

アルミニウム精錬工場周辺における大気中フッ素濃度について

— LTP法による —

Studies on Atmospheric Air Fluoride Concentration around the Aluminum Refinery

(—by LTP method—)

久保 正弘 瀬戸 義久
Masahiro KUBO Yoshihisa SETO

はじめに

アルミニウム精錬工場では、アルミナを電解する工程で、溶融点を下げるために、フッ化アルミナ、氷晶石等を使用するため、多量のフッ化水素等が発生する。フッ素化合物は、特に、植物に対する毒性が強く、アルミニウム精錬工場等の周辺では、フッ素化合物による大気汚染が問題となっている。

本県では、坂出市の番の州工業地域において、アルミニウム精錬工場(プリベーク法)が、昭和46年10月より操業を開始した。当工場より排出されるフッ素化合物の環境への影響を調査するために、操業開始以来、植物中フッ素含有量調査と、並行してLTP法¹⁾による大気中フッ素濃度調査を実施している²⁾。

今回、昭和54～58年度のLTP法による大気中フッ素濃度調査結果をもとに、アルミニウム精錬工場から排出されるフッ素化合物による影響範囲²⁾³⁾およびフッ素濃度の季節変動³⁾⁴⁾と気象条件(風向、風速、気温、湿度、雨量)との関連性などについて検討したので、その結果について報告する。

解析方法

1. 解析用データ

図1の10地点における昭和54～58年度のLTP法によるフッ素濃度測定値、表1の各地点における同年度間の風向(月別の風向別頻度から、発生源との位置関係より4方向を1組とし、4風向に分け、無風をあわせて、それぞれの頻度の割合)、風速(月平均値)、気温(月平均値)、湿度(月平均値)、雨量(月間降雨量)

2. 解析方法

1) 地点別の経月、経年変化

季節変動を中心に検討するために、地点別に5年間の

各月平均値を求めた。また、地点別に移動平均値⁵⁾(3点)を求めた。さらに、地点別に、年平均値を求めた。

2) 気象との関連性

地点別に、各気象要素とフッ素濃度との相関係数の算出および各気象要素とフッ素濃度とをあわせての相関行列より主成分分析⁶⁾を行った。

結果および考察

1. 季節変動および発生源からの距離別濃度

地点別に5年間の月平均値、年平均値を表2に示した。また、地点別の移動平均値をプロットしたものを図2に示した。これによると、中尾ら³⁾、豊沢ら⁴⁾などの報告と同様に、どの地点も、夏期に高く、冬期に低くなる周期性がみられた。なお、経年変化はあまりみられなかった。

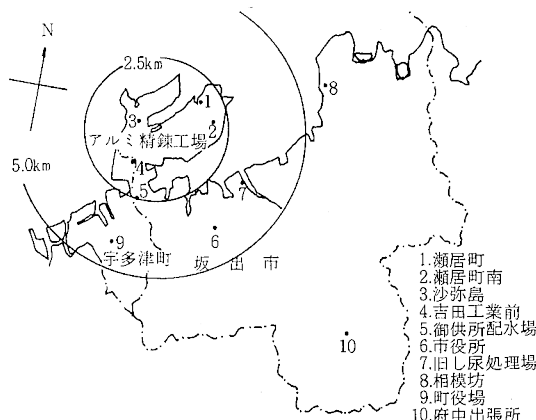


図1 LTP法による大気中フッ素濃度測定地点

表1 解析用データ

No.	地点 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		瀬居町	瀬居町南	沙弥島	吉田工業前	御供所	市役所	旧し尿	相模坊	町役場	府中
1	風向 1	自 NNE~E	←	自 (ENE~SE)	←	NE~ESE	自 N~ENE	ENE~SE	自 NNE~E	自 ENE~SE	
2	" 2	ESE~S	←	SSE~SW	←	SE~SSW	E~SSE	SSE~SW	ESE~S	SSE~SW	
3	" 3	(SSW~W)	(←)	WSW~NW	←	SW~WNW	S~WSW	(WSW~NW)	(SSW~W)	WSW~NW	
4	" 4	WNW~N	←	NNW~NE	(←)	(NW~NNE)	(W~NNW)	NNW~NE	WNW~N	(NNW~NE)	
5	" 5	無風	←	無風	←	←	無風	←	無風	無風	
6	風速	自	←	自	←	←	自	←	自	自	
7	気温	保	←	←	←	←	←	←	←	←	
8	湿度	保	←	←	←	←	←	←	←	←	
9	雨量	多	←	←	←	←	←	←	←	←	
10	フッ素濃度	自	自	自	自	自	自	自	自	自	自

