

# 宍道湖の*Synechocystis* sp. に関する研究

小山維尊、野尻由香里、宮廻隆洋、崎幸子  
谷幸則、内藤博敬（静岡県立大）  
大谷修司（島根大学）

## 宍道湖の植物プランクトンの変遷(1969~2001)

		69	70	71	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1						
		年																																				
		年																																				
<b>藍藻類</b>																																						
<i>Cocospherium kuetzingianum</i>	+	+	+	+	D	D	D	D	+	+	D	D	cc	cc	D	+	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	+	-	cc	cc	cc	cc					
<i>Microcystis aeruginosa</i>	D	D	-	+	D	D	-	-	D	+	cc	+SD	+	-	cc	-	cc	-	(+)	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Microcystis incerta</i>	+	-	-	-	+?	+	+	-	-	-	+	-	-	SD	-	-	cc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Microcystis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+	+	-	+	+	D	-	-	+	+	+	cc	cc	SD	+	-	cc	cc	-	-	+	+	-	+	-	+	c	c	-	+	-	-	-				
<i>Anabaena spiroides</i>	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	SD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<b>藻類</b>																																						
<i>Prorocentrum minimum</i>	+	+	+	D	-	+	-	D	+	-	+	-	-	cc	-	c	-	-	-	-	+	c	cc	cc	cc	cc	cc	+	cc	+	-	-						
<b>珪藻類</b>																																						
<i>Cyclotella</i> sp.	D	+	+	D	D	D	D	D	D	D	D	D	cc	cc	SD	+	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc					
<i>Skeletonema costatum</i>	+	-	+	D	D	+	+	D	D	D	+	+	cc	c	D	+	-	-	-	-	c	e	e	cc	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Chaetoceros</i> (brackish)	D	D	D	SD	D	D	+	+	D	SD	+	-	cc	D	+	-	c	cc	-	-	e	e	e	cc	cc	+	cc	cc	cc	c	c	c	c	c				
<b>緑藻類</b>																																						
<i>Chlamydomonas</i> sp.	-	-	-	-	+	+	+	+	D	D	+	+	+	cc	+	-	c	-	c	-	-	+	-	cc	+	+	cc	+	+	c	+	-	-	-	-			
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	+	+	+	-	+	D	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	cc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Oscyliopsis</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	c	c	+	+	cc	c	cc	cc	c	+	c	c	+	+	c	c	c	c	c	c	c	c	c			
<i>Amphirokrikos natus</i>	-	-	-	-	-	+	-	D	D	SD	SD	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Monoraphidium circinale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Monoraphidium contortum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Monoraphidium minutum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	D	+	D	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	D	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Planctonema lauterbornii</i>	+	+	+	+	+	D	+	+	-	-	+	+	cc	+	+	+	cc	cc	cc	cc	(cc)	c	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

使用データ：1969-1982,1985：秋山 (1975-1984, 1991)、中南・宍道湖水質保全に関する調査報告書 (I-IX, XIII)。

1983,1984,1986-2001：鳥取県衛生公害研究所報25,26,28-43号。表には優占種であり形態的特徴が明瞭な種類を示した。なお、大根川のデータは入っていない。

秋山の報告ではDは優占種、SDは亞優占種、+は出現したことを示し、鳥取県衛生公害研究所報ではcc:10<sup>6</sup> cells/l以上、c:10<sup>5</sup>-10<sup>6</sup> cells/lまで、+:出現せず、( )はsp.として報告されたことを示す。

## 宍道湖における植物プランクトンの種組成の変遷

- 1969年頃から継続して見られる種類

藍藻 *Coelosphaerium kuetzingianum*,  
 珪藻 *Cyclotella* spp., *Chaetoceros* sp.,  
 緑藻 *Dictyosphaerium pulchellum*, *Oocystis* sp.

