

湖山池周辺水域における淡水ビオトープ造成に向けた検討（第1報）

～ カラスガイ等淡水生物の保全を目指して ～

【水環境対策チーム】

増川正敏、森 明寛、盛山哲郎、岡本将揮、前田晃宏

1 はじめに

鳥取県東部に位置する湖山池は、東西 4km、南北 2.5km、湖面積 6.8 km²の海跡湖で、日本海と通じる汽水湖である (Fig. 1)。湖山池では古くから水門により海水の流入量が制限されていたが、昭和 58 年の千代川河口付替え工事に伴う周辺農地への塩害をきっかけに、平成元年以降淡水湖として厳格に管理されるようになった。その後、水質悪化や漁業不振が顕著となり、平成 17 年から塩分導入試験による汽水湖再生の取り組みが始まったが、その後も水質は改善せず、アオコの大発生やヒシの大量繁茂などの諸問題に長年悩まされることとなった。そこで鳥取県と鳥取市は、これらを解決するために「湖山池将来ビジョン（平成 24 年策定）」を策定し、湖内への海水流入量を増加させることとした。その結果、アオコの発生などの諸問題は解決したかに見えたが、想定以上の高い塩分に晒されることによって、カラスガイを始めとする淡水動植物が減少することとなった^{1) 2)}。その後策定された「湖山池将来ビジョン推進計画（第 3 期湖山池水質管理計画）」では、衰退した淡水性動植物の保全を目指して、まずは湖山池周辺で淡水ビオトープ造成に向けた検討を行うこととされた。そこで、淡水ビオトープ造成を検討するにあたり、ビオトープ候補地の環境調査を行ったので、本稿ではこれらの検討結果について報告する。



Fig. 1 湖山池及びビオトープ候補地（福井地区）

2 ビオトープ候補地と保全対象生物の選定

今回の調査では、湖山池周辺において大幅な地形変更を行わず淡水を確保できる見込みのある場所として、鳥取市福井地区の 2 つの池（以下①池、②池とする）をビオトープ候補地として選定した (Fig. 2)。この候補地は、湖山池の西岸に位置しており、日本海と繋がる流出河川（湖山川）から最も遠く、かつ、流入河川（福井川）に隣接していることから塩分濃度が上がりにくいエリアであると考えられる。候補地内の①池と②池の間には段差があり、①池の水面は②池や湖山池の水面より若干高い構造となっている。また、①池には後背地にある山からの下がり水が水路を通じて流入しており、①池に流れ込んだ水は②池を経由して湖山池へ流出している (Fig. 3)。

ビオトープ候補地は多様な淡水生物の生息場所として期待されているが、まずは湖山池の重要種で、今回の塩分導入に伴って湖内から絶滅したカラスガイ（淡水性二枚貝であるイシガイ目二枚貝³⁾の一種で鳥取県レッドリスト⁴⁾絶滅危惧 I 類 (CR+EN)、鳥取県特定希少野生動植物に指定) を保全対象生物として選定し、その生存及び次世代の加入に適した環境が得られるかどうかについて検討した。



Fig. 2 ビオトープ候補地（福井地区）の空中写真

3 調査手法

調査項目は、生存に関わる要素となる水質と底質、次世代加入に重要となる魚類相の3種類とした。併せて、総合的な生息環境を知るために、実際にイシガイ類を用いた生残試験も行った。

3.1 水質調査

水質調査は①池と②池に加えて現在カラスガイの生息が確認されている2つのため池（以下、A池、B池とする）の4地点で行った。なお、A池とB池については、個人の所有であることや水深が浅く貝の採集が容易であることなどから、場所の特定に結びつくような記載は省略する。

水質項目は水温・溶存酸素(DO)・電気伝導度(EC)・pH・クロロフィルaとし、水温・DO・ECについては、データロガーを用いて平成28年5月16日から平成29年3月31日にかけて1時間毎に連続測定し、pH・クロロフィルaについては、月1回採水調査した。水温はTidbiT v2 Water Temperature Data Logger v2 (ONSET社)、DOはMiniDOT Logger (PME社)、ECはHOBOSalt Water Conductivity/Salinity Data Logger (ONSET社)を使用して測定し、この内ECについては測定値を塩分に換算した。また、pHはガラス電極HM-14P(東亜ディーケーケー社)で現地測定し、クロロフィルaはガラスフィルターGF/C(GEヘルスケア・ジャパン社)で即日濾過した後、後日エタノール抽出法にて定量・評価した⁵⁾。

3.2 底質調査

底質は①池②池の計14地点についてサンプリングし、乾燥減量・強熱減量・粒度組成を分析した。乾燥減量・強熱減量は底質調査方法(2008)、粒度組成はJIS A1204土の粒度試験法に基づいて分析した。

