

# 環八雲が発生した日の気候学的特徴

—1989～1993年8月の統計解析—

糸賀 勝美\*<sup>1</sup>・甲斐 憲次\*<sup>2</sup>・伊藤 政志\*<sup>3</sup>

## 要旨

夏季の日中、東京都の環状八号線道路上空に数列に並んだ積雲が見られることがある。この雲は、一般的に環八雲として知られている。本研究では、日本付近の気圧配置型ごよみと東京都の気温、風のデータを用いて統計解析を行い、環八雲が発生した日の気候学的特徴を調べた。

その結果、環八雲は、日本付近が高気圧に覆われた日に多く出現し、環八雲出現日の日中は、環状八号線道路付近がヒートアイランド、及び海風の収束域となっていることが明らかとなった。

### 1. はじめに

東京都の環状八号線道路上空に主として夏季の午後、数列に並んで出現する積雲が、塚本(1982, 1990)によって15年ほど前に報告された。この雲は、一般に、「環八雲」として知られている。

環八雲に関連する、海風の収束、対流性の雲、ヒートアイランドに関しては、従来から研究がなされている。まず、Malkus and Stern(1953), Stern and Malkus(1953)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、積雲が形成されることを示した。Pielke(1974)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、海風前線に沿って上昇気流の強い所では対流雲が発達することを示した。木村ほか(1975)はヒートアイランドが都市大気の立体構造に及ぼす影響について研究した。

Fujibe and Asai(1980)は気象庁と環境庁が1974年から1976年にかけて合同で実施した「南関東大気環境

調査」の地上気象観測資料を用いて、東京のヒートアイランドに伴って、都心に収束する風系が存在することを示した。米谷(1979)はヒー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。さらに Yonetani(1989)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た。Yoshikado(1990)は東京湾から都市域に侵入する海風の構造を調べた。Kimura and Takahashi(1991)は数値シミュレーションにより、都市的土地利用と人間活動が東京都市圏の気温分布に及ぼす影響を調べた。

甲斐ほか(1995a)は環八雲の航空写真と衛星画像のそろっている1989年8月23日の事例について、南関東の一般環境大気測定局113地点の資料を収集し、詳細な解析を行った。その結果、環八雲の形成要因として、環状八号線道路付近のヒートアイランド、東京湾と相模湾からの海風の収束、大気汚染物質の放出を指摘した。さらに、甲斐ほか(1995b)は、東京都世田谷区でライダー・ラジオゾンデ観測を行い、環八雲の鉛直構造を調べた。この観測によると、環八雲は都市混合層と自由大気の境目、高度約1 km に出現することが分かった。

このように最近では、典型的な環八雲出現日についての事例解析や観測により、環八雲の性質や構造が解

\*<sup>1</sup> エヌエス環境(株)技術本部技術計算室。

\*<sup>2</sup> 筑波大学地球科学系。  
(現:名古屋大学大学院人間情報学研究科)

\*<sup>3</sup> 東京都環境科学研究所基盤研究部(現:社団法人海外環境協力センター在メキシコ)。

—1995年12月18日受領—

—1997年12月24日受理—

明されつつあるが、まだ気候学的な研究はほとんど行われていない(甲斐ほか, 1994)。すなわち、環八雲は統計的にどのくらいの頻度で出現し、どのような気圧配置のもとで出現するかなどの気候学的特徴はよく分かっていない。

そこで、本研究では、環八雲出現日の日本付近の気圧配置型ごよみと東京都の気温、風のデータを用いて統計解析を行い、環八雲が発生した日の気候学的特徴を明らかにしようと試みた。

## 2. 資料と解析方法

### 2.1 気圧配置型の分類

最初に、環八雲出現日のおおよその傾向を知るために、1982～1993年の夏季、6～8月の環八雲出現日について、月別に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(1996)が東京都西部に位置する武蔵野市で目視とVTRで常時観測をしている。VTR観測では魚眼レンズを使用し、監視できる範囲は東京都区部(池袋、荻窪、渋谷、高井戸、羽田など)から神奈川県臨海部(川崎、横浜など)である。観測対象となるのは積雲で、「これらの雲が環状八号線道路付近の上空に列状分布をし、1つ1つの雲の動きが列方向と一致するもの」を環八雲としている。

また、気圧配置型については、吉野(1978)による気圧配置型の分類法で作成した気圧配置型ごよみを用いた(山川, 1995)。気圧配置型の分類基準は次の6通りである。

- 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

これに従って、環八雲出現日の気圧配置型の出現日数を調べた。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。

### 2.2 気温分布図、及び風ベクトル図の作成

東京都の気温、風については、一般環境大気測定局で測定された1989～1993年の5年分の8月のデータを用いた。8月のデータを用いた理由は、環八雲出現日の気圧配置型の分類をした結果、V(南高北低)型が一番多く、中でも8月はV(南高北低)型の占める割合が一番多く、また月別出現日数も最も多いからである。なお、この解析に用いた東京都一般環境大気測定

局は35地点であり、その配置を第1図に示す。

この測定データを用いて、環八雲出現日の平均気温分布図、平均風ベクトル図を3時、9時、15時、21時について作成した。平均風ベクトルについては、東西成分と南北成分に分けて平均をとった。

次に、環八雲出現日の気候学的特徴をみるために、環八雲出現日の平均気温と全期間の平均気温との差、環八雲出現日の平均風ベクトルと全期間の平均風ベクトルとの差を求め、3時、9時、15時、21時について分布図、ベクトル図を作成した。

さらに、環八雲出現日の風については、地上収束・発散の計算を行い、風の収束域を調べた。

### 2.3 地上収束・発散の計算方法

ここでは、平面近似法(Plane Fitting)を用いて、地上収束・発散の計算を行った(Tanaka and Milkovich, 1990; 甲斐ほか, 1995a)。これは、第1図のように格子点を中心とした単位円を決め、この円内に含まれる観測点の風の東西成分、南北成分を平面近似することによって、その微分である地上収束・発散を計算する方法である。なお、今回は単位円の数が少なかったため、分布図ではなく、東西断面のグラフを作成した。

