

論文

環八雲の発生条件に関する気候学的研究 - 1989年8月の統計解析について -

甲斐憲次 (非常勤研究員) 宇田川 満
伊藤政志 糸賀勝美 (筑波大学)

要 旨

環八雲が発生するための気候学的条件を明らかにするために、12年間の環八雲出現日の気圧配置型の分類、及び気温・風の統計解析を行い、次のことが明らかとなった。

- (1)環八雲は日本付近が太平洋高気圧、または移動性高気圧に覆われている日に出現しやすい。
- (2)夜間は東京都の都心部にヒートアイランドが形成されるが、日中は環状八号線道路付近に顕著なヒートアイランドが形成される。これによって、環状八号線道路付近上空では上昇流が発達し、雲が形成されやすい状態になっている。
- (3)日本付近が高気圧に覆われると一般風が弱く、日中海風が発達する。環八雲出現日は、出現しない日（一般日）よりも海風が発達し、特に南成分の風が強い。そのため、相模湾からの南寄りの海風と東京湾からの南東寄りの海風が環状八号線道路付近で合流し、上昇流が発生しやすい状態になっている。

英文要旨

A Climatological Study of the Occurrence of the Cloud Chain over the Kanpachi Street in Tokyo.

Kenji Kai* ,Mitsuru Udagawa ,Masashi Ito and
Katumi Itoga**

*Associate researcher, ** University of Tsukuba

(Abstract)

The purpose of the present study is to show the climatological condition of the occurrence of the cloud chain over the Kanpachi Street in Tokyo by using the pressure pattern calendar of East Asia and the data of the air pollution monitoring station in Tokyo. The following results are obtained:

- (1) The frequent occurrence of the cloud chain was high when the Japan Island were covered with Pacific and traveling highs.
- (2) A remarkable heat island was formed around the Kanpachi street during the daytime. As a result, the convection was reinforced because of the heat island circulation.
- (3) The south sea breeze from the Sagami Bay and the southeast sea breeze from Tokyo Bay formed a local convergence zone along the Kanpachi street during the daytime.

1 はじめに

近年、東京都の環状八号線道路上空に主として夏季の午後に出現する積雲が、塚本 (1982)¹⁾ によって10年ほど前に報告された。塚本 (1990)²⁾は、この雲を気候学的に「ヒートアイランド雲」と呼んでいるが、一般には「環八雲」として知られているため、以下では「環八雲」

とする。

ヒートアイランドと対流性の雲に関しては、いくつかの研究がなされている。Malkus and Stern (1953)³⁾、Stern and Malkus (1953)⁴⁾は、線形化した方程式系を解くことによって、熱せられた島に伴う循環により積雲が形成され得ることを示している。米谷 (1979)⁵⁾は、ヒ-

トアイランドの存在による大気成層の変質と対流雲の形成や活動との関係を調べるために数値実験を行った。Yonetani (1989) ⁹⁾は、ヒートアイランドが対流雲の発生・発達に及ぼす影響、及び影響の強さとヒートアイランドの水平規模との関係を数値シミュレーションにより推定している。更に、Pielke (1974) ⁷⁾は3次元の理論モデルを用いて、米国のフロリダ半島南部における一般場での海風系のシミュレーションを試み、海風前線に沿った上昇流の強い所では対流雲が発達することを示している。

環八雲については、浦 (1992) ⁹⁾が、環八雲が出現した日の気温、風について事例解析を行った。また日置江 (1993) ⁹⁾は、環状八号線道路沿いの砧公園を中心とした5地点で観測を行って、鉛直・水平両方向から環八雲の発生状況を調べている。それらをまとめると、環八雲は環状八号線道路付近において、夏季の日中に海風の収束によって上昇流が生じることとヒートアイランド循環によって対流活動が活発になることによって発生する積雲であると考えられている。

しかし、環八雲が出現した過去12年間(1982~1993年)において、研究された日数は少なく、統計的に処理された例はないので、環八雲の発生条件はまだ明確になっていない。

よって本研究では、環八雲出現日の気圧配置型と東京都の気温、風について統計的解析を行い、さらに一般日と比較することによって、環八雲が発生するための気候学的条件を明らかにすることを試みた。