3.3 魚類相調査

魚類相は、かご網と投網による調査を行った(Fig. 3)。かご網は①池、②池及び周辺水域の計10か所で実施し、餌付きのかご網を仕掛けて一晩放置し、翌朝に捕獲魚を同定及び計数した。また、投網は福井川河口部で行い、捕獲魚を同定及び計数した。まずは年間通じた魚類相の概要を把握するため、季節毎(平成28年5月、8月、11月、平成29年1月)に調査した。かご網にはタカミヤ社の「魚キラー」(サイズ約26.5×26.5×39cm、目合い約3mm)、餌にはマルキュー社の「大ごい」「みどり」「粗びきサナギ粉」を混ぜて団子状にしたものを用いた。なお、捕獲魚は特定外来種を除いて速やかに放流した。

さらに、平成29年3月には①池の水を全量抜き、たも網を用いた全量捕獲調査を行った。

3.4 生残試験

生残試験にはカラスガイではなくイシガイを供した。カラスガイは「鳥取県希少野生動植物の保護に関する条例」によって捕獲や移動が禁止されており、試験に供することができない。そのため、カラスガイの代用として同じイシガイ科二枚貝であるイシガイを生残試験に供した。なお、イシガイは湖山池の上流域に生息している個体を用い、生存個体は試験終了後に採取地に再放流した。また、本種は鳥取県の準絶滅危惧種(NT)に指定されていることから慎重に取り扱った。

試験は網で蓋をしたプラスチックカゴに8個体ずつ投入し、ビオトープ候補地(Fig. 3)及び生息地の1つであるB池に設置した。その後、数日から数週間おきにイシガイの生死を確認した。

4 結果及び考察

4.1 ビオトープ候補地の水質について

4.1.1 水温

水温の推移をFig. 4に示す。夏場の最高水温は、①池28.1°C、②池30.4°C、A池26.0°C、B池33.3°Cであった。過度の水温上昇は個体の生存に負の影響を与えることから³⁾、ビオトープ候補地(①池、②池)では自生地のB池より最高水温が低く、カラスガイの生育にはB池よりも好ましい環境であると考えられる。①池では山下がりの流入水の水温が低く、さらに①池を通過した水が②池へ流れ出すことから、①池は②池よりも水温が低く、生育環境として②池より好ましいと考えられる。また、A池では周囲に直射日光を遮る木が多く生えているため、水温が上がりにくい構造となっていると考えられる。

4.1.2 塩分

塩分濃度の推移をFig. 5に示す。①池は平成28年9月1日、②池は9月1日と7日に最高値を示し、それぞれ4.6psu、6.6psuであった。この時の湖山池の塩分は8.7psuであり、それと比べると低値であった。通常、①池の水位は②池や湖山池に比べて少し高く、①池の水は②池に落ち込む構造となっている。湖山池の水位は日本海の海面潮位と連動して夏から秋にかけて高くなるが、それに伴って②池の水位は上昇する。その結果、①池と②池の水位差が殆ど無くなり、塩分の高い湖山池の水は②池を通じて①池に遡上し、①池②池の塩分が上昇することが考えられる。実際、8月下旬から9月上旬にかけて、①池と②池の水位差が殆ど無くなり、さらに②池の大幅な水位上昇があったタイミングで①池の塩分が上昇(Fig. 6)

している。このように段差のある①池であっても、夏季に塩分上昇が起こる可能性が示唆された。

伊藤ら(2017)によると、室内実験によりカラスガイは6psu以下の塩分環境で生存できることが確認されている⁶⁾。この実験では、一部の個体において8psuの塩分で死亡が確認されていることから、カラスガイの塩分耐性は6~8psu程度であると考えられる。このことから、ビオトープ候補地の塩分は6psu以下であることが望ましいと考えられる。調査結果から、①池では夏季の塩分上昇が見られたが、塩分は6psu以下であり、カラスガイが生育できる可能性が示唆された。しかし、①池の塩分上昇が湖山池の湖水の流入に起因するものであると考え、条件によってはさらに①池の塩分が上昇し、カラスガイの生育に重大な影響を与えることが懸念される。

また、②池は6psuを超えることがあるため、現状の湖山池の塩分環境では、夏場の塩分上昇期においてカラスガイの生育には好ましくない環境であると考えられる。

4.1.3 溶存酸素(DO)

DO濃度の推移をFig. 7に示す。①池②池ではいずれもDO濃度が2mg/L以下の貧酸素状態が継続する時期が見られ、①池では最大で連続14日間、②池では20日間の貧酸素が継続していた。両池とも底から少し浮かせたプラスチックかご内にDOロガーを設置していたものの、降雨による出水時や風による底泥の巻き上がりにより、DOロガーが巻き上がった底泥に埋もれていることが頻発しており、そのタイミングで貧酸素となっていることが確認された。結果からはビオトープ候補地の水中溶存酸素についての正しい評価はできないが、底泥が大量に巻き上がり易くその直下において貧酸素が継続する状況は、底質表面に生息するカラスガイに対して、大きな影響を与える可能性が考えられる。

4.1.4 pH

pHの推移をTable. 1に示す。生息地のA池では平均7.2、B池では平均7.1とほぼ中性であった。また、①池と②池のpHはいずれも平均6.6であり、年間通じてpH6~7を維持していた。湖山池のpHは概ね8前後であることから、ビオトープ候補地のpHは流入水路の影響を強く受けているものと考えられる。

