

湿地の水環境 現状把握について

1. 調査項目と実施内容

夏季無降雨期間中の湿地の水質悪化状況、降雨後の水質改善状況、冬季渡り鳥飛来時の水質悪化状況を把握するために水質調査を実施した。

また、降雨による水交換状況を把握するために水深の連続観測、流量観測を実施した。

表 1 調査項目

調査項目	調査時期・回数	調査内容
池の水深	9月7日以降に連続観測	・自記録式水位計を水域①～⑤全てに設置して水深を記録
流量観測	12月3日に水域⑤の排水路 12月24日に水域①の排水路	・排水路で流量観測を行い、越流水深と流出量の関係H-Q式を作成
水質 水温、DO、濁度、 pH、塩分、電気伝導率、 酸化還元電位	令和3年9月13日、9月21日 令和4年1月5日 ※9月21日はモニタリング調査の簡易測定を兼ねる	・ポータブル測定器による簡易測定
水質 COD、T-N、T-P、 SS、クロロフィル a、 植物プランクトン細胞数	令和3年9月13日、9月21日 令和4年1月5日 ※ポータブル測定器による簡易測定に合わせて実施 ※植物プランクトン細胞数は令和3年9月13日、令和4年1月5日に実施(計2回)	・水域③⑤で採水 ・採水は水域内中心で採水。 ・採水後は保冷して持ち帰り、分析。 ・分析方法はCOD(化学的酸素要求量)が「JIS K 0102 17(2019)」、T-N が「JIS K 0102 45」、T-P が「JIS K 0102 46.3」、SS が「昭和46年 環告第59号付表9」、クロロフィル a が「上水試験方法 VI-4 27.2」 ・植物プランクトンの種順および種名は、「河川水辺の国勢調査のための生物リスト[平成26年度 河川・ダム湖統一版](財団法人リバーフロント整備センター 2014年)」

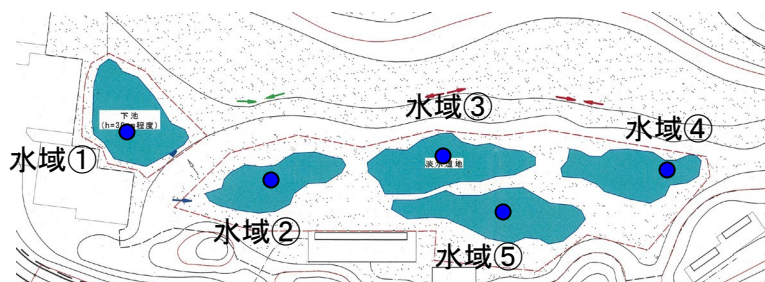


図 1 調査地点(水質調査・水位連続観測)

## 2. 水文調査結果

次の①～③の項目を把握することで、池の水交換・希釈状況を検討する。

- ①水位連続観測 … 9/7 に各池で自記録式水位計を設置して水深 H を連続観測
- ②水路の H-Q 式 … 水路の流量観測により越流水深 H と流出量 Q の関係式を作成
- ③池の H-V 式 … 池の等高線図から水深 H と池容量 V の関係式を作成

