

大気環境(降水汚染)の比較地域調査—第一報—

—大井川周辺調査—

小山 功 古明地 哲人 大橋 毅
茅島 正資

1 はじめに

近年、大気や降水中の汚染質のバックグラウンド濃度が問題にされることが多くなった。^{1), 2)} WMO(国連の世界気象機関)では大気等のバックグラウンド濃度測定のために基準観測所(Baseline Station)と地域観測所(Regional Station)の設置を各国に要請した。³⁾ 基準観測所は地球的な規模での大気質濃度の変化の観測を、地域観測所は大気質汚染の広域的な監視を目標にしている。わが国には基準観測所と地域観測所の設置が要請されているが、現在は岩手県の三陸海岸にある三陸町陵里に地域観測所のみ設置されている。⁴⁾

東京において酸性雨(降水)が問題になり出してから10年になろうとしている。⁵⁾ 東京では人的被害の発生は近年はないが、pH等の測定結果からみて汚染質濃度は改善されていない。⁶⁾ 酸性度(H^+ : pHの整数)は都心や工業地域より郊外の方が高くなる傾向があり、 SO_4^{2-} などの汚染質は逆に都心や工業地域の方が高くなる傾向が強い。⁶⁾ また、海岸に近い地点は山間地点よりも汚染質濃度は高くなる傾向にある。⁷⁾

2 大井川周辺地点を東京の大気環境(降水)の

バックグラウンド濃度調査地点とした理由

従来、大気環境のバックグラウンド濃度調査は、人工発生源や火山地帯から遠く離れたところで実施するほどよいとされていた。しかし、人の生存・生活環境としてのバックグラウンド濃度調査地点は、単に目的成分濃度が低くでるだけでなく、対照汚染地と生存・生活条件が大きく異なったのでは意味が少ない。

人への外的影響因子としては、大気環境の他、食物水の摂取、地理的条件および社会環境等が考えられる。これらのどの因子1つを変えても人への影響は大きく

変化する。すなわち、人はこのバランスの上に生きているからである。

東京における大気環境のバックグラウンド濃度調査地点としては、東京の大気に影響する全ての人工汚染源を止めた東京がよいが、現実的には不可能である。食物・水等の影響因子は、厚生省の基準により、国内ならばどこに行ってもほぼ同じとみられる。社会的因子は人が自ら作るものであるから除いて考える。地理的因子は、気象、地形など多くあるが、このうち特に注目しなければならないのは、気温、地形および海洋からの影響の程度等である。これらを考慮し、次善の地点として、東京と同緯度にある大井川沿岸を選んだ。大井川周辺は、いわゆる開発が遅れており、大気汚染源となりうる工場や自動車交通量は少ない。大井川が平野部に入った地帯に2~3の大工場および東名高速道路が東西に横切っている。また、東側の海までの距離が遠いというきらいがある。内陸地点の海からの影響を調べるためには他には適当な地点はなかった。

3 調査方法等

(1) 調査地点

調査地点は岬の先端の御前崎、大井川河口の川尻、山間部入口の福用、中流部盆地の千頭および平栗、井川湖上流部の小河内、上流部盆地の榎島、最上流部で東電の田代取水ダムのある二軒小屋の7地点とした。調査地点付近の状況等を表1に、地形等を図1に示す。

(2) 調査項目および分析方法等

ア 降水・降下ばいじん関係

- ① 1降水ごと全量(分析項目:pH, EC, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+)
- ② 1降水ごと初期降水から1mmごとに5mmまで
- ③ 1カ月ごとの降下ばいじん

