

ノリ葉体の分解と無機化—I

—特に室内実験条件下における各種栄養塩類等の溶出—

馬場 浴文

Decomposition and mineralization of Nori-frond
in seawater under laboratory conditions

Hirofumi BABA

Many researches and studies of decomposing organic matter (particularly diatom, several plankton etc.) has been done from long time ago. But, there is scarcely any study of decomposing Nori-frond for absorber nitrogen, phosphorus and so on.

Then, using miniture type acryl bat under water temperature constant room, nutrient level variations of seawater and solutive process were mainly studied, attend on decomposing Nori-frond in terms of 47days under several conditions*1, ie., $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{SiO}_4\text{-Si}$, COD in filtrate seawater were analysed, sill more carbon and nitrogen ratio in precipitation. Experimental conditions were: water temperature 20~22°C, room dark, aeration.

Nutrients solutive process in both mud added experimental section (MAS) and non added experimental section (NAS) were found for nitrification ($\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$), but MAS nitrification speed was faster than NAS, and the maximum DIN level in NAS (about 10.2 ppm in 47days) was higher than MAS (about 7.3 ppm in 35days). Maximum $\text{NH}_4\text{-N}$ level of NAS showed 5.2 ppm in 26days, in MAS, showed 0.78 ppm in 7days. In the same way, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ concentrations in NAS showed 8.7 ppm in 47days, 1.9 ppm in 35days, 0.77 ppm in 26days, on the other hand, in MAS showed 4.3 ppm in 26days, 6.6 ppm, 0.71 ppm in 47days, respectively. Strong correlations were found between DIN and $\text{PO}_4\text{-P}$ concentrations in both experimental sections, N/P ratio showed 2.3 (in NAS), 2.7 (in MAS) by atoms. COD concentration showed high value in NAS, low value in MAS.

It is presumed that Nori-frond decomposition of NAS will require 5weeks at least and that of MAS need long period.

From the above, it suggest that acting of mud for organic matter (Nori-frond) may be inhibit or delay the decomposition.

* 1

① Nori-frond (dry weight 7.6 g)+seawater (50 l) : NAS	} control	mud=suspendid solid (FUDEI)
② Nori-frond (dry weight 7.6 g)+seawater (50 l)+mud (dry weight 14.2 g) : MAS		
③ mud (dry weight 2.84 g)+seawater (10 l)		
④ seawater (10 l) only		

はじめに

一般に、浅海域における有機物は海洋由来のプランクトン等をはじめ、陸水由来のものや各種養殖漁業の立地にともなう残査・残餌等があり、様々な形態で存在しているものと思われ、それらが水域における窒素、リン等の物質循環に果たす役割も非常に大きいものと推察される。これらの有機物の挙動、分解についての研究^{1,2,3,4,5)}や堆積後の底泥等からの各種物質の溶出についての研究^{6,7,8)}は数多く実施されているものの、主として窒素、リンを吸収する側の海藻類、とくにノリ (*Porphyra sp.*) についての分解、無機化過程およびそれらが水域におよぼす影響等についての報告は少なく、宇野ら⁹⁾がアオサ (*Ulva pertusa*) の窒素循環に果たす役割を報告しているにすぎない。

本県有明海域では、秋期から冬期 (10～3月) においてノリ養殖漁業が営まれ、この間ノリの摘採や風・波浪等の気象条件の変化にともない莫大な量の「落ちノリ」(ノリ網から離れた浮游葉体) が海域に逸散されているものと思われ、また通常漁期終盤における海水中栄養塩濃度の低下¹⁰⁾にともなういわゆる商品性の低い「色落ちノリ」は、製品にされないまま一部漁場内に投棄されているものと思われる。これらのノリは水中を浮游する間または底質上において各種のバクテリアにより分解を受け、さらに、潮汐流等の海水流動にともない再浮游、再沈降をくり返しながらか分解作用が進行していくものと推察される。

そこで、「濁り」の多い有明海ノリ漁場の特殊性を考慮に入れ、浮泥を含んだ海水、含まない海水中におけるノリ葉体の室内分解実験を実施し、主として、2実験区の無機化過程を述べるとともに、浮泥の添加が無機化へ与える影響という点を中心に検討を加えたので報告する。

材料および方法

(1) 供試材料

分解に供したノリは佐賀5号 (*Porphyra yezoensis*) を昭和58年3月26日に有明海東部地区漁場において葉長10～15cmに生育したものを摘採し、脱水、乾燥後一時-20℃に冷凍保存したものを使用した。使用にあたっては実験開始日の前日に解凍し一昼夜普通海水で仮り培養を行ったのち、包丁で細片したものである。使用海水は有明海沖合部で採水したものを2～3か月間静置し、実験開始前にGFCグラスフィルターで濾過したものを用いた。「濁り」の成分として用いた浮泥は昭和58年4月20日、六角川河口部水試地先棧橋(河口から3km地点)上に沈積したものを使用した。

(2) 方法

10～50 l容の蓋つきの透明アクリル水槽に濾過海水を下記4区分のように入れ、実験開始日の前日から通気を開始し、実験開始とともに供試ノリ、供試浮泥を各区分ごとに添加して分解を開始した。実験期間は昭和58年4月20日から6月6日までの47日間行い、この間0, 3, 7, 14, 19, 26, 35, 47日目の計8回の採水を実施した。採水は各区分から無作為に500ml取り、グラスフィルターで濾過後、濾過水と濾過残査について次のような分析を実施した。濾過水については、NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, SiO₄-Si およびCODの分析を行い、分析方法はNH₄-Nがインドフェ

ノール法, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ はストリカンズ&パーソンズ法, $\text{SiO}_4\text{-Si}$ はモリブデン酸による比色法, CODはアルカリ法を用いた。一方, 濾過残渣については, C, Nの分析を実施し, 抑本製CNコーダーMT500型を用いて行った。また, 分解の状況を肉眼的に観察するため, 濾過残渣の写真撮影を採水日ごとに実施した。水温の測定は毎日1回行い, 塩分については開始時と終了時の2回測定した。濁度は開始時の浮泥添加直後のみに測定した。これらの実験方法の概略図を図1に示した。

実験区分

実験区1 : 濾過海水50 l + ノリ50 g *1 (湿重量)

実験区2 : 濾過海水50 l + ノリ50 g *1 (湿重量) + 浮泥50 g *2 (湿重量)

