MSS 熱赤外面像データによる東京周辺の地表面温度日変化

Diurnal Variation of Surface Radiant Temperature Associated with Landuse in the Tokyo Metropolitan Area

宇都宮陽二郎*

Yōjirō Utsunomiya

和文概要: 1975年1月3日において5:52~6:01と11:28~11:46の2回にわたり東京都武蔵野-葛飾間のほぼ東西の飛行コースで撮影されたMSS熱赤外面像を解析した結果、以下のことが明らかとなった。

1) 裸地、道路、駐車場、常緑樹および野菜畑などの土地利用における表面温度は早朝では郊外より都心部が高く、日中では逆に郊外の方が高温を示す。しかし、芝生では早期、日中のいずれの表面温度も都心で高温を示している。地表面温度の日中と早期の温度差は都心より郊外に大である。

2) 2時期の表面温度データの判別分析によると、7群の土地利用は水面、常緑樹および土地利用改変の激しい土地利用群(裸地、道路、駐車場、野菜畑、芝生など)の3グループにまとめられるが、その中で、人為による土地改変の激しい土地利用群をとり、都心と郊外を比較すると、すでに述べた個々の土地利用と同様に都心より郊外に表面温度の日変化が大であることが知られる。

3) 新年の休暇中であり、通常の工場の操業がなかったことも11:30の表面温度が高温を示さない原因の一つと考えられるが、上記の表面温度の現象は都市気候として知られている Heat Island 又は、Cool Island に類似している。

4) 裸地の表面温度の日変化は地下水位の深浅または、土壌水分量を反映していると思われる。

5) 水域の表面温度変化は河川、プール、池沼、下水処理場などの水利用の違いにより、各水域間に差異が認められ、河川における水面温度の日変化は下流部に小さく、上流部に大きいという傾向を示す。

Abstract: The author investigated the surface radiant temperature with types of land-use upon two thermal imageries which were obtained on Jan. 3 1975, with MSS boarded on aircrafts along the courses shown in Fig. 1 and the following Conclusions were obtained.

1) In all of the types of land-use (exposed ground, road, parking place, evergreen forest and vegetable) except of turf and water surface, surface radiant temperature in the central part of the metropolis is higher early in the morning, and lower in daytime, than in the suburbs. The range of these surface radiant temperature during about 5.5 hours (6:00-11:30) expands with a distance from the central part of the metropolis to the suburbs.

2) In spite of the areal differentiation of the diurnal variation of the surface radiant temperature, discriminant analysis on these data may suggest that above mentioned 7 types of land-use are clustered in to 3 groups, i.e., heavily artificially deformed group (exposed ground, road, parking place, vegetable and turf), slightly artificially deformed group (evergreen forest) and water surface group, and in heavily artificially deformed land-use group there is also regional differentiation of the diurnal variation of surface radiant temperature between central part of the area and its suburbs.

3) Above phenomenon seems to be a case of such climate in urban area as Heat-Island or Cool-Island, though the surface radiant temperature is not so high at 11:30 in the central part of the area because of the lack of the industrial activities for the New Year holidays.

4) Diurnal variation of the surface radiant temperature of exposed ground may be controlled by the ground water level or soil moisture.

5) It is clarified that there are areal differentiations of the range of the surface radiant temperature of water surface depending on such water-uses as river, pool, pond and sewerage, and such situations as upstream and downstream of the river.

1 はじめに

熱赤外放射を利用した温度の測定は高田(1969)によれば、古くから行われてきたことが知られる。最近では、これらの研究は熱赤外そのものに関する研究(藤村ら(1978), 豊田(1972・75))以外に、海水温度や温排水の研究(D. Anding et al. (1970), Fujita et al. (1968), 落合ら(1969・71)), 火事の検出に関する実用研究(Slavecki (1965), C. D. Ellyett (1974)), 土壌に関する研究(Victor, I. M. et al. (1970), 福原(1974), 他)火山や雪氷に関する研究(小坂(1975), 土屋(1975)), 都市微気象学的研究(尾島(1975), 尾島ら(1977), 龍谷ら(1975・77), 都市気候学的立場からの研究(土屋(1972・74), J. E. Lewis (1975), 関口・田宮(1975・77), M. Matson et al. (1978))など、数多くの分野にわたるが、都市気候学的な立場からの研究例は少なく、また、同じ日の早朝と日中の2時期のMSS熱赤外面像による都市気候学的研究はほとんどない。

筆者は東京都心と、その西郊の冬季の早朝と日中の表面温度を2時期のMSS熱赤外面像の解析により求め、土地利用別の温度変化特性ならびに日変化を検討した結果、2~3の事実が明らかとなったので報告し、大方の批判を得たいと思う。

2 方 法

本研究に使用したデータは航空機に搭載されたMSS(Daedalus 社製DS-1250型 Multi Spectral Scanner)により、1975年1月3日^{※1)}の5:52~6:01および11:28~11:46の2回にわたり、武蔵野-葛飾間(図1)を高度1070mから走査(瞬間視野角は2.5~2.7m)して得た第11チャンネル熱赤外波長(9.5~12.0 μ m)の画像フィルム(A), (B)^{※2)}(画像の縮尺は航空機の直下で1/15000)で、財団法人、日本造船振興財団によって公開されたデータである。

フィルム(A), (B)のそれぞれは幅120mmを有するが、グレイスケールの濃度の特性を知るため、同レベルのグレイスケール上の10mmごとの透過濃度を測定し、図2を作成した。測定に使用した濃度計は阿部設計製2112D型で、直径0.1mmの円内の平均濃度を測定している。測定に際してはグレイスケールを10mm間隔

凡例

- 1: 5:52~6:01の撮影コースとフィルム濃度の一様な範囲A
 - 2: 11:30~11:45 " "
 - 3: 上記①, ②の重複する部分(表面温度測定地点選定範囲)
 - 4: 鉄道
 - 5: 河川
 - 6: 地点別の表面温度差ただし、a, bそれぞれは11時30分と6時の表面温度をMSS撮影コースに沿った断面に投影したものである。直線a, bは温度差、cは都心と郊外を区分する境界
 - 7: 都心地区
 - 8: 郊外地区
- Mu: 武蔵野市(関前), Su: 杉並区(善福寺), Na: 中野区(落合), Shu: 新宿区(目白), Bu: 文京区(根津), Ta: 台東区(根岸), Sm: 墨田区(向島), Ka: 葛飾区(新小岩), A: 裸地, B: 道路, C: 駐車場, D: 常緑樹, E: 野菜畑, F: 芝生, G: 水面

図1 武蔵野-葛飾間のMSS撮影コースと土地利用形態別の表面温度分布

で12区分し、各区分線にそった16点で測定し、16個の濃度値の平均を求めた。

本図によると基準となる同レベルのグレイスケールについてフィルム(A), (B)のいずれの熱赤外面像においても、フィルムの幅の中央部で濃度が高く、

凡例

Film (A) : 5 : 52 ~ 6 : 01 の MSS 撮影による熱映像データ

Film (B) : 11 : 30 ~ 11 : 45 の " "

A, B : 濃度の比較的一様な範囲

① ~ ⑧ : グレイレベル

図2 グレイレベル別透過濃度の特性と濃度の一様な範囲

両端に向い低下する傾向を示す。詳細にみると、フィルム (A) ではA (幅50~80mmの範囲) が、フィルム (B) ではB (幅50~90mmの範囲) が、それぞれのフィルムの中で、比較的に濃度の一様ことが知られる。フィルム (A), (B) について、濃度の一様なA, Bの範囲内で、幅10mmごとのグレイレベルの濃度と温度の対応曲線を抽くと、図3のようになる。ただし、図3ではA, Bそれぞれの範囲の両側10mmについても対応曲線を作成してある。本図によると、全体として、グレイレベル1~8の各レベルを結ぶ曲線は3次曲線をなすが、各レベル間は直線であると仮定している。

