

平成21年5月8日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500876

研究課題名（和文）局地循環によるヒートアイランド緩和効果に関する研究

研究課題名（英文）Mitigation effect of local circulation on urban heat island

研究代表者

境田 清隆 (SAKAIDA KIYOTAKA)

東北大学・大学院環境科学研究科・教授

研究者番号：10133927

研究成果の概要：

仙台市においては海風、長野市においては山風という局地循環がヒートアイランドを緩和している実態を観測結果から捉えようとした。仙台では春季から夏季にかけての海風吹走日に、3～5℃の気温低下が観測されるが、その効果は都心でも低減しなかった。長野においては、北西方向の裾花川から吹き出す山風が都心を冷却している実態が明らかになった。また東京都心では海風を含む南風吹走時に新宿などの風下に強雨が発現することが明らかになった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：気候学

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：ヒートアイランド、海風、山風、ラフネス、接地逆転、局地循環、緩和効果

1. 研究開始当初の背景

モデル的なヒートアイランドは同心円状の気温分布と表現されるように都心を中心とする高温現象であるが、実際にはその立地、地形条件等によって、さまざまな形態をとることが知られている。海岸に立地する都市では、海風に伴う冷気の侵入があり、モデル的なヒートアイランド循環と海風循環の合体が、大気汚染など、特異な現象を引き起こすことも知られていた。

一方、古くからは都市生活の居住快適性の観点、近年ではエアコンなどのエネルギー消費抑制の観点からも、ヒートアイランドの緩和

策に関する議論が活発化している。緩和策としては都心の緑地や水辺空間の拡充と並んで、海風などの局地循環の都心への導入の有効性が指摘されているものの、東京・大阪・名古屋など巨大都市の対症療法的な指摘に止まっていた憾みがある。

地理学においてヒートアイランド研究の歴史は旧く、全国各地のヒートアイランドの実態解明に貢献してきたが、緩和策という技術的ないし応用的観点は不足していた。しかし、ヒートアイランドが都市の立地条件などによって異なる形態を呈するという観点は地理学の得意とする考え方であることから、

緩和策という技術的・応用的テーマを掲げつつ、ヒートアイランドの個性・地域性を明らかにする研究の重要性が認識されてきたといえよう。

2. 研究の目的

本研究の目的はヒートアイランドの出現様態と海陸風・山谷風などの局地循環との関係を求め、ヒートアイランド緩和における局地循環の利用可能性を明らかにすることである。

ヒートアイランドの出現様態は、都心部の人間活動の規模とともに、当該都市の自然的立地条件によって大きな影響を受け、海岸近くに立地する場合は海陸風、内陸に立地する場合は山谷風の影響を受け、わが国都市の多くはその何れかの影響下にあるといえる。本研究では、前者の事例として仙台、後者の事例として長野を取り上げ、局地循環が都心部の高層建築物や郊外の地表被覆の影響を受けながら、都市のヒートアイランドの形態を変え、結果的にヒートアイランドの緩和と促進にどのように寄与しているかを観測事実から明らかにする。

都心部は建築物が立ち並んでラフネスが大きく、海風や山風の冷却効果が十分に発揮されないという指摘がある。本研究では局地循環と建物の関係をできるだけ立体的に捉えることを試みる。

また東京においては、ヒートアイランドと関連して短時間強雨が注目を集めていることに鑑み、海風などの局地循環が建物の影響で変形し、短時間強雨を引き起こす実態解明とメカニズムの考察を行なう。

3. 研究の方法

(1) 仙台

ヒートアイランドの実態は、小学校約 20 校の百葉箱を利用した気温観測結果を利用した。海風の状況は、仙台管区気象台のデータを利用した。また市街地の中心部に位置する宮城県本庁舎に風向風速計と温湿計を設置 (図 1) して、都心部に進入した海風がどのように冷却効果を発揮するか、立体的な解析を試みた。