実験区3 ** : 濾過海水10 l + 浮泥10 g **3 (湿重量)

実験区4 ** : 濾過海水10 l

* 1 水分含量84.8% 乾重として7.6 g

* 2 水分含量71.7% 乾重として14.2 g

* 3 水分含量71.7% 乾重として2.84 g

* 4 実験区1, 2の対照区とした

▶ Method for experiment ◀

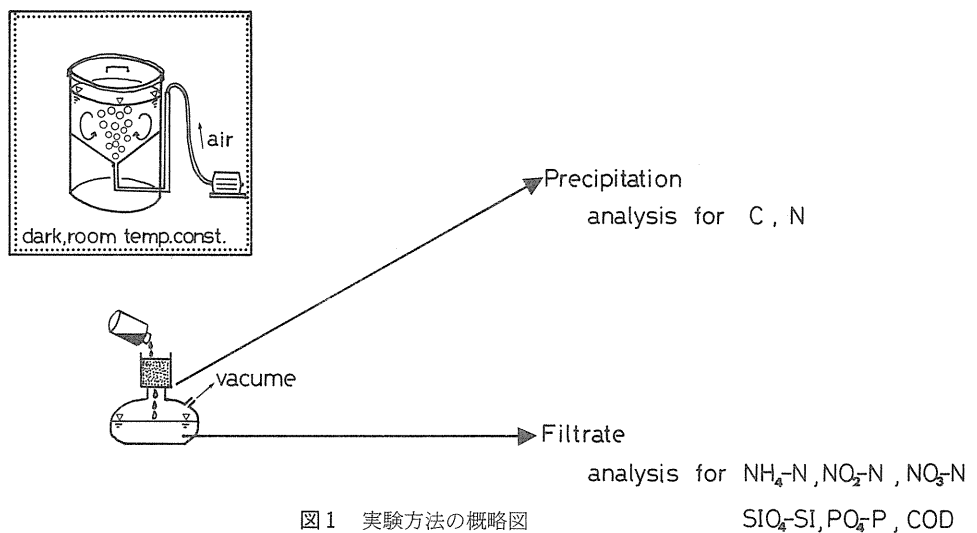


図1 実験方法の概略図

(3) 実験条件

実験にともなう各種条件は以下のとおりであった。

①水 温: 21°C前後の恒温条件

②塩 分: 塩素量で16.4~16.8‰ (50 l 容器), 16.4~17.4‰ (10 l 容器)

③通気量: 単位水量あたり均等となるように調整し, 区分1, 2は1 l/min, 区分3, 4は0.2 l/minとした。

④照 度: 積算照度としてもほぼ0に近い暗黒条件

分解にともなう上記4条件の中でも特に重要な要因として水温があるが、ちなみに今回の実験では $21.5 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (平均値±標準偏差) を示し、期間中ほぼ一定水温で経過し恒温条件を満足出来た。塩素量は開始時16.4%が、終了時に区分1, 2で16.8%, 区分3, 4で17.4%であった。また、供試海水の各種項目の分析値および供試ノリ・浮泥のC, N含有率を表1-1~2に示した。

表1-1 供試海水の項目別分析値

項目	NH ₄ -N ^{*1}	NO ₂ -N ^{*1}	NO ₃ -N ^{*1}	DIN ^{*1}	PO ₄ -P ^{*1}	SiO ₄ -Si ^{*1}	COD ^{*2}
濃度値	18.3	2.0	317.4	337.7	64.7	3211.3	1.22

* 1 : $\mu\text{g/l}$ * 2 : ppm

表1-2 供試ノリ・浮泥のC・N含有率

項目	C(%)	N(%)	C/N
供試ノリ	38.7	5.93	6.53
供試浮泥	2.67	0.19	14.05
フィルター	0.00	0.00	—

結 果

1. 各種栄養塩類の溶出

各実験区のNH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, DINの経日的な変化を図2-1~4に示し、PO₄-P, SiO₄-Siの変化を図3, 図4に示した。

①アンモニア態窒素 (NH₄-N)

区分1, 2とも開始後急激な増加傾向を示したが、7日目以降では両者間の濃度レベルに大きな差がみられた。

区分1では26日目に、区分2では7日目にそれぞれ最高値がみられ、その時期の濃度レベルは区分1で5.2ppm, 区分2で0.78ppmを示し、区分1が区分2の約7倍という高い値を示した。前者は26日目以降急減し、後者は7~19日目まで横ばいで経過したもののその後急減した。区分3, 4はいずれも減少傾向を示し、26日目以降皆無となった。

区分1では26日目以降急減し、後者は7~19日目まで横ばいで経過したもののその後急減した。区分3, 4はいずれも減少傾向を示し、26日目以降皆無となった。

②亜硝酸態窒素 (NO₂-N)

区分1, 2とも増加の時間的なズレがみられ、区分1で14日目以降急増傾向がみられたのに対し、区分2では7日目以降にみられた。区分1では47日目に、区分2では26日目にそれぞれ最高値がみら

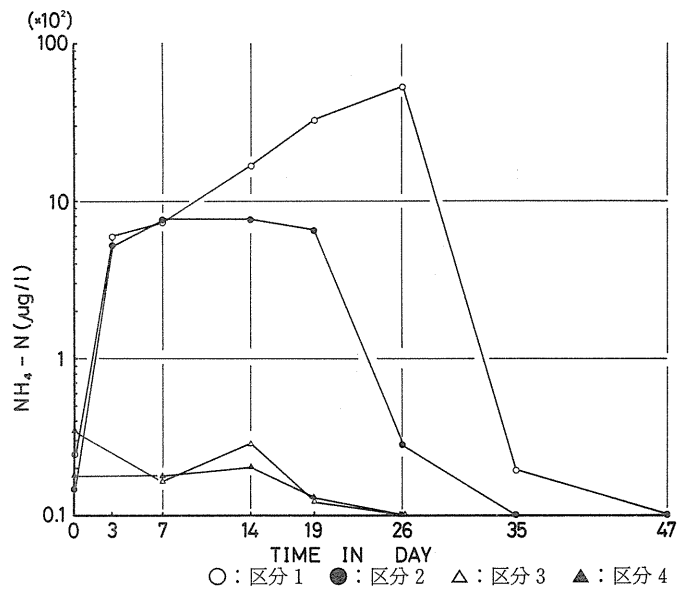


図2-1 実験区別NH₄-Nの経日変化

れ、その時期の濃度レベルは区分1で8.7ppm、区分2で4.3ppmを示し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と同様に区分1が区分2よりも高い値を示した。区分1は14日目以降終了時まで増加がみられたが、区分2では26日目以降急減し47日目には $10\mu\text{g/l}$ 以下の値を示した。区分3、4は低い値で経過した。

