

# 北上川流域における空中塩分の降下特性

井上, 奉生

---

(出版者 / Publisher)

法政大学教養部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学教養部紀要 / 法政大学教養部紀要

(巻 / Volume)

72

(開始ページ / Start Page)

17

(終了ページ / End Page)

38

(発行年 / Year)

1990-02

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00003592>

法政大学教養部紀要

No.72, 1990年

## 北上川流域における空中塩分の降下特性

井上 奉生

### I はしがき

河川水質成分の起源は気象学的因子, 地質学的因子, 人為的因子に大別される。これらのうち気象学的因子には海水の飛沫が細かい粒子となったもの(海塩粒子), 土壌粒子や火山からの放出物等が舞い上がったもの, そして, 人為的な石油等の化石燃料の燃焼産物等があげられる。これらの微粒子状物質(エアロゾル, 本報告では空中塩分と呼ぶ)は大気移動により運搬され, それ自体直接的に, あるいは降水に捕足され地表に降下し, 河川中に供給される。

本研究は海塩粒子の降下が比較的少ないと推定される内陸部に位置する北上川流域のうち一関市より上流域(約7060km<sup>2</sup>)を対象にし, 空中塩分の降下特性を気象条件から若干の考察を行ったものである。

### II 調査方法

大気中より地表に降下してくる物質を採取するため, 細口のポリエチレン製ビン(平野部で1ℓ用, 山間部で2ℓ用)に径90mmの防虫網をかけたロートを装着した装置(バルク法)を使用し, これを一定期間流域の各地点に設置した。なお雨量を測定するため, 蒸発防止用にオイル(灯油)を少量(数mmの油膜がはる程度)投入した同様の装置を併設した。採取地点は上流域の沼宮内(No.1)から下流域の一関(No.21)の計21地点である(表1, 図1)。この装置ではレインアウト, ウォッシュアウト, ドライフォールアウトを合せて採取することになる。

設置期間は1988年8月9日～9月8日までの約1ヶ月間である。

分析項目は雨水の主成分と考えられる  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  の6項目である。分析方法は次のとおりである。

表1 北上川流域空中塩分観測地点一覧

No.	地 点	流 域	標高	傾斜・方位	地 形	備 考
1	沼宮内高等学校	本川	300	緩・南東	段丘	市街地郊外
2	安比レックゴルフクラブ	松川	520	緩・南西	山地	山稜・峠
3	松尾村歴史民俗資料館	松川	460	緩・南東	火山山麓	
4	玉山村藪川小学校	丹藤川	640	急・南西	谷底平野	東～西河谷
5	盛岡市青山	本川	145	平坦	台地	市街地
6	雫石町役場	雫石川	200	平坦	段丘	市街地郊外
7	区界少年自然の家	築川	800	急・南西	山地	山稜・峠
8	紫波第二中学校	本川	90	平坦	沖積低地	市街地郊外
9	大迫市内川目小学校	稗貫川	200	緩・南西	段丘	南～北河谷
10	花巻市前田小学校	豊沢川	200	急・東	谷底平野	北西～南東河谷
11	花巻市矢沢中学校	猿ヶ石川	80	平坦	段丘	市街地郊外
12	田淵ダム管理支所	猿ヶ石川	200	急・南	谷壁斜面	東～西河谷
13	遠野市土淵中学校	猿ヶ石川	290	平坦	沖積低地	
14	沢内村若畑	和賀川	360	緩・東	谷底平野	南～北河谷 藤原氏宅
15	湯田ダム管理支所	和賀川	270	急・南	谷壁斜面	東～西河谷
16	北上市黒沢尻西小学校	本川	63	平坦	沖積低地	市街地
17	石淵ダム管理支所	胆沢川	320	急・南	谷壁斜面	東～西河谷
18	江刺市人首小学校	人首川	190	緩・南東	谷底平野	東～西河谷
19	水沢中学校	本川	51	平坦	沖積低地	市街地
20	一関市本寺小学校	磐井川	190	緩・北	段丘	東～西河谷
21	一関市山目小学校	磐井川	35	平坦	沖積低地	市街地

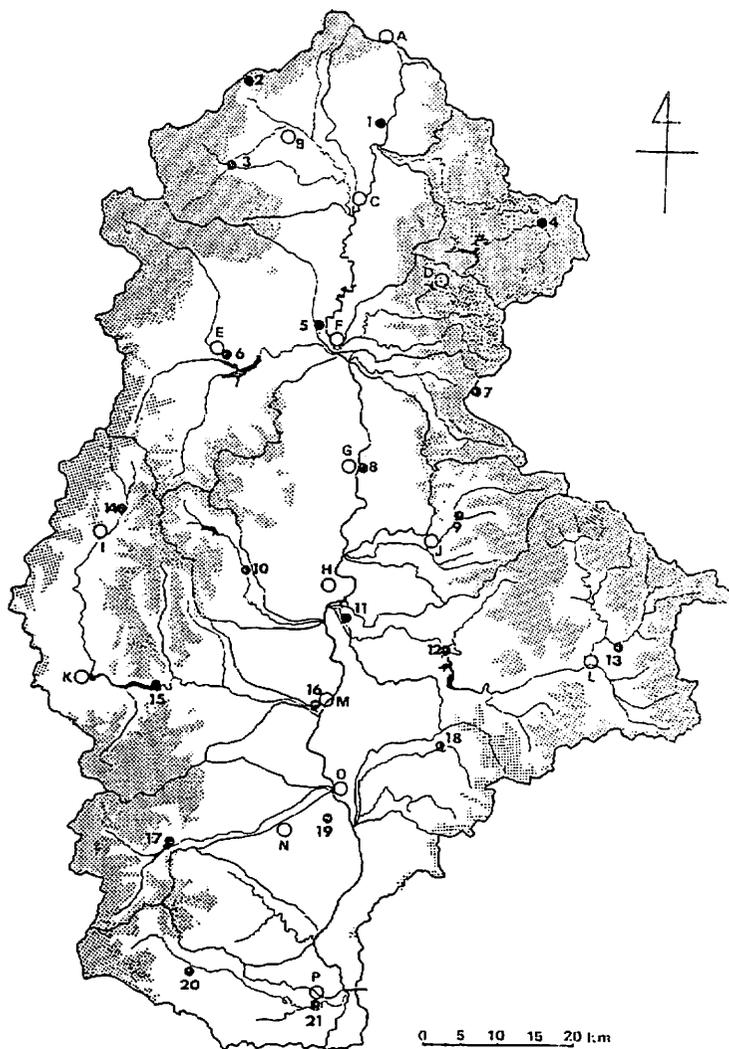


図1 北上川流域観測地点位置図

●：空中塩分観測地点（地点名は表1を参照）

○：風向観測地点（地点名は表1を参照）

網目部分は標高500m以上の地域

表2 北上川流域における空中塩分分析結果  
(1988.8.9~9.8)

