

(23)

干潟モデル実験装置を用いたベントス相の異なる 干潟生態系の有機物動態の比較

Comparison of Organic Matter Dynamics among Tidal Flat Ecosystems of Different Biota with Tidal Flat Experimental Equipment

坂巻隆史^{*}、西村修^{*}、須藤隆一^{**}

Takashi SAKAMAKI^{*}, Osamu NISHIMURA^{*}, Ryuichi SUDO^{**}

Abstract; The experimental study was conducted with model equipment in order to assess influence of benthic biota on organic matter dynamics in tidal flat. In the experiment, four different biota ecosystems were prepared; shaded system, unshaded system, unshaded and polychaete released system, and unshaded and bivalve released system. Throughout the experiment, the amount of organic matter in sediment tended to increase. The accumulation rate of organic matter was different among the systems. The accumulation rate was greatly higher in shaded system than the other unshaded systems. This result suggests that the effect of benthic microalgae on bacterial organic matter degradation with its supplying oxygen and extracellular metabolite was much greater than that of macrobenthos. Filter feeding by bivalve inhibited the accumulation of organic matter in sediment, which was attributed to decreasing deposition, and respiration and the growth of bivalve. Moreover, bivalve predominance enhanced the productivity of attached algae because of activation of PO_4P regeneration by bivalve.

Keywords; tidal flat, biota, model experiment, organic matter, benthos, biological interaction

1. はじめに

近年、干潟の浄化機能や生産機能が注目され、有機物や栄養塩の動態に関する定量化が試みられている。これらの研究では、干潟の有機物や栄養塩の動態に対してベントスが大きな影響をおよぼすことが示されている。例えば、木村らは、全国各地の自然干潟や人工干潟の有機物浄化能力を比較し、特にアサリが優占し高い現存量を有する場の浄化量が大きくなることを示した¹⁾。佐々木らが行った一色干潟および盤州干潟を対象とした現場調査およびボックスモデル解析では、一色干潟では海藻の現存量が大きくその栄養塩吸収の結果として水中からの窒素除去がみられたのに対して、盤州干潟ではアサリのろ過摂食による働きが大きく $\text{Chl. } a$ の水中からの除去が行われていることと無機態栄養塩の水中への回帰が活発にみられ窒素除去はあまり行われていないことが示された^{2)~5)}。青山らが一色干潟でアサリ等のベントスが夏季に大量斃死する前後に行った調査では、斃死前は懸濁態窒素が水中から除去されていたのが斃死後流出に転じるなど栄養塩収支に大きな変化がみられた⁶⁾。青山らの現場調査データをもとに行った鈴木らの生態系モデルによる解析でも、底生生物群集の変化と栄養塩収支の変化の関連が指摘されている^{7) 8)}。このようにベントス相の違いは干潟の物質動態に大きく影響を及ぼすことがわかっているが、その関係を整理しておくことは、今後の干潟の保全と創出のあり方を論じるうえで非常に重要と考えられる。しかし、ベントス相の違いに焦点をあてその有機物や栄養塩の動態への影響を詳しく比較した例はこれまでない。これは、特に現場では水質・水理条件に差異があるために干潟間で単純には比較できないことによるところが大きいと考えられる。

また、ベントスは他のベントスやプランクトンなどと複雑な生物間相互作用を有するが、その結果として系内の有機物や栄養塩の動態がどのような影響を受けるのかについても知見は不十分である。例えば、底生藻類は光合成によって底質中の酸素濃度を上昇させ好気的環境の形成を促すが⁹⁾、その結果としてバクテリアの活性、さらには底質内の有機物の分解や収支がどのような影響を受けるかまで

^{*} 東北大学大学院工学研究科 (Graduate School of Engineering, Tohoku University)

^{**} 埼玉県環境科学国際センター (Center for Environmental Science in Saitama)

はわかっていない。また、二枚貝は有機物のろ過摂食により直上水中の懸濁態有機物濃度を低下させる^{1) 6)}とともに栄養塩の回帰を促す¹⁰⁾が、その結果として藻類の活性、さらには水中や底質における有機物の生産や収支がどのような影響を受けるのかについても知見は少ない¹¹⁾。生態系内の相互作用を考えるには、生態系モデルによる解析が有効とも考えられるが、モデルを検証する実験・調査データ自体が不足している現状にある。

以上をふまえ、本研究では、水質・水理条件を一定とした中で異なるベントス相を有する4系の干潟生態系を模擬的に再現した干潟モデル実験装置を作成してモデル実験を行い、ベントス相の違いが生物間相互作用を介して、干潟生態系内の特に有機物の動態に対してどのように影響するかを比較し検討することを試みた。

2. 実験方法

2.1 干潟モデル実験装置の概要と運転条件

本研究で用いた干潟モデル装置をFig. 1に示す。実験水槽は4系列分あり、それぞれの大きさは160L×110W×70Hcmで、底質として海浜砂を厚さ30cmに敷き詰め、水深も30cmとした。各系列には、七北田川河口域の底層部よりポンプアップし6tの貯留タンクに貯めた汽水を、ヘッドタンクを介して分配し連続的に通水させることができる。なお、海浜砂は特に処理を行わず採取したまま底質として用いたが、マクロスケールの生物の混入は認められなかった。また、汽水についても、ポンプ付属の口径3mmのスクリーンによりそれ以上の大きな生物混入はなかったと考えられる。