このA, Bの重複する範囲において (図1参照), 11 : 28 ~ 11 : 46 (以下、日中とする。同様に5 : 56 ~ 6 : 01は早朝と呼ぶことにする。) のMSS走査と同時に撮影された70mmカラーフィルムをもとに、単写真で容易に判読できる裸地、道路、駐車場、常緑樹、野菜畑、芝生および水面など主要な7土地利用に限定して判読^{※3)}し、その地上温度測定地点を上記の熱赤外面像写真上にプロットすると同時に都心 (飛行コースの東端) からの距離を求めた。この画像写真をもとに、上述の (A), (B) の各ポジフィルム上の測定対象地点を測定した。

濃度計の測定範囲が直径0.1mmの円であるため、各測定点の地上測定面積は直径1.5mの円内の濃度を測

定していることになる。各点の測定にあたっては、その地点とその周辺1mm (地上実距離で15m) 以内の2点^{※4)}、計3点を測定し、測定値の平均を求めた。ただし、河川、道路などでは道路、河川にそった3点の平均値を求めてある。これらの各測定地点の濃度値を図3の各フィルム幅ごとの濃度と温度の対応曲線をもとに温度に換算した。換算にあたり、フィルム上の測定対象地点に対応する位置でのグレイステップの濃度と比較している。

グレイスケールの表示温度に対する気柱補正値が (A), (B) について一様であると仮定し、表面温度の早朝と日中ならびに地域的な温度差の解析に重点を置いたので付表 (表6) に示した温度値には気柱補正を行っていない。

3 土地利用形態別の表面温度の変化

(1) 裸地

一般に砂質土、クロボク (腐植土) により構成される地表面の温度は、表1によれば、早朝では-11~0.5℃、平均で-4.82℃、日中では9.1~16℃、平均で12.8℃である。日中と早朝の温度差は11.5~25.3℃、平均で14.62℃であり、温度差と都心からの距離とは正相関 (相関係数0.703) を示し、日中と早朝の温度間には負相関 (相関係数-0.322) を示している。都心と郊外とにデータを区分して統計量を求めると、早朝の都心では-5.1~0.5℃、平均で-3℃、郊外では-11~-4.3℃、平均で-6.8℃を示す。一方、日中の都心では9.1~16℃、平均で12.33℃、郊外では10.7~15.7℃、平均で13.32℃である。日中と早朝の温度差は都心で11.5~20.7℃、平均で15.36℃、郊外で15.2~25.3℃、平均で20.11℃である。図1によれば、都心を離れるに従い、温度差が大きくなること、および杉並区付近を境に西側ではその差が急に大きくなることが知られる。

なお、都心と郊外の間には実際に明瞭な境界があるわけではなく、むしろ、漸移するものと思われるが、ここでは地形図 (昭和49年応急修正1/25000) の家屋記号に着目し、杉並区 (地点番号347、東端からの距離、23.35km) を境に、東では総描家屋が、西には黒描家屋が表わされていること、すなわち、家屋の密集の程度の差によって都心部と郊外とを区別している。

早朝と日中の地表面温度を都心からの距離別に集計

表 1 土地利用形態別の表面温度

Land-use	number of point	kind of data	T O T A L					CENTRAL PART OF THE METROPOLIS										S U B U R B S				
			Mean °C	Min °C	Max °C	S.D. each data	correlation coefficient T-6 distance	number of point	Mean °C	Min °C	Max °C	S.D. each data	correlation coefficient T-6 distance	number of point	Mean °C	Min °C	Max °C	S.D. each data	correlation coefficient T-6 distance	number of point		
Exposed Ground	40	T-6	-4.82	-11.0	0.5	2.426	-0.753	-0.322	-3.03	-5.1	0.5	1.270	-0.249	19	-6.79	-11.0	-4.3	1.766	-0.597	19		
		T-11	12.80	9.1	16.0	1.780	0.331		12.33	9.1	16.0	2.00	0.217	21	13.32	10.7	15.7	1.368	0.009	21		
		Range	14.62	11.5	25.3	3.439	0.703		15.36	11.5	20.7	2.552	0.294	21	20.11	15.2	25.3	2.442	0.440	21		
sandy soil	25	Average	3.99	-0.15	7.15	1.253	-0.459		4.65	2.5	7.15	1.086	0.054		3.27	-0.15	4.3	1.459	-0.602			
		T-6	-3.79	-8.1	0.5	2.084	-0.686	-0.325	-2.87	-5.1	0.5	1.234	-0.182	19	-6.68	-8.1	-4.3	1.459	0.516	19		
		T-11	12.27	9.1	15.4	1.665	0.342		11.94	9.1	15.4	1.670	0.105	19	13.3	10.9	14.2	1.255	0.516	19		
Kuro-boku	15	Range	16.06	11.5	22.2	3.061	0.653		14.82	11.5	19.2	1.996	0.2	6	19.98	15.2	22.2	2.510	0.609	6		
		Average	4.24	2.5	7.15	1.102	-0.391		4.53	2.5	7.15	1.077	-0.023		3.31	2.55	4.15	0.530	-0.218			
		T-6	-6.53	-11.0	-4.3	1.981	-0.541	0.205	-4.5	-4.7	-4.3	0.283	---		-6.84	-11.0	-5.0	1.945	-0.667			
Road	74	T-11	13.69	10.7	16.0	1.650	-0.541		16.0	16.0	16.0	---	---	13	13.33	10.7	15.7	1.466	-0.151	13		
		Range	20.21	17.1	25.3	2.304	0.048		20.5	20.3	20.7	0.283	---		20.17	17.1	25.3	2.48	0.434			
		Average	3.58	-0.15	5.8	1.413	-0.719		5.75	5.65	5.85	0.141	---		3.25	-0.15	4.3	1.193	-0.637			
Parking place	6	T-6	-4.29	-9.8	-1.6	1.167	-0.531	-0.169	-4.0	-5.2	-1.6	0.708	-0.083	9	-6.37	-9.8	-3.7	1.702	-0.531	9		
		T-11	12.75	8.4	15.1	1.203	0.090		12.75	8.4	15.1	1.229	0.133	3	12.79	11.5	14.7	1.061	-0.293	3		
		Range	17.04	10.0	24.5	1.813	0.402		16.75	10.0	20.1	1.528	0.146	65	19.16	15.7	24.5	2.361	0.251	65		
Evergreen forest	35	Average	4.23	2.1	5.5	0.764	-0.335		4.37	2.75	5.5	0.650	0.08		3.21	2.1	4.15	0.787	-0.773			
		T-6	-5.8	-8.8	-2.4	2.959	-0.936	-0.718	-3.2	-4.6	-2.4	1.217	-0.997	3	-8.4	-8.8	-8.1	0.361	0.215	3		
		T-11	12.73	11.3	13.8	1.141	0.523		11.87	11.3	13.0	0.981	-0.501	23	13.6	13.4	13.8	0.2	0.998	23		
Vegetable	16	Range	18.53	13.9	22.4	3.861	0.872		15.97	13.9	15.9	1.041	0.693	12	22.0	21.7	22.4	0.361	0.338	12		
		Average	3.47	2.4	5.3	1.141	-0.951		4.33	3.35	5.30	0.975	-0.874		2.6	2.4	2.9	0.229	0.605			
		T-6	-4.31	-10.1	-1.9	1.732	-0.412	-0.234	-3.56	-5.4	-1.9	0.844	0.038	23	-5.76	-10.1	-2.0	2.095	-0.672	23		
Turf	11	T-11	8.61	4.9	15.0	2.744	0.169		8.48	5.0	14.2	2.353	0.241	12	8.87	4.9	15.0	3.478	-0.030	12		
		Range	12.93	7.9	24.1	3.572	0.330		12.04	7.9	19.1	2.549	0.210	13	14.63	10.6	24.1	4.654	0.280	13		
		Average	2.15	-0.4	5.75	1.441	-0.087		2.46	1.0	5.8	1.225	0.245		1.55	-0.4	4.8	1.682	-0.449			
Surface of water	23	T-6	-7.88	-10.4	-2.0	2.334	-0.913	-0.441	-4.03	-7.3	-2.0	2.857	-0.993	3	-8.76	-10.4	-7.0	0.954	0.040	3		
		T-11	13.25	8.9	15.9	1.751	0.344		12.47	11.3	14.3	1.607	0.991	13	13.43	8.9	15.9	1.793	-0.091	13		
		Range	21.13	13.3	25.6	3.482	0.785		16.5	13.3	21.6	4.464	0.993	9	22.19	15.9	25.6	2.292	-0.087	9		
Average	11	Average	2.69	0.95	4.65	1.107	-0.690		4.22	3.5	4.65	0.625	-0.995		2.34	0.95	3.85	0.865	-0.072			
		T-6	-7.42	-10.8	-4.9	1.997	-0.566	0.389	-5.1	-5.3	-4.9	0.283	1.0	9	-7.93	-10.8	-4.9	1.826	-0.079	9		
		T-11	13.54	10.6	15.2	1.381	-0.284		14.45	13.7	15.2	1.061	1.0	9	13.34	10.6	14.9	1.412	0.023	9		
Average	23	Range	20.96	17.1	23.1	1.937	0.382		19.55	19.0	20.1	0.778	1.0	21	21.28	17.1	23.1	2.001	0.088	21		
		Average	3.06	-0.1	5.15	1.418	-0.537		4.68	4.2	5.2	0.672	1.0		2.71	-0.1	4.1	1.289	-0.043			
		T-6	(2.04)	-4.2	(4.1)	---	---	---					---									
Average	23	T-11	8.32	1.8	12.3	2.94	-0.038															
		Range	(6.29)	(2.4)	(14.8)	---	---	---														
		Average	(5.18)	(-1.2)	(7.9)	---	---	---														