上記①②から越水時の流出量 Q を算定、①③から池の水容量 V の時系列変化を算定することで、池の水交換・希釈状況を把握する。

### 1) 水位連続観測結果

各池内に自記録式水位計を設置し 9/7 から連続観測を実施中である。

池水深の時系列推移は以下に示すとおりである。無降雨期間 9/23～10/15 における水深変化の傾きは各池ともに同様であり、水深低下速度は約 6mm/日である。

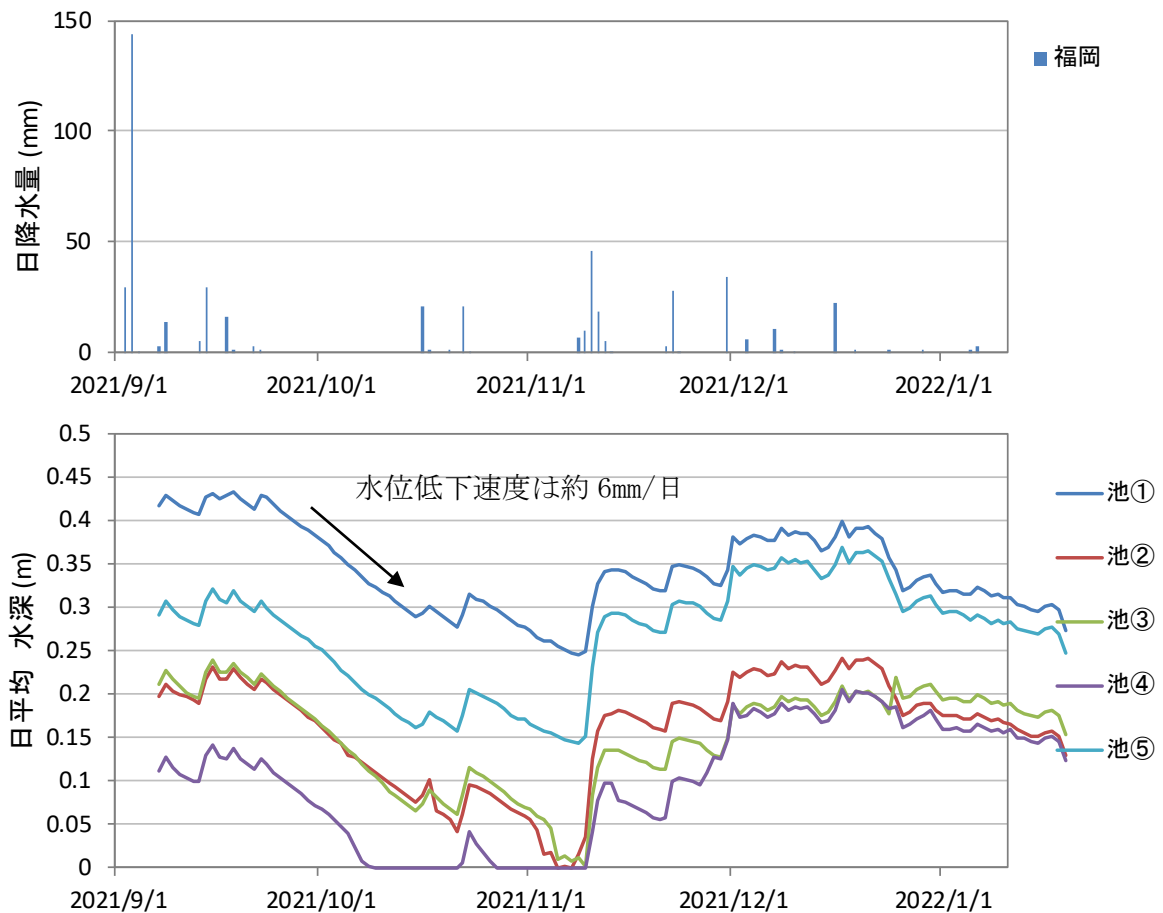


図 2 池水深の時系列変化

池の水深は11/8時点で最も低くなり、池②③④の池が干上がる状況であった。その後、降雨により水深は回復して推移している。

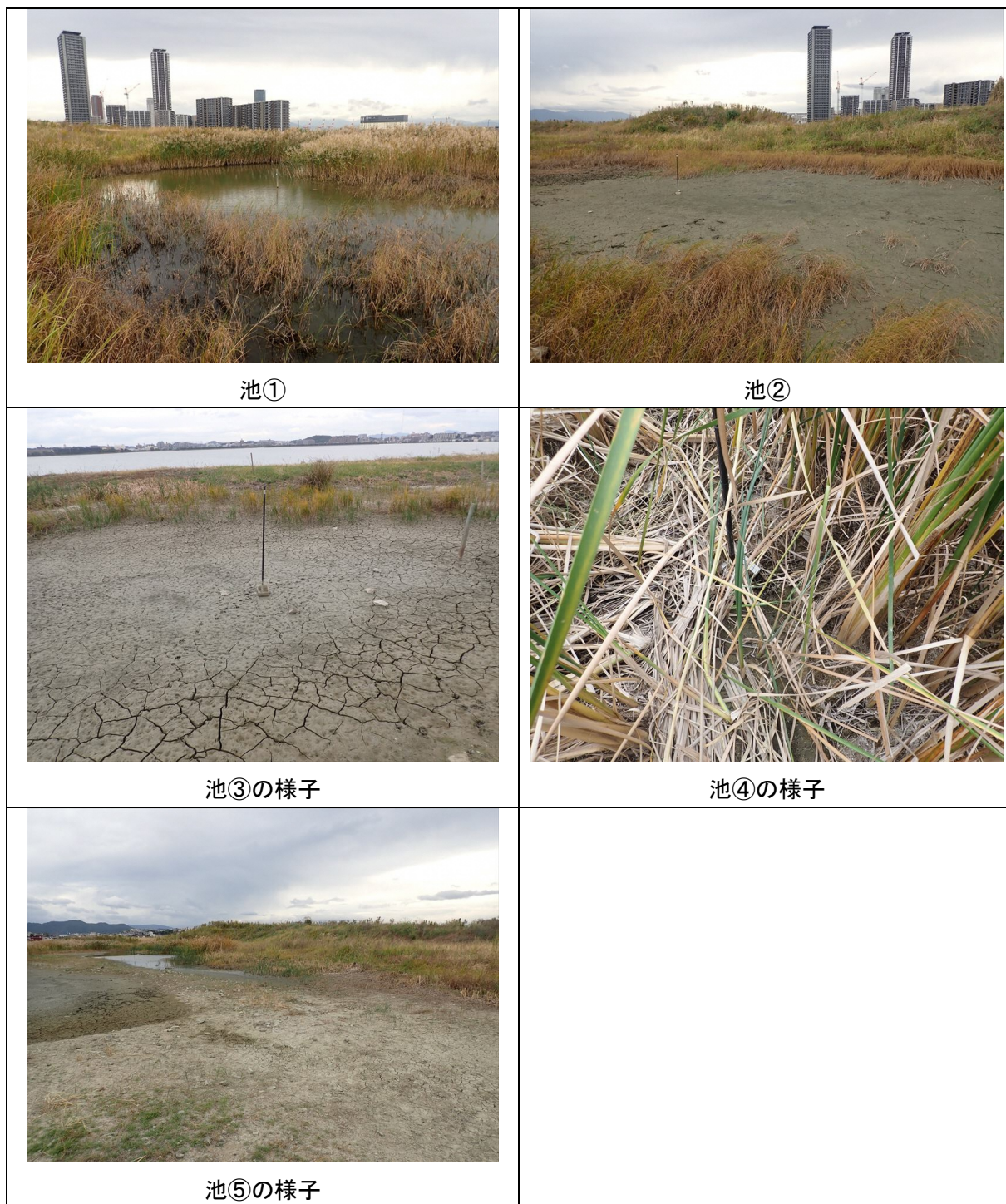


図 3 2021 年 11 月 8 日の様子

## 2) 池の越流水深 $H$ と流出量 $Q$ の関係式作成

水位連続観測データを用いて越水時の流出量を算定できるように、水路の流量観測を行うこととで、越流水深  $H$  と流出量  $Q$  の関係式  $H-Q$  を作成した。

池①と池⑤の水路を調査対象とした。他の池②③④は、水位上昇に伴って池⑤とつながり池⑤の水路から排水されるため、調査対象外とした。



図 4 水位上昇時における池の湛水状況

### <池①の水路における流量観測>

池①は越水が発生しない状況であったため、池の下流端に土のうで囲った空間を作り、水中ポンプで池水をポンプアップすることで、人工的に排水路に流水を生じさせた。その上で、流速計観測と水深測定を行った。



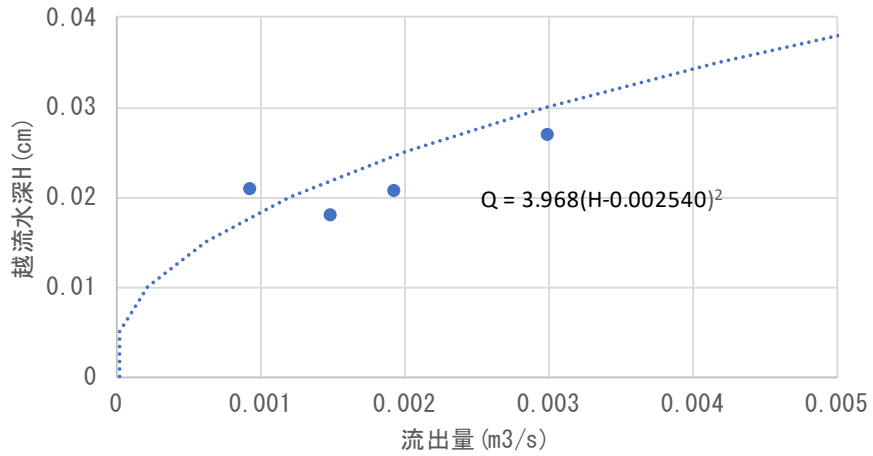


図 5 池①の水路 H-Q 式 ※Hは越流水深

<池⑤の水路における流量観測>

池⑤の排水路の流量観測は 12/5 に実施した。

水位を高い状態で維持する目的で土嚢が設置してある状況であったため、土嚢を一時的にずらして流水を生じさせ、流速計観測と水深測定を行った。

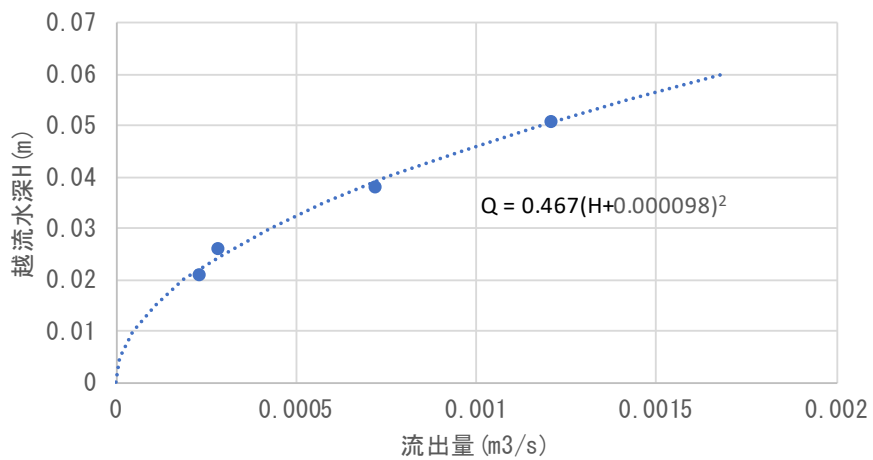


図 6 池⑤の水路 H-Q 式 ※Hは越流水深

### 3) 池の水深 H と池容量 V の関係式作成

水深 H と池容量 V の関係を把握するために、水深 H と池容量 V の関係式 H-V を作成した。具体的には、各池の水深約 10 cm 刻みの等高線面積を R2 年度ドローン測量データから読み取り (GIS で処理)、その面積から池容量を算出することで作成した。

