

資料5 詳細資料： 伊豆沼流域汚濁負荷要因調査業務 中間報告

2025/2/7 伊豆沼自然再生協議会協議会

報告事項

- 今年度の調査概要
- 調査結果（中間報告）
- 近年の水質悪化要因の検討
- 今後の予定

今年度の調査概要

今年度実施している調査

■ 目的

- 伊豆沼の水質形成機構の把握
- 次年度から予定している水質シミュレーションモデルの構築の入力・検証データの取得

■ 実施している調査

- ① 平常時調査：定期水質調査、冬季の水質上昇の原因追求
- ② 降雨時調査：流入量、流入負荷量の把握
- ③ 底質調査：底質状況の把握、底泥溶出量の把握

■ 現在の状況

- 1月の調査結果まで実施済み
- 降雨時調査、底泥溶出量調査も実施済み

① 平常時調査

■ 調査地点：11地点

- 伊豆沼：2地点（①伊豆沼中央※、②伊豆沼西※）
- 内沼：1地点（③内沼中央※）
- 流入河川：5地点（⑧荒川下流(玉荻橋)、⑨照越川下流(照越川橋)、④伊豆沼入口、⑩八沢川中流(八沢橋)、⑪太田川中流)
- 農業排水機場：3地点
（⑤横須賀排水機場、⑥川下田排水機場、⑦伊豆沼南側農業排水路）

下線の地点は、公共用水域水質調査地点と同様

※は、船舶での調査（現地観測項目は鉛直0.1mピッチで測定、他は表層のみ）

⑧～⑪は保健環境センターによる調査

■ 調査回数：7回（農業排水機場は下線月の5回）

- R7年：5, 7, 9, 11月
- R8年：1, 2, 3月

■ 調査項目

- 別表の通り

② 降雨時調査

■ 調査地点

- 伊豆沼流入河川：1 地点（伊豆沼入口）
- 内沼流入河川：2 地点（八沢川中流、太田川中流）

■ 調査回数

- 1 回（1 降雨）
- 1 降雨につき、降り始めから降り終わりまで 1 時間ピッチで採水・現地計測を実施（10 回程度想定）
- 採水したサンプルの中から 5 サンプルを抽出して水質分析を実施

■ 調査項目

- 別表の通り

	項目	単位	分析方法	平常時調査数量		降雨時調査数量		備考
				地点	回数	地点	回数	
現地観測	天候	—	—	1	7	1	7	調査開始時に記録
	降雨状況	—	—					
	気温	°C	気温計（日陰で観測）	4(3)	7(5)	3	10	
	水温	°C	多項目水質計	4(3)	7(5)	3	10	鉛直0.1mピッチ観測 (降雨時は表層のみ)
	水深	m	レッド測深	4(3)	7(5)	3	10	
	水量(流量)	m ³ /s	※1	1	7	3	10	簡易方法による測定
	平均流速	m/s						
	水色	—	目視判断（コード表）	4(3)	7(5)	3	10	
	透明度もしくは透視度	cm	—	4(3)	7(5)	3	10	湖内は透明度、 流入河川は透視度
	電気伝導度	mS/m	多項目水質計	4(3)	7(5)			鉛直0.1mピッチ観測
	濁度	度	多項目水質計	4(3)	7(5)	(3)	(10)	鉛直0.1mピッチ観測
	DO	mg/L	多項目水質計	4(3)	7(5)			鉛直0.1mピッチ観測
pH	—	多項目水質計	4(3)	7(5)			鉛直0.1mピッチ観測	
室内分析	BOD	mg/L	JIS K0102 21	4(3)	7(5)	3	5	
	COD	mg/L	JIS K0102 17	4(3)	7(5)	3	5	
	TOC	mg/L	JISK0102の22.1又は22.2	4(3)	7(5)	3	5	
	DOC	mg/L	JISK0102の22.1又は22.2	4(3)	7(5)	3	5	
	SS	mg/L	環境庁告示第59号付表9	4(3)	7(5)	3	5	
	VSS	mg/L	河川水質試験方法（案）11-3.2	4(3)	7(5)	3	5	
	大腸菌数	CFU/100mL	環境庁告示第59号付表10	4	7	3	5	
	全窒素	mg/L	JIS K0102 45.2,45.4,45.6	4(3)	7(5)	3	5	
	全リン	mg/L	JIS K0102 46.3.1,46.3.3	4(3)	7(5)	3	5	
	アンモニア性窒素	mg/L	JIS K0102 42.2,42.5	4(3)	7(5)	3	5	
	硝酸性窒素	mg/L	JIS K0102 43.2.3,43.2.3	4(3)	7(5)	3	5	
	亜硝酸性窒素	mg/L	JIS K0102 43.1.1,43.1.2	4(3)	7(5)	3	5	
	リン酸態リン	mg/L	JIS K0102 46.1.1	4(3)	7(5)	3	5	
クロロフィルa	mg/L	上水試験法IV-4 20	4(3)	7(5)	3	5		
植物プランクトン	細胞数/mL	検鏡分析（河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル【ダム湖版】準拠）	3	7	0	0	沼内のみ	

※1：湖沼内は測定しない。流入河川は、降雨時と同様な簡易法による測定を実施

：オレンジのハッチは、降雨時調査時は実施しない項目 青字：農業排水機場の測定回数（3地点で5回実施）

③ 底質調査

■ 調査地点

- 伊豆沼中央
- 内沼中央

■ 調査回数

- 2回 夏季（ハス繁茂期） 8月想定
冬季（ハス枯死後） 11月想定 含有量調査のみ

■ 調査項目

- 別表の通り
- 採取方法は、含有量試験用のサンプルはエクマンバージ採泥器による表層採泥、溶出速度試験用は不攪乱採泥器（HR型、Φ11cm×H50cm）によるコア採泥（採泥厚：25cm）

■ 溶出速度試験条件

- 試験方法：バッチ式、静置式
- 酸素条件：2条件（嫌気、冬季）
- 水温条件：20℃
- 試験期間：10日間（0, 1, 3, 5, 10日目に分析を実施）
- 分析項目：TOC,アンモニア性窒素,硝酸性窒素,亜硝酸性窒素,リン酸態リン