## 3. 解析結果

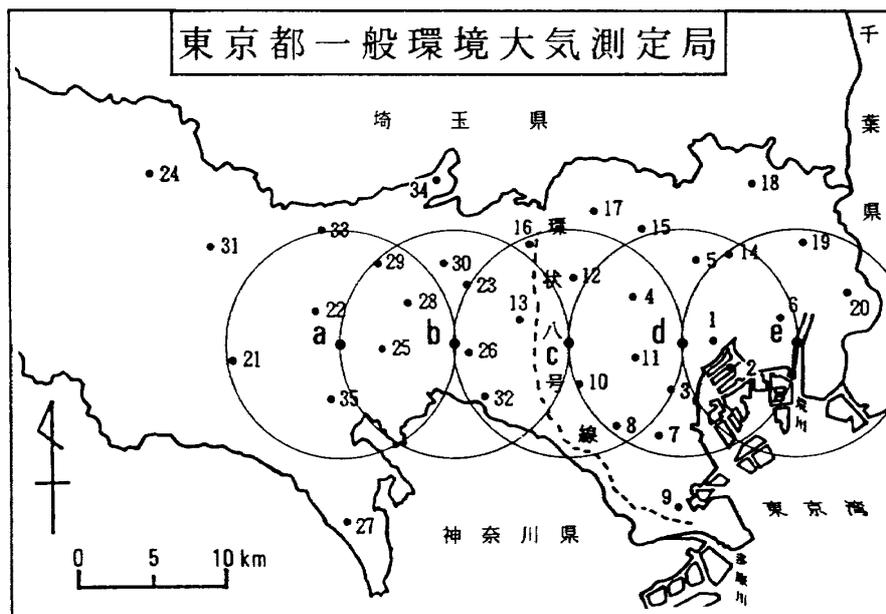
### 3.1 環八雲出現日の気圧配置型

過去12年間(1982～1993年)の6～8月の環八雲出現日数は、165日である。環八雲出現日の気圧配置型の分類を行った第1表、第2図から、6月は出現日数が32日で、7、8月の約半数となっており、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ことが分かる。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。

また、II(気圧の谷)型、IV(前線)型、VI(台風)型の出現頻度が比較的高いことが分かる。しかし、これらの気圧配置型は、III(移動性高気圧)型やV(南高北低)型とともに結合型、移行型として出現することが多く、単独型として出現することは少ない。

### 3.2 環八雲出現日の東京都の気温

1989～1993年の8月の環八雲出現日数は49日で、その平均気温分布が第3図である。図中の破線は、環状八号線道路を表している。



- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| 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. 桃谷   | 19. 葛飾  | 29. 小平  |         |
| 10. 世田谷 | 20. 江戸川 | 30. 田無  |         |

第1図 東京都一般環境大気測定局位置，及び地上収束・発散の計算に用いた単位円。

第1表 1982年から1993年の6～8月における環八雲出現日の気圧配置型の月別出現日数。

	I型 西高東低	II型 気圧の谷	III型 移動性高気圧	IV型 前線	V型 南高北低	VI型 台風	合計
6月	0 (0)	3 (69.5)	11.5 (94)	12 (170.5)	5.5 (19)	0 (7)	32 (360)
7月	0 (0)	3.5 (45.5)	7.5 (56)	19.5 (179)	24.5 (67.5)	3 (24)	58 (372)
8月	0 (0)	9 (49)	10 (51.5)	13.5 (74)	33 (125.5)	9.5 (72)	75 (372)
合計	0 (0)	15.5 (164)	29 (201.5)	45 (423.5)	63 (212)	12.5 (103)	165 (1104)

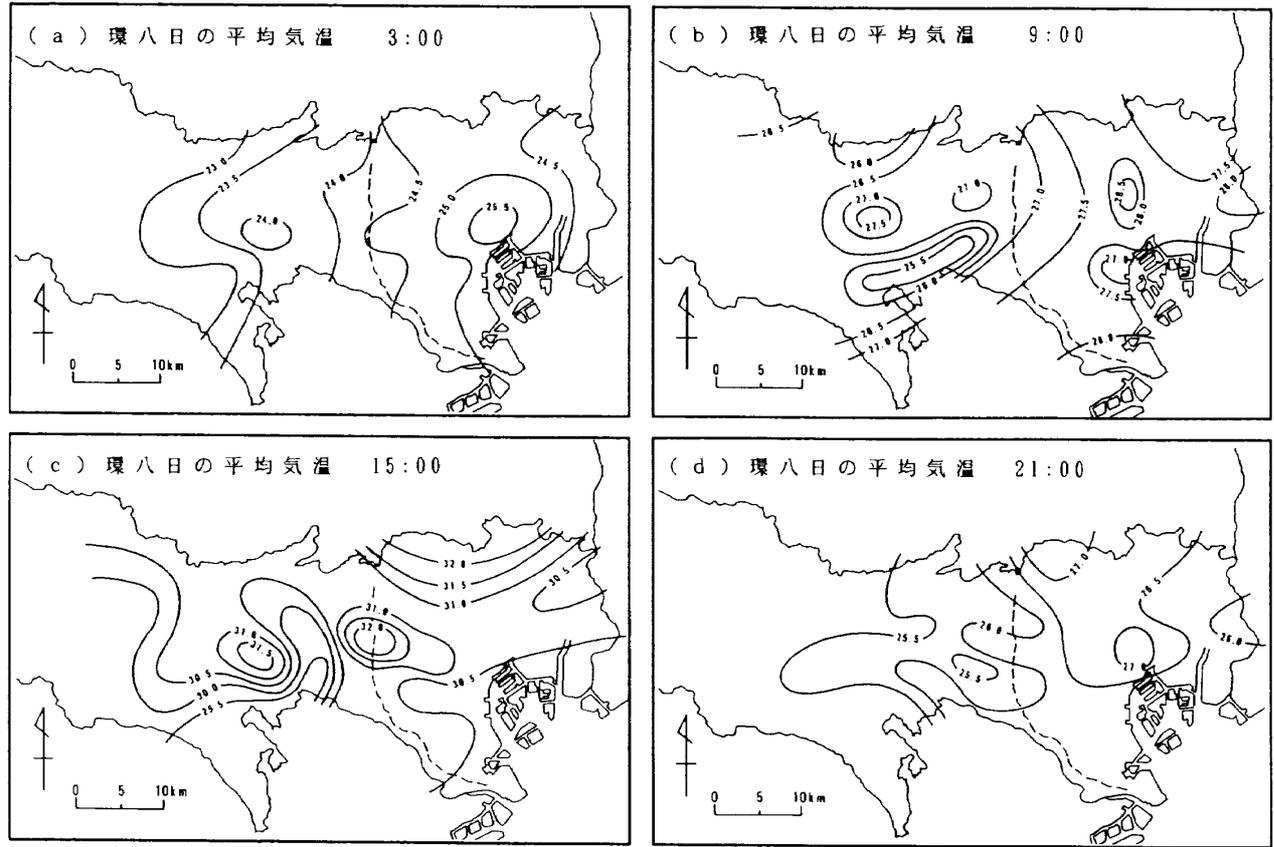
\* 気圧配置型の分類は、吉野 (1978) による気圧配置型の分類法 (I型～VI型) で山川が作成した気圧配置ごみを用いた。他の気圧配置型への移行型・結合型は0.5日、単独型の場合は1日として統計した。

