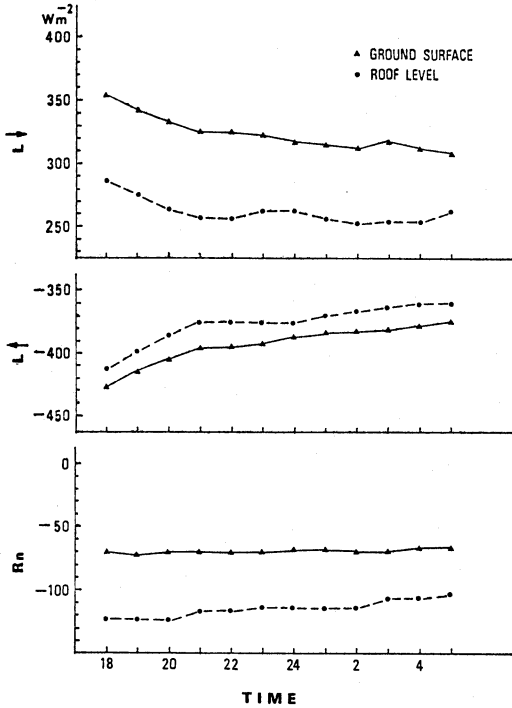
第9図 日没後、地上及び屋上面における表面温度の夜間冷却量。

Ingersoll *et al.*, (1948) が作成したコンクリート面の値である  $2380 \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}\text{S}^{1/2}$  を用いた。夜間冷却量を観測値と計算値を比較すると、地表面では多少のずれがあるが、屋上面ではほぼ一致する。コンクリートの  $(KC)^{1/2}$  の値は現場で実測してないこと、Brunt 式は第1近似にすぎないなどの問題点があるが、少なくとも傾向的にみてこの結果と矛盾することはないと考えられる。

夜間冷却量 ( $\Delta T_{s-t}$ ) は時間の平方根に比例するので、日没直後は急激に、その後は時間の経過と共にゆるやかに冷却が進むことになる。両面における Brunt 曲線の勾配は屋上面が大きく、地表面が小さい。つまり、屋上面は冷却しやすいが、地表面は冷却しにくい。天空比が小さいキャニオンの底にある地表面の冷却量が小さいのは建物のしゃへい効果によって下向き長波放射量が増加するため正味長波放射量が減少し、夜間を通して高温が維持されるためであると考えられる。そこで、夜間の放射冷却に直接関与する長波放射成分について考察する。

### 3.3 地表面と屋上面における長波放射成分の比較

第10図に、4月13日～4月14日の18時から翌朝5時までの地表面と屋上面における長波放射成分の時間変化を示す。縦軸は放射量を1時間ごとに読んで  $\text{Wm}^{-2}$  で表示した。表面に放射する放射エネルギーは正の値で、表面から放出される放射エネルギーは負の値で表す。したがって、下向き長波放射量 ( $L_1$ ) は正、上向き長波放射量 ( $L_2$ ) および正味長波放射量 ( $R_n$ ) は負の値であ



第10図 地上と屋上面における長波放射成分の時間変化。

第1表 長波放射成分の夜間平均値, ( $Wm^{-2}$ ; 1986, 4.13~14, 18:00~翌朝5:00)

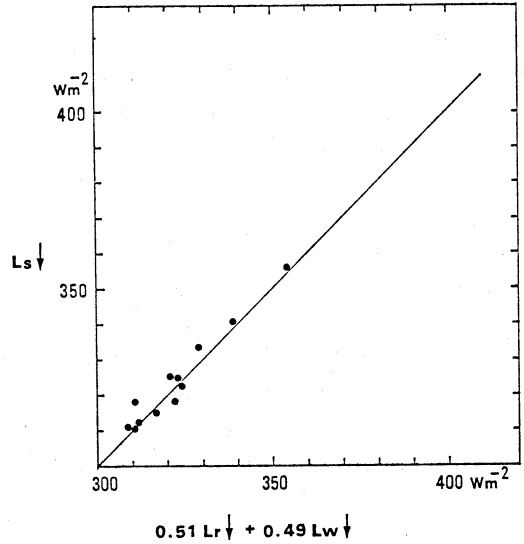
	long-wave radiation( $Wm^{-2}$ )		
	$L\downarrow$	$L\uparrow$	$Rn$
roof surface	263	-376	-113
wall	(Lw)386		
ground surface	324	-392	-69

る。 $Rn$  は放射収支計による測定値,  $L\uparrow$  は赤外放射温度計による表面温度から Stefan-Boltzmann の法則によりその値を求めた。したがって,  $L\downarrow$  は,

$$L\downarrow = Rn - L\uparrow \quad (2)$$

の関係から両者の残差として求めた。

各長波放射成分の時間変化パターンは, 明方になるにつれて,  $L\downarrow$  は漸減,  $L\uparrow$  の絶対値は漸減,  $Rn$  の絶対値は屋上面で少し漸減する。地表面の  $Rn$  は夜間を通してほぼ一定である。屋上面の  $Rn$  は地表面の値より常に大きい。地表面と屋上面における長波放射成分の平均値を第1表に示した。なお, 壁面からの放出放射量も示し