なお、池④と⑤は水深 0.1m 未満の段階で水面がつながるため、池④⑤を分離して H-V を作成することが難しい。そのため、池⑤の H-V に池④の容量も含む形で整理した。

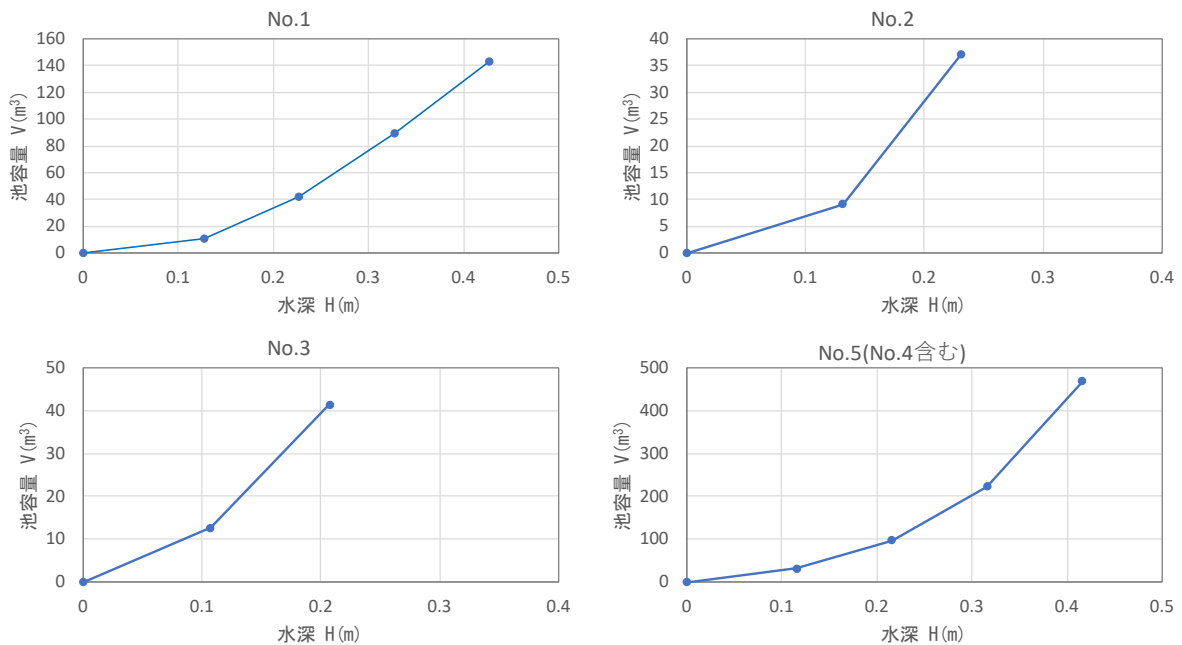
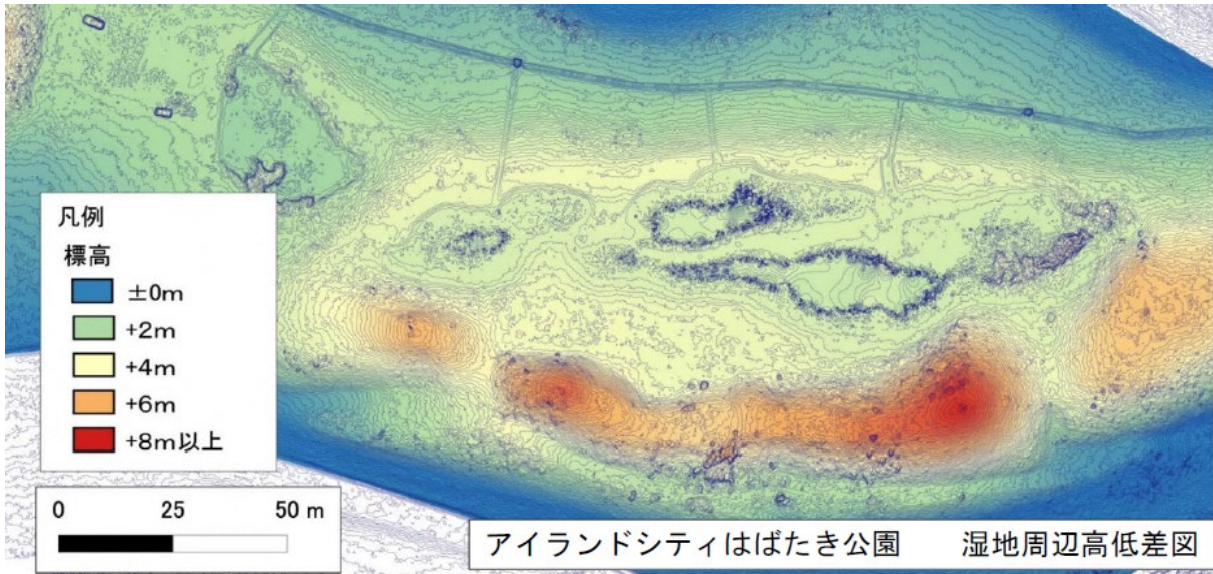


図 7 各池の H-V

#### 4) 降雨時における池水の希釈・交換状況

水位データ H、排水路の H-Q 式、各池の H-V を用いて、各時点における池の貯水量 V に対する流入量  $Q_{in}$  の比率(流入量  $Q_{in}$ /貯水量 V)を算定することで、降雨時における池水の希釈・交換状況を検討した。

貯水量の変化量  $\Delta V$  について(1)式が成り立つ。

$$\Delta V = \text{流入量 } Q_{in} - \text{流出量 } Q_{out} - (\text{蒸発量} + \text{浸透量}) \quad \dots(1)$$

流入量を左辺にして式を変形すると(2)式となる。

$$\text{流入量 } Q_{in} = \Delta V + \text{流出量 } Q_{out} + (\text{蒸発量} + \text{浸透量}) \quad \dots(2)$$

ここで、(2)式の“ $\Delta V$ ”、“流出量  $Q_{out}$ ”、“(蒸発量 + 浸透量)”は以下のとおりに算定できるため、それら値を(2)式に代入することで“流入量  $Q_{in}$ ”を求めた。

##### < $\Delta V$ の算定>

H-V 式で各時点の貯水量  $V_t$  を求め、「 $\Delta V = V_{t+1} - V_t$ 」に代入して算出した。

##### <流出量 $Q_{out}$ の算定>

H-Q 式に各時点の水位 H を代入することで算出した。

##### <(蒸発量 + 浸透量)の算定>

無降雨期間 9/23~10/15 における水位低下速度の約 6mm/日を踏まえて、6mm/日×湛水面積  $m^2$  を日あたりの(蒸発量 + 浸透量)とした。

