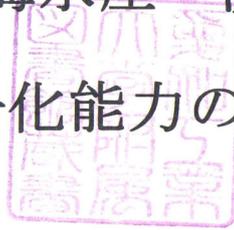


室内実験による海水産・淡水産二枚貝の
水質浄化能力の解明



2010年2月

川瀬基弘

第1章 序文	
1. 1 はじめに	02
1. 2 研究史	
1. 2. 1 海水産・汽水産二枚貝の研究	02
1. 2. 2 淡水産二枚貝の研究	03
1. 3 研究の目的	04
1. 4 軟体動物の分類と二枚貝の生態	05
1. 5 実験方法と分析方法	06
第2章 海水産二枚貝の水質浄化能力	
2. 1 まえがき	11
2. 2 海水産二枚貝の概要	11
2. 3 実験結果	14
2. 4 干潟の浄化能力	26
2. 5 考察	27
2. 6 まとめ	35
第3章 淡水産二枚貝の水質浄化能力	
3. 1 まえがき	36
3. 2 淡水産二枚貝の概要	36
3. 3 実験結果	40
3. 4 用水路・溜池の浄化能力	55
3. 5 考察	57
3. 6 まとめ	65
第4章 海水産種と淡水産種の種間比較	
4. 1 まえがき	66
4. 2 実験結果	66
4. 3 考察	66
4. 4 まとめ	69
第5章 まとめ	
5. 1 まえがき	70
5. 2 研究成果	70
5. 3 研究の発展	71
引用文献	74
謝辞	81

第1章 序文

1. 1 はじめに

水域のもつ自然浄化機能とは、人為的な方法によらず自然水の中で汚濁物質が減少に向かう傾向をさし、浄化能や自浄作用という語が用いられている(宗宮 1990)。研究者の多くは相をあまり特定せず、系全体で減少あるいは除去が生ずる形で自浄作用を把握し、分解・脱窒・光合成・硝化などの生物的反応や吸着・拡散・沈降・堆積などの物理的要因を複合的にとらえている。

生物的水質浄化の関連生物としては、微生物による研究が最も多く、その他の大型生物による浄化能力の研究量は生物分類群により異なる。例えば、干潟などの浅海域や河口域の海水産二枚貝・汽水産二枚貝の水質浄化能力に関する国内の研究は、1990年代からさかんに行われている。一方で淡水産二枚貝の浄化能力に関する研究は、海水産種に比較して極めて少ないのが現状である。また、海水・汽水産二枚貝の研究でも、水域の汚濁の原因となる生元素の窒素(N)、炭素(C)、リン(P)など特定の原因物質の減少や除去に関する研究はそれほど多くない。

本研究により、海水産・淡水産二枚貝が優れた水質浄化能力をもつことが解明された。特に、これまでほとんど研究されていなかったイシガイ類の水質浄化能力は、海水産二枚貝と同様に水域の浄化に大きく貢献すると考えられる。

本論文では、二枚貝類の水質浄化能力に関する研究史、軟体動物の分類と二枚貝の生態を述べ、実験方法・分析方法、現地調査の結果を示し、海水産二枚貝の水質浄化能力、淡水産二枚貝の水質浄化能力、閉鎖性水域の水質浄化能力を明らかにする。

1. 2 研究史

1. 2. 1 海水産・汽水産二枚貝の研究

海水産・汽水産二枚貝の水質浄化能力に関する研究は世界的に数多くなされてお
り(Coughlan, 1969: Haven and Morales-Alamo, 1970: Widdows and Bayne, 1971: Vahl, 1973
: Hildreth and Crisp, 1976: Mohlenberg and Riisgard, 1978: Winter, 1978: Cloern, 1982
: Meyhofer, 1985: Doering et al., 1987: Riisgard, 2001), わが国では特に水産有用種
であるヤマトシジミとアサリに関する研究が圧倒的に多い。

例えば、ヤマトシジミについては、水質浄化手法の開発を目的に活性に対する水
温の影響と底質の有無の影響(相崎ほか, 1998), 水質浄化に適した個体サイズと
生息密度(相崎・福地, 1998), 窒素・炭素・リンの摂取量(長谷川ほか, 2000)

クロロフィル a と SS 濃度変化から水の交換率と除去速度の関係(前田ほか, 2000), 窒素循環に果たす役割(中村, 2000, 2001), 炭素収支(藤岡ほか, 2002), 濾過速度の季節変化(藤岡ほか, 2006)などが研究されている。

アサリについては, 無機あるいは有機質の浮遊懸濁粒子の濃度が濾水速度・摂餌量に与える影響(千葉・大島, 1957), サンフランシスコ湾における2月と8月の浄化量(Cloern, 1982), 水温・個体サイズと濾水量の関係および愛知県矢作古川干潟の海水濾過量(秋山, 1985), 現地と同じレベルの懸濁濃度による濾過速度(細川, 1991), 生貝から試算した葛西人工海浜の浄化量(木村ほか, 1991), 一日あたりの海中の懸濁物除去量(中村, 1993), パーティクルカウンターを用いた個体サイズと濾過量の関係(小倉, 1993), 間接法と直接法の結果比較および個体密度分布から東京湾盤洲干潟の濾水能力の分布試算(細川ほか, 1996a), 間接法と直接法から求めた濾過速度の比較(細川ほか, 1996b), 東京湾盤洲干潟のアサリによる窒素摂取量の見積もりとその季節変動要因(磯野, 1998), 殻長別水温別の個体の濾過速度(細川, 1999), 他種との水温別年齢別の濾水量比較(磯野・中村, 2000), 造成地の懸濁態 N・P 除去量(阿保ほか, 2002), 炭素収支の観点から東京湾盤洲海域での個体群の生物機能(金網ほか, 2003), 水温と水位上昇が進行した場合の個体群による水質浄化能の変化(金網ほか, 2005)などの研究がある。

ヤマトシジミとアサリ以外の海水産・汽水産二枚貝としては, アカガイ(中村, 1993: 山本ほか, 1996), アコヤガイ(辻井・大西, 1957: 伊藤, 1978: 沼口, 1994: 中村ほか, 2003c), ウバガイ(磯野・中村, 2000: 中村ほか 2002), コウロエンカワヒバリガイ(木村ほか, 1998: Kimura et al., 1998), サルボウガイ(中村ほか, 2003a), シオフキガイ(Kimura et al., 1998: 木幡, 2001), チョウセンハマグリ(中村, 1993: 磯野・中村, 2000), バカガイ(磯野・中村, 2000), ハマグリ(千葉・大島, 1957: 中村, 1993: 磯野・中村, 2000), ホタテガイ(中村, 1993: 中村ほか, 2005), ホトトギスガイ(Cloern, 1982: 秋山, 1985), ホンビノスガイ(Doering et al., 1987), マガキ(千葉・大島, 1957: 木村ほか, 1998: 中村ほか, 2003b), ミドリイガイ(磯野・中村, 2000), ムラサキイガイ(千葉・大島, 1957: Widdows and Bayne, 1971: Winter, 1978: 伊藤・水本, 1981: 堀江, 1987: 細川, 1991: 木村ほか, 1998: 磯野・中村, 2000)などの主に水産有用種が研究されている。

1. 2. 2 淡水産二枚貝の研究

淡水産二枚貝の水質浄化能力に関する研究は, イガイ科グループ(Reeders et al., 1989: Sprung, 1995: Berg et al., 1996: Horgan and Mills, 1997: Diggins, 2001: Sylvester et al., 2005)や淡水産シジミ類のタイワンシジミ(Buttner and Heidinger, 1981: Way

et al., 1990 : Silverman et al., 1997 : 北村・川瀬, 2009) を除いて非常に少ない。

淡水産二枚貝で最も大きな分類群であるイシガイ類に関する水質浄化能力の研究は, Stanczykowska et al. (1976) , Kryger and Riisgard (1988) , 千葉ほか (2001) , 千葉ほか (2002) , Pusch et al. (2001) , Wu et al. (2005) などと少なく, 海水産・汽水産二枚貝と比較して国内外ともに研究が遅れている。

例えば, Kryger and Riisgard (1988) は, ヨーロッパの産のイシガイ類4種を用いて間接法によりそれらの濾水量を測定している。千葉ほか (2001) は, ドブガイとイシガイの濾水速度を, 異なる藻類種や水温条件下で測定し, それらの条件により濾水速度が変動することを解明した。千葉ほか (2002) は, 実験条件として初期濁度の違いが, ドブガイとイシガイの濾水速度に多少の違いを生じさせることを示した。Wu et al. (2005) は, ドブガイを用いて, 個体サイズ, 懸濁物質の初期濁度や懸濁物質の粒子サイズの違いによる濾水速度を測定している。

このようにイシガイ類の水質浄化能力の研究は非常に少なく, そのほとんどは実験条件の違いによる濾水速度や濾水量の変化を求めている場合が多く, 水質汚濁の原因物質である生元素の分析までは行われていない。日本の国土は地形が険しく大河や大湖はなく, 河川が短いため淡水に生息する貝類は, 中国大陸や北米大陸などに比べて少ない。特にイシガイ類は少なく研究者も少ないことから, 生息分布や生態的特徴に関する基礎情報が不足していたが, 近年, これらの基礎情報が解明されつつある (近藤, 2008)

1. 3 研究の目的

浅海域の海水産二枚貝の水質浄化能力に関する国内の研究はアサリやシジミなどの水産有用種で進んでいるが, 本研究では, 研究が遅れている水産有用種以外の海水産二枚貝の水質浄化能力および研究例の少ない淡水産二枚貝の水質浄化能力を明らかにする。

また, 汚濁の原因となる窒素(N), 炭素(C) など特定の原因物質の減少や除去に関する研究は非常に少ないため, 本研究では, 濁度(Turbidity), Chl.a (Chlorophyll.a ; クロロフィル a), TOC (Total Organic Carbon ; 全有機態炭素), TN (Total Nitrogen ; 全窒素)の減少量や除去量を明らかにする。TOC と TN は懸濁態と溶存態の変動まで解明する。

さらに, コドラート調査による現地調査と室内実験の結果から, 閉鎖性水域全体 (名古屋市藤前干潟, 岐阜市内の用水路, 豊田市内の溜池) の水質浄化能力を明らかにする。

1. 4 軟体動物の分類と二枚貝の生態

二枚貝を含む軟体動物門と呼ばれるグループは現在以下の 7 つの綱に分類されている（波部ほか，1994）．無板綱，単板綱，多板綱，腹足綱，斧足綱，掘足綱，頭足綱であり，一般によく知られているのは腹足綱，斧足綱，頭足綱である．無板綱は，最も原始的な軟体動物であり，退化した足と歯舌を有し，体は細長く，細虫状ないしは芋虫状で，殻をまったくもたない．尾腔亜綱のケハダウミヒモと溝腹亜綱のサンゴノヒモの仲間に分類される．単板綱は，殻が笠型で螺層がなく，左右対称で，内面には収足筋の付着痕が左右両側に 8 対ある．軟体は頭と内臓囊・足の 3 部分に分かれており，外套膜が内臓囊を背面から被って，その間に外套腔をつくる．大半は化石種であり，ネオピリナ類などの現生種は生きた化石と呼ばれている．多板綱は，いわゆるヒザラガイ類で，体は扁平，長楕円形で左右対称，背足から見る限り，体の縁を越えてのびる触手などはなく頭部は不明瞭である．殻板は接続した 8 枚の殻片からなり，最前部の頭板および最後部の尾板は半月形である．腹足綱とはアワビ，サザエ，バイ，タニシやカワニナなどの巻貝，斧足綱とはホタテガイ，アサリ，ハマグリ，シジミやカラスガイなどの二枚貝，掘足綱とはツノガイ，頭足

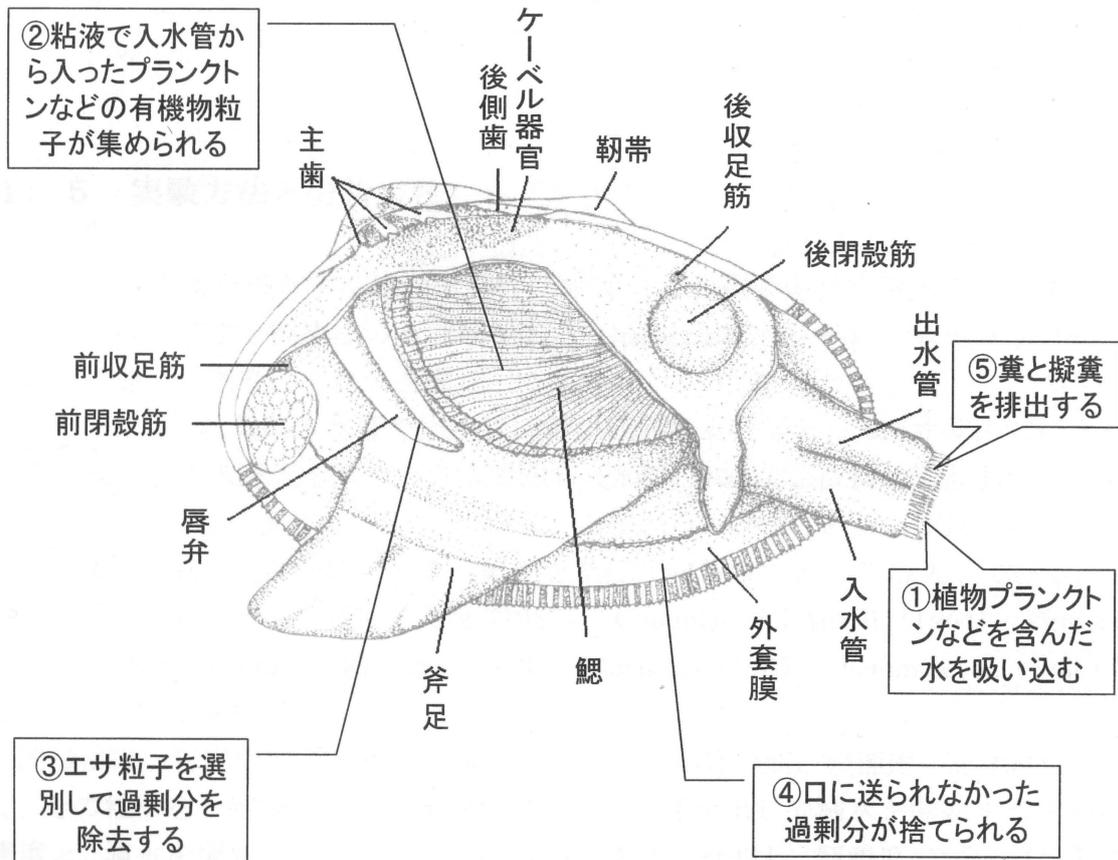


図-1.1 二枚貝の解剖図とエサの取り込み

綱とはイカやタコの仲間である。二枚貝は軟体部の足の形が斧状をしていることから、斧足綱と呼ばれている。二枚貝は世界に1万5000種以上が知られ、大部分は海水産種であるが、汽水・淡水にすむものもいる（朝倉，1989）。

二枚貝の体の後方には、外套膜の縁が合わさってできた入水管と出水管（図-1.1）があり（日本動物学会，1990），入水管から入った水は、体の中にある鰓を通る。この時に鰓を通してガス交換がおこり、また同時に鰓の粘液で水といっしょに運ばれてきたエサ（水中または砂泥中の有機物粒子や微生物）が集められる。そしてそれらは鰓の繊毛運動によって、口の前にある唇弁に送られる。つまり鰓は呼吸と摂食の2つの役割をはたしている（朝倉，1989；栗原，1988）。鰓表面に集められた餌粒子は唇弁で選別され、鉱物粒子や大きすぎる粒子、あるいは良質の餌となる植物プランクトンであっても、水中濃度が高く消化するに大きすぎる場合には過剰分は口に送られることなく除去され、外套腔内に捨てられる。これを擬糞(pseudofeces)と呼ぶが、不消化排出物である糞(feces)とともに出水管から体外に排出される（波部ほか，1999）。

粘性のある糞や擬糞は水底に沈殿あるいは他物に付着し、底生生物に摂食されたりバクテリアに分解される。また、消化されて二枚貝の体の一部となった有機物は、例えば、浅海域では大型鳥類の捕食や水産業など人為的な捕獲などによる食物連鎖を通して系外へ持ち運ばれることが知られている（中村，2000；中村，2001；中村・森，1998；山室，1997a；山室，1997b；山室，1997c；Yamamuro et al., 2000）

1. 5 実験方法と分析方法

水中の懸濁物を摂食する濾過摂食性二枚貝による濾過速度や濾過水量を測定する方法には直接法と間接法の2種類がある（山室，1992）。それぞれの長所と短所は以下の通りであり、これらを表-1.1に示す。

直接法は、二枚貝の入水管や出水管に微小流速計を設置し、入水管の口径とそこの流速から濾水速度を求める方法である（木村，2006）。直接的に計測するため精度的には高いが、貝体に接して計測することから、そのことが二枚貝のストレスになる場合もあり、計測値に大きな誤差を及ぼす可能性があるのが欠点である。直接法を用いた研究には、辻井・大西（1957）、Coughlan and Ansell,（1964）、Drinnan（1964）、Mohlenberg and Riisgard（1978）、Meyhofer（1985）、Famme et al.（1986）、Kryger and Riisgard（1988）などがある。

間接法は、特定の粒子（例えば植物プランクトン等の餌）の捕捉率を100%として、その粒子を一定濃度にした水槽内に入れ、水管を出して濾水を開始する前の餌濃度と、濾水を開始してから一定時間後の餌濃度を計測し、餌濃度の減少率から求める方法である（木村，2006）。間接法は直接法よりも測定が簡便に行えるので、

二枚貝の濾過速度を研究するのに多く用いられているが、実際には粒子の捕捉率が100%とは限らないことが知られている (Vahl, 1972 : Wright et al., 1982 : Berry and Schleyer, 1983 : Lucas et al., 1987) . 間接法を用いた研究は, Winter (1978) , Doering and Oviatt (1986) , Kraak et al. (1994) , Kimura et al. (1998) , Sylvester et al. (2005) , 川瀬ほか (2008) など枚挙にいとまがない.

実験には, 海水産種のコウロエンカワヒバリガイ *Xenostrobus securus*, マガキ *Crassostrea gigas*, シオフキガイ *Macra veneriformis*, ユウシオガイ *Moerella rutila*, イソシジミ *Nuttallia japonica*, ウネナシトマヤガイ *Trapezium liratum*, ヤマトシジミ *Corbicula japonica*, アサリ *Ruditapes philippinarum*, オキシジミ *Cyclina sinensis*, ソトオリガイ *Laternula marilina* の10種と, 淡水産種のカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei*, カワシンジュガイ *Margaritifera laevis*, トンガリササノハガイ *Lanceolaria grayana*, イシガイ *Unio douglasiae nipponensis*, ニセマツカサガイ *Inversiunio yanagawensis*, ヨコハマシジラガイ *Inversiunio jokohamensis*, マツカサガイ *Pronodularia japonensis*, オバエボシガイ *Inversidens brandti*, カタハガイ *Obovalis omiensis*, カラスガイ *Cristaria plicata*, タガイ *Anodonta japonica*, タイワンシジミ *Corbicula fluminea* の12種を用いた.

海水産二枚貝は, 愛知県名古屋市藤前干潟, 豊橋市六条干潟および矢作川河口域で採集し, 植物プランクトン *Chaetoceros calcitrans* を毎日充分に与えて飼育した. 淡水産二枚貝は, 東海・近畿地域の河川・湖沼で採集し(カワシンジュガイのみ北海道産), Kryger and Riisgard (1988) や Sylvester et al. (2005) に倣って, 植物プランクトン *Chlorella vulgaris* を毎日充分に与えて飼育した. また, 二枚貝は環境の変化に敏感なものが多く, 水温変化や採集時のストレスによる影響を減らす必要があったため (McLusky, 1973 : Jorgensen, 1975 : 山室, 1992), 実験を開始するまでに30日以上室内の水槽に馴致させた.

ところで, 食性については, 懸濁物食二枚貝では, 植物プランクトンとその他の懸濁有機物を鰓で濾過して食べていると言われているが, イシガイ類を代表とする淡水産二枚貝の食性については様々な見解がある. Allen (1914), 柳田・外岡 (1991, 1992), 柳田 (1992) や木村・河野 (2003) は, 胃内容物の調査などにより, 主な

表-1.1 二枚貝の浄化能力を測定する直接法と間接法の違い

比較項目	直接法	間接法
方法	微小流速計を水管に設置する	水槽内の培養液濃度を測定
精度	高い	やや低い
技術	専用機器が必要	簡便
貝へのストレス	大きい	ほとんどない
粒子の捕捉率	非常に高い	高いとは限らない
排出された糞の影響	小さい	誤差の原因となることがある
先行研究の測定例	少ない	多い

食性が珪藻類であると述べたが、Miura and Yamashiro (1990) は琵琶湖に生息するマルドブガイの主な食性が緑藻類であると指摘している。また、デトリタス優占の河川や藻類優占の湖での二枚貝の食性は、藻類ではなくバクテリア等の微生物であることも指摘されている (Nichols and Garling, 2000 : Christian et al., 2004 : Jones et al, 2005) . 他には Matteson (1955) や Raikow and Hamilton (2001) などの淡水産二枚貝の食性に関する研究がある。筆者は *Chlorella vulgaris* の給餌で淡水産二枚貝類の1年以上の飼育に成功しており、これらを実験に供した。

実験には市販されている縦270 mm×横180 mm×高さ120 mmのプラスチック容器を使用し、*Chaetoceros calcitrans* または *Chlorella vulgaris* の純培養液2.5 Lを投入した。純培養液は、クロロフィル a (Chl.a)濃度で、およそ $400 \mu\text{g L}^{-1}$ とした。実験中はエアレーションを充分に行い、水温を $20(\pm 1.5)^\circ\text{C}$ に保ち、植物プランクトンの沈殿を防ぎ、均等に分散させるために適度な水流を作った。海産二枚貝による実験において、明・暗条件による浄化能力の違いを確認したので(川瀬ほか：2008)、本実験においても明条件、暗条件と対照区の4容器を用いた。明条件には2本の40 W 普通蛍光灯(2000 Lx)を当て、暗条件は二重のアルミ箔で容器を被い光を遮断し、それぞれの対照区の容器には貝を入れなかった。自然条件下の淡水産二枚貝は、一般に堆積物中で埋入生活をしているが、堆積物の投入により堆積物から溶出する物質があることを配慮して、堆積物の存在しない条件下で実験を試みた。

実験は各条件1回ずつ行い、個体毎に浄化能力の違いがある可能性や個体群密度による密度効果に配慮して各実験水槽に貝を投入した。各実験に使用した個体数、個体の殻長(前端から後端までの長さ)の平均、軟体部の湿重量の平均を表-1.2に示す。

測定方法は、二枚貝の濾過速度を測定するのに多く用いられている間接法(山室：1992)を採用し、実験開始時から1時間毎に採水して6時間後までの7回を測定した。採水時には、粘液状物質として排出された糞と擬糞(波部ほか：1999)の混入を避けた。

測定項目、測定機器と測定方法は以下の通りである。濁度は積分球式法[JASCO V-550]で、カオリン濁度標準液を基に定量した。クロロフィル a (Chl.a)は、試料水をガラス繊維濾紙(Whatman GF/F)で吸引濾過し、アセトン抽出・吸光法の原理でロレンツェン法により蛍光光度計[TURNER 10-AU]で測定した(日本分析化学北海道支部編, 1981 : 西條・三田村, 1995)。全有機態炭素(TOC)・溶存態有機炭素(DOC)及び全窒素(TN)・全溶存態窒素(TDN)の分析には、試料に塩酸 $200 \mu\text{L}$ を加え、TOC分析装置[SHIMADZU TOC-V, TNM-1]による乾式(850°C 燃焼)法を用いた。なお、全炭素(TC) = TOC + 無機態炭素(IC)であり、塩酸を加えることでICを取り除き、TC = TOC とした。ここで、TOC = 懸濁態有機炭素(POC) + DOCである。一方、TN = 懸濁態有機窒素(PON) + TDN であり、TDN = 溶存態有機窒素(DON) + 全無機態窒素(T inorg. N)である。ここで、T inorg. N = $\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3$ である。

表-1.2 二枚貝の実験条件

水 域	和名	実験投入個体数		殻長の平均(mm)		湿重量の平均(g)	
		明条件	暗条件	明条件	暗条件	明条件	暗条件
海 水	コウロエンカワヒバリ	57	53	27.1	28.2	0.27	0.29
	マガキ	2	2	110	118	12.0	11.1
	シオフキガイ	4	4	35.8	35.5	1.56	1.38
	ユウシオガイ	6	7	13.4	14.2	0.08	0.08
	イソシジミ	6	6	39.7	40.7	1.09	1.21
	ウネナシトマヤガイ	5	5	26.6	25.2	0.27	0.31
	ヤマトシジミ	5	5	25.4	27.0	0.60	0.62
	アサリ	9	9	32.0	31.7	0.83	0.67
	オキシジミ	5	5	40.0	40.4	3.04	3.19
	ソトオリガイ	4	4	38.8	39.5	2.56	1.45
	カワヒバリガイ	10	9	18.1	17.2	0.12	0.11
	カワシンジュガイ	5	5	62.2	60.4	3.19	2.89
	トンガリササノハガイ	5	5	66.4	68.8	1.11	1.40
	イシガイ	4	4	53.3	52.0	2.47	2.08
淡 水	ニセマツカサガイ	4	4	52.5	52.5	3.83	4.08
	ヨコハマシジラガイ	4	4	67.5	66.3	5.28	5.26
	マツカサガイ	5	5	57.6	57.6	3.24	3.10
	オバエボシガイ	3	3	40.7	40.0	2.28	2.12
	カタハガイ	4	4	72.5	69.3	6.05	7.73
	カラスガイ	1	1	152	144	53.4	53.4
	タガイ	3	3	77.8	74.8	11.4	8.54
	タイワンシジミ	6	6	32.2	33.3	1.03	1.05

濾水量 F は、Nakamura et al. (1988) が用いた次式(1)に濁度の値を代入して計算した。

$$F = \frac{V}{T} \left(\ln \frac{C_0}{C_t} - \ln \frac{C_{b0}}{C_{bt}} \right) \quad (1)$$

ここで、 F ：濾水量(ml h^{-1})、 V ：実験に用いた水量(ml)、 T ：実験時間(h)、 C_0 ：淡水貝を投入した容器内での実験開始時の対象とする物質の濃度(mg L^{-1})、 C_t ：淡水貝を投入した容器内での t 時間後の対象とする物質の濃度(mg L^{-1})、 C_{b0} ：対照区の容器内での実験開始時の対象とする物質の濃度(mg L^{-1})、 C_{bt} ：対照区の容器内での t 時間後の対象とする物質の濃度(mg L^{-1})を表す。

また、(1)式を以下の(2)式のように変換して無次元化すれば、左辺に測定値を代

入することにより，容器内の物質の除去・凝集効果を示すことができる．

$$\frac{C_t}{C_o} / \frac{C_{bt}}{C_{bo}} = \exp\left(-\frac{F}{V}T\right) \quad (2)$$

第2章 海水産二枚貝の水質浄化能力

2. 1 まえがき

東海地域の干潟や河口域に広く分布する海水産二枚貝の水質浄化能力を解明するために室内実験を行った。実験に用いた貝類は、コウロエンカワヒバリガイ *Xenostrobus securis*, マガキ *Crassostrea gigas*, シオフキガイ *Mactra veneriformis*, ユウシオガイ *Moerella rutila*, イソシジミ *Nuttallia japonica*, ウネナシトマヤガイ *Trapezium liratum*, ヤマトシジミ *Corbicula japonica*, アサリ *Ruditapes philippinarum*, オキシジミ *Cyclina sinensis*, ソトオリガイ *Laternula marilina* の10種である。本章では、はじめに種の特徴を記載する。次に室内実験による実験結果を示し考察を述べる。最後に、本実験で得られた水質浄化能力の結果を用いて、干潟全域の二枚貝による水質浄化能力を算出する。

2. 2 海水産二枚貝の概要

コウロエンカワヒバリガイ *Xenostrobus securis* (Lamarck)

[形態] 殻長35mm前後の細長いイガイ形。成長した個体では、殻頂から腹縁にかけて鈍い稜角があり、前腹縁は緩やかに湾入する。殻頂付近はカワヒバリガイより丸みがある。殻色は赤味のある黒色や黒褐色で、漆様の光沢がある。幼貝は、黄褐色で茶褐色の模様や斑紋を有する個体が多い。殻内面は紫がかった銀白色。

[分布] 東京湾、駿河湾、浜名湖、伊勢湾、和歌山県沿岸、大阪湾、瀬戸内海（潮間帯、砂泥底や岸壁に付着）

オセアニア原産で1970年代に移入されたと推定されている(大谷, 2002, 2004)。現在では日本各地に分布を拡大している。また、本種は1990年代に地中海にも移入し、今後は世界中の温帯内湾域に分布を拡大する可能性が指摘されている(木村, 2000)。

マガキ *Crassostrea gigas* (Thunberg)

[形態] 殻は中大形、厚質、殻形は付着生活のため不定形であるが、類円形より長卵形となることが多い。左殻で付着し、深く膨らみ、右殻は膨らみが弱く、殻表には粗い成長脈の褶を形成し、それが管状突起に発達することがある。黄白色で紫色の放射帯があり、成長脈は板状に発達する。内面は白色で、筋痕は紫色になることが多く、中央よりも後腹縁に寄る。

[分布] サハリン、千島以南、北海道～九州までの日本全国、朝鮮、中国沿岸、東南アジア（低塩分濃度の岩礁・岩礫に群棲、潮間帯）

シオフキガイ *Maetra veneriformis* Reeve

〔形態〕 一般に殻長 45mm, 殻高 40mm, 殻幅 28mm. 殻は前後に短いハマグリ形で, よく膨らみ丸みがある. 前縁は円く, 後縁は斜めに少し裁断状で, 腹縁はゆるく彎曲する. 殻頂部はよく膨らみ高まる. 殻表には輪脈が多数あり, 特に周縁部では強い肋になっている. 鉸板は殻頂の下に大きい弾帯受があり, その前に小さい主歯があり, 前後側歯は細長く, 薄板状で深い溝になる. 套線は小さく円い湾入がある. 色は淡い紫褐色, 周縁部は濃い. 殻内面は白色.

〔分布〕 宮城県・山形県以南, 日本海, 本州, 四国, 九州, 沿海州南部, 朝鮮, 中国 (砂泥底, 潮間帯~20m)

ユウシオガイ *Moerella rutila* (Dunker)

〔形態〕 殻長 18mm 前後, 卵形で少し膨れる. 後背縁は直線的で, 後端は裁断状. 外套線湾入は深い. 色は薄く多くの個体は白~橙色. 色帯はない. 殻表は平滑で光沢がある.

〔分布〕 陸奥湾・津軽半島以南の日本全国, 台湾, 朝鮮半島, 中国大陸沿岸 (内湾の潮間帯, 砂泥底)

イソシジミ *Nuttallia japonica* (Reeve)

〔形態〕 一般に殻長 50mm, 殻高 40mm, 殻幅 17mm. 殻は中形, 卵円形, 前縁は円く, 膨らみは弱い. 殻頂の後ろに強い靱帯がある. 左殻は右殻より膨らむ. 殻表は紫色の地に白い2放射帯があり, 平滑で黄褐色の殻皮をかぶる. 内面は紫青色で, 套線より内側の殻中央部や鉸歯は白い. 主歯は2つあり, 右殻では後主歯, 左殻では前主歯が2分している. 歯丘は広く大きく, 靱帯をのせる. 前筋痕は三日月形で長く, 後筋痕は半月状卵形で, 套線湾入は広く殻頂の線におよび套線と合する.

〔分布〕 北海道南部・津軽半島以南, 九州までの日本全国, サハリン, 千島南部, 朝鮮半島, 中国沿岸 (砂泥底, 潮間帯~10m)

ウネナシトマヤガイ *Trapezium liratum* (Reeve)

〔形態〕 殻長 40mm 程度. 殻は横長の矩形で, 膨らみはやや弱い. 成長線は粗く, 後背でやや立ち上がって棘状になっていることがある. 殻の他の部分は平滑で, 表面に不明瞭な青紫色の幅広い放射帯がある.