水質調査地点



● 公共用水域水質調査地点（月1回）

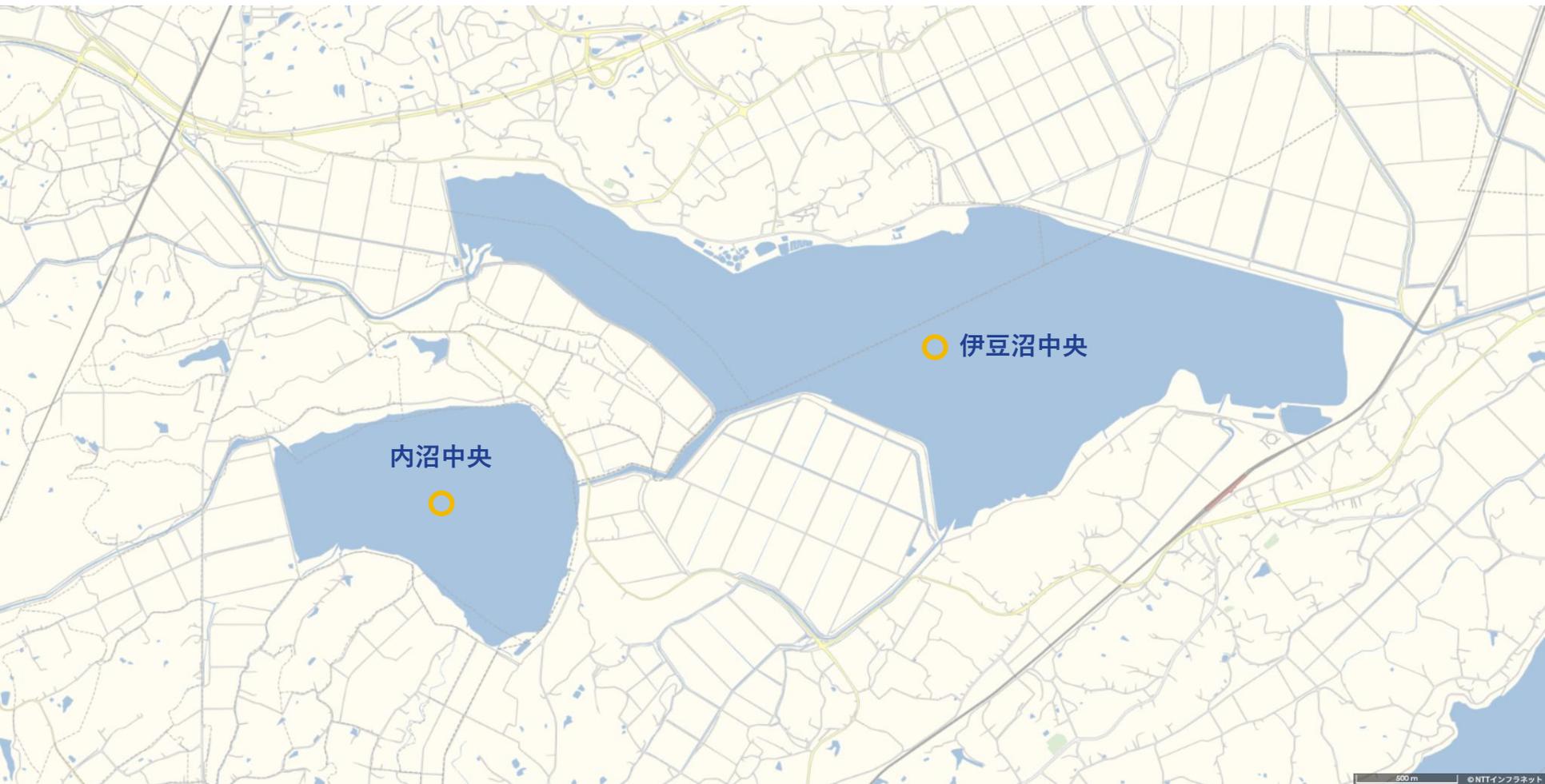
○ ① 平常時調査地点（年7回：5.7.9.11.1.2.3月）

○ ② 降雨時調査地点（1降雨）

○ ① 平常時調査地点（年7回：5.7.9.11.1.2.3月）

※保健環境センターによる調査

底質調査地点図



○ ③ 底質調査地点

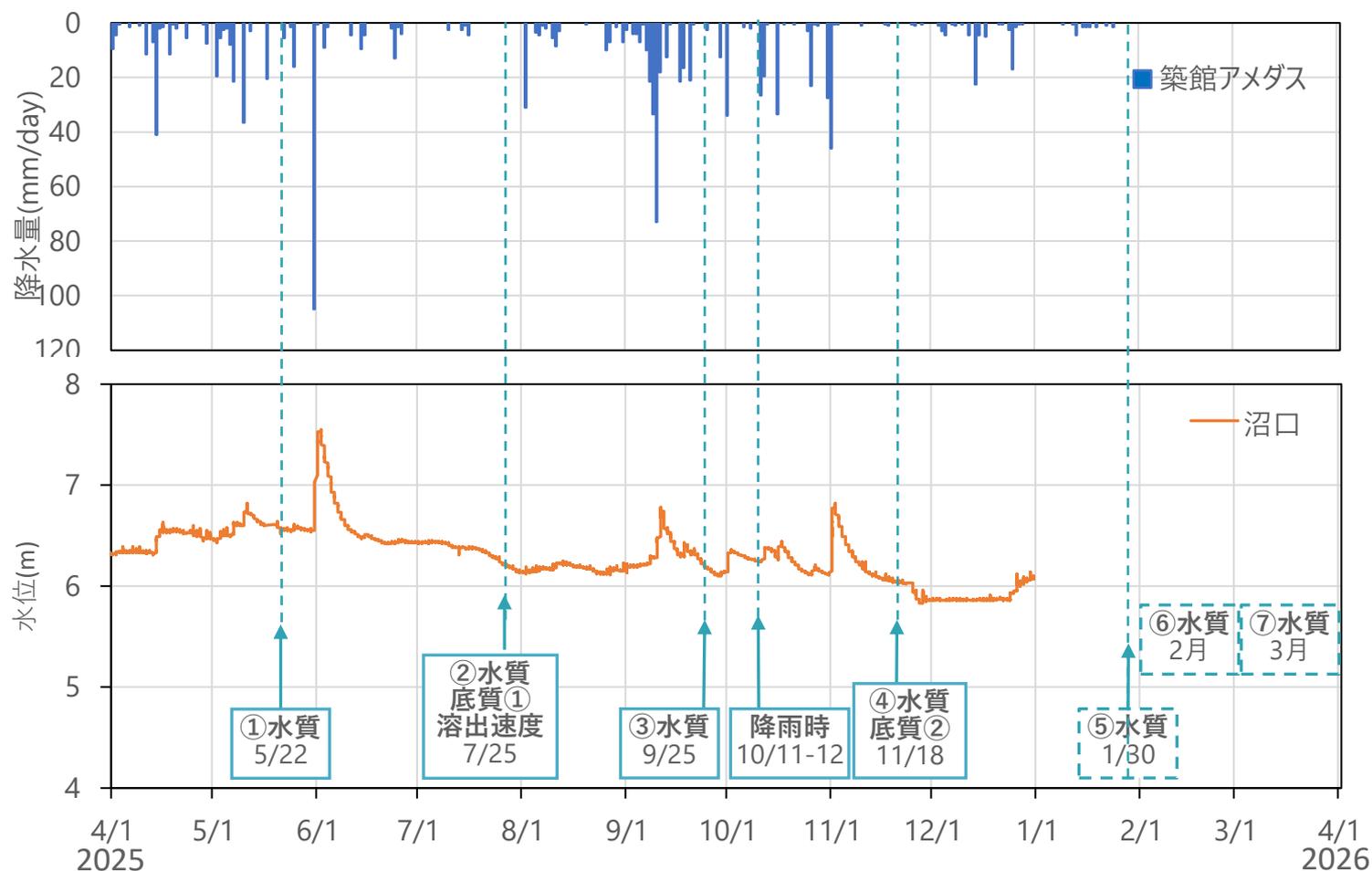
調査結果（中間報告）

- ・全8回調査のうち、現在5回（5,7,9,11,1月）の調査を実施済み
- ・中間報告はこのうち4回の結果を説明（1月は分析中）

調査実施状況

■ 実施状況

- 水質調査 5/7回 ● 底質調査 2/2回 ● 底泥溶出速度 1/1回
- 降雨時調査 1/1回

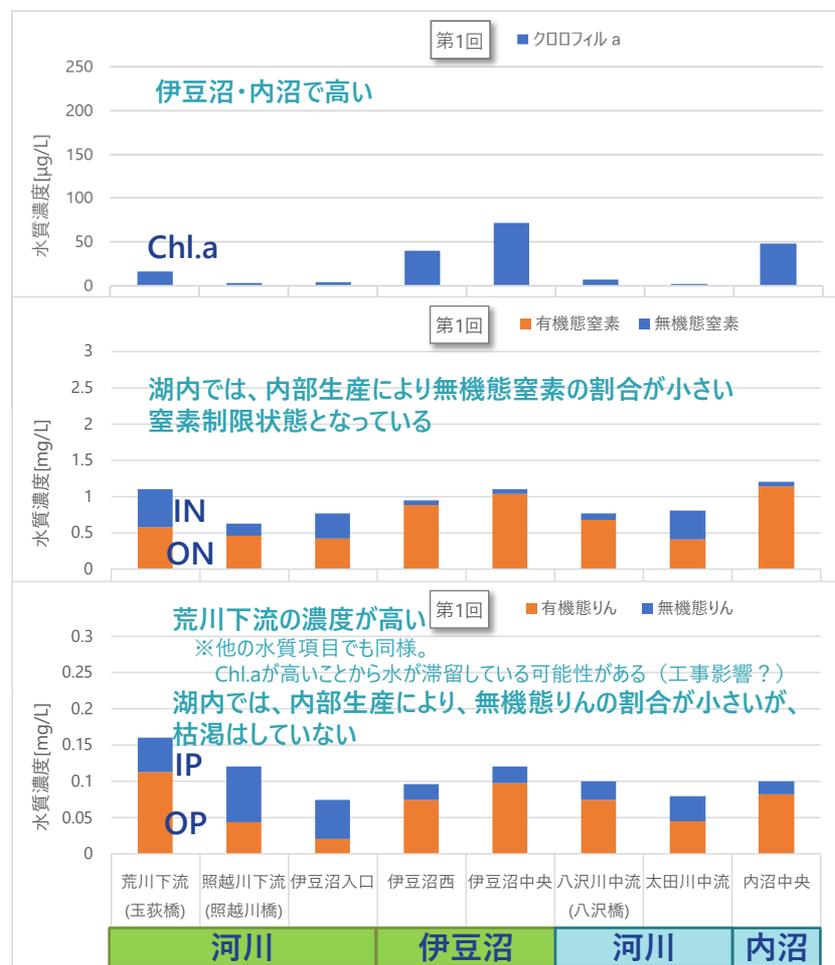
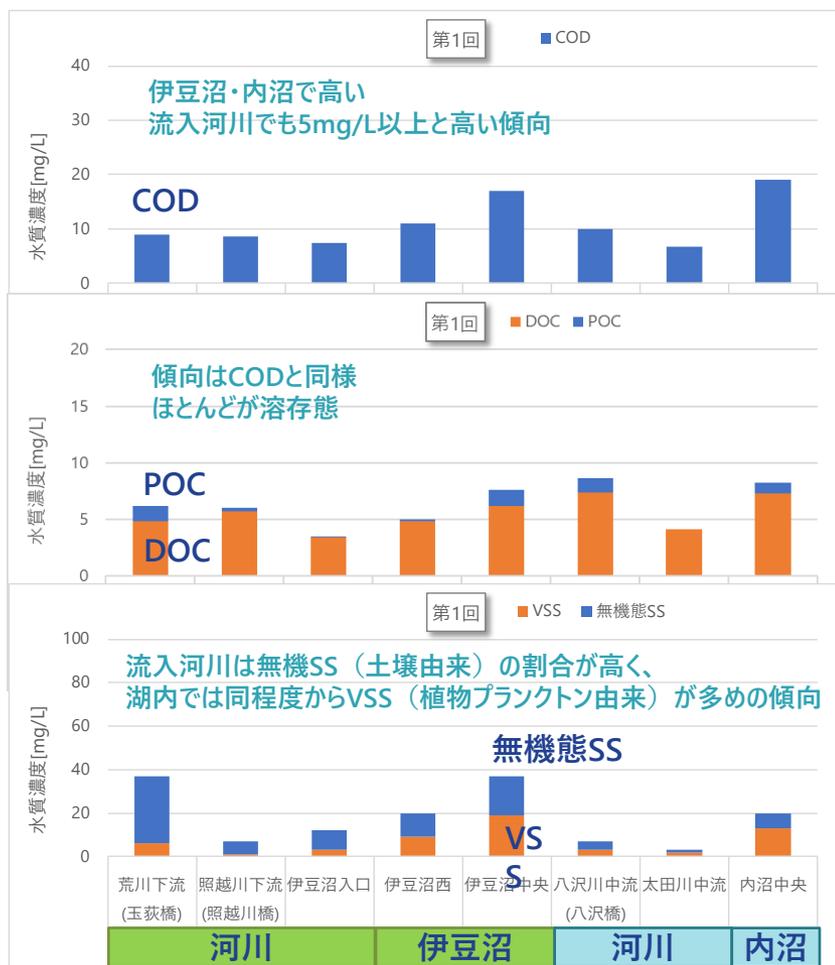




水質調査結果

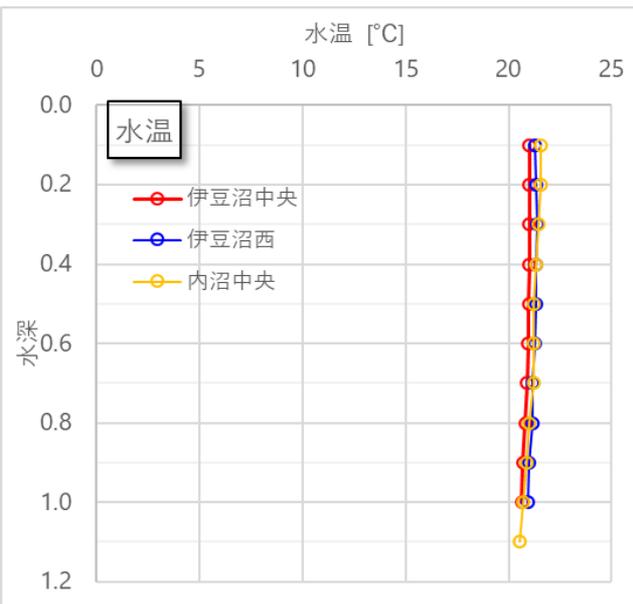
水質調査結果（5月,1回目）

- CODの河川流入は5mg/L以上と高めで、内部生産により湖内はさらに高くなっている
- 湖内では無機態窒素が枯渇し、植物プランクトンが増殖できない状態（が窒素制限状態）となっている
- 流入SSは土壌由来で、湖内SSは植物プランクトン由来が多い傾向がある。

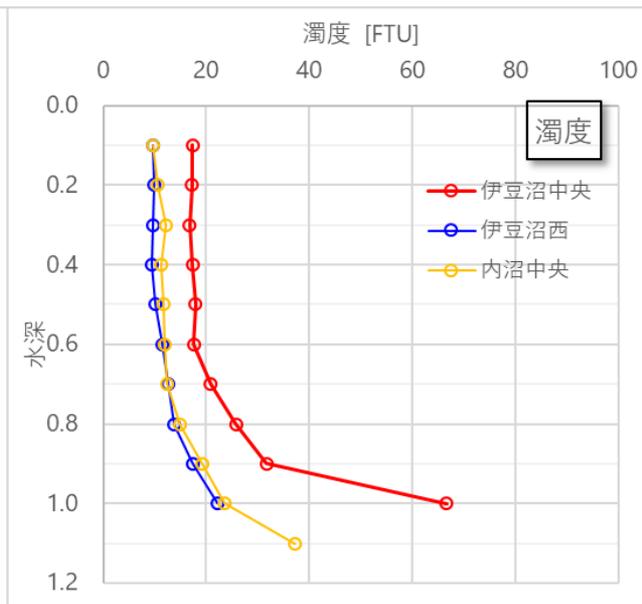


水質調査結果 (5月,1回目)

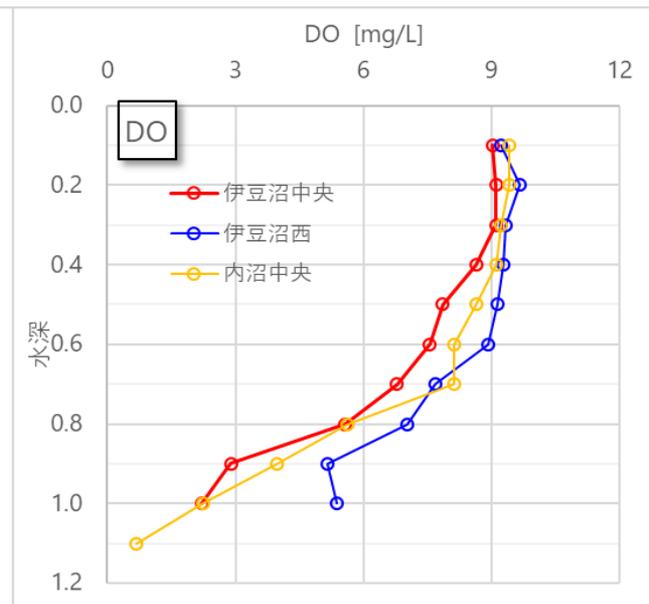
- 水温：成層していない
- 濁度：底層で上昇
- DO：底層で低下
- 地点間の差は見られない



水温躍層は見られず、成層していない



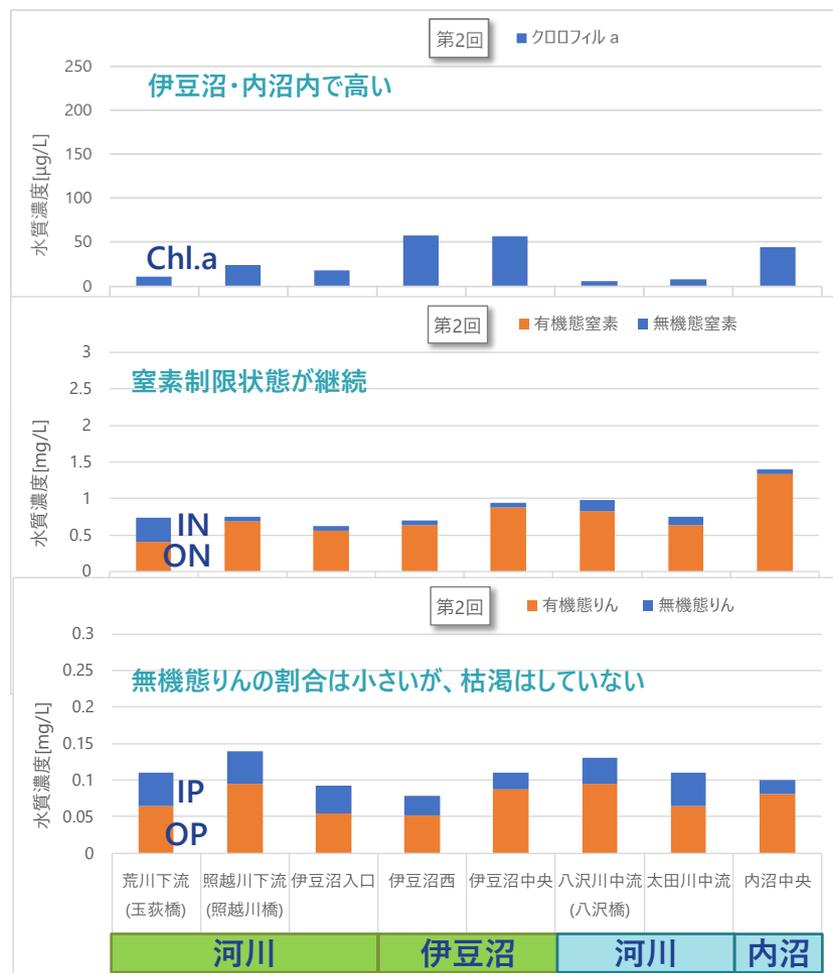
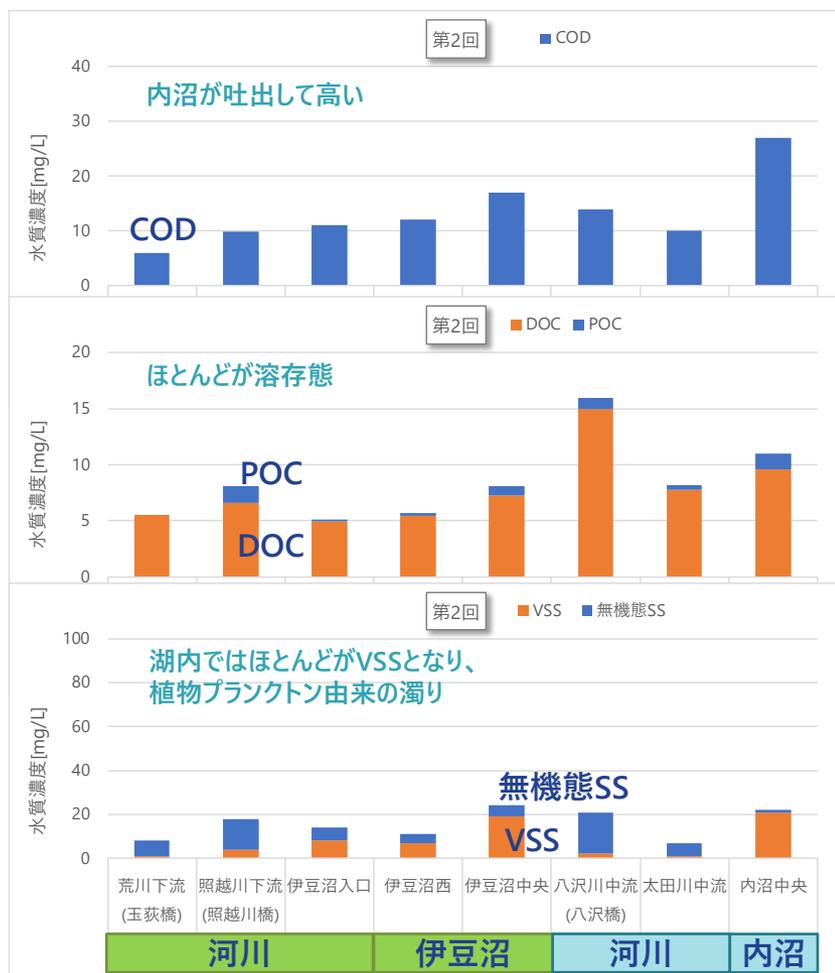
下層で上昇



下層で底層DOは低下

水質調査結果（7月,2回目）

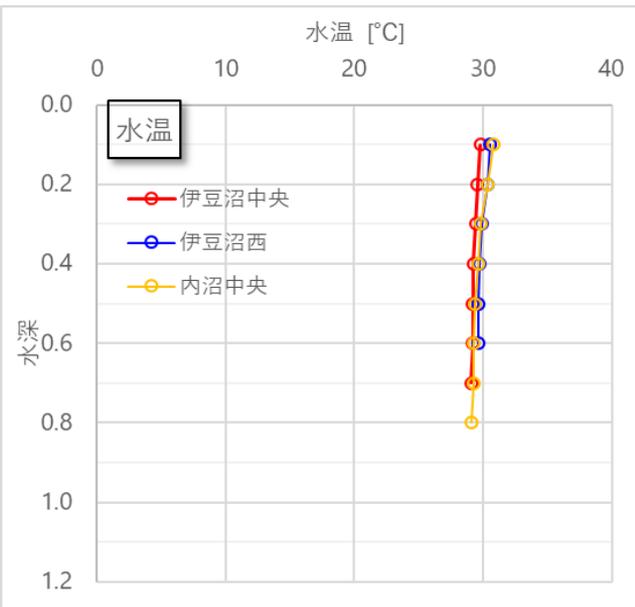
- 5月と基本的には同様な傾向
- 湖内は、窒素制限状態が継続
- 吐出した濃度が見られる地点・項目があるが、明確な原因は不明



