

2018/3/22 水質汚濁メカニズム解明調査ワーキンググループ

平成29年度濁水調査 (山林負荷調査)

水環境科

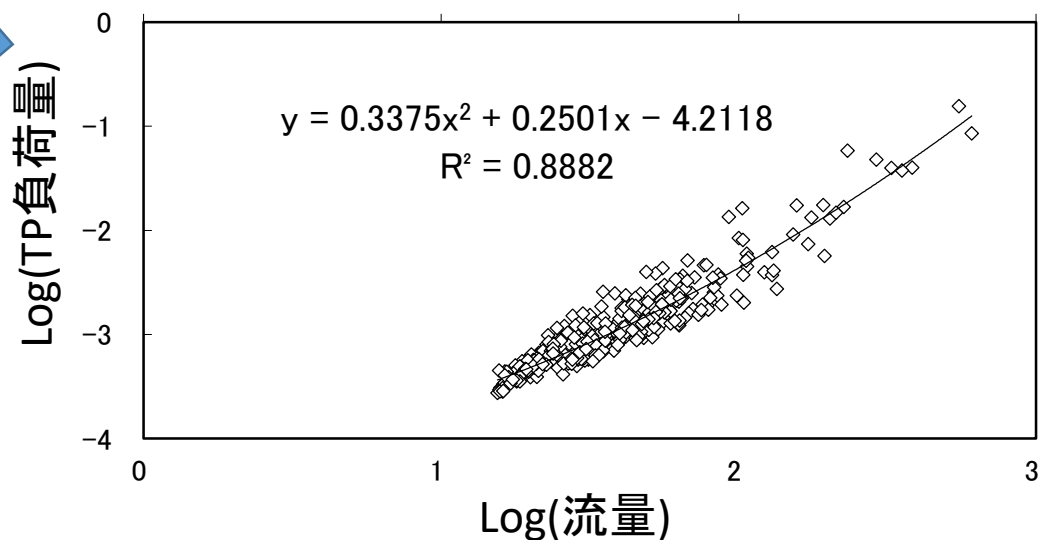
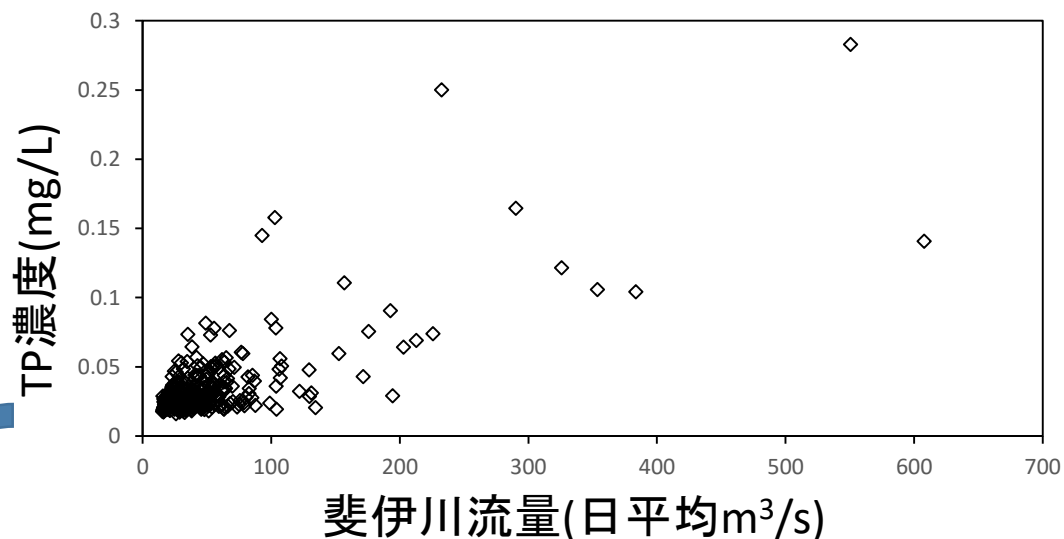
主任研究員 江角敏明

背景

斐伊川高頻度採水調査(平成22年～23年)

斐伊川の全りん濃度(流入負荷量)は、大きな出水があったときに顕著に上昇することが示されている。

負荷量に変換
対数表示

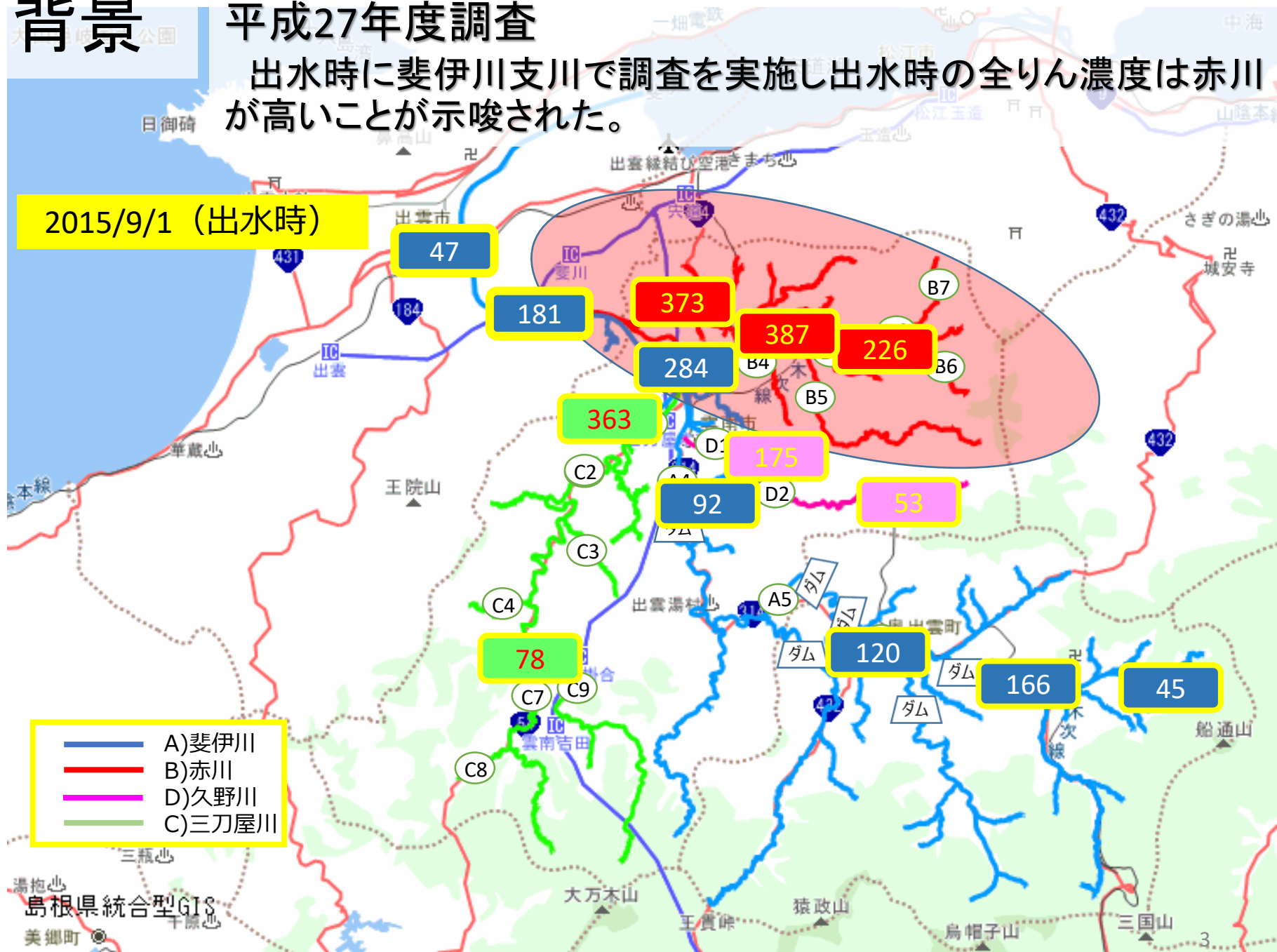


背景

平成27年度調査

出水時に斐伊川支川で調査を実施し出水時の全りん濃度は赤川が高いことが示唆された。

2015/9/1（出水時）



目的

- 出水時に発生する濁水の起源は山林なのか、農地なのか明確になっていないことから、非特定汚染源負荷について、どの発生源がりん負荷増加に大きく寄与しているかを調査する。



- 平成29年度は赤川の源流域（山林地域）を対象に、出水によりリンなど各成分の濃度がどのように変化するか調査を実施する。

調査概要

調査1) 山林からの流出水調査

- ①週1回程度採水し、水質分析
- ②その際水位と流速を計測し、流量を算出し、
水位と流量の関係式(H-Q式)を作成
- ③得られた水質データ(リンなどの濃度)と流量から
負荷量を求め、流量と負荷量の関係式(L-Q式)を
作成
- ④水位計を設置して水位の常時測定記録を行い、
H-Q式およびL-Q式を用いて水位から負荷量を算出

調査概要

調査2) 山林からの出水時連続調査

大きな降水が見込まれる時に、降水前から通常の流れに戻るまで自動採水器を用いて連続的に採水し、降水によってどのように濁水が発生するかを確認

調査概要

○分析項目

pH、EC、SS、COD、TN、各態窒素、TP、PO₄-P、TOC等

○調査期間

平成28年12月～平成30年1月

平水時調査28回

出水時調査3回実施

調査概要

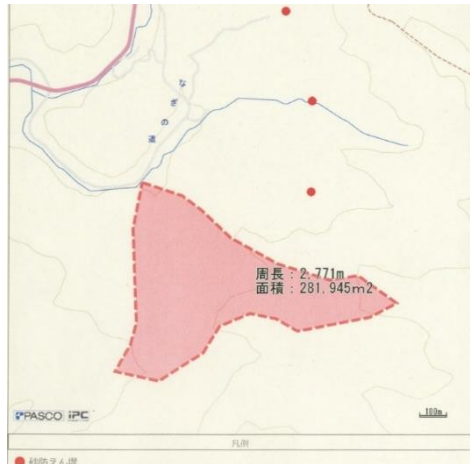
調査地点



おがわうち ひきなぎ
島根県雲南市大東町小河内引那岐 付近

赤川源流域引那岐川支流(流域面積28.2ha)

調査概要 調査地点



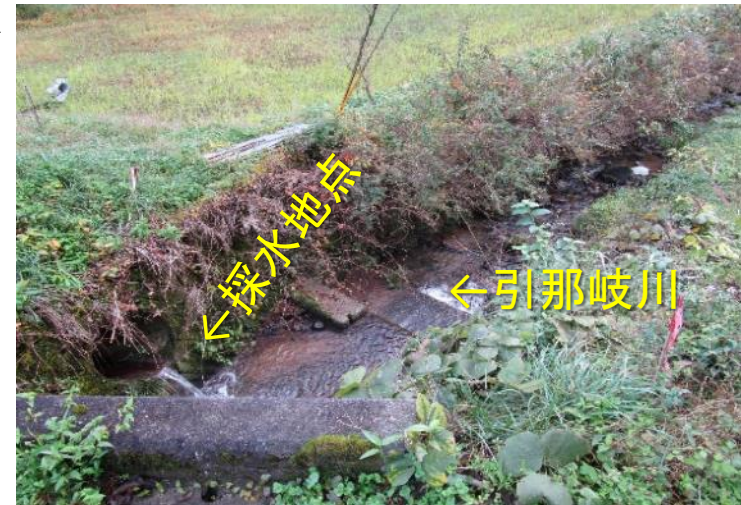
流域面積28.2ha

- 山林からの流出水が集まり引那岐川へ合流
- 水路は3面コンクリートで幅60cm
- 集水域はほぼ山林で最下流部にわずかに水田あり
- 無降水時の水深は6cm程度
- 水位、流速の測定は容易

上流



下流(引那岐川へ)



調査概要

水位計と自動採水器を設置

- ・水位計

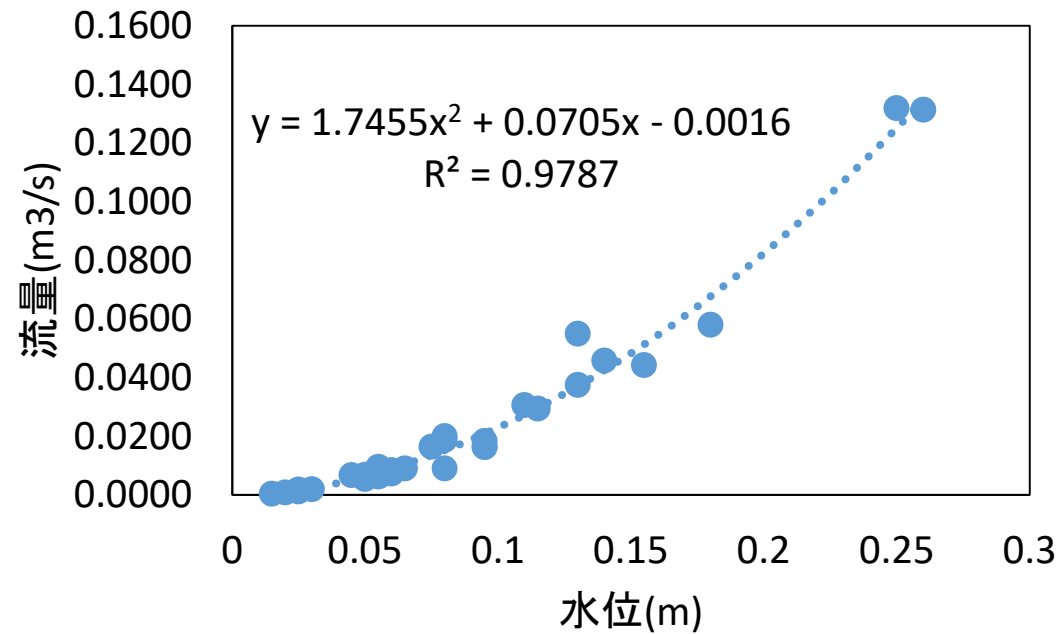
連続的に水位を測定記録し、H-Q式から流量を求めた。

- ・自動採水器

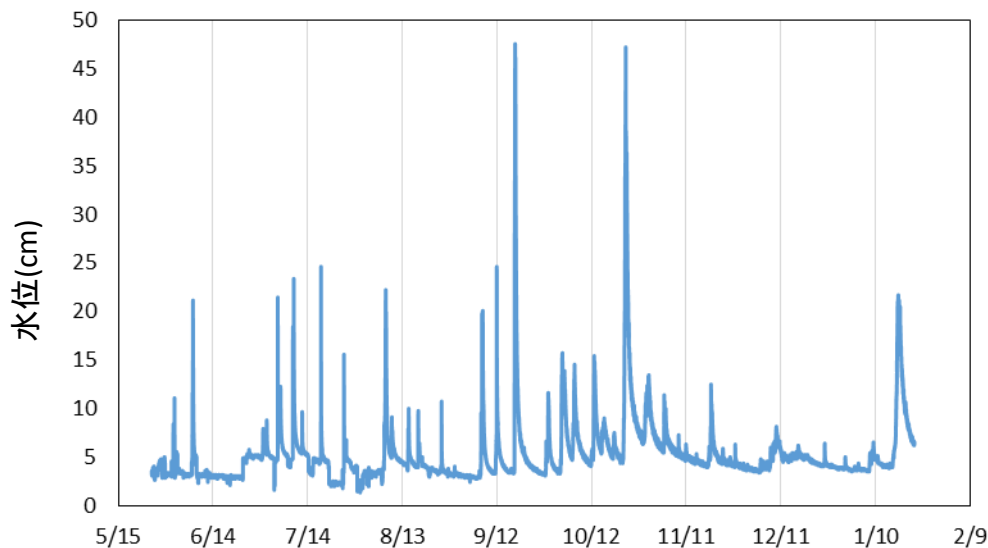
降雨時の連続採水を行い、出水時の濁水発生状況を確認した。



調査結果 H-Q曲線



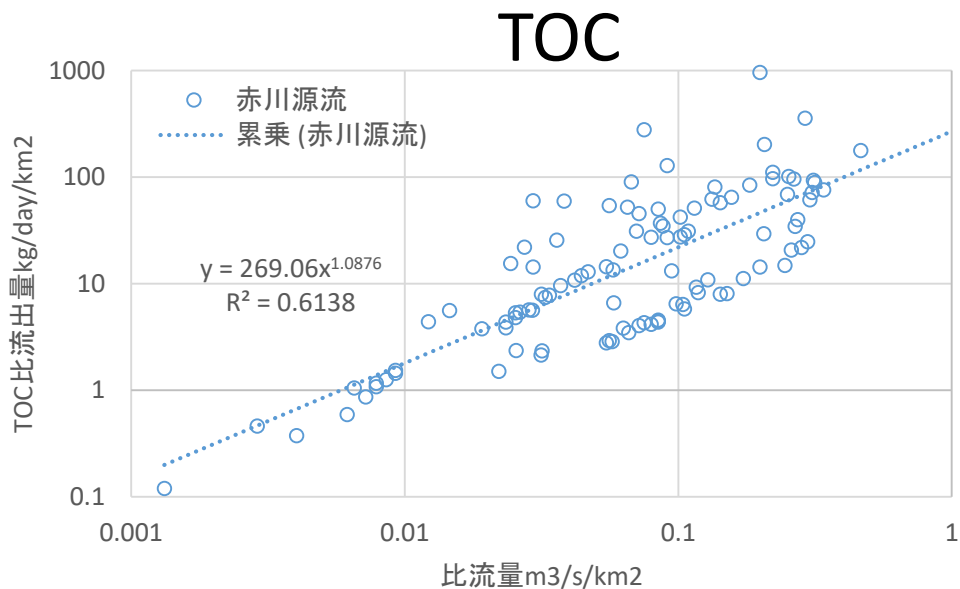
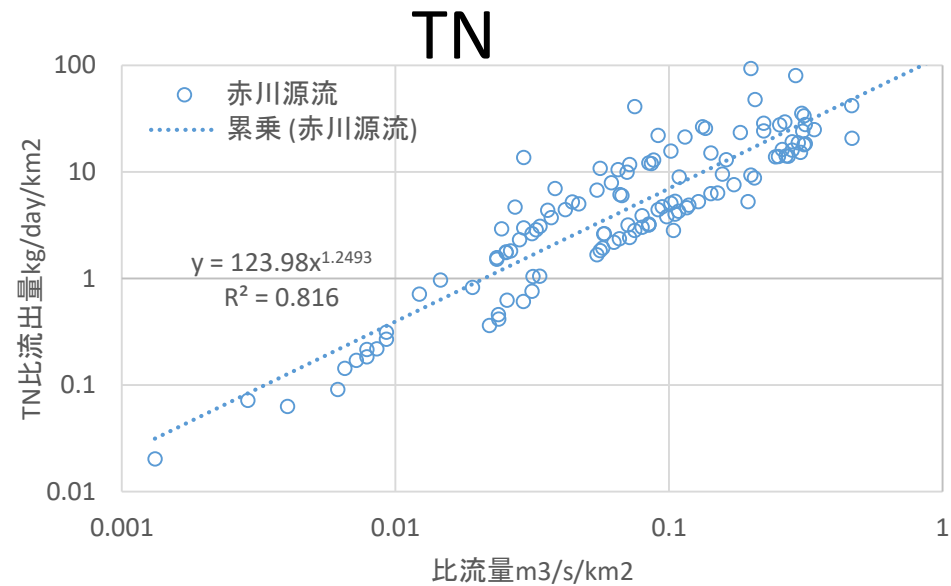
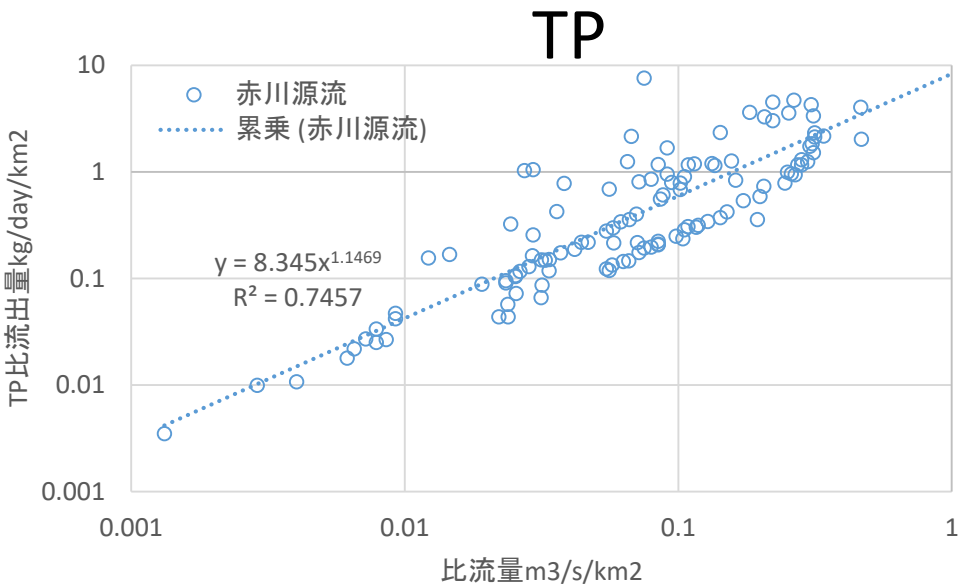
- H-Q曲線を作成した。
- 水位の連続測定記録からL-Q曲線を作成し、負荷量を求めた。



- 水位から求めた流量から、年間の流量は276000tであった。

調査結果 L-Q曲線

通常調査+出水時調査のデータ

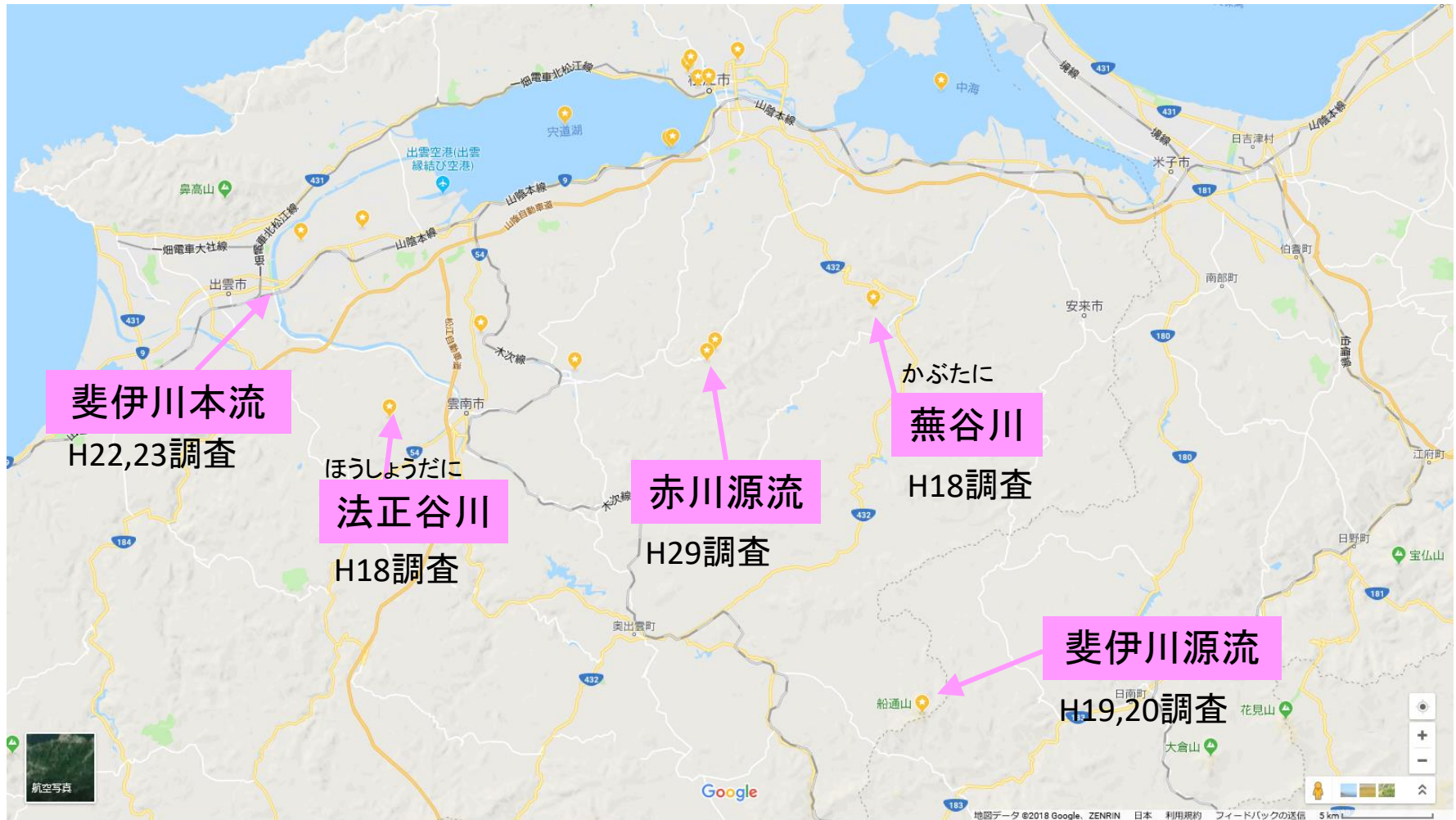


・L-Q式を作成した。

調査結果

L-Q曲線

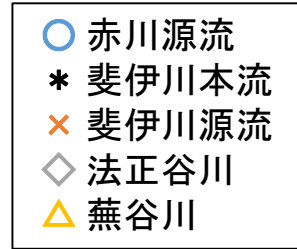
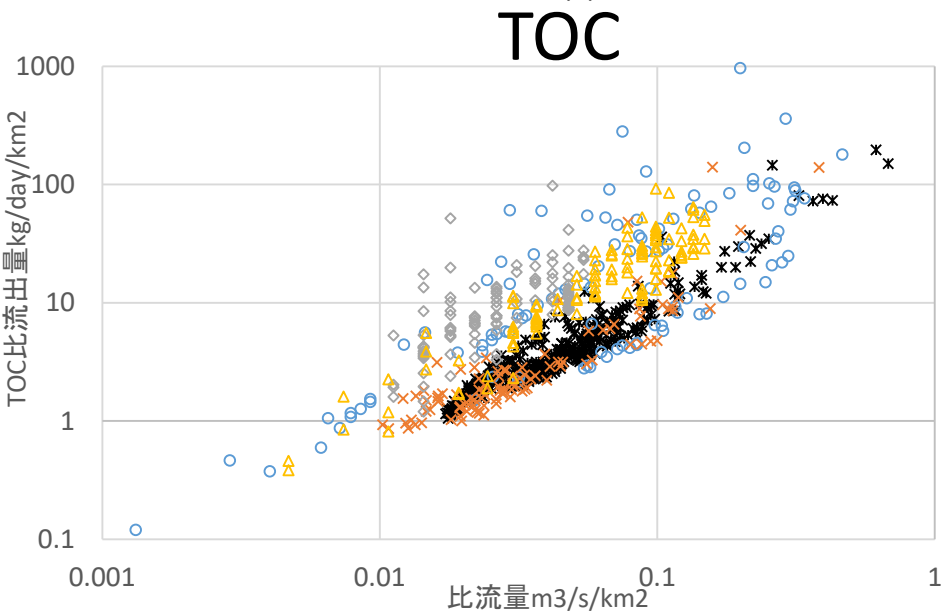
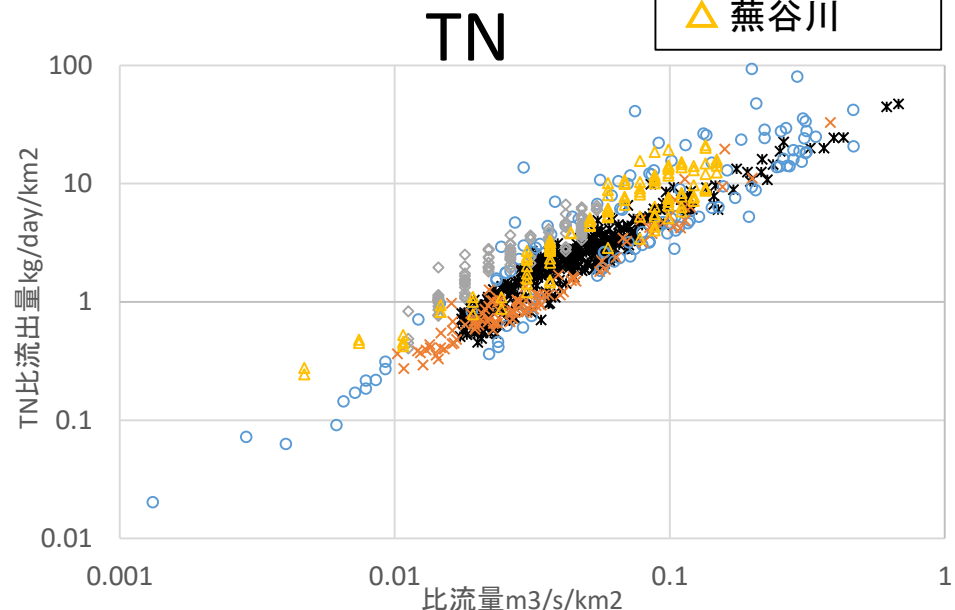
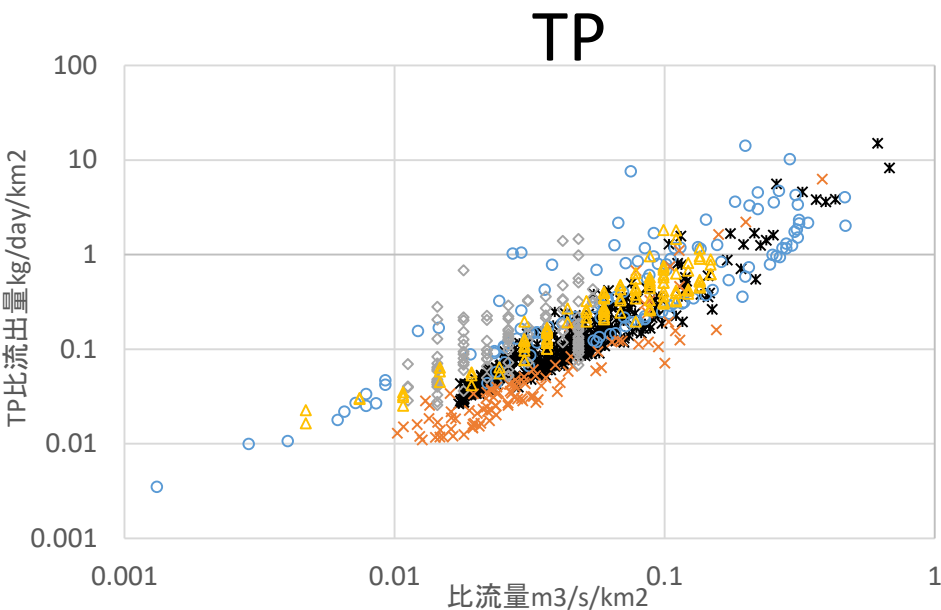
斐伊川本流・源流や他の河川との比較