T-6, T-11 : 6時, 11時30分それぞれの表面温度

Range : 6時と11時30分の表面温度の差

Average : 平均表面温度

T-6, T-11 : 6時, 11時30分それぞれの表面温度
 Range : 6時と11時30分の表面温度の差
 Average : 平均表面温度

凡例
A, B : フィルム (A), (B) おおのこの濃度の安定した部分で、濃度測定値を温度に換算するために利用した範囲である。
Film (A) : 5 : 52 ~ 6 : 01 のMS S撮影による熱映像フィルム
Film (B) : 11 : 30 ~ 11 : 45 のMS S " "
Density : フィルムの濃度
Temperature : フィルムの濃度に対応する温度、ただし、破線はフィルム (A), (B), それぞれの対応曲線の右に示された温度と同じ値であることを示す。

図3 グレイレベルの透過濃度と温度との対応曲線

(ただし、ここでは距離のかわりに地点番号で区別してある) した表2によると、都心から遠ざかるに従って早朝の表面温度の平均、最大、最小のいずれの値も低下する。一方、日中では逆に郊外に向って高くなる。早朝と日中の温度差をみると、地点番号99以下の低地で11.5~19.2°C、平均で14.25°C、台地上の地点番号100~199では17.6°C、地点番号200~299では13.2~20.7°C、平均で17.2°C、地点番号300~399では14.4~22.2°C、平均で18.1°C、地点番号400以上で17.1~25.3°C、平均で20.4°Cである。

以上の事実から裸地の表面温度は東京の西郊にゆくにしたがって日中と早朝の温度差が大きくなること、いかえれば都心部よりも郊外の方が表面温度の日変化が大きいことが知られる。これらの表面温度の日変化を地点別に示したのが図4である。本図によると裸

表2 都心からの距離別にみた裸地の表面温度

Locality number	Number of points	kind of data	Mean °C	Min °C	Max °C	S.D.	correlation coefficient each data T-6	
							distance	T-11
99 >	10	T-6	-2.4	-3.8	0.5	1.327	0.198	0.066
		T-11	11.85	10.1	15.4	2.044	0.397	
		Range	14.25	11.5	19.2	2.362	0.233	
		Average	4.73	3.35	7.15	1.250		
100-199	1	T-6	-5.1	-5.1	-5.1			
		T-11	12.5	12.5	12.5			
		Range	17.6	17.6	17.6			
		Average	3.7	3.7	3.7			
200-299	6	T-6	-4.0	-4.7	-3.3	0.484	-0.845	-0.377
		T-11	13.1	9.1	16.0	2.679	0.521	
		Range	17.2	13.2	20.7	2.897	0.521	
		Average	3.96	2.55	5.15	0.825		
300-399	12	T-6	-5.1	-8.1	-2.4	2.163	-0.874	-0.680
		T-11	13.0	10.9	14.2	1.015	0.537	
		Range	18.1	14.4	22.2	2.949	0.826	
		Average	3.96	2.55	5.15	0.825		
400 <	11	T-6	-7.1	-11.0	-5.1	1.982	-0.603	-0.061
		T-11	13.3	10.7	15.7	1.603	-0.153	
		Range	20.4	17.1	25.3	2.625	0.362	
		Average	3.09	-0.15	4.2	1.236		

T-6, T-11: 6時, 11時30分それぞれの表面温度
Range: 6時と11時30分の表面温度の差
Average: 平均表面温度

凡例
A：裸地，B：道路，C：駐車場，D：常緑樹，E：野菜畑，
F：芝生，G：水面
A～Fの凡例 1：LocNo.99，2：LocNo.100～199，
3：LocNo.200～299，4：LocNo.300～
399，5：LocNo.400～
Gの凡例 7：荒川・綾瀬川・中川，8：隅田川，9：
神田川，10：妙正寺川，11：下水処理場，12：
中野工業高校プール，13：善福寺池
A～Gの凡例 14：5：52～6：01の表面温度，15：11：30
～11：45の表面温度，16：表面温度差

図4 土地利用形態別の表面温度分布

地の表面温度の日変化は他の土地利用に比べて、都心と郊外の差が明瞭に表わされていることが知られる。

表2により、同じ都心内部における裸地の表面温度をみると、地点番号99以下の東京下町と地点番号100～199の台地上の地表面温度の日変化はその平均でみると低地の値が小さい。さらに、表3により都心部でゼロメートル地帯とゼロメートル地帯以外の土地にデータを区分すると、ゼロメートル地帯の日変化はそれ以外よりも1.1℃小さい。これらの事実により、地下水位の高い沖積低地、なかでもゼロメートル地帯などでは表面温度の日変化が小さいことが推定されるが、これについては、さらにデータを集積する必要がある。

(2) 道 路

アスファルトにより構成される道路表面の温度は図1によると都心と郊外に差があり、日中と早朝の温度差は都心より郊外に大きいことがうかがえる。表1によれば道路の表面温度は早朝では-9.8～-1.6℃、平均で4.29℃で、日中では8.4～15.1℃、平均で12.75℃である。日中と早朝の温度差は10～24.5℃、平均で17℃であり、温度差と都心からの距離とは正相関（相関係数0.402）を、日中と早朝の温度とは負の

表3 都心部におけるゼロメートル地帯とそれ以外の地区の裸地の表面温度

Land classification	Number of points	kind of data	Mean °C	Min °C	Max °C	S.D.
Exposed Ground Altitude(-M) (sandy Soil)	10	T-6 T-11 Range Average	-2.4 11.9 14.3 4.73	-3.8 10.1 11.5 3.35	0.5 15.4 19.2 7.15	1.327 2.044 2.362 1.250
Exposed Ground Altitude(+M) (sandy Soil)	9	T-6 T-11 Range Average	-3.4 12.0 15.4 4.32	-5.1 9.1 13.2 2.5	-2.4 13.4 17.6 5.15	0.923 1.248 1.360 0.862
Exposed Ground Altitude(+M) (Kuroboku included)	11	T-6 T-11 Range Average	-3.6 12.8 16.4 4.58	-5.1 9.1 13.2 2.5	-2.4 16.0 20.7 5.85	0.942 1.951 2.380 0.964