No	地 点	降水量 (ml)	濃 度 (mg/l)						PH
			Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	
1	沼宮内高等学校	1419	1.30	5.40	0.42	1.96	0.30	0.21	6.90
2	安比レックゴルフクラブ	1529	0.24	0.54	0.10	0.13	0.16	0.09	5.62
3	松尾村歴史民俗資料館	1679	0.36	1.65	0.06	0.22	0.06	Tr	6.14
4	玉山村藪川小学校	1094	0.21	0.30	0.05	0.12	0.28	0.12	6.07
5	盛岡市青山	1839	0.40	0.86	0.16	0.03	0.10	Tr	5.24
6	雫石町役場	1648	0.45	1.20	0.16	0.28	0.12	0.02	6.48
7	区界少年自然の家	2182	0.25	0.98	0.09	0.12	0.20	0.10	5.52
8	紫波第二中学校	1336	0.40	0.80	0.14	0.08	0.06	Tr	5.64
9	大迫市内川目小学校	2112	0.18	0.74	0.08	0.12	Tr	Tr	6.18
10	花巻市前田小学校	2411	0.32	0.98	0.19	0.22	0.12	0.07	6.21
11	花巻市矢沢中学校	1603	0.80	0.10	0.10	0.16	0.08	Tr	6.18
12	田瀬ダム管理支所	1724	0.36	0.60	0.18	0.24	0.08	0.02	5.56
13	遠野市土淵中学校	1839	0.18	0.40	0.10	0.06	0.06	Tr	5.93
14	沢内村若畑	1196	0.65	1.05	0.14	1.01	0.16	0.29	6.06
15	湯田ダム管理支所	1889	0.36	0.86	0.07	0.16	Tr	Tr	6.53
16	北上市黒沢尻西小学校	2678	0.36	0.86	0.11	0.03	0.08	0.05	5.63
17	石淵ダム管理支所	6578	0.28	1.20	0.10	0.03	Tr	Tr	5.36
18	江刺市人首小学校	1336	0.28	0.54	0.07	0.05	0.20	0.70	5.87
19	水沢中学校	1851	0.20	0.18	0.12	0.03	0.10	Tr	5.30
20	一関市本寺小学校	3766	0.40	0.90	0.17	0.03	0.06	Tr	5.44
21	一関市山目小学校	1699	0.40	1.00	0.21	0.05	0.08	0.02	6.58
流域平均		—	0.40	1.01	0.13	0.24	0.11	0.05	5.93

$\text{Cl}^-$  : チオシアン酸第二水銀比色法

$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  : 炎光分光法

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  : 原子吸光法

$\text{SO}_4^{2-}$  : クロム酸バリウム比色法

なお、各地の地上風向は気象庁地域気象観測風向風速月報および秋田・仙台における上空約1500m (850MB) の風向は気象庁印刷天気図より整理した。

### III 調査結果

#### III-1, 濃度分布 (mg/l)

流域内の各地点における各成分濃度を表2に示す。以下、各成分ごとにその濃度分布の特徴を記す。

$\text{Cl}^-$ は0.18 (No.9)~1.30 (No.1) の間にあり、流域平均は0.40である。総じて奥羽山地側に高い値がみられ、北上山地側で低い値となっている。

$\text{SO}_4^{2-}$ は0.10 (No.11)~5.40(No.1) の間にあり、流域平均1.01である。No.1, 3, 6, 14, 17の各地点に1 mg/l 以上の高い値がみられるが、これらは全て奥羽山地側である。

$\text{Na}^+$ は0.05 (No.4)~0.42 (No.1) の間にあり、流域平均は0.13である。最高値および最低値を除くと各地点とも流域平均値に近似する。

$\text{K}^+$ は0.03~1.96の間にあり、流域平均は0.24である。0.05以下の低濃度を示す地点はNo.16, 17, 18, 19, 20, 21の各地点でこれらは流域南部である。

$\text{Ca}^{2+}$ および  $\text{Mg}^{2+}$ はそれぞれ Tr~0.28, Tr~0.70の間にあり、流域平均はそれぞれ、0.11, 0.05である。両者ともその濃度は低いが、各地点で両者は正比例の関係にある。

以上の結果、No.1の沼宮内の値が全成分について大きく、注目される。

参考までにpHの値をみると6.90~5.24の間にあり、流域平均は5.93となっている。ただし、この値は約1ヶ月間大気と平衡状態にあり、R pHの値に近いものと考えられる。

#### III-2, 降水量

調査期間中の各地点における降水量 (mm) を表2に示す。また高さ (mm) に換算した値を表5に、これを分布図にしたものを図2に示した。調査期間中の日本付近の天気は、極めて多くの熱帯低気圧が南海上 (25° N付近) に発生すると同時に台風13号, 15号の影響を受けて多量の降水量をもたらした。特に8月末期には日本海北部の低気圧および前線の停滞等で暖湿流が入り込み、当

