

## 長期観測による新宿御苑のにじみ出し現象の解析

### Analysis of Park breeze in Shinjuku Gyoen from long-term observation

永谷 結\*・梅木 清\*\*・本條 毅\*\*・菅原 広史\*\*\*・成田 健一\*\*\*\*・三上 岳彦\*\*\*\*\*

Yui NAGATANI, Kiyoshi UMEKI, Tsuyoshi HONJO,  
Hirofumi SUGAWARA, Kenichi NARITA and Takehiko MIKAMI

**要旨**：新宿御苑において約1ヶ月にわたって超音波風速計を設置し、長期間の微気象観測を行なった。得られた風向・風速データから、にじみ出し現象の発生条件や、発生頻度、連続時間などの解析を行なった。にじみ出し現象が18時から翌6時に発生していたのは全観測期間38日間中で28日間であり、一日当たりににじみ出し現象の平均抽出数は9.64(10分単位)であった。にじみ出し現象発生時の風速平均は苑内南側でおよそ0.2~0.3m/sであった。にじみ出し現象の発生頻度は18時から翌朝6時に高く、その中でも深夜から早朝に高かった。連続時間と発生密度についても深夜から早朝にかけて大きくなる傾向が見られた。

**キーワード**：にじみ出し現象、クールアイランド、微気象観測、都市気候、都市緑地、ヒートアイランド

**Abstract** : We carried out micro-meteorological observation in Shinjuku-Gyoen for about 1 month to detect the park breeze induced by the temperature difference between the park and the surrounding urban area. From the wind direction and wind velocity observed in the observation, frequency and duration of the park breeze were analyzed. Within 38 observation days, the park breeze was observed in 28 days and the average duration per days (10 minutes unit) were 9.64. The wind velocity average during the park breeze was from 0.2 to 0.3 m/s, which was measured by the supersonic anemometer located at the south point of Shinjuku-Gyoen. The frequency of the park breeze was high from 18:00 to 6:00 and was particularly high from 2:00 to 5:00. Duration of the park breeze was also high in the same period of time.

**Key Words** : park breeze, cool-island, micrometeorological measurement, urban climate, urban green area, heat island

#### はじめに

静穏な夜間に、緑地の冷気が周辺市街地へ流出する現象を「にじみ出し現象 (Park breeze)」と呼ぶ(丸田, 1972)。通常緑地内で生成された冷気は風下へ移動するが、冷気のにじみ出し現象では、緑地の周囲全方向へ冷気が流出するのがその特徴である。このようになじみ出し現象の存在は、理論的には当然予測されたのであるが、風速が非常に小さいため、従来観測が難しかった。神田(1997)が、明治神宮における観測で、一般風と逆方向の弱風を観測した例や、Eliasson and Upmanis (2000)により、SwedenのGoteborgとDenmarkのCopenhagenの大規模公園で、夜間に公園からその周辺へ移動する弱い空気の流れがある例などの測定例が、にじみ出し現象を示唆している。

成田ら(2004a)は、新宿御苑の周囲に配置した4台の超音波風速温度計により風向・風速を測定し、はじめて緑地の周囲全方向に微風が吹いているのにじみ出し現象を定量的に捉えた。また、にじみだし現象時には、クールアイランド強度(緑地内外の温度差)は大きくなるが、

周囲への影響の範囲は小さくなることを明らかにした。

この他、新宿御苑での観測では、緑地の熱的効果や、緑地の周辺市街地への影響が明らかになっている(本條ら, 2000; Narita *et al.*, 2002; 成田ら, 2004a; 成田ら, 2004b; 菅原ら, 2006)。

またThorsson and Eliasson (2003)はSweden, Goteborgの都心における10ha規模の駐車場を含むオープンスペースでもにじみ出し現象と同等の現象があることを示した。

以上の研究は、比較的短期間の観測結果であり、長期にわたる観測で、どの程度の頻度でにじみ出し現象が起きているのかといったことは明らかになっていない。

そこで、本研究では、新宿御苑において、約1ヶ月にわたって超音波風速計を設置し、長期間の微気象観測を行ない、それによって得られた風向・風速データから、にじみ出し現象の発生条件や、発生頻度、連続時間などの解析を行なった。その結果を以下に報告する。

