琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター

年報第１３号

目　　次

【論文要旨】・・（1）～（3）

【論文】

１．浚渫土のヨシ生育実験 ・・　１

２．ロゼッタ型沈水植物２種の生育実験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１８

３．バイオフィルムによる周囲の水からの栄養塩除去実験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０

４．土壌浄化実験　（その11）・・・５２

５．タナゴ類の増殖実験　（４）・・・６１

６．富栄養化防止のための新規アルミニウム系化合物による

リン酸イオンの回収実験　（３）・・・・・・・・・・・７１

【啓発活動】

・平成２２年度実験センター見学者実績 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・８２

・平成２２年度自然観察会 ・・・８６

【データ】

・葉山川の水質・底質のデータ ・・９３

【参考】

・実験センター等で行った実験一覧および年報掲載一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９５

論 文 要 旨

１．浚渫土のヨシ生育実験

実施機関：独立行政法人　水資源機構　琵琶湖開発総合管理所

掲載ページ：P.1 ～ P.17

（目的）

粒径の異なる浚渫土砂を用いてヨシ生育試験を行うことにより、ヨシ群落造成基盤としての適応性の把握を行い、航路浚渫土の有効利用の基礎資料を得ることを目的とする。

（実験内容）

深池型浄化実験施設を４区画に分割し、植生基盤をA-1槽(シルト質浚渫土)、A-3槽(砂質浚渫土)、A-4槽(上層：砂質浚渫土、下層：シルト質浚渫土)、A-6槽（川砂）とし、茎個体数密度等ヨシの生育調査と底質モニタリング調査を行った。

（結果）

① 最も良好なヨシ帯が形成されているのは、A-3槽（砂質）である。

② A-4槽（砂質+シルト質）は、３年目までは比較的良好な状況であったが、４年目に外来種が侵入したため、明確な傾向を見ることができなかった。

③ A-1槽（シルト質）は、生育の非常に良いコドラートと、一部ヨシ茎が存在しないコドラートがあり、ばらつきが大きくなっている。

２．ロゼッタ型沈水植物２種の生育実験

実施機関：財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構、滋賀県立大学環境科学部

掲載ページ：P.18 ～ P.29

（目的）

1950年代に琵琶湖の優占種でありながら、現在、個体数を大きく減じたネジレモとコウガイモを対象種とし、光条件と底質条件を変えた栽培実験を行うことによって両種の生活史全体に与える両要因の影響を明らかにすることを目的とする。

（実験内容）

実験センター水路で、ネジレモ、コウガイモを使用し、照度条件を1～72%の5段階、底質条件を泥と砂に区分して植え付け、栽培より40～167日の5回各照度条件区の各基質から刈り取り、株数、葉数、平均葉長、雄花および雌花数、殖芽の乾重を測定した。

（結果）

・ネジレモ、コウガイモの繁殖限界である照度条件は、1%以上4%未満であった。また、ネジレモは、照度が高くなるほど、株数は増えて、葉の乾重も重くなる。

・コウガイモは、照度が高くなっても株数や葉乾重の値が大きくならず、ある程度の照度を境に、値が小さくなる傾向を示した。

・ネジレモの先端株は、照度が高くなると、より多く形成する。また、越冬する直前まで株を増やしている。なお、照度が低いところは、水深が深いので、春先、光を求めて葉を伸長させなければならないので、大きい殖芽を形成させている。

３．バイオフィルムによる周囲の水からの栄養塩除去

実施機関：財団法人琵琶湖･淀川水質保全機構､立命館大学生命科学部界面微生物学研究室

掲載ページ：P.30 ～ P.51

（目的）

2009 年の研究により、ヨシ表面バイオフィルム(BF)およびヨシ群落が栄養塩を除去する能力を持つことが分かった。しかし、ヨシバイオフィルムとヨシ群落の栄養塩除去能を別々に評価することは難しい。

（実験内容）

実験１：ヨシ BF と不織布 BF の栄養塩の栄養塩除去能の比較

同一の水路を上流部分（形成 BF 区画）と下流部分（成熟 BF 区間）に分け、ヨシの栄養塩除去能を調査した。また、同様の実験を不織布（無生物）に形成にさせた BF でも行い、ヨシ BF の栄養塩除去能と比較した。

実験２：ヨシ BF による栄養塩除去能の昼夜間の比較

ヨシ BF と不織布 BF の栄養塩除去能の比較実験の結果、BF の栄養塩除去能には、周辺の環境因子（水温、光量等）が影響していることが示唆された。これらの因子が一日の間に変化する昼と夜に着目し、ヨシ BF の栄養塩除去能を調べた。

（結果）

① 実験１では、形成 BF に比べ、成熟 BF の栄養塩除去能が高かった。また、水温、光量が多いと、BF 中の細菌や藻類が活性化し、栄養塩除去が促進される。ヨシ BF は不織布 BF に比べ、高い栄養塩除去能を持っている。

② 実験２では、BF 中の栄養塩濃度は昼夜を通してほぼ一定であり、BF 中の栄養塩濃度と BF による栄養塩の取り込みの関係はよく分からなかった。但し、時間帯による光量、水温の変化が BF 中の微生物の代謝活性に影響し、BF による栄養塩の取り込みを変化させている可能性が考えられた。

４．土壌浄化実験（その 11）

実施機関：財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構

掲載ページ：P.52 ～ P.60

（目的）

水質浄化法の１つである土壌浸透浄化手法について、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センターの土壌浄化実験施設等を用いて、富栄養化の原因であるリンの削減効果を把握することを目的とする。なお、今年度は、長期連続通水と高速通水試験、リンの吸着寿命を把握するためのカラム実験を行った。

（実験内容）

土壌浄化施設Ｂ槽（前処理施設）およびＣ槽（通水速度 1.5m/日、上向流方式）について引き続き連続通水を実施し、土壌浄化施設の浄化性能および維持管理についての調査・試験を行った。

実験１：リン除去性能及びリン吸着寿命を把握するため、赤玉土を用いたカラム連続通水試験を行った。

実験２：浸透ろ過実験装置を用いて、通水速度 10m/日の高速負荷で通水した場合の赤玉土の水質浄化性能を検討した。原水の SS 分の除去は透水性コンクリート中を上向流方式にて透過し、前処理水とした。

（結果）

① 土壌浄化施設Ｃ槽は、延べ通水期間が約 9.7 年であるが、浄化性能は良好な状態にあり、リンの浄化持続性は 40.9％と推察される。

② 浸透ろ過実験は、通水速度 10m／日の高速通水を行い約 4.8 年経過するが、窒素を除き、良好な浄化性能を保っている。

５．タナゴ類の増殖実験（４）

実施機関：財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構、ぼてじゃこトラスト

掲載ページ：P.61 ～ P.70

（目的）

2007 年度から、イチモンジタナゴの増殖・再放流を目標とした増殖実験を開始した。その結果、ヌマガイを産卵母貝として繁殖することが確認されたため、2009 年度から琵琶湖池で琵琶湖への再放流に向けて実験を継続してきた。

（実験内容）

春、夏および秋に、魚類と貝類の調査を行った。なお、特に、秋調査は池干しを実施した。

（結果）

イチモンジタナゴは、2009 年度に 1,000 個体放流したが、池干しを行った秋調査で５個体が確認されただけであった。また、同じくヌマガイ等は 120 匹放流したが、77 匹回収のうち、40 個体（51％）が死亡していた。理由として、二枚貝類の繁殖に適さない環境（底質やザリガニ等）やサギ類、カワウ等の来襲等が推測されるが、継続的なモニタリング調査を行いながら、粘り強く行っていく必要がある。

６．富栄養化防止のための新規アルミニウム系化合物によるリン酸イオンの回収実験（３）

実施機関：財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構、近畿大学薬学部医療薬学科

掲載ページ：P.71 ～ P.81

（目的）

リンは枯渇かつ有限資源として注目されており、その回収、再資源化技術の開発について検討するものである。今年度の実証実験は、Biyo センター内水路から原水を採取し、研究室内で実施した。また、原水はリン酸濃度が低いために飽和に達しないので、リンの添加実験およびアルカリ性水溶液による脱着実験を行った。

（実験内容）

実験には、アクリル製内径 0.1m×高さ 1mのカラムを使用した。カラムに通水する試験溶液は、Biyo センター内水路から原水を採取し、リンの添加実験時には、リンを添加したものをカラムに通水した。なお、浮遊物質（SS）の除去は、自然沈殿により除去した。

（結果）

平成 22 年度の実証実験で、リン酸吸着が可能であった G-GB を用いた。リン酸添加の実験ではリン酸を吸着できることが明らかになり、水酸化ナトリウムを用い吸着したリン酸の回収を行った。なお、脱着率は７％となった。

論　文

１．浚渫土のヨシ生育実験

１．目的

浚渫により揚陸された土砂は、処分費や域内処理という観点を考慮すれば、琵琶湖内で再利用することが望ましい。具体的には、ヨシ群落造成時の建設用資材としての利用が考えられる。ヨシ群落の造成基盤として利用する場合、一般に粒径の細かいシルト質土より、粒径が粗い砂質土が好まれる傾向にある。また、整地材料として使用する場合には、栄養塩・有害物質の湖水への溶出の知見が不足している状況にある。

上記の状況に鑑み、本実験では、粒径の異なる浚渫土砂を用いてヨシ生育試験を行うことにより、ヨシ群落造成基盤としての適応性の把握を行い、航路浚渫土の有効利用の基礎資料を得ることを目的とする。

２．実験概要及び方法

2.1　実験概要

琵琶湖で浚渫される土砂は、粒径の粗い砂質土砂から粒径の細かいシルト質土砂まで様々である。一般にヨシ群落の造成材料として好まれるのは粒径の粗い砂質土砂であり、シルト質の土砂は敬遠されがちである。しかしながら、琵琶湖において、どの程度の粒径の土砂がヨシ群落の造成材料として使用できるのかについては、知見がほとんどない。

本報告では、シルト質及び砂質の北湖浚渫土を用いて、ヨシ群落造成材料としての適用性を、平成 18 年～22 年の 4 年間に渡り行った実験結果を報告する。

2.2　実験条件

粒径の異なる浚渫土（シルト質及び砂質）を植栽基盤とし、複数の基盤条件を比較対象として閉鎖型の実験系におけるヨシの生長調査を行った。

実験フィールドは深池型浄化施設 A 槽を改造・整備して、生育試験のための実験区画を設け、植生基盤である浚渫土砂を搬入、植栽、モニタリングを実施した。

表-1　ヨシ生育試験：造成条件

	浚渫土名	層厚	発生場所
A-1槽	シルト質浚渫土	1.0m	H18尾上漁港航路浚渫土
A-3槽	砂質浚渫土	1.0m	H17柳川漁港航路浚渫土
A-4槽	上層：砂質浚渫土 下層：シルト質浚渫土	0.5m 0.5m	H17柳川漁港航路浚渫土 H18尾上漁港航路浚渫土
A-6槽	川砂	1.0m	野洲川産（購入土）

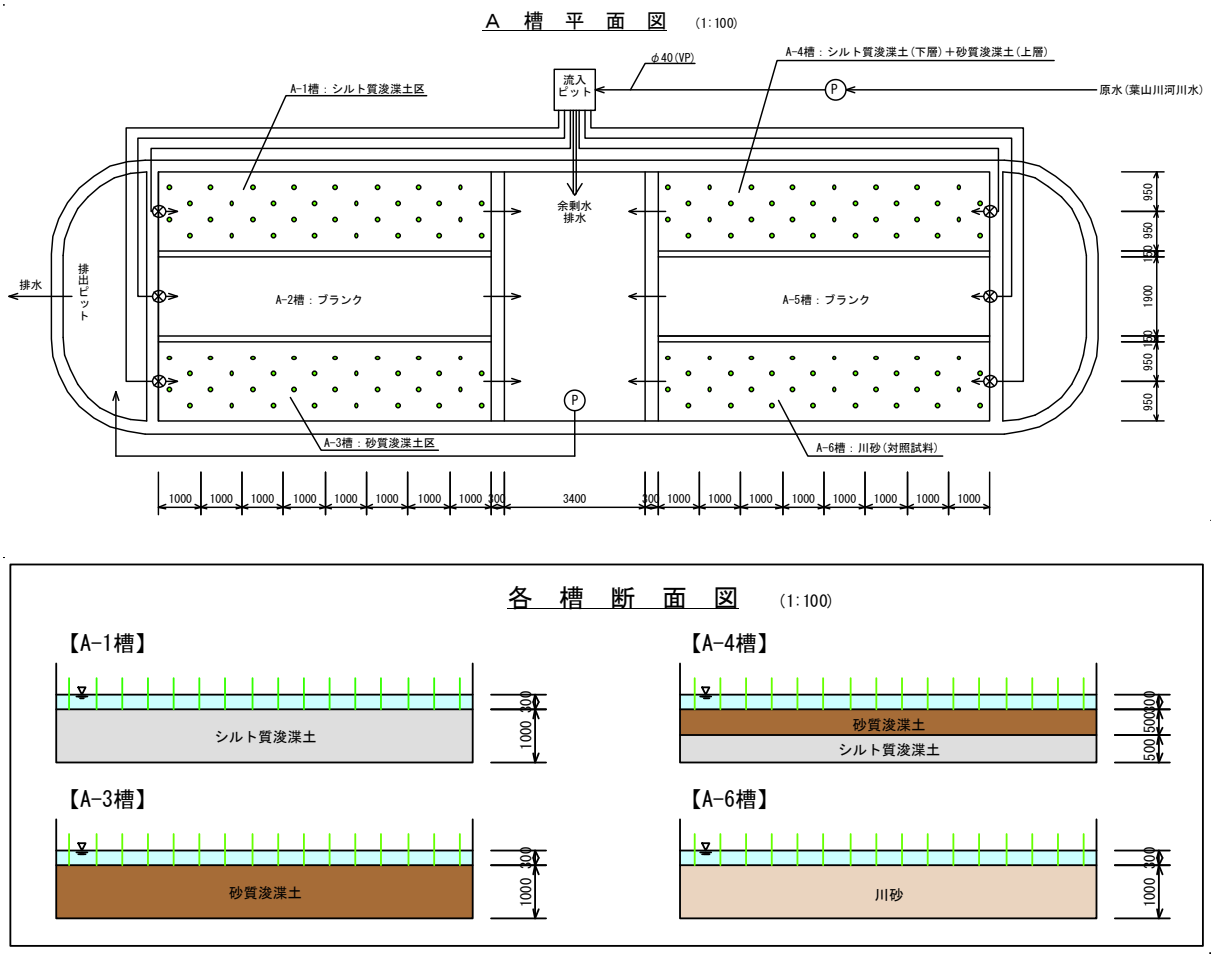


図-1　実験施設概要図

表-2　ヨシ生育試験：環境条件

実験場所		Biyoセンター深池型実験施設A槽
実験槽の大きさ		横1.9m×長さ8.0m×深さ1.5m
植栽方法		購入したポット苗の移植による 各槽2株/m^2×2系列×8m^2=32株 （平成19年2月26日植栽）
通水条件	実験原水	葉山川河川水
	水深	30cm(勾配なし)
	滞留時間注	3時間(但し、平成19年8月17日までは6時間)

（注）なお、通水条件である滞留時間については、実験開始時に設定した流速では、糸状藻類の繁茂が激しく、ヨシの成長を阻害する恐れがあると思われたため、排出するため流速を２倍に変更した。

2.3 観測項目

1) 定期調査

ヨシは春先の 3 月頃に芽吹き始め、気温が上昇する 4 月以降に急激に成長し、気温が低下する 10 月頃に成長を停止し、次年度以降の成長に備え、栄養分を根茎に移行させるサイクルとなっている。

よって、ヨシの成長期間にかけて、4 区画 2 系列の試験区において、1 区画あたり約 1.0m×1.0m のコドラートを設置し、茎個体数密度(本/m²)、最長草高(cm)、平均茎径(mm)について調査を行った。また、調査実施時には、定点撮影を行い、ヨシの成長状況を記録することとした。

表-3 に定期調査の調査内容、図-2 に調査範囲を示す。

表-3　調査内容

調査項目	茎個体数密度、最長草高、平均茎径
調査頻度	6～11月の原則月1回の計6回
調査範囲	全コドラート(約1.0 m×1.0 m) 4条件×2系列×8区画：64コドラート

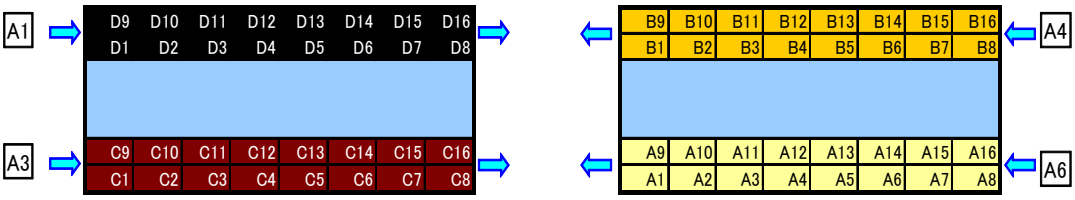


図-2　調査範囲図

2) 底質モニタリング調査

植栽基盤の物理的及び化学的特性の変化がヨシの成長に与える影響について検討を行うため、各試験区において土壌試料を層状に採取し、栄養塩類等の分析を行う。また H22 年度は参考として、各槽において試験期間中に河川水など外部から運ばれて堆積したと思われる浮泥を採取し、同様の試験を実施することとした。

底質モニタリング調査の内容を表-4 に示す。

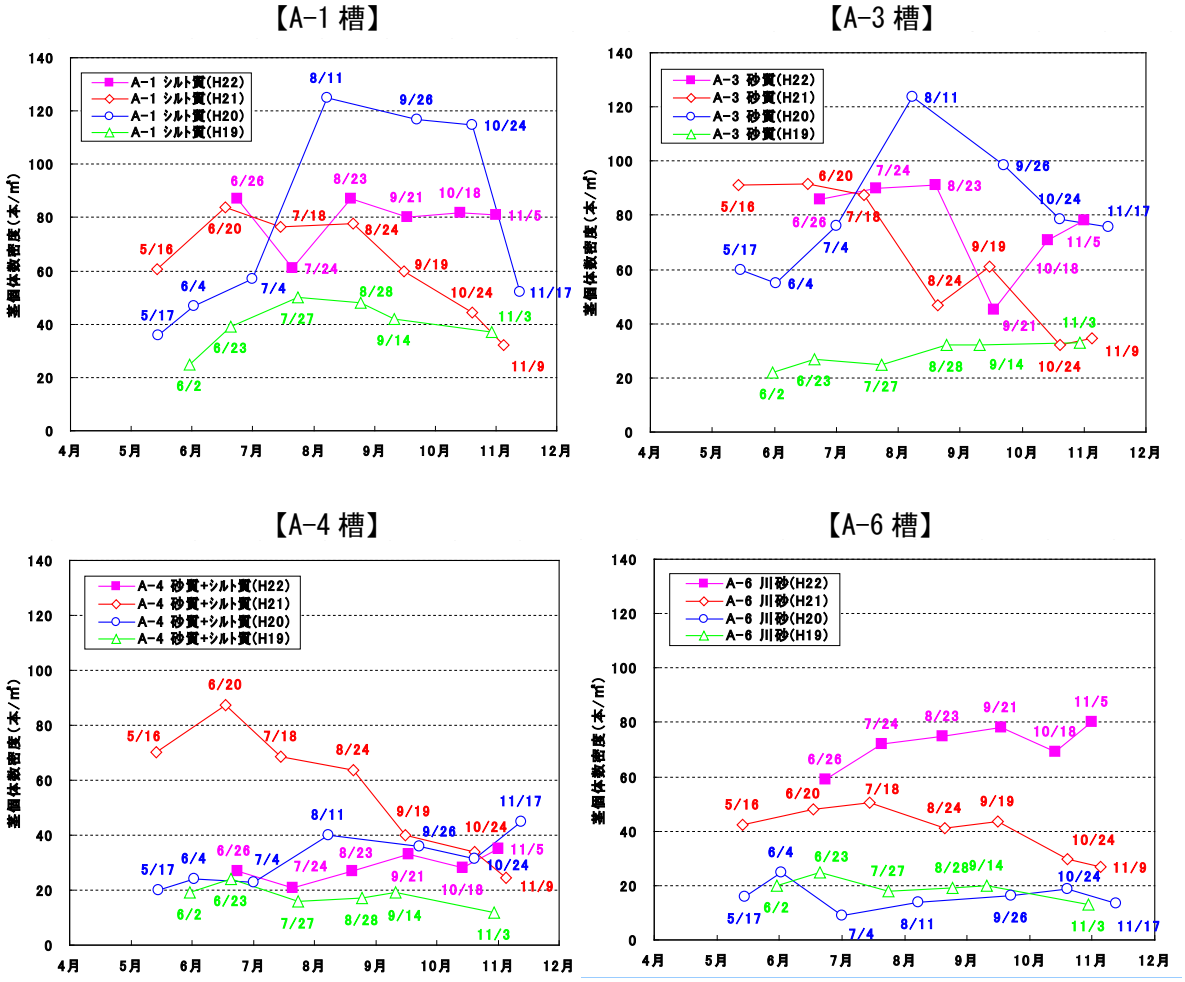
表－4　底質モニタリング調査内容

調査項目	物理的性状試験　強熱減量、含水率、粒度分布、湿潤密度 化学的性状試験　含有量試験：COD, T-P, T-N 溶出量試験：COD, T-P, T-N, TOC
調査頻度	1回(1月)
調査範囲	A-1槽：シルト質浚渫土、A-3槽：砂質浚渫土 A-4槽：上層(砂質)、下層(シルト質) A-6槽：川砂　各槽1点
検体数	4槽×5層(表層+25cm毎)

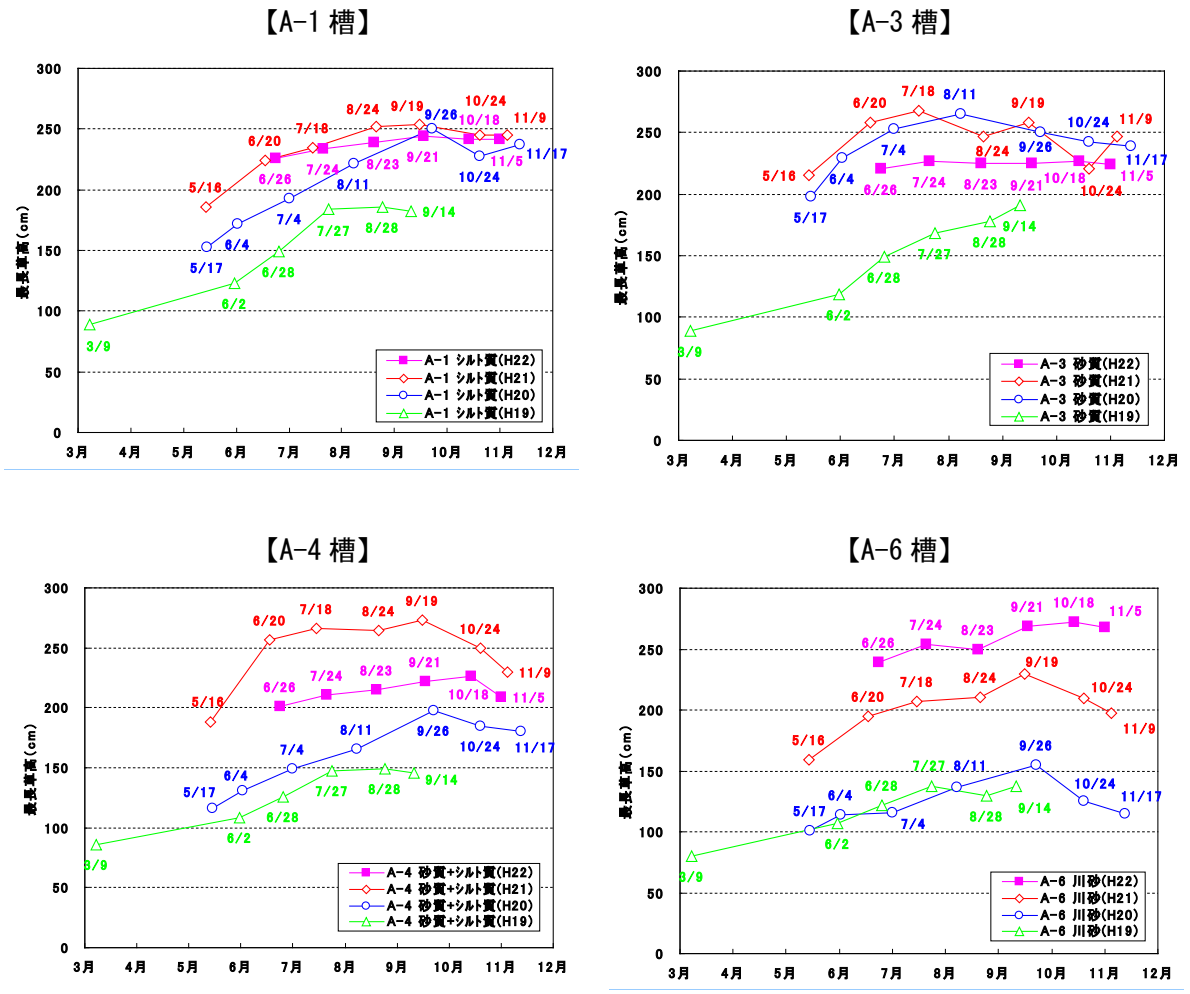
3．実験結果

3.1　定期調査結果

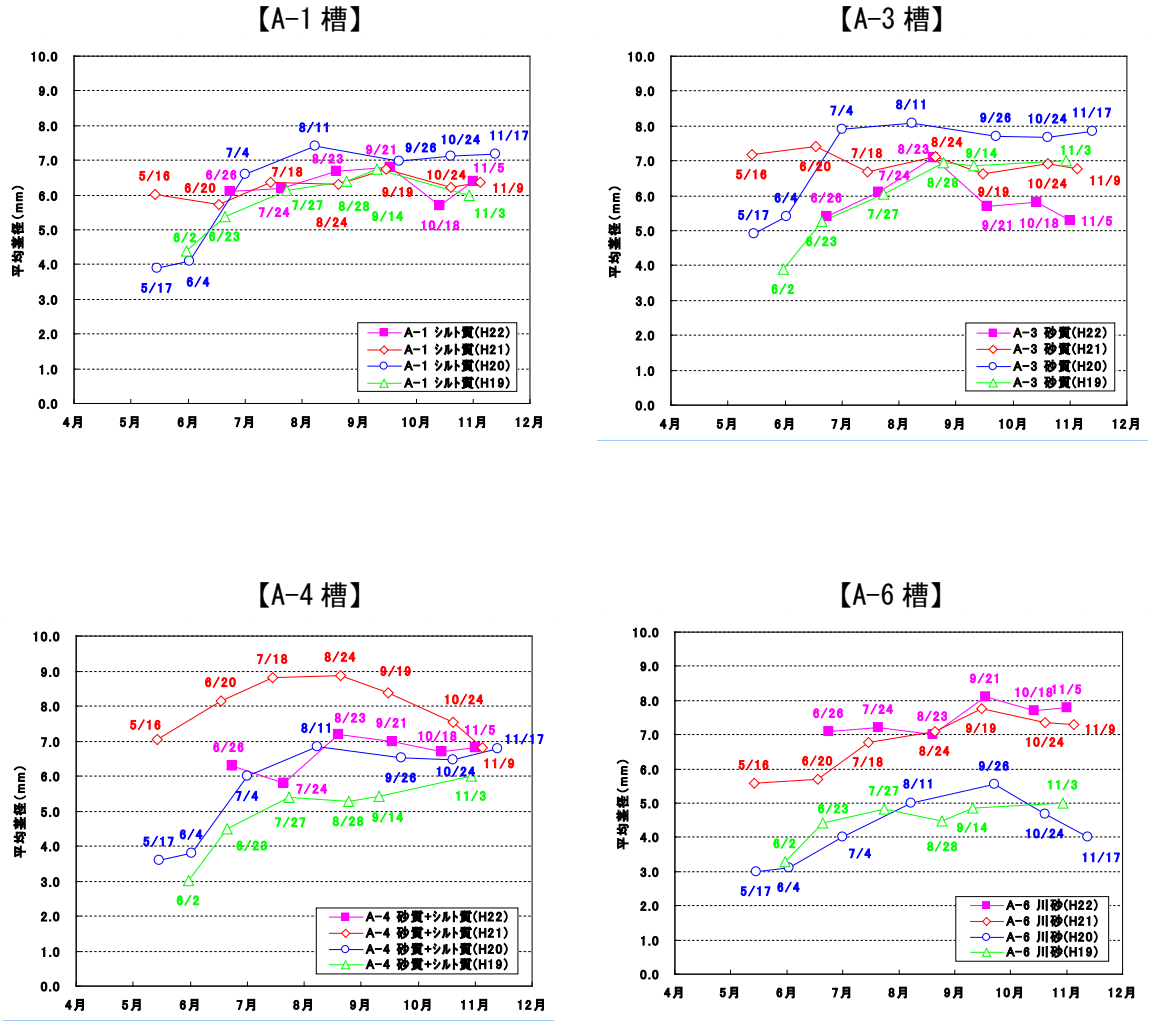
過去4年間の定期調査結果（茎個体数密度(本/m²)、最長草高(cm)、平均茎径(mm)）を図－3～5に示す。



図－3　植栽後4年間における茎個体数密度の推移(A-1～A-6槽)



図－4　植栽後 4 年間における最長草高の推移(A-1～A-6 槽)



図－5　植栽後 4 年間における平均茎径の推移(A-1～A-6 槽)

1) 茎個体数密度について

植栽後 2 年目にあたる H20 年度では、A-1 槽(シルト質)及び A-3 槽(砂質)の茎個体数密度は、夏季に急速に増加する傾向が確認された。しかし、植栽後 3 年目の H21 年度及び 4 年目の H22 年度の調査では、2 年目ほどの成長は確認できなかった。

一方、植栽後 2 年目まで成長の悪かった A-4 槽(シルト質＋砂質)及び A-6 槽(川砂)は、植栽後 3 年目の H21 年度では、茎個体数密度を大きく伸ばしており、特に、A-4 槽(シルト質＋砂質)の個体数の増加が顕著であった。植栽後 4 年目には、A-6 槽（川砂）は順調な成長をみせたが、A-4 槽(シルト質＋砂質)の茎個体数密度は低かった。

2) 最長草高について

A-1 槽(シルト質)では、概ね昨年度(植栽後 3 年目)と変わらない結果となり、最長草高は 250cm に迫る成長を示していた。A-3 槽(砂質)では、H21 年度ほど成長していなかったが、最長草高は 221～227cm の間で推移していた。

H21 年度に著しく成長の良かった A-4 槽(砂質＋シルト質)では、H21 年度ほど成長せず、4 槽の中で最低の高さとなった。一方、これまで 4 槽の中で最低の高さを示していた A-6 槽(川砂)は、3 年目、4 年目と最長草高が増加し、H22 年度は 272cm まで成長し、4 槽の中で最高の高さとなった。

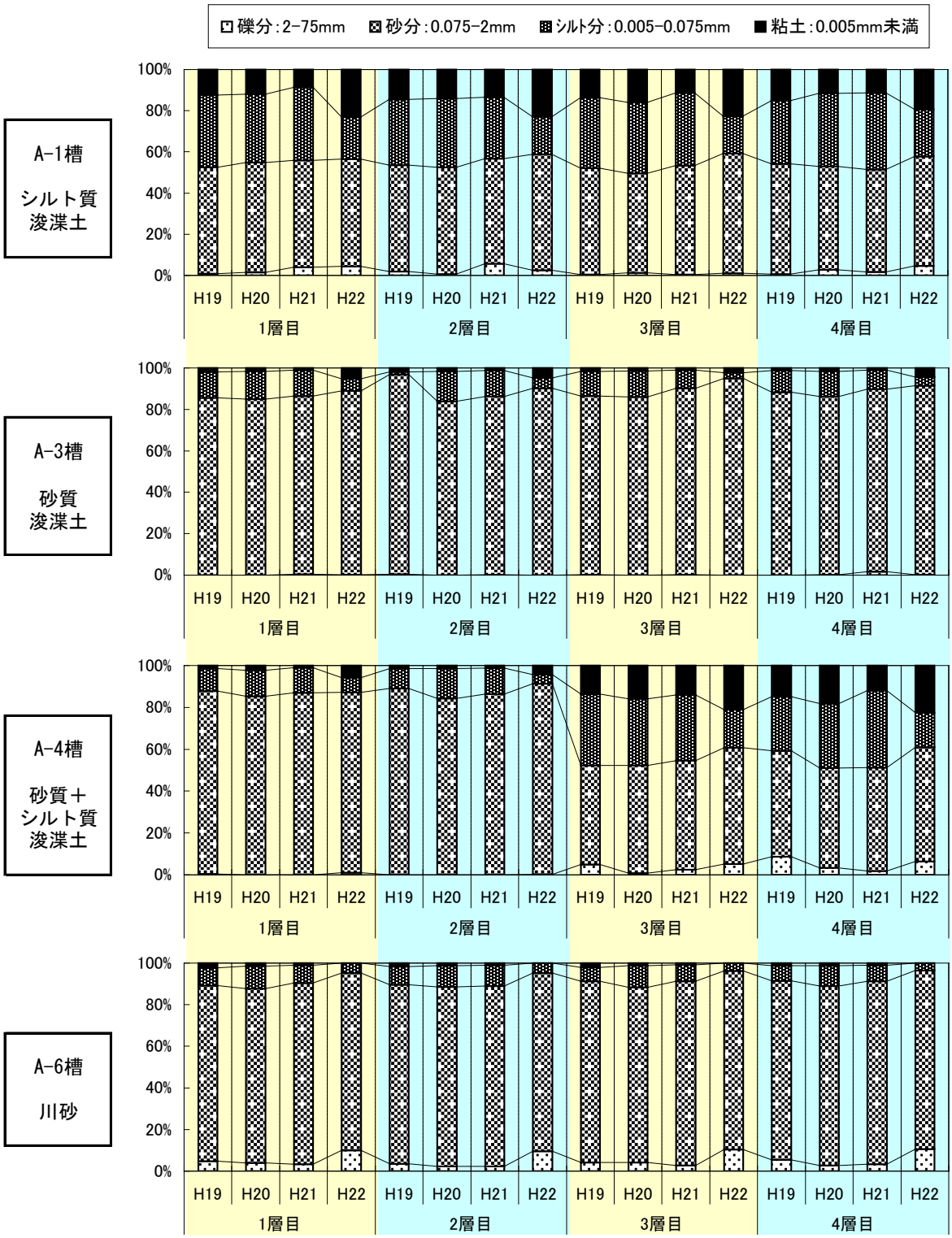
3) 平均茎径について

A-1 槽(シルト質)及び A-3 槽(砂質)では、H20 年度(植栽後 2 年目)を下回る結果となっていた。本年度の 1 回目～6 回目平均値をみると、A-3 槽（砂質）が最も細く、次いで A-1 槽（シルト質）が細かった。

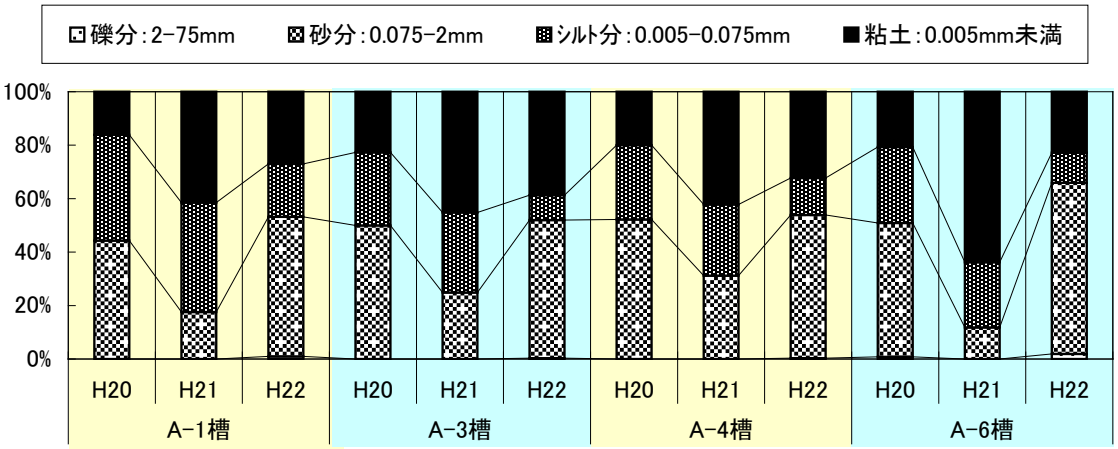
最高草高と同様に著しく成長の良かった A-4 槽(砂質＋シルト質)では、H21 年度ほど成長せず H20 年度と変わらない結果となっていた。A-6 槽(川砂)は、植栽後 2 年目までは最も細かったが、3 年目、4 年目と成長し、槽別に比較すると最も太くなっていた。

