

5. 南鳥島，小笠原父島におけるエアロゾル粒子の放射化分析

矢野 直^{*}，山路 勲^{*}，前橋紀恵子^{**}

5.1 はしがき

南鳥島，父島における予備観測で試料を採取し，分析した結果を述べ，これについての考察を行った。分析法については第1部，4章において述べたのでここでは述べない。ただし，分析結果の内容には電子顕微鏡による分析結果も含まれている。

エアロゾル粒子がその粒径によってどのような化学組成をもっているか，又どのような発生源をもっているかというのがこの主なテーマである。

粒子を構成する元素は，南鳥島や父島においては，比較的是っきりと，発生源組成によって分類しうる事が明らかになった。即ちある元素群は主として海水起源を代表し，又ある元素群は主として地殻組成を代表し，それぞれの群内では存在比がよく保存されていた。ここで前2者のいずれにも属さない元素があり，これらは第3の群に分類された。

またこれらの群内では，元素別の粒径分布が比較的良好に相似しており，このことは発生機構が同じであることと対応していると考えられた。

5.2 濃縮度の定義

発生源を識別する手段として，ある発生源の組成の元素存在比からの偏りをもって示す方法がDuce (1972)によって提案された。

よく知られているように，海水中の元素組成は一部の元素を除いて世界的に均一であり，海水の元素組成の表も公表されている (Turekian, 1969)。いまこの標準海水を考え，海水中の最も代表的な元素であるナトリウム (Na) に対する他の元素Xの存在比を $(X/Na)_{\text{海水}}$ で示し，同様にエアロゾル粒子中のNaに対するX元素の重量存在比を $(X/Na)_{\text{エアロゾル}}$ とし，濃縮度 (Enrichment factor) EF(S) を (5.1) 式によって定義した。

$$EF(S) = \text{Log} [(X/Na)_{\text{エアロゾル}} / (X/Na)_{\text{海水}}] \quad (5.1)$$

ここで，海水と同じような組成であれば，EF(S)の値は0に近く，正の場合は濃縮，負の場合は稀釈を表す。

地殻物質組成についてはAhrens-Taylorの値を使った (高橋，他，1970)。代表的元素としてはアルミニウム (Al) をえらび，これに対する他の元素Xの存在比を $(X/Al)_{\text{地殻物質}}$ で示し，同様にエアロゾル粒子中のAlに対するX元素の重量存在比 $(X/Al)_{\text{エアロゾル}}$ とし，濃縮度EF(C)を (5.2) 式によって次のように定義した。

*応用気象研究部 **気象衛星センター

$$EF(C) = \text{Log}[(X/A1)_{\text{エーロゾル}} / (X/A1)_{\text{地殻}}] \quad (5.2)$$

5.3 汚染地域と候補地との比較

南鳥島、父島と汚染地域との粒子中の元素重量濃度の比較を表5.1、表5.2に示した。米国のシカゴ (Dams, R., and et al. 1970), 日本のお阪以外の測定値は著者等によって既に測定された平均重量濃度である。P. Oceanとあるのは、東京と父島を結ぶ航路上で測定されたものである。(Yano, et al. 1974, 第I部4章に参考文献)。表中のRatio 1とRatio 2はそれぞれ各元素含量について(父島/大阪)の値の比, および(父島/東京)の値の比を示している。

これらの表から、稀釈率と考えてよいRatio 1及び2は元素によってNa, Clを除いてその値は最大0.005にまで及び都市や工業地帯の大気エーロゾル粒子中の濃度に比べて $1/10$ から $1/1000$ の値を示した。

5.4 南鳥島のエーロゾル粒子分析結果

試料採取は1975年、7月25日の午後6時から7月29日の午後6時までの期間と、7月30日の午前6時から8月10日の午前6時までの期間にわたった。しかし、実際に分析されたのは前期の試料のみであった。

試料採取地点は、東風の風上方向の海岸付近で気象庁々舎の東側にある観測露場で行われた。これは事前調査で、気象庁と米国沿岸警備隊との発電所の排気からの汚染が確認された為である。

2台のハイボリウム、C. P. S サンプラーがAは毎日、18時から翌日6時までの夜間の12時間、Aは毎日6時から18時までの昼間の12時間を交互に運転した。7月25日から7月29日にわたった吸引量はサンプラーA, Aともに $2,016 \text{ m}^3$ である。分析用には、これを4分割したので、 504 m^3 が使用された。

電子顕微鏡用の試料は、7月25日から7月29日の間のおもに日中の適当な時間にカスケード・インバクターで行った。

ハイ・ボリウム・C・P・Sサンプラーで分級採取したエーロゾル粒子の分析結果を表5.3、表5.4、図5.1、図5.2に示した。

分級のステージは4段(0, 1, 2, 3)およびバックアップ・フィルターである。それぞれのカットオフ・ダイアメーターは第I部、表4.1に示してある。

表中---は検出限界以下の値であることを示している。また元素名の右肩の*印は、その試料が夜間サンプリング(18時より翌朝6時まで)であることを示している。又*印のないのは、その試料が日中(6時より18時)に採取したことを示している。

南鳥島のデータの特徴は、図5.1にみられるように、海水起源と考えられるNa, Cl, Mg, Br, などの元素群がいずれも半径 $10 \mu\text{m}$ 以上の粒子に最大値が見出せることで、この巨大粒子は、海水の“しぶき”が多量にあったことを示している。後述するように、父島試料では、このような分布は見出せなかった。