\*千葉大学大学院自然科学研究科 \*\*千葉大学大学院園芸学研究所 \*\*\*防衛大学校地球海洋学科 \*\*\*\*日本工業大学建築学科

\*\*\*\*\*首都大学東京都市環境学部

## 1. 研究の方法

### 1. 1 測定日時・場所

測定は、2002年7月22日～8月29日に、新宿御苑とその周辺市街地で行った。地図を図1に示す。新宿御苑は面積58.3haで東京都内有数の大規模緑地である。御苑内の大部分は草地、樹林地で占められており、一部に水面、建物がある。

測定データは、新宿御苑北側のビル屋上に設置された自動気象観測装置(A点)、苑内の北側のB点に設置した超音波風速計1台、南側のC点に設置した超音波風速計2台から得た。B点の超音波風速計は途中で撤去したため、測定期間は7月22日～29日である。

### 1. 2 測器の詳細

A点の測器は地上20.2mの高さにあり、気温・湿度・風速・風向・日射量・降水量を測定している。風速・風向計は三杯・矢羽式である。本研究で取り扱う風速・風速の測定値は10分毎の平均値を用い、分解能は0.1m/sである。B点の超音波風速計は地上1.4mの高さに設置し、測定間隔は10Hz、解析には10分毎の平均値を用いた。分解能は0.01m/sである。C点では、図2に示す模式図のように、高さ5.95mと1.3mにそれぞれ1台ずつ超音波風速計をタワーに取り付けた。2台とも測定間隔は10Hz、解析には10分毎の平均値を用いた。分解能は0.01m/sである。使用した超音波風速計はすべて、超小型WA(T)-395型超音波風速計(海上電機株式会社)である。



図1 観測地の地図と測器の位置

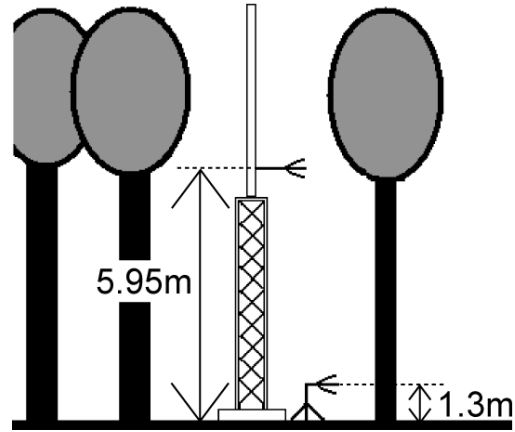


図2 超音波風速計の設置方法の概略図

### 1. 3 にじみ出し現象発生時の抽出について

にじみ出し現象の発生時には、緑地の周囲全方向へ冷気が流出するため、全方位で風向は緑地から市街地へ向かう。これを踏まえて本研究では、A点において南から北へ移動する風(南風)が、C点において北から南へ移動する風(北風)が同時刻に観測されたときににじみ出し現象の発生時と定義して抽出した。南風、北風の定義は、真南、真北をそれぞれ180°、0°とした時、南風が150°～210°の範囲から吹いてくる風とした。同様に、北風は、30°～30°の範囲から吹いてくる風とした。

C点の2台の超音波風速計で測定された風向については、両者とも北風を観測した場合のみににじみ出し現象の定義を満たしたと判断した。また、にじみ出し現象は比較的低い高さから発生するため(Narita *et al.*, 2004)、結果の解析では、C点の下の方の超音波風速計の値を用いた。

B点の超音波風速計の観測は短期間であったため、A点の風速計の観測結果をにじみ出し現象の発生時の抽出に用いた。

A点とB点の7月22日14時から7月23日8時にかけての風向の変化を図3に示す。風向が変化する際にばらつきが見られるものの、風向がほぼ一定の状態が続くときは、北風・南風という点ではほぼ一致している。

また、A点とB点の7月22日14時から7月23日8時にかけての風速の比を図4に示す。縦軸がB点による風速を、横軸がA点による風速を示している。両者は良い精度で線形関係にあることが分かる。両者の関係を

$$y=a \cdot x \quad \dots(1)$$

で表すとaの値は日によって多少の変動があるものの、0.24～0.40の範囲に収まった。以上より、A点の結果を、B点の代わりに、御苑北側の風向、風速の観測値として扱うことが可能であると判断した。