〔分布〕 津軽・下北半島以南, 日本全国, 台湾, 中国南岸, インド・太平洋 (汽水域の潮間帯, 岩礁に足糸で付着)

ヤマトシジミ *Corbicula japonica* Prime

〔形態〕 殻長 40mm に達するが, 15~20mm の個体が多い. 殻形は小型の垂三角形で, よく膨らむ. 殻頂はやや前に寄り, 殻頂部はやや高まる. 後背縁は前背縁より

やや長く、前縁は円く、後縁は短くてやや傾く。腹縁はゆるやかに湾曲する。殻表は強い光沢があり、輪肋がある。幼貝では黄褐色のことが多く、時々放射色帯がある。内面は紫白色。歯は主歯と側歯があり、殻頂の下に3主歯とその前後にそれぞれ長い前側歯、後側歯がある。

〔分布〕北海道以南、九州までの日本全国汽水域（河川、沼・潟・湖等、砂泥中）

アサリ *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve)

〔形態〕一般に殻長40mm、殻高30mm、殻幅28mm。殻は中大形、卵楕円形、両殻は成長するとともによく膨らむ。殻頂は前方に傾き、後端はやや斜めに裁断状となる。殻表の放射肋は前後部でやや強くなり、成長脈と交わり布目状となる。殻色は変異に富み、左右殻で異なる場合がある。殻の内面は帯白色で、後方は帯紫色。鉸板は3主歯があり側歯を欠く。前後筋痕は卵形、套線湾入はやや深く円い。

〔分布〕サハリン以南の日本全国、台湾、朝鮮、中国沿岸（砂礫・泥底、潮間帯～10m）

オキシジミ *Cyclina sinensis* (Gmelin)

〔形態〕殻長50mm、殻高50mm、殻幅30mm。殻は中形、やや厚く、類円形で膨らむ。殻頂は前方に寄る。細かい放射肋と成長脈とで、細かい布目状となる。靱帯は後位で外在。鉸板は広く、3主歯があり、側歯を欠く。套線は三角形に深く湾入する。腹縁は細かく刻まれる。殻表は褐色の殻皮をかぶり、縁は紫色を帯びるが、白色の固体もある。内面は帯青白色。

〔分布〕三陸沿岸・男鹿半島以南の日本全国、台湾、朝鮮、中国、東南アジア（砂泥底、潮間帯～20m）

ソトオリガイ *Laternula marilina* (Reeve)

〔形態〕殻は中形、薄質、横長の長卵形でよく膨らむ。前端は円く、後方へ多少細まり、後端は円いか多少裁断状で開く。殻表に微顆粒があり、殻皮は周縁に残り、黄褐色に汚れる。内面は真珠光沢がある。スプーン型の弾帯受の前にY字形の殻帯がある。殻長40mm前後。

〔分布〕オホーツク海・サハリン以南、北海道～九州までの日本全国、朝鮮、中国沿岸、東南アジア、インド・太平洋域（砂泥底、潮間帯～20m）

2. 3 実験結果

海水産二枚貝の実験結果を第1章(2)式に従い無次元化して示した(図-2.1~2.10)。いずれも実験開始時から6時間後までの1個体当たりの割合を示した。

コウロエンカワヒバリガイ(図-2.1)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させていた。明条件と暗条件の違いはほとんど見られなかった。TOC も明・暗条件ともに減少させているが、その大部分は POC であった。DOC の増減は実験中にほとんど変動がなく、暗条件でわずかに増加傾向を示した。一方 TN は、明・暗条件ともに増加傾向を示した。両条件ともに TDN を増加させ、PON を減少させているが、TDN の増加量が PON 減少量を上回るために、全体として TN は増加を示した。

マガキ(図-2.2)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させていた。さらに濁度も Chl.a も明条件より暗条件で減少量が大きい値を示した。明条件の TOC は、減少傾向を示したが、POC の変動はほとんどなく TOC 減少量はほぼ DOC 減少量に一致していた。また、暗条件の TOC は、明条件と同様に減少傾向を示したが、POC もやや減少傾向を示し、特に DOC が大きく減少している。TOC は明条件より暗条件で大きい減少量を示した。TN は、コウロエンカワヒバリガイと同様に、明・暗条件ともに増加傾向を示した。両条件ともに TDN を増加させ、PON を減少させているが、TDN の増加量が PON 減少量を上回るために、全体として TN は増加を示した。

シオフキガイ(図-2.3)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させた。明条件の POC は変動がほとんどなく、DOC が減少しており、TOC の減少はほぼ DOC の減少に一致していた。また、暗条件の DOC は増加傾向を示すものの、POC が減少しており、DOC の増加量より POC の減少量の方が上回っているため、TOC は減少傾向を示した。TN は明・暗条件ともに減少傾向を示した。ただし、明条件では PON の変動は小さく、TN の減少は TDN の減少によるものであった。一方、暗条件では、TDN が一定しており、PON の減少量が TN の減少量に反映されていた。

ユウシオガイ(図-2.4)は、明・暗条件ともに水中の濁度と Chl.a を減少させた。TOC は、明・暗条件ともに減少しているが、明条件では POC の減少は非常に小さく、DOC が大きく減少していた。一方、暗条件では DOC がわずかに増加傾向を示し、POC の減少量が DOC の増加量よりも大きいため TOC は減少していた。TN は、明・暗条件ともに減少し、両条件ともに TDN の増減はほとんどなく、PON の減少が TN の減少に対応している。

イソシジミ(図-2.5)は、明・暗条件ともに水中の濁度と Chl.a を減少させた。TOC は、明・暗条件ともに減少しており、明条件では DOC の変動がほとんどないため、TOC の減少は POC の減少にほぼ等しく、暗条件では DOC がやや減少傾向を示し

たが、大部分の TOC の減少は POC の減少によるものであった。TN は、明・暗条件ともに減少傾向を示し、両条件ともに TDN がやや増加していた。しかし、PON の減少量が TDN の増加量を上まわるため、TN は減少した。

ウネナシトマヤガイ(図-2.6)は、明・暗条件ともに水中の濁度と Chl.a を減少させた。TOC は、明・暗条件でともに減少したが、両条件ともに POC は増加傾向にあり、POC の増加量よりも DOC の減少量が大きい値を示した。明条件で、PON はわずかに減少し、TDN が PON より大きく減少したため、TN は減少傾向を示した。一方、暗条件で TDN はわずかに増加傾向を示したが、PON が TDN より大きく減少したために、TN は減少した。

ヤマトシジミ(図-2.7)は、明・暗条件ともに水中の濁度と Chl.a を減少させた。TOC は、明条件で減少したが、DOC は増減をほとんどしていないので、POC の減少が TOC の減少に対応していた。一方、暗条件の TOC も減少したが、DOC は増加しており、POC の減少量が DOC の増加量を大きく超えていた。TN は明条件で減少し、TDN の増減はほとんど見られず、PON が減少していた。また、TN は暗条件でも減少したが、TDN は増加しており、PON の減少量が TDN の増加量を大きく上まわっていた。

アサリ(図-2.8)は、明・暗条件ともに水中の濁度と Chl.a を減少させた。TOC は、明・暗条件ともに減少傾向を示したが、明条件では DOC がわずかに減少しているのに対して、暗条件ではほぼ一定していた。両条件ともに POC の減少量のほとんどが TOC の減少量に反映されていた。TN は、明・暗条件ともに減少しており、明条件では TDN がわずかに増加傾向を示し、暗条件ではほぼ一定していた。両条件ともに PON の減少が TN の減少に反映されていた。

オキシジミ(図-2.9)は、明・暗条件ともに水中の濁度と Chl.a を減少させた。TOC は明条件で減少したが、暗条件ではほとんど減少しなかった。明条件では DOC はわずかに減少傾向を示したに過ぎず、POC がより大きく減少した。一方、暗条件では DOC は減少したが POC が増加したために、全体的に TOC はほとんど変化しなかった。TN は、明・暗条件ともに減少しており、両条件ともに TDN がわずかに減少傾向を示し、PON の減少量が大きく、TN の減少量に反映されていた。

ソトオリガイ(図-2.10)は、明・暗条件ともに水中の濁度と Chl.a を減少させた。TOC は、明・暗条件ともに減少傾向を示したが、明条件の減少量は暗条件の減少量よりも小さかった。明条件では DOC がわずかに増加傾向を示し、POC が DOC の増加量よりも大きく減少した。一方、暗条件では、明条件に比べて DOC の増加は顕著であったが、POC がさらに大きく減少していたため、総合的に TOC は減少傾向を示した。TN は、明・暗条件ともに減少したが、明条件では TDN の増減がほとんど見られず、暗条件では PON の増減がほとんど見られなかったため、明条件では、PON の減少が TN の減少に反映され、暗条件では、TDN の減少が TN の減少に反映された。

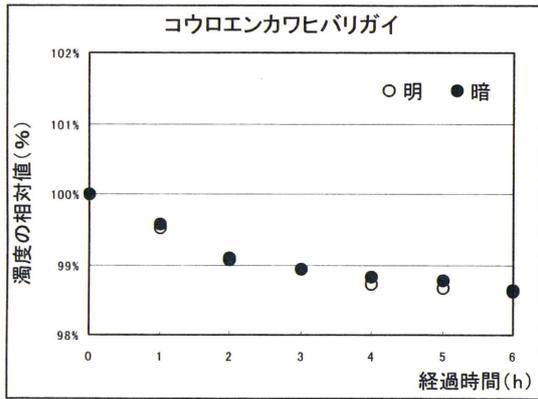


図-2.1.1

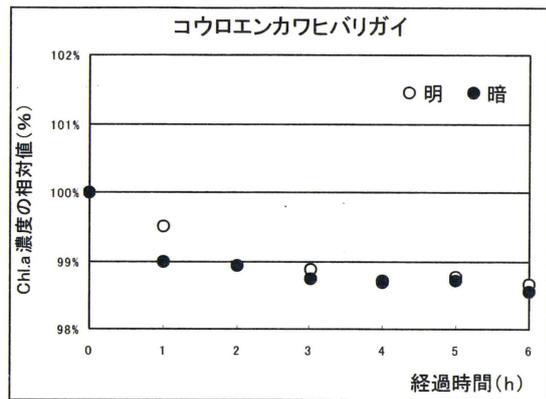


図-2.1.2

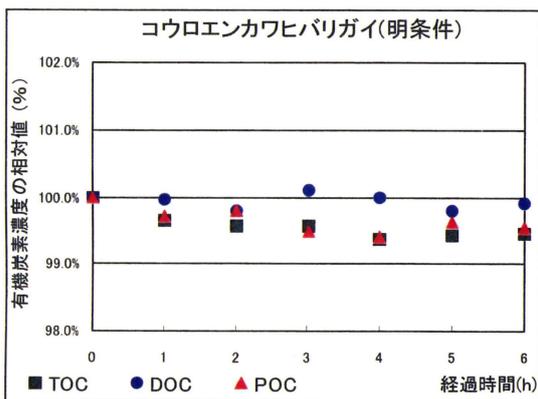


図-2.1.3

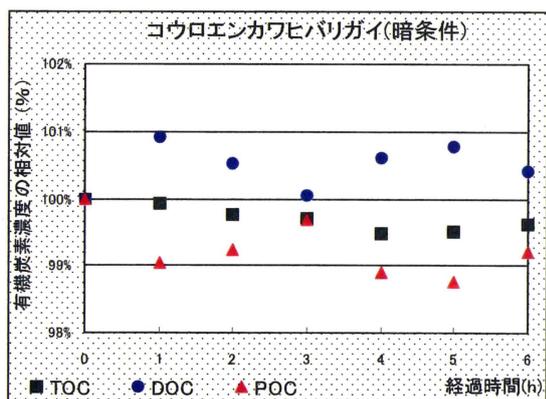


図-2.1.4

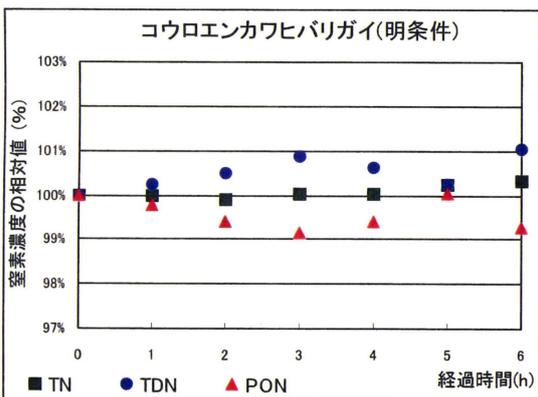


図-2.1.5

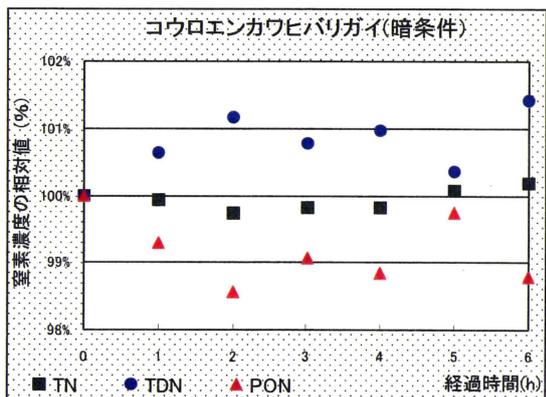


図-2.1.6

図-2.1 コウロエンカワヒバリガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.1.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.1.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.1.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.1.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

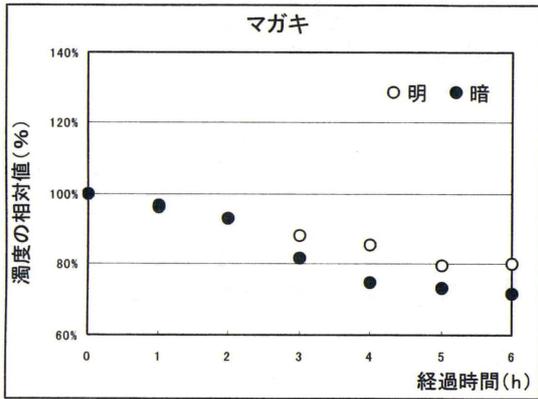


図-2.2.1

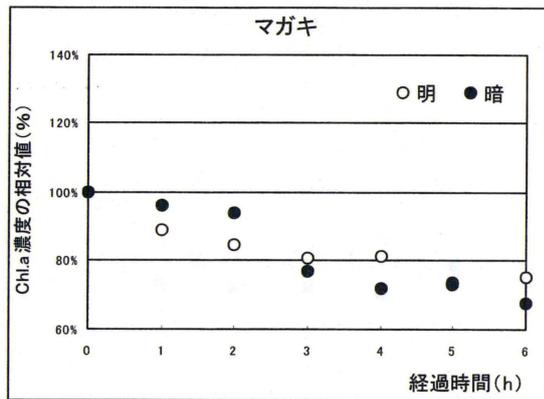


図-2.2.2

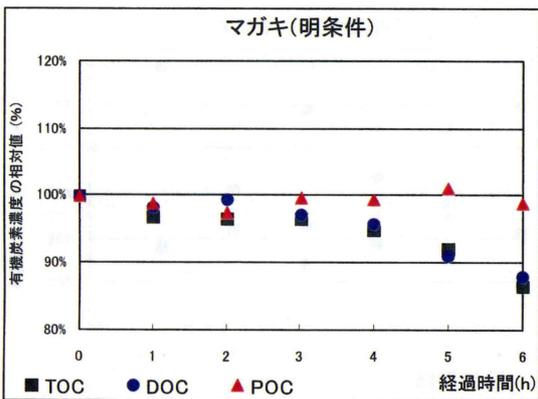


図-2.2.3

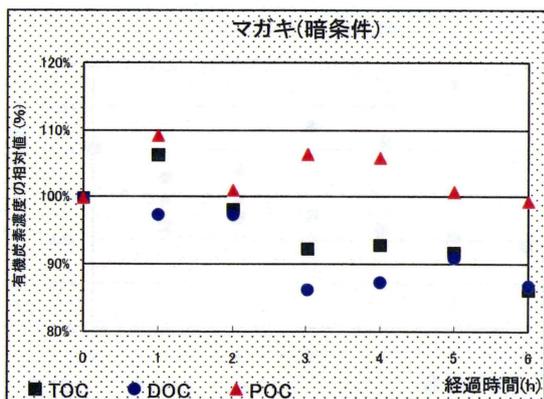


図-2.2.4

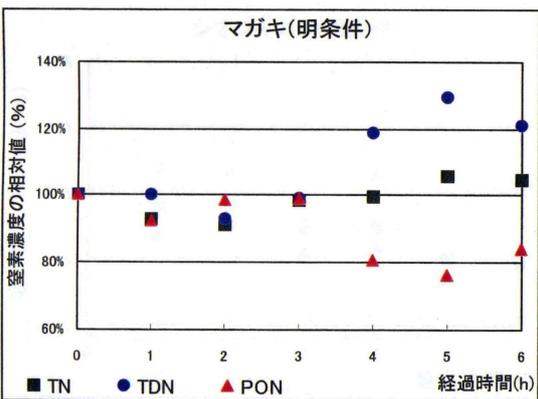


図-2.2.5

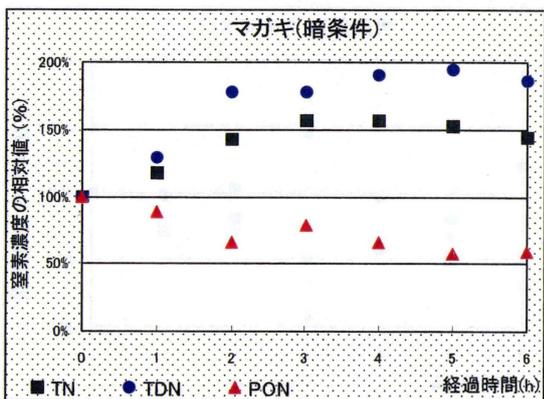


図-2.2.6

図-2.2 マガキ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.2.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.2.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.2.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.2.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

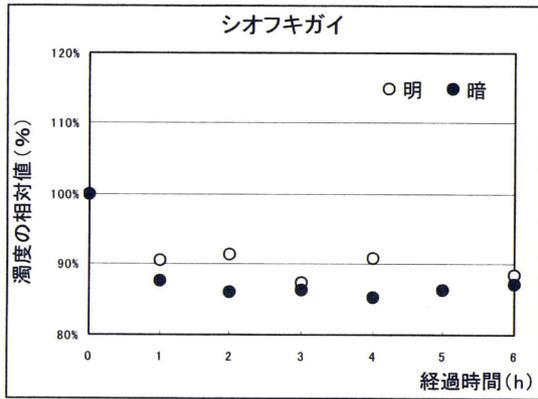


図-2.3.1

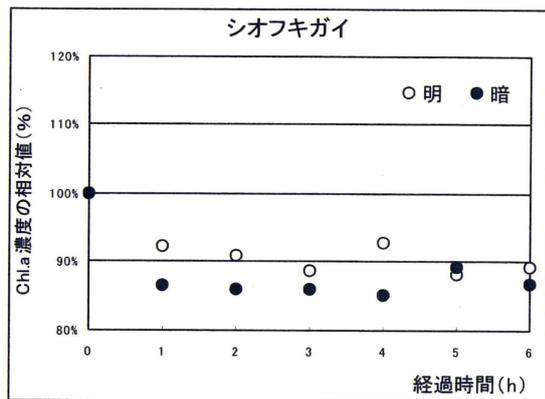


図-2.3.2

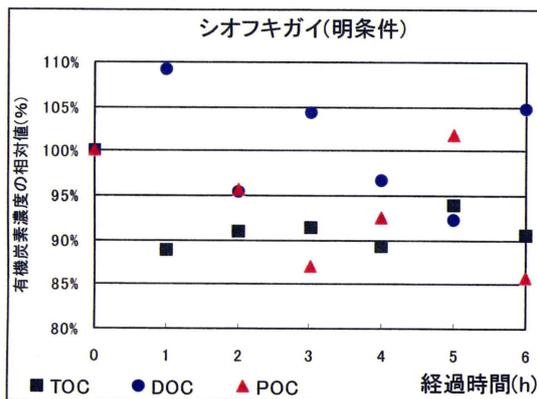


図-2.3.3

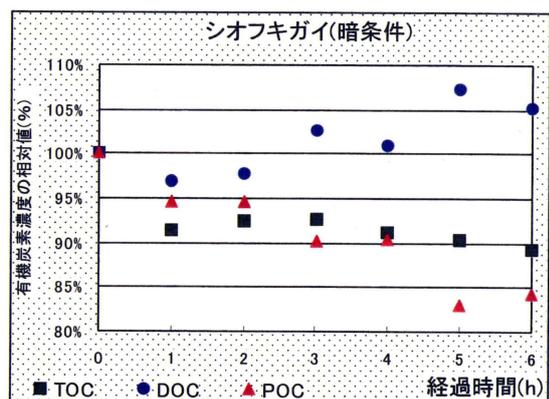


図-2.3.4

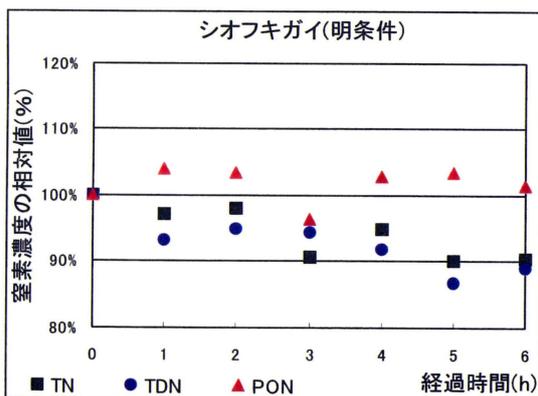


図-2.3.5

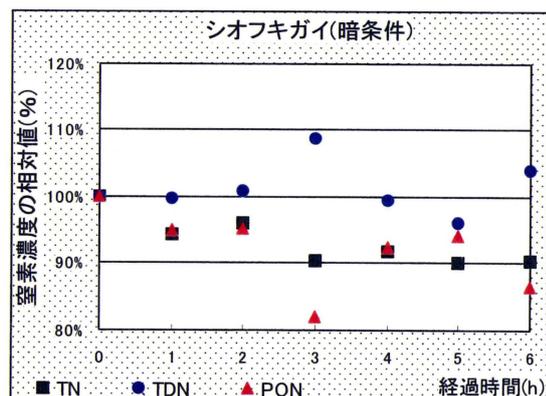


図-2.3.6

図-2.3 シオフキガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.3.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.3.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.3.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.3.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

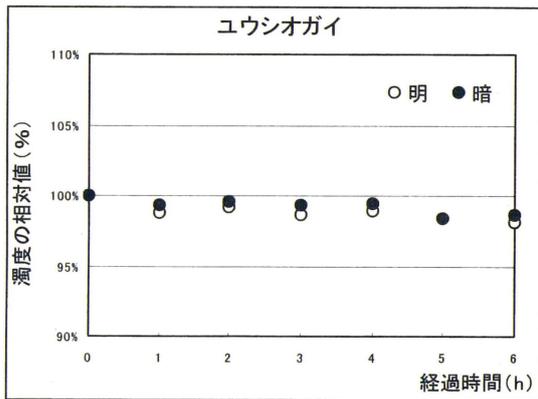


図-2.4.1

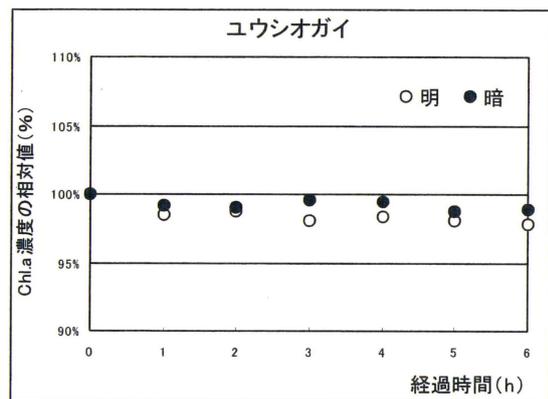


図-2.4.2

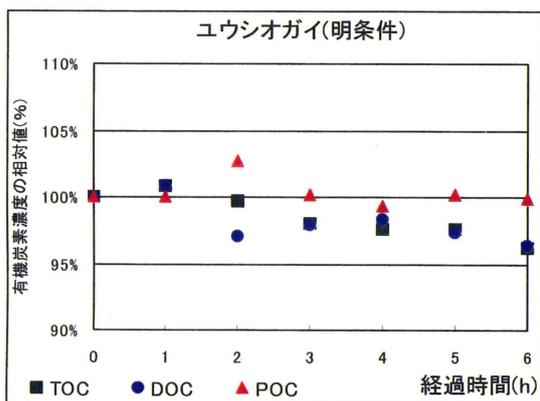


図-2.4.3

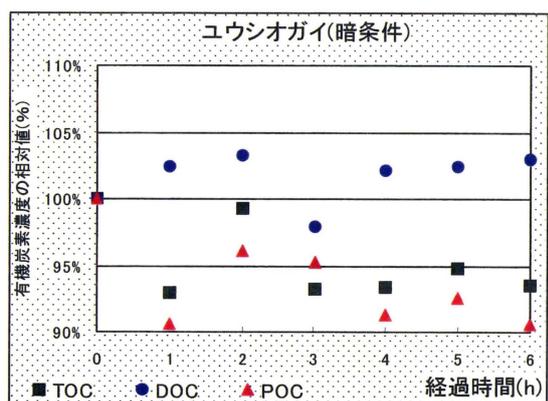


図-2.4.4

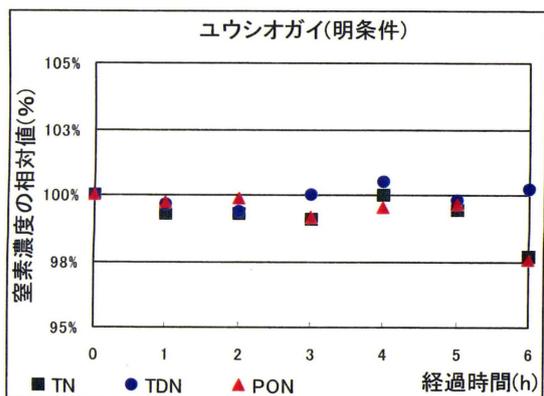


図-2.4.5

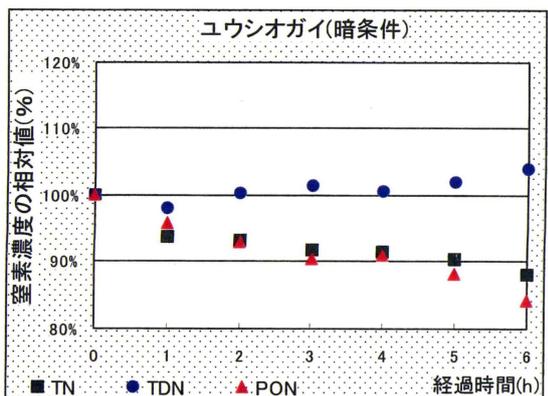


図-2.4.6

図-2.4 ユウシオガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.4.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.4.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.4.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.4.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

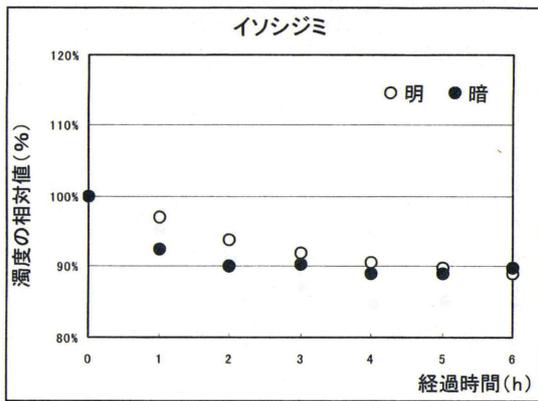


図-2.5.1

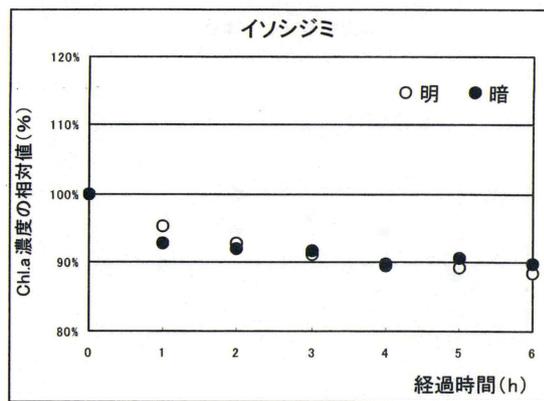


図-2.5.2

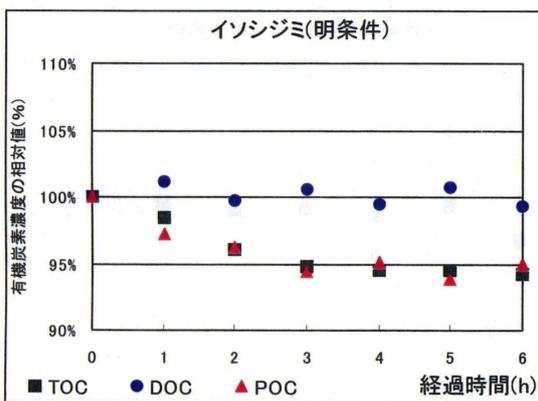


図-2.5.3

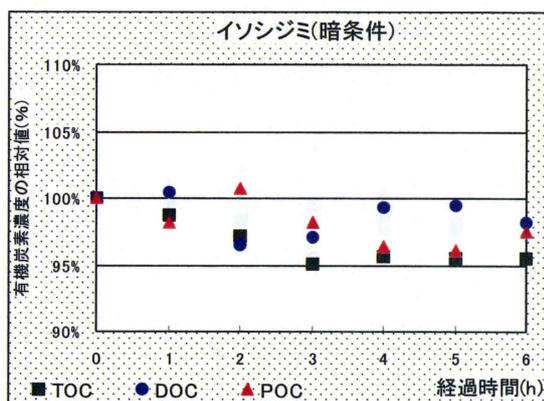


図-2.5.4

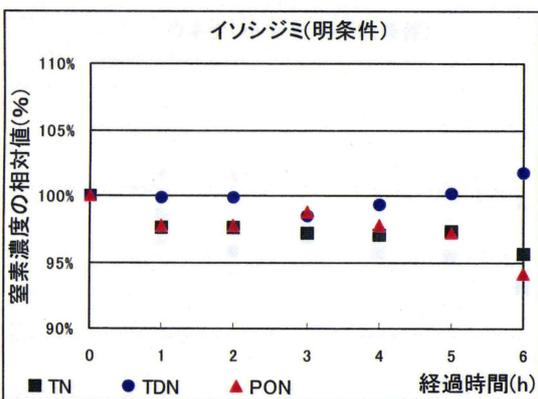


図-2.5.5

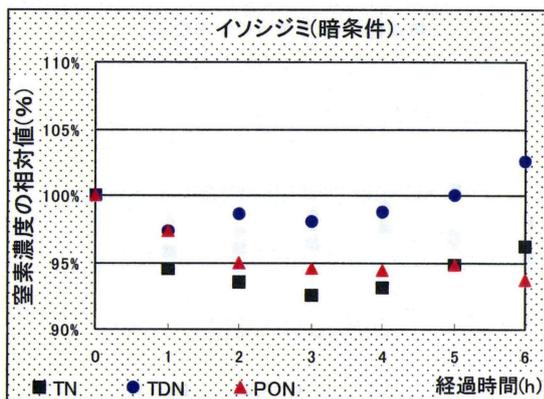


図-2.5.6

図-2.5 イソジミ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.5.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.5.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.5.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.5.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

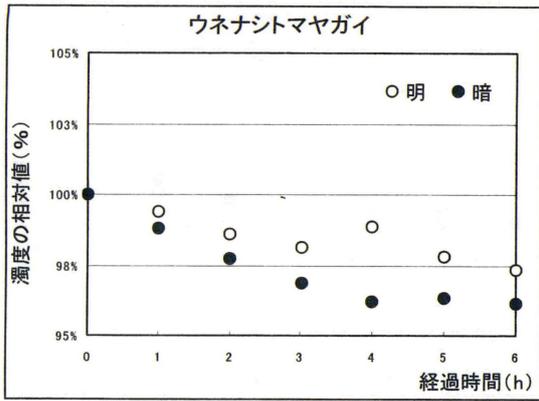


図-2.6.1

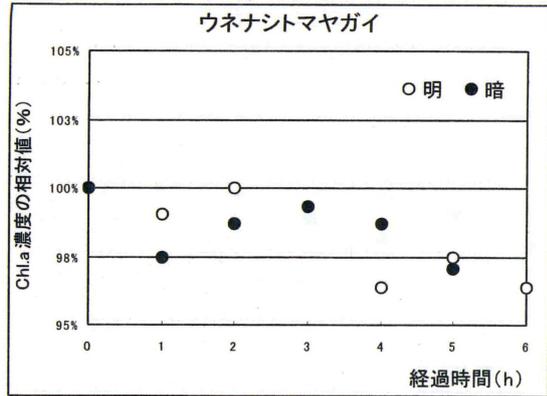


図-2.6.2

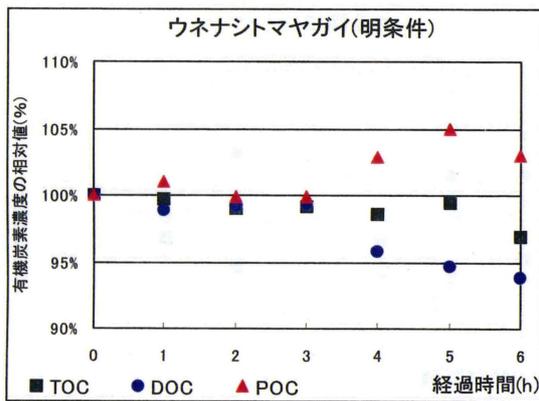


図-2.6.3

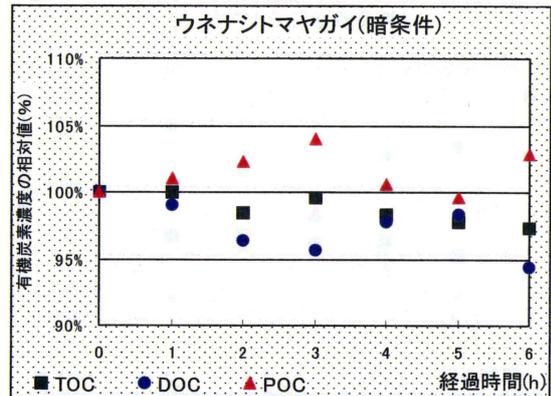


図-2.6.4

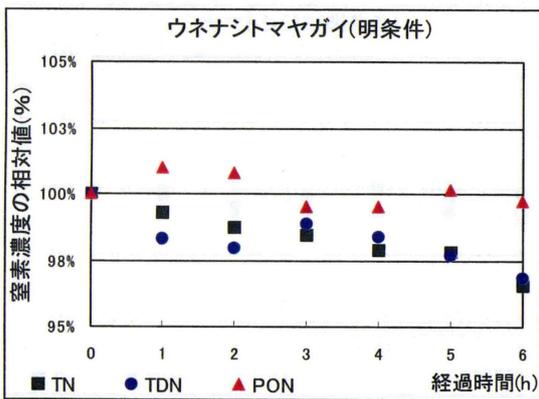


図-2.6.5

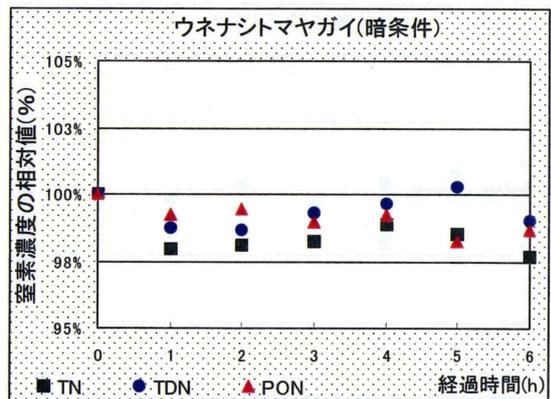


図-2.6.6

図-2.6 ウネナシトマヤガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.6.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.6.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.6.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.6.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

