

## ② 冷気にじみだしの発生条件

菅原広史\*・成田健一\*\*・三上岳彦\*\*\*・萩原信介\*\*\*\*

Meteorological condition for park breeze

Hirofumi Sugawara\*, Ken-ichi Narita\*\*, Takehiko Mikami\*\*\*, Shinsuke Hagiwara\*\*\*\*

### はじめに

都市内における公園等の緑地は、夏季は周辺市街地よりも低温である。また、公園内の冷気は夜間の静穏時においても市街地へ流出し（冷気にじみ出し現象）、都市温暖化を緩和する効果がある（成田ほか、2004）。この現象は公園内の冷気が、より高温の市街地の空気との密度差により高温側へ流出する重力流ととらえることができ、気象学的にみても興味深い。永谷ほか（2007）は新宿御苑における夏季一か月間の測定データを解析し、にじみ出しは深夜から早朝（特に22時から翌1時）に発生頻度が高くなることを示している。この研究では市街地と緑地の境界2地点での風向データからにじみ出しを検出しており、発散という条件がどこまで厳密に把握できているか定かではなかった。一方、にじみ出しを重力流ととらえれば、静穏かつ市街地との気温差が大きい時に発生しやすいことが予想される。これらの発生条件については定量的な議論がこれまで行われてこなかった。そこで本報告では、自然教育園において実測を行い、にじみ出し現象の発生条件について解析した。

### 測 定

2014年の夏季に次の測定を行った。自然教育園内の市街地境界付近8か所に超音波風速計（Windsonic, Gill社）と温度計（TRT-52A, T&D社）を設置し（図1）、にじみ出しの測定を行った。温度計の温度感部は自作の自然通風シェルター内に取り付けた。各地点は図1に示す地点記号（Nなど）を使って表すことにする。また園中央のタワー上端（地上20m, 樹冠上6m）において超音波風速計（SAT-540, ソニック社）により風向・風速・気温の測定を行った。この樹冠上の風を上空風と呼ぶことにする。南側のタワー上端（地上18m）においても複合センサー（WXT-550, VAISALA社）により風向・風速・気温の測定を行った。これを地点名Stowerとする。地点Nにおいては超音波風速計（Windsonic）をポールにとりつけ、地上6mでの測定を行った。これを地点Nupperとするまた、

---

\*防衛大学校, National Defense Academy

\*\*日本工業大学, Nippon Institute of Technology

\*\*\*帝京大学, Teikyo University

\*\*\*\*国立科学博物館附属自然教育園, Institute for Nature Study, National Museum of Nature and Science

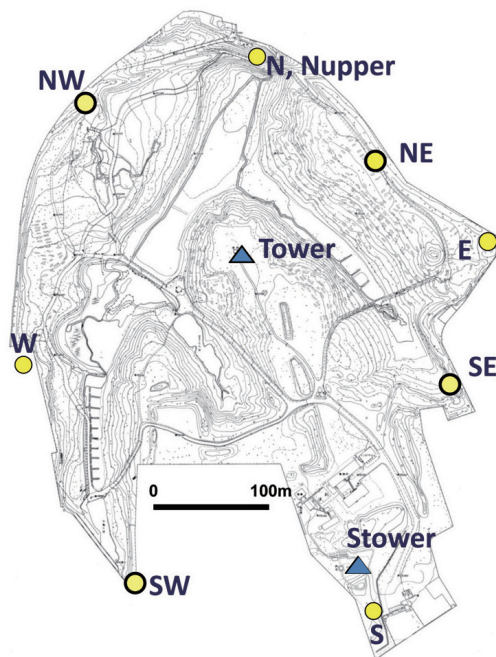


図1 観測地点の位置.

自然教育園周辺の3つの小学校（加計塚，下目黒，高輪台）の百葉箱に温度計を設置して測定した。これら3地点の平均を市街地気温として解析に使用する。

## 結 果

図2に2014年7月28～29日の各地点での風向風速および気温を示す。市街地の気温を参考のために併せて示した。まず北側の地点（N, Nupper, NW）およびEでは16時ごろに上空風向が南西から南へ変化すると、それと同時に市街地へ向かう風向へと変化している。また、各地点ともこれと同時に気温の急激な低下がみられる。このような風向と気温の変化はこれまで見られてきた冷氣にじみ出しの特徴である。ただし、他の地点では必ずしも市街地へ向かう風向とはなっておらず、教育園全体では発散風とはなっていない。北側の地点のみで市街地へ向かう風が見られる理由のひとつには、上空風と方向が一致していることもあると考えられる。

