

愛媛大学大学院	正会員	○森脇 亮
愛媛大学	非会員	林 佑亮
愛媛大学	正会員	重松和恵

1. はじめに

都市域の気温が郊外に比べて上昇するヒートアイランド現象は国内外の都市で多く報告されてきており、一般に人口が多い大都市ほどその傾向が顕著になることが知られている（たとえば、Oke 1988）。日本ではこの現象における影響は深刻であり、たとえば街路樹の展葉時期の変調などの都市生態系への影響や、人体への健康被害（夏季の熱中症増加や光化学大気汚染の促進）などが問題となっている。またヒートアイランドは夏季のエアコン使用による電力需要の集中化を招いておりエネルギー政策の観点からも問題視されている。日本におけるヒートアイランド研究は東京や大阪などの大都市を中心に行われているものの、その発生メカニズムの把握や抑制対策は未だ十分でない。その原因の一つとして、平野全体にわたって都市化が進行してしまったため、ヒートアイランド強度（都市中心と郊外の気温差）を明確に把握できないことが考えられる。そこで本研究では、比較的スケールの小さい都市においてヒートアイランドの調査を行い、ヒートアイランドの特性（特にヒートアイランド強度の日変化、季節変化、天候との関係）を解明することを目的とする。

本研究で対象とする都市は愛媛県松山市である。この都市は51万人の人口をもち四国では最大の都市である。松山では1980年ころから中心街が急速に都市化し、現在では100 km²程度の敷地に人口の大部分が集中している。ところが、その周辺部では水田や畑などが残っており、土地利用のコントラストが明確であることから、松山はヒートアイランドの研究を遂行するには適した都市であると考えられる。

2. 観測方法および解析手法

松山市内およびその周辺部の小学校の百葉箱の中に気温・湿度センサー（Onset社のU23-001）を取り付けた。このセンサーの精度は±0.2℃であり、センサー間の機差は±0.1℃である。観測ポイントは全部で18地点（図-1参照）。測定間隔は10分とし、2008年7月15日から2009年3月まで上記地点にて連続計測を行った。これにより、大量のデータを得ることができ、日変化から季節の変化まで幅広い時間スケールの変化を調べることができる。

ヒートアイランド強度 ΔT は従来の研究と同様に次式で定義した。

$$\Delta T = T_{urban} - T_{rural}$$

ここで、 T_{urban} と T_{rural} はそれぞれ都心部の気温と郊外の気温を示す。都市と郊外の代表地点の選定方法はヒートアイランド強度を議論する上できわめて重要である。本研究では、国土数値情報（国土地理院）の土地利用種別を参考にした。国土地理院の国土数値情報の1コマ100m×100mの細密数値情報から各観測地点を中心に500m×500mの土地利用の中で建物用地と幹線交通用地の占める割合を算出し、その割合が90%以上の観測地点を都市、50%以下の観測地点を郊外とした。その結果、都市として2地点（図-1中の●）、郊外として3地点（図-1中の○）が選定され、これらの地点の平均値をそれぞれ T_{urban} 、 T_{rural} とした。

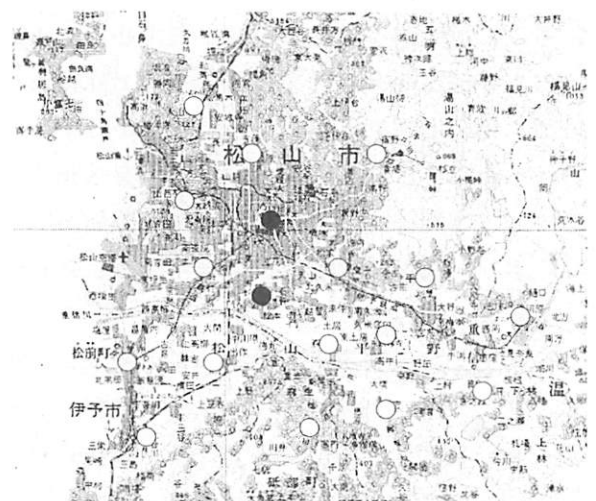


図-1 観測地点（18地点）

●：都心部の代表点，○：郊外の代表点

3. 夜間のヒートアイランド

夏季夜間における松山市とその周辺の気温の空間分布の一例（2008年7月15日21時）を図-2に示す。白い色は高温域、黒い色は低温域を示す。等温線の間隔は 0.2°C である。+印は観測点。標高150m以上は山の等高線で、標高0m以下は海なので塗りつぶしてある。図から明らかなように、気温の高い部分がほぼ松山の中心部に集中し、また郊外に向かうにつれて気温が低くなっている。松山平野において、典型的なヒートアイランド現象が生じていることが観測により初めて明らかになった。同様の現象は冬季夜間にも確認されている。次章でも述べるが、この現象は日没後から顕著に現れ始め、翌日の日の出まで継続的に生じる。一方日中の時間帯には、夜間のような気温分布は不明瞭になる傾向がある。