Altitude(-M)：ゼロメートル地帯
Altitude(+M)：ゼロメートル地区以外の地区

相関（相関係数-0.169）を示している。

都心と郊外を比較すると早朝の都心では-5.2～-1.6℃、平均で-4.0℃、郊外では-9.8～-3.7℃、平均で-6.37℃である。一方、日中の都心では8.4～15.1℃、平均で12.75℃、郊外で11.5～14.7℃、平均で12.79℃を示している。早朝と日中の温度差は都心で10～20.1℃、平均で16.75℃、郊外で15.7～24.5℃、平均で19.16℃である。日中では、都心と郊外の表面温度の差はほとんどないが、早朝では都心の方が平均値で2.4℃ほど高く、上記の都心と郊外の温度日変化の差は、おもに早朝の温度の地域差によることが知られる。

(3) 駐 車 場

コンクリートで構成される駐車場の表面温度は表1によれば、早朝では-8.8～-2.4℃、平均-5.8℃、日中では11.3～13.8℃、平均で12.73℃である。日中と早朝の温度差は13.9～22.4℃、平均で18.53℃であり、温度差と都心からの距離とは正の相関（相関係数0.872）を、日中と早朝の温度とは負の相関（相関係数-0.718）を示している。

都心と郊外を比較すると早朝の都心では-4.6～-2.4℃、平均で-3.2℃、郊外では-8.8～-8.1℃、平均で-8.4℃である。一方、日中の都心では、11.3～13.0℃、平均で11.87℃、郊外では13.4～13.8℃、平均で13.6℃を示している。日中と早朝の温度差は都心で13.9～15.9℃、平均で15.97℃、郊外で21.7～22.4℃、平均で22℃である。日中の表面温度の都心と郊外の差は平均値で約2℃であるが、早朝では5℃以上である。したがって、上記の都心と郊外の温度日変化の差はおもに早朝の表面温度の地域差によるものである。

(4) 常 緑 樹

常緑樹の表面温度は表1によると早朝では $-10.1 \sim -1.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で -4.31°C 、日中では $4.9 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 、平均で 8.61°C である。日中と早朝の温度差は $7.9 \sim 24.1^{\circ}\text{C}$ 、平均で 12.93°C であり、その温度差と都心からの距離とは正相関（相関係数0.33）を、日中と早朝の表面温度間には負の相関（相関係数 -0.234 ）を示している。図1によると地点別の日中と早朝の温度差は葛飾から新宿付近にかけて小さくなるが、新宿より西では再び大きくなり、特に杉並以西では差の大きいものが認められる。

表1により、都心と郊外とを比較すると早朝の都心では、 $-5.4 \sim -1.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で -3.56°C 、郊外では $-10.1 \sim -2^{\circ}\text{C}$ 、平均で -5.76°C である。一方、日中の都心では $5 \sim 14.2^{\circ}\text{C}$ 、平均で 8.48°C 、郊外では、 $4.9 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 、平均で 8.87°C である。日中と早朝の温度差は都心で $7.9 \sim 19.1^{\circ}\text{C}$ 、平均で 12.04°C を示し、郊外では $10.6 \sim 24.1^{\circ}\text{C}$ 、平均で 14.63°C を示している。日中の表面温度では都心と郊外の差はほとんどないが、早朝では都心側が郊外に比較して平均で 2°C 高い。したがって、都心と郊外の温度日変化の差はおもに早朝の表面温度の地域差を反映していることになる。

(5) 野 菜 畑

野菜畑においては栽培種^{※5)}、密度、集約度など畑地の利用状況が表面温度に変化を与えられると思われるが、これらを総合して、野菜畑としてみた場合、その表面温度は表1によると、早朝では $-10.4 \sim -2.0^{\circ}\text{C}$ 、平均で、 -7.88°C 、日中では $8.9 \sim 15.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で 13.25°C であり、早朝と日中の温度差は $13.3 \sim 25.6^{\circ}\text{C}$ 、平均で 21.13°C である。日中と早朝の温度差と都心からの距離とは正相関（相関係数0.785）を、早朝と日中の表面温度とは負の相関（相関係数 -0.441 ）を示している。

都心と郊外を比較すると、早朝の都心では $-7.3 \sim -2^{\circ}\text{C}$ 、平均で -4.03°C 、郊外では $-10.4 \sim -7^{\circ}\text{C}$ 、平均で -8.76°C である。一方、日中の都心では $11.3 \sim 14.3^{\circ}\text{C}$ 、平均で 12.47°C 、郊外では $8.9 \sim 15.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で 13.43°C を示し、日中と早朝の温度差は都心より郊外に大きいことが知られる。平均値で比較すると、日中の表面温度の都心と郊外の差は 1°C で都心が低く、逆に早朝では 4.5°C で都心側が高い。したがって、都心と郊外の温度日変化の差はおもに早朝の温度の地域差を反映したものである。

(6) 芝 生

芝生^{※6)}の温度測定地点は図1に示すように郊外に片寄った分布を示し、かつ、都心の地点数が2地点のみであるため、単純には比較し得ないが、他の土地利用と同様に都心と郊外とを比較すると次の様である。芝生の表面温度は表1によると、早朝では $-10.8 \sim -4.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で -7.42°C 、日中では $10.6 \sim 15.2^{\circ}\text{C}$ 、平均で 13.54°C であり、日中と早朝の温度差は $17.1 \sim 23.1^{\circ}\text{C}$ 、平均で 20.96°C を示す。日中と早朝の温度差と都心からの距離とは正相関（相関係数0.382）を、早朝と日中の温度間では正相関（相関係数0.389）を示す。都心と郊外を比較すると、早朝の都心では $-5.3 \sim -4.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で -5.1°C 、郊外では $-10.8 \sim -4.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で -7.93°C である。一方、日中の都心では $13.7 \sim 15.2^{\circ}\text{C}$ 、平均で 14.45°C 、郊外では $10.6 \sim 14.9^{\circ}\text{C}$ 、平均で 13.34°C を示している。日中と早朝の温度差は都心で $19 \sim 20.1^{\circ}\text{C}$ 、平均で 19.55°C 、郊外で $17.1 \sim 23.1^{\circ}\text{C}$ 、平均で 21.28°C を示し、その温度差は都心より郊外に大きいことが知られる。表面温度の平均でみると、前述の各土地利用とは異なり、早朝では都心と郊外の差は 3°C で、都心が高く、日中でも同様に 1°C 、都心が高い。以上のような特性を有する芝生も表面温度の日変化は郊外に大である。これは早朝の温度の地域差によるものであろう。

(7) 水 面

水面については、他の土地利用に比較し、測定地点が限られており、都心と郊外といった広域の表面温度の日変化よりも、河川、池沼などの個々の水域ごとの特色が顕著であるため、それぞれの水域（水利用）^{※7)}ごとに比較すると以下のようなものである。

図1、図4により、水の表面温度^{※8)}を概観すると、個々の水域、水利用ごとに異なることが知られる。表1は水域のデータをまとめて一群のデータとした統計量を示したものである。本表によると、早朝の水面温度は $-4.2 \sim (4.15)^{\circ}\text{C}$ 、日中では、 $1.8 \sim 12.3^{\circ}\text{C}$ 、平均で 8.32°C である。ただし、早朝の $(4.15)^{\circ}\text{C}$ は、センサーの測定範囲が $-11 \sim 4.15^{\circ}\text{C}$ にセットされ、スケールアウトしているため、正確には 4.1°C 以上であるが、ここでは（）を付し、数値計算してある。したがって、日中と早朝の温度差は $2.4 \sim 14.8^{\circ}\text{C}$ 以下、平均値で 6.29°C 以下となろう。表4により、水域別に水面温度を平均値で比較すると中川、綾瀬川、荒川、隅田川など、河川の下流部では早朝で、 4.1°C 以上、日