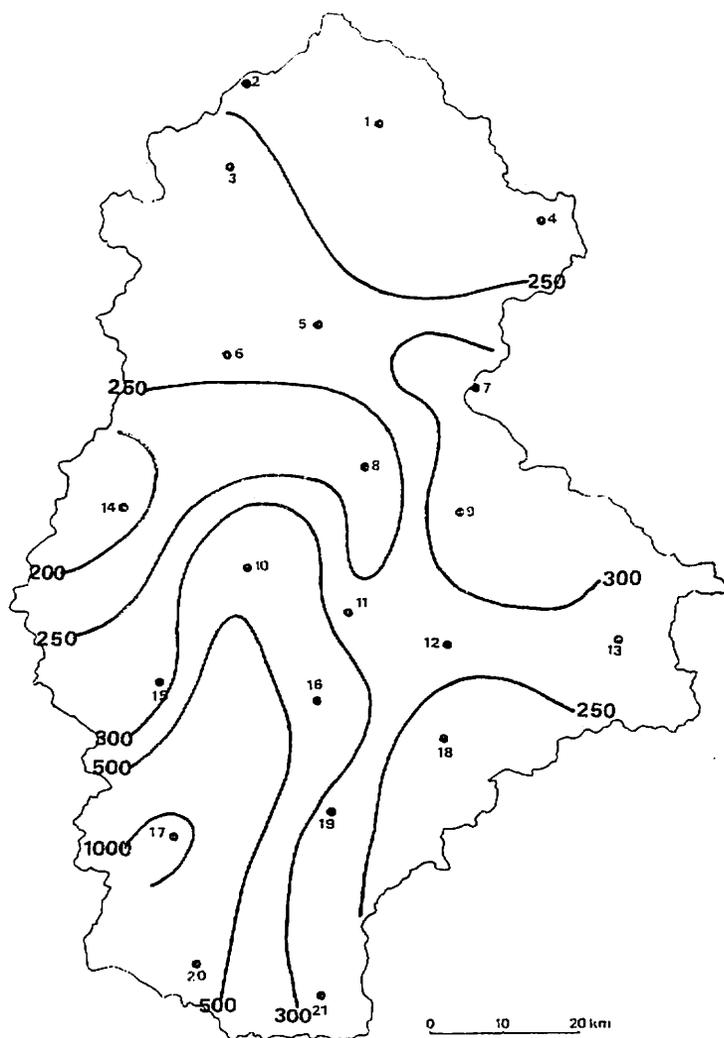


図2 調査期間中における降水量分布図 (mm)  
(1988.8.9~9.8)

\* 1~21の観測地点名は表1を参照

調査地域の岩手県下は豪雨に見舞われている。北上川流域での降水量分布は南西部の石淵ダム (No.17)を中心として1000mm以上の降水があり、その周辺の湯田ダム (No.15)、花巻前田 (No.10)、一関本寺 (No.20)が300mm以上である。その他に300mmを越えている地域は流域東部の早池峰山側 (No.7, 9)にみられる。250mm以下の比較的寡雨地域は流域北部の藪川 (No.4)沼宮内 (No.1)安比 (No.2)であり、他は250mm~300mmの間の値である。

### III-3, 調査期間中の卓越風向

調査期間中の1988年8月9日より9月8日までの日最多風向頻度 (%)を気象庁地域気象観測資料にもとづいて整理したものが表3である。またこれを図化したものが図3である。なお、印刷天気図より整理した秋田、仙台における上空約1500m (850mb, 21時)の風向も表3に示した。

岩手県内部の夏季の風向は南風が卓越することが知られているが<sup>(1)</sup>、地上風向は非常に地形の影響を受けやすく、とくに河川(谷)の走向とよく一致している。

例えば、好摩(C)盛岡(F)紫波(G)花巻(H)北上(M)若柳(N)江刺(O)などは南北に走る北上川の大きな河谷内に位置するため、南を中心とする風が卓越するが、藪川(D)雫石(E)沢内(I)湯田(K)などの風向はそれぞれ北上川支川の河谷の走向に一致している(図1の河川位置を参照)。

このように地上の風向は地形などに影響を受け易いが、期間中における上空約1500m (850mb)の風向を秋田、仙台両地点でみると、秋田ではSW~S~SE風向が87.2%、仙台で74.2%も占めていることがわかる。この上空での風向は気圧配置や前線に大部分が影響された風向と考えられる。

### III-4, 各成分の降下量分布

各成分濃度、降水量 (mm)、採取面積により算出した降下量を表4に示す。また、この値にもとづいて作成したものが図4-1~4-3の分布図である。以下、各成分ごとにその降下量を記す。なお単位は  $\text{kg}/\text{km}^2/\text{day}$  である。

[Cl<sup>-</sup>]石淵ダム (No.17)、沼宮内 (No.1)が9以上で最も降下量が多く、藪川 (No.4)の1.20が最も少ない。流域平均では4.13であるが、総じて奥羽山地側に多量に降下し、北上山地側に少ない傾向を示している。

[SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]降下量の最高は石淵ダム (No.17)の42.79で最少は花巻矢沢 (No.11)の0.90である。流域平均は11.00であるが、この平均値より高い地域は流域南西部と流域北部の地域で、他は平均値より低い。

表3 北上川流域における日最多風向頻度 (%)  
(1988.8.9~9.8)