表1 調査地点概要

所在地 市町村	地点名	調査年	調査月	測定項目		付近の環境	地域			特		産業その他
				降	水		ガス成分等	距離	標高	人口(世帯数)/面積	調査地点	
御前崎町	御前崎	1980	6~11	○	○	峠の頂上にある人家密集地で海抜44mの位置にある暴風が強いため大きな木はない	太平洋から	大井川から	分水嶺まで	1980年	事業所 従業員3,491人(1981年) 主な内訳 農林水産業18%建設業10% 製造業24%卸小売業15% サービス業27% 農業人口797世帯 16才以上1,283人	
		0.4					-	-	10,935人 (2,539世帯)			
吉田町	尻川	1980	6~11	○	○	以前は一面の養蚕場であったが現在は畑や工場に大分変つていて。北西5kmに東名高速道路のインターチェンがある。海から調査地点の間は松林になっている。家は付近にもあるがゆつたりしている。	-	-	-	1981年	事業所 従業員8,449人(1981年) 主な内訳 製造業52%、卸小売業19% (サービス業12%) 農業人口1,112世帯 16才以上4,663人	
		0.6					1.0	-	20,45ha うち1.95haは河川敷			
金谷町	福用	1980	6~11	○	○	大井川のすぐそばを大井川鉄道が通っており、その脇である。1日2~4回蒸気機関車も通る。また南500mには山砂利採掘場がある。付近は街道地形の町で、町役場のすぐ近くにあり、付近の建物は平家か2階建が多く、まだ茶畑等が残っている。	21.4	左岸	2.1	1981年	事業所 従業員11,640人(1980年) 主な内訳 農林業21%製造業29% 卸小売業18%サービス業12% 16才以上5,040人 農家戸数659戸 林業戸数254戸	
		29.6					右岸	6.0	22,207人 (5,427世帯) 420ha			
本川根町	千頭	1980	6~11	○	○	大井川の左岸にあり、かなり急な道を登った尾根の近くにあり、付近は茶畑が主で、その中に農家が点在している。	29.6	左岸	7.7	1981年	事業所 従業員8,666人 (1980年国勢調査) 主な内訳 農林業20%林業12% 建設業19% サービス業21% 農業人口(就業)649人	
		41.0					右岸	4.9	4,718人 (1,316世帯)			
平栗	平栗	1981	6~11	○	○	大井川の左岸にあり、かなり急な道を登った尾根の近くにあり、付近は茶畑が主で、その中に農家が点在している。	28.2	左岸	9.8	37,530ha	事業所 従業員8,666人 (1980年国勢調査) 主な内訳 農林業20%林業12% 建設業19% サービス業21% 農業人口(就業)649人	
		40.2					右岸	2.8	47人 (9)			
小河内	小河内	1980	6~11	○	○	井川湖の上流部にあり、谷地地形である。調査地点は葉落の中にあるが、そのまわりは畑が少々と、あとは林地である。	34.4	左岸	18.4	1980年	事業所 従業員8,666人 (1980年国勢調査) 主な内訳 農林業20%林業12% 建設業19% サービス業21% 農業人口(就業)649人	
		71.0					右岸	4.1	1,469人 (563世帯)			
静岡市(井川支所)	笹島	1980	6~11	○	○	東海フェリスの山小屋のみで付近に人家はない。森林におおわれ谷底の盆地である。	48.2	左岸	6.2	33,091ha	事業所 従業員8,666人 (1980年国勢調査) 主な内訳 農林業20%林業12% 建設業19% サービス業21% 農業人口(就業)649人	
		73.8					右岸	4.0	462haうち山林44ha			
二軒小屋	二軒小屋	1980	6~11	○	○	当小屋と東電田代ダム関係の小屋がある。その他は付近に人家はない。森林地帯で近くには、木材の集出場がある。	52.4	左岸	8.4	17,651ha	事業所 従業員8,666人 (1980年国勢調査) 主な内訳 農林業20%林業12% 建設業19% サービス業21% 農業人口(就業)649人	
		80.6					右岸	1.2	17,651ha 地沼地 3.43ha			

