

生物利用型水質浄化システムの構築と応用に関する研究

吉澤 一家¹, 山崎 修平², 宮崎 淳一³
(¹衛生環境研究所, ²総合農業技術センター, ³山梨大学)

Study on the Development of the Water Purification Method in Lakes and Ponds Using Ecological Techniques.

Kazuya YOSHIKAWA¹, Shuhei YAMASAKI² and Jun'ichi MIYAZAKI³

(¹Yamanashi Institute for Public Health and Environment, ²Yamanashi Prefectural Agritech Center, ³University of Yamanashi)

要約：環境負荷が少なく、エネルギー消費量が少ない生態工学的方法が、水質改善方法として湖沼・河川に用いられている。本研究ではより多様な水域で応用可能にするための手法を確立するとともに、水生植物の供給から、再利用にいたる一連のプロセスを確立することを目的として研究を進めている。2012年度には都市公園内の池において行った隔離水界実験の結果から、沈水植物植栽と二枚貝飼育が水質浄化に効果があることが認められたため、最終年の2013年度は確認のため隔離水界を用いて再実験を行なった。その結果以下の諸点が確認された。

- 1) 水生植物+二枚貝の野外実験区では、対照区に比べ常に低い濁度を保ち、水質改善効果が認められた。
- 2) 二枚貝150個体の野外実験区では、水生植物の存在により濁度の低減効果が維持された。
- 3) 野外実験池での二枚貝の生存率は10~60%と幅があったが、水生植物の共存による特別な効果は認められなかった。
- 4) 室内水槽実験においても、二枚貝により透視度が高くなることが認められ、濁質の改善効果が認められた。
- 5) 沈水植物から産生されると考えられる物質には、二枚貝の捕食活動を活性化する可能性は示唆されなかった。

Abstract : In this study, we are intended to suggest not only a purification method of water quality with ecological method in various ponds and lakes, but also the supply method of the aquatic macrophytes used for purification, and also the usage of the macrophytes as product. According to the comparison of water quality in several mesocosms, the effective water purification was found in the zone where bivalves and aquatic macrophytes were cultivated, last year. In 2013, cultivation experiments of both bivalves and aquatic macrophytes with several mesocosms were carried out again in order to reconfirm the efficiency. Several facts were revealed from these experiments; i.e.

- 1) The turbidity of the bivalves and aquatic macrophytes treated zone was always kept lower than the turbidity of the zone with no treatment.
- 2) According to the comparison between the zone where bivalves and aquatic macrophytes were cultivated and the zone where only bivalves were cultivated, plants maintained the transparency of the zone for a long time.
- 3) It was suggested that the aquatic macrophytes did not have a special influence for the survival rate of the bivalve.
- 4) The extracellular organic matter from aquatic macrophytes is seemed to be ineffective in promoting the activity of bivalves.

1. 緒言

生物を利用し様々な水域で水質浄化を行うための手法を確立することを目的として、利用する生物の供給から、発生するバイオマスの活用方法までを研究対象として以下の3テーマについて水槽実験、野外実験を行ってきた。

- I 水生植物の安定供給に関する研究
- II 応用水域の拡大に関する研究

III 発生バイオマスの有効利用に関する研究

昨年度実施した、クロモおよびセキショウモ及び二枚貝であるタテボシガイを利用した都市公園での隔離水界実験では、沈水植物と二枚貝を用いることにより、透明度などの改善効果が認められた¹⁾。これを受けて改善効果の確認を行うことを主目的として、2013年度も引き続き隔離水界実験を中心にテーマIIに関する以下の実験を行った。

- ・野外実験池における隔離水界実験

- ・二枚貝及び沈水植物の水質浄化効果の水槽実験
- ・実験池における沈水植物の食害防止に関する実験
- ・沈水植物が二枚貝の捕食活動に与える影響に関する実験

2. 実験方法

2-1 野外実験池における隔離水界実験

先行研究において公園内の池において、沈水植物の植栽及び二枚貝の飼育による水質浄化実験を行った。その結果セキショウモの植栽に加えタテボシガイを飼育した水界において透明度の改善効果が見られた。この効果の再現性を確認するため、引き続き隔離水界実験を行った。

実験は甲府市内にある玉諸公園内の池で、鉄製パイプ(2500mm×2500mm×1500mm)をフレームに使用し、側面を透明ビニールシート(1mm厚)で覆った隔離水界5基を用いて行った(図1, 2)。底面にはシートを張らないため、底泥からの溶出や逆に底泥への沈降などは行われる状態である。それぞれの隔離水界の処理内容は次のとおりとした。

水界1：(以後Cと表記) 無処理区

水界2：(以後BV450と表記)

タテボシガイ450個体の飼育区

水界3：(以後BV300と表記)

タテボシガイ300個体の飼育区

水界4：(以後BV150+WPと表記)

セキショウモ30株+タテボシガイ150個体の飼育区

水界5：(以後BV150と表記)

タテボシガイ150個体の飼育区

また次の生物を実験に用いた。

沈水植物：セキショウモ(山中湖由来、当所栽培株)

二枚貝：タテボシガイ(滋賀県琵琶湖産)

