

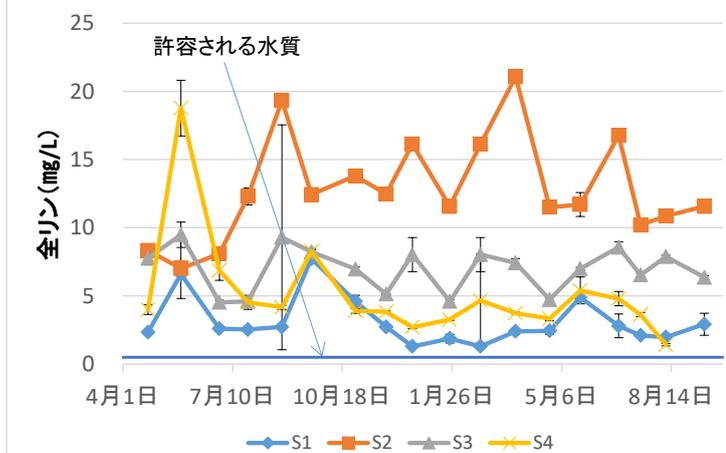
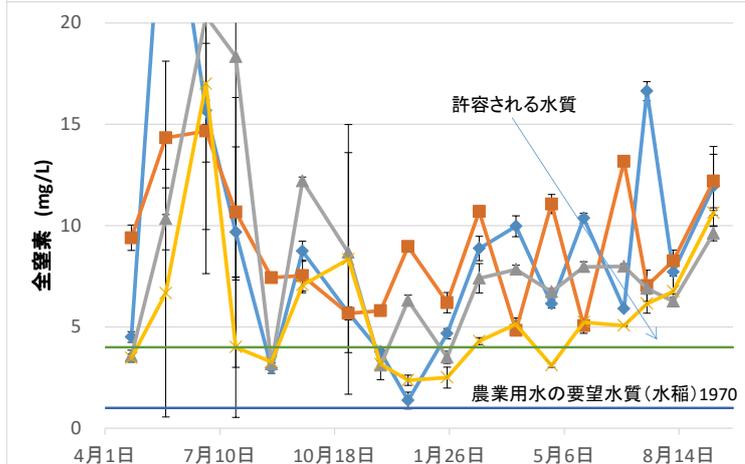
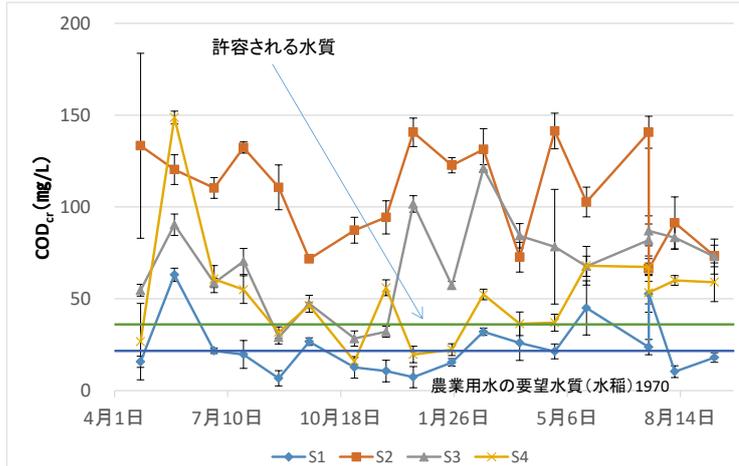
令和元年度 県立広島大学地域戦略協働プロジェクト事業進捗状況報告書

