

## 海水中の有機物濃度に関する一般的考察

越智 正, 岡市 友利

ORGANIC MATTER IN SEA WATER OF THE WESTERN  
NORTH PACIFIC OCEAN AND SETO INLAND SEA

Tadashi OCHI and Tomotoshi OKAICHI

Dissolved organic carbon (DOC) and particulate organic carbon (POC) in sea water of the western North Pacific Ocean and Seto Inland Sea which were determined during 1969—1975 are summarized synthetically.

In the western North Pacific, DOC was determined at 4 stations. Considerable differences of DOC among water areas were not observed and the mean value of surface waters up to 100m deep of these 4 stations was  $1.10 \pm 0.22$  mgC/l (mean  $\pm$  s. d.). In Hiuchi Nada, central part of Seto Inland Sea, the mean values of DOC and POC through four surveys carried out in 1969, 1970, and 1975 were  $1.45 \pm 0.22$  mgC/l and  $0.270 \pm 0.118$  mgC/l, respectively. For the calculation, the values obtained in sea water polluted with pulp wastes and red tides were omitted. DOC in the inner part of Ōsaka Bay was more than 2 mgC/l, but in central water area, DOC and POC were maintained to nearly the same levels to that of Hiuchi Nada.

DOC is usually maintained in the range of 1.0 to 2.0 mgC/l in both coastal and open sea water except the polluted or heavily eutrophicated water areas. The regulation of DOC concentration in sea water is achieved by bacterial mineralization activity which is elevated exponentially with the increase of DOC and POC. But POC concentration which is affected by productivities of phytoplankton fluctuates seasonally and locally. The ratios of DOC to POC are lower in coastal water than in open sea water, ranging 4—9 in the former and 10—30 in the later, respectively.

西部北太平洋および瀬戸内海の有機物濃度を1969年から75年にかけて溶存有機炭素(DOC), けん濁有機炭素(POC)として測定した。その結果, 一部の過栄養海域, 赤潮域を除けば, 外洋表層水, 内湾水ともにDOC濃度は1~2 mgC/lの範囲にあることが明らかとなった。これは有機物の供給量の増大にともなって微生物の無機化活性が指数関数的に増大することに起因するものと考えられる。一方POC濃度は海域, 季節間の変動がDOCに較べて大きい。富栄養化水域ではPOC濃度が高く, DOC/POCが小さくなる傾向が認められた。

## 緒 言

海水中の有機物量は一般には化学的酸素消費量 (COD), 生物化学的酸素消費量 (BOD) として測定されてきたが, 近年は炭素量の絶対値で求める傾向にある. 有機炭素量は乾式燃焼法により全有機炭素量 (TOC) として測定される場合もあるが, これまでの多くの海洋学的研究では, 海水をグラスファイバーフィルターなどで濾別して, けん濁態有機物と溶存態有機物に分別し, それぞれをCHN微量分析計とMENZEL, VACCARO<sup>(1)</sup>による溶存有機炭素分析法などにより別個に測定されている. けん濁有機炭素量 (POC) と溶存有機炭素量 (DOC) を別個に測定することは, 単に有機物の現存量を明らかにするだけでなく, 有機物の動態を調べる上で重要である.

外洋水中のPOC, DOCに関する報告は比較的多いが<sup>(2,3,4)</sup>, 沿岸水についての知見は少ない. またPOC, DOCの変動に関してもあまり検討されていない. そこで東京大学海洋研究所白鳳丸の研究航海に参加して西部北太平洋の海水中のDOCを測定するとともに, 懸濁および大阪湾のPOC, DOCの分布を明らかにした. さらに海水中の有機物の変動について若干の考察を試みたのでこれらの結果をあわせて報告する.

## 調査および分析方法

太平洋の調査はIBPの一環として東京大学海洋研究所の白鳳丸航海KH-71-3, KH-73-1に参加して実施した. KH-71-3航海では1971年6月23日, 24日と28日に小笠原海域 (Sta. 11, 28°30'N, 145°E), また7月18日と22日に千島海域 (Sta. 19, 44°N, 154°E) で計4回採水した. KH-73-1航海では1973年1月16日に小笠原南方海域 (Sta. 9, 20°N, 140°E), 2月1日に台湾東方海域 (Sta. 14, 22°N, 126°E) で採水した.

瀬戸内海の懸濁の調査はIBP内海班の研究の一環として1969年9月2日, 70年2月3日, 4日, 70年6月23日, 24日に行い, さらにその後75年6月15, 16日にも実施した.

