

3. 堆積物と水との相互反応 —— 海洋牧場形成の基礎的研究 ——

西 沢 均^{*}・島内理恵^{*}・満塩大洗^{**}

^{*}(理学部化学科) ^{**}(地学科)

1 はじめに

海洋牧場は地球を構成している3圏、すなわち、気圏・水圏・岩石圏のうち、水圏の中、および、岩石圏の上に存在している。従って、海洋牧場を造成するためには、これらの基本的部分をなす岩石圏の性質、および、水圏の両者の性質、さらには、これらの岩石圏・水圏の相互作用を調べなければならない。そのためには、陸上において主として起こる風化作用、および、海底において主として起こる堆積作用などについて、検討する必要がある。

この線に沿って、筆者らは既に岩石類と水との相互反応や実際の河川の水質などを調べ、報告してきた¹⁻⁶⁾。ここでは、これらをさらに発展させて、漁場を老朽化させるもととなっている浦ノ内湾のヘドロ(有機質の特殊な泥質堆積物)、および、これと類似した各種の堆積物(川のヘドロ・海砂・池泥・クロボク)に、Ca・Mgの酸化物・水酸化物、および、溶媒として、海水・純水を加えた場合の変化について検討したので、ここに報告する。

2 浦ノ内湾の形成史

浦ノ内湾の形成発展史については既に述べているが⁷⁾、ここではその概要について、簡単に触れておく。約1万年前の更新世(洪積世)と完新世との境界の年代の頃には、海水準は約-40mにあり、浦ノ内湾はその頃にはまだ川であった。その川を旧浦ノ内川と呼称するが、当時はこれは東方に向かって流れていた。そして、当時の仁淀川も現在より-40mも低い部分を流れており、これを含めて、旧浦ノ内川とは現在の海岸線の沖合で合流していた。

その後、海水準が次第に上昇して、縄文海進を経て弥生の小海退の後に、現在のような海水準の高さになり、ほぼ現在のような地形を呈してきた。そして、仁淀川から吐き出される河川堆積物が黒潮の反流にのって、浦ノ内湾の湾口部から湾奥部の方に供給され、特に湾口部付近では極めて多量の砂れきによって埋め立てられて、水深が浅くなり、湾中部・湾奥部では、海水の流通が極めて悪くなり、ついにヘドロ(有機質の泥)が堆積したのである。

3 実験方法

泥質堆積物は、一般に内湾に多くみられ、その他には泥線深度以深にも存在する。ここでは、浦ノ内湾の堆積物(ヘドロ・砂)、および、河川・池の堆積物(高知市江ノ口川のヘドロ・佐川町の池の泥)の4種類の堆積物に、添加物としてCa・Mgの酸化物・水酸化物を加え、さらに比較のため腐植質火山灰(クロボク)についても、溶媒としての海水中と純水中での化学種の溶出を検討した。また、比較のために、ブランクとして前記の添加物のないものも検討した(表1)。