上記の貯水量 V と流入量  $Q_{in}$  から、各時点における流入量  $Q_{in}$ /貯水量 V を算定した。

なお、水位上昇に伴って水面がつながる池②~⑤はそれぞれを分離した検討ができないため、池②~⑤の流入量  $Q_{in}$ /貯水量 V は合計値により評価するものとする。

池①の貯水量  $V$  に対する流入量  $Q_{in}$  の比率 (流入量  $Q_{in}$ /貯水量  $V$ ) から、池①では降雨時に池には概ね 10%~40%程度の流入水が加わり希釈されていたと考えられる。

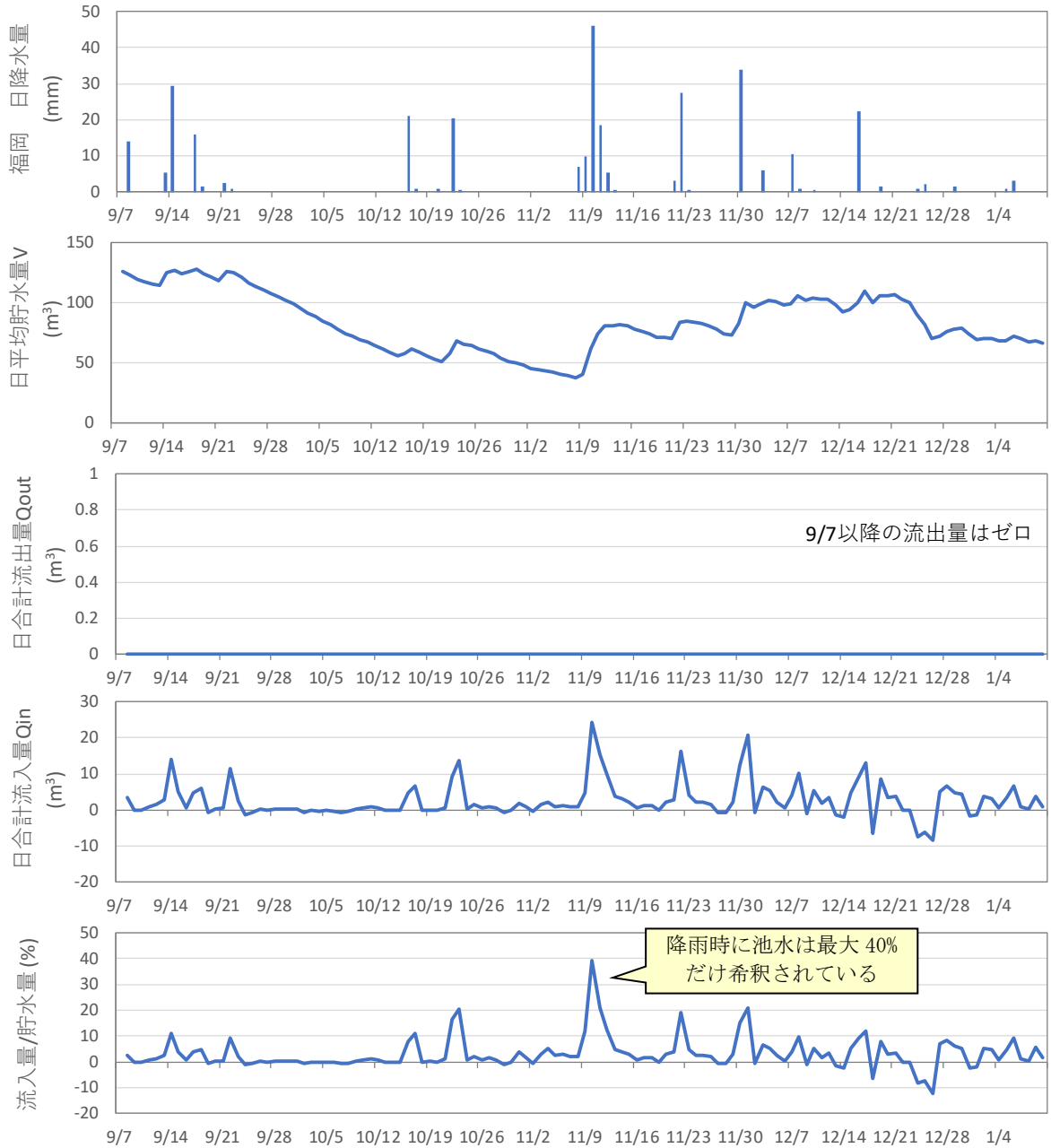


図 8 池①の水文状況



池②～⑤の貯水量  $V$  に対する流入量  $Q_{in}$  の比率 (流入量  $Q_{in}$ /貯水量  $V$ ) から、池②～⑤では降雨時に池には概ね 10%～70%程度の流入水が加わり希釈されていたと考えられる。

なお、夏季の降雨前後の水質調査を 9/13、9/21 に実施したが、その間の 9/13～9/18 の降水量 52.5 mm に対して流入量  $Q_{in}$ /貯水量  $V$  は 57%である。