大阪湾の調査は京都大学水産微生物学研究室と共同して実施したもので, 1973年8月21~23日, 74年10月22日および75年5月31日の計3回行った.

DOCの分析はワットマングラスファイバーフィルターGF/Cで濾過した海水についてMENZEL, VACCAROの方法<sup>(1,5)</sup>で行った.

POCは試水1 lを予め450°Cで3時間加熱したグラスファイバーフィルターで濾過して濾紙上にけん濁物を集め, これを微量元素分析計 (柳本MT-2) で測定した.

## 結 果

### 1. 西部北太平洋海水中有機物濃度

DOCの分析結果をFig. 1に示す. DOCについては海域による濃度差はあまり認められず, むしろ観測毎の変動が大きい. 小笠原および千島海域ではそれぞれ数日置いて2回の観測を行ったが, 表層の値は2回の観測でかなり異なった. 小笠原南方, 台湾東方海域をあわせた100m以浅のDOC濃度の平均値は $1.10 \pm 0.22 \text{ mg C/l}$  (平均値±標準偏差)であった.

1,000m以深ではDOC濃度はほぼ一定値を示し,  $0.63 \pm 0.11 \text{ mg C/l}$ となった. これらの値は, MENZELら<sup>(2)</sup>や小倉<sup>(4)</sup>がそれぞれ南太平洋および中部太平洋について報告した値とほぼ一致する.

一方, POCについて半田ら<sup>(6,7)</sup>が同一海域で1日遅れて測定しているが, その結果から100m以浅の平均値を求めると小笠原海域 $0.078 \pm 0.027 \text{ mg C/l}$  (以下単位は同じ), 千島海域 $0.120 \pm 0.023$ , 小笠原南方海域 $0.037 \pm 0.005$ , 台湾東方海域 $0.085 \pm 0.010$ となり, DOCと異なりPOCは海域による差が顕著である. この値からDOC/POCを求めるとそれぞれ15, 9, 31, 11となり, KH-73-1航海の際の小笠原南方海域がとくに高い.

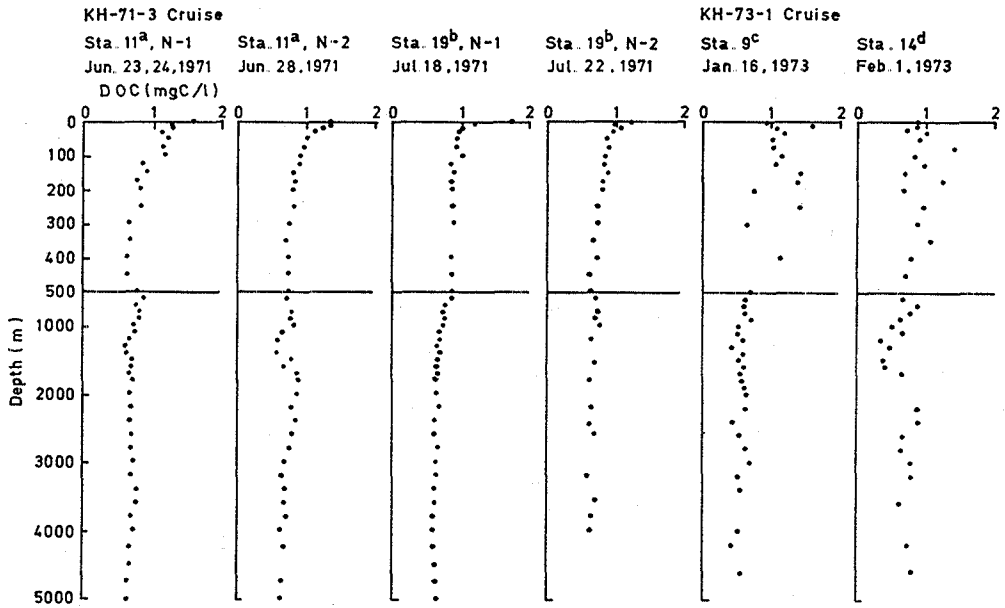


Fig. 1. Vertical profiles of DOC in the western North Pacific  
 a: 28°30'N, 145°E b: 44°N, 154°E c: 20°N, 140°E d: 22°N, 126°E

2. 越前海中の有機物濃度

越前の観測点は Fig. 2 に示すように1969年, 70年は同じであるが75年は位置と数が多少変っている. それぞれの分析結果は Table 1 および 2 に取りまとめた.

