



Title	噴火湾における粒状有機物質の鉛直分布と周年変化
Author(s)	築田, 満; YANADA, Mitsuru; 米田, 義昭 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 27(3-4), 152-159
Issue Date	1976-12
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/23594">https://hdl.handle.net/2115/23594</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	27(3_4)_P152-159.pdf



噴火湾における粒状有機物質の鉛直分布と周年変化

築田 満\*・米田 義昭\*

Vertical Distribution and Seasonal Variation of Particulate  
Organic Matter in Funka Bay

Mitsuru YANADA\* and Yoshiaki MAITA\*

Abstract

The vertical distribution and seasonal variation of particulate organic matter (POM) were examined in Funka Bay using R/V Ushio Maru.

The concentrations of POM expressed as POC, PON and POP throughout the year were 65-310  $\mu\text{g C/l}$  (Mean, 166), 4-59  $\mu\text{g N/l}$  (Mean, 22) and 0.6-7.8  $\mu\text{g P/l}$  (Mean, 3.2) respectively. The concentration of POM became maximum during the period when phytoplankton bloomed in the spring. The standing stocks of POC, PON and POP in this period were estimated as about 19.7  $\text{g C/m}^2$ , 3.7  $\text{g N/m}^2$  and 0.57  $\text{g P/m}^2$  throughout the water column (from surface to 90 m depth) respectively.

The POM content in the water column decreased gradually with the passage of spring because of less productivity and higher heterotrophic potential. In July, however, the POM content tended to increase again because an increment in primary productivity. A marked decomposition of POM occurred in summer. And then, the standing stocks were smaller than those in spring. In autumn and winter, POM minima were observed by the inflow of less productive Tsugaru warm waters.

緒 言

海水中に存在する粒状有機物質 (POM) は動・植物プラクトン、海洋微生物および海洋生物の破片であるデトリタスから成っている。Riley と Chester<sup>1)</sup> によれば、このような POM は従属栄養生物の栄養源であり、食物連鎖の最も基本的な役割を演じていることが知られている。したがって、外洋域および沿岸域を含めて、海水中の POM の研究は多数の研究者によって行われている現状である。Chester と Stoner<sup>2)</sup> は POM に関する多くの研究より二つの重要な結論を導いている。それらの結論は、(1). 沿岸域の POM は地域および季節によって広範囲の濃度変化を示し、その濃度は一般に外洋域よりも高いこと、(2). 外洋域においては、深層水の POM がほぼ均一な濃度を示すのに対して、表層水の POM はかなり濃度変化を示し、深層水よりも高濃度である、の二点に要約される。これらの結論から、POM の濃度に重要な影響を与える要因として、外洋域の表層および沿岸域の基礎生産力の相違および季候とか地域的な海洋環境の条件の相違などを挙げるができる。沿岸域において、POM 濃度が高く、広範囲の濃度変化を示す理由として河川水を通じて陸地から POM が供給されることも一因として考えられている [例えば Parsons<sup>3)</sup>]。

\* 北海道大学水産学部海洋化学講座  
(Laboratory of Marine Chemistry, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

北方の沿岸域は一般に高い生産力を維持しており、この機構を明らかにするためには、周年を通じて微量化学成分の季節、深度による量的、質的变化を明らかにすることが必要とされる。また、海水中での有機物の生産と分解の潜在力を同時に測定することも必要とされる。

噴火湾は水深 100 m の海盆を有する内湾であり、春に寒流水、秋に暖流水が流入し、それらが一定期間滞留する海洋環境であることが大谷ら<sup>4)~7)</sup>の詳細な研究によって明らかにされている。滞留期には湾固有の水塊が形成され、外洋水の移流の影響を無視することができる。したがって、生物によってもたらされる化学成分の量的、質的变化を追跡する上で好都合な海域である。本研究は噴火湾海域の総合研究の一環を占める物質の挙動に果す生物の役割について明らかにするため、POM の季節変化および鉛直変化に関する知見をまとめたものである。