3.2 底生モニタリング調査結果

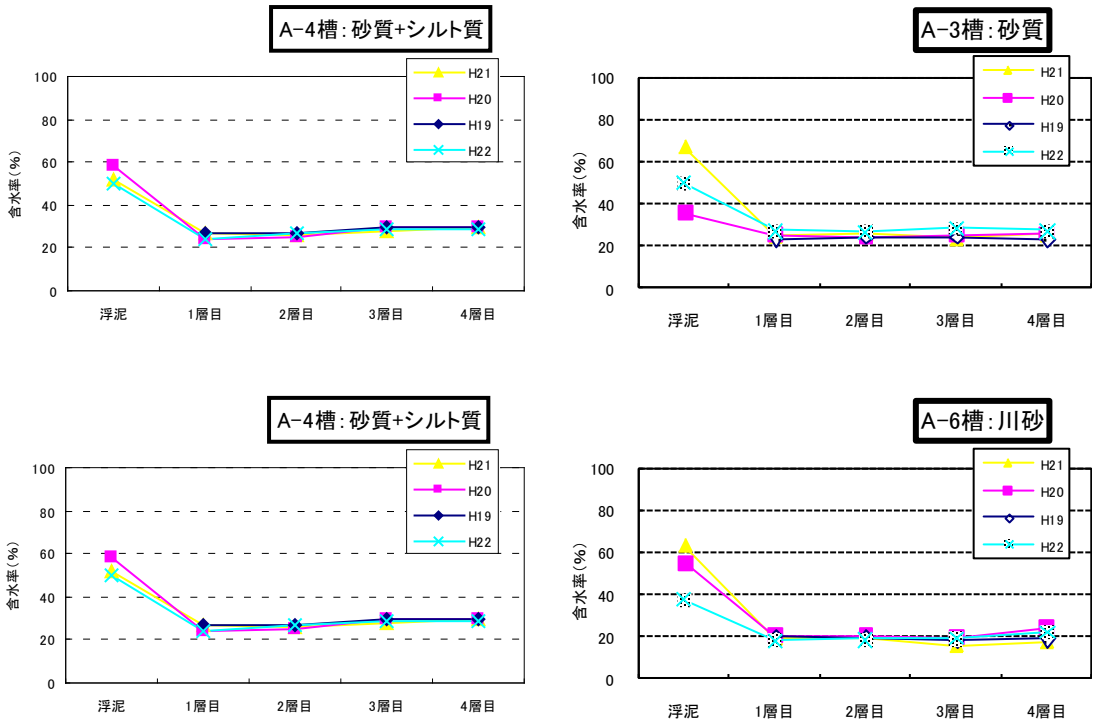
過去４年間の底質モニタリング調査結果（粒度分布、COD、TOC、T-N、T-P）を図－6～17 に示す。



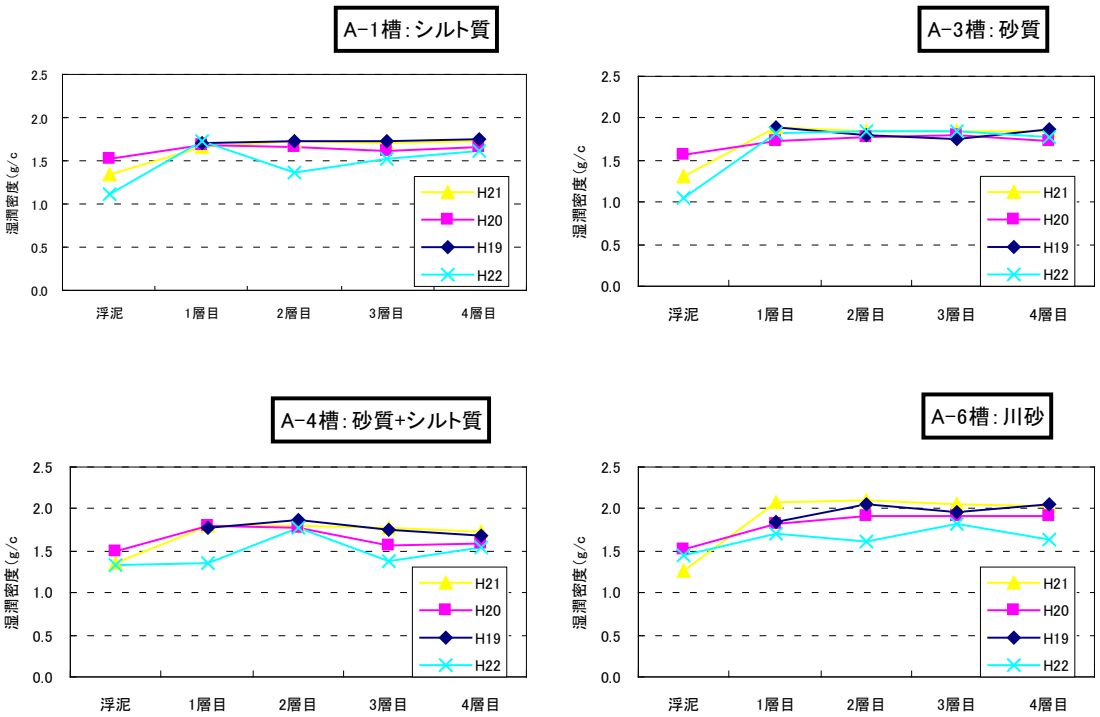
図－6　ヨシ植栽後４年間の底質粒径分布の比較



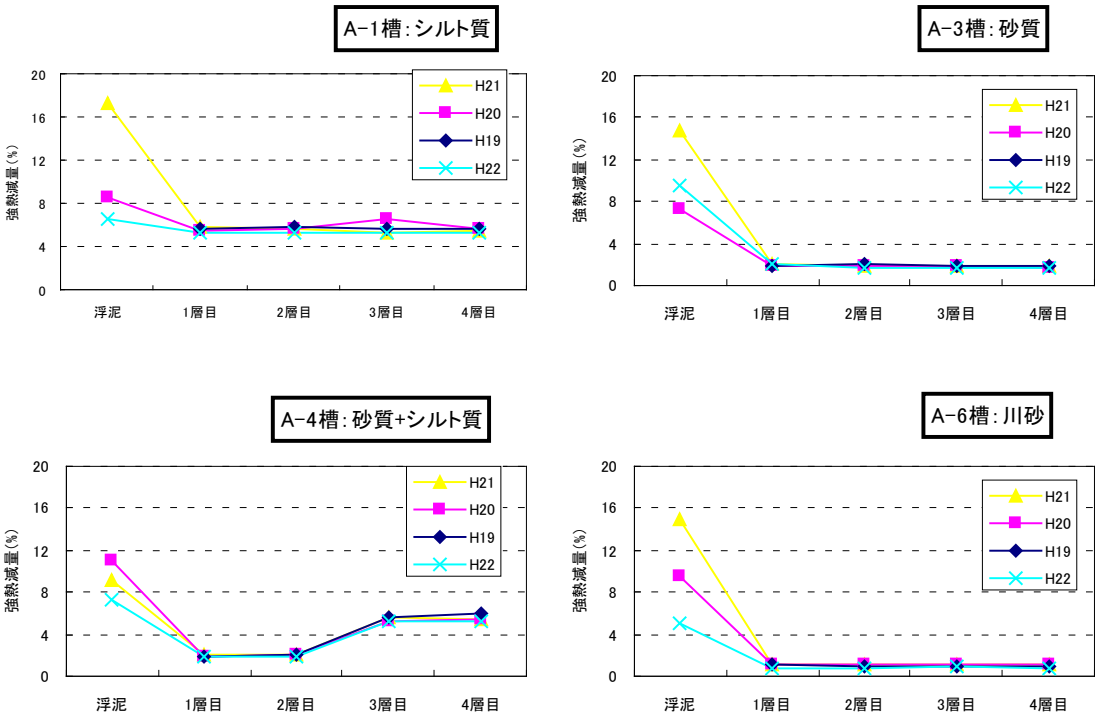
図－7　浮泥部粒径分布の比較(3 ヵ年)



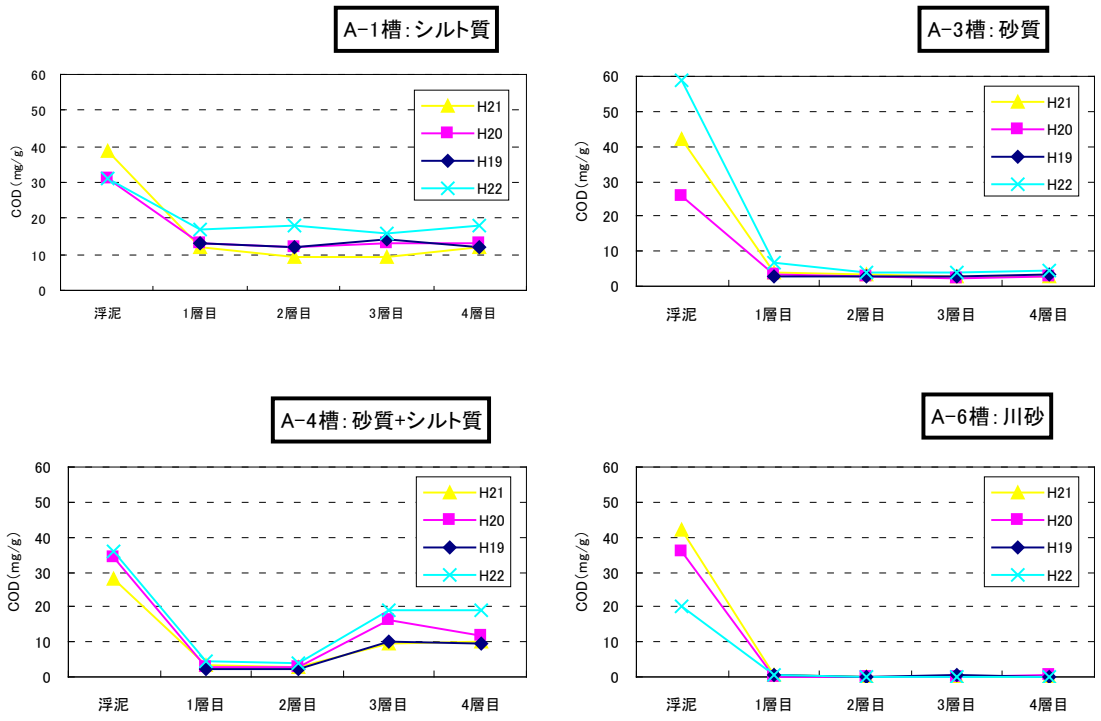
図－8　ヨシ植栽後 4 年間の層別含水率の比較



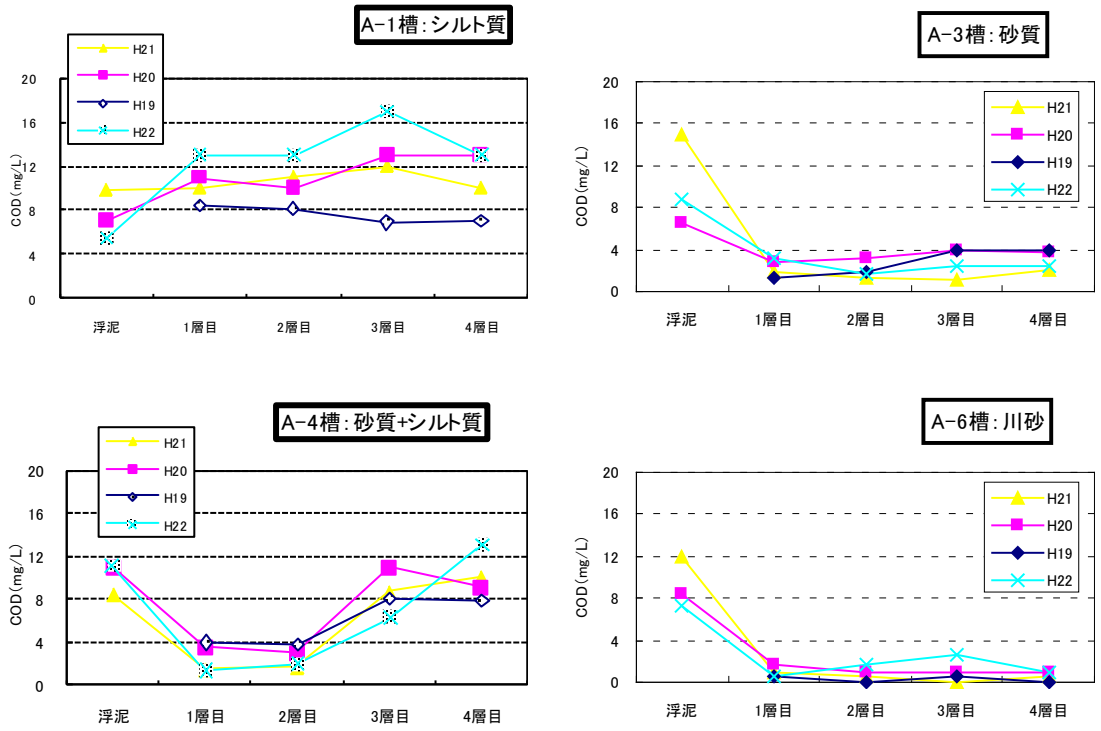
図－9　ヨシ植栽後 4 年間の底質湿潤密度の比較



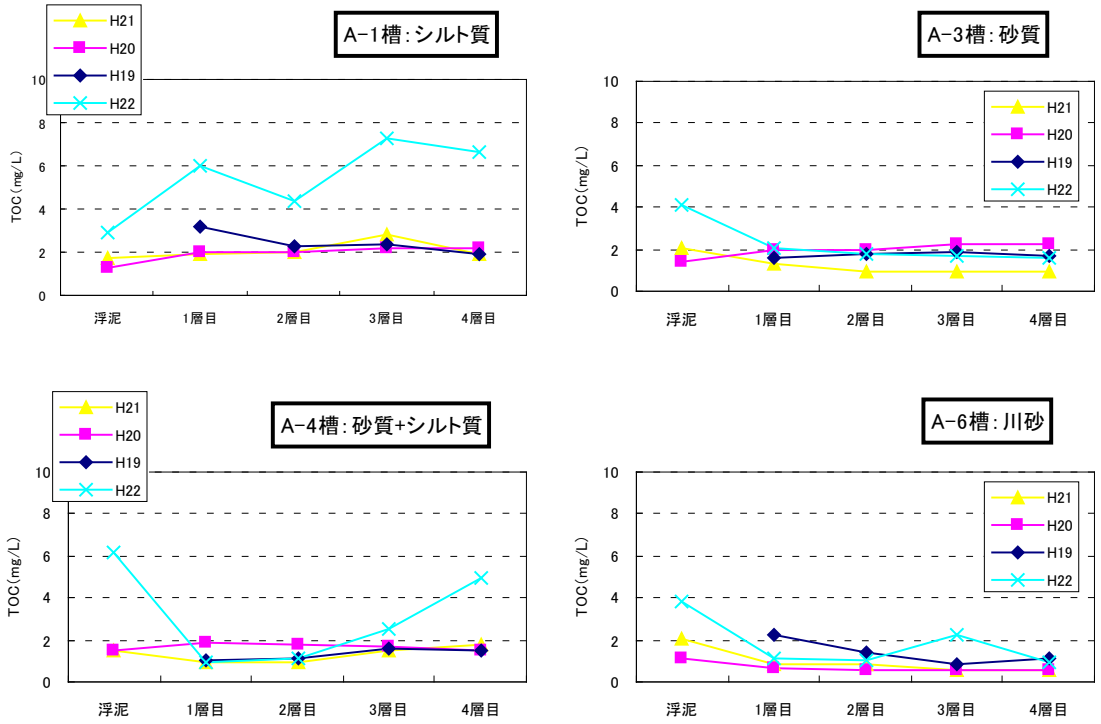
図－10　ヨシ植栽後 4 年間の底質強熱減量の比較



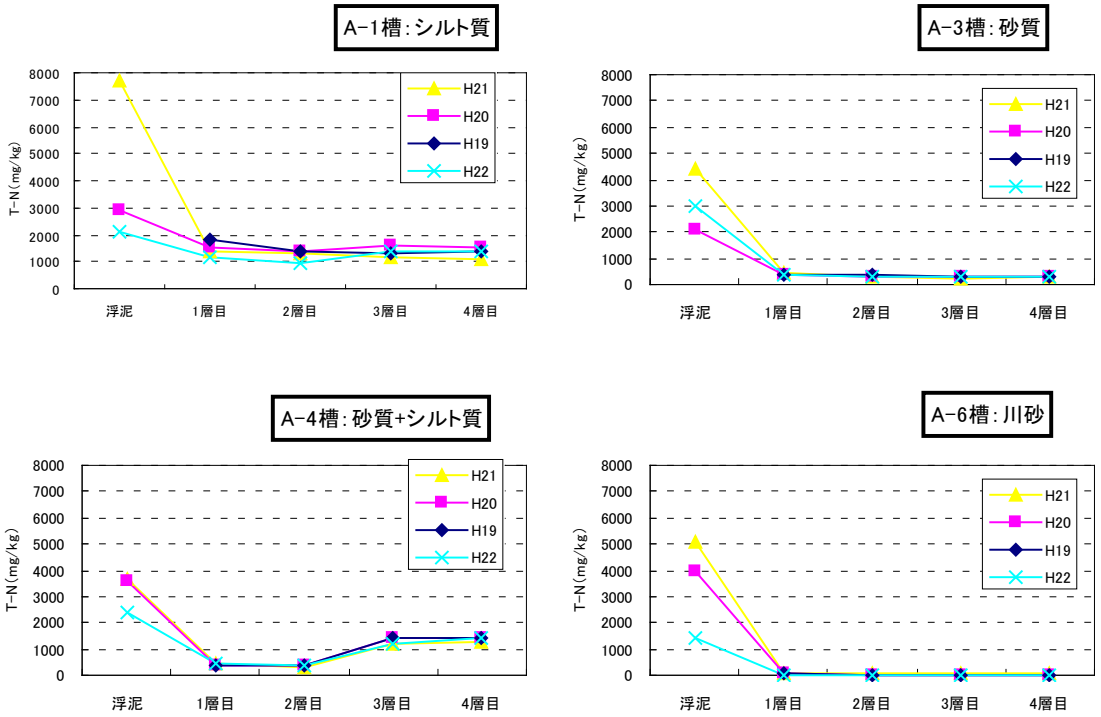
図－11　ヨシ植栽後 4 年間の底質 COD 含有量の比較



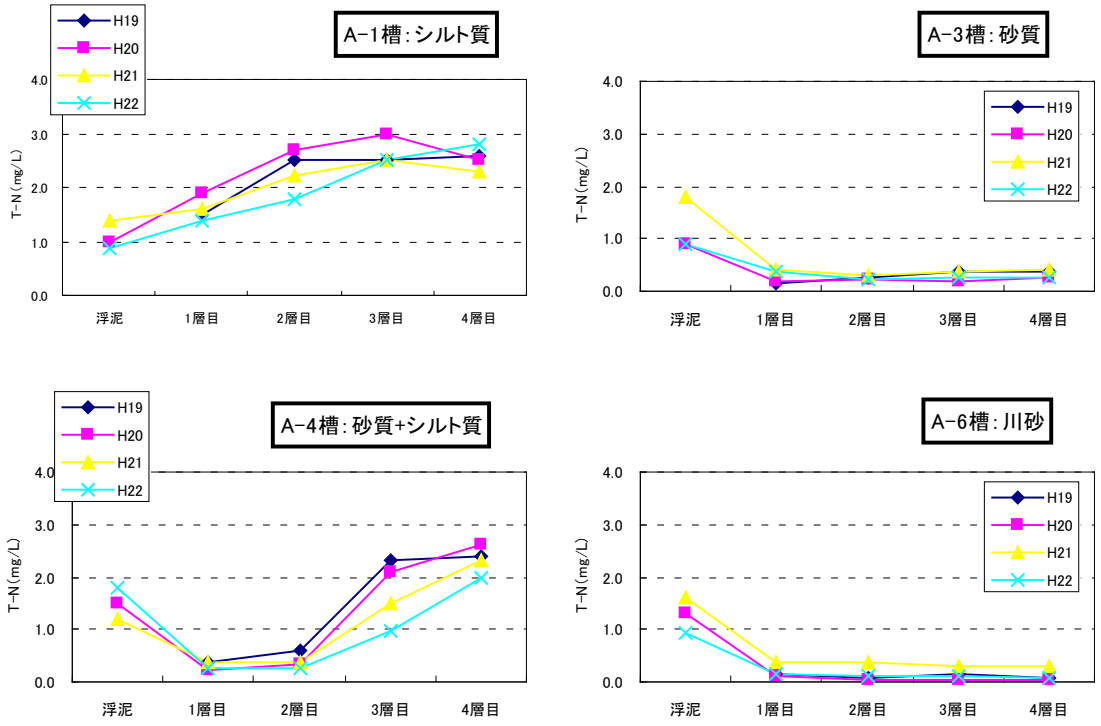
図－12　ヨシ植栽後 4 年間の底質 COD 溶出量の比較



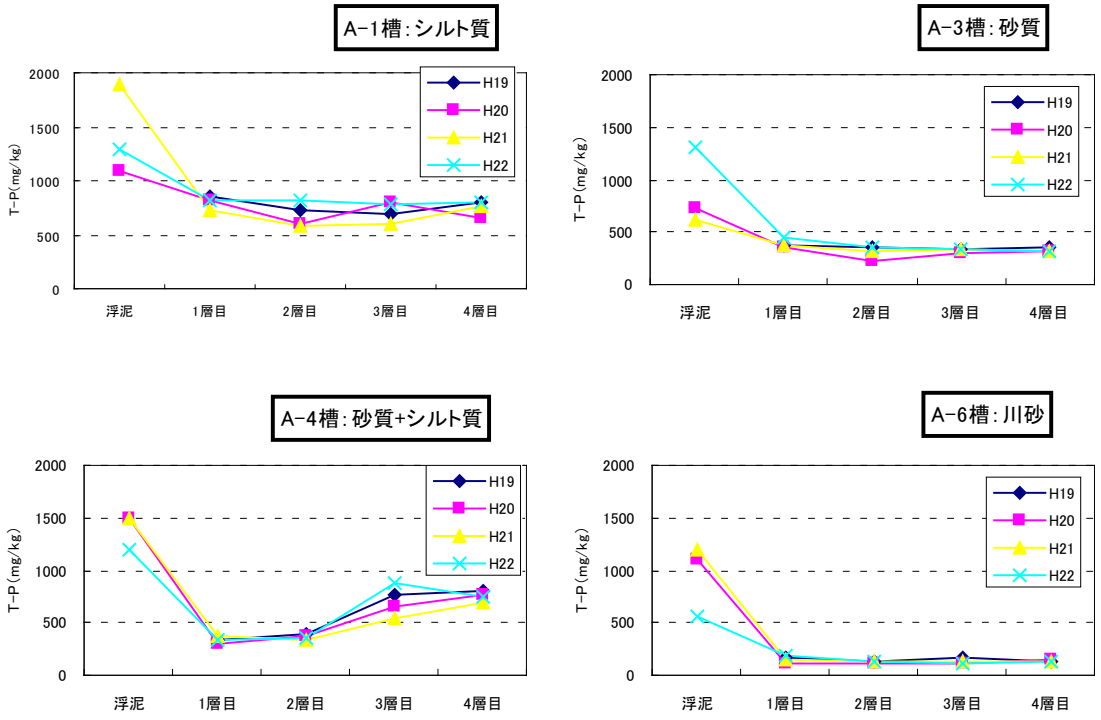
図－13　ヨシ植栽後 4 年間の底質 TOC 溶出量の比較



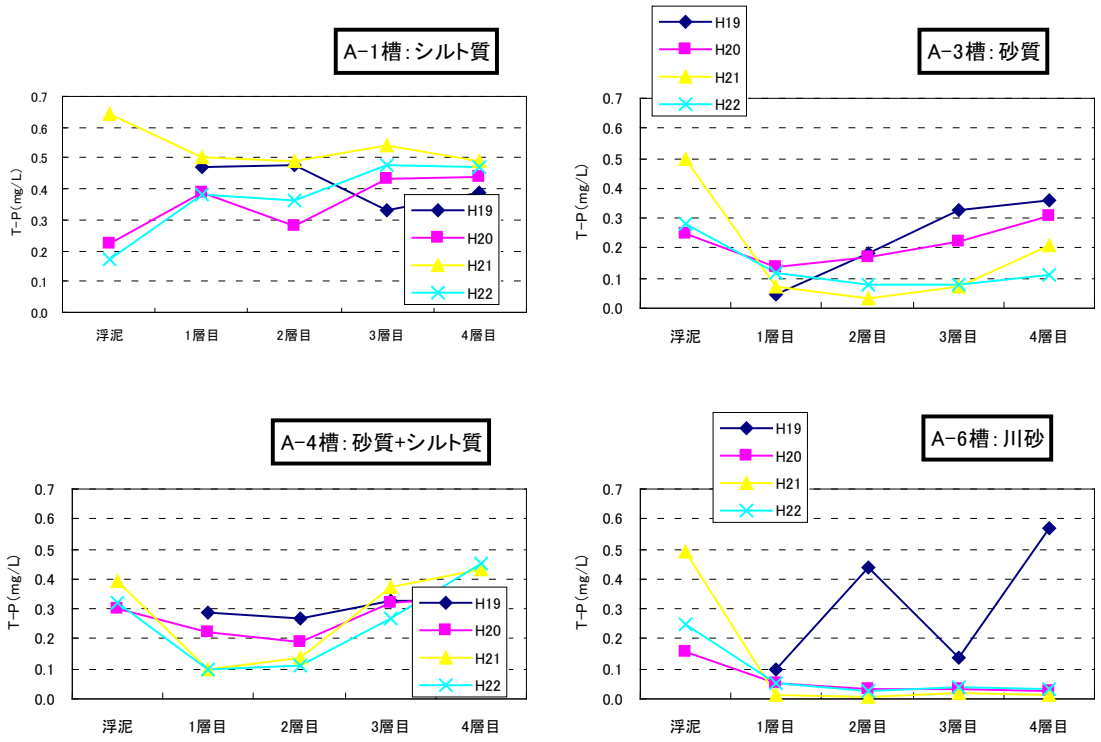
図－14　ヨシ植栽後 4 年間の底質 T-N 含有量の比較



図－15　ヨシ植栽後 4 年間の底質 T-N 溶出量の比較



図－16　ヨシ植栽後 4 年間の底質 T-P 含有量の比較



図－17　ヨシ植栽後 4 年間の底質 T-P 溶出量の比較

1)　粒度分布図について

各槽底質のヨシ植栽後 4 年間の層別粒径分布の比較を図－6、各実験槽別の浮泥部粒径分布の 3 ヵ年の比較を図－7 に示す。

ヨシ植栽後 4 年間の底質の粒径分布については、全体的に大きな変化はなく、比較的安定した状態を保っていた。各年毎に微少な変動が見られる分については測定箇所による変動だと考えられる。

3 ヵ年の浮泥粒径分布の比較を図－7 示した。H20 年度から H21 年度にかけて増加した粘土分等の細粒成分の割合が、再び減少した。H22 年度は H21 年度に比べて、実験槽内の水の流れが一定かつスムーズであったため、粘土分等が実験槽内に沈降せずに、流れた結果であると推測される。

2)　底質含水比について

ヨシ植栽後 4 年間の底質含水率の比較を図－8 に示した。浮泥を除く 1 層目～4 層目については、ほとんど変化がない。しかし、浮泥については 3 年間における経年変化が大きい。これは、浮泥の粒径分布が変化しているため、水分保持力が変化したためと考えられる。

3) 湿潤密度及び強熱減量について

湿潤密度は、高い値となるほど硬く密な状態を示し、低い場合はフワフワした状態を示す。図－9から、A-1槽（シルト質）、A-4槽（砂質+シルト質）、A-6槽（川砂）ではやや減少している層が確認できる。また、浮泥に関しては、A-1 槽（シルト質）、A-3槽（砂質）では減少傾向がみられる。昨年度に比べて、砂分成分が多く、含水率が低かったためと考えられる。

次にヨシ植栽後4年間の底質強熱減量の比較であるが、ほとんど変化はない。一方、浮泥に関しては、A-1 槽(シルト質)、A-3 槽(砂質)、A-6(川砂)では、約 2 倍程度の変動がみられ、A-4槽(砂質＋シルト質)では減少傾向がみられる。一般的に枯れヨシ等のリターを多く含んだ場合には、強熱減量の値は大きくなる。採取時の目視による性状確認では、各実験槽の浮泥には大きな差異はみられなかった。

4) CODおよびTOCについて

植栽後4年間の底質COD含有量、底質COD溶出量および底質TOC溶出量の比較を図－11～13に示す。

3項目ともに、A-1槽(シルト質)およびA-4槽(砂質＋シルト質)3、4層のシルト層において、過年度と比較して高い値がみられ、特に TOC 溶出量は 3 倍程度の値を示す層もある。浮泥を除くその他の層は、ややばらつきは確認できるが、明確な変化は認められない。

TOC溶出量の変化について、H22年度は粘土成分の含有量が高かったためと考えられる。

また、底質COD含有量の浮泥に関しては、A-3槽(砂質)では、平成20年度から2倍程度に増加しており、A-6 槽（川砂）では、本年度 1/2 程度に減少している。これは、A-4槽(砂質＋シルト質)の浮泥中の有機物量に起因していることが考えられる。

5) T-Nについて

底質T-N含有量については、それぞれの基盤材(シルト質浚渫土：赤線群、砂質浚渫土：青線群、川砂：緑線群)の性状の違いはほとんどないことが確認できる。T-N 含有量は、シルト質浚渫土：980～1,400mg/kg、砂質浚渫土：270～430mg/kg、川砂：24～33mg/kgの範囲にあり、川砂＜砂質浚渫土＜シルト質浚渫土の順になっている。それに対して、浮泥のT-N含有量は、1,400～3,000mg/kgとなり、植栽基盤材に比べて、かなりT-N成分が多いことが確認できる。

また、底質T-N溶出量についても、A-1槽(シルト質)およびA-4槽(砂質＋シルト質)の3、4層のシルト質にややばらつきはあるものの、含有量調査の結果と同様に各基盤材料による差はほとんどなく、川砂＜砂質浚渫土＜シルト質浚渫土の順になっている。また、シルト質浚渫土からの溶出量は浮泥以上であり、シルト質浚渫土は有機物だけでなく、窒素成分も溶出しやすい基盤材であるといえる。

6) T-Pについて

底質 T-P 含有量については、それぞれの基盤材(シルト質浚渫土：赤線群、砂質浚渫土：青線群、川砂：緑線群)の性状の違いはほとんどないことが確認できる。T-P 含有量は、シルト質浚渫土：740～820mg/kg、砂質浚渫土：310～440mg/kg、川砂：120～190mg/kg の範囲にある。それに対して、浮泥の T-P 含有量は、560～1,300mg/kg となり、T-N 等と同じく、浮泥中の T-P 含有量が多い。

底質 T-P 溶出量についても、それぞれの基盤材の性状の違いはほとんどないことが確認でき、シルト質浚渫土のリン溶出量は、他の植栽基盤材に比べて高く、浮泥以上であり、シルト質浚渫土は窒素同様、リン成分も溶出しやすい基盤材であるといえる。

また、A-4 槽(砂質＋シルト質)において、リン濃度が、1 層目、2 層目で低く、3 層目、4 層目で高い結果となった。これは、シルト質中に含まれるリンが砂質層で抑えられ拡散していないためと考えられる。A-4 槽(砂質＋シルト質)の砂質層と A-3 槽(砂質)のリン濃度はほぼ同じであった。

底質 T-P 含有量については、浮泥を除く 4 層については、全体的に大きな変動がないことが確認できる。一方、浮泥中の T-P 含有量は多く、変動が大きい。

底質 T-P 溶出量については、変動はあるもの、経年的な傾向はみられなかった。

4．考察

植栽後 2 年目には、A-1 槽(シルト質)及び A-3 槽（砂質）の成長は良く、A-4 槽（砂質+シルト質）及び A-6 槽（川砂）の成長は悪かった。しかし、植栽後 3 年目には、成長の良かったグループは悪化傾向、成長の悪かったグループは良好な傾向がみられた。4 年目では、A-4 槽（砂質+シルト質）で茎個体数密度が低かった以外は、全般に実験槽間の差は平均化してきた傾向がみられた。

植栽後 4 年目における平均ヨシ茎数は、A-1 槽(シルト質)、A-3 槽（砂質）、A-6 槽（砂質+シルト質）では 72.2～79.7 本/m^2 と琵琶湖平均値（45.1 本/m^2 あるいは 52.0 本/m^2）と比べて高く、琵琶湖の平均的なヨシ群落に比べても同等レベル以上と考えられる。ただし、A-4 槽（砂質+シルト質）は 28.5 本/m^2 であり、他の槽及び琵琶湖平均値と比べても低かった。

これについては、根は通常 3～6 年存続すると推測されるが、A-4 槽(砂質＋シルト質)の根茎については、根が横に伸びない状態が 1～2 年続いた結果、全体として衰退していく傾向が生じたと考えられる。

植栽後 4 年目の A-1 槽(シルト質)については、ヨシが生育しているコドラートと生育していないコドラートの差が、H21 年度に続き顕著であり、初年度から良好に生育しているコドラートでの株立ちが考えられる。また、A-6 槽(川砂)では茎径も太く、出穂の状態も良いものと考えられる。

A-6 槽(川砂)の茎個体数密度は、生育の良いコドラートとほとんどヨシ茎が存在しないコドラートがあるためにばらつきがみられた。A-6 槽（川砂）については、植栽後 2 年目から侵入している外来種の侵入による影響も大きいと推測される。植栽後 3 年目、4 年目になり、ヨシの茎個体数密度は安定してきている。また、4 年目はヨシが外来種を上回る生長を見せた。これは、土中のリン濃度が関係していることが推測される。また、A-4 槽(砂質＋シルト質)では、3 年目から外来種の侵入が確認され、4 年目の夏季にはほぼ全コドラートに拡大し、一部では高い被度で確認された。4 年目における A-4 槽(砂質＋シルト質)のヨシの茎個体数密度は全コドラートで他の実験槽と比較しても低かった。これは前述した根の生存年数に関係しているためか、外来種との競合によるものかは不明である。

５．結 論

植栽後 4 年目までの調査結果から、最も良好なヨシ帯が形成されているのは、A-3 槽(砂質)であると考えられる。また、3 年目までは A-4 槽(砂質＋シルト質)についても、比較的良好な状況であると言えるが、4 年目に外来種が侵入したため、4 年目における明確な傾向がみることができなかった。A-1 槽(シルト質)については、生育の非常に良いコドラートと、一部ヨシ茎が存在しないコドラートがあり、ばらつきが大きくなってきている。

京都大学の田中准教授の聞き取り調査結果から、シルト質の場合、空隙が少なく、地下茎の成長が行われにくく、今後、衰退する可能性もあるとの指摘を受けた。

A-6 槽(川砂)については、植栽後 3 年目、4 年目においても、他の実験槽に比べて茎個体数密度がやや少ない。植栽後 2 年目に侵入してきた外来種の影響も大きいと考えられるが、年々ヨシの成長も比較的良好になってきており、生育基盤として有効であることが考えられる。

６．おわりに

今回 4 年間にわたる実験を行い、浚渫土の有効活用について一定の方向性を見いだすことが出来た。今後は本格運用に向け、実験結果が良好であった条件（表層を砂、下層に部材混入シルト層を用いた）でヨシ植栽を琵琶湖湖岸で実施していく計画である。