西 沢 均・島 内 理 恵・満 塩 大 洗

表 1. 実 験 条 件

番号	堆積物	(g)	溶媒 (ml)	添加物	(g)	
1 A	川へドロ	17.8	海水 10.0	Ca(OH) ₂	1.04	
1 B		19.2		CaO	1.01	
1 C		18.2		Mg(OH) ₂	1.00	
1 D		19.5		MgO	1.40	
1 E		18.3		none		
5 A	海砂	18.0	純水 10.0	クロボク	1.00	
2 A		19.0		Ca(OH) ₂	1.02	
2 B		19.6		CaO	1.02	
2 C		18.0		Mg(OH) ₂	1.01	
2 D		18.1		MgO	1.50	
2 E		18.2		none		
6 A	18.0	クロボク	1.00			
3 A	海砂	8.4	海水 20.0	Ca(OH) ₂	1.01	
3 B		9.2		CaO	1.01	
3 C		8.2		Mg(OH) ₂	1.00	
3 D		8.5		MgO	1.70	
3 E		8.6		none		
5 B		8.5		クロボク	1.00	
4 A		8.8		純水 20.0	Ca(OH) ₂	1.00
4 B		8.3		CaO	1.00	
4 C		9.4		Mg(OH) ₂	1.00	
4 D		9.0		MgO	1.40	
4 E	8.5	none				
6 B	8.5	クロボク	1.00			
7 A	池の泥	22.4	海水 15.0	Ca(OH) ₂	1.04	
7 B		23.0		CaO	1.00	
7 C		23.0		Mg(OH) ₂	1.00	
7 D		22.4		MgO	1.30	
7 E		22.6		none		
5 C		22.5		クロボク	1.00	
8 A		23.1		純水 15.0	Ca(OH) ₂	1.02
8 B		22.7		CaO	1.02	
8 C		22.8		Mg(OH) ₂	1.01	
8 D		23.3		MgO	1.40	
8 E	22.9	none				
6 C	22.5	クロボク	1.00			
9 A	海へドロ	12.1	海水 20.0	Ca(OH) ₂	1.01	
9 B		11.5		CaO	1.01	
9 C		11.5		Mg(OH) ₂	1.01	
9 D		10.9		MgO	1.30	
9 E		10.6		none		
5 D		10.5		クロボク	1.00	
10 A		9.9		純水 20.0	Ca(OH) ₂	1.02
10 B		9.4		CaO	1.02	
10 C		11.6		Mg(OH) ₂	1.00	
10 D		12.0		MgO	1.40	
10 E	12.9	none				
6 D	10.5	クロボク	1.00			

各堆積物とそれぞれの溶媒を、試験管に封入して静置し、30日経過後に注射針によって溶液を取り出し、これをイオンクロマトグラフィ、および、原子吸光分析法によって、それぞれの化学種を定量した。

4 結果および考察

堆積物の内容については、別報しているように、粘土鉱物組成を検討した結果、イライト・緑泥石が多くみられた。その他には、石英・長石類が各試料に普遍的にあった⁸⁾。

各溶液中において検出した化学種としては、Na・K・NH₄・Ca・Mg などである。これらの結果を図1のaからeに示す。

4-1 Naの場合

Naは、溶媒が海水のとき、すべての堆積物から約1500 ppm 検出されたが、これは海水の影響である。しかし、海のヘドロにMg(OH)₂添加の場合には0である。他の化学種もこの場合には、0かまたは殆ど溶出してない。一方、純水の場合は、川のヘドロと海砂、また、池の泥でCaO添加の場合も、Naの溶出が少ない。また、クロボクは、海水の場合では他の例と変わらないが、純水では川のヘドロと海砂からのNaの溶出量を小さくしている。

4-2 Kの場合

KはNaに較べて、全般的に溶出量が小さく、最高でも747 ppm である。さらに、溶媒としては海水の方が純水より溶出量が多い。堆積物の種類では、池の泥が一般によく溶出し、次に海のヘドロ、海砂と続いており、川のヘドロは溶出量は小さい。また、クロボクを添加すると、海水では溶出量が多いが、純水では川のヘドロ・海砂からの溶出は小さい。

4-3 NH₄の場合

NH₄の場合は、一般に検出量がきわめて少ない。顕著なことは、川のヘドロは、純水で45 ppm、海水で37 ppm 溶出したが、このように、川のヘドロからの溶出が一般に多いことである。一方、海のヘドロ・海砂・池の泥ともに、純水でも、また、海水でもいずれも0である。しかし、Ca(OH)₂を添加すると、海のヘドロでは、純水では6 ppm 溶出した。CaOを添加すると、池の泥では海水では0であるが、純水では289 ppm 溶出している。Mg(OH)₂を加えると、川のヘドロでは、純水で37 ppm で、海水中で107 ppm 溶出している。