表5.1 都市と海洋上の粒子分析値

Ratio 1は父島濃度/大阪濃度

Ratio 2は父島濃度/東京濃度を示す。

Particulate analysis in ng/m^3 from urban areas and ocean

Element	Chicago*	Kawasaki	Osaka**	Tokyo	P.Ocean	Marcus island	Marcus island	Chichi jima	Ratio 1	Ratio 2
Na	4.6 E2	1.7 E3	1.5 E3	2.1 E3	1.6 E3	8.4 E3	9.3 E3	4.5 E3	3.0	2.1
Cl		3.5 E3	3.7 E3	4.1 E3	2.8 E3	1.5 E4	1.7 E4	8.6 E3	2.3	2.1
Mg	2.4 E3		1.5 E3			5.4 E2	9.3 E2	7.1 E2	0.47	
Br	8.3 E1	3.1 E1	3.5 E1	2.0 E2		6.2 E1	7.4 E1	1.1 E1	0.31	0.055
Cu	1.1 E3	2.4 E2								
K	1.4 E3		1.1 E3	2.3 E3				2.7 E2	0.25	0.12
Th	1.3 E0		9.5 E-1							
Sc	3.1 E0	3.1 E0	4.2 E-1	3.0 E0						
Co	2.6 E0		1.8 E0							
Mn	2.6 E2	2.4 E2	1.2 E2	1.6 E2	8.7 E-1	6.1 E-2		3.6 E0	0.030	0.023
Ti	1.9 E2	4.8 E1								
Fe	1.4 E4	1.1 E4	2.9 E3	7.7 E1				8.5 E1	0.029	1.1
Al	2.2 E3	7.2 E2	2.9 E3	3.2 E3	1.0 E1	5.6 E1	6.0 E1	2.4 E2	0.083	0.075
Ce	1.3 E1		4.1 E0					9.6 E-1	0.23	
Sm	4.1 E-1		3.5 E-1					1.3 E-1	0.37	
Cr	1.1 E2		1.5 E1					3.9 E-1	0.026	

* East Chicago, (Dams, 1970) ** (Mamuro, 1970)

表 5.2 前表の続き

Continue

Element	Chicago [*]	Kawasaki	Osaka ^{**}	Tokyo	P.Ocean	Marcus island	Marcus island	Chichi jima	Ratio 1	Ratio 2
Ca	7.0 E3		7.5 E2			5.3 E2	7.0 E2	3.3 E2	0.44	
Cs			1.0 E0					2.4 E-2	0.024	
Hf	4.3 E-1							4.1 E-2		
Lu			3.1 E-1					1.3 E-2	0.42	
As	1.2 E1		1.5 E1					1.5 E0	0.10	
Se	3.8 E0		2.4 E0					5.3 E-1	0.22	
V	1.8 E1	7.3 E1	3.0 E1	4.9 E1	8.6 E-2		4.9 E-1	6.2 E-1	0.022	0.013
Zn	1.4 E3	3.1 E3	3.7 E2	3.1 E3				1.7 E1	0.046	0.0055
Sb	2.5 E1		9.2 E0					3.7 E0	0.40	
I			.			6.6 E-1	9.1 E-1	7.8 E0		
La	5.9 E0		1.7 E0					1.5 E-1	0.088	

表 5.3 南鳥島試料の分析結果, *は夜間 18 時—翌日 6 時, 他は昼間, 6 時—18 時, モードは照射条件を示す
(表 4.8 参照)

Concentrations of various elements in each stage [ng/m³]

element	Br	Br*	Ca	Ca*	Cl	Cl*	Mg	Mg*	Na	Na*
mode	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
0	46	56	14	400	11000	12900	410	710	6000	7130
stage 1	14	13	520	300	3200	3000	130	170	1790	1550
2	1.9	3.3	---	---	730	840	---	51	400	450
3	---	---	---	---	250	160	---	---	120	89
B.F.	---	1.5	---	---	260	190	---	---	95	90
total					15400	17100			8410	9310

* The value of chemical analysis of the sample that have taken in night time (18:00--06:00). The other show the value of chemical analysis of the sample that have taken in day time (06:00--18:00).

表 5.4 南鳥島試料の分析結果(続)

(continue)

element	Mn	Mn*	I	I*	V	V*	Al	Al*	S	S*
mode	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
0	---	---	---	---	---	---	---	4.4	---	---
stage										
1	0.54	0.86	---	0.29	---	0.054	23.	22.	---	7.24
2	0.041	0.43	0.14	0.28	---	0.44	5.5	21.	---	---
3	---	0.014	0.16	0.15	---	---	3.2	1.9	---	---
B.F.	0.11	0.098	0.36	0.19	---	---	24.	11.	---	0.75
total								60.3		

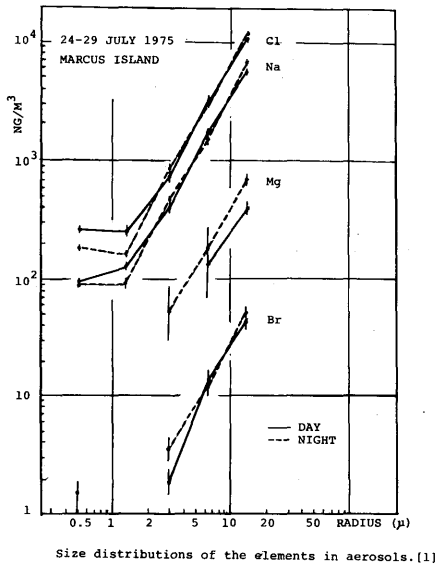


図 5.1 南鳥島試料の分析結果

実線は日中 (6 h-18 h)
破線は夜間 (18 h-6 h)