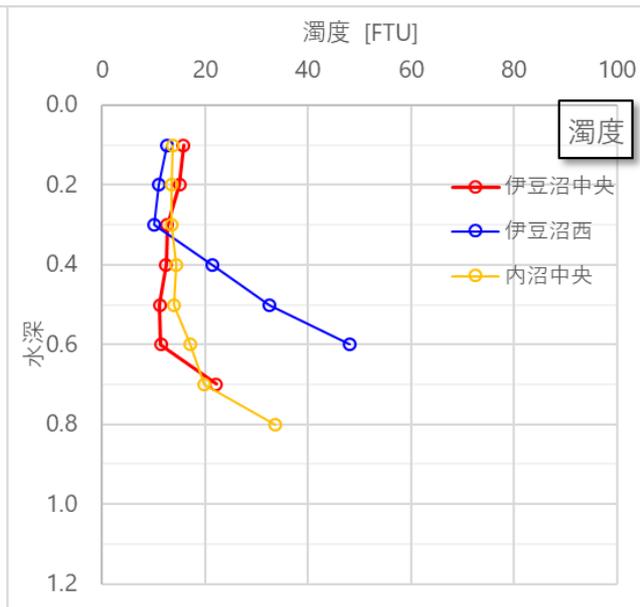
水質調査結果 (7月,2回目)

5月と同様な傾向

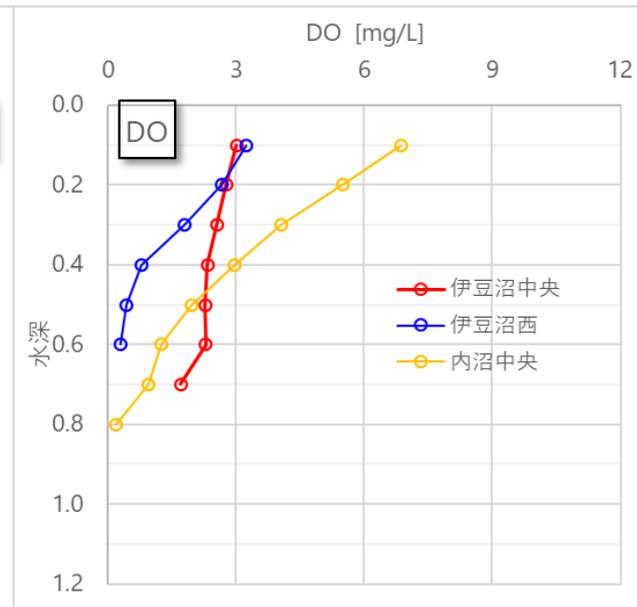
- 水温：成層していない
- 濁度：底層で上昇
- DO：底層で低下（5月より低下）
 - 成層はしていないため、表層と下層は混合しやすい状況でも底層DOが低下
 - 底泥有機物の分解に伴う酸素消費量が多いことが推察される
- 地点間の差は見られない



水温躍層は見られず、成層していない



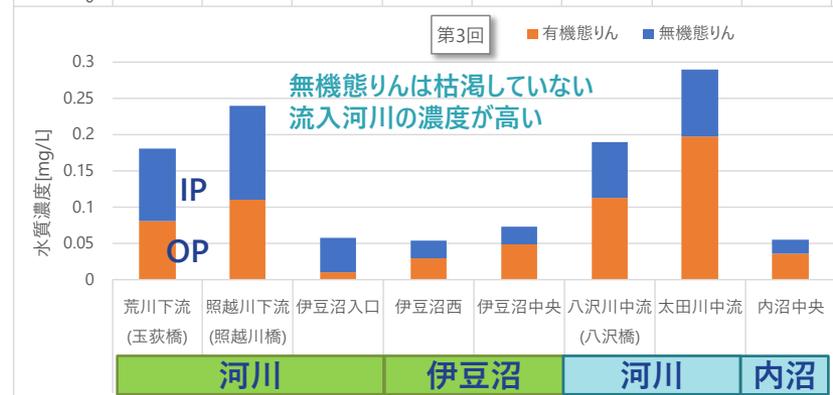
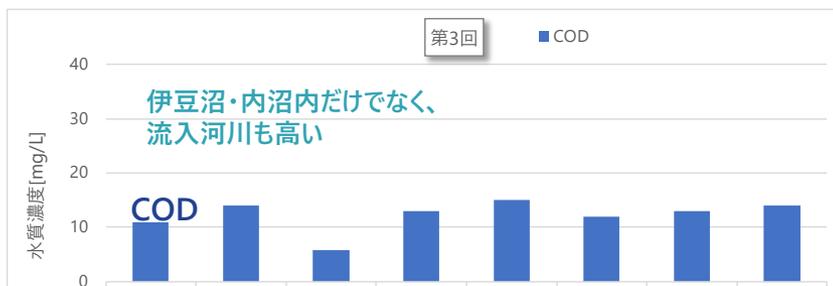
下層で上昇



全体的に低下
下層で底層DOは低下

水質調査結果 (9月,3回目)

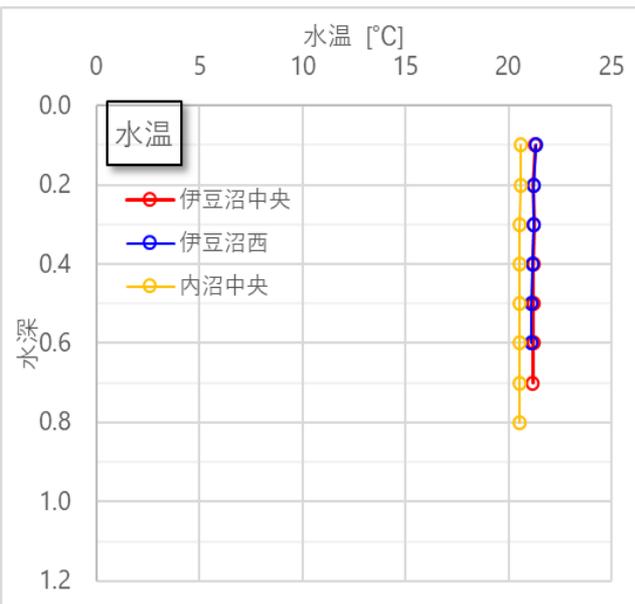
- 5,7月と基本的には同様な傾向
- 湖内は、窒素制限状態が継続
- 流入河川の有機物、栄養塩の濃度が高い傾向
- 9月上旬は雨が多くあり、その後の調査結果



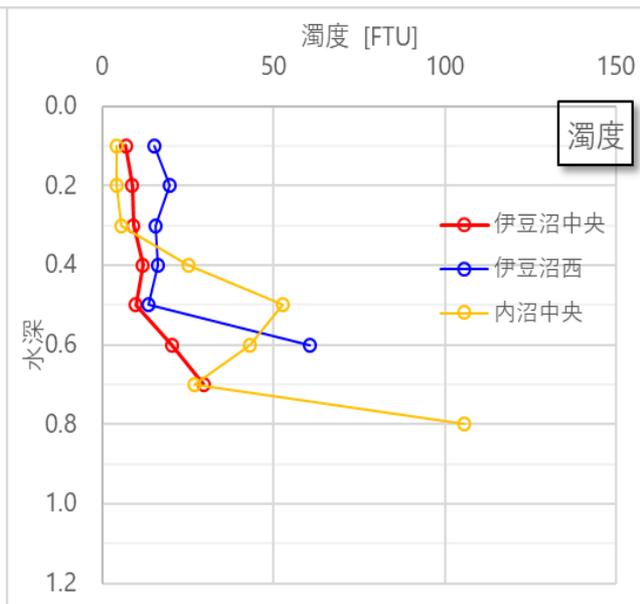
水質調査結果（9月,3回目）

5,7月と傾向の違いはない

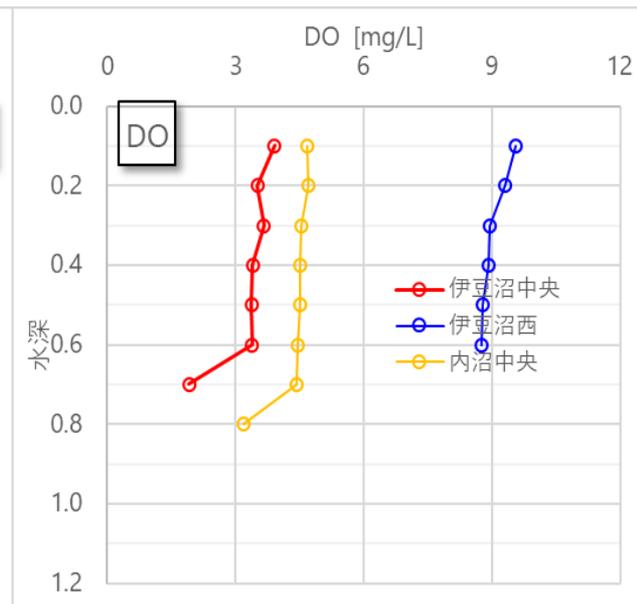
- 水温：成層していない
- 濁度：底層で上昇
- DO：5,7月に比べると低下しない
- 伊豆沼西でDOが他よりも高い



水温躍層は見られず、成層していない



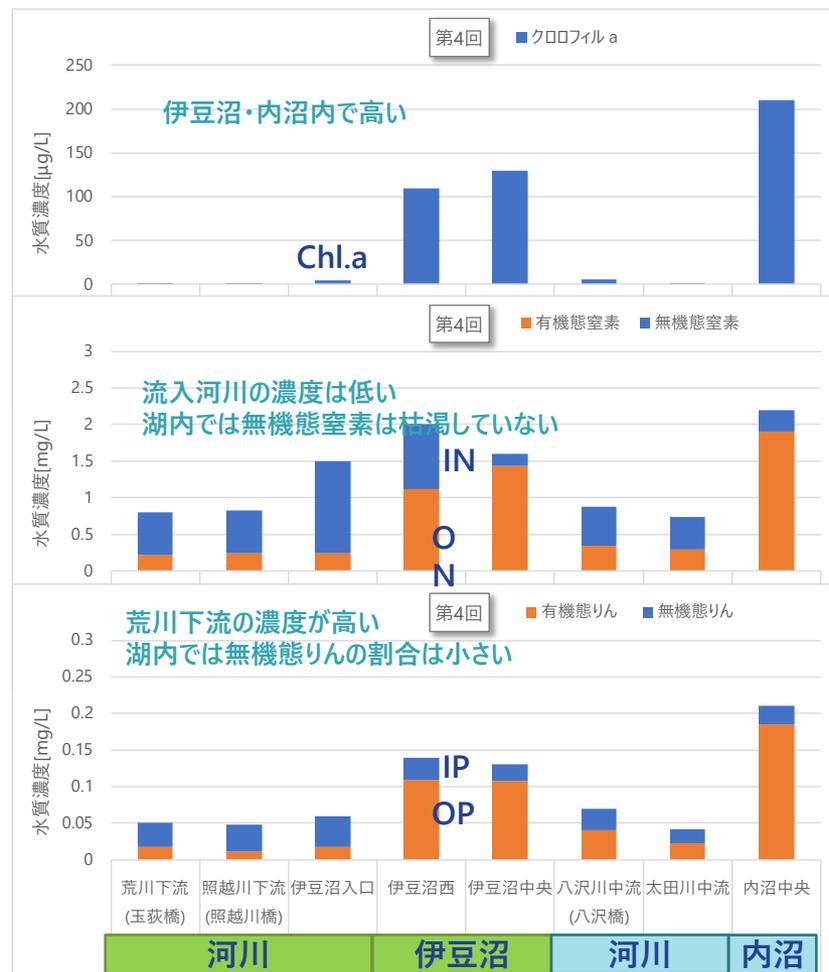
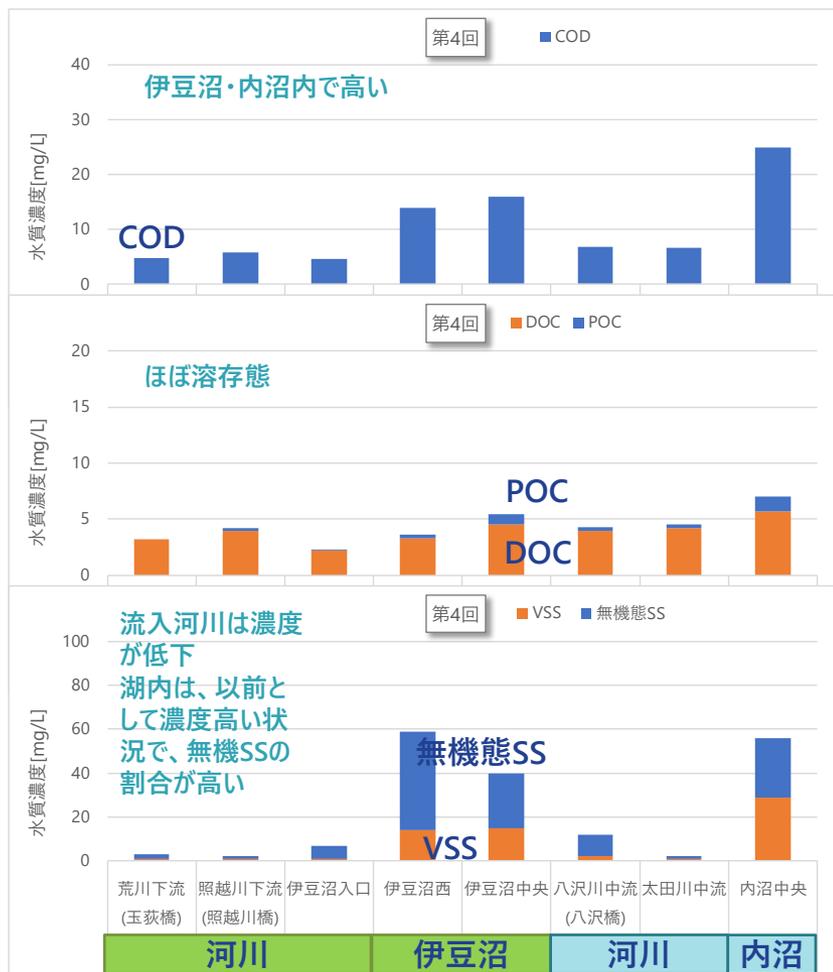
下層で上昇