実験期間中は定期的に各処理水界および水界外で光環境及び水質の測定を行った。光環境項目としては、濁度(Turb.)を濁度計(笠原理工90°散乱光濁度計TR-5Z)を用いて現場で測定し、透視度(Tr)は実験室内で50cm透視度計を用いて測定した。水質項目としては、水温を現場測定し、導電率(EC)、pH、浮遊懸濁物質濃度(SS)、全窒素濃度(TN)、全りん濃度(TP)、CODを採水試料で分析した。

また実験に供したタテボシガイを定期的に取り出して湿重量を測定し、成長状況を把握した。

2-2 二枚貝及び沈水植物の水質浄化効果の水槽実験

生物の水質浄化効果を確認することと、二枚貝と沈水植物が共存することで浄化効果能に影響があるかを検証するために、室内での水槽実験を行った(図3, 4)。

この際、実験池の生態系を再現するために魚類も共存させた。

実験に用いた器具と生物は以下のとおりである。

水槽：600×300×400mm(約60L)

照明：20W直管蛍光灯(45~80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$)

12hr./day

栽培用土：玉諸公園内池の底泥(9000cm³)

供試生物：

植栽沈水植物：セキショウモ(草丈10cm程度)

二枚貝：タテボシガイ(滋賀県琵琶湖産)

魚類：ブルーギル(玉諸公園池産 魚体長約5cm)

供試水：玉諸公園内池の水

それぞれの水槽の処理内容は次のとおりとした。

水槽1：(以後Cと表記) 無処理槽

水槽2：(以後Fと表記)

ブルーギル1個体の飼育槽

水槽3：(以後F+BVと表記)

ブルーギル2個体+タテボシガイ10個体の飼育槽

水槽4：(以後F+BV+WPと表記)

ブルーギル2個体+タテボシガイ10個体+セキショウモ20株の飼育槽

水槽5：(以後F+WPと表記)

ブルーギル2個体+セキショウモ20株の飼育槽

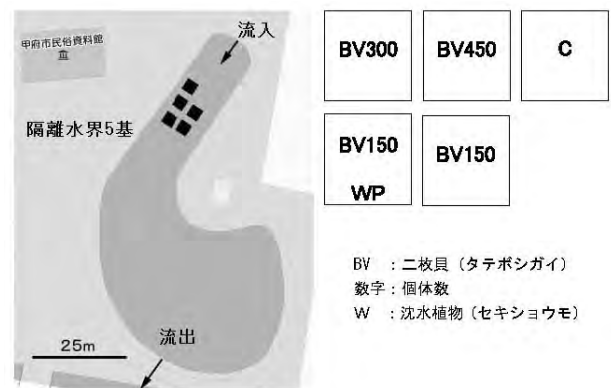


図1 玉諸公園内池の水界配置図

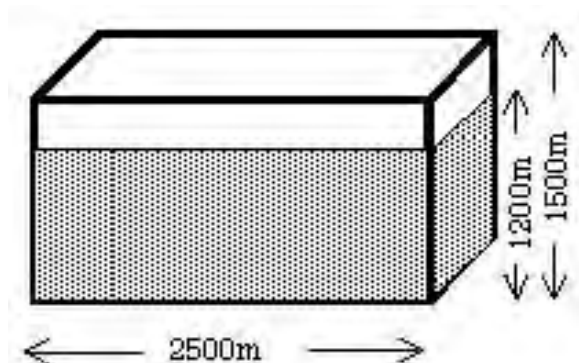


図2 隔離水界立体図

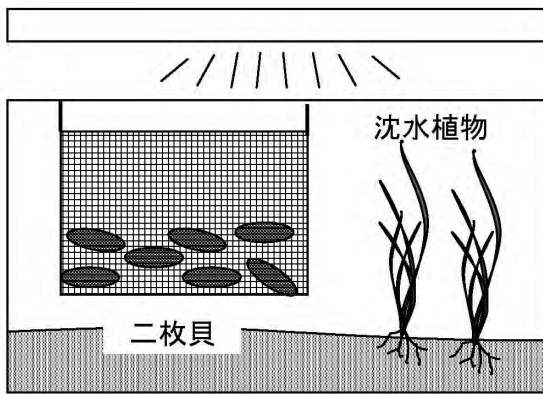


図3 水槽実験装置の概要



図4 水槽実験供試生物 (左:セキショウモ, 右:タテボシガイ)

実験期間中、魚の餌を全ての水槽に等量ずつ添加するとともに、ろ材を装填していない上面ろ過装置で水を循環させた。水槽水の蒸発により水位が低下した場合は、111日までは供試水で、それ以降は精製水で適宜補い水位を保った。また光量を一定に保つため、水槽の4面を遮光して実験を開始した (暗条件)。

各水槽の水を約1ヶ月間隔で採水し、透視度 (Tr)、水温、導電率 (EC)、pH、浮遊懸濁物質濃度 (SS)、全窒素濃度 (TN)、全りん濃度 (TP)、CODを分析した。

2-3 沈水植物が二枚貝の捕食活動に与える影響に関する実験

公園内の池で実施した隔離水界実験の二枚貝と沈水植物区において、水質改善効果が認められたため、それぞれの生物間で活性化などの相互作用があることが予想された。

その可能性の一つとして、沈水植物が産生する物質が二枚貝のろ過活性を高めることが考えられたため、これを確認することを目的として、二枚貝による濁質ろ過実験を行った。

実験は3Lの小型水槽を用い、ろ過の対象となる濁質としては当研究所内の池から採取した緑藻を用いた。また沈水植物産生物質として、セキショウモを2ヶ月間栽培した水槽の水を、孔径0.45 μ mのニトロセルロースメンブランフィルター (ミリポア HAWP0045) でろ過をしたろ液を用いた。対照として何も植栽しない状態で同期間放置した水槽のろ液を用いた。