- 1969-1980年頃に記録され、最近見られなくなった種類

緑藻 *Carteria* sp., *Dictyosphaerium ehrenbergii*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus protuberans*,  
*Crucigenia tetrapedia*, *Actinastrum hantzschii*,  
*Pediastrum duplex*, *Cosmarium* sp.,  
 藍藻 *Anabaena spiroides*, 珪藻 *Melosira granulata*

- 近年記録されるようになった種類

藍藻 *Synechocystis* spp., *Synechococcus* spp.  
 緑藻 *Monoraphidium contortum*, *Monoraphidium circinale*  
 涡鞭毛藻 *Heterocapsa rotundata*

→小型でかつ近縁種を多く含む属の場合は注意が必要

2010～2011の宍道湖における  
植物プランクトンの優占種

採水日	種	優占種	種	優占種
2010/7/1	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.		
2010/7/6		-		
2010/7/12	藍藻類	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>		
2010/7/20		-		
2010/7/26	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.	藍藻類	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>
2010/8/2		-		
2010/8/9	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.		
2010/8/16	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.	珪藻類	<i>Chaetoceros</i> sp.
2010/8/23	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.	藍藻類	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>
2010/9/1	藍藻類	<i>Aphanocapsa holosatica</i>		
2010/9/6	藍藻類	<i>Aphanocapsa holosatica</i>		
2010/9/13	藍藻類	<i>Aphanocapsa holosatica</i>		
2010/9/21	藍藻類	<i>Aphanocapsa holosatica</i>		
2010/9/27	藍藻類	<i>Aphanocapsa holosatica</i>		
2010/10/4		-		
2010/10/12	珪藻類	<i>Skeletonema costatum</i>		
2010/10/18	珪藻類	<i>Skeletonema costatum</i>		
2010/10/24	珪藻類	<i>Skeletonema costatum</i>		
2010/11/1		-		
2010/11/8	珪藻類	<i>Skeletonema costatum</i>		
2010/11/14	珪藻類	<i>Skeletonema costatum</i>		
2010/11/22		-		
2010/12/1		-		
2010/12/6		-		
2010/12/13		-		
2010/12/20		-		
2010/12/28		-		
				カウント数100以上もしくは 出現頻度c以上を優占種とした

2011/1/5		-		
2011/1/11		-		
2011/1/17	緑藻類	cf. <i>Coccomyxa</i> sp.		
2011/1/23	緑藻類	cf. <i>Coccomyxa</i> sp.		
2011/2/1		-		
2011/2/7	緑藻類	cf. <i>Coccomyxa</i> sp.		
2011/2/14		-		
2011/2/21		-		
2011/3/1	珪藻類	<i>Thalassiosira pseudonana</i>		
2011/3/7	珪藻類	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp. <i>Lobocystis</i> sp.
2011/3/14	珪藻類	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp.
2011/3/22	珪藻類	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp.
2011/3/28	珪藻類	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp.
2011/4/5		-		
2011/4/11	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp. <i>Amphikrikos nanus</i>
	珪藻類	<i>Thalassiosira pseudonana</i>		
2011/4/18	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp. <i>Amphikrikos nanus</i>
2011/4/26	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp. <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp.
2011/5/2	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.	緑藻類	<i>Pseudodictyosphaerium</i> sp.
2011/5/10	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp. <i>Aphanocapsa cf. delicatissima</i>	珪藻類	<i>Cyclotella</i> spp.
2011/5/16	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp.	珪藻類	<i>Cyclotella</i> spp.
2011/5/23	珪藻類	<i>Cyclotella</i> spp.		
2011/6/1	珪藻類	<i>Cyclotella</i> spp.		
2011/6/6	藍藻類	<i>Merismopedia</i> sp.		
2011/6/13	藍藻類	<i>Synechocystis</i> sp. <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	藍藻類	<i>Merismopedia</i> sp.
2011/6/20	藍藻類	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>		
2011/6/27	珪藻類	<i>Skeletonema</i> spp.		