A 奥中山 %		B 松尾 %		C 好摩 %		D 薮川 %		E 雫石 %		F 盛岡 %																																																	
NNI	38.7	SE	32.0	SSW	54.8	WSW	32.3	SE	29.0	S	35.3																																																
SSW	35.4	NE	19.4	N	12.9	SW	32.3	NW	12.9	SSE	25.8																																																
SW	12.9	FSE	12.9	NNW	12.9	NE	19.5	SSW	9.7	NNE	19.4																																																
WSW	9.8	SSE	9.8	NNE	9.8	SSW	6.5	SSE	9.7	SE	12.9																																																
SSE	3.2	E	9.8	SW	6.4	FNE	6.5	ESE	9.7	N	3.2																																																
		NNW	6.5	ENE	3.2	NNE	3.2	E	9.7	SW	3.2																																																
		NNW	6.4					SW	6.4																																																		
		W	3.2					NNW	3.2																																																		
								S	3.2																																																		
								NE	3.2																																																		
								ENE	3.2																																																		
G 紫波 %		H 花巻 %		I 沢内 %		J 大迫 %		K 湯田 %		L 遠野 %																																																	
SSW	51.6	S	51.6	NE	51.6	NNW	22.6	ESE	32.3	SSE	22.6																																																
S	19.3	N	22.5	ENE	19.4	W	22.6	SE	25.8	S	19.4																																																
NNW	12.9	SSW	9.7	SW	12.9	SE	19.4	N	6.5	SE	12.9																																																
SW	6.5	SW	6.5	ESE	6.5	ESE	16.1	SSW	6.5	NE	9.8																																																
NNE	6.5	SSE	6.5	SSW	3.2	NW	6.5	S	6.5	WSW	9.8																																																
W	3.2	W	3.2	E	3.2	F	6.4	SSE	6.5	NNE	6.5																																																
				NNE	3.2	WSW	3.2	E	6.5	ENE	6.5																																																
						ENE	3.2	NW	3.2	SW	3.2																																																
								NE	3.2	SSW	3.2																																																
								NNE	3.2	ESE	3.2																																																
										E	3.2																																																
M 北上 %		N 若柳 %		O 江刺 %		P 一関 %		上空 (850hPa) の風向頻度 (%) (1988.8.9 ~ 9.8)																																																			
SSE	38.7	S	38.7	S	25.8	SE	32.3	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">秋田</th> <th colspan="2">仙台</th> </tr> <tr> <th>風向</th> <th>頻度</th> <th>風向</th> <th>頻度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SSE</td> <td>22.6</td> <td>SSE</td> <td>32.3</td> </tr> <tr> <td>SSW</td> <td>22.6</td> <td>SE</td> <td>19.3</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>19.4</td> <td>S</td> <td>12.9</td> </tr> <tr> <td>SE</td> <td>19.4</td> <td>E</td> <td>9.7</td> </tr> <tr> <td>NNW</td> <td>6.4</td> <td>SW</td> <td>6.5</td> </tr> <tr> <td>SW</td> <td>3.2</td> <td>NNW</td> <td>6.5</td> </tr> <tr> <td>NE</td> <td>3.2</td> <td>N</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>3.2</td> <td>NNW</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>W</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>SSW</td> <td>3.2</td> </tr> </tbody> </table>				秋田		仙台		風向	頻度	風向	頻度	SSE	22.6	SSE	32.3	SSW	22.6	SE	19.3	S	19.4	S	12.9	SE	19.4	E	9.7	NNW	6.4	SW	6.5	SW	3.2	NNW	6.5	NE	3.2	N	3.2	N	3.2	NNW	3.2			W	3.2			SSW	3.2
秋田		仙台																																																									
風向	頻度	風向	頻度																																																								
SSE	22.6	SSE	32.3																																																								
SSW	22.6	SE	19.3																																																								
S	19.4	S	12.9																																																								
SE	19.4	E	9.7																																																								
NNW	6.4	SW	6.5																																																								
SW	3.2	NNW	6.5																																																								
NE	3.2	N	3.2																																																								
N	3.2	NNW	3.2																																																								
		W	3.2																																																								
		SSW	3.2																																																								
SE	19.3	SSW	22.5	SSE	25.8	ESE	32.3																																																				
NNE	12.9	NNW	12.9	SE	12.9	SSE	12.9																																																				
NE	9.7	N	9.7	NNW	9.7	N	9.7																																																				
NW	6.5	SSE	6.5	NW	9.7	NNW	6.4																																																				
NNW	6.5	SE	6.5	NNW	6.5	SW	3.2																																																				
W	3.2	W	3.2	W	6.4	SSW	3.2																																																				
S	3.2			ESE	3.2																																																						

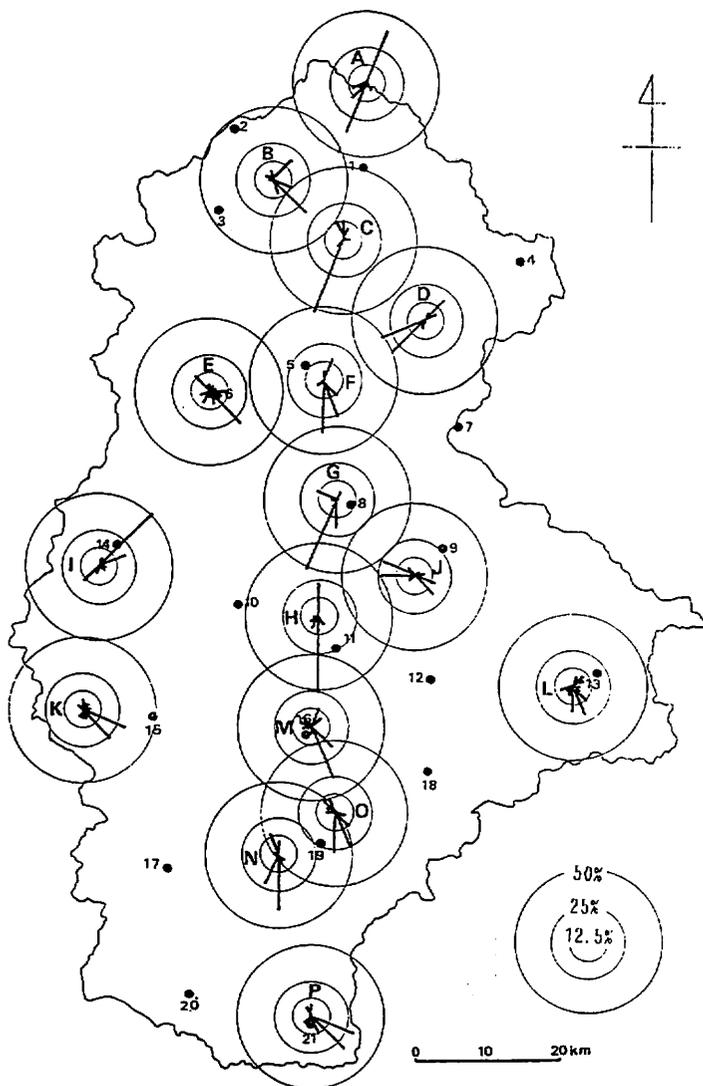


図3 各地点における日最多風向頻度図(%)  
(1988.8.9~9.8)

A~P: 風向観測地点 (地点名は表1を参照)  
●: 空中塩分観測地点 (地点名は表1を参照)

表4 北上川流域における空中塩分の降下量 (kg/km<sup>2</sup>)  
(1988.8.9~9.8)