注) 風向, 風速のデータ 地点(1, 2), 地点(3, 4, 5), 地点(6, 7)で共通に用いた。

自: その地点の測定値またはその地点の観測局のデータを用いたことを示す。

保: 坂出保健所の観測局データを用いたことを示す。

多: 多度津測候所のデータを用いたことを示す。

←: 左に同じ

○: 発生源方向からの風向を示す。

上図 下図
 ○ 瀬居町 ○ 市役所
 △ 沙弥島 △ 旧し尿
 □ 瀬居町南 □ 相模坊
 × 吉田工業前 × 府中
 — 御供所 — 町役場

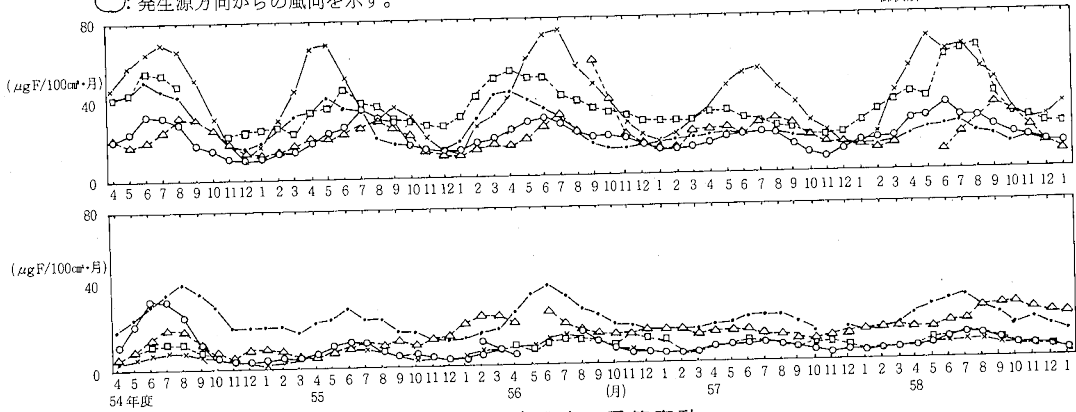


図2 フッ素濃度の季節変動

表2 地点別フッ素濃度の月平均値および年平均値

No.	地点名	月												年 度				
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	54	55	56	57	58
1	瀬居町	18	27	26	31	27	18	15	13	11	13	15	16	19	21	19	15	22
2	瀬居町南	36	45	38	59	35	29	28	21	24	26	29	35	36	35	35	26	39
3	沙弥島	23	17	20	24	30	39	22	18	14	9	11	17	20	19	22	19	20
4	吉田工業前	49	53	75	50	52	45	31	19	15	16	18	35	43	35	40	31	44
5	御供所	34	29	36	32	22	20	17	15	13	15	19	24	33	26	23	16	17
6	市役所	7	13	16	20	14	8	5	5	4	4	6	5	15	8	7	6	7
7	旧し尿処理場	11	12	17	19	16	16	15	11	16	18	15	16	11	15	17	13	21
8	相模坊	7	8	10	12	10	8	6	7	8	4	4	6	8	6	10	7	7
9	町役場	21	30	29	34	29	23	21	17	15	17	15	16	28	20	25	18	22
10	府中	6	7	8	10	9	7	5	4	3	3	4	6	5	6	8	6	6

単位) $\mu\text{gF}/100\text{cm}^3\cdot\text{月}$

次に、発生源からの距離別にフッ素濃度の比較を行ったのが表3である。ここで、地点10の府中はフッ素濃度のバックグラウンド値を測定する目的の地点であり、濃度は最も低かった。地点8の相模坊、地点6の市役所は、発生源からの距離は、それぞれ、6、4kmであるが、ほとんどバックグラウンド濃度に近い値であった。しかし、地点7の旧し尿処理場および地点9の町役場は、発生源からの距離はそれぞれ、3.5、4kmと、ほぼ地点6の市役所と同じであるが、フッ素濃度は2倍程度となっていた。発生源からの距離が2.5km以内の5地点の平均値は、他の地点の約2倍であった。なかでも、地点4の吉田工業前、地点2の瀬居町南が高く、発生源からの影響を受けているものと思われる。