◎硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)

$\text{NO}_2\text{-N}$ と同様、区分1、2とも増加の時間的なズレがみられ、区分1で19日目以降急増傾向がみられたのに対し、区分2では14日目以降にみられた。区分1では35日目に、区分2では47日目にそれぞれ最高値がみられ、その時期の濃度レベルは区分1で1.9ppm、区分2で6.6ppmを示し、前述した $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の挙動とは異なり、区分2が区分1よりも約3.5倍の高い値を示した。区分1は19日目以降35日目まで増加し、その後やや減少したが、区分2では47日目まで継続して増加傾向を示した。区分3、4はいずれも横ばいで経過した。

◎無機3態窒素 (DIN)

区分1、2とも26日目まではほぼ同様な増加傾向を示したが、それ以降では異なり、区分1では47日目まで増加を示したものの区分2では横ばいで経過した。区分1は47日目に、区分2では35日目にそれぞれ最高値がみられ、その時期の濃度レベルは区分1で10.2ppm、区分2で7.3ppmを示し、浮泥を添加しなかった区分1が添加した区分2よりも約1.4倍と高い値を示した。区分3、4はいずれも横ばいかまたは、やや微増傾向を示した。

◎リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$)

区分1、2とも開始時から経日的に増加傾向がみられたが、7日目から35日目までは常に区分1の濃度レベルが区分2よりも高めに経過した。区分1では26日目に、区分2では47日目にそれぞれ最高

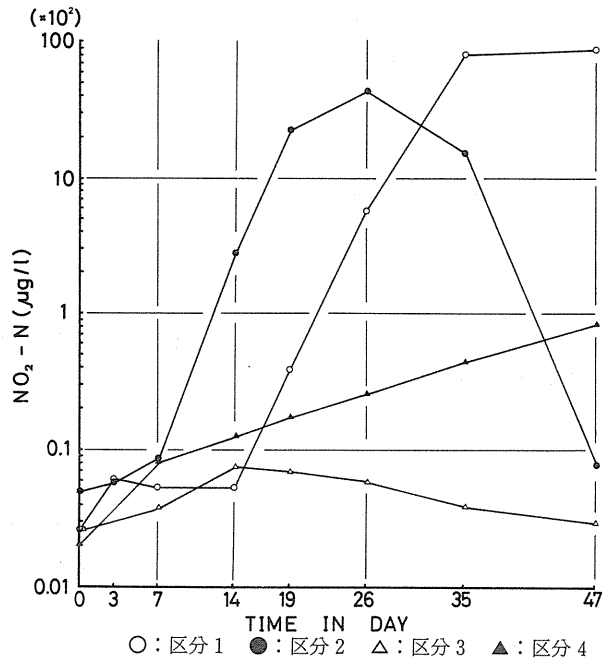


図2-2 実験区別 $\text{NO}_2\text{-N}$ の経日変化

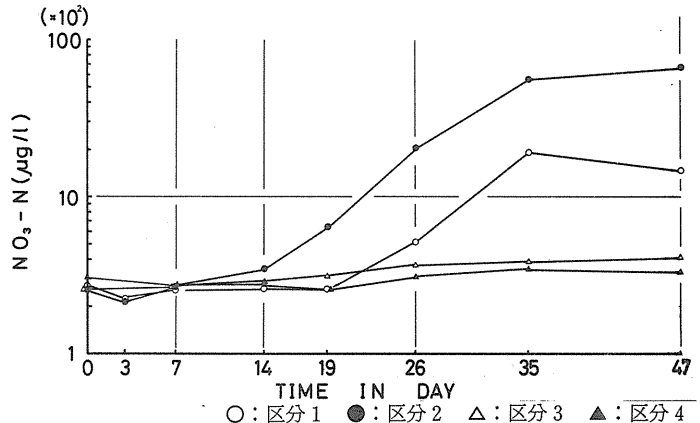


図2-3 実験区別 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経日変化

値がみられ、その時期の濃度レベルは区分1で0.77ppm、区分2で0.71ppmを示しほぼ近似した値を示した。区分3は期間中微増傾向を示し、終了時には開始時の約1.5倍の値を示した。区分4は横ばいで経過し、ほとんど変化は認められなかった。

⑤珪酸 (SiO₄-Si)

区分1、2ともほぼ同様の溶出経過がみられたが、14日目から35日目の間においては区分1の濃度レベルが区分2よりもやや高めに経過した。区分1では35日目に、区分2では47日目にそれぞれ最高値がみられ、その時期の濃度レベルは区分1で4.0ppm、区分2で4.2ppmを示し、ほぼ同一の値を示した。海水に浮泥のみを添加した区分3においても区分2とほぼ同様の変動傾向を示したものの常に区分2よりも高い値で経過した。区分4は期間中ほとんど変化が認められなかった。

2. 化学的酸素要求量の変化 (COD)

各実験区のCOD値の変化を図5に示した。

区分1、2ともに開始後徐々に増加傾向がみられ、区分1では14日目に3.18ppm、区分2では19日目に2.12ppmとそれぞれ最高値を示し、区分1が区分2よりも約1ppm高い値を示した。期間を通してても区分1の値は常に区分2よりも高