2 資料と解析方法

初めに、環八雲出現日のおおよその天気を知るために、1982~1993年の6~8月について、月別に環八雲出現日の気圧配置型の分類を行った。環八雲出現日については、塚本治弘の写真観測で得られた1982~1993年の6~8月のデータを用いた。さらに、環八雲出現日の気圧配置型を調べるために、吉野(1978) ¹⁰⁾による気圧配置型の分類法を用いた。気圧配置型の分類基準は次のとおりである。

- I 西高東低 (冬型)
- II 気圧の谷
- III 移動性高気圧
- IV 前線

V 南高北低 (夏型)

VI 台風

上記の分類によって、環八雲出現日の気圧配置型の出現頻度を日数で調べたものが図1、2である。ここでは、移行型・結合型は0.5日ずつ、単独型の場合を1日として統計している。

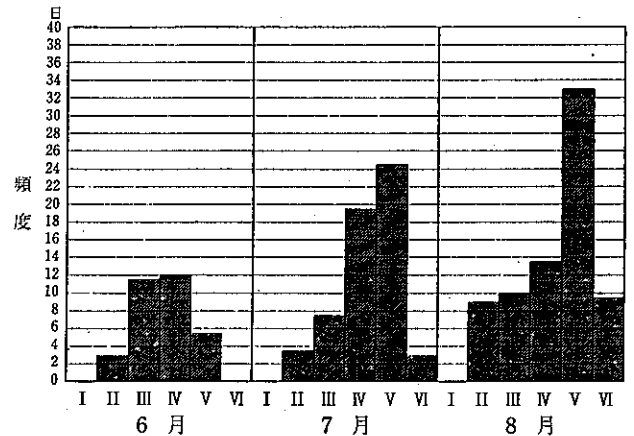


図1 環八雲出現日の気圧配置型の月別出現頻度(日) (1982~1993年)

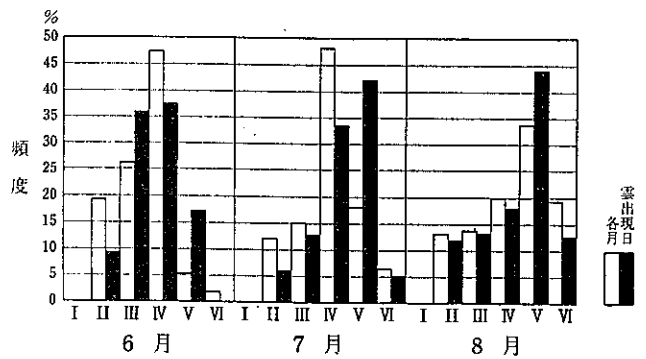


図2 気圧配置型の月別出現頻度と環八雲出現日の気圧配置型の月別出現頻度の比較(%) (1982~1993年)

次に、環八雲出現日の気圧配置型が季節的な影響をどの程度受けているかを調べるために、1982~1993年の6~8月について、月別に環八雲出現日と出現しない日の各気圧配置型の出現頻度(%)を比較したものが図2である。

東京都の気温、風については、一般環境大気測定局で観測された1989年8月のデータを用いた。特に1989年8月について解析を行った理由は、環八雲が9日出現しており、写真1のような典型的な環八雲が出現している。また、浦(1992)が8月21日の事例解析を行っており、資料が豊富なためである。