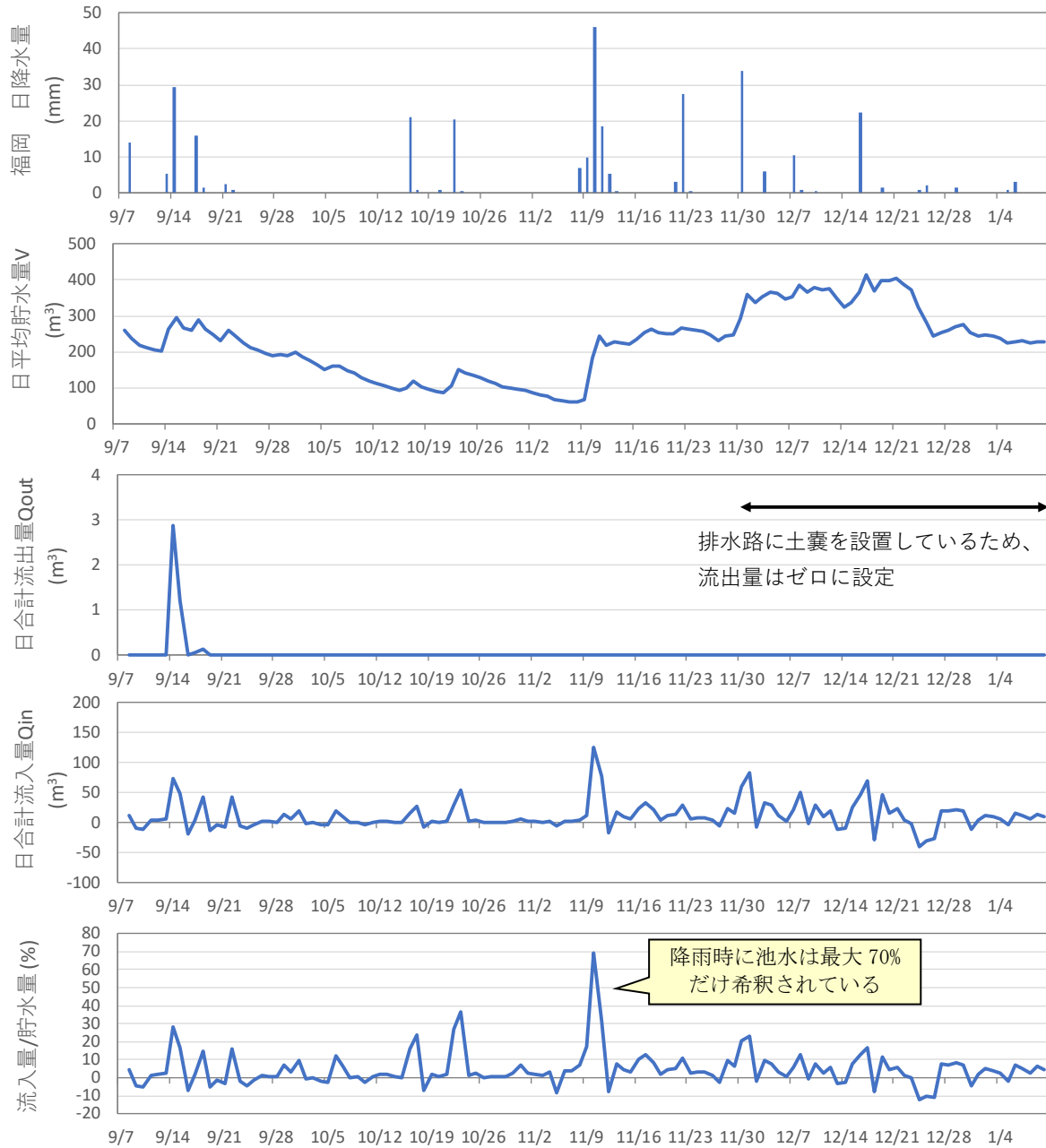


図 9 池②～⑤の水文状況

日降水量と流入量  $Q_{in}$ /貯水量  $V$  の相関図から次のことが読み取れる。

- ・池① では日降水量 10mm あたりで池水は平均 5.6%程度だけ希釈される。  
 $\Rightarrow$  約 176mm の降水量で 100%希釈される ( $10\text{mm} \div 5.6\% \times 100\% = 176\text{mm}$ )。
- ・池②～⑤では日降水量 10mm あたりで池水は平均 8.6%程度だけ希釈される。  
 $\Rightarrow$  約 116mm の降水量で 100%希釈される ( $10\text{mm} \div 8.6\% \times 100\% = 116\text{mm}$ )。

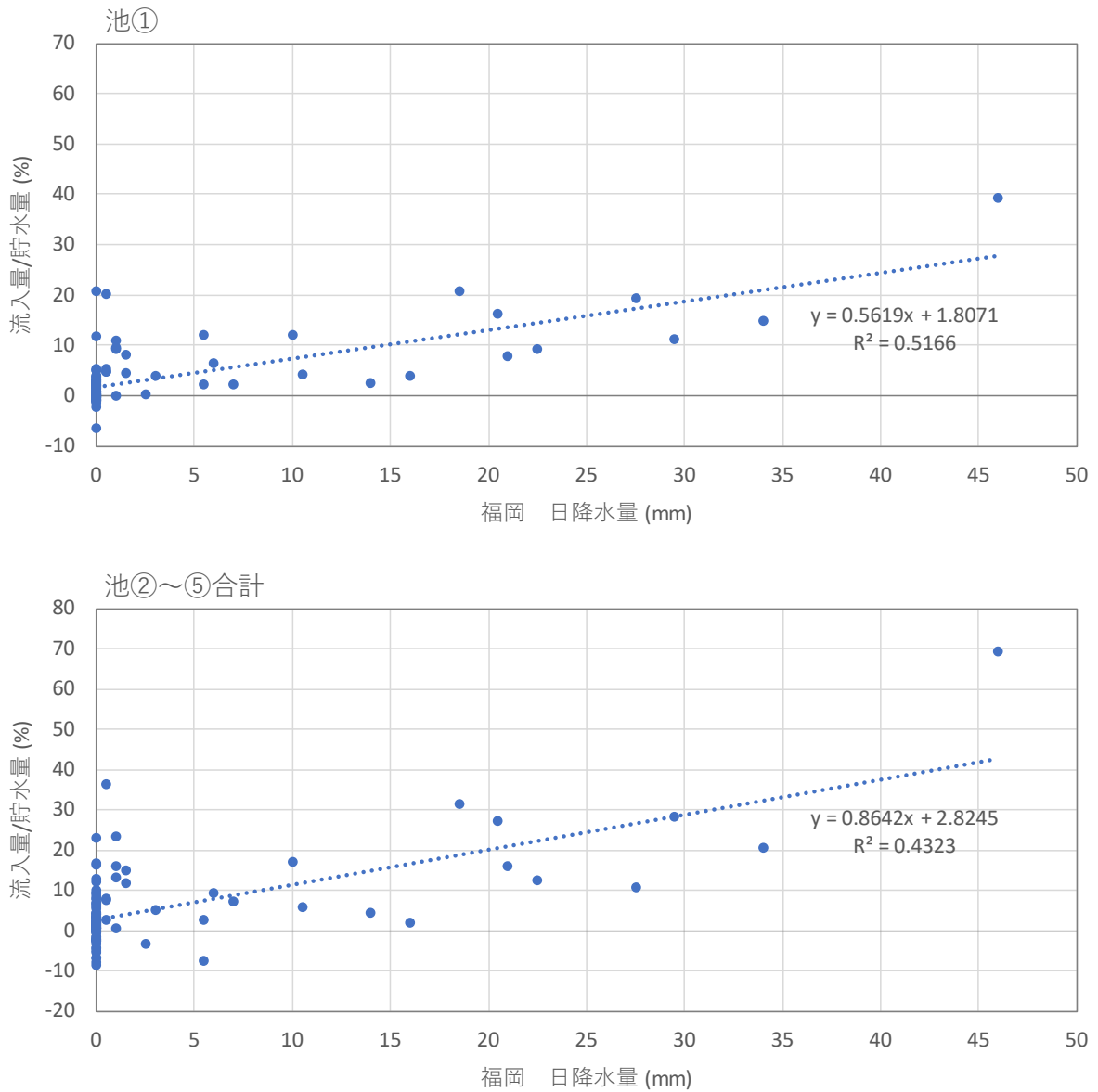


図 10 日降水量と流入量/貯水量の相関関係

### 3. 水質調査結果

夏季無降雨期間中の湿地の水質悪化状況、降雨後の水質改善状況、冬季渡り鳥飛来時の水質悪化状況を把握するために、下記の日程で現地調査を実施した。

#### 1) 調査日程及び目的

R3/9/13…夏季の無降雨期間中の湿地の水質悪化状況を把握するため、前4日間で無降雨が続いた9/13に調査した。採水分析は池③⑤で行った。

R3/9/21…夏季の降雨後の水質改善状況を把握するため、福岡に9/17に上陸した台風14号の通過後に調査した。採水分析は池③⑤で行った。

R4/1/5…冬季の渡り鳥飛来時における水質悪化状況を把握するために調査した。12/24時点で池②③⑤の水面にヘドロ状の物体が多数浮遊している状況を確認したため、1/5の調査実施とした。採水分析は濁度が相対的に低い池①、濁度が高い池③を対象とした。