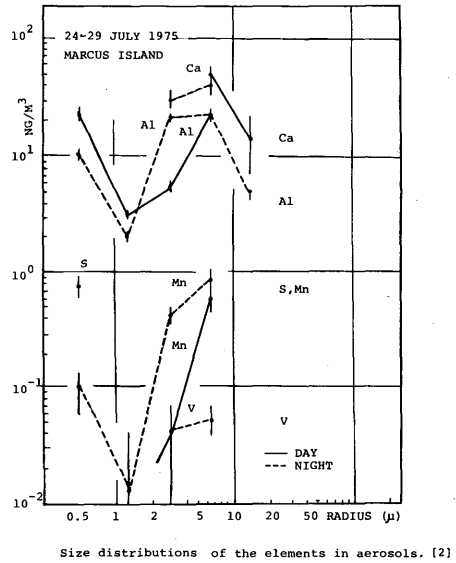


図 5.2 南鳥島試料の分析結果 (続)

これに対して図 5.2 で示した Ca, Al, Mn, V などの元素群は半径 5 μm 付近に極大値を持つような分布を示し、またバックアップ・フィルターで捕集した半径 0.5 μm の付近でも増大していることが特徴的であった。この元素群は少なくとも海水の“しぶき”によって発生したと考えられる前述の元素群とは、その発生機構がちがっていると考えてよいであろう。

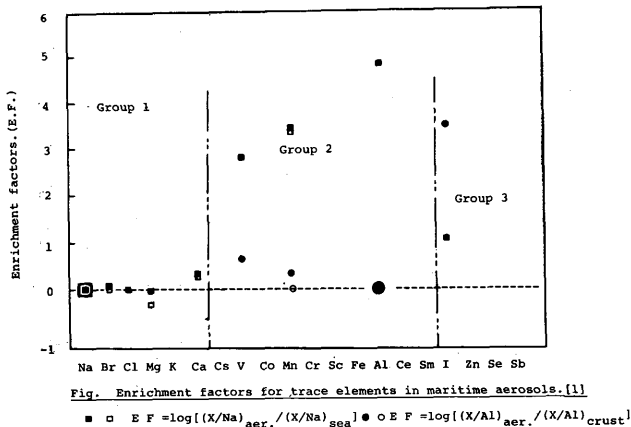


図 5.3 南鳥島試料の元素別濃縮度 $EF(S)$ 及び $EF(C)$

■, □ 海水に対する濃縮度 $EF(S)$ ●, ○ 地殻物質に対する濃縮度 $EF(C)$ ○□は昼間, ●■は夜間の値
グループ1は主として海水起源の元素群, グループ2は主として地殻物質起源の元素群, グループ3はいずれの発生源と比べても濃縮されている元素群

そこで、海水組成に対する濃縮度 $E F(S)$ をみてみると、Na, Br, Cl, Mg, Ca は同じ群に入ると考えられるが、V, Mn, Al は桁違いに偏りを示していることが図 5.3 によってわかる。ここで Ca が、これら海水発生源の元素群に入っているのは、地殻物質中の Na に対する存在比が海水中の存在比に近い値を示しているためであると思われる。

そこで、V, Mn, Al が別の発生源であるとし、これを地殻物質に対する前述の濃縮度 $E F(C)$ でみてみると、

Vの場合はいくらかずれているが、大体同じ存在比をもっていると考えてよいように考えられる。

この図では、■、□はEF(S)の値を示し、EF(C)を●、○で示した。また■、●は夜間、□、○は昼間の試料を示している。

沃素Iについては、いづれの発生源からも大きい濃縮度を持ち、第3の元素群に分類した。この元素は後述するようにユニークな挙動を持ち、例えば生物濃縮過程が考えられる。

電子顕微鏡の試料として捕集された巨大粒子の電子顕微鏡写真を図5.4、図5.5、図5.6、図5.7で示した。巨大粒子は非常に整った正6面体の結晶を示した。分析されたNa、Clの合計重量が全重量の8割に達している事実、正6面体の結晶およびこの結晶の蛍光X線分析でNa、Clが同定されたことから、この正6面体の結晶は塩化ナトリウムであることは確かである。結晶粒子の蛍光X線スペクトルは図5.8(A)において示した。これは電顕用のエアロゾル試料の電子線による励起による蛍光X線スペクトルである。

巨大粒子はまた図5.6、図5.7に示したように、NaCl結晶に相当数の珪藻類か菌類と思われる有機物質とみられる物質が付着していた。

これに対して、サブミクロン粒子では図5.9、図5.10、図5.11、図5.12で示したようにNaClの結晶は著しく減少し、そのかわりに、長方形の結晶粒子あるいは球状の粒子が多くみとめられた。これらの粒子の大部分は溶出した痕跡を残して、水溶性粒子であるようにみえる。この長方形粒子についての電子ビームのスポットからの蛍光X線スペクトルは図5.8のBのようにSとSiが同定された。

