

諫早湾干拓調整池水質浄化に向けた先行試験結果

川口 勉、横瀬 健、石崎 修造、山口 仁士

Feasibility Study for Water Purification of Detention Pond Originated from Isahaya Bay Land Reclamation

Tsutomu KAWAGUCHI, Takeshi YOKOSE, Shuzou ISHIZAKI and Hitoshi YAMAGUCHI

Key words: Isahaya bay detention pond, land reclamation, plant cultivation, water purification

キーワード: 諫早湾干拓、調整池、植物栽培、水質浄化

はじめに

本報では、生物手法として植物を利用した水質浄化法、物理手法として凝集剤を利用した水質浄化法に関して、適用可能性を検討するための先行試験(FS研究)を調整池に隣接する遊水池で試みたので、その結果について報告する。

研究内容及び調査方法

1 実験場所の選定

実験場所は、諫早市中央干拓地内にある遊水池(約4.6ha) (図2及び写真1)とした。遊水池は中央干拓地内の水が最終的に集まる場所であり、ここに集められた水が調整池に流れ込むことになる。

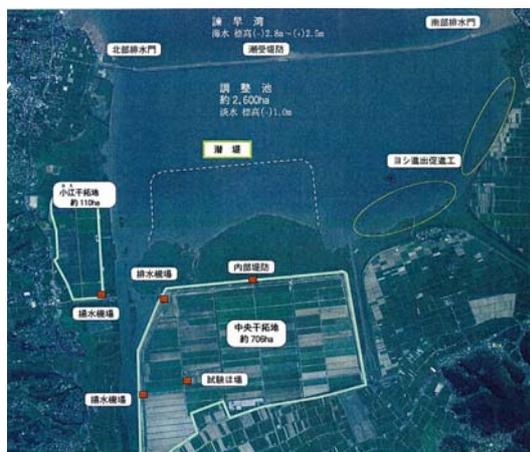


図1 諫早湾干拓調整池及び周辺地域



図2 中央干拓地及び遊水池

中央干拓地内の水の流れとして、干拓地内に設置された揚水機場で水が汲み上げられ、パイプラインで耕作道路沿いにある給水栓まで運ばれ、農地のかん水として使用される。¹⁾

一方、ほ場での降雨は、農地沿いに配置された小排水路を通じて、支線排水路又は幹線排水路を流下し、遊水池に集められている。また、内部堤防で囲まれた中央干拓地からの排水を行うために、遊水池の一面に中央排水機場が設置されている。中央排水機場には、常時排水用ポンプ1台と、洪水排水用ポンプ3台が設置され、遊水池の水は水位が一定以上まで上昇した場合のみ、排水操作により調整池方向に排出される。^{2), 3)}

このため、雨天による増水時には、これに引き続く排水操作のため、遊水池内では2008年度には最大で約1.5mにもおよぶ水位変動が観測されたが、晴天が続く場合には、遊水池から調整池側への排水は行われていない。また、2008年度の遊水池内pHは8

～10、塩化物イオンは平均して 1,300 mg/L であった。



写真 1 遊水池及び排水機場

2 遊水池内実験施設の設置

生物手法としては植物を使用した浄化実験を行うこととしたが、植物の観察及び流出防止を目的として遊水池内に木柵(写真 2)を設置した。木柵は、内寸 165×165 cm の木枠 4 個で構成される。

また、木柵のすぐ奥に、水質浄化効果の定量的把握を目的とした施設としてメソコスム(閉鎖実験系)(写真 2)を設置した。



写真 2 木柵及びメソコスムの設置状況

3 栽培植物の選定

植物の選定にあたっては、「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」(外来生物法)に規定される特定外来生物や未判定外来生物については飼育規制対象となっているため除外した。

