

令和元年度（平成31年度）猪苗代湖調査研究事業等報告書

令和5年8月
福島県環境創造センター

目 次

- | | | |
|---|-----------------|---------|
| 1 | 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査 | P 1～P14 |
| 2 | 猪苗代湖全湖水面調査 | P15～P25 |
| 3 | 湖沼における難分解性有機物調査 | P26～P36 |

1 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

1 目的

近年、猪苗代湖では pH、COD 値の上昇といった水質の変化が懸念されているが、大腸菌群数も年々増加傾向にあり、平成 18 年度以降は湖沼 A 類型環境基準（1,000MPN/100mL）を超過するようになった（図 1）。このことから、猪苗代湖及び大腸菌群の流入負荷が大きいと考えられる主要な河川の水質調査を実施することにより、大腸菌群が出現する時の傾向の把握、大腸菌群の種の同定を行い、湖心での季節による生息状況の違いの有無を考察する。また、大腸菌群数が多く検出される 9 月においては、全ての地点について大腸菌群の同定を行い、種の分布状況を確認する。

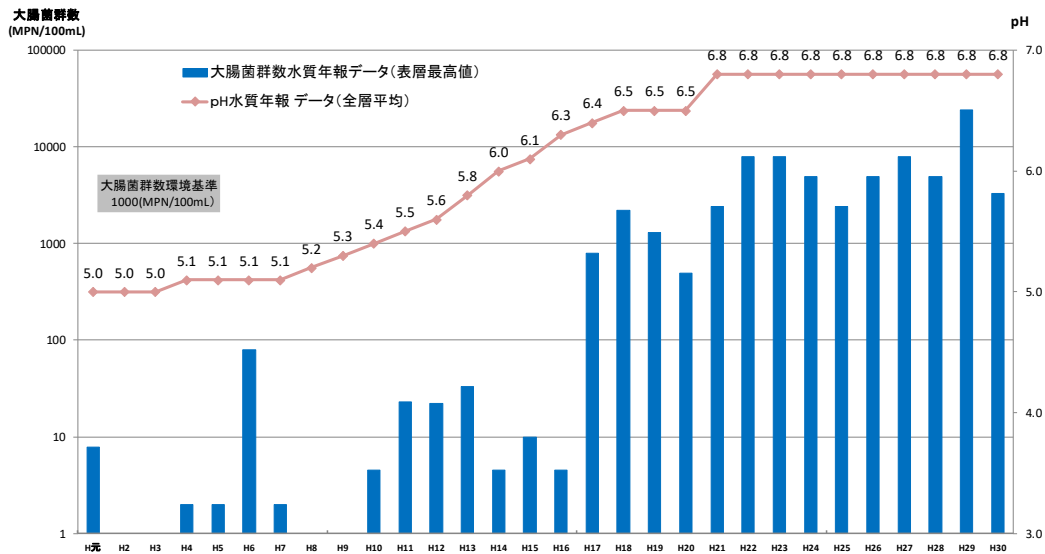


図 1 湖心の pH 及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

猪苗代湖及び主要流入河川（小黒川、高橋川、長瀬川）において大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖の大腸菌群の由来や出現状況を考察する。

3 調査地点

調査地点は図2のとおり。

- (1) 猪苗代湖湖心
(表層、水深5m、水深15m、水深30m)
- (2) 高橋川（新橋）
- (3) 小黒川（梅の橋）
- (4) 長瀬川（小金橋）
- (5) 猪苗代湖高橋川沖500m（以下「高橋川沖500m」）
- (6) 猪苗代湖小黒川沖500m（以下「小黒川沖500m」）
- (7) 猪苗代湖長瀬川沖500m（以下「長瀬川沖500m」）



図2 調査地点

4 調査時期

年7回(5月、6月、7月、8月、9月、10月、11月)

5 調査項目

- (1) pH、EC、DO、SS、大腸菌群数、大腸菌数、TOC、大腸菌群の種の同定
- (2) 気温、水温、透明度(湖)、透視度(河川)、色相、臭気、濁り、流量(河川)

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二電極法
- (3) DO：よう素滴定法
- (4) SS：重量法
- (5) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地によるQTトレイ法(アイデックスラボラトリーズ(株))
*湖心の大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も実施した。
湖心以外の地点については9月のみ実施した。
- (6) TOC：燃焼酸化-赤外線分析方式
- (7) 種の同定：大腸菌群陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に塗末し、普通寒天培地で単離培養後、もう一度BGLB液体培地でガスを発生した菌株を対象にAPI20E(シスメックス・ビオメジャー(株))で菌種を同定した。

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1のとおり。分析結果については、別紙2のとおり。

(1) 湖心の水質について

ア 水温の鉛直分布と水温躍層について

湖心における鉛直水温の調査結果を図3に示す。

4月の水温は、全層でほぼ一定であり、気温の上昇と共に表層の水温も上昇し、9月には水深15m前後に表水層(密度の小さい温かい水の層)が出現し、水温成層が確認された。その後10月以降から水温の低下により水温躍層部(表水層と深水層の間に存在する水温が急激に変化する層)の下層への低下が始まっていた。

深水層(密度の大きい冷たい水の層)はおおよそ水深60m以深で、最深部の水温は5℃前後で年間を通して一定であった。

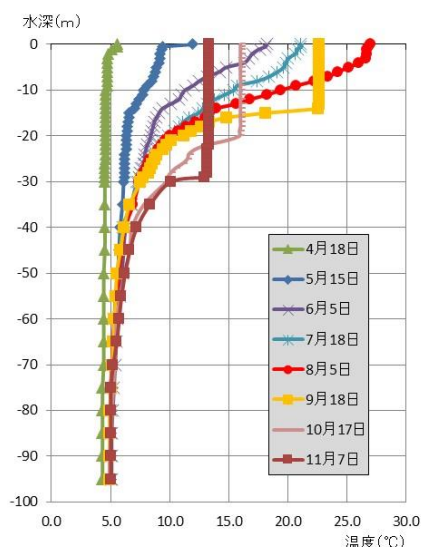


図3 湖心の鉛直分布

イ 大腸菌群数及び大腸菌数について

湖心の大腸菌群数及び水温の調査結果を図4に示す。

湖心表層の大腸菌群数は、5～8月は1MPN/100mL未満であったが、9月に増加し、10月17日には環境基準の1,000MPN/100mLを超過した。令和元年（平成31年）度は環境基準を超過したのは10月17日のみで2,400MPN/100mLだった。

水深別にみると、5月は5mと30mで検出され、6～8月は表層以外で検出された。9月以降は全水深で検出された。

湖心表層の水温は、8月5日に27.0℃と最高値を示したが、大腸菌群数が1000MPN/100mLを超過したのは10月のみで、10月の湖心表層の水温は16.0℃と8月よりも11.0℃低かった。平成30年度までの調査でも、水温の低い水深30mでは9月及び10月に大腸菌群数が高い値を示していたが、令和元年（平成31年）度も同様の傾向が見られた。

なお、大腸菌数は全ての時期及び水深で1MPN/100mL未満であった。

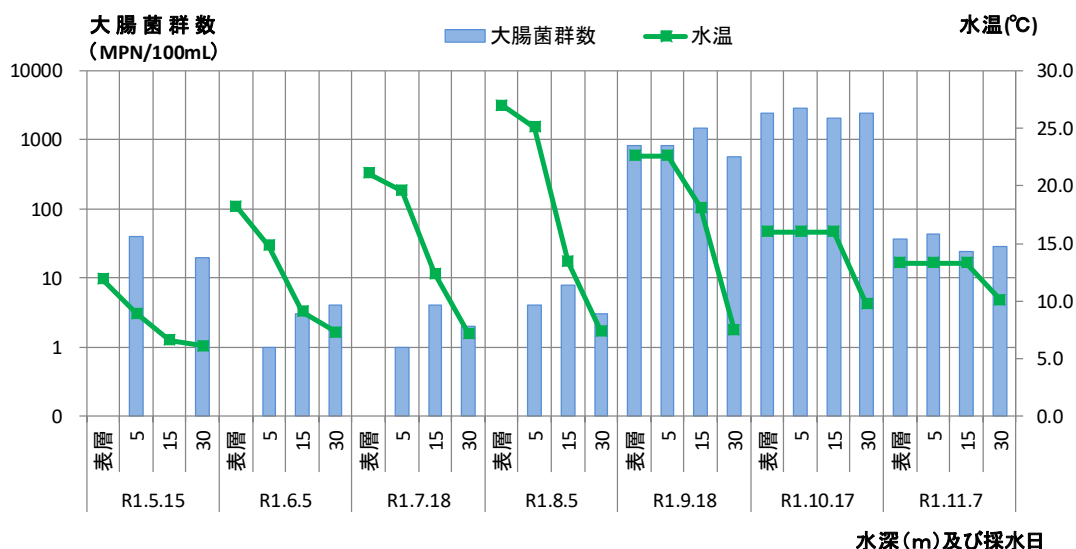


図4 湖心の大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

湖心のpH及びTOCの調査結果を図5に示し、平成24年度～令和元年（平成31年）度までの大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表1に示す。

pHは6.73～7.27であり、水深30mは調査時期毎の変動が小さく、低い傾向を示していた。今年度におけるpHの最大値7.27を示したのは8月5日の水深15mだった。

TOCは0.55～0.95mg/Lで、最高値が0.85mg/Lだった平成30年度と比較すると数値がやや高かった。水深30m以外は8月5日の値が高く、水深30mは8月5日と10月17日は同等の値だった。

平成24年度から令和元年（平成31年）度の調査で大腸菌群とその他の水質項目の相関をみると大腸菌群数と水温で弱い相関、大腸菌群数とTOCでやや相関が確認できた。

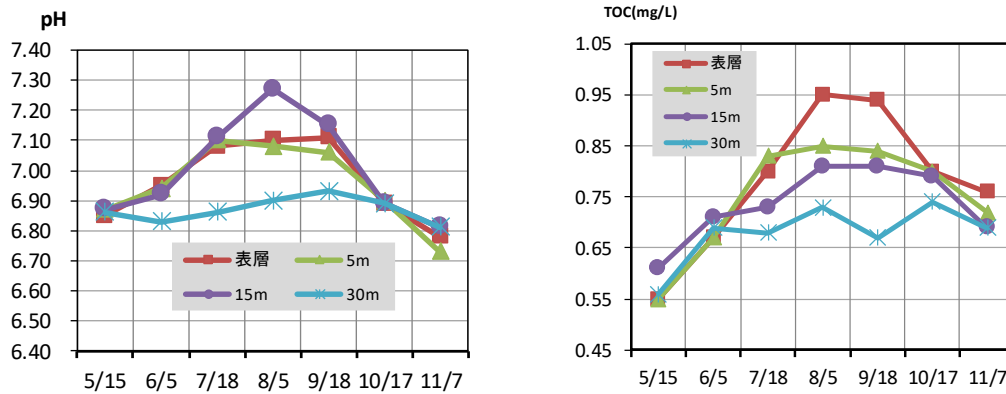


図5 湖心の pH 及び TOC

表1 湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係 (n=224)

	水温	pH	EC	DO 飽和率	TOC
大腸菌群数	0.250	0.041	-0.037	-0.140	0.471

(2) 各河川及び各河川沖 500m の水質について

ア 高橋川新橋及び高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図6に示す。

高橋川新橋の大腸菌群数は 6,100~81,000MPN/100mL、大腸菌数は 31~200MPN/100mL、高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 27~1,900MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~5MPN/100mL であった。高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれの調査月も高橋川より 1 桁~数桁低い値を示していたが、これは湖水によって希釈されているためと考えられる。高橋川沖 500m の大腸菌群数は、9~10 月を除いて湖心表層より高い値を示しており、5、7、10 月で環境基準の 1,000MPN/100mL を超過していた。

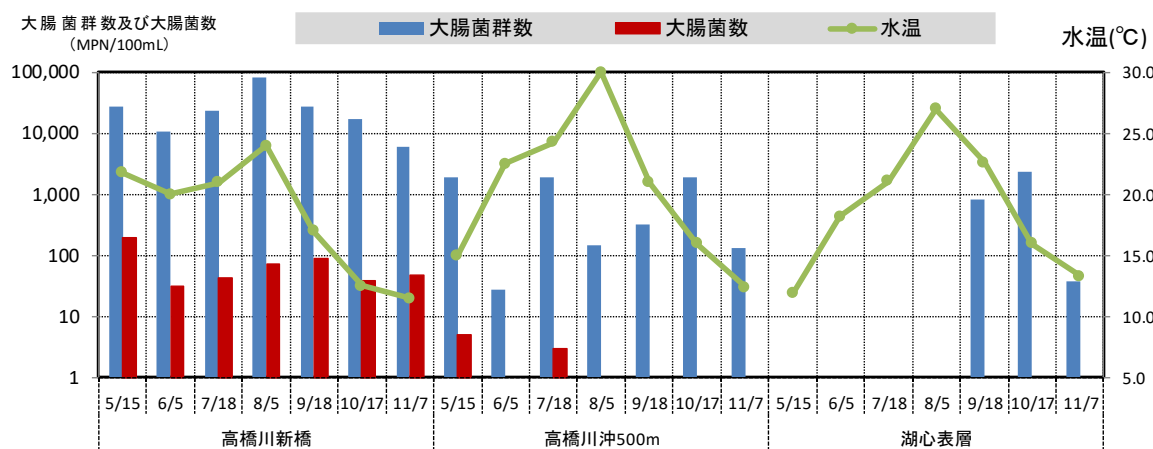


図6 高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

イ 小黒川梅の橋及び小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、小黒川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図 7 に示す。