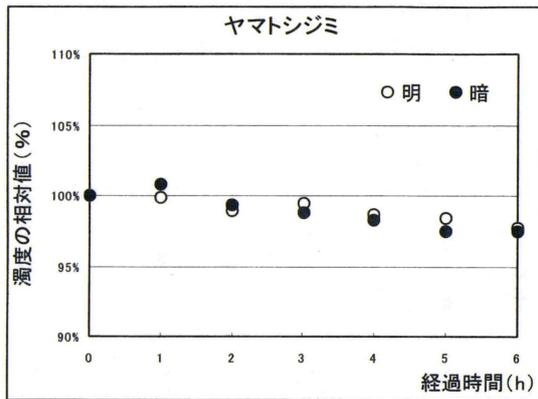


図-2.7.1

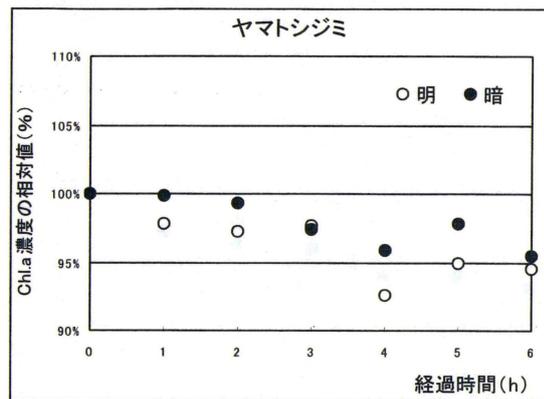


図-2.7.2

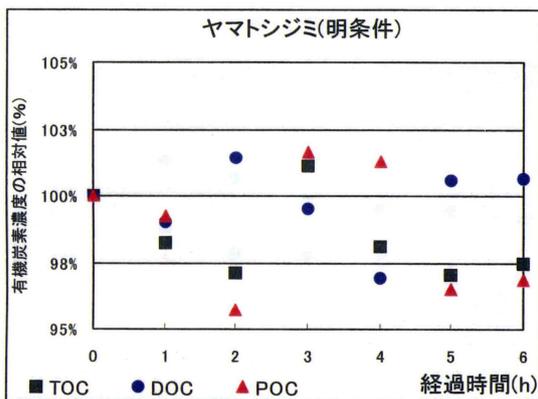


図-2.7.3

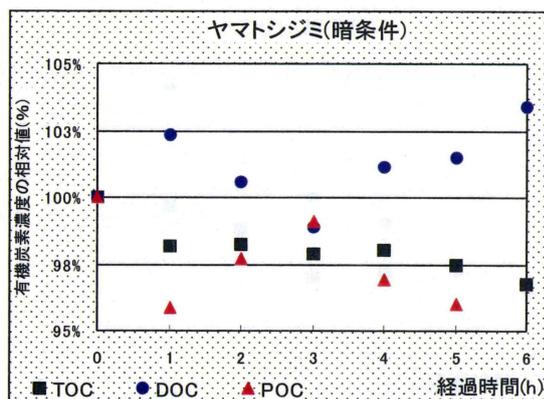


図-2.7.4

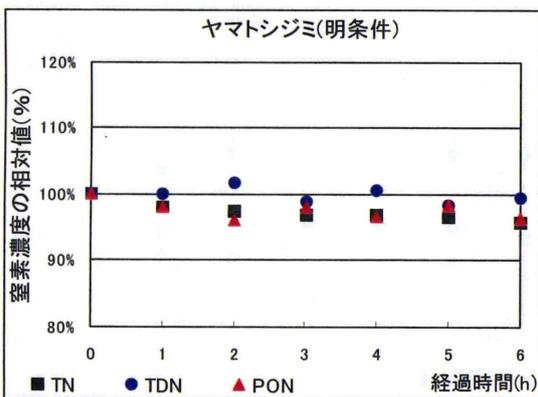


図-2.7.5

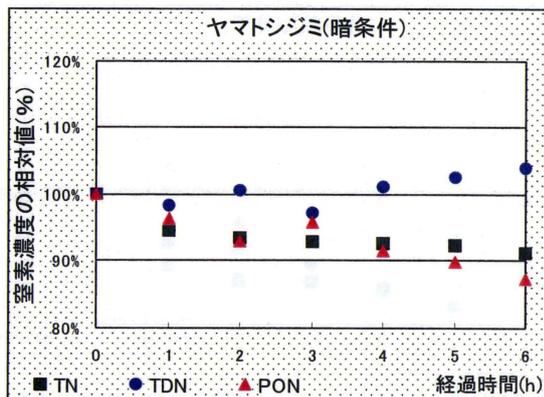


図-2.7.6

図-2.7 ヤマトシジミ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.7.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.7.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.7.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.7.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

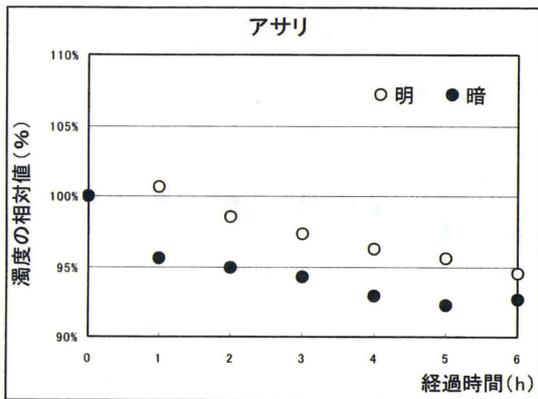


図-2.8.1

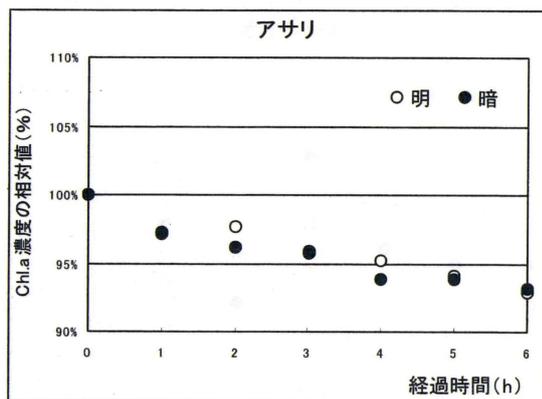


図-2.8.2

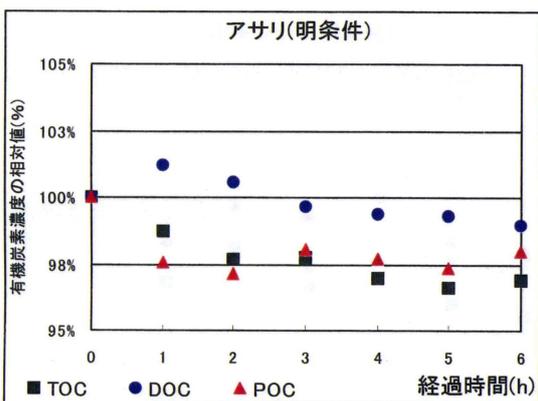


図-2.8.3

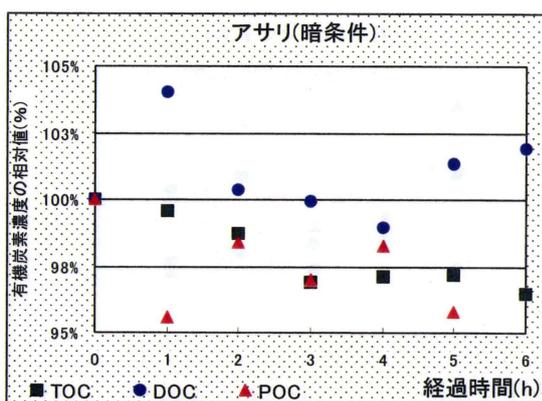


図-2.8.4

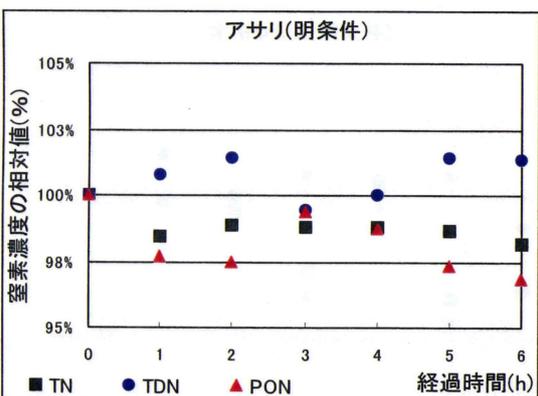


図-2.8.5

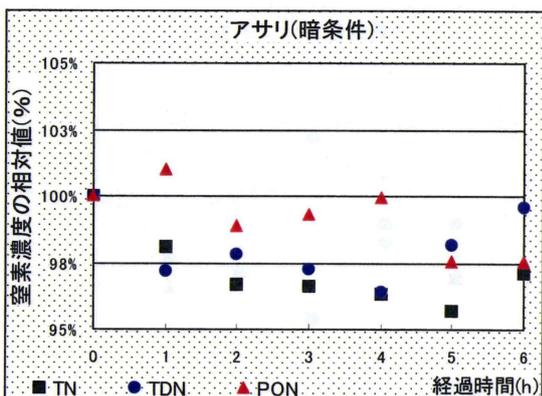


図-2.8.6

図-2.8 アサリ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.8.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.8.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.8.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.8.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

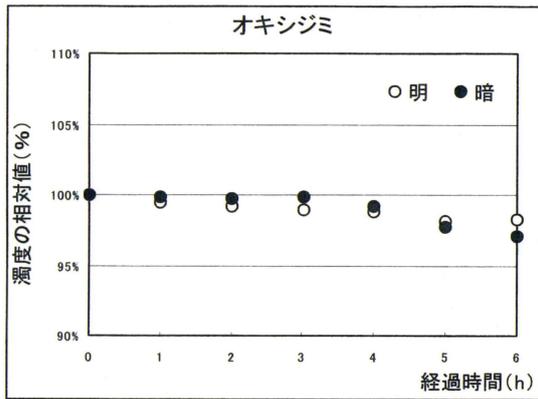


図-2.9.1

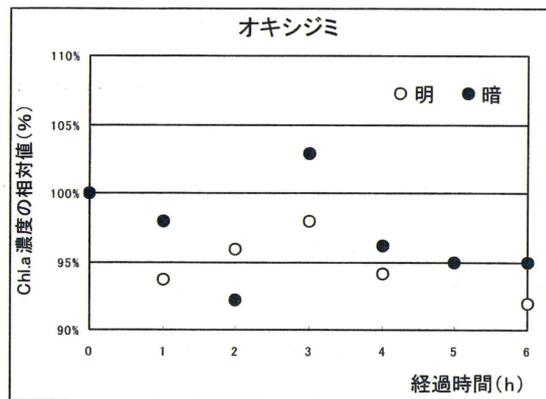


図-2.9.2

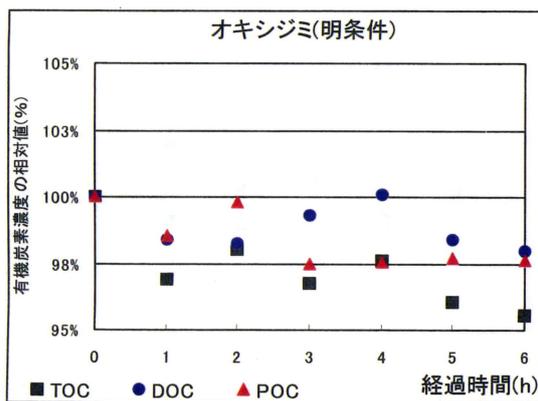


図-2.9.3

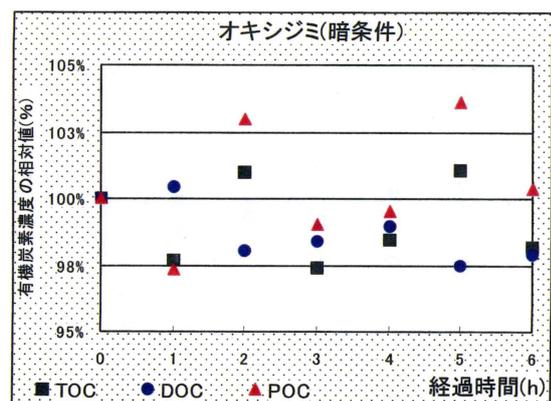


図-2.9.4

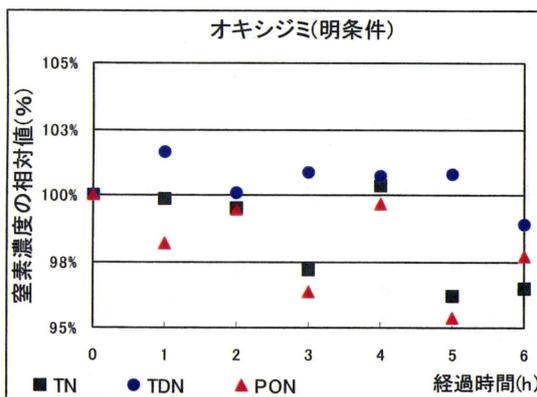


図-2.9.5

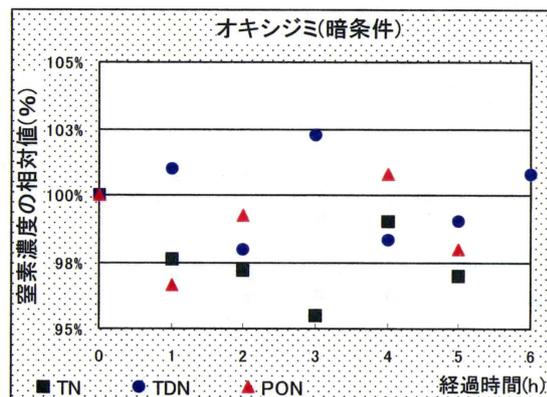


図-2.9.6

図-2.9 オキシジミ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.9.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.9.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.9.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.9.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

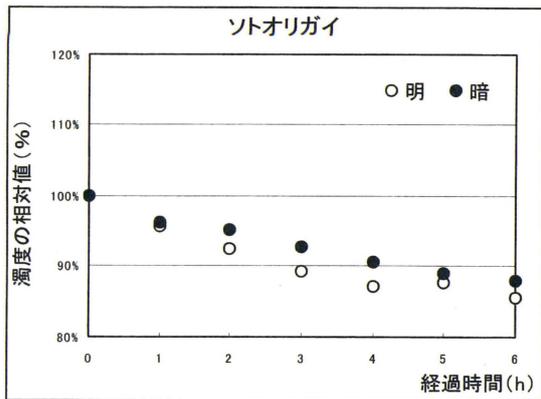


図-2.10.1

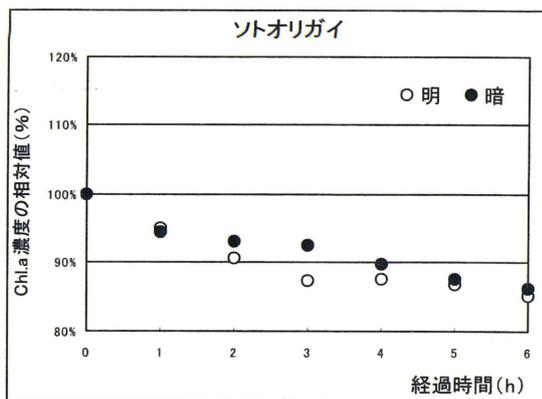


図-2.10.2

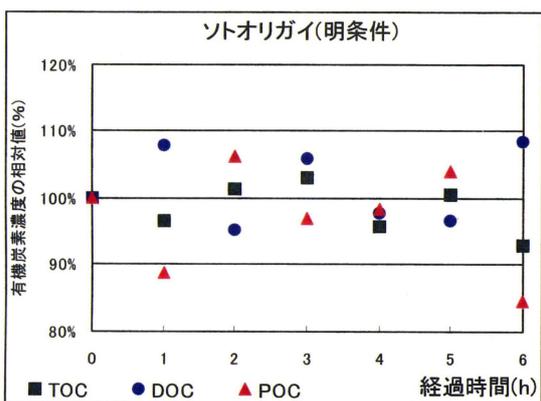


図-2.10.3

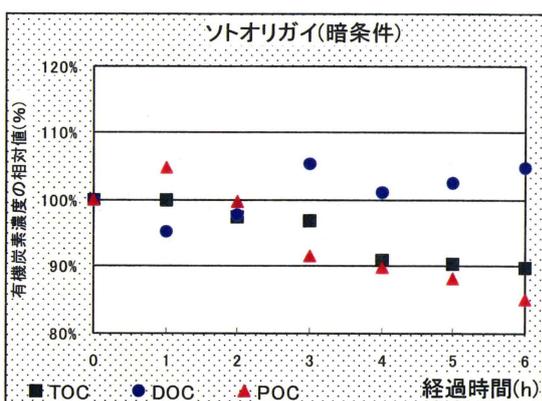


図-2.10.4

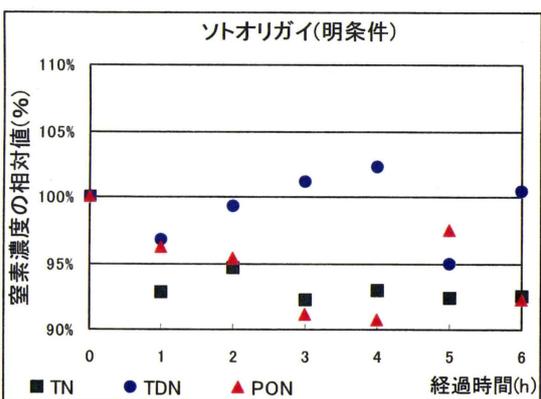


図-2.10.5

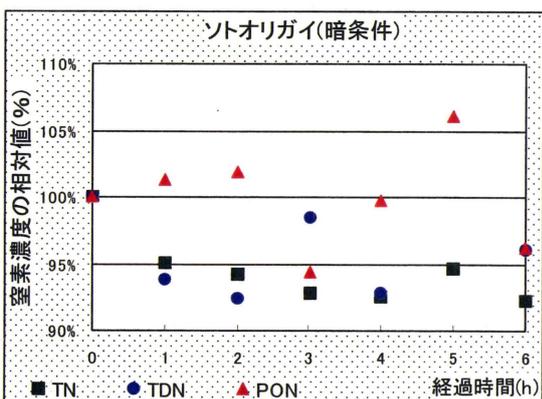


図-2.10.6

図-2.10 ソトオリガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-2.10.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-2.10.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-2.10.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-2.10.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

2. 4 干潟の浄化能力

愛知県藤前干潟には、実験に用いた 10 種の二枚貝のうち、シオフキガイ *Mactra veneriformis*, イソシジミ *Nuttallia japonica*, ヤマトシジミ *Corbicula japonica*, アサリ *Ruditapes philippinarum*, オキシジミ *Cyclina sinensis*, ソトオリガイ *Laternula marilina* の 6 種が干潟の泥質部分に優占する。

これらの 6 種が、藤前干潟全体を代表する二枚貝と仮定し、実験結果を用いて、干潟全域の水質浄化能力を推測した。はじめに、藤前干潟において、2003～2008 年にかけておこなったコドラート調査の結果をもとに、干潟全体の貝類の生息数を推定した。藤前干潟(約 90ha)には、ヤマトシジミ 190×10^5 個、ソトオリガイ 170×10^5 個、シオフキガイ 100×10^5 個、オキシジミ 950×10^4 個、アサリ 1.8×10^4 個、イソシジミ 1.0×10^4 個が生息していると概算した。計算の際に、貝類の種数や個体数の季節変動、貝類の成長段階の違いによる水質浄化能力の大きさなどを考慮せず、一日の干潟干出時間を一日の半分の 12 時間とした。従って、実験に用いた濾過摂食性の二枚貝類が水中の懸濁物を取り込む時間は、干潟が水没している 12 時間であり、その半分の 6 時間を明条件、残り 6 時間を暗条件として計算し、その結果を表-2.1 に示す。

表-2.1 より、藤前干潟(約 90ha)に生息する 6 種の二枚貝が、水質を浄化する能力は、TOC で 336kg, TN で 93kg の減少であった。ここで、1 日の人間 1 人あたり生活排水量は、家庭下水原単位(菊池ほか, 2008)によれば、尿尿 COD 10.0g, 雑排水 COD 17.0g, 尿尿 TN 9.00g, 雑排水 TN 2.00g である。COD を TOC に換算し、尿尿と雑排水を併せて生活排水とすると、1 日の人間 1 人あたり TOC で 10.1g, TN で 11.0g を排出していることになる。藤前干潟全体の 6 種の二枚貝の水質浄化能力を人数に換算すると、TOC で 33,200 人分, TN で 8,430 人分を浄化していることが認められた。

表-2.1 藤前干潟(90ha)の貝類生息数と TOC, TN の減少量

和名	学名	個体数 (万個)	1 日の減少量(kg)	
			TOC	TN
ヤマトシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	1900	68	17
ソトオリガイ	<i>Laternula marilina</i>	1700	130	36
シオフキガイ	<i>Mactra veneriformis</i>	1000	96	28
オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>	950	40	12
アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	1.8	0.06	0.01
イソシジミ	<i>Nuttallia japonica</i>	1	0.06	0.01
合計		5550	336	93

藤前干潟(90ha)の二枚貝 6 種の推定生息数およびそれらによる TOC, TN の減少量

2. 5 考察

はじめに、実験条件が濾水量、TOC・TN 除去量に及ぼす影響について議論する。先行研究と比較可能なヤマトシジミの濾水量を、相崎ほか (1998) や長谷川ほか (2000) の結果と比較すると、本実験の方が少ない濾水量であった。この理由としては、本実験で供した植物プランクトンの種類が異なること、堆積物のない状態で実験を行ったこと、容器の大きさや濁度(餌として与えた植物プランクトンの濃度)の初期条件の違いによる影響が考えられるが、本実験では過密にならないよう、また、十分な餌が供給されるよう、調整した。実際にこれらの違いが実験結果に多少の影響を及ぼすことが知られている (Mohlenberg and Riisgard, 1979 : 山室, 1992 : 相崎ほか, 1998 など)。しかし、本実験においては、濁度, Chl.a 量, TOC・TN 除去量に関する種間の相対的な差異を議論できる。

表-2.2 海水産二枚貝の濾水量

和名	学名	明暗条件	濾水量	
			1 個体 (ml ind ⁻¹ h ⁻¹)	単位湿重量 (ml g ⁻¹ h ⁻¹)
コウロエンカワヒバリ	<i>Xenostrobus securus</i>	明条件	11.4	107
		暗条件	9.96	86.5
マガキ	<i>Crassostrea gigas</i>	明条件	106	8.83
		暗条件	172	15.6
シオフキガイ	<i>Mactra veneriformis</i>	明条件	63.5	40.7
		暗条件	73.7	53.5
ユウシオガイ	<i>Moerella rutila</i>	明条件	7.11	83.9
		暗条件	7.08	94.5
イソシジミ	<i>Nuttallia japonica</i>	明条件	72.6	66.6
		暗条件	65.1	53.7
ウネナシトマヤガイ	<i>Trapezium liratum</i>	明条件	12.0	44.0
		暗条件	18.1	57.8
ヤマトシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	明条件	10.2	16.9
		暗条件	11.4	18.3
アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	明条件	31.8	38.5
		暗条件	49.8	74.1
オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>	明条件	7.50	2.47
		暗条件	13.5	4.23
ソトオリガイ	<i>Laternula marilina</i>	明条件	88.4	34.6
		暗条件	69.1	47.9

明・暗条件における 1 個体あたりの濾水量と軟体部の単位湿重量あたりの濾水量

表-2.3.1 海水産二枚貝の1個体あたりの濁度と Chl.a の除去・凝集効果

和名	学名	濁度(%)		Chl.a(%)	
		明条件	暗条件	明条件	暗条件
コウロエンカワヒバリガイ	<i>Xenostrobus seures</i>	1.38	1.38	1.38	1.38
マガキ	<i>Crassostrea gigas</i>	19.9	28.1	24.9	32.1
シオフキガイ	<i>Mactra veneriformis</i>	11.4	12.7	10.8	13.1
ユウシオガイ	<i>Moerella rutila</i>	1.88	1.39	2.17	1.11
イソシジミ	<i>Nuttallia japonica</i>	10.8	10.1	11.6	10.1
ウネナシトマヤガイ	<i>Trapezium liratum</i>	2.67	3.90	3.61	5.09
ヤマトシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	2.3	2.6	5.46	4.50
アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	5.5	7.3	7.17	6.86
オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>	1.7	3.0	8.08	5.05
ソトオリガイ	<i>Laternula marilina</i>	14.3	12.1	14.9	13.6

表-2.3.2 海水産二枚貝の1個体あたりの TOC, DOC, POC の除去・凝集効果

和名	TOC(%)		DOC(%)		POC(%)	
	明条件	暗条件	明条件	暗条件	明条件	暗条件
コウロエンカワヒバリガイ	0.55	0.38	0.09	-0.41	0.45	0.79
マガキ	13.6	14.0	12.2	13.4	1.38	0.56
シオフキガイ	9.48	10.7	-4.77	-5.18	14.3	15.8
ユウシオガイ	3.77	6.51	3.62	-2.96	0.16	9.47
イソシジミ	5.78	4.48	0.71	1.89	5.07	2.59
ウネナシトマヤガイ	3.17	2.71	6.17	5.57	-3.01	-2.86
ヤマトシジミ	2.52	3.23	-0.65	-3.35	3.16	6.59
アサリ	3.09	3.51	1.07	-1.92	2.02	5.43
オキシジミ	4.43	1.81	2.05	2.14	2.39	-0.33
ソトオリガイ	7.06	10.0	-8.41	-4.85	15.5	14.9

海水産二枚貝 10 種は、明・暗条件ともに、懸濁物質を除去し、Chl.a 濃度を減少させていることが証明された（表-2.3.1, 図-2.11, 12）。濁度と Chl.a の相対値のグラフから、懸濁物質と Chl.a の除去量は、全 10 種において明・暗条件の差は種毎のばらつきが大きかった。二枚貝類の昼夜の行動特性に着目した研究は少ないが、例えば、宗宮ほか（2008）がヤマトシジミの夜行性を指摘している。ここで、本実験における 1 個体当たりの濾水量を表-2.2 に示す。表-2.2 をグラフ化したものを図-4.1, 2 に示す。マガキ、シオフキガイ、ウネナシトマヤガイ、ヤマトシジミ、アサリとオキシジミは、本実験でも夜間に活発に濾過摂食をしていたものと考えられるが、コウロエンカワヒバリガイ、イソシジミ、ソトオリガイなどでは、暗条件より明条件で濾水量が大きい値を示すなど、種による違いが顕著にあらわれた。ただし、

表-2.3.3 海水産二枚貝の1個体あたりのTN, TDN, PONの除去・凝集効果

和名	TN(%)		TDN(%)		PON(%)	
	明条件	暗条件	明条件	暗条件	明条件	暗条件
コウロエンカワヒバリガイ	-0.30	-0.18	-1.04	-1.41	0.74	1.22
マガキ	-4.90	-44.2	-21.0	-85.3	16.1	41.2
シオフキガイ	9.46	9.71	10.9	-3.92	-1.48	13.6
ユウシオガイ	2.29	11.8	-0.19	-3.93	2.48	15.8
イソシジミ	4.32	3.78	-1.63	-2.53	5.95	6.32
ウネナシトマヤガイ	3.42	2.34	3.15	1.02	0.27	1.32
ヤマトシジミ	4.27	8.76	0.51	-3.88	3.76	12.6
アサリ	1.84	2.91	-1.34	0.45	3.18	2.47
オキシジミ	3.50	5.58	1.16	-0.78	2.34	6.37
ソトオリガイ	7.44	7.72	-0.37	3.93	7.81	3.79

人工的な明・暗条件下における結果であるため、個々の種に対して昼間または夜間に濾水量が上昇することを証明するためには、自然条件下において更なる検討が必要である。また、昼夜の違いは、明・暗条件だけでなく水温など様々な環境条件が異なるため、それらの条件が二枚貝の水質浄化能力に影響するかどうかを一項目ずつ実験で確認する必要がある。

実験に用いた全種が TOC の濃度を減少させる傾向にあったことから(表-2.3.2, 図-2.13~15), 海水産二枚貝は富栄養化の結果として増加する TOC などを取り込み、水質浄化に寄与しているものと考えられる。ただし、明条件で、シオフキガイとソトオリガイは DOC を増加させており、POC の減少量が DOC の増加量を上まわったために、全体の収支は TOC を減少させて、水質浄化に寄与していると考えられる。同様のことが、暗条件では、コウロエンカワヒバリガイ、シオフキガイ、ユウシオガイ、ヤマトシジミ、アサリとソトオリガイにみられた。一方、ヤマトシジミは明条件でも暗条件でも POC を増加させたが DOC が POC 増加量より大きく減少していた。

また、TN については、10 種中のコウロエンカワヒバリガイとマガキで増加傾向を示したが、残りの 8 種は TN の濃度を減少させる傾向にあったことから(表-2.3.3), これらは富栄養化の主要な原因である TN を取り込み、水質浄化に寄与しているものと考えられる。コウロエンカワヒバリガイとマガキが TN を増加させた理由としては、これらの 2 種が岩礁生の付着または固着生活をしているため、生活様式の違いなどが考えられるが、岩礁付着生のウネナシトマヤガイは、TN を減少させているため種毎の特性とも考えられる。

さらに、TOC と TN を除去していた種において、多くの実験ケースで溶存態ではなく粒子態(懸濁態)で顕著な減少がみられた(表-2.3.2, 2.3.3, 図-2.13~18)。貝類の吸収・消化量と不定期に排出される排泄物(糞と擬糞)の量は、POC・DOC と

PON・TDN の変化量に反映されるため、以下のことが推察される。つまり、DOC の量がほとんど増減なく安定していた種は、DOC が濾過により取り込まれず、排出もされなかったためと考えられる。反対に DOC や TDN を増加させた種は、排出した排泄物(糞と擬糞)の一部が水中に溶出したと考えられる。

図-2.1~2.10 の実験結果(経時変化)について、実験開始後、いくつかの種で早い時間帯に濁度等の濃度が減少し、その後、減少の割合が少なくなって収束に向かうという傾向が見られた。このことは実験に用いた貝類が、水槽への投入直後に環境変化などの影響を受けていると考えられる。実験開始時の実験水槽には十分に餌があり、貝が多少空腹状態でもあったために、投入直後に濁度は早く減少するが、一定時間後には活発な餌の取り込みが減じられる。餌は実験終了時まで充分に残存することから、減少率の低下は、貝の空腹状態が緩和された結果であると考えられる。

1 個体当たりの TOC と TN の除去量が、必ずしも濾水量の大きさと対応していないことは興味深い結果である。例えば、1 個体当たりの濾水量が本実験で用いた 10 種中で第 1 位のマガキの TOC 除去量は最も大きい値を示したが、TN 除去量は大きな負の値を示し、濾水量が大きいにもかかわらず TN は汚濁の原因になっていると考えられる。

また、1 個体当たりの TOC の除去量や濾水量が明・暗条件ともに最も小さかったコウロエンカワヒバリガイやユウシオガイは、1 個体当たりの濾水量も 12 種中最下位であったが、単位湿重量あたりに換算すると明・暗条件ともに第 1 位と第 2 位であった(表-2.2)。このように、濾水量の大きさと TOC、TN 除去量が種によって異なる要因としては、殻の厚み、軟体部の構造や生理機能の違いによる可能性などが考えられる。

