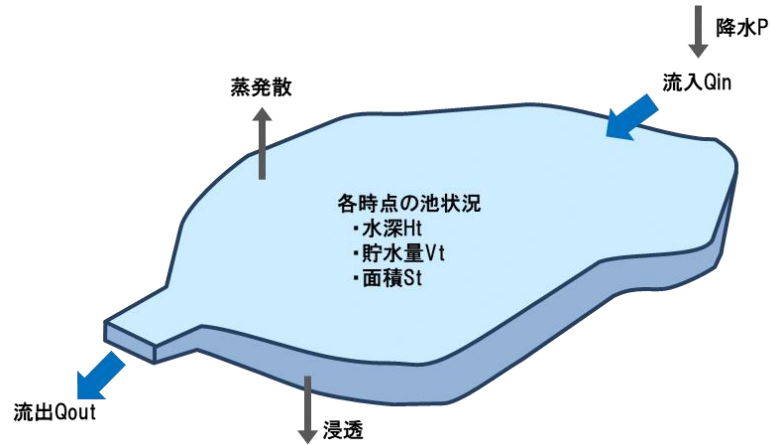


湿地の水環境 現況把握

(ア) 湿地の水収支

1) 概要

湿地の各水域の状態(水深、貯水量、湛水面積)は、水収支(流入：降水由来の流入、流出：越流、蒸発散、土壌浸透)によって日々変化する。そのため、各要素がどのように関係し合っているのか現況把握を行った。



2) 方法

現地調査等から、各時点の水深  $H_t$ 、 $H$ - $V$ (水深と貯水量の関係)、 $H$ - $Q$ (越流水深と流出量の関係)、無降雨期の水位低下速度(蒸発散+浸透)を把握した。

また、各時点の水深  $H_t$  を入力データとした水収支計算を行うことで、流入量の推測を行った。

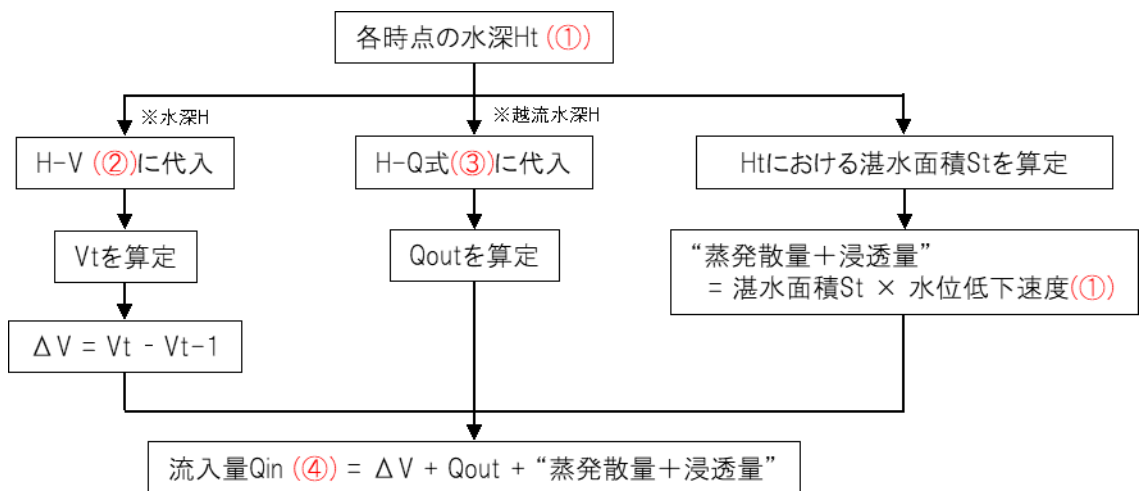


図 1 水収支計算フロー

### 3) 結果

#### ① 水深の連続観測結果

自記録式水位計を各水域に設置し、連続観測を2021年9月7日以降で実施している。水域②③④で2022年7月に干上がるなど水深は低くなりやすい特徴がある。

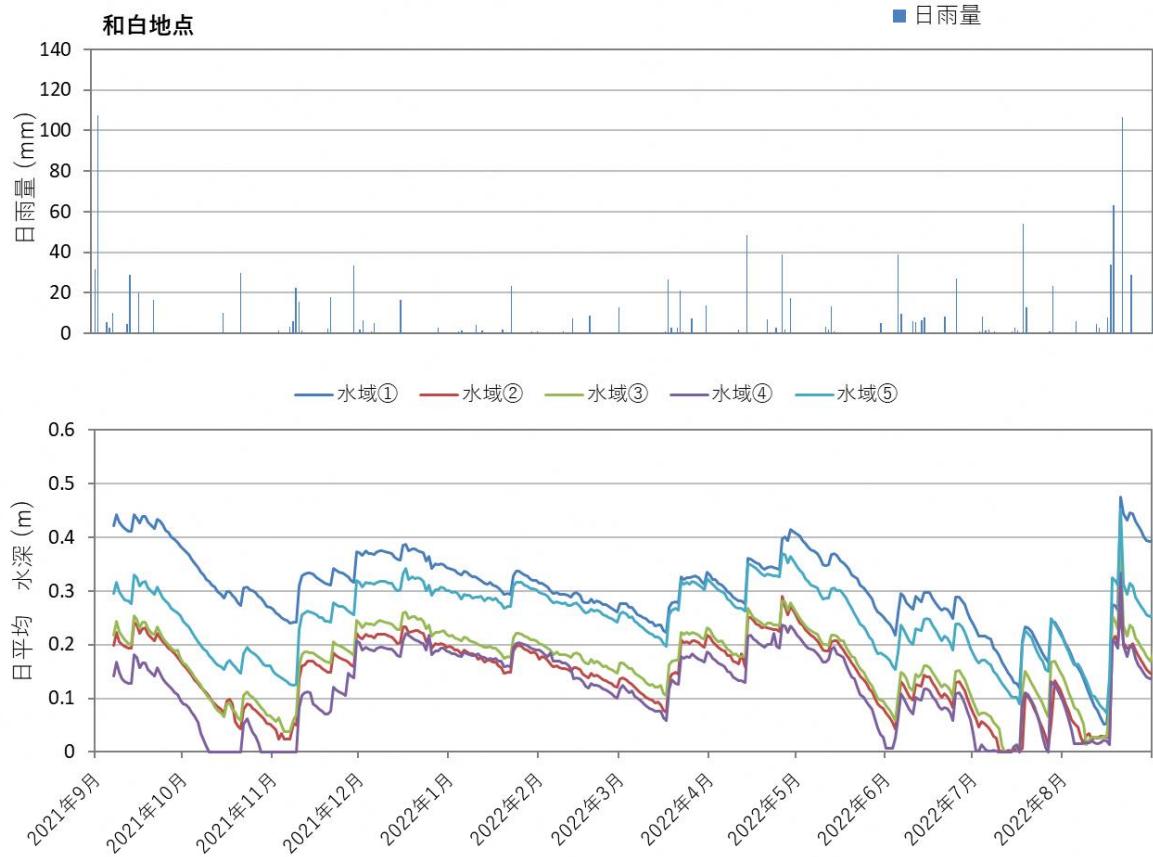


図 2 水深の時系列変化



図 3 自記録式水位計の設定位置(令和4年10月22日撮影)

降水による水位変動の影響を除くために、無降雨期を対象として水位低下速度 (mm/日)を集計した。なお、水域②～⑤は水深が高くなるとつながって一体化する関係にあるため、代表として水深が最もある水域⑤に着目して整理した。

水位低下は蒸発散と土壌浸透に起因するため、蒸発散が起りやすい夏季に大きな値を示している。年平均の水位低下速度は約 5.7～5.8mm/日である。

表 1 水位低下速度

	無降雨期の水位低下速度 月平均 (mm/日)													平均
	2021 年				2022 年									
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月		
水域①	6.2	6.1	4.0	1.0	3.3	3.3	4.3	4.3	6.9	9.4	9.8	9.9	5.7	
水域⑤	5.4	6.0	4.1	0.8	2.4	3.3	4.3	5.0	8.1	10.6	10.3	9.5	5.8	