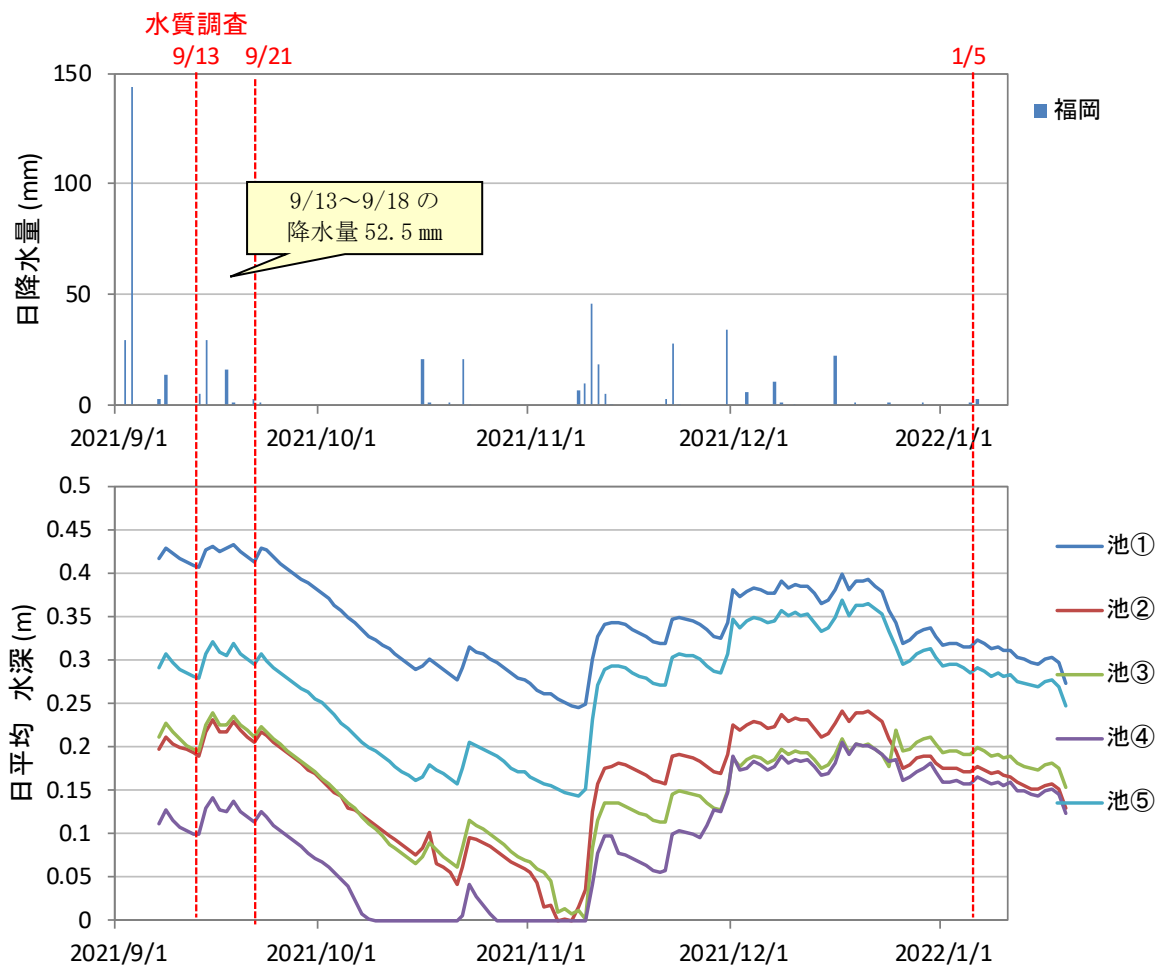


図 11 日降水量及び池水深

## 2) 調査時の池状況

調査日の池状況は以下のとおりであった。

- ・ 9/13 時点では採水した池③⑤ともに濁った状態であった。
- ・ 台風上陸の降雨後の 9/21 時点では池③の濁り状況は改善されて透明度が高くなった状態であった。池⑤は池底の水草が岸辺に移動したことで、採水地点付近では底泥の巻き上がりが起こりやすい状態であった。
- ・ 1/5 には数羽の野鳥が確認され、池周辺には多数の糞が点在する状況であり、いずれの池も全体的に濁った状態であった。池③の岸辺にはヘドロ状の物体が集積している状態であった。

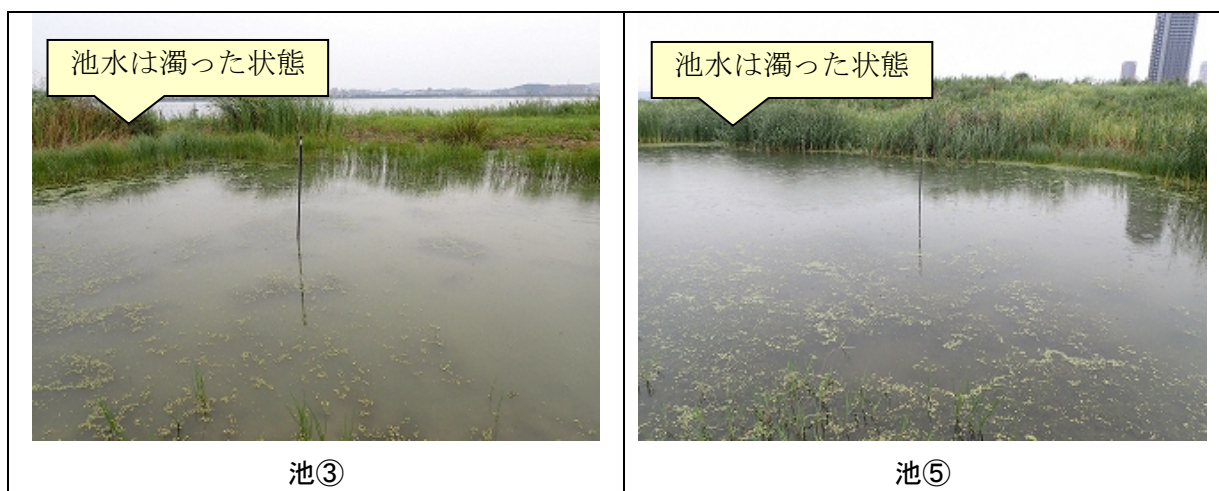


図 12 9/13 の池状況



図 13 9/21 の池状況



図 14 1/5 の池状況



図 15 1/5 の池③周辺の状況

### 3) 水質測定結果

水質測定結果の主な特徴は以下のとおりである。

- ・9/13には池③⑤ともにクロロフィル a が高濃度となっており、植物プランクトン増殖によって水質が悪化している状態であった。
- ・降雨後の9/21には池③⑤ともにクロロフィル a 濃度は低減しており、池水が希釈・効果されたことが影響したと考えられる。
- ・1/5の渡り鳥飛来時における水質は各項目で高濃度となっており、野鳥の糞尿により水質悪化している状況が見られる。



図 16 水質調査結果(機器測定)