自治体	協定担当課	世羅町企画課	大 学	地域連携センター	キャンパス地域連携センター
	事業担当課	世羅町産業振興課		プロジェクト代表者	生命環境学部 教授 西村和之
	担当者 職 氏名	“担い手支援係 係長 浅倉 智治 主任 佃 公洋”		プロジェクト担当者	生命環境学部 教授 西村和之
事業名	営農団地内の沈砂池・調整池の水質・底質と臭気成分の把握と水質改善について				
計画の概要	平成 31 年度に開始した本年度事業では、H30 年度と同様に 4 か所の採水地点において採水を行い主として栄養塩類の水質変動を把握し季節的な変化傾向を評価するとともに、有機性の汚濁物質が堆積しやすい底泥を採取し汚濁成分の溶出量を求め、有機汚濁物質の物質フローの推定を試みることにしている。また、採水地点で空気試料を採取し、悪臭成分であるアルデヒド類の分析を行うことにしている。さらには、実行可能な水質浄化手法の探索を室内実験によって実施することとしている。				
進捗状況及び成果の概要	<p>9 月末現在までの進捗状況は、以下の通りである。</p> <p>1) 現地採水・採泥調査と管理目標水質の提案</p> <p>平成 30 年度の調査と同様に、4 か所のため池の放流口 S1～S4 において、4/25, 5/23, 6/27, 7/17, 8/9 と 9/13 の計 6 回の採水を実施した。これらの採水により合計 18 回の採水を行っている。</p> <p>得られた試料水について、随時水質分析を行っているが、現状では以下が示されている。</p> <p>懸濁成分 SS は、S4 における護岸工事終了後を含めて、何れの採水地点であっても農業用水の要</p>				
		<p>農業用水の要望水質(水稲)1970</p> <p>SS (mg/L)</p> <p>4月1日 7月10日 10月18日 1月26日 5月6日 8月14日</p> <p>◆ S1 ■ S2 ▲ S3 ✕ S4 — 系列5</p>			
		<p>農業用水の要望水質(水稲)1970</p> <p>pH (-)</p> <p>4月1日 7月10日 10月18日 1月26日 5月6日 8月14日</p> <p>◆ S1 ■ S2 ▲ S3 ✕ S4</p>			

望水質（稲作）（昭和 45 年農林省公害研究会）の 100mg/L を下回っており、濁水に関する懸念は、生じていないと判断される。一方、pH は、昨年度に比べて本年度の変動が激しく、昨年度が通常であるのか？本年度の様に変動を示すことが常態であるのか？は、2 年間の調査では判断できない結果となっている。ただし、昨年度の状況であっても、pH は、S1 や S3 地点の調整池を除き農業用水の要望水質（稲作）を超えており、アルカリ側に偏った水質であることが示されている。

有機物質を示す COD<sub>Cr</sub> は、S1 における水は概ね要望水質を満足すると言える

ものの、その他の採水地点の水質は、農業用水の汚濁程度別分球（水稲用）1982 における汚濁程度 1（許容される水質）を恒常的に超えており、1/4 程度に低減することが望ましいと考えられる。稲作等において過剰施肥の影響が生じやすいと考えられる窒素成分は、冬場に低減する傾向が示されたものの、栽培期は何れの地点であっても汚濁程度 1 を大きく超えており、汚濁程度 3（対策を講じても被害が生じる水質）である 8mg T-N/L 以下には低減を目指す必要があると考えられる。また、全リンに関しては、S2、S3 において汚濁程度 2（適正な限界を超え対策が必要な水質）0.5mg/L の 10



倍を恒常的に超えており、特にこの 2 池に関しては、リン除去の対策が求められ

る。これら、水質に関しては、アンモニア性窒素、硝酸性窒素や亜硝酸性窒素、あるいはリン酸態のリンなどの化学形態別の分析を行っており、窒素成分の動態等に関する情報を収集して最終報告には反映させる予定である。