② H-V

各時点の水深から貯水量を算定するために、ドローン測量データを用いて、水深 H と貯水量 V の関係を把握した。

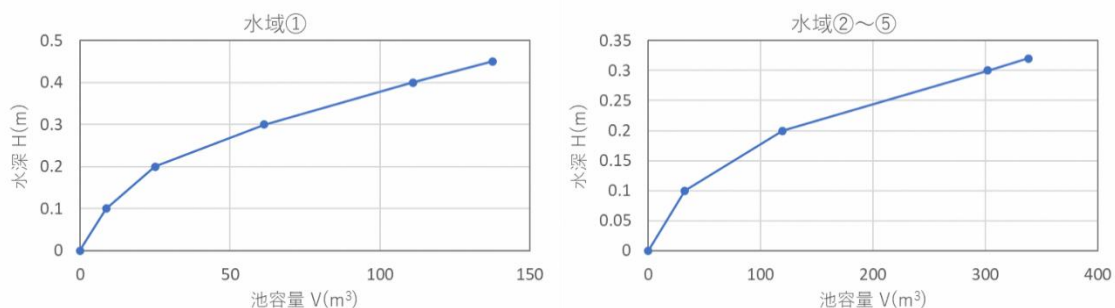


図 4 H-V の関係

### ③ H-Q

水域からの越流量を把握するために、越流箇所となる水域①、水域⑤の排水路を対象とした流量観測を2022年9月に行い、越流水深Hと流出量Qの関係式(H-Q式)を作成した。

対象水路	H-Q式
水域①	$Q = 2.826 \times (H + 0.0000841)^2$
水域⑤	$Q = 3.350 \times (H + 0.000492)^2$

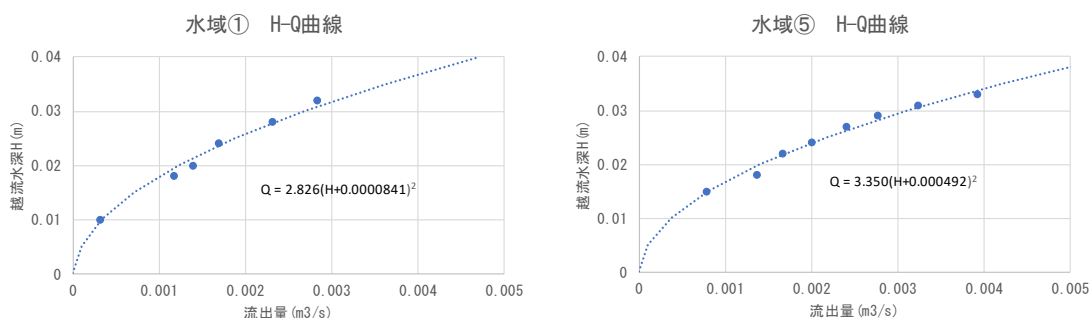


図 5 H-Q式

### ④ 流入量の算定結果

上記で把握した水深Ht、各月の水位低下速度、H-V、H-Qを用いて水収支計算を行い、流入量を算定した。なお、水域②～⑤は水深が高くなるとつながって一体化する関係にあるため、一まとまりの水域として扱った。

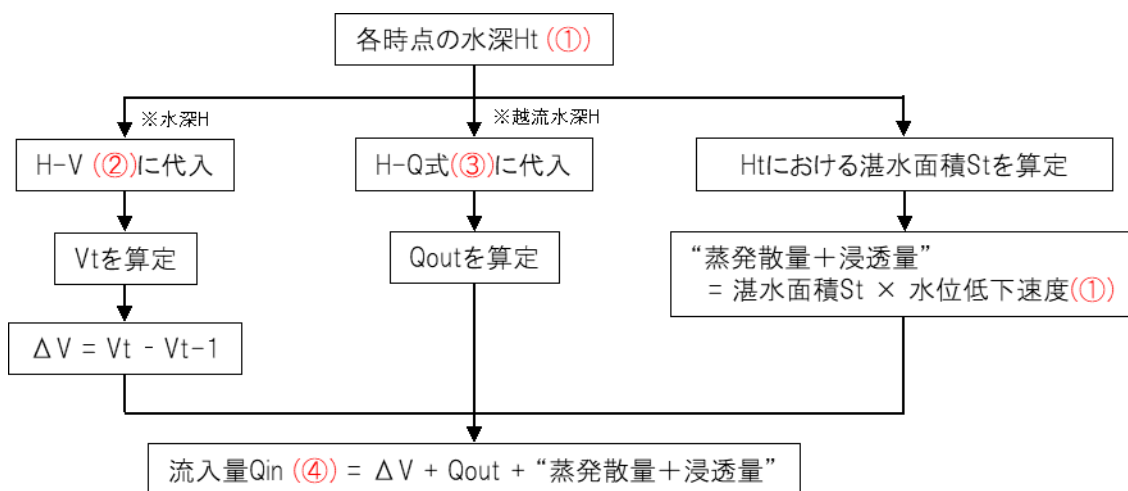


図 6 水収支計算フロー(図 1再掲)

◆水域①

計算で求めた日流入量について、日降水量との相関式が得られ、「日流入量  $m^3 = 0.83 \times$  日降水量  $mm$ 」の関係が見られる。日降水量  $10 mm$  に対して平均的な日流入量は約  $8.3m^3$  に相当する規模感である。