表 4 河川・水利利用別の表面温度

water use	number of point	kind of data	Mean °C	Min °C	Max °C	S.D.
R. Nakagawa	3	T-6	(4.1)	(4.1)	(4.1)	---
		T-11	7.03	6.9	7.2	0.153
		Range	(2.93)	(2.8)	(3.1)	---
		Average	(5.57)	(5.6)	(5.7)	---
R. Ayase	2	T-6	(4.1)	(4.1)	(4.1)	---
		T-11	6.55	6.5	6.6	0.071
		Range	(2.45)	(2.4)	(2.5)	---
		Average	(5.33)	(5.3)	(5.4)	---
R. Arakawa	3	T-6	(4.1)	(4.1)	(4.1)	---
		T-11	7.13	7.0	7.3	0.153
		Range	(3.03)	(2.9)	(3.2)	---
		Average	(5.62)	(5.6)	(5.7)	---
R. Sumidagawa	4	T-6	(4.1)	(4.1)	(4.1)	---
		T-11	9.1	9.0	9.3	0.966
		Range	(5.0)	(4.9)	(5.2)	---
		Average	(6.6)	(6.55)	(6.7)	---
R. Kanda	5	T-6	1.58	0.2	3.5	0.596
		T-11	11.58	10.2	12.3	0.491
		Range	10.0	8.8	11.7	-0.222
		Average	6.58	5.7	7.9	0.707
R. Myoshoji	1	T-6	-2.5	-2.5	-2.5	---
		T-11	12.3	12.3	12.3	---
		Range	14.8	14.8	14.8	---
		Average	4.9	4.9	4.9	---
sewerage	1	T-6	3.0	3.0	3.0	---
		T-11	12.1	12.1	12.1	---
		Range	9.1	9.1	9.1	---
		Average	7.55	7.55	7.55	---
pool (Nakano T. high school)	1	T-6	-1.0	-1.0	-1.0	---
		T-11	8.0	8.0	8.0	---
		Range	9.0	9.0	9.0	---
		Average	3.5	3.5	3.5	---
pond (Zenpukuji)	3	T-6	-3.27	-4.2	-1.8	0.820
		T-11	3.07	1.8	4.1	0.998
		Range	6.33	5.9	7.1	0.167
		Average	-0.1	-1.2	1.2	0.938

T-6, T-11: 6時, 11時30分それぞれの表面温度
Range: 6時と11時30分の表面温度の差
Average: 平均表面温度

中では6.5~9.1°C, 日中と早朝の温度差は平均値で2.4~5.0°C以下である。河川の中・上流部にあたる神田川, 妙正寺川では早朝で1.58~2.5°C, 日中で12°C前後を示し, 日中と早朝の温度差は10.0~14.8°Cである。

下水処理場では早朝で3.0°C, 日中で12.1°C, 日中と早朝の温度差は9.1°Cである。プールでは, 早朝で-1°C, 日中で8°C, 日中と早朝の温度差は9°Cを示している。善福寺池では, 早朝で-3.27°C, 日中で3.07°C, 日中と早朝との温度差は6.33°Cである。

以上の事実から, 水面の温度は一般に日変化が小さいが, 水域ごとに比較すると, 河川の下流部では日変化が小さく, 中・上流部で大きくなる傾向を有し, プール, その他の静水状態に近い水域はその中間的な値を示している。しかし, 同じ静水状態にある水域の中でも, 下水処理場の表面水温は他の2者と異なり, 一般に高温を示す。

4 土地利用群よりみた都心と郊外の表面温度の日変化

各土地利用ごとの都心と郊外における表面温度の日変化特性を記載してきたが, 都市気候学的にみた場合, ヒートアイランドなどに間接的に影響を与える表面温度の解析には土地利用群にまとめて都心部と郊外を比較することも必要である。そこで, 上記の各土地利用をまとめるために全群に対する判別分析を行ない各土地利用群の群平均値をプロットしたものが図5である。本図によると, 砂質土およびクロボクからなる裸地, アスファルト道路, 駐車場, 野菜畑, 芝生など, 人による土地改変の激しい土地利用群と, 厳密には人工林であるが, 自然状態に近い土地利用である常緑樹および水面の3群にまとめられるようである。なお, 図5のZ1軸は主として早朝と日中の表面温度差を表わしており, 水面, 常緑樹の群と他の群が区分され, 表面温度の平均値を示すZ2軸によって水面と常緑樹が判別されている。

以上のように大きく3群にまとめられた土地利用群の中の人為による土地改変の激しい土地利用群(裸地

凡例

A1: 裸地(砂質土), A2: 裸地(クロボク), B: 道路, C: 駐車場, D: 常緑樹, E: 野菜畑, F: 芝生, G: 水面
(ただし, $Z1 = -0.00266T6 + 0.03302T11$, $Z2 = 0.01365T6 + 0.17045T11$ の平面上にそれぞれの土地利用群の群平均をプロットしたものである。T6, T11はそれぞれ5:52~6:01, 11:30~11:45の表面温度)

図5 土地利用別の表面温度の群平均値の分布

表5 土地改変の激しい土地利用群の都心と郊外の表面温度

heavily artificially deformed land-use	number point	kind of data	Mean °C	Min °C	Max °C	S.D.	correlation coefficient each data distance	T-6 T-11
total	147	T-6	-5.12	-11.0	0.5	2.238	-0.755	-0.297
		T-11	12.88	8.4	16.0	1.456	0.253	
		Range	17.99	10.0	25.6	3.011	0.684	
		Average	7.76	-0.3	14.3	2.278	-0.580	
central part of metropolis	94	T-6	-3.78	-7.3	0.5	1.055	-0.258	-0.276
		T-11	12.65	8.4	16.0	1.452	0.186	
		Range	16.44	10.0	21.6	2.016	0.269	
		Average	4.43	2.50	7.15	0.771	-0.001	
suburbs	53	T-6	-7.49	-11.0	-3.7	1.771	-0.422	-0.184
		T-11	13.28	8.9	15.9	1.388	0.019	
		Range	20.76	15.2	25.6	2.443	0.317	
		Average	2.90	-0.15	4.3	1.019	-0.354	

T-6、T-11：6時，11時30分それぞれの表面温度
Range：6時と11時30分の表面温度の差
Average：平均表面温度

道路，駐車場，野菜畑および芝生）の温度変化特性を示した表5によると，早朝では-11～0.5℃，平均で-5.12℃，日中では8.4～16℃，平均で12.88℃を示し，日中と早朝の温度差は10～25.6℃，平均で17.99℃である。日中と早朝の温度差と都心からの距離とは正相関（相関係数0.684）をなす。都心と郊外を比較すると早朝の都心では-7.3～0.5℃，平均で-3.78℃，郊外では-11～-3.7℃，平均で-7.49℃である。一方，日中の都心では8.4～16℃，平均で12.65℃，郊外では8.9～15.9℃，平均で13.28℃を示す。日中と早朝の温度差は，平均値でみると，都心で16.44℃，郊外で20.76℃であり，都心より，郊外に日変化が大であることが知られる。

5 ま と め

1975年1月3日の東京都武蔵野－葛飾間のほぼ東西のコースにおいて早朝と日中の2回にわたり撮影されたMS S熱赤外面像を解析した結果，以下のことが明らかとなった。

1) 水面および芝生を除く各土地利用（裸地，道路，駐車場，常緑樹，野菜畑）では一般に早朝の都心の表面温度は郊外に比して高く，逆に日中のそれは低い。芝生では都心の表面温度が早朝，日中ともに郊外よりも高温を示している。

2) 上記の土地利用ごとの表面温度の日中と早朝の温度差（日変化）は都心よりも郊外に大きい。これは，主に，早朝の表面温度の地域差を反映したものであるが，その程度は土地利用によって異なる。

3) 上記の各土地利用は裸地，道路，駐車場および芝生など，人為による土地改変の激しい土地利用群，自然状態に近い常緑樹および水面の3群にまとめられ

るが，その中で，人為による土地改変の激しい土地利用グループについて，都心と郊外の表面温度の日変化を比較すると日変化は郊外に大である。実際の土地利用では都心から離れるに従って常緑樹の占める比率が増大するであろうから，都心と郊外のそれは，さらに大きくなるであろう。