小黒川梅の橋の大腸菌群数は 9,800~77,000MPN/100mL、大腸菌数は 82~640MPN/100mL、小黒川沖 500m の大腸菌群数は 430~4,300MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~120MPN/100mL であった。小黒川沖 500m 地点の大腸菌群数及び大腸菌数は、小黒川より 1~2 桁低い、全ての調査月で湖心表層と比べると同等または高い値を示し、大腸菌群数は 5、7、8、10 月で環境基準の 1,000MPN/100mL を超えていた。

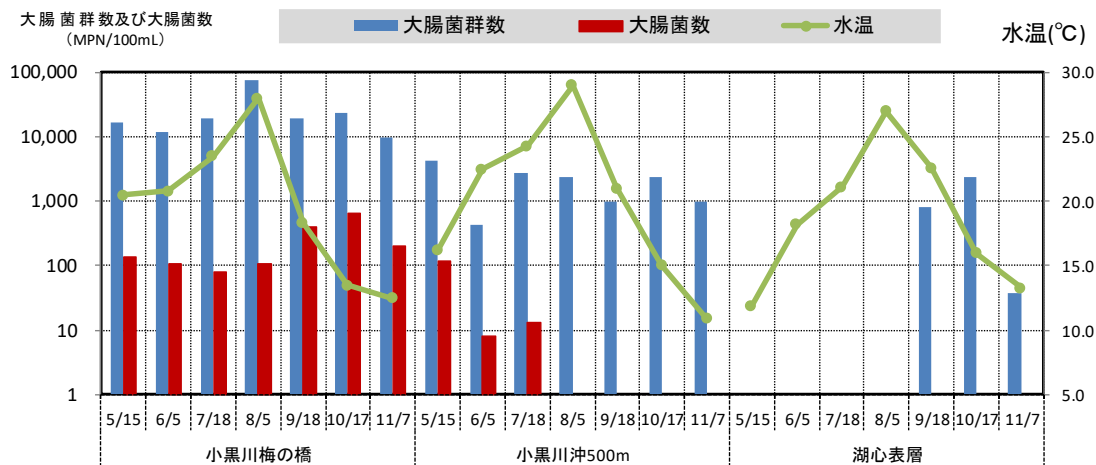


図 7 小黒川梅の橋、小黒川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図 8 に示す。

長瀬川小金橋の大腸菌群数は 130~1,700MPN/100mL、大腸菌数は 1~4MPN/100mL、長瀬川沖 500m の大腸菌群数は 1~1,500MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~1MPN/100mL であった。大腸菌群数について、9 月以降、長瀬川沖 500m と湖心表層は同様な値を示す傾向にあった。長瀬川沖 500m で環境基準の 1,000MPN/100mL を超えたのは、湖心表層と同じ 10 月のみであった。

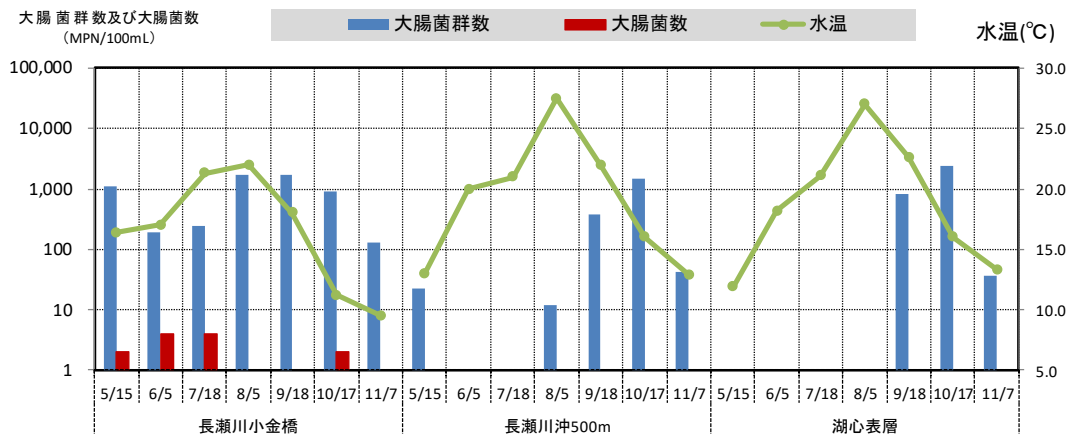


図 8 長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

エ 各河川及び各河川沖 500m の大腸菌群数に占める大腸菌数の比について

地点ごとの大腸菌群数に占める大腸菌数の比の結果を表 2 に示す。

全ての地点の分布は0～2.8%と5%以下であった。また、全ての地点の平均値も、下水処理水流入前の河川水の平均値が5%であったという和波らの報告¹⁾よりも低く、各河川及び各河川沖 500m の大腸菌による汚染の割合は低いと考えられる。

表 2 各地点の大腸菌群数に占める大腸菌数の比

地点名	大腸菌数／大腸菌群数 (%)	
	平均値	分布
高橋川新橋	0.4	0.1～0.8
高橋川沖 500m	0.1	0～0.3
小黒川梅の橋	1.3	0.1～2.7
小黒川沖 500m	0.7	0～2.8
長瀬川小金橋	0.7	0.1～2.1
長瀬川沖 500m	0	0～0.1

オ 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について

各河川の流量等のグラフを図 9～11、大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 3、表 4 及び図 12～図 14 に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋の pH は 7.10～7.61、EC は 152～245 μ S/cm、SS は 1～79mg/L、TOC は 1.04～3.32mg/L、DO 飽和率は 89%以上の値であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数は水温との間に正の相関がみられた。

長瀬川小金橋の pH は 3.46～3.72、EC は 285～361 μ S/cm、SS は 1 未満～9mg/L、TOC は 0.50～0.69mg/L、DO 飽和率は 95%以上であった。大腸菌群数と pH 及び SS の間にやや相関があり、大腸菌群数と水温及び TOC の間に弱い相関関係が確認された。なお、長瀬川小金橋の大腸菌数については、ほとんどの調査月で 1～4MPN/100mL であり相関を評価するにはデータが少ないため行わなかった。

酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数及び大腸菌数は、高橋川新橋及び小黒川梅の橋と比較して 1～2 桁低い値であった。長瀬川における大腸菌群数の流入負荷総量は、多くの調査月では他 2 河川を下回っていたが、5 月 15 日、9 月 18 日、10 月 17 日は高橋川と同程度の負荷を示していた (図 15)。

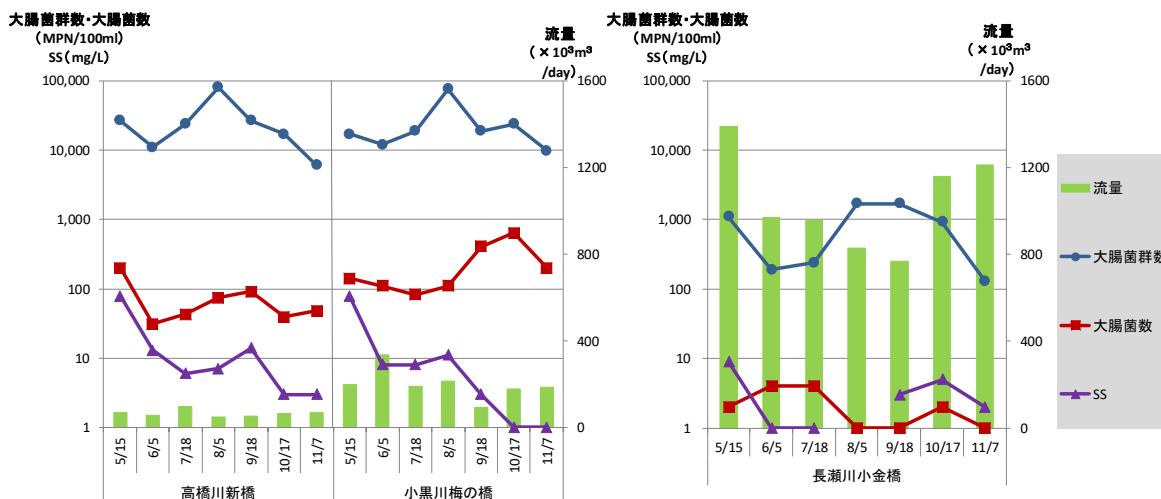


図 9 各河川の流量と SS 等の推移

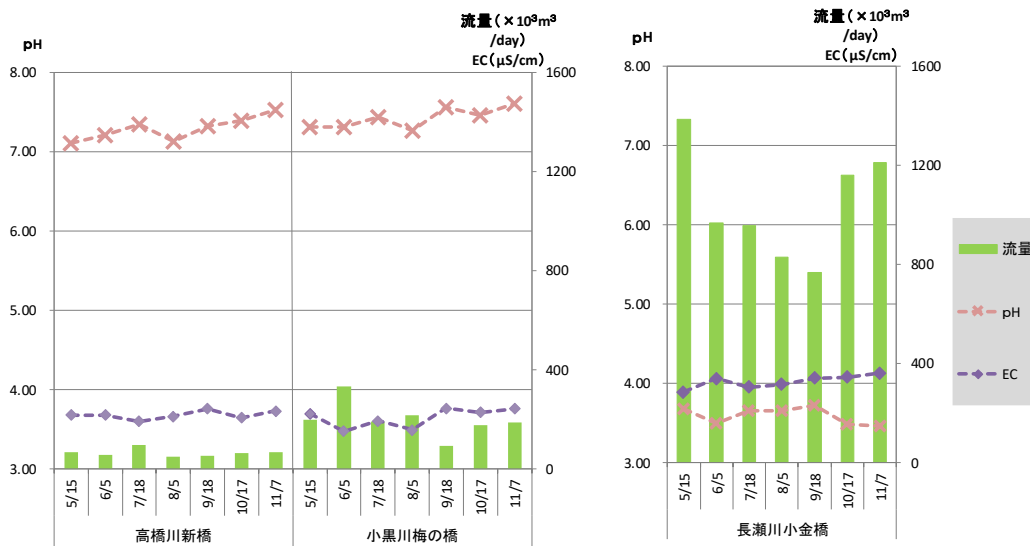


図 10 各河川の流量と pH 等の推移

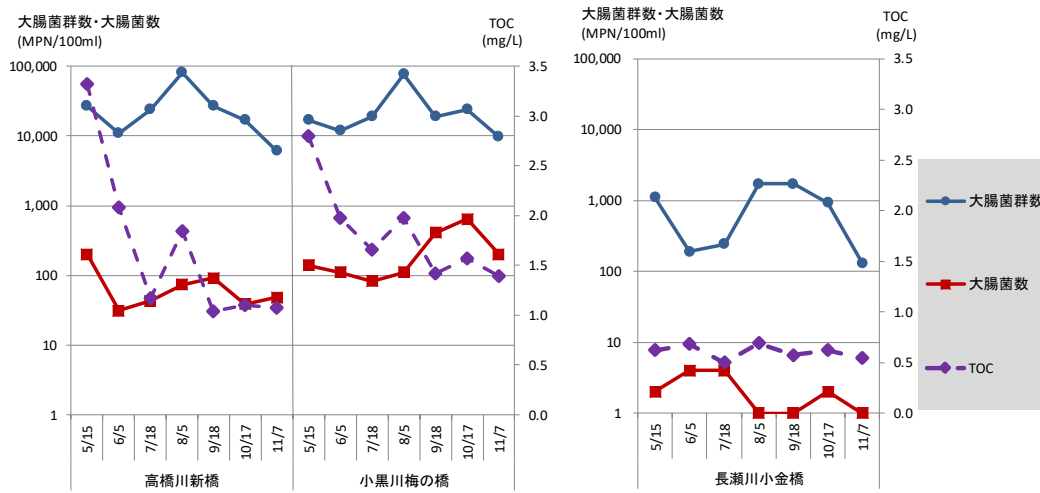


図 11 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数と TOC の推移

表 3 高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係

	水温	DO 飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.65	-0.60	-0.53	-0.34	-0.04	0.15	-0.07
大腸菌数	-0.27	0.25	0.36	0.35	-0.05	0.04	-

表 4 長瀬川小金橋における大腸菌群数とその他の項目との相関関係 (n=7)

	水温	DO 飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.38	-0.39	0.67	-0.25	0.54	0.37	-0.63