\* ( ) 内は、対象期間における気圧配置型の出現日数。

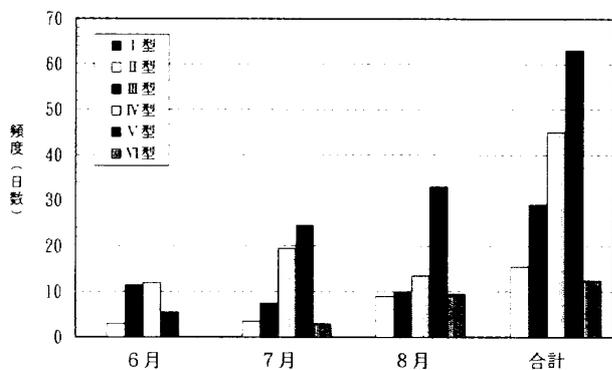
3時の気温分布(第3図 a)は、都心部に25°C以上のヒートアイランドが存在し、西側の郊外(この論文では、主に八王子、福生、青梅を中心とした山間部を指す。)に向かって気温は低下している。最高値は、ヒートアイランド中心部の旧都庁前で、25.6°Cを示している。都心部と郊外の気温差は約3°Cである。等温線は

ほぼ南北に走っており、東西方向に気温差が大きくなっている。

9時の気温分布(第3図 b)は、都心部のヒートアイランドが3時と比較してわずかに北上し、東京湾付近の港では周辺よりも気温が低くなっている。これは、東京湾からの海風の進入によるものと思われる。最高



第3図 環八雲出現日の3, 9, 15, 21時の平均気温分布 (1989~1993年, 8月).



第2図 環八雲出現日の気圧配置型の月別出現頻度 (日数) (1982~1993年, 6~8月).

値は、ヒートアイランドの中心部の文京で、28.5°Cを示している。また、立川にも27.5°C以上のヒートアイランドが存在し、梶谷、江戸川も28°C以上の高温となっている。さらに、西側の郊外よりも調布、多摩の方が気温が低くなっている。

15時の気温分布(第3図c)は、3時、9時に存在していた都心部の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にヒートアイランドが存在している。最高値は、ヒートアイランドの中心部であ

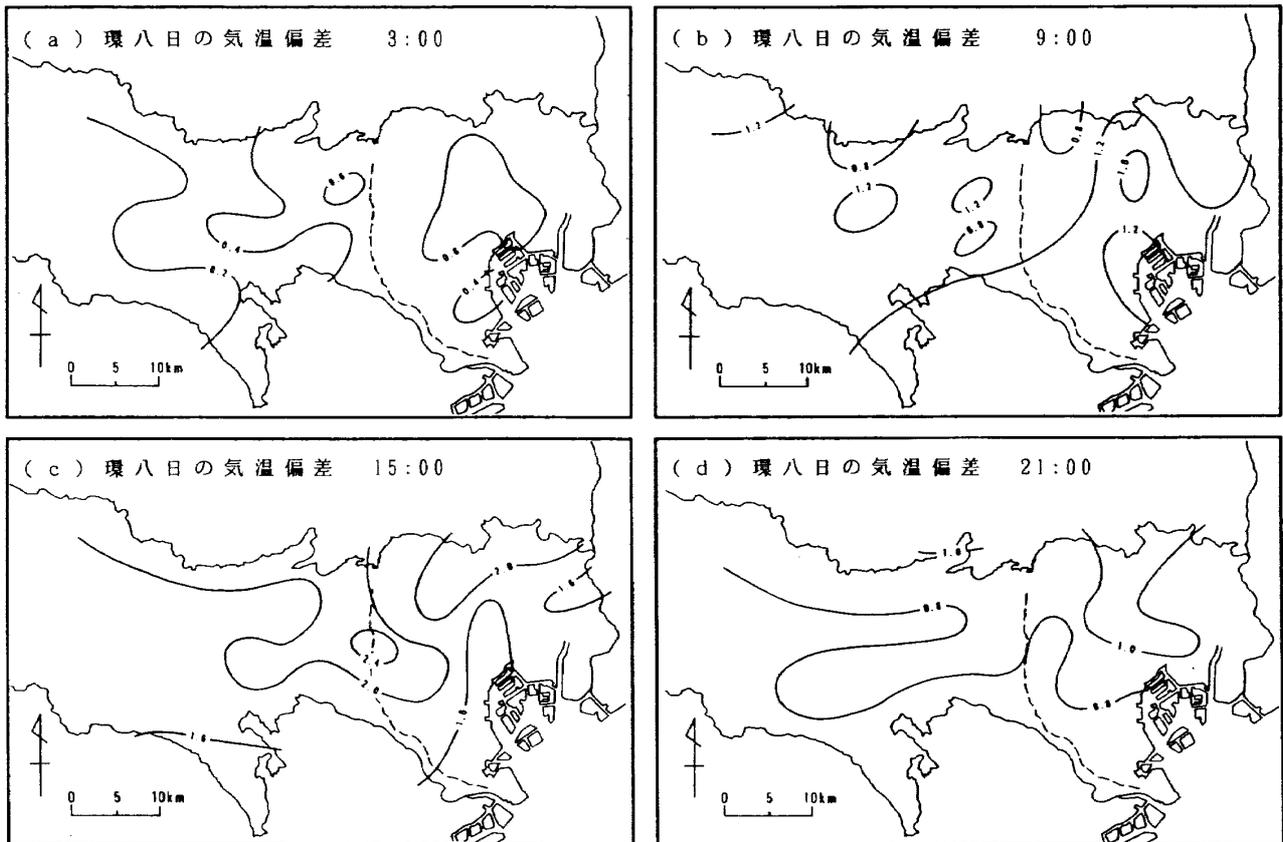
る久我山で、32.4°Cを示している。このヒートアイランドと周囲との気温差は、約2°Cである。最低値は、その西側の調布で29.4°Cを示しており、久我山との気温差は3°Cである。また、府中にも31.5°C以上のヒートアイランドが存在し、埼玉県境付近の足立も32.5°Cと高温となっている。3時の気温と比較すると、久我山では8.2°C上昇しており、全観測点の中で最も昇温が激しくなっている。