実験系は、光条件、マクロベントスの有無、および摂餌形態の違いに着目して異なる生物群集を再現するため、第1系は遮光系、第2系は非遮光系、第3系は非遮光で実験開始時に堆積物食性のゴカイ(*Neanthes japonica*)を導入した系、第4系は非遮光で実験開始時に堆積物食および懸濁物食を行う二枚貝のイソシジミ(*Nuttallia olivacea*)を導入した系とした。ゴカイとイソシジミは、いずれも七北田川河口域の蒲生干潟より採取したもので、初期の各系内の生息密度は、第3系のゴカイが142個体・m⁻²、第4系のイソシジミが343個体・m⁻²で、採取場所とほぼ同等になるようにした。

装置の運転は、1998年9月7日に開始し、各系いずれも流量7200l・day⁻¹(滞留時間約2時間)で、常時底質が冠水した状態でいった。実験は1999年12月まで継続していった。なお、常時冠水としたのは、干潟を再現することにより底質が巻き上がりやすくなることで、底質の特性が変化し、また物質収支が影響を受け、生物の作用によって生じる系ごとの底質や物質収支の差をみることができなくなる恐れがあったためである。

2.2 水質調査

実験装置の運転開始1ヶ月後より、計7回の水質調査を行った。水質調査は、連続流入条件で24

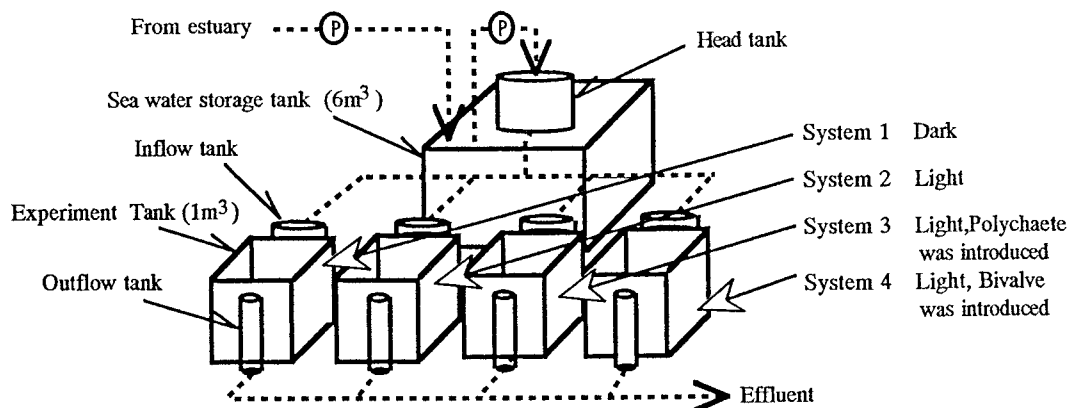


Fig.1 Tidal flat experimental equipment

時間に渡るものと、実験水槽への流入と流出を停止した回分条件での8時間に渡るものの2種類を行った。実験は、運転開始から1ヶ月後の1998年10月に連続流入条件で1回と回分条件で2回、1999年5月に回分条件で1回、1999年9月から11月にかけて連続流入条件で1回と回分条件で2回行った。Table 1 には実験の日程と条件を示した。いずれの調査においても、各実験水槽中央部の水中に設置した採水孔と、連続流入条件の場合にはさらにヘッドタンク内の1点より、1~2時間間隔で採水を行った。採水後、常法にしたがって、水温、DO、pH、塩分濃度、Chl. *a*、SS、T-COD、D-COD、TN、TP、DTN、DTP、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-Pの測定・分析を行った。

Table 1 Experimental conditions

1st	1998/10/6-7	Continuous flow condition, during 24hours		
		Range of water quality in influent		
		COD	1.5-3.2	mg·l ⁻¹
		Chl. <i>a</i>	1.5-3.8	μg·l ⁻¹
		TN	0.18-1.13	mg·l ⁻¹
		TP	0.03-0.06	mg·l ⁻²
		Salinity	0.8-2.8	%
		Water temp.	19.0-22.1	℃
2nd	1998/10/13	Batch condition, at day-time		
		Salinity	2.4	%
		Water temp.	18.6-20.6	℃
3rd	1998/10/20	Batch condition, at night-time		
		Salinity	2.5	%
		Water temp.	14.3-17.3	℃
4th	1999/5/20	Batch condition, at day-time (With chamber and bottle experiment)		
		Salinity	1.5	%
		Water temp.	21.2-26.0	℃
5th	1999/9/28	Batch condition, at day-time		
		Salinity	1.7	%
		Water temp.	20.6-27.3	℃
6th	1999/10/21-22	Continuous flow condition, during 24hours		
		Range of water quality in influent		
		COD	2.6-4.1	mg·l ⁻¹
		Chl. <i>a</i>	1.7-3.8	μg·l ⁻¹
		TN	0.71-1.96	mg·l ⁻¹
		TP	0.05-0.10	mg·l ⁻²
		Salinity	0.8-1.4	%
		Water temp.	13.3-18.5	℃
7th	1999/11/3	Batch condition, at night-time		
		Salinity	1.7	%
		Water temp.	13.7-16.4	℃