第11図 地上面の下向き長波放射量の観測値と建物によるしゃへい効果を考慮したときの下向き長波放射量の計算値との関係。

た。第1表によると, 18時から翌朝5時までの  $Rn$  の平均値は, 屋上面が  $-113Wm^{-2}$ , 地表面が  $-69Wm^{-2}$  で, 地表面が屋上面の61%に過ぎない。これから第8図で示したように地表面温度の夜間冷却量が屋上面に比べて小さいことが裏づけられる。

地表面と屋上面の正味長波収支量の相違を  $L\downarrow$  と  $L\uparrow$  の成分に分けて考察する。 $L\downarrow$  は地表面が屋上面より約  $61Wm^{-2}$ ほど大きい。 $L\uparrow$  の絶対値は夜明けまで減少し続ける(表面から放出される放射エネルギーが減少する)。両面における  $L\uparrow$  の差は約  $16Wm^{-2}$  に過ぎず,  $L\downarrow$  の差ほど大きくない。両面における  $Rn$  の絶対値の差が約  $44Wm^{-2}$ であることを考慮すると, この差の主因は  $L\downarrow$  の相違であることがわかる。このような観測結果は, 壁面からの放射エネルギーを考慮すれば, 十分に意味がある。換言すれば, 建物のしゃへい効果が地表面の  $L\downarrow$  を増加させて  $Rn$  の減少をもたらし, 地表面の冷却を緩和させるため地表面は屋上面に比べて常に高温を維持することがわかる。

### 3.4 地表面の長波放射場及ぼす建物のしゃへい効果

建物の長波放射場に対するしゃへい効果を評価するために第11図を作成した。縦軸は, 地表面における下向き長波放射量 ( $Ls\downarrow$ ) の観測値であり, 横軸は, 建物に占められた部分からは壁面からの放出長波放射量 ( $Lw\downarrow$ )

が地表面に入射し、建物に占められていない天空からは屋上面における下向き長波放射量 ( $L_{r\downarrow}$ ) が地表面に入射するものと考えた場合の計算値である。両者はほぼ1:1で対応している。これは、建物が地表面に及ぼす影響を考慮すれば、地表面の下向き長波放射量は屋上面の下向き長波放射量と壁面からの放出長波放射量によって説明することができる。

このような結果を小林 (1979) の研究と比較すると次のようである。両研究共に地表面と屋上面では長波放射成分の相違がみられる。特に、下向き長波放射量と正味長波放射量の相違は著しく、定性的には共通性が明らかにあるが、定量的にみると若干差がある。すなわち、都市キャニオン内 (本研究) の地表面における下向き長波放射量は屋上面に比べて約1.2倍大きく、正味長波放射量は屋上面の約6割弱である。中庭 (小林) での地表面における下向き長波放射量は屋上面の約1.1倍、正味長波放射量は約5割弱である。このようにそれぞれの割合が異なることは興味深い問題である。今後、都市キャニオン内の天空比の異なるさまざまな都市について、このような長波放射成分の比較観測を行ってさらに定量的に進める必要がある。

#### 4. まとめ

水海道市における観測結果に基づき、天空比と地表面温度、気温との関係及び夜間の長波放射場との関係を考察した結果、次のことが明らかになった。

1) 天空比と地表面温度及び気温の分布パターンはよく類似している。ただし、天空比の分布は都市内部が小さく、郊外は大きい。地表面温度及び気温の分布はその逆となる。天空比と地表面温度との関係は負の高い相関を示す ( $r = -0.741$ )。

2) 天空比が大きいほど地表面温度の夜間冷却量が大きくなる。特に、熱的特性が類似しているアスファルトやコンクリート面では両者はほぼ直線関係にある。

3) 都市キャニオン内の天空比が小さい地表面 (51%) と天空比が大きい屋上面 (94%) での地表面温度及び気温の夜間冷却量は地表面が小さく、屋上面が大きい。地表面と屋上面で、長波放射成分の相違がみられる。特に、下向き長波放射量 ( $L_{\downarrow}$ ) と正味長波放射量 ( $R_n$ ) の差は著しい。地表面の  $R_n$  は屋上面の約6割弱である。これは主として、地表面の  $L_{\downarrow}$  が屋上面の  $L_{\downarrow}$  に比べて大きいためである。

4) 都市キャニオン内の地表面での下向き長波放射量

( $L_{s\downarrow}$ ) の観測値は、建物に占められた部分からの下向き長波放射量 (壁面からの放出長波放射量;  $L_{w\downarrow}$ ) に、建物のない天空部分からの下向き長波放射量 (屋上面での下向き長波放射量に相当する;  $L_{r\downarrow}$ ) を付加した計算値とほぼ1:1で対応する。その割合は天空比によって規定される。

以上から天空比は夜間の放射冷却に直接関与する長波放射場と密接な関係があることが明らかになった。したがって、都市キャニオンの幾何学的形態を表わす指標である天空比で表わされるような建物のしゃへい効果は夜間のヒートアイランド形成の主要な要因の一つである。