愛媛県西条市沖はしばしば赤潮が発生する海域で, 1970年6月にSta. 3 で表層水のDOC, POC濃度はそれぞれ

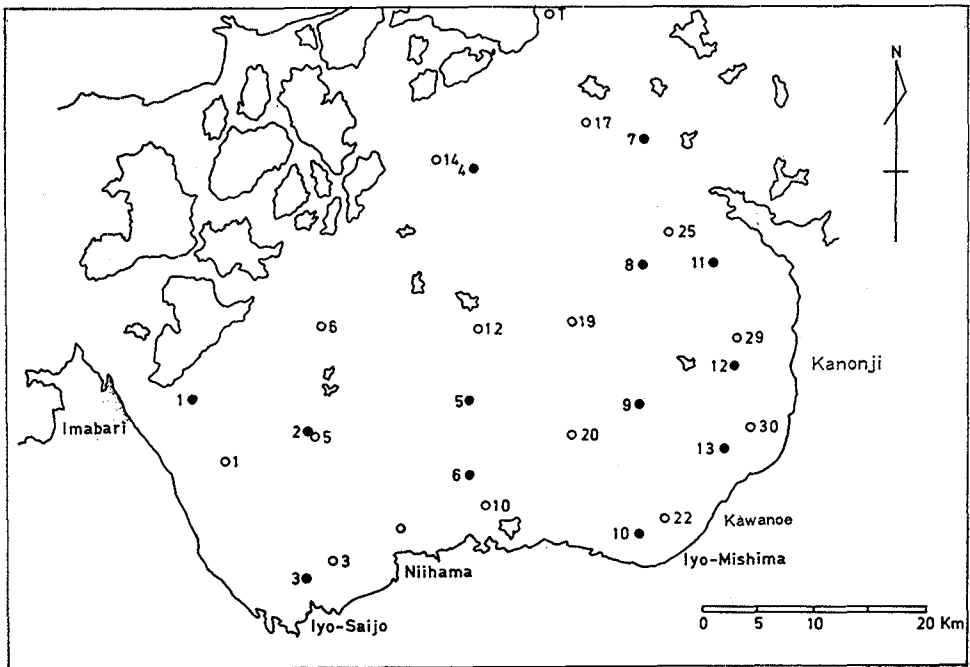


Fig. 2. Location of the sampling stations in Hiuchi Nada  
 ● : Sep. 1969, Feb. 1970, Jun. 1975. ○ : Jun. 1975

2.50, 1.88mg C/l となった。愛媛県伊予三島市から香川県観音寺市に至る沿岸域は製紙排水の影響下にあり、また赤潮が多発する海域でもある。特に1970年6月にはその影響が顕著に現われており、Sta. 13におけるDOC, POC濃度はそれぞれ7.15, 2.11mg C/lを記録した。

このように明らかに赤潮や工場排水による影響を受けていると考えられる観測点は特殊な水塊として別に扱い、平均値の計算からは除外した。1969年9月における表層水中のDOCおよびPOC濃度はそれぞれ $1.50 \pm 0.27$ mg C/l,  $0.325 \pm 0.128$ mg C/lで、DOC/POCは $5.1 \pm 1.7$ となる。同様に70年2月は $1.35 \pm 0.20$ mg C/l,  $0.167 \pm 0.061$ mg C/l, 1,  $9.2 \pm 3.9$ , 70年6月は $1.63 \pm 0.16$ mg C/l,  $0.270 \pm 0.077$ mg C/l,  $6.4 \pm 1.7$ , 75年6月には $1.56 \pm 0.29$ mg C/l,