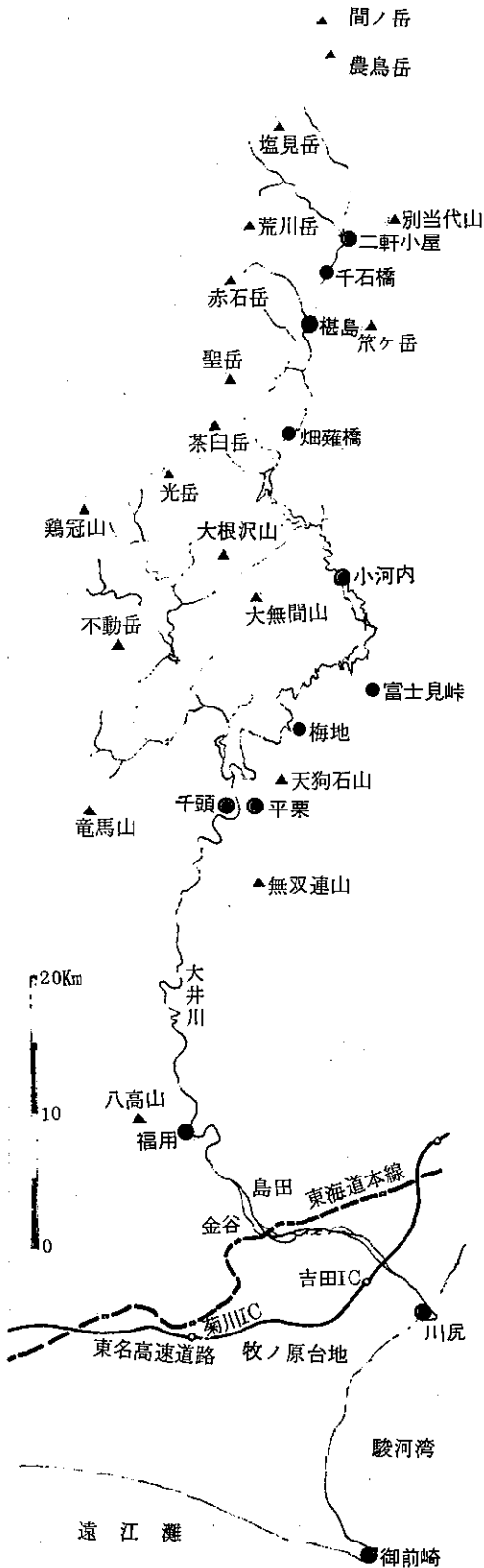


図1 調査地点略図

イ 分析項目等

pH, EC(導電率), SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , NH_4^+ , ばいじん量等について1カ月ごとに東京に持ち帰り分析した。

ウ 大気汚染質関係

- ① SO_3^{2-} (PbO₂法) 1カ月測定
- ② NO_2^- (ガスバック法) 1カ月測定
- ③ Cl^- (ガーゼ法) 1カ月測定
- ④ HC (真空瓶法, テナックス管法) 1回
10~15分採取, GC分析

エ 金属腐食等

- ① Fe 暴露, 1カ月と1年
- ② 木材 暴露 6カ月

太字は本報告に集録した測定項目である。

3 調査期間

1980年および1981年の各々6月から11月までの6カ月間

4 調査結果および考察

(1) 降水関係

ア 1980年の1降水全量1検体

① pH

御前崎は3.7~6.0の間にあり、降水量の加重相加平均(以下、単に平均値という)は4.9である。川尻は3.7~6.4の間にあり、平均値は4.6である。福用は2.9~7.1の間にあり、平均値は4.8である。福用の2.9は期間中最低値である。千頭は3.8~7.1の間にあり、平均値は4.8である。小河内は3.3~6.1の間にあり、平均値は4.9である。平均値は5地点ともあまり差はないが、度数分布頻度からみると川尻はバラツキが小さく、小河内など他の地点のバラツキが大きい。特に福用が大きい。榎島は4.2~6.8の間にあり、平均値は5.3である。榎島の平均値が測定地点中一番中性に近い。

② EC

御前崎は9.2~330 $\mu V/cm$ の間にあり、平均値は61 $\mu V/cm$ である。川尻は9.7~130 $\mu V/cm$ の間にあり、平均値は33 $\mu V/cm$ である。福用は3.5~770 $\mu V/cm$ の間にあり、平均値は65 $\mu V/cm$ である。福用の770 $\mu V/cm$ は全測定点中最高値で、この時のpH値は2.9, SO_4^{2-} は6.2 $\mu g/ml$, NO_3^- は68

表2 地点別1降水(全量)中成分濃度(最高・最低・平均)1980.6.16~11.27

1980	御前崎			川尻			福用		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
pH	6.0	3.7	4.9	6.4	3.7	4.6	7.1	2.9	4.8
EC	330.	9.2	61.	130.	9.7	33.	770.	3.5	65.
SO ₄ ²⁻	25.	<1.2	5.9*	14.	2.3	5.8	55.	<1.7	7.4*
NO ₃ ⁻	39.	0.52	4.9	8.9	0.04	1.9	68.	0.07	2.4
Cl ⁻	80.	1.2	15.	12.	<0.5	2.3*	20.	<0.5	3.6*
NH ₄ ⁺	19.	<0.02	2.0*	1.4	<0.02	0.45**	23.	<0.02	1.0**