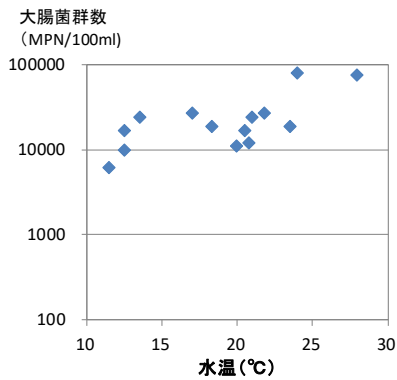


図 12 高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数と水温の相関関係

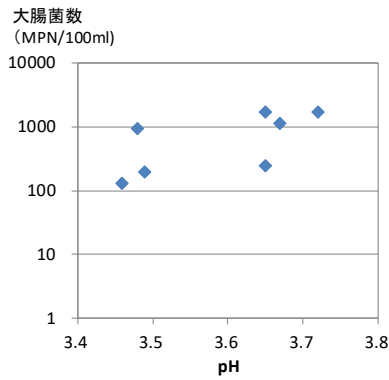


図 13 長瀬川小金橋における大腸菌群数と pH の相関関係

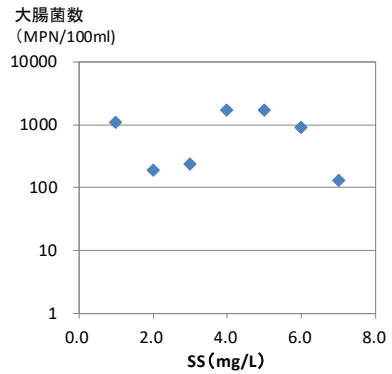


図 14 長瀬川小金橋における大腸菌群数と SS の相関関係

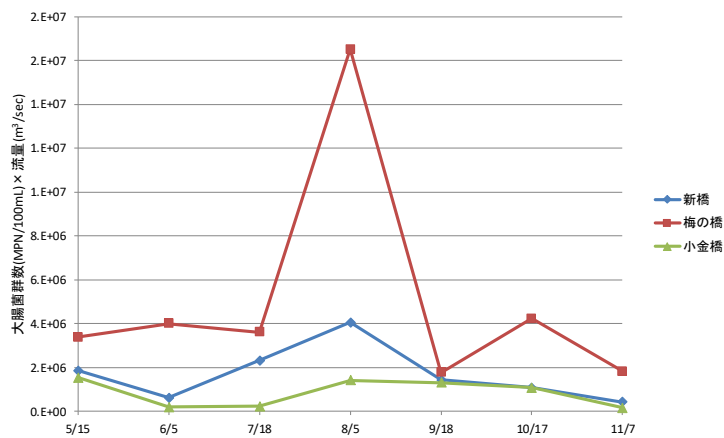


図 15 高橋川新橋、小黒川梅の橋、長瀬川小金橋における大腸菌群数の流入負荷総量

カ 各河川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について

各河川沖 500m の調査結果のグラフを図 16～18 に示す。大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 5～表 6 に示す。

高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の pH は 6.70～8.98、EC は 111～206 μ S/cm、SS は 1 未満～5mg/L、TOC は 0.68～2.51mg/L、DO 飽和率は 90%以上の値であった。また、大腸菌群数と SS の間と大腸菌数と SS の間に正の相関が見られた。

長瀬川沖 500m の pH は 3.60～7.03、EC は 108～300 μ S/cm、SS は 1 未満～1mg/L、TOC は 0.52～0.90mg/L、DO 飽和率は 95%以上であった。長瀬川沖 500m の水深は高橋川沖 500m 沖及び小黒川沖 500m よりも深いため、長瀬川からの流入の影響は少なく、ほぼ湖心表層と同様な水質であった。しかし、5月15日の調査では pH が 3.60 と低いなど、長瀬川の水質の影響を受けており、他の月とは違う傾向が見られ、これは平成 30 年度の調査でも同様の傾向だった。平成 30 年度は大腸菌群数とその他の水質項目の間に相関は見られなかったが、令和元年（平成 31 年）度は大腸菌群数と pH 及び TOC の間に弱い相関が見られた。なお、大腸菌数は 1 未満～1MPN/100ml、SS は 1 未満～1mg/L であったため、相関関係については考察できなかった。

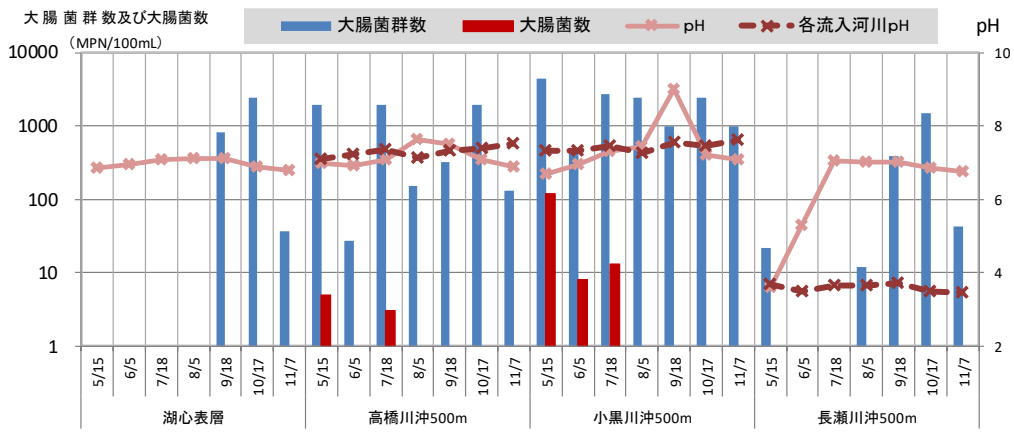


図 16 各河川沖 500m 地点等の pH の推移

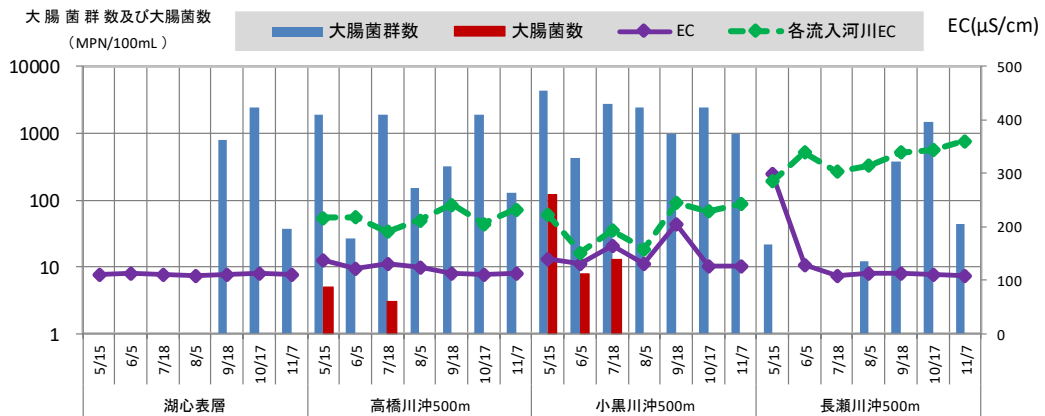


図 17 各河川沖 500m 地点等の EC の推移

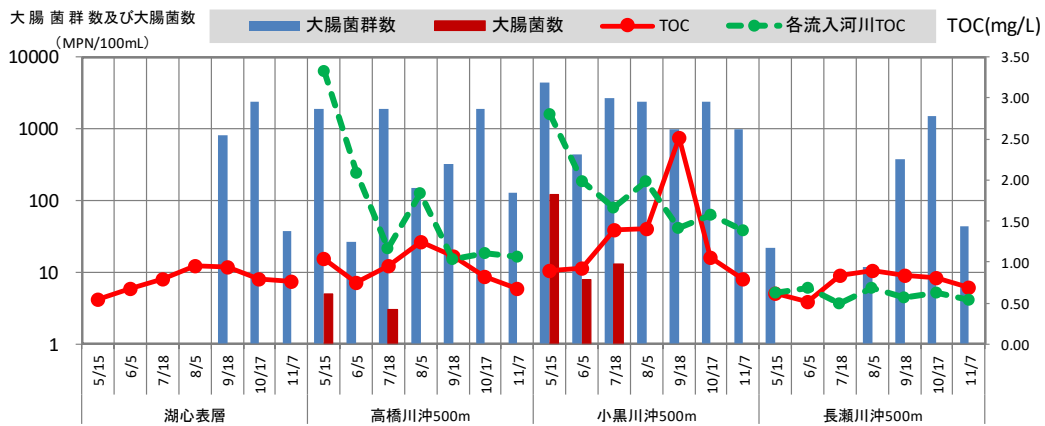


図 18 各河川沖 500m 地点等の TOC の推移

表 5 高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m 地点における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目の相関関係

(n=14)

	水温	DO 飽和率	pH	EC	SS	TOC
大腸菌群数	-0.11	0.09	-0.21	0.22	0.66	0.05
大腸菌数	-0.16	0.14	-0.31	0.10	0.64	-0.13

表 6 長瀬川沖 500m 地点における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目の相関関係 (n=7)

	水温	DO 飽和率	pH	EC	TOC
大腸菌群数	-0.20	0.16	0.28	-0.22	0.28

(3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表 7 に示す。

湖心の大腸菌群について、高い頻度で同定されたのは *Aeromonas* 属、次いで *Enterobacter* 属であり例年の傾向と同様の結果であった。大腸菌群数が環境基準を超過した 10 月 17 日は全ての水深で *Enterobacter cloacae* が同定された。小野³⁾ の報告では *Enterobacter cloacae* が最も高い頻度で同定され、*Aeromonas* 属は一度も確認されていなかったことから、猪苗代湖の pH の上昇といった水質等の変化により、小野の調査時（平成 20～22 年頃）と比べて大腸菌群の種組成の変化がおきていると思われる。

9 月 18 日の各流入河川の大腸菌群については、小黒川梅の橋からは *Enterobacter sakazaki* が同定され、長瀬川小金橋からは *Enterobacter cloacae* と *Serratia liquefaciens* が同定された。また、各河川沖 500m では *Aeromonas* 属が同定され、高橋川沖 500m と小黒川沖 500m からは *Enterobacter* 属も同定された。湖内の大腸菌群の種組成は概ね同じであったが、長瀬川小金橋で同定された *Serratia liquefaciens* は湖内では同定されなかった。

湖内と河川から多く同定された *Aeromonas* 属と *Enterobacter* 属は、川や湖沼及び土壤に普遍的に存在している種であり、糞便汚染の生物指標となる *Escherichia coli* は同定されなかった。

表7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	大腸菌群の同定結果										BGLB培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100ml)	BGLB培地の最高希釈試験管接種量(ml)	BGLB培地の最高希釈陰性試験管本数(本)	コロラート培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100ml)															
		<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria1</i>	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria2</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Escherichia coli2</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter sakazaki</i>	<i>Enterobacter asburiae</i>	<i>Enterobacter amnigenus2</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Klebsiella pneumoniae spp pneumoniae</i>					<i>Serratia marcescens</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>	<i>Serratia plymuthica</i>	<i>Hafnia alvei1</i>	<i>Chromobacterium violaceum</i>	<i>Pantoea spp2</i>	<i>Pantoea spp3</i>	<i>Raoultella terrigena</i>	<i>Rahnella aquatilis</i>	The others					
猪苗代湖 湖心 表層	R1.5.15																					<1				<1				
猪苗代湖 湖心 5m																						1.4			1.7	79	1	3	39	
猪苗代湖 湖心 15m																										2	10	1	<1	
猪苗代湖 湖心 30m						1.0				0.3			0.7		1.0											23	10	5	20	
猪苗代湖 湖心 表層	R1.6.5																											<1		
猪苗代湖 湖心 5m															0.3											2	10	1	1	
猪苗代湖 湖心 15m																			0.3							2	10	1	3	
猪苗代湖 湖心 30m																1.0										11	1	1	4	
猪苗代湖 湖心 表層	R1.7.18	1.7																								79	1	3	<1	
猪苗代湖 湖心 5m		1.8																								140	0.1	2	1	
猪苗代湖 湖心 15m		1.9																								79	1	3	4	
猪苗代湖 湖心 30m		2.9 2.9																								1600	0.1	4	2	
猪苗代湖 湖心 表層	R1.8.5	2.7																								940	0.01	2	<1	
猪苗代湖 湖心 5m																										3300	0.01	1	4	
猪苗代湖 湖心 15m		3.0																								1100	0.01	1	8	
猪苗代湖 湖心 30m		1.5 1.5				1.5																				130	1	4	3	
猪苗代湖 湖心 表層	R1.9.18	3.0		3.0																						2200	0.01	2	810	
猪苗代湖 湖心 5m		3.0		3.2																						2400	0.1	5	810	
猪苗代湖 湖心 15m		3.5 3.5		3.5 3.5																						13000	0.01	4	1500	
猪苗代湖 湖心 30m		3.0		2.5																						1300	0.1	4	570	
猪苗代湖 高橋川沖500m		2.8 2.5		2.5																						1300	0.1	4	320	
猪苗代湖 小黒川沖500m		3.4		3.4																						4900	0.01	2	980	
猪苗代湖 長瀬川沖500m		3.7																								4900	0.01	2	380	
高橋川 新橋																											35000	0.001	1	27000
小黒川 梅の橋					4.5																						35000	0.001	1	19000
長瀬川 小金橋					2.4				2.4																		490	0.1	2	1700
猪苗代湖 湖心 表層	R1.10.17				3.5																					3300	0.01	1	2400	
猪苗代湖 湖心 5m					3.7																					4900	0.01	2	2900	
猪苗代湖 湖心 15m					3.7																					4900	0.001	1	2100	
猪苗代湖 湖心 30m					2.8																					700	0.01	1	2400	
猪苗代湖 湖心 表層	R1.11.7	1.3																								21	0.1	1	37	
猪苗代湖 湖心 5m		1.4								1.4																49	1	2	43	
猪苗代湖 湖心 15m		1.7		1.4																						79	1	3	24	
猪苗代湖 湖心 30m								1.7																		49	1	2	28	