5.5 小笠原父島のエアロゾル粒子分析結果

サンプリングは1976年10月31日の17時から11月12日の9時30分までの期間で、中間で、11月6日の16時30分から11月7日の13時までには台風のため中断した。

観測地点は父島測候所のレーダー・ドーム付近にある旧米国施設であった気球充填室が使用された。この付近は西側が切立った断崖であり、海面から150 mの高さにある。三日月山へむかう自動車道路が付近を通っているため、この排気ガスによる多少の汚染はさけられなかった。

アンダーセン・サンプラーが充填室内に設置された。流量率は圧損補正して28.3 l/分になるよう毎日点検された。

電子顕微鏡の試料はインバクター式自動サンプラーでサンプルした。第1回目は10月31日14時30分から11月6日16時31分まで、又第2回は11月7日13時12分から11月12日9時30分まで連続して捕集した。

これらサンプラーの捕集試料はデシケーターに入れて、研究室に持帰り、秤量した。表5.5には、使用したアンダーセン・サンプラーの分級範囲とそれぞれのステージに捕集したエアロゾル粒子の重量と大気中の濃度を示した。

総吸引量 439 m³の空気中から 7.2 mg の粒子が捕集された。これは平均重量濃度で 16.4 μg/m³に相当する。この粒径分布を図5.13で示した。この図の横軸は粒子直径(μm)、縦軸はf(D)を示している。但しf(D)は、累積頻度分布F(D)をlog Dで微分したものである。