### 試料および方法

**試料** この研究に用いる海水試料は当水産学部所属研究船 うしお丸 (98 トン) により、1974 年 2 月より、1975 年 1 月まで、毎月 1 回、噴火湾の代表地点 (Sta. 30) において採取された (図 1)。

海水は採取後直ちに大型の動物プランクトンを除くため、0.3 mm 口径のネットを通して、濾過された。粒状有機炭素 (POC) および粒状有機窒素 (PON) の試料は、Whatman GF/C フィルターを用いて、海水試料 (1~2 l) を濾過し、固形物をフィルターと一緒に  $-20^{\circ}\text{C}$  で保存した。また、粒状有機リン (POP) の試料はメンブランフィルター (Millipore, HA type) を用いて、海水試料 (1 l) を濾過し、固形物をデシケーター中で乾燥させた。

**方法** POC および PON は C・H・N 元素分析計 (日立製作所 026 型) を用いて定量された。POP は Menzel と Corwin<sup>8)</sup> の方法にしたがって、分光光度法で定量された。

POC および PON の分析上の標準偏差は、標準物質として Acetanilide および Caffein を用いて 21 回の繰り返し実験を行った結果、それぞれ  $\pm 0.4\%$  および  $\pm 1.2\%$  であった。また、POP の標準偏差は、噴火湾で採取された同一の海水で 10 回繰り返し実験を行った結果、 $\pm 10\%$  であった。

### 結 果

噴火湾における POM の各成分 (POC, PON, POP) の量を表 1 に示す。各成分の濃度範囲と平均値は、それぞれ、 $65\sim 310\ \mu\text{g C/l}$  (平均  $166\ \mu\text{g C/l}$ )、 $4\sim 59\ \mu\text{g N/l}$  ( $22\ \mu\text{g N/l}$ )、 $0.6\sim 7.8\ \mu\text{g P/l}$  ( $3.2\ \mu\text{g P/l}$ ) である。各成分とも季節および深度によって、その濃度に変化が認められ、一般に春季の表層 (10 m 層) でそれらの濃度が高く、秋季の下層 (50 m 以深) で低い。

噴火湾海域の海洋環境が変化する代表的な時期について、水温と塩分量の鉛直分布を図 2 に示し、各成分の鉛直分布を図 3 に示す。

3 月および 4 月における湾内水の水温と塩分量は、3 月以前に流入した親潮系水 (塩分 33‰ 以下) が冬期噴火湾固有水と徐々に混合する結果、鉛直的にはほぼ均一な分布を示している。同時期の表層 (0~30 m) においては、POM の各成分の濃度は最大となり、深度とともに減少する傾向を示す。しかし、4 月における 50 m 層の各成分の濃度は同時期の他の深度の濃度に比べて高い値を示している。この高い値を示す理由は POM の供給源である基礎生産力が 50 m 以深でほとんど認められないことよりみて、以前に生産された POM が 50 m 層まで沈降したためであると思われる。

4 月~6 月の期間には融雪水あるいは融氷水によって希釈された低塩分の海水が湾内に流入し、また、この時期の表層水温が次第に上昇してくるため、30~50 m 層間に密度躍層が形成される。この躍層は表層 (30 m 以浅) の POM が躍層以深へ沈降するのを妨げるものと考えられる。密度躍層の顕著に発達する 7 月には、表層の POM が春季とほぼ同程度の値を示しているにもかかわらず、躍層下の POM 各成分の量は春季の値に比べると低くなっている。