一方、海砂は純水で45 ppm、海水で49 ppm 溶出しているが、川のヘドロは海水で37 ppm で、純水では181 ppm も溶出している。

また、川のヘドロは、クロボク添加において、純水で58 ppm、海水では82 ppm 溶け出している。

4-4 Caの場合

Caは、一般に溶出量が極めて多い。池の泥・海砂・海のヘドロでは、Ca(OH)₂・CaOを添加すると、当然ながらCaの溶出量は多くなる。川のヘドロもおおむね多い。

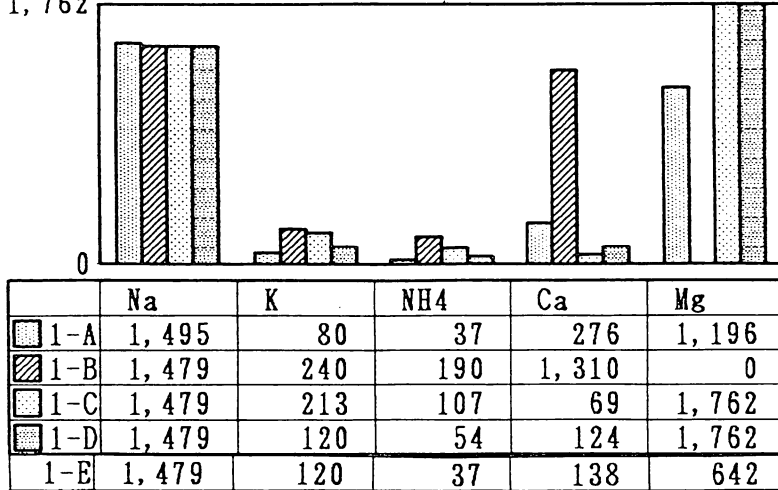
また、池の泥では、ブランクでも純水で207 ppm、海水中では448 ppm 溶出し、Ca(OH)₂を加えると純水で1034 ppm、海水中では3000 ppm、CaO添加では純水で552 ppm、海水では2552 ppm と最高の値を示している。この池の泥は、Caの溶出しやすいものが初めから存在していたと考えられる。

さらに、クロボクを添加すると、海水中ではどの堆積物からもよく溶け出している。しかし、純

江ノ口川のヘドロ（海水）

(単位：ppm)

1,762



江ノ口川のヘドロ（純水）

(単位：ppm)

676

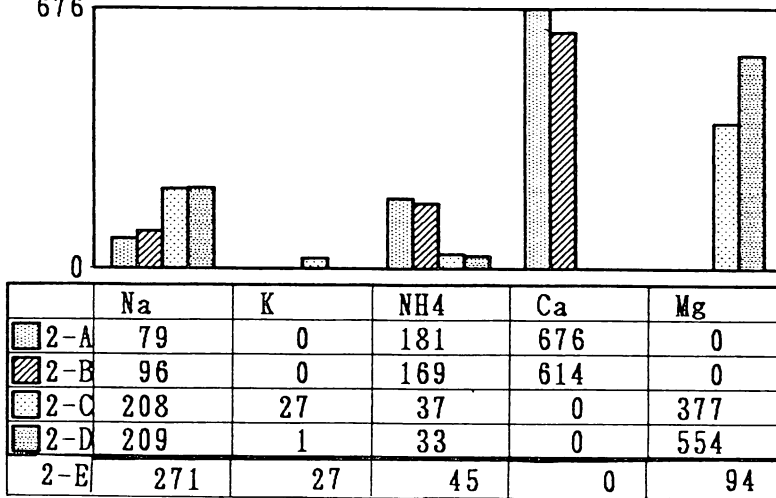
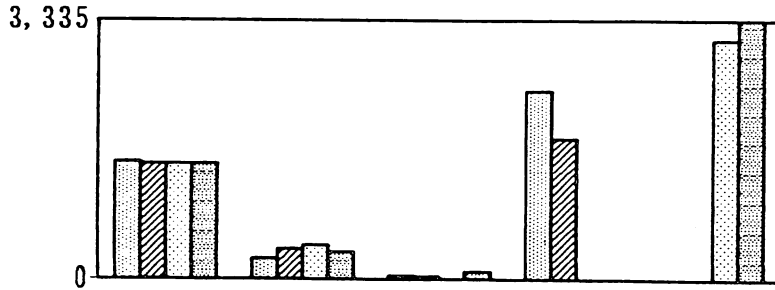