千頭			小河内			椹島		
最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
7.1	3.8	4.8	6.1	3.3	4.9	6.8	4.2	5.3
110.	2.3	26.	360.	2.1	54.	27.	2.0	11.
16.	<1.8	5.6**	22.	<1.2	5.3**	5.9	<1.3	2.8**
13.	0.21	2.7	11.	0.07	2.0	6.7	<0.03	0.7**
24.	<0.5	1.7**	74.	<0.5	(7.1)	8.1	<0.5	(0.42)
5.0	0.02	0.82	11.	<0.02	1.2**	6.6	<0.02	(0.51)

単位 pH: -, EC: μV/cm, その他: μg/ml

- 注1: * 定量下限以下が5%以下, **同20%以下
 2: 平均値の計算で定量下限以下の値はSO₄²⁻が0.1 μg/mlに, NO₃⁻が0.01 μg/mlに, Cl⁻が0.1 μg/mlに, NH₄⁺は0.01 μg/mlとした。
 3: ()内の値は定量下限以下が20%以上あった。

表3 地点別降水成分の相関マトリックス(1降水全量) 1980

(1) 御前崎						(4) 千頭					
	H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻		H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻
NH ₄ ⁺	.839	.848	.572	.578	.639	NH ₄ ⁺	.243	.687	.722	.712	.439
Cl ⁻	.609	.814	.636	.455		Cl ⁻	.039	.529	.428	.433	
NO ₃ ⁻	.247	.647	.533			NO ₃ ⁻	.559	.906	.807		
SO ₄ ²⁻	.531	.817				SO ₄ ²⁻	.529	.884			
EC	.759					EC	.721				

(2) 川尻						(5) 小河内					
	H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻		H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻
NH ₄ ⁺	.728	.757	.640	.643	.007	NH ₄	.752	.877	.368	.405	.867
Cl ⁻	.030	.356	.171	.211		Cl ⁻	.535	.910	.490	.501	
NO ₃ ⁻	.855	.876	.788			NO ₃ ⁻	.307	.566	.619		
SO ₄ ²⁻	.848	.814				SO ₄ ²⁻	.242	.516			
EC	.863					EC	.784				

(3) 福用						(6) 椹島					
	H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻		H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻
NH ₄ ⁺	.822	.801	.080	.969	.236	NH ₄	-.154	.428	.183	-.077	.052
Cl ⁻	.323	.498	.267	.259		Cl ⁻	-.148	.770	-.029	.821	
NO ₃ ⁻	.846	.818	.065			NO ₃ ⁻	.048	.706	.012		
SO ₄ ²⁻	.411	.543				SO ₄ ²⁻	.212	.071			
EC	.956					EC	.067				