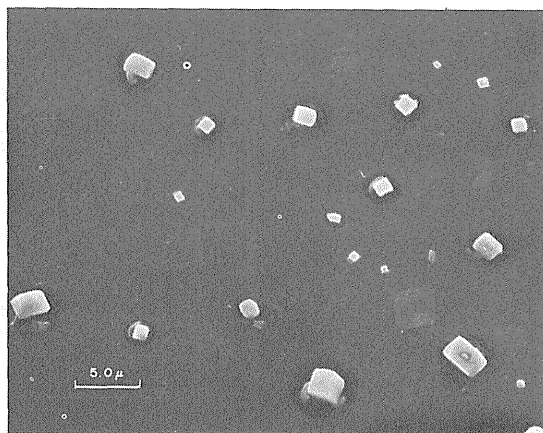


図 5.4 巨大粒子の電子顕微鏡写真(南鳥島) A
NaCl の結晶(正六面体)がみられる。

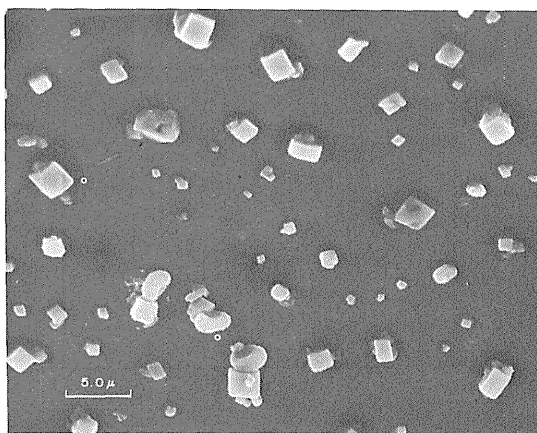


図 5.5 巨大粒子の電子顕微鏡写真(南鳥島) B
NaCl の結晶と共に有機物がみられる。

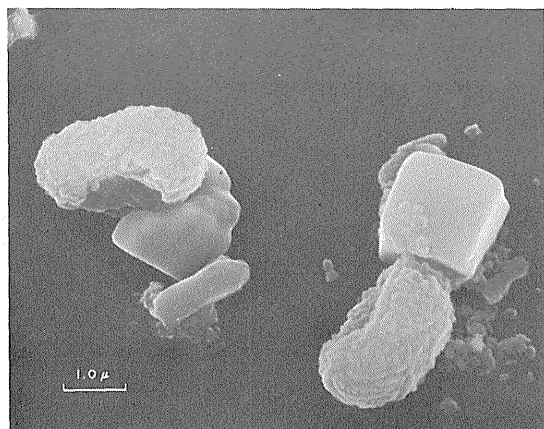


図 5.6 高倍率, 巨大粒子の電子顕微鏡写真, 有機物
が結晶に付着している粒子の拡大。(南鳥島) C

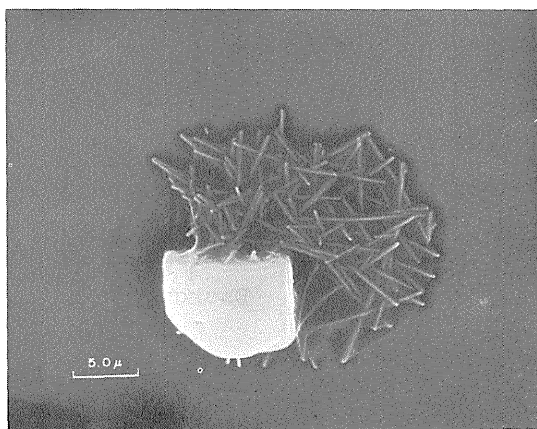


図 5.7 高倍率, 巨大粒子の電子顕微鏡写真, 結晶に
有機物が付着している。(南鳥島) D

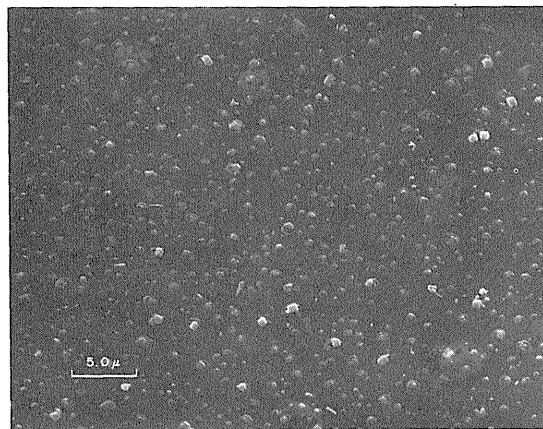


図 5.9 大粒子(サブミクロン)の電子顕微鏡写真
(南鳥島) A NaCl 結晶は減少し, 長方形
又は不定形の粒子が多い。

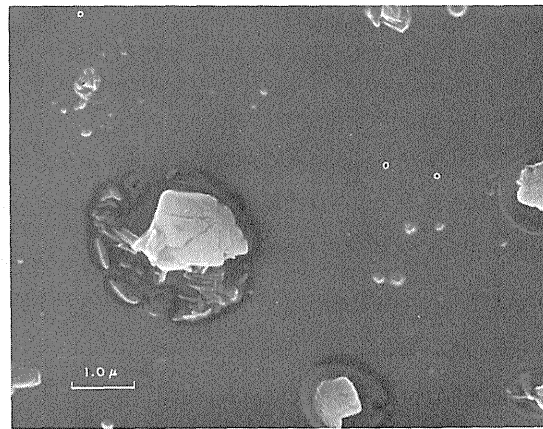
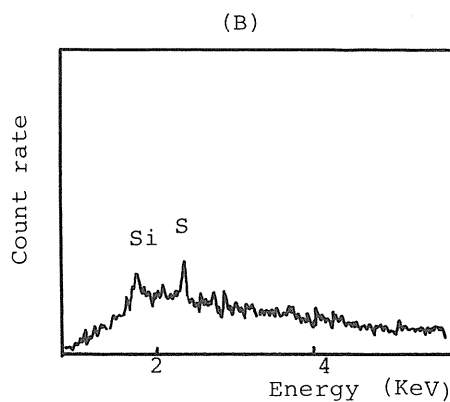
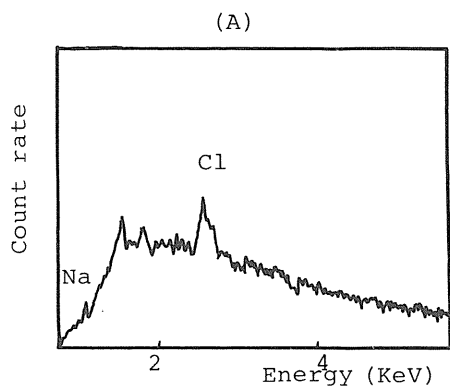


図 5.10 大粒子(サブミクロン)の電子顕微鏡写真
(南鳥島) B
図 5.9 と殆ど同様。



The fluorescent analyses

(A) Giant particle

(B) Aitken particle

図5.8 (A) 巨大粒子で正6面体結晶の蛍光X線スペクトル NaとClのX線ピークがみられる。

(B) 大粒子中の長方形の結晶の蛍光X線スペクトル SとSiのX線ピークがみられる。

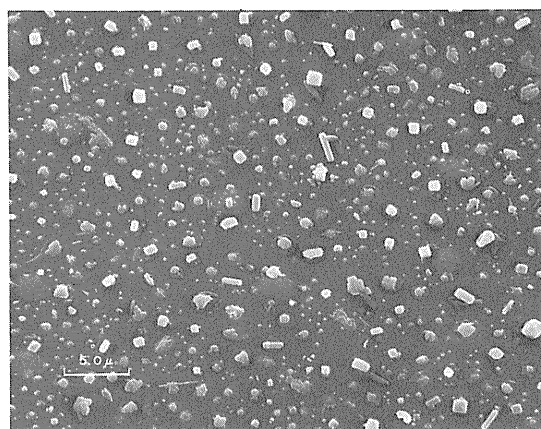


図5.11 高倍率、大粒子(サブミクロン)の電子顕微鏡写真(南鳥島)C 粒子の周囲に溶けた痕跡がある。

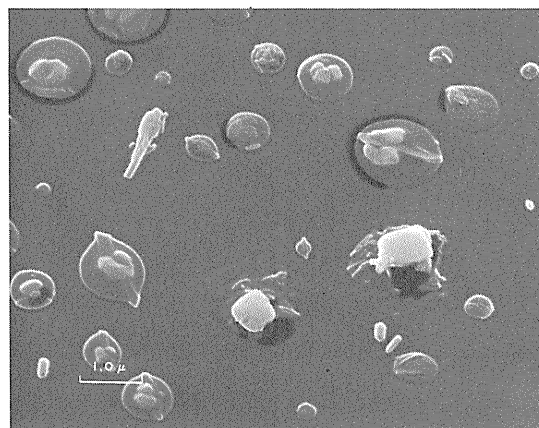


図5.12 高倍率、大粒子(サブミクロン)の電子顕微鏡写真(南鳥島)D

この粒径分布は、直径4 μm 付近に最大値をもつ対数正規分布に近い形を示した。

それぞれのステージに集められた試料の放射化分析の結果を表5.6、表5.7、表5.8に示した。表中---は検出限界以下を示し、～は分析感度(あるいは統計)が十分でないことを示している。又モードについては第I部4章で述べたように試料の照射測定条件を示している。即ちSは短時間照射、Lは長時間照射を示している。