*表中の数値は最高希釈の試験管から出現した割合に数値を乗じた値の常用対数表

8 まとめ

- (1) 湖心表層の大腸菌群数は、5～8月は1MPN/100mL未満であったが、9月に増加し、10月17日には環境基準の1,000MPN/100mLを超えていた。平成24年度から平成31年度の調査の結果を見ると大腸菌群数と水温で弱い相関、大腸菌群数とTOCでやや相関が認められた。猪苗代湖湖心では、年間(5月～11月)を通じて大腸菌は検出されなかった。
- (2) 高橋川新橋及び小黒川梅の橋の大腸菌群数は湖内と比較すると高い値であったが、湖内に流入すると希釈され、各河川沖500mでは1～数桁低い値だった。
- (3) 酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数は、高橋川及び小黒川と比較して低い値であった。長瀬川沖500mの大腸菌群数は9月以降は湖心と同傾向にあり、湖心で最大値を示した10月においては大腸菌群数1,500MPN/100mLを示した。長瀬川沖500mの大腸菌群数とpH及びTOCとの間に弱い相関関係が見られた。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の比は、各河川で0.1～2.7%、猪苗代湖各河川沖500m地点では0～2.8%と大腸菌数の割合は少なかった。
- (5) 湖心の大腸菌群は、*Aeromonas* 属、次いで *Enterobacter* 属が多く同定された。各河川沖500mでは *Aeromonas* 属が同定され、高橋川沖500mと小黒川沖500mでは *Enterobacter* 属も同定された。小黒川梅の橋と長瀬川小金橋からは *Enterobacter* 属が同定され、長瀬川小金橋からは *Serratia liquefaciens* が同定された。
湖内と河川からは、糞便汚染の生物指標となる *Escherichia coli* は同定されなかった。

参考文献

- 1) 和波一夫：大腸菌群数測定の課題と今後の動向
第46回日本水環境学会併設全国環境研協議会研究集会
- 2) 平成30年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境創造センター
- 3) 小野公嗣：猪苗代湖に出現する大腸菌群とその由来
福島大学大学院共生システム理工学研究科 修士論文 2011年3月

別紙1

令和元年度大腸菌調査現地調査票

調査地点	猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)		
	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30
採取水深(m)												
調査年月日	R1.5.15				R1.8.5				R1.9.18			
調査時間	9:30				10:00				9:10			
天候(前日)	雨				晴れ				晴れ			
天候(当日)	晴れ				<曇り				<曇り			
気温(℃)	17.4				19.9				24.2			
水温(℃)	11.9	8.9	8.6	6.1	18.2	14.8	9.1	7.3	21.1	19.6	12.4	7.2
透明度(m)	10.6				9.6				10.6			
水色(フオーレル)	7				7				6			
色相	無色				無色				無色			
臭気	無臭				無臭				無臭			
濁り	透明				透明				透明			

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
調査年月日	11.25	11.00	10.30	11.25	11.00	10.30	11.25	11.00	10.30	11.25	11.00	10.30	11.25	11.00	10.30
調査時間	11:00			11:00			11:00			11:00			11:00		
天候(前日)	雨			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ		
天候(当日)	晴れ			<曇り			<曇り			<曇り			<曇り		
気温(℃)	18.9	20.2	19.0	26.2	25.0	23.8	24.5	25.5	25.5	24.5	34.0	30.5	32.2	20.2	20.5
水温(℃)	15.0	16.2	13.0	22.5	20.0	20.0	21.0	24.3	24.3	21.0	30.0	29.0	27.5	21.0	21.0
水深(m)	1.2	1.0	7.2	1.8	1.0	23.8	1.2	1.0	1.2	1.2	7.8	1.0	7.8	1.0	0.8
透明度(m)	1.0	0.7	>7.2	>1.8	>1.0	9.2	>1.2	>1.0	9.5	>1.2	>1.0	>1.0	>7.8	>1.0	>0.8
水色(フオーレル)	15	16	7	11	13	8	6	14	12	6	14	12	7	12	12
色相	淡褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	淡黄色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	微濁	微濁	透明	微濁	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川
採取水深(m)															
調査年月日	15.00			12.15			12.15			12.30			11.30		
調査時間	15:00			12:15			12:15			12:30			11:30		
天候(前日)	雨			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ		
天候(当日)	晴れ			<曇り			<曇り			<曇り			<曇り		
気温(℃)	20.0	21.0	21.8	28.0	27.3	27.3	28.2	28.7	28.2	29.5	33.0	32.0	32.0	17.5	19.0
水温(℃)	21.8	20.5	16.4	20.0	20.8	17.0	21.3	23.5	21.3	24.0	28.0	22.0	22.0	17.0	18.3
透明度(m)	0.07	0.07	0.72	0.72	0.91	>1	>1	0.80	>1	>1	0.88	>1	>1	0.63	>1
流量(m ³ /sec)	0.795	2.300	16.061	0.636	3.856	11.217	11.065	2.193	11.065	0.579	2.484	9.590	0.614	8.878	2.039
色相	中茶色	中茶色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	淡青色	淡青色	無色	無色	無色	無色
臭気	微土臭	微土臭	無臭	微濁	微濁	無臭	無臭	微濁	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	濁	濁	透明	微濁	微濁	透明	透明	微濁	透明	透明	透明	透明	透明	微濁	透明

別紙2

令和元年度猪苗代湖大腸菌詳調査

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	R元.5.15											
pH	6.85	6.87	6.87	6.86	6.87	6.86	6.98	6.70	3.60	7.10	7.31	3.67
EC	110	112	114	116	113	114	137	140	300	217	223	285
DO	11.2	11.2	11.4	11.6	10.0	9.2	8.8	7.0	8.8	8.5	8.5	8.8
SS	<1	<1	<1	<1	5	5	5	<1	79	78	9	9
大腸菌群数(OTL/法)	<1	39	<1	20	1900	4,300	22	27,000	17,000	1,100	1,100	1,100
大腸菌数(BGLB法)	0	79	2	23	5	120	<1	200	140	2	2	2
大腸菌数	<1	<1	<1	<1	0.55	0.61	0.56	1.04	0.90	0.62	3.32	2.80
TOC	0.85	0.87	0.87	0.86	0.87	0.86	0.98	0.70	0.62	0.62	0.62	0.62

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	R元.7.18											
pH	7.08	7.10	7.11	6.86	7.07	7.32	7.03	7.34	7.03	7.44	7.44	3.65
EC	110	111	113	115	130	165	108	191	193	304	304	304
DO	8.7	8.8	10.9	11.7	7.9	8.4	8.9	8.0	8.6	8.2	8.1	7.7
SS	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	6	8	8	1	<1
大腸菌群数(OTL/法)	<1	1	4	2	1,900	2,700	1	24,000	19,000	240	240	240
大腸菌数(BGLB法)	79	140	79	1,600	3	13	<1	43	82	4	4	4
大腸菌数	<1	<1	<1	<1	0.80	0.83	0.73	0.68	0.96	1.39	0.84	1.17
TOC	0.80	0.83	0.73	0.68	0.96	1.39	0.84	1.17	1.66	0.50	0.50	0.50

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	R元.9.18											
pH	7.11	7.06	7.15	6.93	7.51	8.98	7.01	7.32	7.56	3.72	3.72	3.72
EC	110	112	112	113	114	206	112	242	245	340	340	340
DO	8.3	8.2	9.6	11.4	8.5	9.6	8.4	8.2	9.0	8.4	8.4	8.4
SS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	14	3	3	3	3
大腸菌群数(OTL/法)	810	810	1,500	570	320	980	380	27,000	19,000	1,700	1,700	1,700
大腸菌数(BGLB法)	2,200	2,400	13,000	1,300	1,300	4,900	4,900	35,000	35,000	490	490	490
大腸菌数	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	91	410	1	1	1
TOC	0.94	0.84	0.81	0.67	1.07	2.51	0.84	1.04	1.42	0.57	0.57	0.57

調査地点	猪苗代湖											
	湖心			湖心			湖心			湖心		
採取水深(m)	5	15	30	5	15	30	5	15	30	5	15	30
調査年月日	R元.11.7											
pH	6.78	6.73	6.81	6.81	6.89	7.07	6.75	7.52	7.61	3.46	3.46	3.46
EC	111	111	110	113	114	126	109	233	243	361	361	361
DO	9.7	9.9	11.0	9.9	9.7	9.9	9.8	10.9	11.4	10.2	10.2	10.2
SS	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	3	1	2	2	2
大腸菌群数(OTL/法)	37	43	24	28	130	980	43	6,100	9,800	130	130	130
大腸菌数(BGLB法)	21	49	79	49	<1	1	<1	48	200	1	1	1
大腸菌数	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0.68	0.79	0.69	1.07	1.39
TOC	0.76	0.72	0.69	0.69	0.88	0.79	0.69	1.07	1.39	0.54	0.54	0.54

2 猪苗代湖全湖水面調査

1 目的

猪苗代湖の大腸菌群数が湖沼 A 類型環境基準(1,000MPN/100mL)を超過する事例¹⁾が見受けられることから、大腸菌群数が多く検出される時期(8月～10月)に全湖水面調査を行い、湖表層における大腸菌群数の分布状況を把握する。

2 調査方法

猪苗代湖表層 52 地点及び流入河川 2 地点の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖の大腸菌群の検出場所を把握した。

3 調査地点

調査地点は図1のとおり湖心を含む湖内全52地点、高橋川新橋及び小黒川梅の橋の流入河川2地点である。

湖内の地点は、平成 20 年 9 月 11 日に実施した「みんなで守る美しい猪苗代湖の水質一斉調査」²⁾の調査地点を参考に選定した。流入河川 2 地点については、例年、大腸菌群数の数値が低い傾向を示す湖北部に関して、その地点近くの入河川である高橋川及び小黒川の大腸菌群数等の数値を把握するため、平成 29 年度から調査地点に追加している。

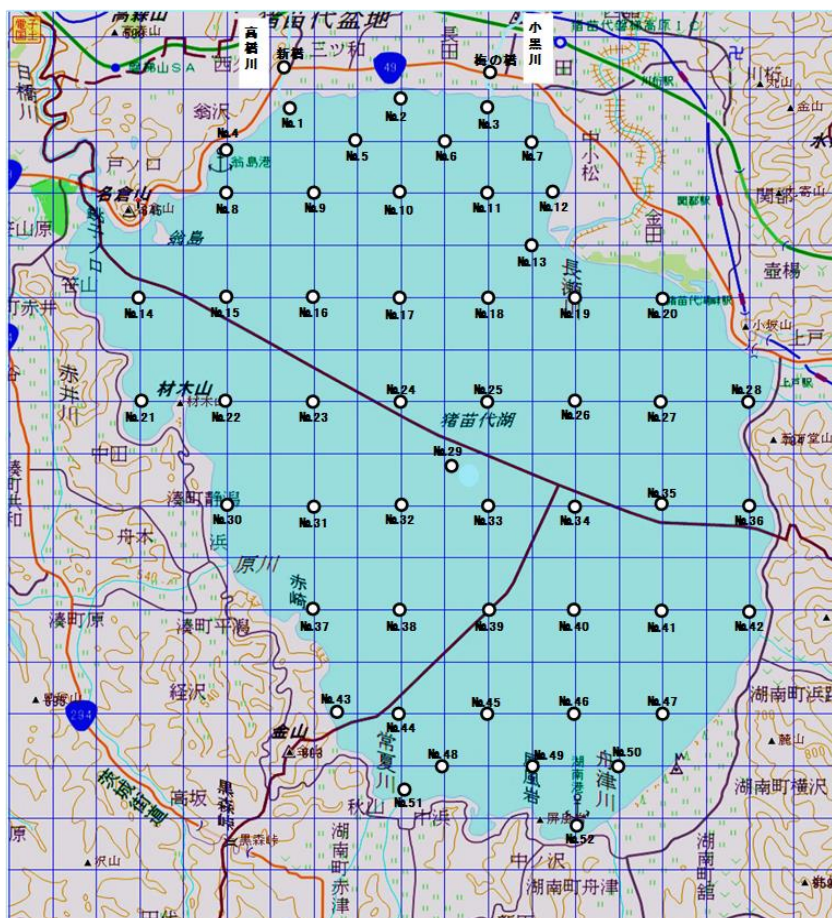


図1 全湖水面調査 調査地点 (出典：国土地理院)