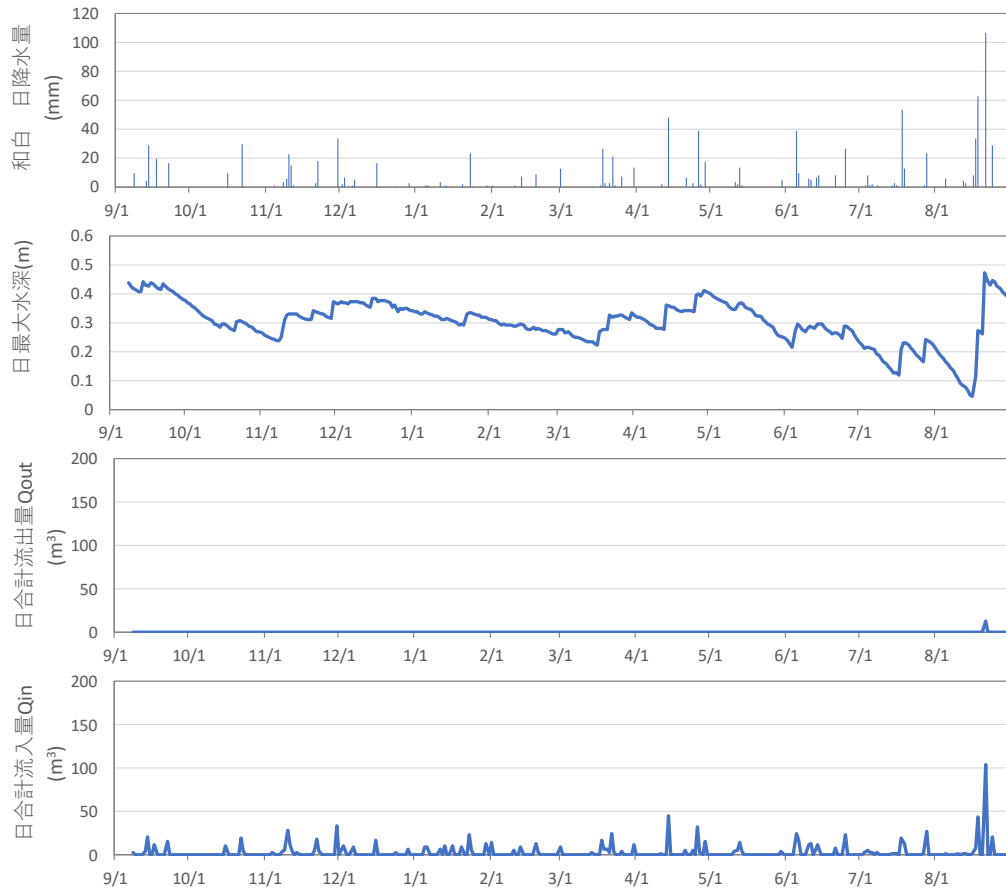


図 7 水収支計算結果（水域①）

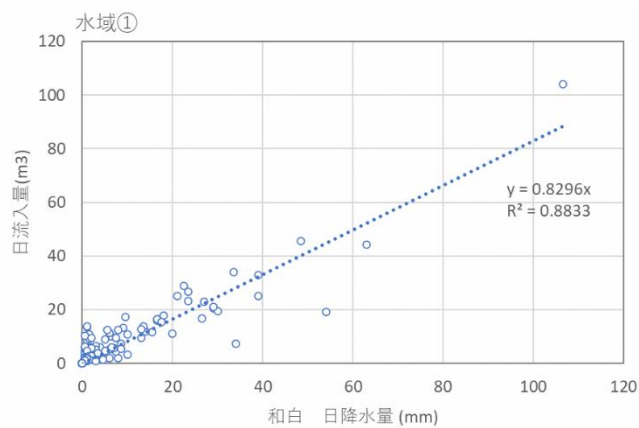


図 8 日降水量と日流入量の相関（水域①）

注）回帰式の傾きは日降水量に対しての平均的な日流入量を表している。

◆水域②～⑤

計算で求めた日流入量について、日降水量との相関式が得られ、「日流入量  $m^3 = 4.1 \times$  日降水量  $mm$ 」の関係が見られる。日降水量  $10 mm$  に対して平均的な日流入量は約  $41m^3$  に相当する規模感である。

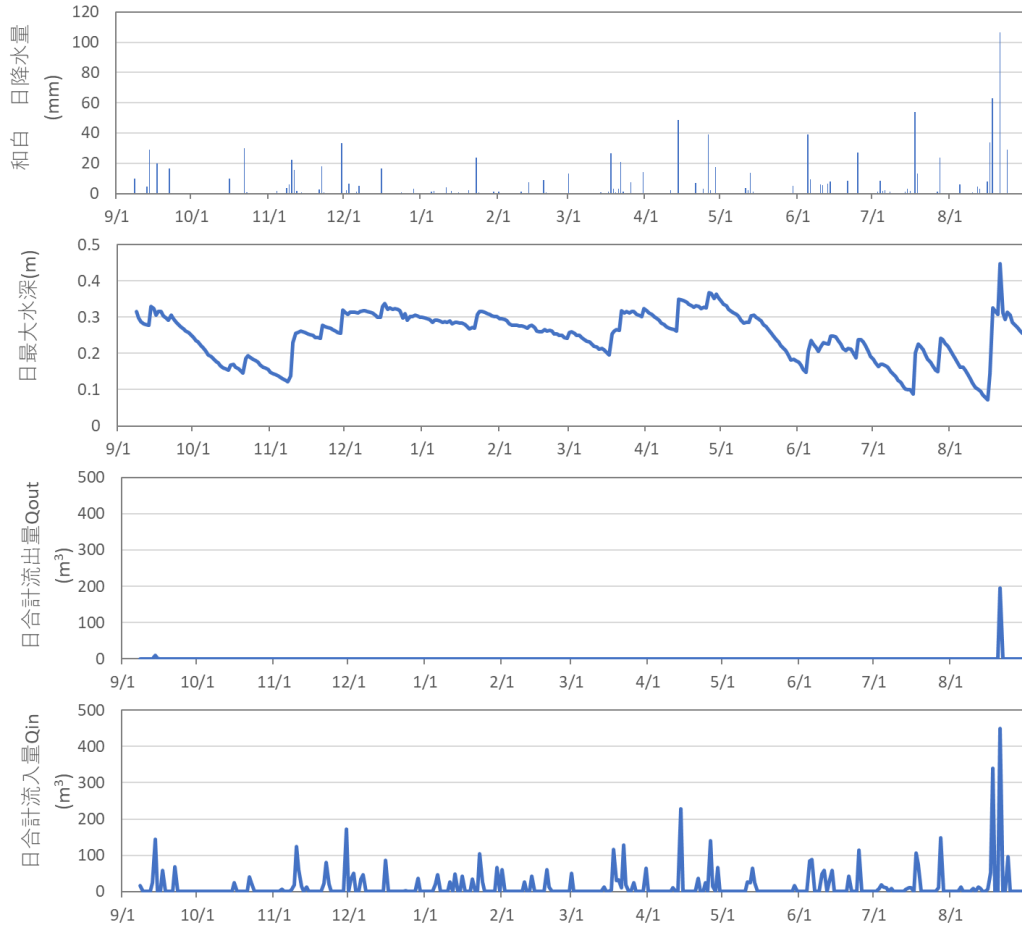


図 9 水収支計算結果 (水域②～⑤)

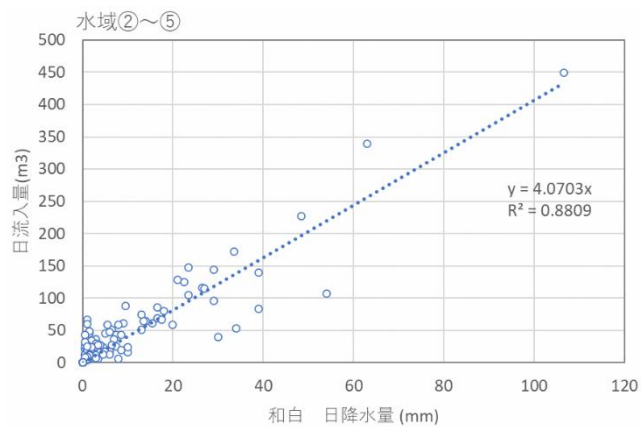


図 10 日降水量と日流入量の相関 (水域②～⑤)

注) 回帰式の傾きは日降水量に対しての平均的な日流入量を表している。

◆水域①

水域①の集水域は約 1,200m<sup>2</sup>であり、日降水量 10 mmのときの集水域に入る水量は 12m<sup>3</sup>である。これに対して、日降水量 10 mmのときの平均的な日流入量は約 8.3m<sup>3</sup>と概算され、全量の約 69%が池内に当日のうちに流入していることになる。

◆水域②～⑤

水域②～⑤の集水域は約 8,100m<sup>2</sup>であり、日降水量 10 mmのときの集水域に入る水量は 81m<sup>3</sup>である。これに対して、日降水量 10 mmのときの平均的な日流入量は約 41m<sup>3</sup>と概算され、全量の約 50%が池内に当日のうちに流入していることになる。