一方、外来生物法の飼育規制対象となっていない外来生物のうち、生態系に悪影響を及ぼしうることが指摘され取り扱いに注意を要するものを、環境省が要注意外来生物リストとして作成・公表している。ホテイアオイやクレソン(オランダガラシ)については水質浄化能が高く、当初はこれらの使用も検討していたが、要注意外来生物リストに掲載されていることが分かったため、生物多様性保全面も踏まえて再度検討した結果、当面の栽

培対象からは除外することとした。

以上のことを念頭においたうえで、水中からの栄養塩の吸収が旺盛なもので、かつ、比較的塩分に強いのではと思われるものを中心に選定した(表 1)。

表 1 の栽培植物のうち、ヒシ及びハスは郷土在来種として諫早湾干拓調整池周辺流域における生息が確認されている。⁴⁾

なお、今回の実験において、ヒシについては諫早湾干拓調整池流域の自生種を使用し、これ以外の植物については市販の苗ポットを使用した。

表 1 供試植物

区分	植物名
浮葉植物	ヒシ
	スイレン
	ウォーターポピー
抽水植物	ハス
	ウォーターマッシュルーム
陸上植物	テラスライム

4 凝集剤の選定

物理手法で使用する凝集剤については、本年度は無機凝集剤を中心に選定した(表 2)。

表 2 において、アルミニウム系及び鉄系凝集剤については、水道施設における浄水処理で使用されているもの⁵⁾、カルシウム系凝集剤については廃石膏ボードの再利用製品、マグネシウム系凝集剤については海水から精製した製品(いずれも市販品)を選定した。

表 2 供試凝集剤

区分	種類
アルミニウム系	PAC 溶液
	硫酸バンド溶液
鉄系	塩化第二鉄(III)溶液
カルシウム系	硫酸カルシウム主成分粉末
マグネシウム系	水酸化マグネシウム主成分粉末

5 調査内容

(1) 植物の成育可能性確認試験

遊水池に設置した木柵内で、2008 年 8 月から 2009 年 3 月まで植物栽培を実施し、水位変動が大きく、かつ、塩分濃度が比較的高い環境下でも成育が可能であるかの基礎調査を行った。

水上で植物を栽培するための容器として、市販の買

い物カゴ等に1 Lポリ容器を活用したウキを4箇所ずつ取り付けたものを植物種ごとに製作し、その中に、ウォーターポピー、ハス及びウォーターマッシュルームのポット苗を敷き詰め、これを木柵内に入れた。

テラスライムについては水上で栽培するための容器が販売されていたため、これを利用した。

ヒシについては、諫早湾干拓周辺流域で採取した自生種を木柵内に直接投入することにより観察を行った。また、市販の買い物カゴを活用した栽培容器内での観察もあわせて行った。

(2) 植物による水質浄化能確認試験

遊水池で成育が確認された植物を数種選び、これらの浄化能力を定量的に把握するための設備として、遊水池内でメソコスム(閉鎖実験系)(写真 2)を使用した。これは、直径約 2 m、高さ約 2.5 m のビニール製円筒であり、メソコスムで仕切られた閉鎖実験水域中で植物栽培を行うことによる水質浄化効果を調査した。

調査期間:2008 年 10 月 8~21 日

調査項目:pH、透視度、DO、SS、COD、T-N、T-P

(3) 凝集剤による水質浄化能確認試験

凝集剤による水質浄化能を検討するため、遊水池水を用いて水槽実験を行った。

初めに 500 mL トールビーカーに遊水池水 500 mL を入れ、凝集剤をそれぞれ投入・攪拌し、遊水池水に対する凝集効果を調査した(予備試験 1)。

次に、内径 162 mm、高さ 1 m の円筒状容器(最大容量約 18 L)に遊水池水を入れ、凝集剤をそれぞれ投入・攪拌し、凝集による水質浄化効果を調査した(予備試験 2)。

調査期間:2009 年 3 月 12~14 日

調査項目:pH、濁度、透視度、SS、COD、T-N、T-P

結果と考察

1 植物の成育可能性確認試験

(1) ヒシ(浮葉植物 1 年草、写真 3)