Table 1. Organic matter in sea water of Hiuchi Nada

Date Stn.	Dep. m	Sep. 2-3, 1969			Feb. 3-4, 1970			Jun. 23-24, 1970		
		DOC mgC/l	POC mgC/l	DOC/POC	DOC mgC/l	POC mgC/l	DOC/POC	DOC mgC/l	POC mgC/l	DOC/POC
1	0	1.15	0.203	5.67	1.06	0.092	11.52	1.80	0.366	4.92
	10	1.22	0.141	8.65	1.25	0.125	10.00	1.46	0.214	6.82
	20	1.19	0.169	7.04	1.29	0.116	11.12	1.35	0.141	9.57
2	0	1.50	0.520	2.88	1.23	0.159	7.74	1.41	0.190	7.42
	10	2.00	0.634	3.15	1.14	0.149	7.65	1.55	0.154	10.06
	20	1.18	0.383	3.08	1.24	0.185	6.70	1.33	0.099	13.43
3	0	2.10	0.904	2.32	1.21	0.249	4.86	2.50	1.880	1.33
	10	1.75	0.938	1.87	1.39	0.235	5.91	2.21	0.780	2.38
	20	1.78	0.520	3.42	1.47	...	...	2.58	0.556	4.64
4	0	1.45	0.167	8.68	1.28	0.078	16.41	1.53	0.362	4.23
	10	1.23	0.145	8.48	1.17	0.110	10.64	1.39	0.238	4.91
	00	1.53	0.246	6.22	1.39	0.101	13.76	1.43	0.212	6.75
5	0	2.05	0.407	5.04	1.49	0.097	15.36	1.55	0.159	9.75
	10	1.53	0.336	4.55	1.30	0.221	5.88	1.43	0.156	9.17
	20	1.43	0.401	3.57	1.31	0.196	6.68	1.30	0.174	7.47
6	0	1.57	0.415	3.78	1.51	0.125	12.08	1.71	0.354	4.83
	10	1.23	0.375	3.28	1.25	0.131	9.54	1.52	0.225	6.76
	20	1.15	0.345	3.33	1.32	0.157	8.41	1.52	0.200	7.60
7	0	1.24	0.326	3.80	1.08	0.152	7.11	1.48	0.250	5.92
	10	1.25	0.288	4.34	1.41	0.167	8.44	1.46	0.182	8.02
	20	1.38	0.224	6.16	1.60	0.237	6.75	1.30	0.420	3.10
8	0	1.93	0.530	3.64	1.16	0.234	4.96	1.74	0.225	7.73
	10	1.57	0.310	5.06	1.23	0.220	5.59	1.52	0.252	6.03
	20	1.16	0.321	3.61	1.68	0.275	6.11	1.37	0.238	5.76
9	0	1.43	0.286	5.00	1.28	0.188	6.81	1.88	0.286	6.57
	10	1.25	0.307	4.07	1.43	0.177	8.08	1.37	0.202	6.78
	20	1.35	0.282	4.79	1.53	0.178	8.60	1.25	0.210	5.95
10	0	1.38	0.308	4.48	1.56	0.253	6.17	1.53	0.236	6.48
	10	1.42	0.375	3.79	1.70	0.234	7.00	1.60	0.226	7.08
	20	1.22	0.346	3.53	1.90	0.262	7.25	1.35	0.172	7.85
11	0	1.39	0.197	7.06	1.46	...	...	2.45	0.880	2.78
	10	1.55	0.262	5.92	1.23	0.200	6.15	1.73	0.415	4.17
	20	1.48	0.251	5.90	1.27	0.183	6.94	1.30	0.157	8.28
12	0	1.37	0.221	6.20	1.60	0.168	9.52	3.69	1.355	2.72
	10	1.25	0.217	5.76	1.56	0.183	8.52	1.72	0.350	4.91
	20	1.44	0.216	6.67	1.72	0.167	10.30	1.44	0.232	6.21
13	0	4.41	0.967	4.56	1.60	0.203	7.88	7.15	2.110	3.39
	10	2.35	0.344	6.83	1.73	0.366	4.73	1.73	0.300	5.77
	20	1.70	0.339	5.01	2.20	0.182	12.09	1.47	0.127	11.57

Table 2. Organic matter in sea water of Hiuchi Nada  
(Jun. 15—16, 1975)