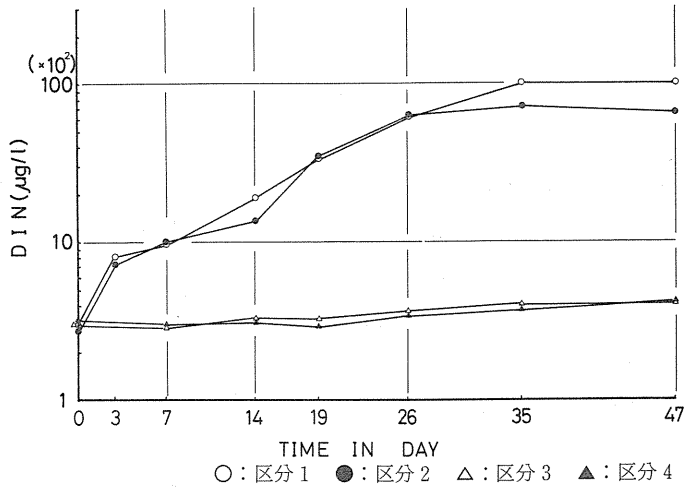


図2-4 実験区別DINの経日変化

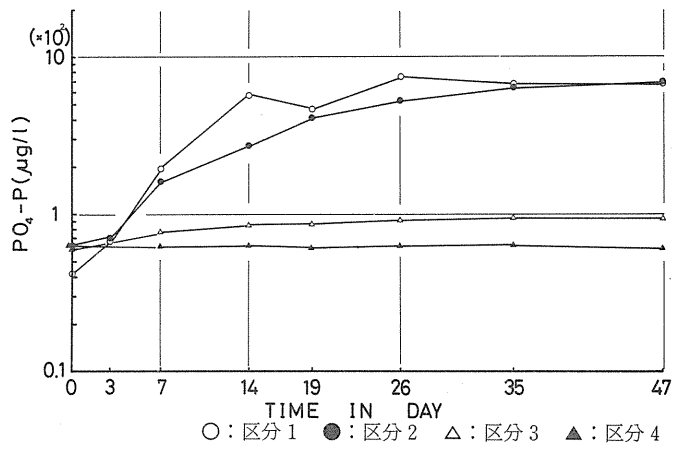


図3 実験区別PO₄-Pの経日変化

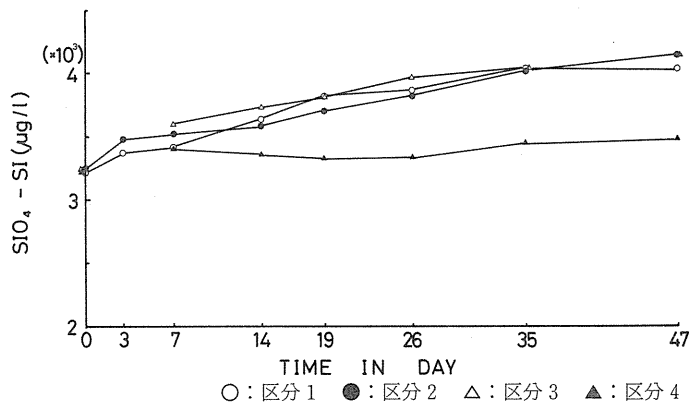


図4 実験区別SiO₄-Siの経日変化

めに経過した。最高値のみられた14日目および19日目以降は両区分とも漸減傾向を示し、47日目には区分1で2.14ppm、区分2で1.12ppmを示した。区分3、4はいずれも14日目まで減少傾向がみられ、それ以降は1ppm以下の値で経過した。

3. 炭素、窒素比の変化(C/N)

各実験区のC/N比の変化を図6に示した。

区分1、2とも全く異なった変動を示し、区分1では3日目以降増加し14日目に14.52と最高値がみられ、以降急減したが、区分2では特に一定の傾向が認められず、横ばいで経過した。区分3は7日目で1.25の値を示し、それ以降は1以下の値で経過した。

4. 濾過残渣の変化

各実験区の濾過残渣の経日的な変化を図版1に示した。

区分1は19日目まで葉片が多数確認されるものの26日目以降は減少し、47日目には皆無となった(図版1-A)。区分2は、区分1とほぼ同様の状況を呈しているものの、14日目以降の写真では区分1よりもむしろ区分2の方がノリの色調、形態が保持されているように認められた(図版1-B)。区分3、4では特に変化は認められなかった(図版1-C, D)。

5. 濁度*1

濁度測定は実験の都合上、開始時(浮泥を添加直後)のみにしか実施しなかったが、ちなみに、区分1から4までの値は、それぞれ1.7ppm、110.0ppm、110.7ppm、1.3ppmを示し、浮泥を添加した区分で約110ppmと高い値を示した。

*1：測定は分光光度計(波長400nm吸光度)で実施し、カオリン濃度換算とした。

考 察

海水にノリだけを添加した場合と更に浮泥を添加した場合の2実験区の無機化過程から、ノリの分解により溶出した各成分間の関係や実験条件の違いが無機化に及ぼす影響等について考察を加え、また、上記2実験区の実験系における窒素収支についても検討を加えた。

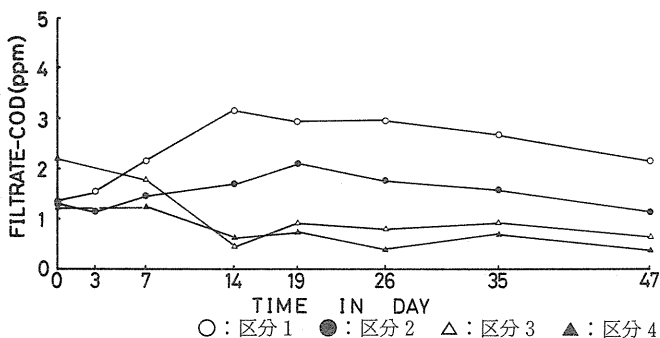


図5 実験区別CODの経日変化

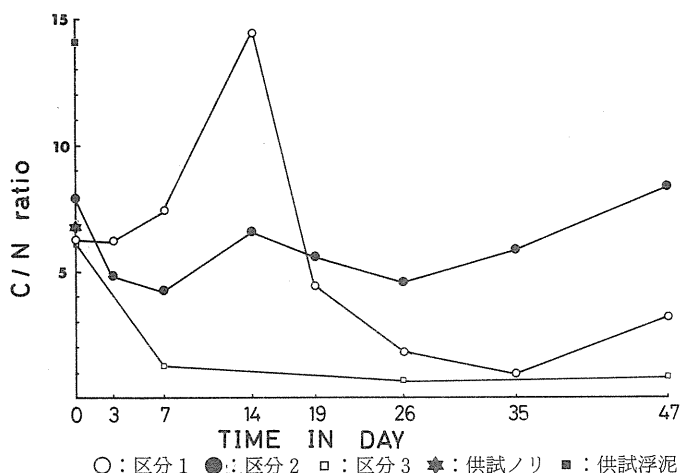


図6 実験区別C/Nの経日変化

I. 無機化による各種物質の溶出過程

海水にノリだけを添加した場合（実験区1）と更に浮泥を添加した場合（実験区2）の各種物質の溶出過程を再整理し、図7、8に示した。区分1、2の対照区として設けた区分3、4の水質変化から、珪酸以外の項目についてはほとんど変動がみられなかったため、区分1、2における窒素、リン等の濃度変化はあくまでもノリの分解にともなう水質変動であることが確認された。