4) ヒートアイランドということばが，日中は当然として，夜間，早朝の都心域の気温が郊外に比較して高温域になる現象に由来しているが，この場合も早朝において，都心の高温現象が明示されている。しかし，日中に都心部が高温を示さないのは，いわゆるクール，アイランド現象に類似するが，新年の休暇中のため通常の工場の操業が行われていないことも，その一因をなすと思われる。これについては，気温と表面温度の関係を含め，今後さらに検討する必要がある。

5) 裸地の表面温度の日変化は台地よりも低地で小さい。また，沖積低地内部のゼロメートル地帯とそれ以外の土地とを比較すると，ゼロメートル地帯の表面温度日変化が小さい。したがって，低地およびゼロメートル地帯など，地下水位の高いと推定される土地（低湿地）ほど表面温度の日変化は小さいといえよう。

6) 水域ごとに比較すると，河川の上，下流あるいは水利用状況を反映して各水域間に差異が認められ，下流部では一般に早朝の表面水温が高く，日変化が小さい。逆に，上流部では早朝の表面水温が低く，その日変化が大きい傾向を示している。

謝 辞

熱映像データについては国立公害研究所環境情報部土屋巖業務室長に，統計解析については広崎昭太調査室長にそれぞれ御指導いただいた。気象データの収集には当情報部 大西茂氏，MS S熱映像データの収集にはB G財団 愛甲敬氏，岡崎修平氏のお世話になった。記して謝意を表する次第である。

注

1)：気象要覧（気象庁1975）の天気図による当日の天候は快晴，西高東低の気圧配置を示し，気象庁月報（気象庁1975）および東京都気象月報（東京管区気象台1975）の気象表によると最低気温は郊外の熊谷，八王子，村山，府中では-3.0～-3.3℃，武蔵野（吉祥寺），世田谷，練馬（中新井）で-2.4～-2.9℃，都心部の新宿，港区，江東，葛飾で-1.4～-1.5℃，千代田区大手町で-0.4℃であ

- り、夜間の放射冷却の強い日であった。
- 2) : フィルム (A) は 5 : 52 ~ 6 : 01, フィルム (B) は 11 : 28 ~ 11 : 46 の各々の時刻に撮影された MSS データによって作成された熱赤外面像を指す。
- 3) : 土地利用の判読には真の土地利用を示さないノイズ, すなわち、影および道路にあっては自動車などを除くなど注意を払った。
- 4) : 地上測定対象の面積は 30m × 30m 以上である。ただし、河川・道路などの線状の対象は、幅 5 ~ 10m 程度である。
- 5) : 70mm フィルム上で緑色を呈する。おそらく、大根などの野菜の葉面と畑地土壌の 2 種類の表面温度を測定していることになろう。
- 6) : 芝生は橙 ~ 褐色を呈し枯れた葉面を有するものと思われる。
- 7) : 水域については比較上、図 1 の濃度の一様な範囲 A, B 以外の 2 ~ 3 点を測定地点として採用している。その温度換算については測定点のフィルム幅方向の位置に対応するグレイスケールと温度の対応曲線にもとづいている。
- 8) : 水面の温度は表皮層 (0.02 ~ 0.1mm) の温度であるが、下層の水温を反映していると考えられる。

参 考 文 献

- C. D. Ellyett, Adrian W. Fleming (1974): Thermal Infrared Imagery of the Burning Mountain Coal Fire, Remote Sensing of Environment 3, 79-86.
- D. Anding, R. Kauth (1970): Estimation of Sea Surface Temperature from Space, Remote Sensing of Environment 1, 217-220.
- 大後美保・長尾隆 (1972): 都市気候学, 東京, 朝倉書店 pp 214
- 藤村貞夫・豊田弘道 (1978): 熱赤外面像による地表対象物の温度推定, 日本国土海洋総合学術診断 昭和52年度事業報告書 1-18
- Fujita T., G. Baralt, K. Tsuchiya (1968): Areal Measurement of Radiation Temperature and their Application to the Determination of Ground and Water Surface Temperature, J. Appl. Meteor., 7, 801-816.
- 福原道一 (1974): 土壌のリモートセンシング, Remote Sensing, Cannon Co. Ltd. 東京, P 481 168-178
- J. E. Lewis, Jr., S. I. Outcalt, R. W. Pease (1975): Urban Surface Thermal Response Associated with Land Use, Proc. of the WMO Symposium on Meteorology as Related to Urban and Regional Land-Use Planning WMO-No. 444, 229-236.
- 気象庁 (1975): 日々の天気図, 気象要覧, No.905
- 気象庁 (1975): 日別値, 気象庁月報, 全国気象表
- 小坂丈予 (1975): 海底火山及び火山島のリモートセンシングによる観測, 日本国土海洋総合学術診断事業報告書 173-177
- M. Matson, E. P. McClain, D. F. Maginnis, Jr., A. Pritchard (1978): Satellite Detection of Urban Heat Islands, Monthly Weather Review 106, 1725-1734.
- 中山裕則・田中総太郎 (1978): 多摩川流域における土地利用分布と温度分布に関する考察, 日本写真測量学会年次学術講演会予稿集 123-128
- 中山裕則 (1979): 富山平野における地表面温度の特性, 日本地理学会予稿集 16 224-225
- National Field Investigations Center-Denver (1972): Remote Sensing Report, Claveston Bay, Houston Ship Channel, Trinity Bay, Texas for February 1972 NTIS PB-230 339, pp. 22.
- 落合弘明・土屋清 (1969): 赤外放射温度計による夏の伊勢湾の海面温度, 海と空, 45 11-20
- 落合弘明・土屋清 (1971): 赤外線カメラと赤外放射計による夏期の地表面および海面温度測定 天気 18-1 17-22
- 尾島俊雄 (1975): 都市環境に於ける熱的破壊について, リモートセンシングシンポジウム資料, 97-98
- 尾島俊雄・松野英而・円満隆平 (1977): 都市環境アセスメントの基礎研究 (その2), 日本国土海洋総合学術診断事業報告書 329-332
- リモートセンシング研究会 (1975): リモートセンシングノートー原理と応用 pp 146 130
- 龍谷光三・梅干野晃 (1975): リモートセンシングとグラントルースによる都市表面温度 (2), 日本国土海洋総合学術診断事業報告書 197-201
- 龍谷光三・梅干野晃 (1977): リモートセンシングの建物環境における照り返し観測への応用について, 日本国土海洋総合学術診断事業報告書, 319-328
- 関口武・田宮兵衛 (1975): 熱映像からみた東京のヒートアイランド, 日本国土海洋総合学術診断事業報告書, 185-189
- 関口武・田宮兵衛 (1977): 熱映像からみた都市域と農村域の比較-新潟市とその付近において-, 日本国土海洋総合学術診断事業報告書 339-340
- 関口武・田宮兵衛 (1977): リモートセンシングによる東京のヒートアイランド解析, 日本国土海洋総合学術診断事業報告書 333-338
- Slavecki, R. J., (1965): Detection and Location of Subsurface Coal Fires, Proc. of the 3rd Symp. of Remote Sensing of Environment (ANN Arbor) Mich. 537-547.
- 高田誠二 (1969): 赤外放射を利用する温度測定, 応用物理 38-6 537-545
- 東京管区気象台 (1975): 東京都気象月報, 10-17
- 豊田弘道 (1972): サーマル・マッピング 計測と制御 11-1 74-78
- 豊田弘道 (1975): 熱赤外面像解析の基礎, 日本国土海洋総合学術診断事業報告書 337-347
- 土屋巖 (1972): 赤外放射計による緑地帯の都市気候学的研究, 日本地理学会予稿集 2 67-68
- 土屋巖 (1974): 都市のリモートセンシング Remote Sensing Cannon Co. Ltd. 東京 P481 149-164
- 土屋巖 (1975): 島海山小氷河群とその周辺の熱映像解析 日本国土海洋総合学術事業報告書 138-140
- 宇都宮陽二郎 (1978): 都市における冬季の地表面温度変化とその特性 日本地理学会予稿集 15 200-201
- Victor, I., M. D. Hilman (1969): Thermal Infrared For Soil Temperature Studies, Photogrametric Engineering 35, 1024-1032.