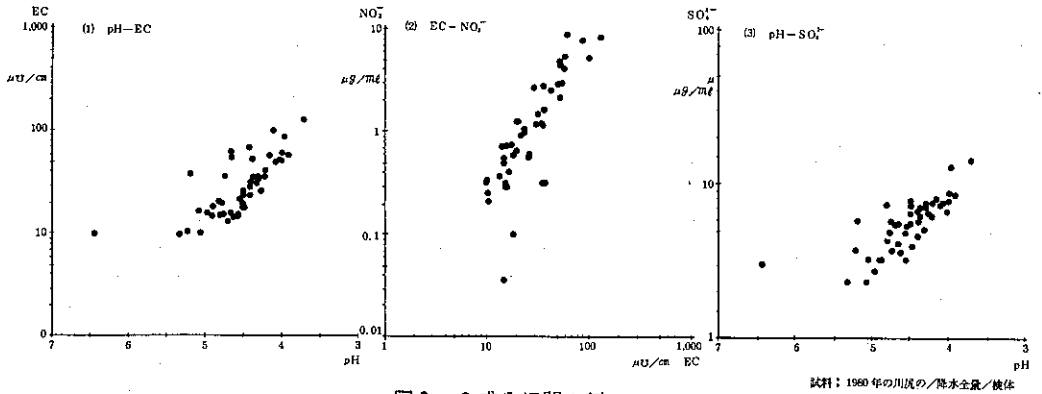


図2 2成分相関の例

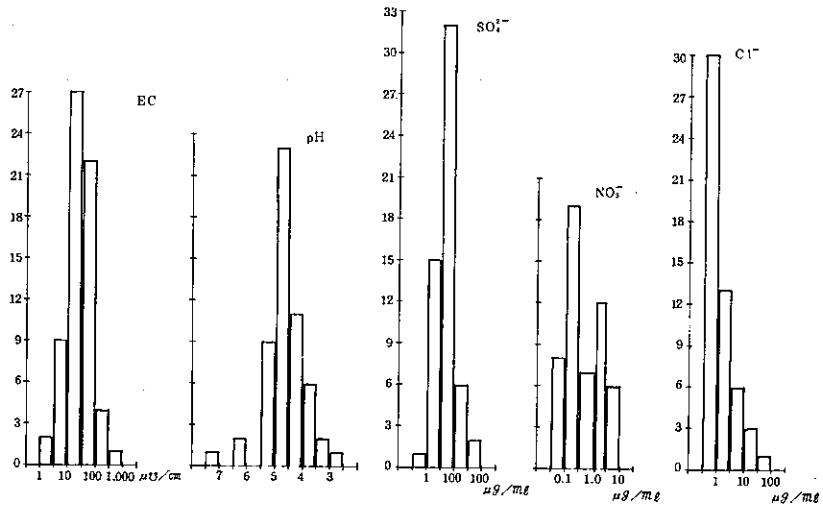


図3 各汚染項目の出現頻度—福用の1980年の場合

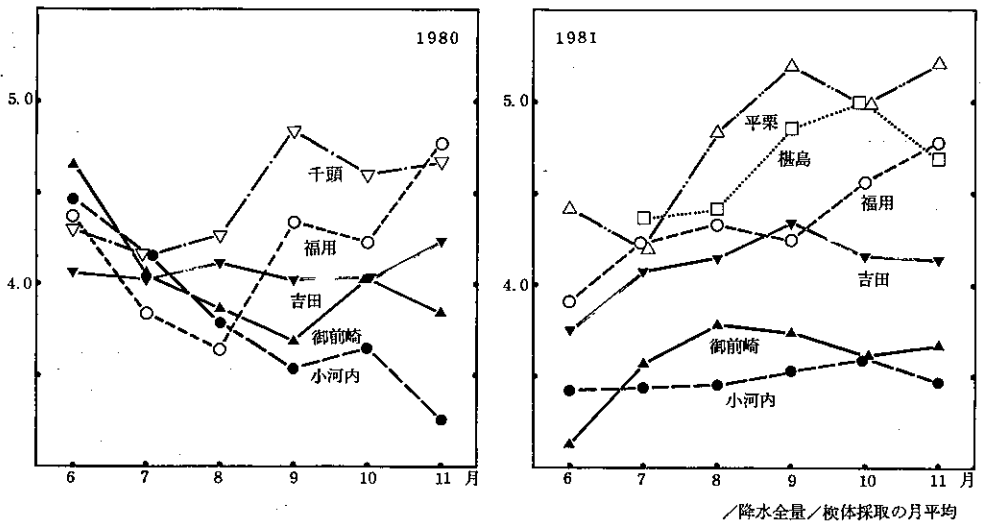


図4 地点別pH月平均値

$\mu\text{g}/\text{ml}$, Cl^- は $20 \mu\text{g}/\text{ml}$, NH_4^+ は $23 \mu\text{g}/\text{ml}$ といずれも高い。 NO_3^- の $68 \mu\text{g}/\text{ml}$ も全地点中最高値である。千頭は $2.3 \sim 110 \mu\text{V}/\text{cm}$ の間にあり、平均値は $26 \mu\text{V}/\text{cm}$ である。小河内は $2.1 \sim 360 \mu\text{V}/\text{cm}$ の間にあり、平均値は $54 \mu\text{V}/\text{cm}$ であり、頻度分布傾向からみると川尻のバラツキは樺島と共に小さい。樺島は $2.0 \sim 27$ の間にあり平均値は $11 \mu\text{V}/\text{cm}$ と他の地点に比べ格段に低い。

