

# 鹿島灘系海風の構造\*

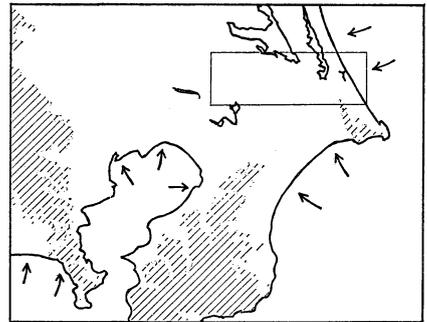
吉 門 洋\*\*

## 要 旨

夏季の鹿島灘からの海風が内陸へ進入する際の特徴を、海岸から約40km にわたる地域の地上風データ11例と上層風データ2例によって調べた。その結果、鹿島灘からの海風の進入に対して北浦などの湖風が一時これを妨げる方向に働くことがわかった。しかし一般に午前中に海風はこの線を突破して40km 内陸まで進入することが多い。同時に、海風の水平スケールの発達に伴って、鹿島の海風は九十九里浜方面の海風と関係し合って風向が南寄りに変化する傾向が認められた。

## 1. 序

広大な関東平野に発達する局地風が、わが国の他の地域に吹く局地風と様相を異にすることは想像にかたくない。しかも関東平野は大きく見て東と南の二方面で海に開け、さらに東京湾が存在することで複雑な海岸線を有している(第1図参照)。そのため、海風だけを調べても、東京湾、相模灘、九十九里浜、鹿島灘の各海岸から平野に進入して、互いに影響し合っている。場合によっては二つの海風系が収束線を形成したり、二層に重なり合うことなども予想される。従って、例えば東京湾沿岸の工業地帯あるいは都市圏の大気汚染に対して東京湾の海風が大きく影響することは当然であるが、問題はそれだけにとどまらない。東京湾の海風の前面に鹿島方面からの東風が入って収束線が停滞したり(河村, 1974)房総半島西岸の東京湾海風の上層に九十九里浜方面からの南東風が入る(齊藤ほか, 1975)、などの複雑な風系相互の関係が大気汚染の形態に影響を及ぼすことが指摘されている。最近、大気汚染の広域化に伴って問題を関東平野規模でとらえる努力が各所でなされているが、未だ視点は東京湾中心にすえられているように思われる。ここでは一旦視点を全く変えて、鹿島灘沿岸における夏季の海風の様態をさぐり、もしできれば、それが東京湾



第1図 関東平野の地形。推定される海風の進入形態の概略を矢印で示す。斜線部分は標高50m以上を、細線の矩形部分は調査対象地域(第2図)を示している。

沿岸地域に与える影響についても考察する。

## 2. 調査の概要

鹿島灘沿岸で発達する夏季の海風が陸上に進入し、その領域を拡大してゆく過程を明らかにすることを目的として、鹿島地域から内陸約40km までの範囲の風を調査した。地上風については茨城県下各地におかれた環境測定局の微風向風速計の記録を使用した。記録は10分間平均回路を通してペンレコーダに出力されたものである。対象期間は1974年8月1日から31日までの1カ月間とした。

上層風については同年8月20日から24日までの5日間に同地域で実施した特別観測において得られたデータを使用した。この測定は原則として9時から17時までの毎

\* Characteristic Structure of the Sea-breeze at Kashima area

\*\* H. Yoshikado 公害資源研究所  
—1975年12月8日受領—  
—1976年1月12日受理—

第1表 海風の開始に関するデータ

日	a.	b.	c.	d.
8/ 1	(W) SW 1.3	W	11 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> (E <sub>1</sub> )	6
2	(E) NE 2	W	6 34 (E <sub>5</sub> )	2
3	(E) NE 2	E	9 54 (E <sub>5</sub> ) 風向変化小さく不明確.	キリ
4	SSW 1	S	10 36 (E <sub>1</sub> )	0
5	SW 2	W	9 24 (〃)	4
6	W (SW) 1.5	S	10 04 (〃)	2 過去キリ
8	(N) NE 1.5	W	6 30 (〃) 全域的にNより. のち徐々にEへ回転.	8
11	N (NE) 3.3	E	9 15 (〃) 海岸付近は変化小さく不明確.	4 遠隔キリ
14	SW 2.5	S	8 30 (〃)	8 モヤ
20	NW 1.5	E	9 02 (〃) 風向変化はないが風速が特徴的に急増.	5 遠隔キリ
22	NNE 3.5	N	7 <sup>h</sup> ごろ 夜間のNよりの風が徐々にEへ回転.	1