1. N成分について

図2-1~4および図-7、8から、区分1、2ともノリの分解による無機化が認められ、両者ともまず最初に $\text{NH}_4\text{-N}$ の急増がみられ、順次 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加が認められた。このことは、ノリという有機物が十分な溶存酸素下において各種細菌による好気的な分解作用を受けたことにより、 $\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$ の酸化過程である硝化作用が進行したものと判断された。畑¹⁾は主に有機物の分解に際して、好気的な条件下においてはアンモニア酸化細菌および亜硝酸酸化細菌のみが営み、その結果として $\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$ というパターンが認められることを報告しており、本実験では、細菌学的な検証は実施しなかったが、硝化パターンがみられたという畑の結果とは矛盾が認められなかった。また、滝本¹¹⁾が真珠養殖より発生する排出物の分解速度を求めた報告においても同様のパターンが認められており、有機物の無機化過程としては普遍的なものであると

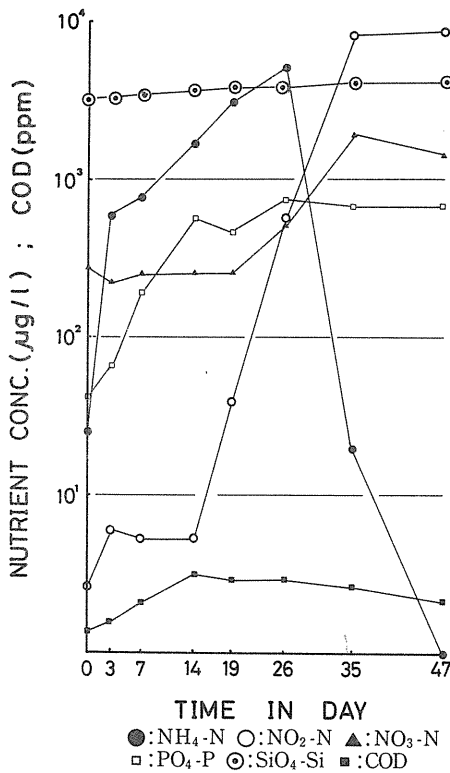


図7 項目別溶出経過 (区分1)

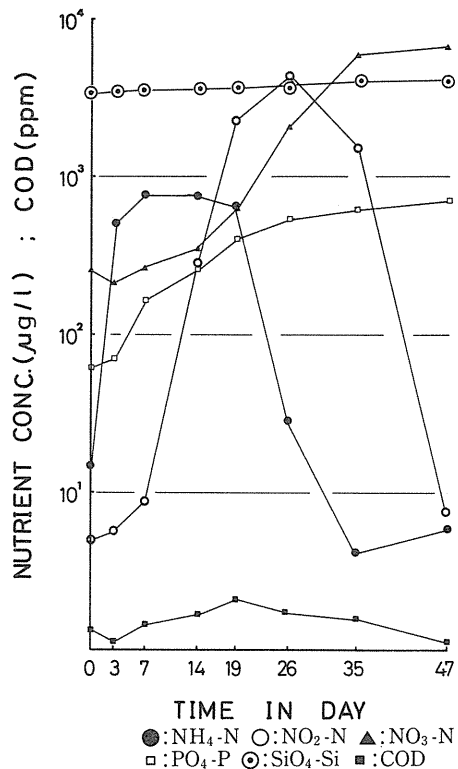


図8 項目別溶出経過 (区分2)

思われた。上述のように区分1, 2とも硝化作用の進行がみられたが, $\text{NH}_4\text{-N}$ から $\text{NO}_2\text{-N}$ に, $\text{NO}_2\text{-N}$ から $\text{NO}_3\text{-N}$ へと転換されるに要する時間および各項目の濃度レベルには差異が認められた。このことは, 後述する窒素収支の項においても論議するが, 浮泥の添加の有無によって生じたものと推察され, 浮泥を添加した実験区2では, $\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$ へと転換される時間は区分1に比べ比較的短く, しかも $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ の濃度レベルはかなり低めに経過した。DINで見た場合でも26日目までは両区分とも同様の濃度値を示したもののそれ以降においてかなり差がみられたことは, 浮泥の何らかの作用が働いたものと推察され, 浮泥を添加することによって有機物のN成分についての溶出がある程度抑制されているものと判断された。即ち, 懸濁態の有機窒素成分等が浮泥の粘土粒子によって吸着, フロック化され, その結果分解が遅延されているものと推察された。河合¹²⁾らは水域における窒素代謝に関する微生物学的研究の中で, 水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ は植物プランクトンおよび細菌群に速やかに同化され, その後DONに代謝されて水中に遊離することを報告しており, 本実験ではDONの測定は実施しなかったものの, たぶんこれらのDON成分に対しても上述のような粘土粒子の吸着が進行しているものと思われる。またSEKI¹³⁾は水中のデトライタスが細菌の増殖基質として重要な役割を果たしているという報告から, むしろ浮泥を添加して有機物をフロック化させた方が分解が速く進行するようにも思われるが, そのことが, 区分1よりも区分2で硝化作用が早く進行した原因ではないかと推察され, ノリの分解の程度と硝化速度の遅速は別々に考慮することが必要と思われた。実験に供した浮泥は代田¹⁴⁾の報告にもみられるようにモンモリナイト系の粘土粒子であろうと推定され, 極めて凝集能力が高く吸着能力も高いことが報告されているため区分2では各種の吸着が進行したものと思われる。また, 本県で実施した試験¹⁵⁾においても, 同じくモンモリナイト系のベントナイト粒子を有機物に作用させることにより分解を遅らせることが報告されている。これらの知見は本実験での知見とほぼ一致し, 粘土粒子の作用の結果として, 区分2では26日目以降DINレベルが低く抑えられたものと推測された。