2.3 明暗チャンバー、明暗ボトルによる物質フラックスの測定

1999年5月の回分条件での調査では、底質と直上水での物質フラックスを分離して評価するため、Fig. 2に示す明暗のチャンバーおよびボトルを用いた測定を実施した。ここでは、チャンバーは内部の水の容積が500mlとなるように実験水槽内の底質に埋め込み、設置直後と2時間後および4時間後の水をそれぞれ100ml採水した。なお、採水はチャンバーを底質中に押し込みながらシリンジを用いて行った。一方、ボトルについては、実験水槽内の直上水を500ml入れた後、気液間での酸素の交換を防ぐため少量の流動パラフィンを用いてボトル内の水面に加えたのち密閉して、実験水槽内の直上水中に固定した。ボトルの採水も設置直後と2時間後および4時間後にシリンジを用いて行った。ここで採水した水については、DO、pH、DTN、DTP、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-Pの測定・分析を行った。

2.4 底質およびマクロベントスの測定

底質への有機物の蓄積量を評価するため、1999年の5月20日と12月2日にコアサンプラーで各系の実験水槽内底質を採取し、深さ方向に0-2、4-6、14-16cmの強熱減量を測定した。

また、マクロベントスについては、1999年5月20日と1999年12月2日に、実験水槽内で、直径22cm

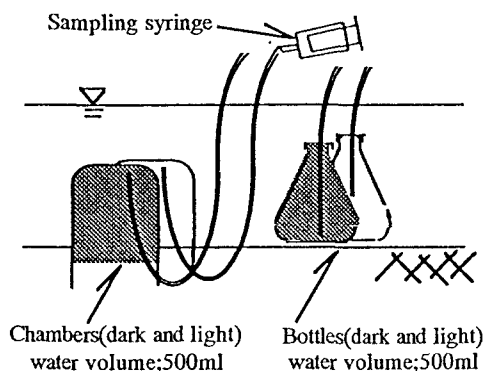


Fig.2 Flux measuring apparatus

の円筒パイプを用いて内部の底質を採取し、1mm のふるいで生物を選別し、種ごとに個体数と湿重量の測定を行った。

3. 実験結果

3.1 長期運転にともなうマクロベントス相の変化

マクロベントス量の測定結果を Table 2 に示す。運転開始から 9 ヶ月が経過した 99 年 5 月では、遮光した第 1 系にはマクロベントスの定着が確認されなかったが、非遮光の各系には実験開始時に導入していないマクロベントスの定着が若干みられた。ゴカイを導入した第 3 系では、ゴカイの現存量は他系より高い状態を維持していたものの、実験開始時に投入した現存量よりも若干低下し、あとから定着したエビ類がゴカイを上回った。また、第 3 系では、導入時に比べ個体の小型化見られ、この間若い個体への遷移が起こったと考えられた。イソシジミを放流した第 4 系では、イソシジミの現存量が実験開始時の投入量よりやや増加していた。このように 99 年 5 月の段階では、現存量に変化はあったが、おおむね実験開始時のマクロベントス相は維持されていたといえる。

しかし、一夏を越した 99 年 11 月には、傾向は全く異なるものとなった。特に 99 年の 7 月には、装置の故障で水の流入が数日間停止するトラブルがあって、第 4 系でイソシジミの大量斃死が発生し現存量が大きく減少した。また、初期の設定条件とは無関係にマクロベントスが各系でみられるようになり、第 2 系では、イソシジミが定着してバイオマスの著しい増大がみられた。いずれの系もイソシジミが優占し、各系のマクロベントス相は均質化する傾向にあったといえる。

3.2 実験系における有機物の流入出

連続流入条件での調査結果から求めた、各系における P-COD の 24 時間の総流出量から総流入量を差し引いた値を Fig. 3 に示す。懸濁態有機物の総流入量の約 30~70%程度が直上水中から除去されていた。98 年 10 月は、イソシジミが高密度で生息する第 4 系で除去量が最も大きかったが、99 年 10 月には各系の間で目立った差はみられなかった。Fig. 4 に示す 98 年 10 月の昼間の回分条件での Chl. *a* の経時変化においても、第 4 系で減少が顕著だった。また、このとき遮光した第 1 系でも Chl. *a* の減少が大きかった。

また、連続流入条件で測定された流入出水の P-COD と Chl. *a* 濃度を、 $COD/C=1.4^{12)}$ および

Table 2 Biomass of macrobenthos in each system

Macrobenthos	Sept. 1998	May 1999	Dec. 1999
System 1			
Polychaete	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Bivalve	0 (0)	0 (0)	284 (912)
Others	0 (0)	0 (0)	12 (281)
System 2			
Polychaete	0 (0)	0 (0)	16 (35)
Bivalve	0 (0)	36 (693)	818 (1403)
Others	0 (0)	44 (3813)	55 (2808)
System 3			
Polychaete	85 (142)	66 (1733)	26 (772)
Bivalve	0 (0)	37 (693)	203 (667)
Others	0 (0)	90 (9070)	2 (105)
System 4			
Polychaete	0 (0)	10 (208)	25 (351)
Bivalve	1675 (343)	2342 (291)	1121 (667)
Others	0 (0)	19 (2787)	11 (877)

biomass; wet-g·m⁻² (individuals; m⁻²)