21時の気温分布(第3図d)は、都心部に27°C以上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。最高値は、ヒートアイランドの中心部である旧都庁前で、27.1°Cを示している。埼玉県境付近の練馬北でも27°Cと高温になっている。また、都心部と郊外の気温差は約2°Cである。

### 3.3 環八雲出現日の東京都の気温偏差

先に求めた1989~1993年の8月の環八雲出現日の平均気温とこの全期間の平均気温との差をとった気温偏差の分布が第4図である。

3時の気温偏差(第4図a)は、都心部で大きく、0.6°C以上を示しており、西側の郊外に向かって徐々に低下している。最高値は、文京、渋谷の0.7°Cである。



第4図 環八雲出現日の3, 9, 15, 21時の気温偏差分布 (1989~1993年, 8月).

また、武蔵野でも $0.6^{\circ}\text{C}$ と高い値を示している。東京都全域で正の値を示しており、環八雲出現日は平均よりも、気温が高くなっていることが分かる。この傾向は、郊外よりも都心部で大きくなっている。

9時の気温偏差(第4図b)は、都心部よりもやや北側の文京の $1.6^{\circ}\text{C}$ を中心として、都心部で $1.2^{\circ}\text{C}$ 以上を示している。また、立川で $1.3^{\circ}\text{C}$ 、武蔵野、青梅で $1.2^{\circ}\text{C}$ と高い値を示している。3時と同様に、東京都全域で正の値を示しており、環八雲出現日は平均よりも気温が高くなっている。また、東京都全域で3時よりも大きな値となっている。

15時の気温偏差(第4図c)は、東京都全域で $1.4^{\circ}\text{C}$ 以上を示しており、東京都の気温は、環八雲出現日の方が平均よりもかなり高くなっていることが分かる。特に、全観測点の中で最高値を示している久我山では、 $2.5^{\circ}\text{C}$ となっている。つまり、環状八号線道路付近の久我山では、環八雲出現日は平均よりも気温が高くなる傾向が全観測点中で最も強くなっている。また、埼玉県境付近でも、 $2^{\circ}\text{C}$ 以上の高い値を示しており、南側に向かって低下している。9時の気温偏差と比較すると、文京以外は15時の気温偏差の方が大きく、環八雲

出現日は平均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。

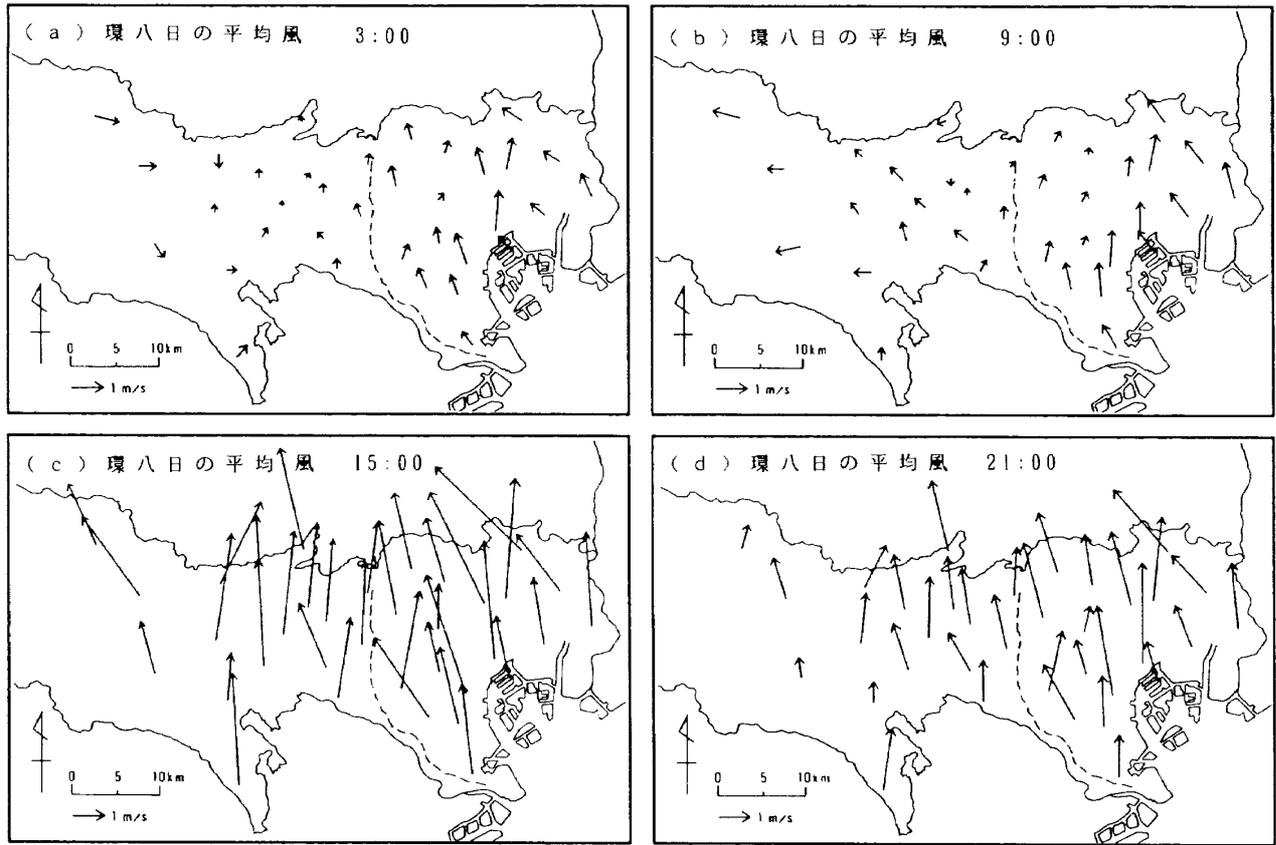
21時の気温偏差(第4図d)は、都心部から埼玉県境にかけて $1^{\circ}\text{C}$ を示している。最低値は、神奈川県境の $0.7^{\circ}\text{C}$ で、東京都全域であまり差が無くなっている。