Station	Depth m	DOC mgC/l	POC mgC/l	DOC/POC
T	0	3.27	1.030	3.17
	5	1.92	0.854	2.25
	6	2.14	0.917	2.33
1	0	2.22	0.961	2.31
	10	1.63	0.350	4.66
	20	1.69	0.442	3.82
3	0	1.51	0.259	5.83
	5	1.52	0.484	3.14
	10	1.67	0.474	3.52
	13	---	0.493	---
5	0	1.36	0.434	3.13
	10	1.36	0.350	3.89
	20	1.36	0.354	3.84
	30	---	0.311	---
6	0	1.47	0.351	4.19
	10	1.16	0.329	3.53
	20	1.61	0.344	4.68
9	0	1.46	0.347	4.21
	10	1.28	0.473	2.71
	20	1.08	0.390	2.77
10	0	1.69	0.263	6.43
	10	1.38	0.307	4.50
	20	1.30	0.289	4.50
12	0	1.16	0.173	6.71
	10	1.38	0.264	5.23
	20	1.33	0.302	4.40
14	0	1.69	0.300	5.63
	10	1.52	0.496	3.06
	18	1.65	0.557	2.96
17	0	1.21	0.259	4.67
	10	---	0.273	---
	20	1.31	0.259	5.06
19	0	1.49	0.188	7.93
	10	1.49	0.255	7.93
	18	1.43	0.289	4.95
20	0	1.51	0.239	6.32
	10	1.39	0.260	5.35
	20	1.28	0.314	4.08
22	0	2.03	0.328	6.19
	10	1.52	0.245	6.20
	20	1.21	0.336	3.60
25	0	1.43	0.225	6.36
	10	1.67	0.268	6.23
	20	1.49	0.245	6.08
29	0	1.38	0.258	5.35
	10	1.51	0.222	6.80
	20	1.58	0.302	5.23
30	0	1.86	0.241	7.72
	10	1.43	0.284	5.04
	20	1.33	0.234	5.68

0.320±0.190mgC/l, 5.5±1.6である。DOCやPOCは一般に夏期に較べて冬期に少い傾向が認められる。その減少の程度はDOCについては10~20%であるが、POCは40~50%に達する。その結果、DOC/POCは冬期に高い傾向を示す。また各観測時点でのDOCの変動係数は10~20%であるのに対し、POCのそれは30~60%で非常に振れが大きい。

DOC、POCの鉛直分布には一定の傾向が認めにくい。そこで調査時期、測点、水深を無視して、これらを単なる繰り返し採水とみなして全観測値の平均値を計算すると、DOC濃度は1.45±0.22mgC/l, POC濃度は0.270±0.118mgC/lとなった。DOC/POCは6.3±2.5で外洋水に較べて小さくなる。

以上のように懸濁ではPOC濃度が大きく変化しているのに対して、DOC濃度はそれほど変化せず、かなり一定の値が保たれているといえる。

### 3. 大阪湾海中の有機物濃度

大阪湾の観測点は Fig. 3 に、結果は Table 3 に示すとおりである。

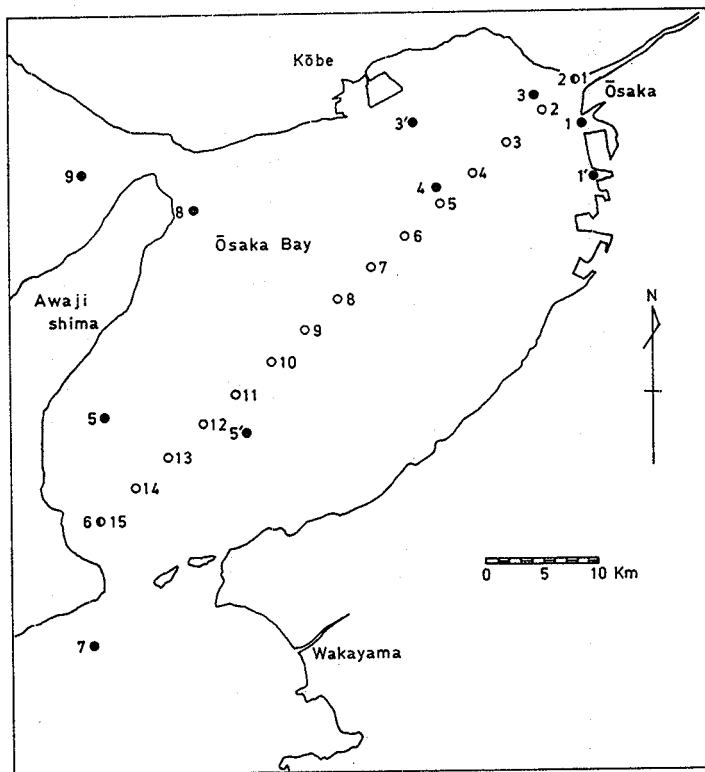


Fig. 3. Location of the sampling stations in Ōsaka Bay  
● : Aug. 1973, Oct. 1974 ○ : May 1975