実験担当者

独立行政法人　水資源機構　琵琶湖開発総合管理所　　環境課長　鍵田　和彦
環境課　　小野島　広大

【付記】

本実験は、田中　准教授(京都大学大学院地球環境学堂)から助言をいただきながら行った実験である。

２．ロゼット型沈水植物２種の生育実験

１．目的

本研究では、1950 年代に琵琶湖の優占種でありながら、現在では個体数を大きく減じてしまったネジレモとコウガイモを対象種とし、光条件と底質条件を変えた栽培実験を行うことによって両種の生活史全体に与える両要因の影響を明らかにすることを目的とした。

２．研究の背景

ネジレモ(*Vallisneria asiatica* var. *biwaensis*)とコウガイモ(*Vallisneria denseserrulata*)の琵琶湖における優占順位は、1953 年に滋賀県水産試験場が行った調査をまとめた生嶋ら(1962)によるとそれぞれ 1 位と 3 位であった。しかし、1986 年～1987 年にかけて浜端(1991)が行った調査によると、出現頻度による優占順位で 1 位はコカナダモ(*Elodea nuttallii*)で、ネジレモとコウガイモはそれぞれ 6 位と 9 位であった。また、1997 年、2002 年、2007 年の水資源機構による調査では、1997 年は 1 位がセンニンモ(*Potamogeton maackianus*)で 2 位がクロモ(*Hydrilla verticillata*)であったが、2002 年と 2007 年は 1 位と 2 位が入れ替わり、1 位がクロモで 2 位がセンニンモであった。つまり、1997 年以降の琵琶湖における優占種はクロモとセンニンモであると言える。一方で、ネジレモは 1997 年から順に 9 位、10 位、9 位で、コウガイモは 5 位、8 位、7 位であった。両種の優占順位は 1953 年時と比べると大きく低下していると言える。この原因の一つとして、セキショウモ属は茎を伸長させないために、照度低下による生育への影響を受けやすいからであると考えられている。そのため、1960 年以降琵琶湖における透明度の低下による照度低下が両種の生育に影響を及ぼし、両種の優占順位が大きく下がったと考えられている（浜端 1991)。その中でも、ネジレモに関してはコウガイモより優占順位が大きく低下している。

このように、同じセキショウモ属でも、両種の優占順位の低下に違いがみられた。さらに、生嶋ら(1962)の報告では、南湖においてネジレモは 0～2 m の水深の浅いところで、コウガイモは 2～3 m の水深で現存量が多く、両種が異なる水深に生育していることが示されている。また、水資源機構(2007)が行った調査からは、水深による違いだけでなく、ネジレモは砂質の底質を、コウガイモは泥質を好む傾向にあることが確認された。両種のこのような生育環境の違いを明らかにした野外調査の例は少なくないが、これらを実験的に確かめた研究は知られていない。

３．実験方法

3.1　実験水路の設定

2010 年の 6 月から 12 月にかけて、実験水路（水路型浄化実験施設）で栽培実験を行った。照度条件は 5 段階とした（写真、図 1)。そして、各照度条件区をさらに 2 つの底質条件（泥と砂）で区分した。そして、それぞれの底質条件に 2 つの実験対象種(ネジレモとコウガイモ)を規則正しく組み合わせて配置した。また、5 つの照度条件区は寒冷紗の枚数と水深の違いを利用して設定した。その際、水面直下の光量子量を 100%としたときの各照度条件区における相対照度が 80%、40%、20%、10%、5%となるように設定した。しかし、実際の相対照度は 8 月 3 日、10 月 29 日、12 月 7 日の正午前後に光合成有効放射センサー(日本環境計測株式会社, MIJ-14PAR)を用い測定した結果、平均値でそれぞれ 72%、34%、13%、4%、1%しかなかった。また、8 月 3 日に各照度条件区において多項目水質計(HORIBA, WATER CHECKER U-10)で pH と電気伝導度を測定し、DO メーター(飯島電子工業株式会社, ID-100)で溶存酸素量と水温の測定も行った。

写真　実験水路の様子
流出口側から見た実験水路(2010年7月26日撮影)

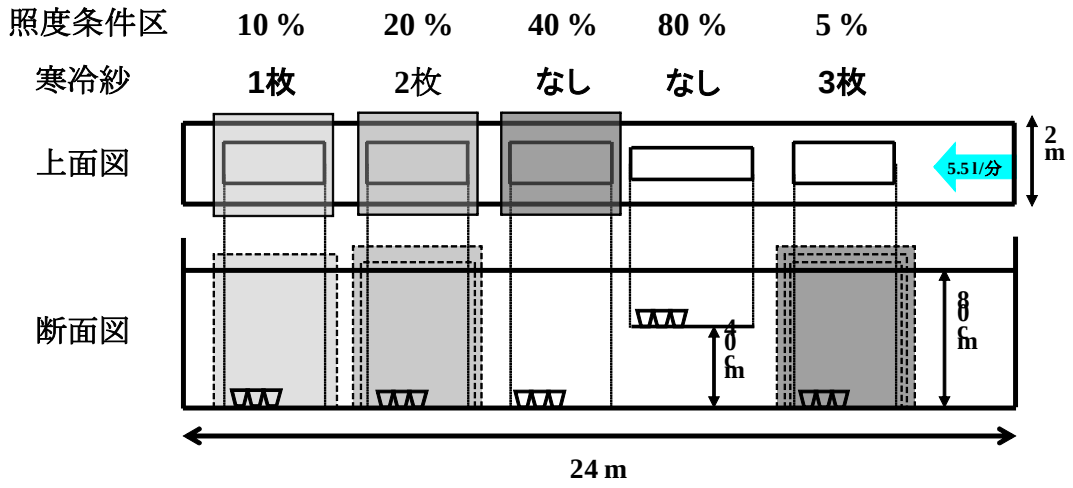


図1. 実験水路(水路型浄化実験施設)での配置

3.2 実験材料

3.2.1 採取

ネジレモ及びコウガイモは、2010 年 6 月 14 日に滋賀県長浜市の海老江港沖で生育している個体を採取した。採取の際、出来る限りランナーを切らないように注意した。

泥については、滋賀県米原市に位置する旧入江内湖の泥を用いた。砂については、滋賀県彦根市松原の琵琶湖湖岸のものを用いた。

3.2.2 植え付け

両種とも植え付けには径 30 cm、高さ 12 cm のプラスチック製の鉢を用いた。鉢には砂または泥を約 10 cm 敷きつめた。そして、両種とも 6 月 24 日に植え付けを行い、各種 1 鉢に 3 個体を植え付け、各照度条件区の各基質に各種 15 鉢ずつ(15 鉢/基質/照度条件区)設置した。その際、ネジレモは 3 個体の湿重合計が 4.5 g から 6.0 g に、コウガイモは 3 個体の湿重合計が 3.0 g から 4.5 g になるようにそれぞれ植え付けた。また、株数やランナーの先端の芽も鉢ごとで均等になるように植え付けた。

3.2.3 刈り取り

両種の刈り取りは 8/3、8/26、10/6、11/15、12/7 の 5 回行った。栽培開始日(6/24)からの経過日数で示すとそれぞれ 40 日目、64 日目、105 日目、145 日目、167 日目となる。

また、1 回の刈り取りでは各照度条件区の各基質から各種 3 鉢ずつを刈り取った。

3.2.4　測定項目

ネジレモとコウガイモの測定項目はサンプル数が多かったこともあり、株数、葉数、葉 1 枚当たりの平均葉長(各個体で無作為に 50 枚の葉を選び測定した)、雄花（雄花が入っている苞鞘数)及び雌花数、殖芽(コウガイモのみ)の乾重だけである。他の値に関しては、2008 年度に得た推定式により求めた。

4．結果

4.1　枯死個体率

ネジレモは 105 日目(10/6)の 1%区で枯死が見られ始め、167 日目(12/7)には、砂では 1%区で 44%、4%区で 22%、泥では 1%区で 67%、4%区で 22%の枯死率となった。

また、コウガイモは枯死が始まるのが遅く 167 日目(12/7)に砂では 1%区で 33%、4%区で 11%の枯死率となり、泥では 1%区だけで枯死している個体がみられ、33%の枯死であった。

4.2　各部位の生育状態の経日変化

4.2.1　株数

両種の各基質における個体当たり平均株数(株数/個体)の経日変化を照度条件区別で図 2,3 に示す。

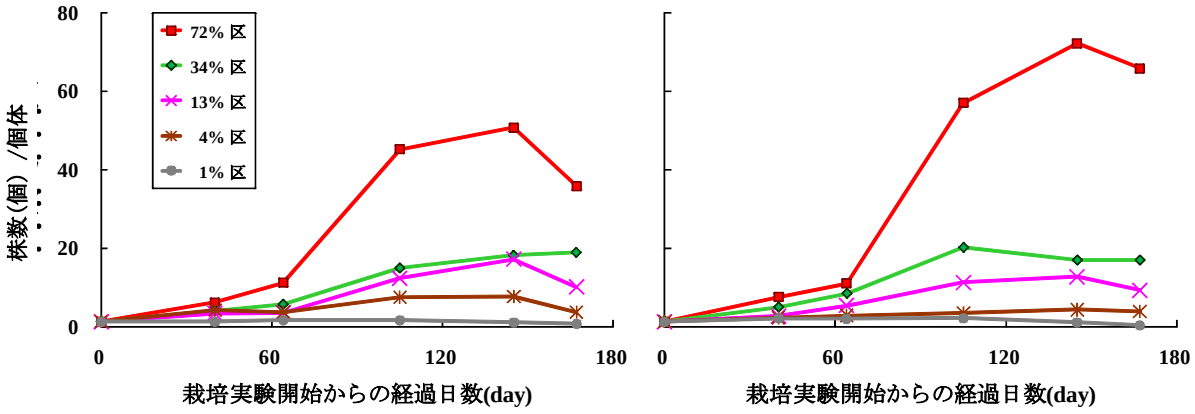


図2. ネジレモの各基質(左砂、右泥)における個体当たり平均株数の経日変化

ネジレモは基質に関わらず終始 72%区で高い値を示した。特に両基質とも 145 日目(11/15)に最も高い値を示し、砂では 50.8±27.1 株/個体、泥では 72.2±23.7 株/個体であった。砂と泥の比較では、有意な差は見られなかった(マンホイットニーの U 検定 P = 0.1451)。ただ、両基質ともたいていの照度条件区で 145 日目(11/15)に値が高くなったので、145 日目(11/15)の個体当たり平均株数と照度との相関関係を調べたところ、強い正の相関がみられた(スピアマンの順位相関 P ＜ 0.001)。

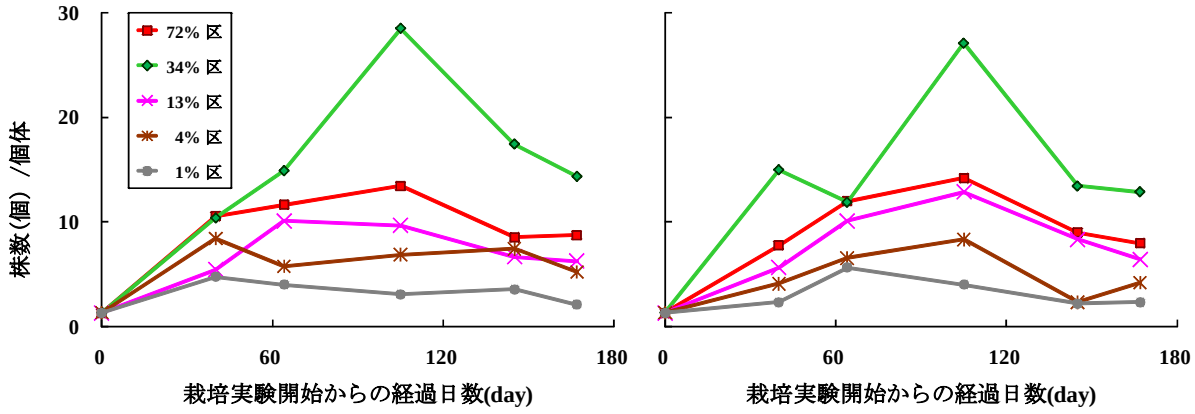


図3. コウガイモの各基質(左砂、右泥)における個体当たり平均株数の経日変化

一方、コウガイモは基質に関わらず終始 34%区で高い値を示した。そして、両基質とも 105 日目(10/6)で最も高い値を示し、砂では 28.5±4.4 株/個体、泥で 27.1±7.0 株/個体であった。砂と泥であまり差はなく、泥より砂で高い値を示した。

4.2.2 葉数

両種の各基質における個体当たり平均葉数(葉数/個体)の経日変化は、ネジレモは、105 日目(10/6)では基質に関わらず 72%区で高い値を示し、砂では 127.6 枚/個体、泥では平均 174.7 枚/個体であった。コウガイモは基質に関わらず、105 日目(10/6)の 34%区で最も高い値を示し、砂では平均 189.0 枚/個体、泥では平均 226.3 枚/個体であった。

4.2.3 葉一枚当たりの葉長

両種の各基質における個体当たりの葉 1 枚当たり平均葉長の経日変化を照度条件区別で図 4, 5 に示す。

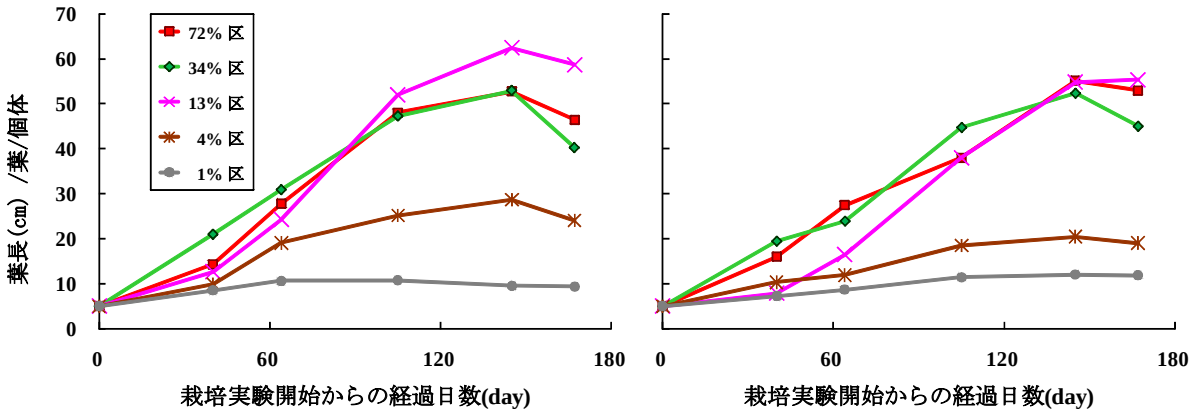


図4. ネジレモの各基質（左砂，右泥）における個体当たりの葉1枚当たり平均葉長の経日変化

ネジレモは両基質ともに 13%区で最も高い値を示し、砂では 145 日目(11/15)に 62.45 cm/葉/個体を示し、泥では 167 日目(12/7)に 55.32 cm/葉/個体を示した。

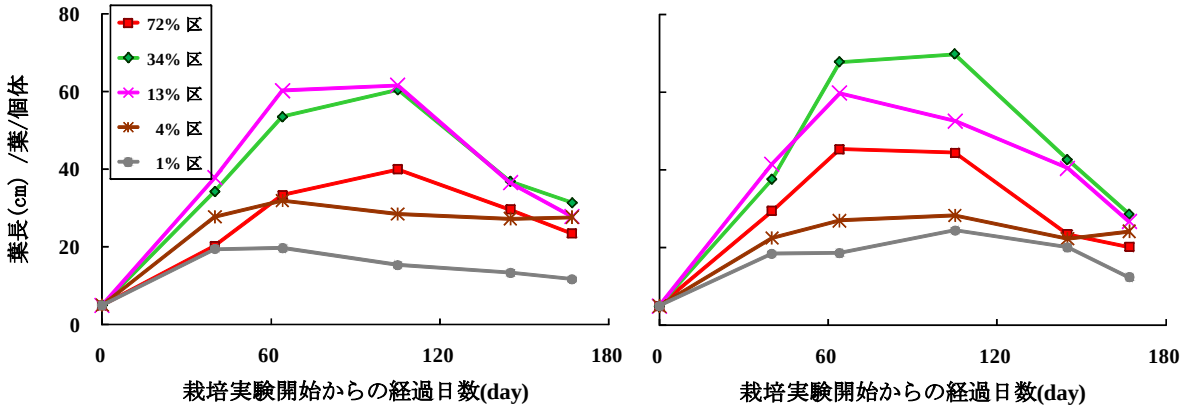


図5. コウガイモの各基質（左砂，右泥）における個体当たりの葉1枚当たり平均葉長の経日変化

コウガイモに関して、砂では 105 日目(10/6)に 13%区で最も高い値を示し、61.7 cm/葉/個体であった。泥では 105 日目(10/6)に 34%区で最も高い値を示し、69.9 cm/葉/個体であった。

4.2.4 葉乾重

両種の各基質における個体当たり平均葉乾重の経日変化では、ネジレモは両基質ともに 105 日目(10/6)の 72%区で最も高い値を示し、砂では平均 0.871 g/個体、泥では平均 1.19 g/個体であった。コウガイモは両基質ともに 105 日目(10/6)の 34%区で最も高い値を示し、砂では平均 1.55 g/個体、泥では平均 1.51 g/個体であった。

4.3 生殖器官

今回の実験では 1 鉢に 3 個体を植え付けたため、刈り取りの際にランナーが切れてしまったり、株が絡まったりしたので、3 個体を識別することが出来なかった。そのため、1 鉢内であってもどの個体にどれぐらいの花数が形成されたのか識別出来なかった。また、1 鉢の中でも花を形成しなかった個体もいた。両種は雌雄異株であるため、花の形成なしにその個体が雄株なのか雌株なのか見分けることが出来ない。本実験では、花をつけた個体も少なかったため、両種の各基質における照度条件区別の 5 回の刈り取りをすべて合わせた総花数を示すことにした。

4.3.1 雄花

両種の各基質における照度条件区ごとの 5 回の刈り取りを合わせた雄花数を見ると、ネジレモでは基質に関わらず 72%区で最も高い値を示し、砂では 48 個、泥では 119 個であった。泥は砂の値よりも 3 倍近い値を示した。また、1%区では両基質とも雄花を確認することは出来なかった。ただ、4%区では砂で 7 個、泥で 4 個の雄花を確認出来た。

コウガイモに関しては、砂では 72%区で 31 個と高い値を示し、泥では 34%区で 83 個と砂の 2 倍以上の値を示した。また、コウガイモでも 1%区で雄花を確認することは出来なかった。ただ、ネジレモと同様に 4%区では確認することが出来、砂では 2 個、泥では 16 個であった。

4.3.2　雌花

雄花同様に雌花数を見ると、ネジレモの雌花数は、砂では 72%区で 96 個、泥では 34%区で 59 個であった。雌花に関しては泥より砂で高い値を示した。また、両基質とも 1%区で雌花を確認することは出来なかった。ただ 4%区で、砂では 4 個、泥では 2 個をそれぞれ示した。また、コウガイモに関しては、基質に関わらず 34%区で高い値を示し、砂では 78 個、泥では 81 個であった。また、同様に 1%区では両基質とも雌花を確認することは出来なかった。ただ、4%区では砂で 5 個、泥で 3 個それぞれ確認することが出来た。

4.3.3　先端株数

ネジレモの各基質における個体当たり平均先端株数(先端株数/個体)の経日変化を照度条件区別に図 6 で示す。最終刈り取りである 167 日目(12/7)では、基質に関わらず 72%区で高い値を示した。砂では 25.7±18.8 株/個体、泥では 51.0±7.3 株/個体であり、泥の値は砂の 2 倍ぐらいの値を示した。72%区では両基質とも 105 日目(10/6)から他の照度条件区と比べて急激な増加を示し、特に泥では 167 日目(12/7)まで急な増加を示した。

一方、1%区に関しては、最終刈り取りの 167 日目(12/7)では両基質とも先端株の形成を確認することは出来なかった。ただ、4%区では 167 日目(12/7)に砂で 1.8±0.3 株/個体、泥で 1.8±0.5 株/個体を示した。

また、167 日目(12/7)では両基質とも先端株数と照度とに強い正の相関が見られた(スピアマンの順位相関係数 P ＜ 0.001)。

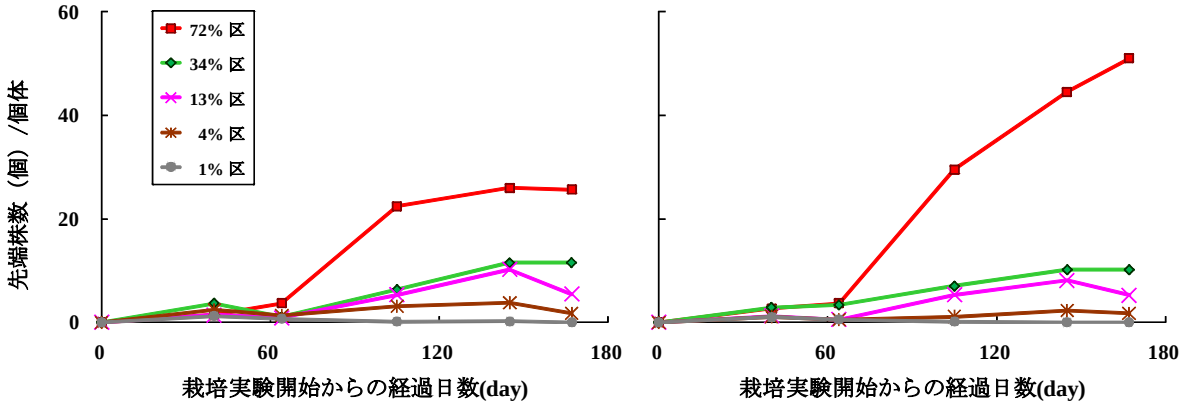


図6. ネジレモの各基質(左砂，右泥）における個体当たり平均先端株数の経日変化

4.3.4　殖芽数

コウガイモの各基質における個体当たり平均殖芽数(殖芽数/個体)の経日変化を照度条件区別に図7で示す。最終刈り取りである167日目(12/7)では、34%区で高い値を示し、砂では21.4±7.2個/個体、泥では22.3±7.4個/個体であった。ただ、特に34%区では167日目よりも145日目で基質に関わらず最も高い値を示し、砂では25.9±5.5個/個体、泥では26.2±2.3個/個体であった。

一方、1%区に関しては、最終の刈り取りの167日目(12/7)では、砂で0.56±0.19個/個体、泥で0.67±0.58個/個体を示し、両基質ともに個体当たり1個未満の殖芽を形成することを示した。ただ、4%区では167日目(12/7)に、砂で3.22±0.51個/個体、泥で3.44±0.51個/個体を示した。

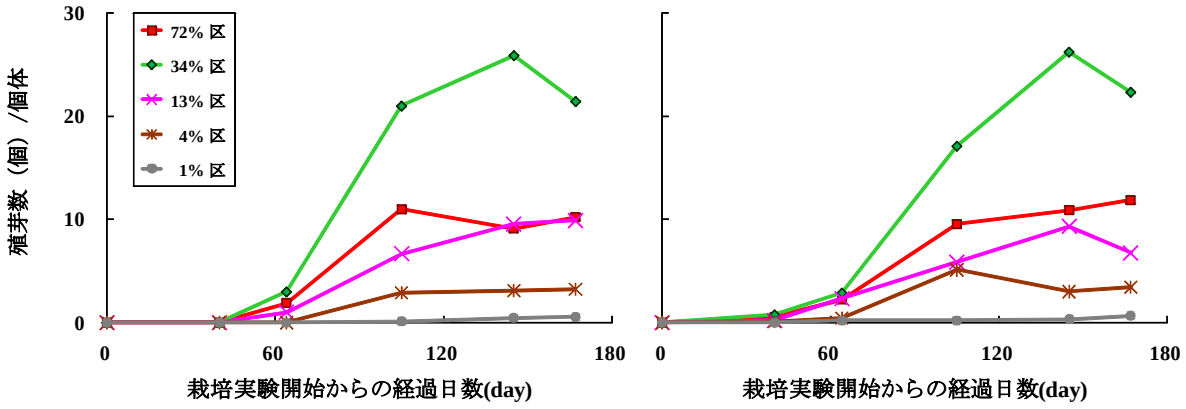


図7. コウガイモの各基質(左砂、右泥)における個体当たり平均殖芽数の経日変化

4.3.5　殖芽の乾重

コウガイモの各基質における個体当たり平均殖芽乾重(殖芽乾重/個体)の経日変化は、どの照度条件区も殖芽数と同じような傾向を示した。両基質とも34%区では終始高い値を示し、最終刈り取りの167日目(12/7)より145日目(11/15)で最も高い値を示した。砂では3.71±1.13 g/個体、泥では3.59±0.0692 g/個体であり、砂と泥であまり差は見られなかった。

4.3.6　殖芽1個の乾重

コウガイモの各基質における殖芽1個当たり平均殖芽乾重(殖芽乾重/個)の経日変化を照度条件区別に図8で示した。145日目(11/15)の刈り取りでは、基質に関わらず34%区で最も高い値を示し、砂では0.143±0.0141 g/個、泥では0.137±0.0103 g/個であった。ただ、最後の刈り取りである167日目(12/7)では、両基質ともに13%区で高い値を１示し、砂では0.127±0.0176 g/個、泥では0.136±0.0238 g/個であった。また、4%区でも高い値を示し、特に167日目(12/7)の泥では0.122±0.0380 g/個で、4%区の次に大きい値を示した。

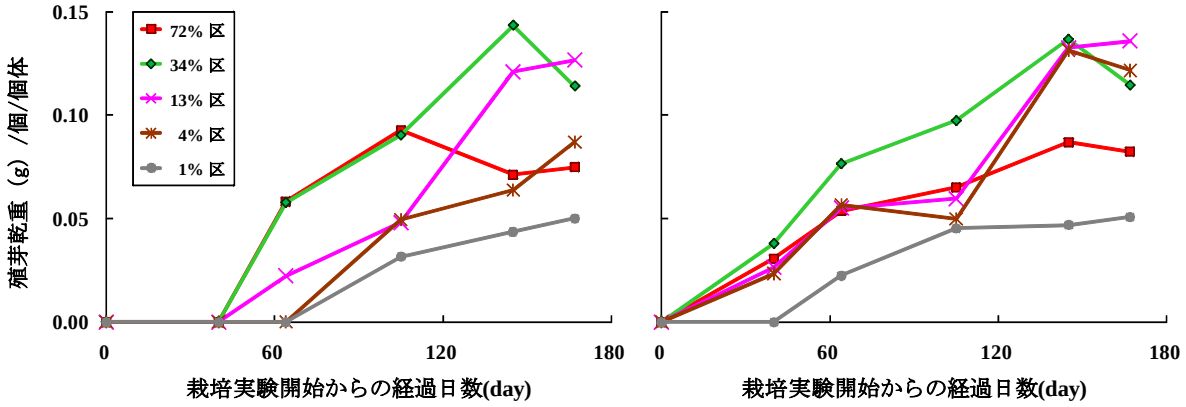


図8. コウガイモの各基質（左砂、右泥）での殖芽1個当たりの平均殖芽乾重の経日変化

4.4　同化器官と越冬器官の比

4.4.1　ネジレモの総株数に対する先端株数の割合の経日変化

ネジレモの各基質における個体当たり平均総株数に対する個体当たり平均先端株数の割合（先端株数/総株数）の経日変化を照度条件区別に図 9 で示す。両基質ともほとんどの照度条件区で、40 日目（8/3）の刈り取りにおける先端株数の割合が高くなるが、64 日目（8/26）には低い割合となる傾向を示した。そして、その後 167 日目（12/7）にかけて高くなる傾向がみられ、最終刈り取りである 167 日目（12/7）では、基質に関わらず 72%区で高い値を示し、砂では 72%、泥では 77%であった。しかし，総じて見ると 1%区を除く他の照度区では同様の傾向を示し，個体当たりの総株数に対して先端株数が約半数程度と一定の比率となるという結果が得られた.

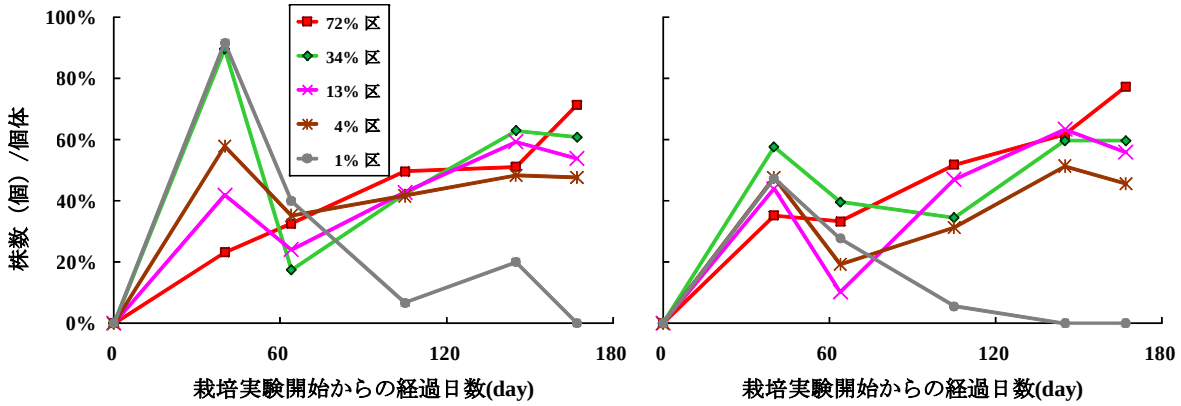


図9. ネジレモの各基質（左砂、右泥）での個体当たり総株数当たりの先端株数の割合の経日変化

4.4.2　葉乾重と殖芽乾重の比

コウガイモの 167 日目（12/7）の各基質における個体当たり平均葉乾重と個体当たり平均殖芽乾重との比率を照度条件区別に見ると、基質に関わらず、いずれも同様な傾向を示した。照度条件が高い 72%区での葉乾重の割合は、砂では 43.6%、泥では 35.4%であり、砂より泥で葉乾重の占める割合は若干小さくなった。一方で 1%区での葉乾重の割合は、砂では 77.4%、泥では 81.6%であり、泥より砂で葉乾重の占める割合は若干小さくなった。

５．考察

5.1　繁殖限界である相対照度

ネジレモに関して、105 日目(10/6)から両基質の 1%区で枯死個体を確認し、145 日目(11/15)には 4%区でも枯死個体を確認した。さらに、167 日目(12/7)の泥の 1%区では、67%の枯死率を示した。また、来年度の生育に繋がる生殖器官や越冬器官については、まず、生殖器官である雄花と雌花の形成を 1%区では確認することが出来なかった。さらに、1%区では越冬器官に関しても、基質に関わらず個体当たり平均先端株数は終始 1 株未満であった。つまり、1%区では生育出来たとしても大半の個体は生育の途中で枯死してしまい、生き残ったとしても来年度に向けて繁殖する可能性は極めて低いと考えられる。そのため、ネジレモに関しては 1%区では繁殖限界である相対照度であると言える。ただ、4%区では生殖器官である雄花と雌花の形成や越冬器官である先端株の形成を確認することが出来たため、4%区では来年度に向けて繁殖する可能性は高く、繁殖限界の相対照度ではないと考えられた。つまり、ネジレモの繁殖限界である相対照度は 1%以上 4%未満であると言える。

また、コウガイモに関しても、1%区と 4%区で枯死個体を確認した。そして、1%区ではネジレモと同様に生殖器官である雄花と雌花の形成を両基質とも確認することが出来なかった。また、1%区では越冬器官に関しても、基質に関わらず個体当たり平均殖芽数は 1 個未満であった。つまり、ネジレモと同様にコウガイモも 1%区では繁殖出来ないと考えられる。また、ネジレモと同様に 4%区では生殖器官である雄花と雌花の形成や越冬器官である殖芽の形成を確認することが出来たため、4%区では繁殖限界の相対照度ではないと考えられた。これらのことから、コウガイモの繁殖限界である相対照度もネジレモと同様に 1%以上 4%未満であると言える。

5.2　地上部

ネジレモでは、株数と葉乾重の両方で基質に関わらず 72%区において最も高い値を示した。また、株数と照度や葉乾重と照度に強い相関が見られたので、照度が高くなるほど、株数は増えて葉の乾重も重くなることが示唆された。

一方、コウガイモについては、基質に関わらず、照度の高い 72%区より照度が少し低い 34%区で株数と葉乾重は最も高い値を示した。コウガイモに関しては、照度が高くなるほど、株数や葉乾重の値が大きくなるわけではなく、ある程度の照度より高くなると逆に値は小さくなる傾向を示した。

また、1 個体当たりの葉 1 枚当たり平均葉長に関しては、2008 年度と同様に両種とも照度条件の低い 13%区で高い値を示した。両種ともに各基質において、照度との相関を示さなかったことからも、照度条件が高くなるほど、葉 1 枚当たりの平均葉長が長くなるとは言えない。低照度条件である 13%区で葉 1 枚当たりの平均葉長が長くなる理由として、より多くの光を求めて葉を伸長させていると考えられた。ただ、4%区や 1%区のように、より低い照度条件下では小さい値を示したため、4%区や 1%区では葉を伸長させるためのエネルギーすらあまり無い可能性が高い。

5.3 生殖器官及び越冬器官

5.3.1 生殖器官

ネジレモの生殖器官に関して、雄花と雌花ともに、泥の雌花以外では 72%区で高くなる傾向を示した。またコウガイモの生殖器官についても、ほぼ地上部の光合成器官と同じような生育の傾向を示し、34%区で高い値を示した。これらのことより、生殖器官である花は、光合成器官による影響が大きいのではないかと考えられた。しかし、今回の実験では、個体ごとの関係性を示すことは出来ず、照度との相関関係を示せなかった。サンプルの植え付けの際に、個体ごとで雌株か雄株かが判別出来ていれば、各基質における照度条件区別に花の形成率や果実の形成率を示すことが出来たと思う。これらは今後の課題であると言える。

5.3.2 越冬器官

ネジレモの先端株数について、基質に関わらずに 72%区で最も高い値を示し、167 日目(12/7)には両基質で照度と強い正の相関がみられた。つまり、照度が高くなるほど、より多くの先端株を形成すると考えられる。また、特に泥の 72%区では 167 日目(12/7)にかけても先端株を増やした。葉乾重は低下していることから、茎やランナーに蓄えた栄養によって、越冬する直前まで株を増やしていくと考えられた。

また、コウガイモの越冬器官である殖芽に関して、1 個体当たりの殖芽数および殖芽乾重では地上部と同様に、両基質とも 34%区で最も高い値を示した。しかし、葉乾重に対する殖芽乾重の割合は、両基質ともに照度条件の高い 72%区で最も高い値を示した。つまり、照度条件が高くなるほど、葉から殖芽へのエネルギーの転換率は高くなると考えられる。ただ、葉乾重の値は 72%区より 34%区で高い値を示しているため、72%区の殖芽数や殖芽乾重の値が 34%区より低くなると考えられる。葉から殖芽へのエネルギー転換率は 72%区で高いが、地上部である葉の乾重が何故低い値となるのかは今後の課題である。

一方、照度条件の低い区に着目すると、4%区や 13%区では殖芽 1 個当たりの殖芽乾重で高い値を示した。しかし、殖芽数に関してはあまり多くないことから、4%区や 13%区の低照度条件下では数を増やすよりも殖芽 1 個に対して多くのエネルギーを費やしていると考えられる。それは、照度条件の低いところではたいていの場合水深が深いので、春先に殖芽から芽生えた個体は光を求めて葉を伸長させなければならない。その際に、かなりのエネルギーを消費すると考えられるため、なるべく大きい殖芽を形成していると示唆された。

６．引用・参考文献

・Shigeru Miki. 1934. On Fresh Water Plants New to Japan. Bot. Mag., 48：326-337.

・生嶋功･古川優･池田准蔵 1962 琵琶湖の水生高等植物の現存量. 千葉大学文理学部紀要, 3(4)： 483-494.

・今本博臣･加藤正典･堀家健司･原稔明 1998 琵琶湖の湖岸環境に関する研究. 応用生態工学 1(1),7-20.

・角野康郎 1994 日本水草図鑑. 文一総合出版, 179pp.