### 3.4 環八雲出現日の東京都の風

1989~1993年の8月の環八雲出現日の平均風ベクトルが第5図である。

3時の風(第5図a)は、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、東側にいくにしたがって南風成分が強くなり、環状八号線道路の西側10 km以内では $0.5\text{ m/s}$ 以下の弱い南寄りの風、環状八号線道路の東側では $0.5\sim 1\text{ m/s}$ 程度の南東から南南東寄りの風が卓越している。また、都心部の旧都庁前、荒川では、 $1\text{ m/s}$ 以上の強い南南西寄りの風となっている。

9時の風(第5図b)は、西側の郊外では東寄りの風、環状八号線道路の西側20 km以内では、 $0.5\text{ m/s}$ 以下の南東から南南東寄りの風が卓越している。環状八号線道路の東側では、南から南南西寄りの風、千葉県境付近では南東寄りの風が卓越しており、東京湾付近、



第5図 環八雲出現日の3, 9, 15, 21時の平均風ベクトル (1989~1993年, 8月).

千葉県境付近では風速1 m/s前後となっている。

15時の風(第5図c)は、東京都全域で風速が2~4 m/sとなり、海風が発達していることが分かる。環状八号線道路東側の都心部では、南東から南南東寄りの東京湾からの海風が卓越している。環状八号線道路より西側では、郊外で南東寄りの風が吹いているが、それ以外では南から南南西寄りの相模湾からの海風が卓越している。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、収束域を形成しているように見える。

21時の風(第5図d)は、東京都全域で風速が2 m/s前後となっている。環状八号線道路東側の風向は、15時とほとんど変化していないが、環状八号線道路の西側では15時よりもやや西向きになっており、相模湾からの海風の影響が弱くなっていることが分かる。

### 3.5 環八雲出現日の東京都の風の偏差

先に求めた1989~1993年の8月の環八雲出現日の平均風ベクトルとこの全期間の平均風ベクトルとの風ベクトル差が第6図である。

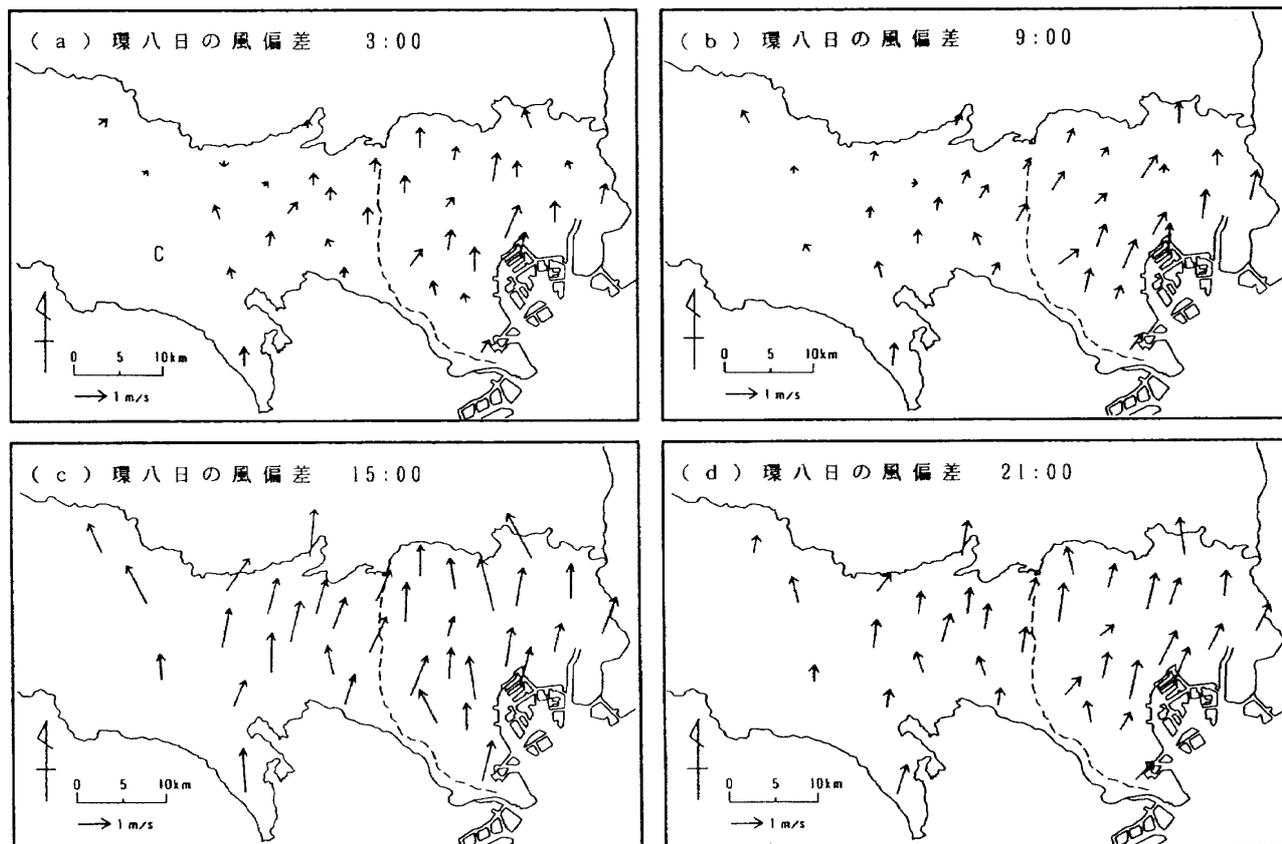
3時の風の偏差(第6図a)は、埼玉県境付近、神奈川県境付近の数か所を除く東京都全域で南から南南東