No	地 点	口数	Cl		SO <sub>4</sub>		Na		K		Ca		Mg	
			期前中	/day	期前中	/day	期前中	/day	期前中	/day	期前中	/day	期前中	/day
1	沼宮内高等学校	30	289.99	9.67	1204.56	40.15	93.69	3.12	437.21	14.57	66.92	2.23	46.84	1.56
2	茨比レックゴルフクラブ	30	57.69	1.92	129.79	4.33	24.04	0.80	31.25	1.04	38.46	1.28	21.63	0.72
3	松尾村歴史民俗資料館	30	99.02	3.17	435.50	14.52	15.84	0.53	58.07	1.94	15.84	0.53	—	—
4	玉山村藪川小学校	30	36.12	1.20	51.99	1.72	8.60	0.29	20.64	0.69	48.15	1.61	20.64	0.69
5	盛岡市青山	30	115.64	3.85	248.62	8.29	46.25	1.54	8.67	0.29	28.91	0.96	—	—
6	翠石町役場	30	116.58	3.89	310.88	10.36	41.45	1.38	72.54	2.42	31.09	1.04	5.18	0.17
7	区界少年自然の家	30	85.75	2.86	336.15	11.21	30.67	1.03	41.16	1.37	68.60	2.29	34.30	1.14
8	葉波第二中学校	28	84.01	3.00	168.02	6.00	29.40	1.05	16.80	0.60	12.60	0.45	—	—
9	大迫市内川目小学校	30	59.76	1.99	245.68	8.19	26.56	0.89	39.84	1.33	—	—	—	—
10	花巻市前田小学校	30	121.28	4.04	371.43	12.38	72.01	2.40	83.38	2.78	45.48	1.52	26.53	0.88
11	花巻市矢沢中学校	28	201.59	7.20	25.20	0.90	25.20	0.90	40.32	1.44	20.16	0.72	—	—
12	田淵ダム管理支所	30	97.56	3.25	162.61	5.42	48.78	1.63	65.04	2.17	21.68	0.72	5.42	0.18
13	遠野市土淵中学校	30	52.04	1.37	115.64	3.85	28.91	0.96	17.35	0.58	17.35	0.58	—	—
14	沢内村若畑	30	122.21	4.07	197.41	6.58	26.32	0.88	189.89	6.33	30.08	1.00	54.52	1.82
15	湯田ダム管理支所	30	106.90	3.56	255.38	8.51	20.79	0.69	47.51	1.58	—	—	—	—
16	北上市黒沢西小学校	29	151.55	5.23	362.04	12.48	46.31	1.60	12.63	0.44	33.68	1.16	21.05	0.73
17	石淵ダム管理支所	29	289.54	9.98	1240.67	42.79	103.41	3.57	31.02	1.07	—	—	—	—
18	江刺市人形小学校	29	58.81	2.03	113.41	3.91	14.70	0.51	10.50	0.36	42.00	1.45	147.01	5.07
19	水沢中学校	29	58.20	2.01	52.38	1.81	34.92	1.20	8.73	0.30	29.10	1.00	—	—
20	一関市本宮小学校	29	236.81	8.17	532.81	18.37	100.64	3.47	17.76	0.61	35.52	1.22	—	—
21	一関市山目小学校	29	106.83	3.68	267.08	9.21	56.09	1.93	13.35	0.46	21.37	0.74	5.34	0.18
	流域平均			4.13		11.00		1.45		2.02		0.98		0.63

〔Na<sup>+</sup>〕多量に降下した地域は石淵ダム (No.17), 一関本寺 (No. 20) を含む流域南西部と沼宮内 (No.1) の流域北部の一部であり, とともに 3.00 以上の降下量である。流域平均は 1.45 であるが, 1.00 以下の地域は北上山地側と奥羽山地側の北部に帯状に分布する。

〔K<sup>+</sup>〕最も降下量が多かったのは沼宮内 (No.1) の14.57で最も少ないのは盛岡 (No.5) の0.29である。流域平均は 2.02 であるが, 流域西部から北部にかけて多量に降下し, 南部から東部で少ない傾向をもつ。

〔Ca<sup>2+</sup>〕一般的に降下量は少なく, 流域平均で0.98である。最も多い地点で区界 (No.7) の2.29であるが, 湯田 (No.15), 石淵ダム (No.17) などは降下量が微量となっている (濃度 Trにより算出不可能)。比較的多量の 1.0 以上の地域は流域北東部と流域中央部を北西から南東にかけての帯状の地域である。

〔Mg<sup>2+</sup>〕Ca<sup>2+</sup>と同様にその降下量は少ない。また傾向もCa<sup>2+</sup>と同じ様に流域平均値の0.63以上の地域は流域北東部と流域中央を北西から南東にかけての一帯にみられる。

#### IV 考察

##### IV-1, 各成分の起源について

空中塩分の起源としては a) 海塩に由来するもの, b) 火山からの噴出物あるいは土壤粒子など地表面から舞いあがったもの, c) 植物の花粉など生物起源のもの, d) 石油その他の燃焼産物のような人為的に生じたもの等が一般的に考えられる。

わが国は周囲が海洋に面しているため, 海塩に由来するものの降下が著しいと考えられるが, 沿岸部と内陸部では当然その差は大きい。<sup>2)3)4)5)6)7)</sup> 当流域は東部は北上山地, 西部は奥羽山地, 北部は七時雨山, 西岳等の山地に三方が囲まれた地域である。従って当流域に降下する物質は, 海塩起源かそれ以外の起源のものかを区別する必要がある。そこで両者を区別するひとつの指標として, 各観測地点の各成分ごとに濃縮定数 (海水中のある成分と Cl<sup>-</sup>との当量比に対する採取試料中のそれとの比) を求めてみた。結果を表5および図5-1 5-2 に示す。

〔SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>〕最高値は松尾村 (No.3) の33.60, 最低値は花巻市矢沢 (No.11) の0.92であり, 流域平均は 18.36 となっている。比較的高い値の地域は流域西部の北上山地と北部および南西部の一部にみられ, 北上川沿いの低地帯は低い値となっている。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の起源としては海水にも多量に含まれることもあって海

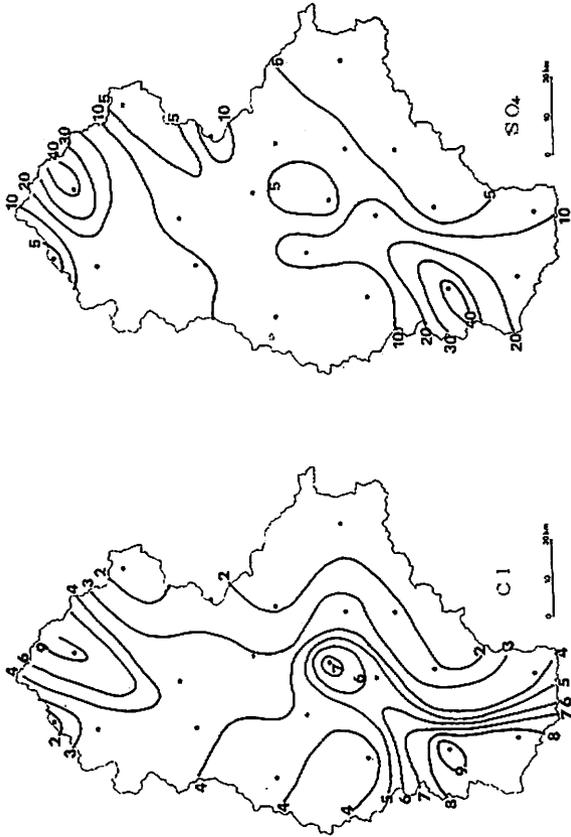


図4-1 各成分ごとの等降下量線図 (mg/km<sup>2</sup>/day)