Table 3. Organic matter in sea water of Ōsaka Bay

Stn.	Dep.	Aug. 21-23, 1973			Oct. 22, 1974			Stn.	Dep.	May 30-31, 1975			
		DOC m mgC/l	POC mgC/l	DOC/POC	DOC mgC/l	POC mgC/l	DOC/POC			DOC m mgC/l	POC mgC/l	DOC/POC	
1	0	3.64	0.980	3.71	2.94	0.488	6.02	1	0	4.11	4.160	0.99	
	5	3.07	0.482	6.37	3.30	0.416	7.93		5	1.52	0.328	4.63	
	9.5				3.08	0.257	11.98		10	1.15	0.494	2.33	
1'	0	5.86						2	0	2.12	0.791	2.68	
2	0	6.55	1.740	3.76	4.80	1.050	4.57	3	0	1.78	0.709	2.51	
	5	2.16	0.561	3.85	2.92	0.289	10.10		5	1.62	0.571	2.84	
3	0	5.10	1.34	3.81	3.55	0.504	7.04	15	15	1.10	0.421	2.61	
	5	5.00	0.826	6.05	1.32	0.402	3.28		4	0	3.97	8.660	0.46
	10	1.32	0.339	3.89	3.35	0.498	6.37			5	0	1.46	0.844
3'	0	3.43						6	0	1.49	1.300	1.15	
4	0	2.26	0.895	2.53	1.19	0.377	3.16	5	5	1.07	0.310	3.45	
	5	2.21	0.465	4.75	1.18	0.348	3.39		15	15	0.99	0.184	5.38
	17	1.99	0.455	4.37	1.07	0.280	3.82			7	0	1.11	1.070
5	0	2.88	0.362	7.96				8	0	1.28	0.891	1.44	
	5		0.506						9	0	1.13	0.635	1.78
	35	1.62	0.310	5.23						10	0	1.07	0.696
5'	0	1.55	0.514	3.02	1.22	0.520	2.35	10	0	1.07	0.696	1.54	
	5	2.58	0.421	6.13	1.16	0.300	3.87		11	0	1.24	0.485	2.56
	35	1.10	0.345	3.19	1.02	0.246	4.15			5	1.32	0.536	2.46
6	0	1.71	0.446	3.83				35	35	1.33	0.341	3.90	
	5	1.48	0.382	3.87					12	0	1.18	0.455	2.59
	50	1.30	0.273	4.76						13	0	1.07	0.571
7	0	1.28	0.381	3.36				14	0	0.95	0.411	2.31	
	5	1.83	0.357	5.13					15	0	1.14	0.213	5.35
	40	2.13	0.277	7.69						3	1.13	0.230	4.91
8	0	1.45	0.309	4.69				35	35	1.13	0.413	2.74	
	5	1.67	0.294	5.68									
	35	1.38	0.334	4.13									
9	0	1.64	0.416	3.94									
	5	1.59	0.591	2.69									
	50	1.34	0.275	4.87									

湾奥部に注ぐ主要河川水中のDOC濃度を1973年8月21, 22日に調べた結果, 神崎川が最高で13.8mgC/l, 次いで木津川10.2, 大和川8.90, 寝屋川7.85, 安治川7.35の順で, 海に較べてかなり大きな値を示した。

大阪湾の海水中のDOC濃度は季節により多少変化するが, 淀川河口部から湾の1/4~1/3にかけては2.0mgC/lをこえ, 常時赤潮状態を呈している。この附近のDOCは河川水によって直接有機物の形で搬入されたものと, 植物プランクトンにより生産された有機物の両方が考えられる。湾奥部のPOC濃度は極く表層(5m以浅)に高く1.0mgC/lをこえるところが多いが, 同じ表層水でも場所により濃淡の差が著しい。5m以深ではそれほど高い値は得られなかった。

湾奥部を除いた他の海域は懸濁とほぼ同様でDOC濃度は1.0~1.7mgC/l, POC濃度は0.2~0.5mgC/l程度と考えられる。1975年5月の観測で表層水中のPOC濃度が全般的に高い値を示しているのは, 当時, 大阪湾のほぼ全域が夜光虫赤潮によって覆われていたことによるものである。

考 察

外洋の深層水中のDOC濃度が0.5~0.7mgC/lではほぼ一定値をとることは既に認められている<sup>(2,3)</sup>。沿岸域および外洋の表層水中のDOC濃度は植物プランクトン, その他からの供給と, それらの微生物による分解とが平衡関係を保っているが, それでもなお絶えず変動している。有機物は溶解態であれ, けん濁態であれ広く均一に分布しているわけ