4.1.5 クロロフィル a

クロロフィル a 濃度の推移をTable. 2に示す。ビオトープ候補地のクロロフィル a 濃度は0~20 μ g/L程度(①池:平均6.0 μ g/L、②池:平均8.7 μ g/L)と年間通じて大きな変動は見られなかった。

一方、生息地のA池では7~10月に高く、B池では

10月に高い時期が見られた。特にA池では最大860 μ g/Lまで上昇しており、植物プランクトンが大量に発生しやすい環境であると考えられる。これらの高値を除くと、生息地のクロロフィル a 濃度はA池で平均8.2 μ g/L、B池で平均10.8 μ g/Lとなり、ビオトープ候補地とほぼ同程度となった。そのため、ビオトープ候補地はカラスガイの餌環境として特段問題となるような状況ではないと考えられる。

4.2 ビオトープ候補地の底質について

ビオトープ候補地の底質の分析結果をFig. 8に示す。乾燥減量は①池が35.7~68.3%、②池が61.4~68.3%であり、強熱減量は①池が6.3~23.2%、②池が20.7~24.6%であった。②池では地点による大きなバラツキは無かったが、①池では地点により値が大きく異なっていた。①池では流入口付近から中央部手前にかけて値が低く、中央部から奥側にかけて②池と同程度の高い値であった。これらの粒度分布をみると、全体的に粘土やシルト成分が主体であるものの、①池の流入口付近から中央部手前のエリアでは、多地点より砂質成分を多く含有していた。ビオトープ候補地では周辺にヨシ群落が発達しており、周辺のヨシが枯れて分解された有機物が両池の底質の大きな供給源となっていると考えられる。さらに①池では上流の水路から砂質成分が流れ込み、流入口付近から中央部手前にかけて砂質成分がやや多い環境を作り出していると考えられる。

また、生息地であるA池やB池では、樹木と抽水植物起源のリターの堆積が著しい泥質であり、生息している貝は中型から大型個体のみで若齢個体は見つかっていない¹⁾。カラスガイの成貝は泥質中に生息することができるが、その稚貝は砂質や砂泥質といった環境を好むと言われている。先述のとおり、ビオトープ候補地は底泥が大量に巻き上がり易い状況であるため、風雨などの気象条件によって、底質の分布状況が容易に変化することが想定される。その場合、稚貝の定着には厳しい環境となり、ビオトープ候補地内での再生産による新規個体の加入は極めて困難であると考えられる。

4.3 ビオトープ候補地の宿主魚について

カラスガイは母貝から放出されたグロキディウム幼生が特定の種の魚類に寄生するため、幼生の放出期である冬期に宿主となる魚類が生息していることが必要である。宮本(2015)らによってフナ属魚類・ゴクラクハゼ・ウキゴリが¹⁾、伊藤(2016)らによってメダカ類・ヌマチチブ・ドンコ等が宿主

となることが報告されている⁷⁾。

①池では、幼生の放出期にあたる冬期において、宿主となるウキゴリ、ヌマチチブ、メダカなどが確認され、幼生の寄生が行われ稚貝に成長することが期待できる(Table. 3)。一方、②池や周辺水域では、8月にウキゴリとマハゼが見られたのみで冬期には確認されなかった。しかし、①池が②池を含めた周辺の水域と繋がっていることは、魚類が移動する可能性を示唆しており、ビオトープ候補地では周辺水域を含めて冬季の宿主魚の存在が期待でき、カラスガイ再生産の可能性が残されていると考えられる。

また、①池では幼生の寄生対象魚種ではないもののヤリタナゴが継続して見られた。池干し時の調査では①池にイシガイ類は見られなかったため、この池に生息しているというよりは周辺水域からの進出若しくは迷い込みであると考えられる。ヤリタナゴは産卵母貝となるイシガイ類が必要であるため、周辺水域にヤリタナゴの産卵母貝となるイシガイ類二枚貝の生息の可能性が期待される。

4.4 イシガイの生残試験について

投入したイシガイは4ヶ月ほどで①池②池共に全滅し、その多くは泥に覆われ貧酸素になったタイミングでの死亡であった(Fig. 9)。また、①池では平成28年9月1日の塩分上昇のタイミングで2個体が死亡したため、塩分も影響した可能性が考えられたが、この時の塩分は最高で4.6psuと、イシガイの塩分耐性(6~9psu)⁸⁾の範囲内であり、塩分が直接的な死因とは断定できなかった。

一方、比較したB池では約半数が夏期に死亡した。B池では塩分は殆ど含まれず、貧酸素も長期間継続していないことから、これらが直接的な原因である可能性は低いと考えられる。B池での死因は特定できなかったが、試験中の最高水温は33.3℃と調査地の中で最も高く、夏場の高水温が死亡した要因の1つとして挙げられる。

生残試験の結果から、①池と②池では水質データから示唆されたとおり、泥の堆積に起因する貧酸素と塩分上昇によって、イシガイ類の生存に重大な影響を与えている可能性が考えられる。

5 まとめ

湖山池に隣接するビオトープ候補地(①池、②池)について、カラスガイの生存及び再生産ができる可能性について検討したところ、有利となる環境情報として以下の重要な情報を得た。