本論文では、コンクリート建物における長波放射成分の相違の比較考察を行った。今後、さまざまな材質の建物についても同様の観測を行い、下向き長波放射成分のパラメタリゼーションを行って都市キャニオン全体の放射収支を計算することを考えたい。このようにして天空比とヒートアイランドとの関係を定量的に評価することが今後の課題である。

#### 5. 謝辞

本研究を行うに当って、筑波大学地球科学系の河村武教授に御指導をいただいた。また、吉野正敏教授、西沢利栄教授、小林守講師には貴重な御助言をいただいた。観測に当っては、森永由紀氏を始め、7名の筑波大学・大学院生の方々にご協力をいただいた。また、水海道市ロータリークラブの鈴木邦彦氏を始め、数多いロータリーマンには多くの便宜をいただいた。ここに記して感謝の意を表わします。

#### 文 献

- 伊藤克三, 1977: 日照関係図表の見方, 使い方, オーム社, 141
- 小林 守, 1979: 都市の地表面と屋上面における長波放射収支の比較観測, 地理学評論, 52, 251-260.
- Barring, L., and J.O. Mattsson, 1985: Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden, J. Climatology, 5, 433-444.
- Brunt, D., 1941: Physical and dynamical meteorology, Cambridge Univ. Press, London, 428.
- Ingersoll, L., Zobel, R.J., and A.C. Ingersoll, 1948: Heat conduction, McGraw-Hill, New York, 278.
- Landsberg, H.E., 1981: The urban climate, Academic Press, New York, 275.
- Lee, D.O., 1984: Urban climates, Prog. Phys.



- Geog., 8, 1-31.  
 Oke, T.R., 1979: Review of urban climatology 1973-1976, WMO Tech. No. 169.  
 ———— 1981: Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations, J. Climatology, 1, 237-254.

- Parry, M., 1967: The urban "Heat-island", Biomet., 2, 616-624.  
 Yamashita, S., Sekine, K., Shoda, M., Yamashita, K., and Y. Hara, 1986: On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama river basin, Japan, Atmospheric Environment, 20, 681-686.



近藤純正著  
 夢冰山

東北大学生協同組合  
 B 6 判, 147頁, 980円

東北大学の近藤純正氏が書かれたユニークな本を紹介したい。「夢冰山」とは何か。北極海の氷山を仙台市に運んでくるプロジェクトである。昭和62年7月18日から9月28日まで仙台で開催される「未来の東北博覧会」のイベントの1つとして、1万5千トンの氷山をアラスカから仙台湾に運び、真夏の仙台港で入場者に北極体験をしようというアイデアが仙台市の一市民から提案された。近藤氏は、熱収支の専門家の立場からこの企画に対して意見をいうことを求められた。「氷山は暖い海では何億トンという大きさであっても数日間で隔けるので、そのような計画はだめですよ」と答えたのだが、数日後、海水に直接触れなければ可能かも知れないと考えられるようになった。そして、「夢冰山」のロマンに共感し、この計画に深くかかわることになった。

本書は、その発端から実現までの経過を物語のように記録したものである。「夢冰山は貴重な大実験と考えられますので、記録に残しておかねばならないと考えました。たとえ夢冰山が夢に終わったとしても、なぜそうなったかを記録に残しておくことは、いろいろの面で意義深いと思いました。」その経過は、思いつき、意義、冒険、設計、資金、国際問題、観衆の熱気、最後の実験、夢の実現へ、人物の紹介、暗礁、希望という表題のもとにドラマティックに語られる。

しかし、本書のユニークさは、単なる経過報告に終わっていない点にある。「夢冰山」という具体的な話を狂言回にして、実に多くの科学の話題が述べられているのである。

著者は風呂に氷を浮かべて融解実験を試みる。「いよいよ実験です。1kgの氷を風呂の中に入れました。びちっ、びちっ、と音をたててひびが入りました。これが1500万倍の本物の夢冰山だったら、どんな音がするでしょうか。北極海では予期せぬことが起こるかもしれません。ひびは実際には大きな割れ目ですから、氷の上で作業中の人が落ちたりしないように十分な対策が必要です。」といて、氷の融ける速度について話を進めていく。このような考察は、氷山をいかに融かさずに運ぶかという問題に関連して必要になってくるのだ。この他にも、ほとんど水中に沈んでいる氷山をどのようにして船に乗せるのか、観衆の熱気がどの程度氷山を融かすのか、仙台湾上で氷山が融けたらどのような影響があるのか、などの困難な問題を具体的に議論していく。さらには、アラスカやグリーンランドの自然、地球全体の気候にまで話は発展していく。

近藤氏の学問の特徴は、常に現実的なアプローチをとることだと思う。机上の空論を論じるよりは、実際の応用に耐える研究を行うことである。このような研究者が「夢冰山」というようなロマンとまともに取り組んだのは意外であるが、氏の力量がこの夢をほとんど正夢にしたともいえる。著者の若々しい意欲に敬意を感じた。

(東大・海洋研 木村竜治)