二枚貝による濁質のろ過実験は次に示した異なる5条件で同時に実施した。

水槽1: 純水1.7L+池水1L (以後Cと略記)

水槽2: 純水1.7L+池水1L+タテボシガイ2個体 (以後D+BVと略記)

水槽3: 純水1.5L+池水1L+無植栽水槽水0.2L+タテボシガイ2個体 (以後T+BVと略記)

水槽4: 純水1.6L+池水1L+植栽水槽水0.1L+タテボシガイ2個体 (以後WP+BVと略記)

水槽5: 純水1.5L+池水1L+植栽水槽水0.2L+タテボシガイ2個体 (以後2WP+BVと略記)

なお、各水槽にはpH及び塩分濃度の調整のため、以下のA~D溶液を各1.5mL添加した。

A: pH7.2緩衝液

K_2HPO_4 21.75g + KH_2PO_4 8.5g + NH_4Cl 1.7g/L

B: 硫酸マグネシウム溶液

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 22.5g/L

C: 塩化カルシウム溶液

$CaCl_2$ 27.5g/L

D: 塩化鉄 (III) 溶液

$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 0.25g/L



図5 濁質ろ過実験装置

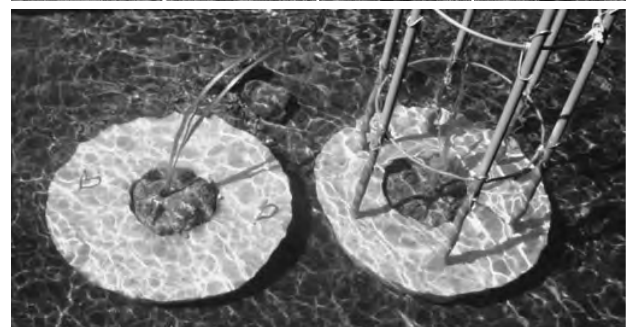
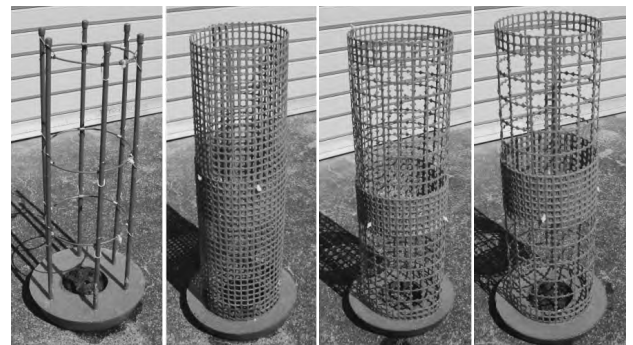


図6 食害防止器具試作品 (左より縦棒のみ, 1mm, 2mm, 3mmメッシュ)