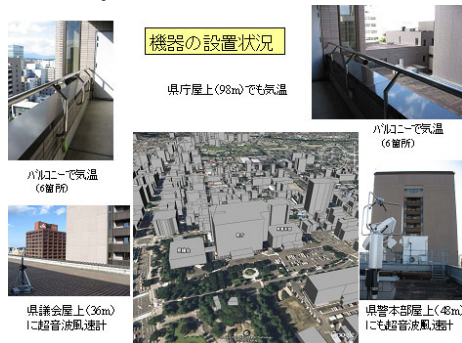


図 1 県庁庁舎の観測機器の設置状況

(2) 長野

郊外の地点として徳間地区の果樹園を採用し、長野市内の 14 ケ所に自動観測所を設け観測を行った。市内の小中学校 10 校、駅前公園にデータロガ (Onset Computer Corporation, HOBO H8 pro) を約 1.5m の地上高にフェンスポール等に設置した。裾花川上流 2 箇所、郊外 1 箇所に総合気象観測装置 (Onset Computer Corporation, HOBO Weather Station) を設置した (図 2)。さらに市街地ビルの屋上の 4 箇所に風速計を設置した。

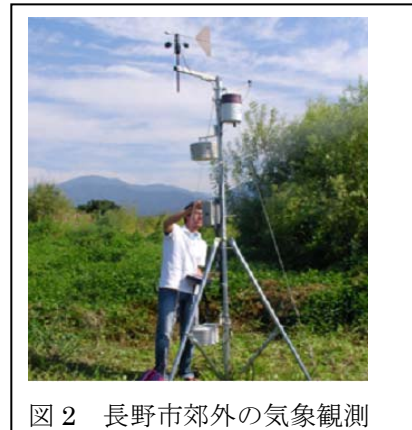


図 2 長野市郊外の気象観測

(3) 東京

熱帯擾乱などによる広範囲の降水事例を除外し、アメダス、JR 東日本および東京都建設局による毎正時の時間降水量に基づいて、都心域で時間降水量 20mm 以上を観測した 226 事例 (時間) を抽出した。対象期間は 1991~2002 年の 6~9 月であるが、1993 年は東京都降水量に多数地点で長期間の欠測があるため除外している。強雨発生 2 時間前における東京 (大手町) の風向風速 (時刻 t までの 1 時間の平均風ベクトルを $V=(7V_{t+5}+5V_{t-1})/12$ で評価) により、抽出した 226 事例を分類した。4 方位の東風時 (105 事例) と南風時 (77 事例) について、事例数が同程度になるよう、風速 3m/s を境に弱風時 (東風 46 事例, 南風 45 事例) と強風時 (東風 59 事例, 南風 32 事例) に区分した。また、都心域における風速分布を評価するために、(株)パスコ作成の 2.5m 間隔地表面標高 (DSM) から算出した空気力学的粗度 z_0 およびゼロ面変位 z_d (高橋・中村 2006) を用いた。

4. 研究成果

(1) 仙台

① 夏季日中 (海風の影響)

晴天弱風日の昼間には仙台平野では海風が発達し、海風の開始によって、都心を含め、海岸から内陸に向かって、気温の頭打ち現象

(午前中の気温上昇の停止)が進行する。そのような事例日において、観測結果を検討してみると、県庁庁舎においては海風に伴う冷気が屋上から地上付近に降下していく様子が観測された。このような現象は、県庁庁舎の風上側(東側)で明瞭であり、海風が県庁庁舎に当たって、地表に向かって下降する現象を捉えたものと考えられる。(図3)

海風による冷却効果は事例ごとに異なるが、全体的に4-5月の方が6-7月に比べ大きいこと、風速と正相関が認められた。都心に対し、海岸とほぼ同距離にある郊外として野村、高層ビルは無いが低層住宅が密集している南小泉を選定し海風日の3者の気温差を検討した(図2)結果、日の出前のヒートアイランドの形成と、海風によりそれが解消されていく過程が見て取れる。海風吹走時では都心の冷却量が低層住宅地よりも大きく、郊外よりも低温になっていることが判った。

②秋季夜間(弱風による接地逆転の破壊)

10月の晴天日の夜間では、郊外で接地逆転層が発達するが、県庁庁舎付近では静穏時に形成された接地逆転層が、2~3m/s程度の弱風で破壊される様子が捉えられた。このとき鉛直風速も強化されており、都心部の建物による大きなラフネスが、弱風において効率よく鉛直混合を引き起こしていると解釈される。都心におけるこのような接地逆転層の形成と破壊は、数時間の時間間隔で繰り返される傾向がある。また小学校の百葉箱データから求めた仙台市のヒートアイランド強度の変化は、この鉛直混合の盛衰とよく同調していた。すなわち秋季の夜間におけるヒートアイランドの形成は、弱風によって接地逆転層が破壊される都心と、接地逆転層が継続する郊外との気温差が、大きく寄与していることが明らかになった。