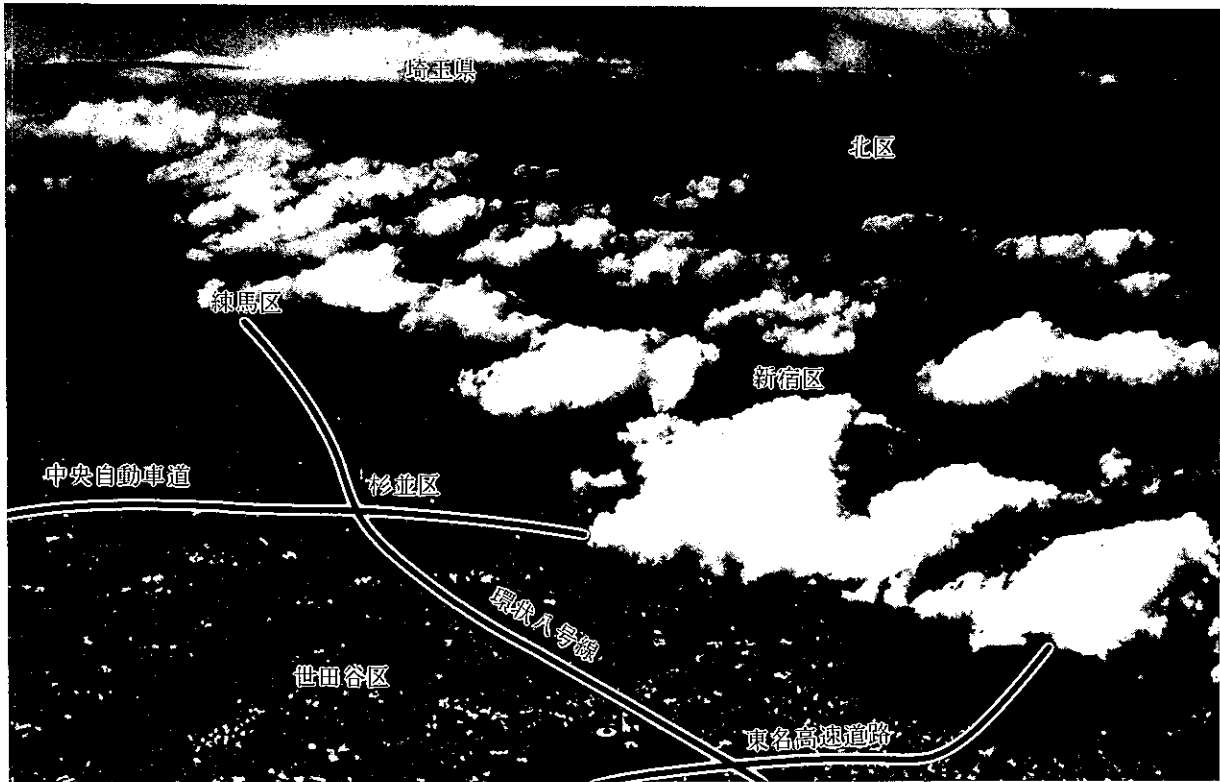


写真1 1989年8月21日15時頃の環八雲（塚本治弘氏提供）

なお、東京都一般環境大気測定局は1989年当時には東京都内に35地点あり、その配置を図3に示す。

この観測データを用いて、環八雲出現日の地上気温と地上風の特徴を調べるために、1989年8月の環八雲出現日の平均気温分布図、平均風ベクトル図を作成した。ここでは、夜間と日中の比較を行うために、3時と13時の2つの図を作成した。風ベクトルについては、風向・風速のデータを東西成分と南北成分に分けて平均をとり、それらをベクトルで表現した。なお、夜間（3時）は風速が小さいので、ベクトルの大きさを日中（13時）の2倍に拡大している。

