

土地利用の違いが雲の発達に与える影響 ～松山平野における日射量及び後方散乱強度観測による検討～

愛媛大学大学院 学生会員 ○松尾悠平 中電技術コンサルタント 正会員 森本一行
愛媛大学大学院 正会員 森脇亮

1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨による災害が頻発しており社会問題となっている。局所的な集中豪雨には都市の影響が考えられ、その関連を示した研究は多く存在するが、未だ決定的ではない。また、国内の研究の多くは東京を中心とした大都市で行われているため、中小都市を含めた他都市での研究事例を増やしていく必要がある。

本研究では、降水の前段階である雲の形成過程に着目し、松山平野において筆者らが実施している気象観測によるデータを用いて、都市域と郊外域の地表面の土地利用の違いが上空の雲の形成に与える影響について検討を行った。松山平野では、土地利用のコントラストが明瞭であり(図-1)、ヒートアイランド現象が慢性的に生じることが確認されている¹⁾。また、都市と郊外での地表面フラックス観測から放射・熱収支データを得られる利点がある。このことから、土地利用の違いが雲の形成に与える影響について検討を行う上で松山平野は適した地域である。

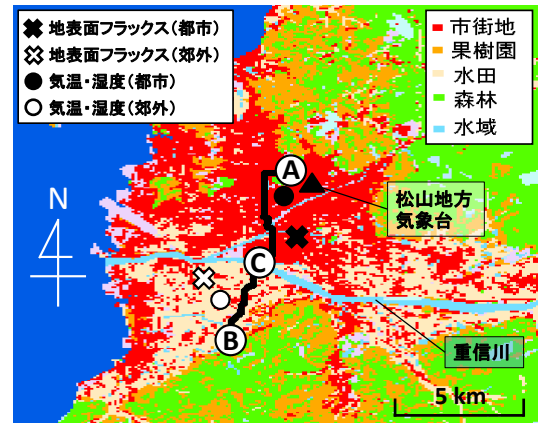


図-1 松山平野の土地利用及び各観測地点

2. 観測方法

シーロメーター (CL31, Vaisala) を軽トラックに設置し、後方散乱強度の移動観測を行った。観測ルートは、愛媛大学(図-1のA点)から南下し、上野郵便局前(図-1のB点)でUターンして愛媛大学へ戻ってくるまでとした。1回の観測の所要時間は約1時間である。図-1の土地利用を基に、A点から中川原橋(図-1のC点)までの区間を都市域、C点からB点までの区間を郊外域と定義した。観測日は、天気図、天気予報、目視により雲の観測が可能であろう日を選定した。雲が観測できたのは計23回であった。また、都市の代表地点(図-1の黒色×印)と郊外の代表地点(図-1の白色×印)において地表面フラックスの同期観測を行っている。放射収支計(CNR-4, Kipp&ZonenとMR-40, EKO)から得られた鉛直下向きの短波放射量を日射量として解析に用いた。また、超音波風速温度計(SAT-550, Kaijo-sonic)より、渦相関法を用いて顕熱フラックスを算出している。さらに、松山平野内の小学校の百葉箱に気温・湿度センサー(U23-001, Onset)を設置し、気温及び湿度の連続計測を行っている。本研究では、都市の代表地点(図-1の黒色●印)と郊外の代表地点(図-1の白色○印)における気温及び相対湿度のデータを持ち上げ凝結高度の算出に用いた。

3. 日射量・熱収支データによる検討

地上に到達する日射量は上空の雲によって遮られるため本研究では日射の減少率を雲の厚さの指標とした。本解析では熱的な対流が盛んな夏季の比較的晴れた日を対象にして、2011年7, 8, 9月から日照率50%以上80%未満の日を抽出し、都市と郊

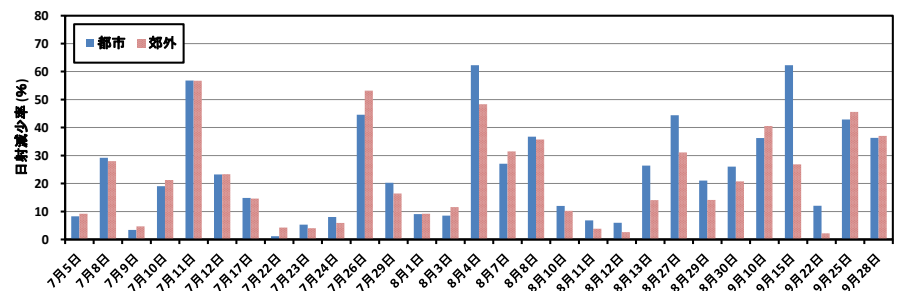


図-2 13時から17時の日射減少率

外の日射減少率を比較した。日射減少率は以下のように定義した。解析対象とする92日を10日または11日毎に区切り、都市・郊外それぞれにおいて、10分毎の日射量データから各時間の最大値を求め、区切った