- (1) 塩分は湖山池の塩分より低く、湖山池より淡水に近い環境を保っている
- (2) カラスガイの妊卵期となる冬季にグロキディウム幼生が寄生できる宿主魚が存在する
- (3) 生息地のB池より夏季の最高水温が低い

さらに、これらは上流側に位置する①池の方が下流側の②池よりも有利な条件であると示唆された。その一方で、以下の問題点が抽出された。

- (1) 湖山池の湖水流入に伴う塩分上昇
- (2) 底泥の巻き上がり及び再堆積による底面の貧酸素化
- (3) 稚貝定着に影響のある泥質主体の底質環境

そこでこれら塩分及び底質の問題に対処するため、鳥取県生活環境部水・大気環境課は平成29年3月に①池の浚渫、覆砂及び塩水遡上防止のための仮設堰の設置工事を行った。今後はこれらの効果検証を行う予定としている。

また、現在ビオトープ候補地として福井地区の1ヵ所で検討しているところであるが、将来的に環境条件を維持できなくなることも考えられる。そのため、リスク分散を行えるよう、福井地区以外の場所についてもビオトープ候補地として検討していく予定である。

6 謝辞

魚類相調査については、湖山池モニタリング委員会の安藤重敏氏と鳥取県栽培漁業センターの福井利憲氏の指導を受けて調査を行った。ここに記して感謝申し上げます。

7 参考文献

- 1) 宮本 康, 福本一彦, 畠山恵介, 森 明寛, 前田 晃宏, 近藤高貴: 保全生態学研究, 20, 59-69 (2015)
- 2) 尹 振国, 岩本真菜, 鶴崎展巨: 山陰自然史研究, 11, 15-32 (2015)
- 3) 根岸惇二郎, 茅場裕一, 塚原幸治, 三輪芳明: 日本生態学会誌, 58, 37-50 (2008)
- 4) レッドデータブックとっとり改訂版, 2012年3月発行, <http://www.pref.tottori.lg.jp/95805.htm>
- 5) 根本富美子, 小野美幸, 福原晴夫: 新潟大学教育学部研究紀要 自然科学編, 1(2), 101-105 (2009)
- 6) 伊藤寿茂, 柿野 亘, 北野 忠, 河野裕美: 陸水学

雑誌, 78, 87-96 (2017)

7) 伊藤寿茂, 上杉翔太, 柿野 亘: VENUS, 74(3-4),
79-88 (2016)

8) 谷田 匠, 中川和之, 松村達也, 山口恭平, 近藤
高貴: ちりぼたん, 45(3), 173-174(2015)