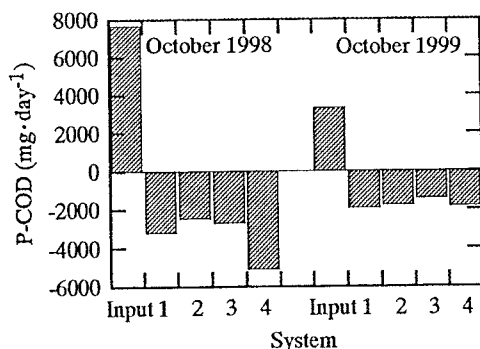


Fig. 3 Difference of total amount of P-COD between effluent and influent during 24 hours at continuous flow condition

C/Chl. $a=45^{13)}$ (いずれも重量比) を用いて炭素換算した結果、98 年 10 月、99 年 10 月ともに、Chl. a 由来の炭素量が P-COD 由来のものに対して占める割合は通常 10% 程度、最大でも 30% 程度と見積もられ、懸濁態有機物の中では常に植物プランクトン以外の有機物が多かった。

全部で 5 回行われた回分条件での調査では、本実験系内での D-COD 濃度の変化の大きさが T-COD の変化に対して占める割合は最大でも 25% 程度であり、D-COD の変動の仕方も各系間に差は見られなかった。各系内の有機物収支を考えるうえで溶存態有機物の影響は小さいと考えられた。

3.3 有機物の分解

Fig. 5 に、98 年 10 月と 99 年 11 月の夜間に行った回分条件での調査における DO 濃度の経時変化をそれぞれ示す。さらに、Fig. 5 の結果より各系内での DO 減少速度を、99 年 5 月のチャンバーでの測定結果より底質における DO 減少速度を、それぞれ各系当たりで算出した結果を Fig. 6 に示す。福島ら¹⁴⁾の求めた気液間における酸素の交換係数を用いると、本実験装置における回分条件下での酸素の気液間交換量は、生物的作用による DO 変化量に対しておよそ 10~40% 程度と見積もられた。回分条件での測定開始時の DO 濃度は常におおよそ $7\sim 8\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 程度で飽和濃度に近かったことを考えると、気液交換は DO に基づく有機物分解(呼吸)活性および生産活性の評価をとともに過小にする方向に働き、活性が大きいほど気液交換量が增大することになる。よって、Fig. 6 では、有機物分解活性の定量の精度に関しては気液交換にともなう 10~40% 程度の誤差があると考えられるが、その大小を各系間で比較することが可能である。また、ボトルで測定された直上水中での呼吸活性は、系あたりで $72\sim 133\text{mg}\cdot\text{O}_2\cdot\text{hr}^{-1}$ の範囲内にあり、第 1 系で最も小さく、第 4 系で最も大きかった。

初期のベントス相が維持されていた 98 年 10 月の系全体および 99 年 5 月の底質とも、マクロベントス現存量が大きい系ほど有機物分解活性が高く、特にイソシ