期間毎に仮想的な快晴日を設定する．解析対象日の日射量が仮想的な快晴日の日射量に比べて減少した割合を日射減少率とした．日射減少率が大きいほど，雲による日射の遮断効果が大きいことを表し，雲の発達程度が大きいと考えられる．図-2 に解析対象日における日中から夕方にかけての都市と郊外の日射減少率を示す．その結果，郊外よりも都市で日射減少率が大きくなる日が多く見られ，郊外域よりも都市域で雲が発達しやすい傾向にあることが示唆された．この要因を検討するため，顕熱フラックスの積算値から推定した混合層の発達高度と持ち上げ凝結高度 LCL (Lifted Condensation Level) の高度差を検討した (図-3)．LCL[m] は式(1)に示す Henning の公式を用いて算出した．

$$LCL = 125(T_0 - \tau_0) \quad (1)$$

ここで， T_0 は地上気温[℃]， τ_0 は露点温度[℃]を表す．図-3 より，都市では 13～14 時頃に高度約 1500m で混合層が LCL に達した後さらに上空へ発達しているが，郊外では 11～12 時頃に高度約 1000m で混合層が LCL に達した後はあまり発達していない．つまり都市域では，地表からの顕熱の著しい供給によって対流が活発であり混合層の発達が大きいため，地上の空気は LCL を超えた後もさらに高い高度まで持ち上げられ，雲の発達が大きいと考えられる．一方郊外域では，顕熱の供給が小さく混合層の発達が小さいため，地上の空気は LCL を超えた後はあまり持ち上げられず，雲の発達が小さい．

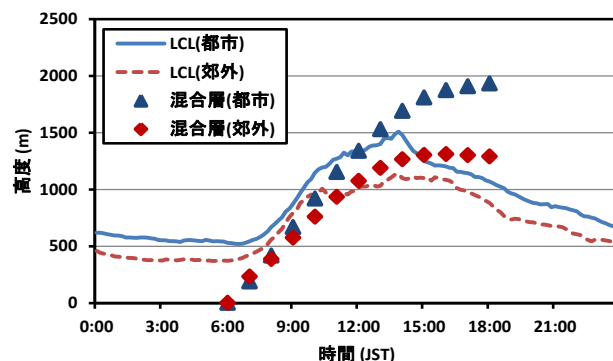


図-3 混合層高度とLCLの比較
(2010年9月の日照率50%以上80%未満の日の平均値)

4. 後方散乱強度による検討

本章では，3 章で定義した日射減少率をシーロメーターから得られる後方散乱強度を用いて算出した．地表に到達する直達日射量は Beer の法則により式(2)のように表される．

$$I = I_0 \exp(-k) \quad (2)$$

ここで， I は地上に到達する直達日射量[Wm^{-2}]， I_0 は大気上端における直達日射量[Wm^{-2}]， k は大気の光学的厚さを表す．大気の光学的厚さ k はシーロメーターから得られる後方散乱強度の鉛直方向積算値に比例すると仮定し， $1 - \exp(-k)$ をシーロメーターによる日射減少率と定義した．なお全天日射量とシーロメーターによる後方散乱強度の関係については，雲が低層(1000～3000m)に存在する場合には良い相関が得られていることを別途確認している．図-4 にシーロメーターの移動観測により得られた都市域と郊外域の日射減少率の最大値を示す．23 ケース中 17 ケースで都市域の値が大きく，また比較的晴れていた日に郊外域より都市域で大きな値を示していた．シーロメーターによる後方散乱強度の移動観測結果からも，都市上空で雲が発達しやすい傾向にあることが示唆された．今後，降水に対する都市効果を検討する上で重要な知見が得られたものと考えている．

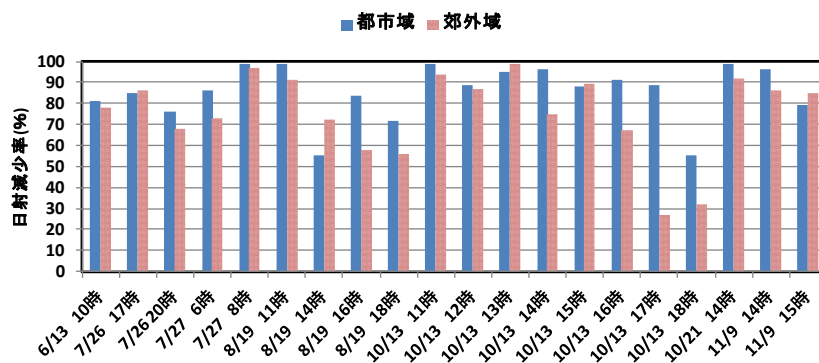


図-4 日射減少率の最大値

参考文献

- 1) 藤森祥文, 林佑亮, 森脇亮: 松山平野におけるヒートアイランドの特性, 水工学論文集, 第 54 巻, pp.313-318, 2010.