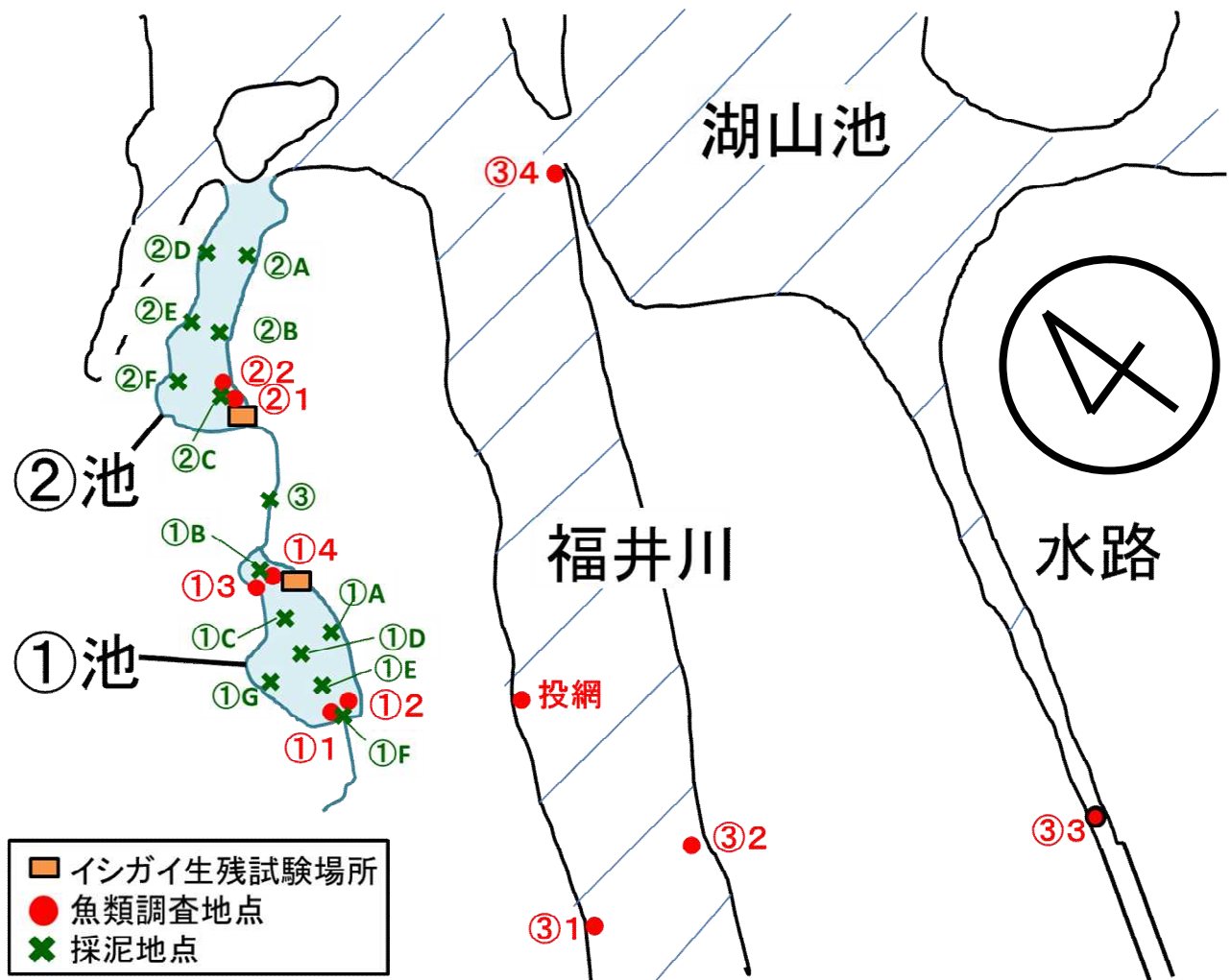


Fig. 3 ビオトープ候補地におけるイシガイ生残試験・魚類調査・採泥の地点

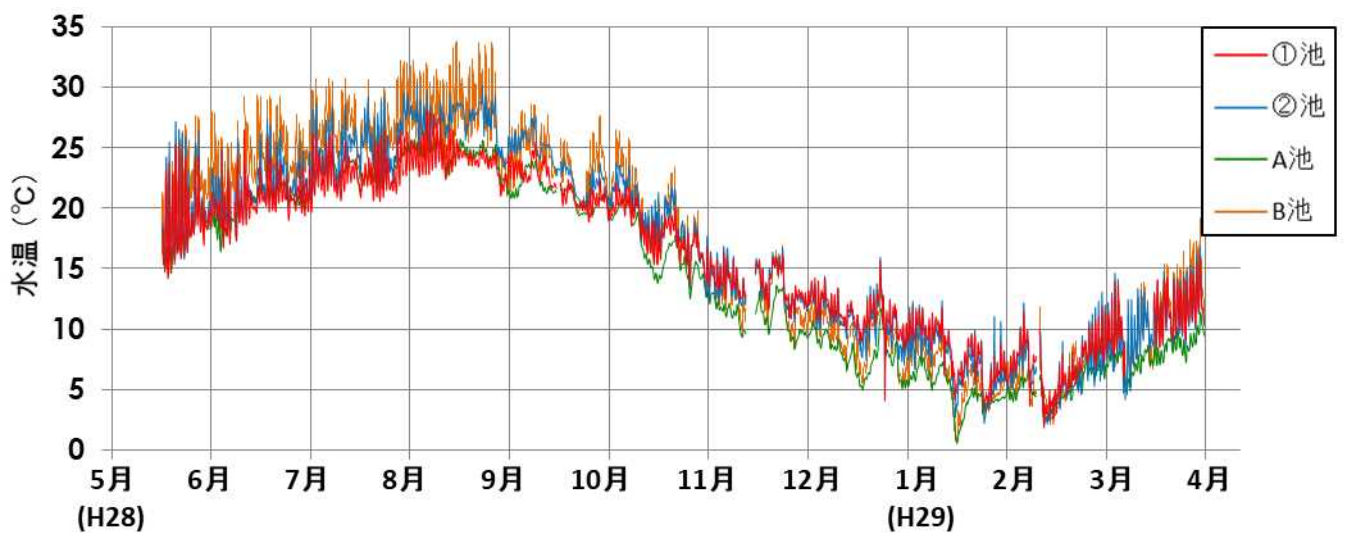