2. その他の成分について

(1) $\text{PO}_4\text{-P}$

図3, 図7~8から, DINにほぼ対応した形で $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出がみられるが, $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出に関しては特に7~35日目の間において, 浮泥を添加した実験区で溶出が低く抑えられた形を示した。このことは, 浮泥を添加しなかった区分1の分解が速く進行していることを裏づけるものであり, 逆に, 浮泥を添加した区分2では分解が抑制されているものと判断された。濾過残渣中のP含量の分析は実施しなかったが, Grill et al¹⁶⁾の報告にもみられるように, Particulate-Pの減少とともに $\text{PO}_4\text{-P}$ の増加がみられていることから, ノリの分解に関しても同様の現象が進行しているものと推察され, これらのParticulate (粒子状)の部分に粘土粒子が作用し, その結果として7~35日目の間における3区分2の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が低く抑えられたものと思われた。また, $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出経過から, 両区分の濃度差は7日目以降において顕著となり, 35~47日目では近似した値を示したことから, 前述したDINの溶出とは異なった様相を示したが, このことは, 浮泥の作用がN成分の場合26日目以降と遅くみられ, P成分では7日目以降26日目頃までと早くみられたことになり, Nに対する作用よりもPに対する作用の方がむしろ速効的であるように思われた。

(2) SiO₄-Si

図4および図7～8から、浮泥を添加した区分2、3では浮泥中に含まれている珪酸成分が溶出して来たものと推察されるが、添加しなかった区分1でも同様に増加がみられたことは、ノリ葉体中に何らかの形態で珪酸が保持されていることを裏づけているようである。陸上植物の水稻の場合では葉体中に約18%の珪酸が含有されていることが報告¹⁷⁾されているが、ノリについてはその知見は少なく、木下¹⁸⁾がノリに対するつや・色調向上効果を述べているにすぎない。

(3) COD

図5および図7～8から、分解の進行とともに増加し、その後漸減傾向を示すことから、何らかの形態でCOD成分が溶出され分解が進行していることを裏づけているものと推測された。区分1と区分2では、常に区分1で高く経過していることから、区分1が区分2よりも容易に分解が進行しているものと判断され、N、Pと同様に、浮泥による分解の遅延作用が窺われた。佐賀県の報告¹⁵⁾でも、ベントナイト粘土を添加することによりCODが32～37%除去されると報じられ、上述の知見と同様の結果が得られた。

(4) C/N比

多くの有機物質は、N含量の減少にしたがってC/Nの増加がみられることを宇野⁹⁾が報告しており、また、魚類養殖場においても同様の知見¹⁹⁾が得られている。区分1で14日目が高い値がみられたことは、分解の進行とともにN成分が減少し、その結果C/Nが増大したものだと思われる。区分2ではN成分等の吸着の結果、C/Nが大きく変動しなかったものと思われるが、詳細については明確とならなかった。

II. 各種栄養塩間の関係

区分1、2について各成分間の関係を1次回帰により求め、相関マトリックスとして表2に示した。相関係数を比較してみると、区分1の場合、危険率1%で有意な関係がみられたものはNO₂-N=N、NO₃-N、DIN=NO₂-N、PO₄-P=DINの3組で、一方、区分2の場合も3組みられ、両者共通してみられた関係はPO₄-P=DINの関係であった。PO₄-PとDINの間には図9のように直線関係が認められ、区分1と2の傾きは、それぞれ1.03、1.22を示した。即ち、NとPの無機化

表-2 各種栄養塩間の相関マトリックス

区分1						区分2						
NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	DIN	PO ₄ -P	X	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	DIN	PO ₄ -P	X	Y
	-0.678	-0.503	-0.198	-0.046	NH ₄ -N		-0.765 ^{*2}	-0.042	-0.392	-0.384	NH ₄ -N	
		0.949 ^{*1}	0.794 ^{*2}	0.582	NO ₃ -N			-0.398	0.880 ^{*1}	0.862 ^{*1}	NO ₃ -N	
			0.917 ^{*1}	0.712 ^{*2}	NO ₂ -N				0.658	0.655	NO ₂ -N	
				0.915 ^{*1}	DIN					0.965 ^{*1}	DIN	
					PO ₄ -P						PO ₄ -P	

*1 危険率1%で有意 (r=0.835以上)

*2 危険率5%で有意 (r=0.707以上)

比率はN:P=1.03:1(実験区1)およびN:P=1.22:1(実験区2)で示され、区分1ではNとPの溶出速度はほぼ一定とみられ、区分2ではややNの方が速いものと思われた。また、N/P比を原子比で表すと、区分1で2.3、区分2で2.7と示され、半田ら²⁾、Grill et al¹⁶⁾が示した値よりもやや小さな値が求められた。このように小さな値が示されたことは、分解に供した有機物の種類や実験期間の差、さらにNとPの相関を求める際、彼等がNとしてNH₄-Nを取りあげたのに対し、本実験ではDINを取りあげたためであろうと思われた。

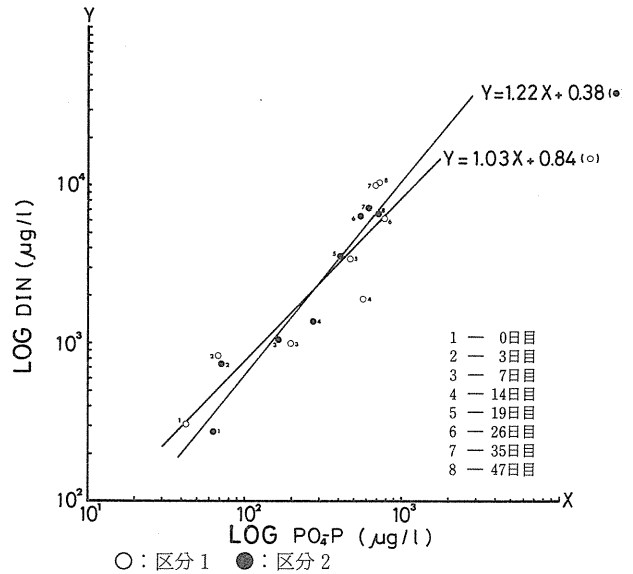


図9 PO₄-PとDINの関係

III. 窒素収支

区分1, 2の各実験系における窒素収支の試算を行い、表3, 4に示した。窒素収支はDIN濃度と水量から水中のN含量を求め、開始時の海水中のN含量を引くことにより溶出N量を求め算出した。