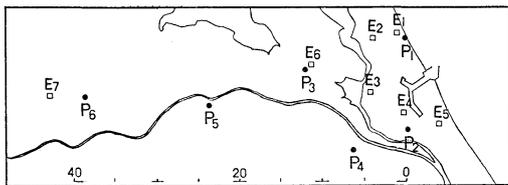
a.) 夜間の風: E<sub>1</sub> と E<sub>5</sub> の2~3時の風向(16方位)風速(0.5msec<sup>-1</sup>単位)の平均.

(W) SW は SW と WSW の中間. 他も同様.

b.) 海風開始時の内陸風向: 流線図による全体的傾向(4方位).

c.) E<sub>1</sub> または E<sub>5</sub> における海風開始時刻と特徴.

d.) 銚子の9時の雲量. (過去キリ: 過去1時間内に霧があった.)



第2図 観測地点の配置. E<sub>i</sub> (i=1~7)が地上風測定点, P<sub>i</sub> (i=1~6)がパイバル観測点を示す.

正時にパイバルを放球して単経緯儀法によって行なったものである. 測定地点の分布を第2図に示す.

### 3. 解析方法

対象期間中, 台風の接近等によって地上風記録に全く局地風らしい特徴の見られない日かなりの割合を占めている. それらの日は昼夜を問わず風速が大きく, 風向変動が小さく, 測定地点ごとの特徴がない点で容易に判別できる. 一応, 海岸に近い E<sub>1</sub>, E<sub>5</sub> 地点での3~15時の風向記録がともに90度以上振れていること, を基準として局地風, とくに海風の発達した日を選び出した. 24日以降は E<sub>1</sub>, E<sub>5</sub> とも欠測であったが, 他地点の記録と総観状況を参照した結果, 明らかに除外できた. また21日と23日は, 日出時刻ごろまで風速が小さく風向変動がやや大きい, 基本的に風向の変化はなく, 上層風についても, 高さ2km までほぼ一様な強風が吹き続けていたことがわかった. これらのことから, 21日, 23日も海

風が発達しなかったものと判断して, 以下の検討から除外した. 一般に同年8月は, 後半に台風14号, 16号などが相次いで日本に接近あるいは上陸したため, 海風の発達しやすい静穏日は比較的少なかった. 結局, 第1表に掲げた11例について, ①地上風のナマ記録から種々の特徴的な変動, 特に風向風速の急変する時刻を読みとること, ②各地点で特徴的な変化がみられる時間帯の流線図を描くこと, によって対象地域の風の場の変動を把握し, 海風域の拡大の過程を調べた.

## 4. 結果

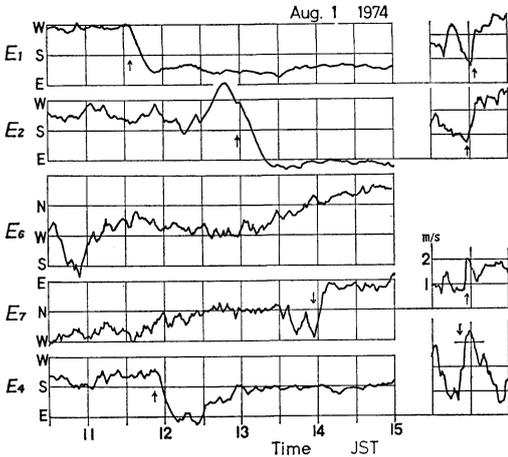
### 4-1 海風の吹き始め

前節の方法で選び出された日は例外なく午前中に海岸付近から東風が入っている. これらのすべてが海陸の対比によって起こる海風であるとはいいきれないが, 以下では一括して取り扱うことにする.

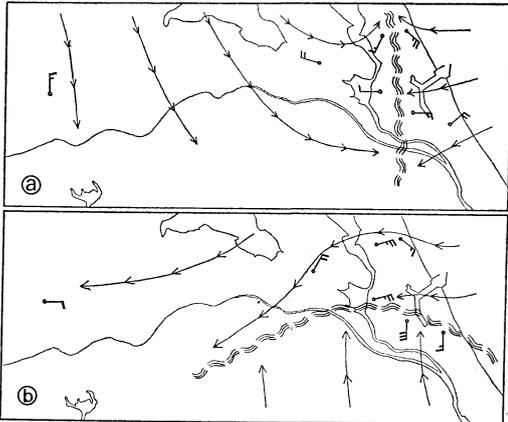
海風の吹き始めに関するデータを整理して第1表に示した. 夜間の風に一定のパターンが見られないことが一つの特徴である. その一因として, この地域周辺に山がないこと, 従っていわゆる陸風が山風と結びつかないために弱く, 定まった風向をもたないことが考えられる.