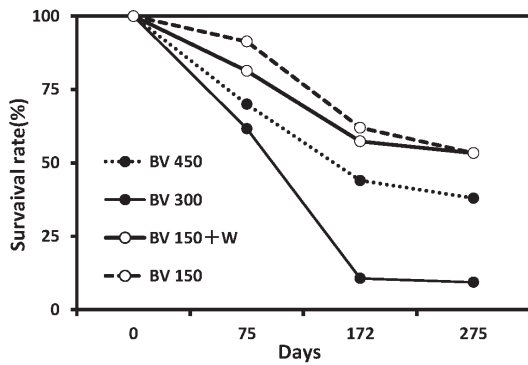


図7 各隔離水界でのタテボシガイの生存率

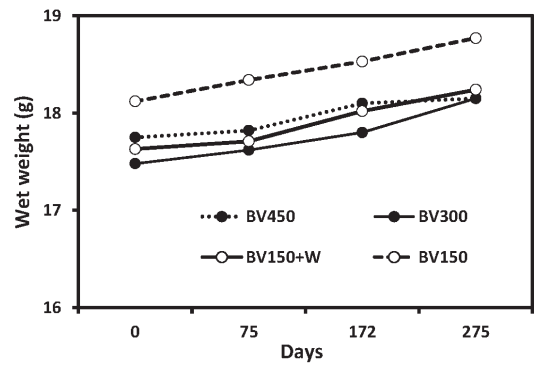


図8 各隔離水界でのタテボシガイの成長量

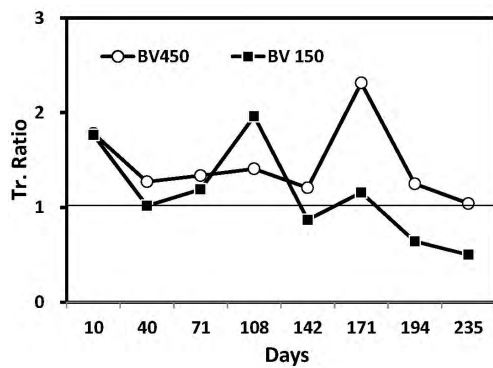


図9-1 透視度比の経日変化

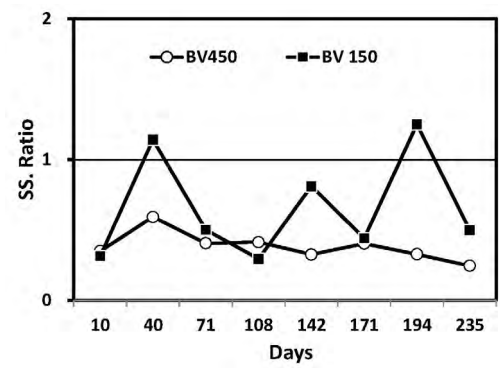


図9-2 浮遊懸濁物質濃度比の経日変化

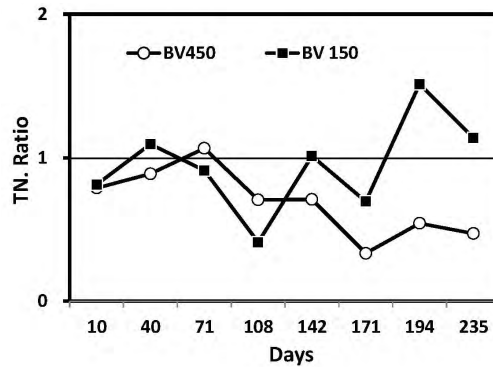


図9-3 全窒素濃度比の経日変化

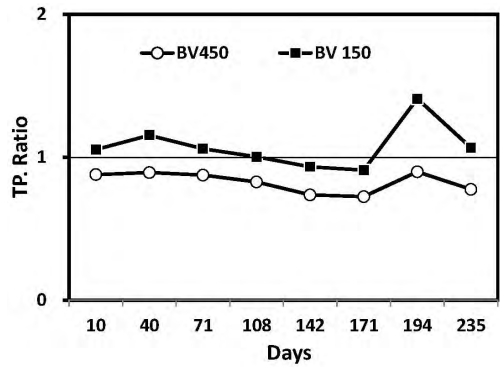


図9-4 全りん濃度比の経日変化

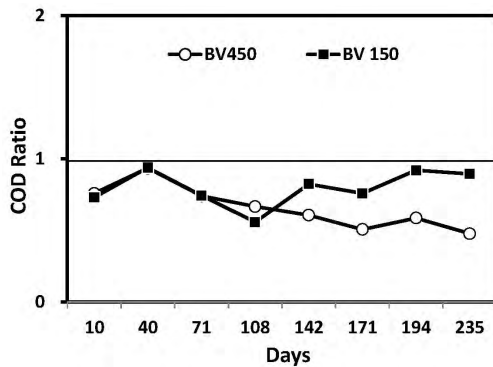


図9-5 COD比の経日変化

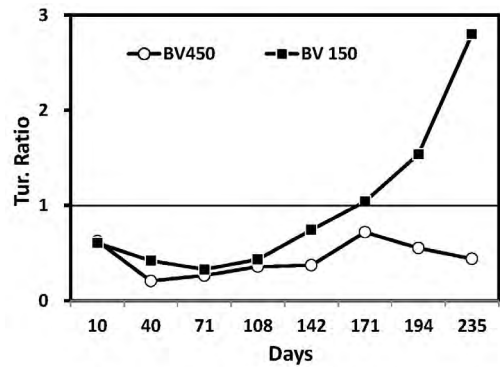


図9-6 濁度比の経日変化

図9-1~6 野外実験池での隔離水界水質の各測定値比の経日変化 (BV150とBV450の比較)