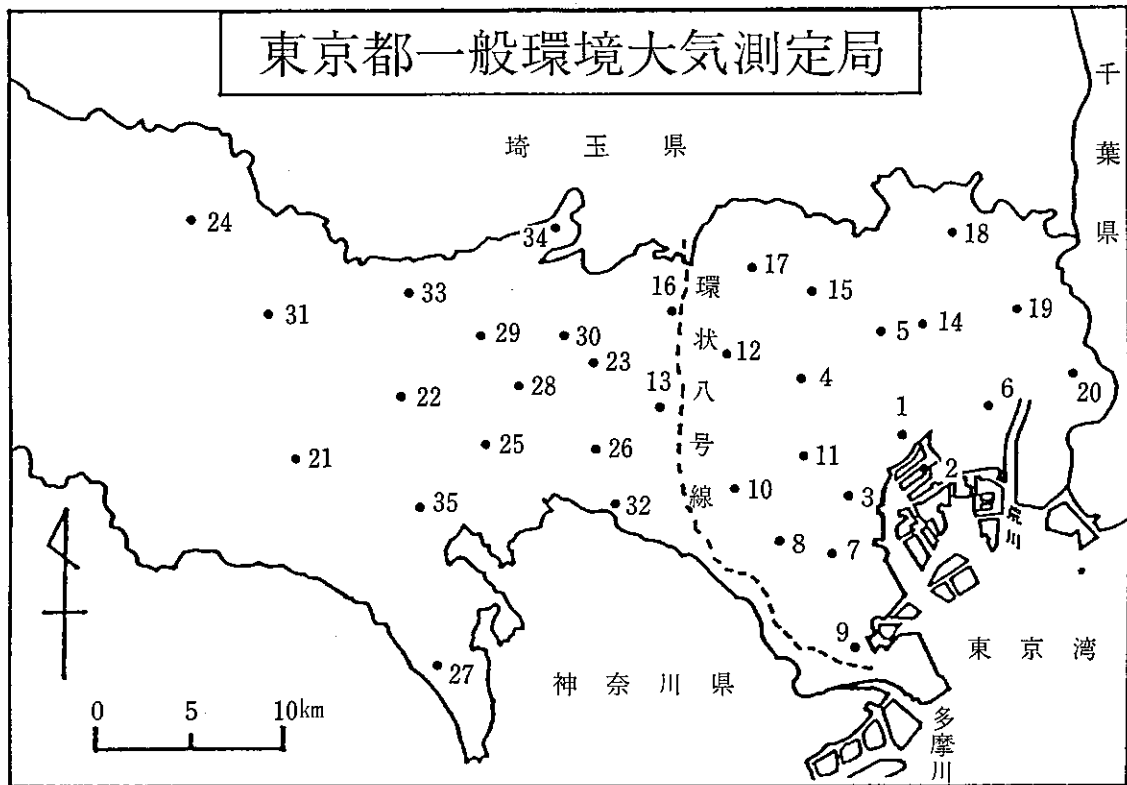
次に、環八雲が出現した日と一般日との比較を行うために、先に求めた環八雲出現日の平均気温と月平均気温との差をとった環八雲出現日の気温偏差、環八雲出現日の平均風ベクトルと月平均風ベクトルとの風ベクトル差を求め、同様に1989年8月の3時と13時について分布図、ベクトル図を作成した。

3 結果及び考察

(1) 環八雲出現日の気圧配置型

過去12年間（1982～1993年）における環八雲総出現日数は165日であり、その日の気圧配置型をI：西高東低（冬型）、II：気圧の谷、III：移動性高気圧、IV：前線、V：南高北低（夏型）、VI：台風の6つに分類し、その出現頻度を月別に日数で表した図1を見ると、6月は出現日数が32日で7、8月のおよそ半分となっており、IV（前線）型とIII（移動性高気圧）型の出現頻度が高くなっている。7月は、出現日数が58日で、V（南高北低）型とIV（前線）型の出現頻度が高く、6月と8月の中間の傾向を示している。8月は、出現日数が75日と3か月の中で一番多く、そのうちV（南高北低）型の出現頻度が33日と5割近くを占めている。

さらにこの図から、II（気圧の谷）型、IV（前線）型、III（台風）型の出現頻度が比較的高いことが分かる。次に、環八雲出現日の気圧配置型がどの程度季節的な影響を受けているかを調べるために、月別に環八雲出現日



- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 1 旧都庁前 | 11 渋谷 | 21 八王子 | 31 福生 |
| 2 晴海 | 12 中野 | 22 立川 | 32 狛江 |
| 3 港 | 13 久我山 | 23 武蔵野 | 33 東大和 |
| 4 国設東京 | 14 荒川 | 24 青梅 | 34 清瀬 |
| 5 文京 | 15 板橋 | 25 府中 | 35 多摩 |
| 6 城東 | 16 石神井 | 26 調布 | |
| 7 品川 | 17 練馬北 | 27 町田 | |
| 8 目黒 | 18 足立 | 28 小金井 | |
| 9 糀谷 | 19 葛飾 | 29 小平 | |
| 10 世田谷 | 20 江戸川 | 30 田無 | |

図3 東京都一般環境大気測定局位置図

と一般日の出現頻度を比較したものが図2である。これを見ると、環八雲出現日の気圧配置型の出現頻度が一般日の出現頻度よりも高くなっているのは、6月はIII（移動性高気圧）型とV（南高北低）型、7、8月はV（南高北低）型であり、気圧配置型がIII（移動性高気圧）型とV（南高北低）型の日に環八雲は出現しやすいことが分かる。