一方、南側の地点（S, Stower, SE）およびWではこの16時ごろに風向の変化は見られるが、市街地へ向かう方向への変化ではない。しかし、およそ2時には風向が市街地へ向かう方向へと変化し、明確な気温低下も見られた。この時刻以降では欠測であったSWを除きすべての地点で市街地へ向かう風が観測され、園全体で発散風となっていた。夕方16時ごろの変化は上空風の風向変化がトリガーとなったと考えられるが、夜半過ぎ0～1時の変化は上空風が弱くなった（1～2m/sへと変化）ことに起因すると考えられる。Stowerにおいても冷氣にじみ出しの特徴が見られたということは、冷氣の厚さが18m以上であることを示している。夕方からすでに市街地向きの風向となっていた北

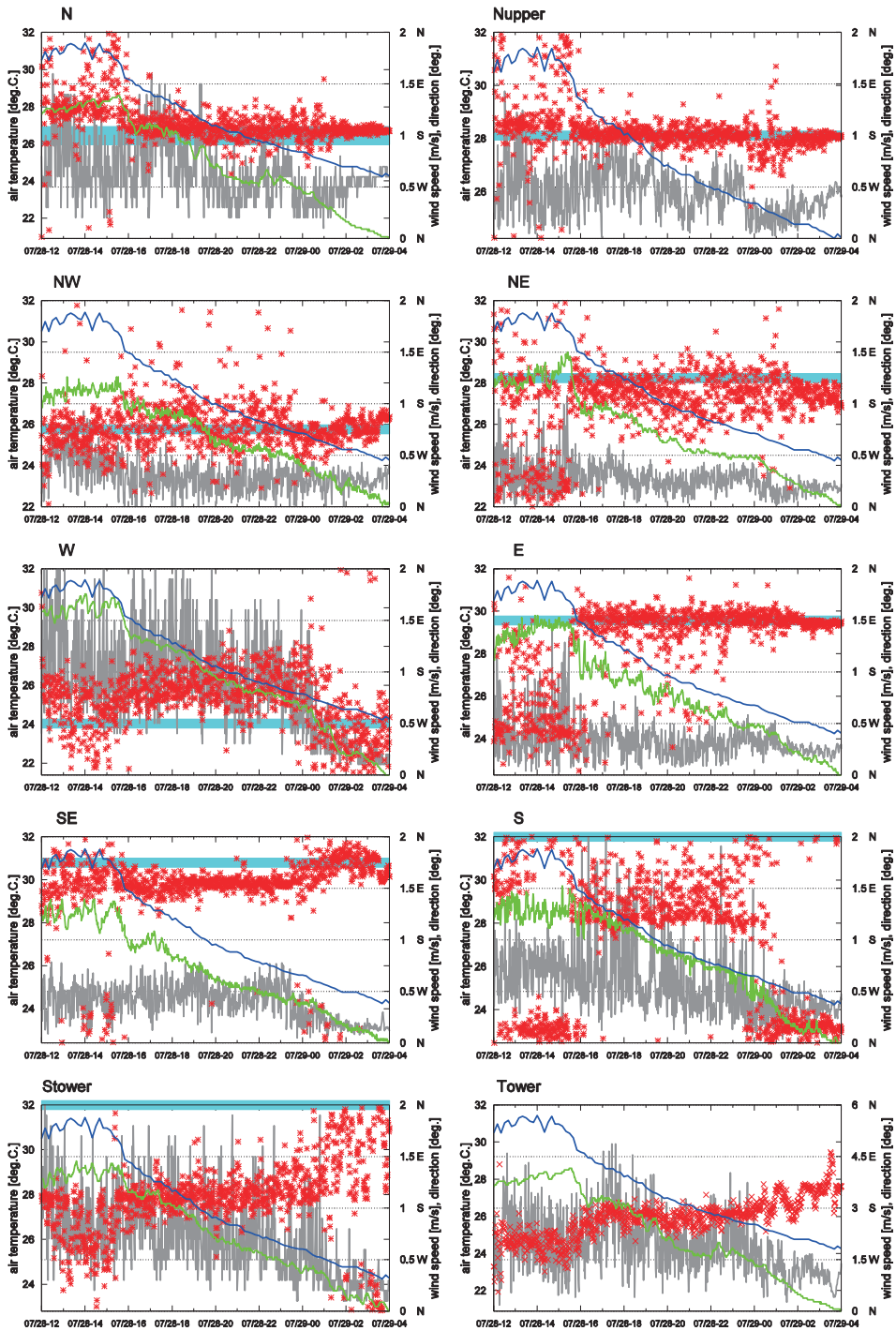


図2 各地点の風向(赤色), 風速(灰色), 気温(緑色). 市街地気温(青色)も示した. 2014年7月28~29日. 水平にひかれた青色太線は市街地へ向く風向を表す. 図中の記号は地点名で図1と対応している. Nupperには温度計は設置されておらず, SW地点はこの日は欠測であった.