図1-a. Na・K・NH₄・Ca・Mgの検出濃度

堆積物と水との相互反応

海砂(海水)

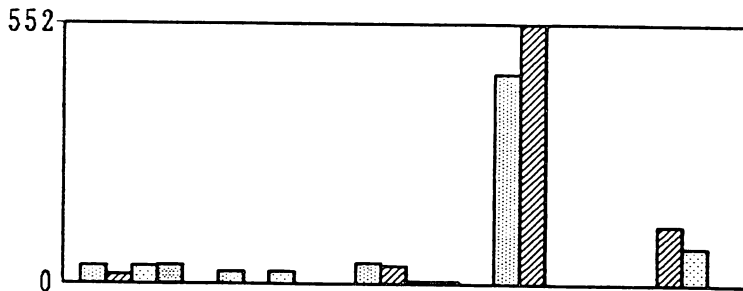
(単位 : ppm)



	Na	K	NH ₄	Ca	Mg
3-A	1,495	267	49	2,414	0
3-B	1,479	386	45	1,793	0
3-C	1,479	427	8	0	3,083
3-D	1,479	346	99	0	3,335
3-E	1,479	253	0	345	1,636

海砂(純水)

(単位 : ppm)

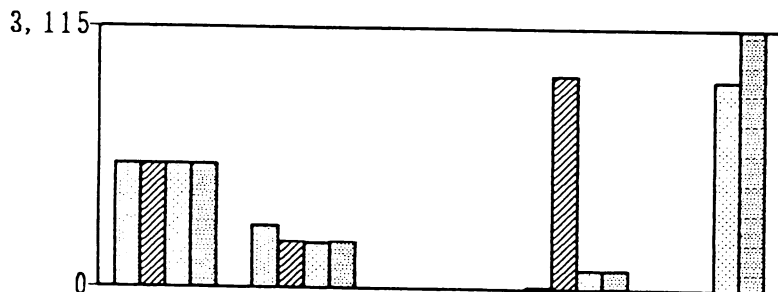


	Na	K	NH ₄	Ca	Mg
4-A	39	27	45	448	0
4-B	21	0	41	552	126
4-C	40	27	8	0	79
4-D	43	0	8	0	0
4-E	30	27	0	0	0

図1-b.

池の泥(海水)

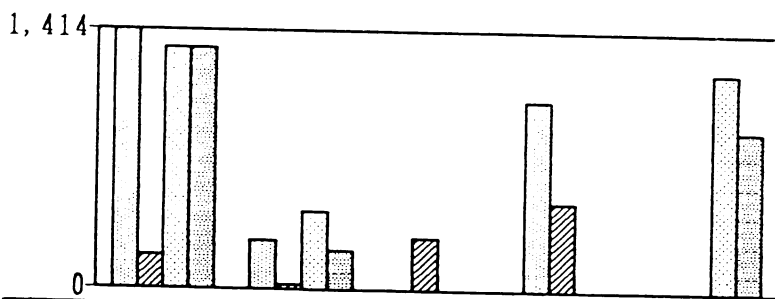
(単位 : ppm)



	Na	K	NH ₄	Ca	Mg
7-A	1,476	747	0	30	0
7-B	1,478	560	0	2,552	0
7-C	1,479	533	0	241	2,486
7-D	1,478	560	0	241	3,115
7-E	1,478	560	0	448	2,045

池の泥(純水)

(単位 : ppm)