しかしA点は三杯・矢羽式風向風速計、B点は超音波

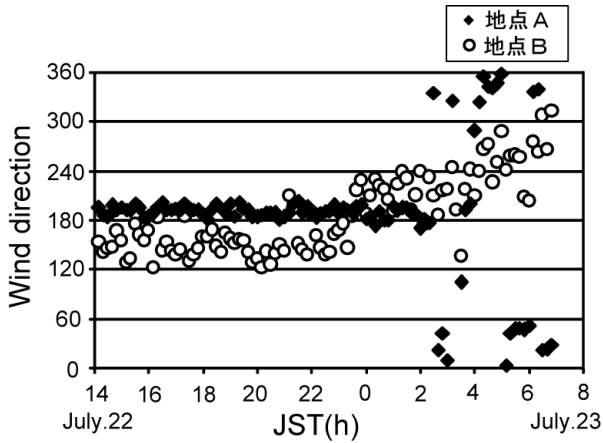


図3 A点とB点の7月22日14時から7月23日8時にかけての風向の変化

風速計を使用しており精度に差があるため、図3の2:00~6:00のように、A点とB点の風向が一致していない。従って、時間数は少ないがA点の風向・風速が微風時には正確でない可能性があり、にじみ出し現象の見逃しや、不適切な抽出の可能性はある。

## 2. 結果および考察

### 2.1 全期間中のにじみ出し現象の発生頻度

図5に、全期間、7月22日~8月29日のにじみ出し現象の発生頻度を示す。測定期間の合計日数は39日間であるが、8月26日はA点によるデータが欠損しているため、データとして扱う合計日数は38日間とする。縦軸が頻度で横軸が時間変化を示している。各日の1時間毎ににじみ出し現象が10分単位でいくつ抽出されたかを示しており、値は0~6である。また、降水が観測された時間帯は、にじみ出し現象の抽出から除いた(7月25日0:00前後、同日正午、8月1日22:00前後、2日18:00前後、4日22:00前後、18日日中、19日0:00~12:00及び21:00、20日8:00、23日17:00前後、24日0:00前後)。7月23日0:00前後、25、