付表(表6) 早朝と日中の地点別表面温度

LOC	HEIGHT	DIST.	LAND USE	SURFACE MATERIAL	6100	11130	RANGE	AVERAGE	LOC	HEIGHT	DIST.	LAND USE	SURFACE MATERIAL	6100	11130	RANGE	AVERAGE
	H	H			°C	°C	°C	°C		H	H			°C	°C	°C	°C
49	-0.1	1300	FARM	SANDY SOIL	-3.4	10.1	13.5	3.35	49	-1.0	4800	PARKING PLACE	CONCRETE	-2.4	13.0	15.4	5.30
54	-1.0	1725	OPEN SPACE	SANDY SOIL	-2.3	10.1	12.4	3.9	100	0.0	4425	PARKING PLACE	CONCRETE	-2.6	11.3	13.9	4.35
60	-0.2	2000	SCHOOL GROUND	SANDY SOIL	-3.1	11.4	14.5	4.15	134	47.0	22400	OPEN SPACE	CONCRETE	-4.6	11.3	15.0	4.35
65	-0.3	2275	RIVERSIDE	SANDY SOIL	0.5	12.0	11.5	6.25	135	55.0	27500	PARKING PLACE	CONCRETE	-0.3	13.4	21.7	2.55
77	-0.6	3000	STADIUM	SANDY SOIL	-3.4	12.8	16.2	4.70	416	58.0	27625	PARKING PLACE	CONCRETE	-0.8	13.6	22.4	2.40
79	-0.6	3100	OPEN SPACE	SANDY SOIL	-3.8	15.4	19.2	5.80	417	58.0	27725	PARKING PLACE	CONCRETE	-0.8	13.8	21.9	2.95
82	-0.3	3275	STADIUM	SANDY SOIL	-2.8	10.7	13.5	3.95	45	-1.1	1750	GRAVE YARD	EVERGREEN FOREST	-3.3	8.1	10.6	1.80
85	-0.3	3450	STADIUM	SANDY SOIL	-3.0	10.3	13.3	3.65	50	-1.0	1325	GRAVE YARD	EVERGREEN FOREST	-2.8	8.1	10.9	2.65
89	-1.0	4300	STADIUM	SANDY SOIL	-1.7	10.4	12.1	4.35	52	-1.0	1400	FOREST	EVERGREEN FOREST	-2.8	11.3	14.1	4.25
97	-0.2	4450	STADIUM	SANDY SOIL	-1.0	15.3	16.3	7.15	94	-1.0	4325	GRAVE YARD	EVERGREEN FOREST	-1.9	6.7	8.0	2.40
184	20.0	9875	STADIUM	SANDY SOIL	-5.1	12.5	17.6	3.70	270	30.0	7875	GRAVE YARD	EVERGREEN FOREST	-3.8	6.5	10.3	1.35
214	20.0	11525	SCHOOL GROUND	SANDY SOIL	-3.3	12.8	16.1	4.75	154	20.0	7425	GRAVE YARD	EVERGREEN FOREST	-4.3	6.3	10.6	1.00
223	25.0	11850	STADIUM	SANDY SOIL	-4.1	11.4	15.5	3.65	163	20.0	8125	TEMPLE	EVERGREEN FOREST	-4.7	8.8	13.5	2.05
225	28.0	12675	STADIUM	SANDY SOIL	-3.7	13.4	17.1	4.65	170	20.0	8475	FOREST	EVERGREEN FOREST	-4.5	8.1	12.6	1.80
242	28.0	12950	STADIUM	SANDY SOIL	-4.1	9.1	13.2	2.50	171	10.0	8775	PARK	EVERGREEN FOREST	-4.8	7.0	11.8	1.10
301	30.0	18400	OPEN SPACE	SANDY SOIL	-2.4	12.0	14.4	4.00	172	10.0	8800	PARK	EVERGREEN FOREST	-4.8	8.0	12.5	1.75
302	30.0	18650	OPEN SPACE	SANDY SOIL	-2.4	12.7	15.1	5.15	264	30.0	14100	FOREST	EVERGREEN FOREST	-3.6	7.9	11.5	2.15
313	35.0	19600	OPEN SPACE	SANDY SOIL	-2.8	12.6	15.4	4.90	267	30.0	14175	FOREST	EVERGREEN FOREST	-3.4	8.3	11.7	2.45
322	45.0	21900	SCHOOL GROUND	SANDY SOIL	-2.7	11.9	14.4	4.60	269	30.0	14525	FOREST	EVERGREEN FOREST	-4.0	9.6	13.6	2.80
261	30.0	13825	STADIUM	KUROBOKU	-4.3	16.0	20.3	5.85	282	40.0	14650	FOREST	EVERGREEN FOREST	-2.8	11.1	14.1	2.00
261	30.0	13750	STADIUM	KUROBOKU	-4.7	16.0	20.7	5.85	304	35.0	19150	FOREST	EVERGREEN FOREST	-2.6	11.1	14.1	2.25
361	50.0	24300	SCHOOL GROUND	SANDY SOIL	-4.3	10.9	15.2	3.30	314	40.0	20925	FOREST	EVERGREEN FOREST	-3.3	7.8	11.1	2.45
381	54.0	25525	OPEN SPACE	SANDY SOIL	-8.1	14.1	22.2	3.00	321	45.0	21800	FOREST	EVERGREEN FOREST	-3.8	8.3	12.1	2.25
382	54.0	25550	OPEN SPACE	SANDY SOIL	-7.4	14.1	22.2	3.00	322	45.0	21800	FOREST	EVERGREEN FOREST	-3.8	8.3	12.1	2.25
394	55.0	26050	STADIUM	SANDY SOIL	-5.7	14.0	19.7	4.15	327	45.0	22225	FOREST	EVERGREEN FOREST	-3.2	8.4	11.7	2.50
400	55.0	26700	STADIUM	SANDY SOIL	-6.7	13.6	20.3	3.45	335	47.0	22700	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.4	13.7	19.1	4.15
410	55.0	27100	STADIUM	SANDY SOIL	-7.9	13.0	20.9	2.55	341	47.0	23150	FOREST	EVERGREEN FOREST	-3.1	9.9	13.0	3.40
384	54.0	23975	ROAD	KUROBOKU	-5.0	13.6	18.6	4.30	347	47.0	23025	FOREST	EVERGREEN FOREST	-2.7	14.2	16.9	5.75
384	54.0	25750	STADIUM	KUROBOKU	-5.3	13.8	19.8	3.90	347	49.0	23150	FOREST	EVERGREEN FOREST	-2.7	14.2	16.9	5.75
394	55.0	26100	FARM	KUROBOKU	-8.3	13.0	21.3	2.35	357	49.0	23650	FOREST	EVERGREEN FOREST	-2.5	5.5	7.9	1.05
394	55.0	26125	STADIUM	KUROBOKU	-6.7	15.1	21.8	4.20	351	49.0	23725	FOREST	EVERGREEN FOREST	-2.0	11.1	13.1	4.55
401	55.0	26250	STADIUM	KUROBOKU	-5.1	13.5	18.6	4.20	357	49.0	24050	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.3	6.7	12.0	0.70
402	55.0	26275	STADIUM	KUROBOKU	-5.8	12.3	18.1	3.95	358	49.0	24125	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.4	8.2	13.6	1.40
407	55.0	26800	SCHOOL GROUND	KUROBOKU	-6.7	12.2	18.6	2.95	359	49.0	24175	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.8	7.7	13.5	0.95
408	55.0	26900	OPEN SPACE	KUROBOKU	-5.3	13.2	18.5	3.95	365	50.0	24675	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.1	6.6	11.9	0.85