・中田裕也 2008 ネジレモ(Vallisneria asiatica Miki var. biwaensis Miki)の生育に及ぼす照度の影響. 滋賀県立大学卒業論文.

・浜端悦治 1991 琵琶湖の沈水植物群落に関する研究（１）潜水調査による種組成と分布. 日生態会誌, 41：125-139.

・水資源機構 2009 琵琶湖沈水植物図説, 253+90pp.

実験担当者

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構　　水質浄化研究所次長　和田　桂子

実験センター所長　　今井　崇

滋賀県立大学 環境科学部環境生態学科 陸圏生態研究室

准教授　　浜端　悦治

串岡　　航

３．バイオフィルムによる周囲の水からの栄養塩除去実験

2009 年の研究結果より、ヨシ BF およびヨシ群落は、栄養塩(NH_4^+、NO_2^-、NO_3^-、PO_4^{3-})を除去する能力を持つことが解った(特に窒素関連のイオン)。しかし、ヨシ BF とヨシ群落の栄養塩除去能を別々に評価することは難しかった(水路間で種々の条件が異なったため)。そこで、以下に示す実験を行った。

その 1. ヨシ BF と不織布 BF の栄養塩除去能の比較(2010 年 1/18、3/5、4/27)

同一の水路を上流部分(形成 BF 区画)と下流部分(成熟 BF 区画)に分け、ヨシ BF の栄養塩除去能を調べた。同様の実験を不織布(無生物)に形成させた BF でも行い、ヨシ BF の栄養塩除去能と比較した。また、各実験日による BF の栄養塩除去能の違いを比較し、BF の栄養塩除去能に関わる因子について検討した。

その 2. ヨシ BF による栄養塩除去能の昼夜間の比較(2010/8/4 朝 7:00～8/5 朝 7:00)

ヨシ BF と不織布 BF の栄養塩除去能の比較実験の結果より、BF の栄養塩除去能には、周辺の環境因子(水温、光量など)が影響していることが示唆された。そこで、水温および光量が BF による栄養塩除去に及ぼす影響をより明確に調べるため、これらの因子が一日の間に変化する昼と夜に着目し、ヨシ BF の栄養塩除去能を調べた。水路を上流部分(形成 BF 区画)と下流部分(成熟 BF 区画)に分け、時間帯による BF の栄養塩除去能を比較した。

その 1. ヨシ BF と不織布 BF の栄養塩除去能の比較

1. 実験目的

2009 年の結果からは、ヨシ BF 単体の栄養塩除去能を比較することが難しかった(水路間で種々の条件が異なったため)。そこで、本実験では、同一の水路を上流部分(形成 BF 区画)と下流部分(成熟 BF 区画)に分け、ヨシ BF の栄養塩除去能を調べることを目的とした。また、同様の実験を不織布 BF でも行い、ヨシ BF の栄養塩除去能と比較した。

2. 実験方法

本実験では、水路 M②および水路 N②のみを用いて実験を行った(図 1-1 および図 1-2)。

1) 水 路 ヨ シ(水路 M②)：ヨシを植えた 1 本の水路で、上流から中流を形成過程のヨシ BF(BF を実験 2 日前に拭き取った)、中流から下流を成熟したヨシ BF(BF が付いたまま何もしていない)の 2 区画に分けた。

2) 水路不織布(水路 N②)：ヨシを植えていない 1 本の水路で、上流から中流を形成過程の不織布 BF(実験 2 日前に不織布を取り付けた)、中流から下流を成熟した不織布 BF(3 週間以上前から不織布を取り付けて、成熟 BF を形成させた) の 2 区画に分けた。

2010 年 1/18 (ヨシ枯れ期)および 3/5、4/27(新芽生長期)の朝 7:00～16:00 までの間、各水路から水を経時的(水路ヨシは 3 時間、水路不織布は 2 時間ごと)に採取した。サンプルは凍結保存しておき後日、水路水および BF 中の栄養塩濃度(NH_4^+、NO_2^-、NO_3^-、PO_4^{3-})を測定した。

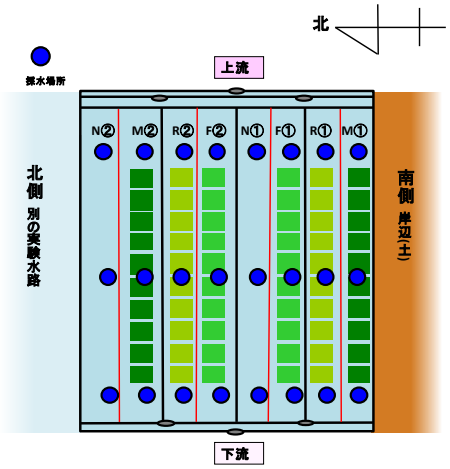


図 1-1　実験水路見取り図

※すべての水路には、葉山川から取水した水が流れている。
※すべての水路には、砂が入っている。
※各水路は同一規格で長さ 18m、幅 1.2m、水深 0.3m であり、滞留時間は 6 時間に設定した。

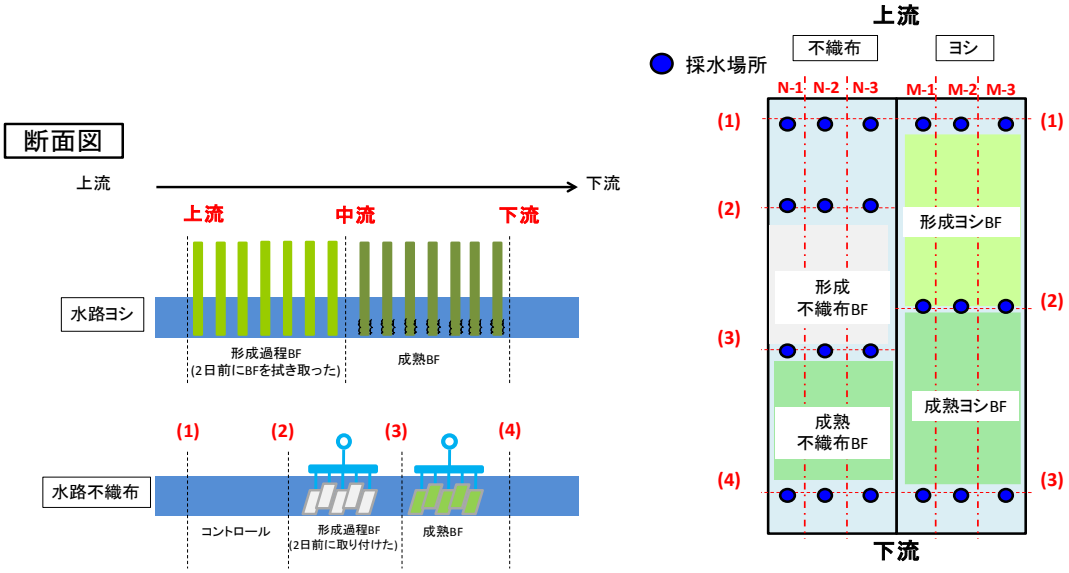


図 1-2　水路図（ヨシ、不織布）

3．栄養塩除去量の算出方法

図 1-3 に示すように、上流で濃度が経時的に変化していたため、同時刻の上流と下流を比較することができないと判断した。そこで、以下の方法で除去量を算出した。

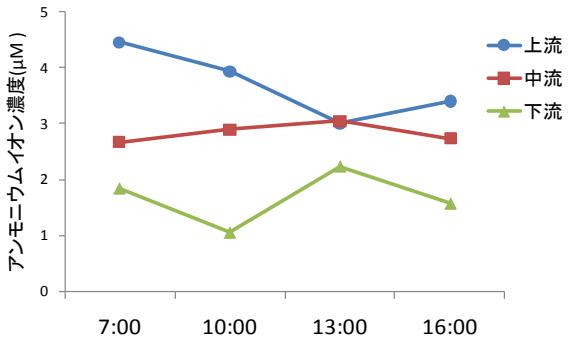


図 1-3　アンモニウムイオン濃度の経時変化

本実験では、水路の上流から中流を形成 BF、中流から下流を成熟 BF の 2 区画に分け、それぞれの区画ごとの除去量を求めた。

滞留時間は 6 時間なので、ある時刻の上流の水は 3 時間後に中流に達する(図 1-4)。従って、ある時刻の上流の水の栄養塩濃度と 3 時間後の中流の水の栄養塩濃度を比較すれば、上流から中流まで流れる間(形成 BF 区画の間)にどれだけの栄養塩が除去されたかが解ると考えられる(図 1-4 中の矢印部分)。各地点(上流、3 時間後の中流)の栄養塩濃度からそれぞれの地点の 6 時間の平均濃度を算出し、6 時間の間に各地点を通過する水の総量 6480L をかけると、各地点を通過した栄養塩量の総量が算出できる。上流を通過した栄養塩の総量から 3 時間後の中流を通過した栄養塩の総量を差し引き、上流から中流(形成 BF 区画の間)にかけて除去された栄養塩の総量を算出した。同様に、ある時刻の中流の水の栄養塩濃度と 3 時間後の下流の栄養塩濃度を比較し、中流から下流(成熟 BF 区画)にかけて除去された栄養塩の総量を算出した。

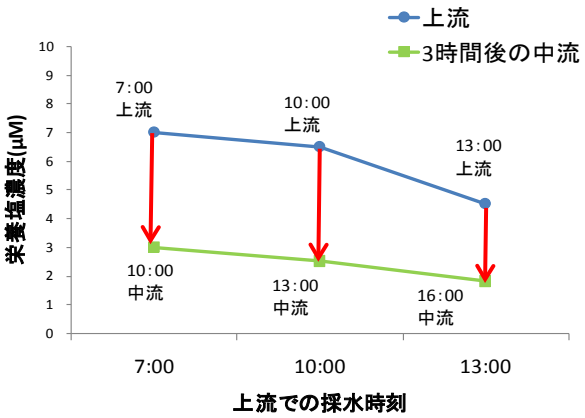


図 1-4　　各地点の栄養塩濃度の経時変化

4．実験結果、考察

4.1　環境データ

実験日(2010 年 1/18、3/5、4/27)の環境データの経時変化を示した(図 1-5)。1/18 は、快晴であり、気温および水温は低く(気温: 5℃、水温: 4℃)、光量は多かった(平均 1000μmol・s－1・m－2)。3/5 は、快晴であり、気温および水温は高く(気温、水温ともに 12℃)、光量は平均 300μmol・s－1・m－2 であった。4/27 は、曇り時々雨であり、気温（13.5℃）および水温（14℃）は 3/5 とほぼ変わらなかったが、光量は少なかった(平均 150μmol・s－1・m－2)。

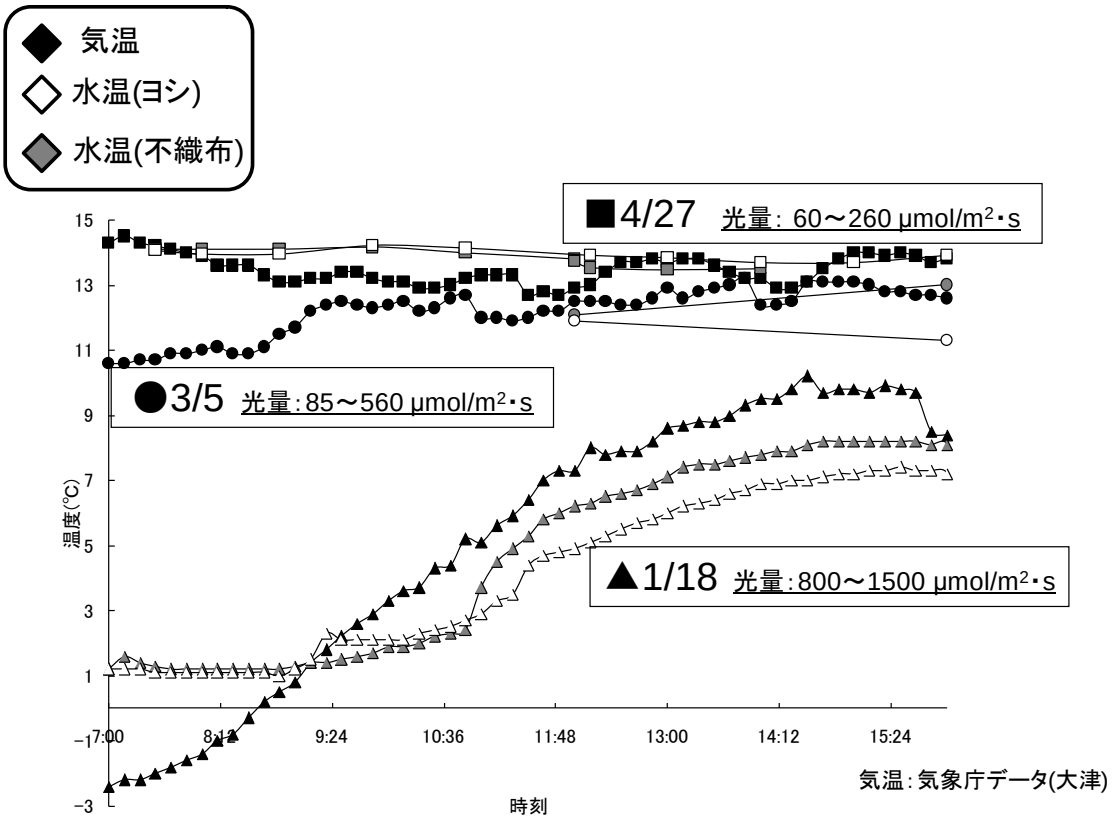


図 1-5　実験日(2010 年 1/18、3/5、4/27) の環境データの経時変化

4.2 栄養塩除去能

各実験日のヨシBFによる栄養塩除去の様子を示した(図1-6-a)。どの実験日でも形成BFに比べ、成熟BFの栄養塩除去能が高かった。1/18および3/5の除去能を比較すると、水温が高い3/5の除去能の方が高かった(両日とも天気は快晴)。一方、3/5および4/27の除去能を比較すると、光量が多い 3/5 の除去能の方が高かった(両日とも水温はほぼ同じ)。水温が高い、もしくは光量が多いと栄養塩除去能は高くなる傾向が見られた。これらの結果より、水路の栄養塩除去には成熟 BF が大きく貢献しており、その除去能には、水温および光量が影響していると考えられた。水温が高く光量が多いと、BF中の細菌や藻類が活性化し、栄養塩除去が促進されると考えられた。

次に、各実験日の不織布BFによる栄養塩除去の様子を示した(図1-6-b) 。ヨシBFと同様に、どの実験日でも形成BFに比べ、成熟BFの栄養塩除去能が高かった。また、水温が高く、光量が多いと栄養塩除去能が高くなる傾向が見られた。

ヨシBFと不織布BFを比較すると、ヨシBFは、どの実験日でも不織布BFと同程度もしくはそれ以上の除去量であった(特に NH4＋)。河川から取水された水が水路を流れる間に接触するBF面積を比較すると、ヨシの場合3.2m^2 (各区画にあるヨシは900本でヨシ1本あたりの水との接触面積35cm^2)、不織布の場合45m^2 (各区画に設置した不織布は720枚で不織布1枚あたりの水との接触面積は624cm^2)とヨシBFの方が不織布BFの1/10以下の接触面積しか持たなかった。それにも関わらず、ヨシ BF によって除去された栄養塩量は不織布BFと同程度もしくはそれ以上であり、ヨシBFが高い栄養塩除去能を持っていることが解る。

上流の濃度が元々低いNO2－およびPO43－は、ヨシBFおよび不織布BFどちらでもほぼ除去されなかった。水中の濃度が高い方が、栄養塩はよく除去されるのかもしれない。

水路ヨシ（水路M②）　　《7：00～13：00》

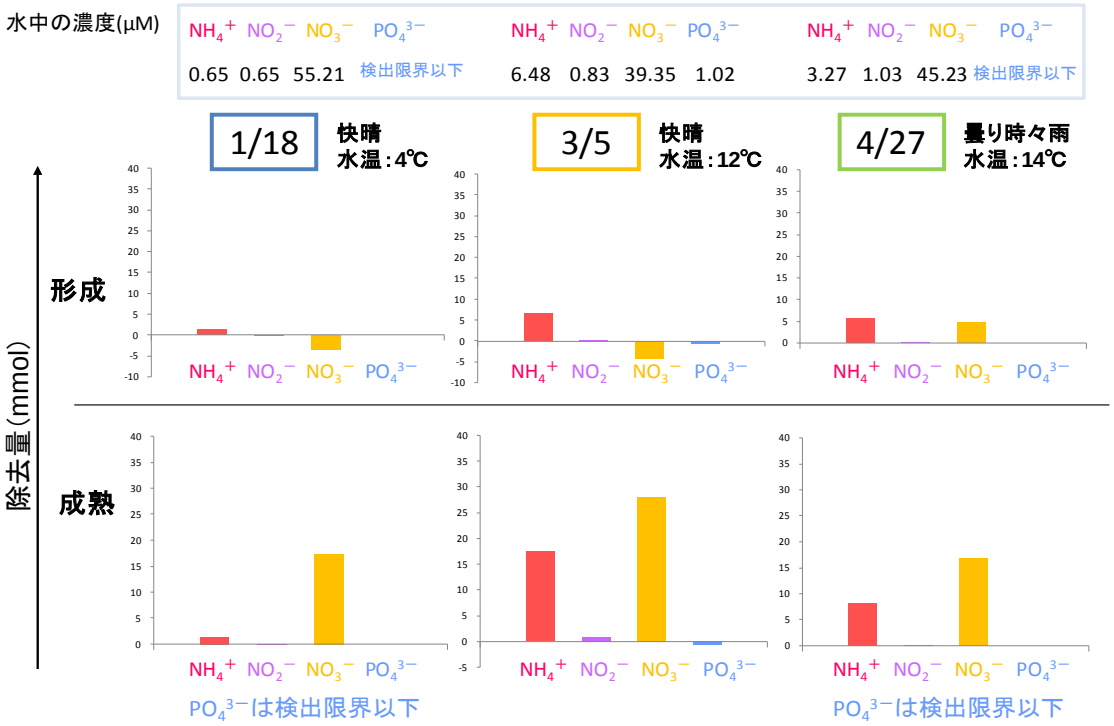
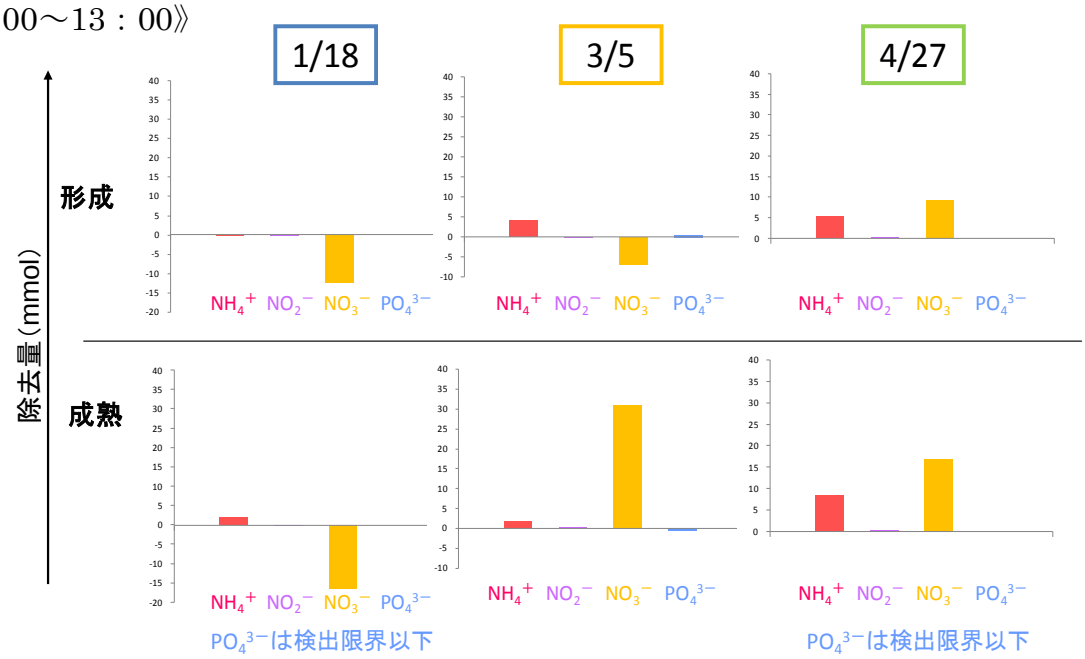


図 1-6-a　水路ヨシ（水路 M②）の除去量　　※マイナス値は増加量を示す。

水路不織布(水路N②)

水中の濃度(μM)	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}
	1.50	0.64	53.92	検出限界以下	5.50	0.71	37.69	0.87	2.43	1.03	43.0	検出限界以下

《7：00～13：00》



《10：00～16：00》

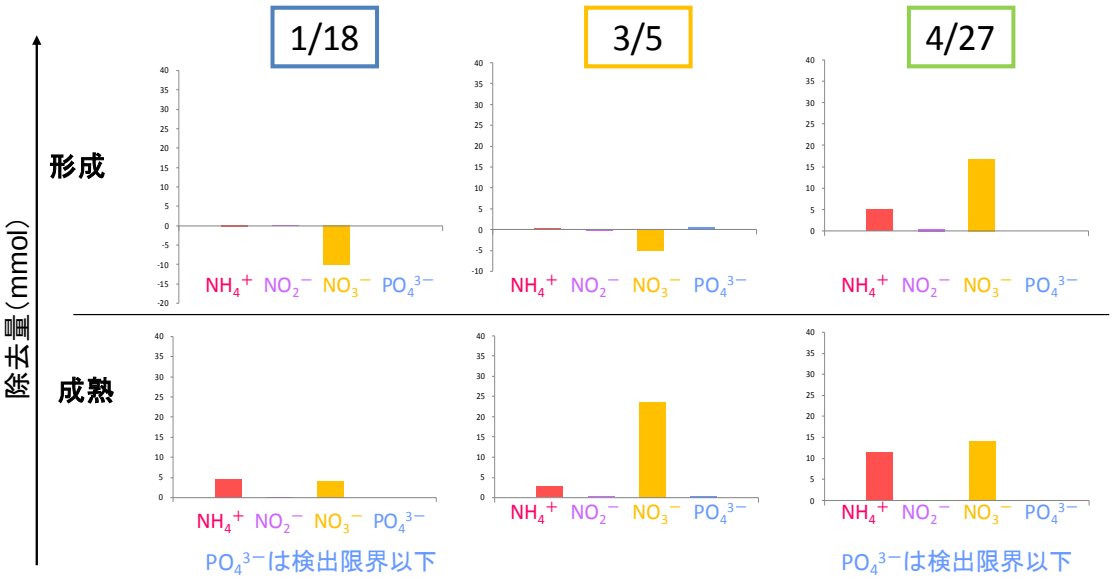
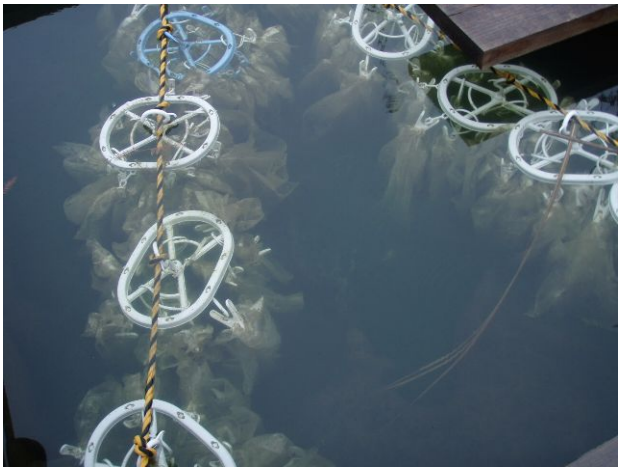


図 1-6-b　水路 N(水路 N②)の除去量　　※マイナス値は増加量を示す。



水路に設置した不織布の様子

その2. ヨシ BF による栄養塩除去能の昼夜間の比較

1. 実験目的

ヨシ BF と不織布 BF の栄養塩除去能の比較実験の結果より、水路の栄養塩除去には成熟バイオフィルム(以下 BF とする)が大きく貢献しており、その除去能には、周辺の環境因子(水温、光量など)が影響していることが示唆された。そこで、本実験では、環境因子が栄養塩除去に及ぼす影響をより明確にするため、これらの因子が一日の間(24 時間)に変化する昼間と夜間に着目し、ヨシ BF の水浄化能を調べることを目的とした。

2. 実験方法

本実験では、水路 M①および M②のみを用いて実験を行った(図 2-1 および図 2-2)。各水路の上流から中流を形成過程のヨシ BF(BF を実験 2 日前に拭き取った)、中流から下流を成熟したヨシ BF(BF が付いたまま何もしていない)の 2 区画に分けた。

2010/8/4 朝 7:00～8/5 朝 7:00 まで、各水路から水路水およびヨシ BF を経時的(水路水は 1 時間、BF は 3 時間ごと)に採取した。サンプルは凍結保存しておき、後日、水路水および BF 中の栄養塩濃度(NH4＋、NO2－、NO3－、PO43－)を測定した。

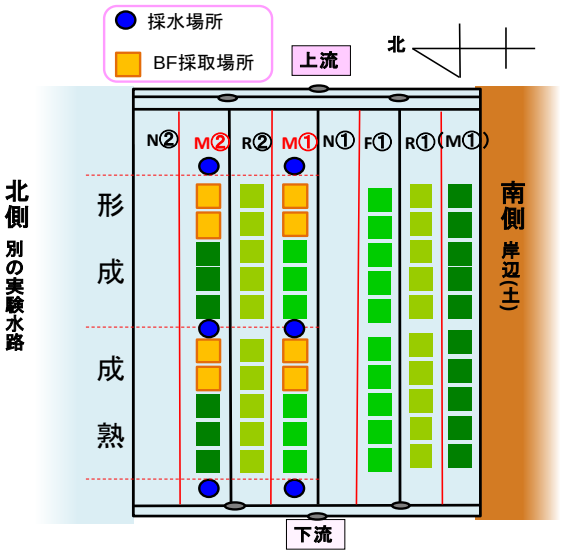


図 2-1　実験水路見取り図

※すべての水路には、葉山川から取水した水が流れている。
※すべての水路には、砂が入っている。
※各水路は同一規格で長さ 18m、幅 1.2m、水深 0.3m であり、滞留時間は 6 時間に設定した。

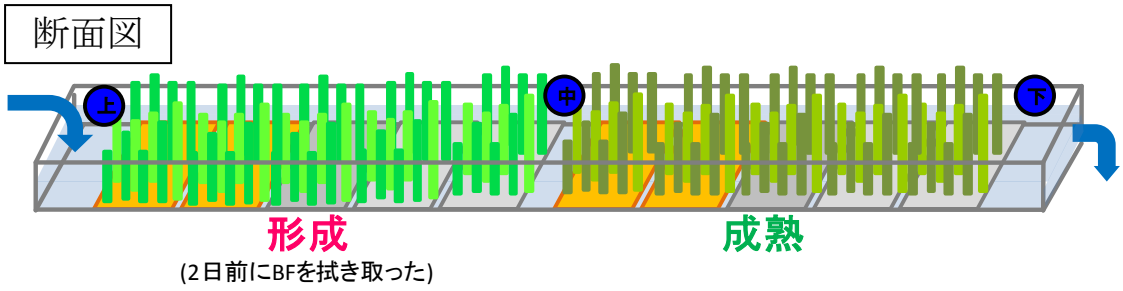


図 2-2　実験水路見取り図(水路断面図)

3．栄養塩除去能の評価方法

水路に流入する水(上流の水)の濃度が経時的に変化していたため、同時刻の上流と下流を比較することができないと判断した。そこで、以下の方法で、水路水がヨシ群落を通過する間にどれだけの栄養塩が除去されたかを求めた。

滞留時間は 6 時間なので、ある時刻の上流の水は 3 時間後に中流に達する。従って、ある時刻の上流の水の栄養塩濃度と 3 時間後の中流の水の栄養塩濃度を比較すれば、上流から中流まで流れる間(形成 BF 区画の間)にどれだけの栄養塩が除去されたかを算出できる(式(ⅰ))。同様に、ある時刻の中流の水の栄養塩濃度と 3 時間後の下流の水の栄養塩濃度を比較し、中流から下流(成熟 BF 区画)にかけてどれだけ除去されたかを算出した(式(ⅱ))。

形成過程(上流～中流)区画(μM)＝

ある時刻から 3 時間後の中流の栄養塩濃度－ある時刻の上流の栄養塩濃度　(ⅰ)

成熟過程(中流～下流)区画(μM)＝

ある時刻から 3 時間後の下流の栄養塩濃度－ある時刻の中流の栄養塩濃度　(ⅱ)

4．実験結果、考察

4.1　環境データ

当日の天気は、晴れ時々曇りであった。光量、気温、水温、pH および D.O. の経時変化を示した(8/4 朝 7:00 から翌日 8/5 朝 7:00 まで(図 2-3))。光量は、朝(7:00)から昼にかけて上昇し、13:00 頃に最も高くなった。その後、徐々に低下し、夜 19:00 からはゼロであり、翌日(8/5)の朝 5:00 頃から徐々に上昇していった。気温、水温、pH および D.O.は、朝(7:00)から徐々に上昇し、昼(13:00～15:00)に最も高くなった。その後、夜 23：00 頃まで徐々に低下し、翌日(8/5)の朝までほぼ一定であった。昼間(日が当っていた時間帯)は、水路水中の藻類やヨシ、および BF 中の藻類の光合成が盛んであり、一方、夜間(日が沈んでいた時間帯)は、それらの光合成が抑えられ、呼吸、発酵が行われていた可能性が考えられた。

この様に、一日の間(特に、昼間と夜間)で、周辺環境の様子は大きく異なっており、それに伴い諸生物の代謝反応も昼夜で大きく変化していたと推測された。

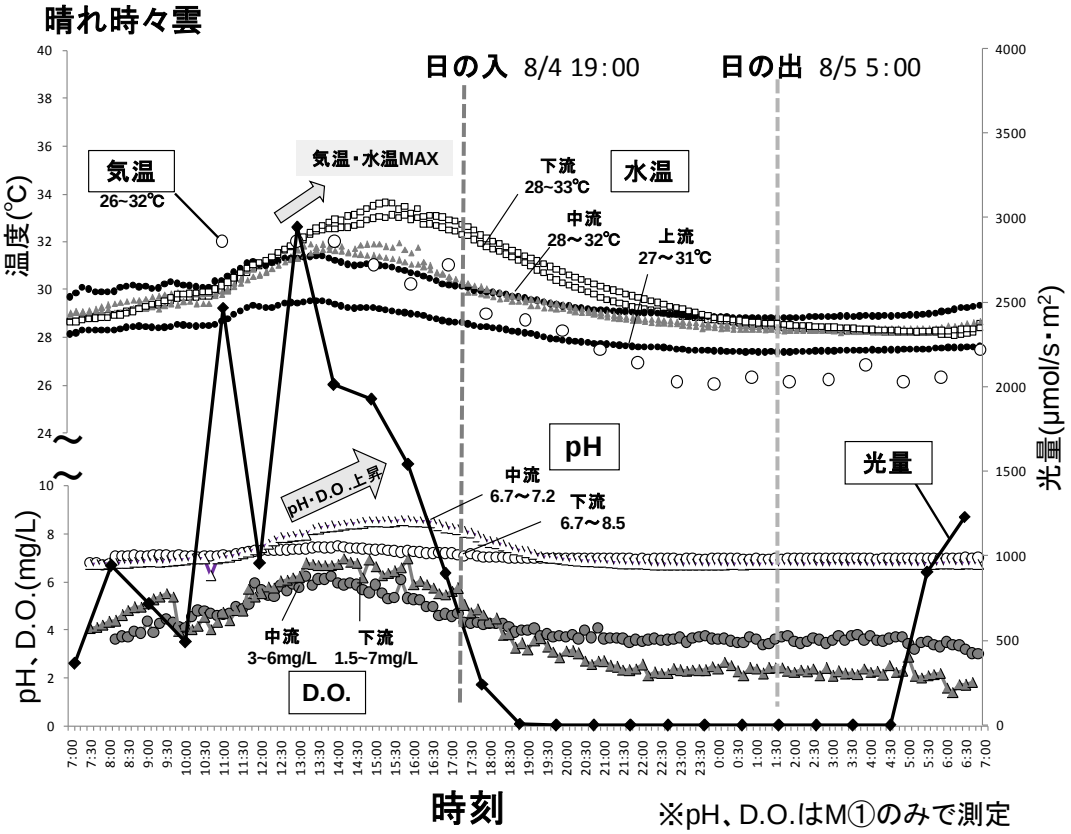


図 2-3　実験日(2010/8/4 朝 7:00～8/5 朝 7:00)の環境データの経時変化

4.2 水路水中の栄養塩濃度の変化

各水路(水路 M①、M②)の各地点(上流、中流、下流)の水中の栄養塩(NH4＋、NO2－、NO3－、PO43－)濃度の経時変化を示した(図 2-4-a～図 2-4-d)。朝 7:00 頃から 19:00(日の入)頃までは、どの地点およびイオンでも、濃度は経時的に低下していった。その後、19:00 頃から次の日の朝にかけては、NH4＋および NO3－濃度は徐々に高くなったが、NO2－および PO43－濃度はほぼ変化しなかった。また、上流、中流、下流へと流れるにつれて、どの栄養塩濃度も低下していた。

これらの結果から、以下のようなことが考えられた。各水路の上流に入ってくる水は、昼間は、葉山川から取水されるまでに(葉山川を流れている間に)種々の BF(河川中の石などに形成された BF)によって栄養塩が除去されていたのかもしれない。一方、夜間は、栄養塩はほぼ除去されなかったか、あるいは BF 中から放出されたのかもしれない。夜間と比較して、昼間は水温が高く光量も多いため、BF 中の微生物が活発な状態であり、BF 中に取り込まれた栄養塩はすぐに消費されると推測される。その結果、さらに周囲の水から栄養塩が BF 中に取り込まれ、栄養塩除去が促進されると考えられる。一方、夜間は、水温が低く光もあたらないため、BF 中の微生物の活性が抑えられると推測される。その結果、栄養塩は BF 中にあまり取り込まれず、逆に BF 中から放出される(詳しいメカニズムはわからないが)のかもしれない。この様に、昼間と夜間の周辺環境の違いが影響し、各水路に入ってくる上流の水の栄養塩濃度が経時的に変化したと考えられた。

水路水中の栄養塩濃度は、上流、中流、下流へと流れるにつれて低下していた。仮に、水が水路を流れる間に栄養塩が何にも除去されないとすると、どの地点の栄養塩濃度も同じはずである。このことから、水が水路を流れる間に栄養塩が除去されていたと考えられた。水路にはヨシ BF があり、水路中の栄養塩の減少に BF が影響していた可能性が示唆された。