この気圧配置型の分類より、環八雲は日本付近が高気

圧に覆われ、一般風が弱く、日中に海風が発達する日に出現しやすいことが分かる。また塚本(1993)¹¹⁾は、梅雨時の環八雲は層積雲型になり、盛夏の環八雲は小さな積雲が列状に並ぶと述べているが、これは6月はIII（移動性高気圧）型の日、8月はV（南高北低）型の日に環八雲は出現しやすいということが関係していると思われる。

(2) 環八雲出現日の東京都の気温とその偏差

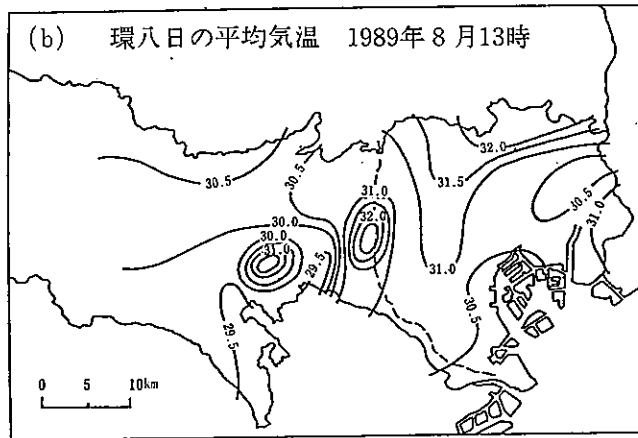
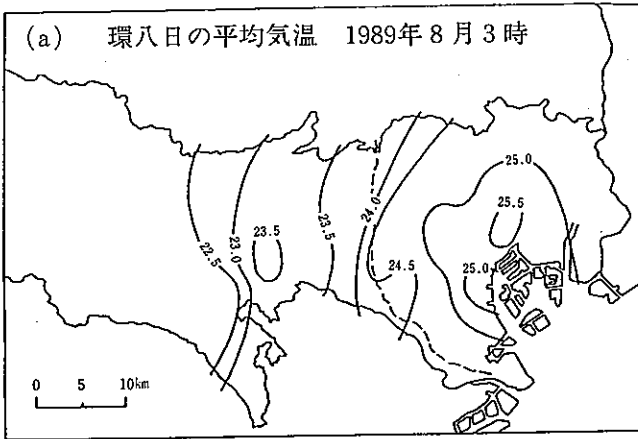


図4 1989年8月の環八雲出現日の(a)3時と(b)13時の平均気温分布

3時の気温分布(図4-a)は、旧都庁前(25.7℃)を中心として都心部に25℃以上のほぼ同心円状のヒートアイランドが存在し、西側の郊外に向かって気温は低下している。都心部と郊外の温度差は、約3℃である。また、府中(23.8℃)にも小さなヒートアイランドが存在している。これらのヒートアイランドを除くと等温線はほぼ南北に走っており、東西方向に気温差が大きいことが分かる。

13時の気温分布(図4-b)は、3時に存在していた府中(31.7℃)のヒートアイランドはそのまま残っているが、都心部に存在していたヒートアイランドは消滅し、新たに環状八号線道路付近の久我山(32.8℃)にヒートアイランドが出現している。これらのヒートアイランドは、周囲よりも約2℃高温である。久我山は、全観測点の中で最高気温であり、そのすぐ西側の最低気温を示している調布(29.1℃)よりも3.7℃高温である。また、

埼玉県境付近の足立でも32℃と高温を示している。3時の気温と比較すると、久我山では8.9℃高くなっており、全観測点の中で最も昇温が激しくなっている。

3時の気温偏差(図5-a)は、旧都庁前、文京、城東、荒川で最高の0.4℃を示しており、西側の郊外に向かって減少している。西側の郊外では環八雲出現日は一般日より0.5℃程度気温が低くなっていることが分かる。環状八号線を境として、ほぼ東側では正の値、西側では負の値となっており、環八雲出現日は一般日と比較して都心部と郊外の気温差が大きいことが分かる。