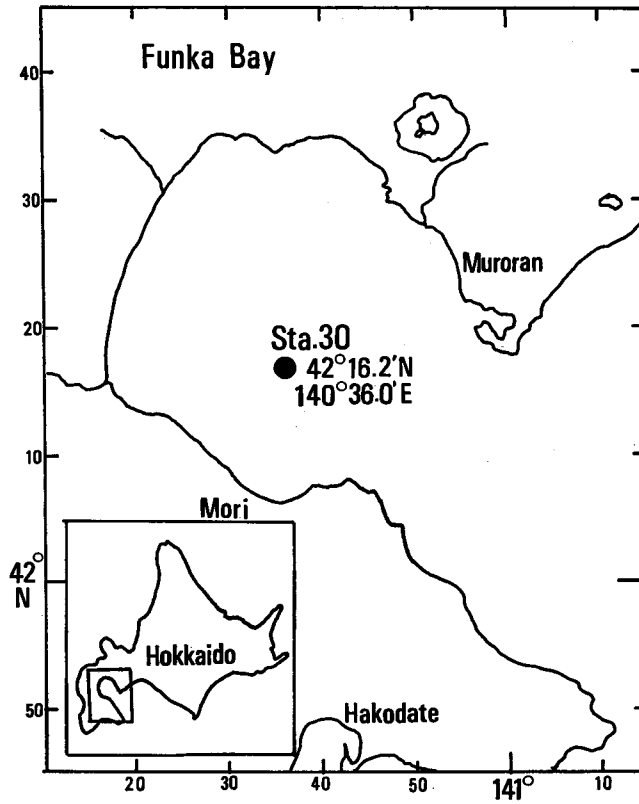


Fig. 1 Location of sampling station in Funka Bay.

Table 1a. The concentration of particulate organic carbon ( $\mu\text{g C/l}$ ) in sea water at the experimental station (Sta. 30).

Depth (m)	Date										
	1974 2/27	3/21	4/20	5/14	6/14	7/18	8/7	9/6	10/1	11/26	1975 1/20
0	181	208	120	163	167	310	166	228	96	74	92
10	148	310	246	278	221	229	239	169	—	112	132
20	—	—	200	—	—	—	—	144	92	80	124
30	107	230	199	164	191	244	200	142	73	169	192
40	—	—	—	—	—	—	180	—	—	—	—
50	139	214	278	91	133	144	131	176	65	100	143
60	—	—	—	—	—	140	—	—	—	—	—
70	132	174	156	217	67	214	140	167	84	124	124
90	—	162	228	187	168	188	172	194	94	224	164
Mean	141 $\pm 27$	216 $\pm 52$	204 $\pm 53$	183 $\pm 62$	158 $\pm 53$	210 $\pm 60$	175 $\pm 37$	174 $\pm 30$	84 $\pm 13$	126 $\pm 53$	139 $\pm 32$

Table 1b. *The concentration of particulate organic nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ ) in sea water at the experimental station (Sta. 30).*

Depth (m)	Date										
	1974 2/27	3/21	4/20	5/14	6/14	7/18	8/7	9/6	10/1	11/26	1975 1/20
0	18	32	20	34	22	38	17	27	8	10	10
10	17	55	36	48	29	31	31	20	—	14	11
20	—	—	43	—	—	—	—	22	10	11	11
30	10	39	45	32	27	34	17	18	7	21	20
40	—	—	—	—	—	—	18	—	—	—	—
50	18	36	59	18	14	20	13	10	6	11	11
60	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—
70	20	25	29	42	4	28	13	11	6	14	11
90	—	25	38	36	22	25	14	20	10	24	20
Mean	17 ±4	35 ±11	39 ±12	35 ±10	20 ±9	28 ±7	18 ±6	18 ±6	8 ±2	15 ±5	13 ±5

Table 1c. *The concentration of particulate organic phosphorus ( $\mu\text{g P/l}$ ) in sea water at the experimental station (Sta. 30).*

Depth (m)	Date										
	1974 2/27	3/21	4/20	5/14	6/14	7/18	8/7	9/6	10/1	11/26	1975 1/20
0	7.4	4.3	4.3	3.4	2.8	4.7	1.9	2.5	1.2	1.6	—
10	6.8	6.5	5.0	4.7	2.8	5.0	2.2	2.2	1.6	1.6	—
20	—	—	5.3	—	—	—	—	1.6	1.2	1.2	—
30	6.5	7.8	5.3	5.6	3.7	4.0	1.6	2.2	1.6	1.2	—
40	—	—	—	—	—	—	2.2	—	—	—	—
50	2.1	6.8	6.5	2.8	2.5	2.2	1.2	0.9	0.9	0.9	—
60	—	—	—	—	—	1.9	—	—	—	—	—
70	2.5	5.6	4.3	2.2	1.9	1.9	0.6	0.9	0.9	1.6	—
90	4.0	6.2	5.9	4.7	2.8	2.8	1.2	1.6	1.9	3.4	—
Mean	4.9 ±2.3	6.2 ±1.2	5.2 ±0.8	3.9 ±1.3	2.8 ±0.6	3.2 ±1.3	1.6 ±0.6	1.7 ±0.6	1.3 ±0.4	1.6 ±0.8	—