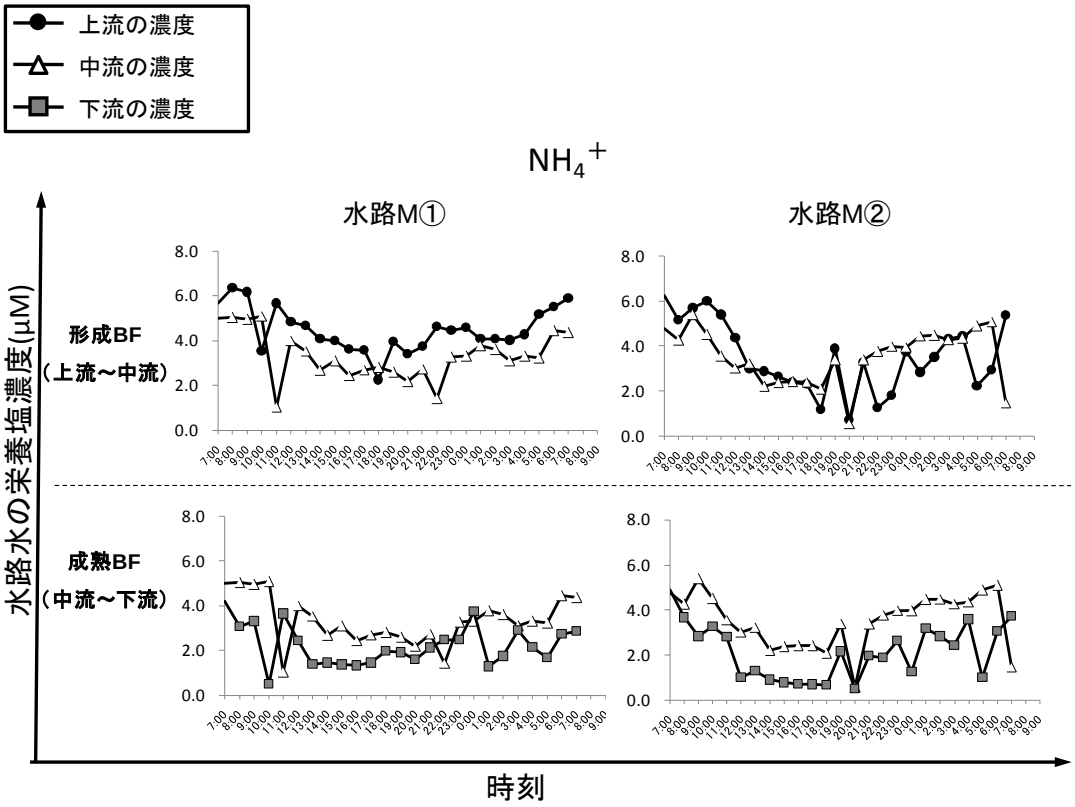


図 2-4-a　水路水中の NH_4^+ 濃度の経時変化

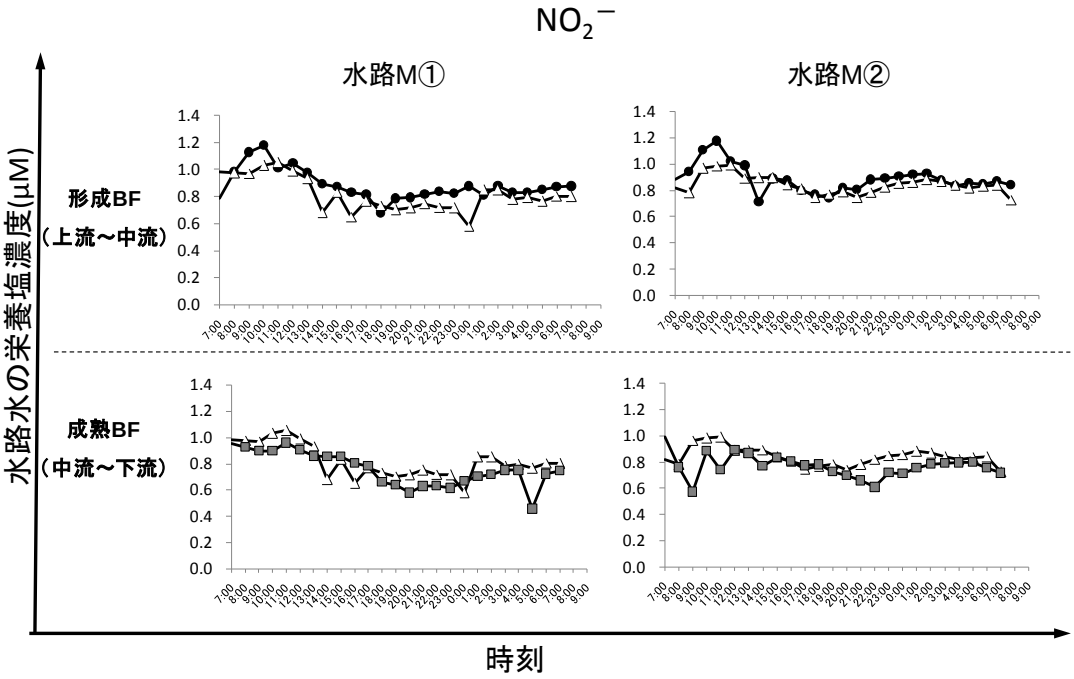


図 2-4-b　水路水中の NO_2^- 濃度の経時変化

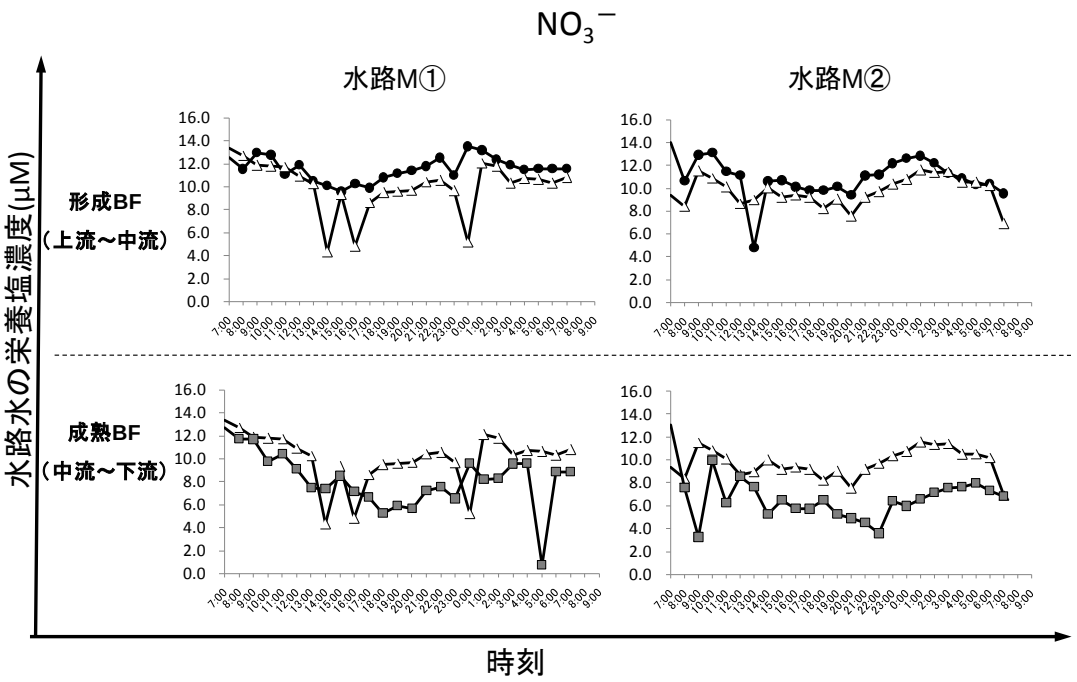


図 2-4-c　水路水中の NO_3^-濃度の経時変化

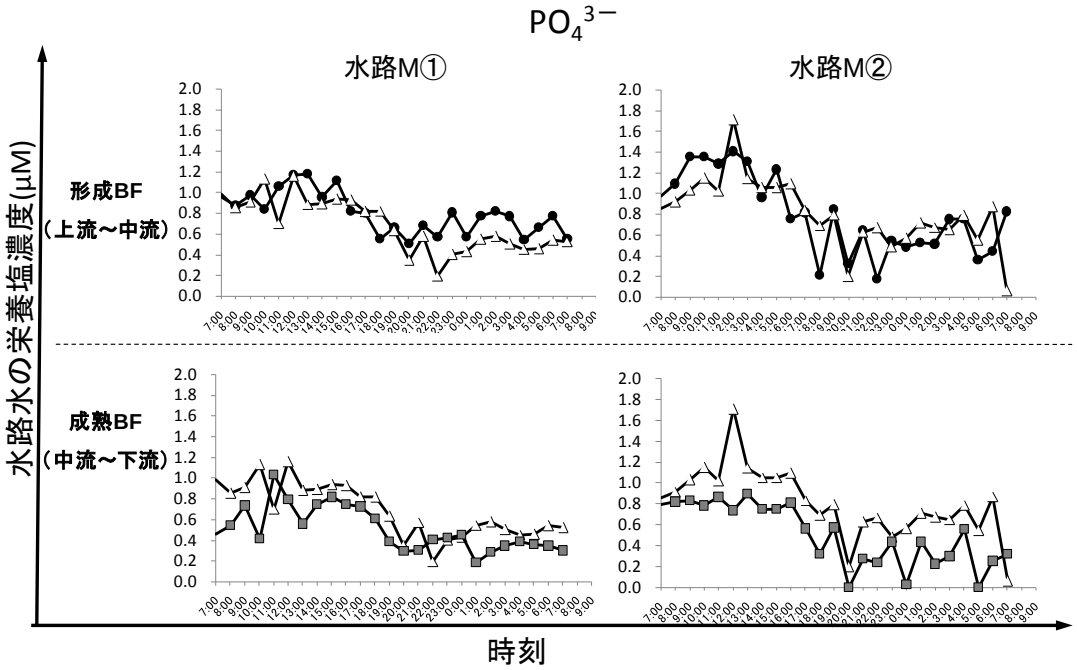


図 2-4-d　水路水中の PO_4^{3-}濃度の経時変化

4.3 栄養塩除去能

前述したように、BF が栄養塩を取り込んでいる可能性が示唆された。そこで、各水路の形成および成熟 BF 区画を通過する前の水路水中の栄養塩濃度から通過した後の栄養塩濃度を引くことで、水路水中の栄養塩濃度がどのくらい低下(もしくは上昇)したか算出した(図 2-5-a～図 2-5-d)。

形成 BF と成熟 BF 区画を比較すると、時間帯に関わらずどのイオン濃度も、成熟 BF 区画を通過した方がより低下していた。NH4＋、NO2－および PO43－に関しては、どの区画でも、ヨシ群落を通過後の水路水中のイオン濃度は、朝 7:00 頃から 19:00(日の入)頃までは低下していたが、19:00 頃から次の日の朝までは、ほぼ変化しない(もしくは上昇する)傾向が見られた(特に NH4＋、図 2-5-a,b および d)。一方、NO3－に関しては、形成 BF 区画では、その他のイオンと同様の傾向が見られたが(図 2-5-c　形成 BF)、成熟 BF 区画では、昼夜に関わらず常に、ヨシ群落を通過すると濃度の低下が見られた(図 2-5-c　成熟 BF)。

次に、各水路および区画の BF 中の栄養塩濃度の経時変化を調べた(図 2-6-a～図 2-6-d)。BF 中の栄養塩濃度は、どの区画およびどのイオンでも、水路水中の濃度と比較して数百～千倍高かった。形成 BF と成熟 BF を比較すると、どのイオン濃度もほぼ同程度であった。また、区画に関わらずどのイオンも、時間帯による大きな違いは見られなかった。

BF 中はポリマーによる周辺水からの物理化学的なイオンの濃縮により、栄養塩濃度が高くなる可能性が示されている(Hiraki et al. 2009、 Tsuchiya et al. 2009)。水路水中の BF でも同様のことが起こり、水路水中の栄養塩が BF 中に取り込まれた可能性が考えられた。このとき、水路水中の栄養塩濃度が（昼夜を問わず）形成 BF 区画を通過するよりも成熟 BF 区画を通過する方が低下したことから、成熟 BF の方が栄養塩をよく取り込む可能性が考えられた。各区画を通過した際の栄養塩濃度の変化量は時間によって異なっていた（特に昼夜で違いが大きい）ことから、BF による栄養塩の取り込みが時間とともに変化している可能性が考えられる。しかし、BF 中の栄養塩濃度は昼夜を通してほぼ一定であり、BF 中の栄養塩濃度と BF による栄養塩の取り込みの関係についてはよく解らなかった。但し、時間帯(昼間と夜間)による光量および水温の変化が、BF 中の微生物の代謝活性に影響し、BF による栄養塩の取り込みを変化させている可能性が考えられた。今後、水温および光量が、BF の栄養塩の取り込みにどのように影響するのかを明確に調べる必要がある。

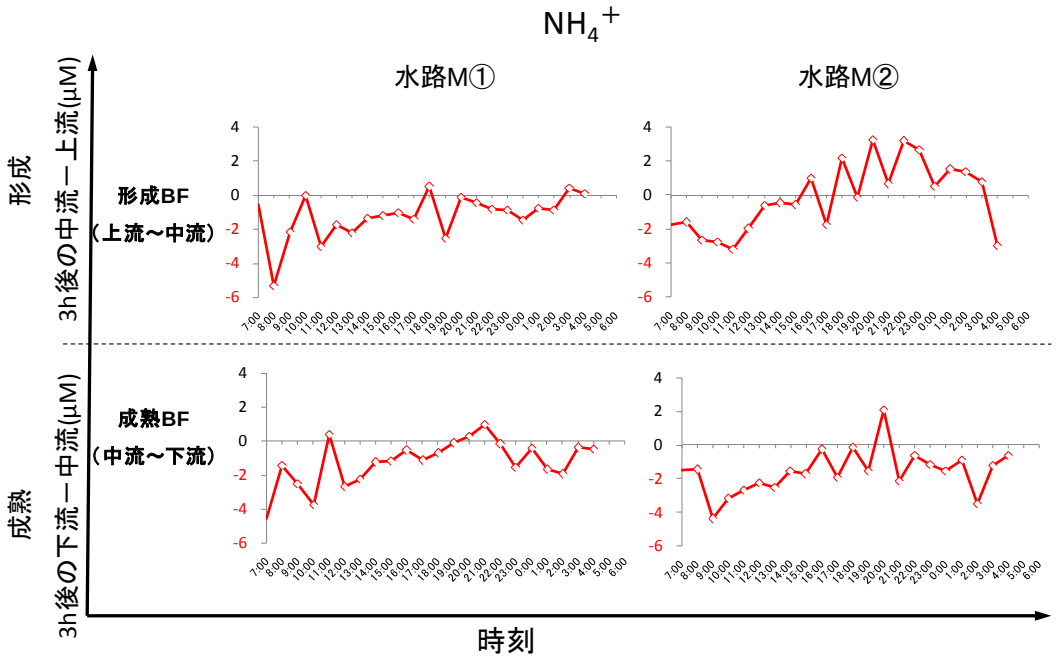


図 2-5-a　水路水中の NH_4^+ の濃度差（ヨシ群落を通過する前と通過した後を比較した値）

※プラス値は、低下せずに上昇したことを示す。

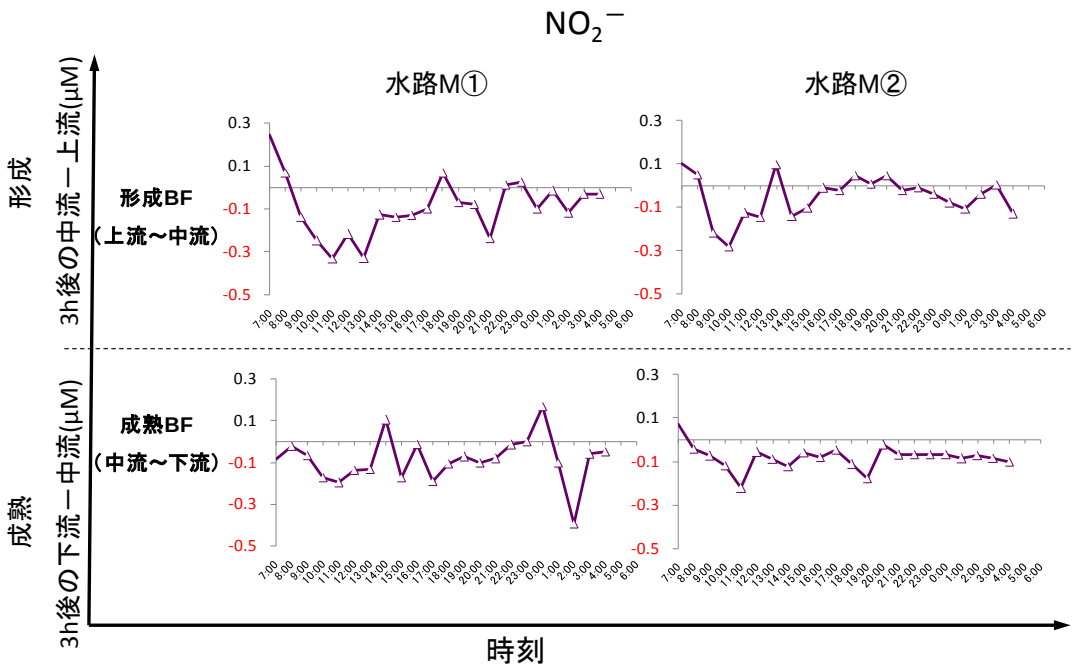


図 2-5-b　水路水中の NO_2^- の濃度差（ヨシ群落を通過する前と通過した後を比較した値）

※プラス値は、低下せずに上昇したことを示す。

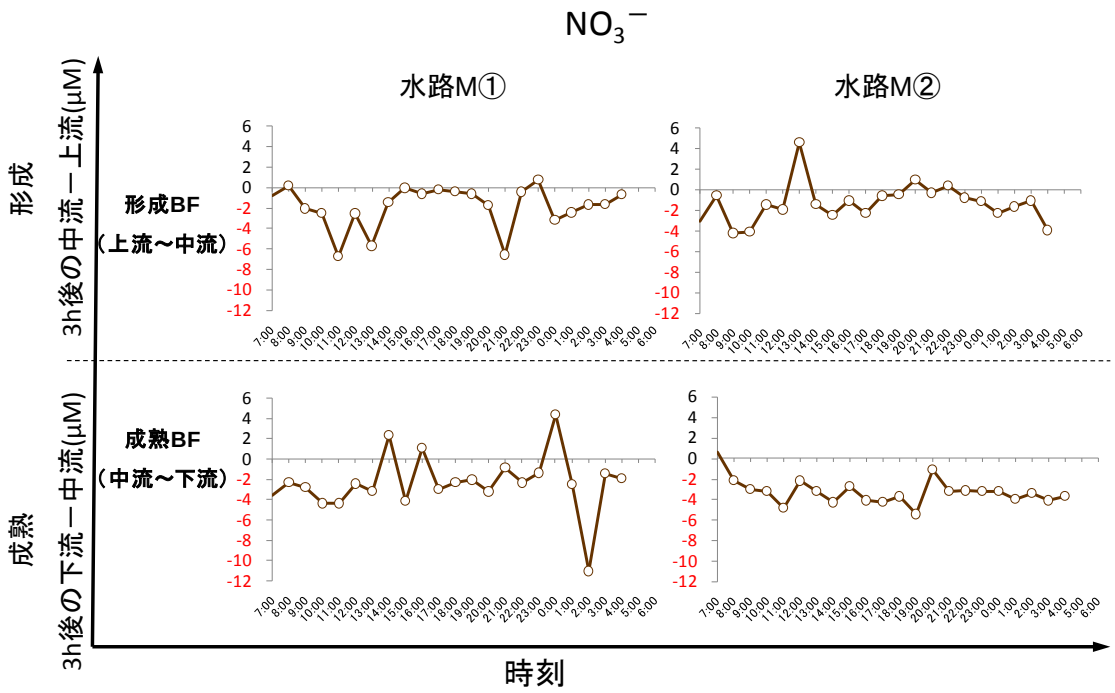


図 2-5-c　水路水中の NO_3^- の濃度差（ヨシ群落を通過する前と通過した後を比較した値）

※プラス値は、低下せずに上昇したことを示す。

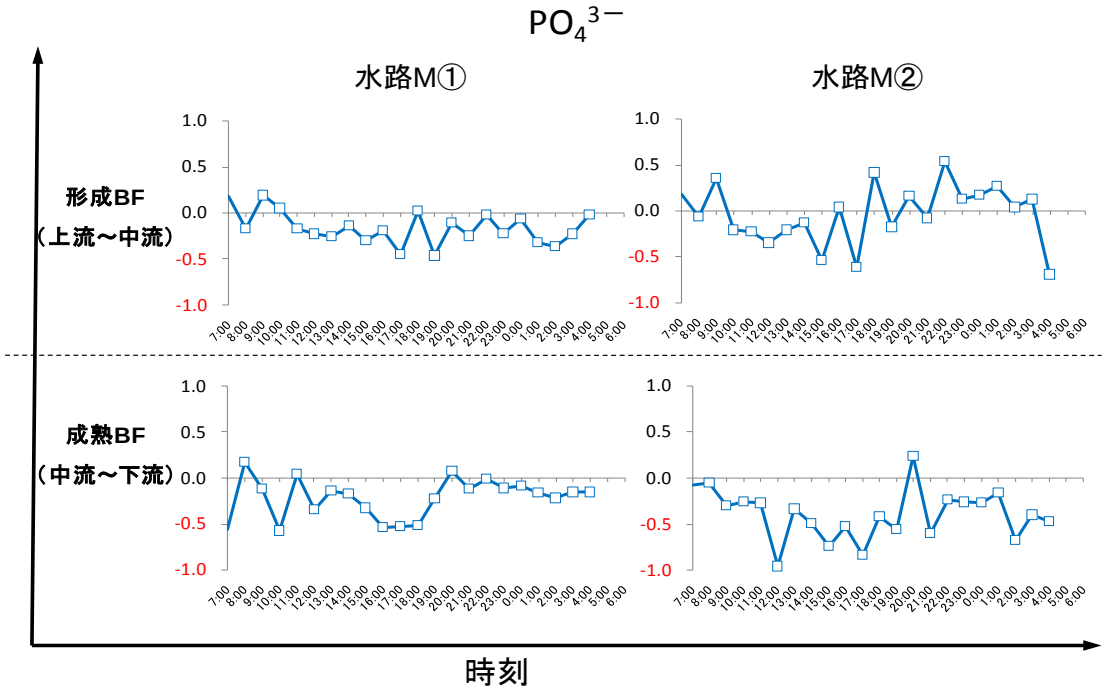


図 2-5-d　水路水中の PO_4^{3-} の濃度差（ヨシ群落を通過する前と通過した後を比較した値）

※プラス値は、低下せずに上昇したことを示す。

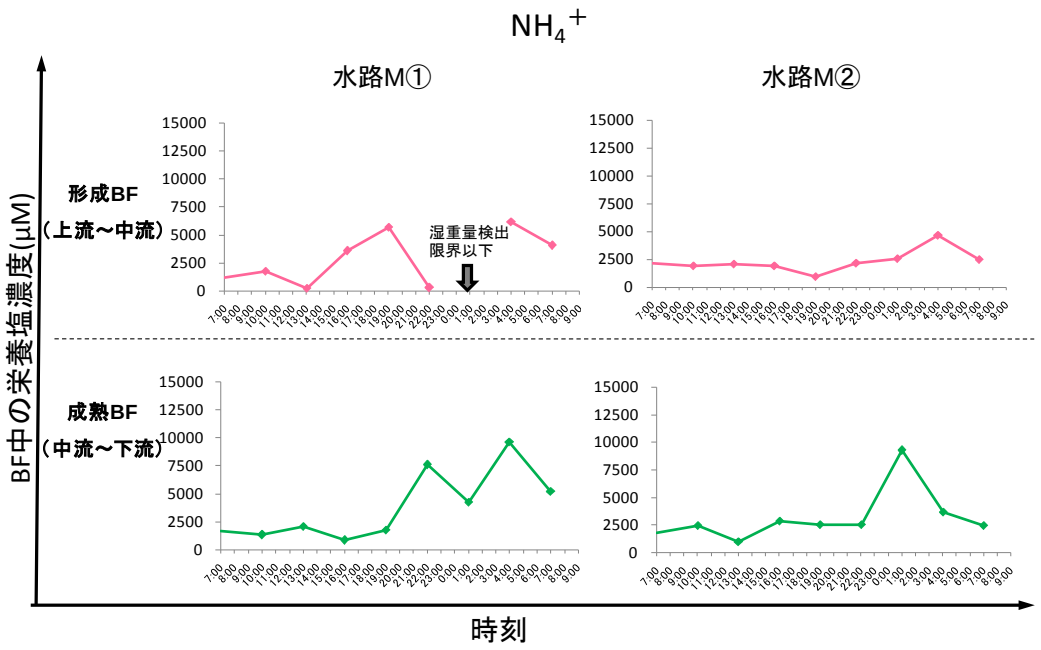


図 2-6-a　BF 中の NH_4^+濃度の経時変化

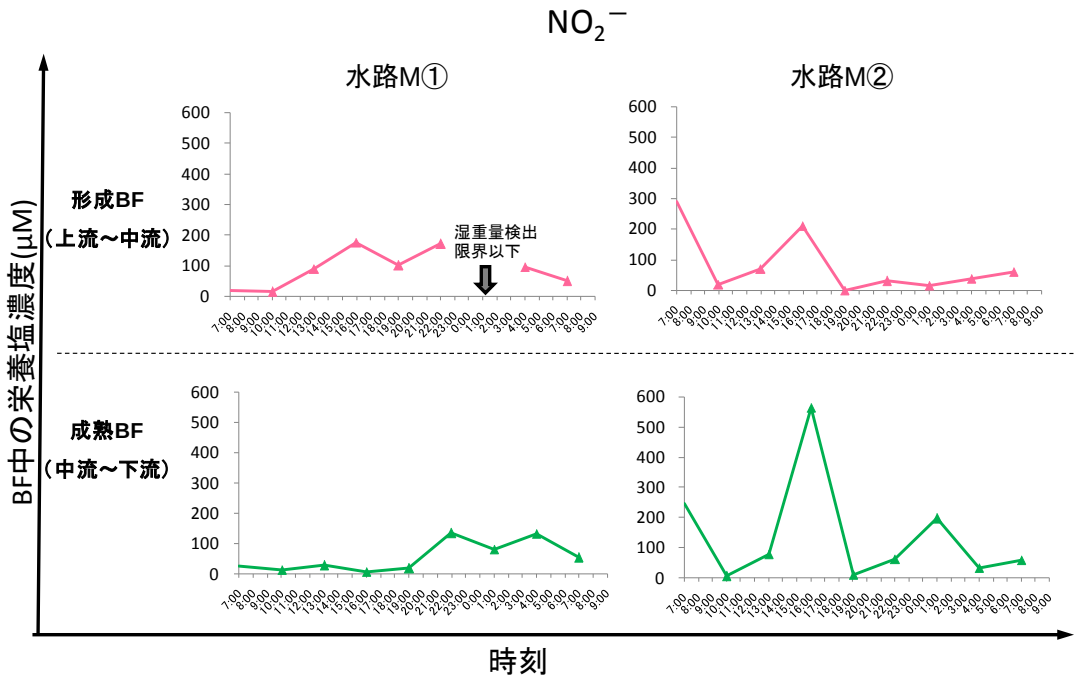


図 2-6-b　BF 中の NO_2^-濃度の経時変化

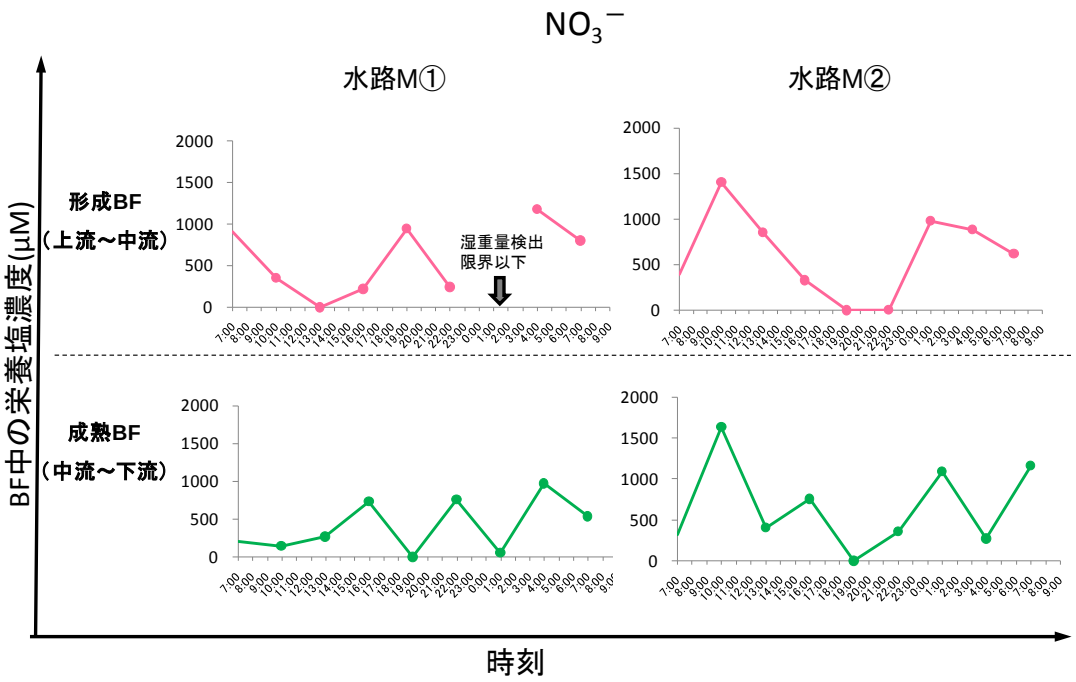


図 2-6-c　BF 中の NO_3^-濃度の経時変化

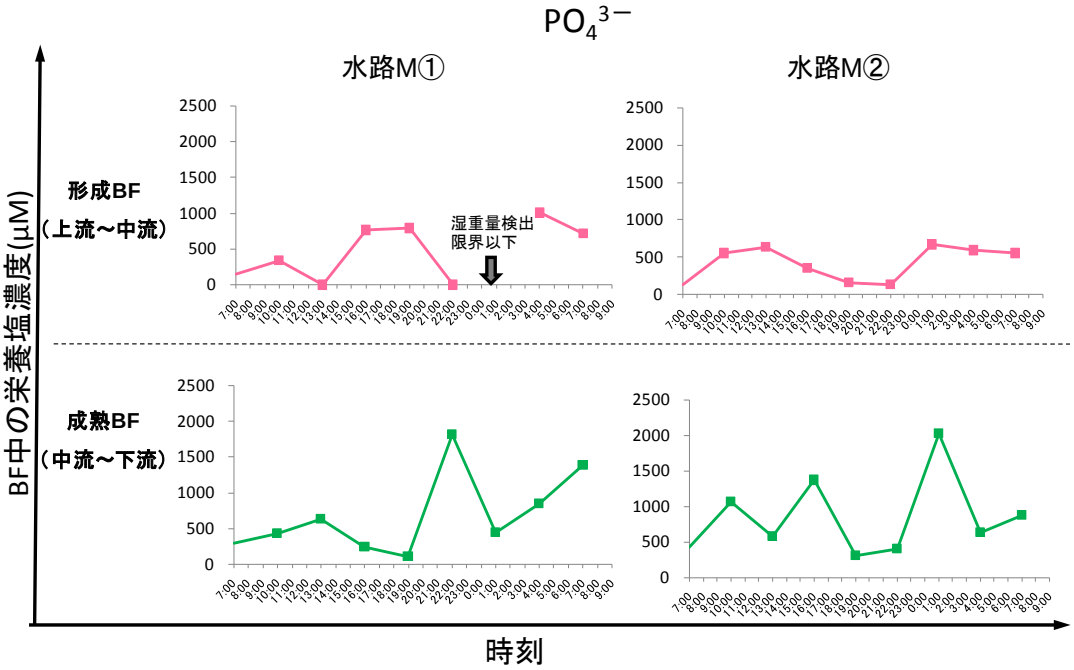


図 2-6-d　BF 中の PO_4^{3-}濃度の経時変化

水路全体の様子

水路に植栽したヨシの様子

参考文献

Yuki Tsuchiya, Makoto Ikenaga, Andi Kurniawan, Ayami Hiraki, Takanori Arakawa, Rie Kusakabe and Hisao Morisaki (2009). Nutrient-Rich Microhabitats within Biofilms Are Synchronized with the External Environment. Microbes and Environments, 24,43-51.

Ayami Hiraki, Yuki Tsuchiya, Yasuaki Fukuda, Tatsuya Yamamoto, Andi Kurniawan and Hisao Morisaki (2009). Analysis of How a Biofilm Forms on the Surface of the Aquatic Macrophyte Phragmites australis. Microbes and Environments, 24, 265-272.