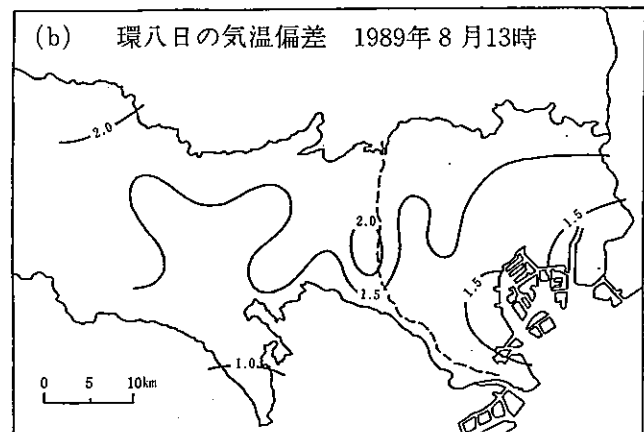
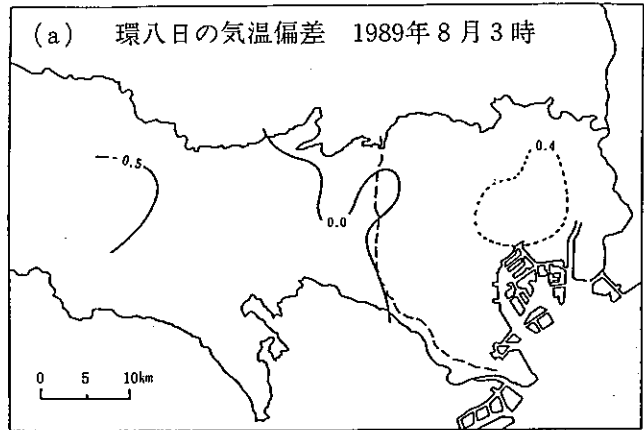


図5 1989年8月の環八雲出現日の(a)3時と(b)13時の気温偏差

13時の気温偏差(図5-b)は、東京都全域で1~2℃程度の値を示しており、環八雲出現日は一般日より気温が高いことが分かる。特に、全観測点の中で最高値の久我山では2.2℃を示しており、15時には2.9℃まで高くなる。つまり、環状八号線道路付近の久我山は、全観測点の中でも、環八雲出現日は一般日より気温が高くなる傾向が強い。3時の気温偏差と比べると、東京都全

域で13時の気温偏差の方が大きく、環八雲出現日は一般日よりも気温が上昇する傾向は、夜間よりも日中に強くなっている。

環八雲出現日の東京都の地上気温の解析結果から、夜間は都心部にヒートアイランドが形成されているが、日中は久我山を中心とした環状八号線道路周辺に顕著なヒートアイランドが形成されていることが分かる。

都市域においてヒートアイランドが形成されると、その中心部では収束場となり上昇流が生じること(木村ら、1975)¹²⁾、また、ヒートアイランドは、対流雲を形成するまでにはいなくても、対流雲の発達しやすい状態となること(米谷、1979)⁹⁾、気温が周囲より1.2℃高いヒートアイランドがあれば雲の初期擾乱がよく発達し、周囲より2℃高いヒートアイランドがあればその上空に雲が形成されること(Yonetani、1989)⁶⁾等が報告されている。これらの報告結果を考慮すると、日中環状八号線道路周辺に形成されているヒートアイランドは、周囲よりも2℃程度高温となっていることから、ヒートアイランドの影響を受けた積雲が環状八号線道路上空に発生する可能性は十分にある。

環八雲出現日の気温偏差の解析結果から、環八雲出現日は一般日よりも日中に環状八号線道路周辺が高温になっており、この周辺の気はより対流雲が形成されやすい状態になっていることが分かる。

(3) 環八雲出現日の東京都の風とその偏差

3時の風(図6-a)は、環状八号線から20km程度離れた西側の郊外で陸風と思われる西寄りの風と北寄りの風が見られる。しかし、東に行くにしたがって南風成分が強くなり、東京湾付近では弱い南寄りの風が吹き、それ以外では1m/s以下の南西寄りの風が吹いている。

13時(図6-b)になると風速が2~5m/sになり、海風が発達していることが分かる。環状八号線より東側では、数か所の観測点を除くほぼ全域で南から南東寄りの東京湾からの海風が卓越している。環状八号線より西側では、郊外で南東寄りの風が吹いているが、それ以外では相模湾からの風速2m/s以上の南から南南西寄りの海風が吹いており、弱いながらも環状八号線道路付近及びその東側で、東京湾からの海風と相模湾からの海風が合流して収束帯を形成しているように見える。