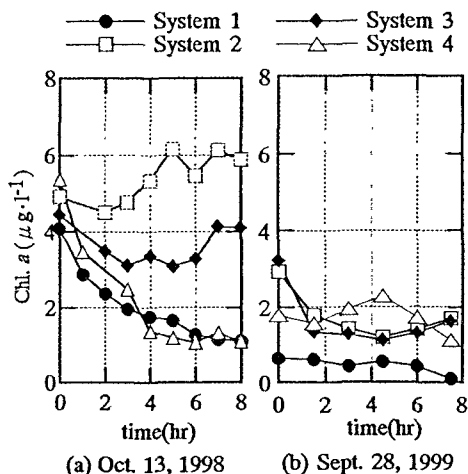


Fig. 4 Change in Chl. a concentration in batch condition in daytime

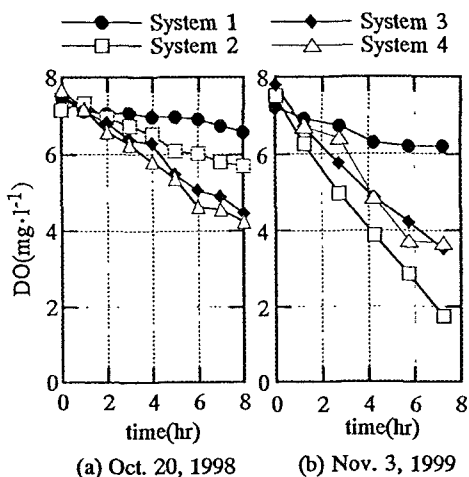


Fig. 5 Change in DO concentration in batch condition in night-time

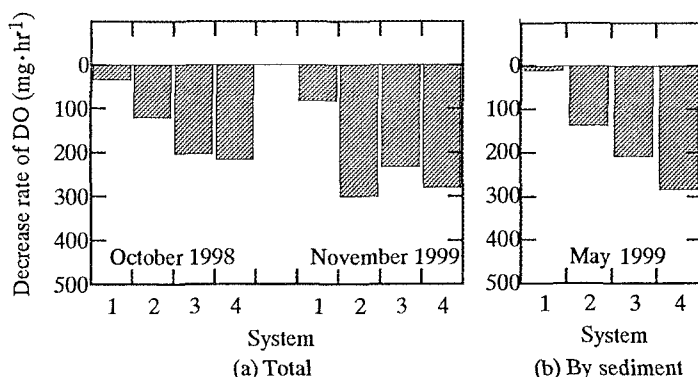


Fig. 6 Decrease rate of DO in the experimental system

ジミのバイオマスが大きかった第4系で最大となり、続いて第3系、第2系、第1系の順であった。しかし、マクロベントスの現存量が大きく変化した99年11月には、第2系で最も有機物分解活性が高く、続いて第4系、第3系、第1系の順であった。また、実験開始から1年以上経った99年11月のD0減少速度は、特に第1系や第2系で98年10月の2倍以上となっており、有機物分解活性の増大が顕著であった。

3.4 有機物の生産

Fig. 7には、98年10月と99年9月の昼間に行った回分実験でのD0、pHの経時変化をそれぞれ示す。また、昼夜で系内の呼吸活性は変化しないという仮定のもと、Fig. 7から求められるD0の変化速度からFig. 5に示す98年10月および99年11月の夜間に行った回分条件下での調査におけるD0減少速度を差し引き系当たりの一次生産速度を求め、Fig. 8(a)に示した。また、99年5月のチャンバーによるD0測定での明暗の差から、各系の底質における系当たりの生産速度をそれぞれ算出し、Fig. 8(b)に示した。なお、ボトルによる直上水中での測定では、明暗の差が短時間のインキュベーションでは明確にみられず、浮遊藻類による生産は無視できると判断された。系全体の結果と底生藻類の結果の比較、および浮遊藻類の生産が小さかったことをあわせると、本実験系内全体での生産に対して壁面付着藻類の寄与が大きかったといえる。

Fig. 8をみると、系全体での藻類の生産活性は、98年10月は第4系で最も高かった。また、98年10月、99年11月とも第3系が非遮光の中では最も低い結果となった。Fig. 7をみると98年10月の第4系はD0だけでなくpHの上昇も大きく、明らかに他系より生産活性が高かったことがわかる。底生藻類の生産活性については、各系ともあまり差はなかった。

3.5 底質への有機物蓄積

Fig. 9には、底質表層0-2cmの強熱減量の測定結果を示す。全系とも、長期的には底質への有機物の蓄積傾向が見られた。系ごとの比較では、99年5月までは、イソシジミが多く生息していた第4系で他系よりも強熱減量が低かった。しかし、99年12月には、第1系を除く各系の間