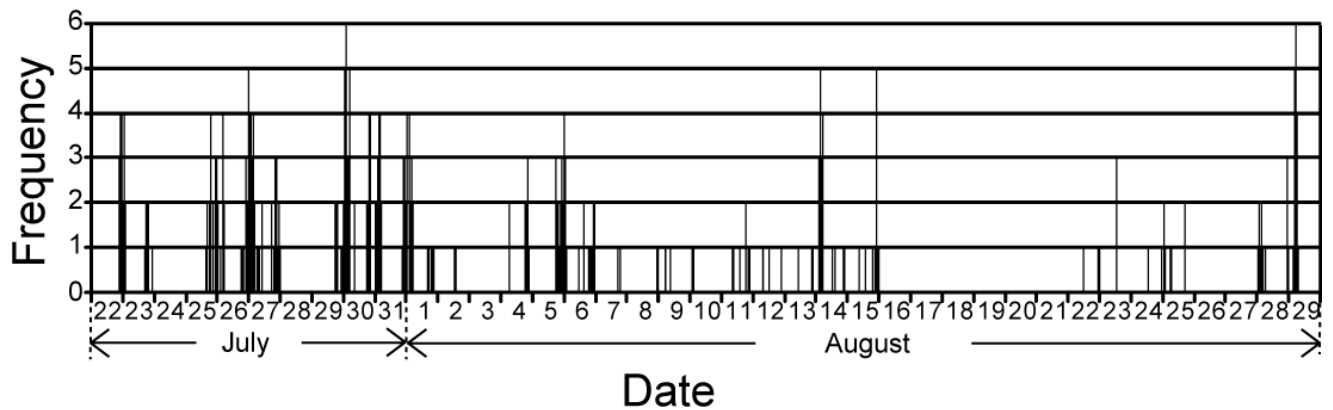


図5 全期間中における1時間当たりのにじみ出し現象の発生頻度

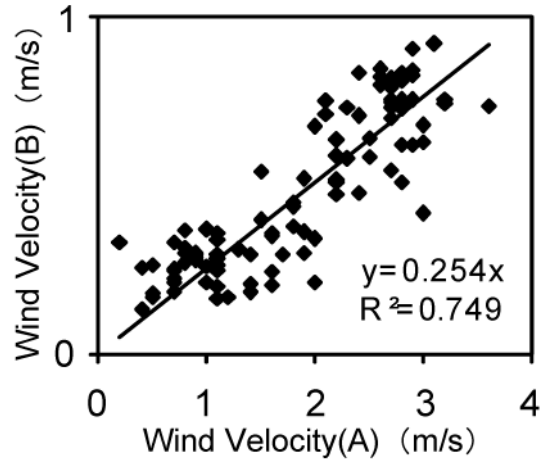


図4 A点とB点の7月22日14時から7月23日8時にかけての風速の比

26, 29, 30, 31日の夕方~翌朝、8月5日夕方~深夜、14日深夜、15日夕方~深夜、28, 29日深夜において集中的ににじみ出し現象発生しているのが見られる。にじみ出し現象が18時から翌6時に発生していたのは全38日間で28日間であり、一日当たりににじみ出し現象の平均抽出数は9.64(10分単位)であった。

一方、8月7日~13日は頻度が低い状態で発生が断片的に見られる。発生が7割以上の日であったことから、比較的多くの日に確認される現象であることがわかった。これは、従来放射冷却がある程度強く微風の時に起こるとされてきたにじみ出し現象発生の条件を満たす時間帯がかなりあることを示唆している。

### 2.2 にじみ出し現象の時間別頻度

図6に全期間中におけるにじみ出し現象の時間別発生頻度を示す。夕方から早朝に発生が集中しており、18時を境に大きく回数が増え、翌6時に大きく減っているのが分かる。抽出されたにじみ出し現象の個所は全部で309個あったが、そのうちの270個がこの間に発生している。最大となっているのは深夜0時から1時の間である。