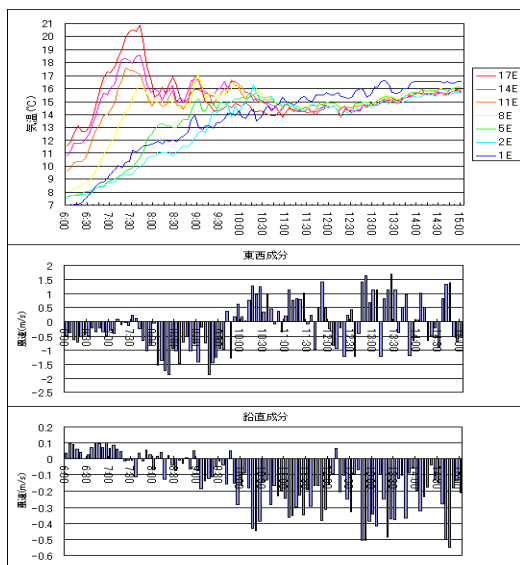


図3 県庁庁舎東側各層の気温変化(上)と県警屋上の風の東西および鉛直成分(下)

(2) 長野

日中には全地点で、北北東-南南西方向を中心とした風が卓越しているが、夜間になると頻度分布に変化が見られる(図4)。その変化がとくに顕著なのが市街地中央の二つの地点であり、晴天日・曇天目ともに夜間は、北西方向の風が認められた。残りの3つの地点は卓越する風向が明瞭に現れていない。

以上から、山風が進入する範囲は駅西側の市街地に限定され、市街地から離れた地点や駅東側には影響が小さいといえる。また、市街地の高温大気が夜間に吹く山風によって、吹き飛ばされ、ヒートアイランドの緩和が示唆される。

また山間の傾斜地に隣接する長野市内に、気温データロガーを10箇所、ウェザーステーションを3箇所、風速計を5箇所設置した結果、長野駅北西にある裾花川にそって山風が進入し、山風が進入する範囲は駅西側の市街地に限定されていた。山風の存在が市街地の気温分布に影響を与えることがわかった。

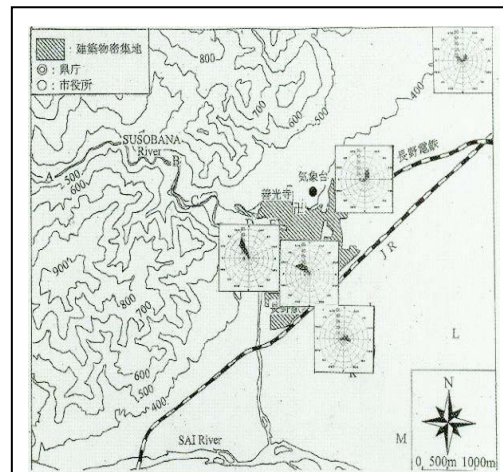


図4 山風発生夜間晴天日の風向頻度分布
(2008年1月から12月, 対象:37事例)

(3) 東京

東京(大手町)の風向風速によって分類した時間降水量20mm以上の頻度分布によると、弱風時には南風の場合(図5)に都区部北部(池袋や光が丘の風下側)、東風では都区部西部(新宿の風下側)に局地的な高頻度域が存在する。強風時についても、南風・東風とも弱風時と類似の場所に高頻度域が存在する。しかし、その風上側においても強雨頻度が高く、南風の場合には都区部西部に、東風では都心ないしその南側から風向方向に延びる高頻度帯が認められる。

南風の場合について、上空250mの風速を一樣として、 z_0 と z_d から風速の対数則によ

り高度ごとの風速分布を算出すると、都区部西部では東部に比べて下層における東西方向の水平シアが大きくなる。また、Oke (1988) は、都市と郊外など地表面粗度の差異に起因する風向の変化を指摘している。すなわち、地表面粗度による摩擦が大きい場合には、地衡風に対する風向の偏倚が反時計回り（北半球の場合）に大きくなる。したがって、地表面粗度が大きい都心域周辺に南風が吹走する場合を考えると、都区部西部（東部）において収束（発散）が期待される。南風強風時に強雨の高頻度帯が都区部西部に存在し、東風強風時においても都心ないしその南側から風向方向に高頻度帯が認められることは、風速が大きい場合に上述の要因が強雨発現に関与している可能性を示唆している。すなわち、強雨発現に対する地表面粗度の影響は風速によって変化し、弱風時には新宿・池袋付近など1~2kmスケールのきわめて大きい地表面粗度が関与し、強風時には都心域の広域的に大きい地表面粗度の役割が増大すると考えられる。