4 調査時期

令和元年 9 月 5 日

5 調査項目

気温、水温、色相、臭気、濁度、泡立ち、pH、EC、大腸菌群数、大腸菌数、TOC

6 測定方法

- (1) pH : イオン電極法
- (2) EC : 交流二極電流法
- (3) 大腸菌群数、大腸菌数 : コリラート培地による QT トレイ法(アイデックスラボラトリーズ(株))
- (4) TOC : 燃焼酸化-赤外線分析方式

7 結果及び考察

現地調査結果を別紙 1 に、分析結果を別紙 2 に示す。

(1) 水質について

ア 水温

湖水 52 地点及び流入河川 2 地点の水温の分布を図 2 に示す。

令和元年 9 月 5 日の湖水の水温は 23.0℃(No. 4, 11)~25.0℃(No. 9)で、平均値は 23.6℃であった。また、小黑川の水温は 23.0℃、高橋川の水温は 19.5℃であった。

これらによると、高橋川の水温は湖水よりも低かった。また、平成 30 年度は湖心周辺で水温が高い傾向が見られたが、令和元年度は全体的に同じような水温だった。

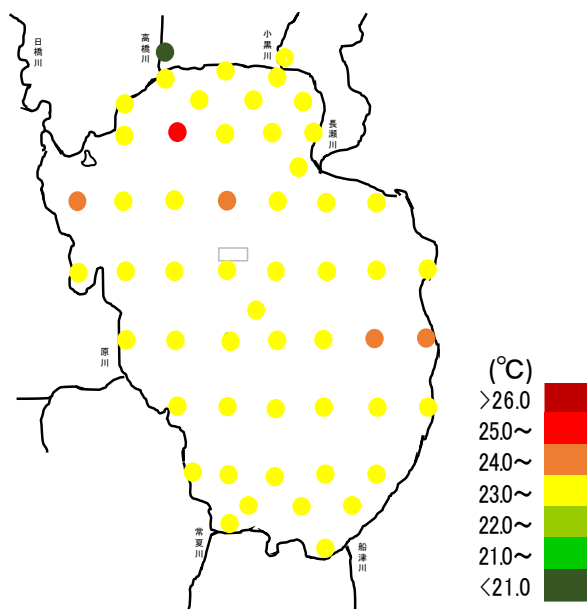


図 2 水温の分布

小黒川(梅の橋)及び高橋川(新橋)の河口から湖北部(No. 1~29)の距離に対する大腸菌群数の分布を図 11 に示す。市街地を流れる流入河川 2 地点の大腸菌群数は湖北部の大腸菌群数よりも高い値であった。

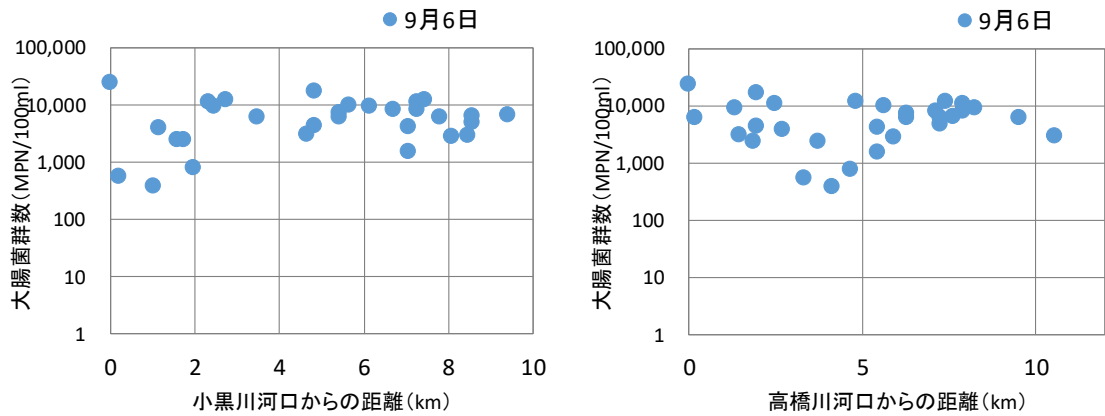


図 11 2 河口から各湖内調査地点の大腸菌群数の分布
 ※ 2 河川の調査地点は河口に近いので、2 河川の調査地点を 0km とした

大腸菌数の分布を図 12 に示す。

湖水のほとんどの調査地点で大腸菌は不検出であったが、湖岸付近の 5 地点で検出された。大腸菌が検出されたのは湖岸付近であるため、猪苗代湖周辺に生息している生物の活動が影響していると思われる。

流入河川の大腸菌は 57~74MPN/100mL と、湖内の調査地点に比べ約 60~70 倍高かった。しかし、湖内の河口付近の地点の数値が低いことから、河川から流入する大腸菌からの影響は少ないと考えられる。

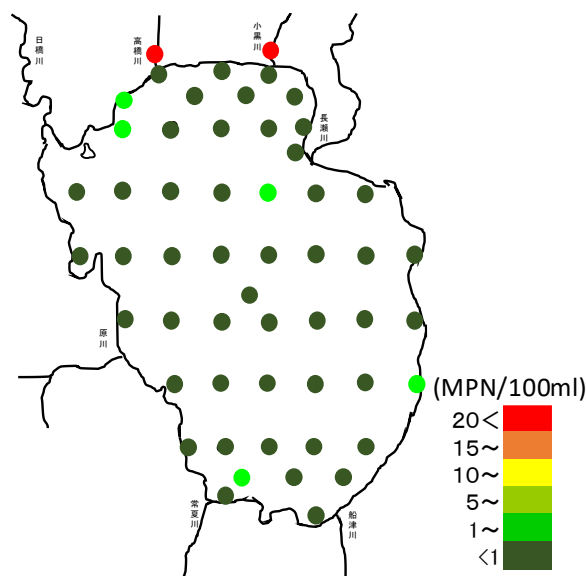


図 12 大腸菌数の分布

大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関性の結果を表 1、2 及び図 13 に示す。

表 1 より、令和元年度調査では、大腸菌群数と水温の間で弱い相関関係があることが確認された。

表 1 令和元年度調査における調査項目間の相関 (標本数 n=52)

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温
大腸菌群数	1.00				
pH	-0.22	1.00			
EC	-0.08	0.05	1.00		
TOC	-0.33	0.49	-0.07	1.00	
水温	0.32	-0.14	0.22	-0.02	1.00

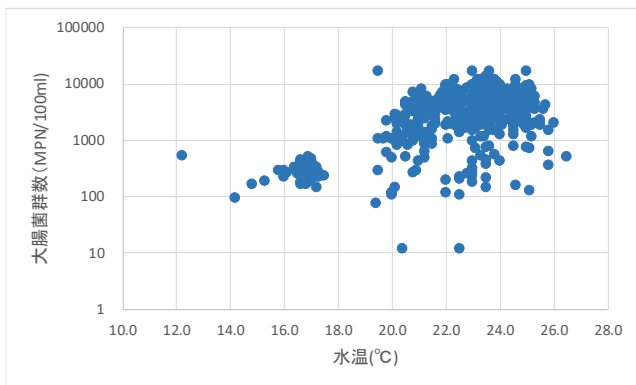
そして、表 2 の平成 26 年度から令和元年度までの調査でも大腸菌群数と水温の間及び pH と TOC の間で相関関係があることが確認された。

大腸菌群数と水温の相関を図 13(A) で示す。一般には水温が高いと大腸菌群が活発に活動して大腸菌群数が増加するといわれるが、猪苗代湖においても約 19.5℃以上で大腸菌群数が環境基準 1,000MPN/100ml を超える傾向がみられた。

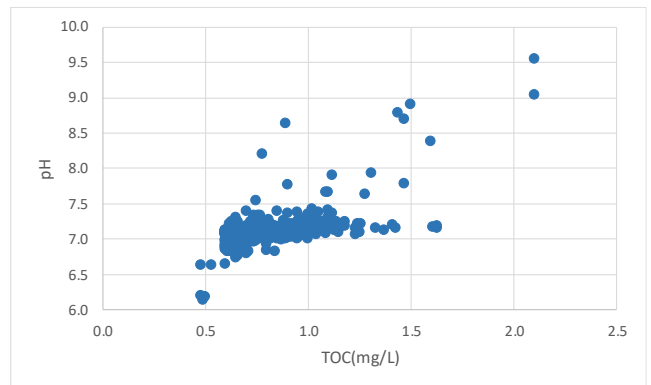
また、pH と TOC の相関を図 13(B) で示す。TOC は水中の有機性汚濁の指標とされているが、猪苗代湖は pH の低い酸性河川が流入することで、水中の有機物が懸濁態 (フロック) になり沈殿しているとされている。図 13(B) で pH が約 7 付近から TOC の数値が大きくなっていることが確認された。

表 2 平成 26～令和元年度調査における調査項目の相関 (標本数 n=572)

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温
大腸菌群数	1.00				
pH	0.01	1.00			
EC	-0.15	0.13	1.00		
TOC	0.13	0.66	-0.01	1.00	
水温	0.43	0.17	-0.01	0.32	1.00



(A)



(B)

図 13 平成 26～令和元年度調査における水温と大腸菌群数(A)、pH と TOC(B)の相関関係

4 まとめ

- (1) 令和元年度調査において、pH は全ての調査地点で 7.0 以上であった。
- (2) 平成 20 年度調査と平成 28～令和元年度の 9 月の調査の結果を比較したところ、pH と TOC は平成 20 年度より平成 28～令和元年度調査の方が高い値となった。
- (3) 大腸菌群数は、例年 8 月、9 月に多く検出されているが、令和元年度調査においては湖水 52 調査地点のうち湖沼 A 類型環境基準(1,000MPN/100mL)以下を超えた地点は、49 地点であった。大腸菌数は湖岸付近の数地点を除く地点では不検出であったことから、検出された大腸菌群は土壌由来の菌が主と考えられた。
- (4) 小黒川と高橋川における大腸菌群数は湖内の大腸菌群数より大きい値であり、これは河川から湖内に流入してきた大腸菌群は河口付近では希釈されるため数値が低くなると推察される。
- (5) 平成 26 年度から令和元年度までの調査において、大腸菌群数と水温との間に相関関係が見られ、約 19.5℃以上で大腸菌群数が環境基準 1,000MPN/100ml を超える傾向がみられた。また、pH と TOC の間にも相関関係が見られ、pH が約 7 付近から TOC の数値が大きくなる傾向が見られた。

5 参考文献

- 1) 平成 30 年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境創造センター
- 2) 日本大学工学部 学術フロンティア推進事業「みんなで守る美しい猪苗代湖の水環境フォーラム資料集」平成 21 年 1 月 7 日

現地調査結果(令和元年9月5日)