下層で底層DOは低下

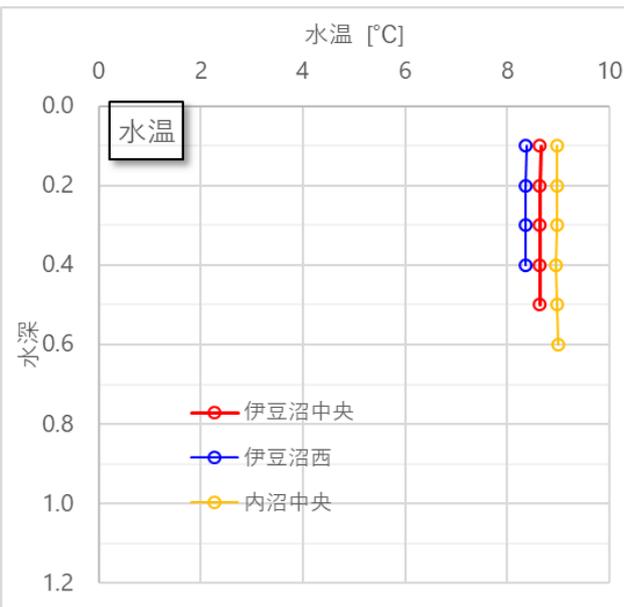
水質調査結果 (11月,4回目)

- 流入河川の有機物、栄養塩濃度は低下
- 湖内の内部生産により、有機物、SS、栄養塩が増加
- 窒素制限でもりん制限でもない
(植物プランクトンにとって増殖しやすい状況)

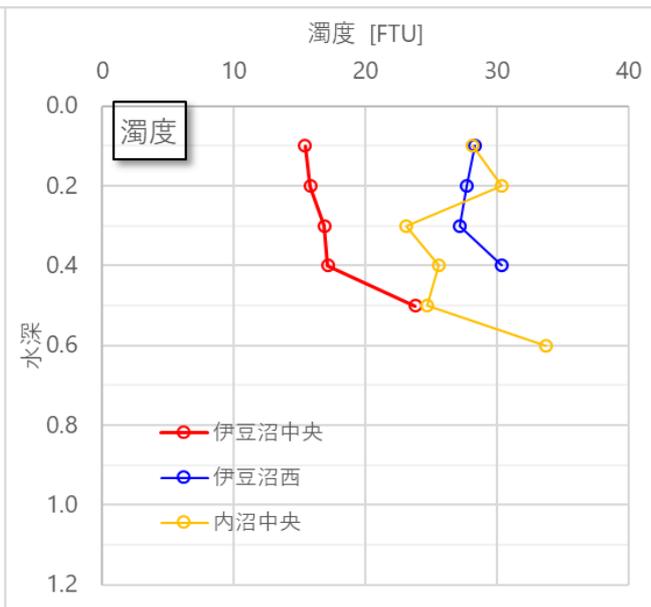


水質調査結果（11月,4回目）

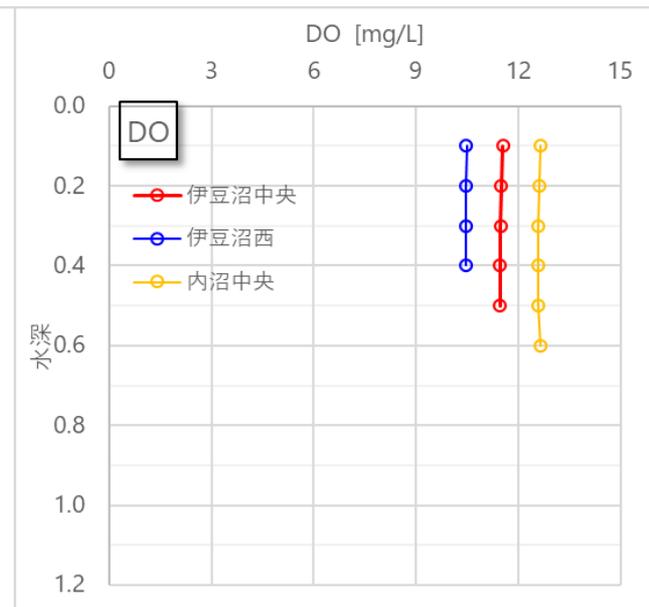
- 水温：成層していない
- 濁度：底層で上昇
- DO：表層・底層で同様
- 地点間の差は見られない



水温躍層は見られず、成層していない



下層でわずかに上昇

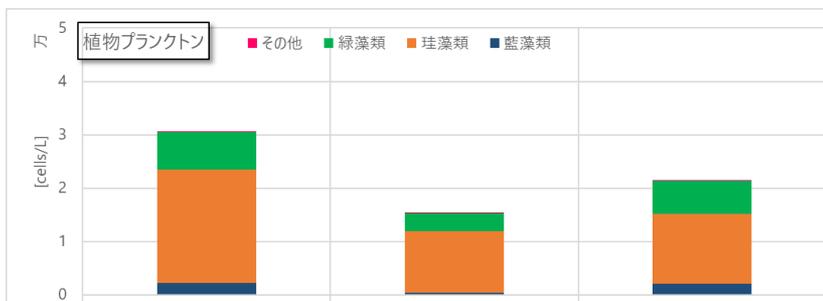


底層DOの低下なし

植物プランクトンの分析結果

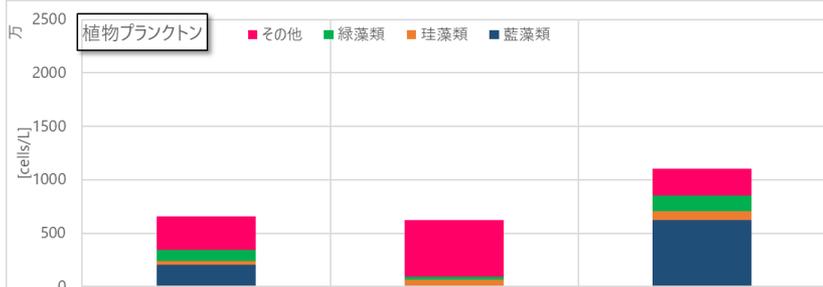


5月
(1回目)



珪藻類が優占
総数としては少ない

7月
(2回目)

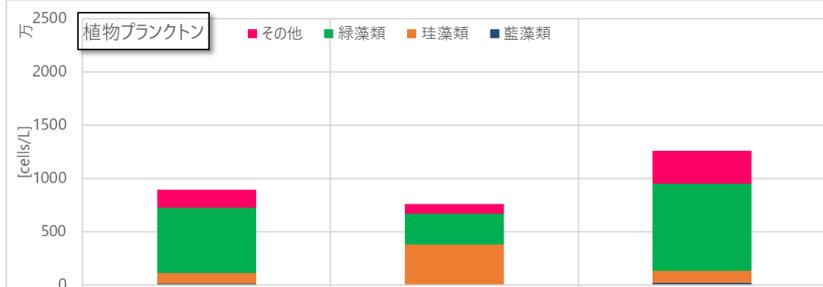


5月に比べると総数が増加
藍藻類またはその他藻類が優占

※藍藻類は、*Planktolyngbya* sp.が最大

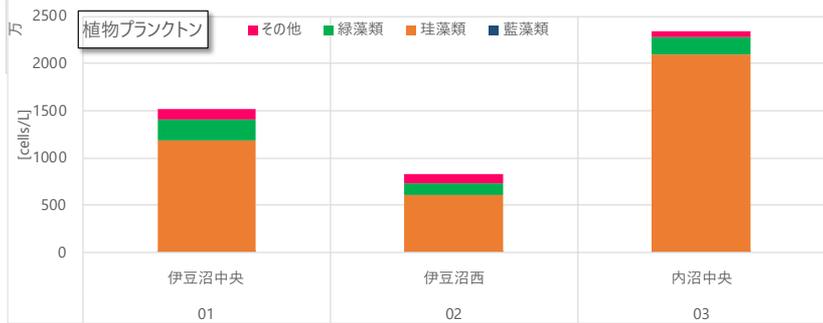
- この種類は、偽空胞を持たないため水面に集積しにくい
- アオコ形成しやすい種の発生は少ない
- その他藻類では、ミドリムシ藻網が優占

9月
(3回目)



総数は増
藍藻類は減少し、緑藻、珪藻が優占

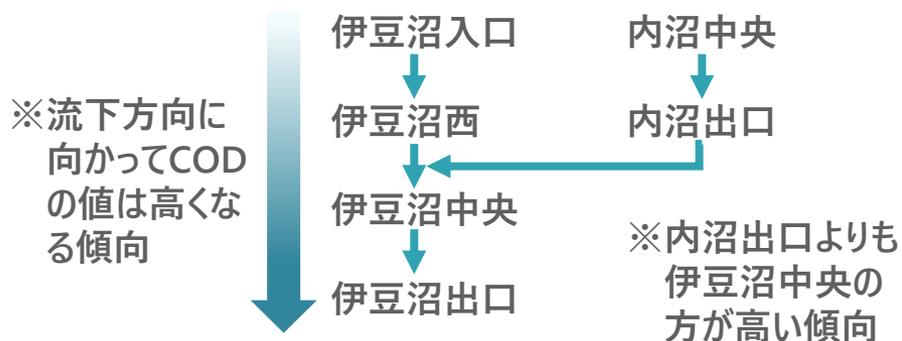
11月
(4回目)



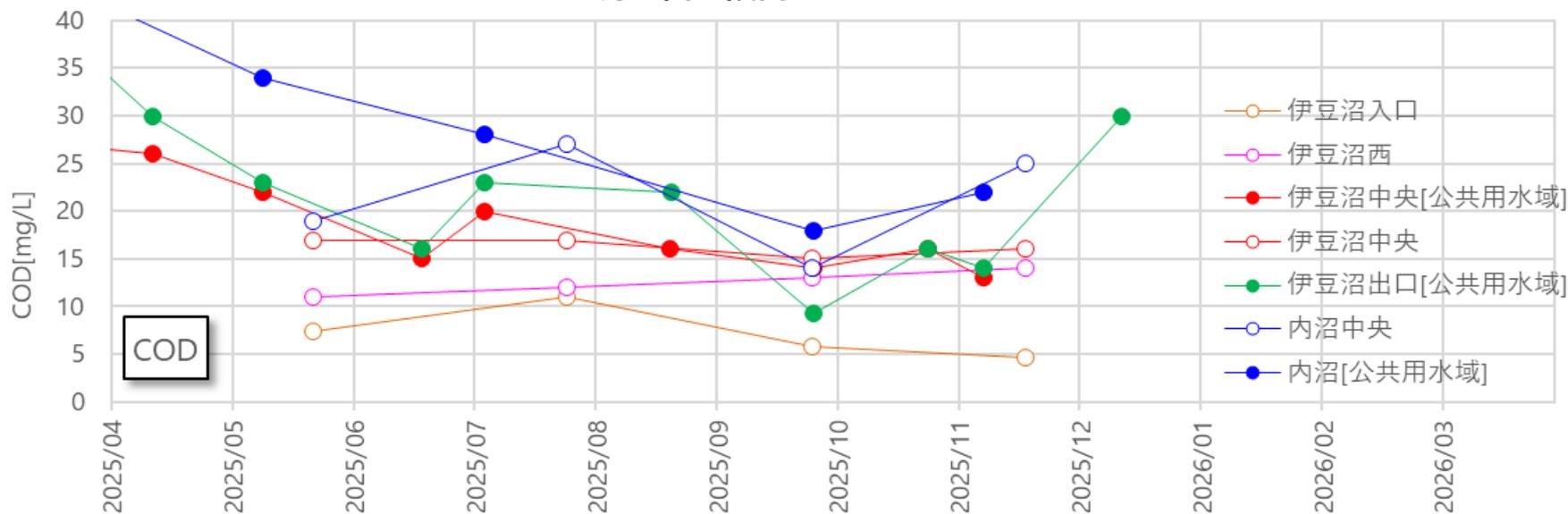
総数はさらに増
珪藻が優占

水質調査結果の考察（１）：地点間の関係

- 伊豆沼は流下に伴い、水質が悪化している
(内部生産により有機物が増加)
- 内沼も同様な傾向が見られるが内沼出口よりも伊豆沼中央の方がCODは高く、内沼の影響は限定的である可能性がある

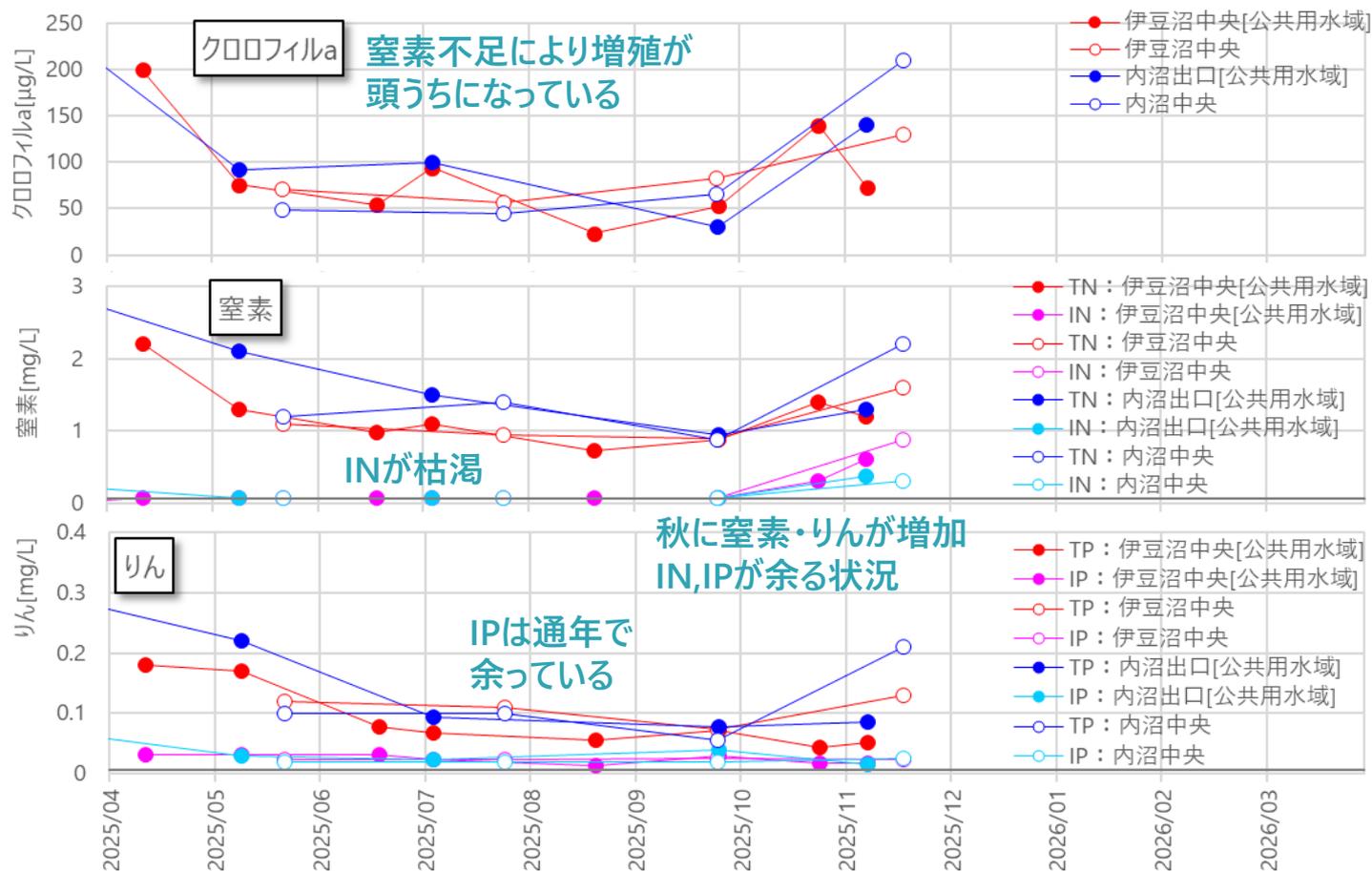


- 公共用水域水質調査地点（月1回）
- ① 平常時調査地点（年7回：5.7.9.11.1.2.3月）
- ② 降雨時調査地点（1降雨）
- ① 平常時調査地点（年7回：5.7.9.11.1.2.3月） ※保健環境センターによる調査