4. 晴天日・曇天日におけるヒートアイランド強度の日変化

図-3は7月から9月における夏季の晴れまたは曇りの日（計43日分）のヒートアイランド強度 ΔT の日変化をアンサンブル平均したものを示す。 ΔT の日変化は特徴的なパターンを示す。 ΔT は夜間（20時～翌6時）と昼（12時～14時）に大きくなり、特に夜間は ΔT が大きい状態が持続している。最大ヒートアイランド強度は 1.8°C で23時ごろに生じる。また朝と夕刻の時間帯に ΔT はほぼゼロとなり一時的にヒートアイランドは解消する。図中の誤差バーは標準偏差であるが、この大きさは ΔT の日変動に比べて十分小さく、このことから松山平野ではこの特徴的なヒートアイランド現象がほぼ毎日のように生じていることが分かる。ヒートアイランド強度のこのような特徴的な日変化パターンは、筆者らの知る限り、他に事例はなく、興味深い結果である。本研究で得られたヒートアイランドの挙動を説明することは簡単ではなく、都市と郊外の熱容量、天空率、人工排熱などの差異、および局地風との関係などを考慮して多面的に検討する必要がある。

5. ヒートアイランド強度に与える降雨の影響

図-4は夜間に降水を観測した2008年10月10日と晴天日の ΔT の日変化（図-3）を示す。棒グラフは10月10日に観測した降水量である。前章でも述べたように晴天日は夜に ΔT が大きくなるが、10月10日は降水を観測した夜間の時間帯に ΔT が小さくなっている。理由の一つとして、地表面が雨水に覆われることにより地表の熱が伝導されやすくなり、郊外よりも相対的に温度の高い都心部において地表面がより効率的に冷却され、その結果、都心部と郊外の気温差が小さくなったと考えられる。

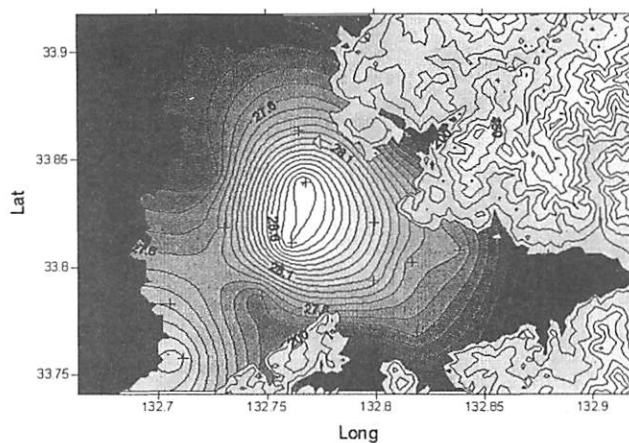


図-2 松山平野における気温の水平分布
(2008年7月15日21時)

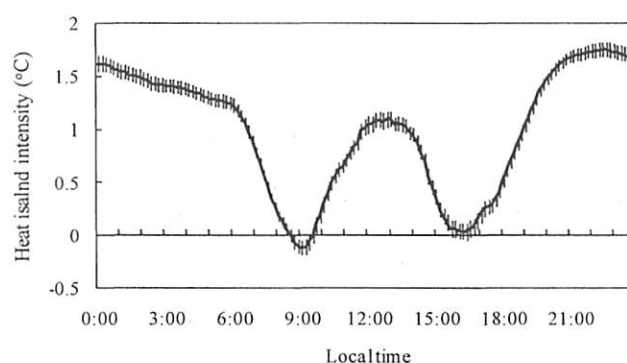


図-3 夏季のヒートアイランド強度の平均日変化

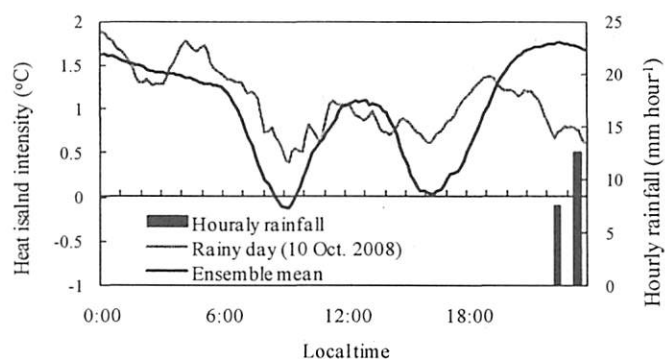


図-4 降水日と晴天日における ΔT の日変化。
棒グラフは時間降雨量を示す。