秋季より冬季にかけて、湾内には津軽暖流水（塩分 34‰ 以上）が中層（30~70 m）に流入し、冬季間滞留する。この時期の POM 各成分濃度は他の時期に比べて低く、鉛直的に均一な分布を示している。

90 m 層の POM は 70 m 層と比較して高い値を示す傾向がみられる。この現象はおそらく堆積物の舞い上りによるものと考えられ。この事実は POM のみならず、無機物粒子（セストン総量）についても同様の分布を示していることから裏付けられるし、また Webster<sup>9)</sup> らが、堆積物直上 10 m 以内で採取された。懸濁物質の大部分は海底から再懸濁してくる物質である、と述べていることとも一致する。

さらに、POM の現存量の季節変化を検討するために、1 m<sup>2</sup> の水柱（0~90 m）中の POM の各成分の総量を求め、図 4 に示す。各成分とも 3 月~4 月に最大値を示し、この時期の POC, PON および POP の総量は、それぞれ 19.7 gC/m<sup>2</sup>, 3.7 gN/m<sup>2</sup> および 0.57 gP/m<sup>2</sup> である。4 月から 6 月まで、各成分

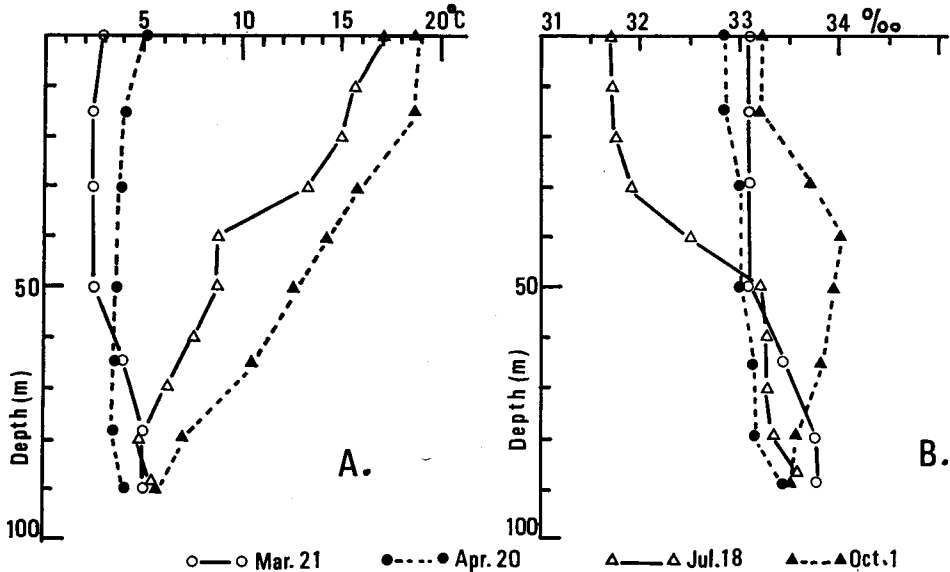


Fig. 2 Vertical changes of temperature (A) and salinity (B).

の総量は減少傾向を示し、6月に極小値がみられる。7月になると、各成分の総量は再び増加してくる。最大値を示す3月~4月の総量を100とした場合、POCが94%と春季のPOC量に近い値を示すのに対して、PONおよびPOPはそれぞれ71%および49%である。7月以降、各成分量は再び減少し、10月に最小値を示す。その総量はPOCが7.2gC/m<sup>2</sup>、PONが0.64gN/m<sup>2</sup>、POPが0.11gP/m<sup>2</sup>であり、春季総量に対して各成分はPOC、PONおよびPOPの順にそれぞれ、37%、17%、および19%である。7月の場合と同様に、10月のPOM各成分の割合に関して著るしい変化がみられる。