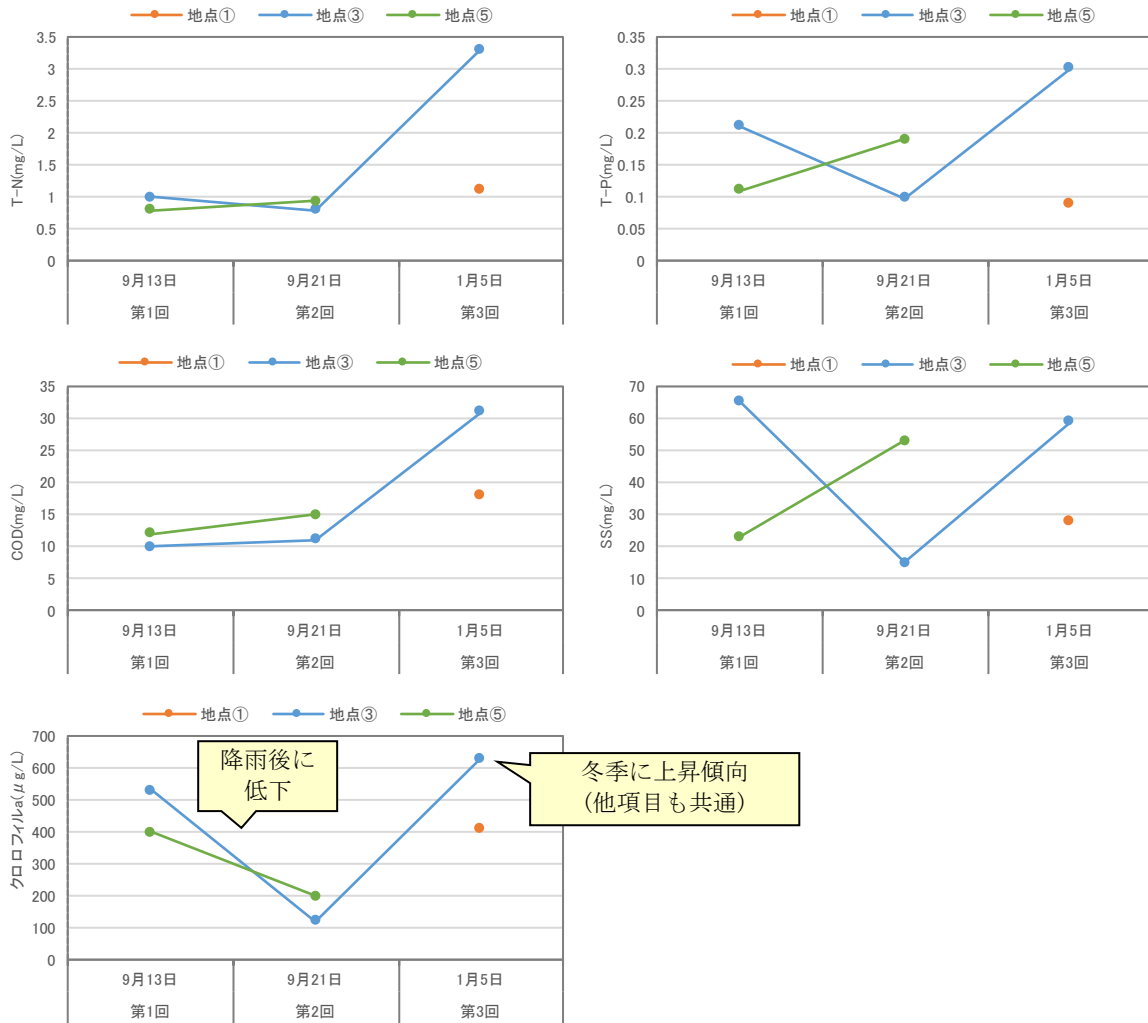


図 17 水質調査結果(室内分析)

4) 夏季の降雨前後における水質変化

夏季の降雨前後における水質変化状況は具体的に以下のとおりである。

9/13には池③⑤ともにクロロフィル a が高濃度となっており、植物プランクトン増殖によって水質が悪化している状態であった。降雨後の 9/21 においては、クロロフィル a の変化に着目すると、降雨後の 9/21 に濃度低下が見られ、池水の希釈・交換による効果が現れていると考えられる。

表 2 夏季の降雨前後における水質変化(9/13 と 9/21 の比較)

項目	水質状況
水温	降雨後に上昇傾向が見られる。
電気伝導率	池②で上昇し、他の池では低下している。電気伝導率は塩分濃度に規定されていると考えられる。
DO	池④を除く池において降雨後に上昇傾向にある。 DO 上昇は池水の風による攪乱、植物プランクトン、水草の光合成による酸素供給が原因として考えられる。
塩分	池②で上昇し、他の池では低下している。池②の塩分上昇は、台風により海水の飛沫が混入した可能性、加えて池②は他池に比べて水の流出が起こりにくく混入した塩分が留まり続けている可能性が考えられる。
pH	pH も降雨後に高くなる傾向が見られる。光合成により水中の CO <sub>2</sub> が消費される際に H <sup>+</sup> が減少することで pH は高くなるため、植物プランクトン、水草の光合成の影響が考えられる。
ORP	ORP は降雨後に低下傾向にある。pH の上昇に伴って、ORP が低下したことが考えられる (pH と ORP は逆相関関係にある)。
濁度、T-N、T-P、SS	これら項目の挙動は同様であり、降雨後に池③で低下したのは池水が希釈・交換されたことが要因として考えられる。一方の池⑤では濃度上昇が見られるが、9/13 時は採水地点付近にあった水草が台風通過後の 9/21 には岸辺に移動しており、風によって底泥が巻き上がりやすい状態となったことが影響している可能性が考えられる。
COD	降雨後に池⑤で上昇傾向が見られるが、底泥の巻き上がりの影響が考えられる。
クロロフィル a	池③⑤ともに降雨後に減少しており、池水の希釈・交換で藻類が減少したと考えられる。

植物プランクトンの細胞数計測を 9/13、1/5 の採水試料について行った。

9/13 の池③、池⑤ではミドリムシ科及びオオヒゲマワリ科の藻類が優占種であった。



表 3 植物プランクトンの細胞数計測結果(9/13 採水)