父島の試料では長期寿命核種の測定が研究室内で可能となったので、25元素が定量できた。父島の分析結果で特徴的なことは、南鳥島でみられたNa, Cl, Mg, Brなどで直径10 μm以上の巨大粒子の重量分布の増大が見られない。これは、海面より150 mの高さでサンプリングしたので、海水の“しぶき”粒子

表 5.5 アンダーセン・サンプラーによる父島試料の分級された重量 と重量濃度

Sampling weights and concentrations of aerosols			
stage	size range (μm)	weight (mg)	concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0	11--	0.1	0.3
1	7.0--11	0.5	1.1
2	4.7--7.0	1.3	3.0
3	3.3--4.7	2.0	4.5
4	2.1--3.3	1.8	4.0
5	1.1--2.1	0.8	1.7
6	.65--1.1	0.0	0.0
7	.43-- .65	0.1	0.3
B.F.*	-- .43	0.7	1.6
total		7.2	16.4

* B.F. : Back-up filter (Sartorius SM-15903)

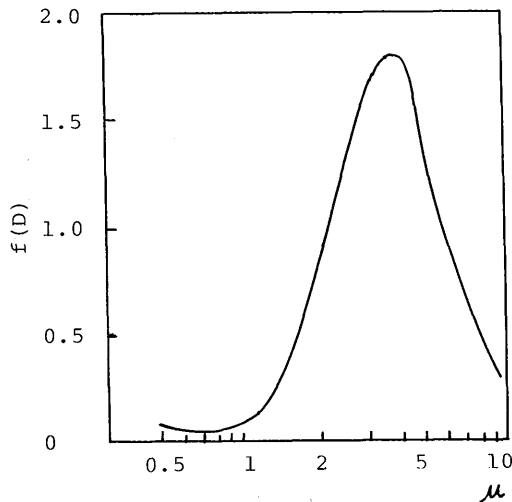


図 5.13 父島エアロゾル粒子の重量粒径分布

横軸は粒子直径 (μm) 縦軸は $f(D) = dF(D)/d(\log D)$ を示している。但し $F(D)$ は規格化された累積分布
直径 $4 \mu\text{m}$ 付近に最大値がある。

Particle size distribution of
total aerosols at Chichi-jima
Island. (Oct.31--Nov.12,1976)

$f(D) = dF(D)/d(\log D)$

$F(D)$: Normalized cumulative frequency
distribution.

表5.6 各ステージの元素濃度の分析結果（アンダーセン・サンプラー）

モード S：短時間照射によって測定された元素

L：長時間照射によって測定された元素1, 2, 3は冷却時間の相違

Concentrations of various elements in each stage [ng/m³]

element	Al	As	Br	Ca	Ce	Cl	Co	Cr	Cs
mode	S	L-1	S	S	L-3	S	L-3	L-3	L-3
0	43	---	0.3	30	0.006	310	0.0128	0.047	0.0018
1	26	---	1.1	20	0.005	770	0.0112	0.042	~0.0009
2	11	---	2.4	80	0.010	1880	0.0170	0.047	0.0028
3	26	---	3.0	10	0.012	2050	0.0145	0.046	0.0033
stage 4	25	---	2.6	20	0.013	1970	0.0067	0.036	0.0031
5	19	0.18	1.1	30	0.012	1090	0.0039	0.015	0.0021
6	9	0.14	0.2	30	0.014	180	~0.001	~0.01	0.0013
7	9	0.09	0.5	20	0.009	---	~0.002	~0.01	0.0021
B.F.	75	1.05	---	90	0.015	360	0.0168	0.136	0.007
total	243		11.1	330	0.096	8610	0.085	0.39	0.024

表 5.7 各ステージの元素濃度の分析結果（アンダーセンサンプラー）（続）

(continue)

element	Fe	Hf	I	K	La	Lu	Mg	Mn	Na
mode	L-3	L-3	S	L-1	L-1	L-3	S	S	S
0	8.	---	0.23	~10	---	0.0033	40	0.43	160
1	10.	0.0080	0.21	---	---	0.0044	90	0.33	410
2	16.	0.0012	0.45	~40	---	---	120	~0.20	870
3	17.	0.0031	0.74	58	---	---	170	0.77	1130
stage 4	12.	0.0082	2.04	40	---	---	140	0.72	1090
5	6.	---	2.51	40	---	---	120	~0.20	620
6	2.	---	0.69	---	0.021	---	~30	0.17	140
7	2.	0.0004	0.89	6	0.005	---	---	0.16	30
B.F.12.		0.020	---	74	0.128	0.005	---	0.64	30
total	85.	0.041	7.76	~270		0.013	710	3.62	4480

表 5.8 各ステージの元素濃度の分析結果 (アンダーセン・サンプラー) (続)