#### 考 察

一般に、沿岸域において、POM量は海域および季節によって大きな変動があることは数多くの報告によって明らかになっている。噴火湾は陸起源のPOMをもたらす河川水の影響が小さく、外洋水である親潮および津軽暖流の影響を強く受けている開放的な内湾である。沿岸域や内湾のPOMに関する2,3の報告をみると、BonoubとWilliams<sup>10)</sup>らが行った外洋水の影響を強く受けているイギリス海峡でPOCとPONの平均値がそれぞれ、190μgC/lおよび21μgC/l、また、POPは0.3~1.8μgP/lとなっており、著者の値に比較的一致する。一方、Biggs<sup>11)</sup>によって報告されているチェサピーク湾(高い生産力と河川水の影響を受けている内湾)のPOMの値0.4~4.4mgC/lと比べると、噴火湾のPOM量ははるかに小さいことが分る。外洋域に関して、Parsons<sup>3)</sup>の報告、ChesterとStoner<sup>2)</sup>の報告にみられるPOM量は噴火湾のPOM量とを比較すると、ほぼ一致した値を示している。しかし、鉛直分布をみると、噴火湾は水深僅か100mの浅海にもかかわらず、POMの量的、質的变化が著るしく起っており、この点に関しては前述の外洋域やイギリス海峡の100m水深までの鉛直分布に見られない特徴をもっている。

湾内のPOMの主要な供給源は植物プランクトンによる基礎生産によって生じた粒状有機物質である。湾内の基礎生産力は、春季と7月に大きな値を示し(MaitaとYanada, 投稿準備中)、表層の

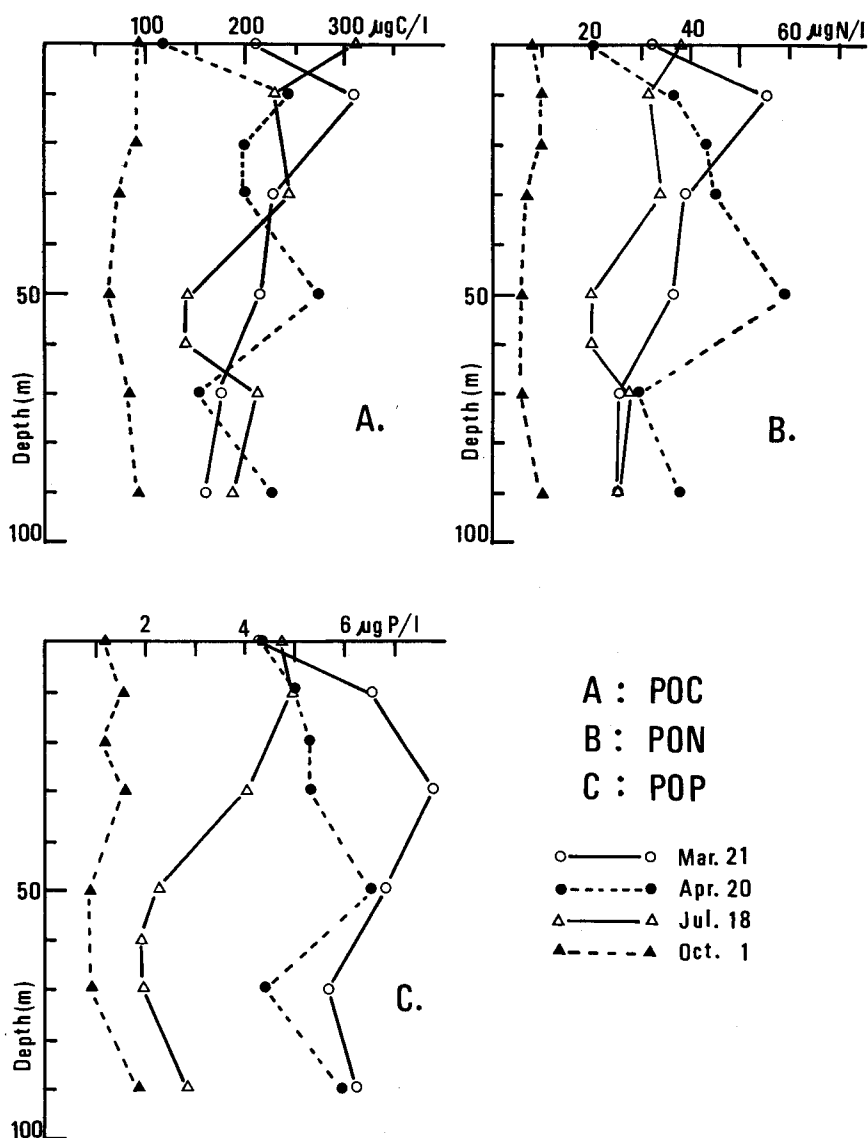


Fig. 3 Vertical changes of particulate organic carbon (A), particulate organic nitrogen (B) and particulate organic phosphorus (C).