遊水池での栽培を 8 月上旬に開始した。当初は順調に成育していたが、排水操作による水位変動の影響により、明らかにヒシの生残量が減ることがあったため、成長量が把握しづらいという問題が生じた。10 月中旬頃にはヒシの葉はほぼ枯れ落ちてしまったが、最盛期には白い花が咲き、ヒシの実も確認できた。ただ、遊水池内は水位変動が大きいと、池底に落ちたヒシの実から芽が出てきても、ちぎれずに土壤に定着す

るのはかなり困難ではないかと考えられる。

また、ヒシについては枯れ落ちたり、ちぎれたりした葉が下に沈み、池底にたまってしまふという欠点もあるため、回収を想定すると何らかの栽培容器が必要であると考えられる。



写真 3 ヒシの栽培状況

(2) スイレン(浮葉植物多年草、写真 4)

遊水池での栽培は 9 月上旬に開始した。投入後しばらくは部分的に枯れた葉が目立ったが、2~3 週間後には新たな葉が確認されるようになった。カゴ内で密に栽培したものと、吊り下げ式で間隔をあけて栽培したものを比較すると、前者に比べて後者の方が葉の水面への広がりが大きく、最盛期の成育も盛んであった。

なお、10 月中旬までは順調に成育していたが、その後ははだいに勢力が衰え、12 月に入るとほぼ葉が水面下に落ちてしまった。スイレンは多年草であり、春になると地下株から新たな葉が出てくることを期待して、これ以降も遊水池での栽培を継続した。



写真 4 スイレンの栽培状況

(3) ウォーターポピー(浮葉植物多年草、写真 5)

遊水池での栽培は 9 月上旬に開始した。開始 1 日から 1 週間後にかけては、開始前と比較して黄変若しくは茶変した葉が多く見られたが、徐々に成育状態が回復し、3 週間後には元気を取り戻した。その後、10 月中旬過ぎ頃から葉の茶変が徐々に目立ち始め、12 月に入ると水面上にはほぼ枯れた外観を呈した。ウォーターポピーは多年草であるが、本報においては越冬可能かどうか確認できなかった。



写真5 ウォーターポピーの栽培状況

(4) ハス(抽水植物多年草、写真6)

遊水池での栽培は9月上旬に開始した。投入2日後の時点で下方の葉の黄変が見られたが、2週間程度までは上方の葉はさほど問題ないようにも見えた。

しかしながら、9月下旬に入ると全体的に葉が枯れ始め、10月上旬には葉は水面下に落ちてしまった。

このことから、遊水池の高めの塩分濃度がハスの成育に影響を与えた可能性が考えられる。



写真6 ハスの栽培状況

(5) ウォーターマッシュルーム(抽水植物多年草、写真7)

遊水池での栽培は9月上旬に開始した。開始後2週間は順調に生育したが、3週目に入ると病害虫(ヨトウ虫)による葉の食害が確認された。このため、一旦遊水池内から栽培容器ごと取り出し、一昼夜薬液に漬け、病害虫の駆除を確認した後に遊水池に戻したところ、その1週間後までには元気を取り戻し、再び成育を始めた。冬期の成育は夏期と比較するとやや小康状態となったが、3月上旬頃から再び成育を始めた。

このことから、ウォーターマッシュルームについては、病害虫には注意する必要があるが、遊水池で年間を通して栽培可能であることが示唆された。



写真7 ウォーターマッシュルームの栽培状況

(6) テラスライム(陸上植物1年草、写真8)

遊水池での栽培は9月下旬に開始した。栽培開始4週間後までは順調に生育していったが、11月上旬頃から一部の葉に病害虫(ヨトウ虫)が付着しているのが確認され、葉の食害が徐々に進行していき、12月中旬頃には葉はほとんど枯れてしまった。病害虫(ヨトウ虫)による食害を免れた栽培容器に関しては、11月下旬頃までは元気であったが、12月中旬には目にみえて葉の枯れが見え始め、12月下旬にはつる及び葉は完全に枯れた。