(continue)

element	Sb	Sc	Se	Sm	Th	V	Zn
mode	L-3	L-3	L-3	L-1	L-3	S	L-3
0	0.004	0.0034	~0.006	0.002	0.018	0.03	1.00
1	0.005	0.0035	0.009	0.006	0.013	0.02	0.73
2	0.006	0.0057	~0.007	0.023	0.015	0.04	1.00
3	0.009	0.0056	0.033	0.033	0.041	---	0.62
stage 4	0.016	0.0040	0.058	0.032	0.029	---	0.72
5	0.068	0.0017	0.068	0.015	0.008	0.01	0.64
6	0.187	0.0004	0.035	0.002	0.023	0.03	0.56
7	0.410	0.0003	0.026	0.001	---	0.14	0.72
B.F.	3.00	0.0069	0.11	0.018	0.080	0.35	10.7
total	3.71	0.0316		0.133		0.62	16.7

の影響がみられなかったのではないかと考えられる。しかし、海水起源の元素を除けば、殆どどの元素の重量濃度で南鳥島の濃度より高い値を示した。

そこで、南鳥島の場合と同様に濃縮度 $EF(S)$ を○で、濃縮度 $EF(C)$ を●で表してみたのが図 5.14 である。

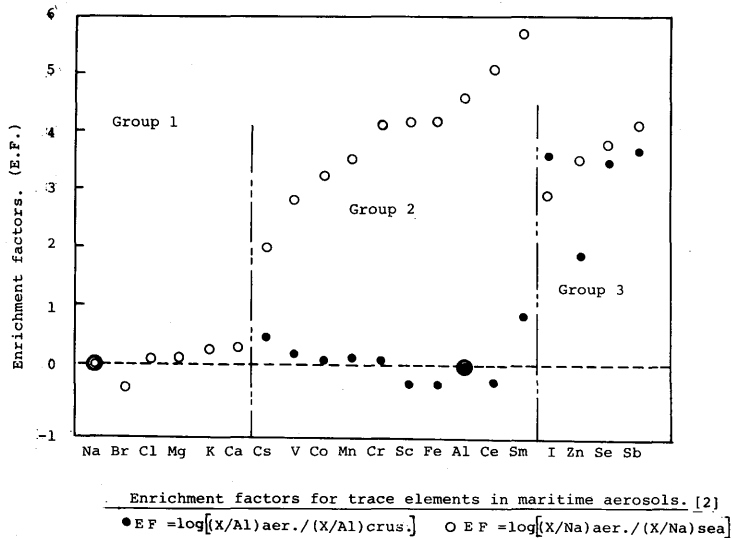


図 5.14 父島試料の元素別の濃縮度 $EF(S)$ 及び $EF(C)$

○ 海水に対する濃縮度, ● 地殻物質に対する濃縮度

濃縮度によって元素の主な発生源が分離された。グループ1は主に海水発生源, グループ2は主に地殻発生源, グループ3は其他いずれよりも濃縮している。

すなわち, Na, Br, Cl, Mg, K, (Ca)は海水起源を想定できるような0に近い値を示し, これに対して他の元素群は2桁以上の偏りを示した。また $EF(C)$ についてみると, Cs, V, Co, Mn, Cr, Sc, Fe, Al, Ce, Sm は大体地殻物質の発生源を想定できるように0に近い値に分布している。

$EF(S)$ と $EF(C)$ のいずれからでも2桁以上の偏りを示す I, Zn, Se, Sbの元素群がある。

これらの元素は, 海水や地殻物質組成に比べて桁違いに濃縮されており, 人工起源や生物過程を含む起源ではないかと考えられた。したがって, これらの元素群を図にあるように3つのグループに分離することが出来た。

次に元素別の粒径密度分布(主として粗大粒子の範囲)をみてみよう。分級データーのなかで比較統計のよいものについてラグランジ補間法の重ね合わせを用いてえがきたい粒径分布を図 5.15および図 5.16で示した。

Na, Cl, Br のグループ1に属する元素群は, 最大値を $4 \mu m$ 付近にもつような対数正規分布を示した。又 Fe, Sc, Cr, Co, Csなどのグループ2に属する元素群も, $5 \mu m$ 付近に最大値をもつ1山の分布を示した。