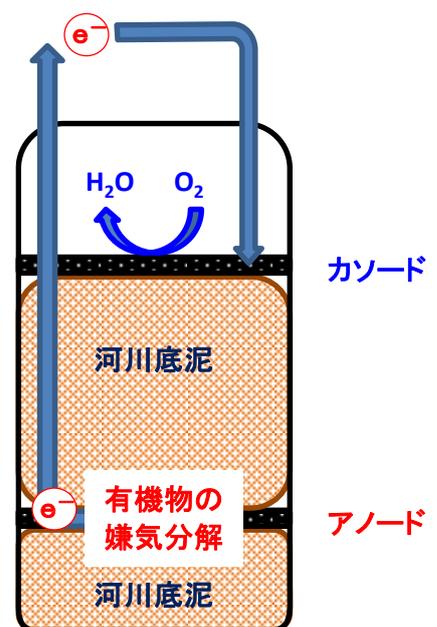
## 2) 水質悪化の要因調査

有効な採泥が行えて S4 地点における底泥について TS、VTS や  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  の測定を行い、有機汚濁成分の蓄積性の把握を試行的に試みた。TS は、 $0.7138\text{g/g}$ 、VTS は  $0.0388\text{g/dry-g}$  であり、殆どは鉍物質と判断された。底泥試料に含まれる有機物量は、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$  で  $9\text{mg/dry-g}$  であった。比較として広島市内の太田川河口付近の河川底泥の値を見ると、TS は  $0.5545\text{g/g}$ 、VTS は  $0.0112\text{g/dry-g}$  であり鉍物質の割合大きな違いは認められないものの、太田川の底泥の  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  は  $14\text{mg/dry-g}$  であることから、有機性の汚濁物質が堆積・蓄積した河川程度と比べて6割程度の有機物含量であった。このことから、水質分析結果で示される水中の汚濁物質は、底泥に蓄積するよりも流水とともに河川へ流出する傾向が高いのではないかと考えられた。なお、懸念される窒素やリンの底泥への移行や溶出は、現在、アクリルカラムに採泥試料を詰めて放置試験を実施中であり、最終報告書には評価結果が示されるものと考えている。

## 3) 実現可能な水質改善策の提案

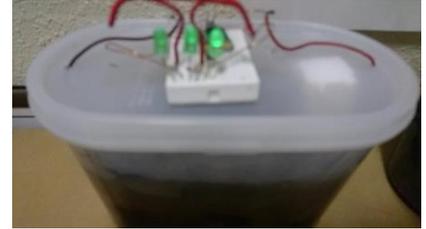
通常、有機汚濁成分の堆積を伴う自然環境水域の浄化には、堆積した有機物の直接的な搬出・除去となる“浚渫”が最も効果的と考えられている。一方、浚渫には、浚渫土の搬出・処分先の確保、多大な浚渫費用などの問題とともに、継続して汚濁物が流入する場合、その効果は一時的であることから、定期的な浚渫を繰り返す必要がある。一方、河川の直接浄化を含めて低コストで有効な水質浄化の手法は、様々なものが提案されてはいるものの、有効な手法は確立されていない。本研究では、劇的な浄化効果は認められないものの、施設費用や運転費用が低く維持管理に労力を要さない直接浄化手法として、微生物燃料電池を用いた浄化手法に着目し、対象地点における浄化効果の推定と施設要件に係る基礎情報の収集を室内実験によって試みた。

*Shewanella* や *Geobacter* などの異化的金属還元微生物は、嫌氣的雰囲気では有機物を還元的に分解して生存に必要なエネルギーを得ているが、これらの微生物による還元反応により得られた電子を導線で酸化的雰囲気まで導くことにより電子の流れである電流を得ることができる。この様な酸化的雰囲気を酸素が豊富な空气中に求めることで電流を得る系が、所謂、微生物燃料電池：MFC (microbial fuel cell) であり、