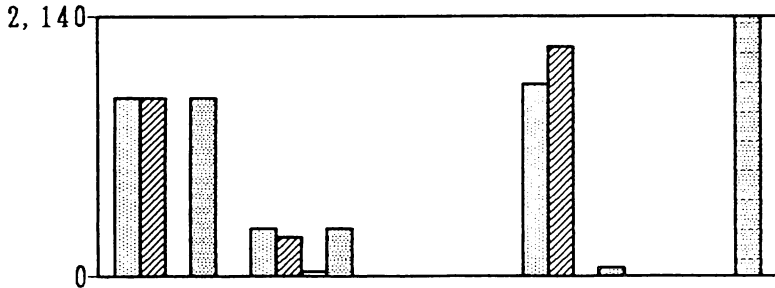
	Na	K	NH ₄	Ca	Mg
8-A	1,414	267	0	1,034	0
8-B	183	27	289	483	0
8-C	1,317	427	0	0	1,196
8-D	1,317	213	0	0	881
8-E	1,319	133	0	207	535

図1-c.

堆積物と水との相互反応

海へドロ(海水)

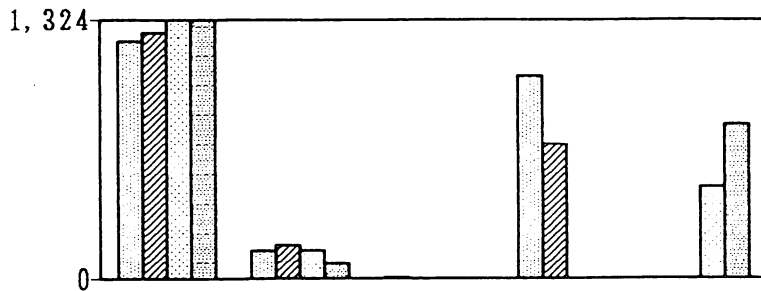
(単位 : ppm)



	Na	K	NH4	Ca	Mg
9-A	1,476	400	0	1,586	0
9-B	1,478	320	0	1,896	0
9-C	0	40	0	0	0
9-D	1,474	400	0	69	2,140
9-E	1,474	667	0	138	1,825

海へドロ(純水)

(単位 : ppm)

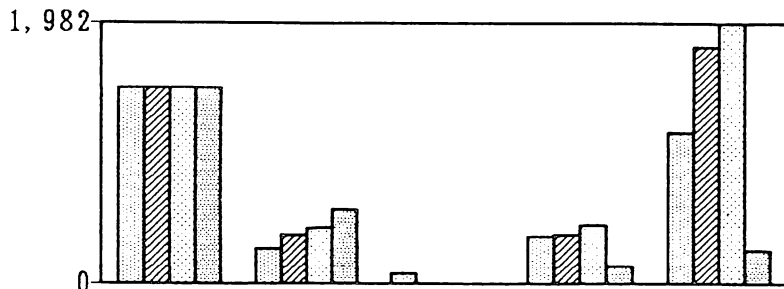


	Na	K	NH4	Ca	Mg
10-A	1,212	146	6	1,034	0
10-B	1,257	176	1	690	0
10-C	1,324	146	0	0	472
10-D	1,324	78	0	0	787
10-E	1,324	166	0	0	535

図1-d.

クロボク(海水)

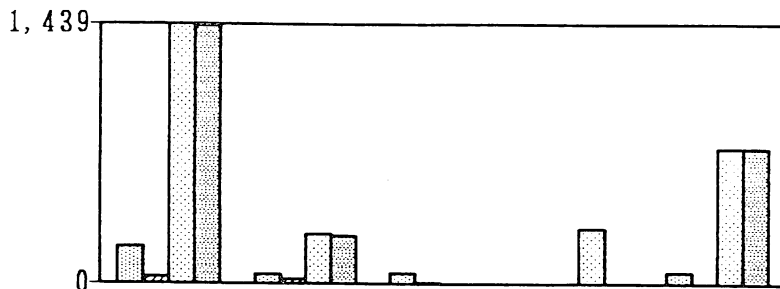
(単位 : ppm)