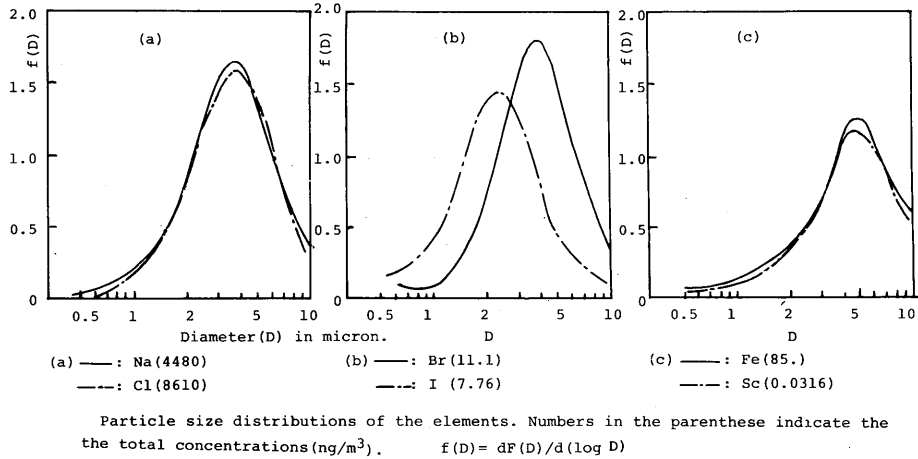


図5.15 元素別の粒径分布

沃素を除いて直径約4 μ m付近に最大値がある。

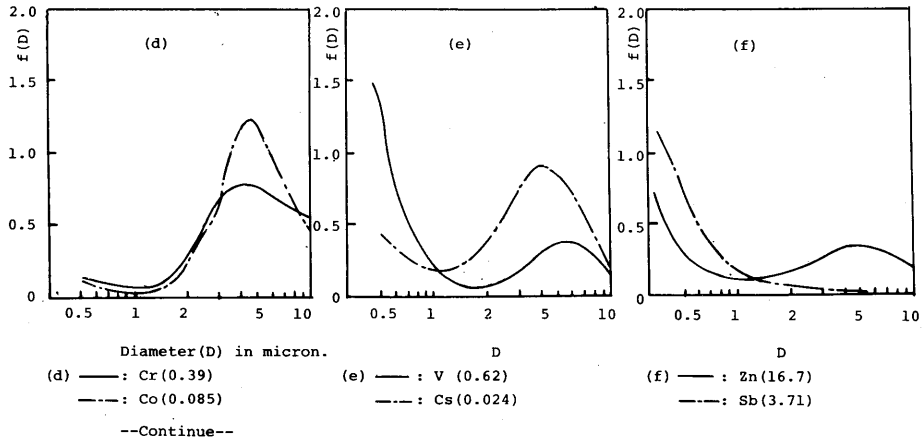


図5.16 元素別の粒径分布 (続)

V, Cs, Zn, Sbはサブミクロン粒子で相対的に増加する形を示した。

また、これらの元素群において注意すべきことはグループ1とことなり、サブミクロン・範囲のところにもいくらかの増大が認められる場合が多い。

これに対して、グループ3に属する元素群はSb, Se, Zn, Asなどにみられるように、サブミクロン粒子で密度分布が増大していることが認められ、このことは、この粒径できわめて高い数密度をも示すことが推定できる。

沃素の場合はしかし、2 μ m 付近に極大値をもちグループ3のなかでも特異の分布を示している。これについては別の濃縮過程を持つもので、例えば生物過程なども考えうる。

電子顕微鏡の試料からえられた内容は現在整理中なので父島については省略する。

5.6 結 論

日本の汚染地域の平均重量濃度は $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 内外であるから、西太平洋上の南鳥島や父島における重量濃度は約 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ として、重量濃度からすれば約 $1/5$ 程度にすぎない。

しかし、これらの島の測定には多量の海洋起源の粒子が含まれているので、これを除くと $1/10$ から $1/200$ くらいの重量濃度となる。この稀釈度に相当する値は元素によって大きい相違をもち、工業的に生成する重金属などの微粒子は一般に稀釈度が大きい値を示した。

粒子中の元素の存在比は、海水の存在比とよく一致するグループ1に属する元素群、地殻物質の存在比とよく一致するグループ2の元素、および、それらの二つの起源に比べて、そのいずれに対しても高い濃縮度を示すグループ3が分離された。

このグループ3に属する元素群は人工的あるいは生物的に何等かの強い濃縮過程を含むものと考えられ、これら元素群は、遠くから輸送された粒子であるか、島内で生成したものであるかは不明である。しかし、汚染地域濃度に比べて大きく稀釈されている元素ならばそれは輸送された可能性が非常に大きい。このような元素として、たとえば Zn などがある。

このグループ3に属する元素群のなかで沃素は別の濃縮過程を示しているようである。工業過程で濃縮される元素群は、一般に高エネルギー状態で生成する場合にサブミクロン粒子として大気中に拡散するので、このグループ3の粒径分布は沃素を除いて粒径は小さいものが大部分である。

汚染地域の重量の粒径密度分布が父島のような1山型ではなく、2山型が殆んどであるということは (Whitby, et al, 1972 真室, 他, 1976), 汚染の特徴が主としてサブミクロン粒子の人工的なものと、自然のものの混合であると考えるとよく説明できる。

謝 辞

父島の予備観測のサンプリングは、気象研究所、地球化学研究部の川村 清室長および伏見克彦研究官におねがいがいた。また、この研究を通じて東邦大学、桂川秀嗣講師、慶応大学、工学部、藤村 満氏、環境衛生センターの大歳恒彦氏に御協力をお願いした、ここに厚く感謝したい。

参 考 文 献

- Dams, R., J.A. Robbins, K.A. Rahn and J.W. Winchester, 1970: Nondestructive neutron activation analysis of air pollution particulates, *Analytical Chemistry*, 42, 8, pp.861-867.
- Duce, R.A., Werner Stumm and Joseph M. Prospero, 1972: Working symposium on sea-air chemistry: Summary and recommendations. *Jour. Geophy. Res.* 77, 27, pp.5059-5061.

真室哲雄, 溝畑 朗, 松並忠雄, 松田八束, 1976 : 大気浮遊塵の粒径別元素組成に関する研究, 環境試料の放射化分析の適用に関する研究, 衛生化学, 22, (2), pp. 94 - 104.

高橋 清, 坂野昇平, 1970 : 地球化学入門. 菅原 健, 半谷高久, 共編, 丸善株式会社, 44 - 46.

Turekian, K.K., 1969: e) Distribution of elements in sea water.
In: Handbook of Geochemistry, K.H. Wedepohl, editor,
Springer - Verlag Berlin. pp.309-310.

Whitby, K.T., et al., 1972: The aerosol size distribution of
Los Angeles smog, J. Colloid Interface Sci., 39, p.177.