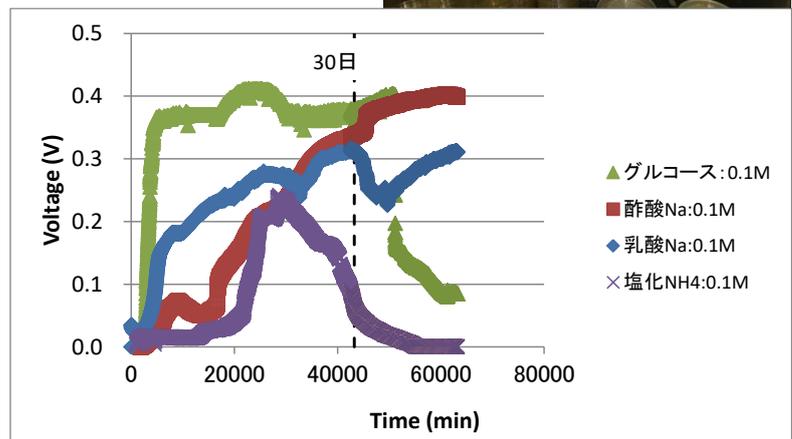
へドロ化した干潟の底質改善や排水処理等への応用が研究されている。

S4 地点における底泥 500g に炭素電極アノードを配置し、滅菌海砂（園芸用）1000g を重層して炭素電極カソードを表面に配置することで MFC を構築した。この MFC を室内に放置して起電力 (mV) をデータロガーで収集した。その結果、1 日程度放置後から電位差が認められ、2~3 日目頃から 0.5~0.6V 程度の電位が記録され出した。このことから、調査対象の底泥中にも異化的金属還元微生物群の存在が推定され、微生物燃料電池による直接浄化の可能性が示唆された。なお、通常 LTD の点灯には 1.5V 程度の電力が必要であるが、適切な容量の MFC を構築し昇圧回路と組み合わせることで LED を点灯させることが可能となることから、MFC による起電と適切な電力負荷の組み合わせによる直接浄化は達成可能とされている。



この結果を受けて、調査地点の底泥中に存在する異化的金属還元微生物群による MFC の基質依存性、即ち、有機物質化特性を調べた。S4 地点の底泥 100g と

滅菌海砂 220g を混合したものに炭素電極アノードを配置し、滅菌海砂 1214g を重層して炭素電極カソードを表面に配置した。この両電極間の滅菌海砂に基質として



てグルコース、酢酸 Na、乳酸 Na と塩化 NH<sub>4</sub> をそれぞれ 0.1 mol 添加・混合し MFC を構築した。この MFC を 25°C の恒温槽中に設置して起電力をデータロガーで収集した。グルコースの場合、1~2 日程度で起電力は 0.4V 程度の平衡に達し約 5 週間で起電しなくなった。これは、グルコースの様な微生物が利用しやすい有機物の場合、直ちに微生物群による還元的分解が始まり、その消費と共に異化的金属還元作用が停止することを示唆している。一方、同じく微生物が比較的に利用しやすく、かつ、微生物の代謝産物でもある低分子の有機酸の場合、その異化的利用に基づく還元作用の発現と定常化には時間を要することが示された。この還元作用の発現の遅れは、微生物群の馴化に要するものであるか、微生物叢の変遷によるものであるかは、今後の検討課題である。一方、起電力は最大で 0.2 V 強程度と低めではあるが、塩化 NH<sub>4</sub> であっても異化的還元に基づく起電が認められている。このことは、MFC による異化的金属還元作用では、窒素化合物由

来の N 源も利用している可能性を示している。従って、MFC を利用した直接浄化では  $COD_{Cr}$  に代表される炭素系の有機汚濁物質のみならず、全窒素に代表される窒素系の汚濁物質も除去できる可能性が示唆された。

今後は、引き続き年度末まで月 1 度の水質調査、底泥からの溶出量試験と MFC による直接浄化の可能性に関する研究を継続すると共に、調査地点の空気質の分析を行う予定である。



研究補助学生らによる調査前の準備風景



研究協力学生による全窒素等の水質分析風景

## 1. はじめに

国営広島中部台地農地開発事業は、広島県の食糧生産拠点として世羅町と三原市で実施された事業であり、企業的農家の育成と地域経済の発展を図るために農地造成やダム建設などが行われてきた。その内、世羅町にある江の河内団地では酪農が営まれているが、近年、周辺のため池の水質悪化が問題提起され、世羅町でもいくつかの対策を行ってきたものの抜本的な解決には至っていない。