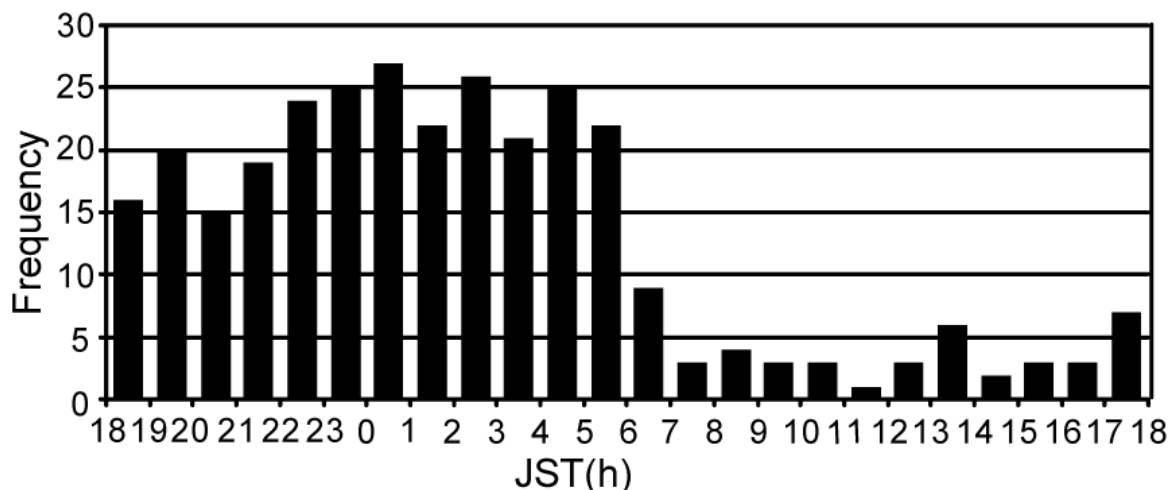


図6 にじみ出し現象の時間別発生頻度

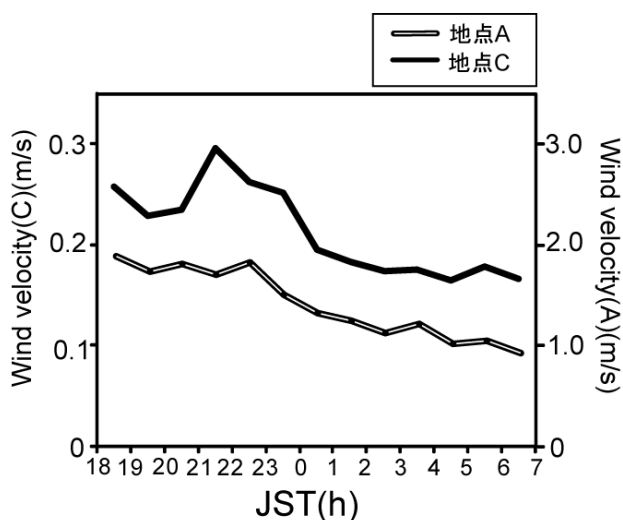


図7 夜間におけるA点とC点で観測されたにじみ出し現象発生時の風速の平均

日中の抽出数は非常に少ないが、現象の性質から考え、この場合も偶発的に条件を満たす風が吹いた可能性が考えられる。夜間のにじみだしとはメカニズムが異なる。

### 2.3 にじみ出し現象発生時の風速

図7に、図6でにじみ出し現象の発生頻度の高かった18時から翌6時にかけてのにじみ出し現象が発生しているときのみの風速の平均を示す。図4にも示したように、B点で測定された苑内の風速と、A点で測定される市街地の風速では大きさにかなり差があるため、C点による風速の軸を左側に、A点による風速の軸を右側に分けて表示した。にじみ出し現象発生時の風速はC点においておよそ0.2~0.3m/sであること、A点においておよそ1.0~2.0m/sであることがわかる。A点における1.0~2.0m/sは(1)式を用いて換算するとB点での0.24~0.8 m/sに相当する。

### 2.4 風速の変化とにじみ出し現象の発生時刻

図8(a)に全期間中で18時~翌6時のにじみ出し現象の発生が最も多かった7月30日の風向と風速を示す。逆ににじみ出し現象の発生が最も少なかった8月21日の風向と風速を図8(b)に示す。図中でA点によって測定された風向が0~30°もしくは330~360°の範囲(図中でNで表示)にあり、かつ、C点による風速が150~210°の範囲(図中でSで表示)にあるときににじみ出し現象の発生に該当する範囲である。風速はA点、C点の値とも、にじみ出し現象に関わらず、その時刻に観測された風速である。

にじみ出し現象の発生が最小であった日には、どちらの測器で観測された風速も最大であった日に比べて相対的に風速が大きい、特にC点で観測される風速が大きいことが見てとれる。にじみ出し現象の発生が最小であったもう一日の8月16日の夜間にも同様の傾向が見られた。風速の小さい時ににじみ出し現象が発生し、大きいときには発生しないことを示していると思われる。

### 2.5 時間帯別の1時間当たりににじみ出し現象の発生回数

図9に、18~21時・22~翌1時・2~5時の3つの時間帯別に分類した1時間当たりの10分単位のにじみ出し現象発生回数の積み上げ棒グラフを示す。グラフ右側の凡例は1時間中のにじみ出し現象の発生回数を示している。にじみ出し現象の発生は22~翌1時に最も多く存在しているが、発生回数3~6回の高頻度でにじみ出しが発生する時間帯は2~5時が多くなっている。このことから、日没頃から時間が経つに従って、にじみ出し現象の発生密度が高くなっていくことがわかる。