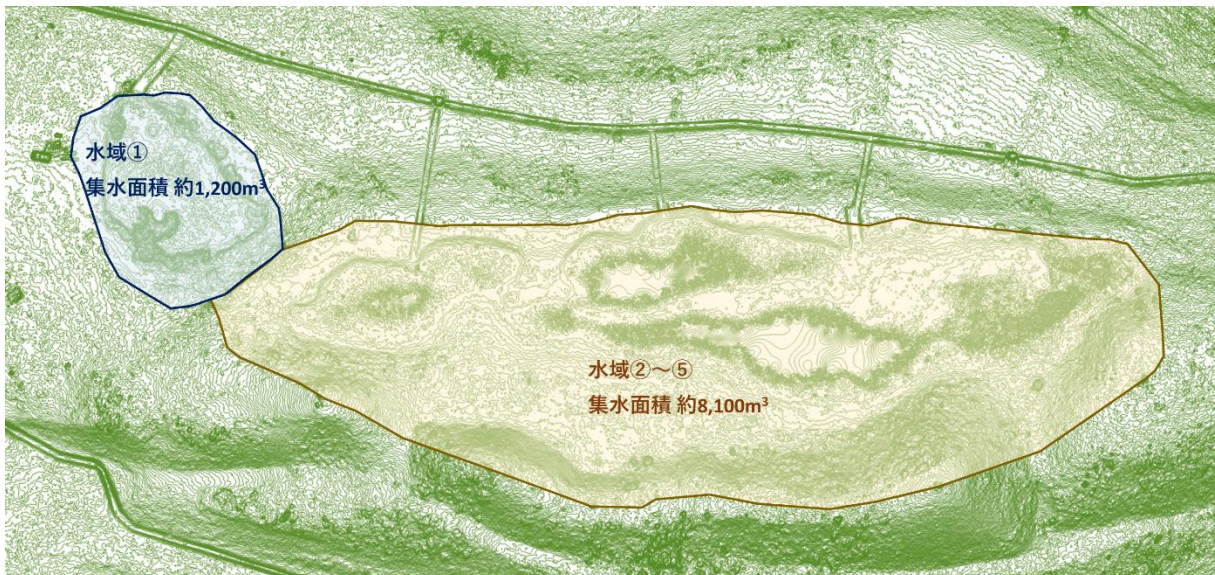


図 11 湿地の集水域

<参考①>

水収支計算の結果に基づいて、降雨による水位上昇幅、池水が希釈される目安となる降水量を推定した。

- ・日降水量 10 mm に対する水位上昇幅は、降雨前の水深状況によって異なるが、水域①で 0.016～0.051m、水域②～⑤で 0.023～0.047m と推定される。
- ・水域の水質は降水の影響を受けて希釈される。そのため、水域①、②～⑤の各水深における貯水量が、2 倍、3 倍に希釈される場合の日降水量を参考に示す。例えば、水域②～⑤が水深 0.3m の状態であった場合、池水は日降水量 72 mm で 2 倍に希釈され、日降水量 144 mm で 3 倍に希釈されるという概算になる。

表 2 降雨で想定される応答

水域①

降雨前の池状況			降雨で想定される応答		
水深 m	湛水面積 m <sup>2</sup>	貯水量 m <sup>3</sup>	日降水量 10mm での 水位上昇幅 m	希釈の目安となる 降水量 mm	
				2 倍希釈	3 倍希釈
0.1	105	9	0.051	11	21
0.2	265	25	0.023	30	60
0.3	465	61	0.017	74	148
0.4	526	111	0.016	134	268

水域②～⑤

降雨前の池状況			降雨で想定される応答		
水深 m	湛水面積 m <sup>2</sup>	貯水量 m <sup>3</sup>	日降水量 10mm での 水位上昇幅 m	希釈の目安となる 降水量 mm	
				2 倍希釈	3 倍希釈
0.1	673	32	0.047	8	15
0.2	1,382	119	0.022	28	57
0.3	2,528	302	0.023	72	144

注) 降雨で想定される応答の数値は、日降水量に対する平均的な日流入量を表した回帰式に基づいて算定した、平均的な概算値である。実際には前日までの降雨履歴や降雨強度等に左右されて、異なる応答を示すことも考えられる。



<参考②>

水深の連続観測データ、和自雨量データの相関図に基づいて、降雨による水位上昇量などを確認する。

◆水域①

当日雨量と水位変化の相関図から次のことが読み取れる。

- ・当日雨量が8.5mm以下の範囲では水位変化がマイナスになることがあり、土壌が乾いた状態である場合などに雨水の流入への寄与が小さいことが推察される。
- ・当日雨量10mm分に対する水位上昇は平均的に約0.019mである(回帰式の係数)。
- ・無降雨日の水位低下速度は平均的に約-0.0055mである(回帰式の切片)。

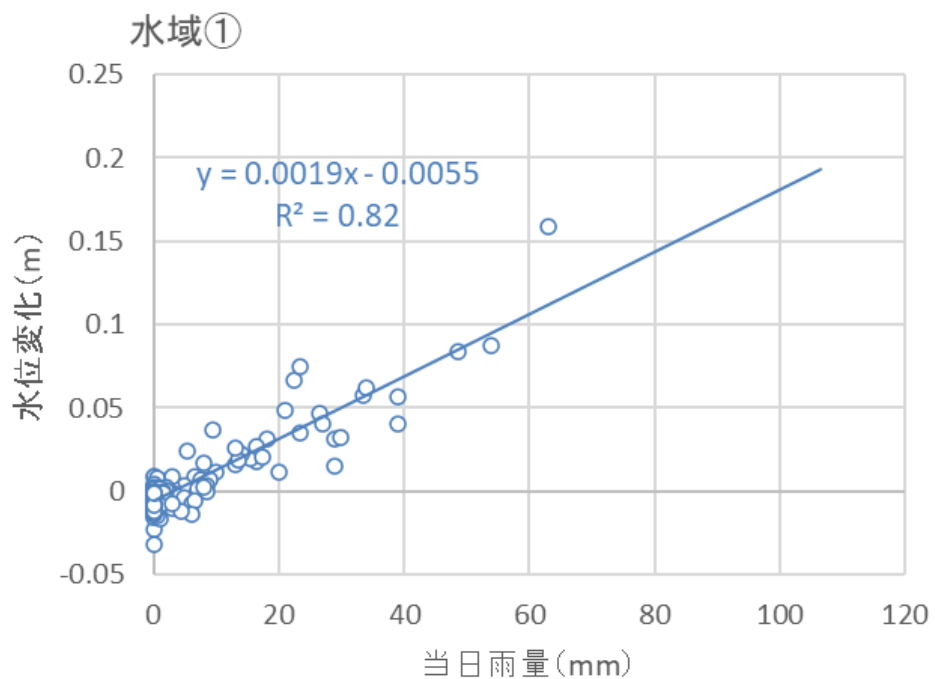


図 12 当日雨量と水位変化(当日-前日)の相関 水域①

注) 2021年9月7日～2022年8月31日までのデータで作成

注) 回帰式の傾きは日降水量に対しての平均的な水位変化量、切片は無降雨日の平均的な水位低下量を表している。

#### ◆水域⑤

当日雨量と水位変化の相関図から次のことが読み取れる。

- ・当日雨量が8mm以下の範囲では水位変化がマイナスになることがあり、土壌が乾いた状態である場合などに雨水の流入への寄与が小さいことが推察される。
- ・当日雨量10mm分に対する水位上昇は平均的に約0.022mである(回帰式の係数)。
- ・無降雨日の水位低下速度は平均的に約-0.0060mである(回帰式の切片)。

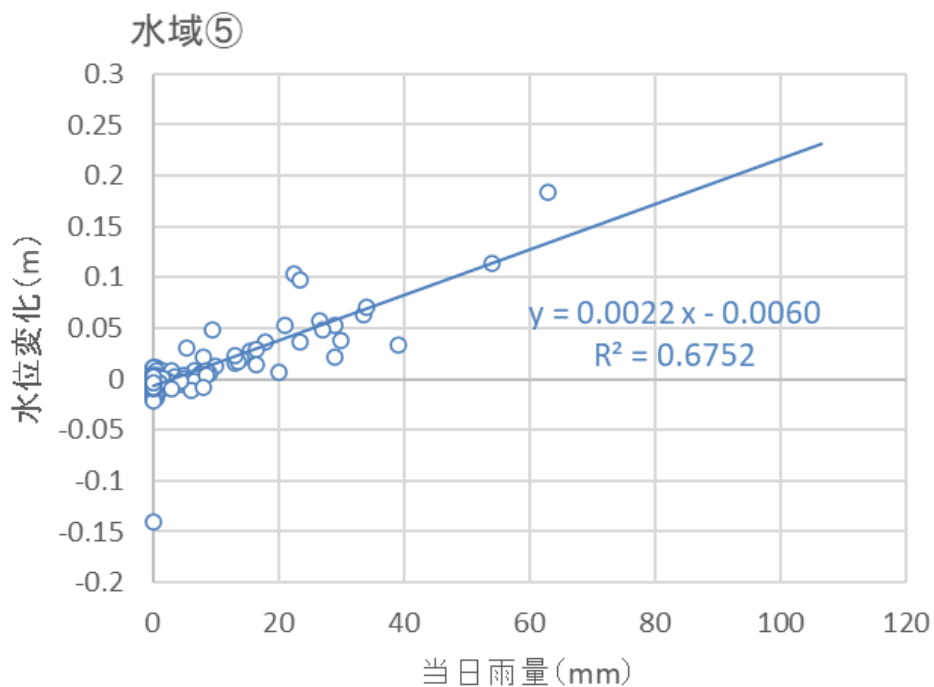


図 13 当日雨量と水位変化(当日-前日)の相関 水域⑤

注) 2021年9月7日～2022年8月31日までのデータで作成

注) 回帰式の傾きは日降水量に対しての平均的な水位変化量、切片は無降雨日の平均的な水位低下量を表している。

## (イ) 降水と水質の関係

### 1) 概要

水域の悪化した水質は、降水の希釈・交換効果によって濃度が下がることが考えられるため、時系列図から確認する。

### 2) 方法

代表的な水質項目について、降水量と水質濃度の時系列図を確認する。

### 3) 結果

水域①について、野鳥が多数飛来し、かつ降水が少ない冬期を中心として水質は悪化する傾向が見られるものの、夏期のまとまった降水によって濃度が下がる季節変動が読み取れる。