湖沼などの停滞水域の浄化では、湧水や河川などの外部からの注水により循環水量を増加させること、堆積した底泥を定期的に浚渫して排除することや通気などによる好気状態の向上などが考えられるが、厳しい財政状態を勘案すると、より低廉で効果的な方法を調査研究していく必要がある。

以上のことから平成30年度の県立広島大学地域戦略協働プロジェクトにおいて、対象となる農業用ため池の浄化手法の立案に向け、ため池の水環境の現状把握と評価を目的とした調査研究を実施し、効果的な水質改善手法の提案を試みることにした。具体的には、酪農地の下流に位置する四つの農業用ため池の水質や底質の分析調査を行って現状を把握・評価すると共に、類似のため池などの浄化に関する先行研究・実施例の調査を行い、世羅町の農業用ため池で実施可能な水質改善手法の提案を探索することとした。

## 2. 研究方法

事前のヒアリングと現地踏査の結果、本研究の調査対象となる農業用ため池の水質悪化は、酪農排水処理水の流入と酪農廃棄物由来の有機性肥料の過剰施肥に伴う地下水汚染が原因と考えられており、また、対象となるため池では、着色や腐敗臭が認められている。従って、「望ましい水質への浄化」を目標とした場合、直接浄化の手法として有機物分解を促進させる生物作用の向上を目指すことになるかと判断された。

以上のことから本研究では、ため池の池水や底泥の有機物量を把握するために、有機炭素 (TOC: Total Organic Carbon, DOC: Dissolved Organic Carbon) または  $COD_{Cr}$  (Chemical Oxygen Demand)、全窒素 (T-N : Total Nitrogen, D-N : Dissolved Nitrogen) と浮遊物質 (SS : Suspended Solids) を測定した。また、富栄養化の原因となる全リン (T-P : Total Phosphorus, D-P : Dissolved Phosphorus) や各種イオン成分の測定を行うこととした。さらに、池内の生物叢を把握するために、16SrRNA の V4 領域や psbA 領域をターゲットとする遺伝子解析を行うこととした。各々の水質項目の中で SS は重量方で、その他の水質項目は、HACH 社製のポータブル分析計 DR2800 を用いて定法に則って測定した。また、各種イオン類は、イオンクロマトグラフィー (ダイオネクス社 ICS-1000) で測定した。なお、採水時には水温と pH を現場で pH メーター (東亜ディーケーケー社 IM-22P) を用いて測定した。

水質調査は、平成30年4月から毎月1度の採水を実施しており、平成31年度も継続して実施することとした。また、底質の調査は平成31年の春からの実施を予定した。なお、採水場所は、事前踏査に基づき4か所のため池の流出水路とした。

### 3. 水質・底質調査結果

平成30年度の4月から9月にかけて、調査地点であるS4のため池では、法面の補強工事が行われており、池水の排出による水位の低下や工事に伴う高濁水の排出など、通常の状態とは言えないことから、分析調査を行ったものの、結果の評価には留意が必要な状況であった。ここでは、平成30年11月末までに行った水質調査結果の概要を以下にまとめる。

図-1にpHの図-2にSSの結果を示す。

pHは、通常的环境水であれば中性付近から弱酸性を示すことが多く、夏季に藻類増殖が活発になった影響にアルカリ側に傾く傾向を示す。しかしながら、S2では常に、その他の地点では、春から秋にかけて上昇する傾向を示していた。一方、SSは、改修工事に伴う高濁水を示したS4を除き、S1からS3では適用範囲外である湖沼環境基準の上限程度で稲作要望基準以下の値を示しており、極端な濁りや藻類の異常増殖の状態にあるとは認められなかった。この様に、藻類増殖が顕著であったとは認めがたい状況を勘案すると、pHがアルカリ側に傾く傾向を示す原因が不明確であり、調査対象の特性として探索する必要が認められた。