①実験区1

表3から開始時と35~47日目の窒素収支はほぼ同等であると判断された。即ち区分1の開始時にお

表-3 窒素量の収支(区分1)

時間	項目	有機物のN	海水中のN	
開始後		7.6g × 5.93%	50 l × 300 μg/l	
		(供試ノリ)	(供試海水)	
		450.7mg	15mg	
		合計 465.7mg		
		海水中のN	溶出されたN	差
3日目		49.5 × 0.822 40.69mg	25.69mg	→ 7.48mg
7日目		49.0 × 0.983 48.17mg	33.17mg	→ 44.32mg
14日目		48.5 × 1.907 92.49mg	77.49mg	→ 72.87mg
19日目		48.0 × 3.445 165.36mg	150.36mg	→ 131.85mg
26日目		47.5 × 6.257 297.21mg	282.21mg	→ 175.05mg
35日目		47.0 × 10.048 472.26mg	457.26mg	→ 1.2mg
47日目		46.5 × 10.182 473.46mg	458.46mg	

表-4 窒素量の収支(区分2)

時間	項目	有機物のN	海水中のN	
開始後		7.6g × 5.93%	50 l × 276 μg/l	
		(供試ノリ)	(供試海水)	
		450.7mg	13.8mg	
		14.2g × 0.19%		
		(供試浮泥)		
		27.0mg	合計 491.5mg	
		海水中のN	溶出されたN	差
3日目		49.5 × 0.735 36.38mg	22.58mg	→ 15.22mg
7日目		49.0 × 1.053 51.60mg	37.80mg	→ 15.43mg
14日目		48.5 × 1.382 67.03mg	53.23mg	→ 104.38mg
19日目		48.0 × 3.571 171.41mg	157.61mg	→ 134.21mg
26日目		47.5 × 6.434 305.62mg	291.82mg	→ 35.18mg
35日目		47.0 × 7.251 340.80mg	327.00mg	→ -32.78mg
47日目		46.5 × 6.624 308.02mg	294.22mg	

ける総N含量は465.7mgと見積られ、35～47日目には海水中のN含量はすでに472～473mgとなり、溶出されたN量は457～458mgを示した。この時点においてノリ葉体中の窒素分はほぼ水中に回帰され、窒素に関しての分解は一応終了したものと判断される。換言すると、ノリ葉体中のNが分解、無機化されるに要する日数は、水温 $21.5 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ の室内実験条件下では少なくとも5週間かかることを示唆しているものと思われた。

㊥実験区2

表4から、開始時と35～47日目の窒素収支は区分1とは異なり差がみられた。即ち区分2の開始時における総N含量は491.5mgと見積られ、35～47日目には海水中のN含量は341～308mgとなり、溶出されたN量は327～294mgを示した。この時点においてノリ葉体中の窒素分は海水中に全て回帰されるまでには至っておらず、35日目頃で頭打ちの状況を示し分解が長期にわたるものと推察された。このことから区分1に比べ区分2では分解が遅れているように思われた。

表一五 ノリ葉体中Nの分解率の変化

区分 \ 開始後の日数	0	3	7	14	19	26	35	47
区分1	—	5.7%	7.4%	17.2%	33.4%	62.6%	101.5%	101.7%
区分2	—	5.0%	8.4%	11.8%	35.0%	64.7%	72.6%	65.3%

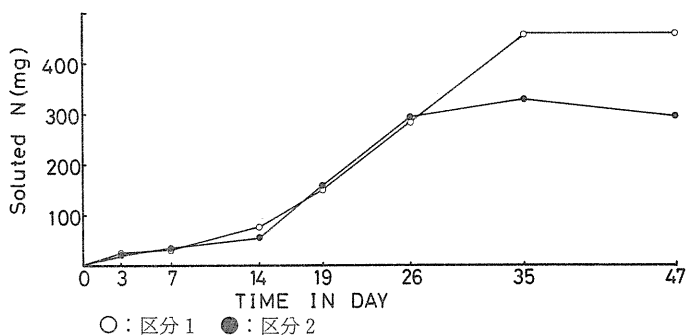


図10 溶出されたN含量の経日変化

以上のことから、区分1、2の溶出されたN量は、開始時から26日目までは両区間に差は認められないが、それ以降においては差がみられ、35日目以降では浮泥を添加した区分2で約130～160mg低い値を示し、浮泥の存在がNの分解をある程度抑制していることを示唆しているものと思われた。また、表3、4から溶出されたN量の変化を図10に示したが、両区分ともNの増加はシグモイドカーブとして示されるが、区分1の方が区分2よりも立上りの大きなカーブを示すことから区分2で分解が遅延され、分解の割合も表5に示したように明らかに頭打ちの状況を示した。

問 題 点

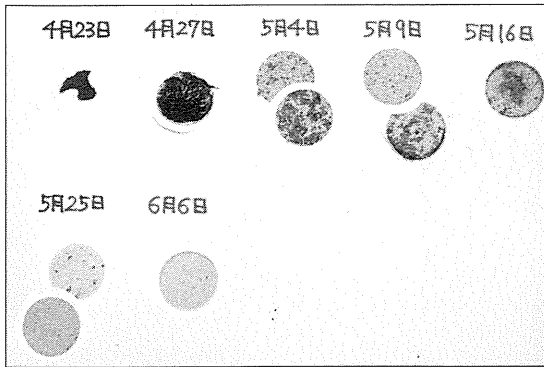
本報告では、主にノリの分解による各種物質の溶出過程および浮泥の添加が無機化に与えるという点を中心に述べた。しかし、今回は水温21°Cという室内実験条件下でのものであり、また細菌数の変動や水質DON, Particulate-P等の分析を実施しなかったため水温変動にともなう分解の差異や溶出の詳細な機作を把握出来るまでに至らず、今後この点についての追試、検討が必要と思われる。また、漁場での「落ちノリ」の挙動や量的見積りを実施することにより、これらのノリの分解によって本県海域内に回帰される各種物質量の見積りや漁場内細菌数の変動との関係についても今後検討していかねばならないものと思われる。