寄りの風が卓越している。偏差は、旧都庁前が最大で1.1 m/sとなっているが、それ以外では1 m/s以下となっている。また、偏差は環状八号線道路の東側で大きく、環状八号線道路の西側の約2倍の大きさとなっている。

9時の風の偏差(第6図b)は、西側の郊外で南東寄りの風となっているのを除き、3時と比較するとやや東向きになっており、南西から南南西寄りの風が卓越している。大きさは3時とあまり変わらず、3時と同様に、環状八号線道路東側の偏差は、環状八号線道路西側の約2倍の大きさとなっている。

15時(第6図c)になると、偏差は大きくなり、1~2 m/sのものが多くなっている。西側の郊外と東側の埼玉県境付近では南南東寄りの風となっているが、それ以外では南南西寄りの風が卓越している。環八雲出現日は平均と比較して、東京都全域で海風の影響と思われる南風成分がかなり強くなっていることが分かる。

21時の風の偏差(第6図d)は、15時よりもやや弱くなっており、東京都全域で1 m/s前後となっている。埼玉県境付近、神奈川県境付近の南南東寄りの風を除くと、南南西寄りの風が卓越している。



第6図 環八雲出現日の3, 9, 15, 21時の風偏差ベクトル (1989~1993年, 8月).

### 3.6 環八雲出現日の東京都の風の地上収束・発散

環八雲出現日の風 (第5図) について, 平面近似法で地上収束・発散の計算を行い, その結果を東西断面のグラフにしたものが第7図である. 負の値が収束, 正の値が発散を表している.

3時 (第7図 a) は, 西側の郊外に近い円 a では  $2.8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  の発散, それ以外では弱い収束となっている. 中でも収束が大きくなっているのは, 環状八号線道路東側の円 d と円 e で,  $-3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  程度となっている. 環状八号線道路付近では  $-0.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  程度のやや弱い収束となっている.

9時 (第7図 b) は, 環状八号線道路付近を境として, 西側では  $2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  程度の発散, 東側では収束となっている. 収束は都心部に近い円 d で最大で,  $-8.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  となっている. これは, 東京湾からの海風の進入の影響によるものと思われる. 環状八号線道路付近では  $-0.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  程度のやや弱い収束となっている.

15時 (第7図 c) は, 円 c と円 e で収束している. 環状八号線道路東側の円 c で  $-5.8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  と収束は最大となっており, 環状八号線道路付近でも  $-2 \times 10^{-5}$

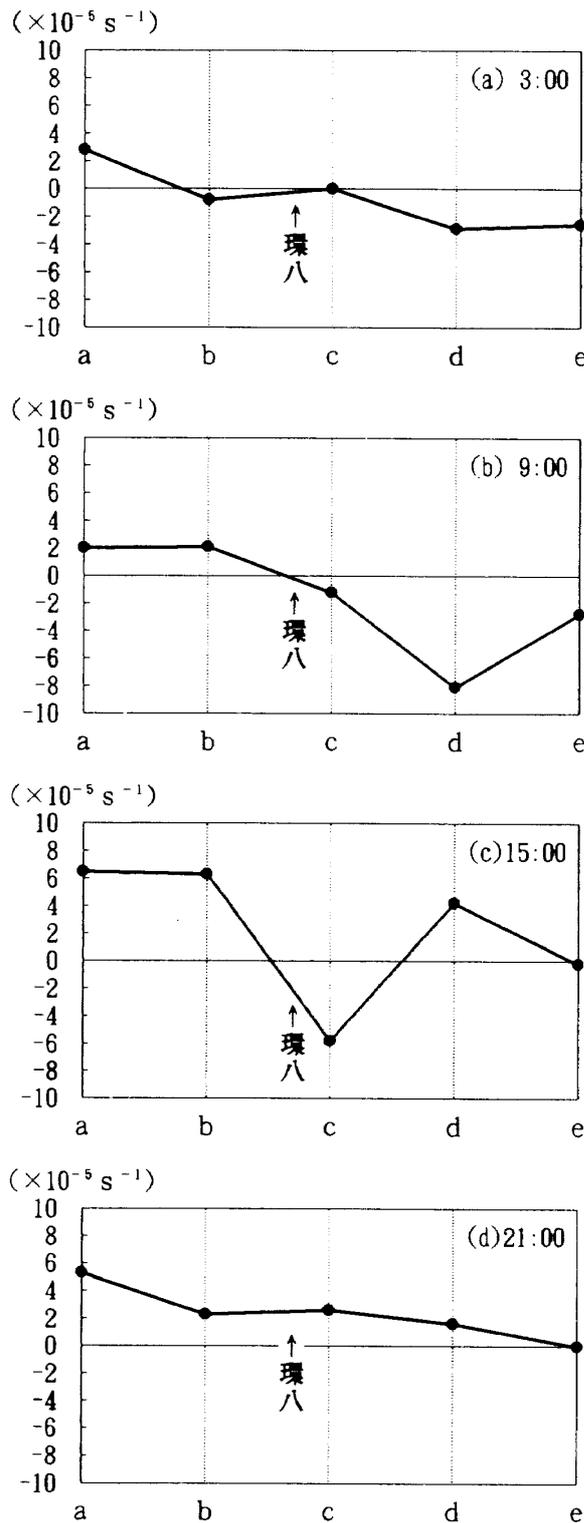
$\text{ s}^{-1}$  程度の収束となっている. 強い収束域が, 9時と比較して都心部から環状八号線道路東側に移ったこと, また, その両側の円 b と円 d では発散となっていることから, 東京湾からの海風がさらに内陸に進入し, 相模湾からの海風と合流して, 環状八号線道路付近で収束域を形成していることが分かる.