POM もこれらの時期には増大の傾向を示している。しかし、7月の基礎生産力は周年を通じて最も大きな値 (約  $700\text{mgC}/\text{m}^2 \text{ day}$ ) を示し、2月下旬の値 (約  $400\text{mgC}/\text{m}^2 \text{ day}$ ) の約 1.8 倍を示すにもかかわらず、POM の表層 (0~50 m) の現存量は春季の総量に比べて小さい。特に POM 中の POP 量について、その傾向が著しい。さらに、夏季の 30~50 m 層に密度躍層が形成されるため、粒状物質の躍層下への沈降が遅れ、躍層下の POM 量を減少させるものと考えられる。このような環境にある表層の POM は、夏季の表層海水の急激な昇温によって従属栄養微生物群の活発な分解を受ける。

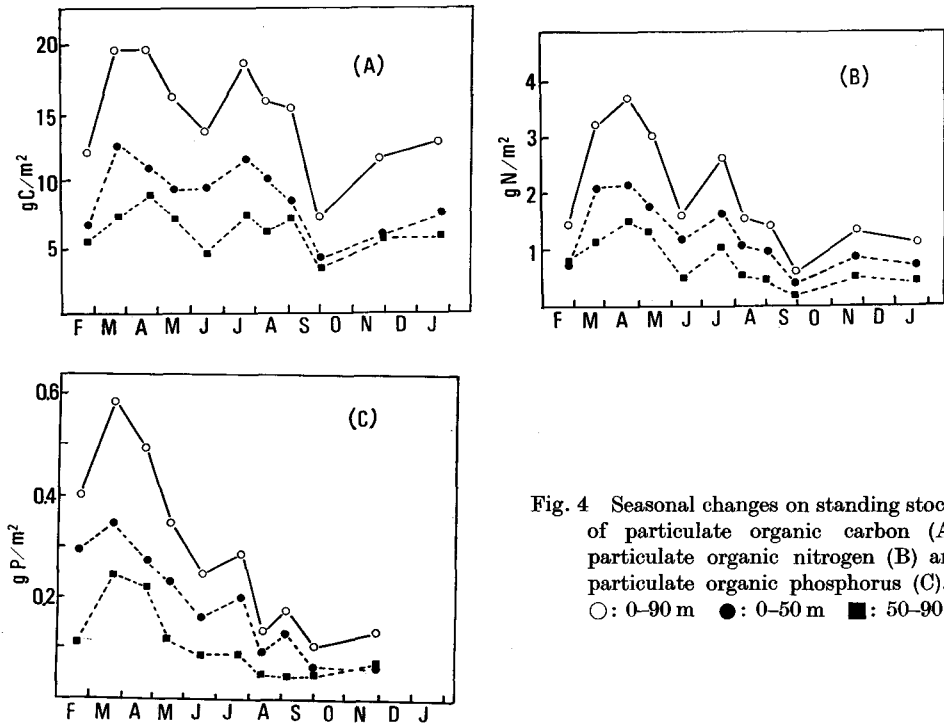


Fig. 4 Seasonal changes on standing stocks of particulate organic carbon (A), particulate organic nitrogen (B) and particulate organic phosphorus (C).  
 ○: 0-90 m ●: 0-50 m ■: 50-90 m

Table 2. The proportions of increase and decrease in standing stocks of POC, PON and POP.