*Synechocystis* sp.が優占種として観察されるようになった

### Synechocystis sp.について

- 本種は近年海域での増殖が問題になっている
- 高温・高塩分耐性があるといわれている(淡水、海水両方に生息)
- 直径が1μmと小さいため顕微鏡での観察は難しく、計数も困難
- 種の同定が必要
- 本種に近い*Synechococcus* sp.は生物に不可欠なω-3不飽和脂肪酸を含有していない



*Synechocystis* sp.もω-3不飽和脂肪酸を含まない可能性があり  
本種が増えることでシジミなどの水産資源のエサが枯渇する可能性がある



*Synechocystis* sp.の増殖特性、湖水での詳細な優占状況、ω-3不飽和脂肪酸の有無の調査の必要あり



- 室内実験により水温・塩分濃度を変化させて増殖速度を測定
- 顕微鏡による観察と色素分析を同時にを行い、優占状況を確認
- ω-3不飽和脂肪酸の測定
- 遺伝子解析を行う

## Synechocystis sp.の増殖特性

倍加時間(day)

宍道湖の塩化物イオン濃度  
約2000 mg/L

		塩化物イオン濃度(mg/L)				
		<10	1600	4900	8400	18000
水温(°C)	5	—	—	5.71	5.74	5.95
	10	—	2.46	2.46	2.65	3.19
	20	—	1.22	1.14	1.07	1.23
	30	—	1.02	0.94	0.88	0.85

Synechocystis sp.は高塩分、高温でも増殖した  
宍道湖では夏季に顕著に増殖すると考えられる

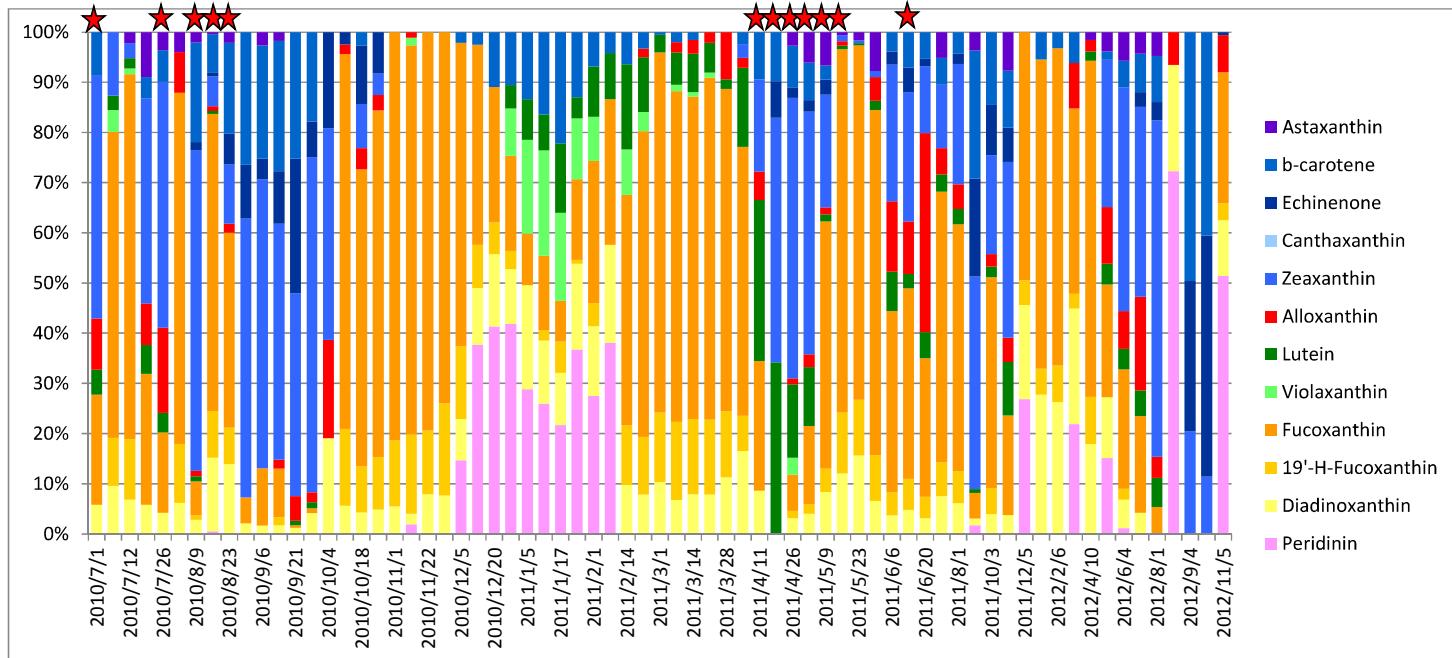
植物プランクトン種名	倍加時間(日)	水温(°C)
<i>Microcystis ichthyoblae</i>	1.3	30
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	1.0	30
<i>Synechocystis sp.</i>	1.0	30
<i>Cyclotella spp.</i>	0.6	20
( <i>Skeletonema costatum</i> )	0.6	15±1)