21時 (第7図 d) は, 円 e で  $-4.1 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$  の弱い収束となっているが, それ以外では発散となっている. 郊外に近い円 a で発散は最大となっており,  $5.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  を示している. 環状八号線道路付近では  $2.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  程度の発散となっている.

## 4. 考察

### 4.1 環八雲出現日の気候学的特徴

本研究では, まず, 過去12年間の観測記録を吟味し, 環八雲が出現した日の気圧配置型を調べた. その結果, 環八雲は日本付近が太平洋高気圧や移動性高気圧に覆われている日に多く出現していることが分かった (第1表). このことより, 環八雲は, 一般風が弱く晴れた日, すなわちヒートアイランドや海陸風などの局地循環の発達しやすい気象条件のとき多く出現するといえ



第7図 環八雲出現日の平均風の3, 9, 15, 21時の地上収束・発散の東西断面 (1989~1993年, 8月).

る。

次いで、東京都における一般環境大気測定局35地点の5年間の観測資料を統計解析した。観測資料を環八

雲出現日と全期間に分けて統計をとり、その偏差の分布を解析した。この統計操作は、環八雲出現日の気候学的特徴を抽出するのに役だったのではないかと考えている。

統計解析から明らかになった、過去5年間の環八雲出現日の特徴は、日中、環状八号線道路付近がヒートアイランド、及び海風の収束域となっていることである。上記のことは、事例解析からすでに指摘されていたが(甲斐ほか, 1995a), 気候学的にも確かめられたことは意義が深いと考える。

このような結果を用いて、現時点で、環八雲発生メカニズムを推測すると、次のようになる: 環八雲は、日本付近が高気圧に覆われた日の日中に、東京都全域で海風が発達することによって、東京湾からの海風と相模湾からの海風が環状八号線道路付近で収束域を形成すること、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との相乗効果によって、上昇気流が発達するために発生する積雲であると考えられる。

この推論に対して、いくつか疑問な点もある。その中の1つは、注意深く見ると、地上のヒートアイランド、海風の収束域、環八雲の三者の位置が必ずしも完全に一致していないことである。この点については、われわれは次のように考えている: 1994年のライダー観測によると、環八雲の雲底高度は約1 kmで、大気混合層高度の直上にあたる(甲斐ほか, 1995b)。このときの観察によると、積雲列の形は、地表面の気温分布(ヒートアイランド)のみで決まるのではなく、サーマルの段階では大気混合層、そして積雲列を形成した後は自由大気条件(風、湿度、気温など)で決まる。地上付近から大気境界層を経て自由大気に達する間、サーマルは輸送拡散される。したがって、環八雲と地上のソースと必ずしも1対1に対応しなくても良い。むしろ重要なのは、海風の収束域が高温であれば、熱対流が盛んになり、積雲が形成されやすいことである。

ここに提出した仮説は、事例解析、統計解析、野外観測の結果から導いたものである。将来、新しいデータが公表され、この仮説が塗り替えられる可能性はある。

#### 4.2 久我山の高温と設置環境について

東京都の一般環境大気測定局35地点は、都内のいろいろな場所に設置されている。統計解析の際、気温が統計的に高い地点および低い地点については、現地を視察し、設置環境を調査した。

本研究では、環状八号線道路付近の久我山の高温に着目した。久我山の測定局は、東京都杉並区の住宅街の一角にある。日中の気温が周囲よりも $2^{\circ}\text{C}$ 以上も高い点を、われわれは当初、不思議に感じた。大気が安定した夜間ならばありうることだが、日中、そのような気温の不均一分布があれば対流活動によって解消されるはずである。1994年8月上旬、東京都環境科学研究所の了解を得て、久我山の一般環境大気測定局でアスマン乾湿計による比較観測を実施した。その結果、両方の観測値に有意な差は認められず、久我山の高温は都市環境によるものと判断した。

#### 4.3 地上気象要素の分布と環八雲

環八雲出現日における地上気象要素の分布の特徴と環八雲との関係を以下に考察する。

まず、気温分布の大きな特徴は、ヒートアイランドの中心位置は夜間から午前中にかけて都心部にあるが、午後には西の環状八号線道路付近に移動することである。東京の場合、ヒートアイランドの中心位置が都心部、すなわち熱源（人間活動の中心）にあるのは、陸風の弱い夜間に限られる。日中は海風の影響により、ヒートアイランドの中心位置が都心部よりもやや西に偏る。このことが、東京の都市気候を特徴づけている。この現象は、典型的な環八雲出現日の事例解析でも指摘されているが（甲斐ほか、1995a）、本研究により気候学的に確認された。

風の分布についてみると、環八雲出現日は南寄りの海風が卓越し、夜間も完全な陸風とはならず、弱い南風が吹く。気候値を用いて、地上収束・発散を計算すると、収束域は午前中、都心部にあり、午後には西の環状八号線道路付近に移動することが判明した。この点は、環八雲の成因を説明する上できわめて重要であるが、都市気候学的にもおもしろい。