2. 気象要素との関連性

表1のデータをもとに各気象要素とフッ素濃度との相

表3 距離別フッ素濃度

距離 (km)	№ 地点名	距離 (km)	フッ素濃度 ($\mu\text{gF}/100\text{cm}^3\cdot\text{月}$)	距離別平均 フッ素濃度 ($\mu\text{gF}/100\text{cm}^3\cdot\text{月}$)
0.7 } 2.4	1.瀬居町	2.0	19	27
	2.瀬居町南	2.0	34	
	3.沙弥島	0.7	20	
	4.吉田工業前	1.3	38	
	5.御供所	2.4	23	
3.5 } 6.0	6.市役所	4.0	9	14
	7.旧し尿処理場	3.5	15	
	8.相模坊	6.0	8	
	9.町役場	4.0	22	
9.6	10.府中	9.6	6	6

関を求めたものが表4である。各地点別に気象との関連性をみてみると、まず、地点1の瀬居町は、無風との相関が最も強く、発生源方向からの風向との相関はほとんどみられなかった。地点2の瀬居町南では、4風向のなかでは発生源方向からの風向と相関がよく、地点1と同様に無風との相関が強かった。地点3の沙弥島および地点4の吉田工業前では、発生源方向の風向と強い相関がみられた。地点5の御供所では、風向との関連性は弱かった。地点6の市役所、地点8の相模坊、地点9の町役場では、無風との相関がみられた。地点7の旧し尿処理場については、すべての気象要素と相関はあまりみられなかった。全体的にみると、気温、無風との相関が強く、風速とは逆相関が強かった。湿度、雨量との関連性は弱かった。

以上のことより、フッ素濃度は、前述のように夏期に高く、冬期に低くなる傾向、すなわち、気温の上昇とともに、大気中フッ素濃度が上昇するのか、あるいは、LTPとの反応性が増大するかにより、高くなる。さらに、発生源に近い地点4の吉田工業前、地点3の沙弥島では発生源方向からの風による影響また、無風時の汚染質の滞留などにより、高くなるものと思われる。地点1の瀬居町、地点2の瀬居町南では汚染質の滞留による影響が強いと思われる。地点5の御供所、地点7の旧し尿処理場は、風向、気温との関連性が弱く、発生源以外の要因があるものと思われる。地点6の市役所、地点8の相模坊、地点9の町役場は、気温の影響が強いと思われる。ただ、地点9の町役場については、地点6の市役所に比較して、高い濃度を維持していることより、この地点も、

表4 気象要素とフッ素濃度との相関

№	地点 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		瀬居町	瀬居町南	沙弥島	吉田工業前	御供所	市役所	旧し尿	相模坊	町役場
1	風向1	** 0.386	** 0.160	** 0.526	** 0.255	* 0.226	** 0.061	** -0.055	* 0.271	** -0.094
2	" 2	** -0.579	** -0.569	** -0.143	** -0.378	* -0.292	** -0.099	** -0.112	** 0.194	** 0.188
3	" 3	** 0.036	** 0.231	** -0.643	** -0.590	** -0.131	** -0.203	** 0.228	** -0.454	** -0.258
4	" 4	** -0.507	** -0.433	** 0.484	** 0.761	** -0.027	** -0.205	** -0.114	** -0.143	* 0.309
5	" 5	** 0.651	** 0.616	** 0.360	** 0.465	** 0.194	** 0.519	** -0.177	** 0.439	** 0.456
6	風速	** -0.526	** -0.407	** -0.400	** -0.563	** -0.373	** -0.400	** 0.146	** -0.468	** -0.462
7	気温	** 0.578	** 0.474	** 0.630	** 0.655	** 0.397	** 0.559	** 0.157	** 0.510	** 0.624
8	湿度	** 0.337	** 0.152	* 0.311	** 0.214	* 0.271	** 0.418	** -0.154	** 0.131	** 0.262
9	雨量	** 0.391	** 0.203	** 0.397	** 0.361	** 0.162	** 0.130	** 0.069	** 0.124	** 0.223
データ数		58	57	55	58	58	54	57	54	57