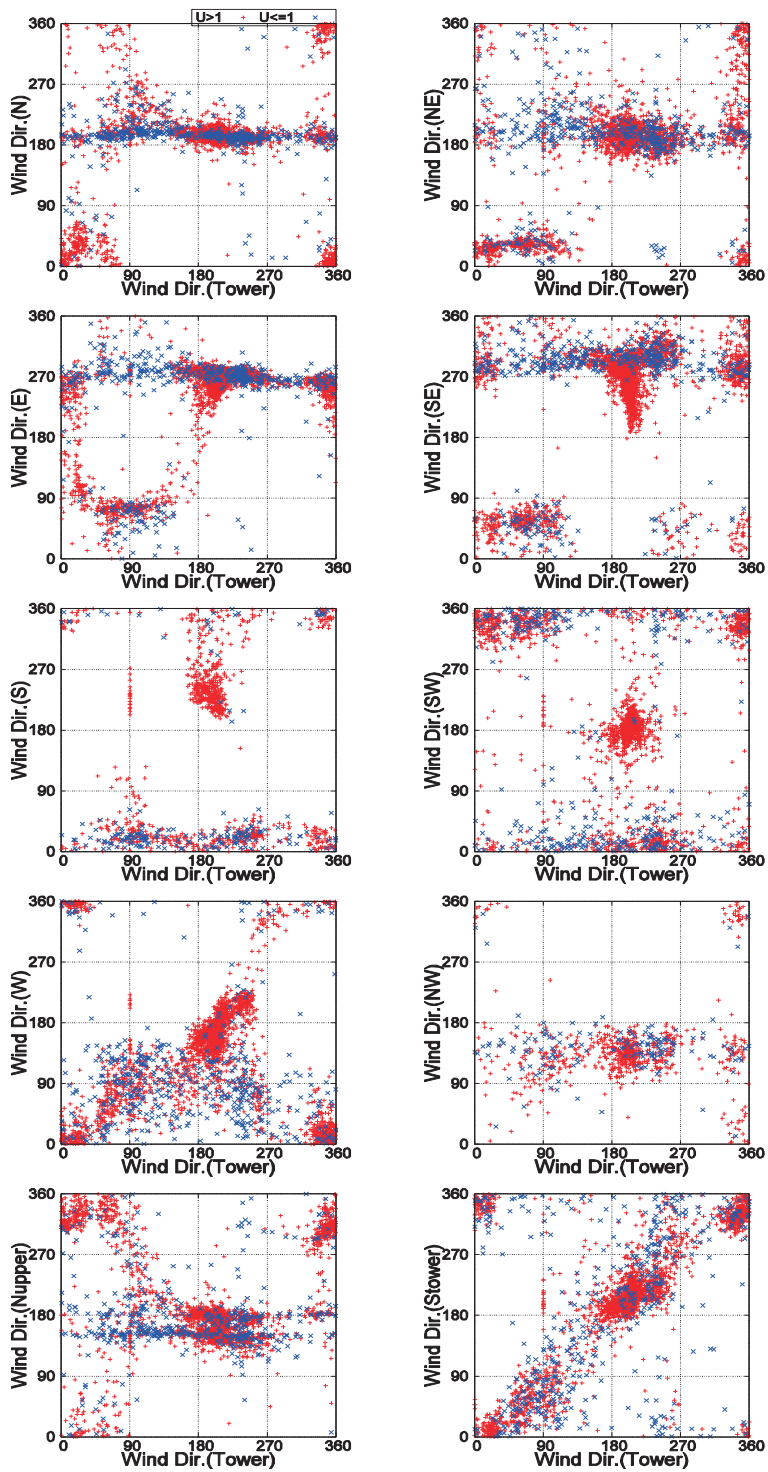


図3 各地点の風向(縦軸)と上空風向(樹冠上, 横軸)との関係. 赤色は上空風速が1m/sより大きい場合で, 青色は1m/s以下の場合. 夜間の10分平均値について示した.