③ SO_4^{2-}

最高値は福用で $55 \mu\text{g}/\text{ml}$, 平均値でも福用が高く $7.4 \mu\text{g}/\text{ml}$ である。平均値の最低は樺島で $2.8 \mu\text{g}/\text{ml}$ であり、他の地点に比べて1/2またはそれ以下の濃度である。

④ NO_3^-

最高値は福用で出現し $68 \mu\text{g}/\text{ml}$ であり、平均値の最高は御前崎の $4.9 \mu\text{g}/\text{ml}$ である。また、平均値の最低は樺島の $0.7 \mu\text{g}/\text{ml}$ である。

⑤ Cl^-

最高値は御前崎で $80 \mu\text{g}/\text{ml}$ であり、つぎが小河内の $74 \mu\text{g}/\text{ml}$ である。平均値の最高は御前崎で $15 \mu\text{g}/\text{ml}$ で、つぎが小河内であるが、小河内の場合は $0.5 \mu\text{g}/\text{ml}$ 以下の検体が20%以上あるにもかかわらず $7.1 \mu\text{g}/\text{ml}$ と高い。樺島の場合は過半数の検体が $0.5 \mu\text{g}/\text{ml}$ 以下である。

⑥ NH_4^+

最高値は福用で出現していて、 $23 \mu\text{g}/\text{ml}$ で、平均値の最高は御前崎で $2.0 \mu\text{g}/\text{ml}$ である。

これらの結果をまとめたのが表2である。御前崎、福用、小河内は全般に高く、残りの地点は各濃度とも低い。pH値については逆の現象に見えるが、酸性度(H^+)としてみれば同じ傾向である。

各地点ごとの成分相関マトリックスをとると表3になる。御前崎の H^+ と NH_4^+ , EC と NH_4^+ , Cl^- および SO_4^{2-} は相関がよく H^+ と EC は比較的相関がある。川尻の H^+ と NO_3^- , SO_4^{2-} , EC および EC と NO_3^- , SO_4^{2-} は相関がよく、 NH_4^+ と H^+ , EC および SO_4^{2-} と NO_3^- が比較的相関がよい福用については H^+ と EC および NO_3^- と NH_4^+ の相関は特によい。 NH_4^+ と H^+ , EC および NO_3^- と H^+ , EC の相関はよい。千頭の EC と NO_3^- の相関は特によく、 SO_4^{2-} と EC , NO_3^- の相関はよい。同じく千頭の H^+ と EC および NH_4^+ と SO_4^{2-} , NO_3^- の相関は比較的よい。

小河内の成分相関は EC と Cl^- が特によく、 NH_4^+ と EC , Cl^- が続いてよく、 H^+ と NH_4^+ , EC が比較的よい。樺島については NO_3^- と Cl^- が相関がよく、 EC と Cl^- , NO_3^- との相関は比較的よい。成分関係がよいものを多くもつ地点は川尻と福用で、御前崎、千頭、小河内がそれに続いているが、樺島はあまりよくない。

2成分相関の例を図2に示す。また各成分の濃度区分ごとの出現頻度を福用を例に図3に示す。濃度区分の軸は対数表示にしたが、 H^+ を除き各成分とも2山ができ、濃度が高い方が小さな山になっている。

イ 初期1mm降水のpH値について

各地点の降水を初期1mmまでごとに採取したもののpH値を月別にまとめたのが図4である。全降水では月別の変化はあまり顕著な変化はみられないが、初期降水では地点間の差がはっきりわかる。1980年のpH値の月別変動からみると、川尻が最も変化が少なく安定している。小河内は月を追うに従って下る傾向が一番強く、御前崎も同じような傾向にあるが10~11月は下っていない。福用の月平均pH値は8月までは最も下る傾向が強いが、9~11月は上りぎみに転じている。千頭は福用と似た傾向にあり、全体的に上りぎみである。

1981年のpH値を月別にみると、前年に比べ地点間のバラツキは始めの月からあり、御前崎と小河内が低位に、川尻は前年同様4前後にある。また、福用、平栗、樺島は上る傾向にある。

初期降水の度数分布図を図5に示す。出現頻度は山型になる場合と岡型になる場合があり、御前崎、川尻、福用および小河内の各地点は山型になり、最多度数出現位置は $3.5 \sim 4.9$ の間にある。千頭、平栗および樺島は $4.0 \sim 6.4$ の間の岡型になっている。