426	60.0	28800	OPEN SPACE	KUROBOKU	-5.6	11.5	17.1	2.95	366	50.0	24625	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.5	7.4	12.9	0.95
426	60.0	28775	OPEN SPACE	KUROBOKU	-5.3	13.7	18.7	4.45	389	54.0	24875	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.7	4.9	10.6	-0.40
427	60.0	28125	FARM	KUROBOKU	-8.8	13.3	24.1	3.20	389	54.0	24875	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.7	4.9	10.6	-0.40
428	60.0	28225	FARM	KUROBOKU	-9.6	15.7	25.3	3.05	390	55.0	25850	FOREST	EVERGREEN FOREST	-10.1	13.5	23.6	1.70
428	63.0	29375	FARM	KUROBOKU	-11.0	10.7	21.7	-0.15	391	55.0	25900	FOREST	EVERGREEN FOREST	-9.1	15.0	24.1	2.95
35	-0.2	300	ROAD	ASPHALT	-1.8	8.4	10.0	3.40	403	55.0	26375	FOREST	EVERGREEN FOREST	-5.8	5.7	11.5	-0.05
35	-0.2	300	ROAD	ASPHALT	-1.8	8.4	10.0	3.40	433	62.0	29275	FARM	VEGETABLE	-2.0	11.3	13.3	4.65
46	-0.1	1150	ROAD	ASPHALT	-4.6	10.1	14.7	2.75	432	-0.1	800	FARM	VEGETABLE	-2.0	11.8	16.6	4.50
47	-0.1	1200	ROAD	ASPHALT	-4.6	11.1	15.7	3.25	436	47.0	22900	FARM	VEGETABLE	-2.0	11.8	16.6	4.50
74	-0.6	2900	ROAD	ASPHALT	-3.8	11.9	15.7	4.05	571	50.0	25075	FARM	VEGETABLE	-0.8	13.8	22.6	2.50
74	-0.6	3000	ROAD	ASPHALT	-4.1	14.6	18.7	5.25	572	50.0	25125	FARM	VEGETABLE	-0.8	13.2	22.0	2.20
83	-0.3	3575	ROAD	ASPHALT	-4.1	14.6	18.7	5.25	573	50.0	25100	FARM	VEGETABLE	-0.8	13.3	22.7	1.95
84	-0.2	3625	ROAD	ASPHALT	-3.6	14.2	17.8	5.00	579	54.0	25600	FARM	VEGETABLE	-0.8	13.2	22.0	2.20
88	-0.2	4075	ROAD	ASPHALT	-3.9	11.3	15.2	3.70	583	54.0	25700	FARM	VEGETABLE	-0.8	12.8	21.4	2.10
92	-0.2	4050	ROAD	ASPHALT	-3.9	13.2	17.1	4.05	597	55.0	26000	FARM	VEGETABLE	-0.8	12.8	21.4	2.10
93	-0.2	4025	ROAD	ASPHALT	-4.0	12.4	16.4	4.20	604	55.0	26550	FARM	VEGETABLE	-0.8	15.8	23.9	3.85
94	-0.2	3975	ROAD	ASPHALT	-3.7	13.7	17.6	4.95	619	58.0	27550	FARM	VEGETABLE	-0.8	15.9	24.4	3.70
101	0.0	4650	ROAD	ASPHALT	-4.7	13.6	18.3	4.55	619	58.0	27800	FARM	VEGETABLE	-0.8	14.0	21.1	3.45
102	0.0	4675	ROAD	ASPHALT	-3.0	12.9	15.9	4.95	634	60.0	28800	FARM	VEGETABLE	-0.8	13.5	23.1	1.95
103	0.0	4725	ROAD	ASPHALT	-2.7	12.0	14.7	4.05	636	60.0	29050	FARM	VEGETABLE	-10.4	15.2	26.6	2.40
113	0.1	5075	ROAD	ASPHALT	-3.4	12.6	16.0	4.60	637	60.0	29175	FARM	VEGETABLE	-9.4	13.1	22.5	1.85
114	0.1	5125	ROAD	ASPHALT	-2.2	12.8	16.2	4.95	637	60.0	29175	FARM	VEGETABLE	-9.4	13.1	22.5	1.85
115	1.0	5350	ROAD	ASPHALT	-3.3	12.6	15.9	4.65	640	25.0	10400	PARK	TURF	-7.0	8.9	15.9	0.95
116	1.0	5375	ROAD	ASPHALT	-2.7	12.4	15.1	4.85	260	25.0	13775	STADIUM	TURF	-4.9	15.2	20.0	4.20
117	1.0	5650	ROAD	ASPHALT	-3.1	13.1	16.2	5.00	376	50.0	24900	OPEN SPACE	TURF	-8.6	4.5	23.1	2.95
117	1.0	5625	ROAD	ASPHALT	-3.8	13.3	16.9	4.95	380	54.0	25500	FARM	TURF	-8.9	14.0	22.9	2.55
119	1.0	5600	ROAD	ASPHALT	-3.5	13.6	17.1	5.05	385	54.0	25725	STADIUM	TURF	-8.5	12.2	17.1	3.65
121	1.0	5775	ROAD	ASPHALT	-3.3	12.4	15.7	4.55	400	55.0	26150	FARM	TURF	-6.5	14.7	21.2	4.10
122	1.0	5800	ROAD	ASPHALT	-3.6	13.3	16.9	4.85	405	55.0	26650	STADIUM	TURF	-10.8	10.6	21.4	-0.10
123	1.0	5850	ROAD	ASPHALT	-3.9	13.7	17.6	4.90	409	55.0	26875	OPEN SPACE	TURF	-7.4	12.4	19.8	2.50
124	1.0	5925	ROAD	ASPHALT	-3.5	13.3	17.0	5.00	431	60.0	28350	STADIUM	TURF	-9.8	13.1	22.9	1.05
126	1.0	5400	ROAD	ASPHALT	-4.3	14.1	18.4	4.95	437	60.0	28375	STADIUM	TURF	-9.0	14.9	22.9	3.45
127	1.0	6500	ROAD	ASPHALT	-4.8	11.6	16.4	3.40	437	60.0	28425	STADIUM	TURF	-6.5	13.7	20.2	3.60
128	1.0	6525	ROAD	ASPHALT	-4.9	12.6	17.5	3.95	56	0.0	1925	R.NAKA	WATER	(4.1)	7.2	(3.0)	(5.85)
129	1.0	6550	ROAD	ASPHALT	-4.8	12.9	17.7	4.05	57	0.0	1850	R.NAKA	WATER	(4.1)	7.0	(2.9)	(5.55)
130	1.0	6575	ROAD	ASPHALT	-4.2	12.7	16.9	4.90	58	0.0	1900	R.NAKA	WATER	(4.1)	6.9	(2.8)	(5.30)
131	1.0	6625	ROAD	ASPHALT	-5.2	12.3	17.4	3.60	60	-0.1	1975	R.AYASE	WATER	(4.1)	6.5	(2.4)	(5.30)
132	1.0	6650	ROAD	ASPHALT	-4.7	12.9	17.6	4.10	62	-0.3	2150	R.AYASE	WATER	(4.1)	6.6	(2.5)	(5.35)
133	1.0	6725	ROAD	ASPHALT	-4.6	14.7	19.3	5.05	66	-0.3	2375	R.ARAKAWA	WATER	(4.1)	7.3	(3.2)	(5.70)
134	1.0	6750	ROAD	ASPHALT	-3.1	10.9	14.0	3.90	70	0.0	2475	R.ARAKAWA	WATER	(4.1)	7.1	(3.0)	(5.60)
137	1.8	7025	ROAD	ASPHALT	-4.1	13.1	17.2	4.50	70	0.0	2575	R.ARAKAWA	WATER	(4.1)	7.0	(2.9)	(5.55)
140	1.8	7175	ROAD	ASPHALT	-5.0	13.2	18.2	4.									