図-3には、有機物量を表すCOD<sub>Cr</sub>の結果を示す。

COD<sub>Cr</sub>は、池内の全ての有機物量を代表する水質指標であるが、通常のコド<sub>Mn</sub>よりも高めに出ることから、概算でCOD<sub>Cr</sub>の値に換算した基準値や稲作要望基準値を合わせて示している。図-3に見る通り、調査期間を通してCOD<sub>Cr</sub>は減少傾向にあり、湖沼環境基準よりも高めの傾向を示すものの、S2を除き有機物量として

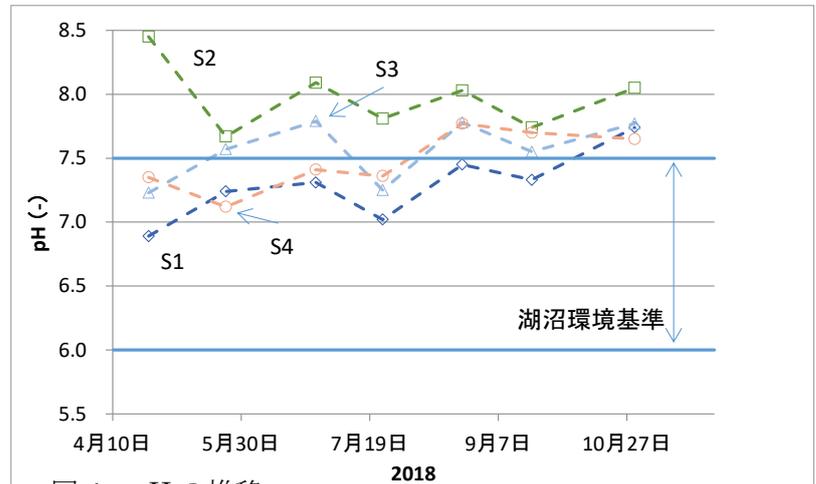


図-1 pHの推移

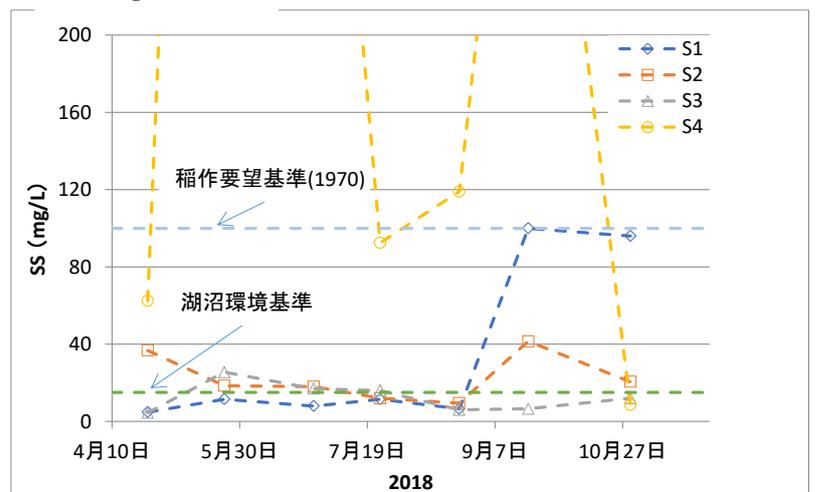


図-2 SSの推移

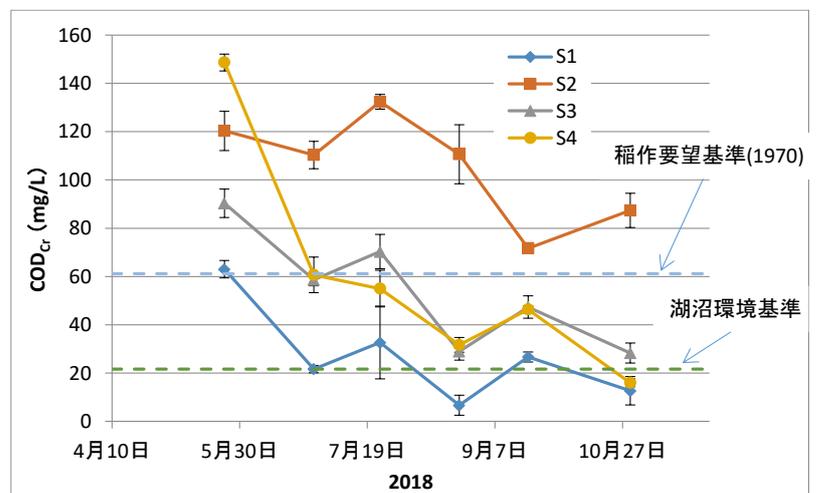


図-3 COD<sub>Cr</sub>の推移

は稲作に支障の無いレベルの有機物量と考えられる。しかしながら S2 に付いては、調査期間を通して稲作に不適とされるレベルの有機物量含有しており、継続した調査に寄らなければ明確な判定は出来ない物の、有機物量からみた場合は農業利用に不適切なレベルの水質にある可能性が指摘される。

次に、図-4 に全窒素の測定結果を示す。