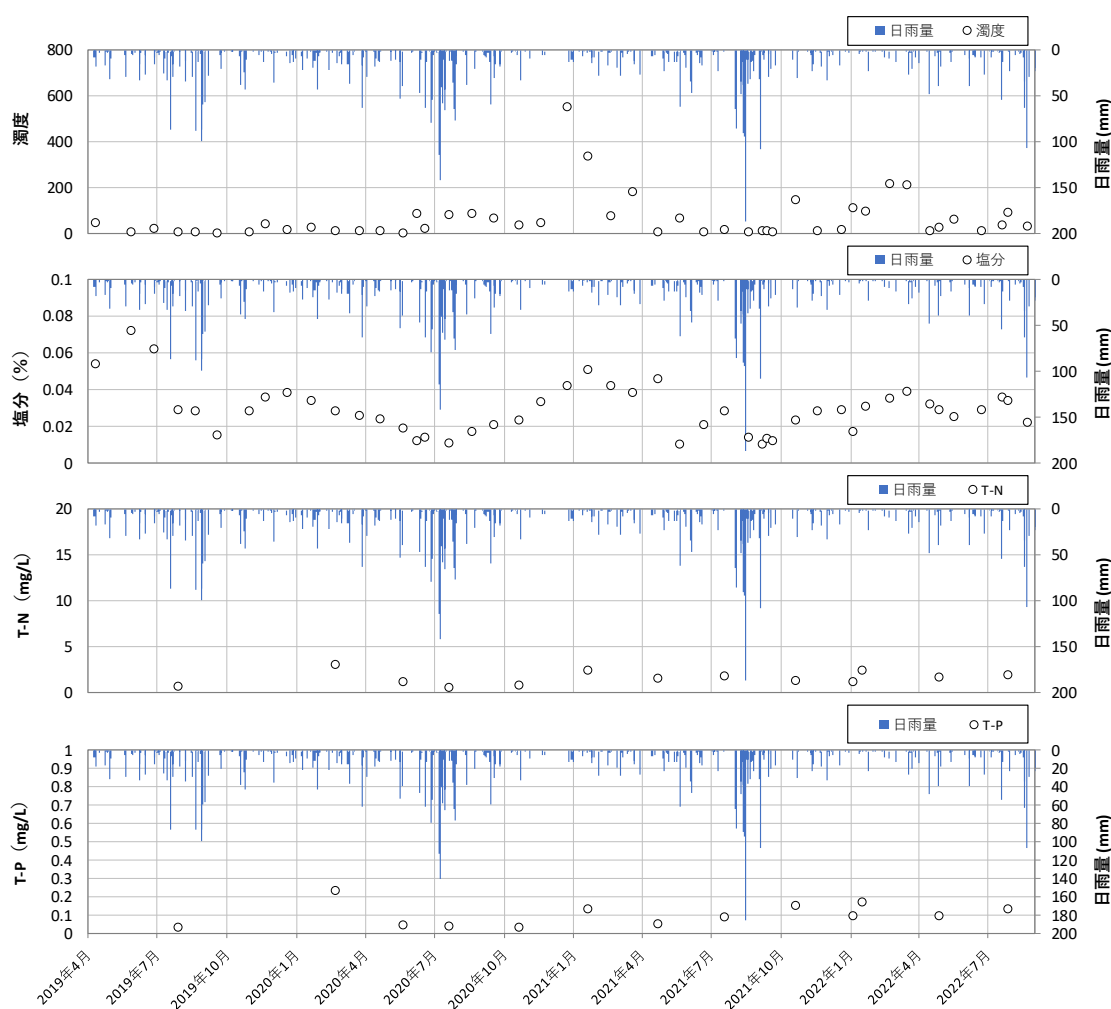


図 14 降水量(和自)と水質の時系列変化 (水域①)

水域⑤についても野鳥が多数飛来し、かつ降水が少ない冬期を中心として水質は悪化する傾向が見られるものの、夏期のまとまった降水によって濃度が下がる季節変動が読み取れる。

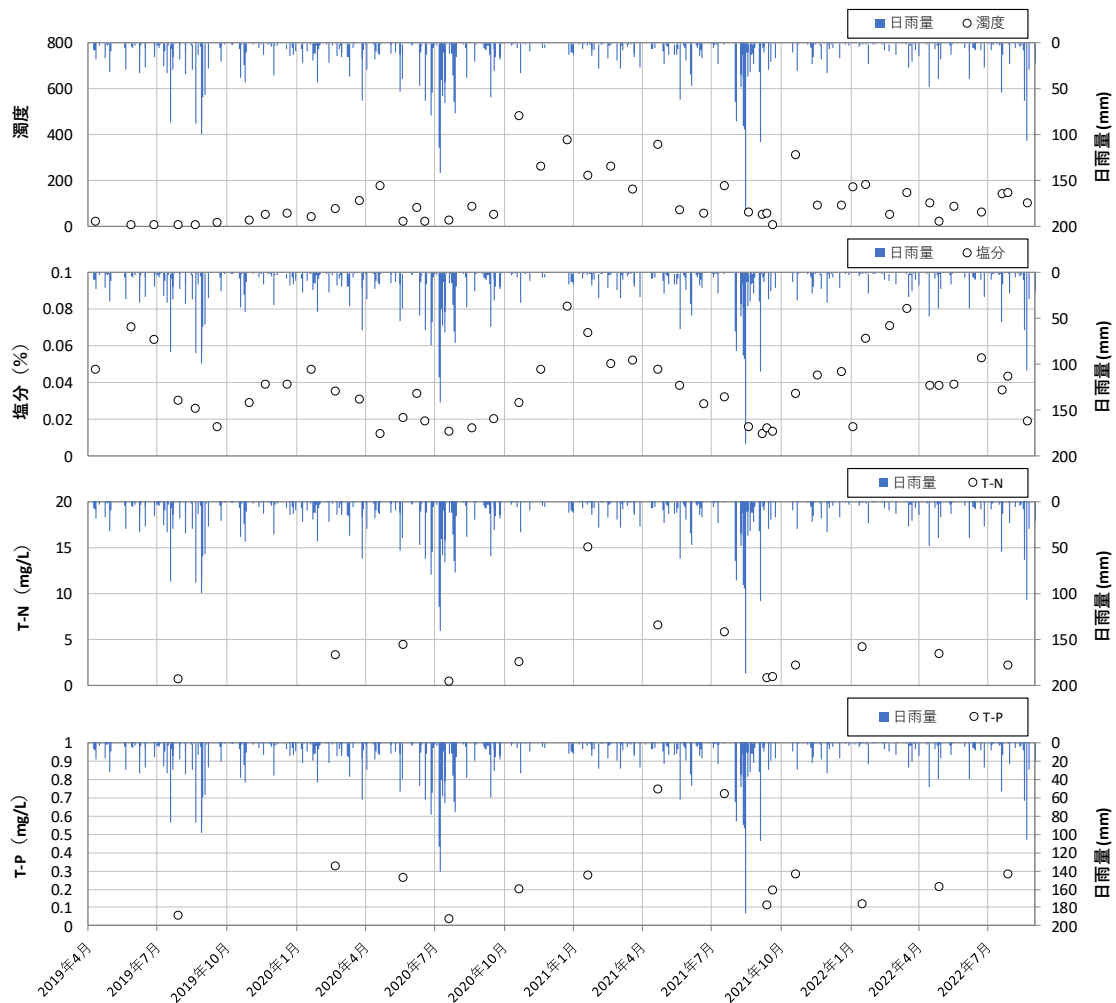


図 15 降水量(和自)と水質の時系列変化 (水域⑤)