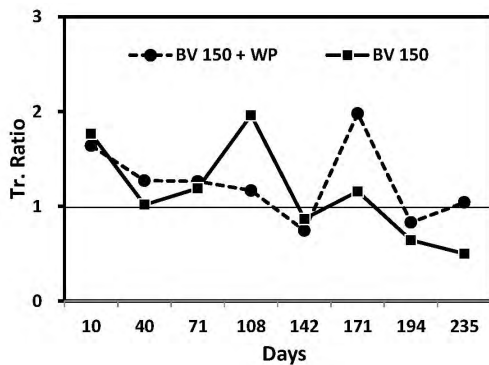


図10-1 透視度比の経日変化

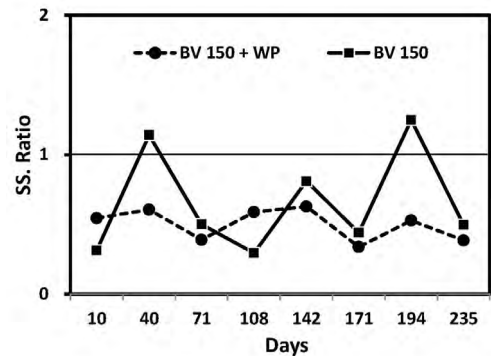


図10-2 浮遊懸濁物質濃度比の経日変化

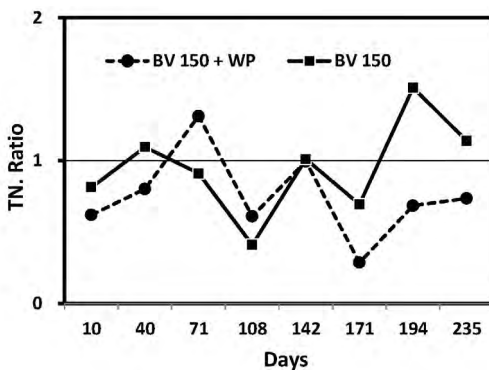


図10-3 全窒素濃度比の経日変化

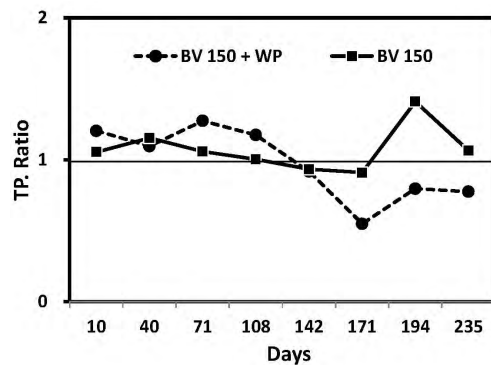


図10-4 全りん濃度比の経日変化

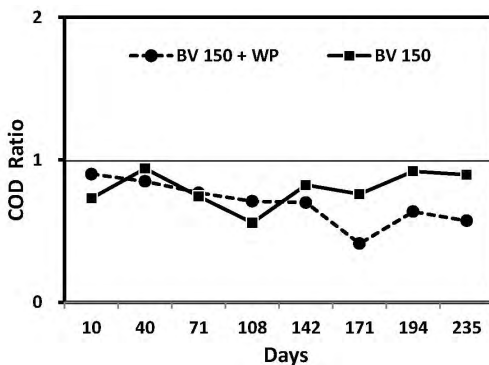


図10-5 COD比の経日変化

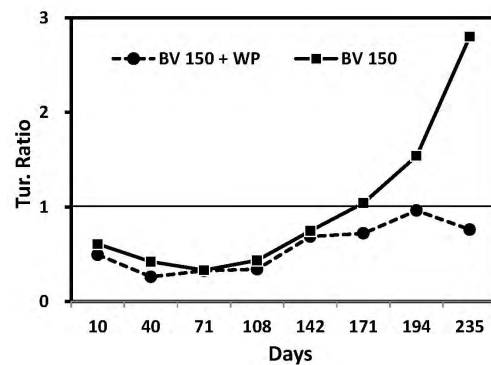


図10-6 濁度比の経日変化

図10-1~6 野外実験池での隔離水界水質の各測定値比の経日変化 (BV150とBV150+WPの比較)

実験期間中は、マグネチックスターラーを用いて実験水を攪拌し、一定時間ごとに実験水を採取し、分光光度計（島津UV2000）により波長750nmでの吸光度を測定することで濁度の変化を観察した。

2-4 実験池における沈水植物の食害防止に関する実験

先行研究において、沈水植物の植栽時に魚類等による捕食圧が高く、池底に安定して活着することが難しいことが明らかとなった²⁾。そのため植栽時に食害を防止する方法を確立することが必要であった。ここでは植栽時

に沈水植物を保護する器具を試作し、その効果を検証することを目的として公園内の池で実験を行った。

食害防止器具はセメント製の基部と、プラスチックネットによるカバー部で構成されている。植栽時は、基部に開けられた穴の部分に、先行研究で用いた「備前ソイル」で底泥を固形化した植栽基物をセットし、池の底に設置した。固形化した植栽基物は水中に2週間程度置かれると崩れやすくなり、活着後は防止器具のみを引き上げるにより植物は池底に残されると考えた。