水質調査結果の考察（２）：植物プランクトンの増殖

- 夏：窒素制限状態（無機態窒素枯渇、無機態りんがあまり）
 - 植物プランクトンは栄養塩を消費して増殖、窒素が不足して頭うちの状態
 - 空気中から窒素を取り込むような藍藻類の異常増殖は確認されない（ヒシやハスとの競合影響によると考えられる）
- 秋：窒素もりんも余っている状態（日照・水温条件に応じた植物プランクトンが増殖しやすい状態）
 - 湖内の窒素・りん濃度が上昇（無機態窒素、無機態りんが余る状態）
 - 日照や水温の条件が合えば、植物プランクトンは増殖しやすい状態になっており、条件に応じた植物プランクトンが増殖、Chl.aが増加していると考えられる（水温が低くても植物プランクトン（珪藻）が増殖する事例は他湖沼（多くは海洋）でも確認されている）

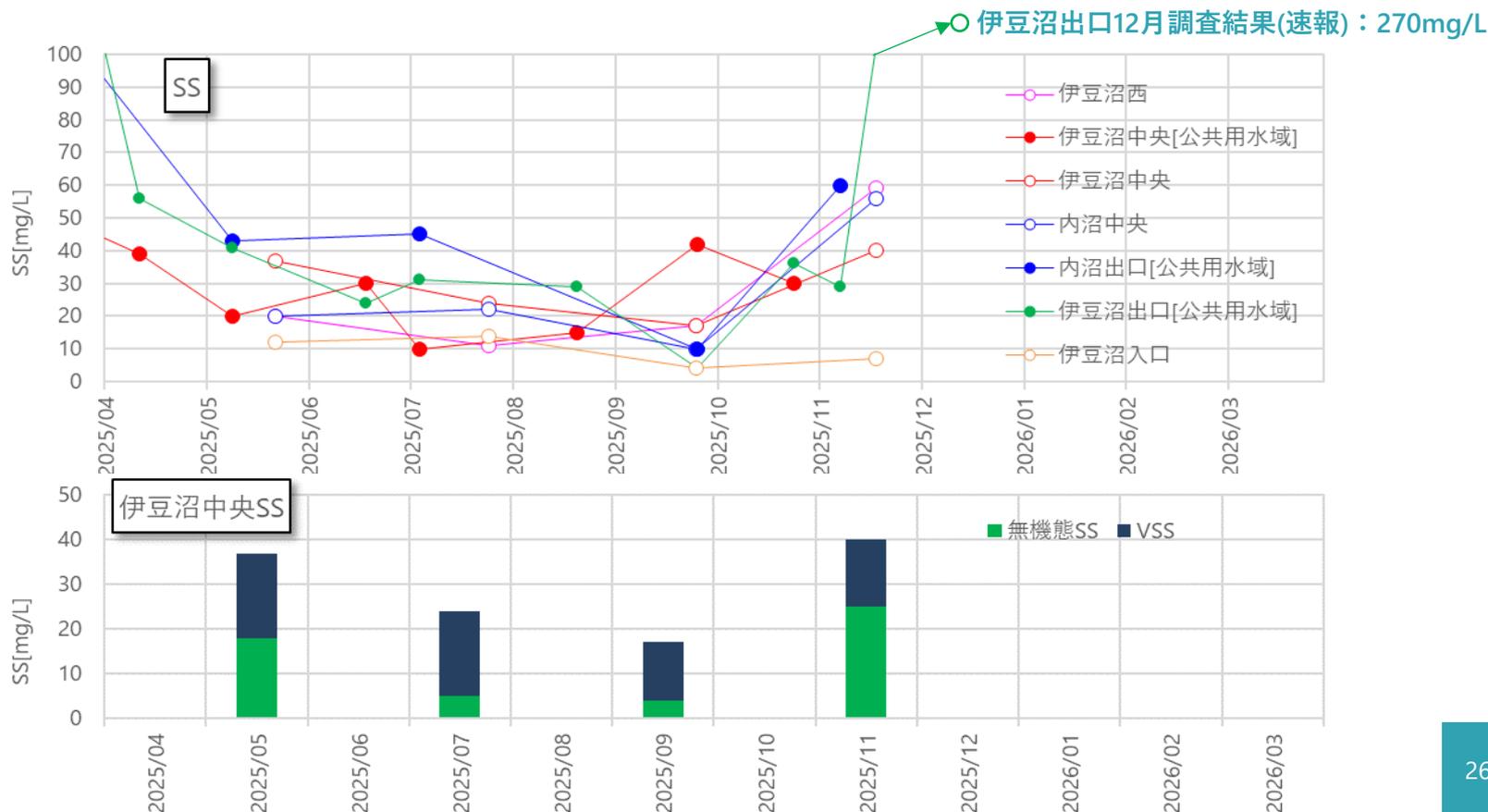


水質調査結果の考察（3）：SSの挙動

■ SSは10月以降に上昇

- 流入（伊豆沼入口）は増加していないことから底泥巻き上げ等、内部発生が要因と推定
- 主に無機態SS（土粒子由来）が増加

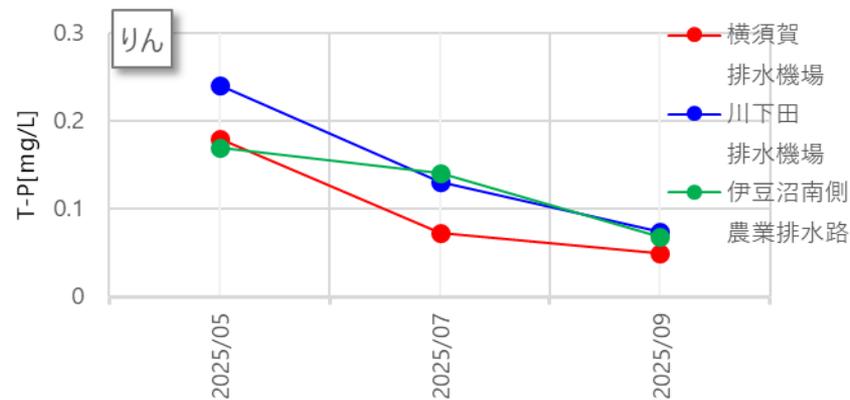
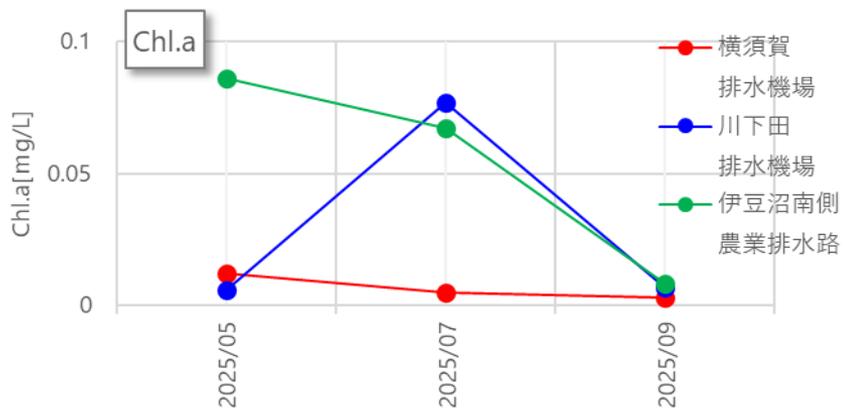
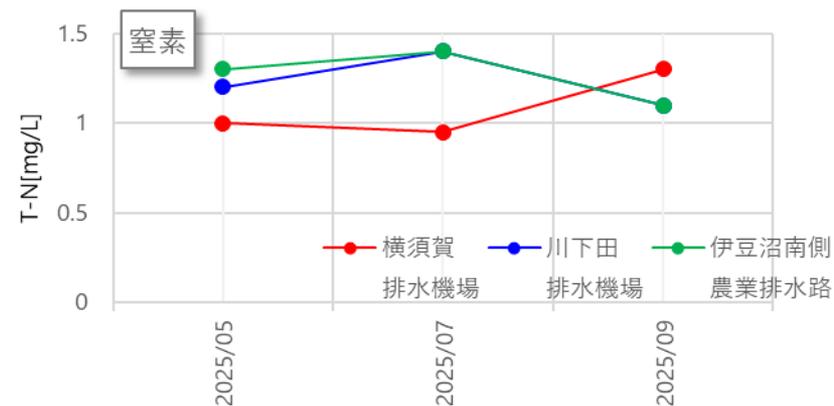
■ 夏季は無機態SSは少なく、VSS（植物プランクトン由来）が多い



水質調査結果（農業排水機）

農業排水機場水質調査結果

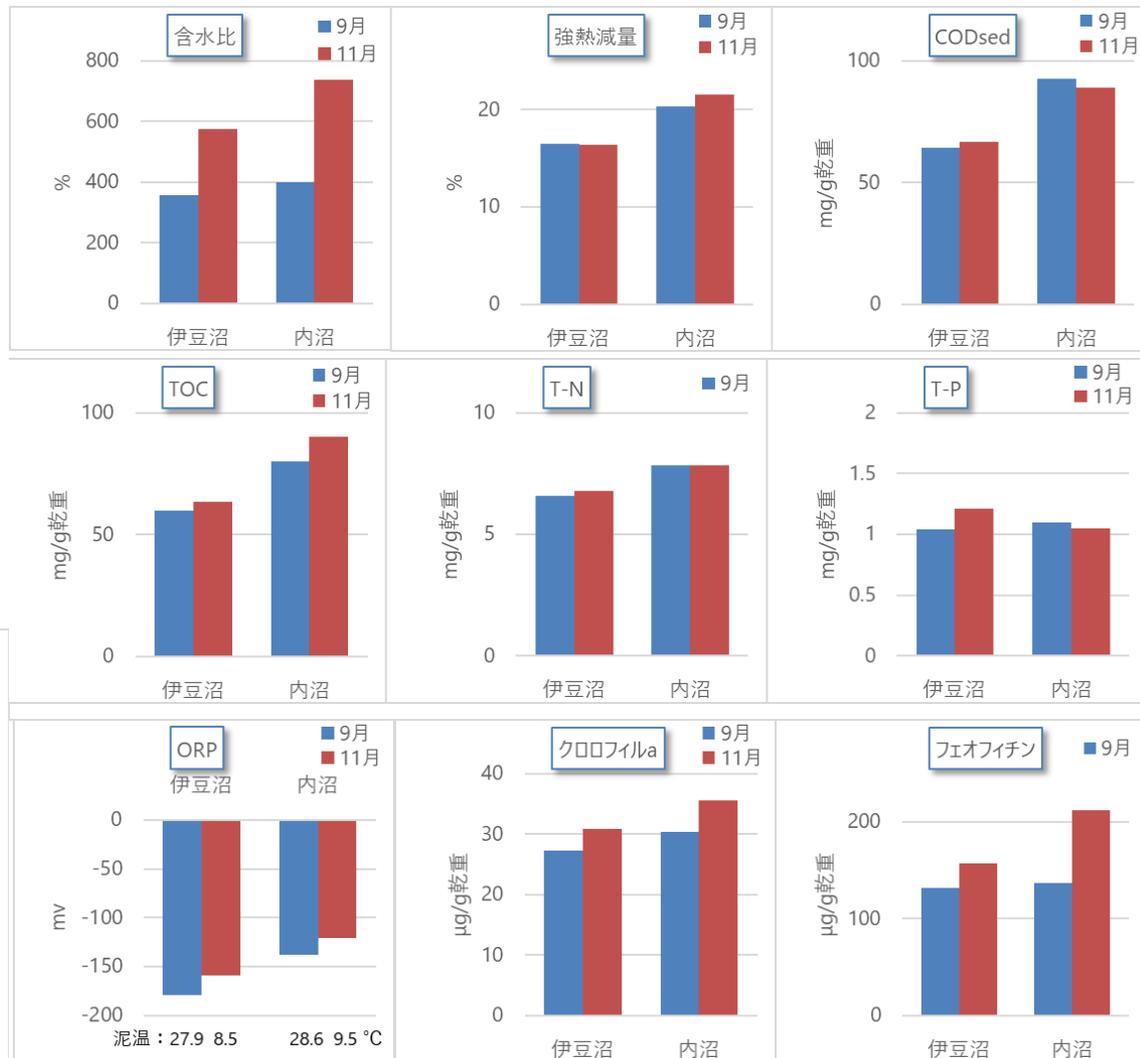
- 今後、排水ポンプの稼働実績から負荷量の算定を実施
- 2, 3月にも調査を実施予定



底質調査結果（含有量、溶出速度）

底質調査結果（9月,11月）

- 地点差：伊豆沼より内沼の方が値が高い項目が多いが、その差は小さい
- 季節的变化：秋に増える傾向
- 粒度組成：粘土とシルト



底泥溶出速度試験結果

■ 試験条件

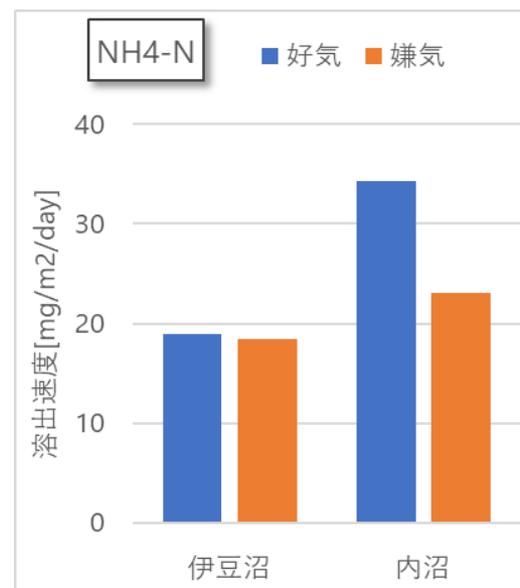
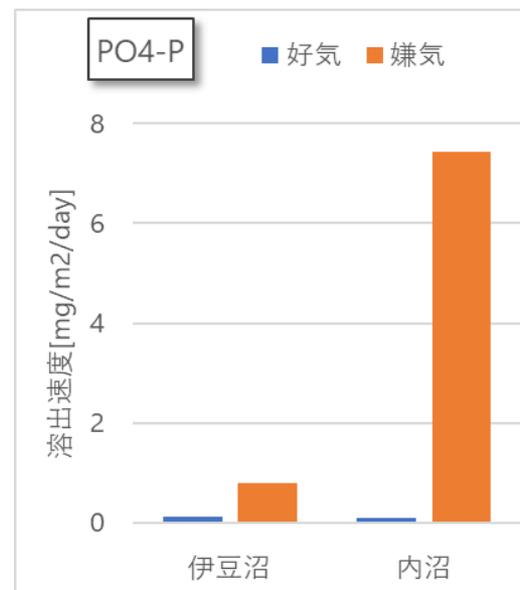
- 好気性、嫌気性条件で試験
- 項目： TOC、窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ ）、りん（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）