### 参考文献

- [1]神門利之 宍道湖産アオコの塩分・水温耐性等に関する報告書、島根県保健環境科学研究所、2011
- [2]手塚泰彦 訳：陸水学、243-284、京都大学学術出版会、1999
- [3]樽谷賢治・山本民次、広島県産*Skeletonema costatum*のリン酸塩取り込みおよび増殖の動力学、60-61、1994

## 顕微鏡観察と色素分析の結果の比較

★ : 顕微鏡観察で *Synechocystis* sp. が優占



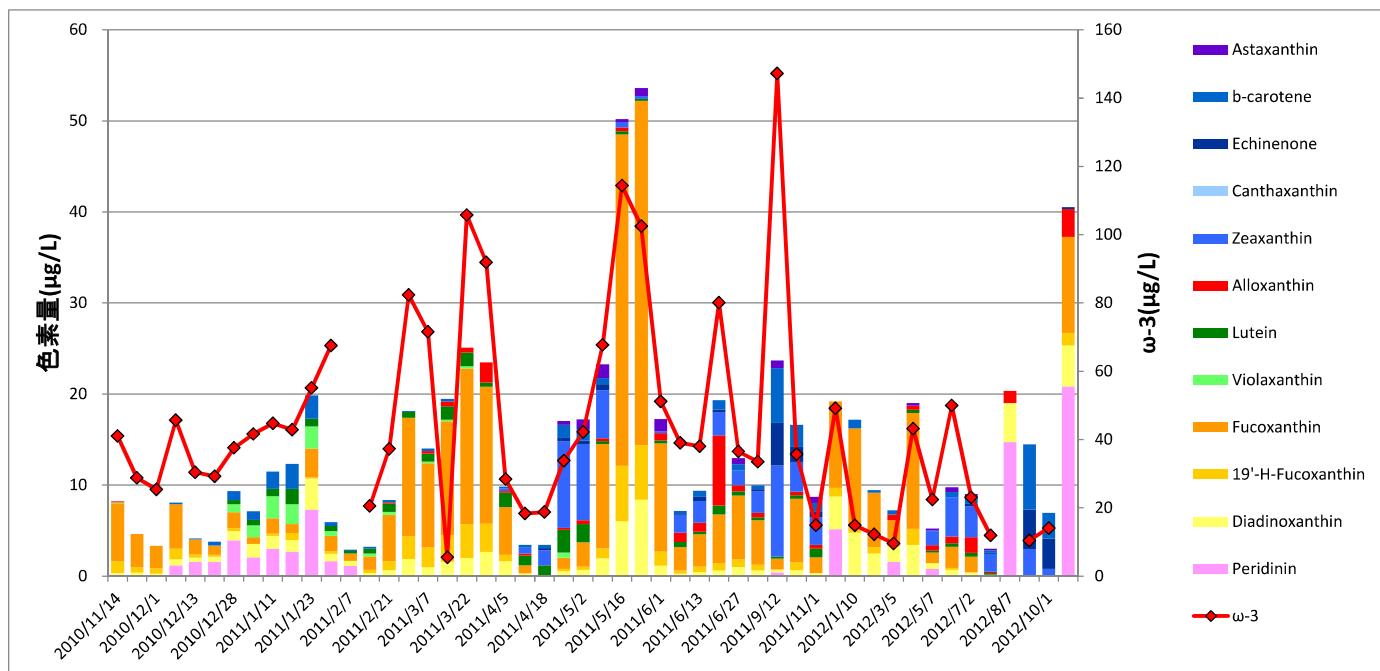