ではなく、いわば小さなパッチを形成しているものと考えられるので、同じ観測点で採水ごとにDOCの値が変動する。しかし、その変動は一定の範囲に限られており、沿岸の直接影響域を除くとDOC濃度は燧灘、大阪湾では1~2 mgC/l 西部北太平洋の表層水では0.9~1.7 mgC/lの範囲にあった。

小倉ら<sup>(8)</sup>が相模湾の3測点で2ケ年間連続観測した結果によれば、同湾の表層水中のDOC濃度は1.0~1.6 mgC/l である。以上のように海域により多少の差が認められるものの、いずれもDOC濃度は1~2 mgC/lの範囲に入る。

一方、POC濃度は0.05~10 mgC/lの範囲で、DOCに較べて海域、季節による変動が著しい。

POC、DOCの供給源は植物プランクトンの光合成によるものが主で、一部の沿岸域では工業排水、都市下水として流入する有機物が考えられる。北太平洋の温帯域の基礎生産量は約0.1 gC/m<sup>2</sup>・day とされ<sup>(9)</sup>、親潮域では0.2~0.5 gC/m<sup>2</sup>・day、沿岸域では0.5~1.2 gC/m<sup>2</sup>・day という値が報告されている<sup>(10)</sup>。一方、遠藤<sup>(11)</sup>は燧灘の年平均値として0.3 gC/m<sup>2</sup>・day というやや低い値を報告している。ところがこれらの海域の生産層の厚さには大きな開きがあるので、表層水単位体積当りの生産量でもって比較すれば、内海は外洋の10~100倍に達する。

表層水中のクロロフィルa量についてみると、半田ら<sup>(6,7)</sup>は小笠原海域、東支那海域で20~50 μg/m<sup>3</sup>、千島海域で200 μg/m<sup>3</sup>前後の値を報告している。燧灘では年平均3,600 μg/m<sup>3</sup>であるが、季節、場所による差異が著しく最高、最低はそれぞれ37,000、80 μg/m<sup>3</sup>にもなる<sup>(12)</sup>。クロロフィルaとPOCの間には高い相関関係が認められているが<sup>(13)</sup>、DOCとの相関は認められない。

DOC濃度がほぼ一定値をとるのは有機物生産の大きいところでは分解も早いからにはほかならない。分解経路は主として水中での微生物による無機化で、沈降堆積、拡散流失も有機物が減少する経路である。

奥谷<sup>(14)</sup>が大阪湾でグルコースをモデル基質として無機化活性を測定した結果とPOC、DOC濃度との関係をFig. 4に示す。有機物濃度の増加に対して無機化活性は指数関数的に増加する。すなわち有機物負荷量がある限度内で増加すれば微生物の急激な増殖を伴って無機化され、DOCが一定値に保たれると推察される。有機物の供給の多少とともに

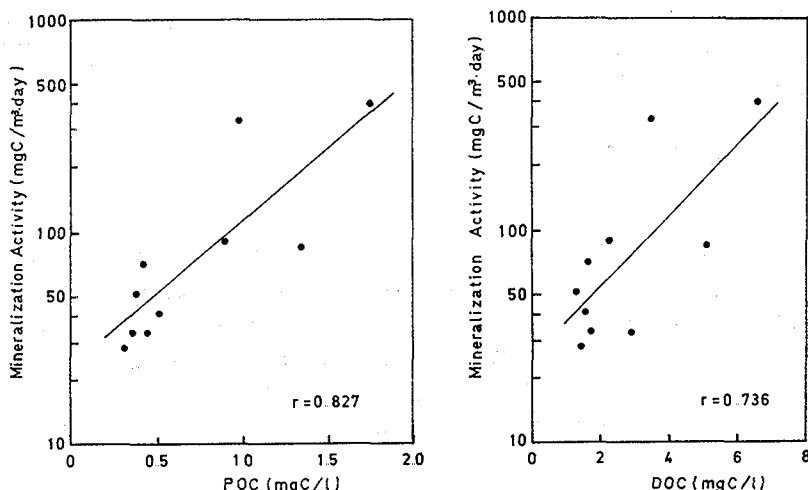


Fig. 4. Relation between mineralization activity and POC, DOC in sea water of Osaka Bay  
Mineralization activity was estimated by the U-<sup>14</sup>C-glucose method<sup>(14)</sup>