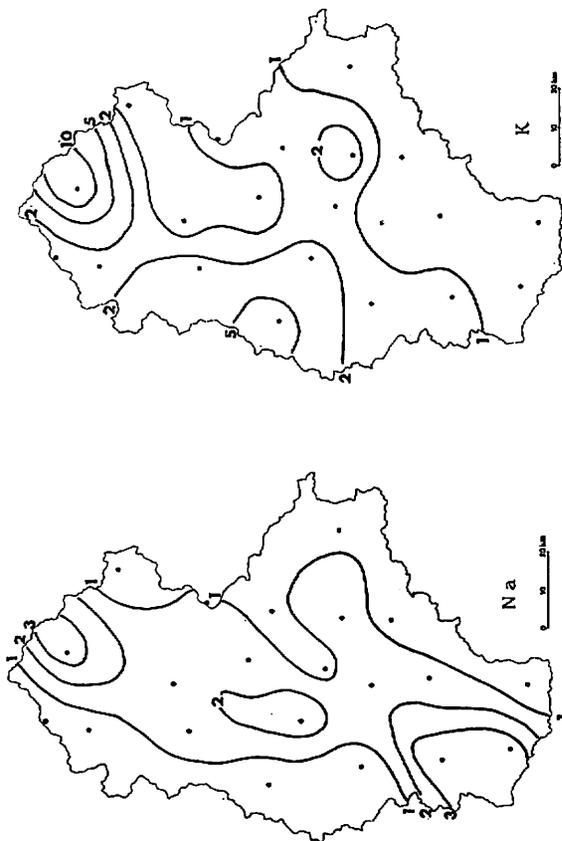


図 4-2 各成分ごとの等降下量線図 ( $\text{kg}/\text{km}^2/\text{day}$ )

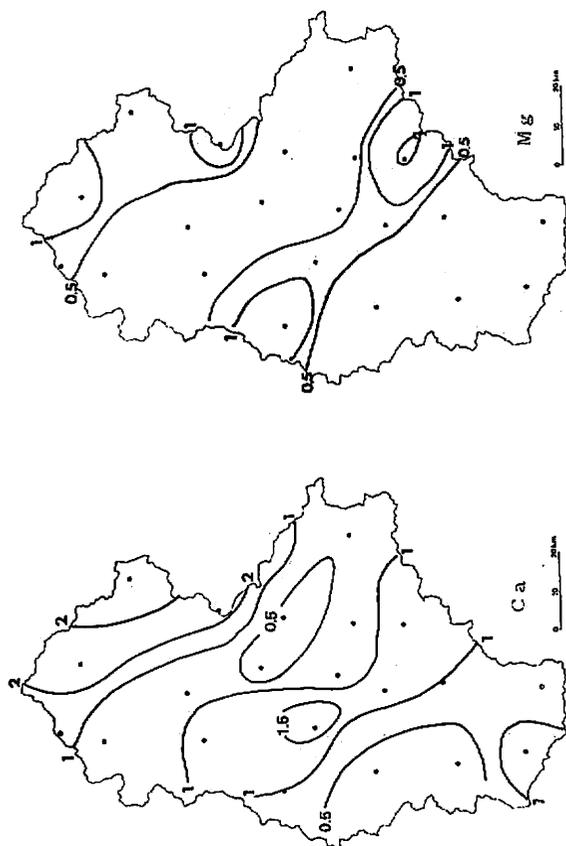


図4-3 各成分ごとの等降下量線図 ( $\mu\text{g}/\text{km}^2/\text{day}$ )

塩起源の割合も相当量あると考えられるが、他に人為的に排出される浮遊ばい塵中の硫酸化合物や石油燃焼産物が雨水に捕足されて $\text{SO}_4^{2-}$ となる結果、濃縮定数が著しく大きくなることもある<sup>(4)</sup>。また、大気中の硫酸化合物は生物起源も含めその動態は多くの研究者によって解明中であるが<sup>(8)</sup>、ここでは隣接する秋田県の山間流域での観測結果と比較してみることにする<sup>(9)</sup>。1987年7月22日～8月3日に実施した米代川水系小又川流域(266.8km<sup>2</sup>)での最高値は63.06、最低値で20.61、流域平均で30.03となっている。山間部に位置することもあって多量の放出源は付近にみられないが、今回の結果に比較して高い値である。これは他地域からの運搬輸送と推定されている。このことから当流域では前述した一部の地域を除いて大部分は海塩起源が占めているものと推定される。

〔Na<sup>+</sup>〕花巻市矢沢(No.11)の0.22から花巻市前田(No.10)の1.65の間にあり、流域平均は0.69である。大部分の地点が平均値に近似している。海水中のNaClの占める割合からみて大部分は海塩起源と考えてよい。

〔K<sup>+</sup>〕盛岡(No.5)、一関本寺(No.20)の3.74から沢内村(No.14)の77.45の間にあり、その差は極めて大きい。流域平均は23.45であり、20を越えている地域は流域北半部の東側、西側、北側であり、流域の中央部から南部では低い値となっている。とくに北上川低地部が全般的に低い。このことから北上川低地部を中心として海塩起源のものが多く降下したと推定される。K<sup>+</sup>の起源としては主として海水にも含まれるが、岩石・土壌にあると考えられる。また、K<sup>+</sup>は肥料としても人為的に使用されており、植物体に濃縮されていることも考えられるので、これらを考慮しての調査研究が必要である<sup>(10)</sup>。

〔Ca<sup>2+</sup>〕紫波(No.8)、一関本寺(No.20)の7.00から葦川(No.4)の62.25の間にあり、流域平均は17.97である。Ca<sup>2+</sup>の起源としては海塩起源も考えられるが、その他に内陸部では二次的供給源としての土壌粒子の空中への舞いあがりも考えられる。当流域でも後述するように海風と考えられる南および南東の風が直接あたらない北上山地西側斜面に高い値がみられる。

〔Mg<sup>2+</sup>〕雫石(No.6)の0.66から人首(No.18)の37.37の間にあり、流域平均は6.74である。しかし、人首および葦川(No.4)を除けば全て平均値以下(これらの平均値は3.14となる)であり、大部分が海塩起源で占められているように見えるが、後述するように卓越風向とあまり関係がないことから他からの供給も考えられる。