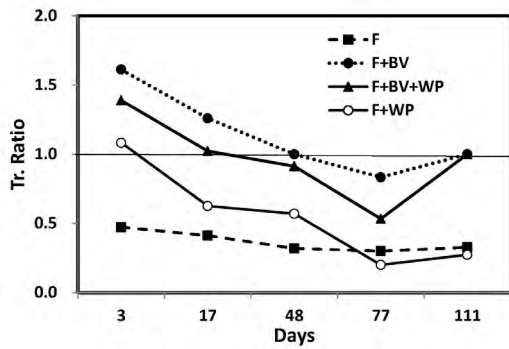


図11-1 透視度測定値比の経日変化

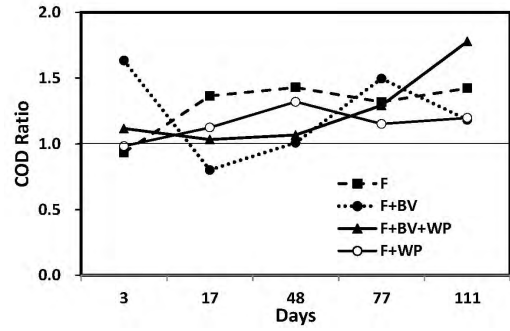


図11-2 COD測定値比の経日変化

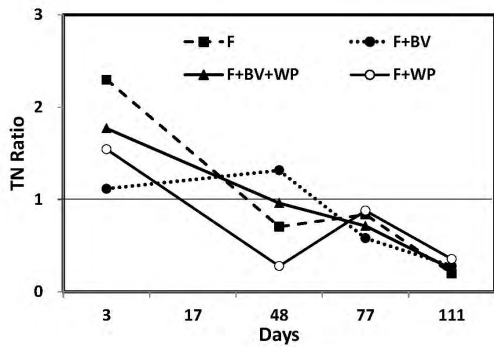


図11-3 全窒素濃度測定値比の経日変化

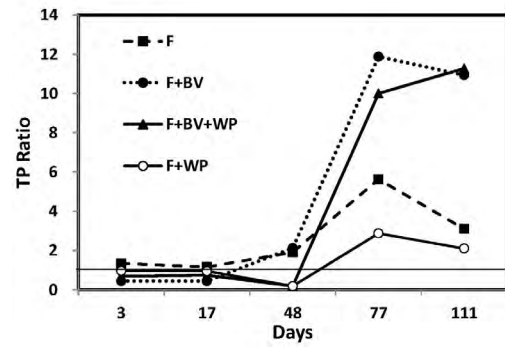


図11-4 全りん濃度測定値比の経日変化

図11-1~4 暗条件下での各水槽の測定値比の経日変化

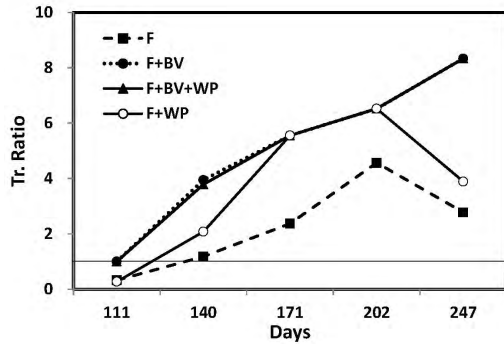


図12-1 透視度測定値比の経日変化

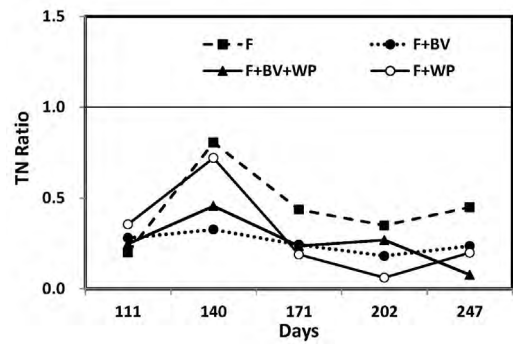


図12-2 全窒素濃度測定値比の経日変化

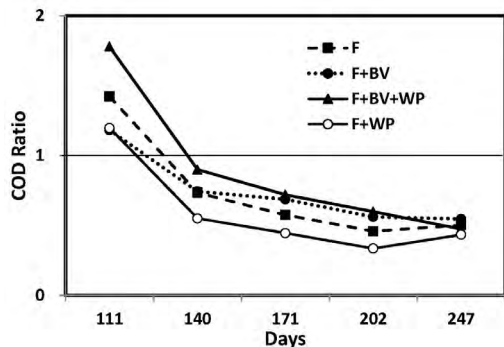


図12-3 COD測定値比の経日変化

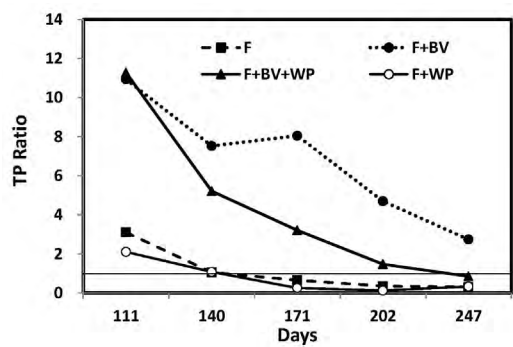


図12-4 全りん測定値比の経日変化

図12-1~4 明条件下での各水槽の測定値比の経日変化

3. 結果

3-1 野外実験池における隔離水界実験

隔離水界を平成25年5月31日に設置し野外実験を開始した。平成26年の2月中旬の大雪により水界の一部が破損したため、その前月の試料採水日である平成26年1月22日までの235日間を実験期間とした。

この期間の二枚貝の生存率を図7に示した。150個体を飼育した2つの水界では172日後に約50%の生存率であったが、それよりも多く設置した水界では40%以下であった。特に300個体を設置した水界の生存率は10%を下回ったが、その原因は不明であった。このため以降の比較解析の対象から300個体の水界は除外することとした。

一方、各水界で生存したタテボシガイの成長状況は図8の湿重量の経時変化図に示したように、水界による差は見られなかった。

水質の経月変化を比較するために、各水界の水質測定値の無処理水界（C水界）の測定値に対する比（以下測定値比と称す）の変化を図9、10に示した。透視度（Tr.）を除き、図中に示した測定値比=1の直線を下回る場合は、水質改善効果が認められたことを表す。まず図9には、水質改善効果に与えるタテボシガイの個体数の影響を比較するためにBV150とBV450の水界の測定値比を示した。Tr, Turb., SS, TN, CODの各項目は実験開始後100日程度までは両水界で改善効果が認められたが、それ以降はBV150水界で測定値比が1を超えるようになり、タテボシガイが多い水界で効果が持続された。この傾向は特にTurb.で顕著であった。その一方でTPのみは期間中で常にBV450水界の測定値比が低く、改善効果が認められた。

次に沈水植物の有無が水質改善効果に与える影響を検証するために、BV150とBV150+WPの各水界の測定値比を図10に示した。各測定項目で開始後140日までは両水界の測定値比に大きな差は見られなかったが、それ以降はBV150水界のCODを除く各測定値比が1を超える傾向があり、水質改善効果が持続しないことが示唆された。この傾向は特にTurb.で顕著に見られた。

3-2 二枚貝及び沈水植物の水質浄化効果の水槽実験

野外実験に加えて、より実験条件をコントロールしやすい室内の水槽を用いて生物による水質浄化効果の検証を行った。実験は平成25年5月14日から平成26年1月16日までの247日間行い、定期的に採水し水質測定を行った。実験開始から111日までは、前述のとおり光量を統一するために20W蛍光管による照射のみで実験を行った。その結果、無処理区であるC水槽においても、光量が不足しているためか、プランクトンの増殖が見られなかったため、以後は水槽の前面の遮光版を外し、室内光