顕微鏡観察で *Synechocystis* sp. が優占していなくても

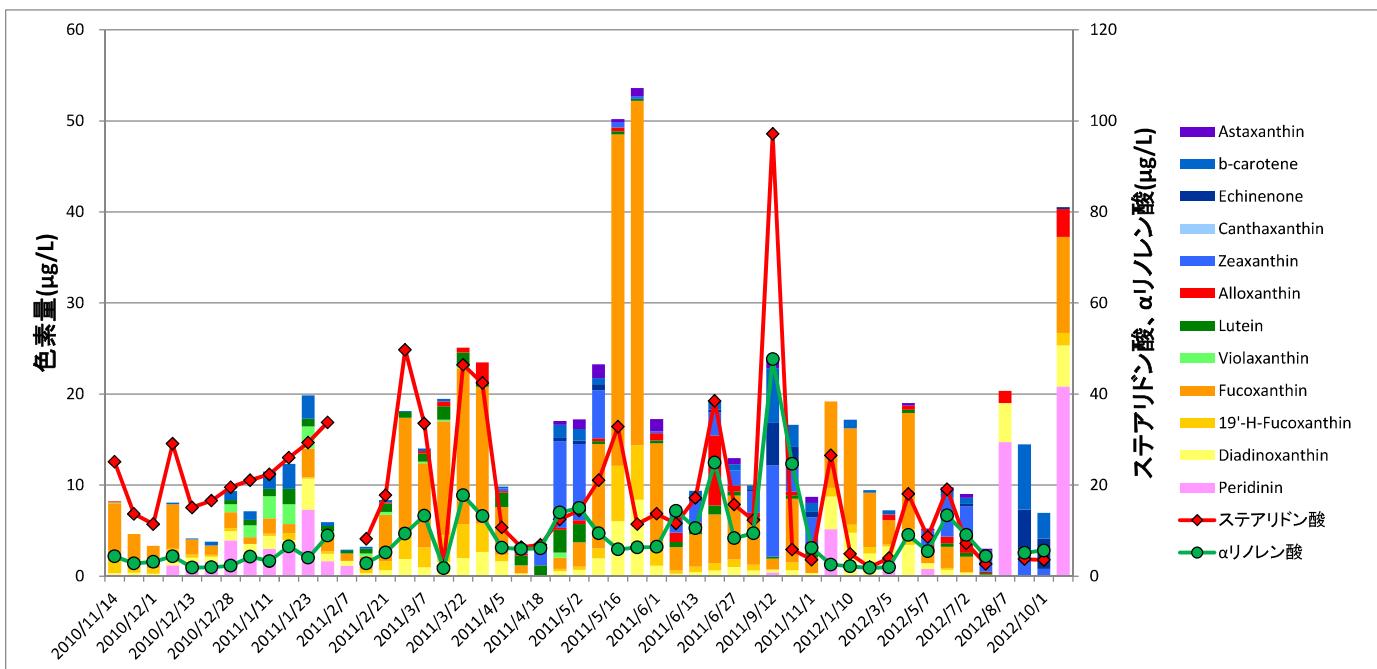
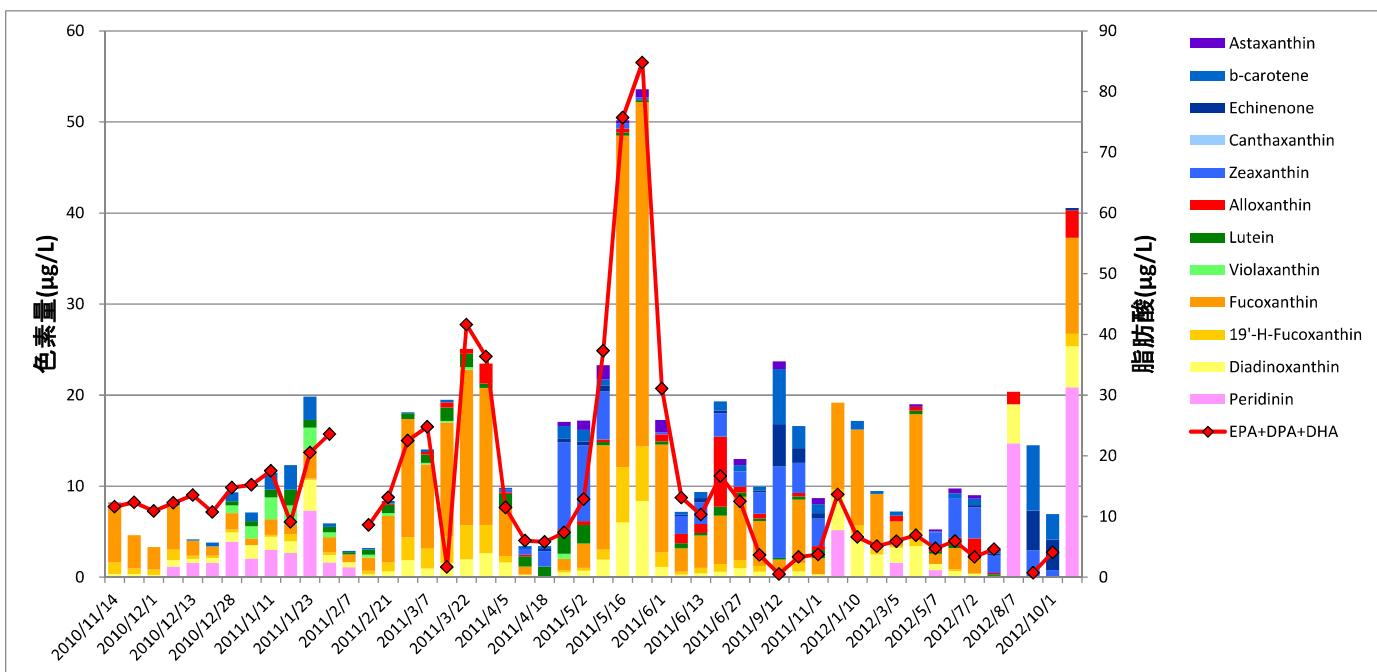
Zeaxanthinが多いサンプルあり