海岸付近の測定点で海風が吹き始める時刻は6時30分ごろから11時30分ごろまで, 日によって大きく異なる. 平均すれば一応9時すぎとなる.

### 4-2 陸水系の影響



第3図 8月1日の地上風記録。右端の風速図の横軸は時間で、地点ごとに矢印が風向図のそれに対応する。



第4図 海風の進入に伴う地上風流線の変化。①8月1日12時30分。②同14時30分。風速を示す長矢羽根は1m sec<sup>-1</sup>、短矢羽は0.5m sec<sup>-1</sup>である。

各地点で明瞭な風向風速の急変が記録されている場合には、海風域の拡大もしくは海風前線の進行の様子を追跡できる。第1表に掲げた日のうちの多くは風向の急変によって海風の進入が検出された。夜間の風向が海風の向きに近い場合には、風向変動幅の突然の減少や風速の増大によって各地点への海風進入がかなりの程度推定できた。

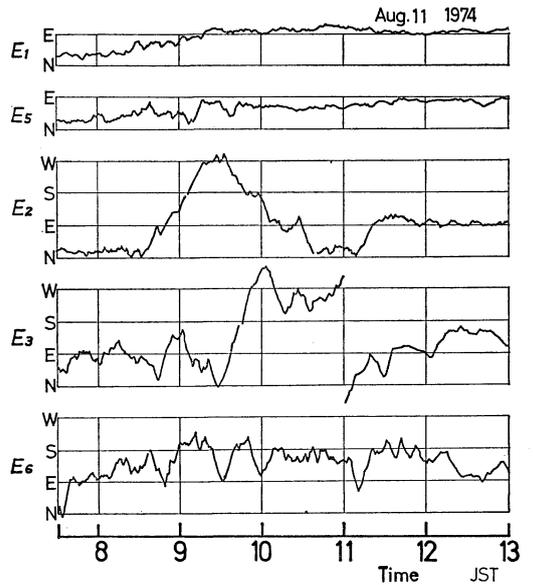
典型的な海風の進入形態として1日の例を第3図、第4図に示す。この日は、海風の入る時間帯は遅かったが、侵入のパターンは調査した日のうちの代表的なものであった。第3図中の矢印部分に見られるように、各地点へ

第2表 海風域の拡大進行時間(分)

日	1	2	4	5	6	11	14	20
E <sub>1</sub> →E <sub>2</sub> 3 km	86	37	92	170	78	114	77	74*
E <sub>2</sub> →E <sub>7</sub> 40km	56	158*	—	—	—	156	95*	199*

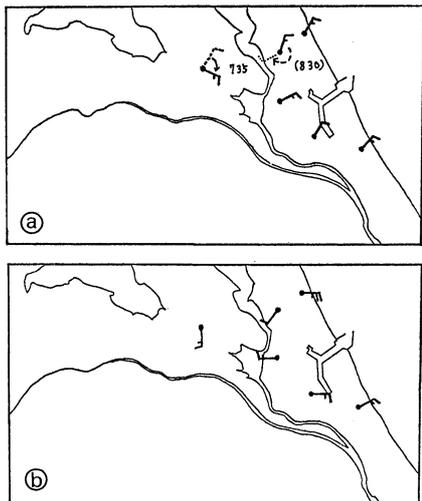
(\*) 一時的な東風または弱い東風がこれより早く検出されている。

(-) E<sub>7</sub>で東風が吹かず、南よりの風が卓越した。



第5図 8月11日の地上風記録。

の海風の到達が明確に読み取れる。ここで海風域の拡大速度に注目すると、E<sub>1</sub>からE<sub>2</sub>までの3kmに約1時間半を要し、一方E<sub>2</sub>からE<sub>7</sub>までの40kmを1時間弱で進んだことがわかる。同じことを、不明確な日を除外した8例についてまとめたのが第2表で、全般に、海岸から北浦・外浪逆浦畔までは風速に比べて非常にゆっくりと進んでいる。これに関連して、11日の例を第5図、第6図に示す。この日は海風進入以前から東寄りの風が吹いていたため、海風の侵入による風向変化は不明確であった。海岸に近いE<sub>1</sub>とE<sub>5</sub>では8時ごろ以降、しだいに風向が北から東へ変化したことが第5図からわかる。ところが北浦・外浪逆浦東岸のE<sub>2</sub>やE<sub>3</sub>では、風向が北から東に変化する過程で一時西風が吹いている。この西風は湖の存在によって起こる小規模な湖風といえよう。海風進入前の陸上の風向が西寄りの場合は湖の東岸