■ 試験結果

- 溶出が確認されたのは $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ のみ
- $\text{PO}_4\text{-P}$ は嫌気条件で溶出量が多くなることを確認
- $\text{NH}_4\text{-N}$ は好気・嫌気条件で大きな違いは確認されない（内沼では嫌気条件で減少した）

■ 地点別

- 伊豆沼よりも内沼からの溶出量が多い



底質調査結果の考察：過去との比較

■ 含有量（強熱減量）

■ 今回の調査（9,11月の平均値）

- 伊豆沼：16.5%
- 内沼：21.0%

■ 過去との比較

- 過去の強熱減量（右図）と比較すると、高くなっており、底質の有機物量は増加傾向

■ 溶出速度試験結果

■ 今回の調査結果（好気条件、20℃）

- TOC：溶出確認されず
- $PO_4\text{-P}$ ：0.11mg/m²/day
- $NH_4\text{-N}$ ：18.9mg/m²/day

■ 過去との比較

- 過去の溶出速度試験（右図）とは異なる状況であった。
- TOCは今回溶出は確認されず、 $PO_4\text{-P}$ は同程度、 $NH_4\text{-N}$ は3倍程度となっている

■ 他湖沼との比較

- 文献値（次スライド）比較では、窒素は事例の中間程度、りんは遅い速度となっている

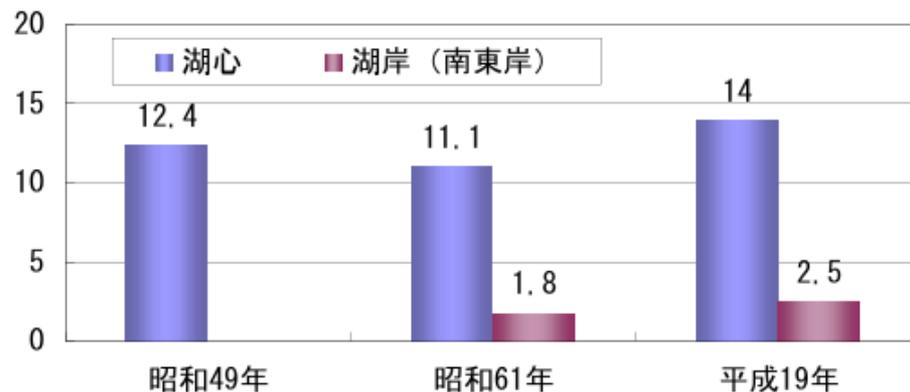
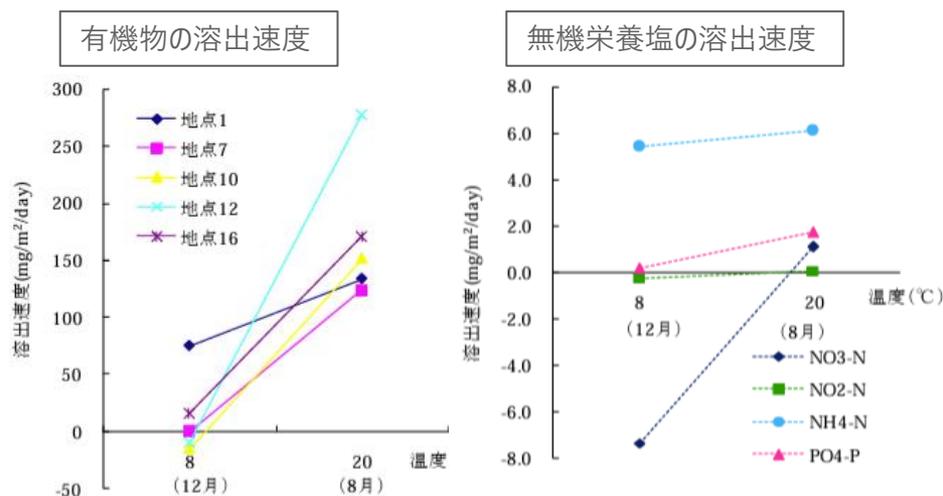


図 2.3-10 底質（強熱減量）の経年変化

出典：伊豆沼・内沼自然再生事業実施計画書 平成22年11月 宮城県



出典：伊豆沼底泥からの有機物および栄養塩溶出に関する研究
平成21年度 小浜ら

※好気条件の試験結果

底泥溶出速度 参考例

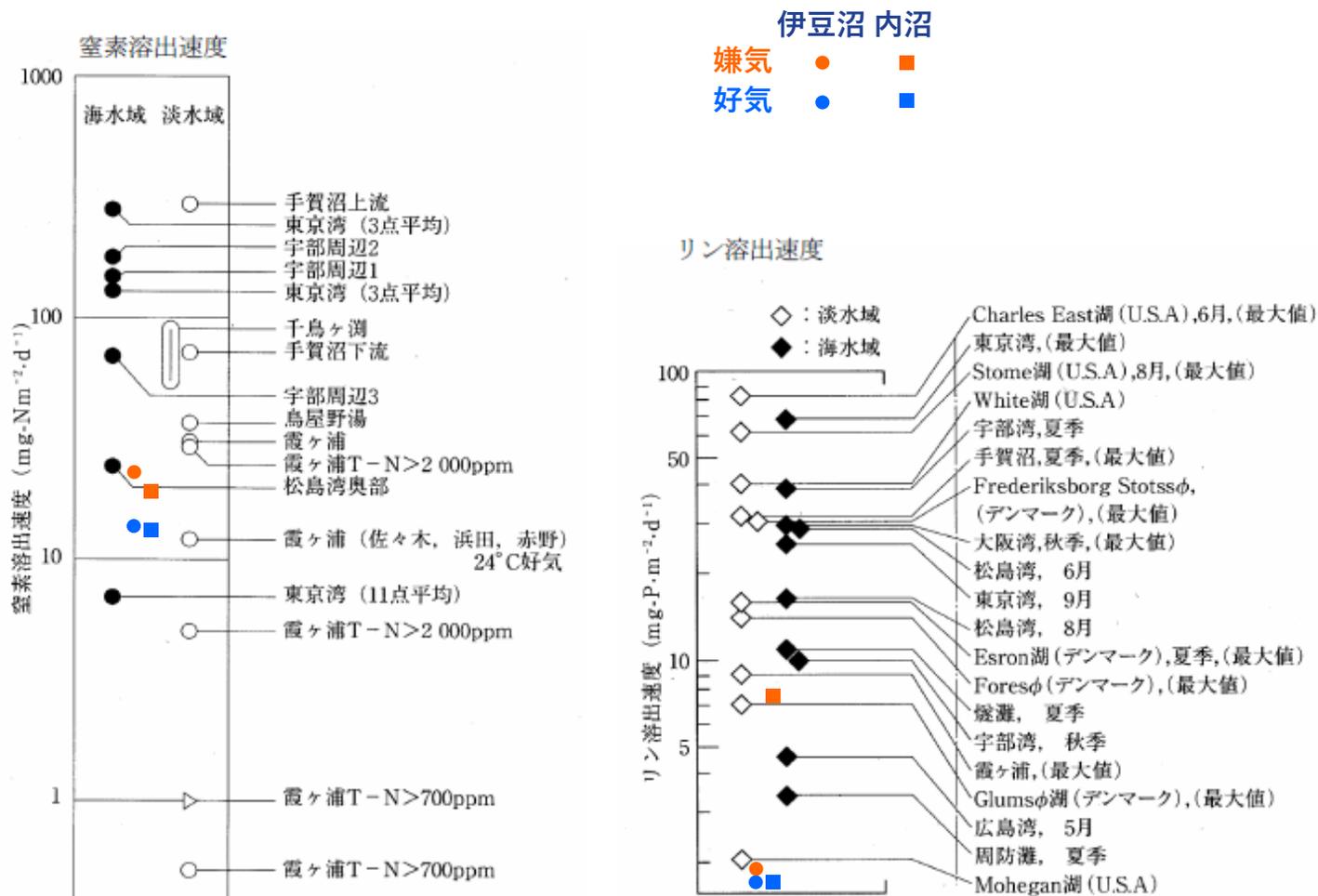


図 1.2.5 底泥からの溶出速度¹⁾

出典) 底質に係わる技術資料 平成21年3月 湖沼技術研究会底質ワーキング

降雨時調查結果

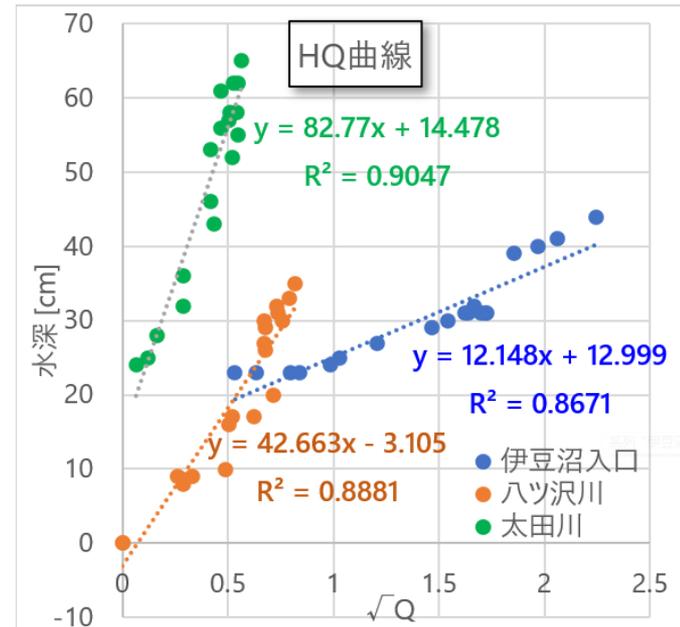
降雨時調査結果

■ 流量

- 水位の上昇と共に流量が増加
- HQ式は右図のとおり

■ 水質 (グラフは次スライド)

- 有機物 (TOCやCOD)、りんは流量の増加と共に水質濃度が上昇
- 窒素は流量が増加しても濃度が一定
- SSは初期段階に高く、その後低下
- 流入する形態としては主に溶存態 (無機態)

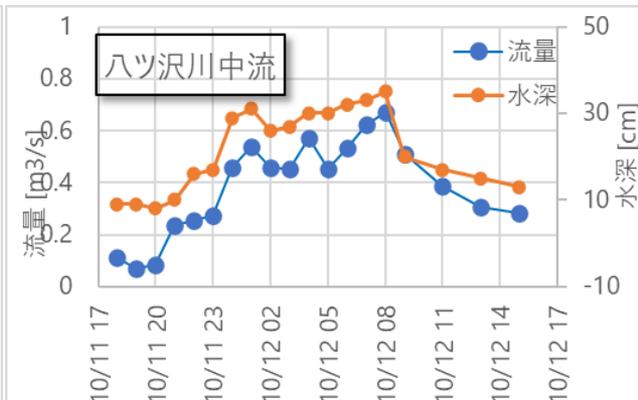


[HQ式]