も入射するよう改変した。そのため水質の経月変化については、実験開始後111日の前後で区切って解析を行った。

なお247日後の二枚貝の生存率は、魚と二枚貝のみの水槽（F+BV）で50%、沈水植物を植栽した水槽（F+BV+WP）で70%と植栽水槽で生存率が高かったが、実験個体数が少なかったため、有意差の有無は確認できなかった。

3-2-1 暗条件下（前半期間）での水質の経日変化

図11-1~4には、無処理区であるC水槽の測定値に対する測定値比の前半期間の経日変化を示した。この期間は光量が不足したために、水槽内での植物プランクトンの成長が見られず、無処理区であるC水槽での透視度（Tr）が上昇したため、魚類のみ（F）、魚類と植栽（F+WP）の測定値比は1を下回り、浄化効果が認められなかった（コントロールよりも透視度が低くなった）。これは魚類により底泥が常に攪乱されることに起因しているものと考えられた。一方、二枚貝を設置した水槽（F+BV及びF+BV+WP）では他の2つの水槽に比べ透視度は高いものの、コントロールとの測定値比は48日目以降低下したことから、二枚貝による濁質の除去効果は認められたものの、魚類の影響を相殺するには至らなかったものと考えられた。

栄養塩類の経日変化では、全りん濃度（TP）の測定値比が二枚貝の飼育水槽のみ（F+BV, F+BV+WP）で48日以後急上昇しており、貝の死亡によりりんが供給された可能性があった。その一方で全窒素（TN）の測定値比は全ての水槽で減少していたが、これはTNの上昇によるものではなく、無処理水槽（C）でのTNが上昇したことによるもので、C水槽では添加した餌及び池の水で供給された窒素成分が生物に固定されることがなかったため、溶存成分として残存したことによるものと考えられた。

水槽内の有機物量（COD）も各水槽の測定値比は1を超え、改善効果は見られなかった。これはC水槽では植物による生産活動がなかったため、CODが低かったこ

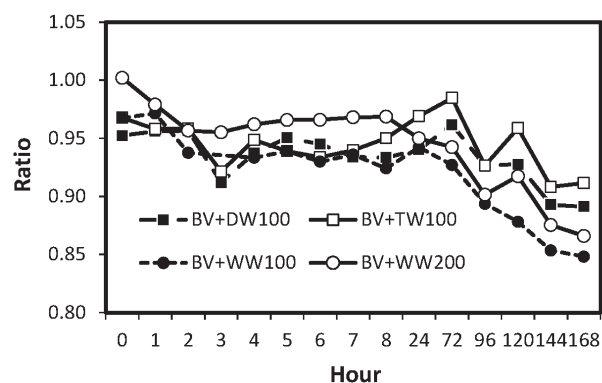


図13 濁度測定値比の経時変化

とによるものであった。

3-2-2 明条件下（後半期間）での水質の経日変化

図12-1~4に、各測定値比の後半期間の経日変化を示した。111日目からは、水槽の遮光カバーを一部はずしたため、C水槽で植物プランクトンの増殖が始まり、透視度が急激に減少した。そのため各水槽の透視度の測定値比は上昇し、その傾向は二枚貝を飼育した2つの水槽では247日まで継続し、二枚貝による透視度の改善効果が確認された。

栄養塩の経時変化ではTPが高かったF+BV及びF+BV+WPの両水槽で濃度が減少したため、測定値比も減少したが、F+BV+WPより急激な減少が認められた。これは光量が増加したことで水槽内壁の付着藻類が発達し、りん成分が固定されたことが一因と考えられたが、F+BV+WPでは沈水植物による取り込みも加わって、濃度の低下が加速したものと考えられた。一方TNについては、暗条件時から継続して測定値比が1を下回っており、改善効果が認められた。

CODについても、植物プランクトンの増殖に伴う生産活動によりC水槽での濃度が上昇したため、他の水槽の測定値比は減少し、明条件では抑制効果があることが認められた。

以上から、二枚貝が存在することによる透視度などの改善効果は認められたが、沈水植物の共存による改善効果への影響は、りん成分の除去速度が速まることが示唆されたに留まった。

3-3 沈水植物が二枚貝の捕食活動に与える影響に関する実験

捕食対象の濁質として用いた池の水には、*Pediastrum* sp., *Scenedesmus* sp. などの緑藻綱のプランクトンが優占していた。

図13に無処理水槽（C）に対する各水槽の濁度測定値比の経時変化を示した。各水槽とも実験開始8時間以降に濁度の低下が見られ始め、二枚貝による捕食時のろ過効果が確認できた。168時間後に最も濁度が低下したのは、沈水植物由来の有機物質が含まれていると考えられる、植栽タンクの水100mLを添加したWP+BVで、次いで同じく200mLを添加した系であった。しかし他の水槽との差はあまり見られず、有意差は確認できなかった。

3-4 実験池における沈水植物の食害防止に関する実験

玉諸公園内の実験池において、コンクリート製の基部のみの系に加えて、自作した4種の植害防止器具を用いて、2個ずつセキショウモの植栽を行った。植栽は平成25年7月19日から平成26年1月22日までの187日間行った。