しかしながら、テラスライムの担体であるパフカル(人工土壌)の中を確認したところ、食害の有無に関係なく写真のようなイモができており、今後飼料としての活用法が期待される。



写真8 テラスライムの栽培状況

2 植物による水質浄化能確認試験

遊水池で成育が確認されたもののうち、ヒシとテラスライムについて、メソコスム内に投入し、13日間の変化を測定した結果のうち、主要なものを図3に示す。

ただ、13日後はメソコスム内の状況を見ると水界内の水質自体が悪化している可能性があったため、8日後の状況を中心に考察した。

8日後の結果、ヒシとテラスライムを投入したものは透視度、SS及びT-Nの減少がみられ、この手法で水上で植物を栽培することによる水質変動を把握できる可能性が示唆された。

3 凝集剤による水質浄化能確認試験

(1) 予備試験1

PAC、硫酸バンド及び塩化第二鉄(III)については、少ない投入量で凝集し、濁度及び透視度が明らかに改善され、効果が見られた。いずれも少量の投入でpHの低下が見られたが、投入量を増加した場合のpHの変動幅についてはPACが最も小さかった。塩化第二鉄(III)の場合は、添加による着色が見られた。

硫酸カルシウムを主成分とした凝集剤については、攪拌を十分に行った場合については凝集し、濁度と透視

度が明らかに改善された。pHについては、中性凝集剤であることから、ほとんど変化は見られなかった。

水酸化マグネシウムを主成分とした凝集剤については、多量に入れても効果が見られなかった一方で、pHの上昇が見られた。濁度については原水の場合とほとんど違いが見られず、投入量が増加するに従って濁度が上昇した。

(2) 予備試験 2

主要な結果を図4及び写真9に示す。図4において、凝集剤を添加していないもの(写真9.a)を対照とした。

水酸化マグネシウムを主成分とした凝集剤(写真9.b)の場合、今回の投入量(当初 2g、追加量 8g)では透視度、濁度、COD及びT-Nについては凝集剤無添加のものとの大きな違いは見られなかったが、T-Pについては改善傾向が見られた。

硫酸カルシウムを主成分とした凝集剤(写真9.c)の場合、透視度については凝集剤無添加のものと比較して明らかに改善され、T-Pもやや改善が見られたが、CODとT-Nについては今回の投入量(当初 2g、追加量 13g)では大きな違いは見られなかった。

一方、PAC(写真9.d)を投入した場合、濁度、透視度及びT-Pについては、凝集剤無添加のものと比較して明らかに改善され、CODについてもやや改善が見られたが、T-Nについては今回の投入量(当初 2mL、追加量 4mL)では大きな違いはみられなかった。

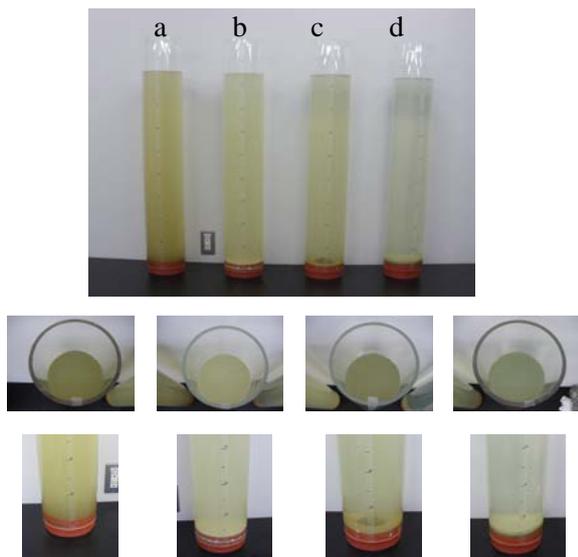


写真9 凝集剤を使用した予備試験2の様子

遊水池水に凝集剤を投入した場合、写真9でも分かるように多量の沈殿物が生じ、凝集剤添加量が増えるほど沈殿物も多く発生し、その回収と処理をどのように行うのが問題となる。今回は水槽を用いて実験を行ったが、凝集剤を自然環境中に適用しようとする場合、より少ない量、より少ない攪拌で凝集可能となるものを選択する必要があり、凝集沈殿物量、pH及び生態系への影響なども考慮に入れる必要があると考えられる。

