

山口県における湿性降下物調査

山口県衛生公害研究センター
谷村俊史・櫻井晋次郎・楊井正和
宗藤智次

Wet Deposition Survey in Yamaguchi Prefecture

Toshifumi TANIMURA, Shinjiro SAKURAI, Masakazu YANAI, Tomotsugu MUNEFUJI

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health

はじめに

近年社会的関心を集めている酸性雨問題は、基本的には広域汚染として位置づけられているが、地域汚染の側面もある¹⁾。山口県では、湿性降下物の実態を把握するため、1988年度から毎年県下の2～3地点を選んで雨水成分調査を実施してきた。

今回、1988年度から1993年度までの6年間の調査結果を取りまとめた。

調査方法

1 調査地点

調査は、88年度から90年度の3年間は2地点で、91年度から93年度までの3年間は3地点で実施した。測定地点は、山口市の県衛生公害研究センター（地上約1.5m）、岩国市の岩国市役所（8階屋上、地上約25m）、徳山市の県徳山総合庁舎（4階屋上、地上約13m）、阿東町の十種ヶ峰青少年野外活動センター（地上約1.5m）及び長門市の県長門環境保健所（2階屋上、地上8m）で、調査市町の概要は、次のとおりである。

山口市：商業都市で大規模の工場は立地していない。

測定地点は、市街地の中心部から南西約5kmの住居地域に位置している。

岩国市：製紙・パルプを中心とした工業都市で、東部から南部の海岸沿いに化学繊維を中心とした工場群がある。測定地点は、市街地のほぼ中心部にあり、工場群からの距離は2～5kmである。

徳山市：石油化学を中心とした工業都市で、南部海岸沿いに石油精製、セメント、化学など多種類の工場群がある。測定地点は、市街地のほぼ中心部にあり、工場群からの距離は2～5km

である。

阿東町：県東北部の内陸山間地に位置し、十種ヶ峰（標高989m）の中腹約530mの測定地点は、大気汚染物質の直接的な影響を受けない清浄地域である。

長門市：水産加工業を中心とした都市で、大規模の工場はない。測定地点は、市街地のほぼ中心部に位置している。

調査地点の位置を図1に示す。

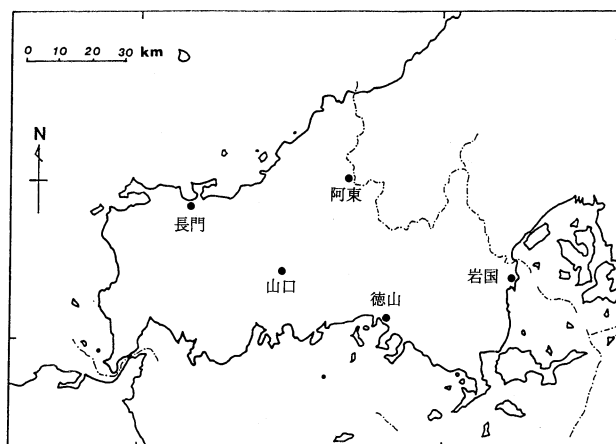


図1 調査地点

2 試料採取及び分析方法

試料は、ろ過式雨水採取装置を用いて採取し、月2回半月毎に回収した。試料の測定項目は、降水量、pH、電気伝導率（EC）、陰イオン成分3項目及び陽イオン成分5項目で、分析方法は、次に示すとおりである。

pH：ガラス電極法

EC：導電率計による方法

SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻：イオンクロマトグラフ法

NH_4^+ : インドフェノール法

Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ : 原子吸光法

また、各測定項目の年平均値は、次式のとおりに降水量で重み付けして算出した。

$$\text{平均pH} = -\log \frac{\sum \{ (\text{H}^+ \text{濃度}) \times (\text{降水量}) \}}{\sum (\text{降水量})}$$

$$\text{平均EC} = \frac{\sum \{ (\text{ECの値}) \times (\text{降水量}) \}}{\sum (\text{降水量})}$$

$$\text{平均イオン濃度} = \frac{\sum \{ (\text{イオン濃度}) \times (\text{降水量}) \}}{\sum (\text{降水量})}$$

結果及び考察

各調査地点での雨水成分の年平均濃度を表1に示す。

表1 雨水成分の年平均濃度

(降水量: mm, EC: $\mu\text{S}/\text{cm}$, イオン成分: $\mu\text{g}/\text{mL}$)