3時の風の偏差(図7-a)を見ると、環状八号線より東側では1m/s以下の南から南西寄りの風が吹いてお

り、環八雲出現日は一般日よりも陸風が発達しにくくなっていることが分かる。環状八号線の西側20km以内でも同様なことが言えるが、それより西の郊外では風速が小さくばらつきが大きいので、はっきりしたことは分からない。

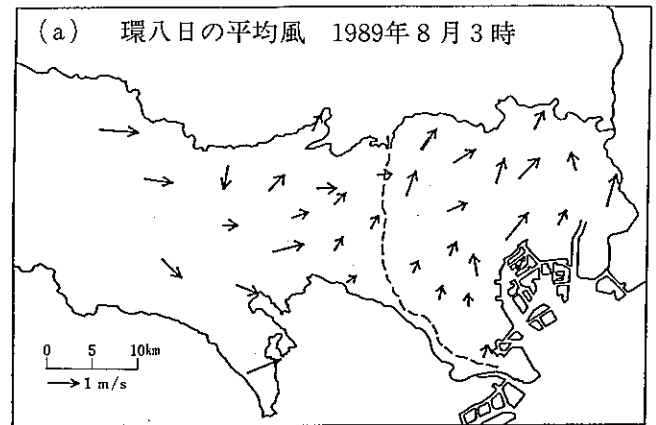


図6 1989年8月の環八雲出現日の(a)3時と(b)13時の平均風ベクトル

13時の風の偏差(図7-b)を見ると、環状八号線より東側では、港、文京、足立の南南東寄りの風を除くと、南南西の風が卓越しており、環八雲出現日は一般日よりも南風成分が強いことが分かる。また、郊外では南から南南東寄りの風、環状八号線から西側20km以内では南から南南西寄りの風が吹いており、環八雲出現日は一般日よりもわずかながら相模湾からの海風が環状八号線に向かって吹く傾向にあることが分かる。

環八雲出現日の地上風の解析結果から、環八雲出現日は一般日と比較して、昼夜を問わず南寄りの風が強く吹き、日中は相模湾からの南寄りの海風と東京湾からの南

東寄りの海風が発達していることが分かる。Pielke (1974)⁷⁾は、海岸付近の海陸風が収束することによって生じた上昇流が強い所では対流雲が発達することを示しており、環状八号線道路上空に相模湾からの南寄りの海風と東京湾からの南東寄りの海風が収束帯を形成することにより、積雲が発生すると考えられる。

また、平面近似法(浦, 1991)⁸⁾を用いて、13時の風(図6-b)について収束・発散の計算を行ったところ、環状八号線道路付近に明確な収束域は見られなかった。これは、気温などと比べると風は変化の割合が大きく、本研究では日中を代表して13時のデータを用いているが、日置江(1993)⁹⁾が報告しているように午前中の海陸風が発達状況などにより、日によって最も雲が発達する時間が異なるためと思われる。

風に関する解析方法については検討が必要であり、今後は対象地域を東京都から南関東に広げると共に、多くの事例について解析する必要があると思われる。

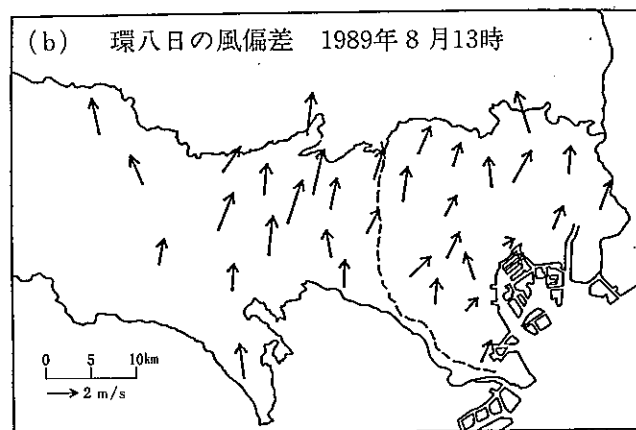
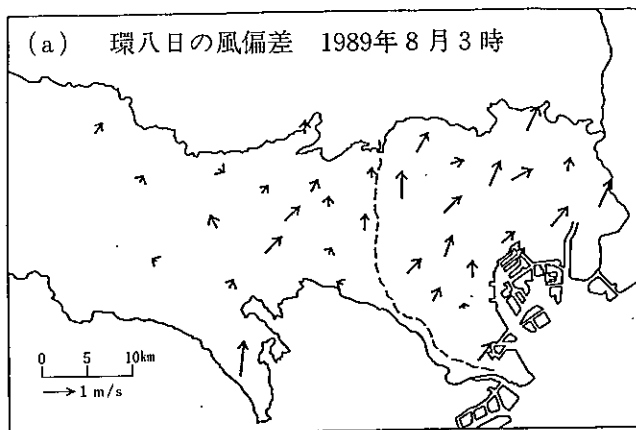