実験担当者

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	水質浄化研究所次長	和田　桂子
	実験センター所長	今井　崇
立命館大学 生命科学部 界面微物学研究室	教　授	森崎　久雄
		大嶋　紫

４．土壌浄化実験（その 11）

１．目的

水質浄化法の１つである土壌浸透浄化手法について、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センターの土壌浄化実験施設およびその他の施設を用いて水質調査等を実施し、富栄養化の原因であるリンの削減効果を把握することを目的とする。

２．実験内容および施設諸元

実験は、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内に設置されている「土壌浄化実験施設」、「カラム実験装置」、「浸透ろ過装置」を用いた。

2.1　土壌浄化実験（土壌浄化実験施設　B、Cの各槽）

土壌浄化施設 B 槽（前処理施設）および C 槽（通水速度 1.5 m/日、上向流方式）について引き続き連続通水を実施し、土壌浄化施設の浄化性能および維持管理についての調査・試験を行った。また、C 槽（通水速度 1.5 m/日、上向流方式）については、赤玉土層の層別リン含有量試験を実施した。

2.2　カラム連続通水試験

リン除去性能及びリン吸着寿命を把握するため、赤玉土を用いたカラム連続通水試験を過年度に引き続き行った。

2.3　浸透ろ過実験装置を用いた土壌浄化実験

通水速度 10 m/日の高速負荷で通水した場合の赤玉土の水質浄化性能についてデータ収集を行った。原水の SS 分の除去は、透水性コンクリート中を上向流方式にて透過し、前処理水とした。

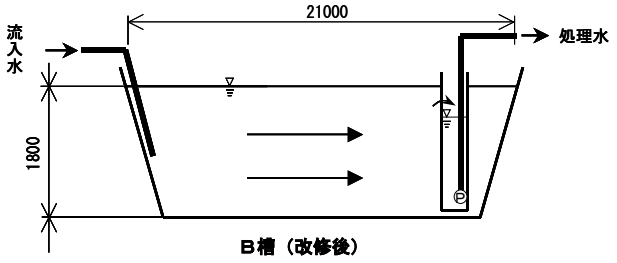
2.4 施設諸元

土壌浄化実験施設および各実験水槽における実験諸元を表 2.1～表 2.3 に、各施設構造の概念図を図 2.1～図 2.3 に示す。

表 2.1　土壌浄化実験施設諸元

実験施設	B　　槽	C　　槽
施設概要	○前処理施設 ・沈砂池を配置 ・他の層への送水配管を整備	○赤玉土壌槽による河川水浄化 ○上向流方式
規　　模	幅６ｍ×長さ20ｍ×深さ1.8ｍ	幅６ｍ×長さ20ｍ×深さ1.8ｍ
浄化水量	780ｍ^3/日	180ｍ^3/日
水面積負荷	6.5ｍ^3/ｍ^2・日	1.5ｍ^3/ｍ^2・日
通水方法	横流方式	上向流方式
実験設定	前処理（沈砂池）	実施設想定型
充 填 材	なし	赤玉土（0.8ｍ厚）
実験期間	H14.７.４（通水開始）～H23.３.28 ※平成22年１月29日～平成22年２月26日 補修工事により通水を停止(29日間)	H12.７.25～H13.２.21（211日間） H13.９.20～H14.３.４（165日間） H14.５.13～H15.３.31（内314日間） H15.４.１～H16.３.31（366日間） H16.４.１～H17.３.31（365日間） H17.４.１～H18.３.31（365日間） H18.４.１～H19.３.31（内339日間） H19.４.１～H20.３.31（366日間） H20.4.1　～H21.3.31(内350日間) H21.4.1　～H22.3.31(内336日間) H22.4.1　～H23.3.28(内351日間)

【Ｂ槽：前処理施設】



【Ｃ槽】

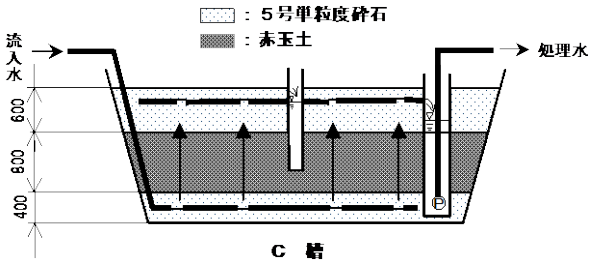


図 2.1　土壌浄化実験施設概念図

表 2.2　カラム実験装置諸元

項　目	諸　元
寸　　法 水面積負荷	内径100mm×長さ1.0m ５m^3/m^2・日
通水方法	下向流、飽和流
充填土壌厚	1.0m
設 置 数	１基
実験期間	【0.1mg/L原水】 H15.12.１～H23.３.28（2,674日間）

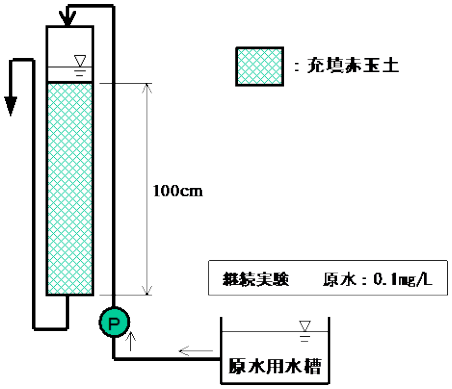


図 2.2　カラム実験装置概念図

表 2.3　浸透ろ過実験装置諸元

実験施設	浸透ろ過実験装置	
施設概要	○前処理として透水性コンクリートを用いた上向流方式の原水前処理機構 ○土壌浄化施設として、赤玉土の土壌層を設置 ○土壌層への物理的負荷軽減のため、上部構造と土壌層を分離する形状を採用 ○過年度実験結果における最高の処理通水可能速度10m/日での通水を試みる	
槽	前処理槽	赤玉土層
規　　模	幅１m×長さ３m×深さ1.35m	幅１m×長さ３m×深さ1.35m
浄化水量	30m^3/日	30m^3/日
水面積負荷	10m^3/m^2・日	10m^3/m^2・日
通水方法	上向流方式	下向流散水方式
実験設定	―	上部構造（７号単粒度砕石）と土壌層（赤玉土層）の間にパンチングメタルを敷設し、物理的負荷を軽減
充 填 材	透水性コンクリート （幅１m×長さ２m×厚み0.1m ※槽下部より高さ0.65mに設置 ※導水部幅0.5m、放流部幅0.5m）	赤玉土（0.75m）
実験期間	H18.6.15～H23.3.16(内1,735日間)	H18.6.15～H22.3.16(内1,729日間)

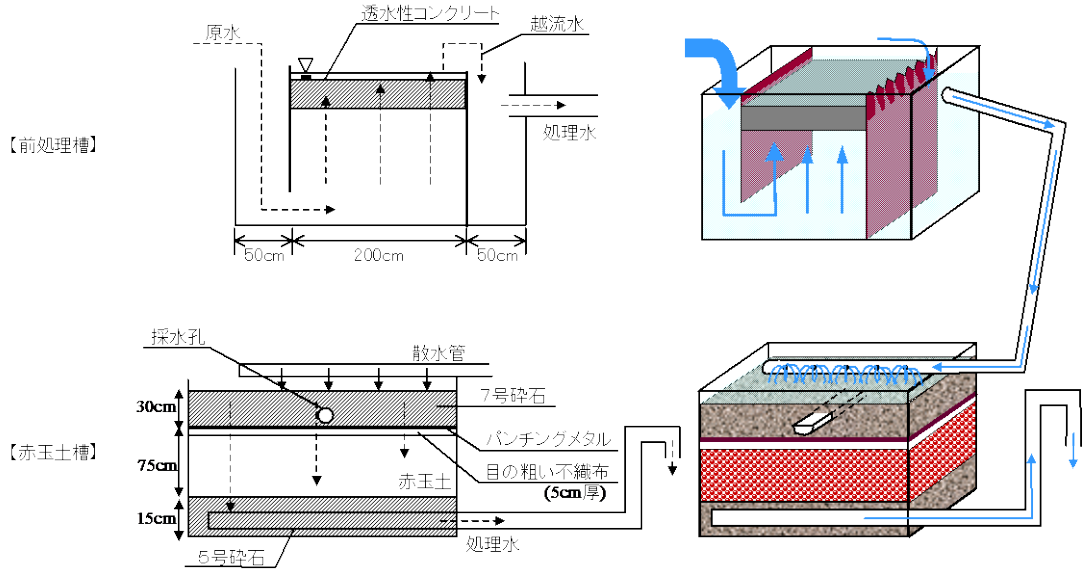


図 2.3　浸透ろ過装置概略図

3．　実験結果および考察

3.1　前処理施設の検討（土壌浄化施設 B 槽）

前処理施設における SS の平均除去率は、平成 14 年度～平成 21 年度が 0%～56.6%であり、今年度の 20.7%は通水期間を通じて平均程度の性能であった(図 3.1)。

今年度は流入濃度が低く、流出濃度も非常に低濃度にて推移した。平均流出濃度は 6.9mg/L であり、昨年度に引き続き土壌浄化施設への流入負荷は低かったものと推察される。また、冬季における粒子径の小さい懸濁物質の流入等による除去率の低下が今年度も確認された。

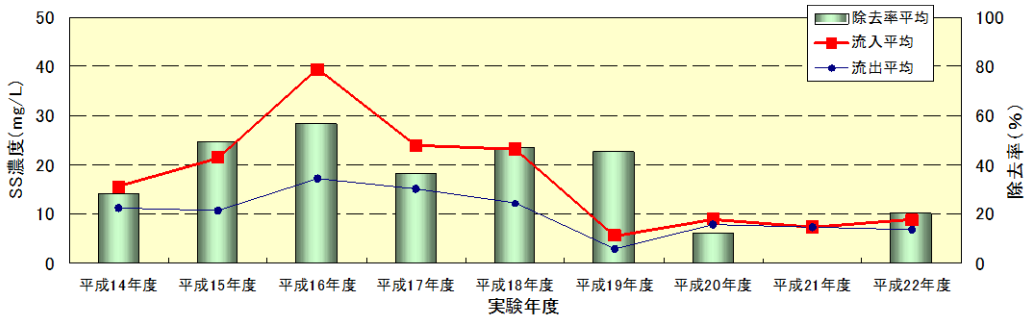


図 3.1　土壌浄化施設 B 槽　過年度の SS 推移（平均）

3.2　土壌浄化施設（C 槽）の検討

3.2.1　浄化持続性

土壌浄化施設 C 槽(上向流方式、通水速度 1.5 m/日)は、通水開始から延べ通水期間が 3,530 日(約 9.7 年)となる。一方、流入水濃度の変動（特に低濃度時）により除去率の低下が若干みられるものの、依然として除去性能は良好な状態にあると推察される。

リンの浄化効率は、除去率として平成 20 年度 35.1%、平成 21 年度 38.5%、今年度 40.9%であり、維持できていると考えられる。

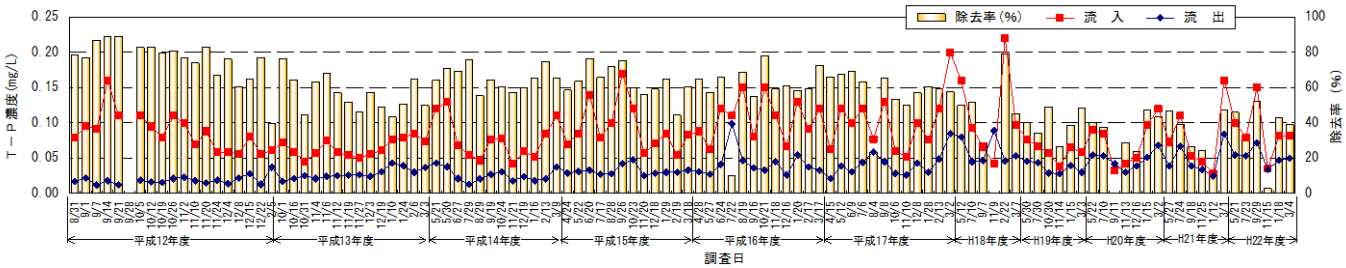


図 3.2　C 槽過年度　T-P の推移

3.3　カラム連続通水試験の検討

3.3.1　継続実験の水質浄化性能

平成 15 年 12 月 1 日から通水を開始した赤玉土を用いたカラム連続通水試験（通水速度 5 m/日、流入水濃度 0.1 mgP/L 調製）は、総通水日数が平成 23 年 3 月 28 日時点で 2,674 日間（約 7.3 年）となる。今年度の平均除去率は 36.6%（平均流入水質 0.101 mg/L、平均流出水質 0.064 mg/L）であり、リン除去性能を維持しているものの、過年度と比較すると除去率の低下、および流出濃度の上昇がみられた。このことから、赤玉土のリン吸着性能の低下が進んでいるものと示唆された。

表 3.1 原水濃度 0.1mg/L のリン除去率(年平均値)

【単位：mg/L】

		過年度							今年度
		H15.12.1～H16.3.31	H16.4.1～H17.3.31	H17.4.1～H18.3.31	H18.4.1～H19.3.31	H19.4.1～H20.3.31	H20.4.1～H21.3.31	H21.4.1～H22.3.31	H22.4.1～H23.3.28
流入水	PO_4－P 濃　度	0.081	0.125	0.108	0.119	0.114	0.103	0.117	0.101
流出水	PO_4－P 濃　度	0.005	0.006	0.009	0.024	0.038	0.053	0.054	0.064
	除去率（%）	93.6	95.2	91.7	79.8	66.7	48.5	53.8	36.6

3.4　浸透ろ過実験施設による浄化性能および維持管理性の検討

3.4.1　水質浄化性能

浸透ろ過実験は、通水速度 10 m/日の高速通水として実験を開始し、約 4.8 年が経過した。リンの除去性能は、徐々に低下し始めたものの、SS、COD、DOC 等の項目は、いまだ良好な除去性能を維持している。

本実験の前処理は、透水性コンクリートを用いた上向流方式の前処理機構を採用している。今年度の前処理槽の懸濁物除去効果は、SS 平均除去率が 7.1%であり、昨年度の 25.0%から低下していることが確認された(表 3.2)。

一方、土壌槽での水質浄化効果は、T-P 平均除去率が 37.1%と昨年度の 46.7%と比べ、若干の除去性能の低下がみられた(図 3.3)。土壌槽での SS の除去性能は、流入平均濃度が 3.9 mg/L と低濃度であるにもかかわらず、平均除去率 82.1%と良好な数値が得られた。他項目の除去性能についても概ね維持されているものと考えられ、10 m/日の高速連続通水は 4.8 年に亘るが、窒素を除き、良好な浄化性能を保っていることが示めされた。

表 3.2　平成 22 年度　浸透ろ過実験　水質分析結果（平均値）

項　　目		前処理槽			土壌槽	
		流入水	流出水	除去率（%）	流出水	除去率（%）
ＳＳ	(mg/L)	4.2	3.9	7.1	0.70	82.1
透視度	(cm)	82.8	83.8	—	100以上	—
ＣＯＤ	(mg/L)	-	3.7	-	2.7	27.0
Ｄ－ＣＯＤ	(mg/L)	-	2.5	-	1.9	24.0
ＤＯＣ	(mg/L)	-	1.9	-	1.5	21.1
Ｔ－Ｎ	(mg/L)	-	0.84	-	0.85	—
Ｔ－Ｐ	(mg/L)	-	0.062	-	0.039	37.1
Ｄ－ＴＰ	(mg/L)	-	0.035	-	0.028	20.0
PO_4－Ｐ	(mg/L)	-	0.029	-	0.025	13.8

注１）除去率算出時に負の値となったものは、除去効果が得られなかったとして「—」と表記した。（透視度は除去率算出なし）

注２）前処理槽 流入水はSS、透視度のみ調査項目。その他は「-」と標記した。

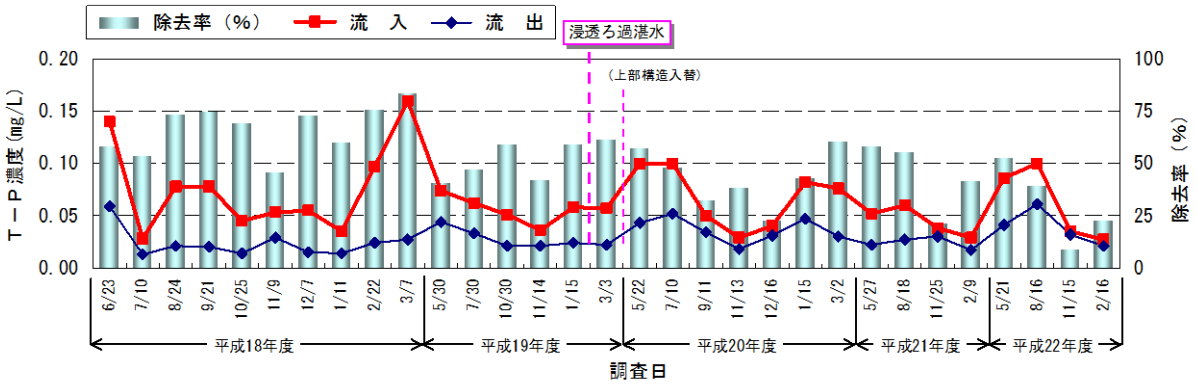
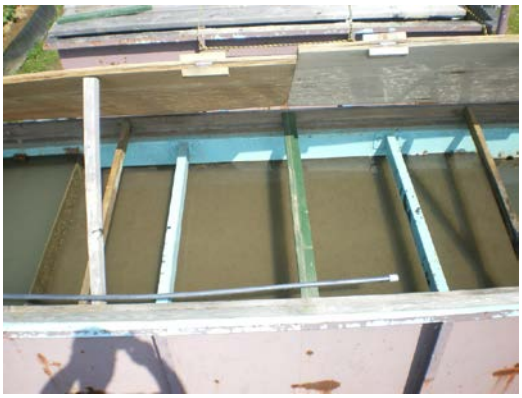


図 3.3　浸透ろ過　過年度の浄化性能の推移（T-P）

3.4.2 維持管理

(1) 前処理槽の通水性能確保

浸透ろ過実験における前処理は、透水性コンクリートを用いた方式を採用しているが、過年度の結果から、目詰まりによる越流を防ぐために、3 ヶ月に 1 回程度の頻度で逆洗が必要である。そのため、今年度は平成 22 年 4 月 27 日、7 月 26 日、10 月 26 日、平成 23 年 1 月 28 日に回復作業を実施した。



【洗浄前】

【曝気洗浄状況】

【吸引状況】

【洗浄後】

図 3.4　前処理槽の通水性能確保

(2) 赤玉土槽の通水性能維持

通水速度が 10 m/日である本実験では、通水開始後 624 日（約 1.7 年）経過後、平成 20 年 2 月 29 日に第 1 回目の湛水状態が発生した。これは砕石層上部（赤玉土上部の 7 号単粒度砕石）での閉塞によるものと考えられた。

さらに平成 22 年 5 月 21 日時点（通水開始後 1,436 日 ： 約 3.9 年）において 2 度目の閉塞が確認されたため、赤玉土槽の通水性能を維持すべく、平成 22 年 5 月 24 日～平成 22 年 5 月 26 日にかけて、上部砕石の洗浄作業を実施した。

・作業手順：①砕石取り出し、②ﾊﾟﾝﾁﾝｸﾞﾒﾀﾙ取り出し、③不織布取出し、
④赤玉土状況確認、⑤赤玉土表層の掻き取り、
⑥砕石、ﾊﾟﾝﾁﾝｸﾞﾒﾀﾙ、不織布の洗浄、⑦再設営、⑧再通水、⑨通水量確認

・洗浄用具：ポットミキサー

・備　考　：①赤玉槽表層の赤玉土 1～2cm 掻き取りを実施。
②洗浄後通水量は規定の 10m/日を確認した。

【砕石取り出し前】

【ﾊﾟﾝﾁﾝｸﾞﾒﾀﾙ洗浄状況】

【不織布洗浄状況】

【砕石洗浄状況】

図 3.5　赤玉土槽の通水性能確保

上部構造は主に前処理槽で捕捉しきれなかった SS 分の除去を目的として敷設されるものであるが、今年度の赤玉土壌槽における SS の除去率は 82.1%と、洗浄作業後も高い水準を維持しており、赤玉土層への流入負荷は軽減されているものと推察される。

浸透ろ過実験装置の上部構造（7 号単粒度砕石）は、赤玉土上部に敷設されているパンチングメタルにより分離されており、赤玉土とは直接接触しておらず赤玉土への物理的負荷を与えない構造となっている。また、分離されていることによりメンテナンス性が高く、上部構造の入替や洗浄措置を容易に行える利点があるといえる。

実験担当者

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構　水質浄化研究所次長　和田　桂子
実験センター所長　今井　崇

５．タナゴ類の増殖実験（４）

１．はじめに

近年、琵琶湖では侵略的外来魚の分布域の拡大や内湖の減少等の要因により、これまで内湖及びその周辺水域を主な生息場所としてきた在来魚類が大幅に減少している。中には局所的な絶滅に至った種もみられており、その例としてイチモンジタナゴが挙げられる。イチモンジタナゴ(*Acheilognathus cyanostigma*)は生きたドブガイ等イシガイ科の二枚貝の鰓に産卵するタナゴ亜科の在来魚で、かつては琵琶湖やその周辺水域に多数生息していたものの、数年琵琶湖内では殆ど採捕例がなく、2007 年 3 月に滋賀県の指定希少野生動植物種とされ、県内で採集禁止となった。また、2007 年 8 月に改訂された環境省レッドリストにおいて絶滅危惧 IA 類にランクアップされるなど、全国的にみても絶滅が危惧されている。

現在、琵琶湖において水辺の生息環境の保全や外来種駆除が行われているが、生息地の保全を進めると同時に、復元していくことが急務と考えられる。

そこで、滋賀県立琵琶湖博物館で系統保存されていた本種の個体群を 2007 年より借り受け、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以下、Biyo センター）において、増殖・再放流を将来的な目標とした増殖実験を開始した。実験の結果、イチモンジタナゴは特にヌマガイを産卵母貝として利用して繁殖すること、系統保存された個体群が Biyo センターのような野外環境においても増殖可能であることが確認された。2008 年は、2007 年に引き続きイチモンジタナゴの増殖実験を実施するとともに、タナゴ類が繁殖しやすいように野外の生息環境を改善・創出する技術の確立を目指し、琵琶湖型池において外来魚の駆除を実施し、その効果の検証を行った。2009 年度からは、琵琶湖への再放流に向け、より自然に近い琵琶湖型池を利用し実験を継続した。

なお、再放流については日本魚類学会において放流ガイドラインが作成されており、学術的な合意形成が必要となるが、今回のイチモンジタナゴはその由来から合意形成可能と考えられ、取り組みがガイドラインに沿った再導入の先駆的事例となることが期待される。

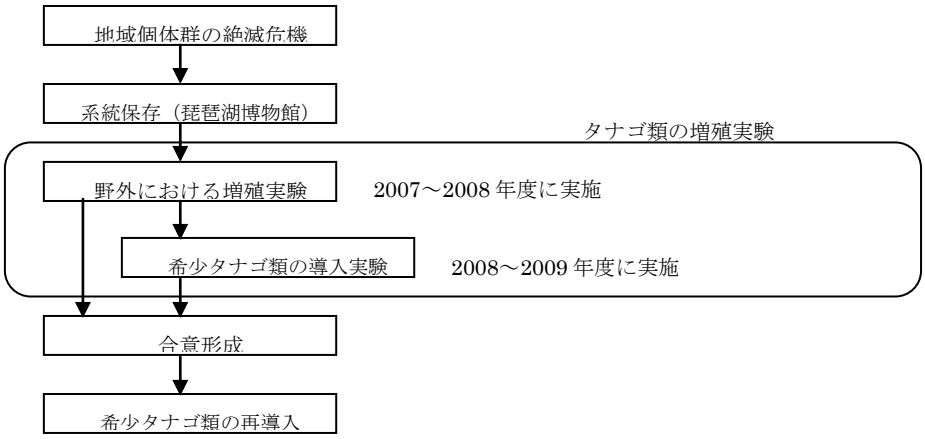


図１　希少タナゴ類（イチモンジタナゴ）再導入までの流れ

２．過去の実験概要

2.1　2007 年度(平成 19 年度)実験概要と結果

2.1.1　実験概要

琵琶湖では生息環境の悪化や外来種の侵入によりタナゴ類が減少している。そこでタナゴ類を増やすために、より産卵しやすい二枚貝の特徴を明らかにすることを目的に実験を行った。同時に長期間にわたる観察実験も行った。

実験期間　2007 年 3 月 31 日～2008 年 3 月 31 日まで
実験場所　深池型浄化実験施設
放流魚　　イチモンジタナゴ(琵琶湖博物館より借用－オス 20 匹、メス 80 匹)
使用貝　　タテボシガイ、ヌマガイ―(琵琶湖に多い 2 種類)

【実験１：二枚貝選好性実験】

イチモンジタナゴが好む二枚貝を明らかにするために、タテボシガイとヌマガイを用いて二枚貝の選択実験を行った。タナゴと二枚貝を導入し産卵させ、二枚貝軟体部の観察により、産卵数を推定した。実験は、1 週間ごとに複数回（5～10 回）繰り返し、1 週間経過後に貝を回収した。初回オス 5 匹、メス 5 匹からスタートし、その都度、貝開きにより二枚貝内部の卵，仔魚を計数した。

【実験２：継続観察】

野外での系統保全池設置に必要な知見を得る為の実験を行った。保全池に適した、二枚貝種を選定する事に注目し、イチモンジタナゴと二枚貝（ヌマガイ，タテボシ）をそれぞれ導入し，長期的（1 シーズン）観察した。実験は 2 実験区で行った。

2.1.2　実験結果まとめ

・二枚貝選好性実験で、ヌマガイのみに産卵、タテボシガイは産卵しなかった。なお、産卵開始は 4 月 9 日であり、卵・仔漁が確認されたヌマガイ 1 個体あたりの卵・仔漁数が最も多くなったのは 5 月 29 日であった。貝の選考はやや大型のヌマガイに産卵した。(図 2-1、図 2-2)

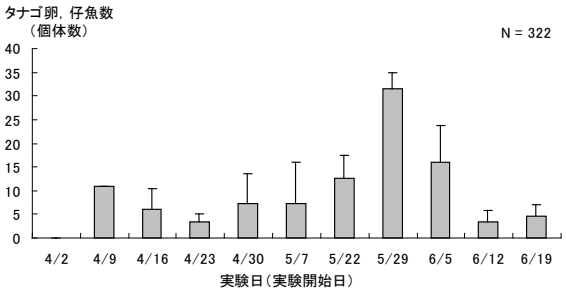


図 2-1　卵・仔魚が確認されたヌマガイ
１個体あたりの卵、仔魚数

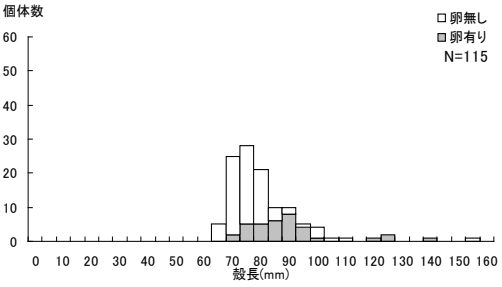


図 2-2　ヌマガイ殻長分布

・11 月 3 日まで継続観察した池では導入時 8 個体であったが、最終的に 144 個体にまでイチモンジタナゴが産卵、成長していた。この池ではヌマガイを使用しており、選好性実験と同様の結果となった。一方タテボシガイを使用した池では産卵は確認できず、早期に実験を終了することになった。

2.2　2008 年度(平成 20 年度)実験概要と結果

2.2.1　実験概要

昨年度の実験では、深池型実験施設の一部を利用し、イチモンジタナゴの増殖を行った。しかしながら、放流した数が 4～5 匹/実験区であったため多様性が確保されていない点が問題となる。そこで 2008 年度はより広い水路型浄化実験施設において、100 匹のイチモンジタナゴを放流し長期間の増殖実験を行った。

実験期間　2008 年 5 月 21 日～2009 年 4 月 23 日まで
実験場所　水路型浄化実験施設
放流漁　　イチモンジタナゴ 100 匹(オス 50 匹、メス 50 匹)
使用貝　　ヌマガイ 100 個体

【実験：継続観察】

野外での系統保全池設置に必要な知見を得る為の実験を行った。2008 年 5 月 21 日にイチモンジタナゴと個体識別したヌマガイを放流した。ヌマガイについては 6 月 16 日、8 月 26 日、11 月 12 日、11 月 22 日、3 月 15 日に引き上げ、イチモンジタナゴの卵・仔漁等を観察した。一方イチモンジタナゴは 5 月 21 日、6 月 16 日、8 月 26 日、11 月 12 日、3 月 15 日に個体数・サイズ等を観察した。実験時の様子を図 2-3 に示す。

実験池

ネット・スダレ掛け

採集した稚魚

調査風景

図 2-3　2008 年度実験写真

2.2.2　実験結果まとめ

・産卵状況

二枚貝を導入した 100 個体から計 30 個体を抜き取り、軟体部の観察を行った（2008 年 6 月 16 日）。その結果、ヌマガイ 11 個体においてイチモンジタナゴ卵 27 個体、仔魚計 83 個体、併せて 101 個体が確認された。イチモンジタナゴ仔魚の発生ステージから、ヌマガイ 2 個体において複数回の産卵が考えられた。イチモンジタナゴによるヌマガイの利用率は約 37%とやや高かったが、導入した二枚貝数が不足しているとは考えられなかった。

・ヌマガイの成育状況

個体識別を施したヌマガイについて、実験開始時（2008 年 5 月 21 日）及び終了時（2009 年 3 月 15 日）の重量、殻長変化をそれぞれ図 2-4 に示した。重量は開始時に 74.66±26.52（平均±SD）g、終了時に 81.03±21.68g であり、有意に増加した。

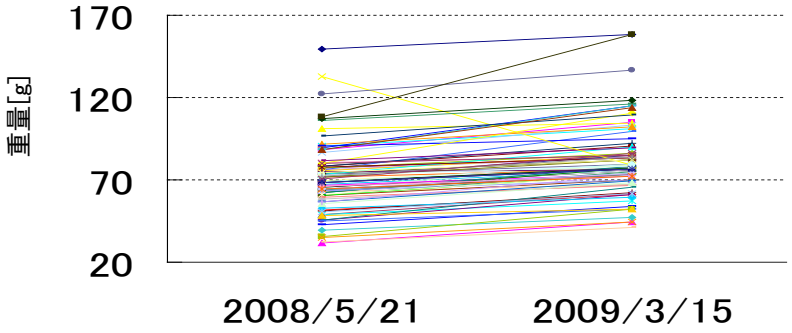


図 2-4　ヌマガイの重量変化

・イチモンジタナゴの個体数

2009 年 4 月 23 日に最終確認を行ったところ 1550 匹のイチモンジタナゴが観察された。

2.3　琵琶湖型池（2009 年度（平成 21 年度））の実験概要と結果

2.3.1　実験概要

2009 年度では、タナゴ類が繁殖しやすいように野外の生息環境を改善・創出する技術の確立を目指して、琵琶湖への再放流のステップとして、より自然に近い琵琶湖型池での導入実験および魚類モニタリング調査を実施した。なお、実験期間中において、琵琶湖型池からイチモンジタナゴの移出を防ぐため、流入量の制限や移出防止ネットなどの対策を講じた。以下に概要を示す。

実験期間　　2009 年 3 月 15 日～2010 年 3 月 31 日

実験場所　　琵琶湖型池

放流漁および放流貝

放流日①　　2009年3月15日

放流魚・貝　・イチモンジタナゴ300匹(オス、メス各150匹)、

・ヌマガイ111匹、タガイ9匹 計120匹

放流日②　　2009年4月23日

放流魚・貝　・イチモンジタナゴ700匹

【実験：継続観察】

野外での系統保全池設置に必要な知見を得る為の実験を行う。2009 年 3 月 15 日に実験を開始した。調査は、2009 年 6 月 10 日(春調査)、2009 年 8 月 26 日(夏調査)、2009 年 11 月 26 日(秋調査)、2010 年 2 月 23 日(冬調査)をそれぞれ行った。さらに別途 2009 年 5 月 20 日に目視による観察を、2009 年 7 月 19 日に任意調査を行っている。主な調査項目を下記に述べる。

・孵化仔魚の確認（目視、同定（イチモンジタナゴ or タイリクバラタナゴ））
・貝のサンプル調査（両貝の個体数、タナゴ類産卵の有無）
・イチモンジタナゴの個体数（成魚、稚魚別）、全長
・魚種別個体数（アメリカザリガニ等の魚類以外の生物は種類のみ確認）
・二枚貝の生息・繁殖状況、ブルーギルの産卵床の有無

2.3.2　実験結果

イチモンジタナゴの産卵状況

イチモンジタナゴは、春調査で 2 個体（稚魚）、任意調査で 2 個体の合計 4 個体しか確認されず、1000 個体放流したにもかかわらず、少なかった。稚魚すくい、貝内の卵・仔魚調査でも確認できず、産卵した形跡はなかった。

一方、タイリクバラタナゴは、夏調査で稚魚すくいとタモ網で採集、秋調査、冬調査でもタモ網で採集された。また、貝内の卵・仔魚調査でも 7 月予備調査、夏調査で仔魚が確認され、イチモンジタナゴより確実に産卵していた。

・その他採集されたもの

ツチフキ、メダカ、タイリクバラタナゴ、ブルーギル、ウキゴリ、ヌマムツ、ヌマエビ・スジエビ、テナガエビが採集され、中でもツチフキとメダカは多く採集され、琵琶湖型池で確実に産卵している。入水口の防御ネットの効果は、ほとんど機能していないが、ブラックバスについては、調査の中では採集されず効果があったと考えられる。魚以外では、ザリガニが大量に捕獲された。

・貝調査

放流した貝が多く死亡し（約 4 割）ている。ザリガニに被害を受けた形跡があり、ザリガニの駆除は、今後の重要課題である。

３．琵琶湖型池（2010 年度(平成 22 年度）の実験内容

3.1　目的

2010 年度も、昨年度に引き続き、タナゴ類が繁殖しやすいように野外の生息環境を改善・創出する技術の確立を目指して、より自然に近い琵琶湖型池での導入実験および魚類モニタリング調査を実施した。

3.2　方法

昨年度 Biyo センター琵琶湖型池に放流したタナゴ類と貝類について、今年度も引き続きモニタリングした。調査日は 2010 年 6 月 27 日(春調査)、2010 年 7 月 24 日(夏調査)、2010 年 10 月(秋調査)である。調査項目は以下のとおりである。なお魚類の捕獲には春調査にはセル瓶 22 個×30 分、タモ網 30 分×2 人、投網 5 回を行い、夏調査にはセル瓶 13 個×30 分、タモ網 30 分×2 人、投網を行った。秋調査は池干しを行ったためタモ網のみ使用した。

【魚類調査項目】

・イチモンジタナゴの個体数（成魚、稚魚別)、全長

・魚種別個体数（アメリカザリガニ等の魚類以外の生物は種類のみ確認）

【貝類調査項目】

・貝のサンプル調査（ドブガイ、タテボシガイの個体数、タナゴ類産卵の有無）

【その他】

・二枚貝の生息・繁殖状況、ブルーギルの産卵床の有無

４．2010 年度(平成 22 年)実験結果

4.1　実験結果

表 4-1 に漁類の採集結果を示す。秋調査においてイチモンジタナゴ 5 匹（いずれも成魚）が採取された。サイズは 88.45㎜、89.57㎜、98.50㎜、90.40㎜、88.50㎜ であり、平均は 91.08㎜であった。

さらに表 4-2 に貝類の採取結果を示す。コドラート調査、任意調査では春よりも夏の方が多くの個体を採取できた。貝内に産卵が確認されたのはタイリクバラタナゴのみであった。

表 4-1　魚類採集結果

和名	学名	春調査		夏調査		秋調査
		セル瓶	投網・タモ網	セル瓶	投網・タモ網	池干し＋タモ網
イチモンジタナゴ	*Acheilognathus cyanostigma*					5
タイリクバラタナゴ	*Rhodeus ocellatus ocellatus*	2	多数	2	多数	394
カネヒラ	*Acheilognathus rhombeus*					18
ツチフキ	*Abbottina rivularis*	1	多数	1	多数	2340
ウキゴリ	*Gymnogobius urotaenia*	3	多数	3	多数	665
オイカワ	*Zacco platypus*					11
モツゴ	*Pseudorasbora parva*					
フナ	*Carassius sp.*					3
スゴモロコ	*Squalidus chankaensis biwae*					
タモロコ	*Gnathopogon elongates*					3
ヌマムツ	*Zacco sieboldii*					21
ハス	*Opsariichthys uncirostris*					
カマツカ	*Pseudogobio esocinus*					
ニゴイ	*Hemibarbus barbus*					
コイ	*Cyprinus carpio*					1
ナマズ	*Silurus asotus*					
メダカ	*Oryzias latipes*				多数	150
カムルチー	*Channa argus*					
オオクチバス	*Micropterus salmoides*					
ブルーギル	*Lepomis macrochirus*					**多数1560**
アメリカザリガニ	*Procambarus clarkia*					多数
ウシガエル	*Rana catesbeiana*					約2000匹

は外来種

表 4-2　貝類調査結果

春調査

	コドラート調査		任意調査		合計	
	採取貝	死亡貝	採取貝	死亡貝	採取貝	死亡貝
ヌマガイ	1 (0)	8	19 (13)	21	20 (13)	29
ヌマガイ(No無し)				21		21
タテボシガイ	4 (1)	5	3 (0)	4	7 (1)	9
オトコタテボシガイ						
不明		3		3		6

夏調査

	コドラート調査		任意調査		合計	
	採取貝	死亡貝	採取貝	死亡貝	採取貝	死亡貝
ヌマガイ	7 (2)	11	10 (7)		17 (9)	11
ヌマガイ(No無し)						
タテボシガイ	3 (0)	24	18 (6)		21 (6)	24
オトコタテボシガイ	3 (1)		1 (0)		3 (1)	
不明		0				

秋調査

	池干し調査	
	採取貝	死亡貝
ヌマガイ	1	8
ヌマガイ(No無し)		
タテボシガイ	40	
オトコタテボシガイ		
不明		

※秋調査は貝内の卵・仔魚みつからず

※()内はタイリクバラタナゴ卵または仔魚が確認された貝数

4.2　実験結果まとめ

4.2.1　イチモンジタナゴの回収、産卵状況

昨年度は 4 回の調査中、春調査で 2 個体（稚魚）、7 月 19 日の予備調査で成魚 2 個体は確認されたが、1000 個体放流したことを考えれば予想外に少なかった。

本年は、春調査、夏調査とも孵化仔魚、貝内の卵・仔魚調査でも確認できなかった。最終池干し調査で、イチモンジタナゴの成魚は 5 匹しか採集されず、実験は残念ながら予想外の結果に終わった。調査では昨年 7 月を最後に成魚、産卵貝内の卵・仔魚調査とも採集されていないことから放流後、速い段階でいなくなった可能性が高い。いなくなった理由には、1. 病気等による死亡、2. サギ類、カワウの襲来、3. ザリガニ、ウシガエルの影響、4. 密漁、5. 水質悪化等が推測できるが、死体が浮いた形跡もなく、ザリガニ、ウシガエルの影響は、琵琶湖型でタイリクバラタナゴが繁殖していること、他の施設ではウシガエル（企業所有ため池）、ザリガニ（ぼてじゃこビオトープ）と共存してもイチモンジタナゴが繁殖していることなどを考えると理由は明らかでない。なお、タイリクバラタナゴは、夏調査で稚魚すくいとタモ網で採集、秋調査、冬調査でもタモ網で採集された。また、貝内の卵・仔魚調査でも 7 月予備調査、夏調査とも卵・仔魚が確認され、最終池干しでは、394 匹確認され、繁殖力旺盛であった。

4.2.2　その他採集されたもの

ツチフキ、メダカ、タイリクバラタナゴ、ウキゴリ、ヌマムツ、ヌマエビ・スジエビ、テナガエビが採集され、中でもツチフキ、ウキゴリ、メダカは多く採集された。外来魚はブルーギルが大量に捕獲されたが、ブラックバスは採集されなかった。魚以外では、ザリガニとウシガエルのオタマジャクシが大量に捕獲された。

琵琶湖型池は、2 年前に池干しを実施、その後、約 6 ケ月間水を止め、外来魚等が入らないよう防御ネットを設置したが、ブラックバス以外は効果なく卵、仔魚の段階で侵入し、二年間で多くの種類が戻っているほか魚種の入れ替えが顕著であった。

4.2.3　貝調査

今年度は 6 月、7 月調査でヌマガイ 77 個体回収うち 40 個体死亡（51.9%）しており死亡率が高い。回収した貝の縁がかじられた跡があり、ザリガニの被害にあったほか池は軟泥底のうえ、アオミドロが堆積するなど貝の成育環境は好ましいとは言えない。