(2) 大気汚染質・金属腐食について

硫酸酸化物は川尻が高く、福用、御前崎、千頭と続いている。内陸に入るに従って下る傾向にある。この傾向は各月とも似ている。表4に大気汚染質、金属腐食の調査結果を示す。

塩素化合物(NaCl)は御前崎が高く、内陸に向うに従って下っていくが、途中千頭が少し高くなっている。亜硝酸ガス(NO_2)は SO_4^{2-} と同様な傾向があり、川尻が高く、上流に向うに従って下っている。静岡方面からのガスが山を越えて大井川の谷に進入しないかど

うか知るため、静岡から小河内に向う富士見峠、および調査地点の近隣発生源濃度を調らべるため、千頭と小河内の中間地点の梅地（10戸程度の小部落）ならびに小河内と榎島の間地点の千石橋で3カ月間、測定を行った。その結果では富士見峠の値は小河内の60%前後、梅地の値は小河内とほぼ同じ、千石橋の値は榎島より低く、二軒小屋とほぼ同じ濃度であった。

4 ま と め

東京の大気環境（特に降水汚染）のバックグラウンド濃度調査地点として、大井川沿岸より優る地点はなかった。川尻と福用の間に、高速道路や大工場があり、多少問題はあったが、それ以上に興味ある結果が得られたので、主な結果を列挙すると

① 降水汚染の全体量を把握するためには、従来行ってきた1mm降水ごとの採取よりも全量1検体方式の方が能率的であるし、正確でもある。

② 地点別の降水汚染の特徴を把握する上からは初期1mm降水採取が変化が大きく分り易い。ただし、東京の工業地帯や都心のように、粉じん汚染の大きな地点では初期降水より2mm目降水の方がpH値が低くなる傾向をもっている場合があるので、その取り扱い方は今後の課題である。^{8) 9)}

③ 当初の予想では、内陸に向うに従いpH値は中性になり、汚染濃度も下るものと考えていたが、予想に反しかなり内陸の小河内が高くなることと、予想以上に御前崎や福用でpH値が下がっている。東海道線の島田および金谷付近にある工場や東名高速道路などの自動車等の人工発生源だけの影響とみなしてよいのか、今回の調査では結論が得られなかった。

④ 榎島の成分濃度は、小さく安定していることは予想したとおりであった。川尻も値の変動が小さい。何故川尻は付近の調査地点とは、異なり安定しているのか、結論が得られなかった。

⑤ 降水中成分濃度間の相関マトリックスをとると相関のよくある地点は川尻で、内陸に向う地点ほど相関が薄くなり、榎島が最も少ない。

⑥ 大気汚染質のうち SO_3^{2-} および NO_2 は川尻が高く、内陸に向かって減少する傾向がある。 NO_2 は中間地点を設けて測定したが両地点よりさらに低い値が得られた。このことから各地点付近の住宅等の近隣発生源の影響が大きいと考えられる。 NaCl は御前