要 約

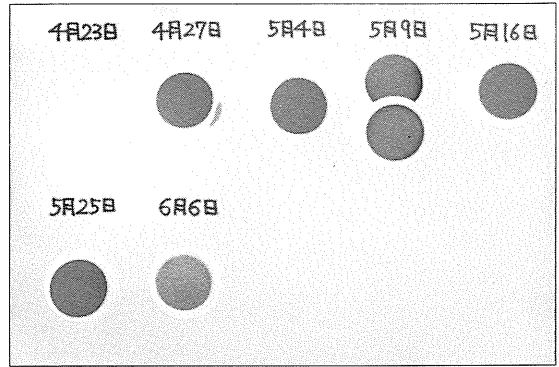
1. 浮泥を含まない海水および含んだ海水中の2系列におけるノリの室内分解実験を47日間行い、各種栄養塩類等の溶出過程や浮泥の添加が溶出へ与える影響を検討した。
2. 実験条件は水温21~22°C, 塩素量16~17%, 暗黒, 通気下で行った。
3. 供試ノリおよび浮泥は海水50 l 当り, それぞれ7.6 g (乾重), 14.2 g (乾重) の割合で添加した。
4. 2 実験区のノリの分解によるNの溶出過程は硝化作用として現れ, 硝化は浮泥を含んだ区分で早く, 含まないもので遅れてみられた。一方, 溶出濃度レベルでは, 逆に浮泥を含んだ区分で低く, 含まないもので高かった。Pについてもほぼ同様の傾向がみられた。
5. 2 実験区のCODは分解の進行とともに上昇傾向がみられ, 浮泥を含んだ区分が含まない区分よりも低い値を示した。
6. $\text{SiO}_4\text{-Si}$ は, 2 実験区とも上昇傾向がみられ, ノリ葉体中に何らかの形態で珪酸成分が保持されているものと推察された。
7. 溶出されたDINと $\text{PO}_4\text{-P}$ の間には高い相関がみられ, N/P比(原子比)で2.3(浮泥を含まない区分), 2.7(浮泥を含んだ区分)と示された。
8. 2 実験区のN収支から, 浮泥を含まない区分では, 開始時のノリ葉体中N量が35~47日目にほぼ海水中に全て回帰されたが, 浮泥を含んだ区分では60~70%と示され, 全てを回帰するに至らなかった。即ち, 浮泥を含まない区分は約5週間でノリの分解が終了し, 含んだ海水では分解が長期にわたるものと思われた。
9. 濁りの成分—浮泥の添加—が分解に与える影響は, 各種物質の溶出を抑制し, 有機物の分解を遅延させる効果があるものと推察された。

文 献

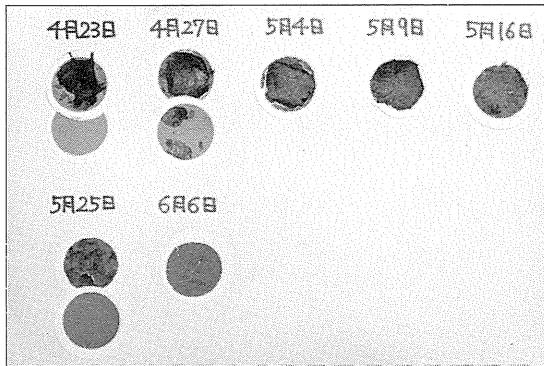
- 1) 畑幸彦 (1981) : 浅海域における有機物の沈降—堆積—分解とバクテリア. 沿岸海洋研究ノート, **18** (2), 112—122.
- 2) 半田暢彦・武居薫 (1981) : 底泥海水境界層の有機物代謝. 沿岸海洋研究ノート, **18** (2), 100—105.
- 3) 鎌田明善・天野誠 (1984) : 東京湾で採集された底棲生物の糞粒からの磷酸と珪酸の再生について. 日水誌, **50** (6), 999—1003.
- 4) 鎌谷明善・中沢信之 (1978) : 生物体シリカの溶解機構に関する研究. 日本プランクトン学会報, **25** (1), 1—6.
- 5) Miyoshi, H. (1976) : Decomposition of Marine Plankton under Laboratory conditions. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **42**(11), 1205—1211.
- 6) 河合章 (1981) : 水域底泥からのアンモニア態窒素などの溶出. 沿岸海洋研究ノート, **18** (2), 106—111.
- 7) 谷口忠敬 (1965) : 浅海域の微生物学的研究—I. 泥質からアンモニア・磷酸塩および有機酸の浸出について, 長大水研報, **19**, 91—99.
- 8) 東海区水研・養殖研・南西水研・水産大学校 (1983) : 内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究. 5年間の研究成果, 1—299.
- 9) Uno, S.ら (1983) : Distribution of *Ulva pertusa* and amount of nitrogen in Yamaguchi Bay. Jap. J. Phycol., **31**, 148—155.
- 10) 佐賀県有明水産試験場 (1985) : 有明海における珪藻プランクトンの発生. 赤潮情報交換事業研修資料, 1—5.
- 11) 滝本真一 (1984) : 真珠養殖の汚染負荷に関する研究. 水産増殖, **32** (2), 77—82.
- 12) 河合章 (1979) : 水域における窒素代謝に関する微生物学的研究—V. 日水誌, **45** (1), 61—65.
- 13) Seki, H. (1967) : Mineralization rate of organic carbon by micro organisms in the sea. J. Oceanogr. Soc. Jap., **21**, 261—269.
- 14) 代田昭彦 (1979) : 非生物体ニゴリの研究—I. 日水誌, **45** (9), 1123—1128.
- 15) 佐賀県有明水試・芙蓉海洋開発KK (1979) : 昭和54年度赤潮対策技術開発試験報告書. ヘドロ底質改良技術開発試験委託事業 (水産庁), 20—97.
- 16) Grill and Richards (1964) : Nutrient Regeneration from Phytoplankton Decomposing in Seawater. J. Mar. Res., **22**, 51—69.
- 17) 田口亮平 (1960) : 作物生理学, 養賢堂, 222—224.
- 18) 木下和生 : 私信
- 19) 窪田敏文 (1977) : 浅海養殖と自家汚染, 水産学シリーズ **21**, 9—18.



(A)



(C)



(B)



(D)

- (A) 実験区 1
- (B) 実験区 2
- (C) 実験区 3
- (D) 実験区 4

{ 4月23日 : 3日目	4月27日 : 7日目	5月4日 : 14日目	5月9日 : 19日目
5月16日 : 26日目	5月25日 : 35日目	6月6日 : 47日目	

図版 1 濾過残渣の経日的な変化