南関東大気環境調査の資料を解析した Fujibe and Asai (1980) は、無風に近い状態の下で、東京の都心に収束する低気圧性の風系が存在することを示した。今回の解析では、夜間よりも日中に大きな収束がみられ、しかもその収束域がヒートアイランドと同様に、午前中から午後にかけて都心部から環状八号線道路付近に移動している。日中、収束が大きくなる理由として、海風による気流の収束、ヒートアイランドによる対流活動（混合層）の強化などがあげられる。そして、収束域の移動は、ヒートアイランド循環と海陸風循環の相互作用によって生じたと考えられる。

#### 5. まとめ

本研究では、環八雲が発生した日の気候学的特徴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日本付近の気圧配置型の分類、及び1989～1993年の8月の環八雲出現日の東京都の平均気温分布図、平均風ベクトル図を作成するとともに、全平均との比較を行った。また、環八雲出現日の風については、地上収束・発散の計算を行った。その結果、環八雲が発生した日の気候学特徴として、以下のことが明らかになった。

(1) 環八雲は、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多く出現している。

(2) 環八雲出現日の東京都の気温は、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ている。また、環八雲出現日は、昼夜を問わず気温が平均より高くなっており、日中は特に環状八号線道路付近でこの傾向が強くなっている。

(3) 環八雲出現日の東京都の風は、夜間から弱い南風となっており、日中は海風の影響で東京都全域で強い南風が卓越している。この結果、環八雲出現日の日中は、東京湾からの南東から南南東寄りの海風と相模湾からの南から南南西寄りの海風が、環状八号線道路付近で合流しやすい状態になっている。また、環八雲出現日は、昼夜を問わず平均よりも南風成分が強くなっており、この傾向は特に日中に強くなっている。

(4) 環八雲出現日の風については、9時には都心部に強い収束域が存在するが、15時には環状八号線道路付近に強い収束域が存在している。

この結果、環八雲は、日本付近が高気圧に覆われた日の日中に、東京都全域で海風が発達することによって、東京湾からの南東から南南東寄りの海風と相模湾からの南から南南西寄りの海風が環状八号線道路付近で収束域を形成することと、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との相乗効果によって、上昇気流が発達するために発生する積雲であると推論される。

#### 謝 辞

本研究の基礎となったのは、塚本治弘氏による環八雲の観測資料である。貴重な資料を快く提供して頂いた塚本治弘氏、気圧配置型ごよみを提供して頂いた農林水産省農業環境技術研究所山川修治氏、東京都一般環境大気測定局資料の解析に助言を頂いた東京都環境

科学研究所宇田川満氏に、感謝の意を表します。本研究は、平成9年度文部省科学研究費補助金「環八雲の観測とモデル化に関する研究」(代表者：甲斐憲次, No. 07454247) の一環として行った。

#### 参 考 文 献

- Fujibe, F. and T. Asai, 1980 : Some features of a surface wind system associated with the Tokyo heat island, *J. Meteor. Soc. Japan*, **58**, 149-152.
- 甲斐憲次, 宇田川満, 伊藤政志, 糸賀勝美, 1994 : 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—, *東京都環境科学研究所年報*1994, 27-34.
- 甲斐憲次, 浦 健一, 河村 武, 朴(小野) 恵淑, 1995 a : 東京環状八号線道路付近の上空に発生する雲(環八雲)の事例解析—1989年8月21日の例—, *天気*, **42**, 417-428.
- 甲斐憲次, 日置江桂, 太田 稔, 阿保 真, 長沢親生, 村山利幸, 永井智広, 内野 修, 1995b : 1994年8月東京都世田谷区上空で観測された積雲列(環八雲)について—速報—, *天気*, **42**, 715-719.
- Kimura, F. and S. Takahashi, 1991 : The effects of land-use and anthropogenic heating on the surface temperature in the Tokyo metropolitan area : a numerical experiment, *Atmos. Environ.*, **25B**, 155-164.
- 木村竜治, 三沢信彦, 坂上治郎, 国井利泰, 1975 : 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**, 186-196.
- Malkus, J. S. and M. E. Stern, 1953 : The flow of a stable atmosphere over a heated island, Part I, *J. Meteor.*, **10**, 30-41.
- Pielke, R. A., 1974 : A three-dimensional numerical model of the sea breezes over south Florida, *Mon. Wea. Rev.*, **102**, 115-139.
- Stern, M. E. and J. S. Malkus, 1953 : The flow of a stable atmosphere over a heated island, Part II, *J. Meteor.*, **10**, 105-120.
- Tanaka, H. L. and M. F. Milkovich, 1990 : A heat budget analysis of the polar troposphere in and around Alaska during the abnormal winter of 1988/89, *Mon. Wea. Rev.*, **118**, 1628-1639.
- 塚本治弘, 1982 : 植物が作る雲, 環境汚染が作る雲, *気象*, **26**(8), 28-30.
- 塚本治弘, 1990 : ヒートアイランド現象と雲—1989年夏の観測から—, *気象*, **34**(1), 8-11.
- 塚本治弘, 1996 : 環八雲出現判定マニュアル(私信).
- 山川修治, 1995 : 気圧配置型ごよみ(私信).
- 米谷恒春, 1979 : 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**, 63-81.
- Yonetani, T., 1989 : Study of the urban effects on the occurrence of convective precipitation, Report of the National Research Center for Disaster Prevention, **44**, 1-59.
- Yoshikado, H., 1990 : Vertical structure of the sea breeze penetrating through a large urban complex, *J. Appl. Meteor.*, **29**, 878-891.
- 吉野正敏, 1978 : 気候学, 大明堂, 50-60.

## Climatological Study of the Kampachi Cloud over Tokyo —Statistical Analysis from August 1989 to 1993—

Katsumi Itoga\*<sup>1</sup>, Kenji Kai\*<sup>2</sup> and Masashi Ito\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> (Corresponding author) NS Environmental Science Consultant Corporation, Sapporo 060-0001, Japan.

\*<sup>2</sup> Institute of Geoscience, University of Tsukuba (Present affiliation : Graduate School of Human Information Nagoya University).

\*<sup>3</sup> Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Research.

(Received 18 December 1995 ; Accepted 24 December 1997)