	Na	K	NH4	Ca	Mg
5-A	1,479	267	82	358	1,145
5-B	1,479	373	0	379	1,793
5-C	1,479	427	0	448	1,982
5-D	1,479	560	0	138	258

クロボク(純水)

(単位 : ppm)



	Na	K	NH4	Ca	Mg
6-A	209	53	58	0	63
6-B	37	27	8	0	0
6-C	1,439	280	0	310	755
6-D	1,429	267	0	0	755

図1-e.

堆積物と水との相互反応

水中では、池の泥からは310 ppm 溶出しているが、他では0であり、Caの溶出を抑制している。なお、 $Mg(OH)_2$ を添加した場合の特徴的なことは、4種類のサンプルともに、純水中ではすべて0であり、Caは溶出していない。そして、海のヘドロと海砂は海水中でも0である。しかし、ブランクの場合には海水のときには、海のヘドロは138 ppm、海砂は345 ppm 溶出しており、 $Mg(OH)_2$ が海水中のCaの溶出を抑制している。また、 MgO もCaの溶出を阻害している。

4-5 Mgの場合

Mgの場合は、当然ながら、 $Mg(OH)_2 \cdot MgO$ を添加したとき、溶出量が大きい。反対に、Ca $(OH)_2$ やCaOを添加すると、ブランクではかなりの溶出量があっても、Mgは0である。ただし、川のヘドロは、海水中でCa $(OH)_2$ を加えると1196 ppm あった。

クロボクを添加すると、一般によく溶出しているが、海水中では純水より多い。

5 まとめ

以上の結果を要約すれば、次のようになる。

- 1) Naは全般的によく検出されている。
- 2) KはNaより溶出量が小さいが、池の泥はこれらの堆積物中で最も多い。
- 3) NH_4 は、川のヘドロはブランクでも、また、各種の添加物を加えてもよく溶出する。海砂はCaのとき少し溶出した。
- 4) Caは、全般的に全ての試料でよく溶出しているが、池の泥は初めからよく溶出するものを含んでいる。
- 5) Mgは、当然ながら $Mg(OH)_2 \cdot MgO$ を添加すると増加するが、ブランクの場合でも、よく溶出している。
- 6) クロボクは、Caの溶出を抑制している。

引用文献

- 1) Mitusio, T., Matsuoka, K., Nishizawa, H., Yamasaki, N., and Yanagisawa, K., 1983: Interaction of water and serpentinite. *Proc. 4th Intern. Symp. on Water and Rocks*, 337-339.
- 2) 満塩大洗・松岡 清・西沢 均, 1983: 平尾台上の八女粘土層. 未利用火山灰の有効利用. 高大地質学研報, 4(5): 30-33.
- 3) 満塩大洗, 1986: 炭酸カルシウムの水熱溶解. 高大地質学研報, 6(2): 61-63.
- 4) 猪股修司, 1987 MS: 風化作用の堆積学的研究. 高大地質学卒論手記, 50 pp.
- 5) 満塩大洗・山崎仲道・柳沢和道, 1987: 河川水に及ぼす岩石類の影響, 特に水熱溶脱による分解. くろしお, 高大地質学研報, 特別号(1): 5-12.
- 6) 満塩大洗・西沢 均・猪股修司・森 暢也, 1987: 小河川(須崎市灰方川)の水質変化. くろしお, 高大地質学研報, 特別号(1): 13-15.
- 7) 満塩大洗・古川博恭, 1988: 四国地方の第四紀層. 地質学論集, (30): 45-54.
- 8) 満塩大洗・中川昌治, 1988: 浦ノ内湾の海底堆積物の構成粘土鉱物. くろしお, 高大地質学研報, 特別号(2): 35-38.