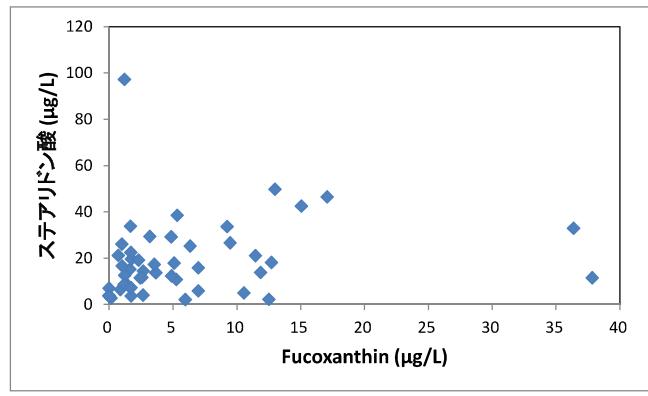
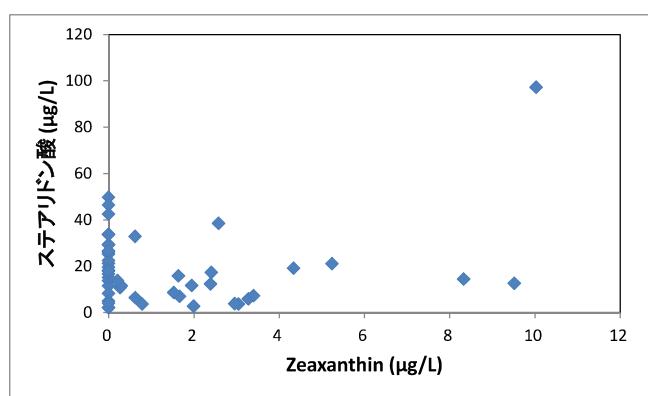
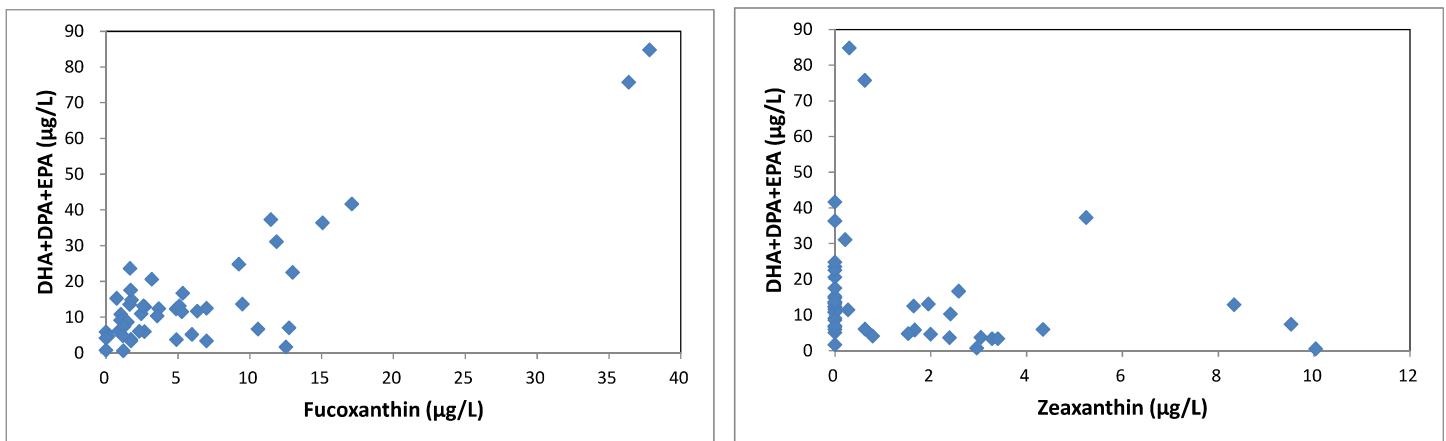
→顕微鏡観察による評価以上に *Synechocystis* sp. が優占していると考えられる

春～夏：シネコが優占  
冬：珪藻、渦鞭毛藻が優占

## 優占状況と不飽和脂肪酸の関係







## まとめ

- ・*Synechocystis* sp.の増殖特性

塩化物イオン濃度1600mg/L以上・水温20°C以上の試料では顕著に増殖した  
宍道湖では夏季に顕著に増殖すると考えられる

- ・色素分析と顕微鏡観察による優占状況の確認

顕微鏡観察による*Synechocystis* sp..の優占状況と色素分析の結果は一致しない場合があった  
色素分析によって詳細に*Synechocystis* sp.の存在を把握できると考えられる

- ・遺伝子解析による出現種の同定

現場では遺伝子解析のために必要なプランクトン量が確保できなかった→できなかった  
国立環境研究所で遺伝子解析を実施中

- ・優占状況と不飽和脂肪酸の関係

珪藻に含有するFucoxanthinとEPA+DHA+DPAの間には関係が見られた

## 今後の展開

- ・遺伝子解析による出現種の同定

国立環境研究所で遺伝子解析を実施中