第6図 湖風の発生による地上風向逆転の例。㉑ 8月11日 8時00分。㉒ 同 9時40分。

の西風を湖風と判定するのは困難になる。しかし前述のような第2表の内容は、湖風を吹かせる力の成分が湖東岸への海風域の拡大を遅らせていることを示している。

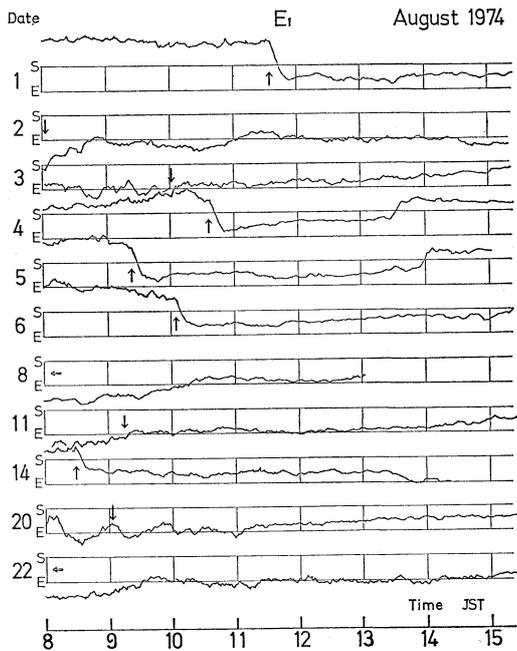
次に  $E_2$  から  $E_7$  までの海風の進入について考える。先にあげた1日の場合、その速度は秒速 10m 以上となり、海風の風速に比べて大き過ぎる。また、 $E_6$  での風向記録に、他地点のような明瞭な変化がなく、東風への変化も  $E_7$  よりむしろ遅いことが注目される。これらの点を考慮すると、 $E_7$  に進入した東風は直接の海風ではなく、霞ヶ浦から西に向かって吹く湖風ではないかと思われる。第2表の注に記したことからも、 $E_7$  では海風に先行する東風が現われやすいことがわかる。ただし、これらの東風は霞ヶ浦よりも利根川に強く関係している可能性もある。例えば利根川に沿った細長い地域には、その外側の地域よりも早く海風が進入することも考えられるので、検討の余地がある。

4-3 発達した海風

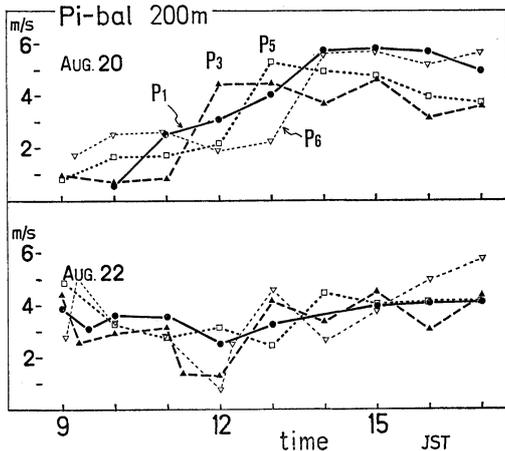
調査した全11日の日中の、 $E_1$  における風向変化を第7図に示す。海風の進入によって風向がEないしSEになっている。しかも、多くの場合、風向はEからS方向へ、ゆるやかな時計まわりの変化をしていることがわかる。特に4日と5日の場合、SW にまで急激に変化しているが、流線図によれば、鹿島地域全体としては、第4図㉑にみられるのと同様の九十九里浜方面からの南風であった。

