

夜間のヒートアイランド強度とヒートアイランド循環

Nocturnal heat island intensity and its circulation

酒井 敏 [1]; 飯澤 功 [2]; 梅谷 和弘 [3]; 伊藤 文 [4]; 矢島 新 [5]; 小野 耕作 [6]; 鈴木 尚起 [4]; 大西 将徳 [4]

Satoshi Sakai[1]; Isao Iizawa[2]; Kazuhiro Umetani[3]; Aya Ito[4]; Arata Yajima[5]; Kosaku Ono[6]; Naoki Amemura[4]; Masanori Onishi[4]

[1] 京大・人環; [2] 京大・人環・環境相関; [3] 京大・人環・地球科学; [4] 京大・人環; [5] 京大・地環・環マネ; [6] 京大・人環
[1] Human and Environ., Kyoto Univ; [2] Environmental networks, Kyoto Univ; [3] Earth Dynamics, Human and Environment, Kyoto Univ; [4] Human and Environmental Studies, Kyoto Univ; [5] Env Man, Earth Env., Kyoto Univ.; [6] Human and Environ. Kyoto Univ

2004年から2006年にかけて行った京都のヒートアイランド観測で、夜間のヒートアイランドの原因として都市部と郊外の熱慣性の違いが大きな要因になっていることが示された。都市部の夜間のヒートアイランドが熱慣性の違いによって生じていると考え、都市部と郊外の温度差（ヒートアイランド強度）は、日没から明け方にかけて単調に増大することが予想される。ところが、よく晴れた日の夜間の典型的な気温変動を調べると、日没後2-3時間で都市部と郊外の温度差が最大になり、明け方にかけて温度差が減少することが観測された。これは、日没後2-3時間で郊外から冷却された空気が流れてきて都市部を冷却するためである。ヒートアイランド強度が日没後数時間で最大となる現象は、多くの都市でよく観測されており、都市固有の現象というより、ヒートアイランド現象の一般的な特徴のように見える。そこで、Mori and Niino (2002 JAS) の水平対流の解析に基づいてこのヒートアイランド循環の特性について考察した。

Mori and Niino (2002) は、一様成層した流体層の下部境界の一部の温度を時刻0に T だけステップ関数的に下げたときの初期値問題を考えた。その結果、初期には拡散が支配的となる「拡散レジーム」となるが、その後は基本場の成層強度と冷却部の境界層の成層強度の比率によって、流れ場は重力波が支配的となる「重力波レジーム」と冷却された流体が重力流として非冷却部に流れ出す「重力流レジーム」に分類できることを示した。彼らは、このレジームの境界を重力波の位相速度と重力流の速度の比較から物理的に解釈したが、冷却部と非冷却部の境界（フロント）に生じた圧力差とそれによって生成される運動量に着目して再解釈することもできる。その結果、重力波レジームでは、フロント部で生成される内部重力波が、生成された運動量を運び去り圧力差とバランスするため、フロントは基本的に動かず、一方、重力流レジームでは生成される運動量が大きすぎて内部重力波で運びきれないため、重力流としてフロントを伴った流れが非冷却部に流出することがわかった。このレジームの境界は、基本場の成層強度に対して、冷却部の境界層に付加された成層強度が等しくなる場所である。すなわち、冷却部の成層強度（基本場+境界層）が、基本場の成層強度の2倍以下ならば重力波レジーム、2倍を超えると重力流レジームとなる。

都市部の夜間のヒートアイランドが、熱慣性の違いによってもたらされると考え、昼間は都市部から郊外にかけて大気がよく混合されて上空まで温度差のない状態になっているものと考え、日没後の成層強度はそれぞれの場所の熱慣性に反比例する。したがって、都市部と郊外の熱慣性の違いが2倍を超えると、成層強度の違いも2倍を超えるため、都市部と郊外の境界に生じる圧力差を重力波が支えることができなくなり、重力流が郊外から都市部に流入することになる。すなわち、ヒートアイランド強度が郊外の日較差の半分を超える程度になると、郊外から冷却された空気が流れ込み、ヒートアイランド強度を抑えることが予想される。

また、「拡散レジーム」から「重力流レジーム」に移行する無次元時間が1よりかなり大きく10に近い（森、私信）ことから、これを実時間に直すと日没後2-3時間で都市部で冷気流が観測される事実と符合する。このようなことから、熱慣性が郊外の2倍を超える都市では、日没後数時間でヒートアイランド循環が励起され、郊外の冷気が流れ込んで都市を冷却していると考えられる。

なお、ヒートアイランド強度が日没後数時間で最大になる理由に関して Oke(1981) のモデル実験が有名であるが、これは熱伝導の相似則を無視した議論であり、その物理的解釈は誤りである。