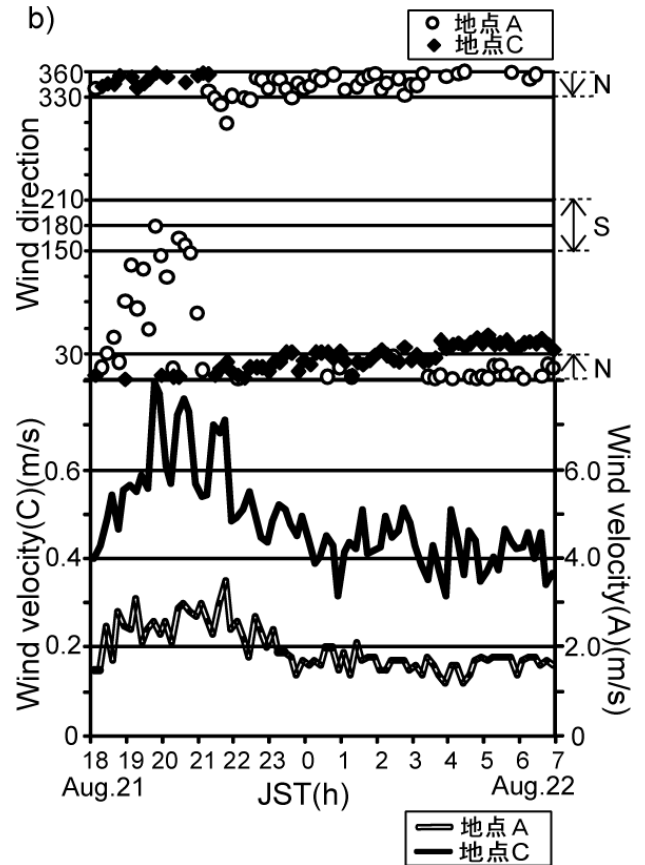
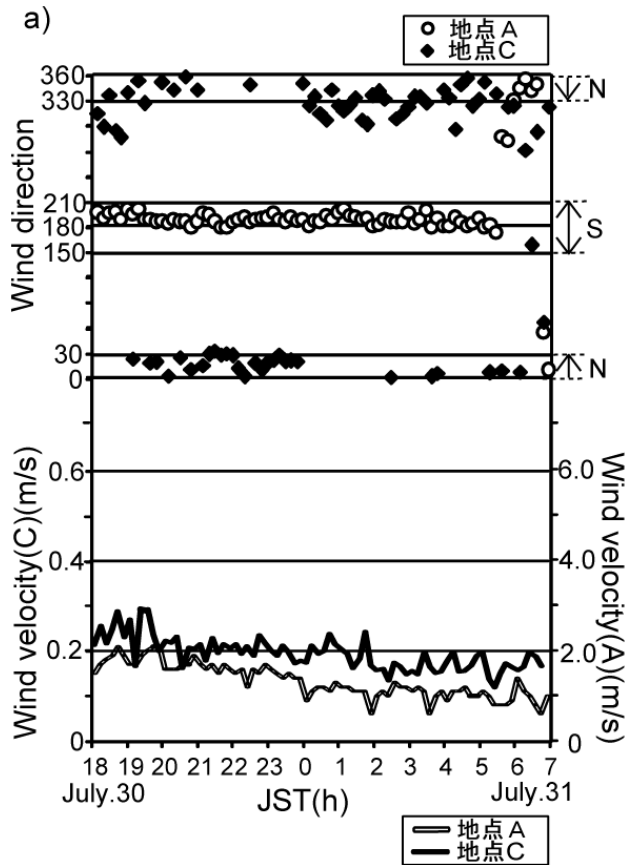