まとめ

今回のFS結果から、次のようなことが示唆された。

- 1 遊水池で成育する可能性がある植物について数種類確認された。今後、栽培後の回収・利活用方法の模索も含め、水質浄化能を有した有用植物の選定が検討課題として考えられる。
- 2 メソコスム(閉鎖実験系)を使用することにより植物の浄化能を確認できることが示唆された。今後、実験場所である遊水池の水位変動も考慮に入れたうえで、水生植物の生育速度が大きい時期に試験を実施することにより、植物の水質浄化能の定量化を進めることが検討課題として考えられる。
- 3 ある種の凝集剤を使用すれば、遊水池の水質改善に一定の効果があることが示唆されたが、一方で、生態系への影響や生じた沈殿物をどう処理するかなど課題が多く残されている。今後、凝集沈殿物を浮上させて回収する方法、回収後の凝集沈殿物の処理・利活用方法などが検討課題として考えられる。

以上のFS結果を踏まえ、諫早湾干拓調整池の水質浄化に向けた本格的研究を開始することとしている。

参考文献

- 1) 長崎県農林部諫早湾干拓室:諫干だより、24(2007)
- 2) 長崎県農林部諫早湾干拓室:諫干だより、22(2007)
- 3) 長崎県農林部諫早湾干拓室:諫干だより、25(2007)
- 4) 諫早湾地域資源等利活用検討協議会:諫早湾干拓地域資源等利活用構想、参考資料 2-1(2005年3月)
- 5) 藤田賢二:水処理薬品ハンドブック(2003)