以上から、現在までのところ、水質は降水が少ない時期に悪化することがあるが、まとまった量の降水で水質は低下する、ということを繰り返していると考えられる。

## (ウ) 過年度に遡った水深推定

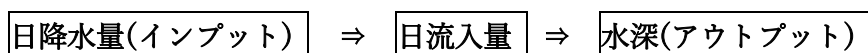
### 1) 概要

水域①、水域②～⑤の浅場の現出状況等を把握するために、過年度に遡った水深の頻度分布を検討した。

### 2) 方法

「日降水量と流入量の相関式」に基づいて、日降水量から日流入量を算定し、さらに水収支計算を行うことで水深の現況計算を行った。

日降水量は過年度に遡って取得可能であるため、湿地完成当初の2019年4月以降を対象として、水深の現況計算を行った。



### 4) 結果

#### ① 水深の現況計算結果

自記録式水位計の実測値がある期間について、概ね誤差数cm内の精度で再現している。なお、水域②～⑤は水深が高くなるとつながって一体化する関係にあるため、代表として水深が最もある水域⑤に着目して整理した。

(今回構築した計算方法を用いることで、天気予報の日降水量を入力データとして、例えば1週間後の水深を概算可能である。)



図 16 水深の現況計算結果

② 水深の頻度分布

水域①は 0.2m～0.4m の割合が約 7 割であり、安定して、比較的深い状態となっている。

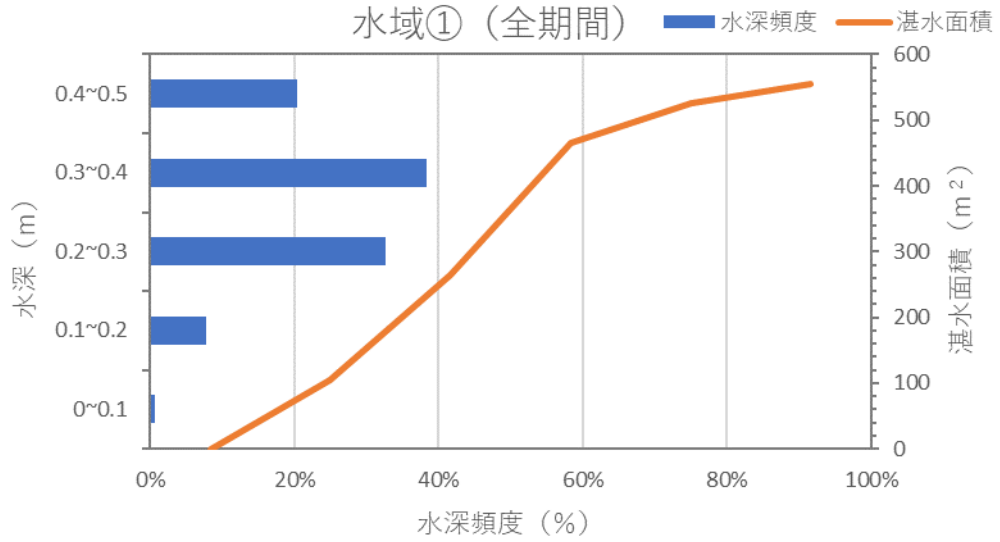


図 17 水域① 水深頻度分布 (2019 年 4 月～2022 年 8 月の推定)

注)池造成当初の水深が低い期間のデータ(2019 年 4 月 1～10 日)は集計から除く

表 3 水域① 各水深の状況

水深 15cm 程度	水深 30cm 程度	水深 40cm 程度

水域②～⑤は水深 0.2m 以下が全体の約 2 割程度であり、干上がりやすい期間も多い状況である。

なお、水域②～⑤は水深が高くなるとつながって一体化する関係にあるため、代表として水深が最もある水域⑤に着目して整理している。

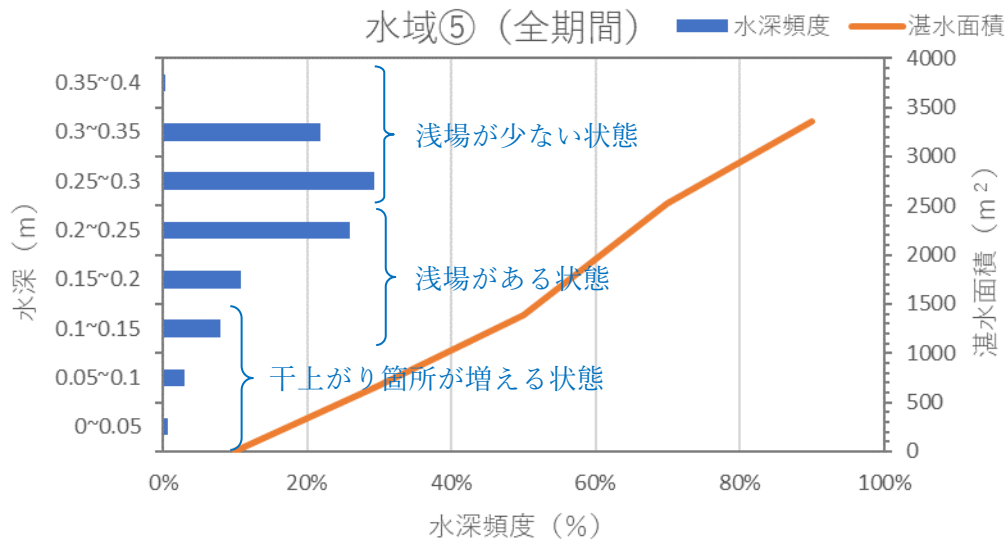





図 18 水域②～⑤ 水深頻度分布 (2019 年 4 月～2022 年 8 月の推定)

注)池造成当初の水深が低い期間のデータ(2019 年 4 月 1～10 日)は集計から除く

表 4 水域②～⑤ 各水深の状況

水深 15cm 程度	水深 25cm 程度	水深 33cm(土嚢で堰上げ)
 <p>水域②～④は数cmしか水深が無く、晴天が 10 日間程続けば干上がる状態 水際の浅場はある状態</p>	 <p>水際の浅場(水域③⑤の間の中州など)があり、シギ・チドリの休息場が形成された状態</p>	 <p>満水位であり、水域②～⑤が全てつながって一体化しており、中州などの浅場が少ない状態</p>