調査結果

L-Q曲線

斐伊川本流と4河川の比較



- ・TP, TN, TOCそれぞれで斐伊川本流は4河川の間くらいであった。
- ・赤川源流は高めであるが、同程度の河川もある。

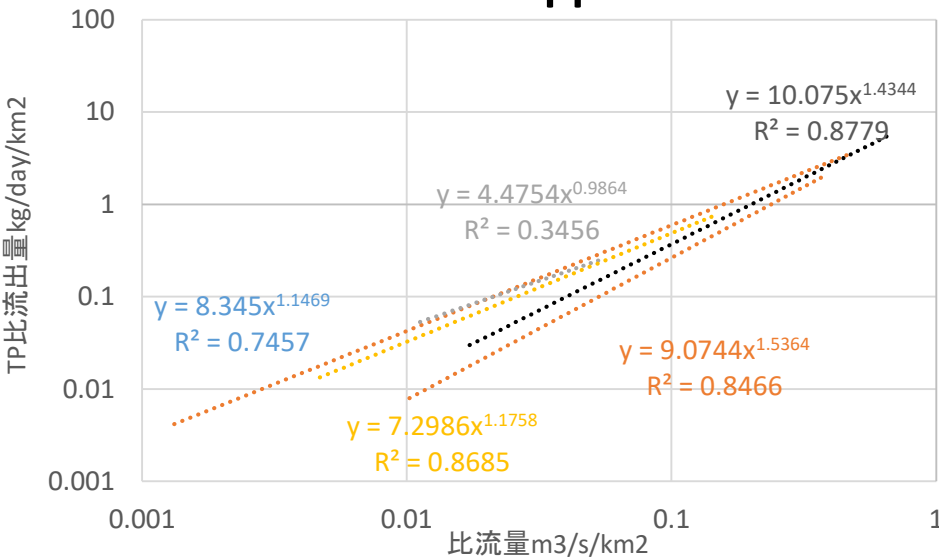
調査結果

L-Q曲線

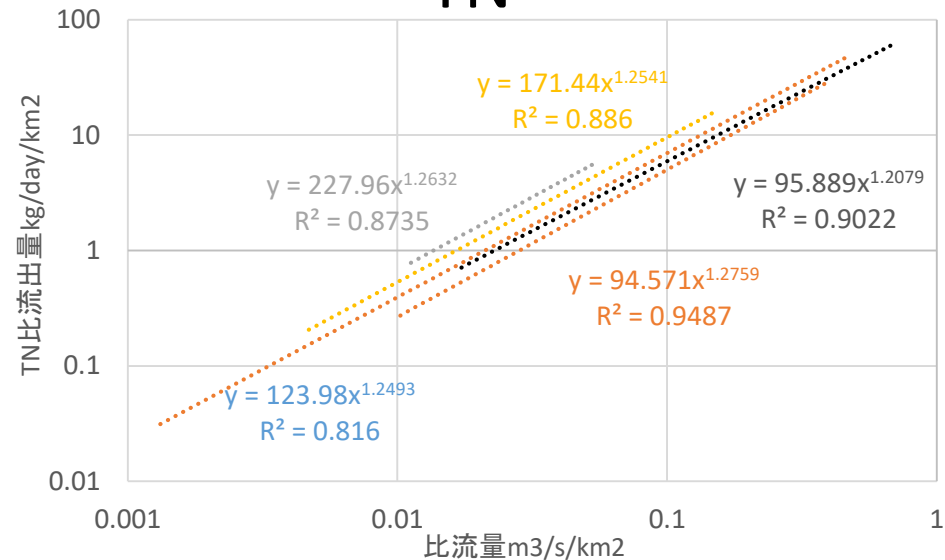
斐伊川本流と4河川の比較

- 赤川源流
- 斐伊川本流
- 斐伊川源流
- 法正谷川
- 蕪谷川

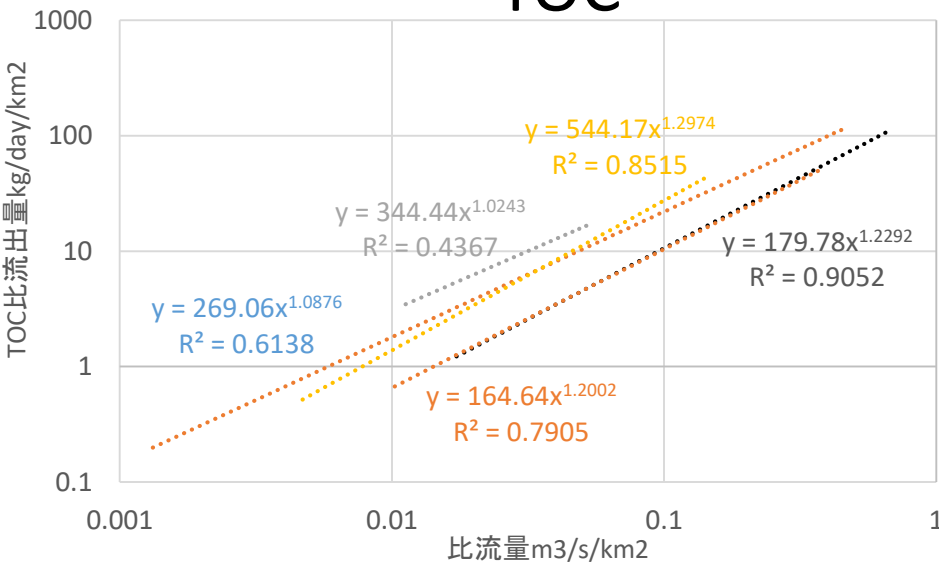
TP



TN



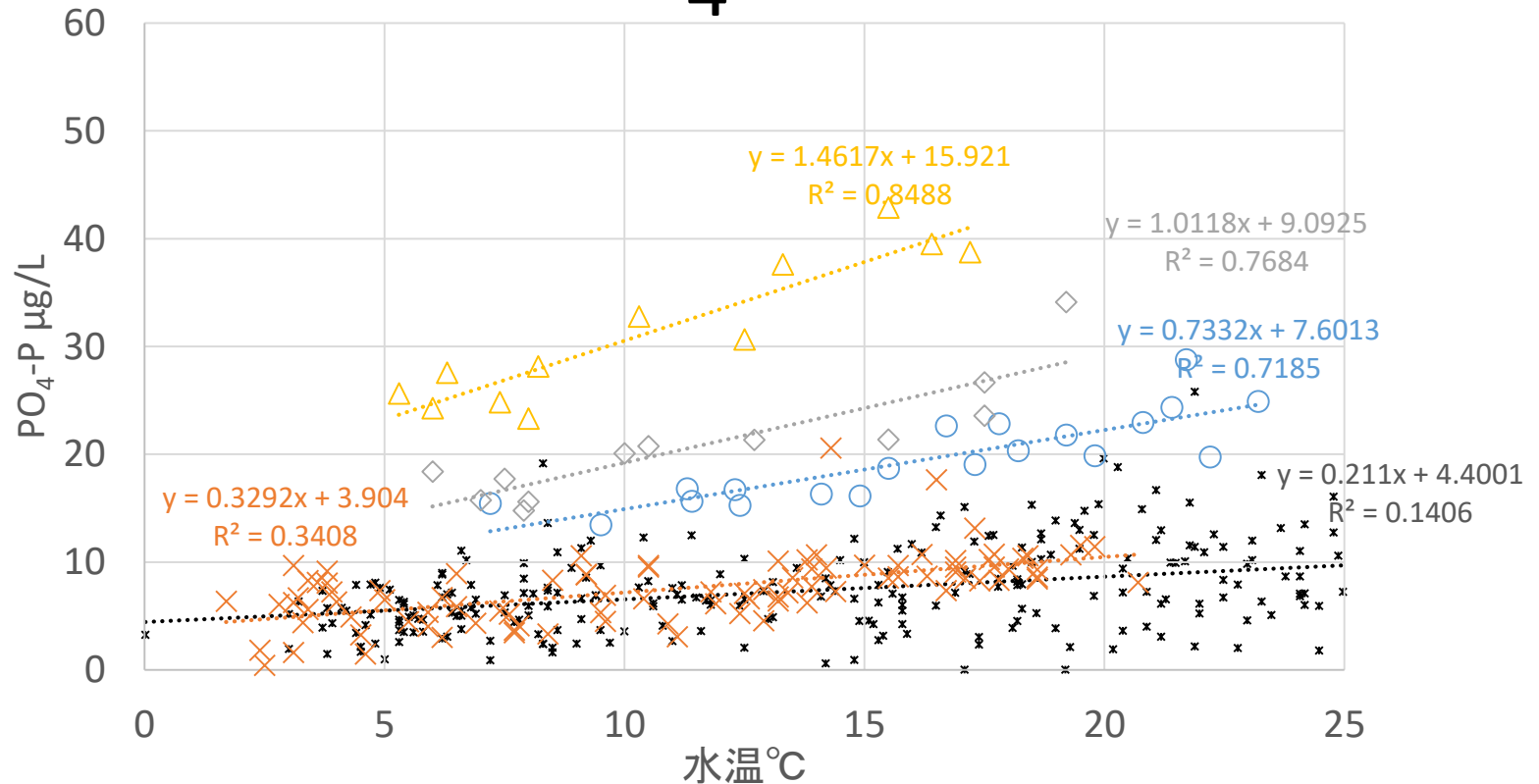
TOC



- ・TP, TN, TOCそれぞれで斐伊川本流は4河川の間くらいであった。
- ・赤川源流は高めであるが、同程度の河川もある。

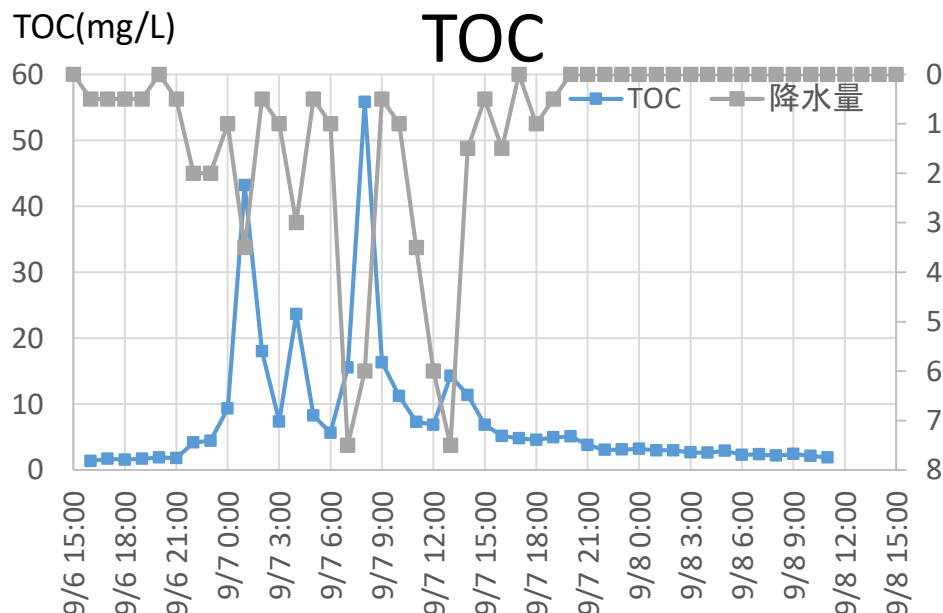
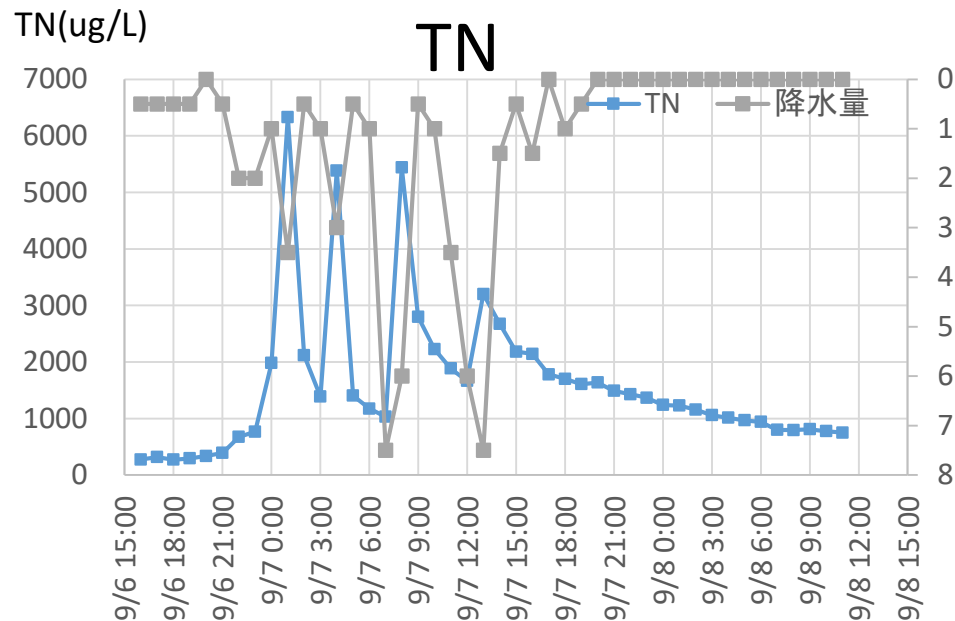
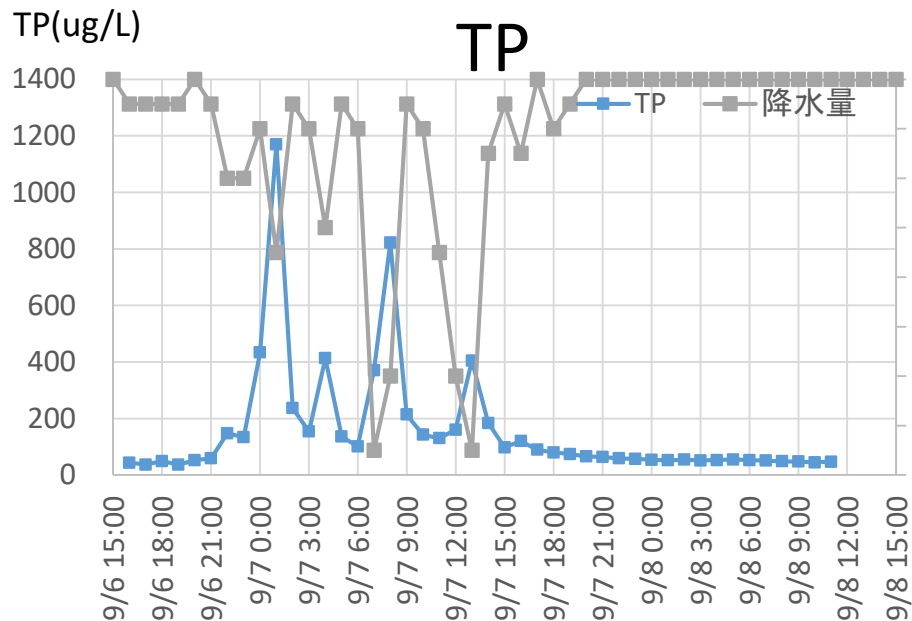
調査結果

PO₄-P



- ・PO₄-Pは水温との相関が高かった。
- ・斐伊川源流・本流は他の河川に比べて低かった。
- ・PO₄-Pが流出する量はそれぞれの土地によって異なると思われる。

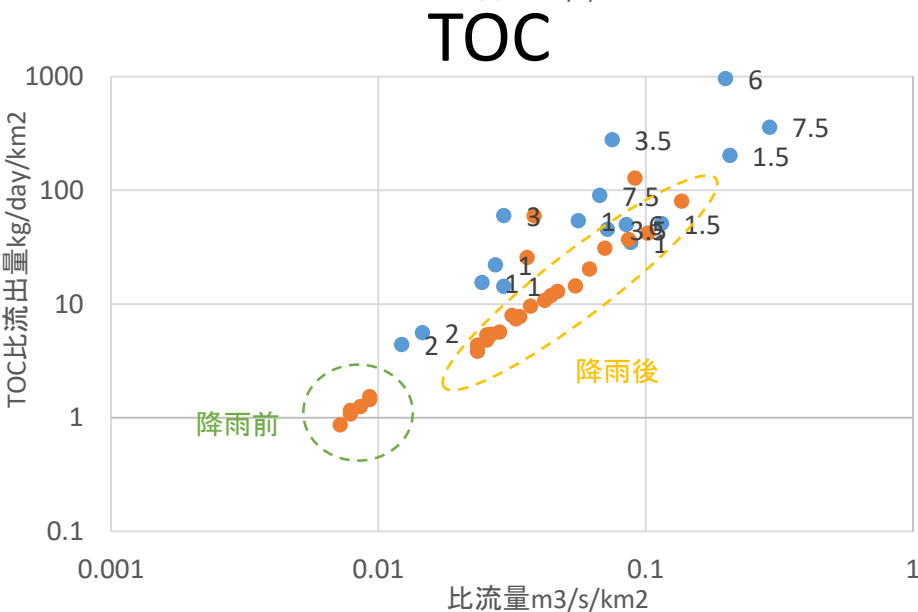
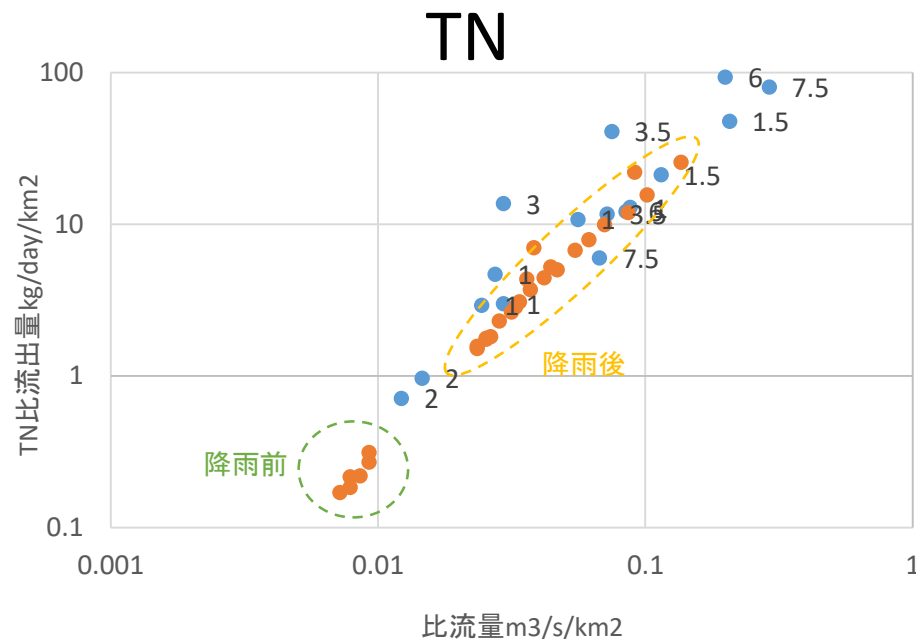
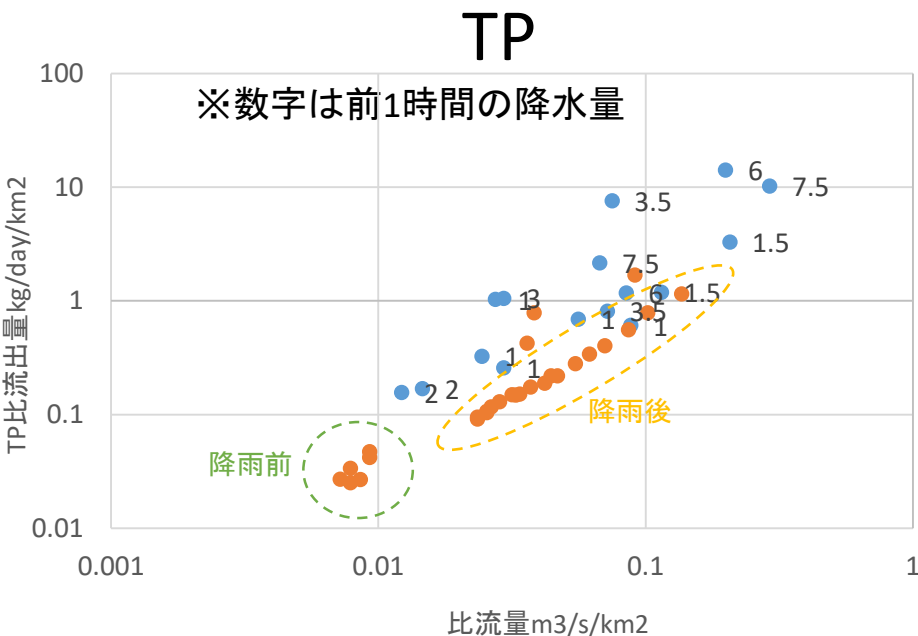
調査結果 出水時調査9/6



- ・雨が降る前から降り終わるまで採水を実施した。
- ・TP、TN、TOCそれぞれ降雨の途中が濃度が高くなった。
- ・TPとTOCは降り終わったら濃度は下がるが、TNは下がるまで時間が掛かる。

調査結果 出水時調査9/6

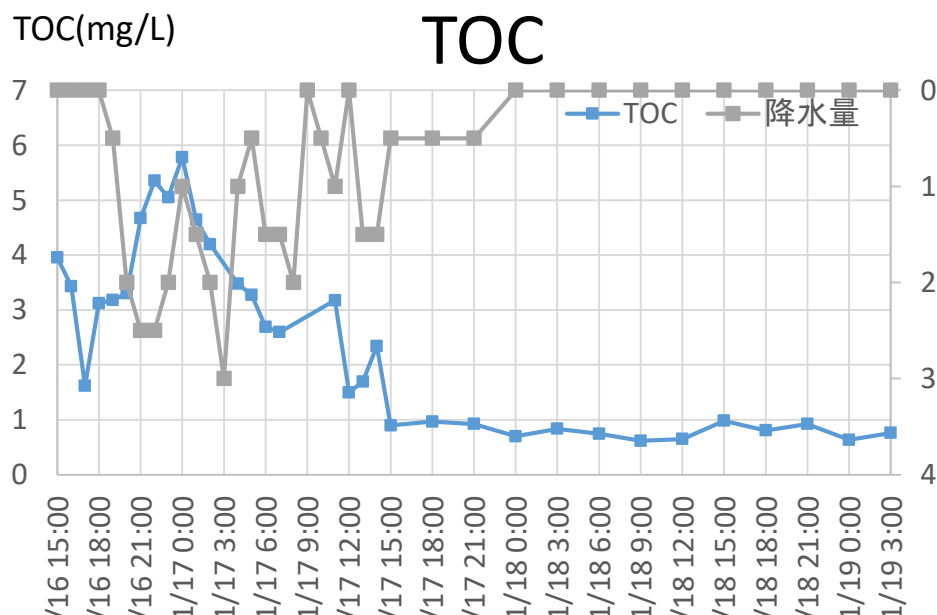
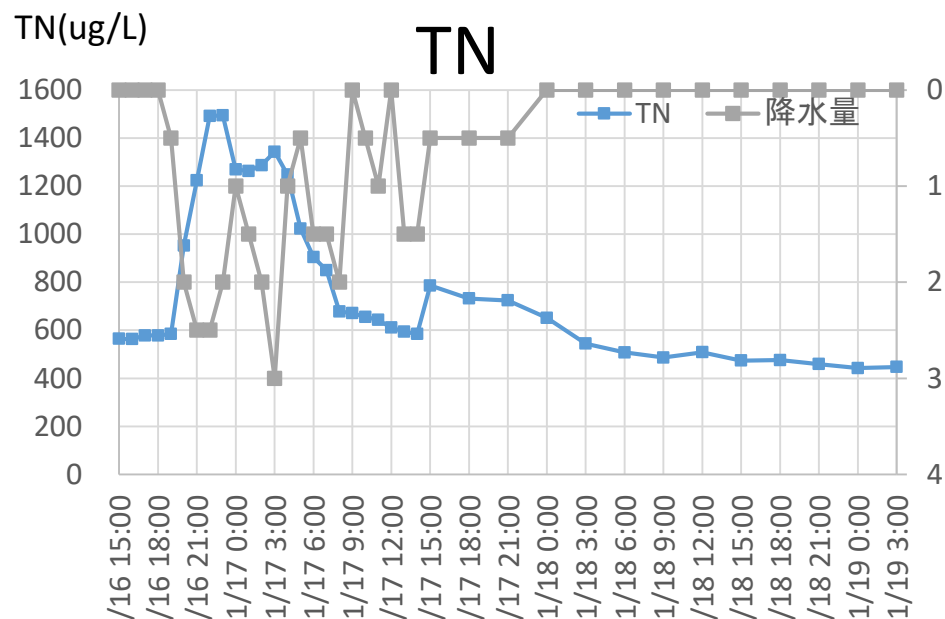
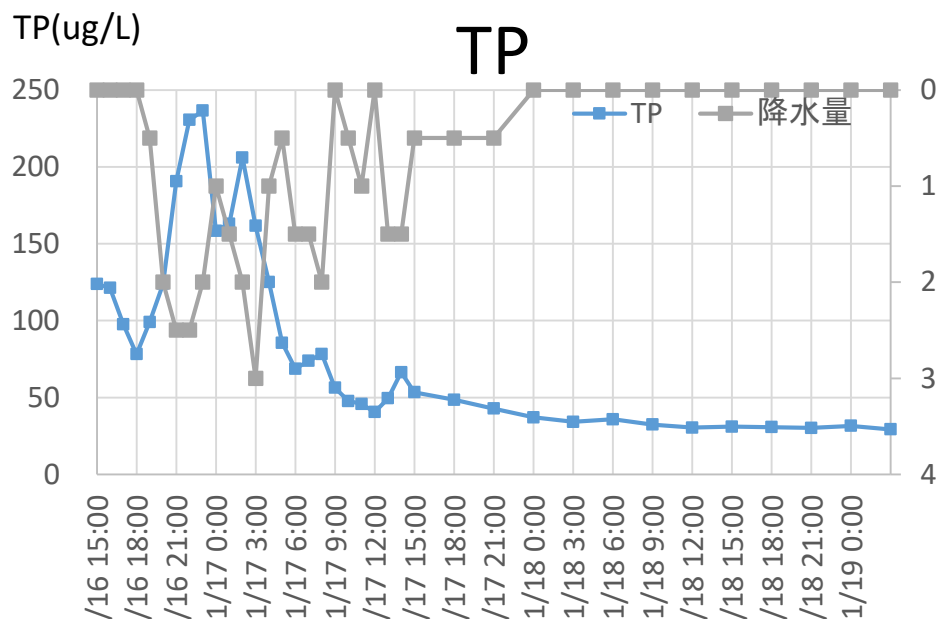
● 降雨なし
● 降雨1mm以上



・TP、TOCは降雨なし●に比べて降雨中●は比流出量が大きくなる。
→直接雨が降るタイミングでの負荷上昇が顕著

・TNは差が少ない。

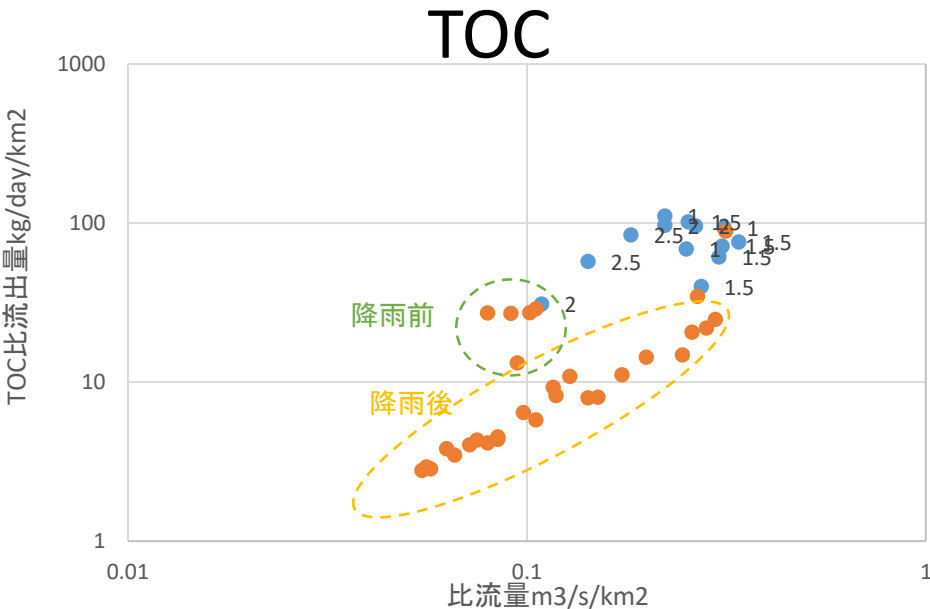
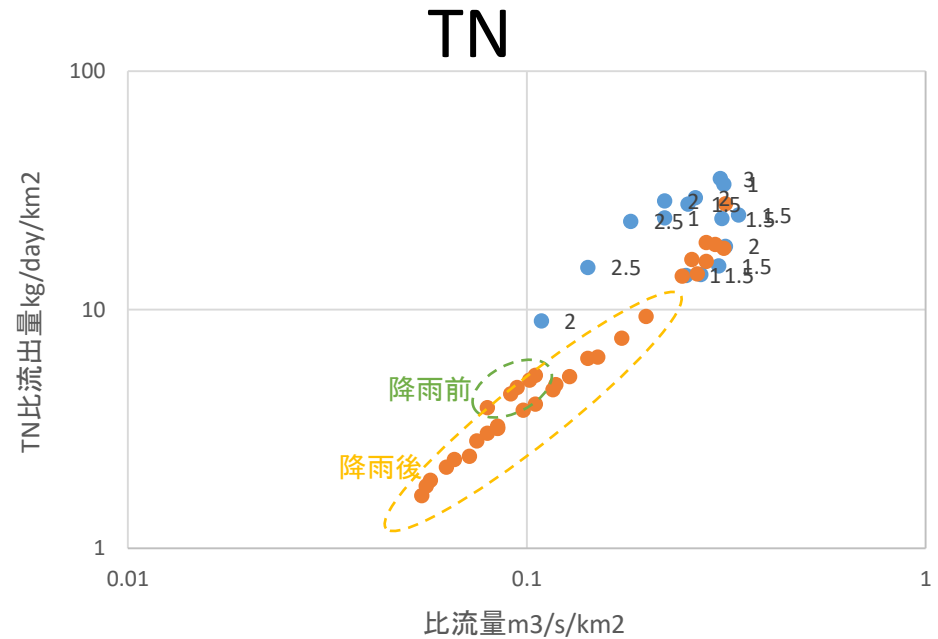
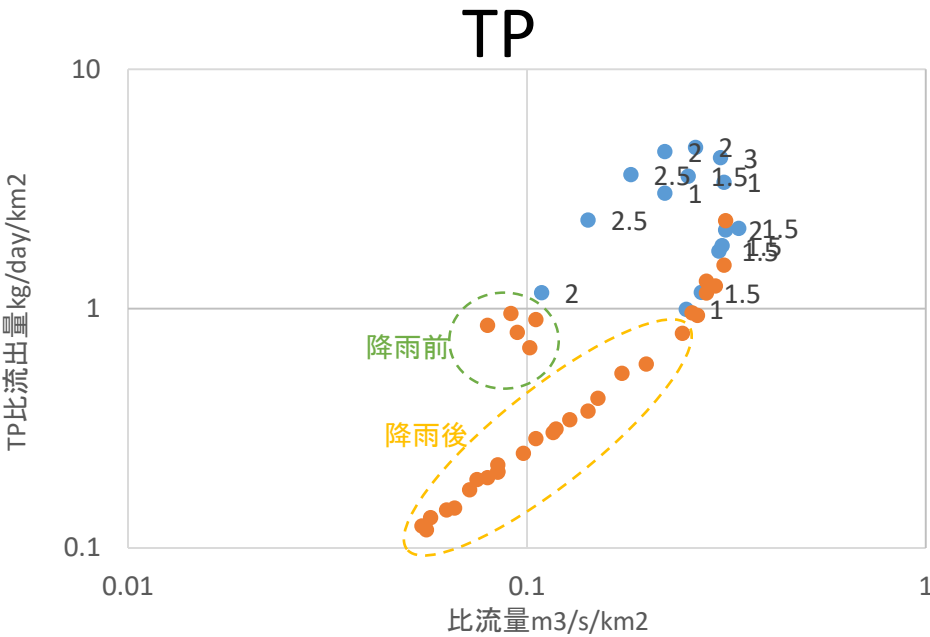
調査結果 出水時調査1/16



- ・積雪のある状態で降雨があった結果。
- ・同様に降雨中が濃度も高い。

調査結果 出水時調査1/16

● 降雨なし
● 降雨1mm以上



- ・夏と同様にTP、TOCは降雨なし●に比べて降雨中●は比流出量が大きくなる。
- ・TNは差が少ない。
- ・雪がなくなると比流出量も下がった。

まとめ

- 赤川源流域でのLQ式を作成した。
- 山林を比較した場合、斐伊川源流域よりも他の山林の負荷のほうが高かった。
- PO4-P濃度は山林によって値が異なり、斐伊川源流と本流は他の山林に比べて低かった。
- 出水時にTP等の濃度が上昇するのは降雨中であり、TPおよびTOCはすぐに濃度が下がるが、TNは徐々に低下した。
- 降雨なしの時間と比較して降雨の途中は負荷量が大きくなる。

平成30年度計画

水田調査(予備調査)

目的と方法)

- ・表層水を採取、観察
- ・濁水が発生・流出のタイミングは？

結果)

- ・代掻き直後が最も高く、田植え後1週間もすればかなり低くなる。(表1)
- ・代掻き前に張った水が多かった場合は、田植えの時に田植えをし易くするため濁水を排水する田も見られた(図1)。確認した水田(0.5ha)からの流出量としてはでCOD275kg、TN55kg、TP13kg
- ・強風で水田内が攪拌されても流出はほぼない。
- ・雨が降った時は攪拌されにくく、むしろ濁りのない水が水路に落ちる際に堆積物を巻き上げるために水路内で濁水が発生しているように思われた。(図2)

表1. 水田調査結果

	COD(mg/l)	TN(mg/l)	TP(mg/l)
代掻き前	8.9	3.1	0.18
代掻き直後	1100	220	51
代掻き3日後	130	8.7	4.3
田植え直後	220	6.6	9.2
1週間後	28	3.6	0.88
1か月後	19	3.4	0.31
3か月後	7.5	0.47	0.07



図1. 田植え時の排水



図2. 水田からの流出水

次年度実施計画①通常調査

1)目的

4月ごろ田起こし、4月末～5月上旬で代掻き、田植えがあり、この時期がもっとも土を混ぜ、肥料もまくために排水があれば負荷が高くなる時期である。基本は流出がないように指導はされているが、田植えの際水位を下げるために水を抜くところもある。この影響で負荷の上昇が考えられるので、灌漑の時期の調査を行う。

2)地点

- ・St.1・・・雲南市大東町山王寺(棚田からの流出水)
- ・St.2・・・雲南市加茂町加茂中(赤川本流)

3)方法

St.1およびSt.2において、週1回程度調査を行う。L-Q曲線を作成し、灌漑の時期に負荷の上昇があるのか、山林のL-Q曲線と比較して差があるか、など考察する。

4)期間

稲作の始まる前の3月から稲作終了後一月後まで採水・観察する。

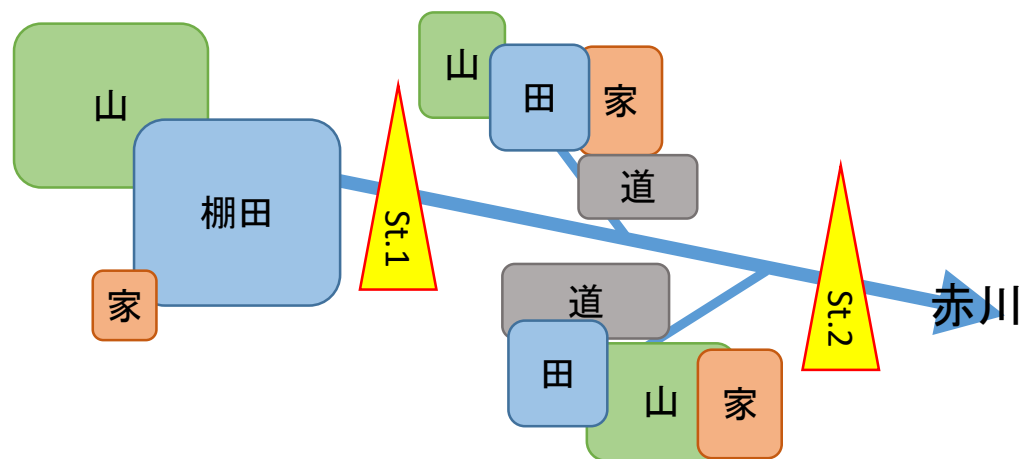
5)分析項目

pH,EC,SS,TN,DN,DIN,TP,DP,SRP,TOC,DOC等

採水地点St.1



採水地点St.2



採水地点のイメージ図

次年度実施計画②出水時調査

1)目的

出水時に赤川の本流で連続的に採水し、出水時の負荷の上昇をとらえ、その流域の森林や水田、裸地、はげ山、畑、市街地などを考慮して出水時に増加する負荷の起源を探る。

2)地点

- ・St.2・・・雲南市加茂町加茂中(赤川本流)

3)方法

雨が降る前から1~2時間ごとに採水し、降雨と濁水の発生状況を確認する。

4)時期

おおむね20mm/day以上の降水が見込まれるとき

4)分析項目

pH,EC,SS,TN,DN,DIN,TP,DP,SRP,TOC,DOC等



ご清聴ありがとうございました。

難分解性有機物調査 (三次元励起蛍光スペクトルを用いた溶存態 有機物の解析)

保健環境科学研究所
水環境科 吉原 司

はじめに

- 宍道湖流域においては各種発生源対策を実施（下水道整備、事業場規制等）
- 一方で環境基準項目のうち、有機物汚濁指標であるCOD（化学的酸素要求量）は未達成の状況

その原因として難分解性有機物の存在

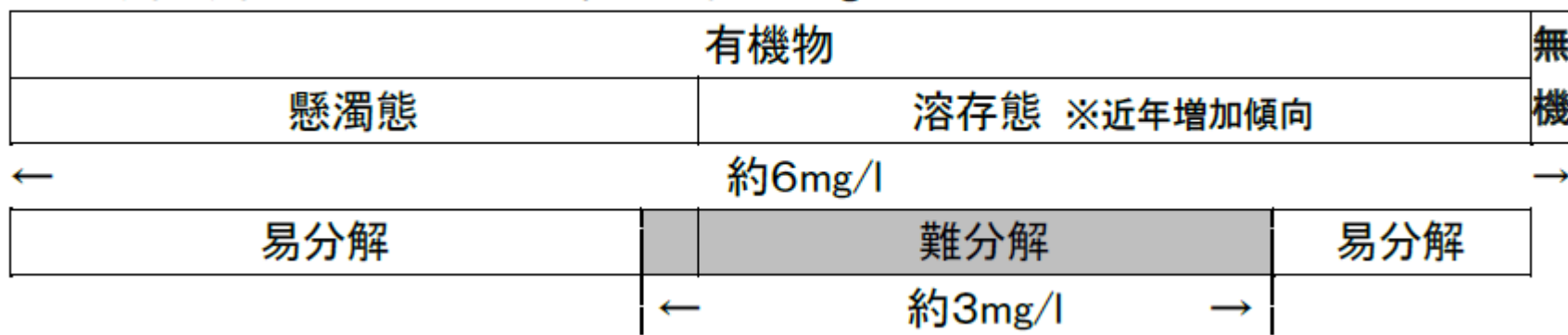
※難分解性有機物

- ・生物により容易に分解されない有機物の総称
- ・下水、プランクトン、腐植質などの由来があると言われている

当所の過去の研究より(H23～25)

- ・ 宍道湖水を100日間ばっ気分解し、溶存態と懸濁体の有機物量の変化を分析

宍道湖の湖水の COD 内訳(環境基準値3mg/l)



- ・ 懸濁態有機物 ... 3週間以内に大半が分解
 - ・ 溶存態有機物 ... 100日経過しても7割が残存
- 斐伊川より宍道湖内の濃度が高い(←湖内生産由来と推定)

→ 難分解性有機物及びその大半を占める
溶存態有機物の組成・由来に係る研究の必要性

蛍光特性を用いた溶存態有機物の特性の解析

溶存態有機物

・・・ 分解生成物・分解中間体など多種多様物質の混合物



分子レベルでの同定は困難



① 蛍光特性 (三次元励起蛍光分析法 (EEM))

② 統計解析 (PARAFAC (Parallel Factor Analysis))

を組み合わせ、溶存態有機物の成分の特性を解析

三次元励起蛍光分析法(EEM)

- 検体に光を照射すると、物質により様々な波長の光を発する(蛍光)
- 照射光／蛍光のピーク・スペクトル形状の違いによりさまざまな有機物の特性を分析できる
(難分解、易分解、腐植酸、下水由来、植物プランクトン生成or分解など)

PARAFAC (Parallel Factor Analysis)

- 統計解析の一手法で、重なりあったピークを同じ挙動を示す成分ピークに分離できる手法
- 重なり合う成分を個々に表示でき、その後の定量的解析につなげることができる