図7 1989年8月の環八雲出現日の(a)3時と(b)13時の風の偏差

4 まとめ

本研究では、東京都の環状八号線道路上空に出現する積雲(環八雲)の発生条件を明らかにするために、1982~1993年の6~8月の環八雲出現日の気圧配置型の分類、及び1989年8月の環八雲出現日の気温分布図、風ベクトル図を作成すると共に、一般日との比較を行った結果、環八雲が発生するための条件として、以下のことが分かった。

- (1) 日本付近が太平洋高気圧、移動性高気圧に覆われている日に環八雲は出現しやすい。
- (2) 東京都では、夜間は都心部にヒートアイランドが形成されるが、日中は環状八号線道路周辺に顕著なヒートアイランドが形成される。特に、環八雲出現日は一般日より日中に環状八号線道路周辺が高温になる傾向にあり、周囲との温度差が大きくなる。これによって局地循環(ヒートアイランド循環)が生じるため、環状八号線道路上空では上昇流が発達し、雲が形成されやすい状態になっている。
- (3) 日本付近が高気圧に覆われると一般風が弱く、日中海風が発達する。環八雲出現日は一般日より海風が発達し、特に南風成分が強くなり、相模湾からの南寄りの海風と東京湾からの南東寄りの海風が環状八号線道路付近で合流しやすい状態になっている。これらの海風が環状八号線道路付近で収束帯を形成し、上昇流が生じるために雲が発生すると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、塚本治弘氏、農林水産省農業環境技術研究所山川修治氏には快く資料を提供して頂き、ここに記して感謝の意を表します。

なお、観測データの解析は、筑波大学情報処理センターの大型計算機FACOM M-200を使用して行った。

参考文献

- 1) 塚本治弘：植物が作る雲、環境汚染が作る雲、気象、26(8)、p.28-30(1982)。
- 2) 塚本治弘：ヒートアイランド現象と雲—1989年夏の観測から—、気象、34(1)、p.8-11(1990)。
- 3) Malkus, J.S. and M.E. Stern : The flow of a stable atmosphere over a heated island

- (Part 1)、J. Meteor., 10, p.30-41(1953).
- 4) Stern, M.E. and J.S. Malkus : The flow of a stable atmosphere over a heated island (Part 2)、J. Meteor., 10, p.105-120(1953).
 - 5) 米谷恒春：地表の高温域による大気成層の変質とそれが対流雲の発達に及ぼす影響—数値実験、国立防災科学技術センター研究報告、22、p.63-81(1979).
 - 6) Yonetani, T. : Study of the urban effects on the occurrence of convective precipitation、Report of the National Research Center for Disaster Prevention、44、p.1-59(1989).
 - 7) Pielke, R.A. : A three-dimensional numerical model of the sea and land breezes over south Florida、Mon. Wea. Rev., 102、p.115-139(1974).
 - 8) 浦 健一：環状八号線道路上空に発生する雲（環八雲）の気候学的研究、筑波大学平成3年度卒業論文、(1992).
 - 9) 日置江桂：環状八号線上空に形成される雲（環八雲）に関する研究、筑波大学平成4年度卒業論文、(1993).
 - 10) 吉野正敏：気候学、大明堂、p.50-60(1978).
 - 11) 塚本治弘：「環八雲」は都市汚染を目に見せる科学、朝日8月号、朝日新聞社、p.34-38(1993).
 - 12) 木村竜治ら：都市のヒートアイランド効果に伴う対流の特性について、天気、22、p.186-196(1975).