側の地点 (N, Nupper, NW, NE) においても、この0～2時を境に風向変動が小さくなるという変化が見られる。特にNEの地点では風向変化よりも2時間ほど先行するが、夜半ごろに気温の低下があった。

このような市街地へ向かう風向は、冷気にじみ出しの特徴であるとされてきた。一方で、地上の風は樹木や細かな地形に強く影響され、上空風の風向にかかわらず特定の風向をとることがある (Sugawara *et al.*, 2008)。自然教育園で見られている市街地へ向かう風向も事物の影響ということはないだろうか？この点について検討するため、上空風向と地上風向との関係を各地点について見た(図3)。図3は夜間(19～4時)の10分平均風向について、上空風速で場合分けしてある。弱風時(上空風が1m/s以下、青マーク)には、地上風は市街地へ向かう風向となっており、強風時(赤マーク)には他の風向も見られている。したがって、図1で見られた市街地へ向かう風向は事物の影響ではないと考えられる。ただし、Stowerは上空風に近い風向分布となっている。これはほぼ樹冠の高度であるため、林床の地上風というよりは上空風に近いと考えられる。一方、Nupperは樹冠下であり、他の地点と同様に弱風時に市街地向きの風向となっている。

図2では全ての地点で市街地へ向かう風向となったのが2時頃からであった。他の日はどうだろうか？図4は市街地へ向かう風向の頻度を時間帯別に示したものである。上空風速が3m/s以下の時間帯について、10分間平均の風向をもとに、1時間(0分から59分)の中で4地点が市街地へ向かう風向( $\pm 45^\circ$ の幅をもたせてある)となった回数を色別で示している。したがって、例えば回数6