上層風の測定を行なった20日と22日の場合に注目する

1976年2月

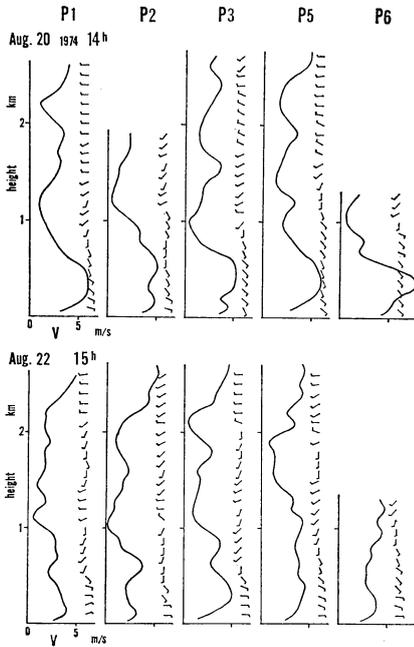


第7図  $E_1$  地点における日中の地上風向変化。



第8図 パイバル観測による地上100~200mの風速の時間変化。

と、地上風向はゆるやかな時計まわりの変化をしている。海風の内陸への進入の状況を見るために地上 100~200m の風速の時間変化を描いたのが第8図である。20日の場合は海岸からの距離に応じて  $P_1$  から順次に風速の急増があり、この日は海風が着実に内陸へ進行したことがわかる。22日は日出前からの東風がやや強かったため20日のような明瞭な変化は表われていない。海風が



第9図 発達した海風の鉛直プロファイル。

第3表 E<sub>7</sub> 地点における風向変動と海風との関係。

日	風向 *	風速**	***
8/ 1	W→N/E (1356)	特徴的急増(1356)	○
2	W/N/S/E/W/E(1118)	特徴的急増(1118)	○
3	(夜間よりE)	徐増	○
4	W→SW→S (海岸と共通)	特徴的急増(1440)	△
5	E(海岸はW)/W→SW	特徴なし	×
6	SW→S (海岸と共通)	やや増大	△
8	W/N (711)→E	特徴的急増(728)	○
11	E→S (海岸はE)	徐増	△
14	E/W/N→E	徐増	○
20	(夜間よりE)	特徴的急増(1336)	○
22	(夜間よりE)	徐増	○

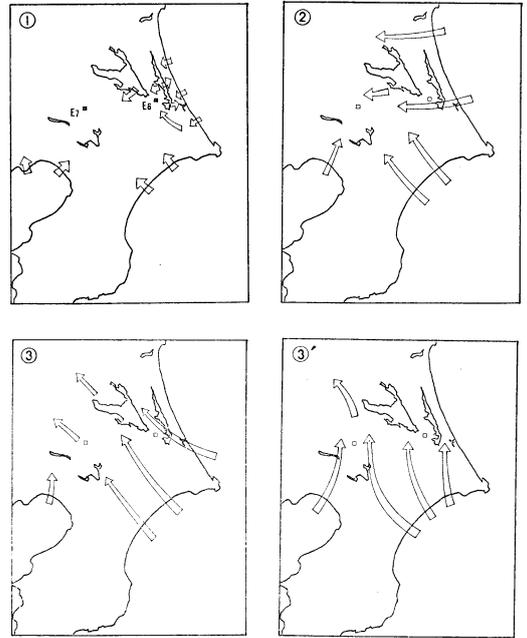
\*) 日出ごろから海風進入までの主な変化。斜線は特に急激な変化を示し、カッコ内の数字はその時刻。海岸とは鹿島灘沿岸をさす。

\*\*) 海風進入時またはその後の風速変化。

\*\*\*) 推定される海岸地域の海風との関係

○鹿島灘海風, △九十九里浜海風, ×東京湾海風。

P<sub>6</sub>まで達したあとの各地点の風のプロファイルを第9図に示す。大きく見て高度1kmと2km付近に弱風域があって3層に分かれている。下層の海風の風向は時間的に変化するだけでなく、地上が東風のときもやや上空



第10図 関東平野東南部における海風の発達のモデル。

では南寄りになっている。また、このような成層構造がP<sub>1</sub>からP<sub>6</sub>まで広範囲に共通するものようである。ただし上層風に関しては測定例が2回だけなので、ここに示した結果の一般性は確かでない。

そこで、視点を海風域の広域性にしばって、最も内陸の測定点E<sub>7</sub>における地上風と海風との関連について調べた。その結果を整理すると第3表ようになる。表中、○印で示した東風のうちには、直接には鹿島灘海風とつながらない霞ヶ浦の湖風なども含まれている可能性はある。とはいえ、鹿島灘海風が十分E<sub>7</sub>地点をも含む水平スケールを持っていることは確かであろう。