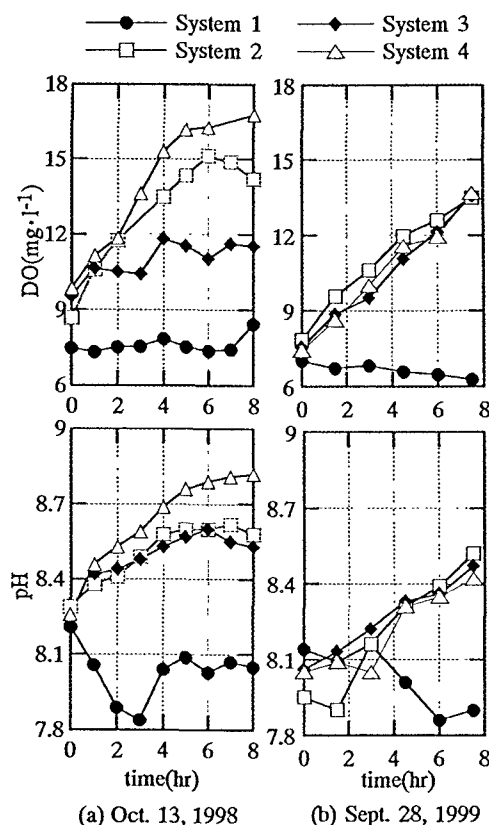


Fig. 7 Change in DO and pH at batch condition in daytime

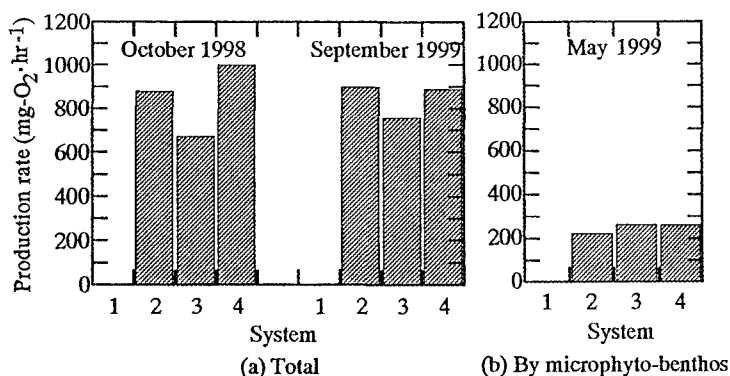


Fig. 8 Production rate by microalgae in the experimental system

で強熱減量に明確な差はみられなくなった。第1系については、常に強熱減量が他系より大きく、特に99年12月の測定では他系にくらべ著しく高い値を示した。

なお、底質内部の強熱減量は99年12月でも実験開始時とほとんど変化せず、有機物の蓄積はみとめられなかった。

4. 考察

4.1 底質への有機物蓄積におよぼす底生藻類の影響

第1系では、底質における有機物分解活性が他系よりも著しく低く (Fig. 6(b))、また、底質表層部への有機物の蓄積量が著しく大きかった (Fig. 9)。遮光した第1系の底質における有機物分解活性と、非遮光の第2系の有機物分解活性から生産活性を差し引いたものは、それぞれ1日当たりで $263\text{mg-O}_2\cdot\text{day}^{-1}$ と $1103\text{mg-O}_2\cdot\text{day}^{-1}$ であり、第2系では底生藻類の生産を差し引いても、第1系より多くの有機物が分解されていたことがわかる。

藻類による光合成は底質内や底層を好気的な環境に維持し^{9) 15) 16)}、さらに、藻類により分泌される溶存態有機物はバクテリアの重要な栄養源となる^{17) 18)}ことから、底生藻類の存在は底質中のバクテリアの活性を高めていると考えられる。干潟底質における有機物分解活性の7割から9割以上が、バクテリアをはじめとした微生物に由来するという報告もあり¹⁹⁾、遮光した第1系では底生藻類によるバクテリアの活性化が起こらないために、非遮光の各系よりも有機物の分解能力が低くなり、結果として蓄積が大きくなったと考えられる。第1系では、マクロベントスの定着も実験期間を通して非遮光の各系よりも著しく少なく、それらによる有機物分解等がないことも有機物蓄積を助長していると考えられる。しかし、マクロベントスの現存量が異なる非遮光各系間での有機物蓄積量の差は、遮光と非遮光の差に比べればはるかに小さかった (Fig. 9)。このことは、底質表層への有機物蓄積の抑制効果は、マクロベントスによる効果よりも底生藻類による効果の方がはるかに大きいことを示している。

藻類による光合成は底質内や底層を好気的な環境に維持し^{9) 15) 16)}、さらに、藻類により分泌される溶存態有機物はバクテリアの重要な栄養源となる^{17) 18)}ことから、底生藻類の存在は底質中のバクテリアの活性を高めていると考えられる。干潟底質における有機物分解活性の7割から9割以上が、バクテリアをはじめとした微生物に由来するという報告もあり¹⁹⁾、遮光した第1系では底生藻類によるバクテリアの活性化が起こらないために、非遮光の各系よりも有機物の分解能力が低くなり、結果として蓄積が大きくなったと考えられる。第1系では、マクロベントスの定着も実験期間を通して非遮光の各系よりも著しく少なく、それらによる有機物分解等がないことも有機物蓄積を助長していると考えられる。しかし、マクロベントスの現存量が異なる非遮光各系間での有機物蓄積量の差は、遮光と非遮光の差に比べればはるかに小さかった (Fig. 9)。このことは、底質表層への有機物蓄積の抑制効果は、マクロベントスによる効果よりも底生藻類による効果の方がはるかに大きいことを示している。

本実験結果から、底生藻類は自身の有機物生産を行うが、同時にバクテリアの有機物分解を活性化することで、結果として底質への有機物の蓄積を大きく抑制することが明らかとなった。水深が浅く底質・底層まで太陽光が到達して底生藻類の高い生産力を有する干潟域は、そのことによって有機物分解活性を高く維持し、底質における有機物の蓄積を大幅に抑制していると考えられる。

4.2 底質への有機物蓄積におよぼす二枚貝の影響

Fig. 3 に示される各系における P-COD の流入出の差をみると、イソシジミ導入直後の 98 年 10 月は、第 4 系における水中からの P-COD 減少量は他系の約 2 倍で、イソシジミのろ過摂食の影響と考えられる。この結果を $\text{COD/C}=1.4^{13)}$ を用いて炭素換算すると、98 年 10 月の第 4 系における水中からの懸濁態有機物の減少量は $2056\text{ mg-C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ となる。その一方で、第 4 系では初期に導入されたイソシジミが維持され優占していた 99 年 5 月は、底質表層の強熱減量が他系よりも低く保たれていた (Fig. 9)。

ここで、第 4 系におけるイソシジミの有機物の摂餌フラックスを求める。室内系でイソシジミの単位重量当たりの呼吸速度を測定した結果、 $0.225\text{mg-C}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ ²⁰⁾であったことから、これに 98 年 10 月および 99 年 5 月の現存量を掛け合わせ、さらにマクロベントスの摂餌量に対する呼吸の一般的な比 $0.30^{1)}$ で除すことで、イソシジミの摂餌フラックスは、98 年 10 月が $1255\text{ mg-C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ 、99 年 5 月が $1756\text{ mg-C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ と見積もられる。これは、先の 98 年 10 月の水中からの減少量のそれぞれ 61% と 85% にあたることから、第 4 系では、水中からの懸濁態有機物減少の多くの部分がイソシジミによ