Depth	Constituents	Decrease		Increase	
		Mar. 21-Jun. 14	Jul. 18-Aug. 7	Feb. 27-Mar. 21	Jun. 14-Jul. 18
0-50 m	POC	74	87	187	122
	PON	57	63	297	137
	POP	46	47	115	128
50-90 m	POC	49	82	133	168
	PON	29	54	147	216
	POP	36	45	213	96
0-90 m	POC	69	85	160	136
	PON	51	59	230	159
	POP	42	46	143	117

the standing stocks on final day/the standing stocks on initial day × 100

生産された POM は著るしい分解作用を受けるので、見かけ上、その現存量は大きくならないものと考えられる。

秋季および冬季をのぞいて、湾内の POM の現存量の変化は基礎生産力と有機物分解力の潜在力に依存しており、POM 各成分間の変化は主には従属栄養微生物による有機物分解作用のさいの POM 中の化学成分の安定性もしくは微生物による摂取の選択性に依存しているものと考えられる。表 2 には代表的な時期における POM 各成分の増減割合を示している。POM の積算量が経時的に減少する 3

月～6月と7月～8月の結果をみると、各成分の減少はPOP>PON>POCの順序である。一方、POM現存量が増大してくる時期についても、各成分の増加率に相違が認められる。これは生産と同時に起る分解がPOM成分の組成をみかけ上変化させているかも知れない。

外洋域における有機物質の分解過程についてはHandaとTominaga<sup>12)</sup>によって報告されているが、彼等が行った深層に沈降してゆく、ごくゆっくりした分解作用の結果から得られた結論と著者らが行った浅層におけるPOMの各成分の季節的变化から得られた結論はほぼ一致するものである。噴火湾のように水深100m以浅の沿岸域において、POMの量的、質的变化から分解過程を明らかにする試みは未だなされていない。生物活動の活発な沿岸域ではごく浅層において有機物質の分解が顕著に起っており、POMの各成分の組成が季節的に大きな変化を示す主要因になるものと推測される。

### 謝 辞

この研究を行うにあたり、水温と塩分量に関する資料の引用ならびに有益な助言をいただいた大谷清隆助教授に謝意を表します。論文の御校閲については深瀬茂教授ならびに松永勝彦博士に対し、試料の採取については戸屋健治技官ならびにうしお丸乗組員一同の助力に負う所大であり、こゝに感謝の意を表します。

### 文 献

- 1) Riley, J.P. and Chester, R. (1971). *Introduction to marine chemistry*. 465 p. Academic Press, Inc., London.
- 2) Chester, R. and Stoner, J.H. (1974). The distribution of particulate organic carbon and nitrogen in some surface waters of the world ocean. *Marine Chemistry* 2, 263-275.
- 3) Parsons, T.R. (1975). Particulate organic carbon in the sea. p. 365-383. In Riley, J.P. and Skirrow, G. (ed.), *Chemical Oceanography*. Vol. 2 647 p. Academic Press, Inc., London.
- 4) 大谷清隆・秋葉芳雄 (1970). 噴火湾の海況変動の研究 I. 湾水の周年変化. 北大水産集報 20, 303-312.
- 5) 大谷清隆 (1971a). 同上 II. 噴火湾に流入・滞留する水の特性. 同誌22, 58-66.
- 6) 大谷清隆・秋葉芳雄・吉田賢二・大槻知寛 (1971b). 同上 III. 親潮系水の流入・滞留期の海況. 同誌 22, 129-142.
- 7) 大谷清隆・秋葉芳雄・小野田勝 (1971c). 同上 IV. 津軽暖流水の流入・滞留期の海況. 同誌, 22, 221-230.
- 8) Menzel, D.W. and Corwin, N. (1965). The measurement of total phosphorus in sea water based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnol. Oceanogr.* 10, 280-282.
- 9) Webster, T.J.M., Paranjape, M.A. and Mann, K.H. (1975). Sedimentation of organic matter in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. *J. Fish. Res. Board Can.* 32, 1399-1407.
- 10) Bonoub, M.W. and Williams, P.J.L. (1973). Seasonal changes in the organic forms of carbon, nitrogen and phosphorus in sea water at E<sub>1</sub> in the English Channel during 1968. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 53, 695-703.
- 11) Biggs, R.B. (1970). Sources and distribution of suspended sediment in Northern Chesapeake Bay. *Marine Geol.* 9, 187-201.
- 12) Handa, N. and Tominaga, H. (1969). A detailed analysis of carbohydrates in marine particulate matter. *Marine Biology* 2, 228-235.