EEM-PARAFACの解析

- 宍道湖内の複数地点におけるDOMを継続して測定、PARAFAC解析



- DOM構成成分の地理的変動・経月変動を追跡

→難分解性有機物の起源・寄与度を推定できないか？

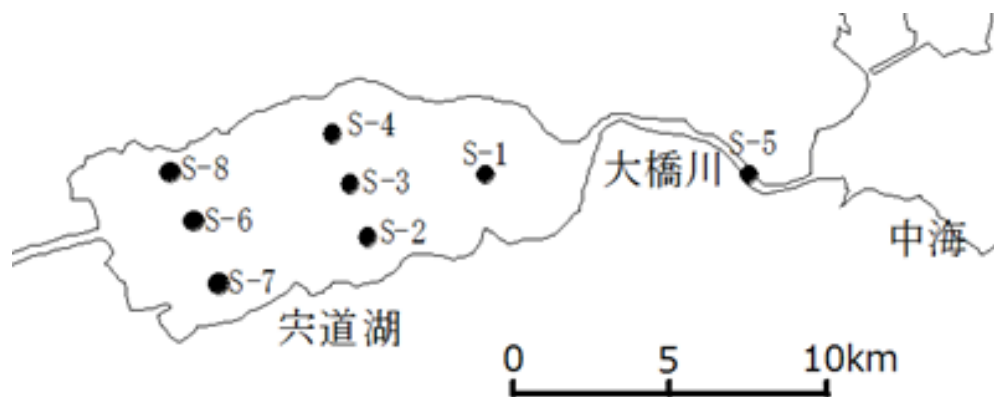
平成28～29年度の調査

- 調査期間: H28.4～H29.12(毎月1回)
- 調査地点: 宍道湖内8地点(S1～S8)の上層及び下層
(比較地点: 斐伊川(神立橋)・中海3地点(上層及び下層))
※H29年度はデータ検討のため、流入河川における測定を実施

10月: 斐伊川本川13地点、斐伊川流入河川9地点
その他宍道湖流入河川4地点

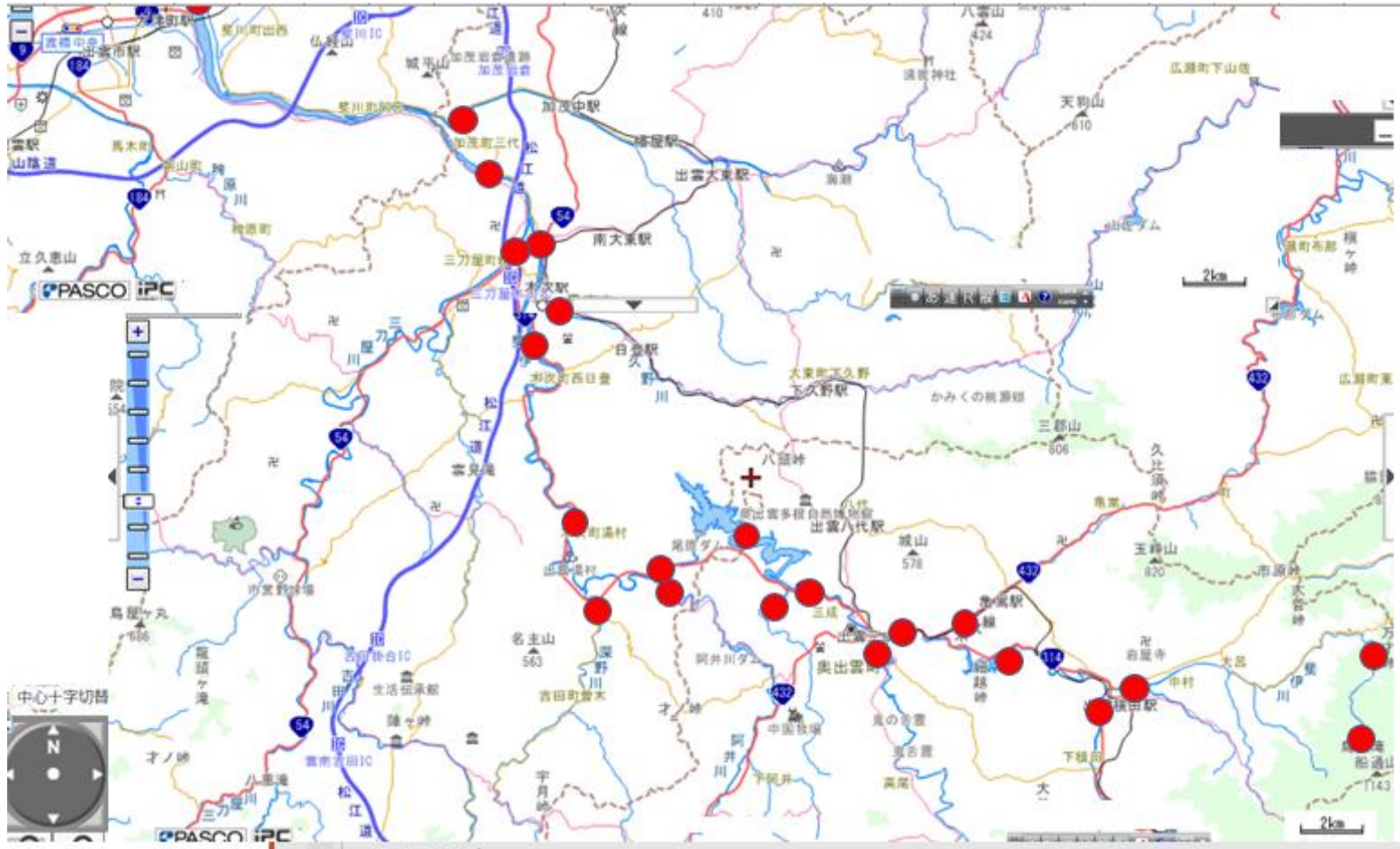
12月: 宍道湖周辺河川11地点

- 調査の流れ
 - ①試料を採水後、ガラス繊維ろ紙でろ過し、凍結保存
 - ②EEM測定→PARAFAC解析(東邦大学(千葉県))



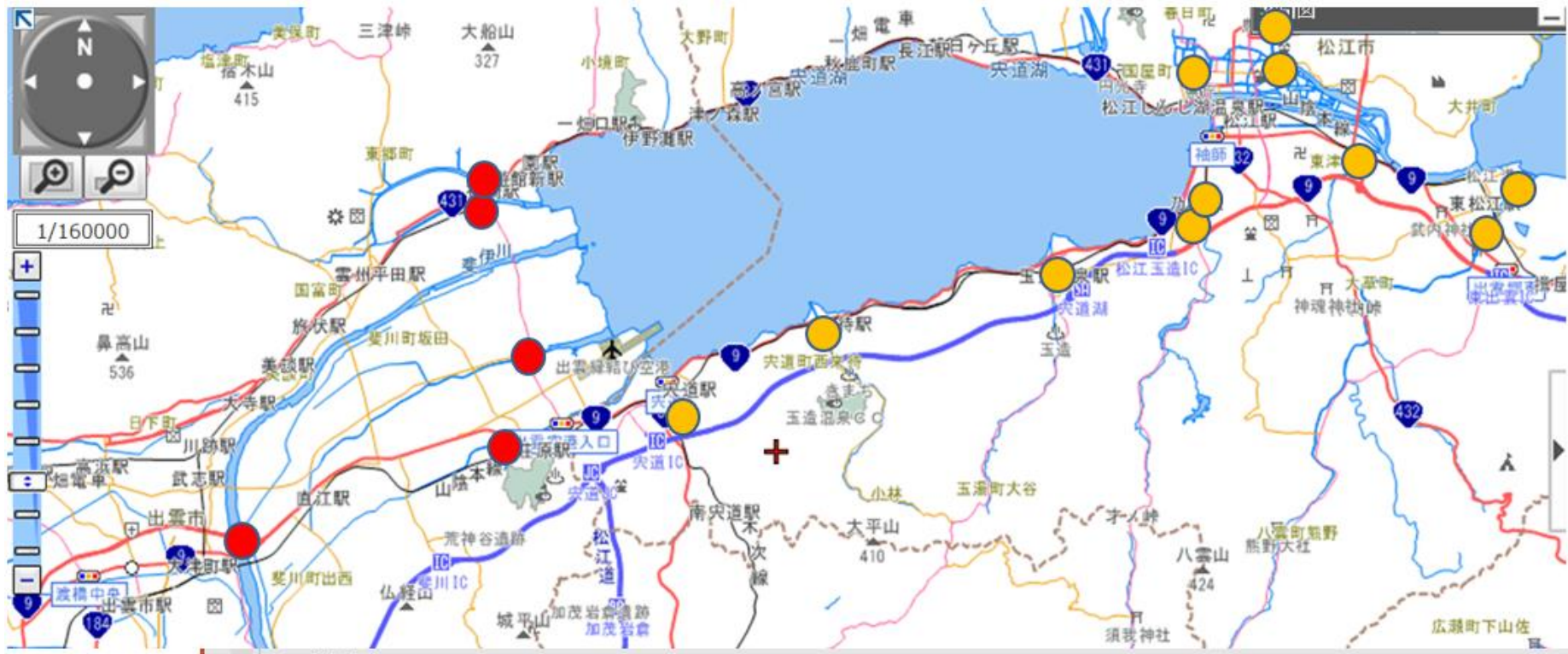
流入河川調査の調査地点

(①斐伊川)



流入河川調査の調査地点

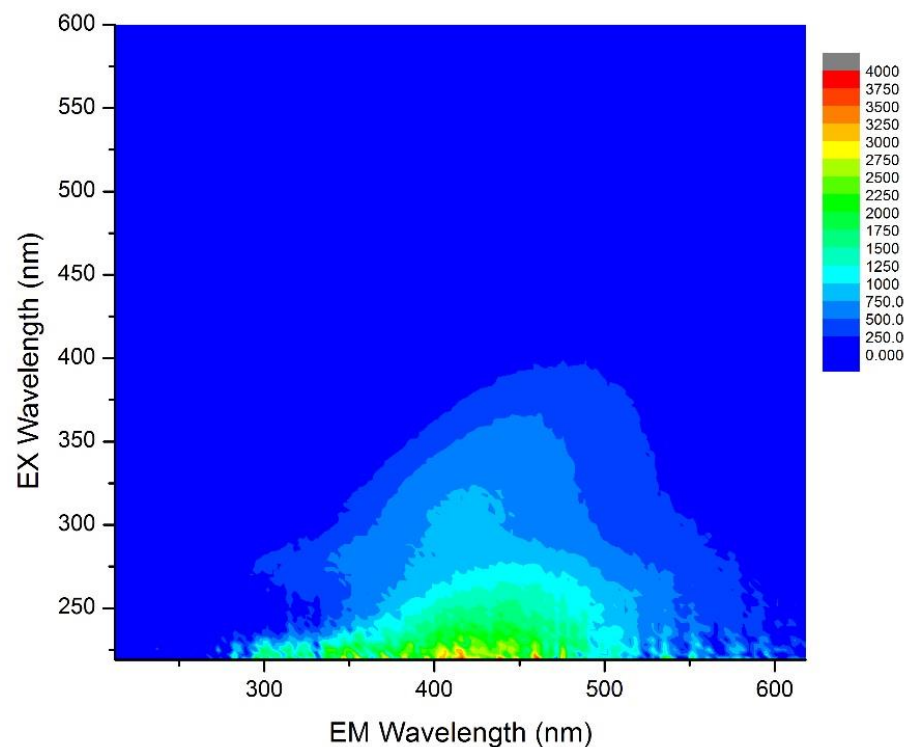
(②穴道湖流入河川等)



●: 10月採水地点 ●: 12月採水地点

測定結果 (EEMスペクトル)

- 宍道湖水中のEEMスペクトルの一例

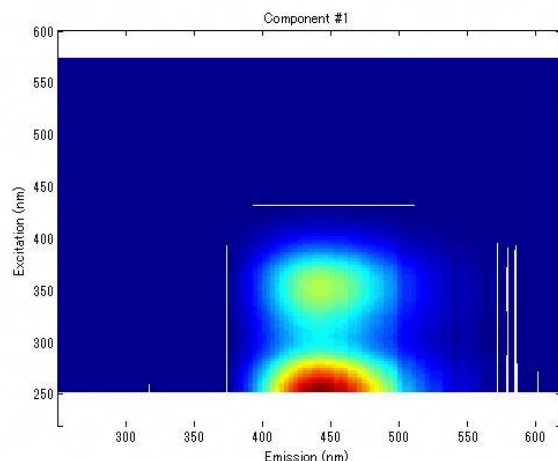


- 得られた宍道湖・斐伊川・中海23地点の21か月分及び流入河川のEEMに対し、PARAFAC解析を実施

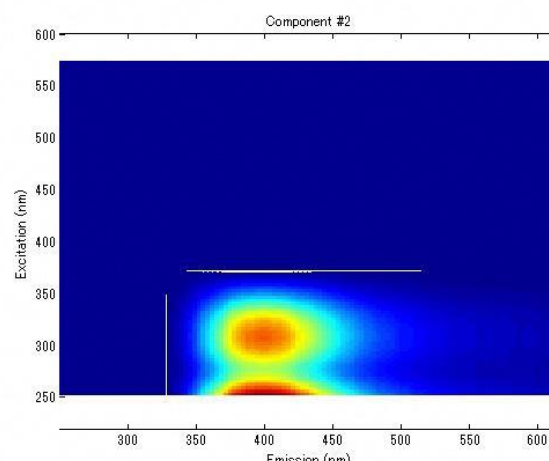
測定結果(PARAFAC解析結果)

- 宍道湖・斐伊川・中海・流入河川のEEM測定結果に対し、PARAFAC解析を実施 → 4成分を分離(H28とほぼ同波長のピーク)

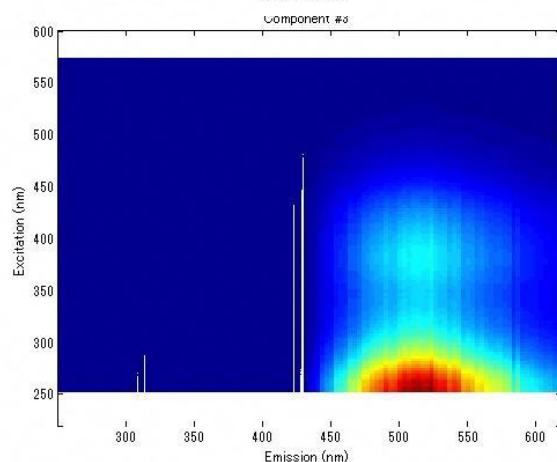
第1成分
(フミン質様物質)



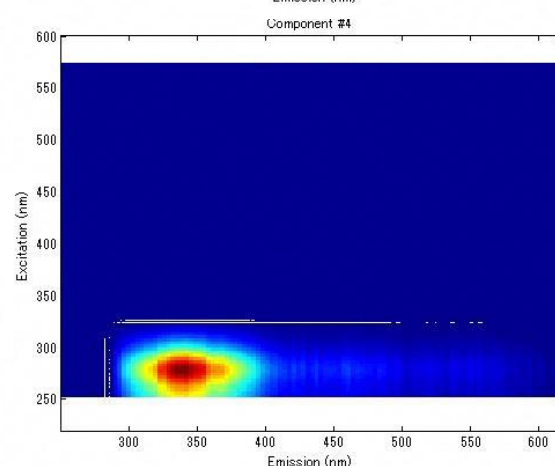
第2成分
(微生物由来分解物)



第3成分
(腐植酸)

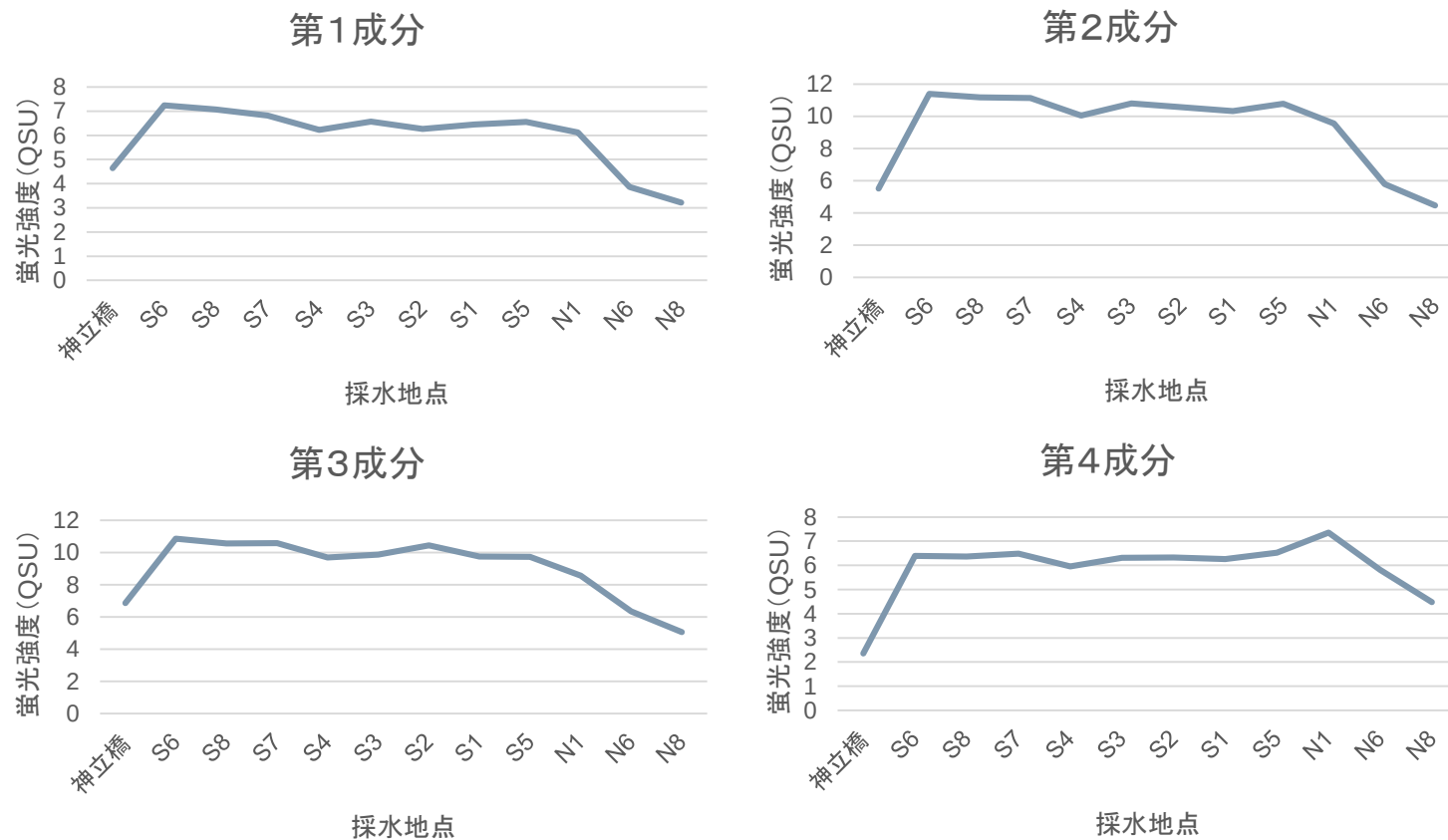


第4成分
(タンパク質様)



地理的変動・経月変動について

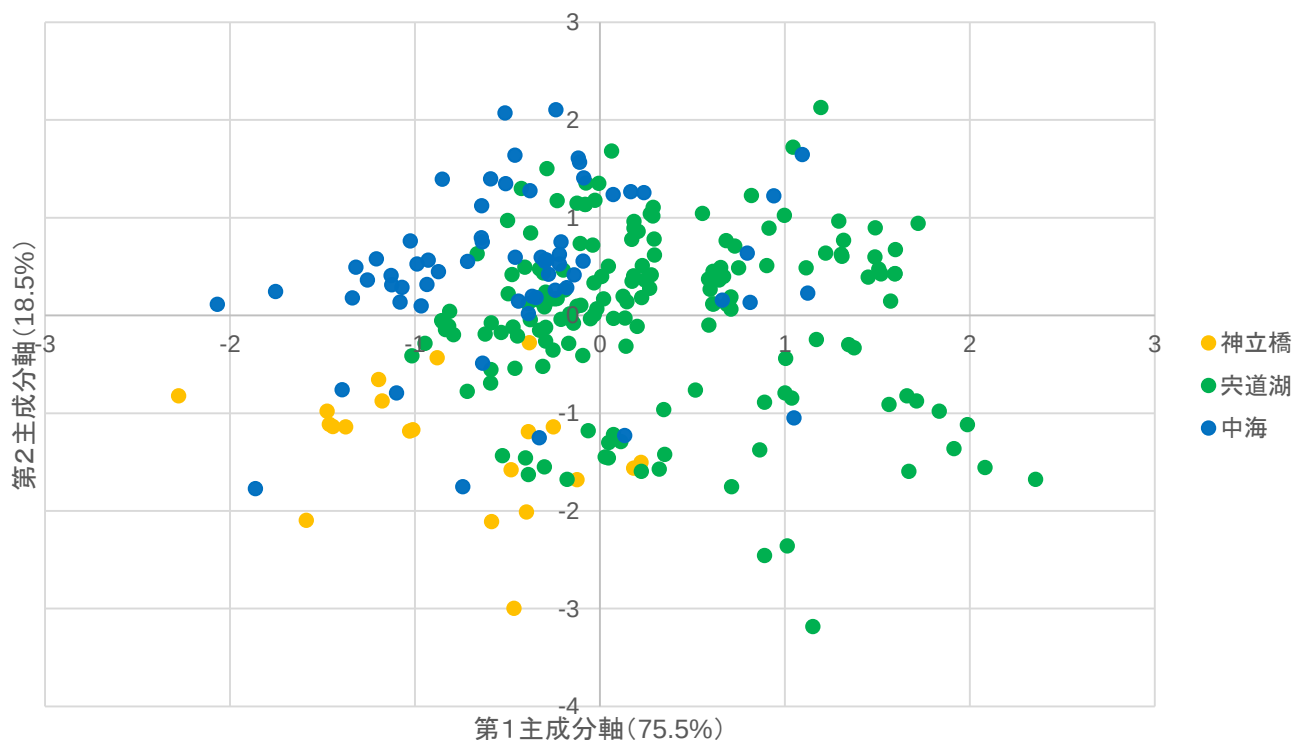
- 斐伊川→宍道湖→中海での各成分の蛍光強度(QSU)の変化(例:H29.9)



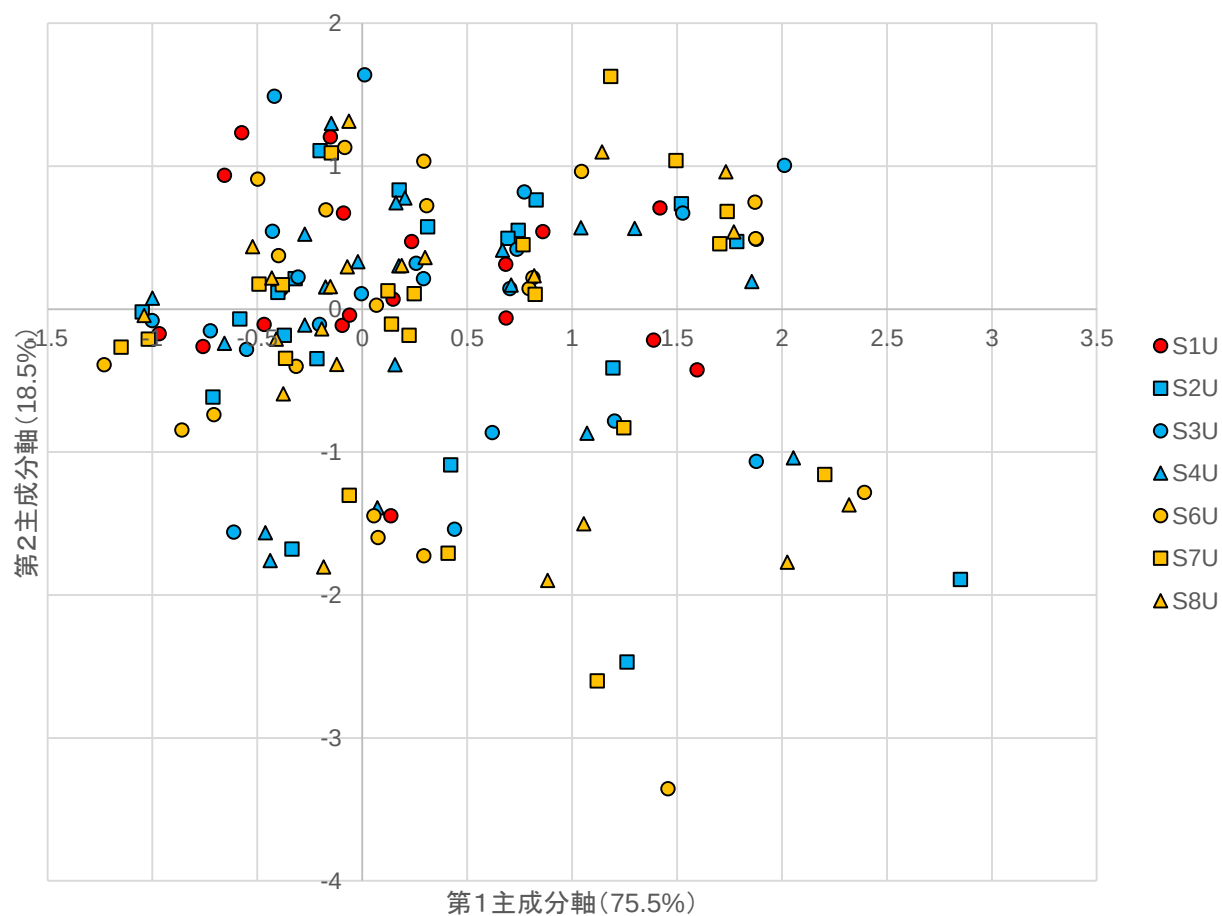
- 概ね宍道湖で高く、斐伊川・中海では低かったが、採水月・採水地点により変化が見られた

地理的変動・経月変動について

- 4成分の地理的変動・経月変動の傾向をとらえるため、各地点表層における4成分（蛍光強度(QSU)）に対し、主成分分析を実施
→ 宍道湖7地点について、地理的変動・季節変動を解析

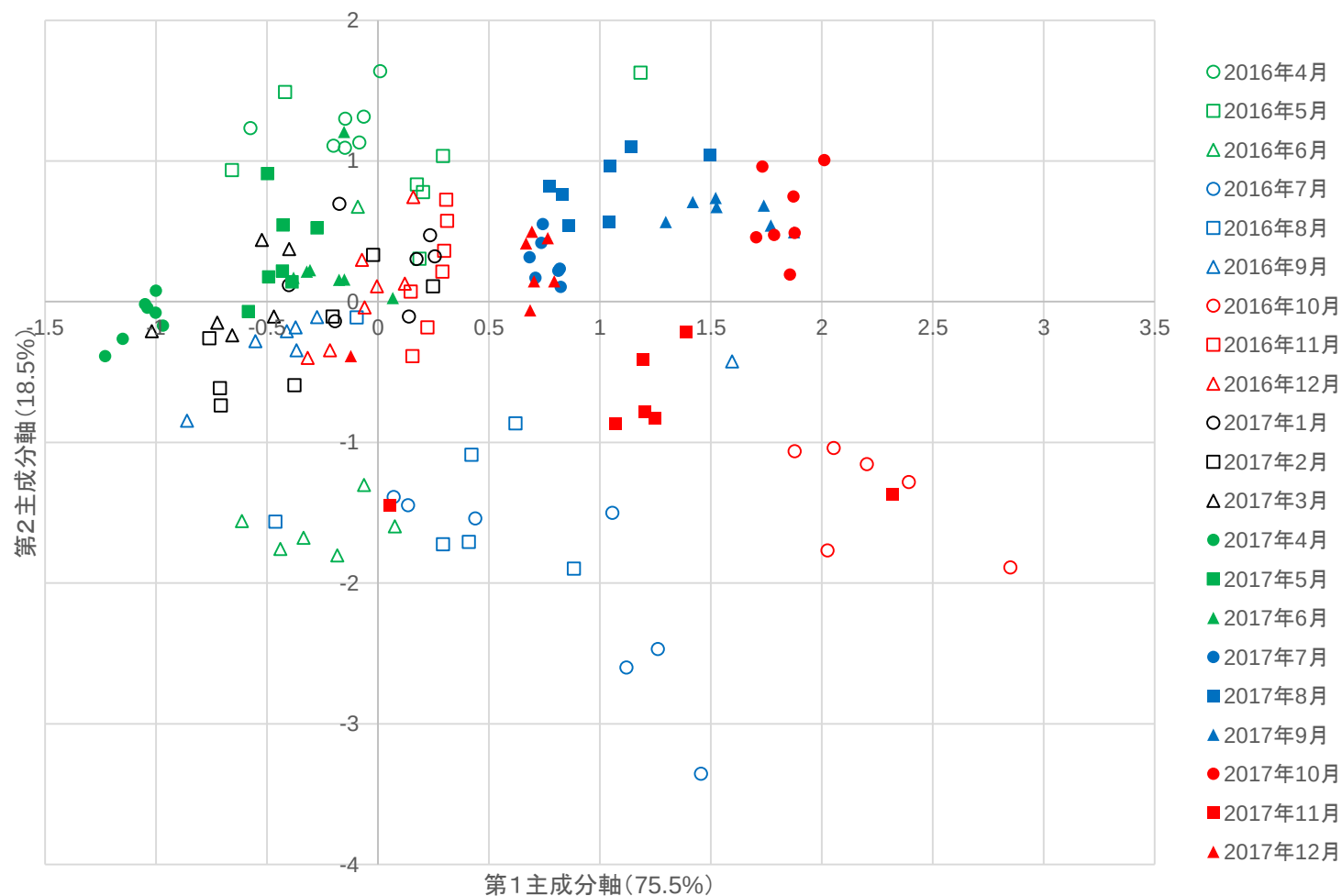


地理的変動について



- 穴道湖内7地点間では、明確な地理的変動は見られなかった。

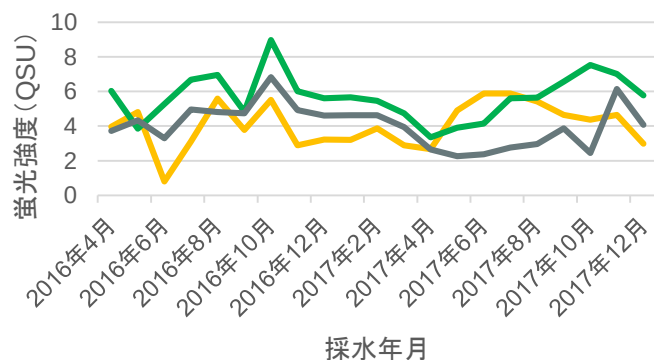
経月変動について



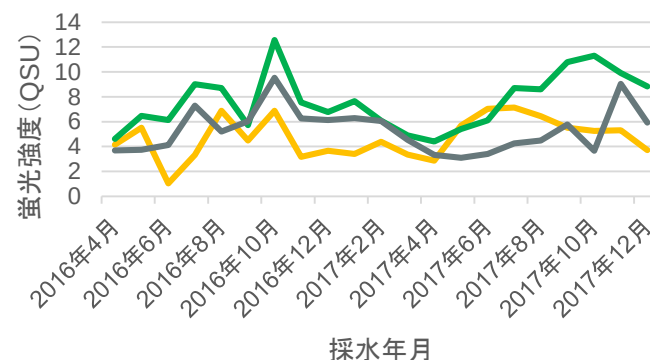
- 地理的変動と比較し、経月変動の影響が大きいことが示唆された。

斐伊川・宍道湖湖心・中海湖心の経月変動

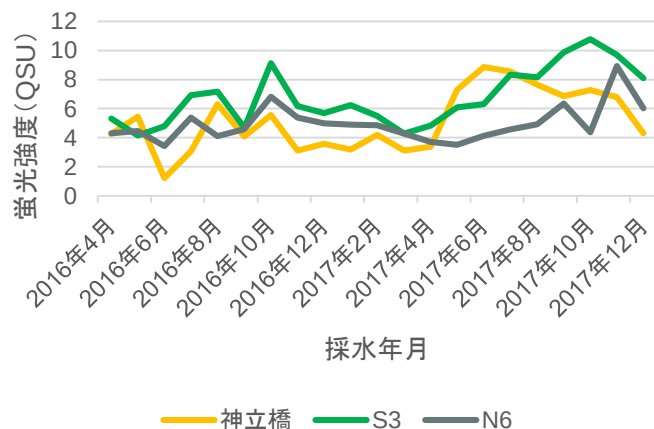
第1成分



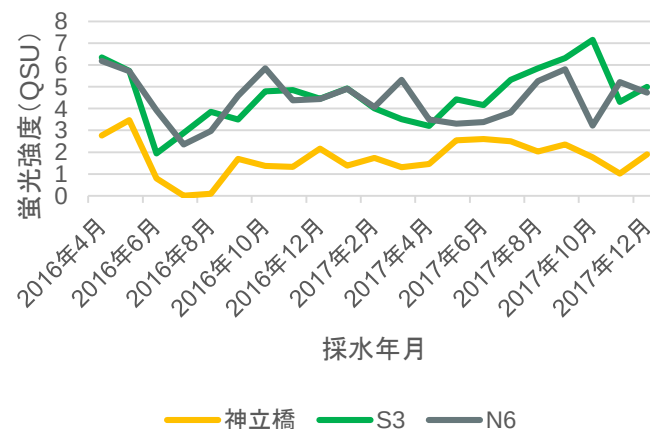
第2成分



第3成分



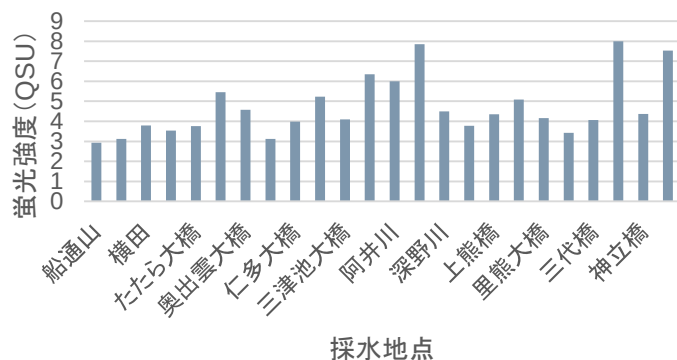
第4成分



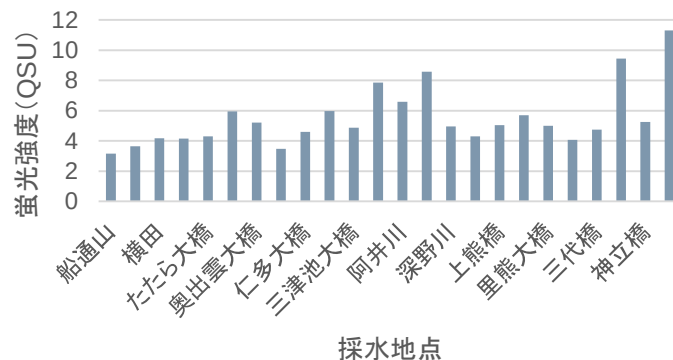
- 第1、2、3成分は斐伊川・中海と比較し宍道湖は高く、夏場に高くなる傾向が見られた。
- 第4成分の濃度は宍道湖・中海と比較し斐伊川で低かった。