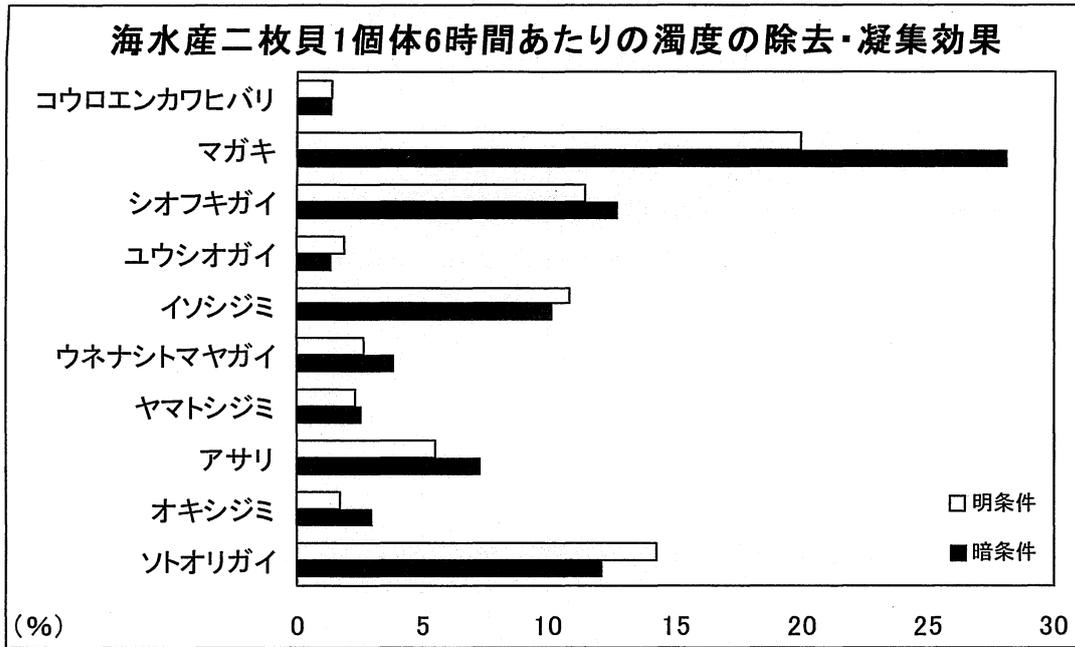


図-2.11 海水産二枚貝1個体6時間あたりの濁度の除去・凝集効果

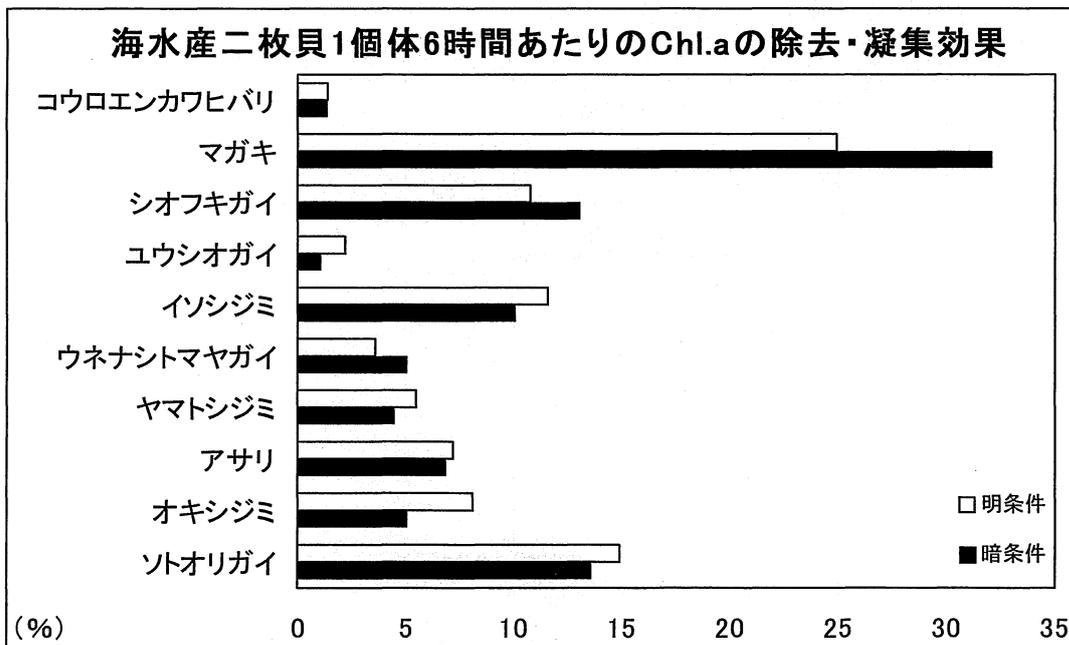


図-2.12 海水産二枚貝1個体6時間あたりのChl.aの除去・凝集効果

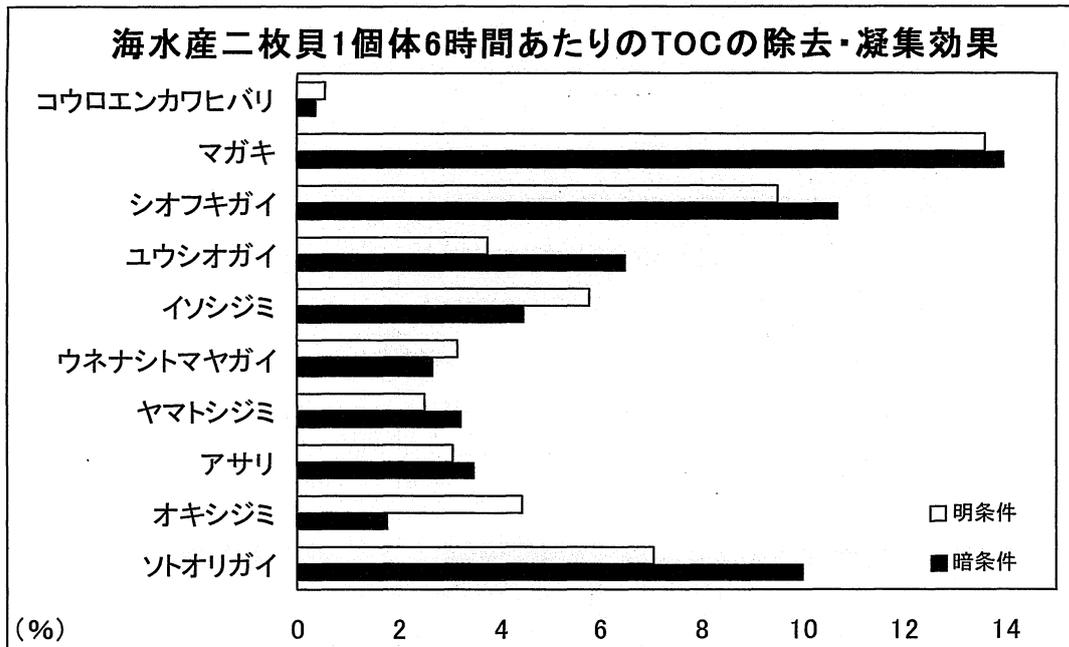


図-2.13 海水産二枚貝1個体6時間あたりの TOC の除去・凝集効果

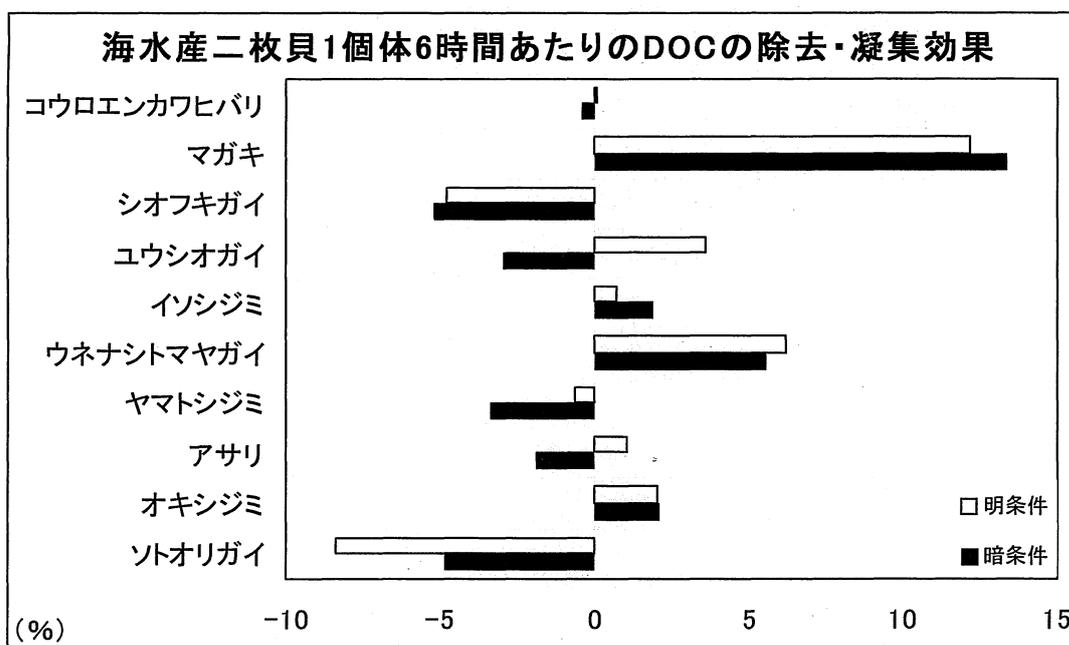


図-2.14 海水産二枚貝1個体6時間あたりの DOC の除去・凝集効果

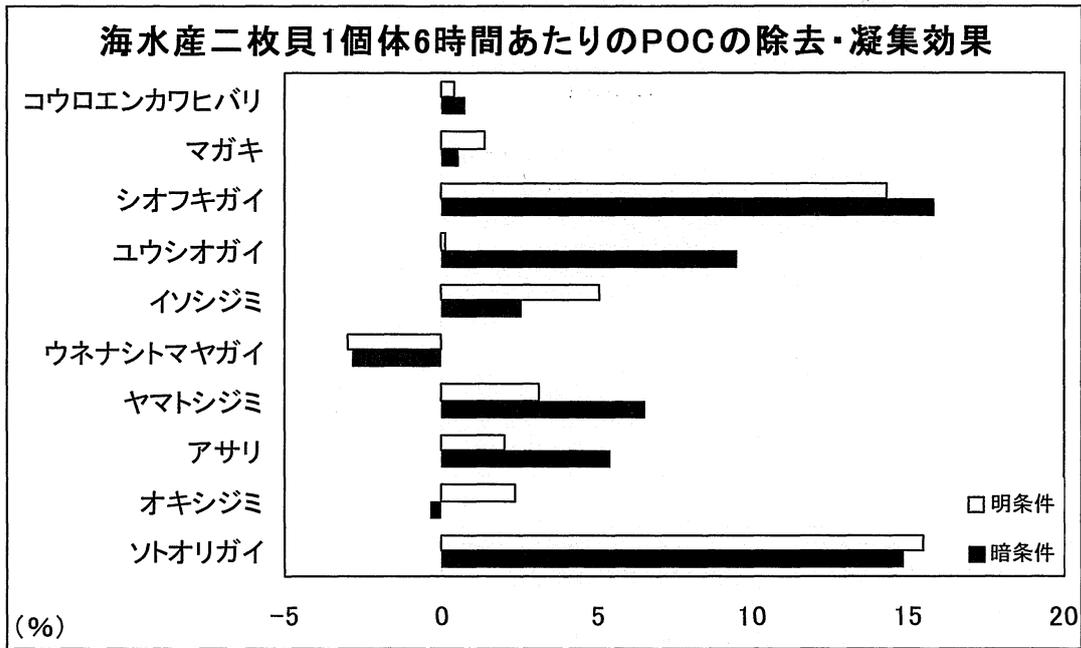


図-2.15 海水産二枚貝1個体6時間あたりのPOCの除去・凝集効果

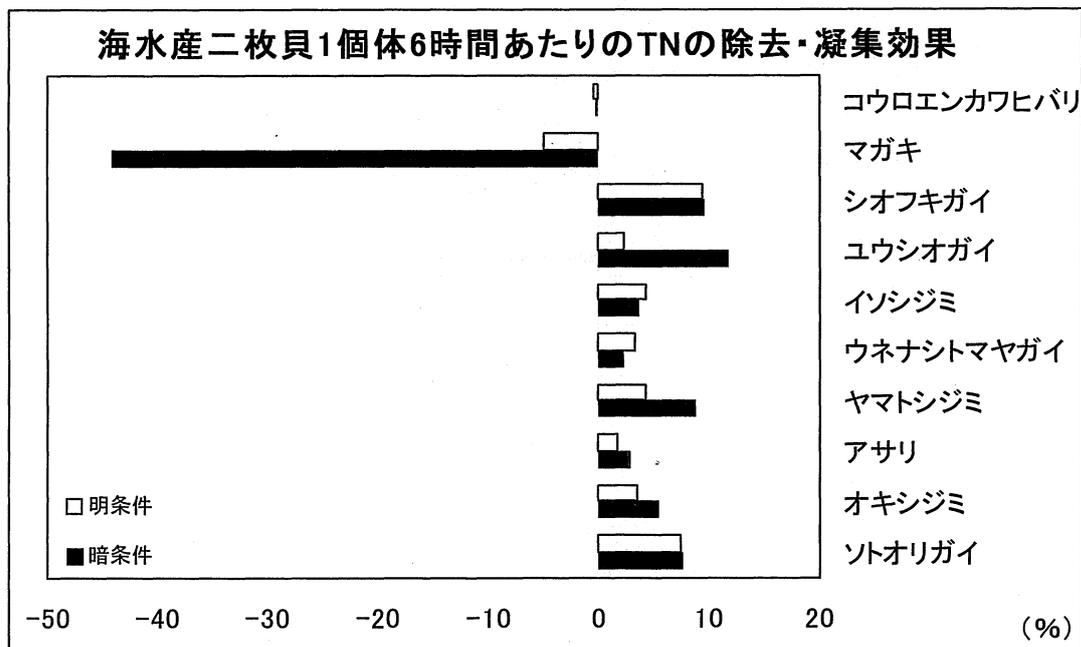


図-2.16 海水産二枚貝1個体6時間あたりのTNの除去・凝集効果

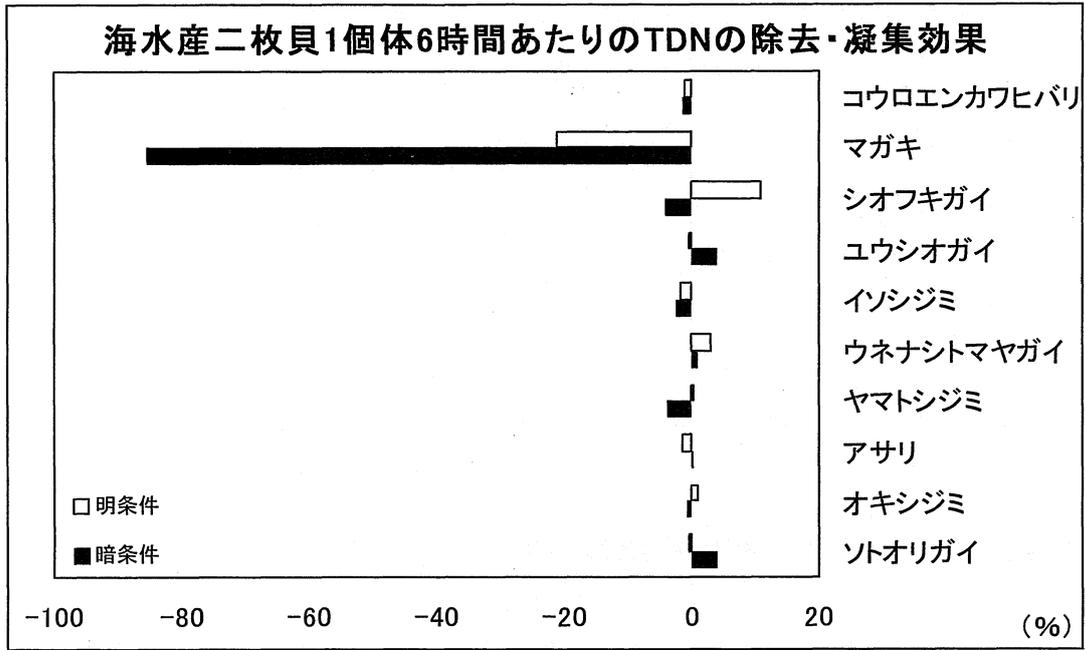


図-2.17 海水産二枚貝1個体6時間あたりのTDNの除去・凝集効果

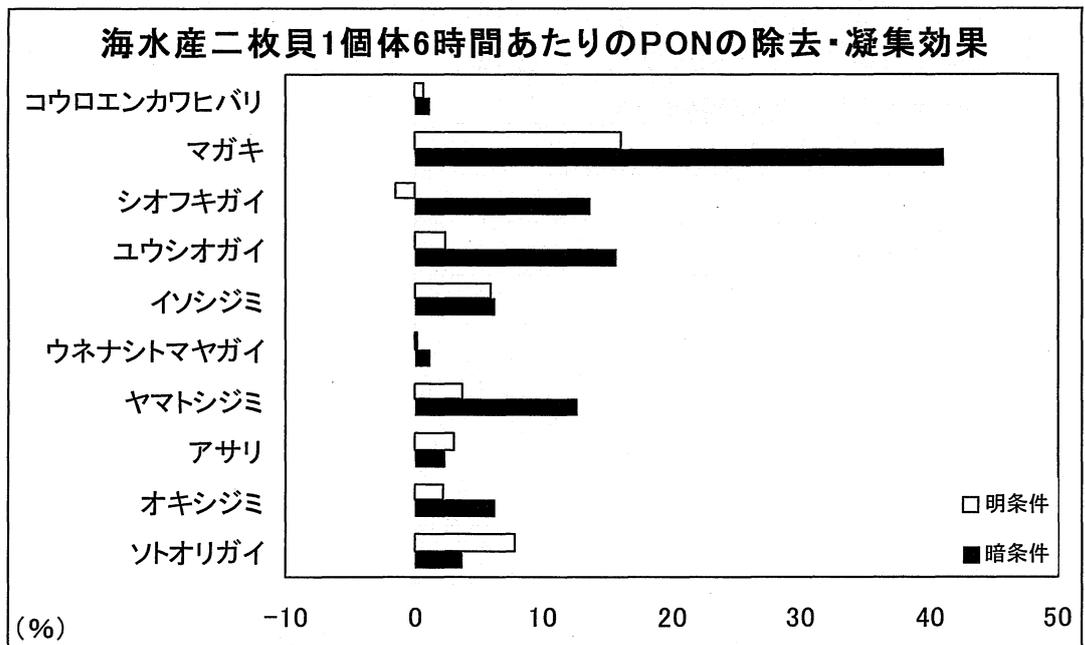


図-2.18 海水産二枚貝1個体6時間あたりのPONの除去・凝集効果

2. 6 まとめ

10種の海水産二枚貝，コウロエンカワヒバリガイ *Xenostrobus securis*，マガキ *Crassostrea gigas*，シオフキガイ *Macra veneriformis*，ユウシオガイ *Moerella rutila*，イソシジミ *Nuttallia japonica*，ウネナシトマヤガイ *Trapezium liratum*，ヤマトシジミ *Corbicula japonica*，アサリ *Ruditapes philippinarum*，オキシジミ *Cyclina sinensis*，ソトオリガイ *Laternula marilina* の濁度，Chl.a，TOC，DOC，POC と TN，TDN，PON の除去・凝集効果を種毎に明らかにした。

1個体あたりの除去・凝集効果が最も大きかったのは，濁度では明・暗条件ともにマガキ，Chl.a では明・暗条件ともにマガキ，TOC と DOC では明・暗条件ともにマガキ，POC では明条件でソトオリガイ，暗条件でシオフキガイ，TN では明条件でシオフキガイ，暗条件でユウシオガイ，TDN では明条件でシオフキガイ，暗条件でソトオリガイ，PON では明・暗条件ともにマガキであった。シオフキガイ，ヤマトシジミ，ソトオリガイは明・暗条件ともに DOC を増加させており，ウネナシトマヤガイは明・暗条件ともに POC を増加させていた。コウロエンカワヒバリガイとマガキは明・暗条件ともに TN を，コウロエンカワヒバリガイ，マガキ，ユウシオガイ，イソシジミは明・暗条件ともに TDN をそれぞれ増加させていた。

このように懸濁態と溶存態の炭素と窒素の変動は種による違いがあるが，炭素では全 10 種が水中の TOC を減少させ水質浄化に寄与していることが明らかになった。窒素ではコウロエンカワヒバリガイとマガキが TN を増加させたが，残りの 8 種は TN を減少して水質浄化に寄与していることが明らかになった。

また，水質浄化能力の高い二枚貝類が高密度に生息する干潟などの潮間帯では，水域全体の浄化能力が膨大な量であることが判明した。

例えば，名古屋市の藤前干潟(約 90ha)に生息する 6 種の二枚貝が水質を浄化する能力は，TOC で 336kg，TN で 93kg の減少であった。これらを 1 日の人間 1 人あたりの生活排水に換算すると，TOC で 33,200 人分，TN で 8,430 人分を浄化していることが判明した。

第3章 淡水産二枚貝の水質浄化能力

3. 1 まえがき

日本に生息する淡水産二枚貝の水質浄化能力を解明するために室内実験を行った。実験に用いた貝類は、カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei*, カワシンジュガイ *Margaritifera laevis*, トンガリササノハガイ *Lanceolaria grayana*, イシガイ *Unio douglasiae nipponensis*, ニセマツカサガイ *Inversiunio yanagawensis*, ヨコハマシジラガイ *Inversiunio jokohamensis*, マツカサガイ *Pronodularia japonensis*, オバエボシガイ *Inversidens brandti*, カタハガイ *Obovalis omiensis*, カラスガイ *Cristaria plicata*, タガイ *Anodonta japonica*, タイワンシジミ *Corbicula fluminea* の12種である。前章と同様に、本章では、はじめに種の特徴を記載する。次に室内実験による実験結果を示し考察を述べる。最後に、本実験で得られた水質浄化能力の結果を用いて、用水路や溜池の二枚貝による水質浄化能力を算出する。また、用水路や溜池の水質浄化能力を、前章の干潟の水質浄化能力と比較する。

3. 2 淡水産二枚貝の概要

カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* (Dunker)

〔形態〕 殻長 30mm 前後の細長いイガイ形。

成体では黄緑色がかった黒褐色。成長した個体では、殻頂から腹縁下部にかけて稜角があり、腹縁は直線的である。殻長 10mm 以下の稚貝では、後方背側の半分は濃い紫色で、前方腹側の半分は黄土色を呈する。成体では殻頂と殻の前端は一致する。殻は薄い。足糸と呼ばれる糸状物質を殻底部から分泌し、基質に固着する。殻の内側は真珠光沢があり、前方腹側は青白色で、後方背側および後縁は紫色。

〔分布〕 朝鮮（漢江・大同江），中国（中南部），台湾（台北）

本種は、中国大陸・朝鮮半島に分布しており、特定外来生物に指定されたイガイ科の淡水産二枚貝である（松田・中井，2002；池田，2006）。日本でも1990年代になって野生化した個体が確認されるようになった（中井，2001）。日本での生息域は、琵琶湖・淀川水系および木曾川水系等に加え、豊田市矢作川水系での大量繁殖が報告されている（内田ほか，2007；櫻庭ほか，2008）。カワヒバリガイの大量発生による被害は、利水施設の導水障害、寄生虫の中間宿主となること、生態系の破壊、大量死滅による水域の汚濁や腐敗臭の発生などが知られている（中井，2001；内田ほか，2007；櫻庭ほか，2008；中西・向井，1997）

カワシンジュガイ *Margaritifera laevis* (Haas)

[形態] 殻は長卵形で、大型。殻長は最大で 15cm に達する。背縁は前方に傾斜し、前縁は楕円形に突出し、腹縁は多少湾曲する。左殻の擬主歯は三角形で、前の擬主歯は後のものより小さく低い。右殻の擬主歯はピラミッド状で高い。後側歯は発達が悪く不明瞭。前閉殻筋痕は丸い耳型状である。殻表は黒褐色～黒色で、内側はやや桃色がかった強い真珠光沢をもつ。

[分布] サハリン、千島、日本（北海道、本州）。最高水温 20 度以下の水域で、礫～泥底と広い底質に生息している。

トンガリササノハガイ *Lanceolaria grayana* (Lea)

[形態] 殻は極端に細長く大型。後方で細まって後端は尖り、笹の葉の形に似ている。擬主歯と後側歯がそれぞれ右殻に 1 つ、左殻に 2 つある。右殻の擬主歯は三角形ないし台形状に発達する。歯は擬主歯と強い後側歯があり、擬主歯は平らで、三角形から台形をなし、表面には筋が入る。その筋は、殻頂より後方に走る。成貝は通常、殻長 70～100mm で、120mm に達する。

[分布] 中国、朝鮮半島、日本（愛知県以西の本州、四国、九州）。小川や用水路の砂礫

イシガイ *Unio douglasiae nipponensis* Martens

[形態] 殻は長卵形で、膨らむ。中型で、通常は殻長 9cm を超えない。殻表にさざ波状の模様があるが、成長するにつれて模様は消失し、黒色で平滑となる。右殻の擬主歯は薄い板状である。

[分布] 日本固有亜種（北海道、本州（近江盆地を除く）、四国、九州）。小川や用水路の砂礫～砂泥底に多く生息する。

ニセマツカサガイ *Inversiunio yanagawensis* (Kondo)

[形態] 殻は卵円形で膨らみがあり、後縁が丸く少し湾曲している。殻長は最大で 7cm に達する。殻頂付近に顆粒状の模様があり、後背縁には不明瞭な放射状の模様がある。放射状の模様の間隔は狭い。右殻擬主歯は大きく、三角形状である。

[分布] 日本固有種（滋賀県以西の本州（日本海側は鳥取県以西）、四国、九州）。小川や用水路の砂礫～砂泥底に生息する。

ヨコハマシジラガイ *Inversiunio jokohamensis* (Ihering)

[形態] 殻は長卵形で、殻頂はやや前方に位置し、後縁はやや尖る。殻長は最大で 7cm に達する。殻頂付近に顆粒状の模様があり、後背縁には不明瞭な放射状の模様がある。放射状の模様の間隔は狭い。殻頂は成長するにつれて前方に位置するようになり、オトコタテボシガイとの区別が困難になるが、両種の分布は重ならない。右殻擬主歯は大きく、三角形状である。

[分布] 日本固有種（三重県以東の本州（日本海側は兵庫県以東），北海道）．小川や用水路の砂礫～砂泥底に生息する．

マツカサガイ *Pronodularia japonensis* (Lea)

[形態] 殻は卵円形で，膨らみは弱く平たい．中型で，殻長は最大で 9cm に達する．殻表に逆V字型の彫刻が顕著であるが，成長するにつれて腹縁近くの模様は消失し，平滑となる．後背縁の放射状の模様は顕著で，その間隔は粗い．右殻の擬主歯は三角形である．

[分布] 日本固有種（本州，四国，九州）．小川や用水路の砂礫～砂泥底に多く生息する．

オバエボシガイ *Inversidens brandti* (Kobelt)

[形態] 殻は短卵形で膨らみ，後端は嘴状にやや尖る．やや小型で，殻長は最大で 6cm に達するが，通常は 5cm 以下である．殻表は黄褐色で，漣状の彫刻が顕著であるが，成長するにつれて，彫刻も消失して殻表面は平滑で黒褐色となる．右殻に擬主歯が 2 つあり，前方のものは痕跡的で消失している場合もある．後方のものは三角状に発達する．左殻の擬主歯はへら状である．後側歯の数は一定でなく，両殻とも 1～3 である．

[分布] 日本固有種（愛知県以西の本州，北九州）．小川や用水路の砂礫～砂泥底に多く生息する．

カタハガイ *Obovalis omiensis* (Heimburg)

[形態] 殻は長卵形で，膨らみは弱く平たい．中型で，殻長は最大で 8cm に達する．殻表は平滑で，後背縁に放射状肋がある．擬主歯はへら状で，後側歯は不明瞭．

[分布] 日本固有種（愛知県以西の本州，四国，九州）．小川や用水路の砂礫～砂泥底に多く生息する．

カラスガイ *Cristaria plicata* (Leach)

[形態] 殻は翼長卵形で膨らむ．大型で，殻長 20cm を超える．殻頂の両側背縁に翼状突起があり，幼貝では著しく発達するが，成貝になると目立たなくなる．後背縁の翼状突起の前縁は滑らかで，その付け根には顕著なシワ状の褶曲がある．殻表は平滑で，しばしば緑色の放射状の模様が見られる．

[分布] 東南アジア，中国，シベリア，日本（北海道，本州）．本州山間部の個体群は移植されたものである．平野部の湖沼や大河川の下流部に分布している．琵琶湖では水深 2～8m の砂泥～軟泥底に多く生息している．

タガイ *Anodonta japonica* Clessin

[形態] 殻は長卵形で，膨らみは弱い．中型で，通常は殻長 10cm を超えない．殻

表は黒褐色で、殻頂付近には同心円状の皺がある。

〔分布〕 中国、朝鮮半島、シベリア、日本（北海道、本州、四国、九州）。溜池や用水路の砂泥～軟泥底に生息している。

タイワンシジミ *Corbicula fluminea* (Muller)

〔形態〕 殻は亜三角形で、殻長 30mm 程度。殻表面には成長脈がマシジミよりも広く規則的に配列する。殻表は鮮黄色から濁黄色で、オリーブ色などの淡色系が多い。

〔分布〕 台湾～中国。日本各地に帰化。

3. 3 実験結果

淡水産二枚貝の実験結果を第1章(2)式に従い無次元化して示した(図-3.1~3.12)。いずれも実験開始時から6時間後までの1個体当たりの割合を示した。

カワヒバリガイ(図-3.1)は、明・暗条件ともに、水中の濁度とChl.aを減少させていた。明条件と暗条件の違いはほとんど見られないが、濁度とChl.aともに明条件より暗条件でわずかに減少量が大きかった。TOCは、明・暗条件ともに減少しているが、明条件ではDOCとPOCが両方減少しているのに対して、暗条件ではDOCがわずかに減少していた。しかし、暗条件では、POCがDOCの増加量よりも、はるかに減少量が大きかったため、全体としてTOCは減少した。TNは、明・暗条件ともに減少した。明条件では、TDNの増減がほとんどないため、PONの減少がTNの減少に反映された。一方、暗条件では、TDNが増加し、TDNの増加量よりも、PONの減少量が大きく、TNは減少した。

カワシジユガイ(図-3.2)は、明・暗条件ともに、水中の濁度とChl.aを減少させている。明・暗条件の違いはほとんど見られなかった。TOCは、明・暗条件とも減少し、両条件ともにDOCの増減はほとんど見られず、POCの減少が顕著であった。TNは、明・暗条件とも減少し、両条件ともにTDNが増加傾向を示したが、PONの減少量がTDNの増加量を超えているので全体としてTNは減少した。

トンガリササノハガイ(図-3.3)は、明・暗条件ともに、水中の濁度とChl.aを減少させている。濁度とChl.aの減少量は、ともに明条件より暗条件でやや大きい値を示した。TOCは、明・暗条件ともに減少しているが、明条件ではPOCが増加する傾向を示した。一方、暗条件では、DOCはほとんど変化がないか、或いは増加はわずかに過ぎず、POCの減少量が大きかった。TNは、明・暗条件ともに減少した。明条件では、PONがわずかに増加傾向を示したが、TDNの減少量がそれを上まわり、全体としてTNは減少した。暗条件では、TDNがわずかに増加したが、PONがそれより大きく減少しており、全体としてTNは減少した。

イシガイ(図-3.4)は、明・暗条件ともに、水中の濁度とChl.aを減少させている。TOCは、明・暗条件ともに減少し、両条件ともにDOCの増減は極めて小さく、POCの減少量がTOCの減少量に反映されていた。TNは、明・暗条件ともに減少し、両条件ともに、TDNは増加しているが、PONの減少量がTDNの増加量よりも大きい。

ニセマツカサガイ(図-3.5)は、明・暗条件ともに、水中の濁度とChl.aを減少させていたが、Chl.aの減少量は、暗条件よりも明条件で、減少量が小さかった。TOCは、明・暗条件ともに減少した。明条件では、DOCは増加したが、POCの減少量がDOCの増加量を上まわり、全体としてTOCは減少した。暗条件では、DOCがほとんど変動しなかったため、TOCの変動はPOCの変動にほぼ一致していた。TNは、明・暗条件ともにわずかしこ減少しなかった。両条件ともにTDNが増加し、

PONの減少量がややそれを上まわった。

ヨコハマシジラガイ(図-3.6)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a が減少し、濁度と Chl.a とともに、明条件より暗条件で減少量がわずかに大きかった。TOC は、明・暗条件ともに著しく減少し、両条件ともに DOC はほとんど増減なく、POC の減少が TOC の減少に反映された。TN は、明・暗条件ともに減少した。両条件ともに、TDN は増加しているが、PON の減少量が TDN の増加量よりも大きいため、全体として TN が減少傾向を示した。

マツカサガイ(図-3.7)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させていたが、濁度と Chl.a とともに暗条件において大きい減少量であった。しかし、濁度の減少量に比べて、Chl.a の減少量は、両条件ともやや小さい値を示した。TOC は、明条件で DOC の増減がほとんど見られなかったため、POC が減少し、TOC の減少は POC の減少に対応していた。暗条件では、DOC がやや増加したが、POC が DOC の増加量より大きく減少したため TOC は減少した。TN は、明条件でほんのわずかに減少したが、TDN の増加量と PON の減少量が似たような値であった。暗条件では、PON と TDN が徐々に減少したので、全体として TN は減少した。

オバエボシガイ(図-3.8)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させていたが、濁度と Chl.a とともに暗条件において大きい減少量であった。TOC は、明・暗条件ともに減少し、両条件ともに DOC の増減は小さく、POC の減少の大部分が TOC の減少に反映された。TN は、明・暗条件ともに減少した。明条件では TDN がわずかに増加したが、TDN の増加より PON の減少が顕著であった。一方、暗条件では、TDN はわずかに減少し、PON は TDN より大きく減少した。

カタハガイ(図-3.9)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させていたが、Chl.a では暗条件において大きい減少量であった。TOC は、明・暗条件ともに減少した。明条件では、DOC が著しく増加したが、POC の減少量が DOC の増加量を上まわっていた。暗条件では、DOC の増減がほとんどなく一定していたため、POC の減少は TOC の減少にほぼ一致した。TN は明条件でほとんど減少しなかった。明条件では PON が顕著に減少したが、その減少量と等量程度の TDN が増加した。一方、暗条件では、TN は減少傾向を示した。TDN の増減が小さくわずかに増加した程度であり、PON の減少量が TN の減少量を反映していた。

カラスガイ(図-3.10)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を著しく大きく減少させていた。濁度と Chl.a とともに、明条件よりも暗条件で大きい減少量を示した。TOC は、明・暗条件ともに減少した。明条件では、POC も DOC も減少したが、DOC の減少量より POC の減少量が大きかった。暗条件では、DOC がやや増加傾向を示したが、POC の減少量の大部分が TOC の減少量に反映されていた。TN は、明・暗条件ともにわずかに減少した。明条件では、PON が増加し、TDN が減少した。また、暗条件では、TDN が著しく増加したが、PON の減少量が TDN の増加量を少し上まわっていた。

タガイ(図-3.11)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させていた。濁度と Chl.a とともに、明条件よりも暗条件でやや大きい減少量を示した。TOC は、明・暗条件ともに減少した。明条件では DOC の増減がほとんどなく一定していたので、POC の減少が TOC の減少にほぼ一致していた。暗条件では、DOC が徐々に増加したが、POC が著しく減少したので、全体として TOC は減少した。TN は、明・暗条件ともにわずかに減少した。両条件ともに TDN が増加したが、PON の減少量が TDN の増加量をやや上まわり、全体として TN が減少した。

タイワンシジミ(図-3.12)は、明・暗条件ともに、水中の濁度と Chl.a を減少させていた。濁度と Chl.a とともに、明条件よりも暗条件で大きい減少量を示した。TOC は、明・暗条件ともに減少した。明条件では、DOC の増減がほとんど見られず、POC の減少が TOC の減少に反映された。暗条件では、DOC がわずかに減少し、POC の減少量は DOC の減少量より大きい値を示した。TN は、明・暗条件ともに減少した。明条件では、TDN の増減がほとんど見られず、PON の減少が TN の減少にほぼ一致した。暗条件では、TDN と PON が減少傾向を示し、PON の減少量が TDN の減少量よりも大きかった。