年度	地点	降水量	pH	EC	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
88	山口	1,480	4.3	22	2.42	1.04	2.36	0.35	0.37	0.16	0.11	1.07
	岩国	1,550	4.3	27	3.58	1.30	0.91	0.31	0.47	0.05	0.06	0.32
89	山口	1,840	4.7	23	2.92	1.27	1.33	0.30	0.23	0.11	0.08	0.56
	岩国	1,600	4.5	21	4.06	1.72	1.36	0.43	0.62	0.06	0.08	0.24
90	山口	2,200	4.8	21	1.88	0.90	1.84	0.31	0.32	0.14	0.11	0.74
	徳山	2,040	4.7	28	2.48	1.03	1.31	0.39	0.69	0.11	0.02	0.48
91	山口	2,200	4.7	20	2.08	0.95	1.20	0.29	0.32	0.09	0.10	0.55
	徳山	1,950	4.7	21	3.02	1.08	0.99	0.36	0.86	0.12	0.07	0.44
	阿東	2,030	4.8	23	2.01	0.87	2.63	0.20	0.42	0.19	0.12	1.41
92	山口	1,380	4.7	23	2.35	1.04	1.88	0.46	0.52	0.16	0.34	0.94
	長門	1,530	5.0	45	3.33	1.42	7.85	0.48	0.81	0.52	0.22	4.20
	阿東	1,720	4.7	25	2.14	0.98	3.15	0.26	0.50	0.21	0.14	1.73
93	山口	2,800	4.7	17	1.63	0.87	1.33	0.27	0.28	0.10	0.08	0.68
	長門	2,260	5.1	26	2.05	1.05	3.81	0.50	0.45	0.28	0.12	2.10
	阿東	2,720	4.8	16	1.34	0.68	1.92	0.16	0.25	0.15	0.08	1.10

1 pH

各調査地点におけるpHの年平均値は、4.3～5.1の範囲にあった。また、6年間の延べ15地点の全平均値は4.7であった。環境庁による第1次酸性雨対策調査では、全国29地点の平均値が4.7と報告されており²⁾、ほぼ全国平均と等しい結果であった。

6年間調査した山口では、88年度がやや低いが、ここ数年は横ばいであった。

2 EC

各調査地点におけるECの年平均値は、16～45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲にあった。92年度の長門が45と高いのが特徴的であったが、その他はいずれも30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下で、地点間の差は小さかった。

また、山口では、各年度とも20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後で推移しており、大きな変化はみられなかった。

3 イオン成分の当量濃度

岩国、徳山、長門は2年間、阿東は3年間、山口は6年間の年平均当量濃度を図2に示す。

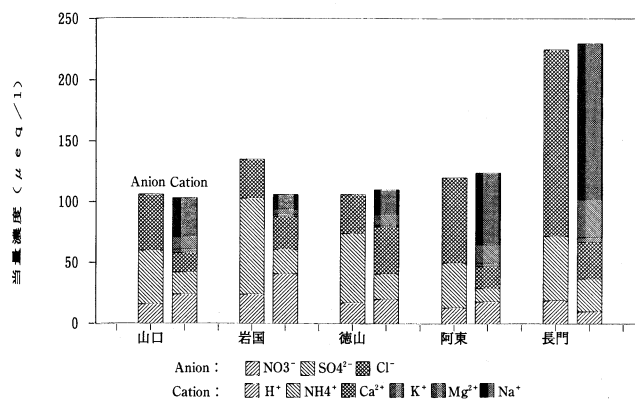


図2 年平均当量濃度

各地点とも、陽イオンと陰イオンのそれぞれの当量イオンの合計はほぼ等しく、イオンバランスがとれていた。

成分別では、山陰地域の長門及び山間地域の阿東で Cl^- と Na^+ が、また山陽地域の岩国と徳山で SO_4^{2-} と Ca^{2+} が高い傾向にあった。なお内陸地域の山口では、ほとんどの成分濃度が全地点の中間的な値であった。

4 海塩粒子の影響

大気中には、海塩などの自然発生源と人為的発生源に由来する化学成分が、エアロゾルやガス状物質として混在し、それらが、大気循環の過程で降水に取り込まれて地上に達する³⁾。

そこで、自然発生源の中で特に重要な海塩粒子の影響について、 Na^+ を全て海塩由来と仮定する方法⁴⁾を用いて検討した。その結果、表2に示すように Cl^- については岩国を除いて72%以上が海塩由来となり、海塩粒子の影響が大きいことが推定された。また SO_4^{2-} は2~29%、 Ca^{2+} については2~19%が海塩由来と推定された。

表2 海塩由来の割合 (%)