斐伊川本川・斐伊川流入河川における測定結果

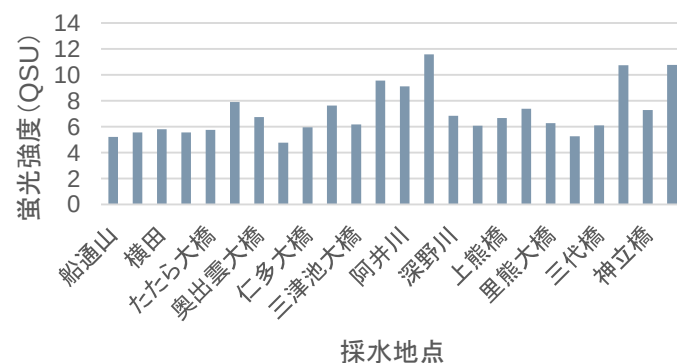
第1成分



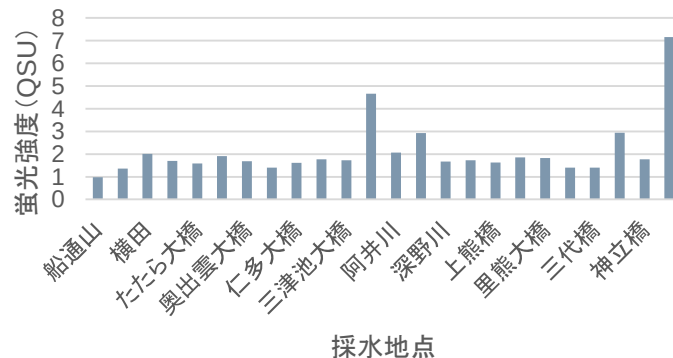
第2成分



第3成分



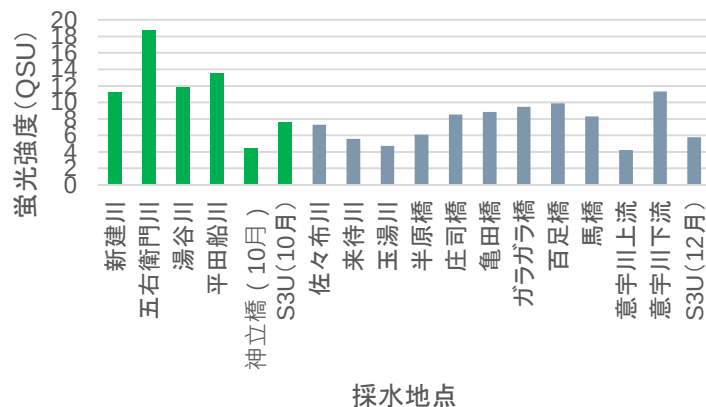
第4成分



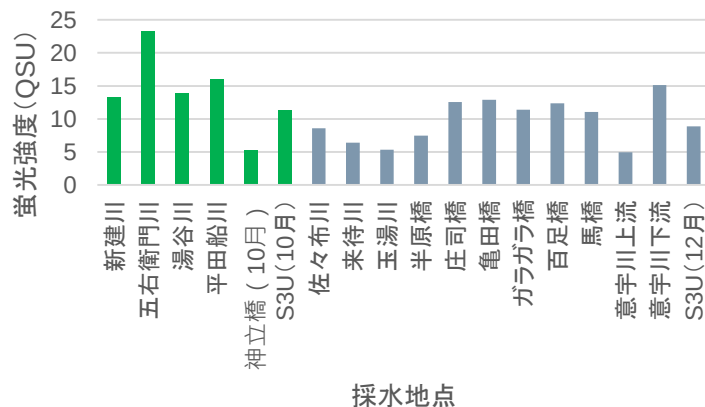
- 斐伊川本川・斐伊川流入河川においては、各DOMとも概ね宍道湖と比較し低かったが、中流域で変動も見られた。

その他宍道湖流入河川における測定結果

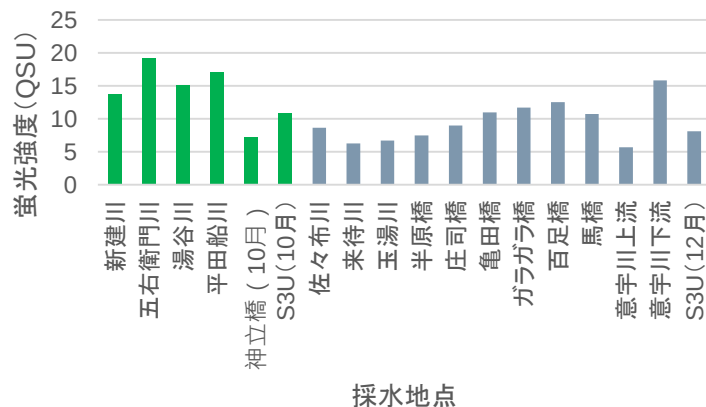
第1成分



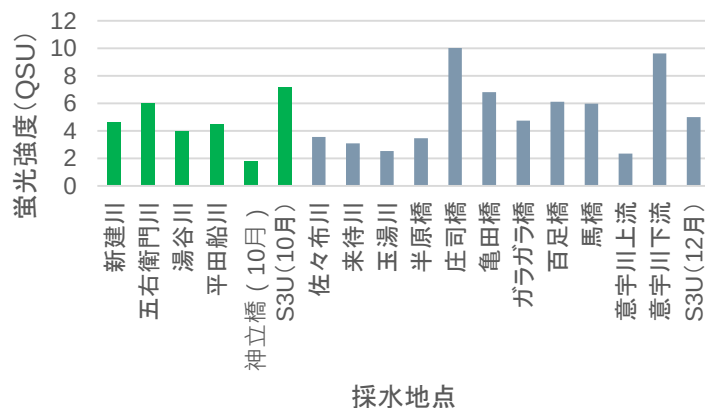
第2成分



第3成分



第4成分



- 都市河川では高い傾向にあった。

まとめ

- 宍道湖・中海・斐伊川の毎月採水した試料のEEM測定を実施し、PARAFAC解析を実施したところ、由来の異なるDOM4成分が分離された。
- 分離されたDOM4成分の動態を解析したところ、地理的変動と比較し経月変動の影響が大きいことが示唆された。
- DOM濃度は概ね宍道湖内で高く、斐伊川・中海では低い傾向にあり、湖内生産の影響が示唆された。
- 斐伊川、斐伊川流入河川、その他宍道湖流入河川でも同様の調査を実施したところ、斐伊川及び斐伊川流入河川ではDOM濃度は宍道湖と比較して低く、都市河川では高い傾向にあった。

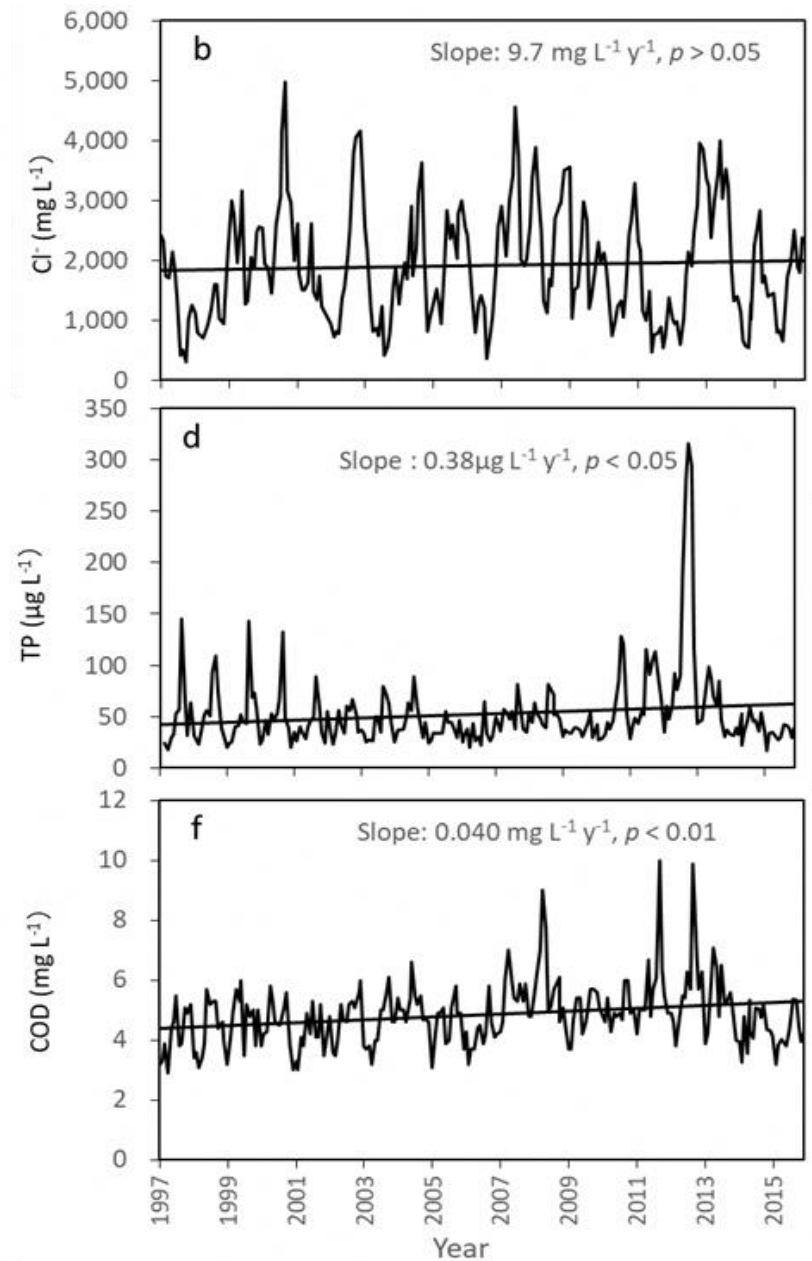
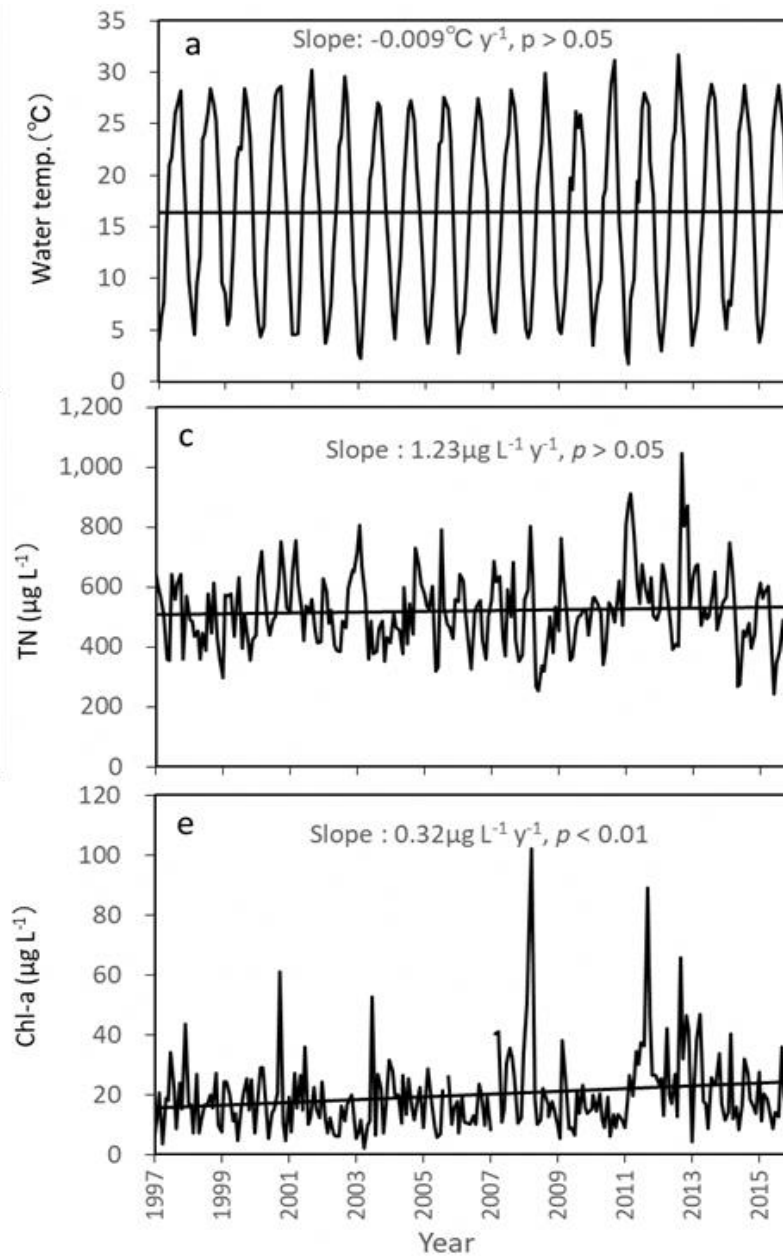
今後の調査計画

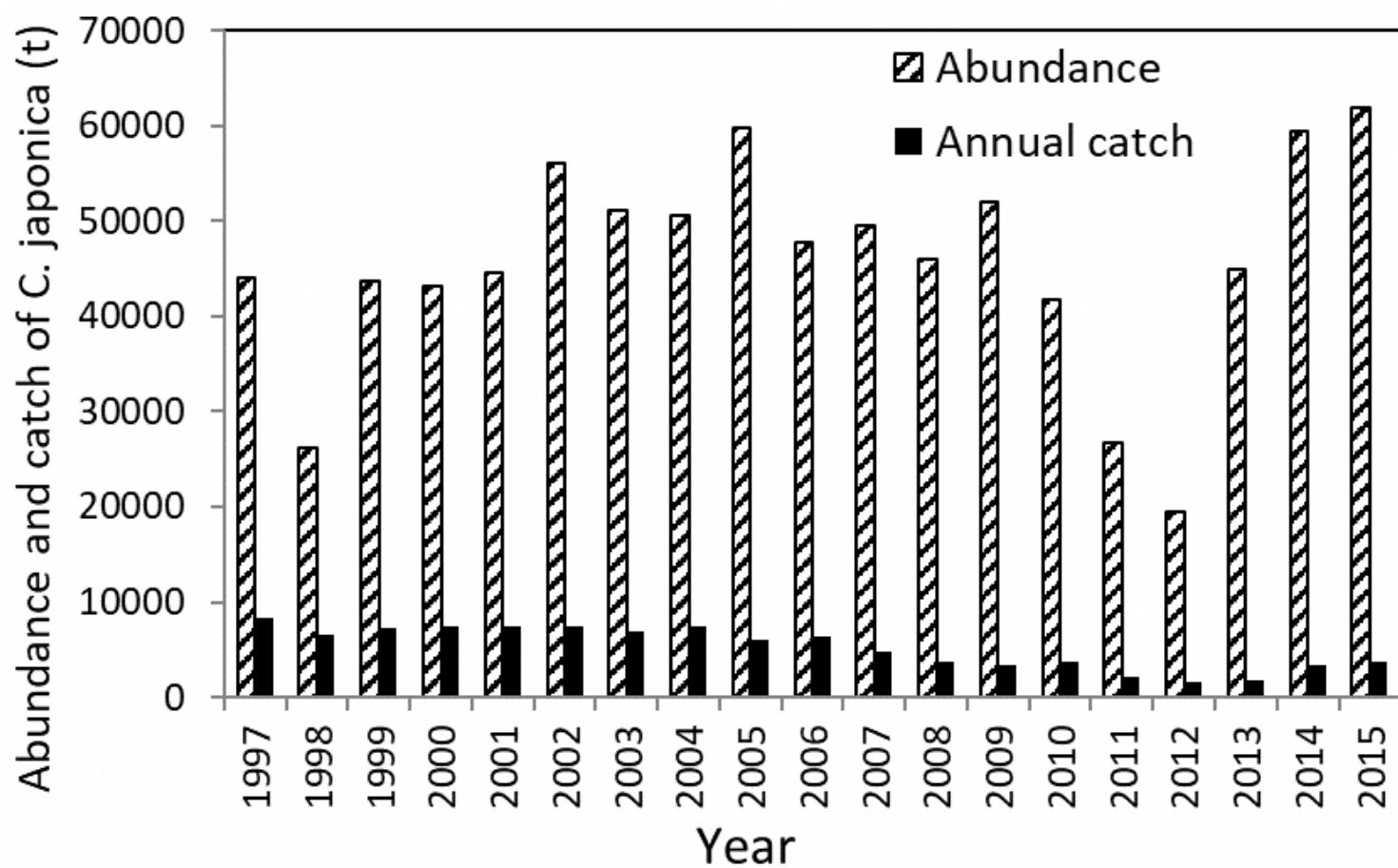
- 引き続き穴道湖・中海・斐伊川を対象に毎月1回の採水を実施
→地理的変動・経月変動の解析を継続
- 湖内生産の影響を見るため、単離した植物プランクトンの培養過程におけるDOM変化の調査を検討
- データ蓄積のため、流入河川の複数回の採水を検討

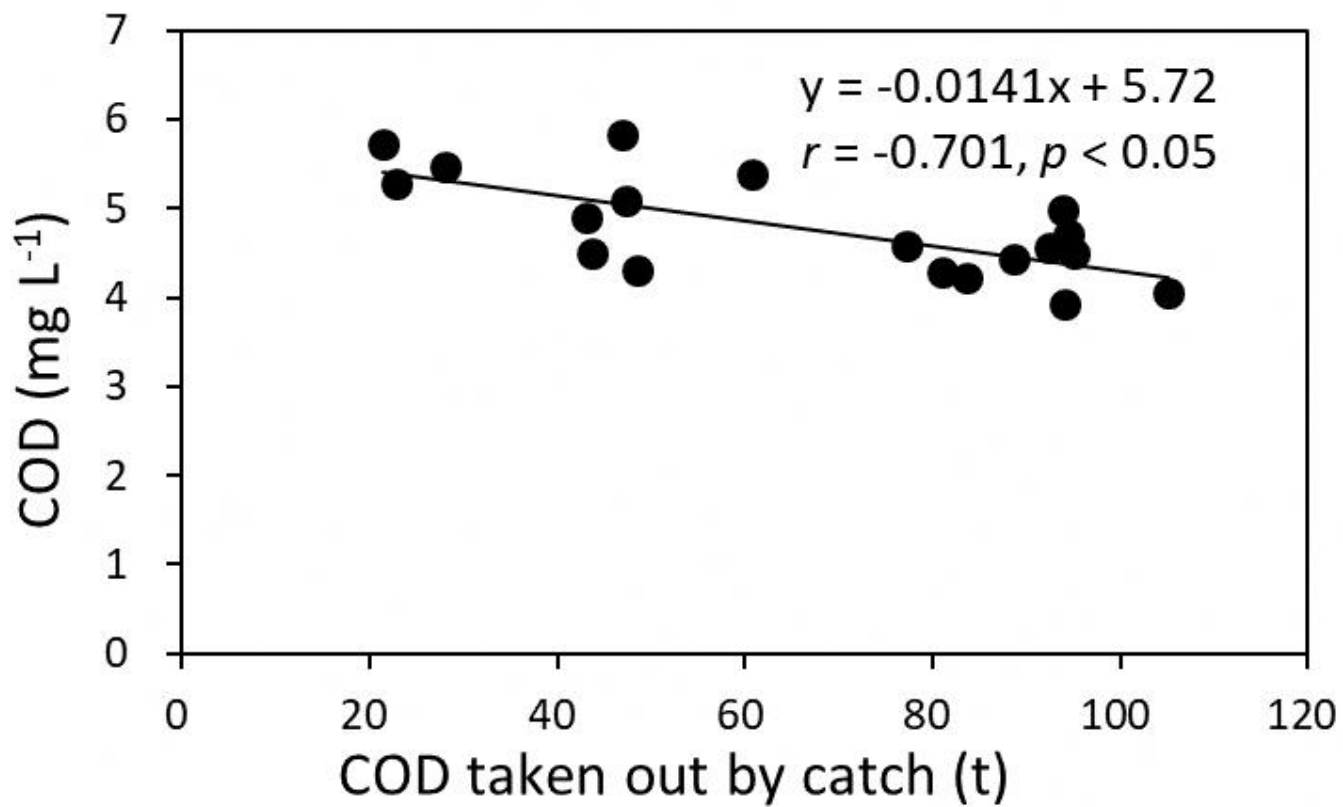
穴道湖における二枚貝漁業による水質浄化機能

はじめに

ヤマトシジミのCODを測定し、ヤマトシジミの存在量や漁獲量が穴道湖の水質にどのような影響を与えているのかを明らかにする。







Year	COD of Lake Shinji (mg L ⁻¹)	Chl-a of Lake Shinji (μg L ⁻¹)	Abundance of Corbicula japonica of Lake Shinji (t)	Abundance of ducks flying to Lake Shinji (data of January)	COD taken out by catch (t)	TN of Lake Shinji (μg L ⁻¹)	TP of Lake Shinji (μg L ⁻¹)	Annual COD load from Hii River (t)	Cl- of Lake Shinji (mg L ⁻¹)	Annual hours of sunshine	Annual precipitation (mm)	WT of bottom of Lake Shinji (°C)
1997	4.1	16	44000	18900	193.4	530	50.8	6210	1420	1770	2310	16.7
1998	4.2	16.1	26200	19000	153.8	429	50.6	4960	1110	1600	1800	17.7
1999	4.6	17.5	43700	35000	170.1	460	51.8	4400	2330	1660	1690	17.2
2000	4.5	19.3	43200	36900	174.8	553	47.8	3720	2770	1810	1570	17.2
2001	3.9	17.2	44500	16400	173.1	530	42.4	2960	1690	1740	2060	16.3
2002	4.7	12.8	56000	36700	173.8	502	44.9	3160	2270	1750	1640	15.9
2003	4.4	13.4	51100	18300	163.1	496	45.1	4840	1280	1520	2220	16.1
2004	5	19.6	50500	24600	172.4	512	48	4300	2070	1860	2000	16.7
2005	4.6	15.5	59700	47700	142.1	520	37.2	3510	2160	1710	1470	15.9
2006	4.3	14	47800	41900	149	480	32.1	6730	1490	1580	1890	15.8
2007	5.4	23.4	49500	26900	111.8	507	50.6	2740	2930	1800	1490	16.7
2008	5.8	29.9	45900	49200	86.2	466	54.7	2690	2630	1730	1480	15.7
2009	4.9	15.6	52000	38700	79.2	494	36	4230	2060	1530	1620	16
2010	5.1	14.7	41800	19300	87	501	59.2	4050	1780	1700	1860	16.6
2011	5.5	28.7	26700	16900	51.5	658	70.7	6950	1180	1640	1980	16
2012	5.7	30.8	19400	27200	39.4	594	133.9	3570	1980	1720	1560	16.7
2013	5.3	25.1	45000	29200	41.9	556	60.5	2560	2730	1840	2040	16.6
2014	4.5	18.8	59400	37500	80.4	495	42.6	3620	1500	1720	1820	16.6
2015	4.3	19.7	61900	15900	89.2	453	32.6	3010	1610	1740	1710	16.5

重回帰分析

従属変数を宍道湖COD濃度, 独立変数をそれ以外として重回帰分析を行ったところ, Chl-a濃度以外は採用されず, 次式が得られた。

$$(\text{宍道湖COD濃度 (mg L}^{-1}\text{)}) = 0.078 \times (\text{Chl-a濃度}(\mu\text{g L}^{-1}))$$

この回帰式の寄与率 R^2 は0.608であり, このことからCOD変動の60.8%が説明できる。妥当性の検討を行ったところ, $p < 0.01$ であった。

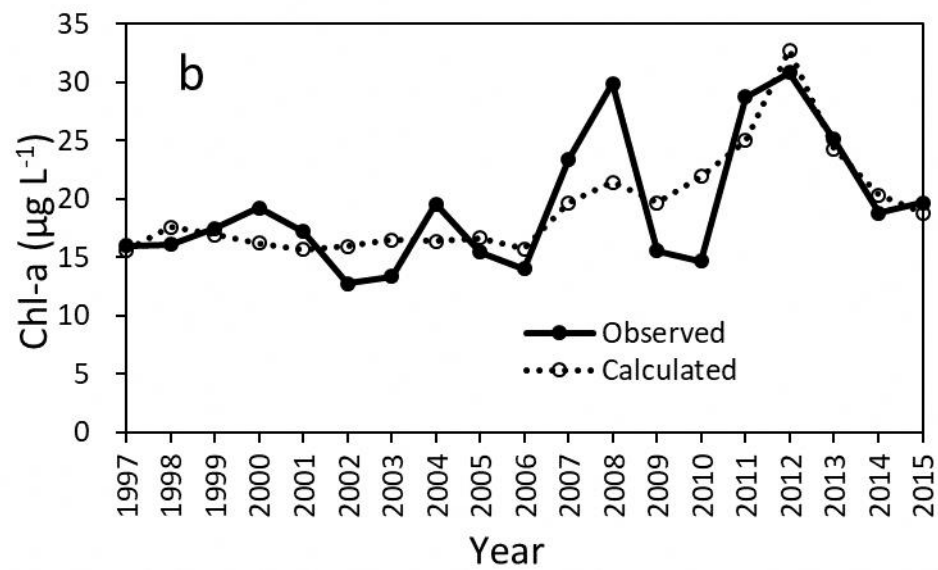
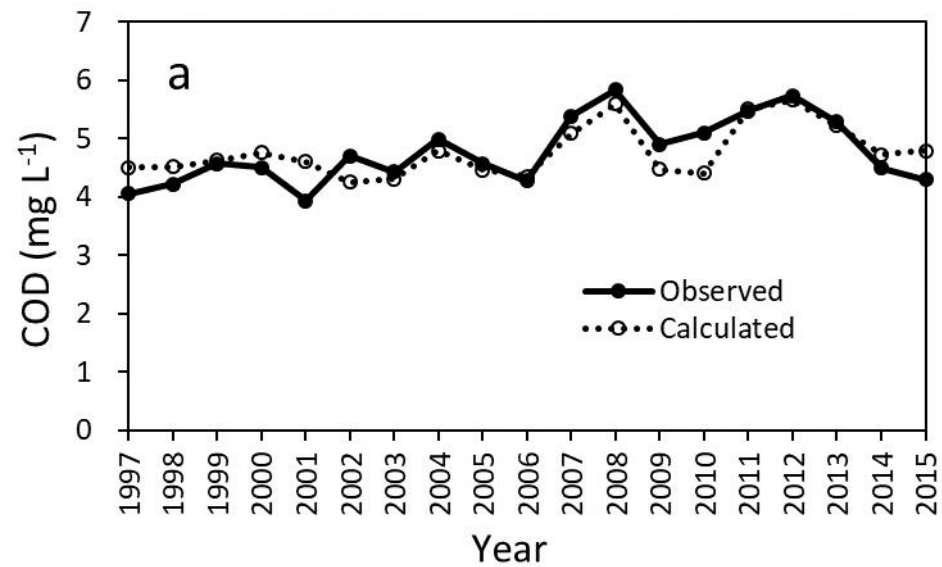
従属変数をChl-a, 独立変数をそれ以外として重回帰分析を行ったところ, 次の式が得られた。

$$(\text{宍道湖Chl-a濃度 } (\mu\text{g L}^{-1})) = -0.050 \times \text{漁獲によるCOD持ち出し(t)} + 0.114 \times (\text{TP濃度(t)}) + 19.57$$

この回帰式の寄与率 R^2 は0.605であり, このことからCOD変動の60.5%が説明できる。妥当性の検討を行ったところ, $p < 0.01$ でありこの回帰式の妥当性が有意に示された。

	COD	Chl-a	Abundance of C. japonica	Number of diving ducks (data of January)	COD taken out by catch (t)	TN conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	TP conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Annual COD load from Hii River (t)	Cl ⁻ of Lake Shiji (mg L^{-1})	Annual hours of sunshine	Annual precipitation (mm)	WT of bottom of Lake Shinji
COD	—											
Chl-a	<i>0.780</i>	—										
Abundance of C. japonica	-0.337	<i>-0.488</i>	—									
Number of diving ducks (data of January)	0.221	0.022	0.339	—								
COD taken out by catch (t)	<i>-0.699</i>	<i>-0.673</i>	0.247	-0.023	—							
TN conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0.415	<i>0.513</i>	-0.449	-0.193	-0.366	—						
TP conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<i>0.600</i>	<i>0.668</i>	<i>-0.758</i>	-0.173	<i>-0.488</i>	<i>0.560</i>	—					
Annual COD load from Hii River (t)	-0.229	-0.202	-0.347	-0.220	0.203	0.216	-0.031	—				
Cl ⁻ of Lake Shiji (mg L^{-1})	<i>0.468</i>	0.303	0.208	<i>0.518</i>	-0.083	0.017	0.053	<i>-0.669</i>	—			
Annual hours of sunshine	0.207	0.335	0.128	-0.013	0.025	0.225	0.132	<i>-0.502</i>	<i>0.568</i>	—		
Annual precipitation (mm)	-0.405	-0.260	-0.084	<i>-0.624</i>	0.247	0.170	-0.114	<i>0.495</i>	<i>-0.580</i>	-0.081	—	
WT of bottom of Lake Shinji	-0.216	-0.021	-0.378	-0.369	0.195	-0.173	0.185	-0.039	0.014	0.237	0.039	—

Correlation coefficients with a p value of 0.05 or less are shown in italics.



植物プランクトンの脂肪酸含有量・脂肪酸組成 の違いがヤマトシジミへ及ぼす影響

水環境科 嵯峨 友樹

はじめに

- 宍道湖にはヤマトシジミが多量に存在し、炭素・窒素・リンなどの物質循環に大きな影響を与えていると考えられる。そのため、ヤマトシジミの生態については多くの研究がなされている。しかし、未だに解明されていないことが多い。

本研究の目的

- そこで本研究では、ヤマトシジミの脂肪酸含有量、脂肪酸組成が生育環境でどのように変化するのを調べることを目的として以下の実験、調査を行った。
 - ①植物プランクトンを餌に用いたヤマトシジミの飼育実験
 - ②ヤマトシジミの脂肪酸モニタリング調査
 - ③多種の植物プランクトンの脂肪酸組成分析

脂肪酸とは

- 細胞膜の構成物質や生理活性物質、エネルギー貯蔵物質として高等動物に欠かせない栄養素である。
- 脂肪酸の分類
 - ①飽和脂肪酸 : 不飽和($C = C$)をもたない脂肪酸
 - ②モノ不飽和脂肪酸 : 不飽和を一つだけもつ脂肪酸
 - ③多価不飽和脂肪酸 : 不飽和を複数もち、多くの高等動物で生合成できない脂肪酸
 - (1) ω -6不飽和脂肪酸: 植物に多い脂肪酸
 - (2) ω -3不飽和脂肪酸: マグロや青魚に多い脂肪酸
 - ・高度不飽和脂肪酸: DHA、DPA、EPAなど不飽和数が5以上の脂肪酸
- 高度不飽和脂肪酸が不足すると繁殖、成長に悪影響を及ぼすと、様々な生物について報告されているが、ヤマトシジミについては不明である。
- 日本ではあまり脂肪酸の研究は行われていない。

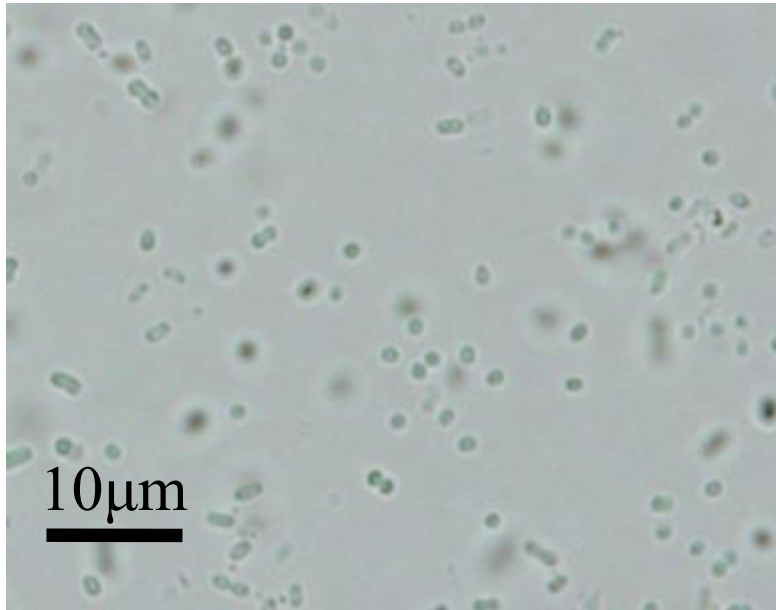
飼育実験の概要

- ①2016年12月に宍道湖で採取したヤマトシジミを10日間馴致飼育
- ②殻長ごと(稚貝5～10mm、中間10～15mm、成貝15～20mm)に仕分けをし、さらに、それぞれ珪藻、緑藻、藍藻を給餌する区を設けた。
- ③ヤマトシジミの個体数は、稚貝30個体、中間20個体、成貝20個体とした。
- ④飼育は水温20℃で曝気しながら行った。
- ⑤餌は一日2回朝夕に与え、1度の給餌量は餌の脂肪酸量が約750μgになるように与えた。
- ⑥脂肪酸の測定は、軟体部湿重量と殻長を測定後、105℃で8時間乾燥させ乾燥重量を測定し、稚貝は10個体、中間と成貝は5個体の乾燥身をあわせてホモジナイズし乾燥粉末の一部をとり、抽出、メチル化した後にGC/MSで行った。

餌に用いた植物プランクトン

藍藻:

Cyanobium spp.