	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォー レルーレ比 色計 水色 番号)	臭気	濁り	浮遊物の 有無	沈殿物の 有無	泡立ちの有 無	備考	
	度	分	秒	度	分	秒												
1	37	31	47	140	3	43	9:36	曇り	24.5	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	高橋川河口付近
2	37	31	55	140	5	0	9:58	曇り	24.8	23.5	7	なし	なし	なし	なし	なし	なし	三城形地先付近、
3	37	31	50	140	6	0	10:21	曇り	25.5	23.3	7	なし	なし	少しあり	なし	なし	なし	小黒川河口付近、
4	37	31	21	140	3	0	9:18	曇り	23.3	23.0	7	なし	なし	なし	なし	なし	なし	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	9:43	曇り	23.7	23.6	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
6	37	31	30	140	5	30	10:05	曇り	25.2	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
7	37	31	30	140	6	30	10:29	曇り	26.5	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
8	37	31	0	140	3	0	9:08	曇り	23.3	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
9	37	31	0	140	4	0	9:27	曇り	23.5	25.0	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
10	37	31	0	140	5	0	9:50	曇り	24.1	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
11	37	31	0	140	6	0	10:12	曇り	24.7	23.0	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
12	37	31	0	140	6	42	10:38	曇り	25.5	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	天神浜付近
13	37	30	30	140	6	30	10:44	曇り	25.5	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
14	37	30	0	140	2	0	11:13	曇り	23.2	24.0	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
15	37	30	0	140	3	0	11:05	曇り	24.5	23.8	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
16	37	30	0	140	4	0	10:58	曇り	24.5	23.7	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
17	37	30	0	140	5	0	10:52	曇り	24.6	24.0	5	なし	なし	なし	なし	なし	少しあり	
18	37	30	0	140	6	0	10:42	曇り	22.0	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
19	37	30	0	140	7	0	10:50	曇り	22.5	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	8	0	11:27	曇り	24.0	23.8	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
21	37	29	0	140	2	0	9:05	曇り	23.0	23.8	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	中田浜付近
22	37	29	0	140	3	0	9:26	曇り	22.5	23.7	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	材木山地先付近
23	37	29	0	140	4	0	9:51	曇り	22.5	23.6	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
24	37	29	0	140	5	0	9:58	曇り	22.5	23.6	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
25	37	29	0	140	6	0	10:34	曇り	23.0	23.9	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
26	37	29	0	140	7	0	11:00	曇り	23.0	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
27	37	29	0	140	8	0	11:21	曇り	23.5	23.8	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
28	37	29	0	140	9	0	11:35	曇り	23.5	23.8	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	五万堂山地先付近
29	37	28	20	140	5	36	10:08	曇り	22.0	23.7	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	湖心
30	37	28	0	140	3	0	9:35	曇り	22.5	23.6	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	崎川浜付近
31	37	28	0	140	4	0	9:43	曇り	22.5	23.7	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
32	37	28	0	140	5	0	10:16	曇り	23.0	23.8	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
33	37	28	0	140	6	0	10:26	曇り	22.0	23.8	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
34	37	28	0	140	7	0	11:07	曇り	23.3	23.8	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
35	37	28	0	140	8	0	11:14	曇り	24.0	24.0	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
36	37	28	0	140	9	0	11:41	曇り	23.0	24.0	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
37	37	27	0	140	4	0	10:19	曇り	24.4	23.4	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	赤崎地先付近
38	37	27	0	140	5	0	10:11	曇り	24.5	23.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	少しあり	
39	37	27	0	140	6	0	10:05	曇り	24.4	23.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	少しあり	
40	37	27	0	140	7	0	9:34	曇り	24.3	23.6	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
41	37	27	0	140	8	0	9:26	曇り	24.2	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
42	37	26	45	140	9	0	9:15	曇り	25.5	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	大沢川河口付近
43	37	26	0	140	4	12	10:26	曇り	25.0	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	少しあり	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	5	0	10:35	曇り	24.8	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
45	37	26	0	140	6	0	9:56	曇り	24.5	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	少しあり	
46	37	26	0	140	7	0	9:42	曇り	24.2	23.2	6	なし	なし	なし	なし	なし	少しあり	
47	37	26	0	140	8	0	9:07	曇り	25.5	23.4	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
48	37	25	30	140	5	30	10:49	曇り	24.2	23.6	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
49	37	25	30	140	6	30	9:50	曇り	23.8	23.5	6	なし	なし	なし	なし	なし	少しあり	
50	37	25	30	140	7	30	8:59	曇り	25.6	23.5	5	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
51	37	25	15	140	5	0	10:41	曇り	24.4	23.6	15	なし	なし	なし	なし	なし	なし	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	11:04	曇り	25.5	23.9	6	なし	なし	なし	なし	なし	なし	舟津港付近
梅の橋	37	32	13	140	5	57	13:45	曇り	26.0	23.0	淡茶色	なし	微濁	なし	なし	なし	なし	
新橋	37	32	13	140	3	51	13:10	曇り	23.0	19.5	無色	微川藻臭	なし	なし	なし	なし	なし	

全湖水面調査分析結果（2019年度）
令和元年9月5日(木)

地点No	大腸菌群数	大腸菌数	pH	EC	TOC	気温(℃)	水温(℃)
	MMO-MUG 培地	MMO-MUG 培地					
			JIS K 0102 12.1(ガラス 電極法)	JIS K 0102 13	JIS K 0102 22		
単位	MPN/100ml	MPN/100ml		μS/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	6,100	<1	7.04	111	0.83	24.5	23.5
湖-02	2,400	<1	7.10	110	0.87	24.8	23.5
湖-03	540	<1	7.66	112	1.09	25.5	23.3
湖-04	3,000	1	7.22	117	0.94	23.3	23.0
湖-05	9,200	<1	7.07	117	0.85	23.7	23.6
湖-06	3,800	<1	7.14	117	0.91	25.2	23.5
湖-07	380	<1	7.25	117	0.95	26.5	23.5
湖-08	4,300	1	7.12	118	0.86	23.3	23.5
湖-09	17,000	<1	7.11	117	0.89	23.5	25.0
湖-10	11,000	<1	7.08	117	0.82	24.1	23.5
湖-11	2,400	<1	7.04	118	0.85	24.7	23.0
湖-12	770	<1	7.04	121	0.87	25.5	23.5
湖-13	12,000	<1	7.07	117	0.87	25.5	23.5
湖-14	2,800	<1	7.08	117	0.85	23.2	24.0
湖-15	1,500	<1	7.11	118	1.01	24.5	23.8
湖-16	4,100	<1	7.09	117	0.93	24.5	23.7
湖-17	9,800	<1	7.07	117	0.87	24.6	24.0
湖-18	7,200	1	7.12	117	0.94	22.0	23.5
湖-19	6,100	<1	7.05	118	0.85	22.5	23.5
湖-20	9,200	<1	7.03	118	0.83	24.0	23.8
湖-21	6,400	<1	7.07	117	0.97	23.0	23.8
湖-22	4,800	<1	7.05	117	0.90	22.5	23.7
湖-23	6,200	<1	7.04	118	0.92	22.5	23.6
湖-24	12,000	<1	7.10	111	0.87	22.5	23.6
湖-25	11,000	<1	7.04	112	0.89	23.0	23.9
湖-26	8,100	<1	7.06	113	0.95	23.0	23.5
湖-27	6,100	<1	7.01	110	0.95	23.5	23.8
湖-28	2,900	<1	7.01	114	1.00	23.5	23.8
湖-29	8,100	<1	7.09	113	0.90	22.0	23.7
湖-30	5,400	<1	7.07	115	0.98	22.5	23.6
湖-31	9,800	<1	7.13	118	0.89	22.5	23.7
湖-32	10,000	<1	7.13	118	1.01	23.0	23.8
湖-33	6,800	<1	7.12	117	0.91	22.0	23.8
湖-34	8,100	<1	7.11	117	0.95	23.3	23.8
湖-35	10,000	<1	7.09	118	0.90	24.0	24.0
湖-36	5,100	<1	7.07	118	0.90	23.0	24.0
湖-37	6,100	<1	7.09	111	1.03	24.4	23.4
湖-38	17,000	<1	7.10	112	0.82	24.5	23.6
湖-39	12,000	<1	7.08	111	0.95	24.4	23.6
湖-40	8,600	<1	7.11	113	0.96	24.3	23.6
湖-41	2,400	<1	7.08	111	0.88	24.2	23.5
湖-42	3,800	1	7.00	113	0.89	25.5	23.5
湖-43	2,100	<1	7.07	112	0.90	25.0	23.5
湖-44	8,100	<1	7.03	110	0.92	24.8	23.5
湖-45	14,000	<1	7.06	113	0.88	24.5	23.5
湖-46	12,000	<1	7.02	112	0.88	24.2	23.2
湖-47	6,100	<1	7.04	112	0.93	25.5	23.4
湖-48	8,100	1	7.07	109	0.86	24.2	23.6
湖-49	3,600	<1	7.03	110	0.87	23.8	23.5
湖-50	12,000	<1	7.00	114	0.85	25.6	23.5
湖-51	2,700	<1	7.05	112	0.95	24.4	23.6
湖-52	1,500	<1	7.03	114	0.92	25.5	23.9
梅の橋	24,000	57	7.42	217	2.16	26.0	23.0
新橋	24,000	74	7.31	231	1.31	23.0	19.5

3 湖沼における難分解性有機物調査

1 目的

湖沼の COD が低下しない要因の一つと考えられる難分解性有機物について、猪苗代湖及びその流入河川の実態を把握することにより水環境保全対策に資することを目的とする。

2 調査方法

猪苗代湖及びその流入河川にて採水した試料について有機物量等を分析した。また、試料の 100 日生分解試験を行い、難分解性有機物の量を分析し、有機物による汚濁の実態を把握した。

3 調査地点

調査地点は図1のとおり。

(1) 猪苗代湖

- ア 湖心（表層）
- イ 高橋川沖500m
- ウ 小黒川沖500m
- エ 長瀬川沖500m

(2) 流入河川

- ア 高橋川（新橋）
- イ 小黒川（梅の橋）
- ウ 長瀬川（小金橋）

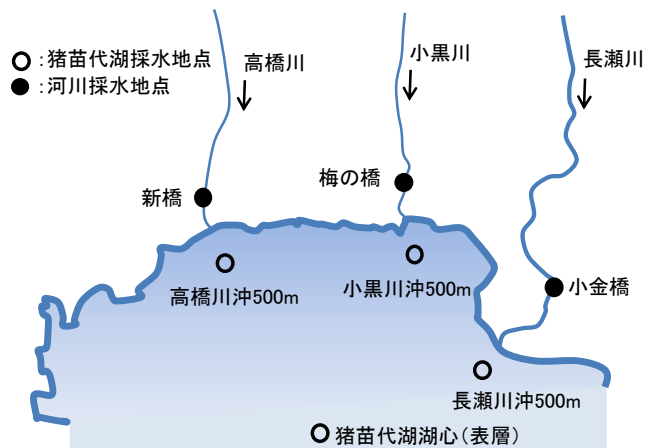


図1 調査地点

4 調査時期

- (1) 採水及び現地調査 令和元年 10 月 23 日
- (2) 生分解試験 令和元年 10 月 23 日～令和 2 年 1 月 31 日

5 調査項目

(1) 現地調査項目

気温、水温、透明度（透視度）、色相、臭気、濁り

(2) 水質分析項目

pH、EC、BOD、COD、溶存態 COD (DCOD)、TOC、溶存態 TOC (DOC)、SS、T-N、溶存態 T-N (DT-N)、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P、溶存態 T-P (DT-P)、PO₄-P、紫外外部吸光度 (UV260)

(3) 生分解試験及び分析項目

難分解性有機物に関する報告書（案）（平成 23 年 3 月環境省水・大気環境局水環境課）に基づき、生分解試験を行った。試験条件と分析項目を表 1 に示す。

なお、100 日生分解後に残存した成分を難分解性成分とした。

表 1 生分解試験の条件等

試料量	1000mL
分解期間	30 日及び 100 日
容器等	ガラス製容器 蓋シリコ栓
温度、光条件	20℃、暗
植種、希釈の有無	無
酸素供給	攪拌
分析項目	pH、EC、TOC、DOC、UV260

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
 - (2) EC：交流二電極法
 - (3) BOD(生物学的酸素要求量)：よう素滴定法
 - (4) COD(化学的酸素要求量)：100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
 - (5) 溶存態 COD (DCOD)：ろ過*) 後、100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
 - (6) 懸濁態 COD (PCOD)：「COD 測定値」－「DCOD 測定値」
 - (7) TOC(全有機体炭素量)：燃焼酸化－赤外吸収式 TOC 自動計測法
 - (8) 溶存態 TOC (DOC)：ろ過*) 後、燃焼酸化－赤外吸収式 TOC 自動計測法
 - (9) 懸濁態 TOC (POC)：「TOC 測定値」－「DOC 測定値」
 - (10) T-N (全窒素)、T-P (全りん)、PO₄-P (オルトリン酸態りん)：分光光度法
 - (11) 溶存態 T-N (DT-N)、溶存態 T-P (DT-P)：ろ過*) 後、分光光度法
 - (12) 懸濁態 T-N (PT-N)：「T-N 測定値」－「DT-N 測定値」
 - (13) 懸濁態 T-P (PT-P)：「T-P 測定値」－「DT-P 測定値」
 - (14) NO₃-N (硝酸性窒素)、NO₂-N (亜硝酸性窒素)、NH₄-N (アンモニウム性窒素)：イオンクロマトグラフ法
 - (15) SS：重量法
 - (16) UV260：波長 260nm の紫外部吸光度 (代表的な難分解性有機物であるフミン物質の指標、UV260/DOC 比により難分解性有機物の起源を推定)
- *：溶存態成分のろ過 ((5)、(8) 及び (11)) には、450℃で約 3 時間加熱後の WhatmanGF/B を使用した。

7 結果及び考察

現地調査結果は別紙 1 に、分析結果の一覧は別紙 2 に示す。

本調査は平成 26 年度以来、継続して年に 1 回、9～11 月に実施している。年度により長瀬川上流の水力発電所の放流により水量に影響があるが、今年度の採水日には放流がなかった。

- (1) 猪苗代湖及び流入河川における BOD、COD 及び TOC の結果について

各地点における BOD、COD 及び TOC 濃度等を図 2 に示す。

BOD、COD 及び TOC はいずれも有機物量の指標であり、BOD は微生物により分解される有機物量の指標、COD は酸化剤により分解される有機物量の指標である。両者ともに微生物では分解