2021年9月13日採水

No.	門	綱	目	科	種名	No.3 池	No.5 池
1	藍色植物門	藍藻綱	クロオコックス目	クロオコックス科	<i>Aphanocapsa</i> sp.*		10
2	藍色植物門	藍藻綱	クロオコックス目	クロオコックス科	<i>Merismopedia glauca</i>		290
3	藍色植物門	藍藻綱	クロオコックス目	クロオコックス科	<i>Merismopedia punctata</i>	160	80
4	藍色植物門	藍藻綱	ネンジュモ目	ネンジュモ科	<i>Anabaena</i> sp.*	420	20
5	藍色植物門	藍藻綱	ネンジュモ目	ユレモ科	<i>Phormidium</i> sp.*	10	
6	藍色植物門	藍藻綱	ネンジュモ目	ユレモ科	<i>Pseudanabaena</i> sp.*	20	
7	クリプト植物門	クリプト藻綱	クリプトモナス目	クリプトモナス科	<i>Cryptomonas</i> sp.	420	160
8	渦鞭毛植物門	渦鞭毛藻綱	ペリディニウム目	ペリディニウム科	<i>Peridinium</i> sp.	10	
9	不等毛植物門	珪藻綱	中心目	タランシラ科	<i>Stephanodiscus</i> sp.	50	240
10	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Gomphonema</i> sp.		10
11	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Stauroneis</i> sp.	10	10
12	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	アクナンテス科	<i>Achnanthydium minutissimum</i>	10	
13	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ニッチア科	<i>Nitzschia palea</i>		720
14	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ニッチア科	<i>Nitzschia</i> sp.	20	60
15	ミドリムシ植物門	ミドリムシ藻綱	ミドリムシ目	ミドリムシ科	<i>Euglena</i> sp.	1,260	880
16	ミドリムシ植物門	ミドリムシ藻綱	ミドリムシ目	ミドリムシ科	<i>Phacus</i> sp.	160	80
17	ミドリムシ植物門	ミドリムシ藻綱	ミドリムシ目	ミドリムシ科	<i>Trachelomonas</i> sp.	2,120	1,940
18	緑色植物門	緑藻綱	オオヒゲマワリ目	クラミドモナス科	<i>Chlamydomonas</i> sp.	40	30
19	緑色植物門	緑藻綱	オオヒゲマワリ目	ファコス科	<i>Phacotus</i> sp.	300	
20	緑色植物門	緑藻綱	オオヒゲマワリ目	オオヒゲマワリ科	<i>Eudorina elegans</i>	2,560	260
21	緑色植物門	緑藻綱	オオヒゲマワリ目	オオヒゲマワリ科	<i>Pandorina morum</i>	160	160
22	緑色植物門	緑藻綱	クロロコックム目	オオキステイス科	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	20	
23	緑色植物門	緑藻綱	クロロコックム目	オオキステイス科	<i>Monoraphidium</i> sp.		30
24	緑色植物門	緑藻綱	クロロコックム目	ミクラクティニウム科	<i>Micractinium pusillum</i>		320
25	緑色植物門	緑藻綱	クロロコックム目	セネデスムス科	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	80	40
26	緑色植物門	緑藻綱	クロロコックム目	セネデスムス科	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	40	40
27	緑色植物門	緑藻綱	クロロコックム目	セネデスムス科	<i>Scenedesmus</i> sp.	120	
28	緑色植物門	緑藻綱	ホシミドロ目	ツツミモ科	<i>Closterium</i> sp.	10	10
出現種類数						22	21
合計細胞数(cells/ml)						8,000	5,390

注1) 種順および種名は、「河川水辺の国勢調査のための生物リスト[平成26年度 河川・ダム湖統一版(財団法人リバーフロント整備センター 2014年)]」に従った。

注2) 種名に\*を付した種については群体数もしくは糸状体数を計数した。



5) 冬季の渡り鳥飛来時における水質悪化状況

冬季の渡り鳥飛来時における水質悪化状況は具体的に以下のとおりである。

塩分やT-N、T-P、CODが高濃度であることから野鳥の糞尿の影響が考えられる。

また、クロロフィルaや濁度、SSが高濃度であることから、栄養塩濃度が高濃度となることで植物プランクトンが増殖しやすい環境が形成されていると考えられる。

表 4 冬季の渡り鳥飛来時における水質悪化状況(1/5)

項目	水質状況
水温	7.7℃～9℃程度まで低下している。
電気伝導率	9月に比べて高い傾向にある。電気伝導率は塩分濃度に規定されていると考えられる。
DO	DOは高い傾向にある。池底の水草は少ない状況であるため、植物プランクトンの光合成による酸素供給が主な原因として考えられる。
塩分	9月に比べて高い傾向にある。海水の飛沫の他に、野鳥の糞尿の影響が考えられる。
pH	全体に高くアルカリ側である。光合成により水中のCO <sub>2</sub> が消費される際にH <sup>+</sup> が減少することでpHは高くなるため、植物プランクトンの光合成の影響が考えられる。
ORP	ORPはpHと逆相関関係を示している。
濁度、T-N、T-P、COD、SS、 クロロフィルa	これら項目は顕著に高い傾向を示している。 T-N、T-P、CODは野鳥の糞尿の影響により直接的に高濃度となっていることが考えられる。 クロロフィルaが高濃度であることから、栄養塩濃度が高濃度となることで植物プランクトンが増殖しやすい環境が形成されている可能性が考えられ、結果として、濁度とSSも高濃度となっていることが推察される。

1/5の池①、池③の中心部の採水試料では緑藻のクラミドモナス科、黄金色藻綱の藻類が優占種であった。

また、池③の周縁部に集積していたヘドロ状の物体を分析した結果、藍藻の *Phormidium sp.* 等が数万単位で顕著に見られた。これら藻類が集積してヘドロ状の浮遊物が形成されることで水質・景観の悪化要因になっていることが推察され、この藻類の増殖は野鳥の糞尿により池内の栄養塩濃度が高くなることで促進されている可能性が考えられる。

表 5 植物プランクトンの細胞数計測結果(1/5 採水)

							2022年1月5日採水		
No.	門	綱	目	科	種名	No.1 池	No.3 池	No.3 ヘドロ	
1	藍色植物門	藍藻綱	ネンジュモ目	ユレモ科	<i>Phormidium sp.*</i>		10	21,600	
2	クリプト植物門	クリプト藻綱	クリプトモナス目	クリプトモナス科	<i>Cryptomonas sp.</i>	20	10		
3	不等毛植物門	黄金色藻綱	-	-	<i>Cryosphyceae (cf. Synura sp.)</i>	60	1,760	1,600	
4	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ディアトマ科	<i>Fragilaria rumpens</i>	20			
5	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Amphora sp.</i>			50	
6	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Frustulia rhomboides</i>	10			
7	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Gyrosigma sp.</i>			100	
8	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Navicula cryptocephala</i>			1,800	
9	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Navicula cryptotenella</i>			2,300	
10	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Navicula gregaria</i>	10	10	7,200	
11	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Navicula sp.</i>	30	10	10,400	
12	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Pinnularia sp.</i>			50	
13	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ナビクラ科	<i>Stauroneis sp.</i>			100	
14	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ニッチア科	<i>Nitzschia palea</i>		10	100	
15	不等毛植物門	珪藻綱	羽状目	ニッチア科	<i>Nitzschia sp.</i>	50	40	3,800	
16	ミドリムシ植物門	ミドリムシ藻綱	ミドリムシ目	ミドリムシ科	<i>Euglena sp.</i>	10			
17	ミドリムシ植物門	ミドリムシ藻綱	ミドリムシ目	ミドリムシ科	<i>Trachelomonas sp.</i>	290	30	100	
18	緑色植物門	緑藻綱	オオヒゲマワリ目	クラミドモナス科	<i>Chlamydomonas sp.</i>	2,960	110	100	
19	緑色植物門	緑藻綱	オオヒゲマワリ目	ファコトス科	<i>Pteromonas sp.</i>		20		
20	緑色植物門	緑藻綱	クロロコックム目	セネデスムス科	<i>Scenedesmus sp.</i>	40		400	
21	緑色植物門	緑藻綱	ホシミドロ目	ツツミモ科	<i>Staurastrum sp.</i>	20			
出現種類数						12	10	15	
合計細胞数(cells/ml)						3,520	2,010	49,700	

注1) 種順および種名は、「河川水辺の国勢調査のための生物リスト[平成26年度 河川・ダム湖統一版](財団法人リバーフロント整備センター 2014年)」に従った。

注2) 種名に\*を付した種については群体数もしくは糸状体数を計数した。

注3) *Cryosphyceae (cf. Synura sp.)*は、黄金色藻綱(*Synura sp.*参照)の意である。

群体性種の *Synura sp.*と思われる細胞が固定などでばらけた状態で確認され、細胞も変形していたため網止めとした。