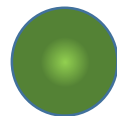
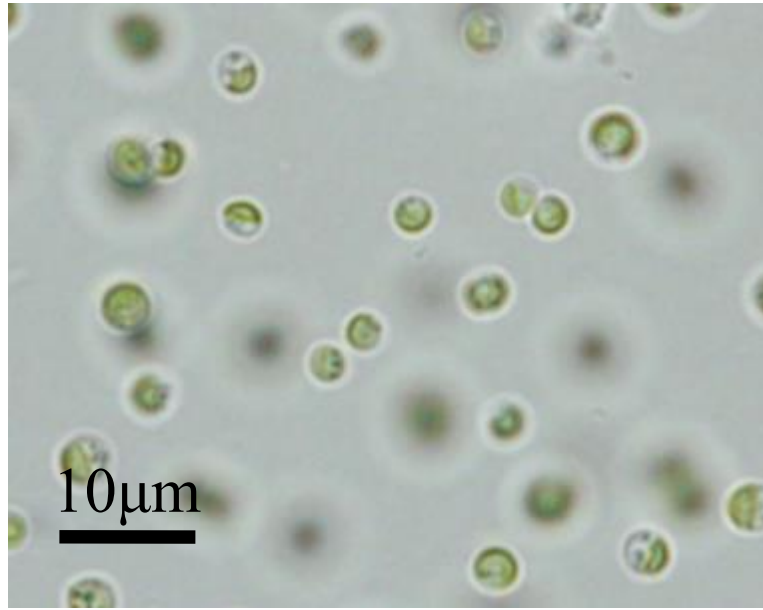


1

:

緑藻:

*Pseudodictyosphaerium
minusculum*

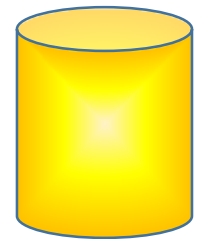
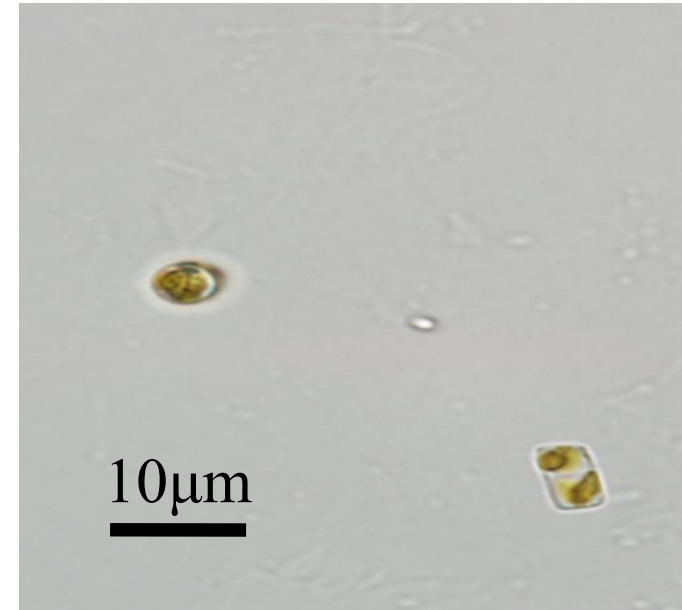


50

:

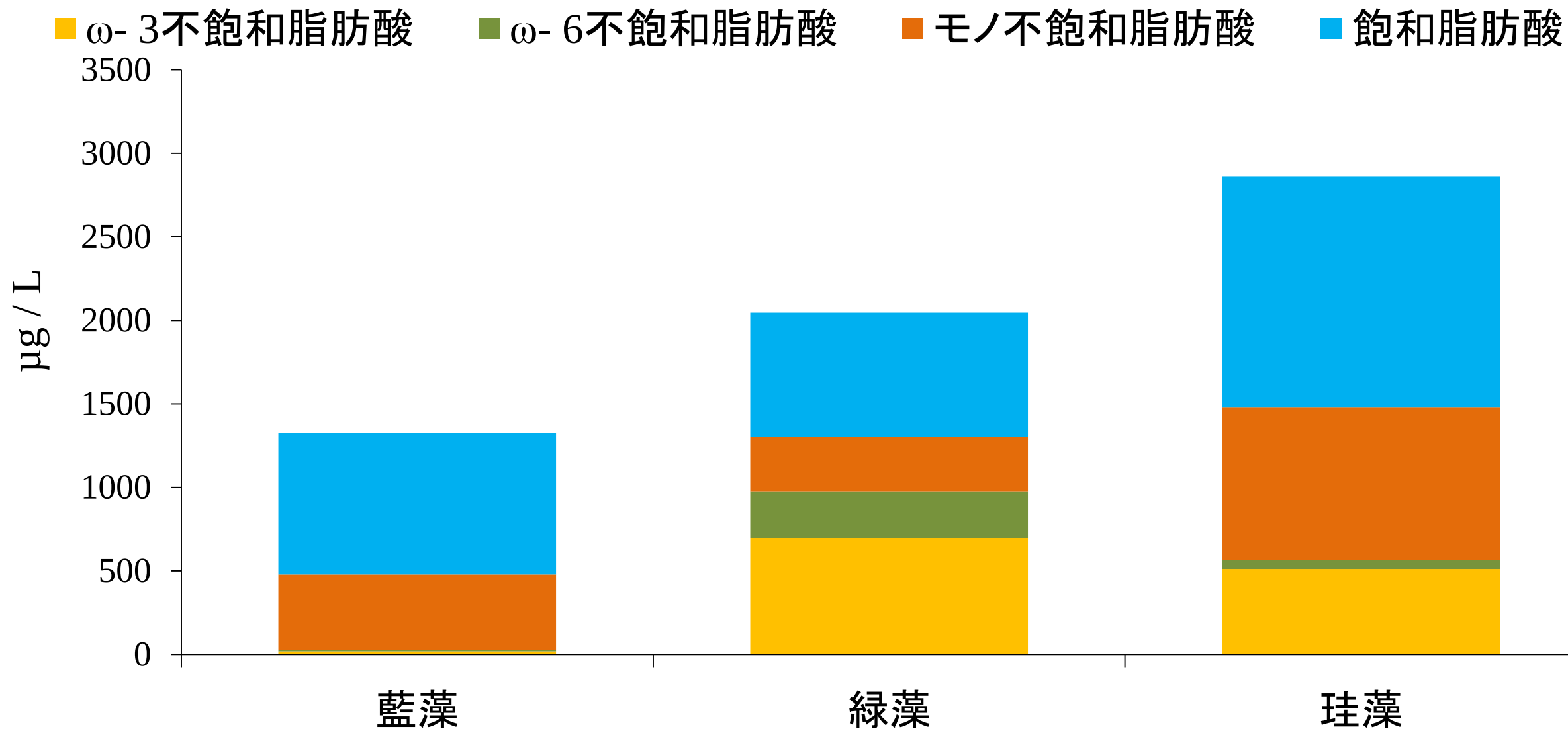
珪藻:

*Thalassiosira
pseudonana*

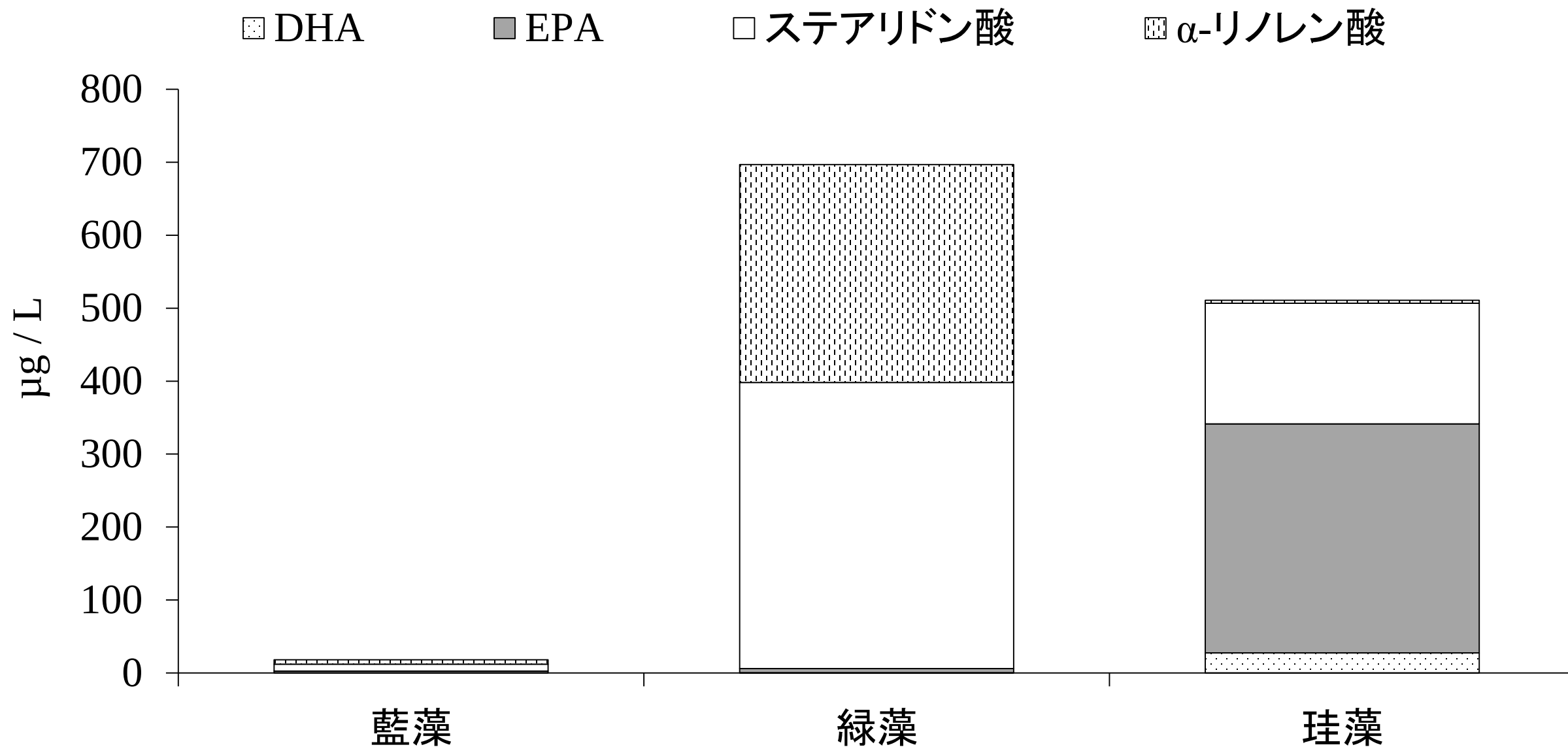


110

餌の各脂肪酸含有量

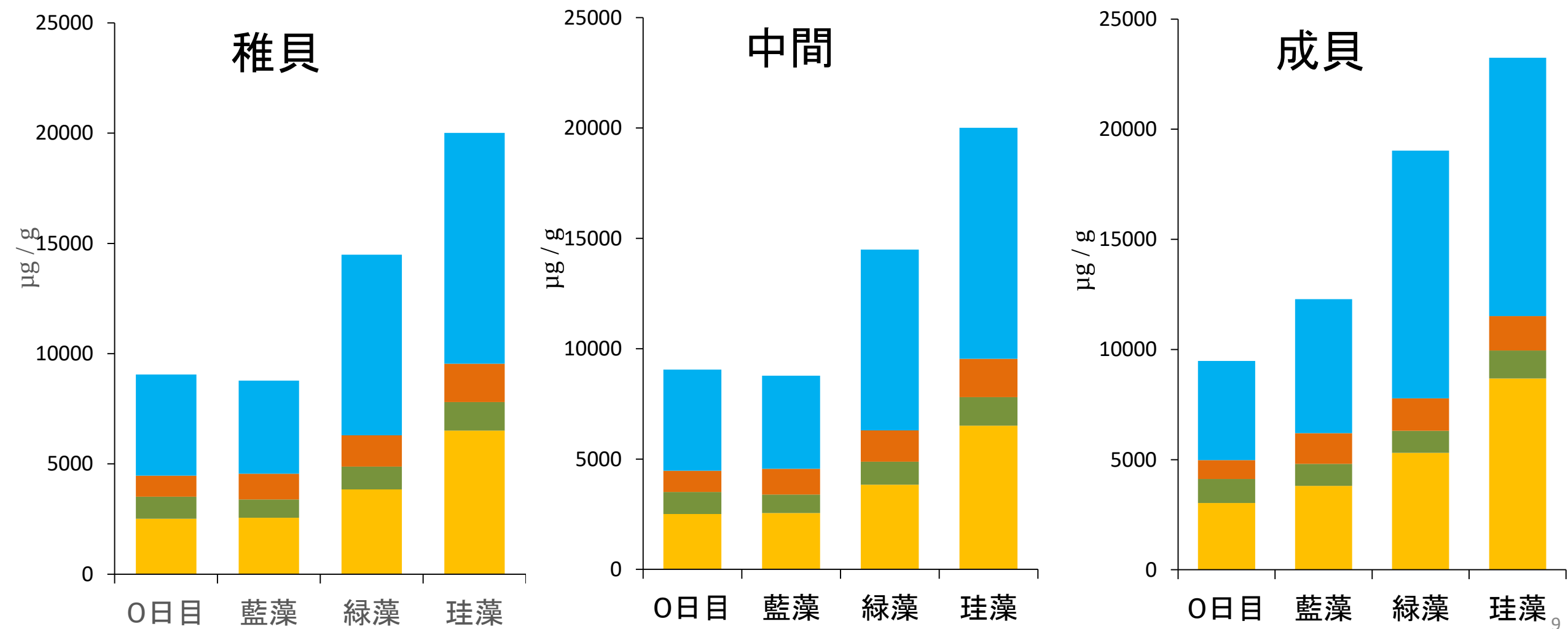


餌の各 ω -3不飽和脂肪酸含有量



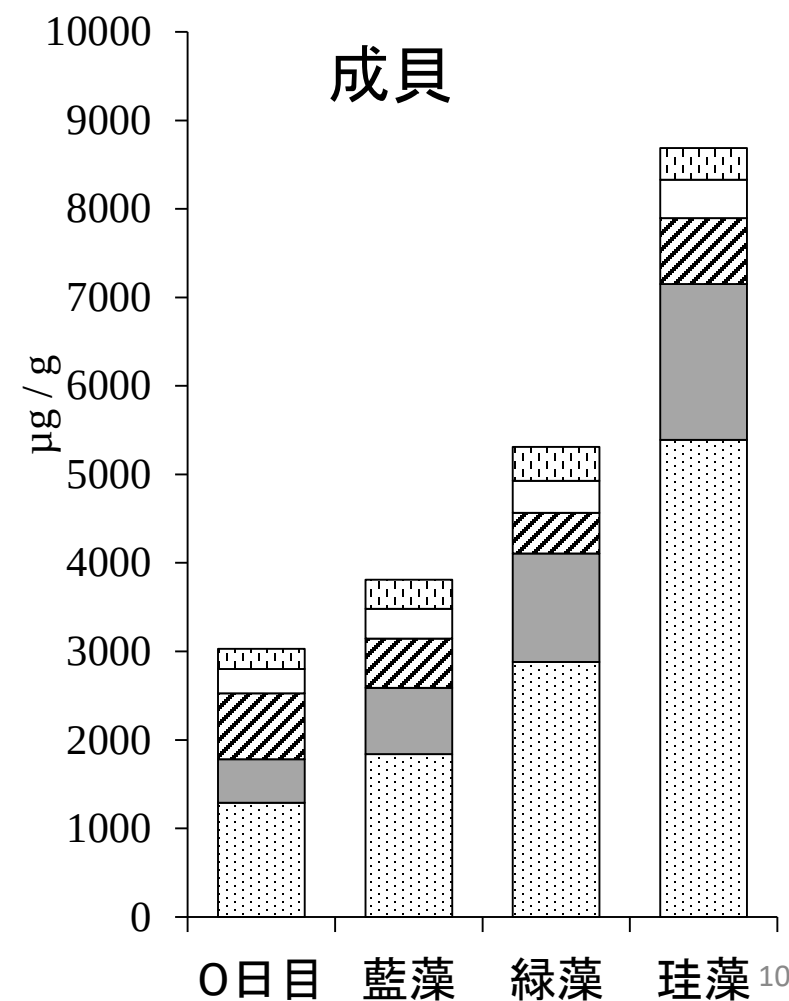
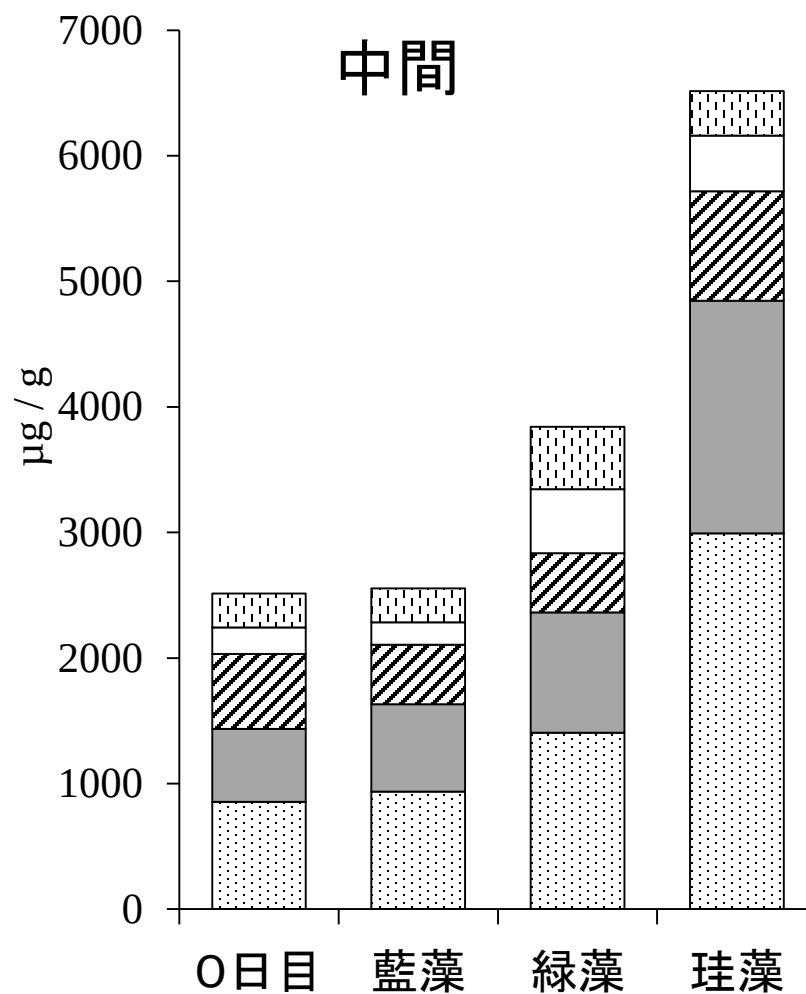
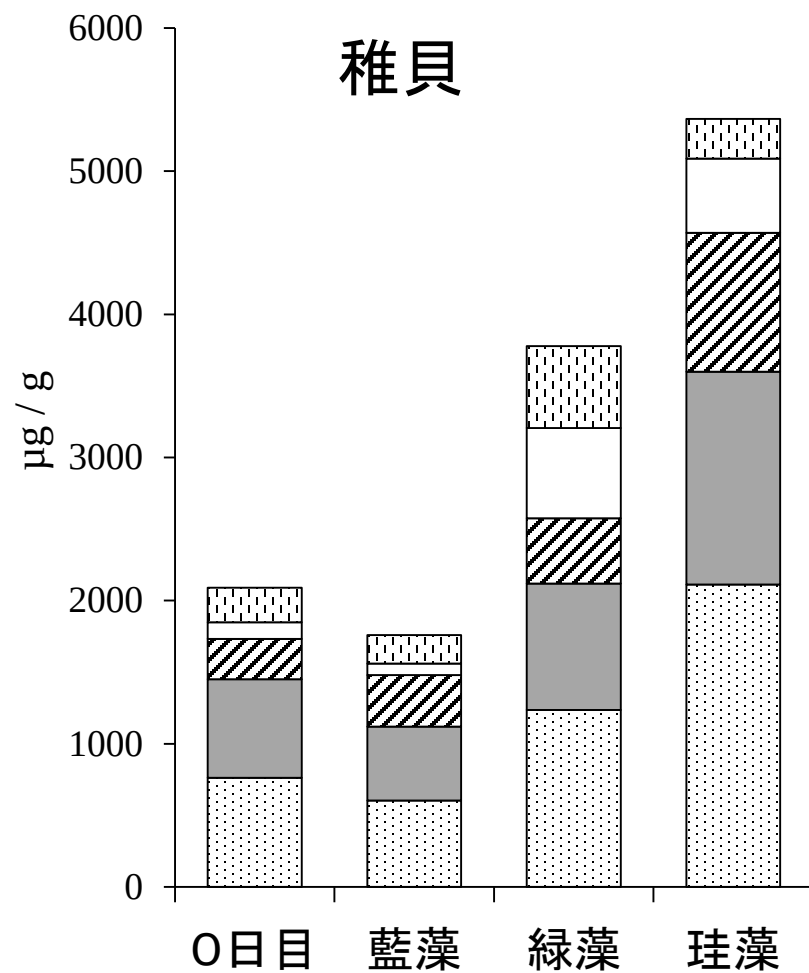
ヤマトシジミの各脂肪酸含有量

ω-3不飽和脂肪酸 ω-6不飽和脂肪酸 モノ不飽和脂肪酸 飽和脂肪酸



ヤマトシジミの ω -3不飽和脂肪酸含有量

DHA DPA DHA ステアリン酸 α リノレン酸



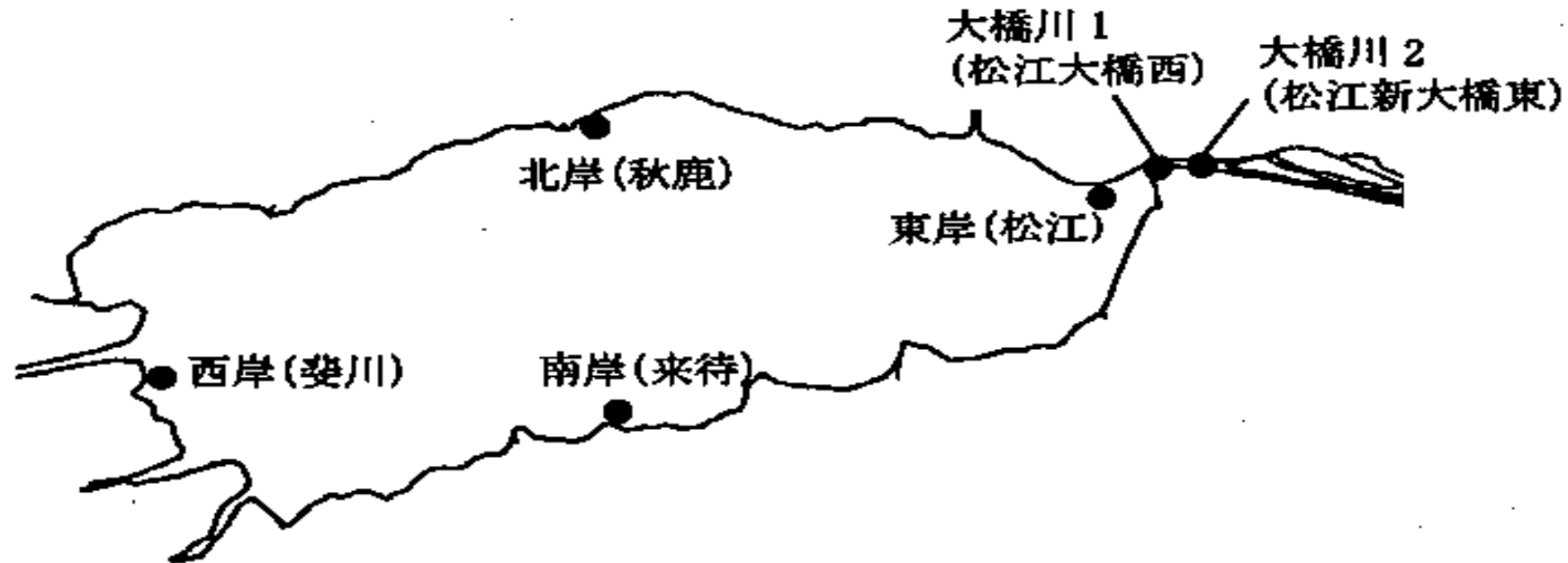
飼育実験のまとめ

- ヤマトシジミの脂肪酸量の増加は珪藻>緑藻>藍藻の順に大きかった。
- ヤマトシジミの脂肪酸組成は各殻長で変わらなかった。
- ヤマトシジミは餌の脂肪酸を直接同化するだけでなく、摂取した脂肪酸からより不飽和度の高い脂肪酸を生合成してから同化していることが明らかになった。

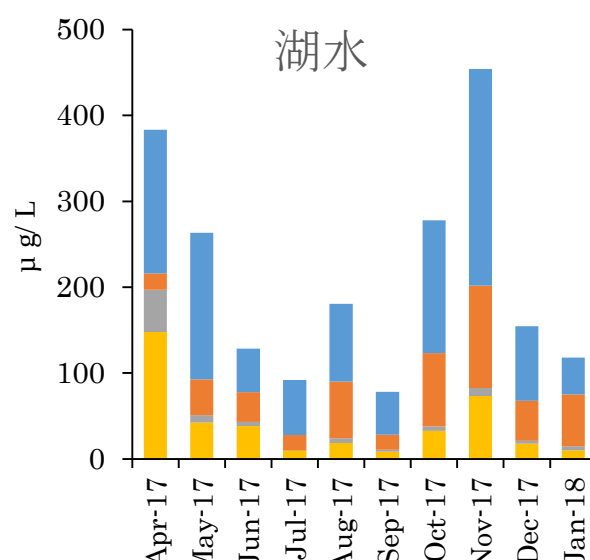
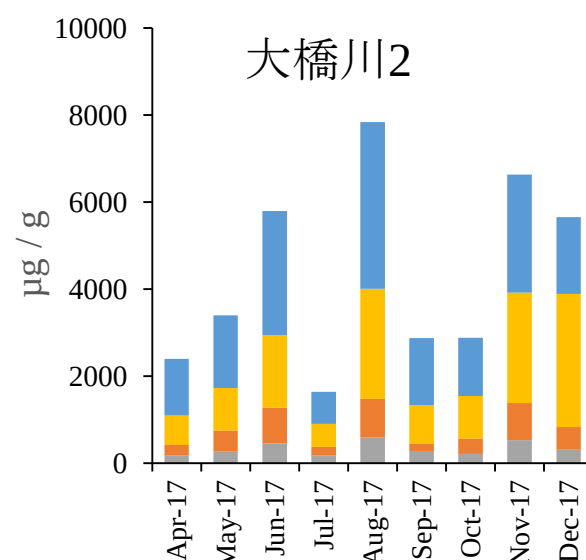
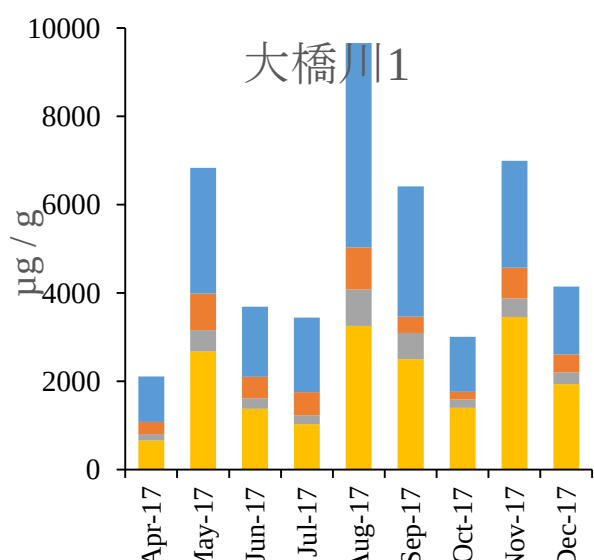
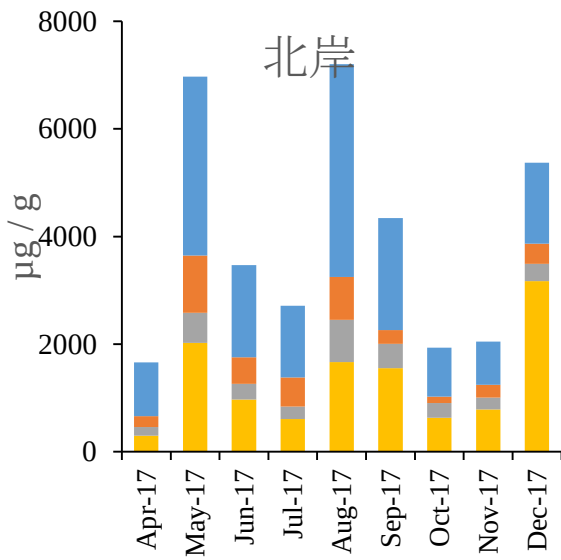
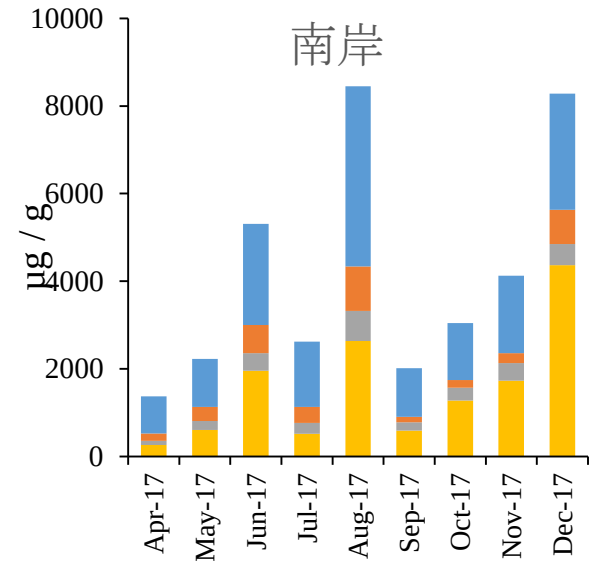
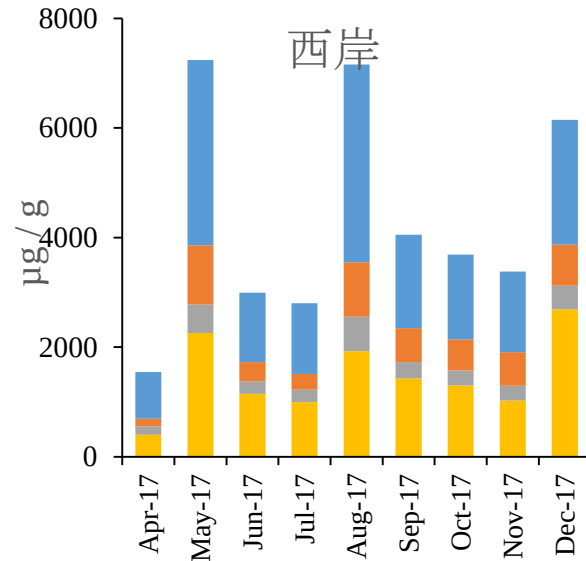
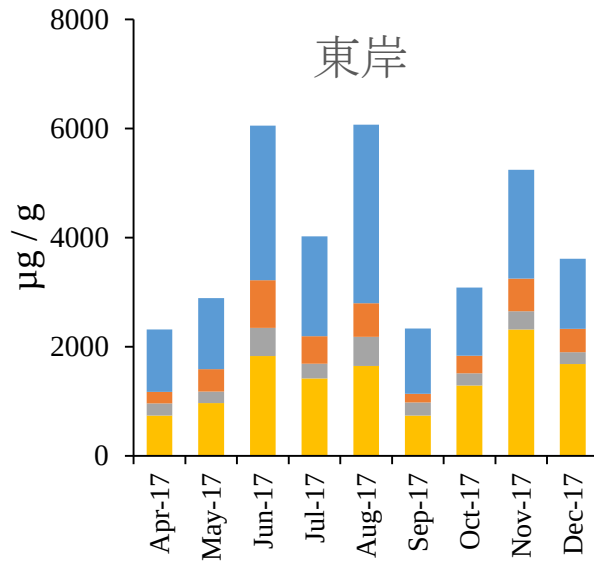
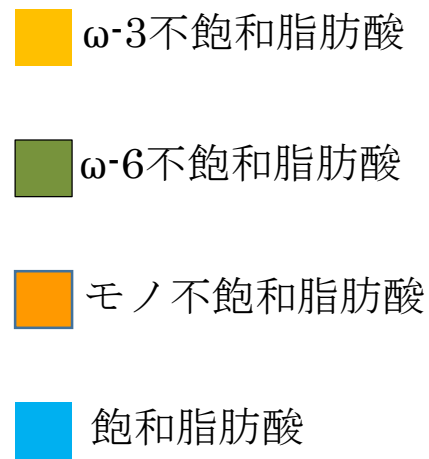
- 脂肪酸生合成能力は成長段階で異なること示された。
 - 成貝：飽和脂肪酸やモノ不飽和脂肪酸から高度不飽和脂肪酸を生合成できる
 - 稚貝：多価不飽和脂肪酸から高度不飽和脂肪酸を生合成できる。
 - 飽和脂肪酸やモノ不飽和脂肪酸から多価不飽和脂肪酸は生合成できない、もしくは生合成効率が悪いと考えられる。
- 多価不飽和脂肪酸を含まない植物プランクトンが長期間優占すると、成貝は生存することができるが繁殖量の低下や、稚貝は成長阻害がおき、肥満度の低下が起こると考えられる。

モニタリング調査の概要

- 月1回、宍道湖4地点、大橋川2地点でヤマトシジミの採取
- 同じ月に宍道湖湖心の表層水を採水

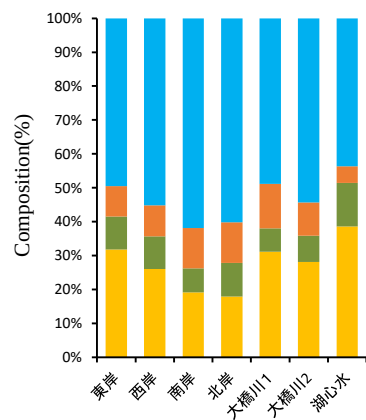


各地点のヤマトシジミの脂肪酸含有量と湖水中の植物プランクトンの脂肪酸含有量の経月変化

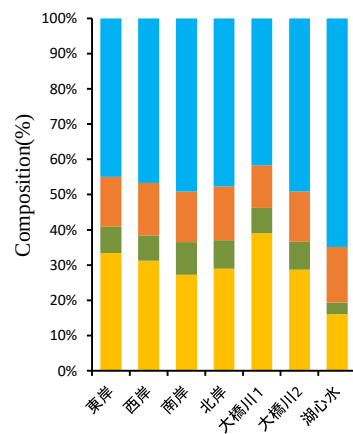


脂肪酸組成の推移

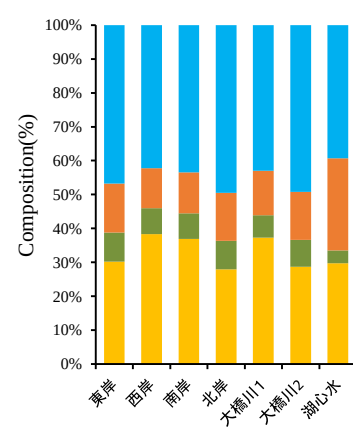
4月



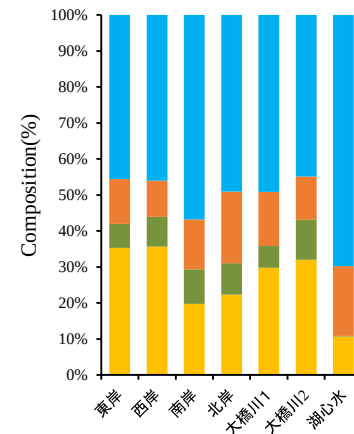
5月



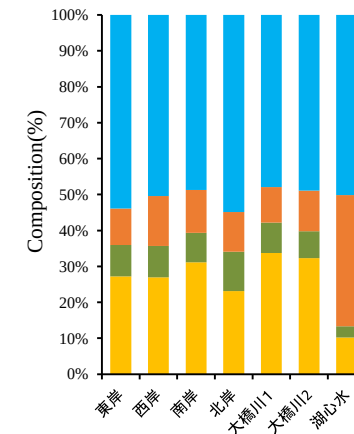
6月



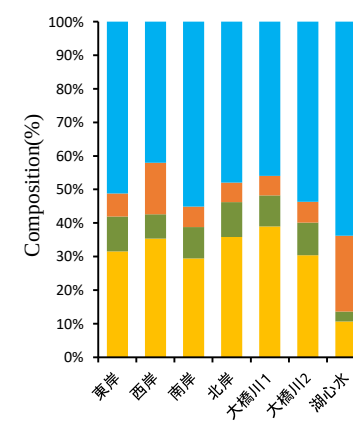
7月



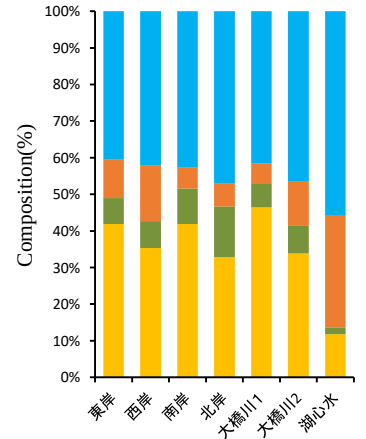
8月



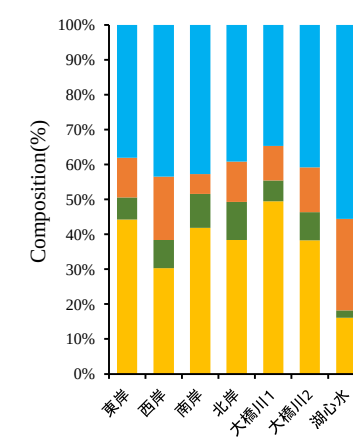
9月



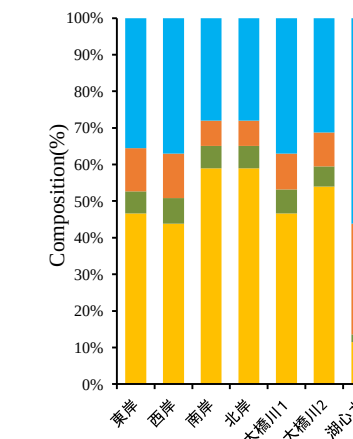
10月



11月



12月



まとめ(モニタリング調査)

- 各地点のヤマトシジミの脂肪酸組成は各月において概ね似た傾向を示していたが、湖水中の植物プランクトンの脂肪酸組成と比較すると大きく異なる月が多く、**給餌実験と同様にヤマトシジミは餌の脂肪酸を直接同化していないと考えられた。**
- ヤマトシジミの脂肪酸組成は**水温への適応性**がみられ、水温の高い夏季は融点が高い飽和脂肪酸の比率が高く、水温の低い冬季は融点の低い多価不飽和脂肪酸の比率が高くなる傾向があった。
- 冬眠前の時期に**多価不飽和脂肪酸を含まない植物プランクトン**が優占すると、**活動が制限**(肥満度の低下により潜砂行動ができなくなるなど)され生存率の低下が起こると考えられる。

他の植物プランクトンの脂肪酸組成は？

一般的に

- 藍藻類は、多価不飽和脂肪酸をあまり含有していない。
- 珪藻類は、EPAを含有している。
- 渦鞭毛藻類は、DHAを含有している。
- 緑藻類は、 ω -6不飽和脂肪酸を含有している。
- 同じ種の植物プランクトンでも生育環境が異なると脂肪酸組成は変わる。
 - 栄養が多い環境 : 不飽和度の高い脂肪酸を含有しやすくなる。
 - 栄養が少ない環境 : 飽和度の高い脂肪酸を含有しやすくなる。
- 汽水域に出現する植物プランクトンの脂肪酸に関する報告は少ない。