伊豆沼入口 : $Q = 0.0068 * (H - 13.00)^2$

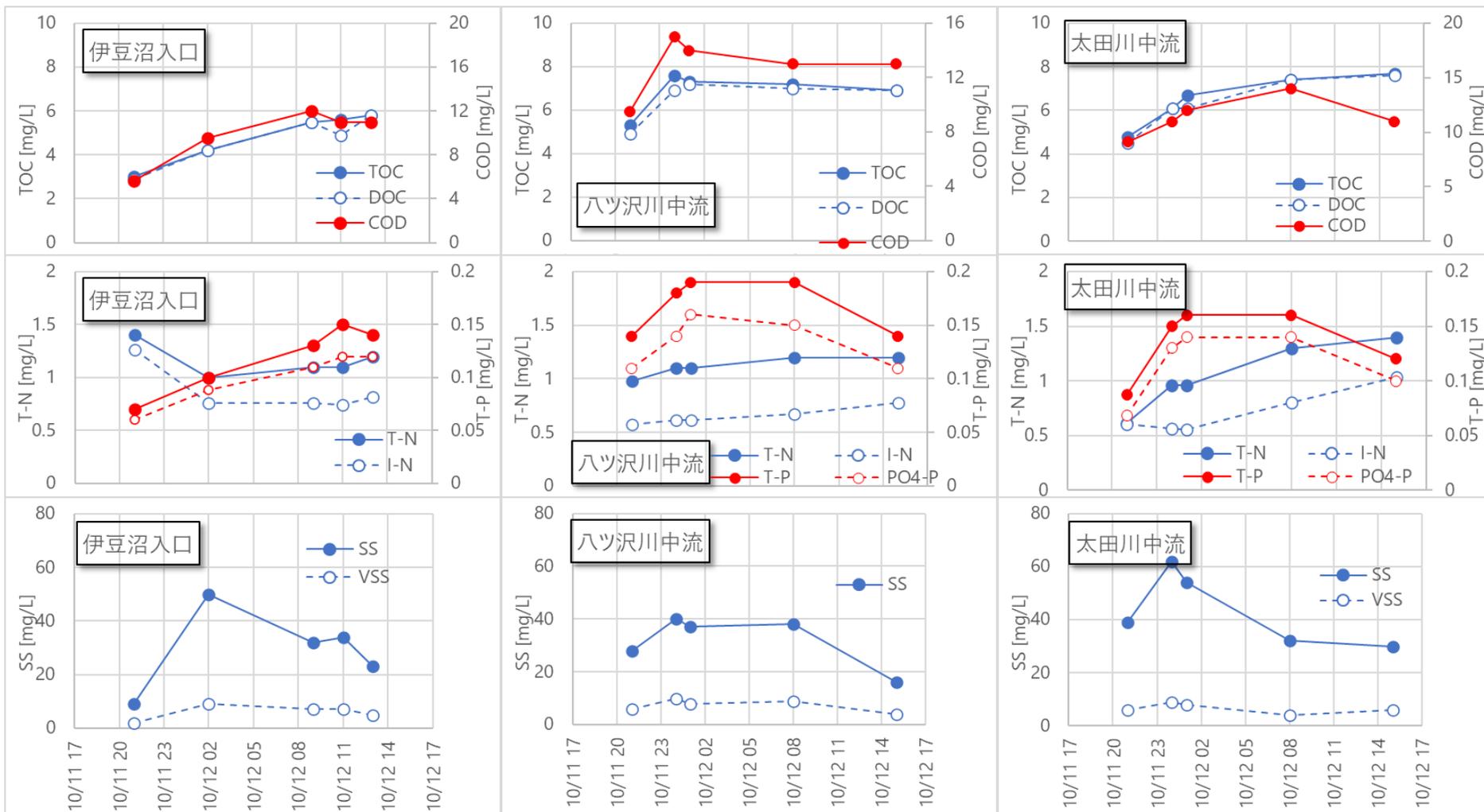
ハツ沢川 : $Q = 0.00055 * (H + 3.10)^2$

太田川 : $Q = 0.00015 * (H - 14.48)^2$



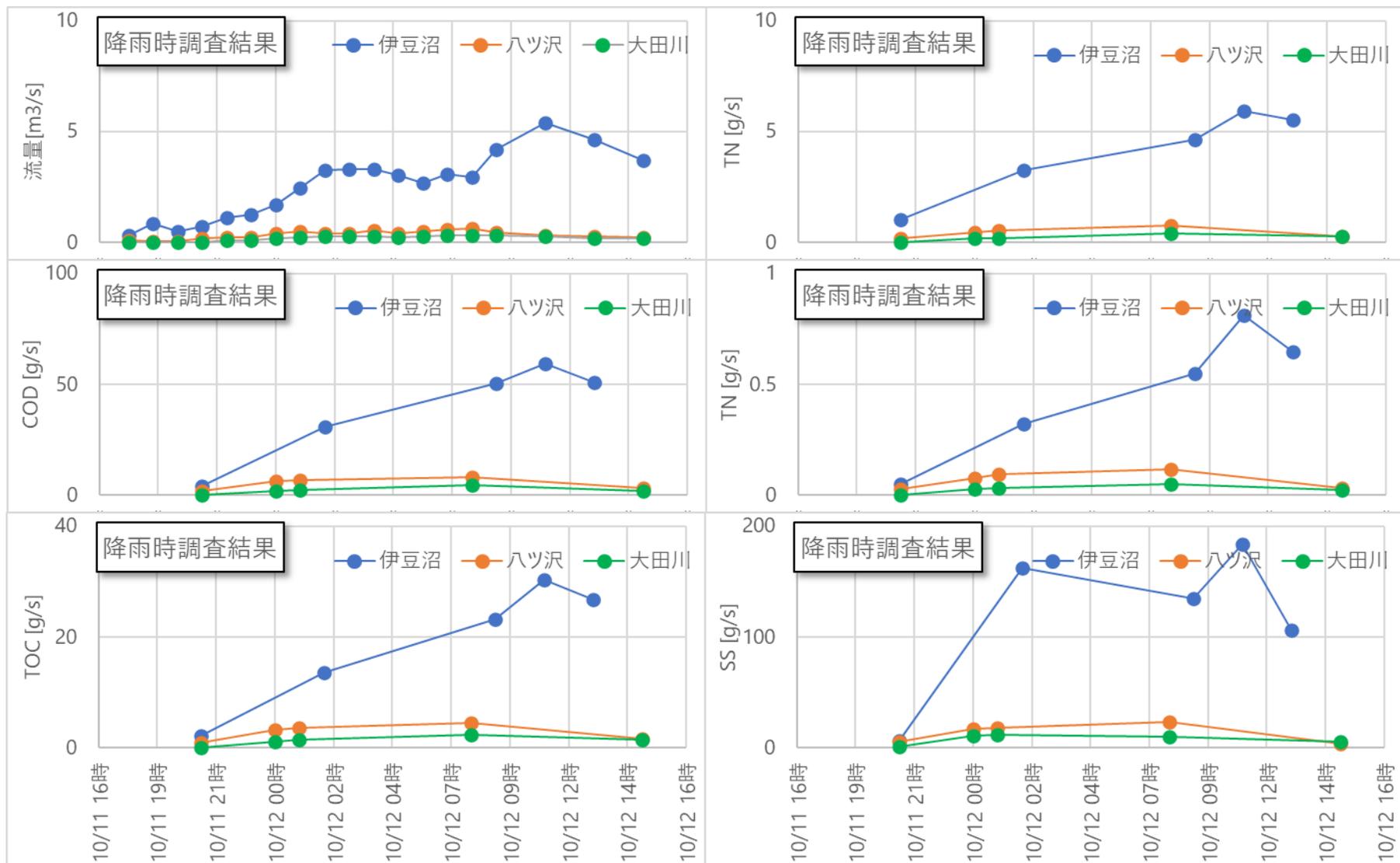
降雨時調査結果（主な水質項目）

・VSSの変化は少ない（ほとんど土壌由来のSSが流入）



降雨時調査結果（流入負荷量の比較）

・負荷量が多いのは伊豆沼（流入量が多いため）、ハツ沢川、太田川は同程度

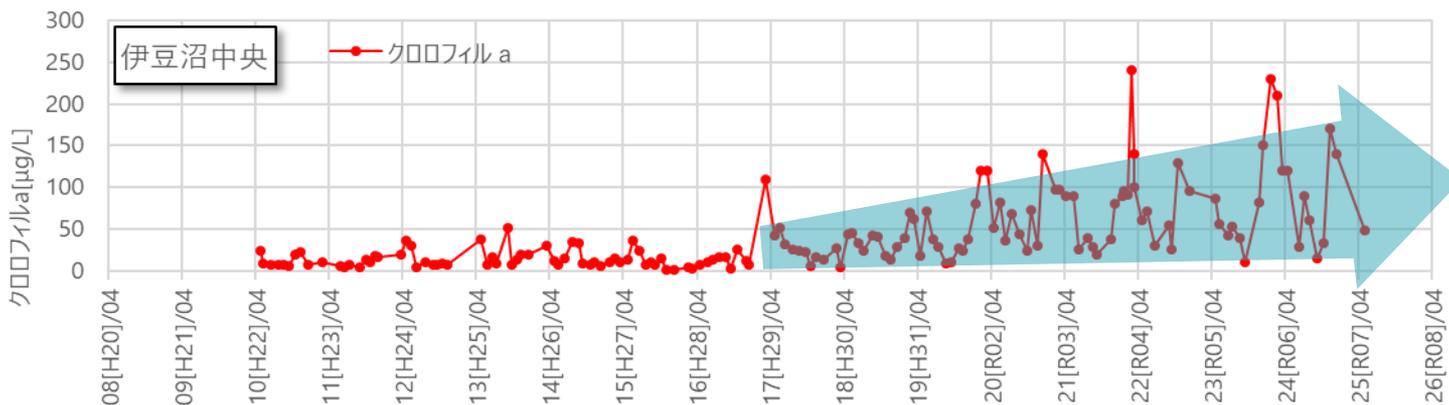
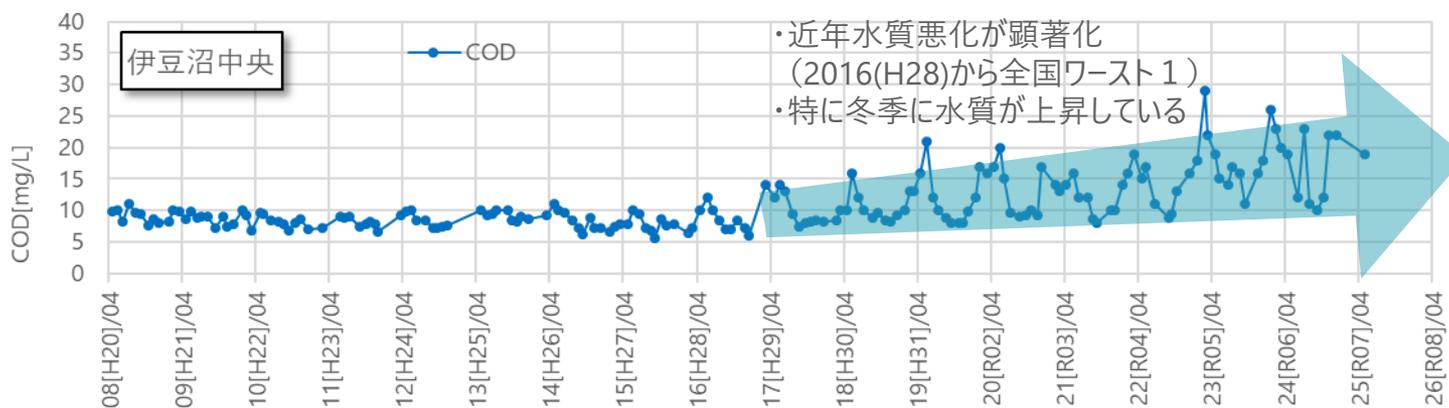