Fig. 4 水温の変化

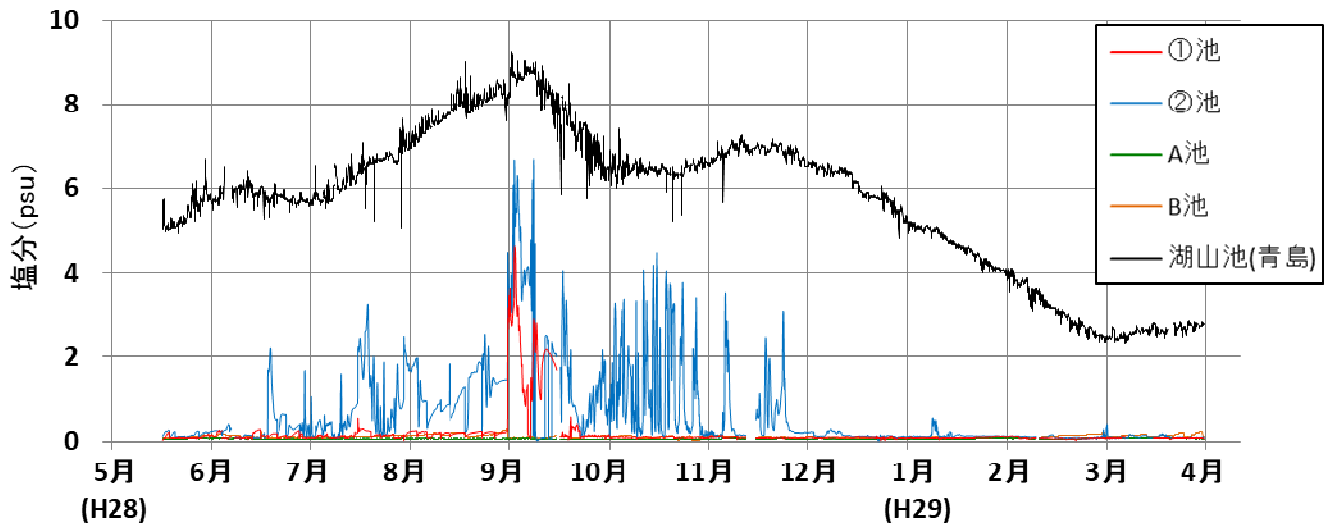


Fig.5 塩分の変化

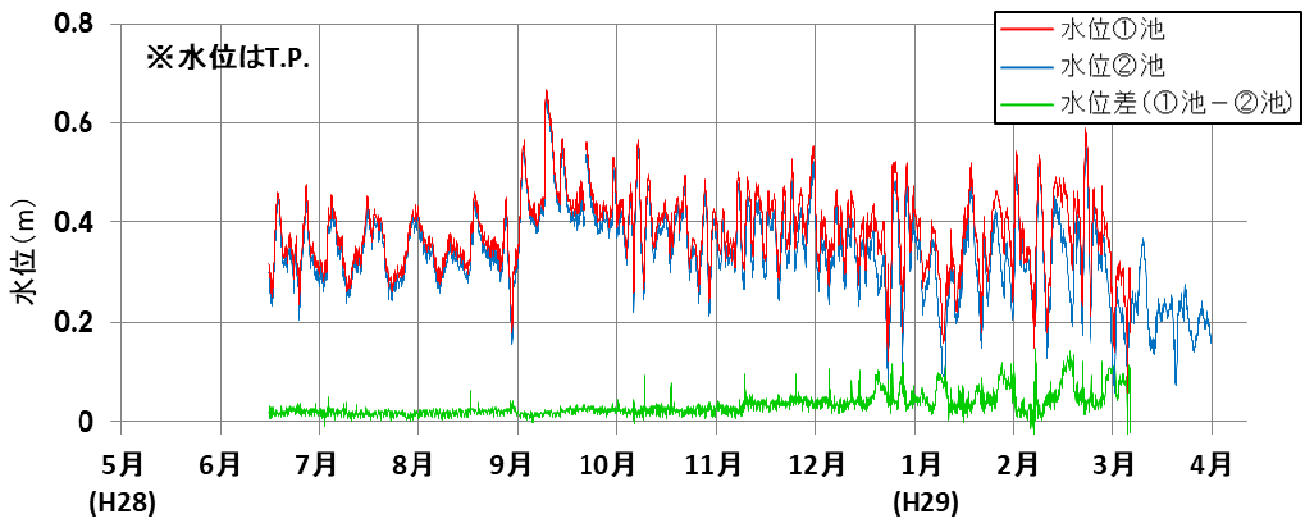


Fig.6 水位の変化 (参考値)