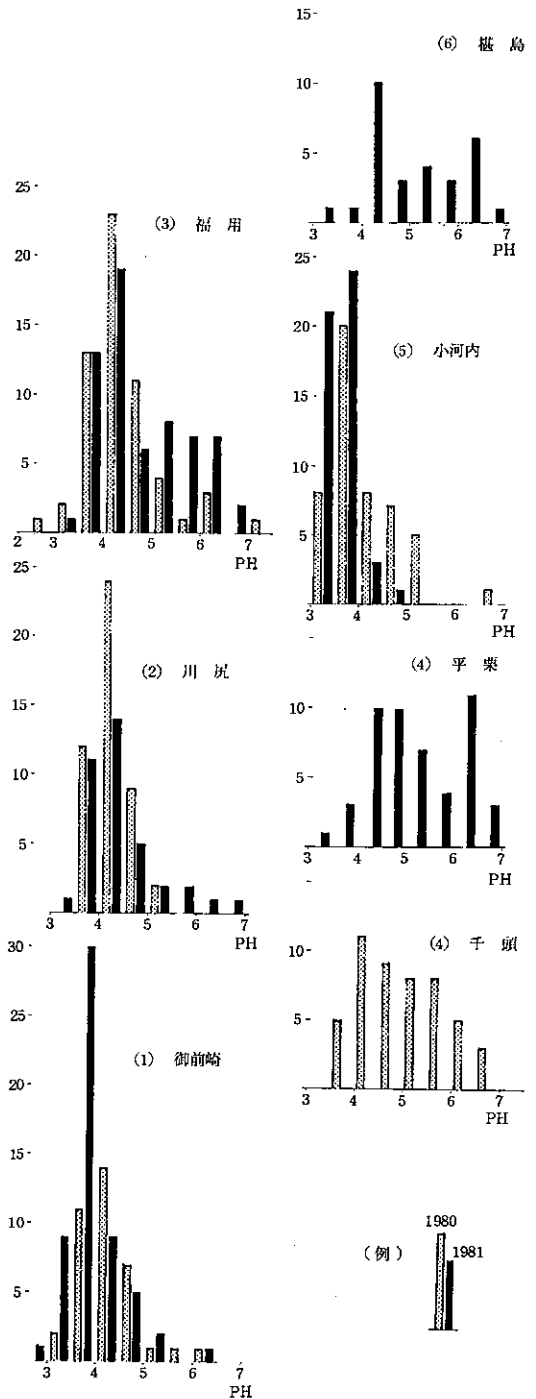


図5 初期1mm降水中のpHの出現頻度

表4 大気汚染質・金属腐食の調査結果

1980

地点名	所在市町名	金属腐食量 (Fe)	硫酸酸化物 (SO ₃ ²⁻)	塩素化合物 (NaCl)	亜硝酸ガス (NO ₂)	備考
御前崎	御前崎	3.5	2.5	1.7	8.2	岬
川尻	吉田	4.1	4.7	1.3	14.	河口
福用	金谷	1.8	3.0	0.7	6.4	山麓
千頭	本川根	1.3	1.8	1.1	4.3	盆地
小河内	静岡	0.5	0.7	0.4	1.7	人工湖上流
椹島	〃	0.3	0.6	0.3	0.9	盆地
二軒小屋	〃	0.3	0.8	0.1	0.5	山間
	単位	10 ⁻³ mm	10 ⁻² mg/day・100cm ²	mg/day・m ²	ppb	
	測定法		PbO ₂ 法	ガーゼ法	ガスバック法	

(注) Fe は7~11月の1カ月平均値, 他の項目は8~11月の1カ月平均値

崎が最も高く, 内陸に向い濃度が下がっているが, 千頭で高くなっている。千頭のは近隣発生源の影響であろう。

⑦ Fe の腐食量はSO₃²⁻と同様な傾向にあり, 川尻が大きく, 内陸に向うほど小さくなっている。

⑧ 大気汚染質濃度やFe の腐食量とは降水中の汚染成分濃度とは異なった動きをしていた。

本調査を実施するに当たり静岡県公害防止センターの伊藤彰候, 御前崎町の松井正至, 栗林芳男, 吉田町の鈴木光雄, 石橋治平, 金谷町の久保田勝次, 二口聖繁, 本川根町の的場 徹, 向島金司, 中沢貞雄, 静岡市の青木善美, 望月正人, 東海フォレストの菅功, 大村房子, 静岡県各市町村及び東海フォレスト, 東京都公害研究所の早福正孝, 青木一幸の各氏に協力をいただいた。厚く, 謝意を表す。

参 考 文 献

1) 岡島一雄他: いおう酸化物のバックグラウンド濃度に関する一考察, 福井県公害センター年報, 第8

巻, 103, (1978)。

2) 原田 朗: 大気のパックグラウンド汚染, 共立出版(1973)。

3) WMO Operational Manual for Sampling and Analysis Techniques for Chemical Constituents in Air and Precipitation in WMO No. 299(1971)。

4) 気象庁海洋汚染速報, 第20号(昭和56年12月)。

5) 「いわゆる酸性雨」に関する調査研究報告(第一報)東京都公害研究所(昭和50年6月)。

6) 小山 功 第21回大気汚染学会発表(1980)。

7) 菅原 健: 大気中に於ける海塩微塵の分布とそれを起す機構, 化学の領域, 2, 11, P 341(1948)。

8) 小山功: 初期降水のpH値・導電率値の経年的変化からみた地域別汚染特性, 東京都公害研究年報(1982)。

9) 小山功: 降水汚染の周期性について, 第22回大気汚染学会発表(1981)。