近年の水質悪化要因の検討

伊豆沼の水質状況

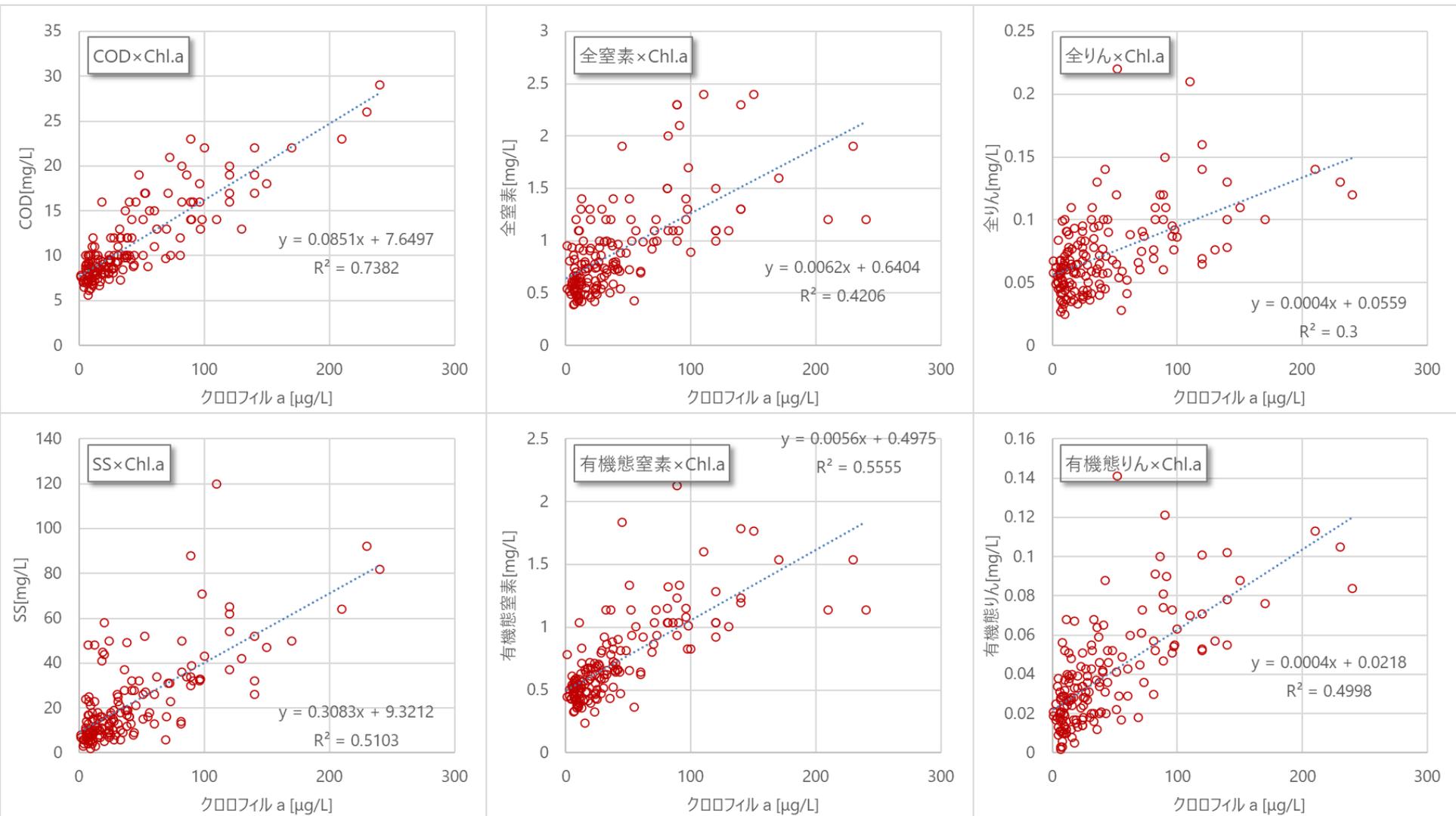
■ COD、クロロフィルaの上昇

- 近年水質悪化が顕著
- 特に冬季の水質が上昇している



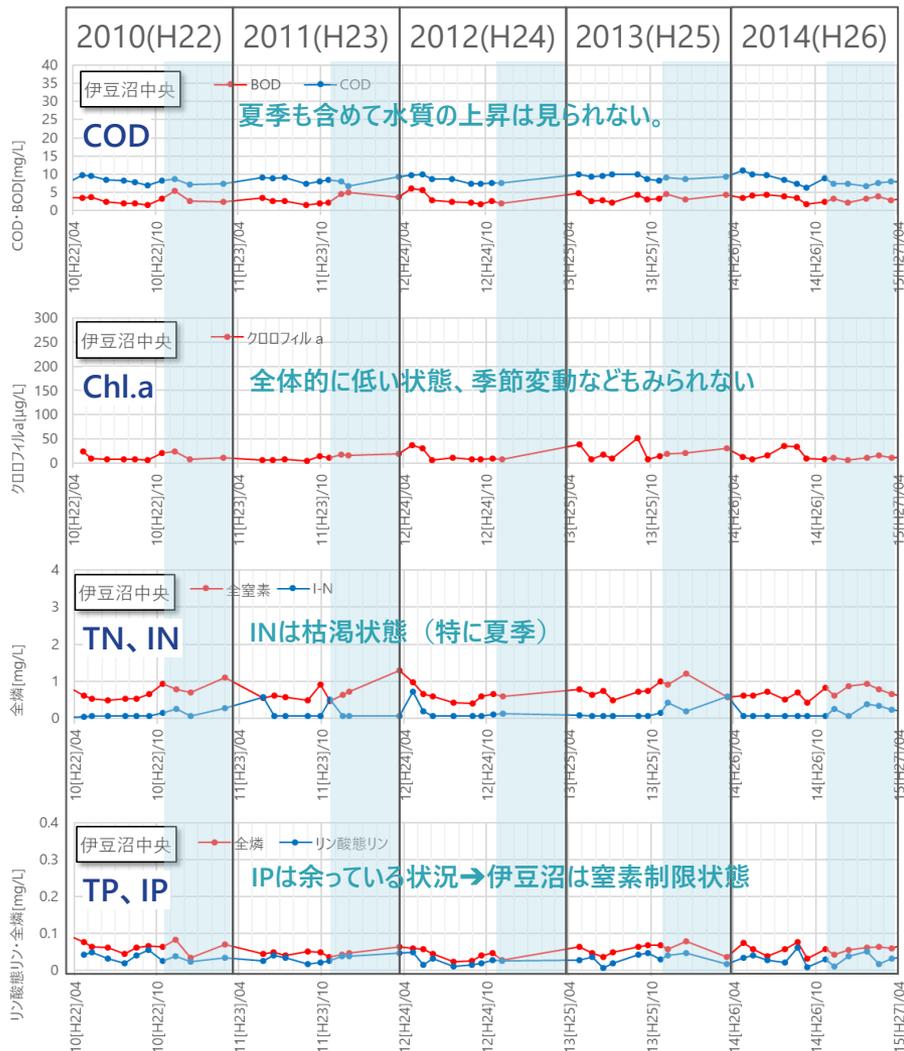
クロロフィルaと水質項目の関係性

Chl.aは各水質項目の関係性は見られる。→クロロフィルaの増加に伴い、水質が悪化している。

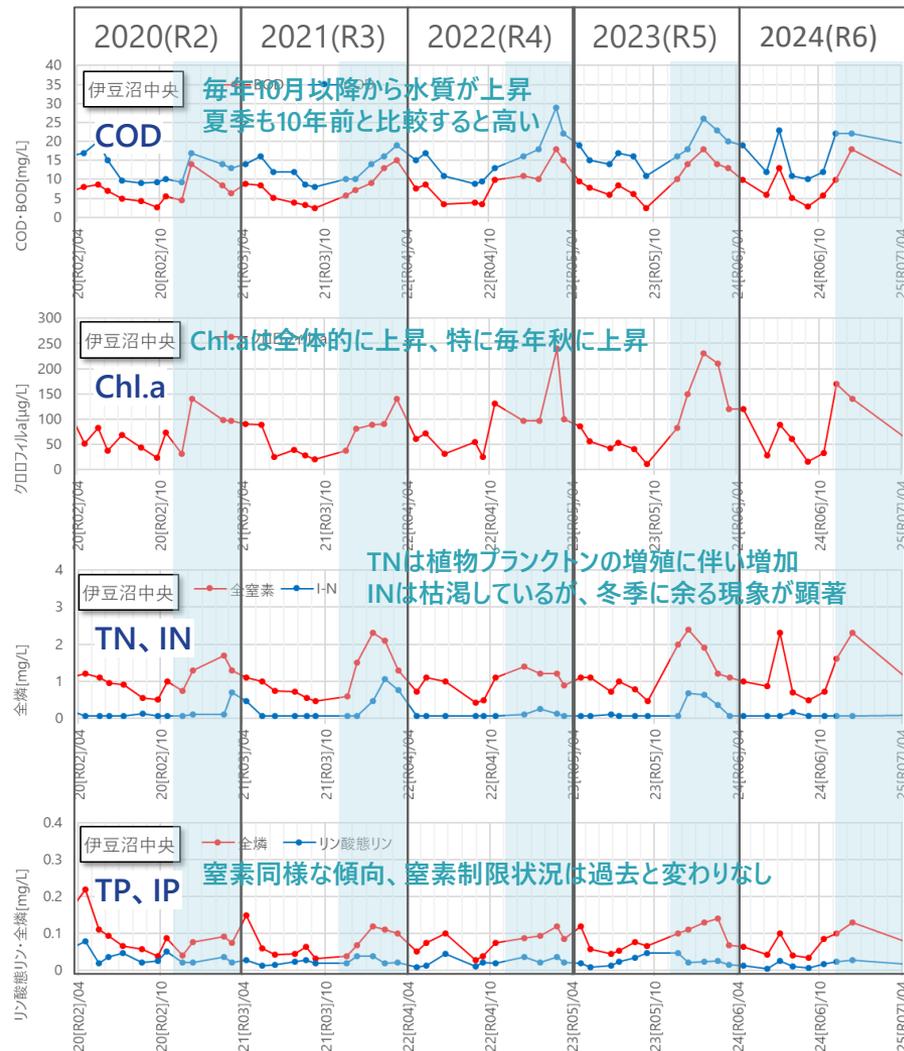


過去と現在の水質状況の比較 (湖内：伊豆沼中央)

過去5年 (2010(H22)~2014(H26)年度)



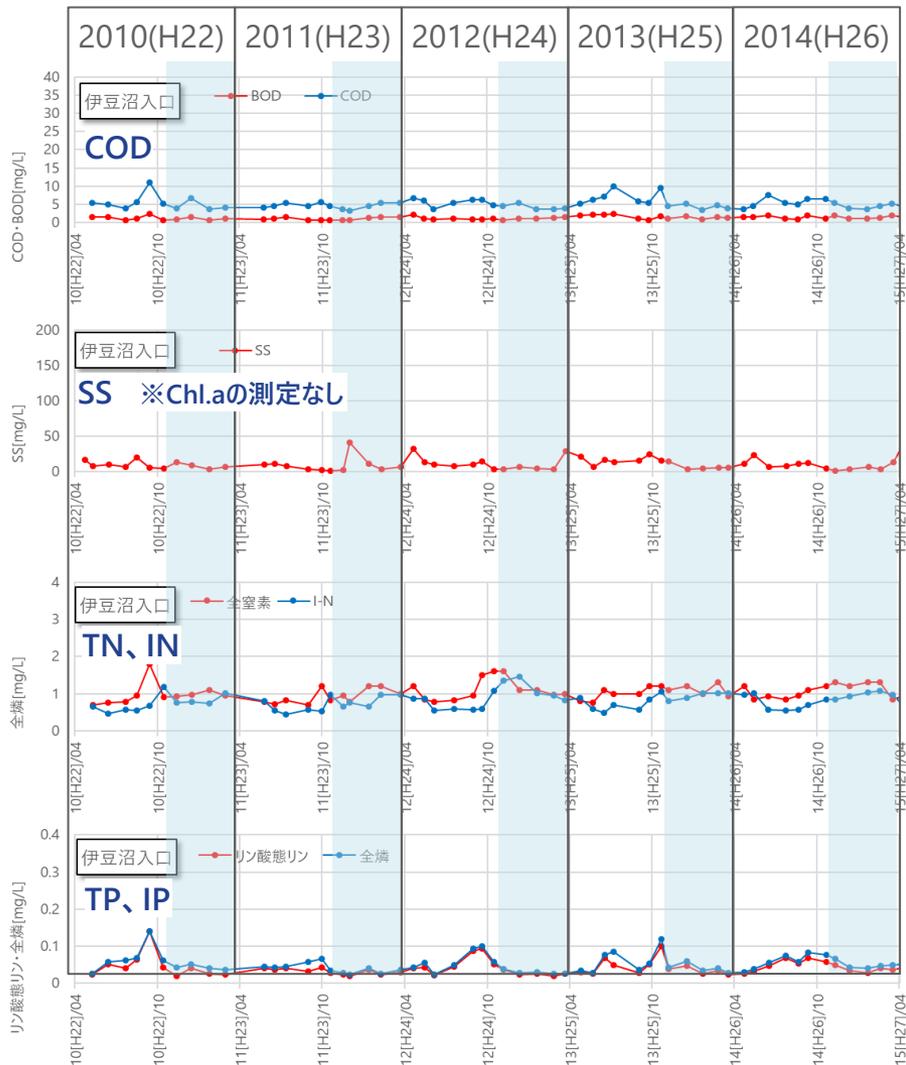
直近5年 (2020(R2)~2024(R6)年度)



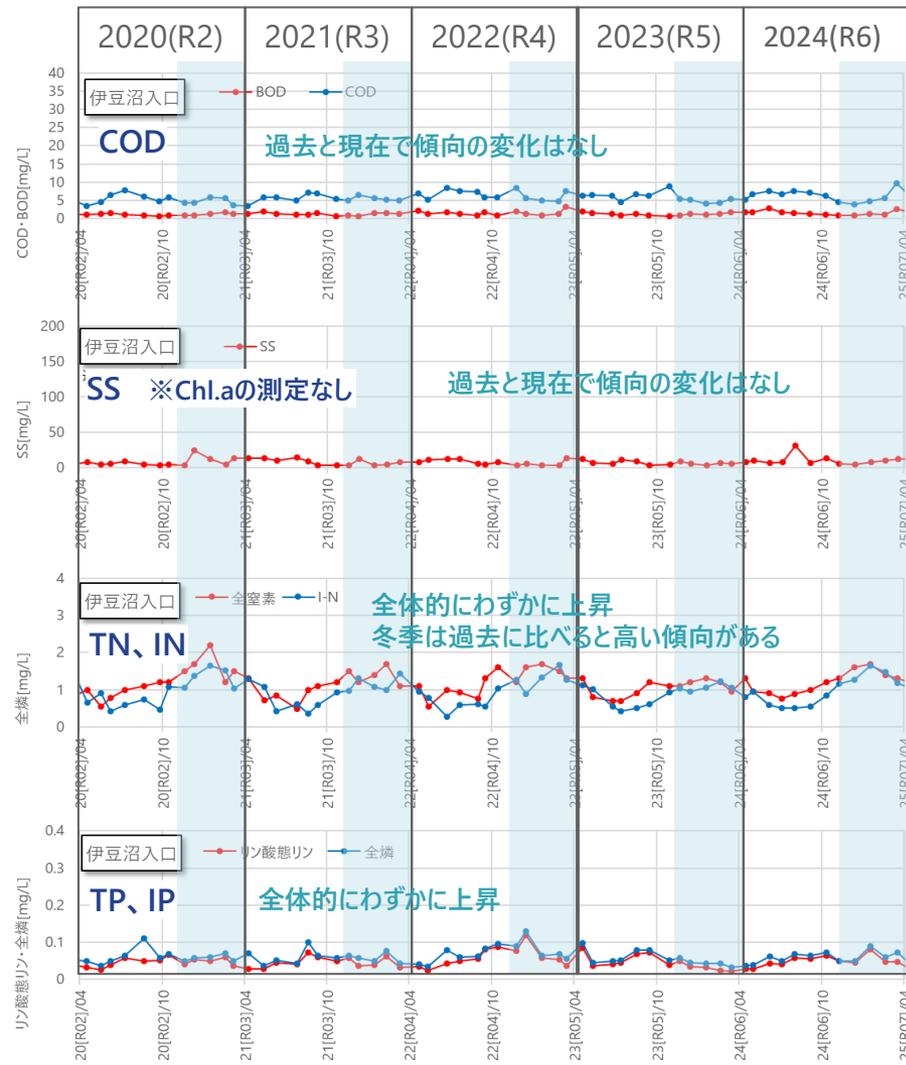
水温が概ね10°C以下になる11月~3月を示す

過去と現在の水質状況の比較 (流入河川：伊豆沼入口)

過去5年 (2010(H22)~2014(H26)年度)



直近5年 (2020(R2)~2024(R6)年度)



水温が概ね10°C以下になる11月~3月を示す

水質悪化要因の整理

近年のCODの上昇

- クロロフィルaの増加が要因
植物プランクトンの量が増えている



植物プランクトンの増殖量が増えている要因

- ・湖内のTN・TPは過去よりも増加傾向 = 栄養塩の増加により植物プランクトンが増殖
 - ・伊豆沼は基本的には窒素制限状態（過去から傾向に変わりはない）
 - 夏季は、窒素制限状態により植物プランクトンの増殖は頭打ちになっている
（植物プランクトンの量は過去より増えているが、窒素制限状態にあることは同様）
 - 冬季は、近年INがあまり始めていて、植物プランクトンの増殖しやすい状態
（日射、水温条件の合う植物プランクトンの増殖は止まらない状態 = 水質が悪化）
- 特に冬季の水質悪化が顕著になっている



考えられる栄養塩の供給源

- 流域流入 → 窒素は冬季に増加傾向（全体的に窒素、りんは僅かに増加傾向）
 - かんがい期は農業排水機場からの流入影響もあり
 - 降雨時の流入影響は不明
- 底泥溶出 → 溶出速度は過去と比較すると早くなってきている
 - 夏季は貧酸素化による溶出量の増加（特にりん）の可能性あり
- 底泥巻き上げ → 軟泥化、浅底化により多くなっている可能性あり
 - SSの観測結果より、10月以降に増加している可能性あり
- その他 → 降雨負荷、鳥の糞 等

今後の予定

水質シミュレーションモデルの構築手順（案）

伊豆沼の水質悪化要因を解明するためには、水・物質の収支を整理し、いつ・どこから・水や物質が移動しているのかを把握することが重要となる。これを実現するために、水質シミュレーションモデルの構築を行う。

→しかしながら、現時点でモデルを構築するだけの情報や条件は揃っておらず、モデルを構築して行く過程で、伊豆沼の水質状況を再現するために必要な要素を把握しながら、2つの段階に分けた検討手順を提案する。

<検討イメージ>

STEP①：基本モデルの構築

- ・伊豆沼・内沼の水質シミュレーションモデルを構築
- ・主要な水質項目（水温、TOC(COD)、TN、TP、底層DO）の季節変化を再現、**水・物質収支を整理**
- ・**モデル構築の過程の中で、伊豆沼・内沼の水質を再現するための課題（≒現在わかっていないこと）を把握**
- ・伊豆沼・内沼自然再生協議会や環境審議会水質部会等での審議の結果を踏まえて、追加すべき要素（例：水草、詳細な底質モデル、底泥巻き上げ、魚類等）を検討

報告

助言・提言

伊豆沼・内沼自然再生協議会や環境審議会水質部会等

（必要に応じて調査・研究）

連携

大学・財団等

報告

助言・提言

STEP②：必要な要素の追加

- ・伊豆沼・内沼の水質を再現するために必要な要素を追加
- ・検討の場は継続することが重要

STEP①のモデル構築に必要なデータ

必要データ				備考	
1	入力 データ	地形データ	地形標高	△	データが古い可能性がある。最新年データでモデルは構築
2		気象データ	降雨量、気温、日射量、雲量、風速等	○	気象庁等のデータを活用
3		水収支関連 データ	流入量、（流出量）	×	未観測。流出モデル等を構築し、作成するなどが必要
4			水位	○	伊豆沼出口で連続観測中
5			農業機場場・排出量	△	ポンプの運転記録は確認中
6		負荷量関連 データ	流入負荷量(COD,TN,TP,SS等)	(×)	流入量を作成したら、それと降雨時調査結果からL-Q式を作成算出。
7		底泥溶出量	今年度、溶出速度試験を実施	○	
8	検証 データ	湖内	解析項目の水質観測結果	○	
9			植物プランクトンの一次生産量	×	物質間の移動量の検証がモデルの精度確保で重要ー
10		流入河川	流入量、流入負荷量の観測結果	×	降雨時調査の結果が1回あるが、複数降雨での結果が必要

ご静聴ありがとうございました。