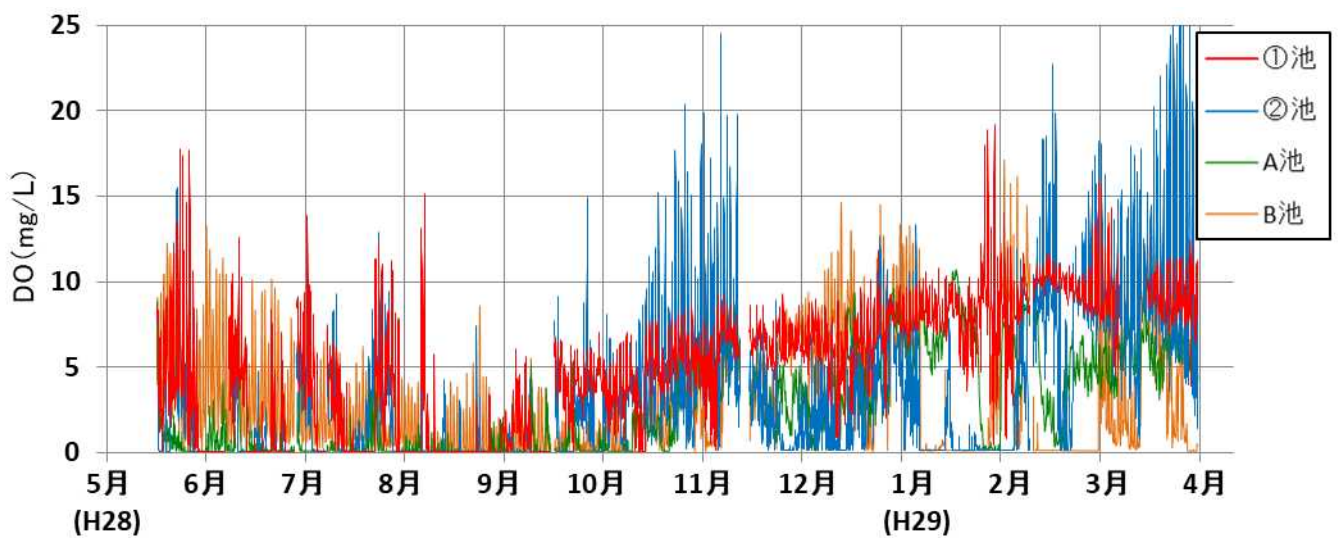


Fig.7 DOの変化

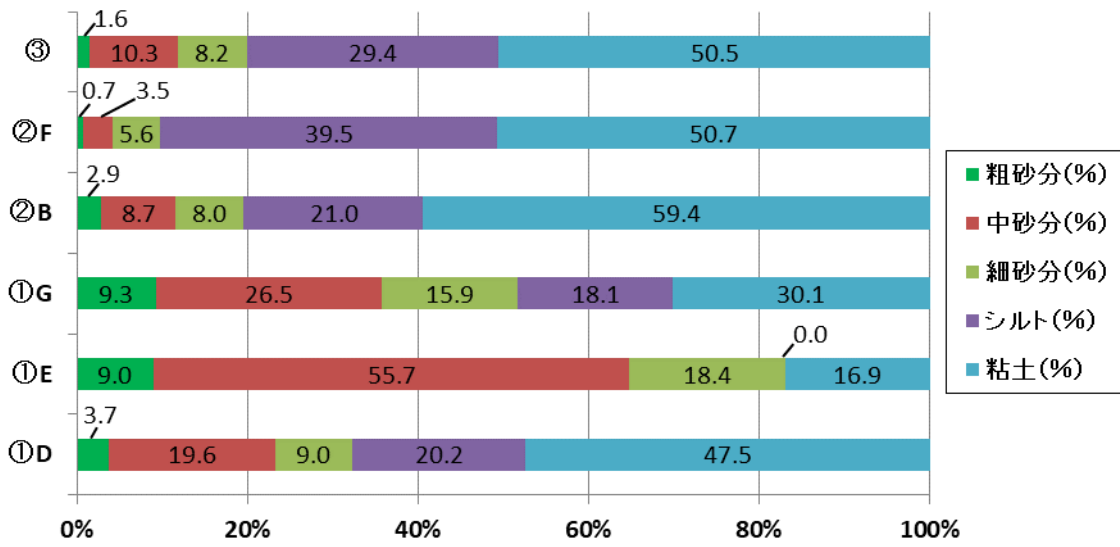
Table.1 pHの変化

	H28. 5.10	6.1	7.12	8.2	9.13	10.4	11.1	12.7	H29. 1.10	2.8	3.1
①池	6.8	6.8	欠測	6.7	6.1	7.2	6.4	6.2	6.1	7.0	6.9
②池	6.4	7.0	欠測	6.6	6.4	6.9	6.5	6.4	6.2	7.0	6.8
A池	7.4	7.3	6.9	6.7	7.4	7.6	6.5	7.4	6.8	7.5	7.5
B池	7.1	7.4	7.0	7.5	6.9	7.2	7.0	7.2	6.8	7.5	7.0

Table.2 クロロフィルaの変化(単位は $\mu\text{g/L}$)

	H28. 5.10	6.1	7.12	8.2	9.13	10.4	11.1	12.7	H29. 1.10	2.8	3.1
①池	2.3	24	4.3	8.6	7.5	1.6	2.2	N.D.	7.4	5.5	2.8
②池	14	12	13	14	6.0	17	1.1	N.D.	7.5	5.4	5.8
A池	9.1	8.3	511	860	311	116	17	1.1	10	6.6	5.1
B池	12	7.2	7.4	13	16	46	12	22	9.1	3.5	5.3

(a)



(b)