第3表中の△印を付した南風は、鹿島の海岸付近に進入する前述の南風と軌を一にしている。このほか、○印を付した東風も、その後まもなく同様の南風がとってかわっている場合もある。従ってE<sub>7</sub>地点では鹿島方面からの東風の侵入と前後して南風が卓越するといえる。これらの南風は、鹿島からE<sub>7</sub>に至る地域の地理的位置と観測される時間帯から判断して、九十九里浜方面の海岸から発達する海風と考えてよいであろう。

第3表中の×印は東京湾方面から吹く南西風である。△印の南風のうちにも一時的な南西風が入っている場合がいくつかあるので、東京湾方面からの風もただ一例だ

けとはいえない。

## 5. 結び

以上に述べたことをまとめてモデル的に示すと次のようになる。

①日出後、陸地面が急速に加熱されるに伴ない、鹿島灘沿岸に海風が吹き始める。これと同時に北浦などの湖風が起り海風の内陸への進入は一時抑えられる(第10図①)

②1時間程度で海風が湖風の抵抗を打破して内陸へ進入する。霞ヶ浦の西方では海風に先立って霞ヶ浦の湖風が観測される場合がある(第10図②)

③鹿島の海岸から約40kmのE<sub>7</sub>地点に海風が到達するころには鹿島灘からの海風は九十九里浜の海風と結合して、風向が南よりに変化する(第10図③)。九十九里浜の海風が強い場合には鹿島からE<sub>7</sub>地点までに及ぶ広い地域で風向が南に急変する(第10図③')。海風発達の初期にはその風向は海岸線に直角であるが、海風の発達とともに局所的な特徴は地面近くに限られ、全体としては太平洋と関東平野というスケールの大きな海陸対比に対応する南寄りの風に発展するものと考えられる。菊地と伊藤(1974)によると房総半島西岸では夏季の大気汚染の高濃度日に反時計まわりの風向変化が見られる。海陸分布が鹿島地域と逆であることを考えれば、これも上述の海風発達過程で説明できるとと思われる。

鹿島灘海風の発達形態について以上のような概要がほぼ明らかになった。なお、そのときの気温の鉛直構造に関する観測例を吉門ほか(1975)において考察した。

しかしここに述べた調査の範囲は未だごく限られたものであり、残された課題は多い。北浦などの湖風の構造、海風との関係は大いに検討の余地がある。湖風によって海風の前線が停滞する傾向があるとすれば、それが鹿島地域の大气汚染にどの程度の影響を与えるかも考慮する必要がある。また九十九里浜の海風の関連性について述べる以上、鹿島地域と並行して九十九里浜方面でも調査を行なう必要がある。海風の風向変化のタイプが日によって異なることについては総観の気象状況との関連を追跡する必要があると思われるが、それは稿を改めて検討したい。

終りに、地上風データの使用にあたって茨城県公害技術センター大気部長海老沢栄二氏ならびに県環境局大気保全課の御協力をいただいたことを記し、心から感謝致します。なお上層風の測定は公害資源研究所公害第1部第1課の研究員諸氏の協力によって行なわれました。

## 文 献

- 河村 武, 1974: 関東平野南部における地上風系, 日本気象学会1974年度春季大会講演予稿集, 45.  
 菊地立, 伊藤昭治, 1974: 局地風系と大気汚染(第1報)——光化学スモッグによる植物被害の地域性に関する気象解析, 千葉県公害研究所研究報告, 2, 17-31.  
 斎藤哲史, 泉水菊夫, 岡部真一, 1975: 上層風の構造とオキシダント高濃度——市原地区, 千葉県公害研究所研究報告, 3, 69-79.  
 吉門洋, 蒲生稔, 横山長之, 1975: 鹿島灘からの海風の広域観測, 公害, 10, 227-235.

## 会員名簿の改訂について

日本気象学会では、2年毎に4月1日現在で会員名簿を改訂しており、本年が改訂の年に当ります。今回から各会員の住所変更届にもついで名簿を改訂することになりました。住所、勤務先等変更のあった方及び近く変更予定の方は、本号はさみ込みの葉書を用いて4月10日までに学会事務局へ必ずお知らせ下さい。

変更手続きをしないと、会誌等は、旧住所に送付されますので御注意下さい。