地点	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}
山口	82	9	8
岩国	45	2	2
徳山	72	4	2
阿東	99	19	14
長門	97	29	19

5 イオン成分の降下量

(1) 硝酸イオンと硫酸イオン

NO_3^- と nss-SO_4^{2-} の地点別降下量及び NO_3^- と nss-SO_4^{2-} の当量比(N/S比)を表3に示す。

表3 NO_3^- 及び nss-SO_4^{2-} の降下量 ($\text{meq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$)

地点	NO_3^-	nss-SO_4^{2-}	N/S
山口	32	82	0.39
岩国	40	128	0.31
徳山	34	109	0.31
阿東	29	64	0.45
長門	37	72	0.51

N/S: $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$

NO_3^- については、地点間の差はあまりみられなかったが、 nss-SO_4^{2-} では地点間の差が大きく、岩国及び徳山は、最小の阿東の2倍及び1.7倍に相当した。各地点の年間 SO_x 排出量(調査年度の平均値、 SO_2 換算)をみると、徳山市6,000 t、岩国市3,500 t、山口市240 t、長門市50 t、阿東町1 tであり⁵⁾、工業都市の徳山市と岩国市が特に多いことから、両地点での nss-SO_4^{2-} 降下

量は広域汚染に加えて、工業都市の局地的な大気汚染の状況を反映しているものと考えられた。

また、N/S比は0.31~0.51の範囲にあり、5地点の平均は0.39であった。環境庁の第1次酸性雨調査では、N/S比の全国平均値は0.35であり⁶⁾、平均値でみると、ほぼ等しい結果となった。このN/S比は地域の特徴を反映しており、一般に都市部ほど高くなる傾向があるとされている²⁾。山口県では、都市部の岩国や徳山において逆に小さくなっているが、これは NO_3^- 以上に nss-SO_4^{2-} の負荷が大きくなっているためで、前述のとおり工業都市の大気汚染の影響と考えられた。

(2) アンモニウムイオンとカルシウムイオン

NH_4^+ と nss-Ca^{2+} の地点別降下量及び NH_4^+ と nss-Ca^{2+} の当量比(N/C比)を表4に示す。

表4 NH_4^+ 及び nss-Ca^{2+} の降下量 ($\text{meq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$)

地点	NH_4^+	nss-Ca^{2+}	N/C
山口	36	30	1.20
岩国	34	44	0.77
徳山	42	75	0.56
阿東	24	34	0.71
長門	52	46	1.13

N/C: $\text{NH}_4^+/\text{nss-Ca}^{2+}$

NH_4^+ に比べると nss-Ca^{2+} の降下量は、地点間の差が大きい傾向にあった。特に、徳山における nss-Ca^{2+} の降下量は、山口での降下量の2.5倍に相当する $75\text{meq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}$ であった。都市大気中のCaの起源については道路粉じん等が指摘されているが⁷⁾、徳山ではセメント工場等の生産活動の影響も考えられた。

また、N/C比は0.56~1.20の範囲にあり平均は0.87であった。環境庁の第1次酸性雨調査では、N/C比の全国平均値は0.96であり⁶⁾、この値と比べるとやや低値であった。

ま と め

- 山口県内雨水のpHの年平均値は、4.3~5.1の範囲にあり、全国平均レベルであった。また、山口では、pHはここ数年横ばいであった。
- ECの年平均値は、16~45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲にあり、長門を除くと30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下で地点間の差は小さかった。
- イオン成分降下量では、山陽地域の岩国と徳山で

nss-SO_4^{2+} が多く、広域的な汚染に加えて工業都市の大気汚染の状況を反映しているものと考えられた。

- 4) $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 及び $\text{NH}_4^+/\text{nss-Ca}^{2+}$ の当量比の平均値は、それぞれ0.39と0.87であり、全国平均値と比べると、 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比はほぼ等しく、 $\text{NH}_4^+/\text{nss-Ca}^{2+}$ 比はやや低い値であった。

文 献

- 1) 玉置元則ほか：大気汚染学会誌, 26, 1 (1991)
- 2) 酸性雨対策検討大気分科会：酸性雨対策調査報告書 (1990)
- 3) 平井英二ほか：衛生化学, 36, 480 (1990)
- 4) 原 宏：大気汚染学会誌, 26, A51 (1991)
- 5) 山口県環境保健部：環境白書参考資料集, p 58 (1993)
- 6) 玉置元則ほか：日化誌, 667 (1991)
- 7) 鶴田治雄：横浜市公害研究所報, 10, 25 (1985)