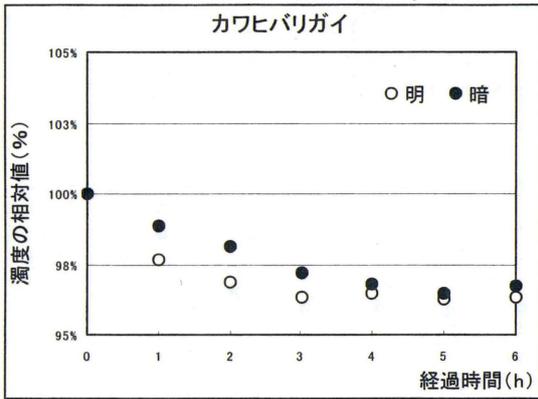


図-3.1.1

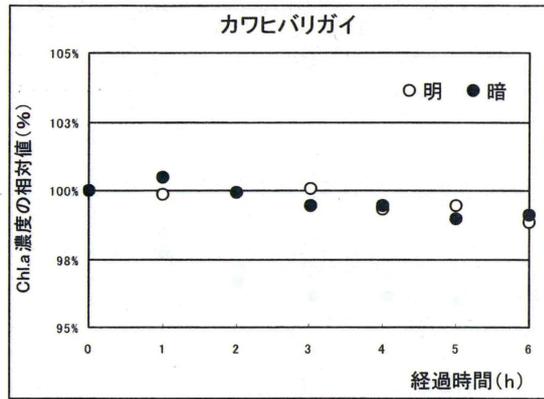


図-3.1.2

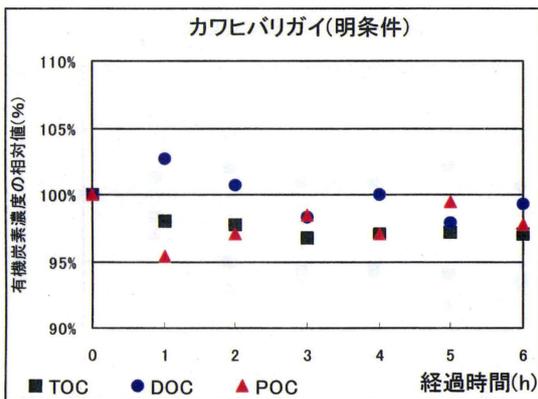


図-3.1.3

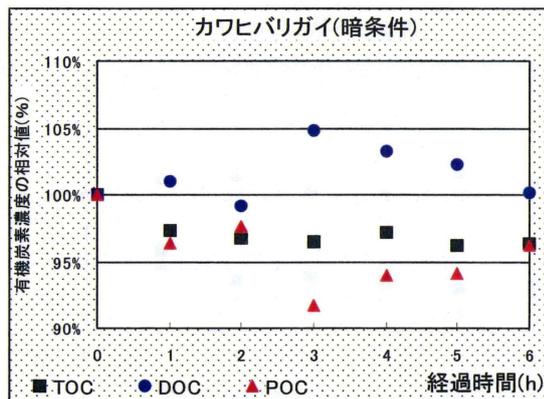


図-3.1.4

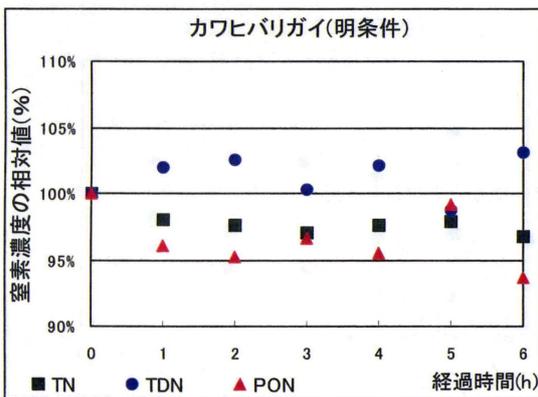


図-3.1.5

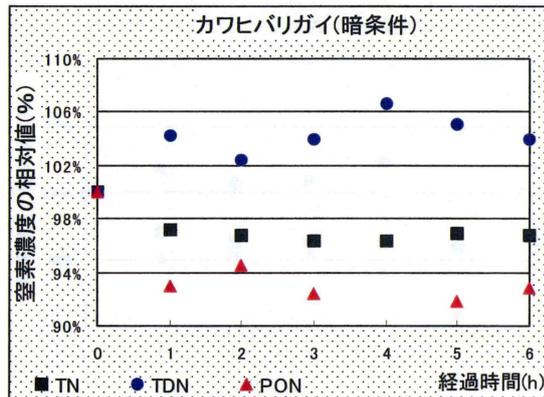


図-3.1.6

図-3.1 カワヒバリガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.1.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.1.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.1.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.1.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

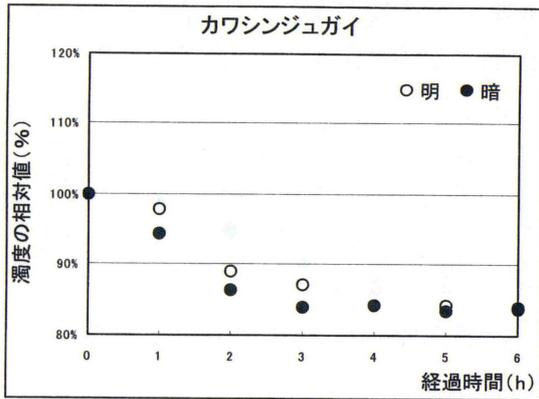


図-3.2.1

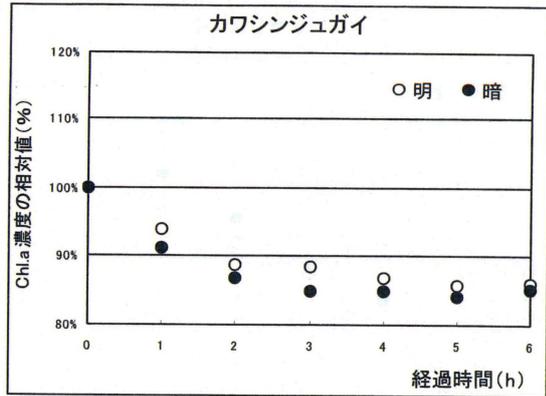


図-3.2.2

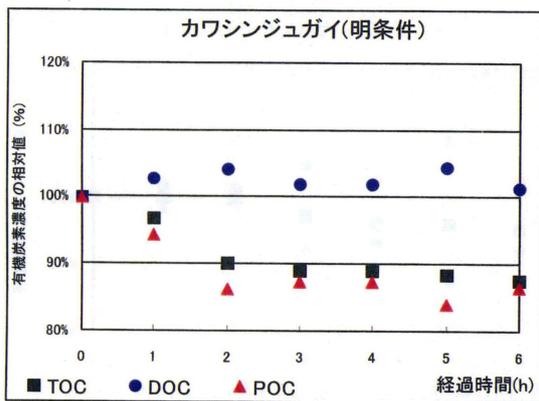


図-3.2.3

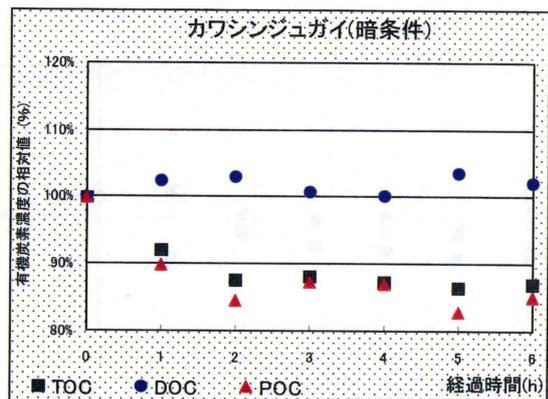


図-3.2.4

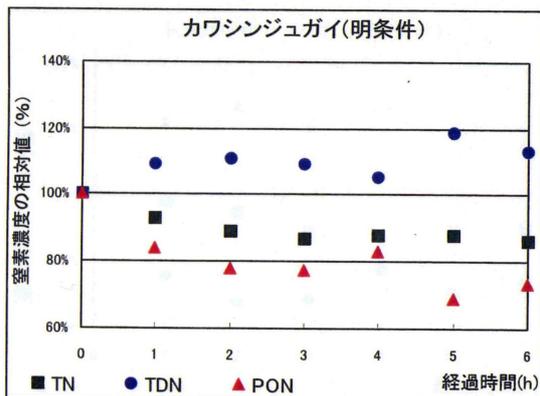


図-3.2.5

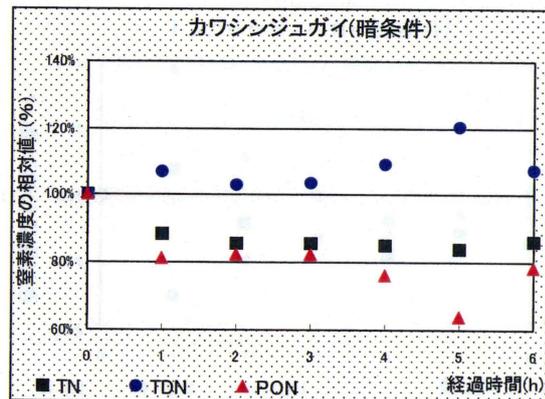


図-3.2.6

図-3.2 カワシジユガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.2.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.2.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.2.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.2.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

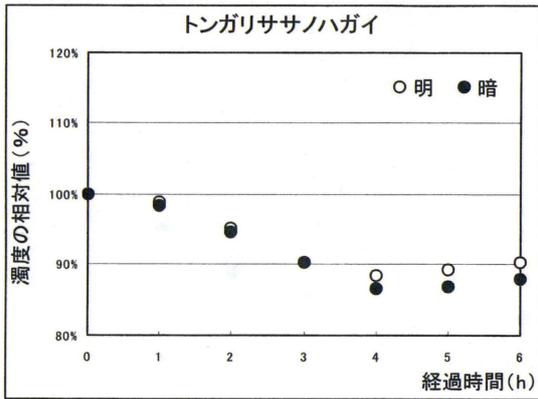


図-3.3.1

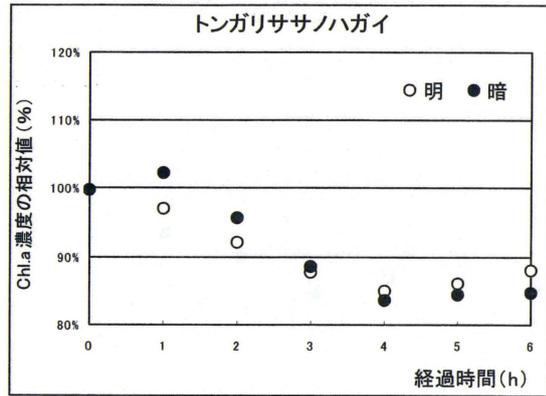


図-3.3.2

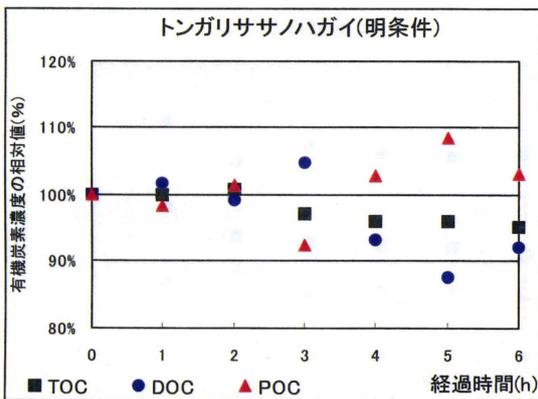


図-3.3.3

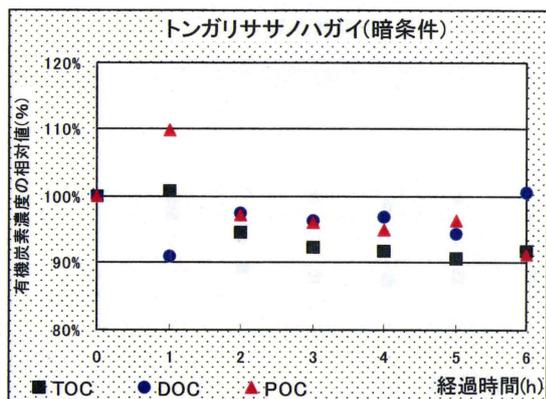


図-3.3.4

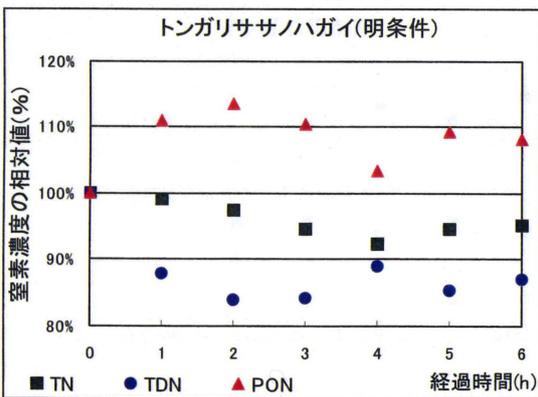


図-3.3.5

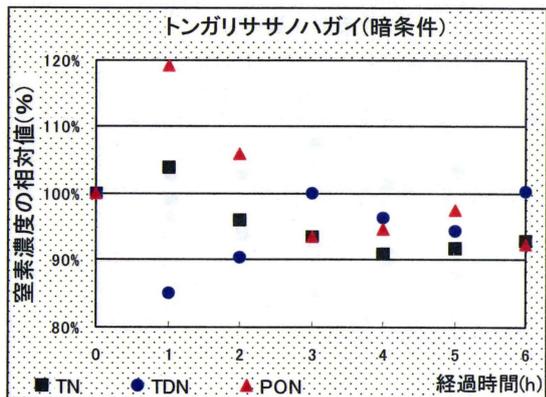


図-3.3.6

図-3.3 トンガリササノハガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.3.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.3.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.3.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.3.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

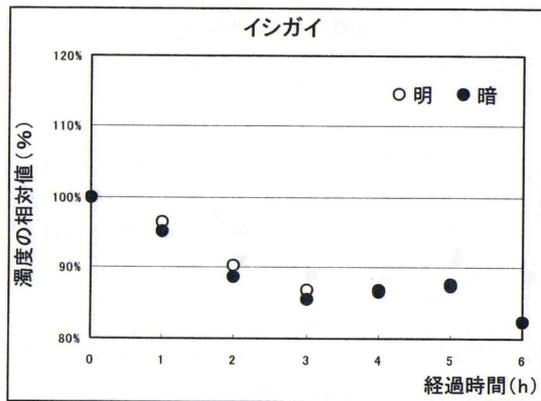


図-3.4.1

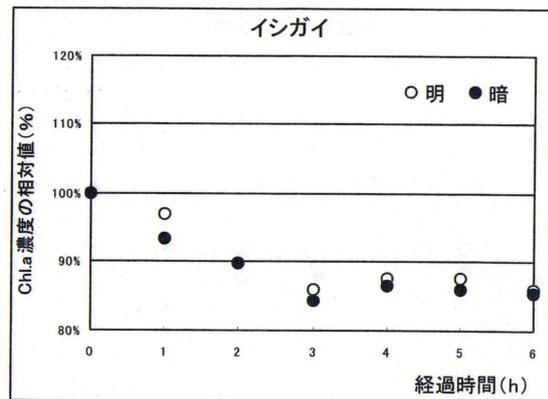


図-3.4.2

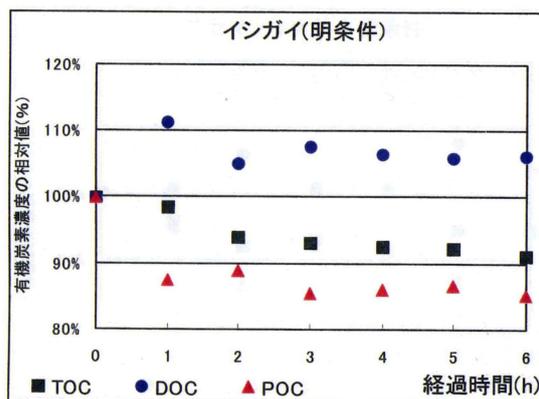


図-3.4.3

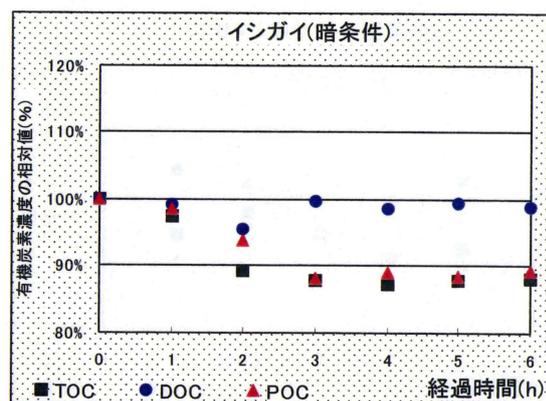


図-3.4.4

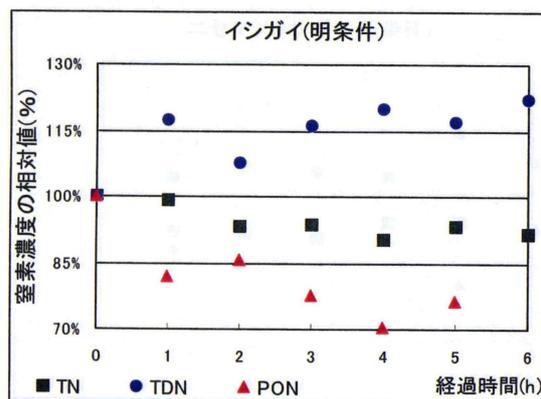


図-3.4.5

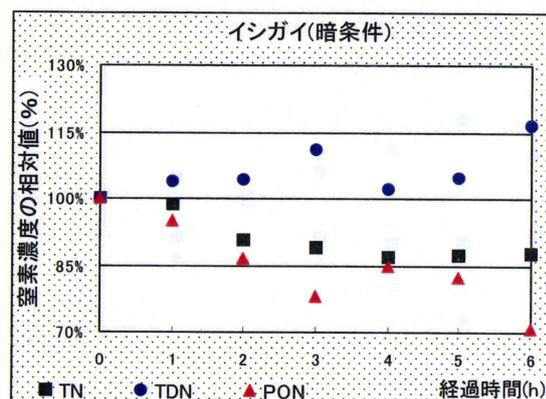


図-3.4.6

図-3.4 イシガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.4.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.4.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.4.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.4.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

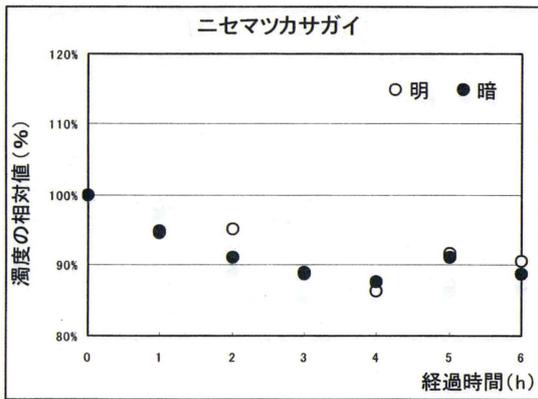


図-3.5.1

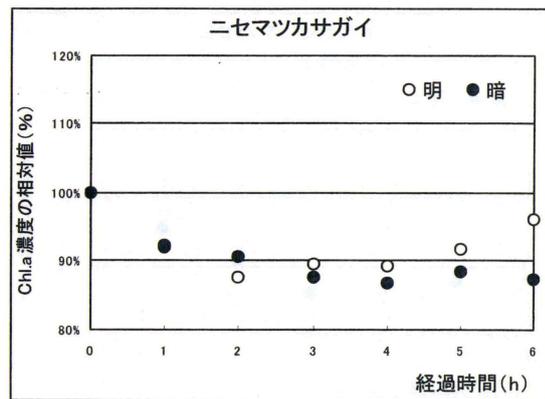


図-3.5.2

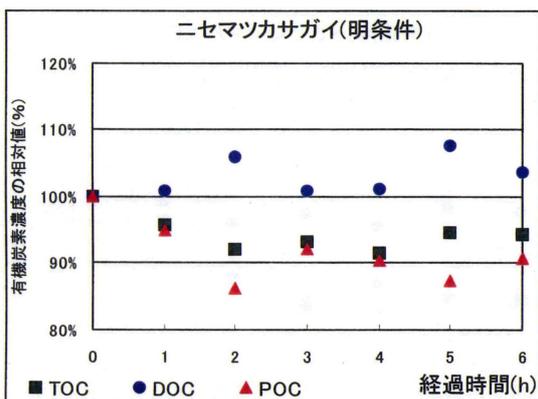


図-3.5.3

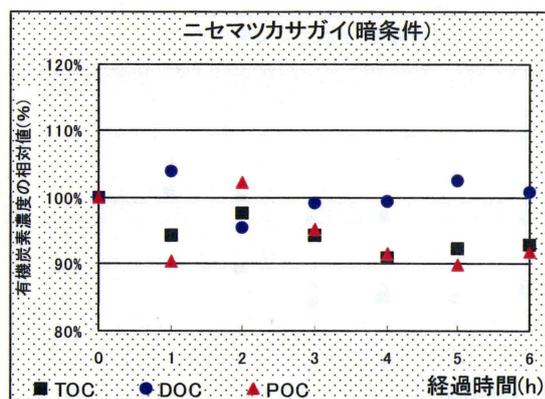


図-3.5.4

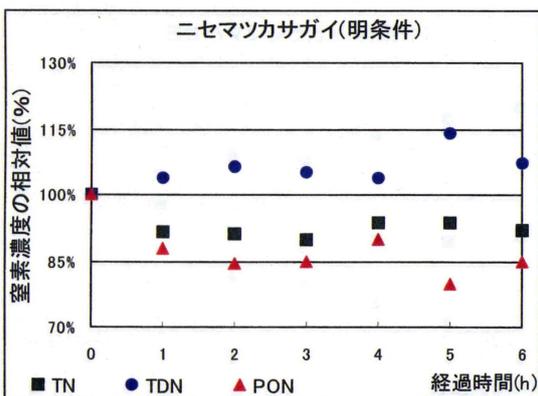


図-3.5.5

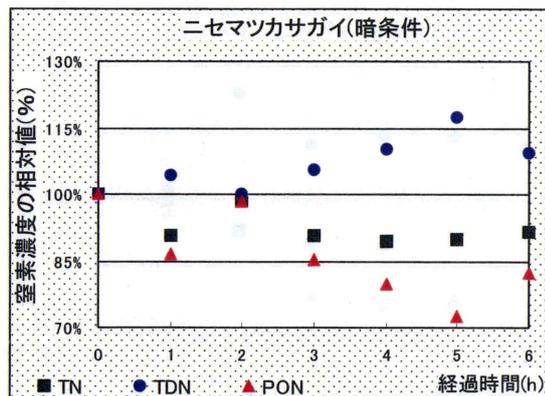


図-3.5.6

図-3.5 ニセマツカサガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.5.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.5.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.5.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.5.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

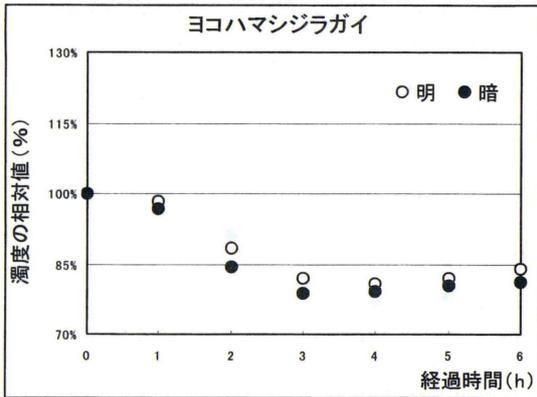


図-3.6.1

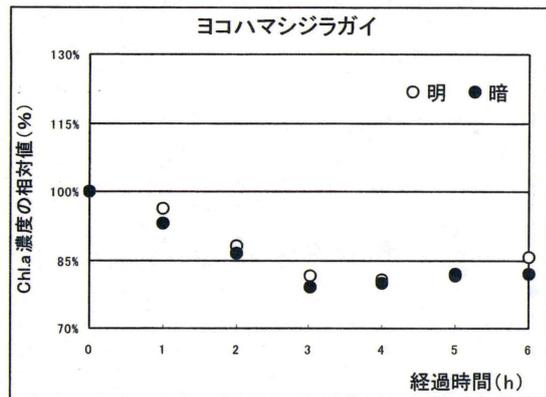


図-3.6.2

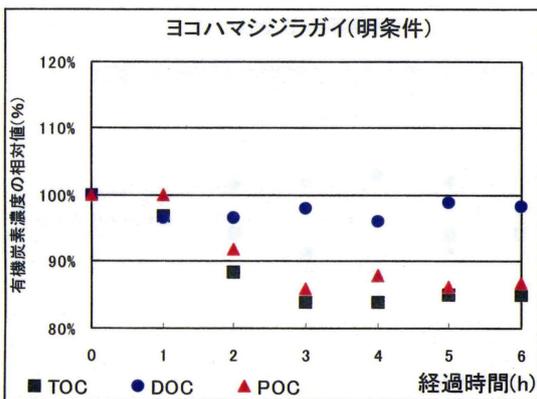


図-3.6.3

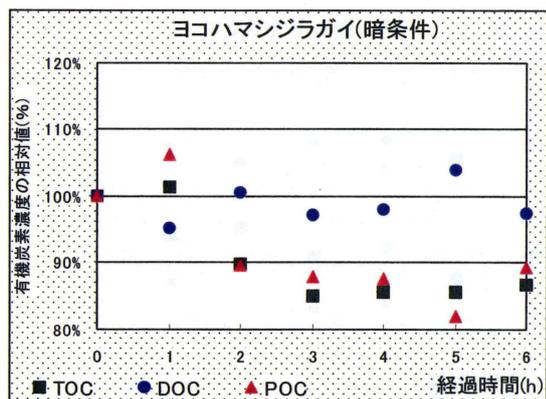


図-3.6.4

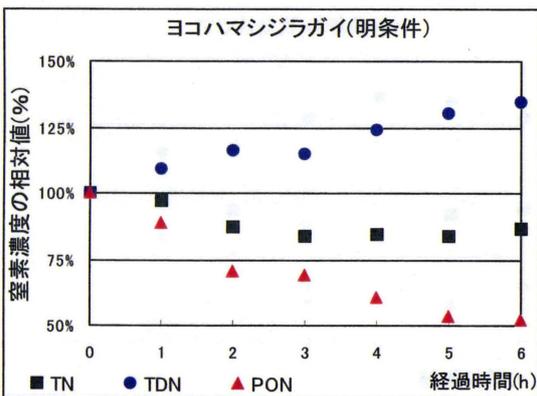


図-3.6.5

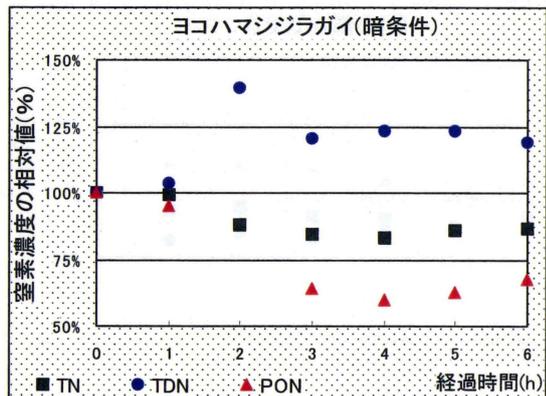


図-3.6.6

図-3.6 ヨコハマシジラガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.6.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.6.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.6.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.6.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

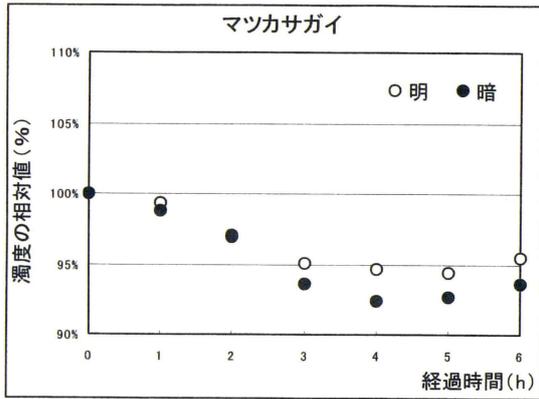


図-3.7.1

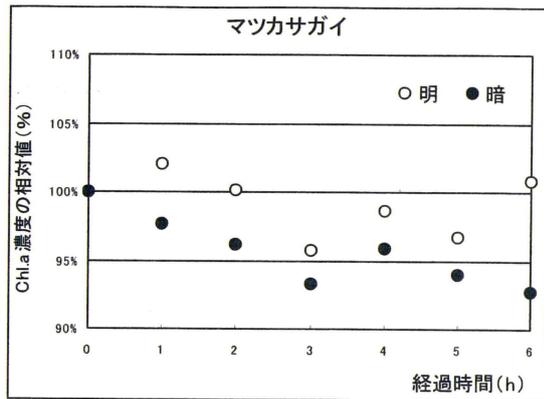


図-3.7.2

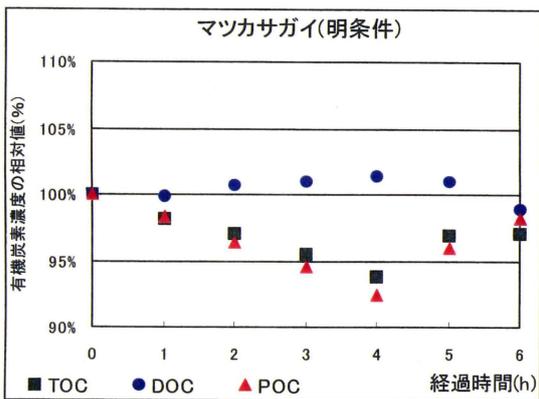


図-3.7.3

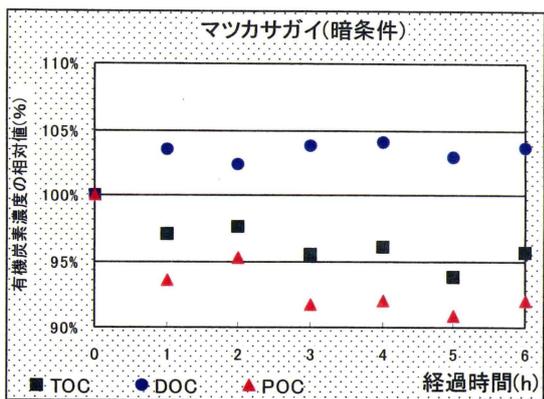


図-3.7.4

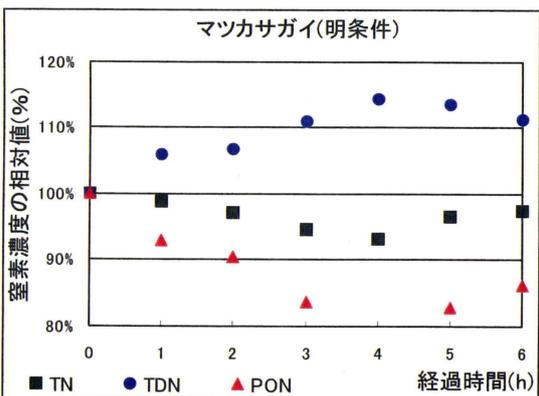


図-3.7.5

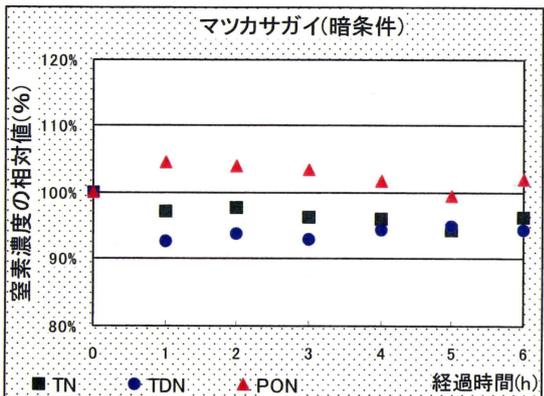


図-3.7.6

図-3.7 マツカサガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.7.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.7.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.7.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.7.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

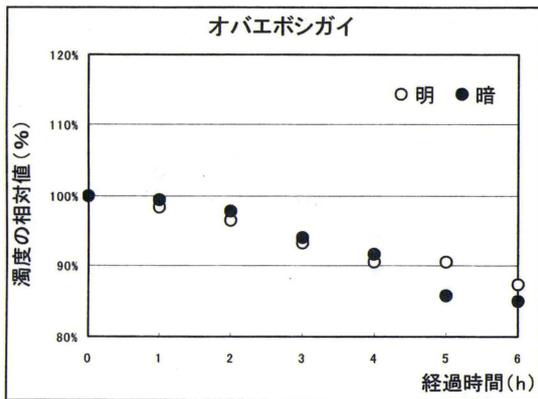


図-3.8.1

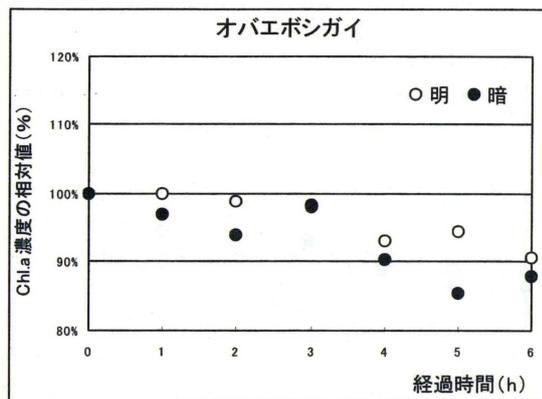


図-3.8.2

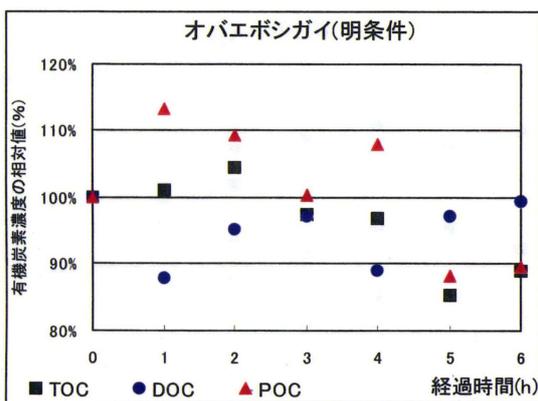


図-3.8.3

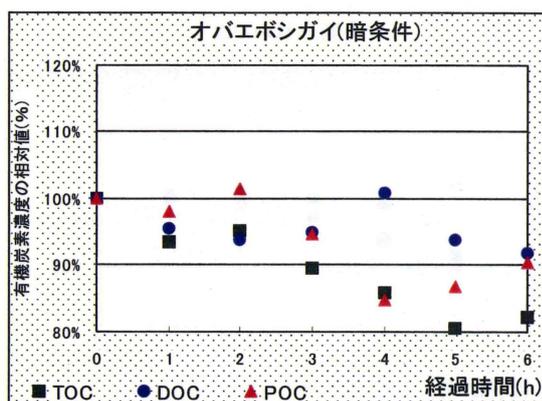


図-3.8.4

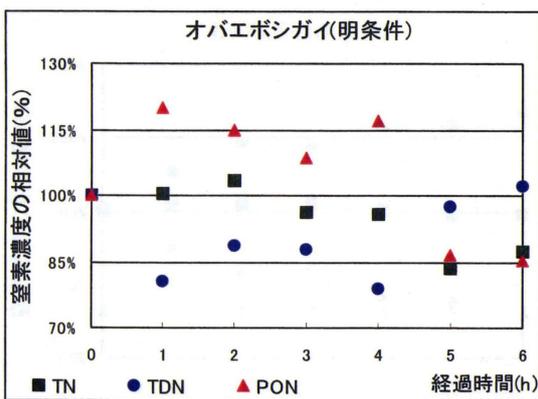


図-3.8.5

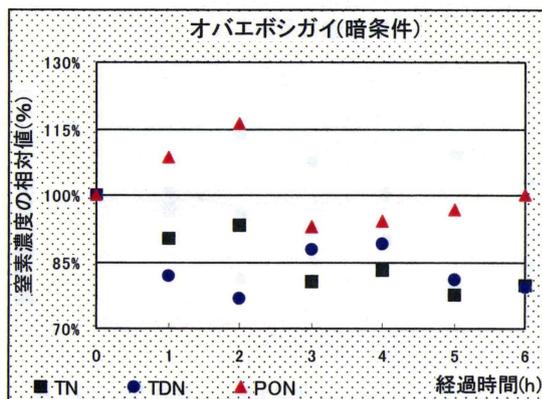


図-3.8.6

図-3.8 オバエボシガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.8.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.8.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.8.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.8.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