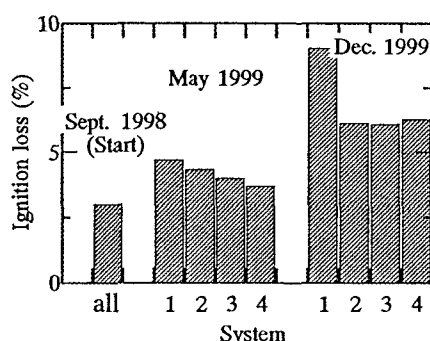


Fig. 9 Change in ignition loss at sediment surface (0-2cm)

るろ過摂食によるものだったと考えられる。そして、イソシジミのろ過摂食の結果として、底質への全体的な有機物の輸送量は増加するが、沈降による底質への輸送分は他系より減少すると考えられた。

本実験系は、止水で直上水が滞留する系であることから、非常に沈降が起こりやすいと同時に、イソシジミによるろ過摂食は直上水中の懸濁態有機物濃度を低下させ沈降量を減少させやすかったといえる。さらに、イソシジミによる摂食を受けた有機物は、呼吸と成長によって減量された後排泄によってデトリタスとして底質へ供給される。摂餌量に対する呼吸量と成長量の比はそれぞれ 0.30、0.15 程度¹⁾であることを考えると、摂餌された有機物は約半分にまで削減されてから底質へ供給されていると考えることができる。このように第 4 系では、イソシジミのろ過摂食にともなって底質への有機物の輸送が大きくなったにも関わらず、懸濁態有機物の底質への沈降量の減少と呼吸および成長によって、底質表層への有機物の蓄積量は他系を下回ったものと考えられる。

4.3 水中の有機物動態におよぼす二枚貝の影響

先述したように、イソシジミが多く生息する 98 年 10 月の第 4 系では、水中からの懸濁態有機物の減少量が他系の 2 倍程度大きかった。Fig. 4 の Chl. *a* をみても、98 年 10 月は同様に第 4 系における減少が最も大きかった。イソシジミのろ過摂食は、直上水中の懸濁態有機物の濃度を低下させ、系外への流出を防ぐ働きをしていた。

一方、Fig. 8 に示されるように、98 年 10 月には第 4 系の藻類生産活性が他系に比べ高かったが、水中での生産は小さく、さらに底生藻類の生産に各系間の差がみられなかったことから、壁面付着藻類の活性が高まっていたと考えられる。また、第 4 系では DO 濃度も他系より高く推移していた (Fig. 7)。ここで、Fig. 10 に示した 98 年 10 月の昼間の回分条件での調査における DIN、 PO_4 -P 濃度の経時変化をみると、非遮光の系はいずれも DIN、 PO_4 -P ともに減少傾向にあったが、それらの中で第 4 系は最も高い濃度で推移していた。これは、高密度で生息していたイソシジミによる摂食と栄養塩の無機化の促進による影響と考えられる。ところで、本実験系に流入する汽水の DIN/ PO_4 -P 比は通常 10 前後で、レッドフィールド比で示される藻類の体組成の N/P 比 7.2 を上回っており、系内の藻類の生産はリン制限と考えられた。さらに、海産性微細藻類の PO_4 -P 取り込み速度の半飽和定数はおよそ $0.01 \sim 16 \mu g \cdot l^{-1}$ といった範囲で求められている¹³⁾。藻類の生産もこの半飽和定数前後の濃度変化には大きく影響を受けると考えられるが、本実験系内における水中の PO_4 -P 濃度もこれらの半飽和定数とかなり拮抗しており、イソシジミの回帰促進にともなう水中の PO_4 -P 濃度の上昇は、藻類の生産を大きく活性化したと考えられる。Prins らのメソコズム実験では、二枚貝の密度が大きいほど植物プランクトンの単位現存量当たりの生産活性は上がったが、二枚貝のろ過摂食による植物プランクトン現存量の減少により系全体の生産活性は低下する傾向がみられた¹⁴⁾。本実験では、ろ過摂食による現存量減少が起こらない壁面付着藻類の寄与が大きかったために、系全体としても生産活性が上がったと考えられる。

前節とあわせ、本実験では、二枚貝のろ過摂食は、水中・底質の有機物量を減少させ、同時に栄養塩回帰を促進しながら水中藻類の生産を活性化することで、系内の DO 濃度を上昇させた。これは、海域における有機汚濁の軽減に非常に有利な働きといえる。