当研究所が継代培養している株

- 珪藻

Cyclotella cf. choctawhatcheana(SC7)

Cyclotella atomus(SC6)

- 緑藻

cf. Chlorella(HK37)

Monoraphidium circinale(SO4-2)*

Oocystis sp.(S3G22)*

Dictyosphaerium pulchellum(S3G17)*

Monoraphidium contortum(HK44)

- 藍藻

Microcystis sp. (*ichthyoblabe*)(HK33)

Microcystis ichthyoblabe (GS1)

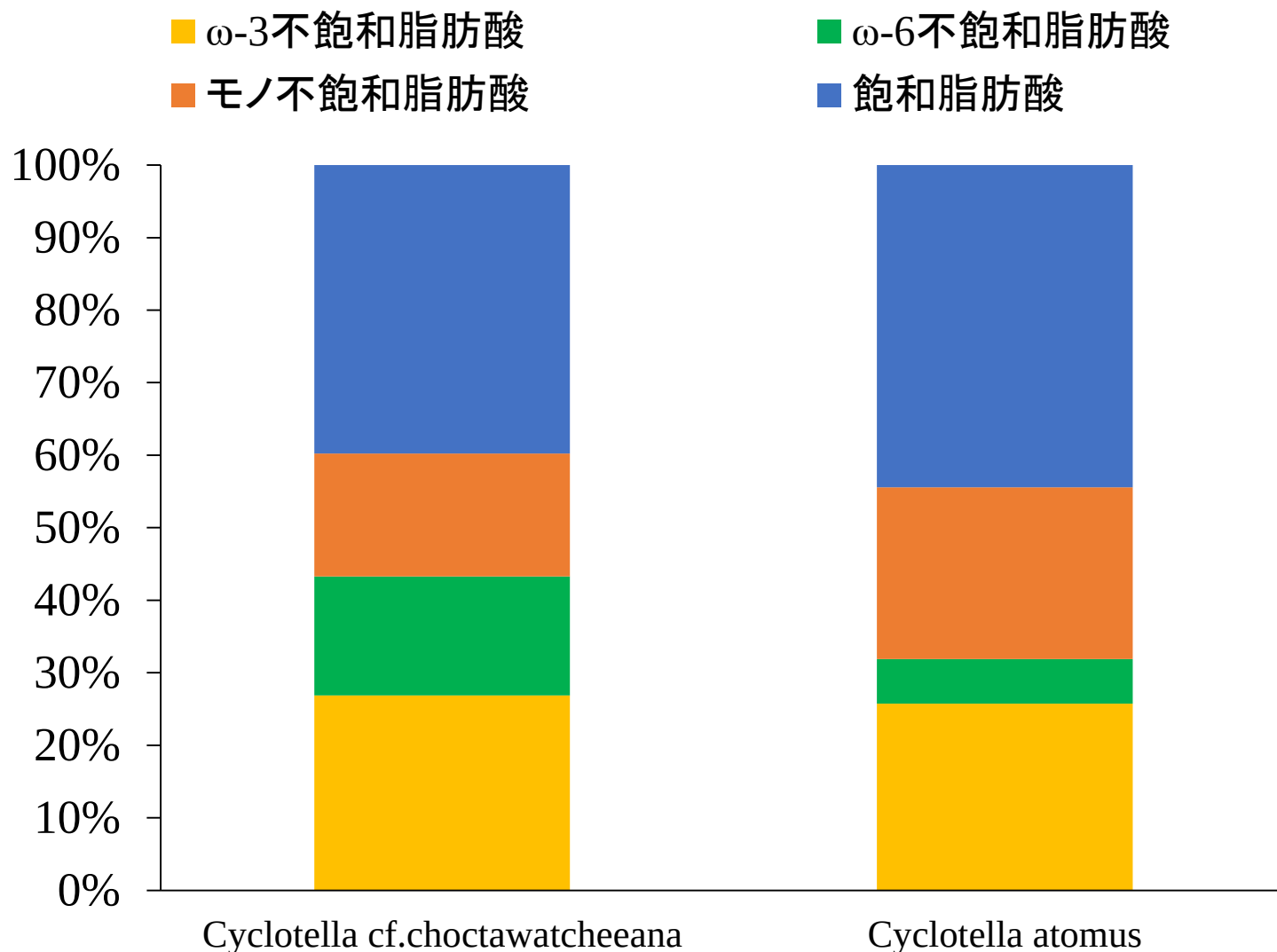
Coelosphaerium sp.(G2)

Cyanobium sp.(S3-1)

Cf. Merismopedia sp.(HK45)

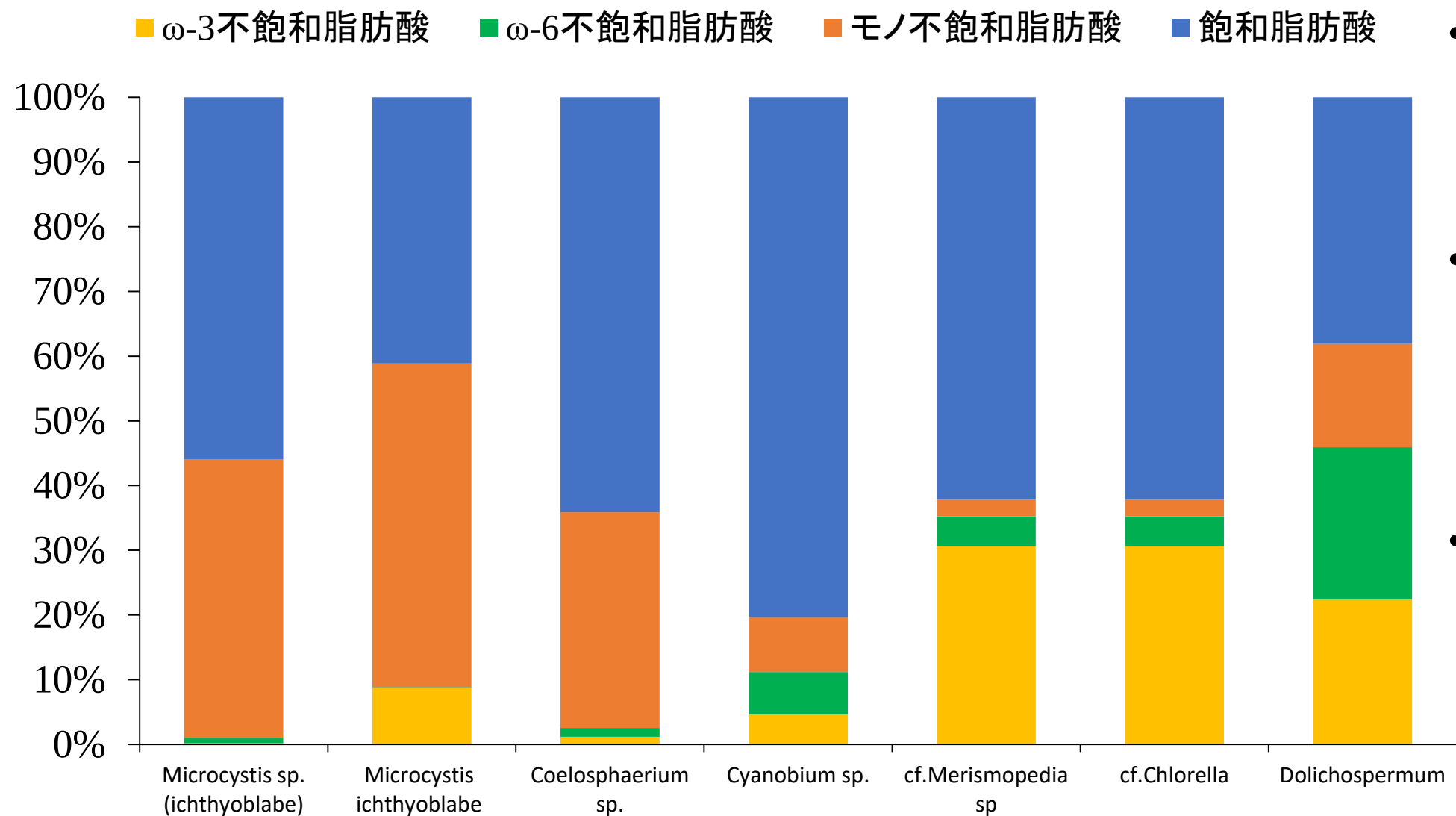
Dolichospermum(HK29)

珪藻類の脂肪酸組成



- Cyclotella類は、共に多価不飽和脂肪酸を含有していたが、高度不飽和脂肪酸を含有していなかった。
- 飼育実験に用いた *Thalassiosira pseudonana*の方が培養が容易にできた。
- 培養には大量の溶存ケイ素が必須。

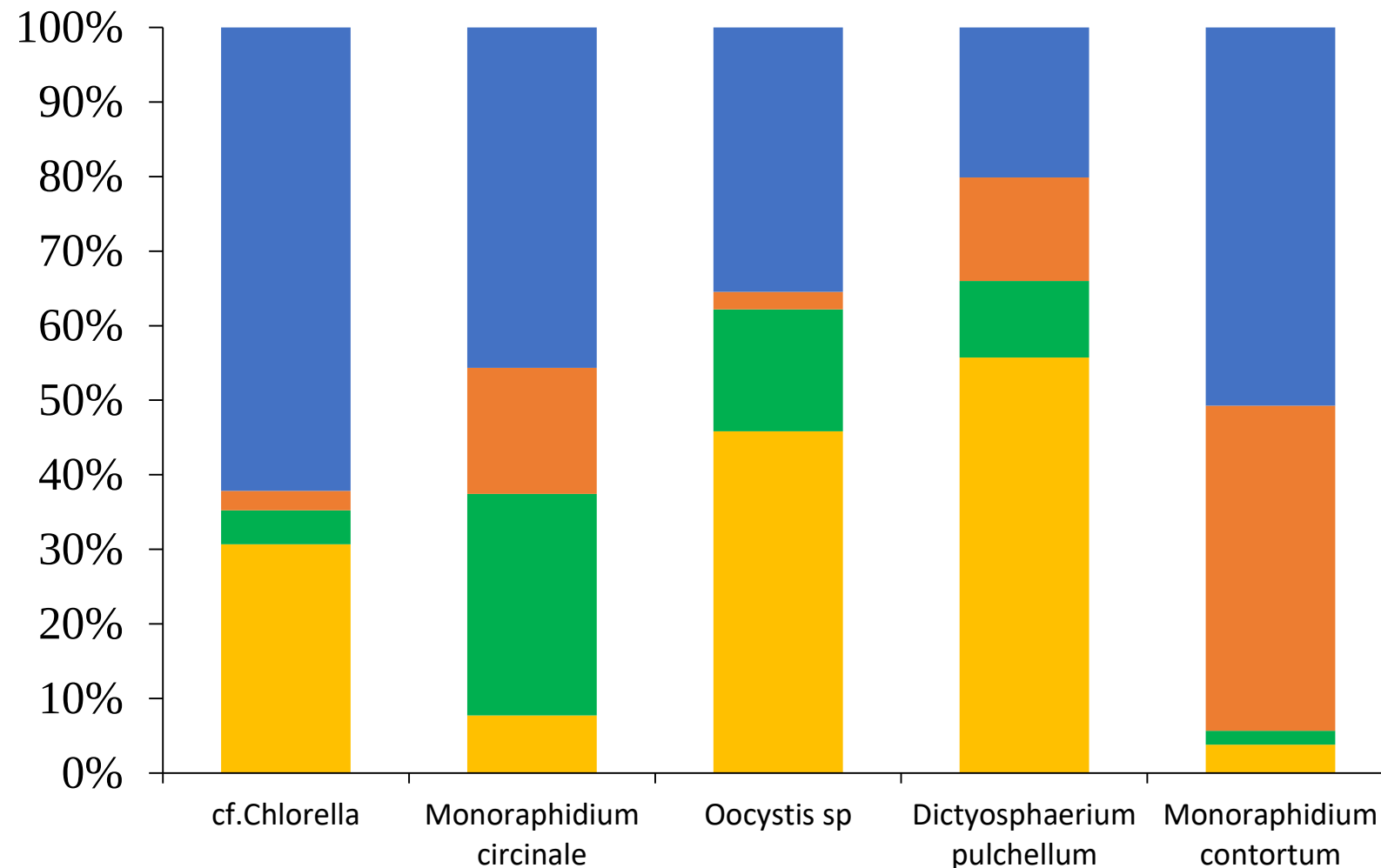
藍藻類の脂肪酸組成



- *Microcystis ichthyoblabe*は2つの株で脂肪酸組成が異なる。
- *Microcystis ichthyoblabe*は高度不飽和脂肪酸を含んでいたが、**悪臭**がする。
- 培養は条件が整えば爆発的に増加する傾向がみられた。

緑藻類の脂肪酸組成

■ ω -3不飽和脂肪酸 ■ ω -6不飽和脂肪酸 ■ モノ不飽和脂肪酸 ■ 飽和脂肪酸



- *Monoraphidium contortum*は、高度不飽和脂肪酸を含有していた。
- 緑藻類は多価不飽和脂肪酸を多く含有している傾向がある。
- 培養は、どの株でも容易にできた。

まとめ

- 様々な植物プランクトンの脂肪酸組成を調べた結果、同じ藻類、同じ種でも脂肪酸組成に違いがみられた。

○今後の課題

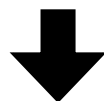
- ヤマトシジミはすべての植物プランクトンを捕食・脂肪酸を同化することができるのか？
- 魚類では、高度不飽和脂肪酸含有量の低下により、産卵量、卵の質の低下が起こること知られているが、ヤマトシジミの産卵量と脂肪酸含有量の関係については今後の研究が期待される。

アオコ調査

水環境科
加藤季晋

目的

平成22年度～24年度にかけて、穴道湖ではアオコの大量発生が連続して観測された。



日本各地の湖沼で、アオコの発生は景観や水質上の問題となっている。

しかし、穴道湖においてアオコの発生メカニズムは未解明な部分が多い。

穴道湖におけるアオコの発生メカニズムの解明が必要。



H29年度アオコ調査の計画

① 穴道湖におけるアオコ発生プロセスの解明

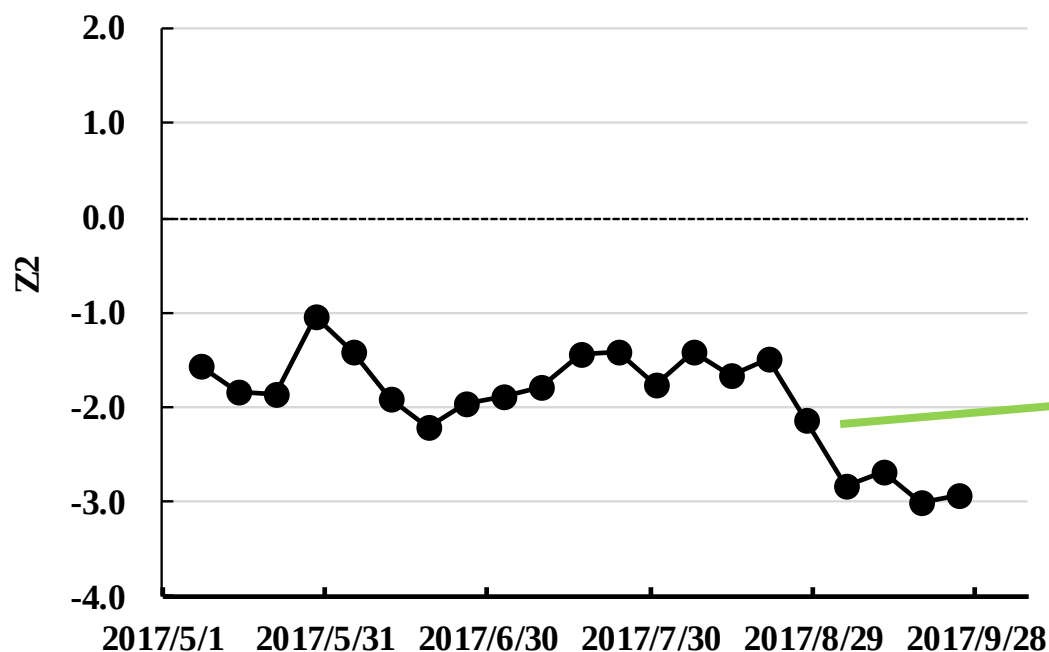
国土交通省のテレメータシステムの情報（水分水質データベース）を活用し、アオコ判別式（Z2）により一ヶ月後に穴道湖においてアオコが発生するか予測を行い、判別式が「+」になったら穴道湖調査を1～2週に1回のペースで行う。

② 穴道湖流域のため池のアオコに関する調査

穴道湖流域のため池のアオコ調査及び室内実験を行う。
室内実験の手順は、ろ過した穴道湖水をオートクレープで滅菌し、これに大池で発生したアオコを入れて培養する。これを、顕微鏡で観察し評価する。

夏季調査の結果

○ アオコ式（Z2）の推移



マイナスの
値で推移

アオコ判別式（一か月後のアオコ発生の有無）

$$Z2 = -0.000908 (\text{Cl-}_1) - 0.000498 (\text{Cl-}_2) + 0.346 (\text{WT}_1) - 6.37$$

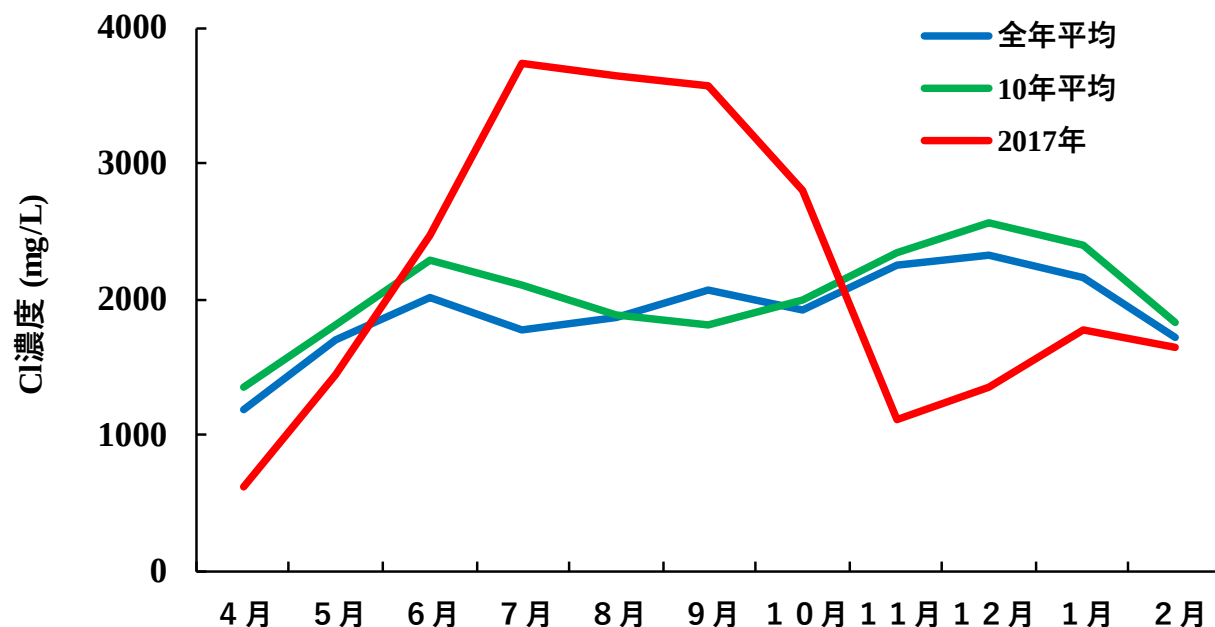
当月のCl-

前月のCl-

当月の水溫

夏季調査の結果

○ 穴道湖表層における塩分濃度の平成29年と過去平均の比較



過去のデータと比べて、夏季（7月～10月）塩分濃度が高い



2017年は水温が上がる夏季に塩分が高く推移したため、アオコが発生しなかった

夏季調査の結果

○ 夏季の穴道湖湖心において観察された藻類の一例

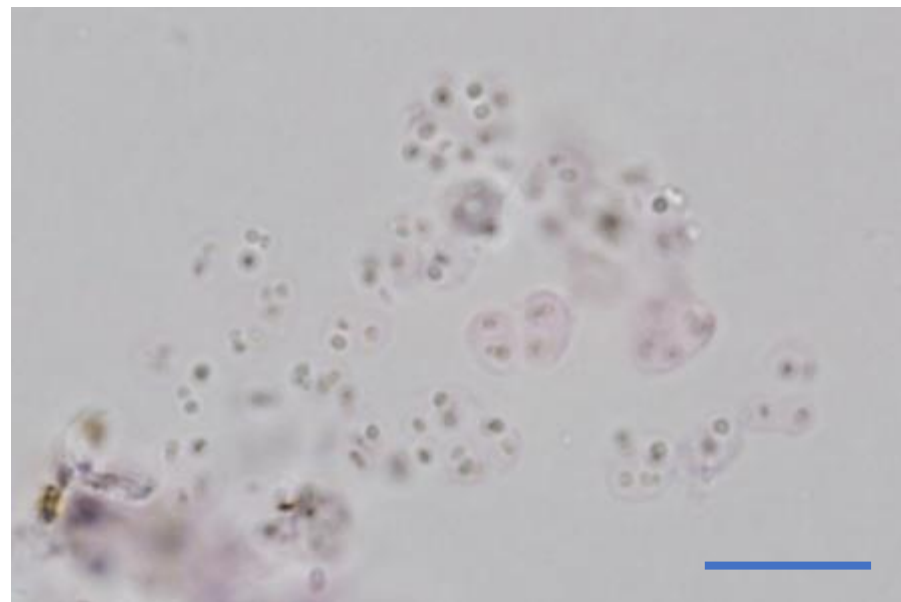
珪藻

Cyclotella spp.



藍藻

Aphanothece sp.



(ムチカーミン染色)

緑藻

Monoraphidium contortum



様々な藻類が普通程度に確認された

夏季調査のまとめ

○ 国交省テレメデータを用いたアオコ判別式によるアオコ発生予測

平成29年5月～9月はアオコ判別式Z2はマイナスであり、その要因は夏季の穴道湖の塩分が高く推移したことが考えられる。

○ 穴道湖湖心の顕微鏡の観察結果

植物プランクトンの定期的な検鏡観察を行ったが、*Microcystis*種（アオコ形成種の一つ）は見られなかった。

Aphanizomenon sp. によるアオコ発生

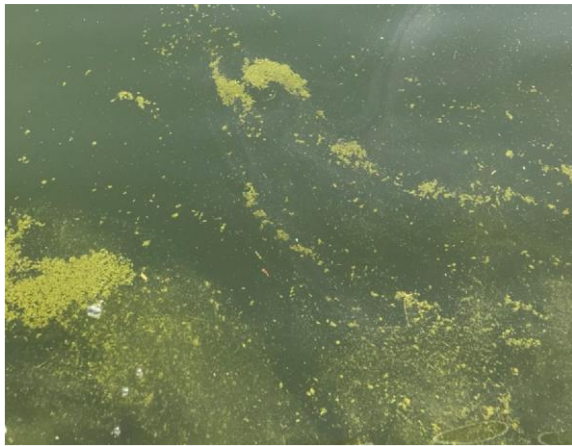
○ 経緯

日付	アオコ発生レベル	発生場所	発見者
10月1日	なし		
11月1日	レベル1	穴道湖湖心・斐伊川	保環研
11月9日	レベル1	穴道湖湖心	保環研
11月17日	レベル1	穴道湖湖心	保環研
11月25日	レベル2	穴道湖西岸、南岸、北岸の数か所	漁協
11月27日	レベル2	穴道湖西岸、南岸、北岸の数か所	保環研
12月4日	レベル2	穴道湖湖心、東岸、南岸、北岸の数か所	保環研
12月7日	レベル1	大橋川	国交省
12月15日	レベル2	穴道湖のほぼ全域	保環研
1月16日	顕鏡でわずかに	穴道湖湖心	保環研
2月1日	なし		

11月から12月にかけて穴道湖において*Aphanizomenon* sp. を確認
1月以降は、アオコの確認情報なし

Aphanizomenon sp. について

現場で撮ったアオコ



2017.11.25 穴道湖西岸

顕微鏡で撮った写真



2017.12.15 穴道湖湖心付近で採水したもの
左：対物10倍、右：対物100倍



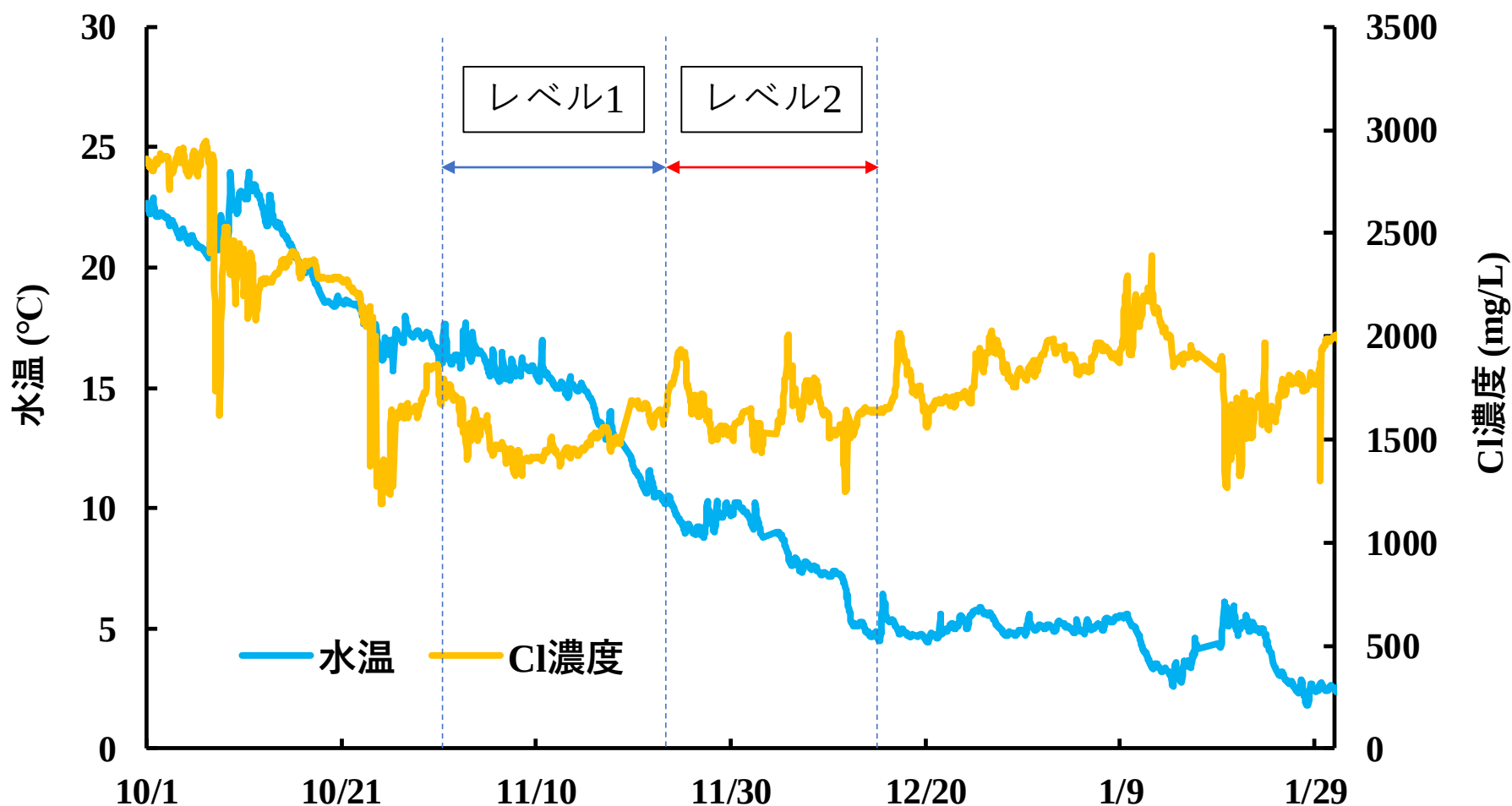
2017.12.15 穴道湖湖心付近



2018.1.15
穴道湖湖心で採水

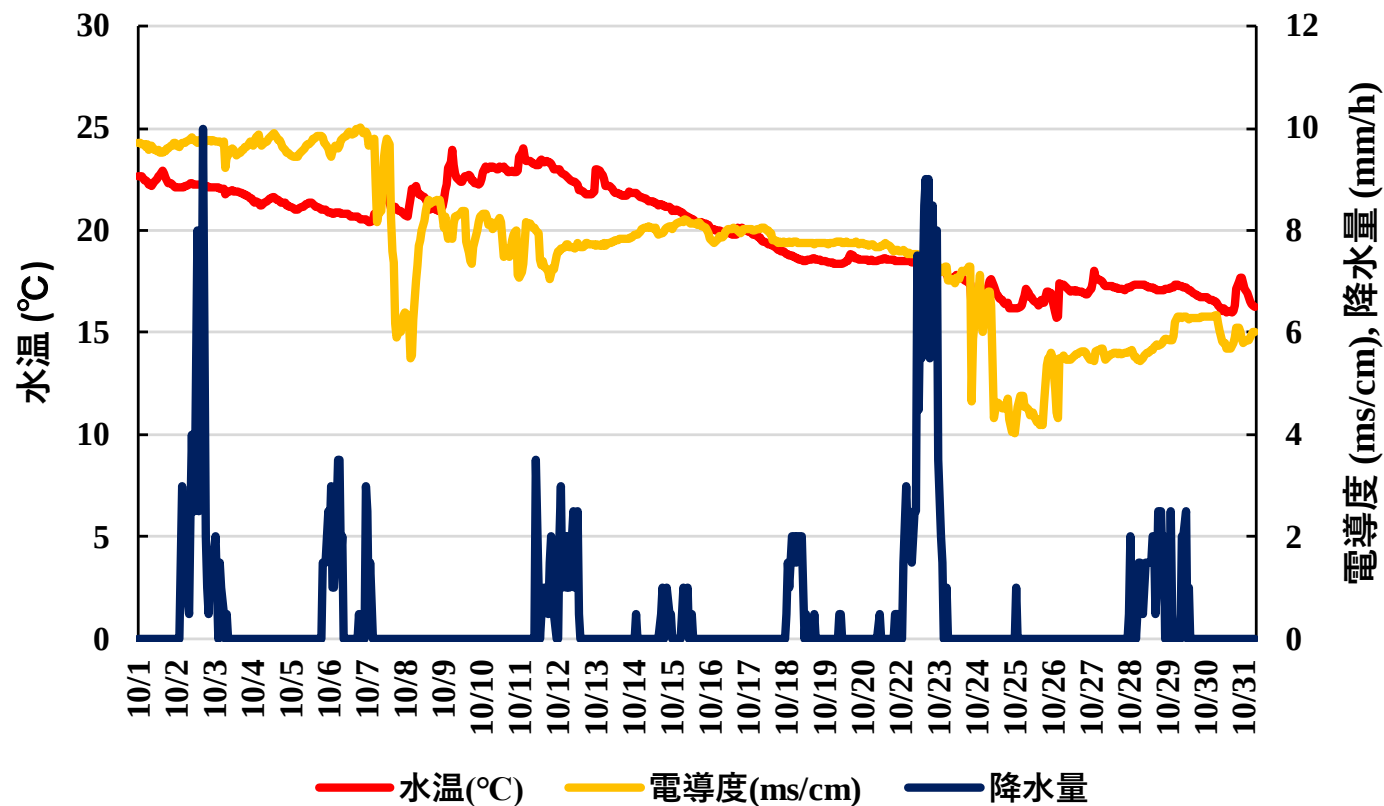
穴道湖の水質の変化

- 穴道湖東部の表層における水温とCl濃度の変化
(島根大学 エスチュアリー研究センター提供)



穴道湖の水質の変化

○ 10月の水質と降水量の経時変化

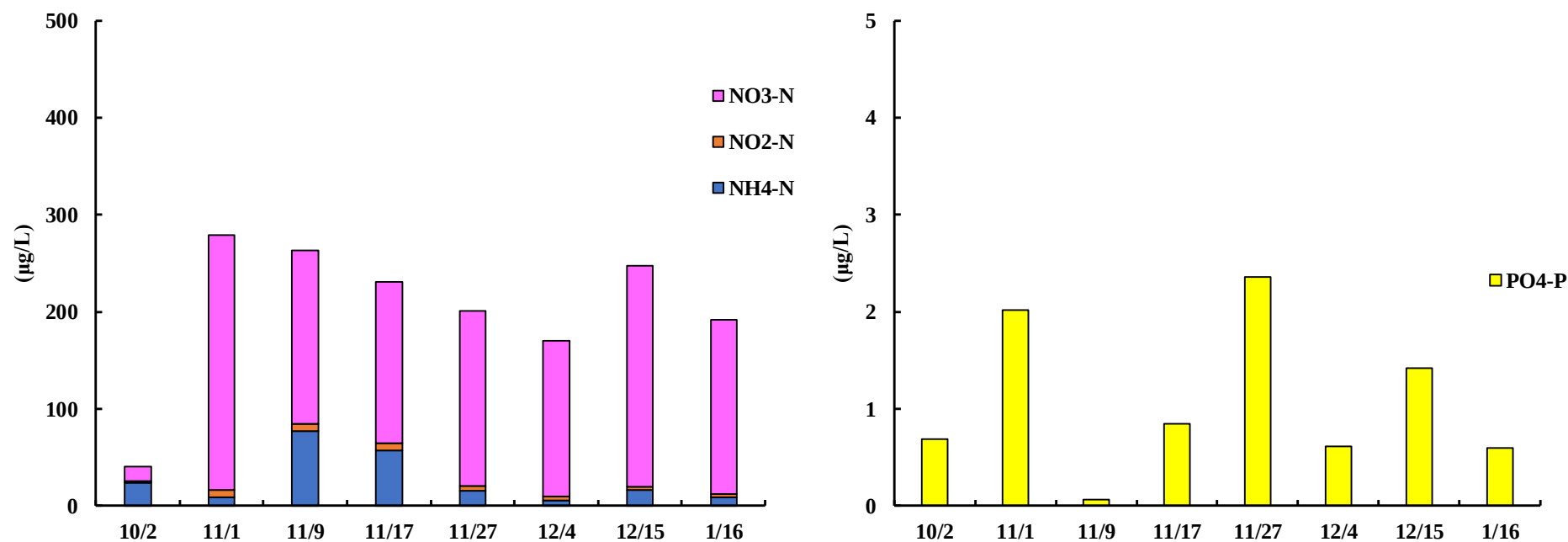


降水量のデータ
気象庁過去データ
観測地点：松江

10月は台風等の影響により降水量が多かった。これにより、穴道湖の塩分が下がり、11月以降は塩分が低い状況が続いた

穴道湖の栄養塩の変化

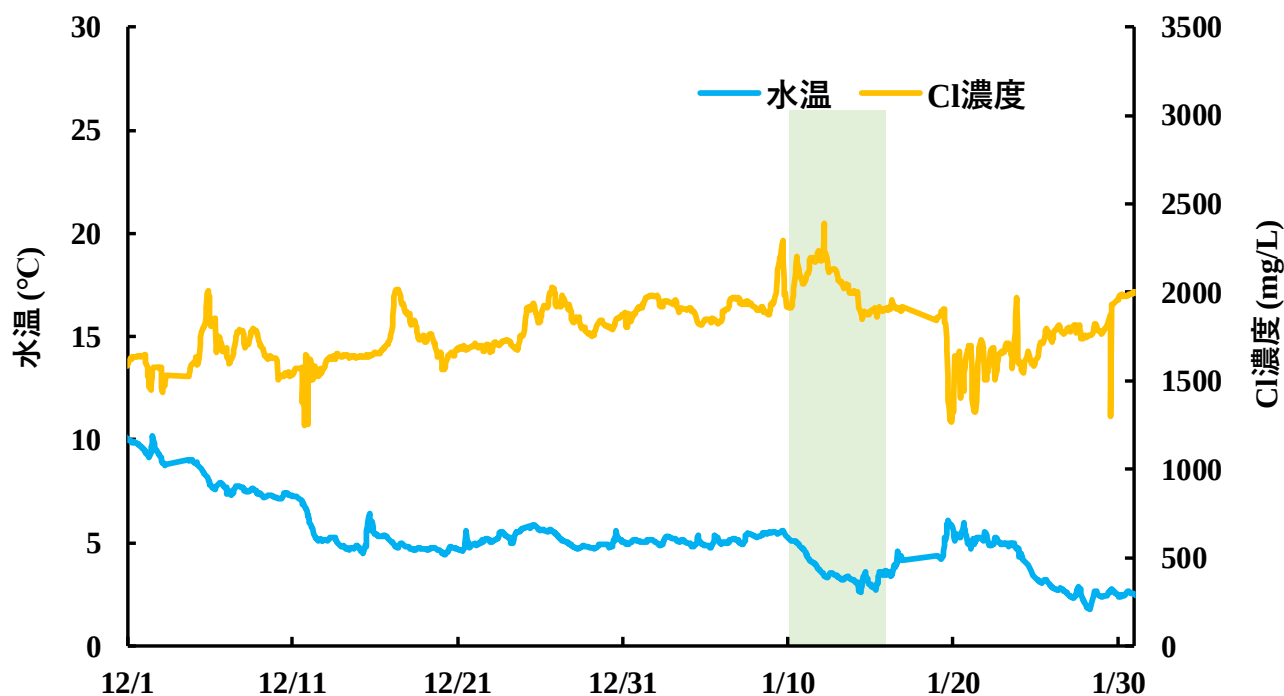
○ アオコ発生前から消失（10～1月）までの栄養塩の変化



アオコが確認された11月以降穴道湖では溶存無機態窒素（特に硝酸態窒素）が豊富に存在していた

穴道湖の現況

- ・ 12月下旬以降アオコの確認情報はなし
- ・ その原因は不明だが、水温がさらに低下したこと、塩分がわずかに上昇したことが考えられる



まとめ

○ 11月にアオコの発生 → *Aphanizomenon* sp. によるもの

今まで穴道湖で*Aphanizomenon* sp. 発生した報告はなく
穴道湖で初めてアオコ化した

○ アオコ発生の原因

- ・ 10月中旬台風に伴う集中豪雨で塩分が急激に低下
(定期調査 (CL) 10月3000mg/L→11月1500mg/L)
- ・ この種は比較的低温下でも生息可能という報告あり
- ・ 加えて、11月以降穴道湖では硝酸態窒素が豊富に存在した

○ 穴道湖の現況

- ・ 12月下旬以降アオコの確認情報はなし

今後の予定

○ *Aphanizomenon* sp. の単離培養株の作成

島根大学の大谷先生と協力し、単離培養を行っている
現在、4株ほど作成できており、別の種が混入していないか
確認中

○ *Aphanizomenon* sp. の単離培養株を用いた実験

汽水域で*Aphanizomenon* sp. によるアオコ発生例はほとんどなく、水温・塩分耐性についての知見はほとんどない



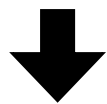
単離培養株を用いた水温・塩分耐性実験や遺伝子解析を行うことで、宍道湖におけるアオコ発生・消失の原因や流入起源の究明に向けて調査していく

穴道湖流域のため池の調査

穴道湖において、アオコ形成種の起源は知られていない。
起源として考えられるものは、湖底堆積物や流入河川等が考えられている。

穴道湖中海流域のため池等でアオコの発生が報告されている
(尾原ダム、布部ダム、古志池(松江)、大池(松江))

アオコ発生が報告されている
大池では、降雨等で穴道湖へ
流入する可能性がある。



大池でのアオコ調査を行った。

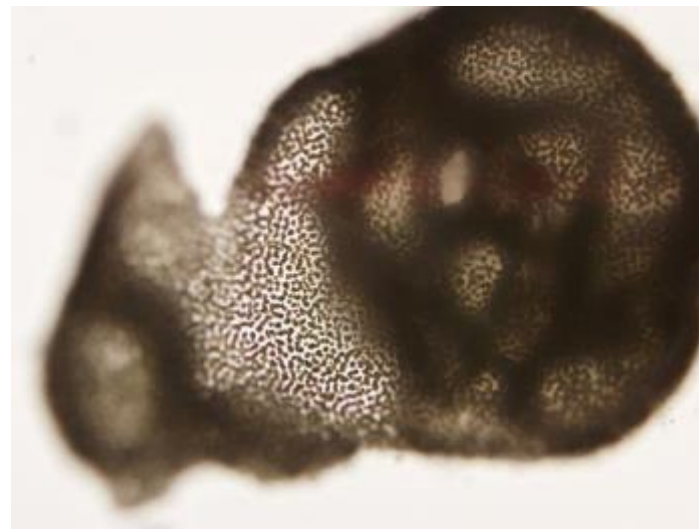


大池のアオコ調査の結果

- ・ H29年度の大池のアオコ
現地写真



顕微鏡で撮った写真
(*Microcystis* sp.)