水域②～⑤の月別の水深頻度分布を次項に整理した。

1 月、2 月は水深が高く維持される一方で、7 月は干上がりが発生しやすい、など季節別の特徴が見られる。

水深は高く維持されている

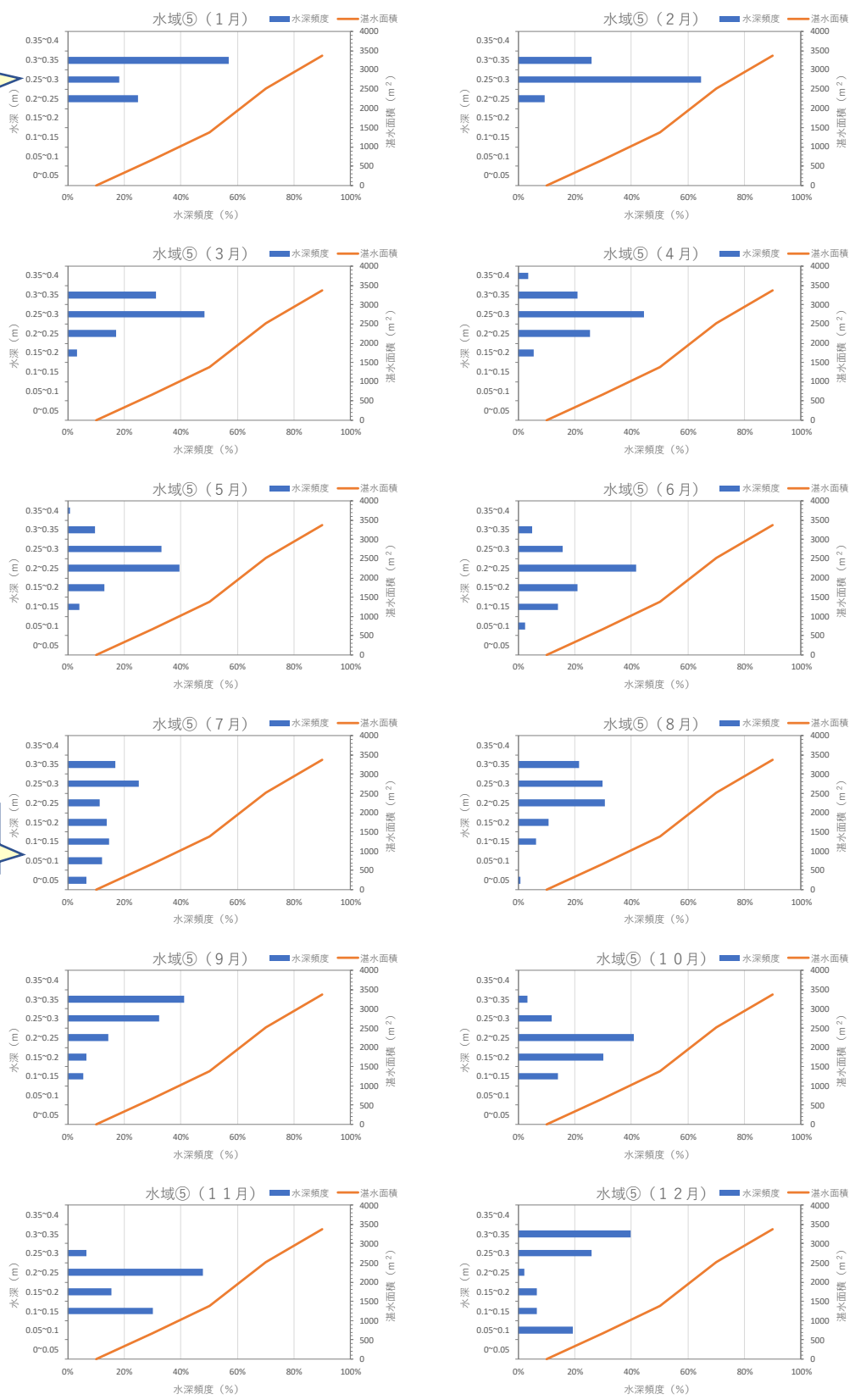


図 19 水域②～⑤ 月別水深頻度分布 (2019年4月～2022年8月)  
 注)池造成当初の水深が低い期間のデータ(2019年4月1～10日)は集計から除く



<参考>

和白地点の降水量(2001年4月~2023年2月)を入力データとして、過年度に遡った水位再現計算を行った。

- ・水域①が完全に干上がることは起こりにくいと推測される。
- ・水域⑤が完全に干上がるレベルまで水位が低下する状況は、7回/22年間の頻度で起こりうると推測される。

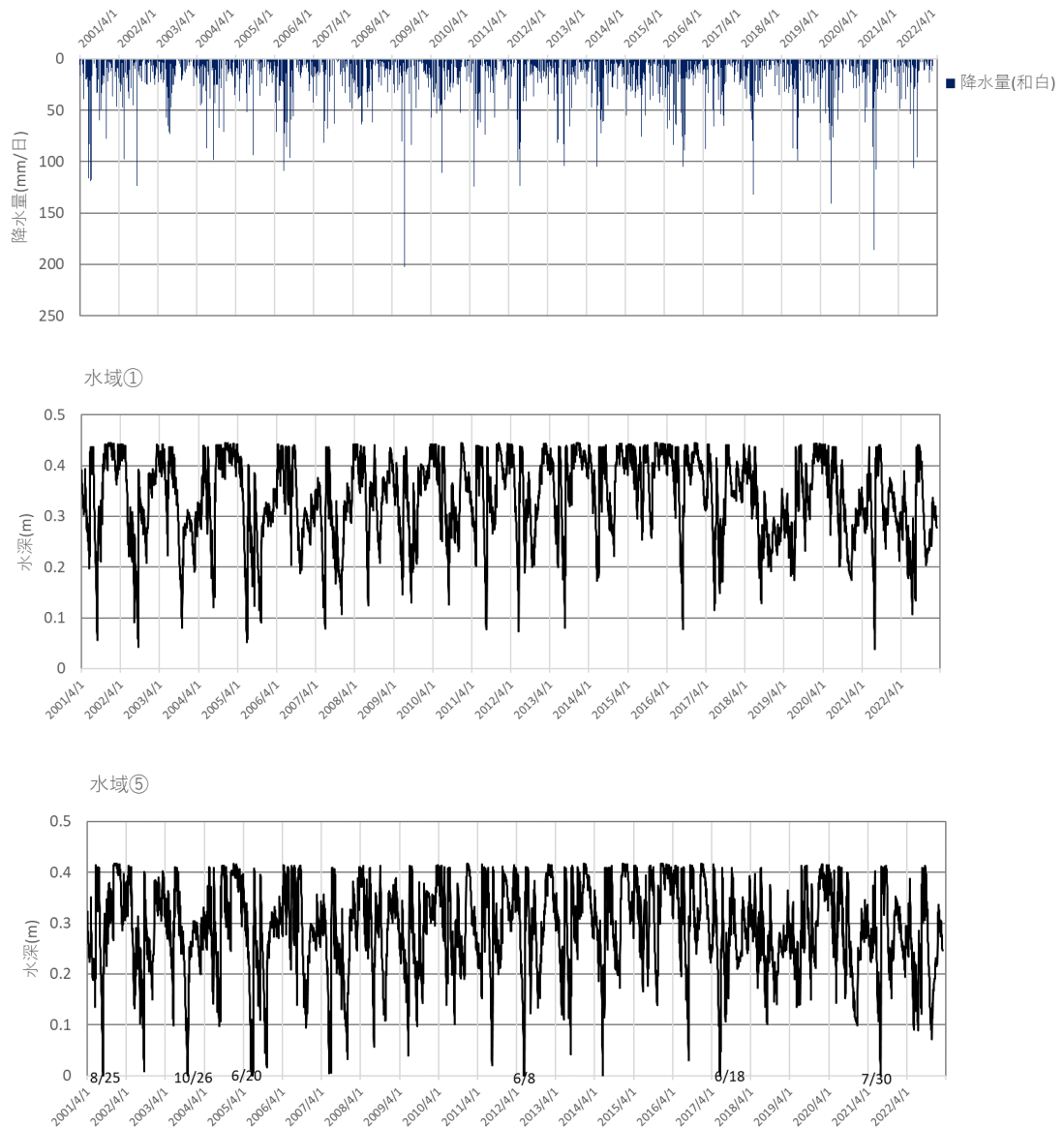


図 20 水位計算結果 (2001年4月~2023年2月)

注) 水域⑤は排水路の堰に 0.1m の堰板を設置したケース

水域⑤の水位計算結果がゼロとなる日数は下表に示すとおりである。

○干上がる頻度： 7回/22年間の頻度である。

○干上がる継続日数： 概ね1～3日間程度であるが、最大は7日間である。

表 5 水域⑤が干上がる日数(2001年4月～2023年2月)

年月日	No	水深 (m)	継続日数
2001/8/25	1	0.000	1
2001/8/26		0.000	2
2003/10/26	2	0.000	1
2003/10/27		0.000	2
2003/10/28		0.000	3
2005/6/20	3	0.000	1
2005/6/21		0.000	2
2005/6/22		0.000	3
2005/6/23		0.000	4
2005/6/24		0.000	5
2005/6/25		0.000	6
2005/6/26		0.000	7
2012/6/8	4	0.000	1
2012/6/11	5	0.000	1
2012/6/12		0.000	2
2012/6/13		0.000	3
2012/6/14		0.000	4
2012/6/15		0.000	5
2017/6/18	6	0.000	1
2017/6/19		0.000	2
2017/6/20		0.000	3
2021/7/30	7	0.000	1
2021/7/31		0.000	2
2021/8/1		0.000	3