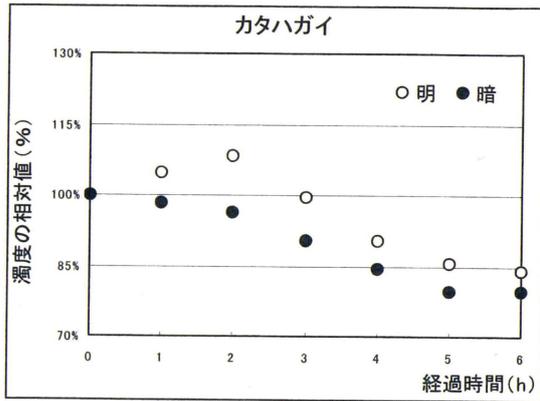


図-3.9.1

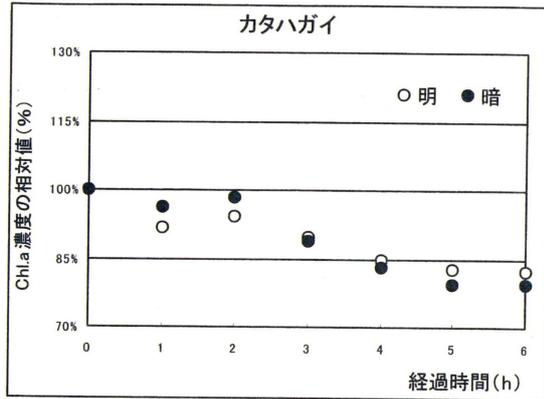


図-3.9.2

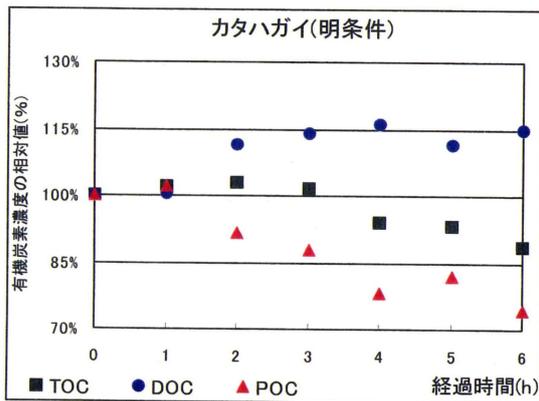


図-3.9.3

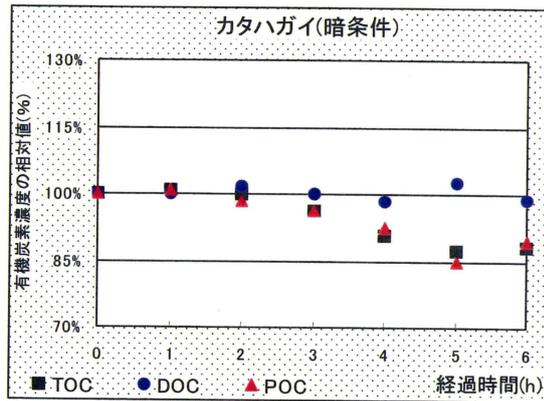


図-3.9.4

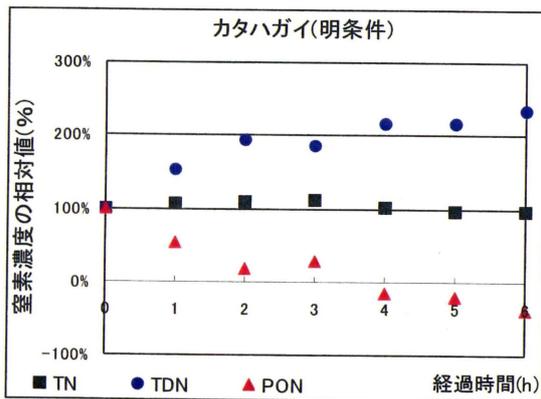


図-3.9.5

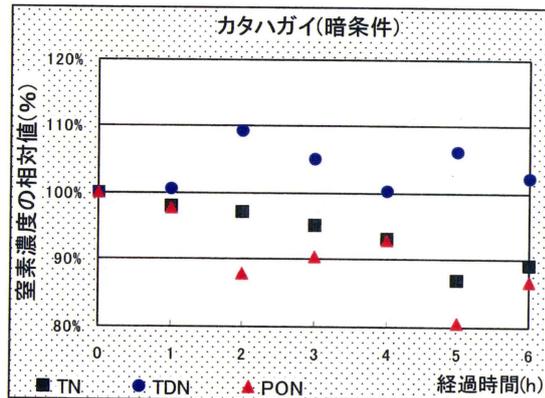


図-3.9.6

図-3.9 カタハガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.9.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.9.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.9.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.9.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

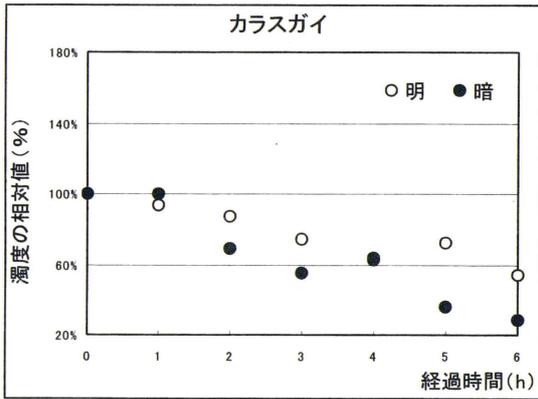


図-3.10.1

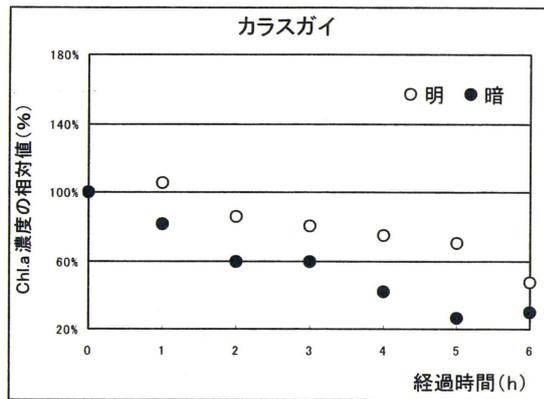


図-3.10.2

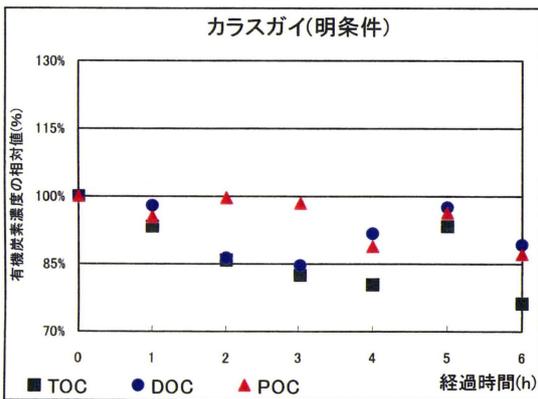


図-3.10.3

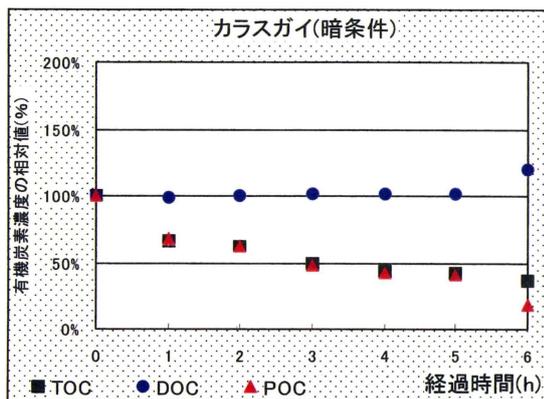


図-3.10.4

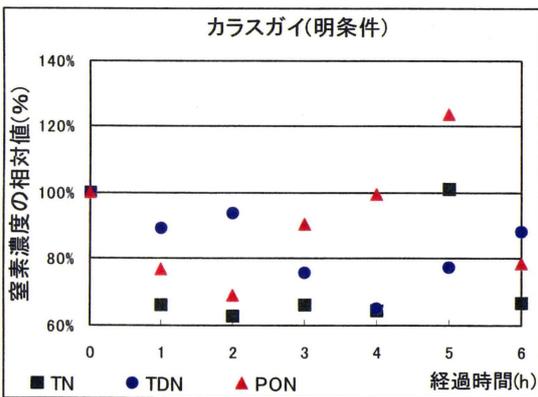


図-3.10.5

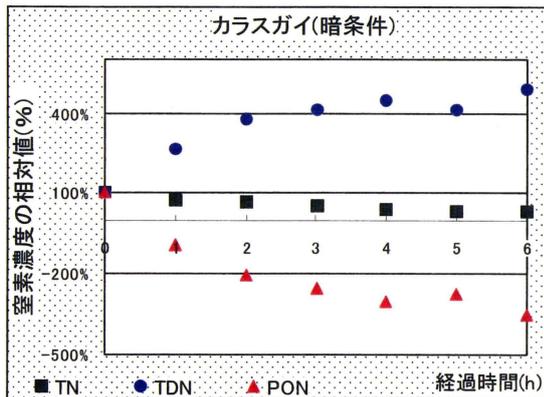


図-3.10.6

図-3.10 カラスガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.10.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.10.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.10.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.10.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

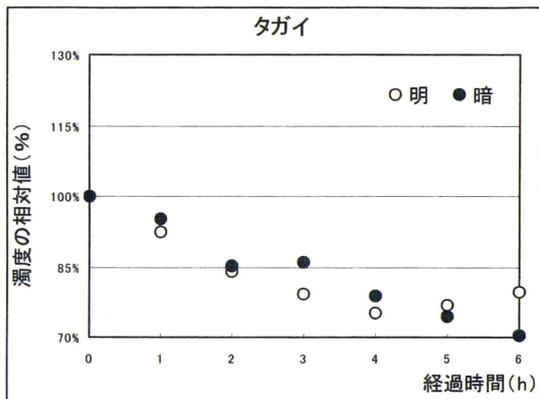


図-3.11.1

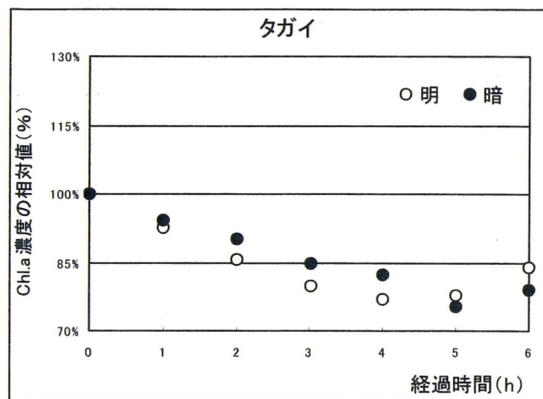


図-3.11.2

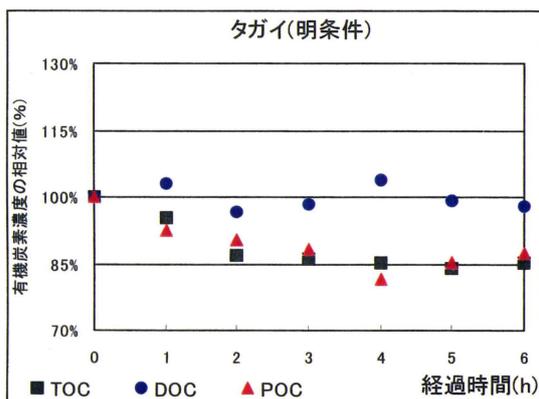


図-3.11.3

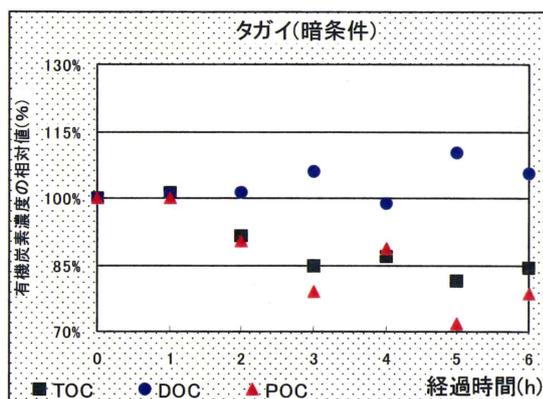


図-3.11.4

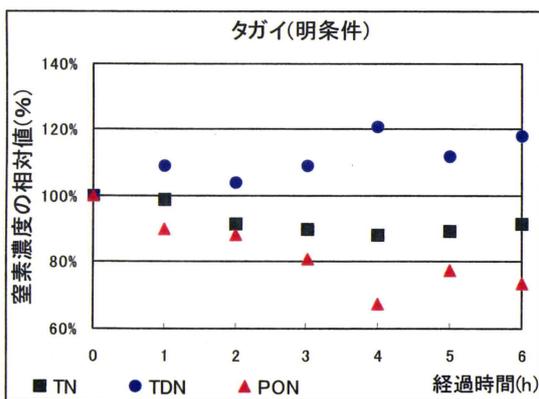


図-3.11.5

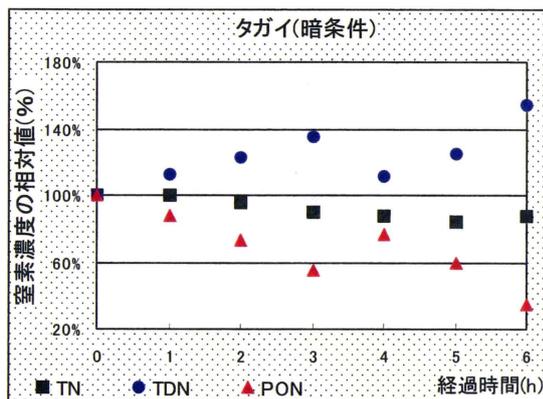


図-3.11.6

図-3.11 タガイ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.11.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.11.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.11.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.11.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

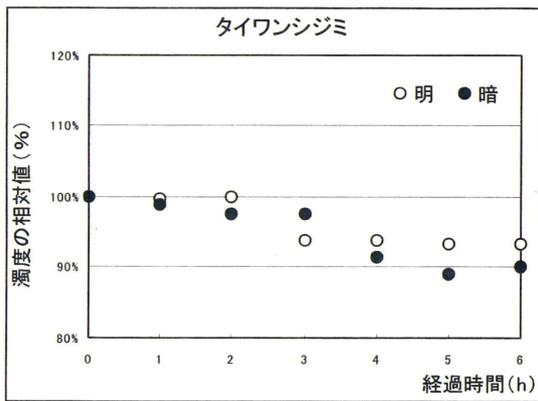


図-3.12.1

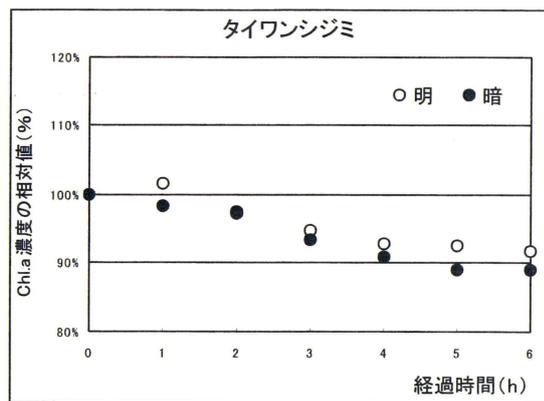


図-3.12.2

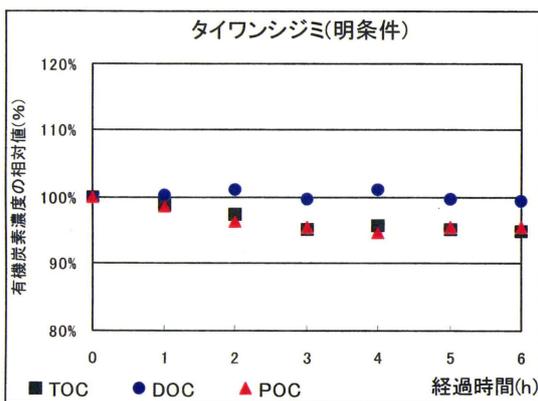


図-3.12.3

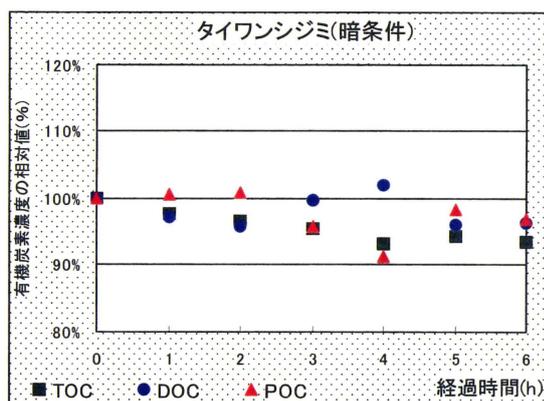


図-3.12.4

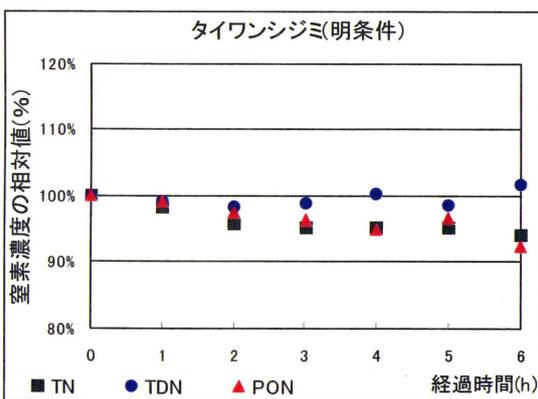


図-3.12.5

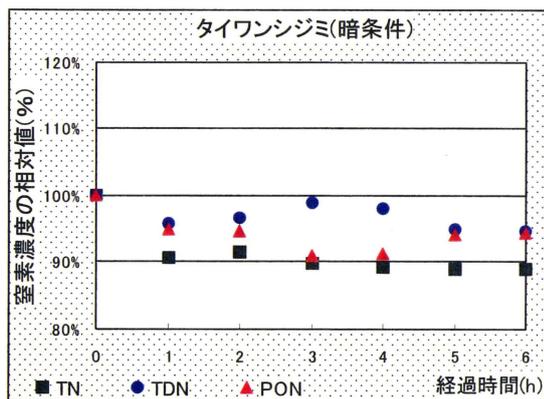


図-3.12.6

図-3.12 タイワンシジミ 1 個体当たりの水質浄化能力

各実験区の測定値の変化率を対照区の変化率で除し、さらに実験に投入した貝の個体数で除して、1 個体当たりの各測定項目を百分率で示す。

図-3.12.1 懸濁物質の除去・凝集効果

図-3.12.2 Chl.a の除去・凝集効果

図-3.12.3,4 TOC・DOC・POC の除去・凝集効果

図-3.12.5,6 TN・TDN・PON の除去・凝集効果

3. 4 用水路・溜池の浄化能力

岐阜市洞付近の用水路と豊田市古瀬間町の溜池に生息する淡水産二枚貝のコドラート調査の結果から、用水路や溜池の単位空間当たりの水質浄化能力を概算した。

洞付近の用水路には、トンガリササノハガイ *Lanceolaria grayana*, イシガイ *Unio douglasiae nipponensis*, ニセマツカサガイ *Inversiunio yanagawensis*, マツカサガイ *Pronodularia japonensis*, オバエボシガイ *Inversidens brandti*, カタハガイ *Obovalis omiensis* が優占する。また、古瀬間町の溜池には、タガイ *Anodonta japonica* のみが群生していた。これらの2地点のコドラート調査の結果を表-3.1 に示す。ただし、コドラート調査は現地調査で1 m²の平均値をもとめた。

この結果、洞付近の用水路(1 m²)には、トンガリササノハガイ 9 個、イシガイ 29.5 個、ニセマツカサガイ 13 個、マツカサガイ 67 個、オバエボシガイ 22 個、カタハガイ 7 個が生息し、古瀬間町の溜池(1 m²)には、タガイ 54 個が生息していることが判った。

計算の際に、貝類の種数や個体数の季節変動、貝類の成長段階の違いによる水質浄化能力の大きさなどを考慮せず、一日の浄化量は明条件を12時間、暗条件を12時間として計算し、その結果を表-3.1 に示す。

表-3.1 より、洞付近の用水路(1 m²)に生息する6種の二枚貝が、水質を浄化する能力は、TOCで17.5g、TNで17.5gの減少であり、古瀬間町の溜池(1 m²)に生息す

表-3.1 用水路と溜池の貝類生息数と TOC, TN の減少量

和名	学名	個体数 (個)	1日の減少量(g)	
			TOC	TN
トンガリササノハガイ	<i>Lanceolaria grayana</i>	9.0	0.9	0.9
イシガイ	<i>Unio douglasiae nipponensis</i>	29.5	4.9	4.9
ニセマツカサガイ	<i>Inversiunio yanagawensis</i>	13.0	1.3	1.7
マツカサガイ	<i>Pronodularia japonensis</i>	67.0	4.0	3.3
オバエボシガイ	<i>Inversidens brandti</i>	22.0	5.1	5.8
カタハガイ	<i>Obovalis omiensis</i>	7.0	1.3	0.9
合計		148	17.5	17.5

岐阜市洞付近の用水路 1 m²の平均値

和名	学名	個体数 (個)	1日の減少量(g)	
			TOC	TN
タガイ	<i>Anodonta japonica</i>	54.0	13.2	8.9

豊田市古瀬間町の溜池 1 m²の平均値

るタガイが、水質を浄化する能力は、TOCで13.2g、TNで8.9gの減少であった。ここで、1日の人間1人あたり生活排水量は、家庭下水原単位¹³⁾によれば、尿尿COD 10.00g、雑排水COD 17.00g、尿尿TN 9.00g、雑排水TN 2.00gである。CODをTOCに換算し、尿尿と雑排水を併せて生活排水とすると、1日の人間1人あたりTOCで10.1g、TNで11.00gを排出していることになる。

洞付近の用水路(1 m²)の6種の二枚貝の水質浄化能力を人数に換算すると、TOCで1.73人分、TNで1.59人分を浄化しており、古瀬間町の溜池(1 m²)のタガイの水質浄化能力を人数に換算すると、TOCで1.30人分、TNで0.80人分を浄化していることが分かった。

ここで用水路(岐阜市洞付近の用水路)と干潟(名古屋市の藤前干潟)を比較すると、単位面積あたり、TOCで用水路は干潟の46倍、TNで用水路は干潟の170倍もの浄化能力がある。また、溜池(豊田市古瀬間町の溜池)と干潟(名古屋市の藤前干潟)を比較すると、単位面積あたり、TOCで溜池は干潟の35倍、TNで溜池は干潟の86倍もの浄化能力がある。実際の用水路や湖沼の面積は、干潟に比べてかなり小さいが、それらの淡水域の水質浄化には十分に寄与していると考えられる。

このように海水域よりも淡水域で高い浄化能力をもつ理由としては、淡水産二枚貝にも海水産二枚貝と同様に高い浄化能力があり、淡水域、特に用水路や湖沼では河川に比べて生活空間が制限されるために二枚貝類の個体群密度が高くなる傾向にあるからだと考えられる。さらに、干潟などの浅海域のような干出時間がないため、24時間連続した餌の取り込みが行われていることが、上記の結果に大きく影響している。

3. 5 考察

はじめに、前章と同様に、実験条件が濾水量、TOC・TN除去量に及ぼす影響について議論する。先行研究と比較可能なタガイの濾水量を、Kryger and Riisgard (1988) の結果と比較すると、本実験の方が少ない濾水量を示した。本実験で用いた間接法と Kryger and Riisgard (1988) が用いた直接法では、山室 (1992) や木村 (2006) が指摘しているように、間接法では濾過の際の粒子捕捉率が 100%とは限らないこと、直接法では貝の水管に微小流速計が近接することによる個体のストレスが原因となって結果が異なったものと考えられる。この他にも、

表-3.2.1 淡水産二枚貝の 1 個体あたりの濁度と Chl.a の除去・凝集効果

和名	学名	濁度 (%)		Chl.a (%)	
		明条件	暗条件	明条件	暗条件
カワヒバリガイ	<i>Limnoperna fortunei</i>	3.67	3.28	1.14	0.89
カワシンジュガイ	<i>Margaritifera laevis</i>	16.0	16.4	13.9	14.9
トンガリササノハ	<i>Lanceolaria grayana</i>	9.6	12.0	12.1	15.4
イシガイ	<i>Unio douglasiae nipponensis</i>	17.6	17.5	14.1	14.5
ニセマツカサガイ	<i>Inversiunio yanagawensis</i>	9.3	11.2	3.96	12.6
ヨコハマシジラ	<i>Inversiunio jokohamensis</i>	15.9	18.7	14.3	18.0
マツカサガイ	<i>Pronodularia japonensis</i>	4.6	6.5	0.98	7.26
オバエボシガイ	<i>Inversidens brandti</i>	12.7	14.9	9.27	12.0
カタハガイ	<i>Obovalis omiensis</i>	15.9	20.2	17.8	20.7
カラスガイ	<i>Cristaria plicata</i>	45.5	71.6	52.5	70.5

表-3.2.2 淡水産二枚貝の 1 個体あたりの TOC, DOC, POC の除去・凝集効果

和名	TOC (%)		DOC (%)		POC (%)	
	明条件	暗条件	明条件	暗条件	明条件	暗条件
カワヒバリガイ	2.90	3.69	0.66	-0.16	2.24	3.85
カワシンジュガイ	12.4	13.0	-1.19	-2.06	13.6	15.0
トンガリササノハ	4.92	8.21	7.91	-0.51	-2.99	8.71
イシガイ	8.83	11.8	-6.11	1.26	14.9	10.6
ニセマツカサガイ	5.67	7.17	-3.56	-0.94	9.24	8.11
ヨコハマシジラガイ	14.9	13.2	1.56	2.49	13.3	10.7
マツカサガイ	3.02	4.38	1.13	-3.62	1.89	8.00
オバエボシガイ	11.0	17.8	0.53	8.30	10.5	9.51
カタハガイ	11.2	11.8	-14.7	1.42	25.9	10.4
カラスガイ	23.7	63.0	10.8	-19.3	12.9	82.3

表-3.2.3 淡水産二枚貝の1個体あたりのTN, TDN, PONの除去・凝集効果

和名	学名	濁度 (%)		Chl.a (%)	
		明条件	暗条件	明条件	暗条件
カワヒバリガイ	<i>Limnoperna fortunei</i>	3.67	3.28	1.14	0.89
カワシンジュガイ	<i>Margaritifera laevis</i>	16.0	16.4	13.9	14.9
トンガリササノハ	<i>Lanceolaria grayana</i>	9.6	12.0	12.1	15.4
イシガイ	<i>Unio douglasiae nipponensis</i>	17.6	17.5	14.1	14.5
ニセマツカサガイ	<i>Inversiunio yanagawensis</i>	9.3	11.2	3.96	12.6
ヨコハマシジラ	<i>Inversiunio jokohamensis</i>	15.9	18.7	14.3	18.0
マツカサガイ	<i>Pronodularia japonensis</i>	4.6	6.5	0.98	7.26
オバエボシガイ	<i>Inversidens brandti</i>	12.7	14.9	9.27	12.0
カタハガイ	<i>Obovalis omiensis</i>	15.9	20.2	17.8	20.7
カラスガイ	<i>Cristaria plicata</i>	45.5	71.6	52.5	70.5

Mohlenberg and Riisgard (1979) の結果から、堆積物に埋在した条件下では、堆積物から個体を取り出した場合に比べて3倍以上の濾水速度があることが知られているほか、容器の大きさや濁度(餌として与えた植物プランクトンの濃度)の初期条件による影響が考えられるが、本実験では過密にならないよう、また、十分な餌が供給されるよう調整した。これまでにも多くの研究で測定が簡便な間接法が用いられていることから(山室：1992)、従来の知見と数値の違いはあるものの、本実験においては、濁度、Chl.a量、TOC・TN除去量に関する種間の相対的な差異を議論できるものと思われる。

淡水産二枚貝12種は、懸濁物質を除去し、Chl.a濃度を減少させていることが証明された(表-3.2.1, 図-3.13, 14)。濁度の相対値のグラフから、懸濁物質の除去量は、全12種のうちカワヒバリガイとイシガイを除いた10種において暗条件下で明条件下より大きい減少量を示していることから(表-3.2.1, 図-3.13, 14)、実験に用いた淡水貝類は、昼間より夜間に懸濁物質の除去量が増加することが明らかになった。二枚貝類の昼夜の行動特性に着目した研究は少ないが、例えば、宗宮ほか(2008)がヤマトシジミの夜行性を指摘しているように、本実験でも夜間に活発に濾過摂食をしていたものと考えられる。ただし、人工的な明・暗条件下における結果であるため、個々の種に対して夜間に濾水量が上昇することを証明するためには、自然条件下において更なる検討が必要である。また、昼夜の違いは、明・暗条件だけでなく水温など様々な環境条件が異なるため、それらの条件が二枚貝の水質浄化能力に影響するかどうかを一項目ずつ実験で確認する必要がある。

実験に用いた全種がTOCとTNの濃度を減少させる傾向にあったことから(表-3.2.2, 3.2.3, 図-3.15~20)、淡水産二枚貝は富栄養化の主要な原因であるTNや、富栄養化の結果として増加するTOCなどを取り込み、水質浄化に寄与しているも

のと考えられる。TOC と TN の除去は、多くの実験ケースにおいて溶存態ではなく粒子態(懸濁態)で顕著な減少がみられた(表-3.2.2, 3.2.3, 図-3.15~20)。貝類の吸収・消化量と不定期に排出される排泄物(糞と擬糞)の量は、POC・DOC と PON・TDN の変化量に反映されるため、以下のことが推察される。すなわち、多くの実験ケースにおいて DOC の量がほとんど増減なく安定していたのは、DOC が濾過により取り込まれず、排出もされなかったためと考えられる。一方、TDN の量が経時的にやや増加傾向にあったのは、貝類が排泄物の一部を TDN として排出したか、あるいは、粘液質の排泄物(擬糞)から TDN が溶出した可能性が示唆され

表-3.3 淡水産二枚貝の濾水量

和名	学名	明暗条件	濾水量	
			1 個体 (ml ind ⁻¹ h ⁻¹)	単位湿重量 (ml g ⁻¹ h ⁻¹)
カワヒバリガイ	<i>Limnoperna fortunei</i>	明条件	19.0	157
		暗条件	16.2	147
カワシンジュガイ	<i>Margaritifera laevis</i>	明条件	135	42.3
		暗条件	143	49.4
トンガリササノハガイ	<i>Lanceolaria grayana</i>	明条件	54.8	49.5
		暗条件	76.3	54.4
イシガイ	<i>Unio douglasiae nipponensis</i>	明条件	127	51.5
		暗条件	126	60.5
ニセマツカサガイ	<i>Inversiunio yanagawensis</i>	明条件	48.7	12.7
		暗条件	61.7	15.1
ヨコハマシジラガイ	<i>Inversiunio jokohamensis</i>	明条件	105	19.9
		暗条件	144	27.3
マツカサガイ	<i>Pronodularia japonensis</i>	明条件	21.6	6.68
		暗条件	32.5	10.5
オバエボシガイ	<i>Inversidens brandti</i>	明条件	66.3	29.1
		暗条件	82.0	38.7
カタハガイ	<i>Obovalis omiensis</i>	明条件	105	17.4
		暗条件	173	22.4
カラスガイ	<i>Cristaria plicata</i>	明条件	253	4.73
		暗条件	524	9.82
タガイ	<i>Anodonta japonica</i>	明条件	132	19.9
		暗条件	305	49.3
タイワンシジミ	<i>Corbicula fluminea</i>	明条件	35.0	34.1
		暗条件	63.0	59.9

明・暗条件における 1 個体あたりの濾水量と軟体部の単位湿重量あたりの濾水量

る。ただし、PONの除去量はTDNの増加量を上回っており、総体的なTNは減少傾向を示した。このことから、実験に用いた貝類の多くはPOCとPONを除去しTDNを少量排出したものと考えられる。

図-3.1～3.12の実験結果(経時変化)について、実験開始後、いくつかの種で早い時間帯に濁度等の濃度が減少し、その後、減少の割合が少なくなって収束に向かうという傾向が見られた。このことは実験に用いた貝類が、水槽への投入直後に環境変化などの影響を受けていると考えられる。実験開始時の実験水槽には十分に餌があり、貝が多少空腹状態でもあったために、投入直後に濁度は早く減少するが、一定時間後には活発な餌の取り込みが減じられる。餌は実験終了時まで十分に残存することから、減少率の低下は、貝の空腹状態が緩和された結果であると考えられる。

TOC、TN除去量における明暗条件の対比では、TOCはヨコハマシジラガイを除く11種において、暗条件で大きな除去量を示し、TNもヨコハマシジラガイを除く11種において暗条件で大きな除去量を示した(表-3.2.2, 3.2.3, 図-3.15～20)。このことから淡水産二枚貝は一部の例外(ヨコハマシジラガイ)を除き、夜間の活発な濾過摂食を通じてTOCとTNをより多く除去したものと考えられる。ただし、1個体当たりのTOCとTNの除去量が、必ずしも濾水量の大きさと対応していないことは興味深い結果である。例えば、1個体当たりの濾水量が本実験で用いた12種中で第2位のタガイのTN除去量より、カワシンジュガイやヨコハマシジラガイの方が大きかった(表-3.2.3, 3.3, 図-3.18～20, 図-4.1, 2)。また、1個体当たりのTOCとTNの除去量が明・暗条件ともに最も小さかったカワヒバリガイは、1個体当たりの濾水量も12種中最下位であったが、単位湿重量当たりに換算すると明・暗条件ともに最大値を示した(表-3.2.2, 3.2.3, 3.3, 図-3.15～20, 図-4.1, 2)。このように、濾水量の大きさとTOC、TN除去量が種によって異なる要因としては、殻の厚み、軟体部の構造や生理機能の違いによる可能性などが考えられるが、これは今後の検討課題の1つである。