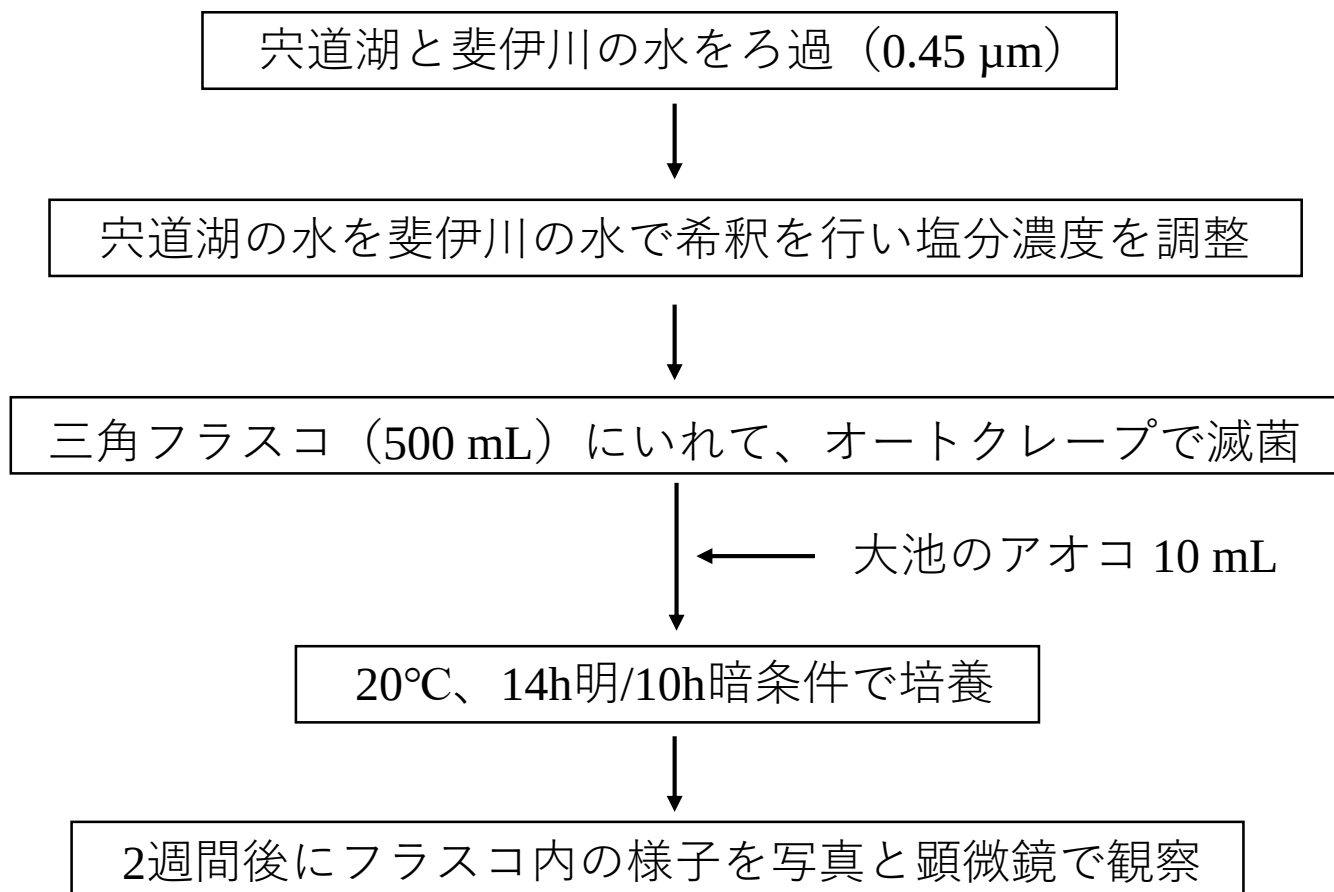


- ・ 大池では平成29年5月末から11月の水抜きまでアオコを確認
- ・ 池水よりアオコ形成種である「*Dolichospermum* sp.」
「*Microcystis* sp. (*aeruginosa*), (*wesebbergii*), (*novacekii*)」を確認

大池のアオコを使った培養実験

・室内実験の手順

ろ過した穴道湖水をオートクレープで滅菌し、これに大池で発生したアオコを入れて培養する。顕微鏡で観察し評価する。



培養実験の結果

○ 穴道湖のろ過滅菌水でアオコを培養

珪藻の一種が優先的に増殖していた
アオコ形成種はほとんど観察できなかった



培養に使用した穴道湖水の塩分がア
オコが発生していた時期よりも高い

顕微鏡で撮った写真
(羽状珪藻の一種)



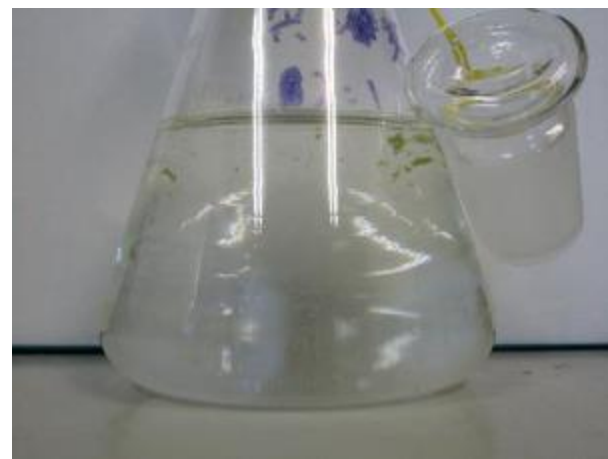
穴道湖のろ過滅菌水を斐伊川のろ過滅菌水で希釈を行い、塩分を調製して培養を行った

培養実験の結果

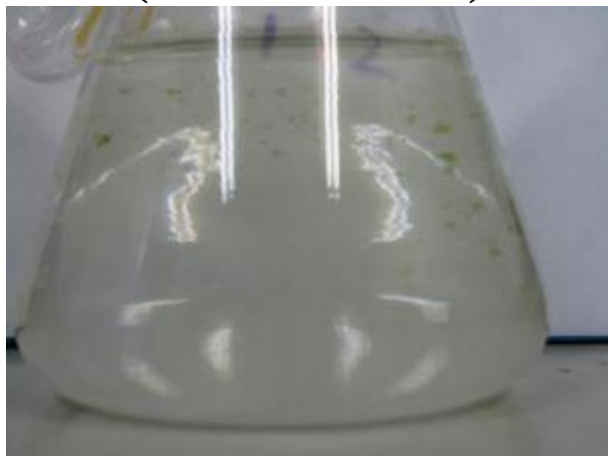
穴道湖水のみ
(EC=11.21 mS/cm)



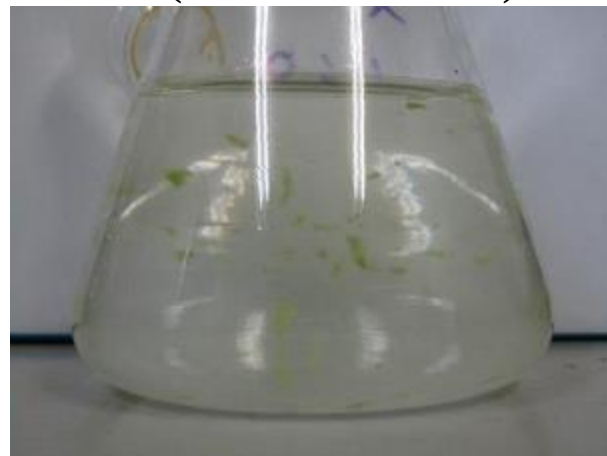
2/3穴道湖水
(EC=7.82 mS/cm)



1/3穴道湖水
(EC=4.15 mS/cm)



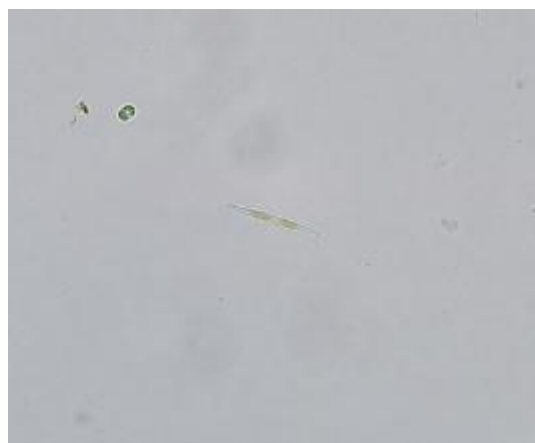
斐伊川水のみ
(EC=0.09 mS/cm)



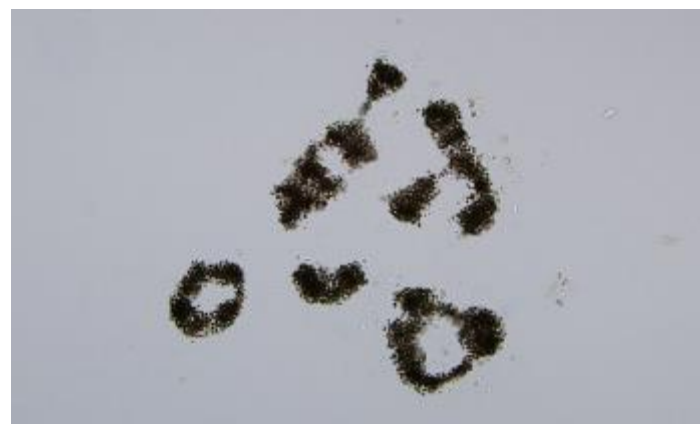
培養実験の結果

顕微鏡で撮った写真

羽状珪藻の一種



Microcystis sp.



希釈したろ過滅菌水ではアオコが生存していた
顕鏡したところ、アオコは*Microcystis* sp.が多かった

淡水のため池にも多少の塩分耐性を持つアオコ形成種が存在する可能性がある

今後の予定

○ 低塩分の宍道湖のろ過滅菌水でアオコを培養

斐伊川のろ過滅菌水を使用せず、できるだけ現場の環境を再現して培養を行う

○ ため池のアオコ形成種の単離培養株を用いた実験

様々なアオコ形成種の単離を行う

単離培養株を用いて水温・塩分耐性実験を行い、種ごとの塩分耐性を比較



宍道湖流域のため池等で発生したアオコの宍道湖水中における消長を確認することで、アオコ形成種の起源の解明につなげたい

表 1 昨年度と今年度の計算条件

項目	H28 年度 WG	H29 年度 WG (今回の発表)
計算期間(助走計算)	2011/9/1 0:00 ～2012/1/1 0:00	2011/9/1 0:00 ～2012/1/1 0:00
計算期間(本計算)	2012/1/1 0:00 ～2013/1/1 0:00	2012/1/1 0:00 ～2014/1/1 0:00
塩分初期値[psu] (2011/9/1 0:00 の値)	30	30
水温初期値[℃] (2011/9/1 0:00 の値)	18	18
外洋との境界条件 (水温[℃])	季節変動より推定	季節変動より推定
外洋との境界条件 (塩分[℃])	一定値 33psu	一定値 33psu
外洋との境界条件 (潮位[℃])	美保関測点における 1 時間ごとの 観測値	美保関測点における 1 時間ごとの 観測値
気象条件 (気温・降水量・日照・風)	松江観測点における 1 時間ごとの観測値	松江観測点における 1 時間ごとの観測値
鉛直拡散係数最大値[m ² /s ⁻¹] viscosity_v	2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻³
鉛直熱拡散[m ² /s ⁻¹] diffusion_t_v	2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁴
鉛直塩分拡散[m ² /s ⁻¹] diffusion_s_v	2.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁴
計算メッシュサイズ[m] 南北方向 × 東西方向	200m × 200m	200m × 200m
河川流量の与え方 (斐伊川)	上島測点の流量を使用	上島測点の流量を使用
河川流量の与え方 (斐伊川以外)	斐伊川との流域面積比をかけて 推定	水質調査の結果と斐伊川流量の 比に降水量の影響を考慮し推定
その他	佐陀川の流入を考慮	佐陀川は考慮しない

【H28 年度 WG との相違点】

(1) 宍道湖・中海に流入する河川流量の与え方を変更しました。

昨年度 WG の計算ではダムの放水量などのデータや流域面積比を参考にして河川流量を算出していましたが、今年度の計算では、1997 年～2007 年に行われた各河川の水質調査における流量の実測値と斐伊川の流量を比べ、さらに測定日直前 2 日間と当日の降水量による流量の増分を推定しました。

斐伊川以外の河川の流量を Q_i [m³/s]、斐伊川の流量を Q_H [m³/s] とすると、各河川の対斐伊川流量比 F_i は以下の通りとなります。

$$F = \frac{Q_i}{Q_H}$$

表 2 では、水質調査の結果と斐伊川の流量を比較して求めた、斐伊川と各代入河川との流量比を示しました。

表 2 各河川と斐伊川の流量比 F

飯梨川	意宇川	船川	五右衛門川	朝酌川	新建川	佐々布川	来待川
0.100	0.053	0.100	0.025	0.038	0.024	0.012	0.012
加茂川	忌部川	伊野川	玉湯川	伯太川	吉田川	意東川	羽入川
0.063	0.022	0.004	0.015	0.087	0.052	0.009	0.002

一方、斐伊川の流量と降雨量の関係から、降雨量が増えるにつれどれほど斐伊川の流量が増えるかを算出しました。図 1 は斐伊川の流量と、上流の大東観測点における直前 2 日間及び当日の降雨量合計の関係を示しています。図 1 のグラフにおいては 2012 年のデータを用いて計算を行いました。

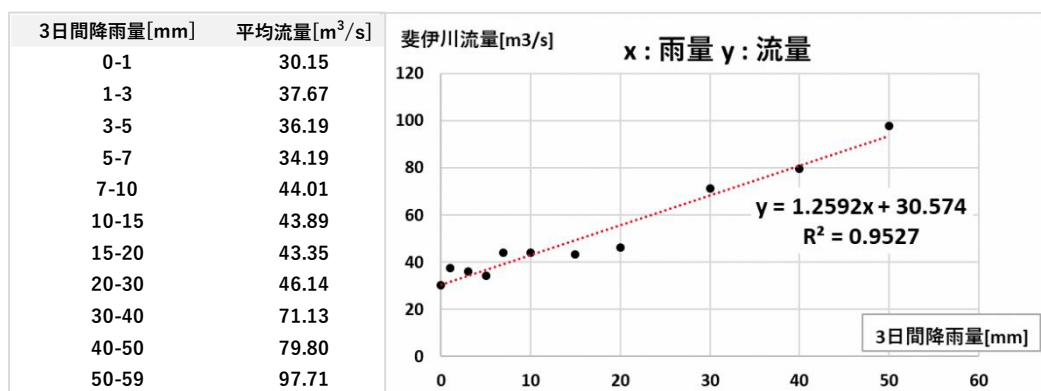


図 1 斐伊川流量と上流の大東観測点における直前 2 日間及び当日の降雨量合計の関係

表 2 で示した流量比を F_i とし、直前 2 日間及び当日の降雨量合計を $R[\text{mm}]$ としたとき、河川流量 $Q^*_i [\text{m}^3/\text{s}]$ は図 1 の結果より以下の通りとなります。

$$Q^*_i = 1.26 \times F_i \times R + 30.6 \times F$$

(2) 鉛直拡散係数の最大値等、鉛直方向の拡散に関するパラメーターを調整しました。

鉛直の混合が十分でないと考え、主に鉛直方向の拡散に関するパラメーターを調整しました。今回の計算では、表 1 に示している通りの値で計算を行いました。昨年の計算より拡散しやすくなっています。ただし、現状でこの値が最適値であると決定したわけではないため、今後この数値を変えて計算を行う可能性があります。

(3) 佐陀川の流入を考慮しないようにしました。

国土交通省中国地方整備局の斐伊川水系河川整備計画により、佐陀川は本来穴道湖から日本海に向かう向きに流れていることが分かったため、河川水の流入がないようにしました。モデル上では、河川からの水の吸い出しも可能であるため、今後斐伊川から佐陀川を通して日本海に流出する流れについて考慮することもできます。