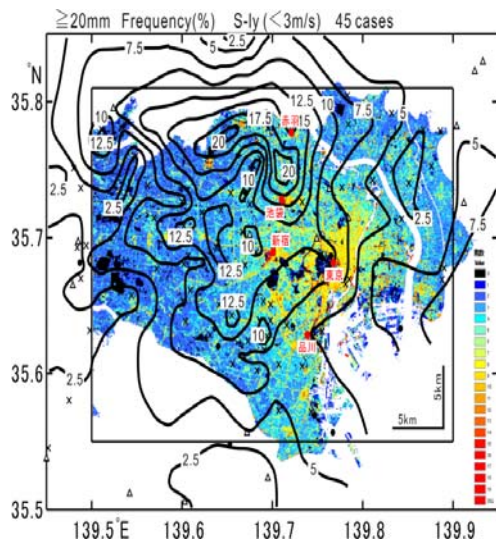


図5 東京都心域（枠内）に発生した南風弱風時における強雨事例数（ $\geq 20\text{mm/h}$ 、45事例）に対する各観測点の強雨事例数の割合(%)。

背景は土地利用・建物現況調査 GIS データ（平成 8、9 年）による 50m メッシュ内の最大建築物階数。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 2 件）

1) 境田清隆・野村亮介：仙台市中心部における風と気温の鉛直的観測。季刊地理学, 60, 54-55. 2008（査読無し）

2) 鈴木博人・中北英一・高橋日出男：降雨の空間代表性—鉄道と気象庁の降水量データを用いた解析—。土木学会 水工学論文集 52, 187-192. 2008（査読有）

〔学会発表〕（計 8 件）

1) 境田清隆・倉持真之：都心のヒートアイランド緩和に及ぼす海風の影響—仙台市中心部の鉛直的観測から—。日本地理学会春季学術大会 2009 年 3 月 29 日 帝京大学（八王子）

2) 瀬戸芳一・高橋日出男：地表面粗度による観測風の補正手法を用いた関東平野における風系構造の把握。日本地理学会 2009 年度春季学術大会 2009 年 3 月 28 日 帝京大学（八王子）

3) 石川裕貴・榎原保志：裾花川流域の冷気流が長野市の気候に及ぼす影響について。平成 20 年度長野県気象研究発表 2008 年 12 月 5 日 長野市城山公民館

4) 高橋日出男・中村康子・鈴木博人・赤塚幸恵：夏季の東京都心域における強雨発現頻度分布の風速による差異。日本地理学会 2008 年度秋季学術大会 2008 年 10 月 4 日 岩手大学（盛岡）

5) 高橋一之・三上岳彦・高橋日出男：夏季における東京都区部の風系とヒートアイランド現象との関係（第 1 報）—海陸風と気温分布との関係の統計的分析—。日本気象学会 2008 年度春季大会 2008 年 5 月 21 日 開港記念会館（横浜）

6) 境田清隆・野村亮介：ヒートアイランドの形成と緩和に及ぼす風の影響—仙台市中心部における鉛直的観測から—。日本地理学会春季学術大会 2008 年 3 月 30 日 獨協大学（草加）

7) 榎原保志・山下浩之：福岡市における都市内外の気温差の特徴。日本地理学会春季学術大会 2008 年 3 月 30 日 獨協大学（草加）

8) 榎原保志・杉村真央・濱田浩美・中川清隆：東京・佐倉間の気温と気圧分布の特徴。日本地理学会秋季学術大会 2007 年 10 月 7 日 熊本大学

〔図書〕（計 1 件）

1) 高橋日出男・小泉武栄編：自然地理学概論。朝倉書店, 174 頁, 2008

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

境田 清隆 (SAKAIDA KIYOTAKA)
東北大学・大学院環境科学研究科・教授
研究者番号：10133927

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

榊原 保志 (SAKAKIBARA YASUSHI)
信州大学・教育学部・教授
研究者番号：90273060

高橋 日出男 (TAKAHASHI HIDEO)
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号：40202155