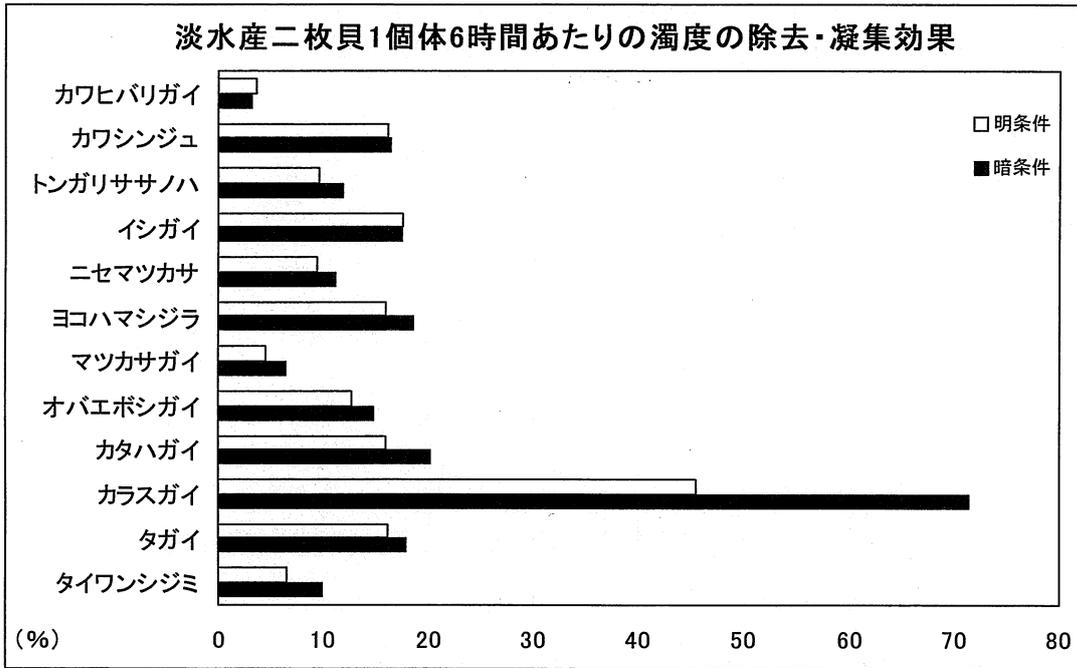


図-3.13 淡水産二枚貝1個体6時間あたりの濁度の除去・凝集効果

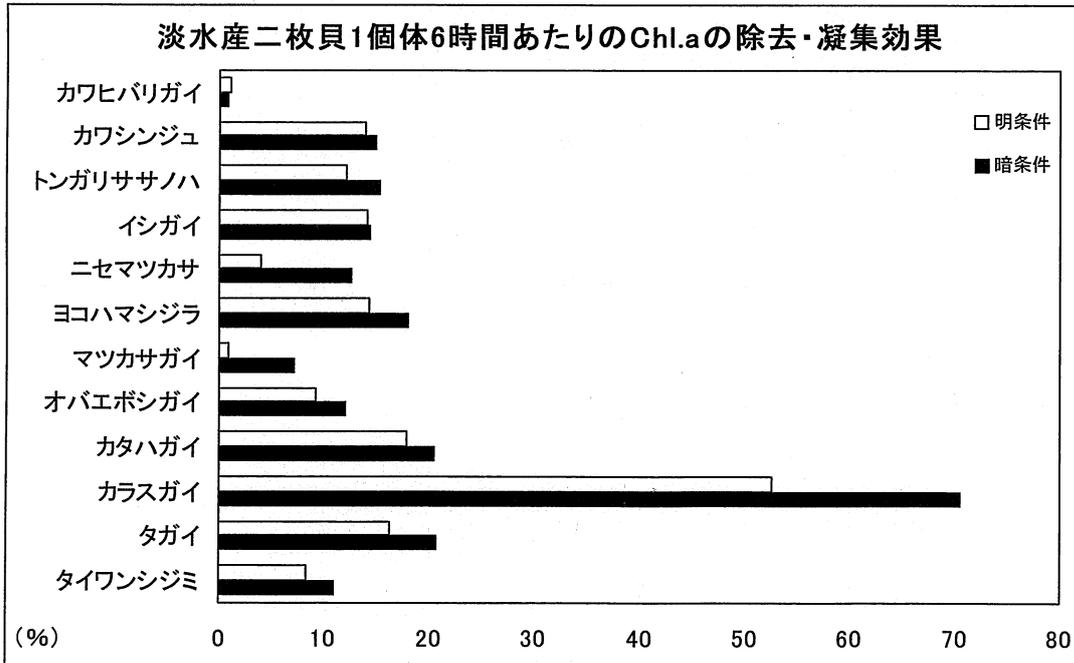


図-3.14 淡水産二枚貝1個体6時間あたりのChl.aの除去・凝集効果

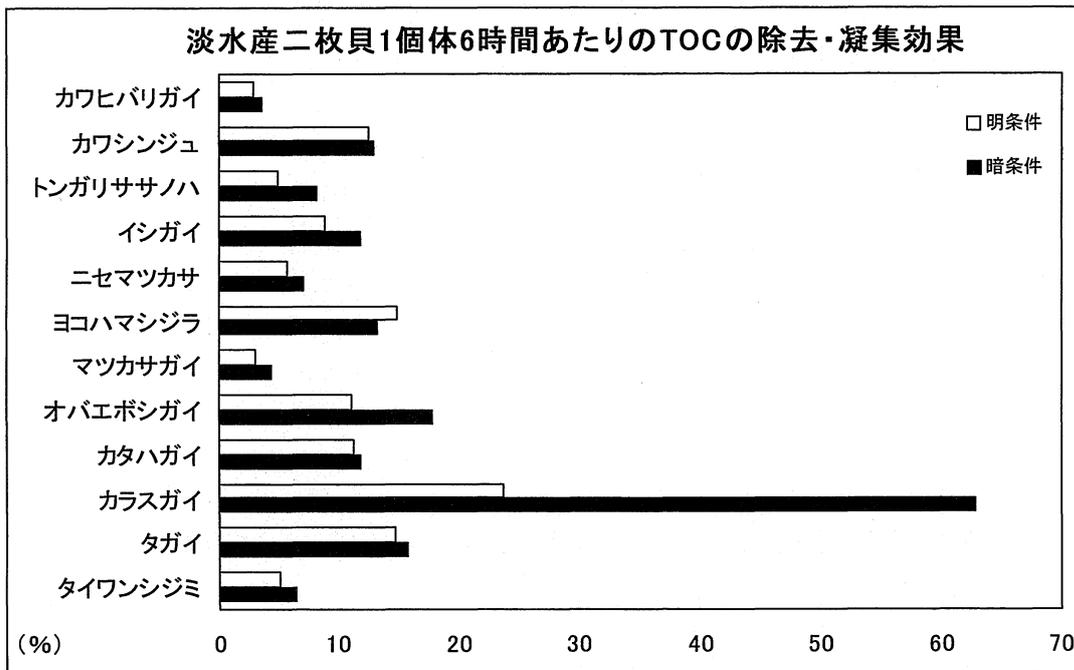


図-3.15 淡水産二枚貝1個体6時間あたりの TOC の除去・凝集効果

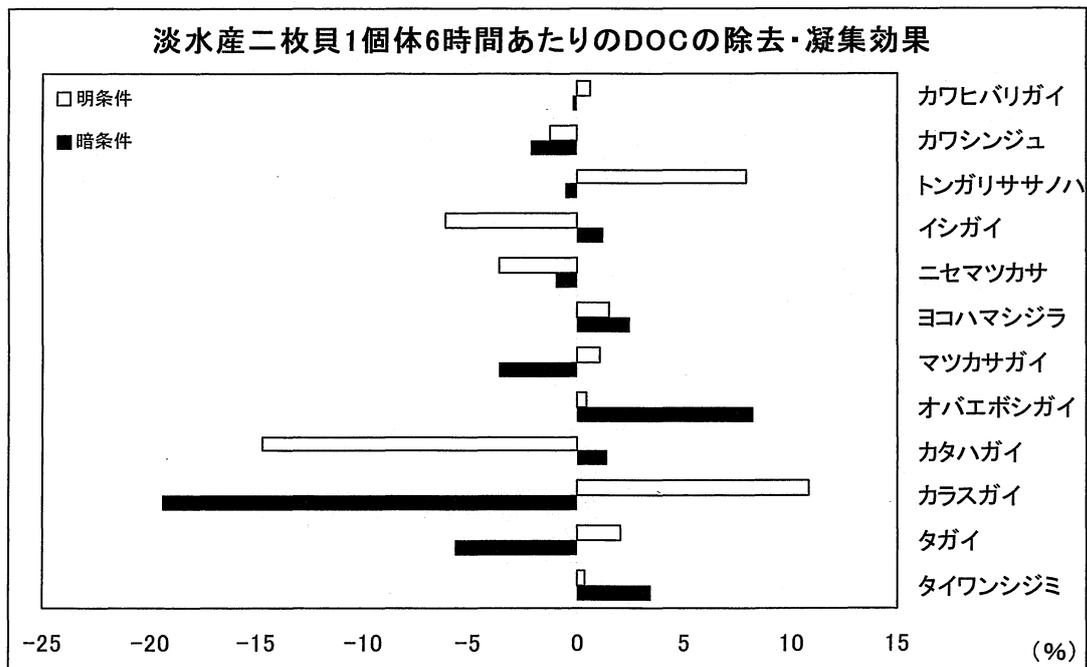


図-3.16 淡水産二枚貝1個体6時間あたりの DOC の除去・凝集効果

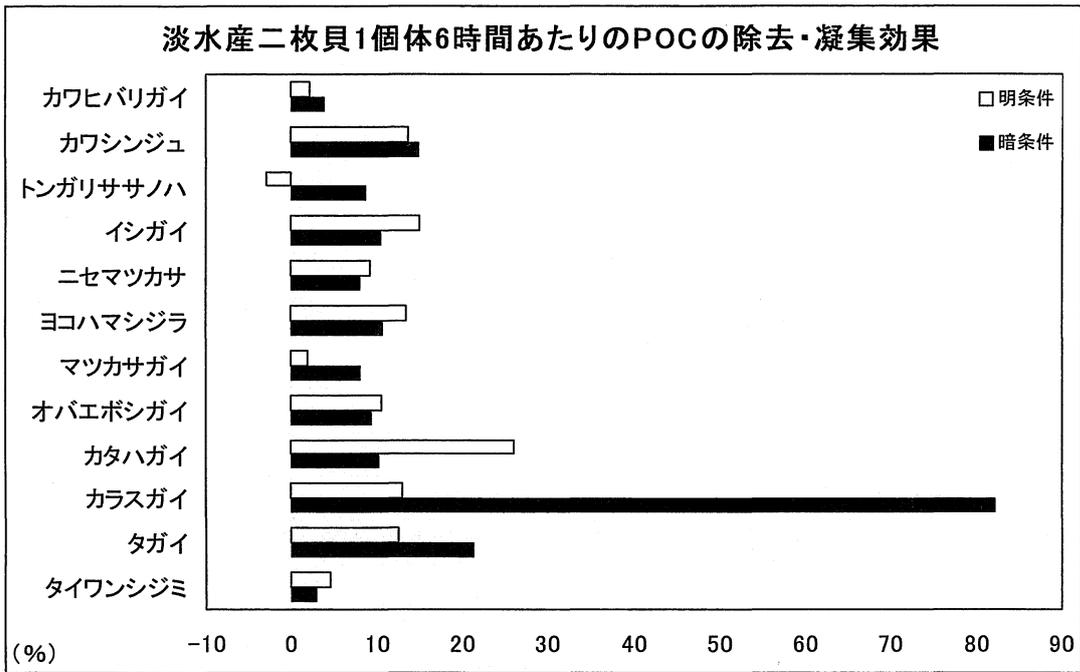


図-3.17 淡水産二枚貝1個体6時間あたりのPOCの除去・凝集効果

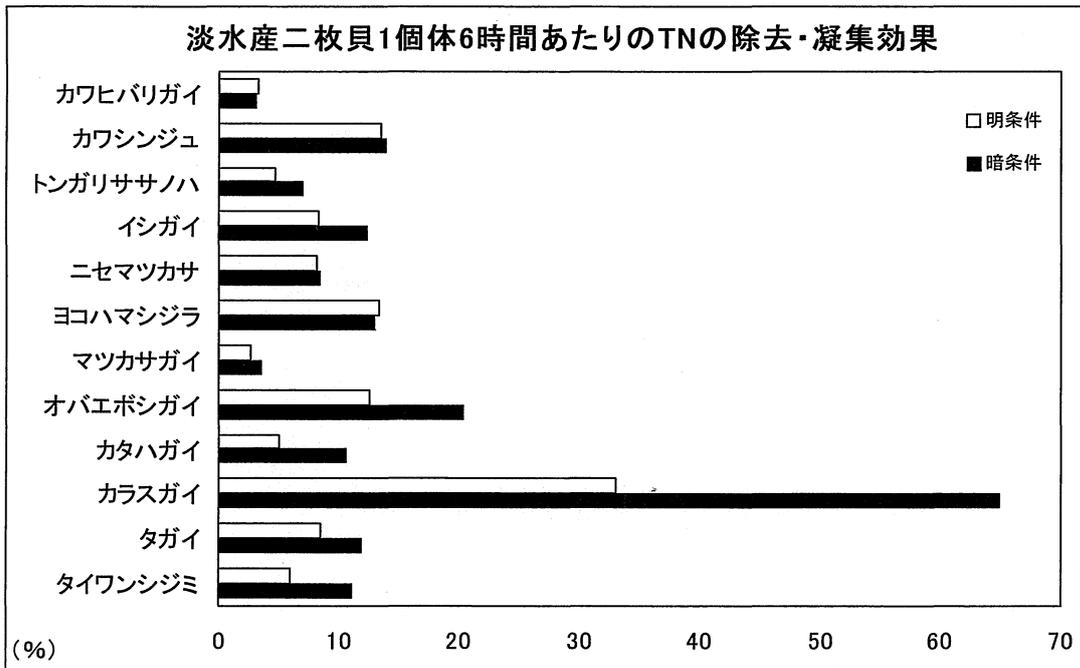


図-3.18 淡水産二枚貝1個体6時間あたりのTNの除去・凝集効果

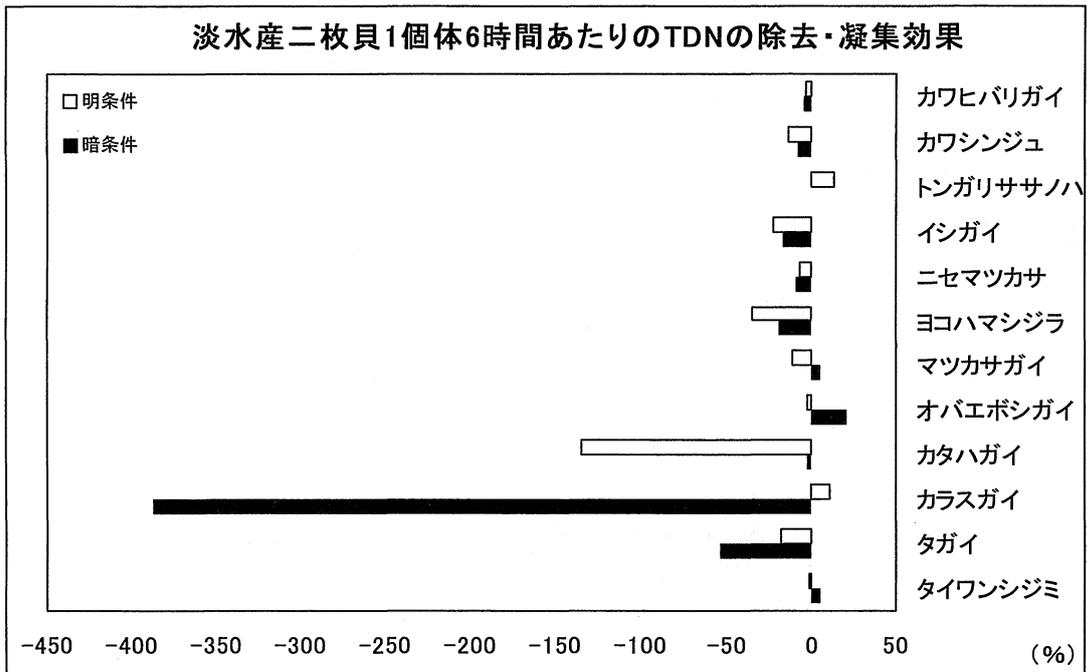


図-3.19 淡水産二枚貝1個体6時間あたりのTDNの除去・凝集効果

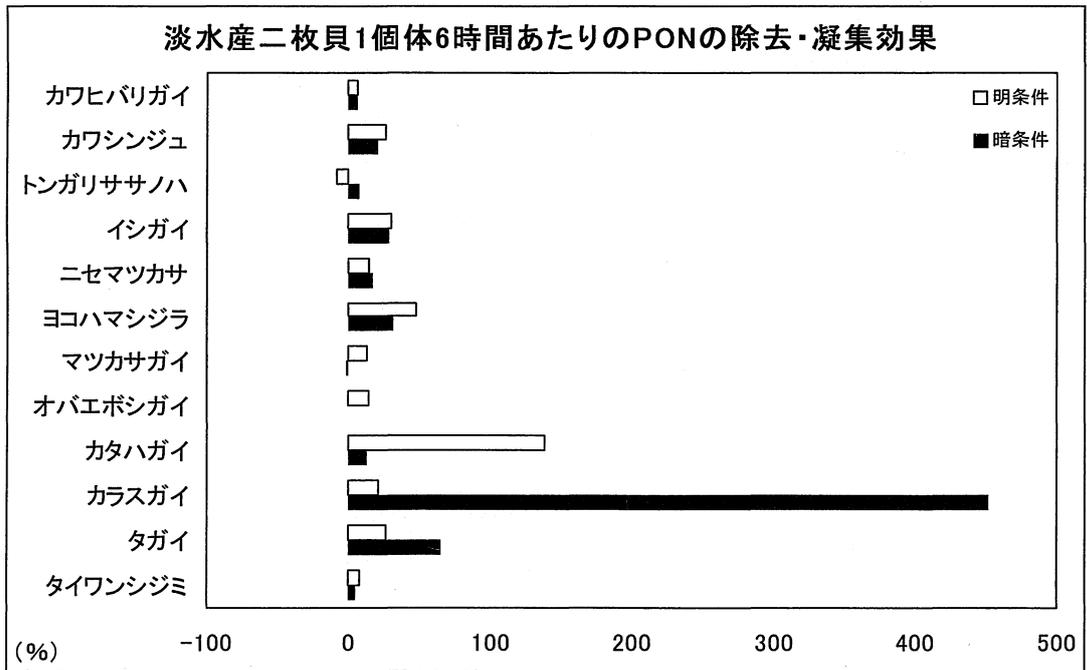


図-3.20 淡水産二枚貝1個体6時間あたりのPONの除去・凝集効果

3. 6 まとめ

12種の淡水産二枚貝、カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei*, カワシンジュガイ *Margaritifera laevis*, トンガリササノハガイ *Lanceolaria grayana*, イシガイ *Unio douglasiae nipponensis*, ニセマツカサガイ *Inversiunio yanagawensis*, ヨコハマシジラガイ *Inversiunio jokohamensis*, マツカサガイ *Pronodularia japonensis*, オバエボシガイ *Inversidens brandti*, カタハガイ *Obovalis omiensis*, カラスガイ *Cristaria plicata*, タガイ *Anodonta japonica*, タイワンシジミ *Corbicula fluminea* の濁度, Chl.a, TOC, DOC, POC と TN, TDN, PON の除去・凝集効果を種毎に明らかにした。

1 個体あたりの除去・凝集効果が最も大きかったのは、濁度では明・暗条件ともにカラスガイ, Chl.a では明・暗条件ともにカラスガイ, TOC では明・暗条件ともにカラスガイ, DOC では明条件でカラスガイ, 暗条件でオバエボシガイ, POC では明条件でカタハガイ, 暗条件でカラスガイ, TN では明・暗条件ともにカラスガイ, TDN では明条件でトンガリササノハガイ, 暗条件でオバエボシガイ, PON では明条件でカタハガイ, 暗条件でカラスガイであった。カワシンジュガイとマツカサガイは明・暗条件ともに DOC を増加させていた。カワヒバリガイ, カワシンジュガイ, イシガイ, ニセマツカサガイ, ヨコハマシジラガイ, カタハガイとタガイは明・暗条件ともに TDN をそれぞれ増加させていた。

このように懸濁態と溶存態の炭素と窒素の変動は種による違いがあるが、炭素では全 12 種が水中の TOC を減少させ水質浄化に寄与していることが明らかになった。窒素では 7 種が明・暗条件ともに TDN を増加させたが、いずれも PON の減少量が TDN の増加量を上回るため、全体として全 12 種が水中の TN を減少して水質浄化に寄与していることが明らかになった。

また、水質浄化能力の高い二枚貝類が高密度に生息する水路や溜池では、1 m²あたりの浄化能力が膨大な量であることが判明した。例えば、岐阜市の洞付近の用水路(1 m²)に生息する 6 種の二枚貝が水質を浄化する能力は、TOC で 17.5g, TN で 17.5g の減少であり、豊田市の古瀬間町の溜池(1 m²)に生息するタガイが水質を浄化する能力は、TOC で 13.2g, TN で 8.9g の減少であった。これらを 1 日の人間 1 人あたりの生活排水に換算すると、洞付近の用水路では TOC で 1.73 人分, TN で 1.59 人分を浄化し、古瀬間町の溜池では TOC で 1.30 人分, TN で 0.80 人分を浄化していることが判明した。

第4章 海水産種と淡水産種の種間比較

4. 1 まえがき

第2章と第3章より，研究の遅れている淡水産二枚貝には，海水産二枚貝に匹敵する水質浄化能力をもつ種がいることが明らかになった．また，個体当たりの水質浄化能力は，種間の個体サイズの違いによる影響を受けると考え，本章では，実験に用いた海水産種，淡水産種の全種の水質浄化能力を，単位湿重量当たりの浄化能力に換算して種間の比較を行う．海水産種の実験と淡水産種の実験では，与えられた餌の種類が異なるものの，他の実験条件が同等であるため，生息水域が異なる種の比較も可能であると考えられる．実際に種間の比較を行い水質浄化能力の違いを明らかにする．

4. 2 実験結果

本研究に用いた海水産二枚貝 10 種と淡水産二枚貝 12 の合計 22 種の水質浄化能力を，濾水量で比較した．殻の厚みや重量および個体サイズに影響されないように，各種の濾水量を軟体部の湿重量で除して，単位湿重量あたりの濾水量で示した(図-4.1)．また，比較のために1個体当たりの濾水量を図-4.2に示した．単位湿重量で比較すると全22種中で，淡水産種のカワヒバリガイが最も大きい値を示し，第2位が海水産種のコウロエンカワヒバリガイで，第3位が海水産種のコウシオガイであった．これらの3種は個体サイズが小さいため，1個体当たりで濾水量を比較するとともに小さな値を示していたが，単位湿重量に換算すると非常に大きな値を示した．反対に，1個体あたりの濾水量が全種で一番大きかったカラスガイは，単位湿重量で比較すると極めて小さい値となった．

4. 3 考察

軟体部の単位湿重量あたりで，22種の濾水量を比較した結果，個体サイズの小さい種が比較的大きい濾水量を示し，これらの種は高密度に生息することが報告されているので(川瀬，2002, 2006；川瀬ほか，2009)，大型種に劣らないほど大きな濾水量となる．また，濾水量が第1位のカワヒバリガイと第2位のコウロエンカワヒバリガイは，いずれもイガイ科グループの二枚貝である．イガイ科二枚貝類は，既に多くの研究結果から大きい濾水力をもつことが知られており(Cloern, 1982：

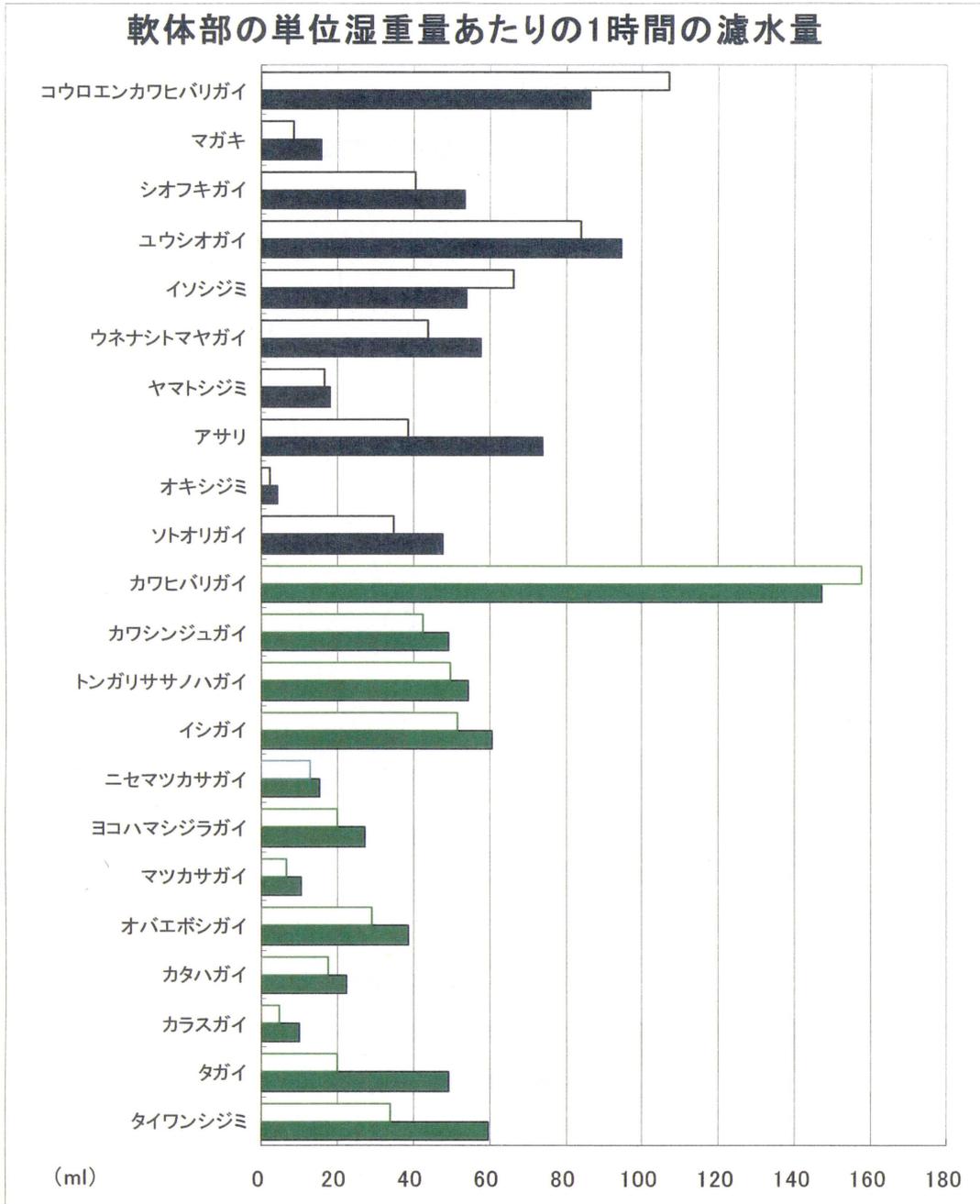


図-4.1 軟体部の単位湿重量あたり 1 時間の濾水量

□ : 明条件(海水), ■ : 暗条件(海水), □ : 明条件(淡水), ■ : 暗条件(淡水)

秋山, 1985 : Reeders et al., 1989 : Sprung, 1995 : Berg et al., 1996 : Horgan and Mills, 1997 : 木村ほか, 1998 : Kimura et al., 1998 : Diggins, 2001 : Sylvester et al., 2005), 本研究の結果からは, 他の二枚貝類と比較して, 小さい濾水量の二枚貝とでは 10 倍以上の違いがあることが明らかになった. カワヒバリガイやコウロエンカワヒバリガイは, 川底や海底に群生し異常繁殖することが知られており (木村, 2000 : 中井, 2001 : 内田ほか, 2007 : 櫻庭ほか, 2008 : 中西・向井, 1997), これらの個体群の

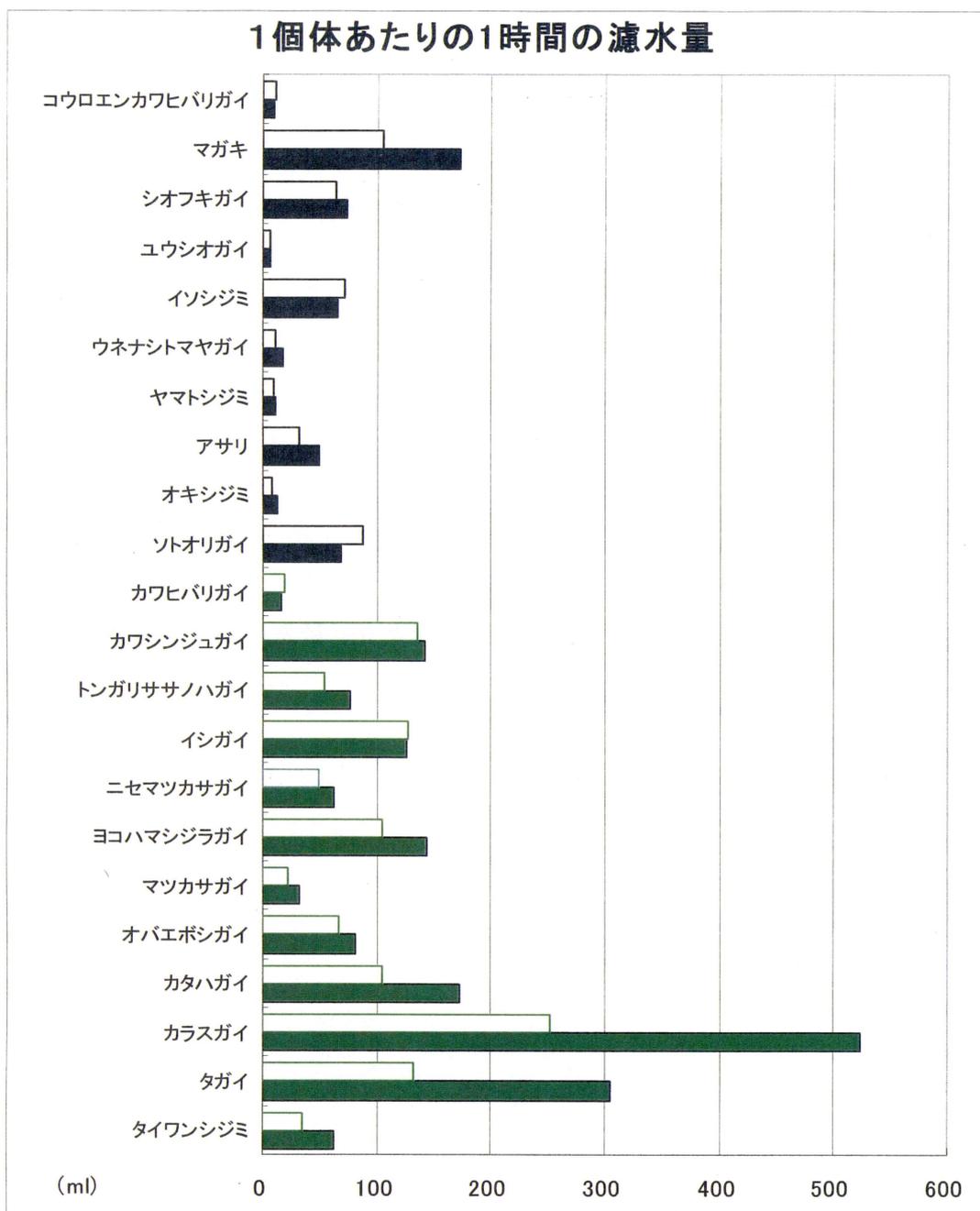


図-4.2 1個体あたり1時間の濾水量

□：明条件(海水)，■：暗条件(海水)，□：明条件(淡水)，■：暗条件(淡水)

濾水量は非常に大きくなると考えられる。また、研究の最もよく進んでいるヤマトシジミやアサリよりも大きい濾水力をもつ種も多く、研究の遅れている淡水産種の中にもヤマトシジミやアサリに匹敵するほどの大きい濾水力をもつものがあることが分かった。また、第2章と第3章で明らかになったように、濾水量とTOC除去量やTN除去量は必ずしも対応していないため、水質浄化能力には種による特性の違いが著しいと考えられる。

4. 4 まとめ

1 個体の水質浄化能力を種間比較することは、個体サイズの影響を受けるので、軟体部の単位湿重量に換算して、各種の浄化能力を濾水量で比較した結果、個体サイズの小さい種でも大きい浄化能力をもつものが存在することが明らかになった。海水産種では、従来の研究で浄化能力が大きいと言われていた食用種のヤマトシジミよりも、コウロエンカワヒバリガイ、シオフキガイ、ユウシオガイ、イソシジミ、ウネナシトマヤガイ、アサリとソトオリガイの7種は、より大きい濾水量を示した。海水産種と淡水産種の全22種の中では、淡水産種のカワヒバリガイが最も大きい濾水量をもち、淡水産種のカワヒバリガイ、カワシンジュガイ、トンガリササノハガイ、イシガイ、ヨコハマシジラガイ、オバエボシガイ、カタハガイ、タガイとタイワンシジミの9種は、海水産種のヤマトシジミより水質浄化能力が高いことが判明した。以上のように、これまでに研究の遅れていた食用種以外の海水産二枚貝や淡水産二枚貝にも高い水質浄化能力があることが明らかになった。

第5章 まとめ

5.1 まえがき

本研究により、干潟や河口に生息する海水産二枚貝、溜池、用水路や河川に生息する淡水産二枚貝には、優れた水質浄化能力があることを解明した。これらの二枚貝類は、水質を管理するために非常に有効であると考えられる。一部、実用化されつつあるが、実用化するためにはいくつかの問題点がある。また、水質浄化能力だけではなく、産業、環境保全や自然保護の立場からも、二枚貝類の保護や養殖は重要である。本章では、研究成果および発展について述べる。

5.2 研究成果

10種の海水産二枚貝、コウロエンカワヒバリガイ、マガキ、シオフキガイ、ユウシオガイ、イソシジミ、ウネナシトマヤガイ、ヤマトシジミ、アサリ、オキシジミ、ソトオリガイおよび12種の淡水産二枚貝、カワヒバリガイ、カワシンジュガイ、トンガリササノハガイ、イシガイ、ニセマツカサガイ、ヨコハマシジラガイ、マツカサガイ、オバエボシガイ、カタハガイ、カラスガイ、タガイ、タイワンシジミの全22種の濁度、Chl.a, TOC, DOC, POC と TN, TDN, PON の除去・凝集効果を種毎に明らかにした。

実験に用いた全22種の二枚貝は、明・暗条件ともに生息水域の濁度、Chl.a, TOCを減少し水質浄化に寄与していた。しかし、全22種のうち海水産種のコウロエンカワヒバリガイとマガキのみが、水中のTNの増減に関しては増加傾向を示し水質を悪化させていた。