図8 にじみ出し現象の多く発生した夜間 a)とほとんど発生しなかった夜間 b)の風向と風速の変化

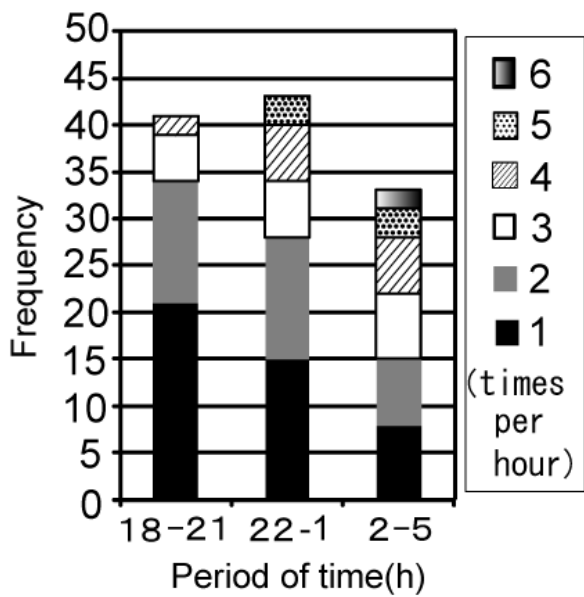


図9 時間帯別に分けた1時間当たりのにじみ出し現象の10分単位の発生回数積み上げ棒グラフ

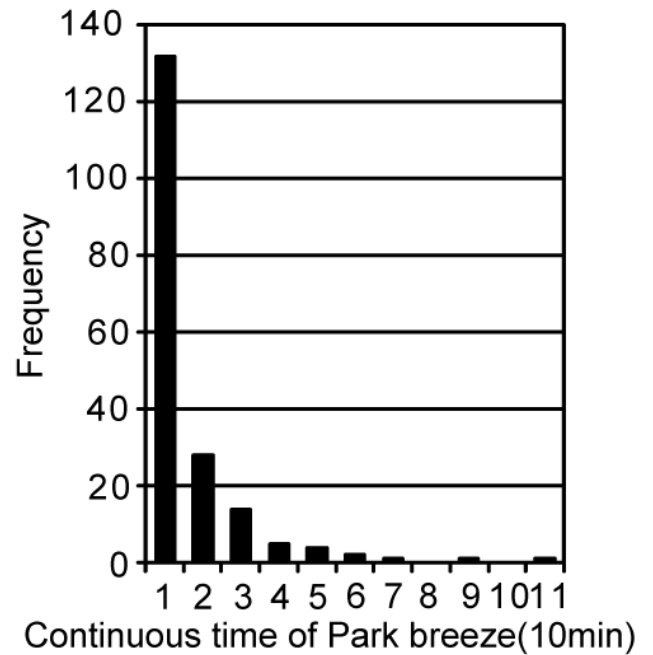


図10 「にじみ出し」の連続時間頻度

## 2. 6 にじみ出し現象発生時の連続時間頻度

図10ににじみ出し現象発生時の連続時間の頻度を示す。最大で連続110分間ににじみ出し現象が発生していたことがわかった。全体的な傾向としては連続時間が増えるにつれて頻度は下がっている。110分間連続発生が抽出されたのは8月29日の4:20~6:20、次に長い、90分間の連続発生が抽出されたのは7月30日の2:00~3:20、3番目に長い70分間連続発生が抽出されたのは7月30日の0:40~1:40であった。連続時間も深夜から早朝にかけて大きくなる傾向が見られた。

### おわりに

にじみ出し現象の発生条件や、発生頻度、連続時間などの発生傾向の把握を行うために、新宿御苑において長期間の微気象観測を行ない解析を行なった。

18時から翌朝6時がにじみ出し現象の発生頻度の高い時間帯であり、その中でも深夜から早朝が多かった。連続時間についても深夜から早朝にかけて大きくなる傾向が見られた。

にじみ出し現象が18時から翌6時に発生していたのは全38日間で28日間であり、一日当たりににじみ出し現象の平均抽出数は9.64(10分単位)であった。

にじみ出し現象発生時の風速平均は苑内南側でおよそ0.2~0.3m/sと小さい値であった。

以上のように、にじみ出し現象について、長期の傾向はこれまで知られていなかったが、今回の研究で明らかになった。また、周辺市街地への影響も短時間ながら比較的多く存在するという事は、新宿御苑のヒートアイランド緩和効果がより一層期待できると言えるだろう。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたって、多大なご協力をいただいた、新宿御苑の職員の皆様、Life & Business Weather Inc.の皆様に、厚くお礼申し上げます。

### 引用文献

Eliasson.I and Upmanis.H (2000) Nocturnal Airflow from Urban Parks-Implications for City Ventilation. *Theor.Appl.Climatol*, 66, pp95~107.

本條 毅・菅原 広史・三上 岳彦・成田 健一・桑田 直也 (2000) 新宿御苑のクールアイランド効果の実測. *環境情報科学論文集*, 14, 273~278.

神田 学・森脇 亮・高柳 百合子・横山 仁・浜田 崇 (1997) 明治神宮の森の気候緩和機能・大気浄化能力の評価 (1) 1996年夏期集中観

測, *天気*, 44 (10), 713~722.

丸田 頼一 (1972) 公園緑地の都市自然環境におよぼす影響. *都市計画*, 69.70, 49~77.

成田 健一・三上 岳彦・菅原 広史・本條 毅・木村 圭司・桑田 直也 (2004a) 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. *地理学詳論*, 77 (6), 403~420.

成田 健一・三上 岳彦・菅原 広史・本條 毅 (2004b) 新宿御苑における蒸発効率と温熱環境の実測. *環境情報科学論文集*, 18, 253~258.

Narita, K., Mikami, T., Honjo, T., Sugawara, H., Kimura, K., and Kuwata, N. (2002) Observations about cool-island phenomena in urban park. In : *AMS, Fourth Symposium on the Urban Environment, 20-24 May 2002, Norfolk, Virginia Abs*, 8.2, pp 86~87.

菅原 広史・成田 健一・三上 岳彦・本條 毅・石井 康一郎 (2006) としない緑地におけるクールアイランド強度の季節変化と気象条件への依存性. *天気*, 53 (5), 3~14.

Thorsson.S and Eliasson.I (2003) An intra-urban thermal breeze in Goteborg, Sweden. *Theor.Appl. Climatol*. 75, pp 93~104.