#### IV-2、空中塩分の降水量と降水量との関係

III-2で流域内の降水量を述べたが、ここでは空中塩分の降水量との関係を

表5 北上川流域の各地点における濃縮定数  
(1988.8.9~9.8)

No.	地 点	SO4	Na	K	Ca	Mg	雨量mm
1	沼宮内高等学校	30.45	0.58	75.14	10.77	2.41	223
2	安比レックゴルフクラブ	16.50	0.75	26.99	31.13	5.61	240
3	松尾村歴史民俗資料館	33.60	0.30	30.46	7.78	—	264
4	玉山村藪川小学校	10.47	0.43	28.48	62.25	8.54	172
5	盛岡市青山	15.74	0.72	3.74	11.67	—	289
6	雫石町役場	19.55	0.64	31.01	12.45	0.66	259
7	区界少年自然の家	28.74	0.65	23.92	37.35	5.98	343
8	紫波第二中学校	14.66	0.63	9.97	7.00	—	210
9	大迫市内川目小学校	30.14	0.80	33.23	—	—	332
10	花巻市前田小学校	22.45	1.65	34.26	17.51	3.27	379
11	花巻市矢沢中学校	0.92	0.22	9.97	4.67	—	252
12	田瀬ダム管理支所	12.22	0.90	33.23	10.37	0.83	271
13	遠野市土淵中学校	16.29	1.00	16.62	15.56	—	289
14	沢内村若畑	11.84	0.39	77.45	11.49	6.67	188
15	湯田ダム管理支所	17.51	0.35	22.15	—	—	297
16	北上市黒沢尻西小学校	17.51	0.55	4.14	10.37	2.08	421
17	石淵ダム管理支所	31.42	0.64	5.34	—	—	1032
18	江刺市人首小学校	14.14	0.45	8.90	33.35	37.37	210
19	水沢中学校	6.60	1.08	7.48	23.35	—	291
20	一関市本寺小学校	16.50	0.76	3.74	7.00	—	592
21	一関市山目小学校	18.33	0.94	6.23	9.34	0.75	267
	流 域 平 均	18.36	0.69	23.45	17.97	6.74	325

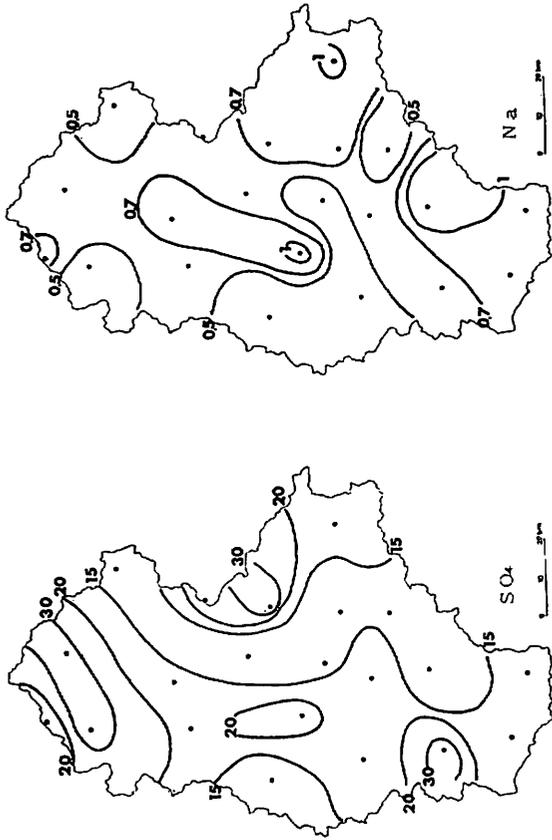


図5-1 各成分ごとの等濃縮定数値線図

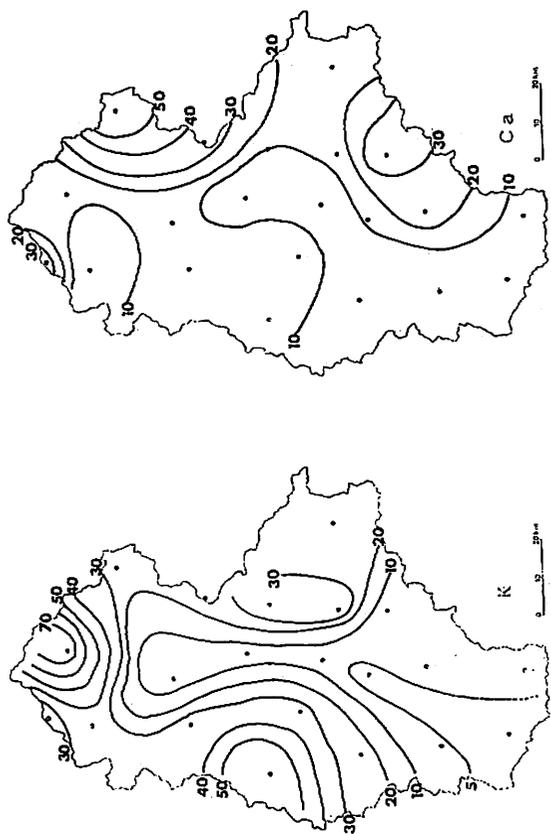


図5-2 各成分ごとの等濃補正数値線図

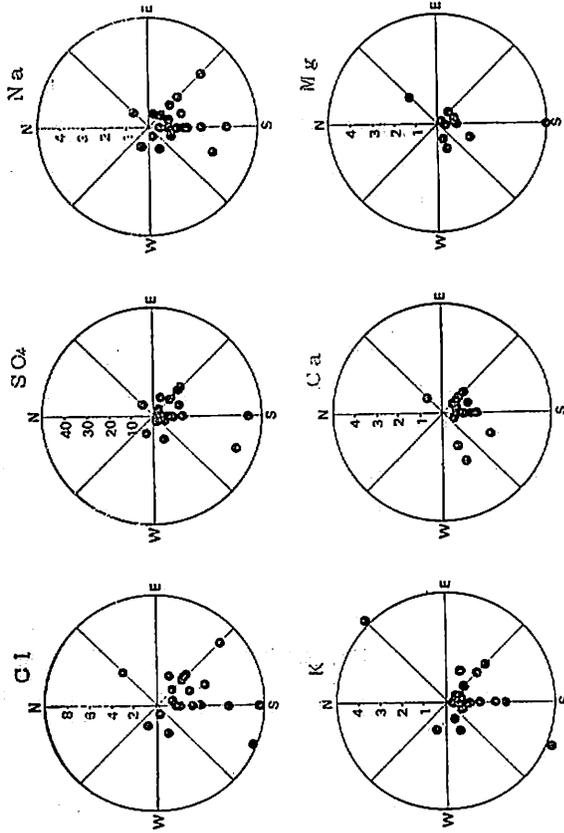


図6 卓越風向と各成分降水量 (kg/km<sup>2</sup>/day)