全窒素の結果は、変動が大きく分析結果を精査中であるが、何れの結果であっても適用範囲外とは言え湖沼環境基準を大幅に超えており、また、農業用水の汚濁度程度別分級（稲作用）において“汚濁度程度 3：農業用水として著しく汚染され、対策を講じても被害を生じる水質”とされる 8mg/L を超過している場合が多い結果であった。

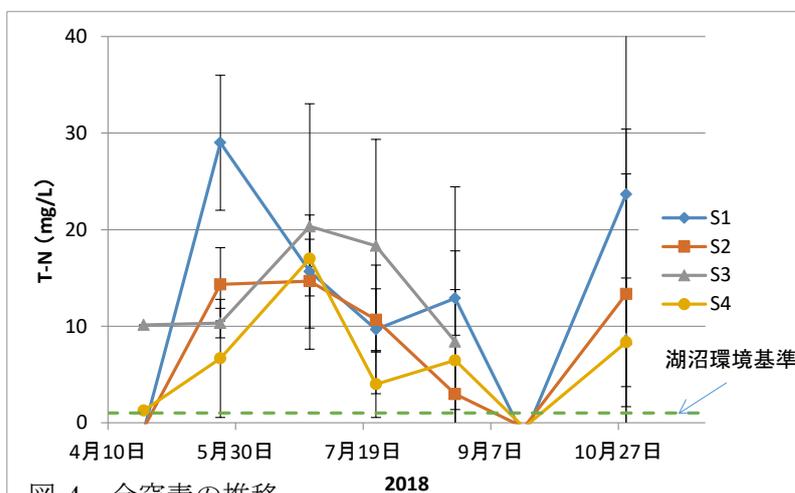


図-4 全窒素の推移

以上の様に、現状では、全ての分析項目について分析結果が得られている訳では無く、また、結果のばらつき等、データの精査が必要ではあるものの、ため池 S2 に付いては有機物総量に対して、その他のため池に付いては窒素などの栄養塩類について、可能な限りの対策を講じる必要があると推定された。

#### 4. まとめ

平成30年4月より、事前のヒアリングと現地踏査に基づき、四ヶ所のため池の流出場所に対する水質調査を行っている。現時点では、全ての分析項目の結果が十分まとまっておらず、また、整理できている結果に付いても精査は必要である。それらのことを踏まえた現状を概観すると、ため池 S2 に付いては、有機物量が極めて高く、その内容物の詳細や原因を探索する必要性が示された。また、ほぼ全てのため池で全窒素濃度が高濃度で検出されており、全窒素や全リンなどの栄養塩類の動向に留意した調査を継続し、これらのため池が持つ有機汚濁物質の性状把握とその対策について検討して行くこととしている。