微生物の作用に若干の時間遅れを生じるためにDOC濃度は一定範囲内で変動する。このように微生物活性により海水にはDOCの増加に対して大きな緩衝力があり、環境容量はこの緩衝力の範囲内で考えられなければならない。一方、POCとして測定されるものの中には当然生きた動、植物プランクトンも含まれており、これらは栄養塩濃度や温度、光条件等によって変化する、従ってPOC濃度が一定範囲に保たれることはない。



DOC濃度が2 mg C/lを超える海域は、多量の陸生起源の有機物が加わるところや過栄養化した海域で、そこでは海水の自浄力をこえた有機物の供給があると考えてよい。この場合にはDOC、POCの分解速度や分解量は、一方では溶存酸素量によっても制限されると考えられる。過栄養化海域の表層水は日中では溶存酸素で飽和されていることが多いが、底層水は貧酸素化が著しく、このような場所ではPOCの3割以上が海底に沈積して<sup>(15)</sup>、底質の悪化が認められる。

小倉<sup>(3)</sup>は外洋表層水中の溶存有機物の1/2は微生物により分解されにくい安定な物質であるとしている。DOCとPOCとの比や相関は時期により異なるが、燧灘の結果からPOCが0のときのDOCを計算で求めると0.6~0.8mg C/lとなる。また冬期で植物プランクトンの光合成活性が最も低下した時のDOC濃度の最低値が1.08mg/lであったことから推察すると、燧灘のDOC1.5mg C/lの1/2は難分解性の有機物で、残りの有機物の1/2がやや難分解性、他は易分解性であると考えられる。

DOC/POCは西部北太平洋では10前後またはそれ以上で時に30に達することもあるが、沿岸域では4~9であった。過栄養海域では概略、DOC濃度が2 mg C/lを超え、DOC/POCが3以下となる。

以上のようにDOC濃度は海の栄養段階によってあまり変動しないが、POC濃度やDOC/POCは栄養段階を反映することが明らかである。従って、採水回数、季節を考慮して検討すれば海の富栄養化度の判断に有益な知見を与えるものと考えられる。

## 引用文献

- (1) MENZEL, D. W., VACCARO, R. F.: The measurement of dissolved and particulate organic carbon in seawater, *Limnol. Oceanogr.*, 9, 138—142(1964).
- (2) MENZEL, D. W., RYTHER J. H.: Organic carbon and the oxygen minimum in the South Atlantic Ocean, *Deep-Sea Res.*, 15, 327—337 (1968).
- (3) OGURA, N.: The relation between dissolved organic carbon and apparent oxygen utilization in the western North Pacific, *Deep-Sea Res.*, 17, 221—231 (1970).
- (4) OGURA, N.: Dissolved organic carbon in the equatorial region of the Central Pacific, *Nature*, 227, 1335—1336 (1970).
- (5) STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R.: A Practical Handbook of Seawater Analysis, *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 167, 153—158 (1968).
- (6) HANDA, N., MATSUNAGA, K.: Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-71-3 (ed. HATTORI, A.), 13—15, *Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo* (1973).
- (7) HANDA, N., MATSUNAGA, K.: Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-73-1 (ed. HATTORI, A.), 15—21, *Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo* (1975).
- (8) OGURA, N., KAMATANI, A., NAKAMOTO, N., FUNAKOSHI, M., IWAIA, S.: Fluctuation of dissolved organic carbon in seawater of Sagami Bay during 1971—1972, *J. Oceanogr. Japan*, 31 43—47 (1975).
- (9) SAIJO, Y., ICHIMURA, S.: Primary production in the Northwestern Pacific Ocean, *J. Oceanogr. Japan*, 31, 43—47 (1960).
- (10) ARUGA, Y., ICHIMURA, S.: Characteristics of photosynthesis of phytoplankton and primary production in the Kuroshio, *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Univ. Kyoto*, 12, 3—20 (1968).
- (11) 遠藤拓郎: 内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究, 文部省特定研究, 昭和44年度研究業績報告, 42—50 (1970).
- (12) 上野福三: 内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究, 文部省特定研究, データ集, 1, 43—44 (1972).
- (13) 岡市友利: 内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究, 文部省特定研究, 昭和45年度研究業績報告, 47—53 (1971).
- (14) 奥谷康一: 淀川等が大坂湾に与える影響調査 (門田元編), 京都大学水産微生物学研究室報告, 78 (1974).
- (15) 門田 元: 同上, 53—84.

(1977年5月31日 受理)