4.2.4　今後の予定

琵琶湖型池に関しては、1 年目に少数の仔魚を確認したが、その後イチモンジタナゴをほとんど確認することが出来なかった。この理由として二枚貝類の繁殖に適さない環境(底質やザリガニ等)であったこと、タイリクバラタナゴやブルーギルの侵入などが考えられる。いずれにしろ、生物多様性保全活動は継続的なモニタリング調査を行いながら、粘り強く行っていく必要があり、そのための琵琶湖型池に適した管理方法の開発や、管理主体の構築と合意形成を行う事は、2 年間では難しかった。また、野外で持続的に存続する保全池を目指す場合、どのような種をどれくらいの個体数放流すべきかについての知見を得る必要がある。

4.3　4 年間の実験まとめ

・4 年間の Biyo センター共同実験において、琵琶湖博物館（松田、秋山、中井各学芸員）や北島淳也氏のご指導により、はじめて研究分野に突入でき、また、実験を通じ若い世代と交流が出来た。

・イチモンジタナゴは、実験を通じ、環境さえ整えてやれば増殖はそれほど難しくなく、繁殖保存池も確保でき、全体としては増殖実験は概ね成功した。

・ただ、琵琶湖型池の実験が不成功に終ったこと、比較的狭い施設で増殖実験をしているため、個体が小さくなっている。リスク分散から、新たな保存施設の確保が必要など課題も残った。

・2 年目から実験と平行して野外での繁殖・保存に取組み、ぼてじゃこビオトープの設置、企業所有ため池でも繁殖に成功し、イチモンジタナゴを琵琶湖や流域河川への復元放流への足掛かりができ、新しいステージに踏みこめた。

・滋賀県は、ホンモロコ、ニゴロブナなど水産資源は栽培・放流事業を積極的に取組んでいるが、タナゴ類など非水産魚種の放流はほとんど行われていない。また、最近では遺伝的系統

関係に配慮しない、個人レベルの放流も多いことから、魚類学会の放流へのガイドラインや滋賀県の条例・規則などに則り野生復帰を目的とした放流の良き先例となるようにいたしたい。

・放流への道筋には、放流への合意形成、放流地の選定など課題も多く、各分野の意見を聞けば聞くほど難問が山積となり、ハードルは高い。また、専門的知識に乏しいことや資金面から、覚悟が必要である。

2010年7月より琵琶湖博物館と協働で環境省の野生復帰のモデル事業に加わることになり、それ以降は琵琶湖博物館と協議しながら活動してきたが、今後も同様に協議しながら次のような活動を予定している。

① 企業ビオトープでの増殖実験開始
② 繁殖、保存のためのため池探し、ため池生物調査の継続
③ 大津市堂町ため池近辺のため池、河川調査を実施したい
④ 琵琶湖淀川水系産イチモンジタナゴの遺伝的系統関係の解析
⑤ 滋賀県内のイチモンジタナゴの生息調査を継続実施
⑥ 「イチモンジタナゴ野生復帰に向けて」シンポジウムの開催
⑦ イチモンジタナゴ有識者検討会の立上げ、野生復帰にむけての検討
有識者、行政担当者、ぼてじゃこトラスト会員ほか

実験担当者

財団法人　琵琶湖・淀川水質保全機構　　実験センター所長　　今井　崇
ぼてじゃこトラスト（会長　竺　文彦）
武田　　繁
遠藤　真樹
田中　治男
木村　絵美
中園　健治
中村　聡一

実験指導　　名古屋大学　北島淳也
協　　力　　琵琶湖博物館

６．富栄養化防止のための新規アルミニウム系化合物によるリン酸イオンの回収実験（３）

１．目的

本研究は枯渇かつ有限資源であるリンに着目し、その回収および再資源化技術の開発について検討するものである。本年度は、過去３年間の実証実験の結果に基づき、新規アルミニウム系化合物の創製およびその実証実験における有用性について検討を予定していた。しかし、新規アルミニウム系化合物の創製に関してはその新規性が認められなかったために、吸着剤には近畿大学薬学部公衆衛生学研究室でアルミニウム系化合物（ベーマイト：BE）を結合剤で創製した G-BE を使用した。(G-BE は，2009 年度の実証実験に使用済であり、リン酸吸着能を保持していること、またリン酸吸着時に G-BE から結合剤由来の有機物の溶出が認められないことがわかっている。）また、実証実験を行うにあたり、立地条件等などから本年度の実証実験は Biyo センター内水路から原水を採取し研究室内において行うこととした。さらに、過去３年間の実証実験から、原水のリン酸濃度が低いために吸着量が飽和に満たないことがわかったので、研究室内における実験系ではリンの添加実験およびアルカリ性水溶液による脱着実験を行うこととした。

２．実験概要

2.1 実験施設

近畿大学薬学部公衆衛生学研究室内において、実証実験と同様の実験装置を設置した。(使用機器等は昨年と同様のものを使用している。)

2.2 実験期間

2010 年 11 月 9 日～12 月 12 日（繰り返し吸・脱着３回，現在も進行中）

2.3 吸着剤

吸着剤には結合剤を用いアルミニウム系化合物を造粒した G-BE を使用した（図 2.3.1)。吸着剤は直径 3mm×高さ 5mm の円柱状である。カラムへの吸着剤の充填は研究室において十分な洗浄後行った。

ここで G-BE の諸物性についてまとめた。図 2.3.2 に G-BE の示差熱分析の結果を示す。その結果、造粒前の粉末状BEに比べ約600℃付近で新たな結合剤由来のピークが認められ、分解・燃焼が起こったと考えられる。

図 2.3.1　G-BE

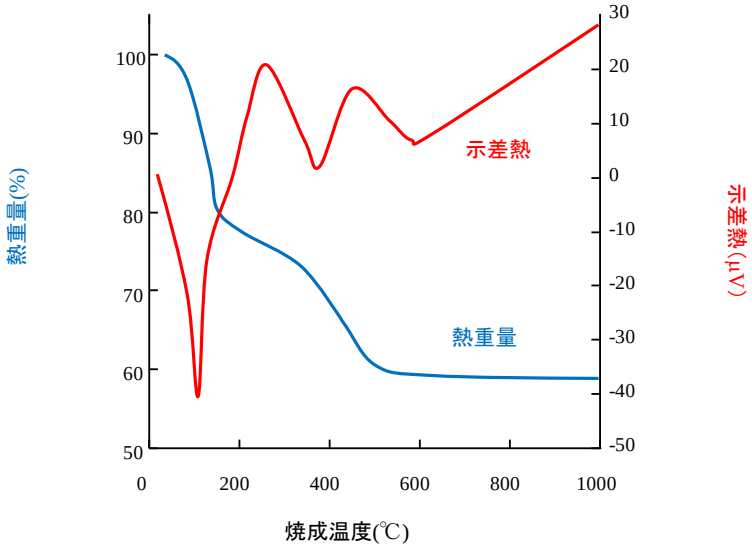
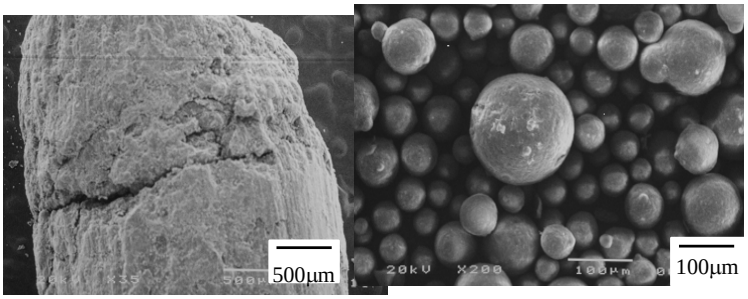


図 2.3.2　G-BE の示差熱分析

次に、G-BE の電子顕微鏡写真を示す。その結果、結合剤により BE を造粒できていることが明らかとなった。



G-BE（×35）　　Virgin BE（×35）

図2.3.3　Virgin BE およびG-BEの電子顕微鏡写真

また、G-BE による比表面積、表面水酸基量、表面 pH および飽和吸着量はそれぞれ 144.9 m^2/g, 0.88 mmol/g, 6.4 および 40.6 mg/g となった。

2.4　研究室内における実験システムの構築

実験には、アクリル製内径 0.1 m×高さ 1.0 m のカラムを使用した。カラムに通水する試験溶液は Biyo センター内水路から原水を採取し、リン添加実験時にはリンを添加した琵琶湖原水をカラムに通水した。なお、過去 3 年間の実証実験時に行っていた浮遊物質（SS）の除去は自然沈殿により除去した。実験装置の模式図を図 2.4 に示す。試料採取はカラム通水後とした。また、浮遊物質によるカラム上部の閉塞を防ぐためカラム上部にガラス繊維を設置した。

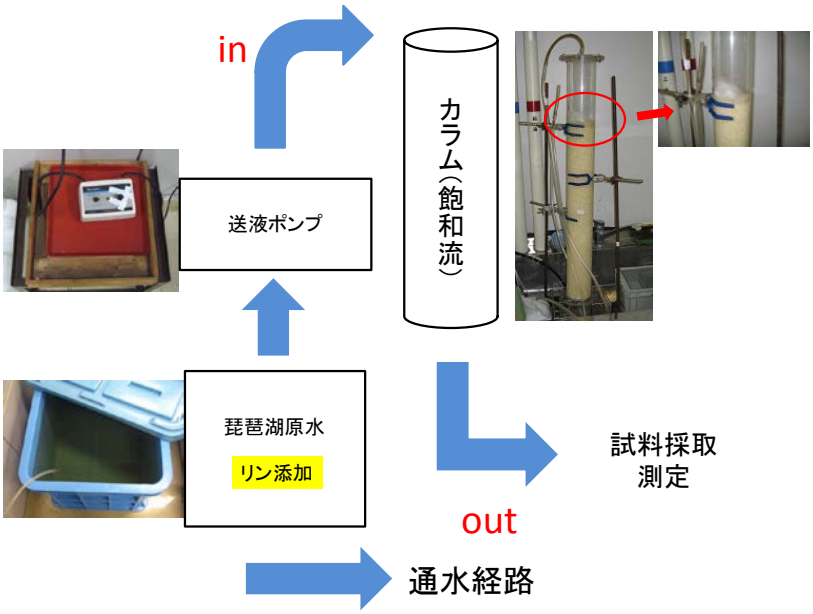


図 2.4　実験装置の模式図

2.5　測定項目・方法および実験条件

下記に実験条件を示す。(表 2.5.1、表 2.5.2)

表 2.5.1　実験条件

項目	諸言
実験期間	2010/11/9-2010/12/12
吸着剤	G-BE
吸着剤重量（g）	4296
充填高(m)	0.75
密度(kg/m3)	730
流速(mL/min)	54(42-78)
空間速度（1/hr）	0.55
線速度(m/hr)	0.41
通水方法	飽和流

表 2.5.2　測定項目および方法

測定項目	測定方法
pH	pHメーター計(SANYO)
溶存酸素	吸光度法(HACH)
濁度	吸光度法(HACH)
浮遊物質	ガラス繊維ろ紙によるろ過法(JIS法)
化学的酸素要求量	酸性高温過マンガン酸法(JIS法)
溶存態有機炭素量	燃焼酸化法(TOC-500)
溶存態リン酸	アスコルビン酸法(HACH)
元素	ICP-MS(Shimadzu)

元素:B, Al, V, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Cd, Ba, Pb

(本研究で用いた HACH 社製の測定方法は USEPA において承認された方法である。)

SS はガラス繊維ろ紙によるろ過法（JIS 法）によって測定した。試料 1L を 1.0μm のガラス繊維ろ紙(Whatman)を用いて吸引ろ過を行い、ろ紙上の SS を数回、蒸留水で吸引ろ過し約 100℃で 2 時間乾燥後デシケーター内で放冷し秤量した。なお、各種溶存態物質の測定は 1.0μm のガラス繊維ろ紙(Whatman)を用いたろ液を試験溶液とした。リン添加にはリン酸二水素カリウム（和光純薬社製）を用いた。さらに、脱着には 10 mmol/L 水酸化ナトリウム水溶液を使用した。

３.実験結果

3.1　原水の調査結果（pH，DO，濁度，SS）について

pH は測定期間を通して 7.09～7.35 となった。原水の pH は中性付近であり、測定期間中において大きな変化は認められなかった。溶存酸素(DO)は測定期間を通して 10.4～16.5 mg/L となり、11 月 18 日（16.5 mg/L）および 12 月 4 日（15.1 mg/L）は過飽和状態であることが示唆された。11 月 18 日は測定誤差と考えられるが，12 月 4 日は浮遊粒子状物質（SS），濁度，化学的酸素要求量（COD）などが他の測定日と比較し高値を示した。さらに、原水は非常に濁っており何らかの要因で DO が高く検出された可能性も考えられる。濁度および SS に関しては、それぞれ 2.0～35.0 mg/L および 0.8～23.5 mg/L となった。先の結果と同様に 12 月 4 日に関しては高い値が得られた。(表 3.1.1) また、昨年と比較すると若干低い傾向が確認できた。

表 3.1.1　原水の pH，DO，濁度，SS

測定項目		原水採取日時						
		2010/10/29	2010/11/6	2010/11/12	2010/11/18	2010/11/25	2010/12/1	2010/12/4
	pH	7.09	7.28	7.35	7.34	7.30	7.16	7.34
溶存酸素	DO(mg/L)	10.4	11.2	13.3	16.5	11.2	12.3	15.1
濁度	Turbidity(mg/L)	24.5	8.0	9.0	7.0	2.0	5.0	35.0
浮遊粒子状物質	SS(mg/L)	3.5	2.2	1.0	1.9	0.8	1.5	23.5

図 3.1.1 に原水の SS と濁度の相関関係を示す。その結果、相関係数 0.856 となり、一定の関係が認められた。去年の相関係数（0.937）と比較すると若干の低下が認められた。

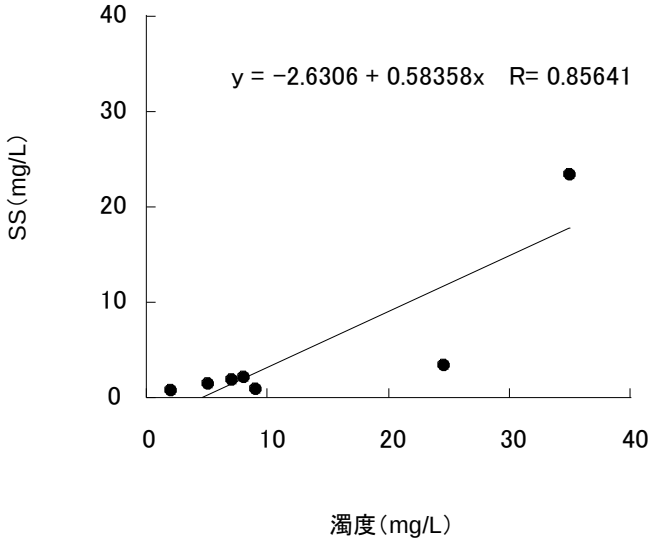


図 3.1.1　SS と濁度の相関係数

下記に実験経過中におけるカラムの観察写真を示す（図 3.1.2）。その結果、実験が進行するにつれて吸着剤上部に SS 等が蓄積することが確認できた。この現象は去年のフィールド実験における場合と同様である。本年度は前処理として SS の除去を自然沈殿により除去しており、砂ろ過等は行っていない。

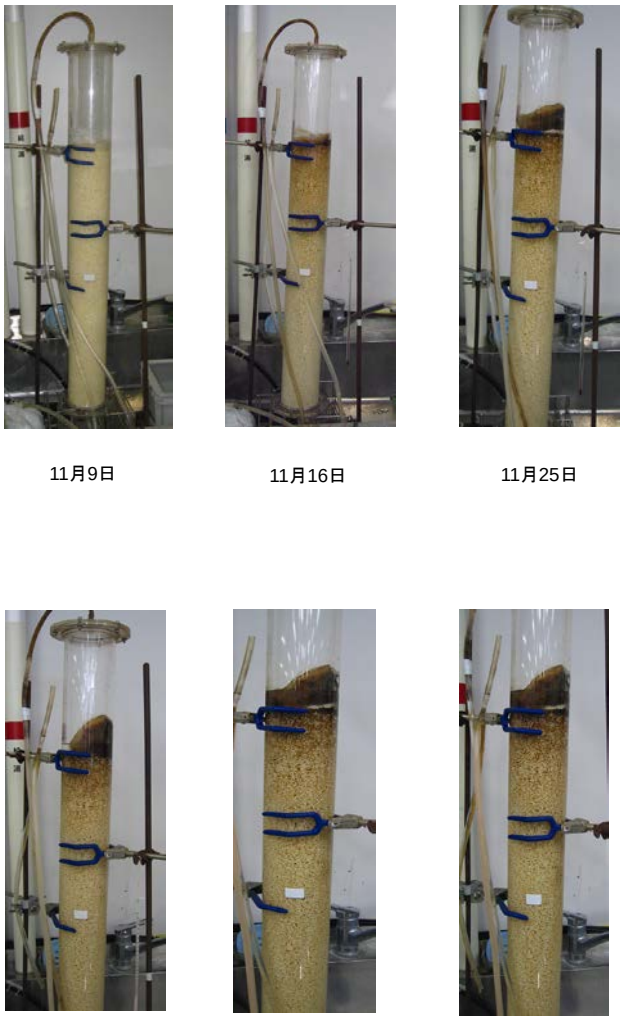


図 3.1.2　実験経過におけるカラムの変化

3.2　全有機炭素量の経時変化

図 3.2.1 および 3.2.2 に COD および TC の結果を示す。その結果、原水における COD および TC の濃度は昨年度と比較し、同程度であった。また、実験経過中に out の溶液から常時有機炭素の溶出が認められた。昨年の実証実験においては、有機炭素の溶出は認められず（特に実験開始直後は吸着能を保持しており、実験期間が長期化するにした

がってその吸着能は減少した。）本年度の研究で使用を試みた。有機炭素溶出の原因として実験開始直前における吸着剤の洗浄が十分でなく、乾燥後も粉末等が残存しており影響を与えたことが考えられる。さらに本年度使用している吸着剤は、昨年度に創製したものであり、時間経過により吸着剤強度が劣化し結合剤が溶出してきたことも考えられる。吸着剤の創製に関しては、今後も検討を継続する必要性が示唆された。また、脱着処理を行った 11 月 25，26 日および 12 月 6，7，8 日は COD および TC の値が上昇し、アルカリ処理により結合剤が溶出していることが示唆された。

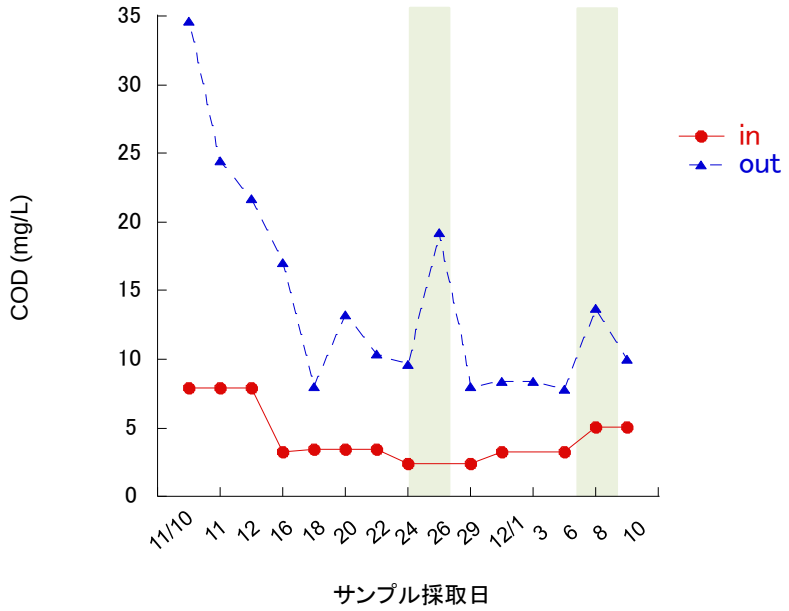


図 3.2.1 COD 濃度

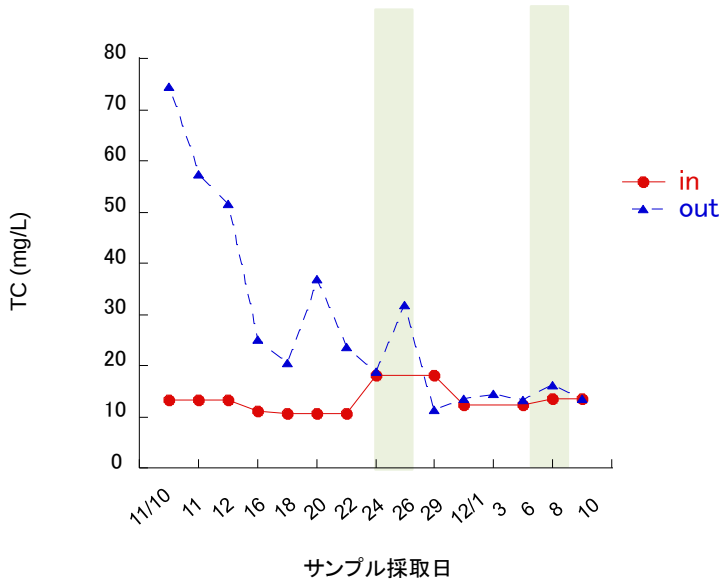


図 3.2.2　TC 濃度

3.3　リン酸濃度の経時変化

リン酸の経時的変化について図 3.3.1 に示す。その結果、吸着①においてはリン酸添加濃度を 3.29～483.17 mg/L としており、非常に高い吸着量を示し吸着率は 90%以上となった。（図 3.3.2 初濃度 3.29～51.70 mg/L の場合：吸着率は 90%以上）その後、添加濃度を 471.88～483.17 mg/L とすることにより吸着能の低下が認められた。なお、総吸着量は 141.1kg（吸着剤 1g 当たり 32.8mg）となった。脱着①では 10 mmol/L の水酸化ナトリウム水溶液を使用した。脱着は 2 日間行い脱着量は 5.8kg（脱着率：4.1%）となった。本研究では吸着剤 G-BE の繰り返し使用について検討するため、引き続き吸着②を開始した。リン酸の吸着率は徐々に低下し 10.7%まで低下した。2 回目の総吸着量は 14.7kg（吸着剤 1g あたり 3.4mg）、総脱着量は 0.62kg（脱着率は 4.3%）となった。さらに 3 回目の総吸着量および総脱着量は、それぞれ 1.3kg および 4.4kg（脱着率：334.9%）となった。現在、4 回目以降の繰り返し吸・脱着実験を継続している。本研究においては琵琶湖原水にリン酸を添加することにより G-BE を用いてリン酸の繰り返し吸・脱着が可能であることがわかった。また、3 回目の脱着過程より大量のリン酸が脱着し、脱着①においては有機物の溶出との相関が認められたがそれ以降は顕著な相関は認められなかった。

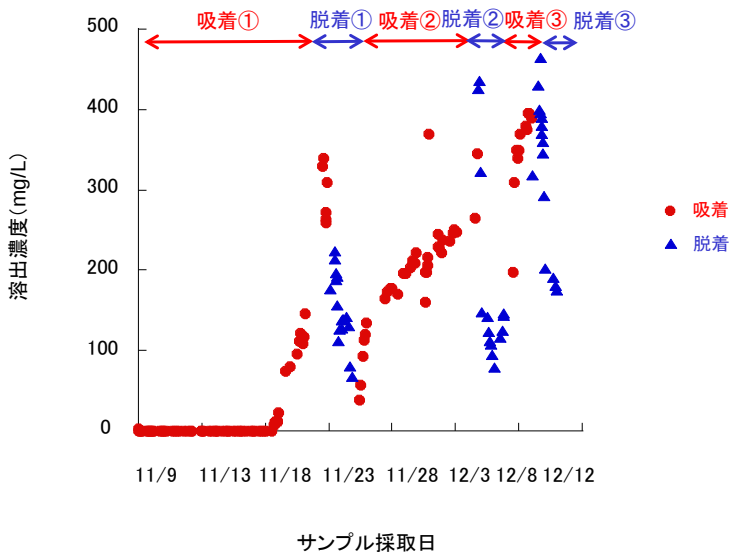


図 3.3.1　リン酸濃度-1

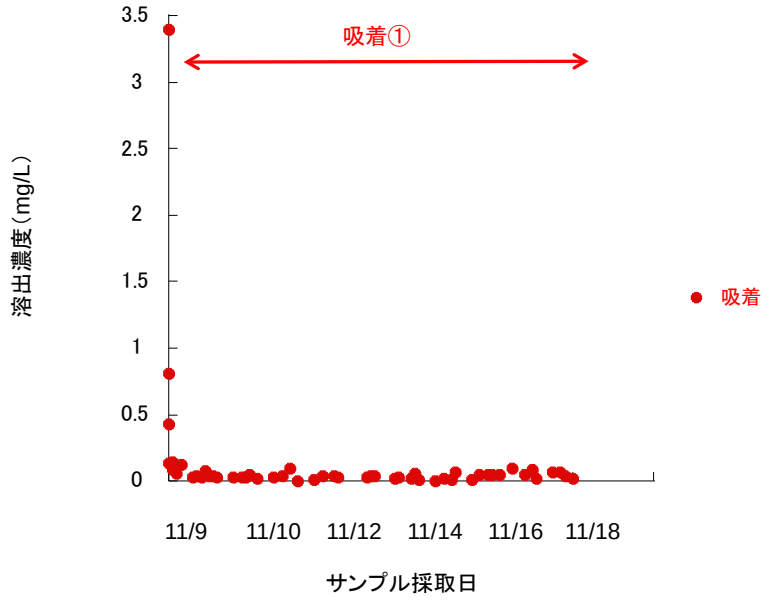


図 3.3.2 リン酸濃度-2

3.4 各種元素濃度の経時変化

各種元素に関する結果を図 3.4.1～図 3.4.3 に示す。Al に関しては脱着を行った場合 Al の溶出が認められた。特に脱着①に関しては非常に高い値を示し、脱着②に関してはやや低くなったものの in に比べ out が高値を示した。その他の測定日においては out に比べ in が高値を示した。

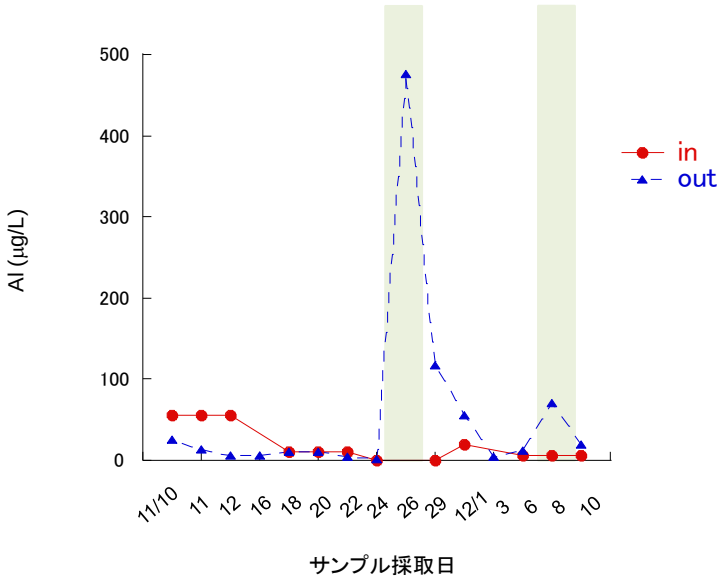


図 3.4.1 Al 濃度

B および Fe に関しては昨年までと同様に in に比べ out が低くなり、吸着能を有していることがわかった。Fe に関しては現在詳細な吸着機構を検討中である。

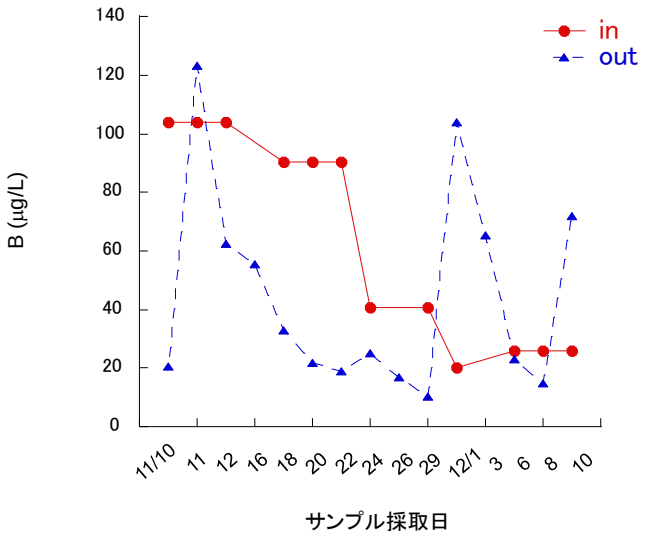


図 3.4.2　B 濃度

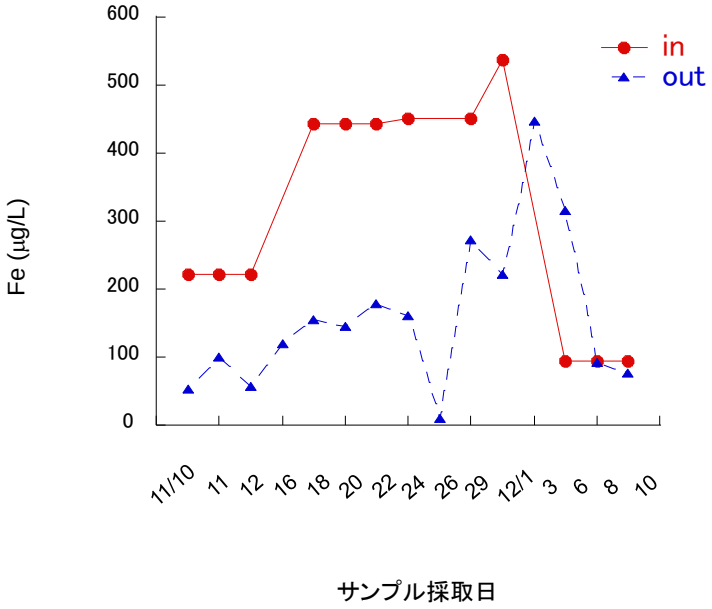


図 3.4.3　Fe 濃度

４．まとめ

本研究では、まずリン酸除去のための新規吸着剤の創製に取り組んだ。結合剤なしの造粒物質は従来の造粒方法とは異なり、実用化の際に結合剤溶出の懸念がなくなるなどの利点がある。しかし、粒子径を保持することが難しく本研究では昨年、実証実験でリン酸吸着が可能であった G-BE を用いた。リン酸添加における実験系ではリン酸を高濃度で吸着できることが明らかとなり、水酸化ナトリウムを用い吸着したリン酸を回収可能であることがわかった。また、総吸着量 157.1kg（3 回分），総脱着量 10.8kg（3 回分）となり脱着率は 7.0%となった。しかし、吸着時に有機炭素の溶出が認められ、結合剤由来の溶出が示唆された。さらに脱着時 Al の溶出も確認できた。これらのことより G-BE では高濃度のリン酸吸着が可能となり、水酸化ナトリウムを使用することにより脱着を行いリン酸を回収できることがわかった。

実験担当者

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	水質浄化研究所次長	和田　桂子
	調査研究部長	今井　崇
近畿大学薬学部医療薬学科	教　授	川崎　直人

啓 発 活 動

平成２２年度実験センター見学者実績

実験センターでは、琵琶湖・淀川水系の水環境の課題や環境改善に向けた取り組みなどを広く一般市民や関係機関の方々にお知らせし、関心を持っていただくために、環境学習や施設見学、研修等の機会として、毎年多くの見学者を受け入れている。

見学に際してはそれぞれの団体の目的に応じて、琵琶湖や淀川の水質の変遷や現状、水質浄化の仕組み、これまでの実験センターの実験成果とそれらの適用事例、稼働中の実験施設などを紹介している。

平成 22 年度の実験センターの総見学者数は 450 人であり、季節的には秋と年度末の訪問が多く、見学者の種別を見ると最も多いのが海外からの研修で、次いで国内一般市民からの見学であった。

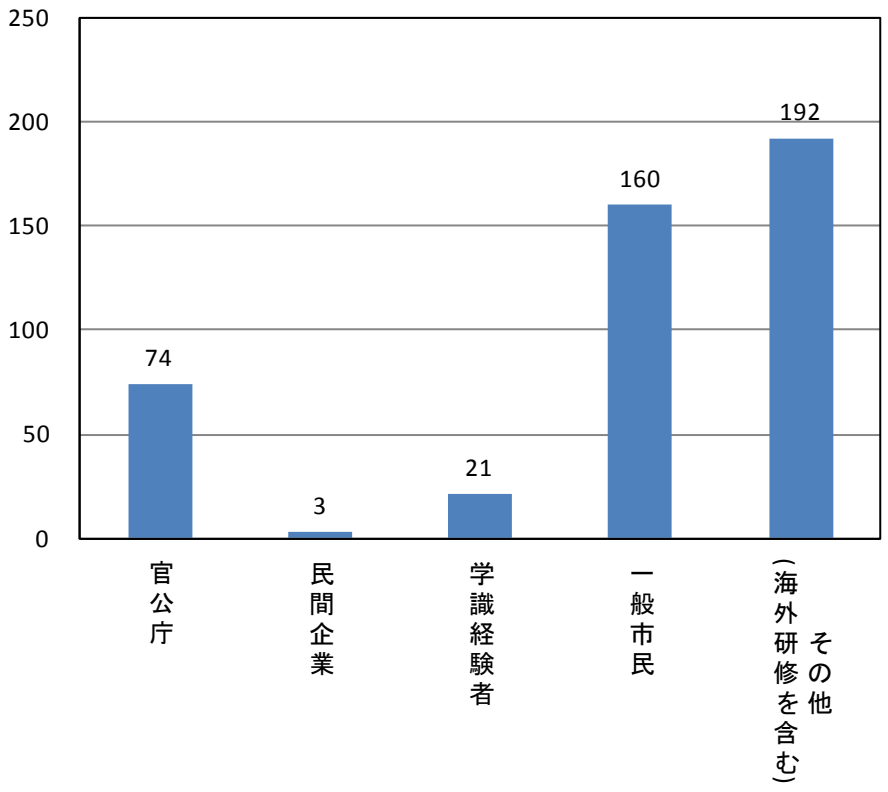


図１　見学者の内訳

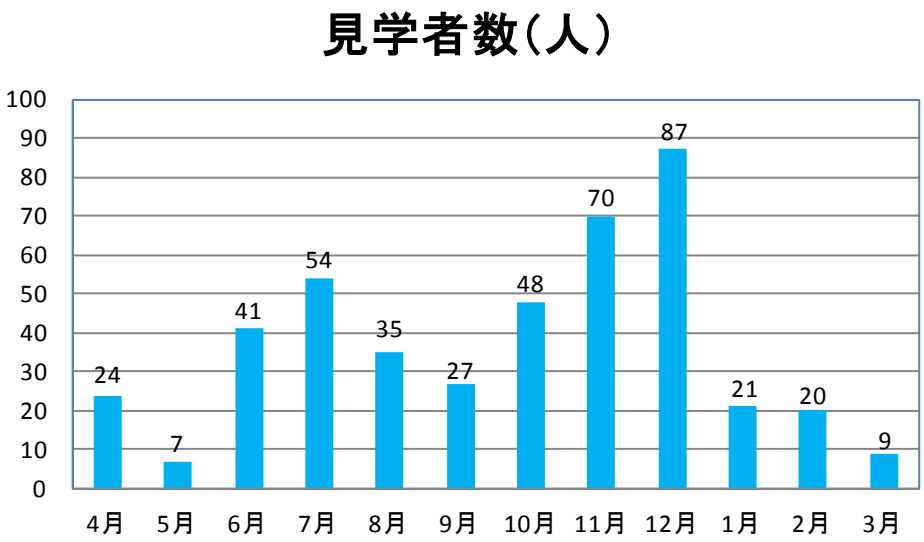


図 2　月別見学者数

見学者数の推移は図 3 に示すとおりであり、実験センターの開設当時に比較すると見学者は減少しており、さらに、ここ数年は団体数 50 件前後、見学者数 1,000 人を切り、減少傾向を示している。その中で、図 4 に示すとおり海外からの見学者は増加傾向を示しており、水環境保全の先進国である日本の技術や取り組みを学ぼうと中国、アジア、中近東およびアフリカからの見学者がほとんどを占めている。