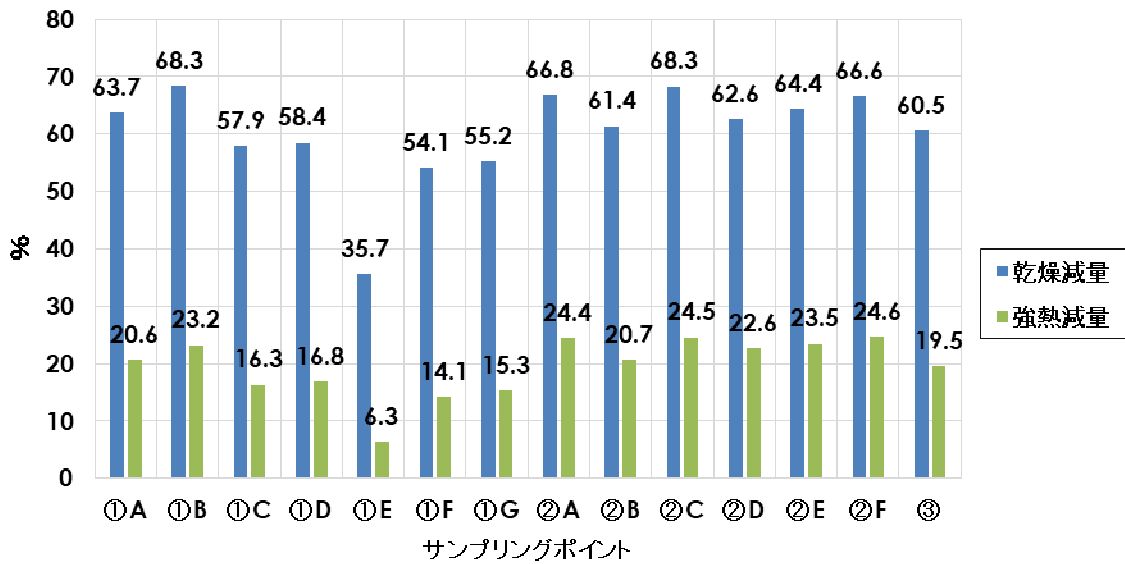
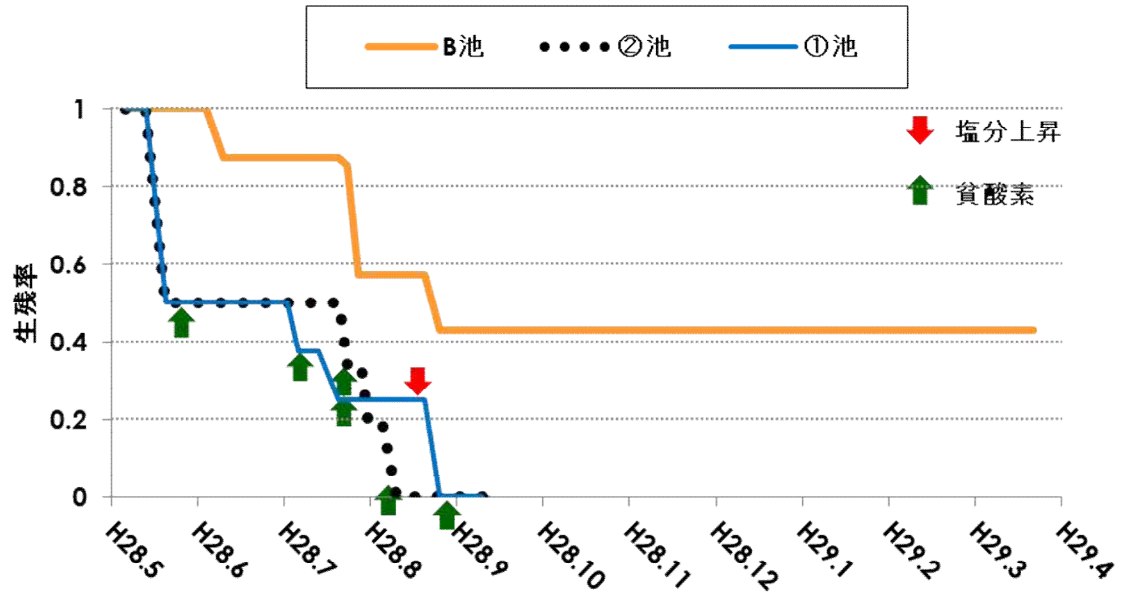


Fig. 8 底質調査結果

①池と②池の底質調査結果の概要 (H28.6.9実施)。(a)は主要ポイントの粒度組成、(b)は各サンプリングポイントの乾燥減量及び強熱減量。サンプリングポイントの番号についてはFig. 3を参照。

Table. 3 魚類調査結果

①池					妊卵期 調査	①池 池干調査
宿主	魚種	H28.5	H28.8	H28.11	H29.1	H29.3
○	ウキゴリ	1	4	1	2	15
○	ギンブナ		1			
○	ドンコ	1				
○	ヌマチチブ		3		1	10
○	メダカ			12	1	170
○	ゴクラクハゼ					2
	サンインコガタ スジシマドジョウ	1				
	シマドジョウ					4
	モツゴ		1			
	ヤリタナゴ		1	1	2	11
	アシシロハゼ					2
②池						
宿主	魚種	H28.5	H28.8	H28.11	H29.1	
○	ウキゴリ		1			
○	マハゼ		11			
	モツゴ		1			
周辺水域(③1~③4)						
宿主	魚種	H28.5	H28.8	H28.11	H29.1	
○	ヌマチチブ	1				
○	マハゼ		19			
	アシシロハゼ	2	1			
	アベハゼ		7			
	アシシロハゼ		1			
	ウロハゼ		2			
投網						
宿主	魚種	H28.5	H28.8	H28.11	H29.1	
○	ヌマチチブ	1				
○	マハゼ		14			
	モツゴ		3			



※行方不明個体 (②池 2 個体、B 池 1 個体) は生存率計算から除外

Fig.9 イシガイ生存試験