* 危険率5%で相関有 ** 危険率1%で相関有 ○ 発生源方向からの風向

他の要因があるものと思われる。

次に、発生源に近い地点3の沙弥島、地点4の吉田工業前およびすべての気象要素との相関があまりみられなかった地点7の旧し尿処理場、バックグラウンド濃度に近い地点8の相模坊の4地点について、気象要素とフッ素濃度とをあわせての主成分分析、さらに、各地点間のフッ素濃度による主成分分析を行った結果を図3に示した。これによると、地点3の沙弥島、地点4の吉田工業前は、ともに、気温および発生源方向からの風向との関連性が強いことがわかった。地点7の旧し尿処理場については、いずれの気象要素とも関連性はみられなかった。地点8の相模坊は、気温などの夏期に高くなる気象要素との関連が強く、発生源方向の風向との関連性は認められなかった。各地点間のフッ素濃度については、季節変動の周期性が強い地点が多く、発生源方向からの風向による影響のある地点3の沙弥島、地点2の瀬居町南および、なんらかの他の要因の考えられる地点7の旧し尿処理場、地点5の御供所がグループからはずれていることがわかった。なお、地点4の吉田工業前については、発生源方向からの風が夏期に多いことより周期性は同様であるが、変動中は大きかった。

以上のとおり、今回のLTP法による測定結果から、全測定地点で、大気中フッ素濃度は、気温の上昇とともに

に高くなることがわかった。この要因として、LTP法の測定値は、前述の気温の上昇とともに、大気中フッ素濃度が上昇するのか、あるいは、LTP法の反応性が増大するかにより、高くなることが考えられるが、中尾ら³⁾および豊沢ら⁴⁾の気温が高くなるとガス状フッ素化合物の濃度が高くなるとの報告、また、LTP法が主にガス状フッ素化合物を捕集すること等を考慮すると、本県のLTP法の測定値も、酸化カルシウムとガス状フッ素化合物との反応性が気温の上昇とともに増大すると考えるよりも、大気中のガス状フッ素化合物の増加がより強く影響しているものと思われる。

次に、発生源からの影響範囲については、すでに報告している植物中フッ素含有量からみた場合の約2.5km²⁾とはほぼ同様で、発生源からの距離で約2km以内が、発生源からの直接的影響を受けているものと思われる。

文 献

- 1) 環境庁企画調整局：環境測定分析参考資料(第3分冊)、p260 (1979)
- 2) 広瀬秀雄、増井武彦、高木茂、他：四国公衆衛生学会誌、20, 1, 92 (1975)
- 3) 中尾允、田中文夫、橘親男、他：全国公害研究会誌、5, 2, 105 (1980)
- 4) 豊沢澄治、中桐基晴、市川省吾、他：岡山県環境保健センター年報、8, 82 (1984)
- 5) 沼倉三郎：測定値計算法、p262、森北出版 (1982)
- 6) 河口至商：多変量解析入門Ⅰ、p35、森北出版 (1973)

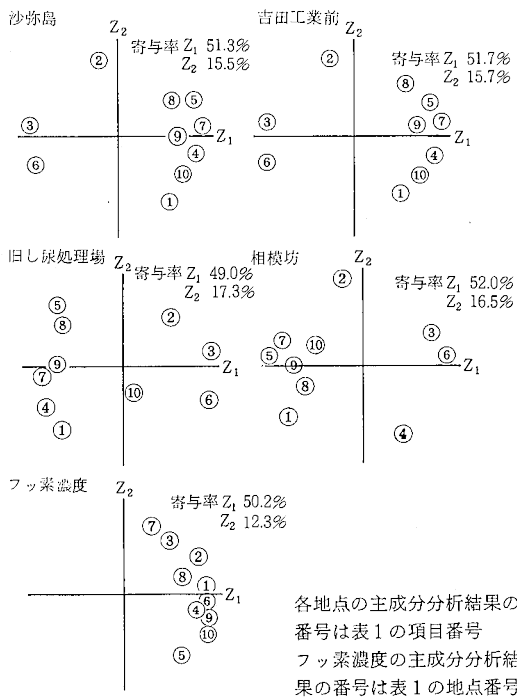


図3 主成分分析結果