期間中に水中カメラを用いて活着状況の観察を行った

が、濁度が高く植物を確認することができなかった。期間終了後に器具を引揚げたが、植物を確認することができなかったため、今回の食害防止器具の有用性を実証することはできなかった。

4. 考察

4-1 野外実験池における隔離水界実験

今回の隔離水界を用いた野外実験においても、透視度、濁度の改善方法として二枚貝を飼育することが有効であることが昨年度に引き続き確認された。この水質改善効果は二枚貝の個体数が多い隔離界でより高かったが水界中の個体密度の増加により生存率の低下の可能性が高くなることが明らかとなった。貝の死亡は水界への有機物や栄養塩の回帰の原因となるため、水質改善の効率と生存率のバランスを考えた適正な個体密度の検討が今後必要と考えられた。また本実験では貝をメッシュパネルに10mmの目合いのプラスチックネットで作ったポケットに入れ、垂直に懸架して設置したが、この状態は底生動物である二枚貝の生活様式とはことなるため、水平状態で飼育するなど、より生存率の高い貝の設置方法も検討する必要がある。

沈水植物が共存する水界との比較では、実験開始後142日までは大きな差が認められなかったが、それ以降は差が生じ、植物が共存する系の改善効果が高く、この差は濁度の測定値比で最も顕著に現れた。この作用の機序の解明は今後の課題であるが、沈水植物を共存させることは水質改善に有効な方法である可能性が示唆された。

4-2 二枚貝及び沈水植物の水質浄化効果の水槽実験

野外実験池での隔離水界実験における二枚貝の初期個体密度は3~9個体/100Lであったが、水槽実験では16個体/100Lと高密度に設定でき、生物による水質改善効果を確認しやすい実験系を組むことができた。野外での自然条件に近いと考えられる、光量が多い明条件下での水槽実験からも、二枚貝による水質改善効果を確認するこ



図14 野外実験での懸架式二枚貝設置方法

とができた。ただし水質浄化のために貝を飼育した場合、死亡した貝による有機物等（本実験ではりん成分）の回帰が水質に悪影響を及ぼすことが確認され、貝の生存率を高める飼育方法を開発することが必要と考えられた。

4-3 沈水植物が二枚貝の捕食活動に与える影響に関する実験

今回の実験系では沈水植物から産生されると考えられる有機物質が、二枚貝のろ過活性を高めることを検証することはできなかった。まず一因として、有機物質が充分量添加されなかった可能性が考えられた。これに関しては植物の栽培密度を増やして、産生物質の濃度を高めることと、栽培水を凍結乾燥などで濃縮を行った後に、系に添加する方法が考えられる。

また二枚貝への物質的な作用としては、捕食活動の活性化の他に、消化活動や呼吸活動などの生理活性への影響も考えられるが、これらを定量化する方法に関する知見はほとんど得られていない。さらに化学的な作用だけではなく、沈水植物が共存することにより、水温や水流、光量などの物理的な環境も二枚貝に影響を与えることが考えられるので、今後検討しなければならない課題は多く残された。

4-4 実験池における沈水植物の食害防止に関する実験

本実験で用いた器具では、食害防止効果が確認できなかった。引揚げた一部の器具の中には実験池の優占魚種であるブルーギルが捕獲されており、魚類の侵入を防げなかったと考えられた。周囲のネットの目合いを細かくすることと、上部もネットで覆うことで魚類の侵入を防止することは可能にはなるが、それに伴い植物の成長に十分な光量の確保が難しくなることから、ネットの素材（太さ）も含めて、今後改善しなければならない課題として残された。

5. 結 語

水生生物、特に沈水植物と二枚貝を用いて、湖や池等での主に透明度を目的とした水質浄化方法の確立を試みて、3年間野外及び室内水槽を用いた実験を行ってきた。最終年にあたる2013年度は、沈水植物と二枚貝の併用による浄化効果の再確認を行い、その有用性を確実にするための数種の実験を行った。

実験地を用いた野外の隔離水界実験では、水生植物+二枚貝の実験区で、常に対照区に比べ低い濁度を保つことが再確認され、本手法の実効性を示すことができた。また二枚貝のみよりも沈水植物が存在することにより、濁度の低減効果が維持されることも示唆された。しかし

実験池での二枚貝の生存率は10~60%と幅があり、沈水植物の共存による特別な効果は認められなかった。

一方、室内水槽実験においても、二枚貝により透視度が高くなることが認められたが、沈水植物から産生されると考えられる物質には、二枚貝の捕食活動を活性化する可能性は示唆されなかった。

参考文献

- 1) 吉澤一家, 高橋一孝, 山崎修平, 戸沢一宏, 宮崎淳一, 芹澤如比古: 生物利用型水質浄化システムの構築と応用に関する研究, 山梨県総理研報, 8, 41-56.
- 2) 吉澤一家, 堀内雅人, 佐々木裕也, 高橋一孝, 山崎修平, 戸沢一宏, 宮崎淳一, 芹澤如比古: 生物利用型水質浄化システムの構築と応用に関する研究, 山梨県総理研報, 7, 63-74.

成果発表状況

学会発表

山崎修平, 長坂克彦, 望月久美子, 吉澤一家: 沈水植物セキショウモの大量増殖と緑肥の農業利用, 水草研究会第35回全国集会, 茨城, 2013