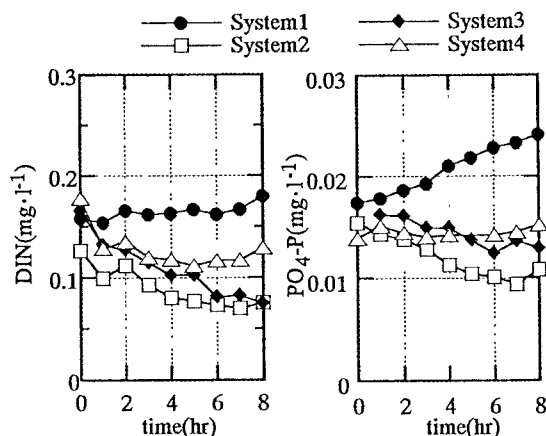


Fig. 10 Change in DIN and PO_4 -P at batch condition in daytime on Oct.13, 1998

5. まとめ

干潟モデル実験装置を用い、生物間相互作用に着目してベントス相の異なる系の有機物動態を比較したところ以下の結果が得られた。

- 1) 底生藻類の存在は、底質における有機物の蓄積を大きく抑制することがわかった。これは、底生藻類の生産にともなう底質内への酸素供給等がバクテリアの活性を高め、有機物の分解を促進しているためと考えられた。また、その効果は、マクロベントスによる底質への有機物蓄積の抑制効果よりもはるかに大きいと考えられた。
- 2) イソシジミが優占する系では、そのろ過摂食によりイソシジミのいない系よりも底質への有機物の輸送が大きくなったにも関わらず、底質における有機物の蓄積量ではイソシジミのいない系を下回った。これは、イソシジミのろ過摂食により直上水からの懸濁態有機物の沈降が減少することと、摂食された有機物がその呼吸や生産を経て減量化されてから底質へデトリタスとして排泄されるためと考えられた。
- 3) イソシジミが優占する系では、壁面付着藻類の生産活性が高められた。これは、イソシジミの摂食にともなう栄養塩回帰の促進により、系内直上水中の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が他系に比べ高く維持されたためと考えられた。

謝辞

本研究を進めるにあたって、実験でお手伝いをいただいた佐野雄一君、重浩一郎君に深く御礼申し上げます。また、本研究の一部は文部省科学研究費補助金基盤研究(B)(I)(課題番号：10450193)の補助を受けて行われたものであり記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 木村賢史(1998)沿岸域の浄化における底生動物の役割、東北大学博士論文、78-100.
- 2) 佐々木克之(1994)内湾および干潟における物質循環と生物生産[9]三河湾一色干潟の物質分布の特徴、海洋と生物 92、16(3)、200-205
- 3) 佐々木克之(1994)内湾および干潟における物質循環と生物生産[10]三河湾一色干潟の窒素とリンの収支、海洋と生物 93、16(4)、294-300.
- 4) 佐々木克之(1997)内湾および干潟における物質循環と生物生産[22]夏季の盤州干潟の窒素、リンおよびクロロフィル a の分布、海洋と生物 109、19(2)、128-134.
- 5) 佐々木克之(1997)内湾および干潟における物質循環と生物生産[23]夏季の盤州干潟の窒素、リンおよびクロロフィル a の収支、海洋と生物 110、19(3)、244-248.
- 6) 青山裕晃、鈴木輝明(1996)干潟の水質浄化機能の定量的評価、愛知県水産試験場研究報告、3、17-28
- 7) 鈴木輝明、青山裕晃、畑恭子(1997)干潟生態系モデルによる窒素循環の定量化-三河湾一色干潟における事例-、J. of Advanced Marine Science and Technology Soc.、3(1)、63-80.
- 8) 鈴木輝明、青山裕晃、甲斐正信、畑恭子(1998)貧酸素化の進行による底生生物群集構造の変化が底泥-海水間の窒素収支に与える影響-底生生態系モデルによる解析-、Journal of Advanced Marine Science and Technology Society、4(1)、65-80.
- 9) Nils Risgaard-Petersen, Søren Rysgaard, Lars Peter Nielsen and Niels Peter Revsbech (1994) Diurnal variation of denitrification and nitrification in sediments colonized by benthic microphytes, Limnology and Oceanography, 39(3), 573-579.
- 10) 佐野雄一(1999)干潟の栄養塩循環における二枚貝の役割、東北大学卒業論文

- 11) T.C.Prins, V. Escaravage, A.C.Smaal, J.C.Peeters (1995) Nutrient cycling and phytoplankton dynamics in relation to mussel grazing in a mesocosm experiment, *Ophelia*, 41, 289-315.
- 12) 田口浩一 (1998) 浮遊生態系モデリングの流体モデルとの結合、沿岸の環境圏、平野敏行監修、フジテクノシステム、704-718.
- 13) 山本民次 (1998) 植物プランクトン、沿岸の環境圏、平野敏行監修、フジテクノシステム、144-169.
- 14) 福島武彦、松重一夫、R.S.J.Weisburd (1995) DO, pH の連続測定による気液ガス交換、光合成、呼吸速度の推定方法について、水環境学会誌、18、279-289.
- 15) 小島富二男、宇佐美論、堀越弘毅、宮岡修二、辻博和 (1999) 光照射による底質環境の改質、第 33 回日本水環境学会年回講演集、. 438.
- 16) Kimio Fukami, Ryota Nakajima, Arun B.Patel and Toshitaka Nishijima (1999) Bioremediation by using optical fibers and psychrophilic bacteria, Proceedings of MEDCOAST 99-EMECS 99 Joint Conference, 1, 399-408.
- 17) W.M.Darley 著、手塚泰彦、渡辺泰徳、渡辺真利代共訳 (1987) 藻類の生理生態学、基礎微生物学 9、38.、培風館
- 18) 栗原康編 (1988) 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー、54-65.、東海大学出版会
- 19) 李正奎、西嶋渉、向井徹雄、滝本和人、清木徹、平岡喜代典、岡田光正 (1998) 自然および人工干潟の有機物浄化能の定量化と広島湾の浄化に果たす役割、水環境学会誌、21、149-156.
- 20) 坂巻隆史 (2001) 干潟生態系の形成過程にかかわる有機物の動態解析、東北大学博士論文