二枚貝類が高密度に生息する干潟などの潮間帯では、水域全体の浄化能力が大きく、例えば、名古屋市の藤前干潟(約90ha)に生息する6種の二枚貝が水質を浄化する能力は、1日の人間1人あたりの生活排水に換算すると、TOCで33,200人分、TNで8,430人分を浄化していた。また、岐阜市の洞付近の用水路(1m²)に生息する6種の二枚貝が水質を浄化する能力は、1日の人間1人あたりの生活排水に換算するとTOCで1.73人分、TNで1.59人分を浄化し、豊田市の古瀬間町の溜池(1m²)に生息するタガイが水質を浄化する能力は、TOCで1.30人分、TNで0.80人分であった。さらに、用水路(岐阜市洞付近の用水路)と干潟(名古屋市の藤前干潟)を比較すると、TOCで用水路は干潟の46倍、TNで用水路は干潟の170倍もの浄化能力をもち、溜池(豊田市古瀬間町の溜池)と干潟(名古屋市の藤前干潟)を比較すると、TOCで溜池は干潟の35倍、TNで溜池は干潟の86倍もの浄化能力をもつことが明らかになった。

軟体部の単位湿重量で各種の浄化能力を濾水量で比較した結果、従来の研究で浄

化能力が大きいと言われていたヤマトシジミよりも、海水産種のコウロエンカワヒバリガイ、シオフキガイ、ユウシオガイ、イソシジミ、ウネナシトマヤガイ、アサリ、ソトオリガイや、淡水産種のカワヒバリガイ、カワシンジュガイ、トンガリササノハガイ、イシガイ、ヨコハマシジラガイ、オバエボシガイ、カタハガイ、タガイとタイワンシジミの16種の方が高い水質浄化能力をもつことが判明した。

実験に用いた二枚貝の水質浄化能力は、濁度、Chl.a、TOC、DOC、POCとTN、TDN、PONの増減において種毎の特性があるので、これらを用いて水域の水質管理を行う場合には、各種の生息環境や生態の特性を十分に配慮してそれぞれの水域に適した種を選択することにより効果的な水質管理ができると考えられる。

5. 3 研究の発展

干潟はかつて日本各地に広く存在していたが、埋め立てが進み、1945年を基準とした場合の人為原因による全消失干潟面積は、1999年現在で40%近くに及んでいる。また、1945年から1977年において干潟が大幅に消滅したのは東京湾（消滅率89.2%）、伊勢・三河湾（消滅率54.48%）、瀬戸内海（消滅率35.50%）の3水域であった（菊池、2000）。伊勢・三河湾の代表的な干潟として、小鈴谷干潟、藤前干潟、一色干潟、六条干潟、汐川干潟、福江干潟などが知られているが（鈴木、2000）、干潟の減少・消失に伴いそこに生息する生物も絶滅や減少の一途をたどっている。

底生生物の豊富なこれらの干潟が減少または消滅すると、生物の絶滅ばかりにとどまらず、生物による水質浄化能力も同時に失われる。例えば、第2章で例に挙げた名古屋市藤前干潟に生息する6種の二枚貝だけでも、その浄化力は1日の人数に換算すると、TOCで33,200人分、TNで8,430人分を浄化しており、膨大な量になることが分かった。実際には、さらに多くの種類の底生生物が水質浄化に寄与しており、それらが行う自然浄化能力はさらに巨大な規模となる。また、干潟の底生生物は食物連鎖をとおして生態系でも重要な役割を担っている。水産資源としても人間生活に必要である。そのためにも干潟の埋め立てや水域の汚染、さらには上流域のダム建設や河道改修工事や河岸工事においても、底生生物の生息に配慮した工夫が不可欠である。また、二枚貝養殖に際しても、水質浄化の目的を兼ね合わせた種選択が重要であると考えられる。

第3章および第4章から、研究の遅れている淡水産二枚貝の水質浄化能力を解明することができた。結果は、洞付近の用水路(1 m²)の6種の二枚貝の水質浄化能力を人数に換算すると、TOCで1.73人分、TNで1.59人分、古瀬間町の溜池(1 m²)はTOCで1.30人分、TNで0.80人分を浄化していた。これらを利用して河川、湖

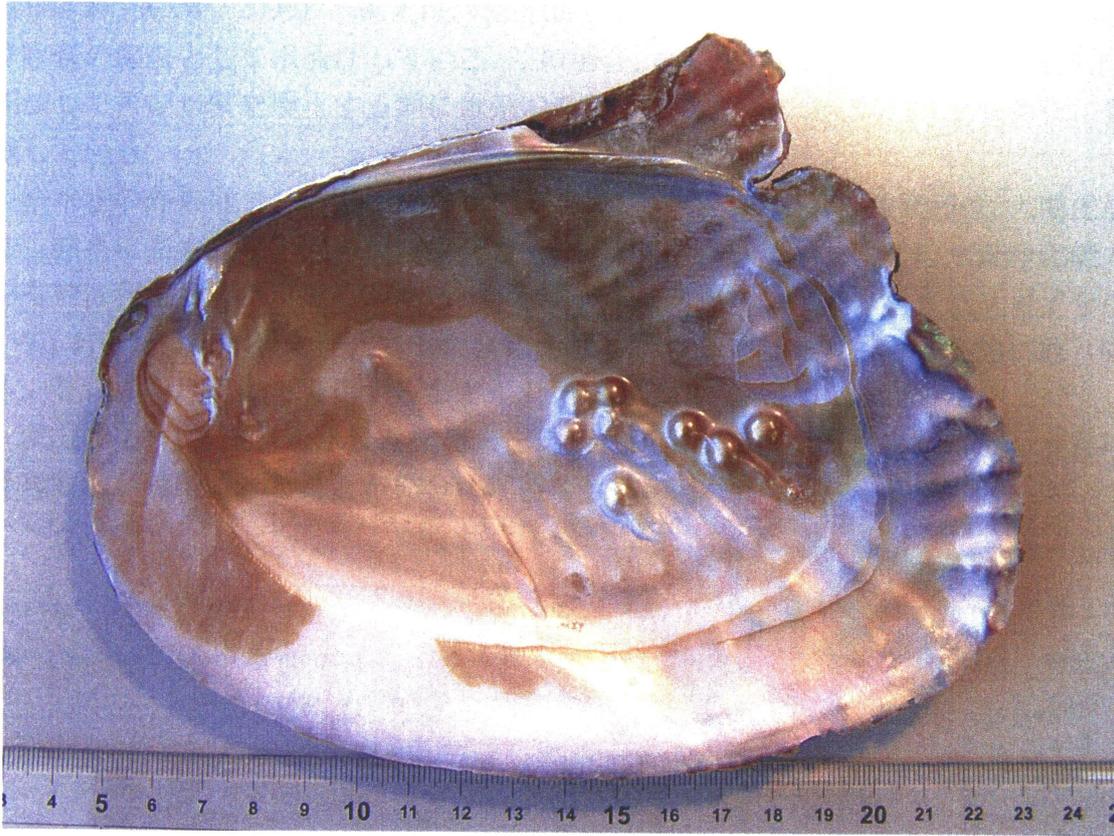


図-5.1 イシガイ類が産生した淡水真珠

沼、溜池や水処理施設などの水質を管理することが可能であろう。

また、イシガイ類の多くの種は、絶滅危惧種のタナゴ類の産卵基質としても重要である（紀平ほか，2003；増田・内山，2004）。イシガイ類の雌の鰓（鰓葉内）は育児嚢として機能し、グロキジウム（glochidium）という幼生になるまで保育する。母貝から放出されたグロキジウムは、底魚を中心とした魚の鰓や鰭、口内に付着、埋没し、しばらく寄生生活を行う。逆に魚類のタナゴ類やヒガイ類は、イシガイ科二枚貝を産卵基盤とし、タナゴ類は鰓葉内に、ヒガイ類は外套腔に卵を産み付ける。さらに、イシガイ類の多くの種は淡水真珠の母貝として養殖されている（白井，1994）。貝ボタンやカルシウムパウダーに加工されることもある（増田・内山，2004）。図-5.1 にイシガイ類によって作り出された淡水真珠を示す。イシガイ類やカワシンジュガイは古くから真珠の存在が知られ、カワシンジュガイはその名残である。天然真珠は産出が極めて少ないので、海産のアコヤガイやシロチョウガイのように、イケチョウガイ類を用いた淡水真珠の養殖が発展した。こうして淡水真珠の母貝に使われる他に、北米や中国産のからの分厚い種類は、海産真珠の核の材料に利用され、日本はその一大消費国でもある。実際に真珠生産のためにイシガイ類を養殖するとともに、タナゴ類の保護や水質浄化作戦を兼ね合わせた試みも行われている

(日本野鳥の会, 2009) . 例えば, 琵琶湖では水産業として, 淡水産二枚貝を食用や家畜の飼料として水揚げしている. この場合, 水質を浄化して成長した二枚貝が, 死滅して再び水質を悪化する前に水系から取り除かれることになり, 水質浄化に貢献している.

淡水産の外来種であるタイワンシジミやカワヒバリガイの大量繁殖は, 人間生活や生態系に多大な悪影響を及ぼす一方で, 人為的にカワヒバリガイの水質浄化能力を有効に利用できる可能性がある. 例えば下水処理施設などでカワヒバリガイを用いて, ある程度の水質を浄化させた後に老成したカワヒバリガイを人為的に取り除き, それらを堆肥に再利用するなどが考えられる (北村・川瀬, 2009) .

以上のように, 優れた水質浄化能力を備えた淡水産二枚貝を用いた新たな水質の管理方法が考案されることが十分に期待できる.

引用文献

- 阿保勝之, 坂見知子, 高柳和史 (2002) アサリ増殖場造成地における水質浄化機能の定量的評価. 海岸工学論文集, 49, 1211-1215.
- 相崎守弘, 福地美和 (1998) ヤマトシジミを用いた汽水性汚濁水域の浄化. 用水と廃水, 40(10), 46-50.
- 相崎守弘, 森岡美津子, 木幡邦夫 (1998) ヤマトシジミを利用した汽水域の水質浄化に関する基礎的研究. 用水と廃水, 40(2), 34-39.
- 秋山章男 (1985) 底生動物の挙動と食物連鎖, 潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究. 昭和 59 年度東海区水産研究所・南西海区水産研究所研究成果報告書, 99-104.
- Allen, W. R. (1914) The food and feeding habits of fresh-water mussels. *Biol. Bull.* 27, 127-147.
- 朝倉彰 (1989) 貝の生物学入門, p.18. 千葉県立中央博物館, 千葉.
- Berg, S. J., S. W. Fisher and P. F. Landrum (1996) Clearance and processing of algal particles by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). *Journal of Great Lakes Research*, 22, 779-788.
- Berry, P. F., M. H. Schleyer (1983) The brown mussel *Perna perna* on the Natal coast, South Africa : Utilization of available food and energy budget. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 13, 201-210.
- Buttner, K. and R. C. Heidinger (1981) Rate of filtration in the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*. *Transactions of the Illinois State Academy of Science*, 74, 13-17.
- 千葉健治, 大島泰雄 (1957) アサリを主とする海産二枚貝の濾水・摂餌に及ぼす濁りの影響. 日本水産学会誌, 23, 348-353.
- 千葉信男, 西村修, 土田茂 (2001) 淡水二枚貝のろ水速度について. 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, 第 7 部, 114-115.
- 千葉信男, 野村宗弘, 西村修 (2002) 淡水二枚貝のろ過速度に及ぼす濁質濃度の影響について. 日本水処理生物学会誌, 別巻 22, 94.
- Christian AD, Smith BN, Berg DJ, Smoot JC, Findley RH (2004) Trophic position and potential food sources of 2 species of unionid bivalves (Mollusca: Unionidae) in 2 small Ohio streams. *J North Am Benthol Soc*, 23, 101-113.
- Cloern, J. E. (1982) Does the benthos control phytoplankton biomass in South San Francisco Bay? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9, 191-202.
- Coughlan J (1969) The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. *Marine Biology*, 2, 356-358.
- Coughlan, J. and A. J. Ansell (1964) A direct method form determining the pumping rate of siphonate bivalves, *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 29, 205-213.
- Diggins, T. P. (2001) A seasonal comparison of suspended sediment filtration by quagga (*Dreissena bugensis*) and zebra (*D. polymorpha*) mussels. *Journal of Great Lakes*

- Research*, 27, 457-466.
- Doering, P. H., J. R. Kelly, C. A. Oviatt and T. Sowers (1987) Effect of the hard clam *Mercenaria mercenaria* on benthic fluxes of inorganic nutrients and gases. *Mar. Biol.*, 94, 377-383.
- Doering, P. H., C. A. Oviatt (1986) Application of filtration rate models to field populations of bivalves : An assessment using experimental mesocosms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31, 265-275.
- Drinnan, R. E. (1964) An apparatus for recording the water-pumping behaviour of lamellibranchs. *Neth. J. Sea Res.*, 2, 223-232.
- Famme, P., Riisgard, H. U., Jorgensen, C. B. (1986) On direct measurement of pumping rates in the mussel *Mytilus edulis*, *Mar. Biol.*, 92, 323-327.
- 藤岡克巳, 戸田一則, 森俊樹, 山口啓子, 相崎守弘 (2006) 人工湿地におけるヤマトシジミ濾過速度の季節変化. *水環境学会誌*, 29(6), 319-326.
- 藤岡克巳, 山口啓子, 相崎守弘 (2002) ヤマトシジミ優占人工湿地での炭素収支に関する研究. 第36回日本水環境学会年会講演要旨集, p. 560.
- 波部忠重, 奥谷喬, 西脇三郎 (1994) 軟体動物学概説 上巻, p.273, サイエンティスト社, 東京.
- 波部忠重, 奥谷喬, 西脇三郎 (1999) 軟体動物学概説 下巻, p.321, サイエンティスト社, 東京.
- 長谷川茂, 久保添恭之, 富士昭, 山下和則, 中舘史行 (2000) ヤマトシジミによる水質浄化能力基礎試験～網走湖産ヤマトシジミによる実験～・河川環境総合研究所報告, 6, 27-35.
- Haven, D. S. and R. Morales-Alamo (1970) Filtration of particle from suspension by the American oyster *Crassostrea virginica*. *Biol. Bull.*, 139, 248-264.
- Hildreth, D.I. and D.J. Crisp (1976) A corrected formula for calculation of filtration rate of bivalve molluscs in an experimental flowing system. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 56, 111-120.
- Horgan, M. J. and E. L. Mills (1997) Clearance rates and filtering activity of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): implications for freshwater lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 54, 249-255.
- 堀江毅 (1987) 海域の物質循環過程のモデル化と浄化効果の予測手法について. *港湾技術研究所報告*, 26(4), 57-123.
- 細川恭史 (1991) 浅海域での生物による水質浄化作用. *沿岸海洋研究ノート*, 29, 28-36.
- 細川恭史 (1999) 干潟の水質浄化システムとその再生・造成の可能性. *沿岸海洋研究*, 36, 137-144.
- 細川恭史, 木部英治, 三好英一, 桑江朝比呂, 古川恵太 (1996a) 盤州干潟(小櫃川河口付近)におけるアサリによる濾水能力分布調査. *港湾技研資料*, no. 844, 3-21.
- 細川恭史, 木部英治, 古川恵太, 桑江朝比呂, 三好英一 (1996b) アサリの濾過速度と水管直上の流速の測定. *環境科学会 1996 年会講演要旨集*, 144-145.

- 池田晴彦 (2006) 外来生物辞典. カワヒバリガイ属の全種, 東京書籍, 164-165.
- 磯野良介 (1998) 東京湾盤州干潟のアサリによる窒素摂取量の推定とその季節変動に関わる要因. 水環境学会誌, 21, 751-756.
- 磯野良介, 中村義治 (2000) 二枚貝による海水濾過量の推定とそれにおよぼす温度影響の種間比較. 水環境学会誌, 23 (11), 683-689.
- 伊藤克彦 (1978) 英虞湾真珠漁場におけるアコヤガイの栄養環境について. 国立真珠研報, 22, 2363-2381.
- 伊藤克彦, 水本三朗 (1981) 現場海域における堆積有機泥の堆積速度Ⅱ, 内湾底泥を巡る物質収支の動態解明に関する研究. 東海区水研, 32-44.
- Jones, J.W., R.A. Mair, and R.J. Neves (2005) Factors affecting survival and growth of juvenile freshwater mussels cultured in recirculating aquaculture systems. *North American Journal of Aquaculture*, 67, 210-220.
- Jorgensen, C. B. (1975) Comparative physiology of suspension feeding. *Annual Reviews Physiology*, 37, 57-79.
- 金網紀久恵, 中村義治, 上月康則, 村上仁士, 柴田輝和 (2003) 炭素収支による東京湾アサリ個体群の生物機能評価. 海岸工学論文集, 50, 1291-1295.
- 金網紀久恵, 上月康則, 村上仁士, 桑原久実 (2005) アサリの水質浄化に及ぼす地球温暖化の影響に関する研究. 海岸工学論文集, 52, 1036-1040.
- 川瀬基弘 (2002) 矢作川河口域における干潟の底生生物相. 矢作川研究, 6, 81-98.
- 川瀬基弘 (2006) カワヒバリガイも積もれば山となる. 異郷の地でしたたかに(豊田の外来生物たち), 矢作新報 2006年3月3日号.
- 川瀬基弘・尾畑功・市原俊 (2009) 愛知県藤前干潟に生息する貝類. 豊橋市自然史博研報, 19, 11-20.
- 川瀬基弘, 梅村麻希, 八木明彦 (2008) 藤前干潟に生息する二枚貝類の水質浄化能力試験. 日本水環境学会年会講演集, 42, 444.
- 紀平肇, 松田征也, 内山りゅう (2003) 日本産淡水貝類図鑑①琵琶湖・淀川産の淡水貝類. ピーシーズ.
- 菊池佐智子, 藤田光一, 望月貴文 (2008) 伊勢湾流域 1950-2000 における人間活動と物質負荷に着目した環境変遷の分析, 河川技術論文集, 14, 1-6.
- 菊池泰二 (2000) 干潟は, いま: 総論. 海洋と生物, 129, 300-307.
- 木村賢史 (2006) 海を守り育む干潟・海浜域-3. 海岸域が有するすぐれた自然の浄化機能-1. 用水と廃水, 48(4), 3-13.
- 木村賢史, 三好康彦, 嶋津輝之, 赤沢豊 (1991) 人工海浜の浄化能力について(2) 葛西人工海浜及びその地先における底生動物の現況とその浄化能力の検討. 東京都環境科学研究所年報 1991, 141-150.
- Kimura, K., Nishimura, O., Tsuchiya, T., Okutomi, S., Yamashita, K., Inamori, Y. and Sudo, R. (1998) Filtration respiration and assimilation in the suspension feeding bivalves, *Limnoperna fortunei kikuchi* and *Macra veneriformis*, Japan. *Water Treat. Biol.*, 34, 183-194.
- 木村賢史, 土屋隆夫, 稲森悠平, 奥富重幸, 西村修, 須藤隆一 (1998) 東京都内湾

- における付着動物の分布と水質浄化機能. 水環境学会誌, 21, 35-40.
- 木村信一郎, 河野丈斗史 (2003) 保護池における水質の変化に伴う珪藻量の変化とそれに同調するドブガイの成長速度—ドブガイはほんとうに珪藻をたべているのか—. 日本水大賞報告書, 79-91.
- 木村妙子 (2000) 人間に翻弄される貝たち—内湾の絶滅危惧種と帰化種—. 月刊 海洋, 号外 20, 66-73.
- 北村拓也, 川瀬基弘 (2009) 室内実験による二枚貝類の水質浄化能力試験②～外来性淡水二枚貝の水質浄化～. 日本陸水学会東海支部会 第 11 回研究発表会 講演要旨集, p. 20.
- 木幡邦男 (2001) 浅海域における二枚貝による水質浄化. Science & Technonews Tsukuba, 58, 22-24.
- 近藤高貴 (2008) 日本産イシガイ目貝類図譜, 日本貝類学会特別出版物第 3 号, p.69, 日本貝類学会, 東京.
- Kraak, M. H. S., F. Kuipers, H. Schoon, C. J. de Groot, W. Admiral (1994) The filtration rate of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* usage for water quality assessment in Dutch rivers. Hydrobiologia, 294, 13-16.
- 栗原康 (1988) 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, p.335, 東海大学出版会, 東京.
- Kryger, J. and H. U. Riisgard (1988) Filtration rate capacities in 6 species of European freshwater bivalves. Oecologia, 77, 34-38.
- Lucas, M. I., R. C. Newell, S. E. Shumway, L. J. Seiderer, R. Bally (1987) Particle clearance and yield in relation to bacterioplankton and suspended particulate availability in estuarine and open coast populations of the mussel *Mytilus edulis*, Mar. Ecol. Prog. Ser., 36, 215-224.
- 前田伊佐武, 相崎守弘, 山口啓子, 藤田直樹 (2000) 汽水湖水を連続供給した屋外水槽でのヤマトシジミの水質浄化機能に関する研究. 水環境学会誌, 23(11), 716-720.
- 増田修・内山りゅう (2004) 日本産淡水貝類図鑑②汽水域を含む全国の淡水貝類. ピーシーズ.
- 松田征也, 中井克樹 (2002) カワヒバリガイ～利水施設に悪影響をもたらす二枚貝～. 外来種ハンドブック, 地人書館, 173.
- Matteson, M. R. (1955) Studies on the natural history of the Unionidae. Am. Midl. Nat 53, 126-145.
- McLusky, D.S. (1973) The effect of temperature on the oxygen consumption and filtration rate of *Chlamys (Aequipecten) opercularis* (L.) (Bivalvia), Ophelia, 10, 141-154.
- Meyhofer, E. (1985) Comparative pumping rates in suspension-feeding bivalves. Mar. Biol., 85, 137-142.
- Miura, T. and T. Yamashiro (1990) Size selective feeding of *Anadonta calipygos*, a phytoplanktivorous freshwater bivalve, and viability of egested algae. Japanese Journal of Limnology, 51, 73-78.

- Mohlenberg, F., H. U. Riisgard (1978) Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves. *Ophelia*, 17, 239-246.
- Mohlenberg, F. and H. U. Riisgard (1979) Filtration rate, using a new indirect technique, in thirteen species of suspension-feeding bivalves. *Marine Biology*, 54, 143-147.
- 中井克樹 (2001) カワヒバリガイの日本への侵入. カワヒバリガイの日本への侵入. 黒装束の侵入者—外来付着性二枚貝の最新学—, 恒星社厚生閣, 71-85.
- 中村幹雄 (2000) ヤマトシジミが宍道湖の窒素循環に果たす役割. 水, 10月号, 16-25.
- 中村幹雄 (2001) ヤマトシジミが宍道湖の窒素循環に果たす役割, 汽水域の科学 — 中海・宍道湖を例として—, p. 92-100, たたら書房, 鳥取.
- 中村幹雄, 森忠洋 (1998) シジミ漁による宍道湖の浄化, 用水と廃水, 40(5), 41-43.
- Nakamura, M., Yamamuro, M., Ishikawa, M. and Nishimura, H. (1988) Role of the bivalve *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in mesohaline lagoon. *Marine Biology*, 99, 369-374.
- 中村充 (1993) 生態系を活用した海底質の改良技術. ヘドロ, 58, 17-24.
- 中村義治, 深町孝子, 真崎邦彦, 関根幹男, 三村信男 (2003a) 有明海奥部のサルボウガイ漁場における炭素固定量の評価. 海岸工学論文集, 50, 1111-1115.
- 中村義治, 金網紀久恵, 磯野良介, 三村信男 (2002) 貝類の生物機能と水域環境への影響に関する全国評価. 海岸工学論文集, 49, 1371-1375.
- 中村義治, 奥出壮, 寺澤知彦, 関根幹男, 三村信男 (2003b) CO₂ 固定量評価に係わる貝類代謝モデルの開発—養殖カキ—. 海岸工学論文集, 50, 1166-1170.
- 中村義治, 奥出壮, 寺澤知彦, 関根幹男, 三村信男 (2005) CO₂ 固定量評価に係わる貝類代謝モデルの開発—ホタテガイ—. 海岸工学論文集, 52, 1066-1070.
- 中村義治, 関根幹男, 山口毅, 湯浅龍彦, 阿保勝之, 三村信男 (2003c) 養殖漁場 (アコヤガイ) における炭素固定機能の全国評価. 海岸工学論文集, 50, 1116-1120.
- 中西正治, 向井聖二 (1997) 浄水施設におけるカワヒバリガイの駆除方法とその駆除事例, 用水と廃水, 39(11), 15-18.
- Nichols SJ, Garling D (2000) Food-web dynamics and trophic-level interactions in a multispecies community of freshwater unionids. *Can J Zool*, 78, 871-882.
- 日本分析化学北海道支部編 (1981) 水の分析 第3版. 化学同人, 京都府.
- 日本動物学会 (1990) 動物解剖図, p.137, 丸善, 東京.
- 日本野鳥の会編 (2009) 豊田の生きものたち—生物多様性を知る—. 豊田市環境部環境政策課, 248 p.
- 沼口勝之 (1994) アコヤガイのろ水率におよぼす水温の影響. 水産増殖, 42, 1-6.
- 小倉紀雄 (1993) 東京湾—100年の環境変遷—. 恒星社厚生閣.
- 大谷道夫 (2002) 日本における移入付着動物の出現状況, 最近の動向. *Sessile Organisms*, 19(2), 69-92.
- 大谷道夫 (2004) 日本の海洋移入生物とその移入過程について. 日本ベントス学会誌, 59, 45-57.
- Pusch M, Siefert J, Walz N (2001) Filtration and respiration rates of two unionid species

- and their impact on the water quality of a lowland river. In : Bauer G, Wachtler K (eds) Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida, Ecological Studies Vol. 145, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 317-326.
- Raikow, D. F., and S. K. Hamilton (2001) Bivalve diets in a Midwestern U.S. stream: A stable isotope enrichment study. *Limnology and Oceanography*, 46, 514-522.
- Reeders, H. H., A. Bij de Vaate and F. J. Slim (1989) The filtration rate of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) in three Dutch lakes with reference to biological water quality management. *Freshwater Biology*, 22, 133-141.
- Riisgard, H. U. (2001) On measurement of filtration rates in bivalves – the stony road to reliable data: review and interpretation. *Marine Ecology Progress Series*, 211, 275–291.
- 西條八束, 三田村緒佐武 (1995) 新編 湖沼調査法. 講談社, 東京都.
- 櫻庭宏宇, 濱田稔, 上原正成 (2008) 矢作川のカワヒバリガイの生態. 電力土木, 334, 26-29.
- Silverman, H., S.J. Nichols, J.S. Cherry, E. Achberger, J.W. Lynn, and T.H. Dietz (1997) Clearance of Laboratory-Cultured Bacteria by Freshwater Bivalves: Differences Between Lentic and Lotic Unionids. *Canadian Journal of Zoology*, 75, 1857-1866.
- 白井祥平 (1994) 真珠・真珠貝世界図鑑, p.108, 海洋企画, 沖縄.
- 宗宮功 (1990) 自然の浄化機構. p.252, 技報堂出版, 東京.
- 宗宮麗, 鮎川和泰, 清家泰, 寺井久慈 (2008) 二枚貝ヤマトシジミ *Corbicula japonica* の昼夜行性について. 日本陸水学会東海支部会 第 10 回研究発表会講演要旨集, 34.
- Sprung, M. (1995) Physiological energetics of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* in lakes. II. Food uptake and gross growth efficiency. *Hydrobiologia*, 304, 133-146.
- Stanczykowska, A., W. Lawacz, J. Mattice & K. Lewandowski (1976) Bivalves as a factor effecting circulation of matter in Lake Mikolajskie (Poland). *Limnologica* (Berlin), 10 (2), 347-352. (English).
- 鈴木輝明 (2000) 三河湾の干潟域と水質浄化機能. 海洋と生物, 129, 340-345.
- Sylvester, F., Dorado, J., Boltovskoy, D., Juarez, A. and Cataldo, D. (2005) Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. *Hydrobiologia*, 534, 71-80.
- 辻井禎, 大西候彦 (1957) アコヤガイの過水量及び捕食の実験的研究. I. 過水量について. 国立真珠研究報告, 3, 194-200.
- 内田臣一, 白金晶子, 内田朝子, 田中良樹, 土井幸二, 松浦陽介 (2007) 矢作川におけるカワヒバリガイの大量発生後の大量死, 矢作川研究, 11, 35-46.
- Vahl, O. (1972) Porosity of the gill, oxygen consumption and pumping rate in *Cardium edule* (L) (Bivalvia). *Ophelia*, 10, 109-118.
- Vahl, O. (1973) Pumping and oxygen consumption rates of *Mytilus edulis* L. of different sizes. *Ophelia*, 12, 45-52.
- Way, C. M., D. J. Hornbach, C. A. Miller-Way, B. S Payne, A. C. Miller (1990) Dynamics of filter feeding in *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae). *Canadian Journal of*

- Zoology*, 68, 115-120.
- Widdows, J. and Bayne, B. L. (1971) Temperature acclimation of *Mytilus edulis* with reference to its energy budget.. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 51, 827-843.
- Winter, J. E. (1978) A review on the knowledge of suspension-feeding lamellibranchiate bivalves, with special reference to critical aquaculture system. *Aquaculture*, 13, 1-33.
- Wright, R. T., B. R. Coffin, C. P. Ersing, D. Pearson (1982) Field and laboratory measurements of bivalve filtration of natural marine bacterioplankton, *Limnol. Oceanogr.*, 27, 91-98.
- Wu, Q., Chen, Y. and Liu, Z. (2005) Filtering capacity of *Anodonta woodiana* and its feeding selectivity on phytoplankton. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 16(12), 2423-2427.
- 山本憲一, 田村征夫, 棚野元秀 (1996) アカガイのろ水量と鰓繊毛運動に及ぼす水温の影響. 水産大研報, 45, 95-101.
- 山室真澄 (1992) 懸濁物食性二枚貝と植物プランクトンを通じた窒素循環に関する従来の研究の問題点(総説). 日本ベントス学会誌, 42, 29-38.
- 山室真澄 (1997a) “意外な陰の立役者” 貝や水鳥の水質浄化機能. かんきょう, 40-41.
- 山室真澄 (1997b) 食物連鎖を利用した水質浄化技術. 地質ニュース, 520, 34-41.
- 山室真澄 (1997c) 汽水域での高次生産者を通じた窒素・リンの収支. 沿岸海洋研究, 35 (1) 69-73.
- Yamamuro, M., Hiratsuka, J., Ishitobi, Y. (2000) Seasonal change in a filter-feeding bivalve *Musculista senhousia* population of a eutrophic estuarine lagoon. *Journal of Marine System*, 26, 117-126.
- 柳田洋一 (1992) 淡水二枚貝類の成長環境条件についてⅢ. 茨城県内水面水試調査研究報告, 28, 43-47.
- 柳田洋一, 外岡健夫 (1991) 淡水二枚貝類の成長環境条件について. 茨城県内水面水試調査研究報告, 27, 98-123.
- 柳田洋一, 外岡健夫 (1992) 淡水二枚貝類の成長環境条件についてⅡ. 茨城県内水面水試調査研究報告, 28, 35-42.

謝辞

本研究を遂行するに当たり、指導教授の愛知工業大学都市環境学科の八木明彦教授には、終始熱心なご指導並びにご助言をいただき、心からお礼を申し上げ感謝の意を表します。また、本論文の査読に当たり、愛知工業大学都市環境学科内田臣一教授、四俵正俊教授、正木利明教授には、貴重なご助言を賜り、ここに深く感謝いたします。更に、都市環境学科土木工学専攻の青木徹彦教授を始め、専攻の諸先生方には、貴重なご指導を賜り、深くお礼を申し上げます。

愛知工業大学大学院工学研究科博士後期課程の梅村麻希氏には、分析機器の操作方法を指導いただきました。愛知工業大学土木学科の三木智弘氏、玉腰哲也氏、稲垣健太郎氏、北村拓也氏、橋本隆寛氏には、卒業研究の一環として現地調査と室内実験に協力していただきました。以上の方々にこの場をお借りして心よりお礼申し上げます。

学位申請に関わる論文

査読あり

- [1] 川瀬基弘・梅村麻希・八木明彦. 干潟に生息する二枚貝類の炭素・窒素除去. 第8回 海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム論文集, pp. 67-72, 2009年
- [2] 川瀬基弘・梅村麻希・八木明彦. 淡水産二枚貝の水質浄化. 用水と廃水, pp. 989-996, 2009年
- [3] 川瀬基弘. 矢作川とその河畔林に生息する貝類. 矢作川研究, 13号, pp. 113-117, 2009年
- [4] 川瀬基弘. 日本産イシガイ類による炭素・窒素除去. 陸の水, 43号, 2010年, 印刷中

査読なし

- [1] 川瀬基弘・梅村麻希・八木明彦. 藤前干潟の底質とベントスの分布. 応用生態工学会 第11回研究発表講演集, pp. 283-286, 2007年
- [2] Kawase, M. and Yagi, A.. Water purification abilities of eight Japanese Unionoida. The Proceedings Paper of The 14th International Symposium on River and Lake Environment. (印刷中)

国際学会発表

- [1] Kawase, M. and Yagi, A.. Water purification abilities of eight Japanese Unionoida. Proceeding of ISRLE2009, Oral Presentation, IA-5, p. 14, 2009年8月29日

その他の論文

査読あり

- [1] 伊奈治行・齊藤毅・川瀬基弘・王偉銘. 岐阜県南部の下部中新統中村層から産した *Liquidamber*(フウ属, マンサク科)の葉, 果実および花粉化石. 地質学雑誌, 113 巻 10 号, pp. 542-545, 2007 年

査読なし

- [1] Ohe, F. and Kawase, M. Clidoderma chitaensis, A New Fossil Flat Fish, from the Miocene Yamami Formation, Chita Peninsula, Aichi, Central Japan. Bull. Mizunami Fossil Mus., 22, pp. 1-7, 1995 年
- [2] Taguchi E. and Kawase M. A new species of *Neburalia* (Gastropoda, Mollusca) from the Miocene Katsuta Group in Okayama Prefecture, southwestern Japan. Bull. Mizunami Fossil Mus., 31, pp. 95-97, 2004 年
- [3] Kawase, M., Koike, H. and Tanaka, T.. *Lepas azuminoensis* (Crustacea: Cirripedia: Lepadomorpha), a new pedunculate barnacle, from the Miocene Bessho Formation, Nakatani, Toyoshina, Azumino-City, Nagano Prefecture, central Japan. Res. Rep. Shinshushinmachi Fos. Mus., 9, pp. 5-8, 2006 年
- [4] Koike, H., Tanaka, T., Kawase, M., Narita, K. and Karasawa, H.. A first notice of the genus *Verruca* (Crustacea: Cirripedia: Sessilia) from the Pliocene of Japan. Res. Rep. Shinshushinmachi Fos. Mus., 9, pp. 1-3, 2006 年