若干考察してみる。調査期間中の降水量は前述したように流域南西部の石淵ダム (No.17) を中心に多量の降水があったが、この降水量分布とよく対応する成分もいくつかみられる。

空中塩分の除去効果 (大気中からの除去) としては運搬過程における空気抵抗、重力沈降、降水による捕捉除去作用、地上付近での樹木等によるこしとり効果等があげられるが、雨滴が降下して地表に達する間に大気中に浮遊する種々の物質を取り込むことが雨水の化学成分の主体をなすと考えられるので (ウォッシュアウト) 降水の除去作用が最も大きいと推定される<sup>(11)</sup>。

今回の調査では  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  の降下量が降水量の多寡とよく対応している。このことは、これらの各物質が常時大気中に浮遊していること、すなわち常に供給されていることを示すものと考えられる。これらに対して  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  等の成分は降水量との関係は明瞭でなく、発生供給源も比較的近くに存在する可能性も否定できない。濃度の項でも述べたようにこれらの物質は極めて微量 (痕跡程度) の地点もいくつかみられるように降水による希釈効果も考えられることから、大気中に一様に分布していないものと思われる。このことから発生供給源は狭い範囲内での二次的供給と推定される。

#### IV-3, 卓越風向との関係

III-3 で調査期間中の卓越風向を (表3), III-4 で各成分の降下量 (表4) を述べた。これらをもとに作成したのが卓越風向と各成分降下量との関係図 (図6) である。調査期間中の卓越風向は前述したように南～南東の風系である。すなわち、空中塩分のうち中・長距離を運搬された物質の輸送経路は南および南東方向からと推定される。図6でみると卓越風向によく対応しているのは  $\text{Cl}^-$  および  $\text{Na}^+$  である。次いで  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  の順である。 $\text{Cl}^-$  や  $\text{Na}^+$  の大部分は太平洋 (仙台湾を含む) からの海塩粒子によるものと考えられ、 $\text{SO}_4^{2-}$  の一部には仙塩工業地帯の燃焼産物も含まれている可能性もある<sup>(4)(5)</sup>。 $\text{K}^+$  は海塩起源のものは濃縮定数値からみても北上川河谷沿いに南風により運搬され降下したものと推定される。卓越風向との対応が比較的好くない  $\text{Ca}^{2+}$  および  $\text{Mg}^{2+}$  は降下量の分布状況からみて供給源は極めて近いところに存在するのかもしれない。すなわち、近辺の土壌粒子等の舞いあがり等である。しかし現状では資料不足でその特定は困難である。風速との関係およびミクロ的な分布状態の把握も必要と考えられる。

## V まとめ

以上、今回の調査研究で得られた結果を要約すると次のようになる。

①濃縮定数値よりみると  $\text{Cl}^-$  は当然のこととして  $\text{Na}^+$  はほぼ海塩起源と考えるとよい。 $\text{SO}_4^{2-}$  および  $\text{K}^+$  は北上川低地部では海塩起源の割合は大きいと推定されるが、流域北部や北上山地西側斜面では他の供給源が考えられる。 $\text{Ca}^{2+}$  は土壤粒子等の舞いあがりによる二次的供給源が考えられ、その供給源も近いところに存在するものと推定される。 $\text{Mg}^{2+}$  は濃縮定数値よりみると海塩起源と推定されるが、後述するように卓越風向とはあまり関係が無いことから他の供給源も考えられる。

②降水量との関係では  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  の各成分が降水量の多寡とよく対応している。すなわち、降水量の多い地点で多量の降下量がみられる。これらの物質は常時大気中に供給され浮遊していることを示している。

③卓越風向との関係についてみると、調査期間中は南～南東の風が卓越しており、太平洋(仙台湾を含む)からの物質の運搬輸送が考えられる。この卓越風向によく対応するものが  $\text{Cl}^-$  および  $\text{Na}^+$  である。 $\text{K}^+$  や  $\text{SO}_4^{2-}$  も比較的よく対応するが、海塩起源のみでなく、他の供給源も考えられる。 $\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  は卓越風向との関係はあまり明瞭ではなく、供給源は比較的近くにある可能性もある。

本調査研究の実施にあたって、試料の分析に便宜をはかって頂いた、武蔵野女子学院・桑原正見氏に心からお礼申し上げます。

(この調査研究報告の一部に昭和63年度法政大学特別研究助成金を使用した)

## 参考文献

- (1) 盛岡地方気象台編 (1966) : 岩手県気候誌
- (2) 井上・小林 (1970) : 渡島半島・大沼流域における塩素量収支に関する研究, 資源研彙報. 74, 65~71.
- (3) 井上・小林 (1971) : 東北地方北部における雨水中の塩素イオン濃度分布と地形との関係について, 資源研彙報. 75, 73~80.
- (4) 井上幸生 (1972) : 房総半島における雨水中の化学成分について, 文部省特研, 水資源 (人為にともなう流域水収支の変化に関する研究一代表者, 三井嘉都夫) 報告書. 65~74.
- (5) 井上・小林・東郷 (1986) : 近江盆地周辺地域における風送塩の降下特性について, 法政大学多摩研究報告. I. 37~65.

- (6) 菅原・半谷 (1950) : 菅島の地球化学的研究 (第2. 3報), 日本化学雑誌, 71  
52~54.
- (7) 後藤達夫 (1966) : 三陸沿岸における雨および潮風によって陸地に運ばれる塩分  
について, 岩手県自治連絡協議会報告. 49~119.
- (8) 日本気象学会 (1987) : 酸性雨, 気象研究ノート, 第158号.
- (9) 非上奉生 (1989) : 河川源流部の水質と空中塩分との関係, 法政大学教養部紀要  
68 自然科学編, 11~28.
- (10) 半谷・小倉 (1985) : 水質調査法改訂版 丸善. 227.
- (11) 三崎方郎 (1981) : エアロゾルの挙動, 気象研究ノート第142号, 日本気象学会.  
1~88.

法政大学 第二教養部  
東京都 千代田区  
(1989年9月20日受理)