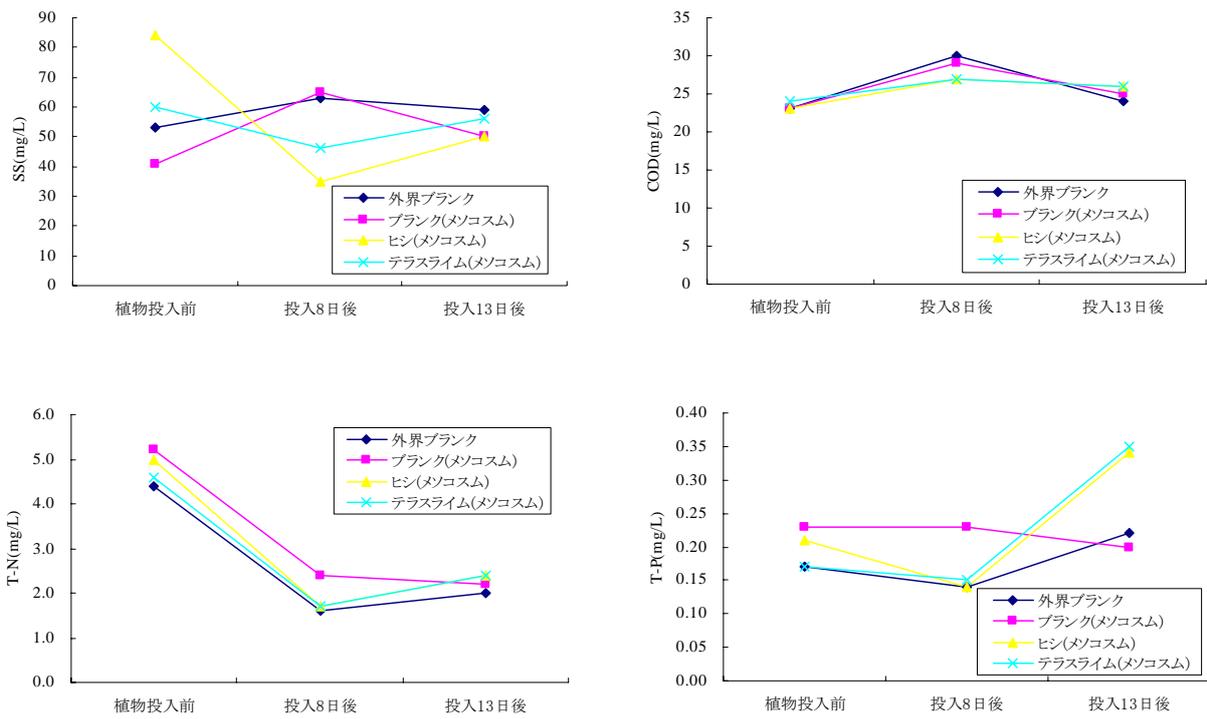


図3 植物栽培に伴う水質の変化

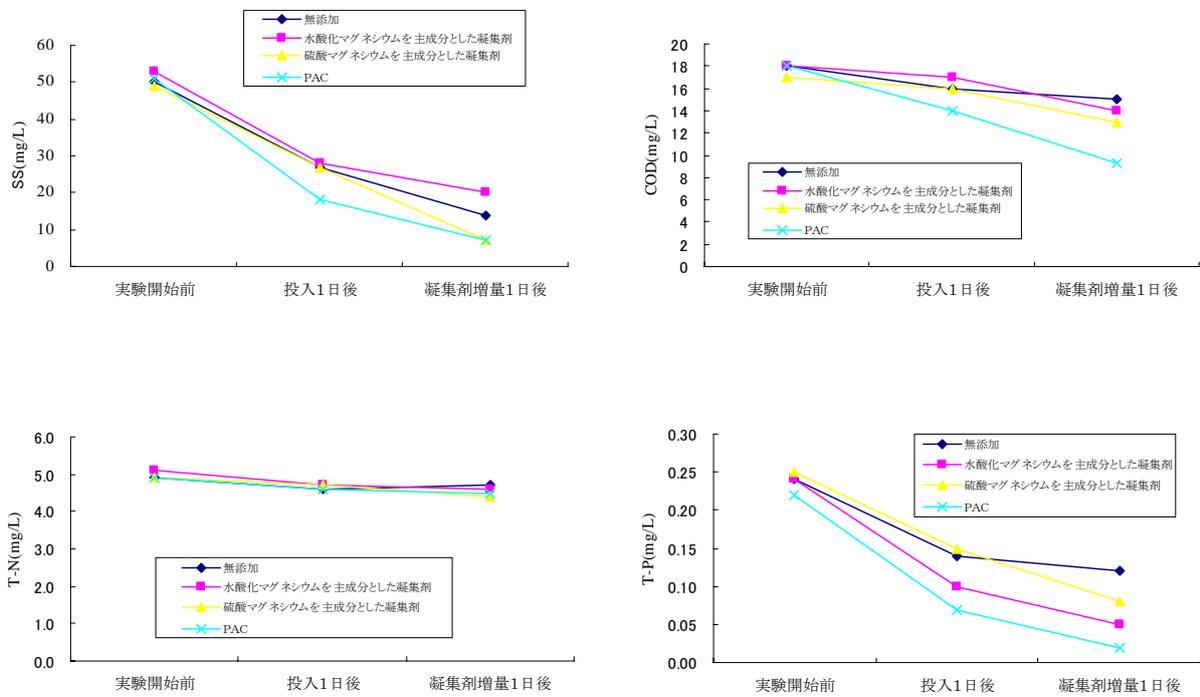


図4 凝集剤添加に伴う水質の変化