されにくい有機物（難分解性有機物）が含まれる。TOCにも難分解性有機物が含まれる。

BODは、小黒川（梅の橋）が0.7mg/Lで、その他の地点は全て検出下限値(0.5mg/L)未満であった。

CODは、猪苗代湖の湖心が1.2mg/Lであり、長瀬川沖500m、高橋川沖500m及び小黒川沖500mはそれぞれ1.3mg/L、1.2mg/L及び1.2mg/Lと湖心に近い値であった。これに対し河川では、長瀬川（小金橋）が2.7mg/L、高橋川（新橋）が2.9mg/L、小黒川（梅の橋）が4.0mg/Lと湖心と比較して高い値であった。

また、CODの溶存態の割合（DCOD/COD）は、長瀬川（小金橋）が51%で、他の6地点は80%以上であった。

TOCは、湖心の0.76mg/Lに対し、河川沖3地点は0.80~0.86mg/L、長瀬川（小金橋）は0.74mg/Lと、湖心と同程度であった。過去の調査では小黒川沖で高値を示すことがあったが、今年度は湖心と同程度であった。高橋川（新橋）及び小黒川（梅の橋）は1.64mg/L及び2.26mg/Lと湖心より高く、小黒川及び高橋川には生活排水や水田排水等の流入により有機物の負荷量が多くなり、TOCが高かったと推察された。

また、TOCの溶存態の割合（DOC/TOC）は、各地点で88~98%であった。

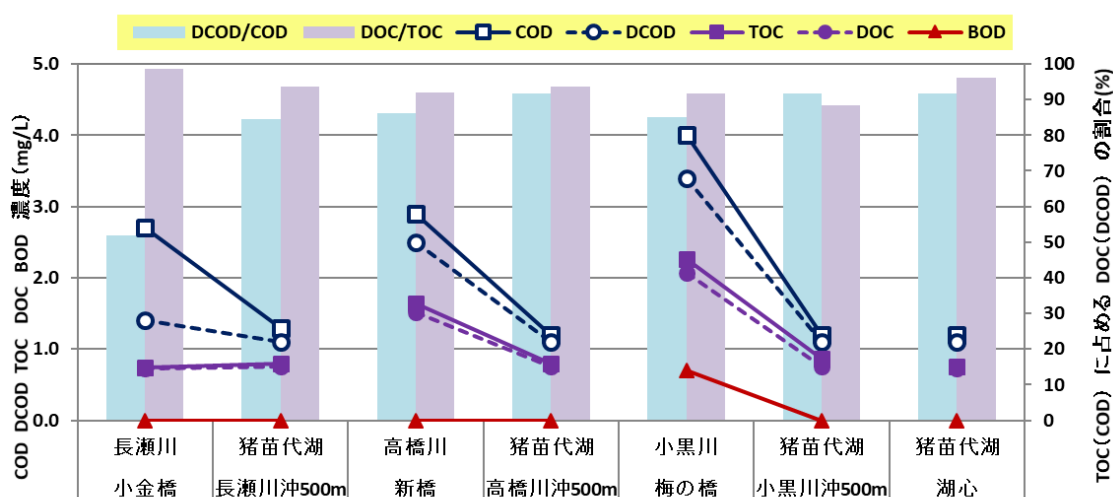


図2 各地点におけるBOD、COD、TOC等濃度及び溶存態の割合

(2) 猪苗代湖及び各河川における窒素及びリンの結果について

各地点におけるT-N及びT-P等の濃度等を図3、4に示す。

T-Nは、猪苗代湖の湖心及び河川沖500mの3地点の値がいずれも0.12mg/Lであったのに対し、河川の長瀬川（小金橋）は0.32mg/L、高橋川（新橋）は0.61mg/L、小黒川（梅の橋）0.87mg/Lと高い値を示し、この傾向は過去の調査と同様であった。

また、T-Nの溶存態の割合（DT-N/T-N）は75~93%を示した。長瀬川（小金橋）は過去の調査では48~76%と他地点と比較して低い傾向にあり、今年度は81%と他地点と同様の値であった。

NO₂-N及びNH₄-Nは全地点で定量下限値未満(<0.05mg/L)であった。NO₃-Nは、長瀬川（小金橋）、高橋川（新橋）、小黒川（梅の橋）がそれぞれ0.19、0.51、0.73mg/Lで、湖心及び各河川沖500mの0.08~0.09mg/Lと比較して高い値を示した。

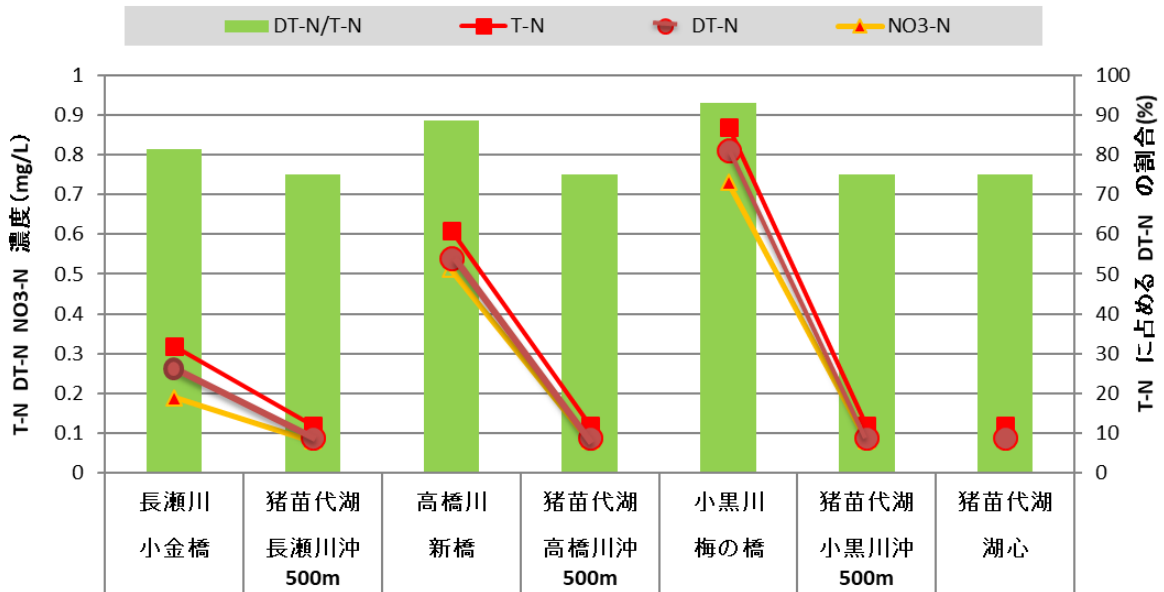


図3 T-N等の濃度及び溶存態の割合

T-Pは、湖心及び河川沖の3地点は定量下限値未満 (<0.003mg/L)であったが、河川では長瀬川(小金橋)が0.022mg/L、高橋川(新橋)が0.037mg/L、小黑川(梅の橋)が0.102mg/Lと、過去の調査と同様に検出された。

T-Pの溶存態の割合(DT-P/T-P)は、河川3地点のうち長瀬川(小金橋)は0%で、他の2地点も約50%と低い値を示し、これは過去の調査と同様で、溶存態の割合が高いCOD、TOC、T-Nとは異なっていた。なお、長瀬川(小金橋)については、当センターによるこれまでの調査で、不溶化したFe等の金属イオンにリンが吸着し懸濁態(フロック)になる現象が発生することが確認されており、その現象のため溶存態が検出されなかったと推察された。

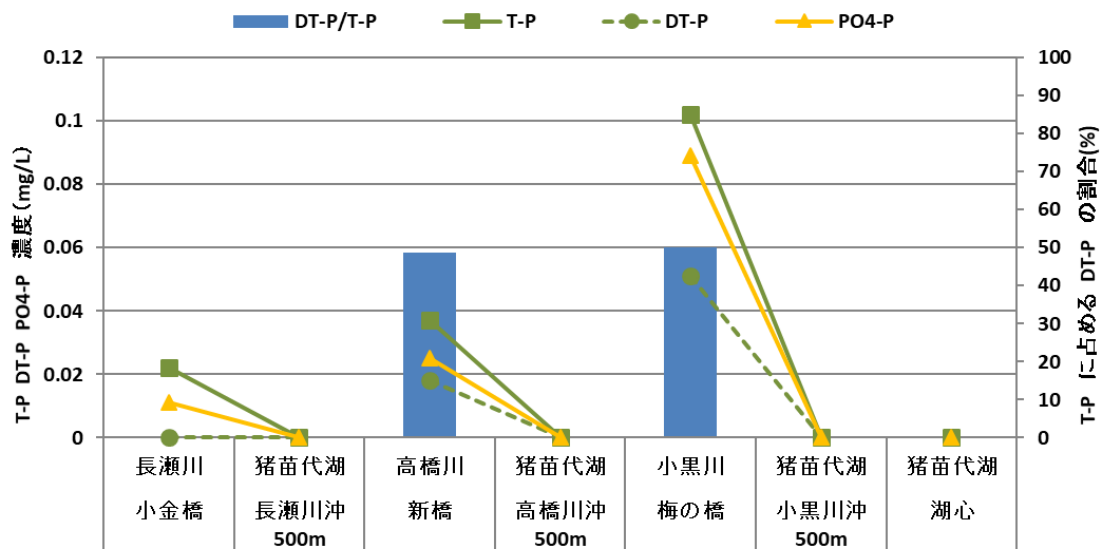


図4 T-P等の濃度及び溶存態の割合

(3) 猪苗代湖及び各河川における UV260/DOC 比について

各地点の難分解性有機物の起源（プランクトン等による内部生産由来か生活排水等による外来性有機物由来か）を探るため UV260/DOC 比について算出した。UV260/DOC 比及び DOC 濃度を図 5 に、平成 26 年度から令和元年度までの UV260/DOC 比及び河川流量の推移を図 6 に示す。

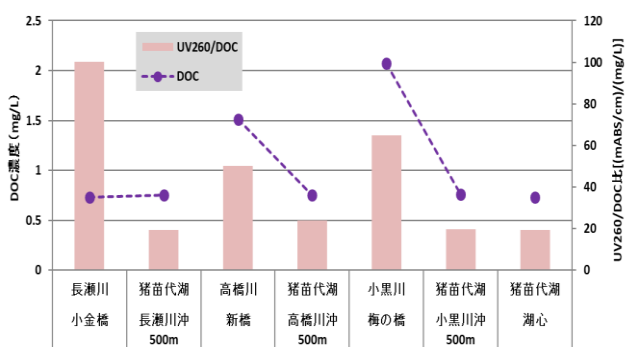


図 5 UV260/DOC 比及び DOC 濃度

令和元年度の猪苗代湖の湖心及び長瀬川沖 500m の UV260/DOC 比は

19 [(mABS/cm)/(mg/L)] で、小黒川沖 500m は 20 [(mABS/cm)/(mg/L)]、

高橋川沖 500m は 24 [(mABS/cm)/(mg/L)] であった。これらは、過去の調査結果に近いやや高い値で、既報告^{1),2)}の内部生産由来とされる 12 [(mABS/cm)/(mg/L)] よりやや高かったが、琵琶湖及び霞ヶ浦の湖水の 12~20 [(mABS/cm)/(mg/L)] と大差なく、猪苗代湖の有機物の主な起源は内部生産由来であると推察された²⁾。

一方、河川については、高橋川（新橋）及び小黒川（梅の橋）は、50 [(mABS/cm)/(mg/L)] 及び 65 [(mABS/cm)/(mg/L)] と過去調査と同様に高値を示し、外来性有機物由来の可能性が考えられた²⁾。長瀬川（小金橋）は 100 [(mABS/cm)/(mg/L)] と、平成 27~29 年度とほぼ同様の高い値を示した。なお、平成 27 年度から平成 29 年度に高い値を示したのは、上流にある水力発電所の放流後に採水したことで放流による多量の底質流出の影響を受けたものと推察されている。今年度は調査日にダム放流がなかったが、前日の雨による河川水量の増加で流域の森林等から流入する外来性有機物が増加した可能性が考えられた。