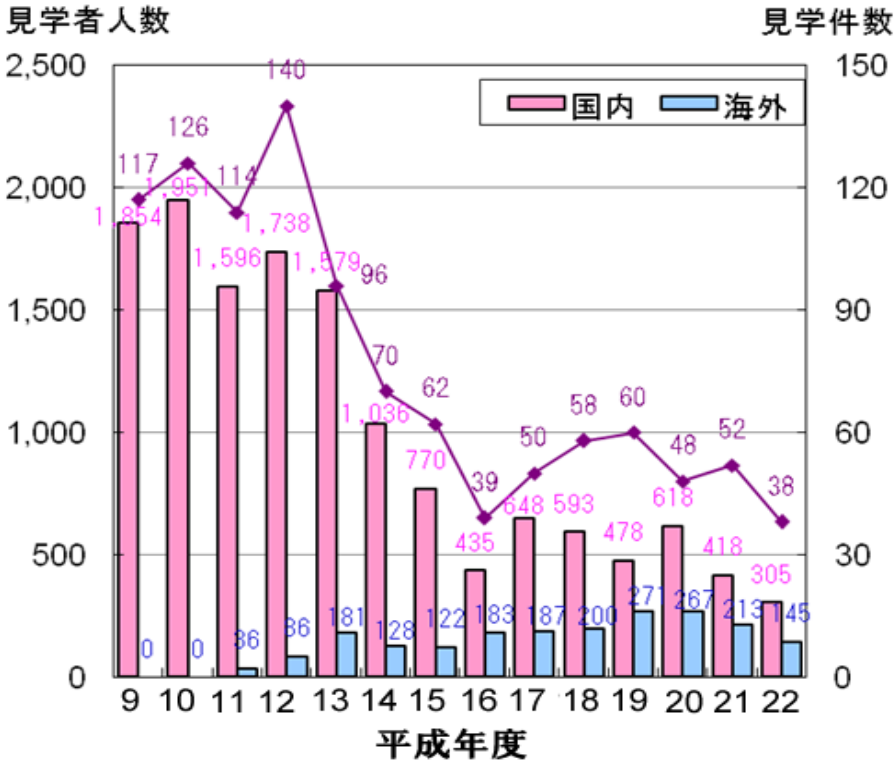


図 3　見学者の推移

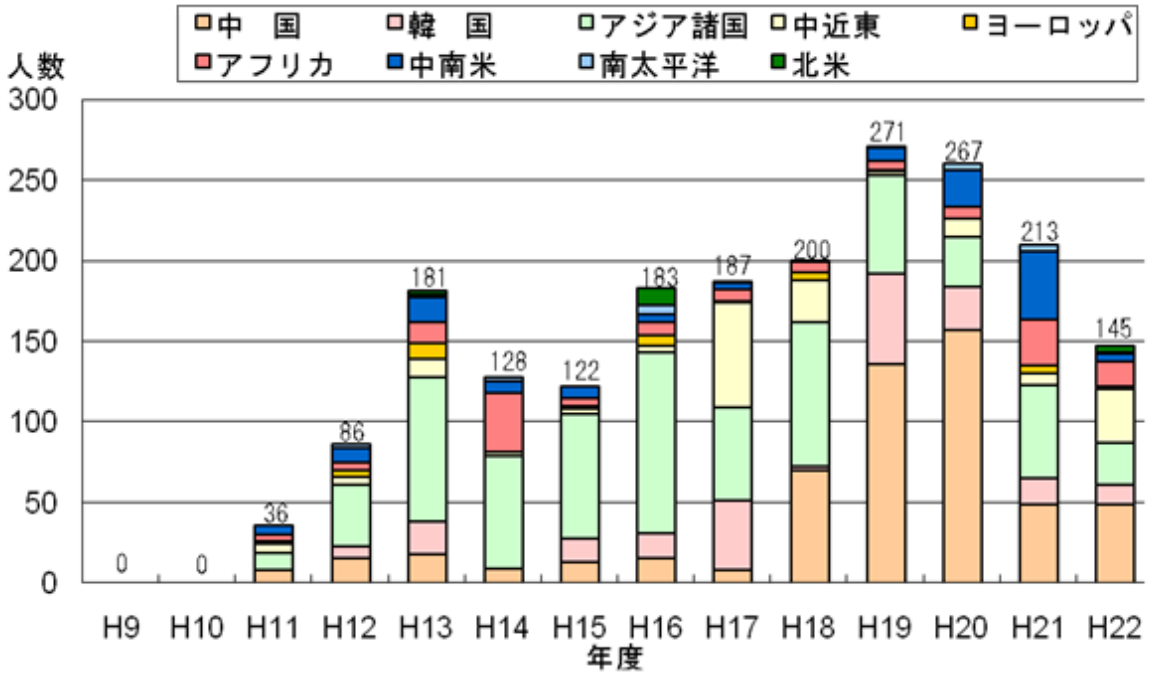


図 4　海外見学者数の推移

施設見学の状況

平成２２年度自然観察会

１．目的

自然観察会は水質の調査および魚類の観察を通して、水辺環境に対する興味・関心を高めること、および、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以下、Biyo センターとする）の水質浄化施設としての特色や、ビオトープとしての役割を生かすことで、Biyo センターの活動ＰＲを行うことを目的としている。

２．実施内容

(1) 主催

財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構、国土交通省近畿地方整備局、滋賀県、
独立行政法人 水資源機構関西支社

(2) 日時

平成 22 年 7 月 24 日（土）9：30～12：30

(3) タイトル

Biyo センター自然観察会『水を調べて、魚をつかまえてみよう』

(4) 講師

北島淳也 氏（名古屋大学、滋賀タナゴサミット、東海タナゴ研究会）

(5) プログラム

水質調べと、魚つかみの二つをテーマに以下の内容を実施した（プログラムの概要は表 2.1 参照）。

水質調べについては、琵琶湖、葉山川、Biyo センター内の琵琶湖型池と多自然型水路下流および土壌浄化水を材料に、水の汚れ具合を調べる方法を学び、各調査地点の水質と模擬生活排水(醤油滴下水)の水質を調べることにより、水を汚さないようにするにはどうすべきか等を考えてもらえるようにした。

また、魚つかみについては、魚類採集、観察を行い、琵琶湖と周辺の川に棲む多様な魚を認識できるように配慮した。

水質調査場所および魚類採集場所については図 4.1 である。

表 2.1　プログラム概要

時　間	内　容
９：３０～	開会
９：３５～	講師・スタッフの紹介、日程概略説明、注意事項説明等
９：４５～	「水質調べ」について説明 水質の調べ方について説明し、実験水の調製を行う。
９：５０～	「水質調べ」 5 班に分かれ、班毎に採水地点に移動し、「透視度」や COD、リンなどを測定する。また、実験水についても COD やリンを測定する。
１０：３５～	「魚つかみ」について説明 いろいろな魚の捕り方と道具について、それぞれの特徴を説明する。また、タモ網の使い方を教える。
１０：４５～	「魚の採集」 5 班に分かれ、班毎にそれぞれの採集ポイントに移動し、そこで魚つかみを行う。20 分後適宜採集場所を移動する。
１１：３０～	「採集した魚調べ」 採集した魚の種数を記録し、また、子ども達は採集した魚を観察する。
１１：４５～	「班別発表」 班毎に水質調べと魚つかみについて感想を発表してもらう。
１２：００～	「講評」、「水質と魚について」 がんばり具合を講評してもらう。また、環境や水質と魚の関係、減りつつある魚を守るための活動について、講師の先生から説明していただく。
１２：２０～	「記念品授与」 感想発表者計 10 名に授与。
１２：２５～	閉会
～１２：３０	アンケート記入

３．参加状況

表 3　府県別参加人数

府県	市町	人数
滋賀県	草津市	22
	栗東市	4
	大津市	3
	野洲市	2
京都府	京都市	2
兵庫県	伊丹市	5
合計		38

内子どもは 18 人

4．実施結果

4.1　実施地点

ア～オ：水質調査場所　　A～E：魚類観察場所

1：多自然型水路下流、2：多自然型水路中流、3：多自然型水路上流、4：Ｊ字水路

5：コンクリート水路、6：琵琶湖型池、7：浄化水路、8：葉山川からの取水口

図4.1　Biyoセンター水路マップと実施地点

4.2　実施結果

当日の様子を図 4.2～図 4.5 に示す。

図 4.2　開会式風景

図 4.3　水質調べの様子

図 4.4　魚つかみの様子

図 4.5　北島講師による説明の様子

4.3　アンケート調査結果

アンケート調査結果は図 4.6 に示すとおりである。参加者 38 名、講師補助者 3 名、計 41 名のうち 28 名からアンケートを回収し、回収率は 68%であった（参加者からの回収率は 66%）。以下にアンケートの集計結果を円グラフで示した。

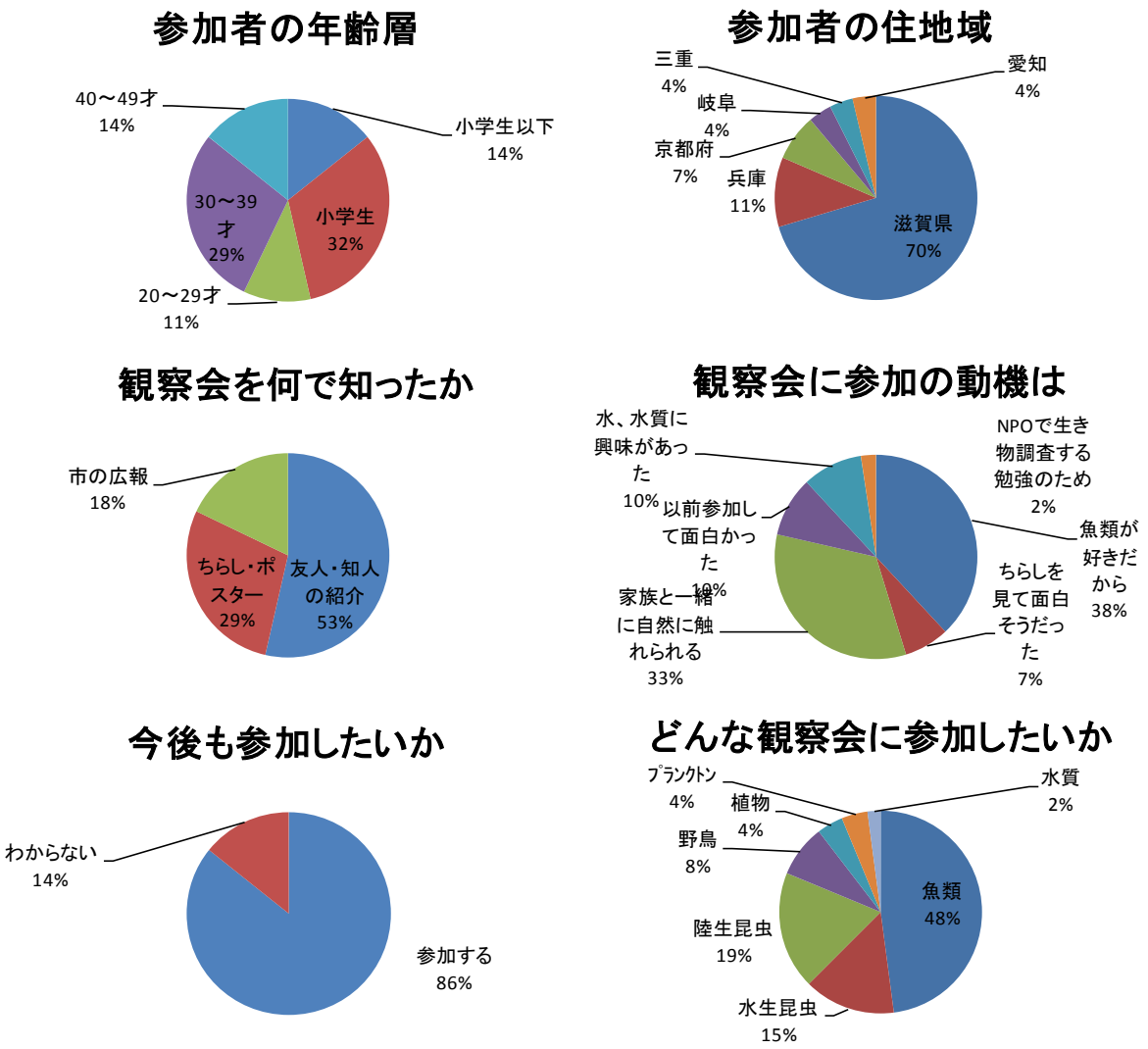


図 4.6　アンケート結果

Biyo センターでの自然観察会開催は平成 11 年に始まり、今年で 12 年目を迎える。今年の開催は『水を調べて、魚をつかまえてみよう』をテーマに、1 回だけの観察会であったが、夏休みということと、親子で参加できるイベントとして、定着してきていると言える。

今年は異常気象の影響もあり、参加者側、主催者側ともに熱中症を心配しての開催となり、そのためか直前あるいは当日のキャンセルが相次いだ。

地元草津市から 22 名（全体の 58%）が参加され、市の広報、ちらし・ポスター紹介、知人紹介等の効果があったと言える。ただ、他府県からの参加が少なく、広報のあり方

を検討してみる必要もある。

どんな観察会に参加したいかについて、参加者の約 50%が魚つかみを希望している。この理由として、なかなか子どもに魚つかみを体験させられない親の現状、親子で一緒に楽しめる事、および、小学生未満の子どもでも興味が持てる事等が考えられる。

デ ー タ

葉山川の水質・底質のデータ

実験センターでは実験原水として、主に葉山川河川水を使用している。

流入水路の水質調査結果を図１に示す。葉山川は琵琶湖南湖東岸の各流入河川の水質と比較すると平均的な水質である。

表１に流入水路の底質調査結果を示す。

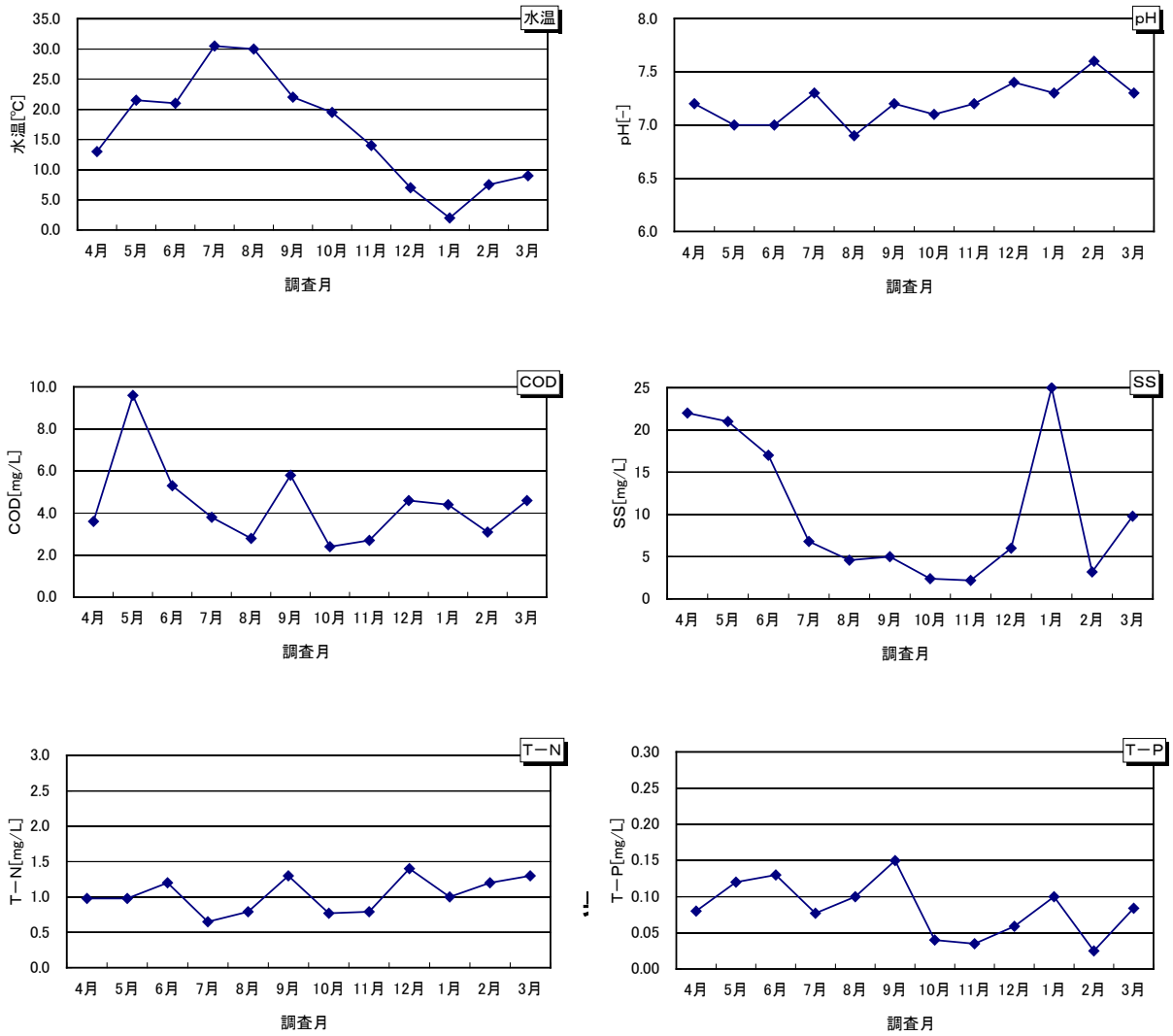


図１　流入水路水質調査結果（平成 22 年度）

表１　　流入水路の底質調査結果（平成 22 年度）

採取日	気温 (℃)	泥温 (℃)	Ｔ－Ｎ (mg/g)	Ｔ－Ｐ (mg/g)	Ｔ－Ｃ (mg/g)	強熱減量 (%)	備　考
08月16日	34.0	29.5	5.5	2.1	75.0	8.0	
02月16日	7.5	7.0	1.8	3.1	25.9	7.2	

また、流出部の水質調査結果を図２に示す。

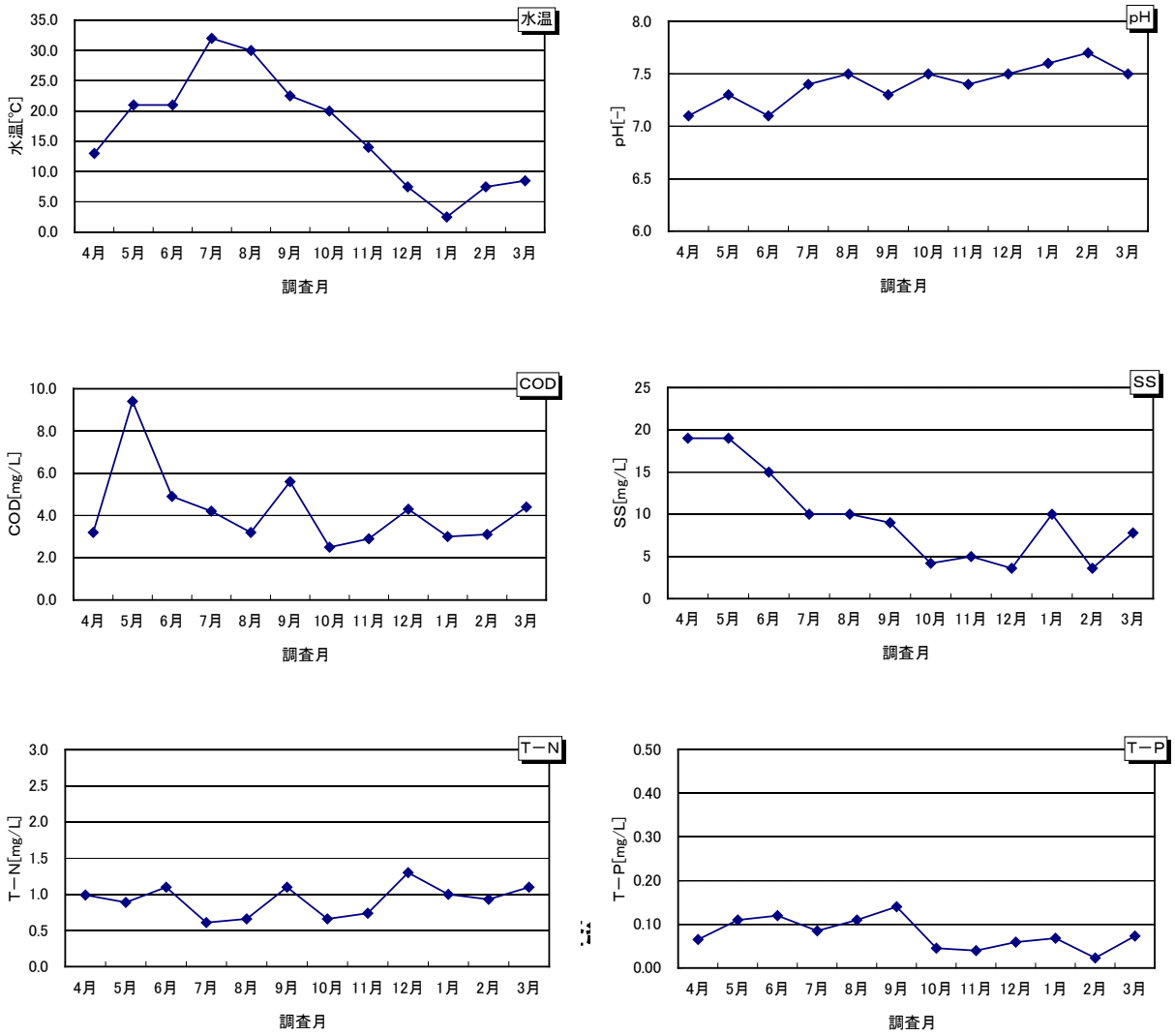


図２　流出路の水質調査結果（平成 22 年度）

参　考

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター　実験一覧

No.	実験分類					実験名	実施場所	発注機関もしくは主幹企業	事業	実施期間(実施年度)															
	水質浄化	底質改善	生態関連	その他	実用化等					H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
31	凝集沈殿					凝集沈殿砂ろ過実験	高度処理実験施設	滋賀県（実験施設を貸与して実施）	受託事業																
3	土壌浄化				◎	土壌浄化実験	土壌浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
5	植生浄化				◎	浅池型植生浄化実験	浅池型浄化実験施設	滋賀県	受託事業																
16	植生浄化		●			深池型植生浄化（ヨシ帯浄化）実験	深池型浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
41			●			実験センターにおける生物調査（水域）	多自然型実験水路他	国土交通省	受託事業																
8	ろ過				◎	限外ろ過膜実験	限外ろ過膜施設	東レエンジニアリング㈱	共同実験																
21	接触酸化					カーボンファイバーによる水質浄化実験	水路型浄化実験施設	帝人エコ・サイエンス㈱	共同実験																
25	ろ過・吸着					太陽エネルギーを用いた流動床ろ過方式浄化実験	琵琶湖型実験池	㈱日立製作所	共同実験																
46			●			琵琶湖岸におけるヨシ植栽実験	湖岸フィールド実験施設	水資源機構	受託事業																
10	ろ過				○	路面排水のCOD対策実証実験	実フィールド	滋賀県	受託事業																
12	植生浄化他				○	難分解性有機物削減実験	Biyoセンター各施設	国土交通省、滋賀県	受託事業																
22	接触酸化					不織布接触材方式浄化実験	水路型浄化実験施設	日本バイリーン㈱	共同実験																
38		●				酸化剤を用いた底質改善実験	深池型浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
39		●				中間水路底質調査	実フィールド	国土交通省	受託事業																
44			●			赤野井湾ヨシ移植実験	琵琶湖型実験池	滋賀県	受託事業																
49			●			実験センターにおける生物調査（陸域）	Biyoセンター内	関西電力㈱	受託事業																
6	接触酸化				◎	太陽エネルギーを用いたひも状接触方式浄化実験	琵琶湖型実験池	㈱日立製作所	共同実験																
7	接触酸化他				◎	自然循環方式浄化実験	自然循環方式浄化実験施設	東洋電化工業㈱	共同実験																
45			●			赤野井湾におけるヨシ群落保全調査	実フィールド	滋賀県、水資源機構	受託事業																
47			●			琵琶湖岸における生態系調査	湖岸フィールド実験施設他	水資源機構	受託事業																
9	ろ過				◎	路面排水処理施設の検討実験	実フィールド	滋賀県	受託事業																
15	曝気他	●				磁気処理-超微細気泡および磁気処理水を用いた水質・底質浄化実験	深池型浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
23	接触酸化他					水質浄化資材の実用化プロジェクト実験	水路型浄化実験施設	滋賀県	受託事業																
50			●			マット工法ヨシ植栽実験	湖岸フィールド実験施設	全国ポラカブル工業会、東洋紡㈱、㈱ラーゴ	共同実験																
1	酸素供給	●			◎	高効率酸素溶解水による底質・水質改善実験	深池型浄化実験施設	横河電機㈱	共同実験																
17	植生浄化		●			ポーラスコンクリートによる水辺環境改善実験	水路型浄化実験施設	全国ポラカブル工業会	共同実験																
18	土壌浄化					土壌浸透浄化材比較実験	浸透ろ過型実験施設	国土交通省	受託事業																
32	脱窒					個体水素供与体を用いた河川の直接浄化実験	水路型浄化実験施設	松下産業情報機器㈱	共同実験																
33	シジミ					シジミと砂浜を用いた水質浄化実験	深池型浄化実験施設他	滋賀県	受託事業																
35	ミジンコ					ミジンコろ床を用いた河川水の浄化実験	専用施設	姫路工業大学	共同実験																
2	循環	●			◎	湧昇循環方式を用いた水質・底質の改善実験	深池型浄化実験施設	㈱高環境エンジニアリング	共同実験																
27	吸着					生分解性吸着剤による窒素・リン成分の除去に関する実験	水路型浄化実験施設	京都工芸繊維大学	共同実験																
40		●				底質改善の効果実証実験	深池型浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
48			●			消波施設撤去がヨシ帯に及ぼす影響調査	実フィールド	水資源機構	受託事業																
51			●			実環境下におけるポーラスコンクリートによるヨシ植栽実験	水路型浄化実験施設	立命館大学	共同実験																
57				実施設調査	○	土壌浄化実験施設モニタリング調査	土壌浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
58				水質測定		水質連続モニタリングシステムの開発実験	実フィールド	京都大学大学院	共同実験																
59				堆肥化		雑草および汚泥の有効利用実験	Biyoセンター内	東レエンジニアリング㈱、東レテクノ㈱	共同実験																
13	曝気・循環	●			○	湖流創出による水環境改善実験	実フィールド	滋賀県	受託事業																
14	曝気・循環	●	●			曝気循環付浮島による水環境改善実験	深池型浄化実験施設	東亜建設工業㈱	共同実験																
20	植生浄化他					園芸植物およびリサイクルろ過材を利用した資源循環型水質浄化実験	浅池型浄化実験施設	関西電力㈱	共同実験																
24	ろ過					CFR資料-P強化透水性コンクリートを用いた人工湧水浄化実験	水路型浄化実験施設	日鉄コンポジット㈱	共同実験																
26	ろ過・吸着					人工ゼオライトを用いた水質浄化実験	浸透ろ過型実験施設	中部電力㈱	共同実験																
28	吸着他					人工ゼオライトを混入したコンクリートブロックによる水質浄化実験	水路型浄化実験施設	中部電力㈱	共同実験																
43			●			大型底生動物（貝類）移動能力把握実験	深池型浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
52			●			浚渫土を利用したヨシ原復元実験	深池型浄化実験施設	㈱フジタ	共同実験																
11	植生浄化				○	浅池型浄化施設における水質浄化特性実験	浅池型浄化実験施設		自主実験																
42			●			実験センターにおける外来魚音実験	浅池型浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
55			ヨシ生育			航路維持浚渫土の有効利用実験	深池型浄化実験施設	水資源機構	受託事業																
4	土壌浄化				◎	土壌浄化実験	土壌浄化実験施設		自主実験																
29	吸着他					低濃度リン除去材と機能性木炭（硝酸性窒素除去材）を用いた水質浄化実験	浅池型浄化実験施設	（H19同和工営）日本植生㈱、公協産業㈱	共同実験																
30	吸着他					富栄養化防止のための新規アルミニウム系化合物によるリン酸イオンの回収実験	Biyoセンター内	近畿大学	共同実験																
34	二枚貝					二枚貝による水質改善実験	深池型浄化実験施設	国土交通省	受託事業																
36	珪藻類					珪藻等の増殖を目的とした河川・湖沼における窒素・ケイ酸濃度制御方法に関する野外水槽実験	深池型浄化実験施設	㈱ニュージェック/関西電力	共同実験																
37	沈水植物					沈水植物群落の水質浄化機能の評価実験	水路型浄化実験施設	滋賀県立大学	共同実験																
53			●			タナゴ類の増殖実験	琵琶湖型実験池	ぼてじゃこトラスト	共同実験																
19	植生浄化					ヨシ帯を用いた水質浄化パイロット実験	浅池型浄化実験施設	立命館大学と連携	自主実験																
54			●			水草繁茂及び水温上昇による影響検討実験	深池型浄化実験施設	国土交通省	その他																
56			ヨシ生育			航路維持浚渫土の有効利用実験	深池型浄化実験施設	水資源機構	その他																

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター年報一覧

（実験名が変更される場合があります）

	No.	実　験　名	発注機関もしくは主幹企業等	1号 平成11年9月	2号 平成12年9月	3号 平成13年9月	4号 平成14年9月	5号 平成15年9月	6号 平成16年10月	7号 平成17年10月	8号 平成18年12月	9号 平成19年11月	10号 平成21年3月	11号 平成22年3月	12号 平成22年12月	13号 平成23年9月
受託事業（平成21年度以降第3者受託含む）	1	土壌浄化実験	国土交通省	○	○	○	○	○			○					
	2	深池型植生浄化（ヨシ帯浄化）実験	国土交通省	◎	◎	◎	◎									
	3	酸化剤を用いた底質改善実験	国土交通省	○	○											
	4	実験センターにおける生物調査（水域）	国土交通省	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			
	5	中間水路底質調査	国土交通省	○	○	○										
	6	磁気処理・超微細気泡および磁気処理水を用いた水質・底質浄化実験	国土交通省			◎										
	7	土壌浸透浄化材比較実験	国土交通省				○									
	8	土壌浄化実験施設モニタリング調査	国土交通省					◎	◎	◎		◎				
	9	底泥浚渫による水質改善効果検証実験	国土交通省						○							
	10	大型底生動物（貝類）移動能力把握実験	国土交通省							◎	◎					
	11	侵略的外来魚駆除技術の検討（実験センターにおける生物調査（水域））	国土交通省								○ ※1	○ ※1	○			
	12	難分解性有機物削減実験	国土交通省、滋賀県	◎	◎											
	13	凝集沈殿砂ろ過実験	滋賀県													
	14	浅池型植生浄化実験	滋賀県	◎	◎	◎	◎									
	15	赤野井湾ヨシ移植実験	滋賀県	○												
	16	路面排水のCOD対策実証実験	滋賀県	◎	◎	◎	◎									
	17	路面排水処理施設の検討実験	滋賀県			○	○	○	○	○						
	18	水質浄化資材の実用化プロジェクト実験	滋賀県			◎	◎									
	19	シジミと砂浜を用いた水質浄化実験	滋賀県				○	○								
	20	湖流創出による水環境改善実験	滋賀県							◎						
	21	赤野井湾におけるヨシ群落保全調査	滋賀県、（独）水資源機構		○	○	○									
	22	琵琶湖岸におけるヨシ植栽実験	（独）水資源機構	◎	◎	◎	◎	◎								
	23	琵琶湖岸における生態系調査	（独）水資源機構				○	○								
	24	消波施設撤去がヨシ帯に及ぼす影響調査	（独）水資源機構						◎	◎	◎	◎				
	25	実験センターにおける生物調査（陸域）	関西電力㈱	○	○	○	○	○								
	26	航路維持浚渫土の有効利用実験	（独）水資源機構													
	27	二枚貝による水質改善実験	国土交通省										○			
共同実験	1	カーボンファイバーによる水質浄化実験	帝人エコ・サイエンス㈱	◎												
	2	不織布接触材を用いた水質浄化実験	日本バイリーン㈱	○	○	○										
	3	太陽エネルギーを用いた流動床ろ過方式浄化実験	㈱日立製作所	◎												
	4	太陽エネルギーを用いたひも状接触方式浄化実験	㈱日立製作所		○	○	○									
	5	限外ろ過膜実験	東レエンジニアリング㈱	◎	◎											
	6	自然循環方式浄化実験	東洋電化工業㈱		○	○	○			○		○				
	7	マット工法ヨシ植栽実験	全国ポラカブル工業会、東洋紡㈱、㈱ラーゴ			○	◎									
	8	ポーラスコンクリートによる水辺環境改善実験	全国ポラカブル工業会				○									
	9	高効率酸素溶解水による底質・水質改善実験	横河電機㈱				◎									
	10	固体水素供与体を用いた河川の直接浄化実験	松下産業情報機器㈱				○	○								
	11	ミジンコろ床を用いた河川水の浄化実験	姫路工業大学				◎	◎								
	12	湧昇循環方式を用いた水質・底質の改善実験	㈱高環境エンジニアリング					○								
	13	水質連続モニタリングシステムの開発実験	京都大学大学院					◎								
	14	雑草および汚泥の有効利用実験	東レエンジニアリング㈱、東レテクノ㈱					○								
	15	生分解性吸着剤による窒素・リン成分の除去に関する実験	京都工芸繊維大学							◎		◎				
	16	曝気循環付浮島による水環境改善実験	東亜建設工業㈱							○						
	17	人工ゼオライトを用いた水質浄化実験	中部電力㈱							◎						
	18	実環境下におけるポーラスコンクリートによるヨシ植栽実験	立命館大学									○				
	19	GFRP強化透水性コンクリートを用いた人工湧水浄化実験	日鉄コンポジット㈱								◎					
	20	人工ゼオライトを混入したコンクリートブロックによる水質浄化実験	中部電力㈱								○					
	21	浚渫土を利用したヨシ原復元実験	㈱フジタ								◎					
	22	園芸植物およびリサイクルろ過材を利用した資源循環型水質浄化実験	関西電力㈱								○					
	23	タナゴ類の増殖実験	ぽてじゃこトラスト										◎	◎	◎	◎
	24	珪藻の増殖を目的とした湖沼・河川における窒素・ケイ酸濃度制御方法に関する実験	㈱ニュージェック/関西電力											○	○	
	25	低濃度リン除去材と機能性木炭（硝酸性窒素除去材）を用いた水質浄化実験	（H19）同和工営/日本植生㈱、公協産業㈱											◎		
	26	浅水湖沼における沈水植物群落の水質浄化機能の評価に関する研究	滋賀県立大学												○	○
	27	新規アルミニウム系化合物によるリン連続回収実験	近畿大学											◎	◎	◎
自主	1	土壌浄化実験										○	○	○	○	○
	2	浅池型浄化施設における水質浄化特性実験									◎					
	3	ヨシ帯を用いた水質浄化パイロット実験	立命館大学と連携												○	○
その他	1	航路維持浚渫土の有効利用実験														◎
	2	水草繁茂及び水温上昇による影響検討実験													○	
掲載論文数				15	15	16	20	13	5	10	9	8 ※2	5	5	7	6

※1：受託事業4の一貫で実施。　※2：「実験成果の評価ならびに水質浄化事例の調査検討」論文含む。

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター年報　第 13号
－平成22年度－

発　行　　2011年　12月
国土交通省近畿地方整備局
滋賀県
水資源機構関西支社
財団法人　琵琶湖・淀川水質保全機構

実験センター　〒525-0005　滋賀県草津市志那町地先

問い合わせ先　財団法人　琵琶湖・淀川水質保全機構
〒540-0008　大阪市中央区大手前1丁目 2 番 15 号
大手前センタービル 4F
TEL　06(6920)3035
FAX　06(6920)3036
E-mail　hozenkiko@byq.or.jp