## (エ) 浅場確保のための維持管理方法の検討

### 1) 対象

野鳥(特に、シギ・チドリ)の休息場を確保する観点から、主にシギ・チドリが利用している水域②～⑤の水際において浅場を確保することを目標として、適切な対応策を検討する。

### 2) 基本的な考え方

次の基本的な考え方に立って、浅場確保のための対応策を検討する。

- ・水生昆虫類の生活史にも配慮して、基本的には堰高調整のような人為的な水位管理を都度行うことはせずに、自然の水位変動の枠組みの中で浅場を確保できる方策を優先する。
- ・シギ・チドリの休息場確保の観点から、飛来時期の4～5月、8～9月に、水域②～⑤の水際において浅場を確保することを目標とする。脚の短いシギ・チドリが利用しやすい水深2～3cmのヒタヒタな状態の水辺があることが目安となる。
- ・その他の6月～7月、10月～3月においては、カモ等の野鳥飛来の状況等をモニタリングしながら知見を蓄積し、必要に応じて試行錯誤していく。

### 3) 現状の課題と対応策の検討

現状の課題と対応策は表5に示すとおりである。

現状の課題として、「満水時に浅場が少ない状態となること」、「降雨が少ない時期に水域が干上がる状態となること」の2点があり、これら課題に対する対応策として、下記の4つが案として挙げられる。

<対応策>

- (A) 満水位でも使える浅場を確保する
- (B) 水位を調整して浅場を確保する
- (C) 水域の貯水量を上げる
- (D) 水が残っている水域から水を融通する

表 6 現状の課題と対応策

現状の課題		満水位近くまで水位が高くなると、水域②～⑤が全てつながって一体化することで、中州などの浅場が少ない状態となる。		降雨が少ない時期に水域が干上がり、浅場が少ない状態となる。	
対応策(案)		(A) 満水位でも使える浅場を確保する	(B) 水位を調整して浅場を確保する	(C) 水域の貯水量を上げる	(D) 水が残っている水域から水を融通する
具体的な対応策(案)		移行帯のヨシ等を除去することで満水位での浅場を確保する。	水路を掘り下げること、管理できる水深の範囲を拡大する。	年間通じて堰を高く維持することで、降雨時期の貯水量を多くし、少雨に備える。	干上がりにくい水域①からポンプアップで水域②～⑤に池水を融通する
対応策(案)の評価		定期的な維持管理が必要であるが、満水位でも浅場を確保することができる。	堰の調整のみで対応することができ、コストはかからないが、自然の水位変動とは異なる。	堰高を高い状態のままにするためコストはかからない。干上がりを緩和することができる。	融通できる水量が限られており、効果は短期的である。水域①も干上がる恐れがある。
評価	自然な水位変動が保たれる	○	×	○	×
	管理コスト	△	○	○	△
	総合	○	△	○	△

基本的考え方で示した「自然の水位変動の枠組みの中で浅場を確保できる対応策を優先する」ために、「(A) 満水位でも使える浅場を確保する」「(C) 水域の貯水量を上げる」の2つの方法で今後対応を行っていくものとする。

なお、「(D) 水が残っている水域から水を融通する」については、引き続き干上がりが生態系に与える影響を注視し、必要に応じて検討していくこととする。

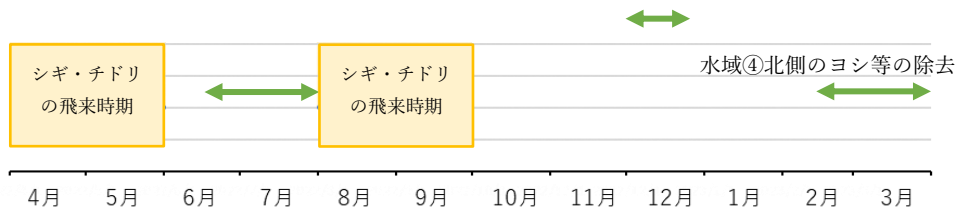


図 21 浅場確保のための年間管理の目安

注) 水路の堰は池干しや底泥の除去を除き、基本的に上げた状態を維持する。

#### 4) 具体的な対応策

##### (A) 満水位でも使える浅場を確保する

満水位においても浅場を確保できるように、令和5年1月に水域④において、繁茂していたヨシを抜根・除去して、緩やかな傾斜地を造成することを試行した。浅場を確保する範囲については、試行を重ねていきながら今後検討していく。

今後、維持管理において定期的にヨシ等を抜根・除去することで、浅場を確保する方針とする。

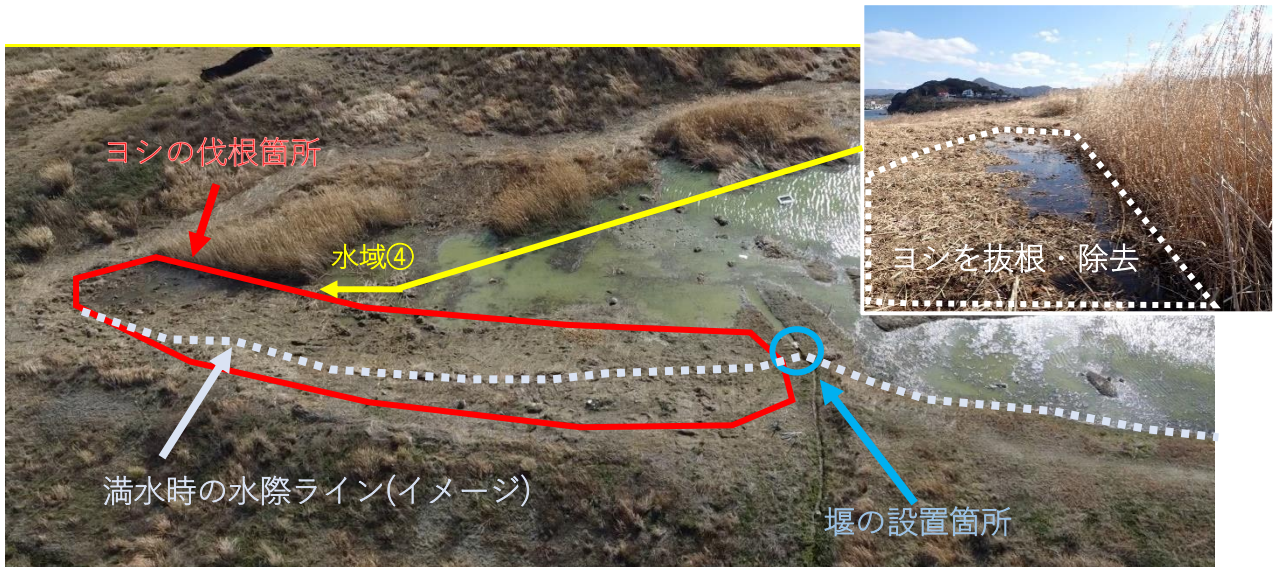


図 22 満水時の水際ライン(イメージ)

注) 写真は令和5年1月30日撮影。水域⑤の堰板および水域③の土嚢は設置しており、満水位まであと7cm程度の状態。

##### (C) 水域の貯水量を上げる

水域②～⑤の排水路は水域⑤と水域③の2箇所にある。木製堰や土嚢を設置することで年間通じて堰を高く維持する方針とする。

- ・ 水域③の排水路は水深0.25m程度(水域⑤を基準にした水深)で越流が起こる水路高である。土嚢を常時設置することで堰上げ状態とする。
- ・ 水域⑤の排水路は水深0.3m程度(水域⑤を基準にした水深)で越流が起こる水路高である。木製堰を常時設置することで堰上げ状態とする。

##### 水域③の土嚢



##### 水域⑤の木製堰



図 23 排水路の状況