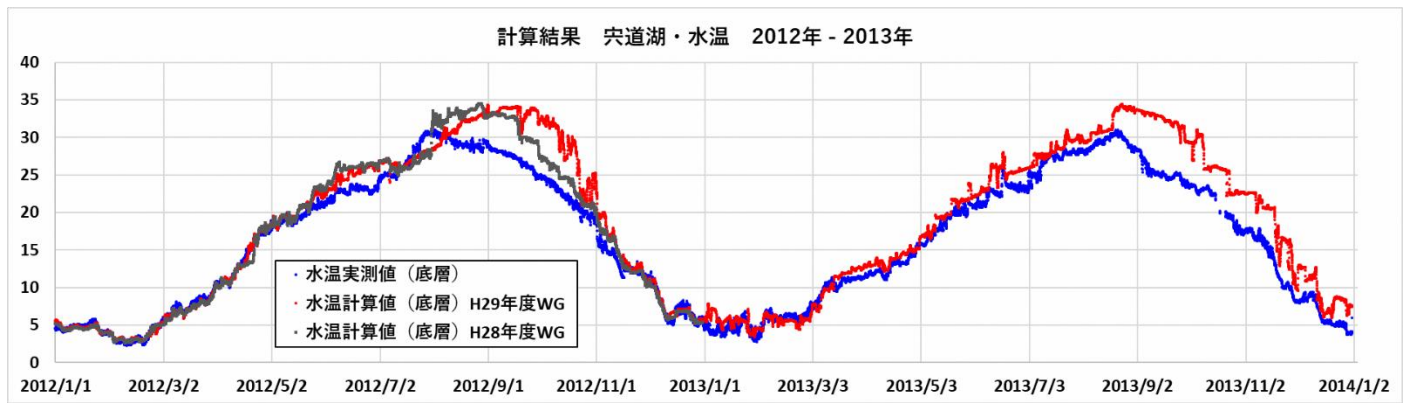


図2 計算結果 穴道湖表層・水温 2012年-2013年

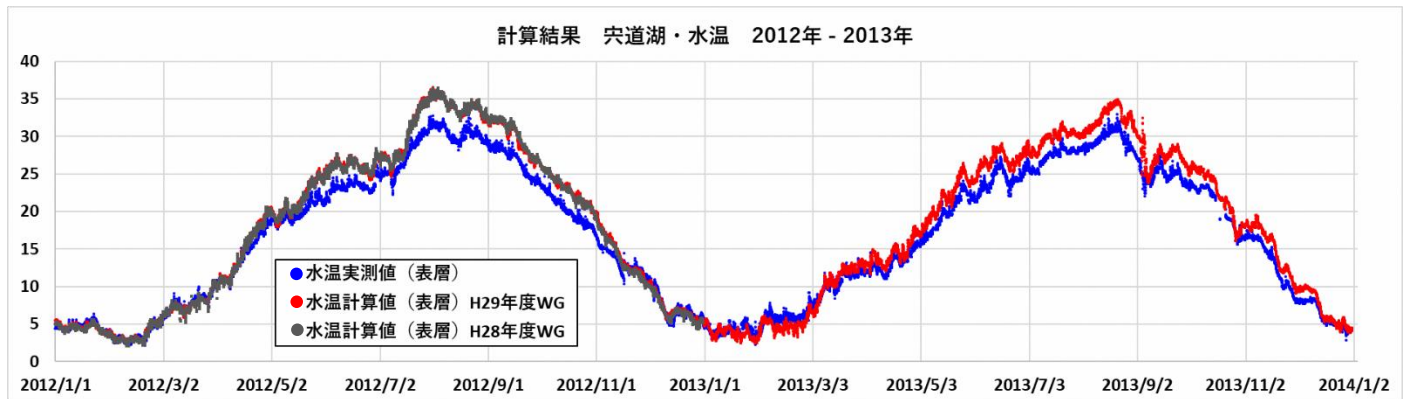


図3 計算結果 穴道湖底層・水温 2012年-2013年

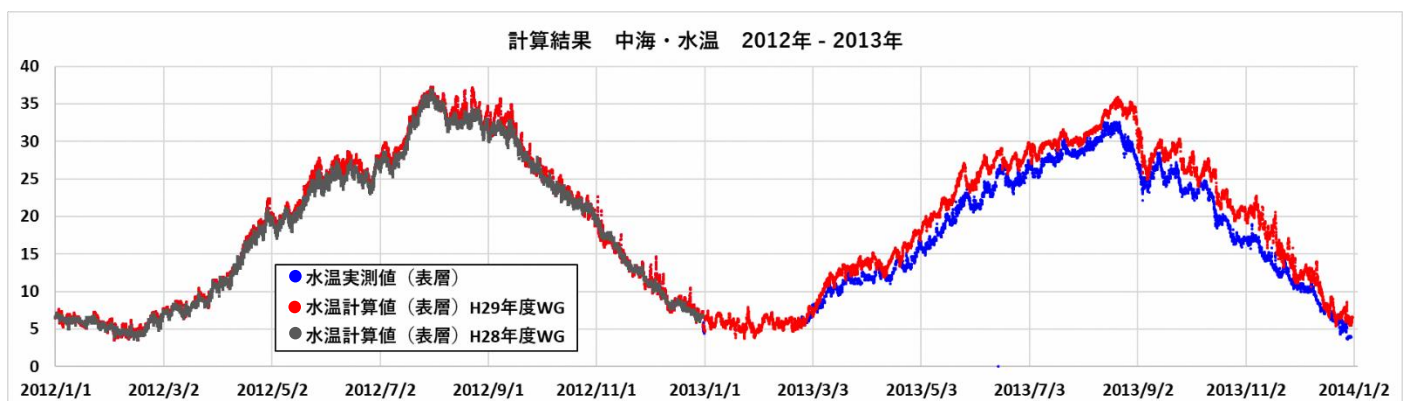


図4 計算結果 中海表層・水温 2012年-2013年

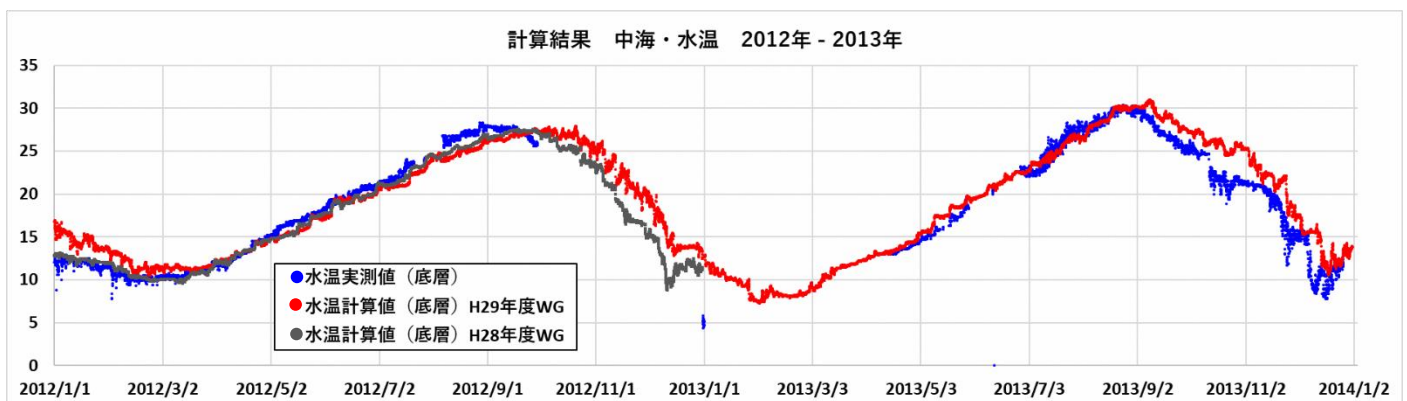


図5 計算結果 中海底層・水温 2012年-2013年

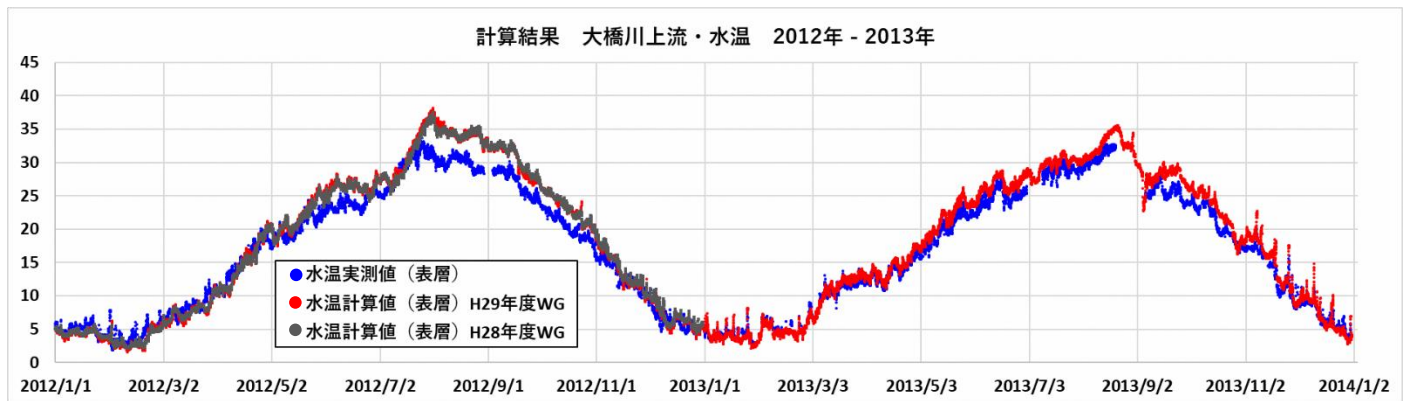


図 6 計算結果 大橋川上流表層・水温 2012 年-2013 年

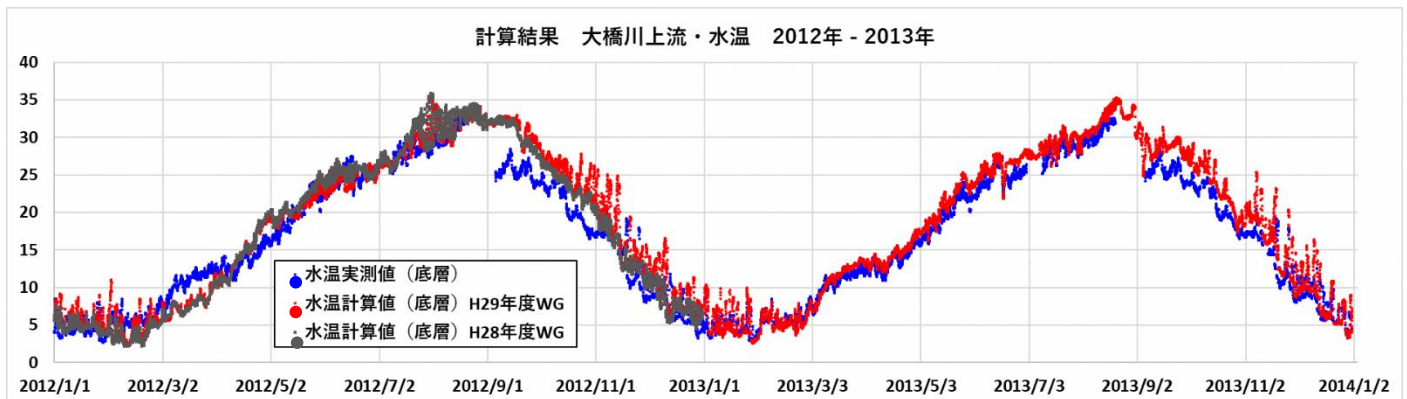


図 7 計算結果 大橋川上流底層・水温 2012 年-2013 年

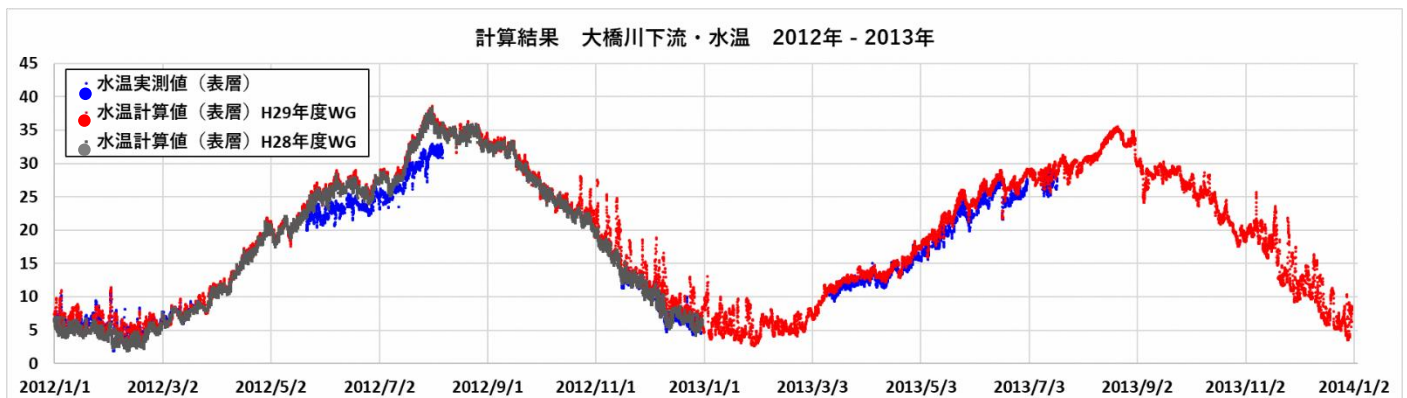


図 8 計算結果 大橋川下流表層・水温 2012 年-2013 年

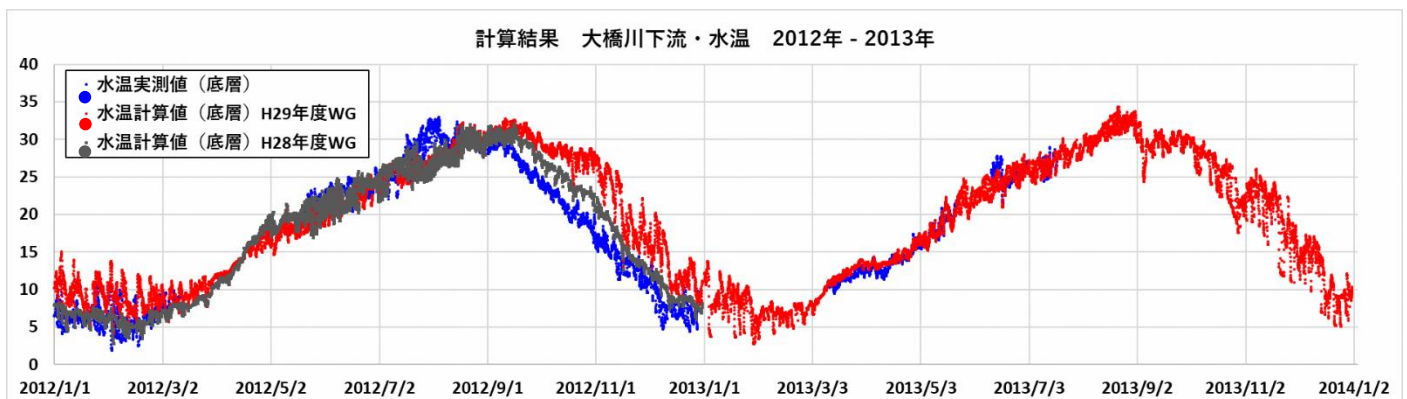


図 9 計算結果 大橋川下流底層・水温 2012 年-2013 年

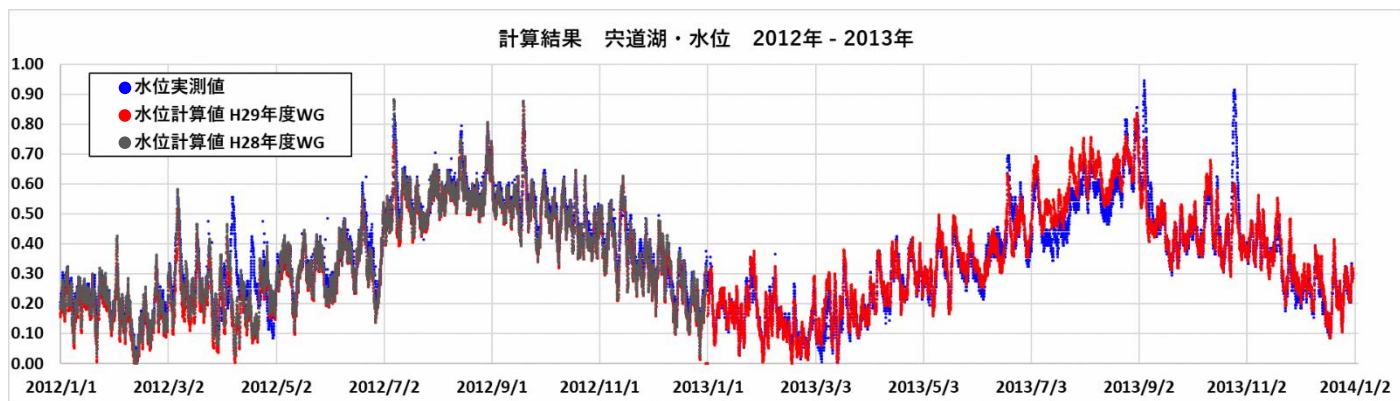


図 10 計算結果 穴道湖・水位 2012年-2013年

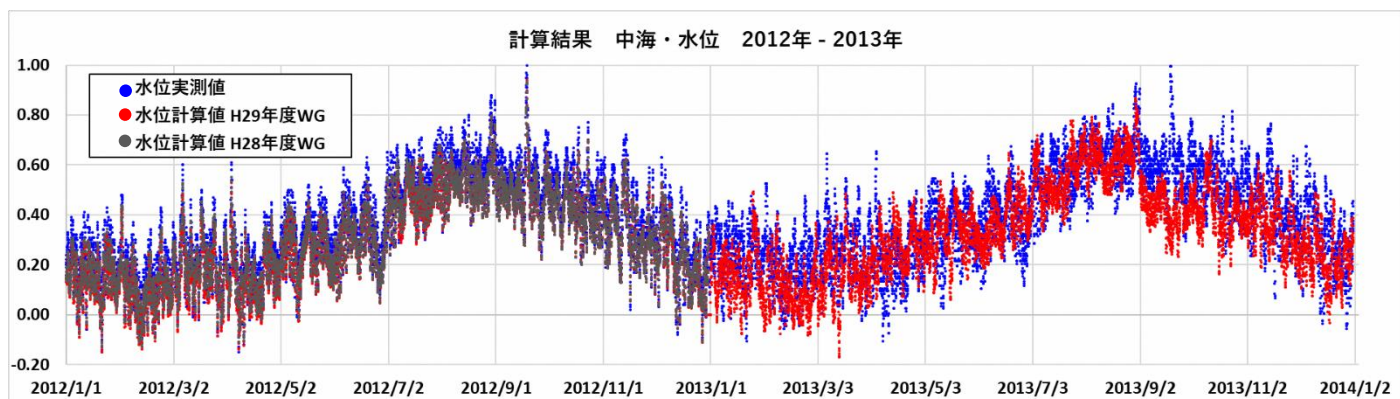


図 11 計算結果 中海・水位 2012年-2013年

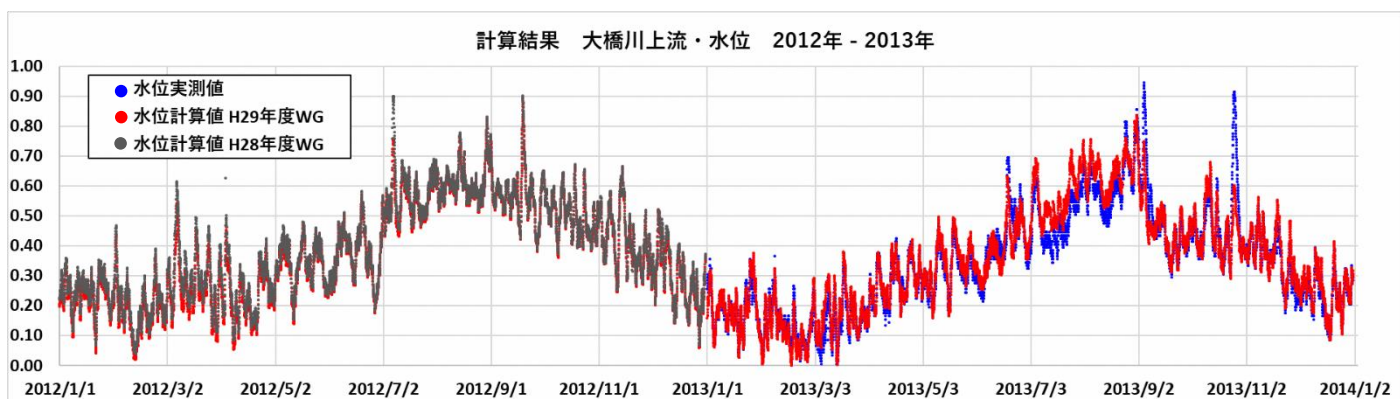


図 12 計算結果 大橋川上流・水位 2012年-2013年

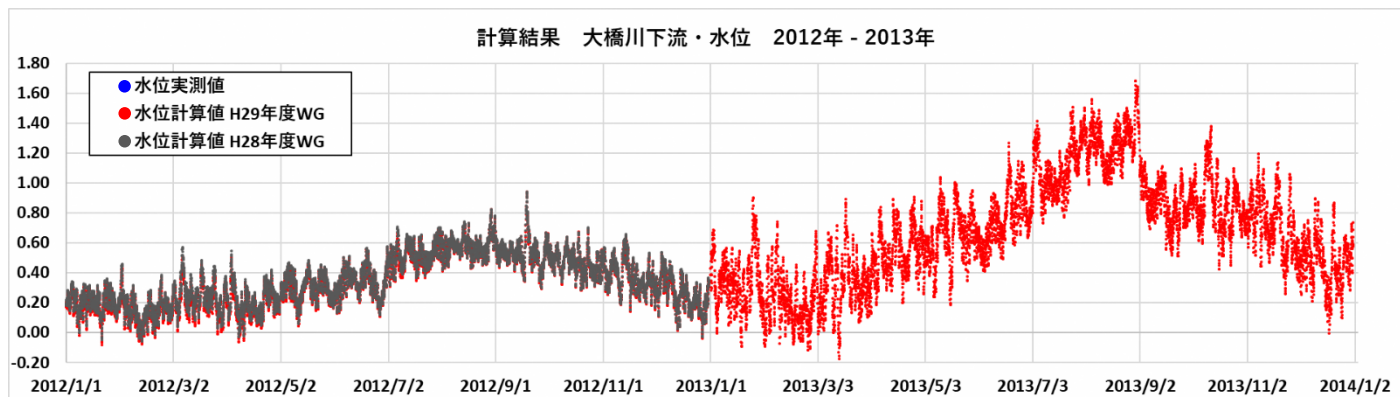


図 13 計算結果 大橋川下流・水位 2012年-2013年

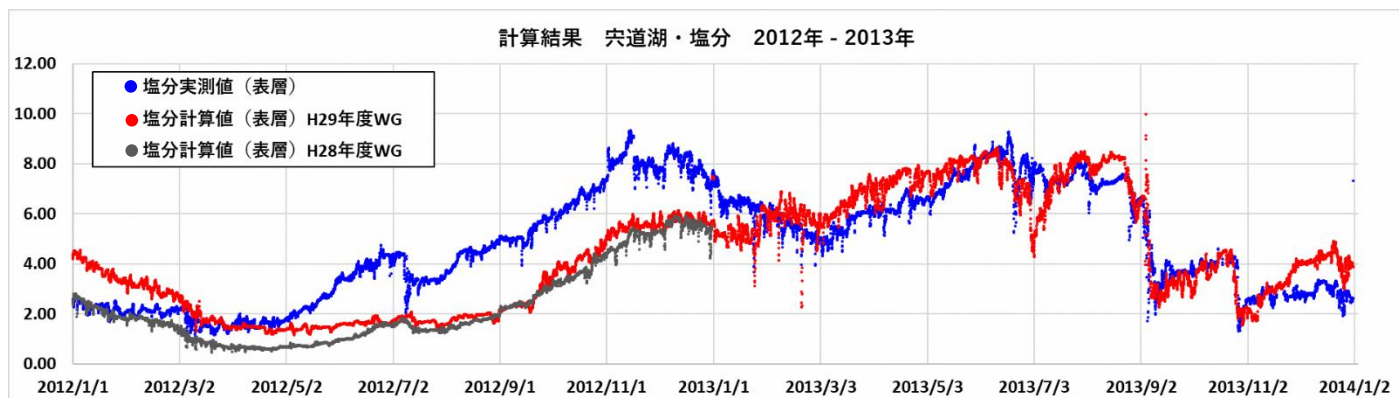


図 14 計算結果 穴道湖表層・塩分 2012 年-2013 年

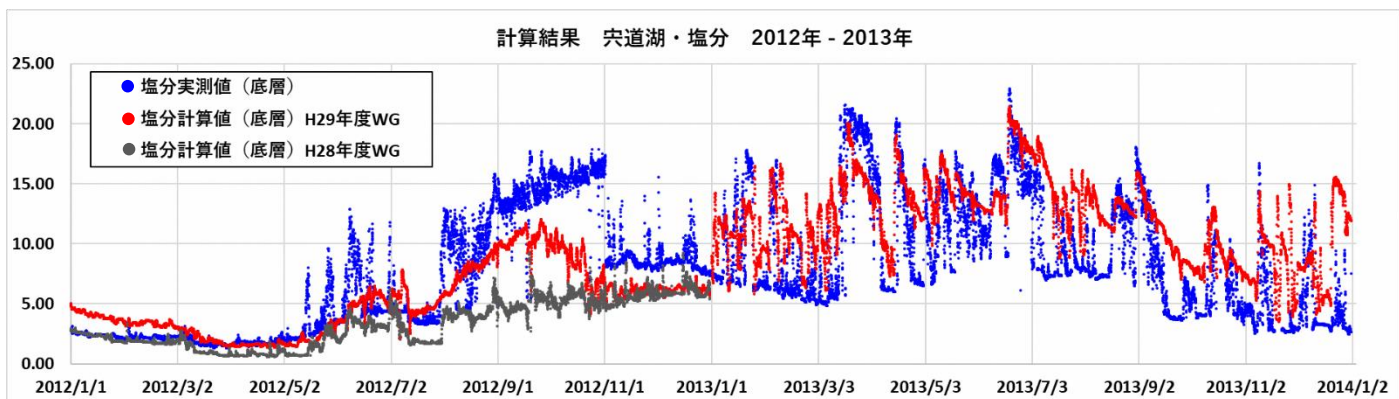


図 15 計算結果 穴道湖底層・塩分 2012 年-2013 年

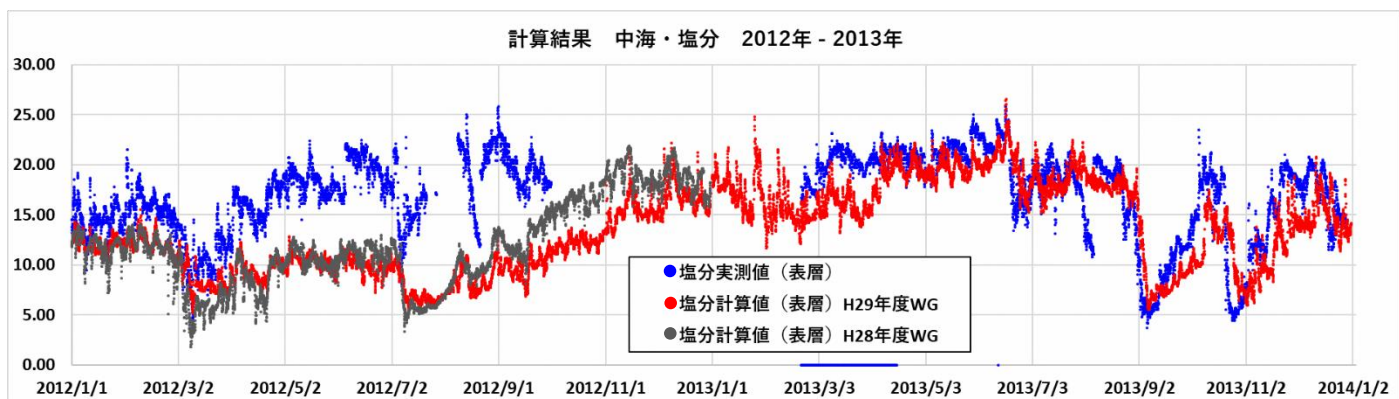


図 16 計算結果 中海表層・塩分 2012 年-2013 年



図 17 計算結果 中海底層・塩分 2012 年-2013 年

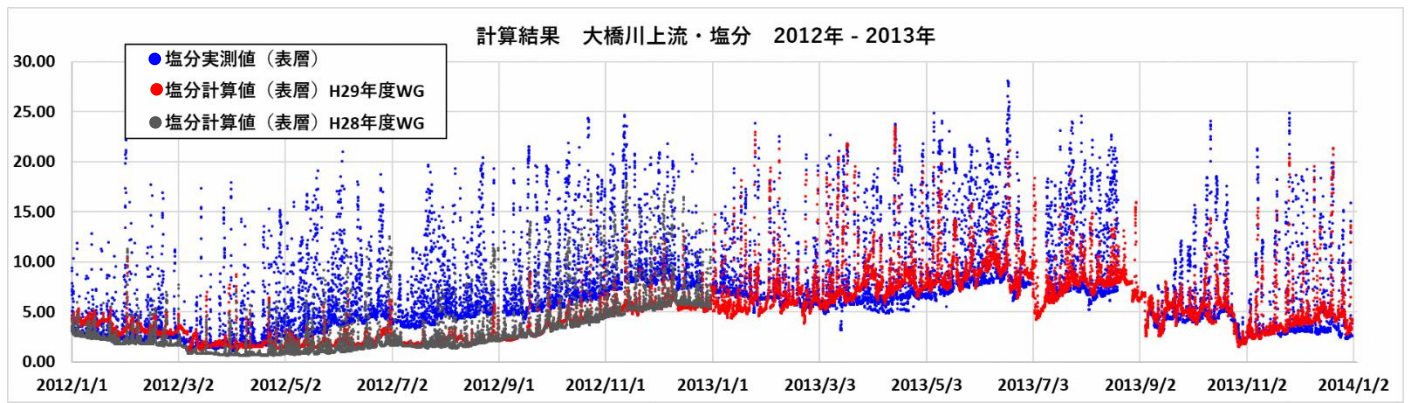


図 18 計算結果 大橋川上流表層・塩分 2012 年-2013 年

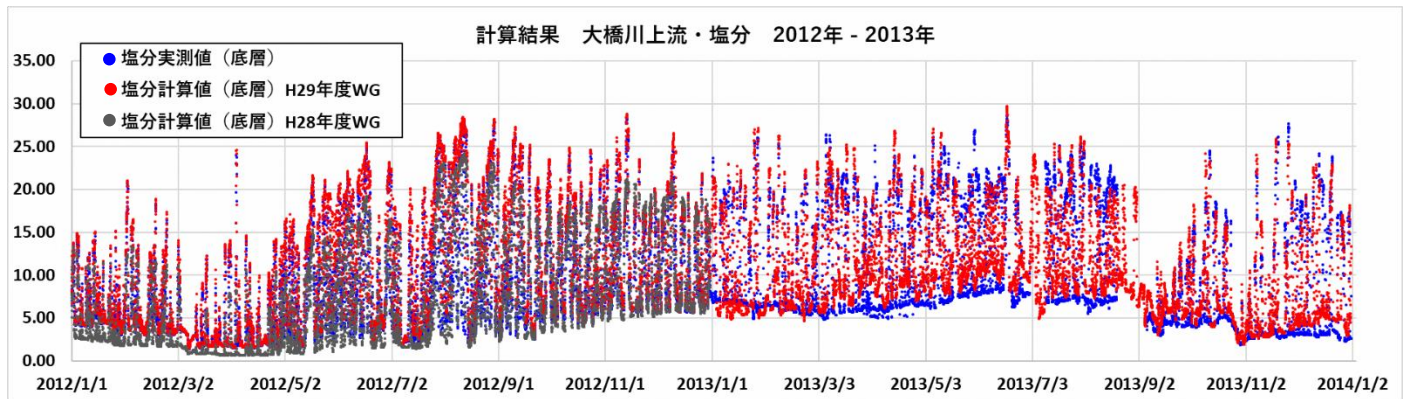


図 19 計算結果 大橋川上流底層・塩分 2012 年-2013 年

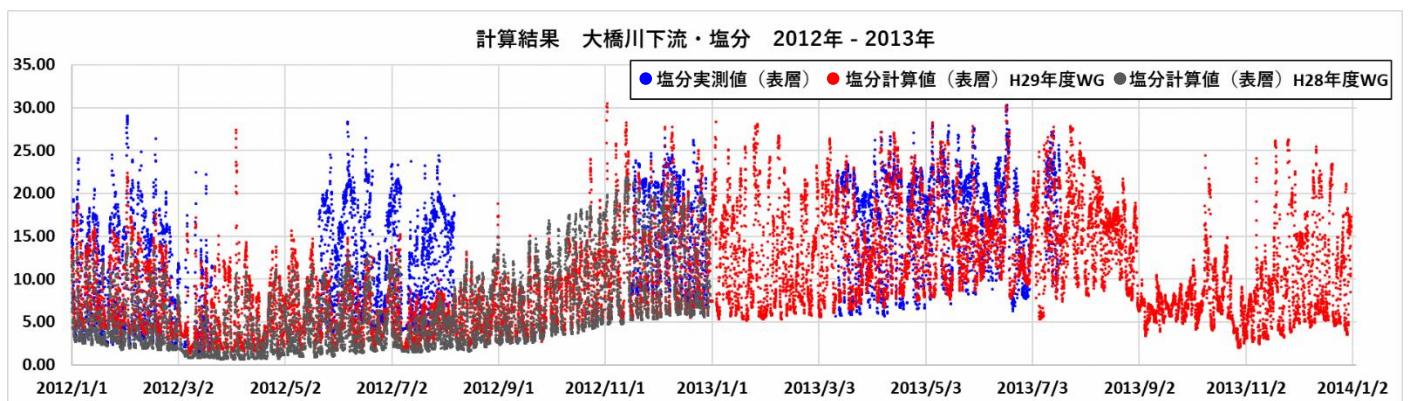


図 20 計算結果 大橋川下流表層・塩分 2012 年-2013 年

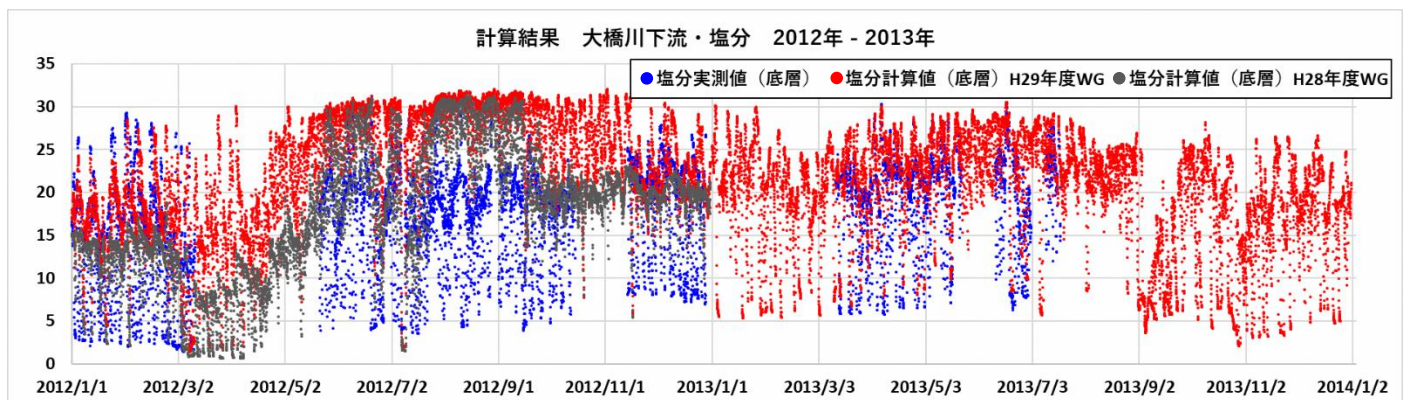


図 21 計算結果 大橋川下流底層・塩分 2012 年-2013 年

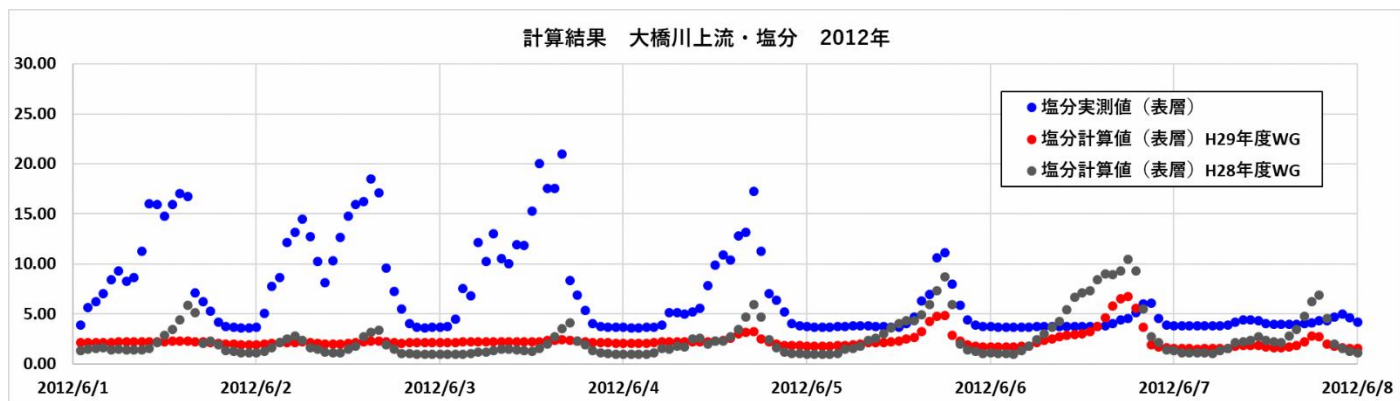


図 22 計算結果 大橋川上流表層・塩分 2012/6/1～2012/6/7

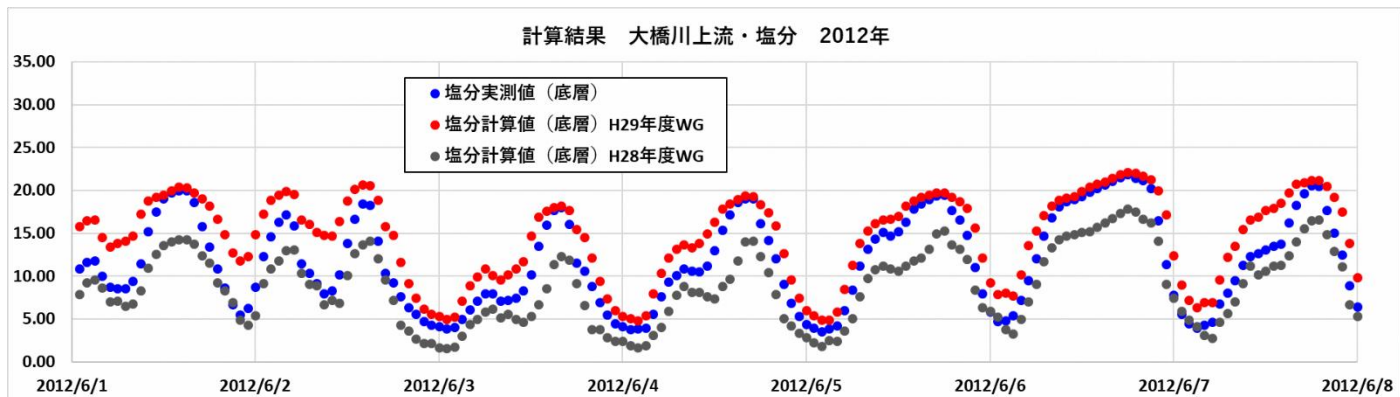


図 23 計算結果 大橋川上流底層・塩分 2012/6/1～2012/6/7

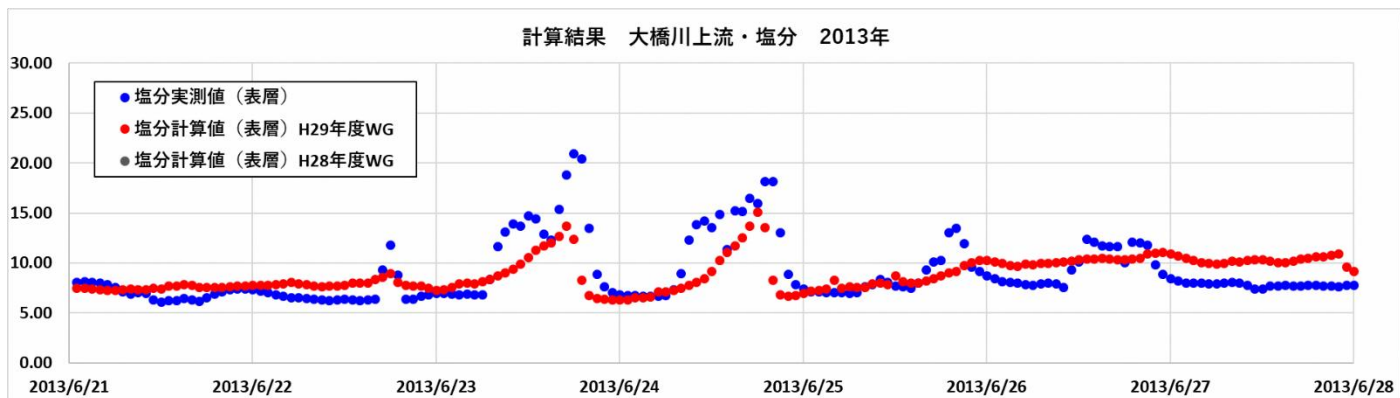


図 24 計算結果 大橋川上流表層・塩分 2013/6/21～2013/6/28

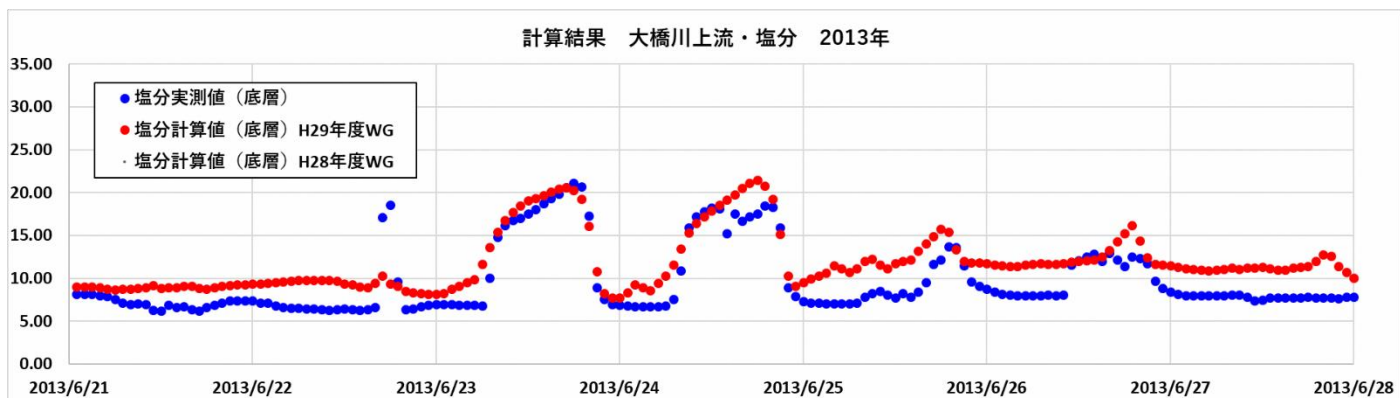


図 25 計算結果 大橋川上流底層・塩分 2013/6/21～2013/6/28

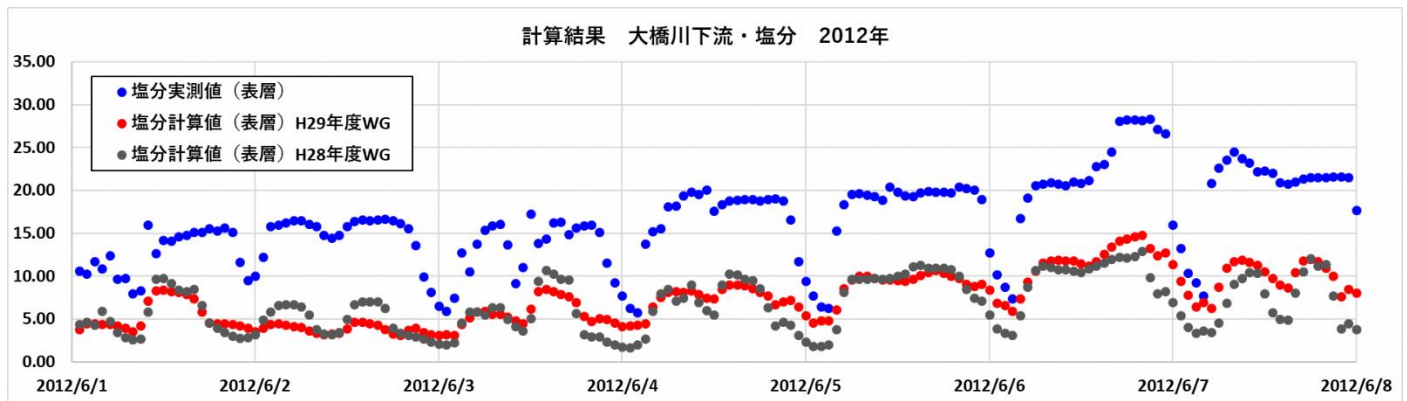


図 26 計算結果 大橋川下流表層・塩分 2012/6/1～2012/6/7

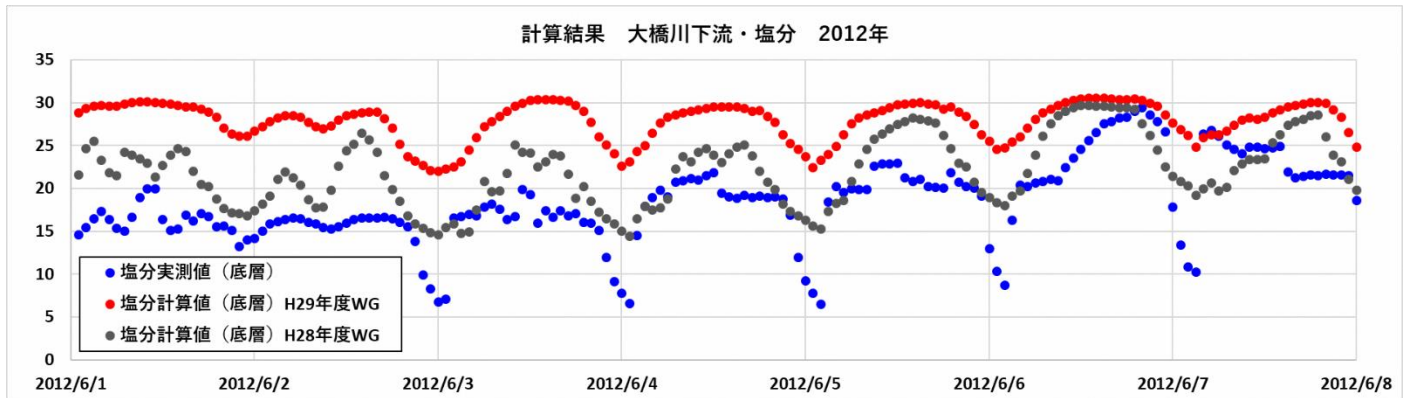


図 27 計算結果 大橋川下流底層・塩分 2012/6/1～2012/6/7

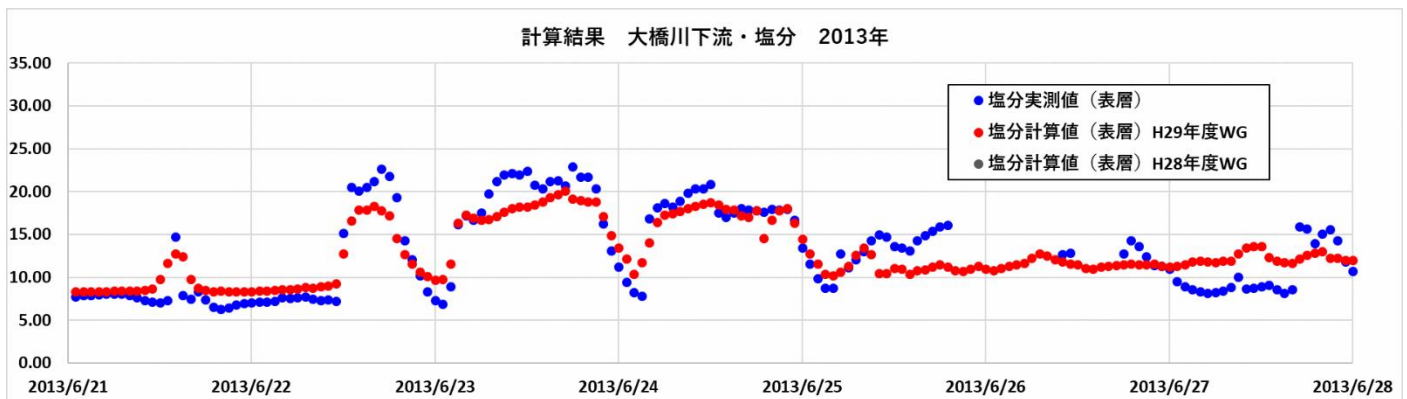


図 28 計算結果 大橋川下流表層・塩分 2013/6/21～2013/6/28

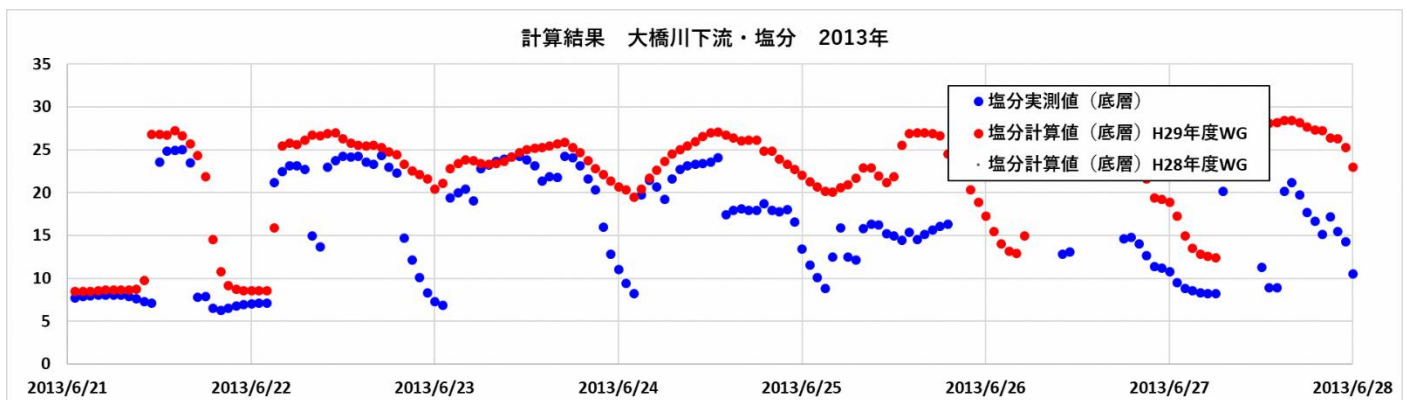


図 29 計算結果 大橋川下流底層・塩分 2013/6/21～2013/6/28