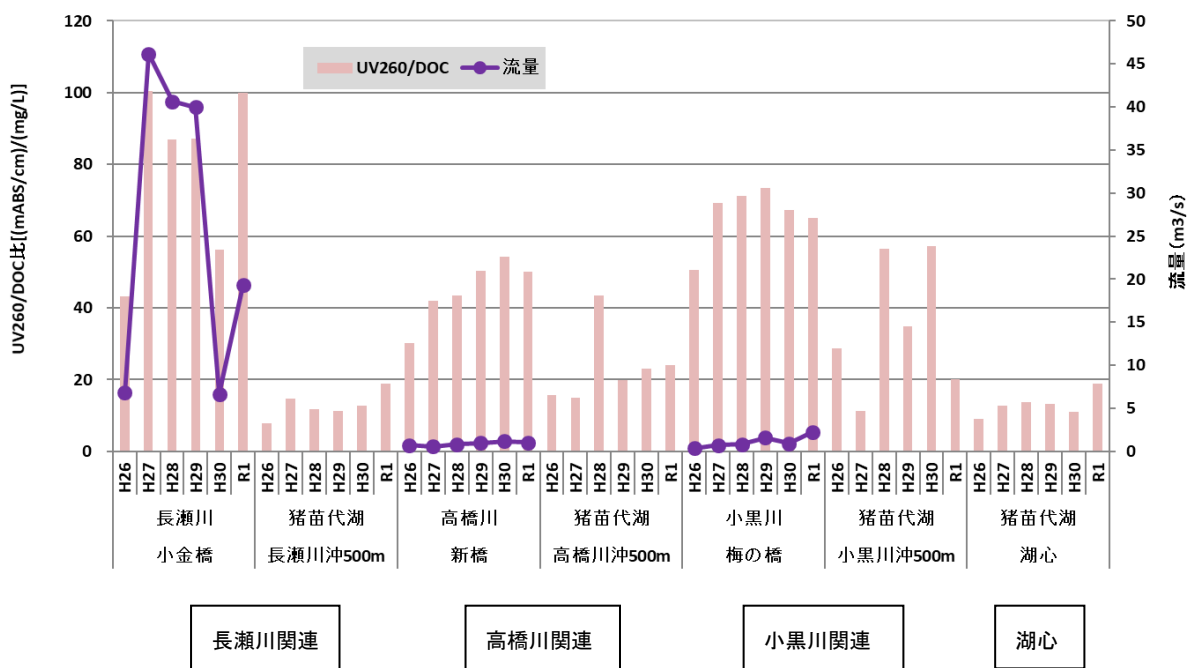


図 6 平成 26 年度から令和元年度の UV260/DOC 比及び流量

(4) 生分解試験結果について

ア 難分解性有機物について

各調査地点の生分解試験(0日(開始前)、30日後、100日後)のDOC及びPOC濃度の変化を図7に、開始前のDOCに対する生分解試験30日後及び100日後のDOCの割合を図8に示す。

猪苗代湖は、湖水の平均滞留時間が約3.7年であるが、湖沼の生分解進行がほぼ止まるとされる100日後を難分解性有機物とし、併せて30日後にも試験を実施した。

100日後の残存DOC濃度については、湖心及び河川沖3地点は0.46~0.51mg/Lを示し、河川では長瀬川(小金橋)が0.42mg/Lであるのに対し、高橋川(新橋)が1.16mg/L、小黒川(梅の橋)が1.64mg/Lと高い値を示した。

生分解100日後の難分解性DOCの割合(生分解開始前に対する割合)は、湖心及び各河川沖500mでは61~67%であり、これは昨年度とほぼ同じかやや低い値であった。河川では、長瀬川が58%を示したのと比較して、高橋川が76%、小黒川が79%とやや高い値を示した。

なお、生分解過程を観察するため実施した30日後のDOCの割合は、猪苗代湖湖心及び各河川沖500mが80~88%、各河川が77~89%と、過去の調査と同様に30日経過後にも有機物の分解が認められ、30日間に分解される易分解性有機物は54%程度であったため、難分解性有機物の評価には100日間の生分解が必要なものと考えられた。

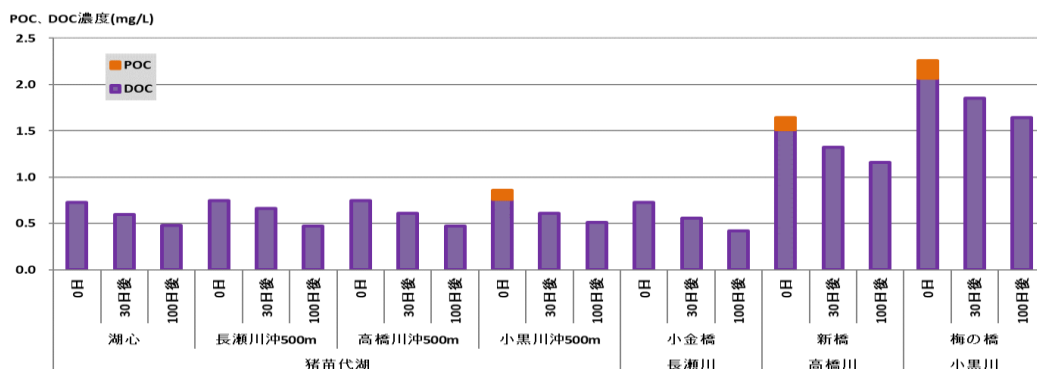


図7 生分解試験によるDOC濃度等の変化

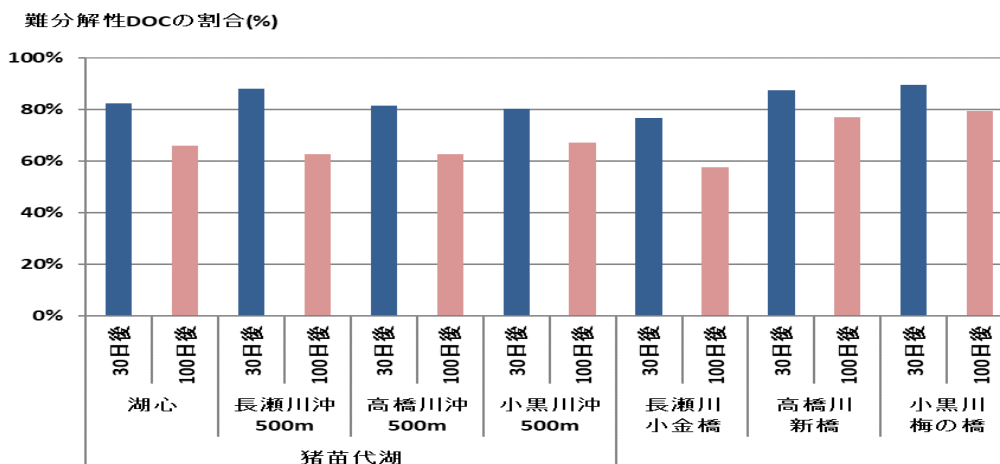


図8 生分解試験30日後及び100日後の難分解性DOCの割合

イ 生分解後の UV260/DOC 比について

生分解試験における UV260/DOC 比及び DOC 濃度を図 9 に示す。

100 日生分解後の UV260/DOC 比について、全ての地点でわずかに減少した。

一般的に、微生物による生分解によって、易分解性で UV260/DOC 比の低い有機物は減少し、相対的に UV260/DOC 比の高いフミン物質等の難分解性有機物の比率が増加することで、全体として UV260/DOC 比は増加する又はほぼ変化しないと報告されている^{1),2)}。しかしながら過去の本調査では分解前の値とほぼ同じ又は減少するという結果であり、今回の調査でも同様の傾向であった。

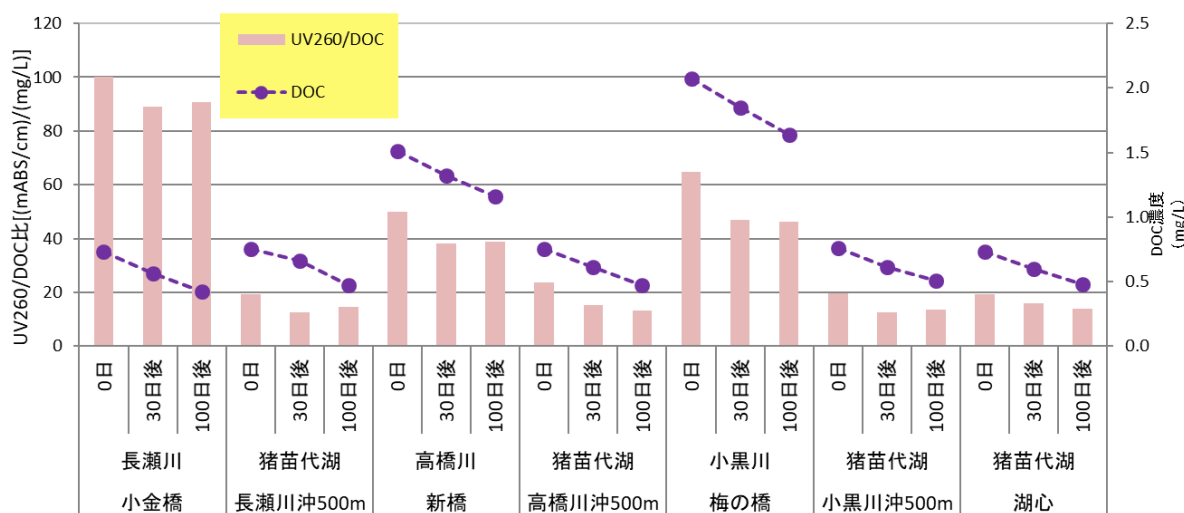


図 9 猪苗代湖及び各河川における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

8 まとめ

(1) TOC は、猪苗代湖湖内及び河川の長瀬川（小金橋）と比べて、小黒川（梅の橋）及び高橋川（新橋）が高い値を示し、そのほとんどが溶存態で存在した。高橋川及び小黒川においては生活排水や水田排水等の影響で高い値を示したと推察された。なお、過去の調査では小黒川沖 500m 地点が高い値を示すことがあったが、今年度は湖心と同程度の値を示した。

(2) 難分解性有機物の主要成分であるフミン物質の起源を反映するとされる UV260/DOC 比から、難分解性有機物の由来は、猪苗代湖湖内は植物プランクトン等による内部生産有機物、流入河川 3 地点は外来性有機物と考えられた。

(3) 生分解試験の結果、猪苗代湖湖心及び長瀬川沖 500m 地点における難分解性 DOC は約 6～7 割、長瀬川では 6 割、高橋川及び小黒川では 8 割程であり、昨年度とほぼ同じかやや低い値であった。湖心と流入河川の間位置する河川沖 500m 地点は、調査時の天候等の影響を受け変動しやすいが、小黒川及び高橋川の沖でも湖心と同程度の値であった。

また、難分解性有機物の割合は、琵琶湖や霞ヶ浦の湖水での調査結果²⁾とほぼ同様であり、猪苗代湖固有の特徴は認められなかった。

なお、生分解試験の結果から、難分解性有機物の評価には 100 日間の生分解試験が必要なものと考えられた。

(4) 生分解 100 日後の UV260/DOC 比は、全ての地点においてわずかに減少した。

参考文献

- 1) 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究
国立環境研究所特別研究報告、SR-36-2001 (2001)
- 2) 湖水溶存有機物の紫外吸光度 水環境学会誌 20. 397(1997)
福島武彦 今井章夫 松重一夫 井上隆信 小澤秀明

別紙1 現地調査結果一覧

調査地点	猪苗代湖				長瀬川 小金橋	高橋川 新橋	小黒川 梅の橋
	湖心	長瀬川沖 500m	高橋川沖 500m	小黒川沖 500m			
採取水深(m)	表層	表層	表層	表層	表層	表層	表層
調査年月日	R1.10.23						
採水時刻	9:30	9:52	10:55	10:20	9:45	11:45	10:40
天候(前日)	雨						
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)	15.5	15.0	14.8	14.5	16.0	16.7	16.0
水温(℃)	14.8	14.8	15.2	14.9	13.5	15.3	15.8
透明(透視)度(m)	7.5	6.7	2.8<	2.5<	65	>100	>100
水色(フォーレル・ウーレ)	6	7	7	7	—		
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色	褐色(淡)
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	微濁	透明	透明
流量(m ³ /s)	—				19.31	2.28	1.04

沼の倉発電所 放流なし

別紙2 難分解性有機物調査に係る水質測定結果

*黄色いセルは計算値

調査地点	猪苗代湖				長瀬川	高橋川	小黒川
	湖心	長瀬川沖 500m	高橋川沖 500m	小黒川沖 500m	小金橋	新橋	梅の橋
採取水深(m)	表層						
調査年月日	R1.10.23						
pH	6.9	6.9	6.9	6.9	3.8	7.2	7.3
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	109	109	112	112	246	200	213
BOD mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.7
COD mg/L	1.2	1.3	1.2	1.2	2.7	2.9	4.0
D-COD mg/L	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	2.5	3.4
P-COD mg/L	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.3	0.4	0.6
TOC mg/L	0.76	0.80	0.80	0.86	0.74	1.64	2.26
DOC mg/L	0.73	0.75	0.75	0.76	0.73	1.51	2.07
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	<0.1	0.13	0.19
T-N mg/L	0.12	0.12	0.12	0.12	0.32	0.61	0.87
DT-N mg/L	0.09	0.09	0.09	0.09	0.26	0.54	0.81
PT-N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	0.07	0.06
NO ₃ -N mg/L	0.09	0.08	0.08	0.08	0.19	0.51	0.73
NO ₂ -N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH ₄ -N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
T-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.022	0.037	0.102
DT-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.018	0.051
PT-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.022	0.019	0.051
PO ₄ -P mg/L	-	-	-	-	0.011	0.025	0.089
SS mg/L	<1	<1	<1	<1	7	5	3
UV260 ABS/cm	0.0141	0.0146	0.0178	0.0150	0.0731	0.0756	0.1341
UV260/DOC $(\text{mABS}/\text{cm})/(\text{mg}/\text{L})$	19	19	24	20	100	50	65