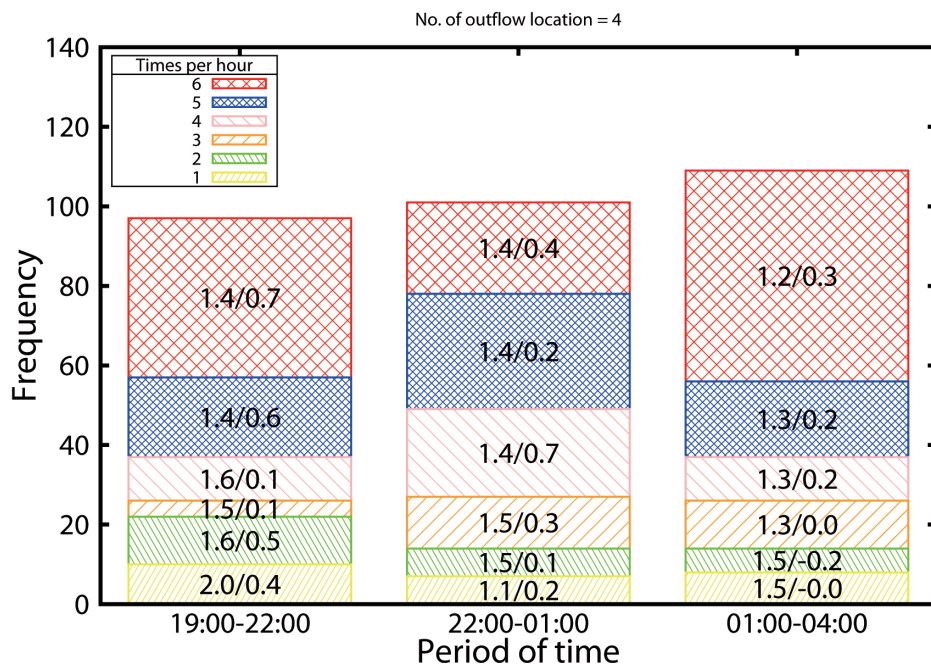


図4 にじみ出しの発生頻度。1時間内に4地点以上で市街地へ向かう風向が発生した頻度。図中の数値は上空での平均風速/市街地と園内の気温差(市街地マイナス園)。

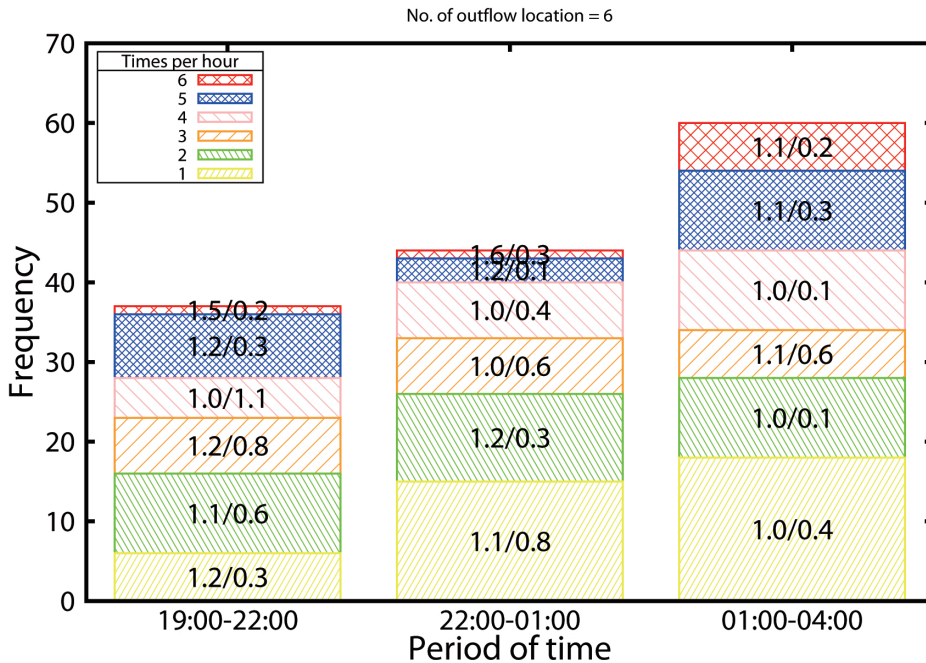


図5 図4と同じ。ただし、にじみ出しの基準を6地点以上で市街地へ向かう風向とした場合。

回はその1時間中常に4地点で市街地へ向かう風向が出現した、という意味である。図5は6地点で市街地へ向かう風向の頻度をとったものである。以下、4（ないし6）地点で市街地へ向かう風向が出現する現象を発散風と呼ぶことにする。なお、冷気にじみだしは発散風が温度変化を伴っている場合であるといえる。永谷ほか（2007）も新宿御苑での計測値について同様の統計をとっているが、時間帯の区切り方が本研究とは若干異なる。図4、5からは遅い時間（明け方）ほど発散風が多く出現していることがわかる。一方、永谷ほか（2007）では明け方より前の22～1時に頻度が最も高くなっており、本研究とは時刻が異なる。これは新宿御苑の地形は平坦であるのに対して、自然教育園は傾斜地を含んでいるためであると思われる。傾斜地では冷気が流出しやすく、重力流を引き起こすのに必要な温度差（市街地と園内との温度差）になるまで時間がかかるためと考えられる。

図4、5の箱の中に示した数値は上空風速と温度差（市街地マイナス教育園）である。教育園の気温は園中央のタワー高度1.5mでの値を使用した。1～4時の時間帯で見ると、発散風の頻度が大きいときほど上空風は小さく、温度差は大きいことがわかる。図4において、頻度6の風速と頻度5、4、3の風速の違いについてt検定をおこなったところ、危険率2%で差は有意であった。これは温度差についても同様であった。したがって、上空での風が弱く市街地との温度差が大きいほど発散風が出現しやすいことがわかる。図4の他の時間帯についても同様の傾向が見られるが、統計的な有意性は必ずしもなかった。一方、図5では風速と温度差について頻度による違いは明確ではない。

## 要 旨

自然教育園における冷気にじみ出しの発生条件について、2014年夏季の観測結果をもとに検討した。市街地との境界部分にほぼ均等に配置した計8地点において地上風の計測を行った。2014年7月28日の例では夕方16時ごろと深夜2時ごろの2回にわけて地上風向の変化が見られ、それぞれ上空での風向変化あるいは風速低下と対応していた。複数地点において同時に市街地へ向かう風向の頻度を見たところ深夜から明け方（1～4時）に最も高くなった。また、頻度が高い時は、上空風が弱く市街地と園内の気温差が大きかった。

## Summary

Meteorological condition for the park breeze was analyzed by using observed wind in summer 2014. Surface wind was measured at 8 points which was located on the park boundary. In an example on 28 Jul. 2014, the park breeze occurred at 16 and 02 LST, those were triggered by wind direction change above canopy and decrease of the wind speed, respectively. The park breeze occurred most frequently at late night (1 - 4 LST). Condition for the park breeze occurrence was weak wind above canopy and large temperature difference between the park and city.

## 引 用 文 献

- 永谷 結, 梅木 清, 本條 毅, 菅原広史, 成田健一, 三上岳彦. 2007. 長期観測による長期観測による新宿御苑のにじみ出し現象の解析. 環境情報科学論文集, 21 : 507-512.
- 成田健一, 三上岳彦, 菅原広史, 本條 毅, 木村圭司, 桑田直也. 2004. 新宿御苑におけるクールアイランドと冷気のにじみ出し現象. 地理学評論, 77 (6) : 403-420.
- Sugawara, H., Hagishima, A., Narita, K., Ogawa, H., & Yamano, M. 2008. Temperature and Wind Distribution in an E-W-Oriented Urban Street Canyon. SOLA, 4: 053-056.

