

令和3年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

令和6年1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～P21
3	湖沼における難分解性有機物調査	P22～P32

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変化がみられ、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、猪苗代湖に加え大腸菌群の流入負荷が大きいと考えられる主要な 3 河川の水質調査を実施することにより、大腸菌群数の変動傾向の把握、大腸菌群の種の同定を行う。また、大腸菌群数が多く検出される 9 月には、調査地点のすべて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。

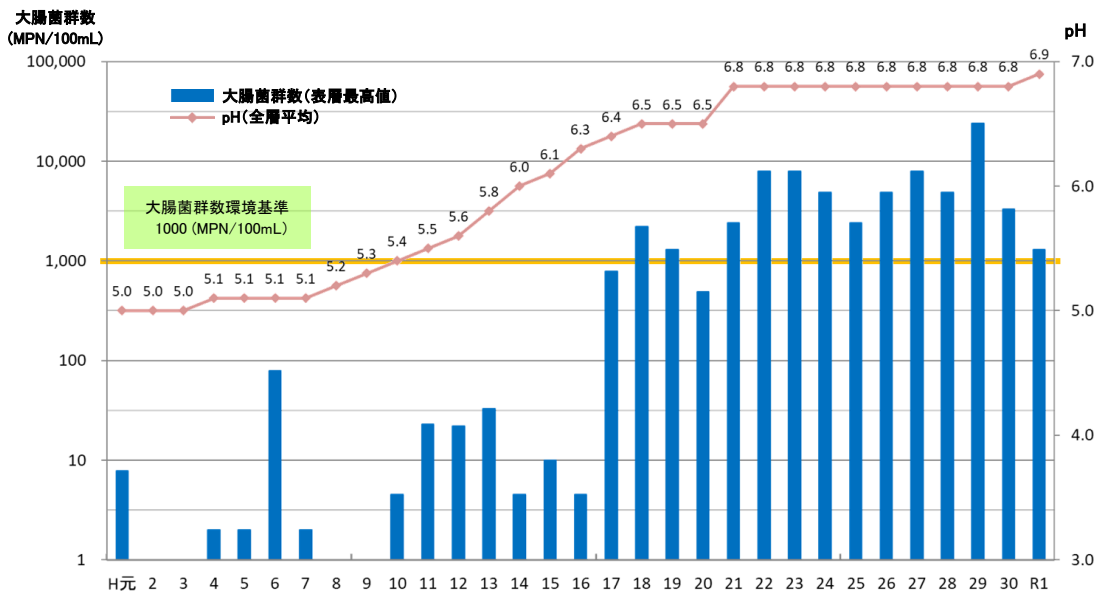


図 1 湖心の pH 及び大腸菌群数の経年変化 (データ出典: 福島県水質年報)

2 調査方法

猪苗代湖及び主要流入河川 (高橋川、小黒川、長瀬川) の大腸菌群等を調査し、猪苗代湖の大腸菌群の由来や出現状況を把握した。

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) 猪苗代湖高橋川沖500m (以下「高橋川沖500m」)
- (3) 猪苗代湖小黒川沖500m (以下「小黒川沖500m」)
- (4) 猪苗代湖長瀬川沖500m (以下「長瀬川沖500m」)
- (5) 高橋川 (新橋)
- (6) 小黒川 (梅の橋)
- (7) 長瀬川 (小金橋)

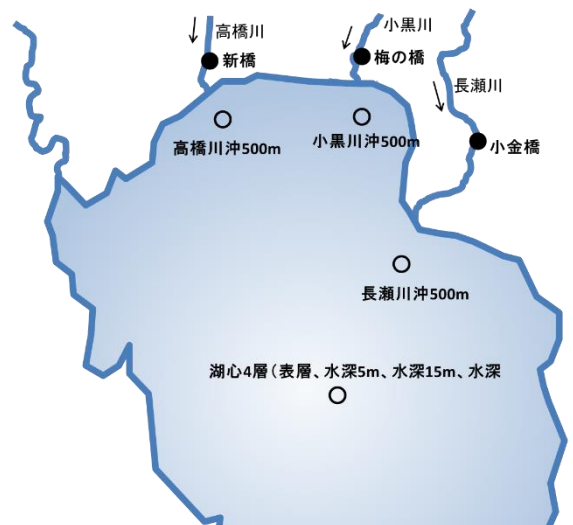


図 2 調査地点

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(アイテックスラボラトリーズ[®](株))
(*) 湖心の大腸菌群数は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、最確数法は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液体培地をBGLB寒天培地に塗末し、普通寒天培地で単離培養後、再度BGLB液体培地でガスを発生した菌株を対象にAPI20E(シメックス・ビオリユー(株))で菌種を同定した。

7 結果及び考察

現地調査の結果は、別紙1のとおり。水質分析結果は、別紙2のとおり。

(1) 湖心の水質

ア 水温の鉛直分布と水温躍層

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、気温の上昇とともに表層の水温も上昇し、7月には水深10m前後に表水層(密度の低い温かい水の層)が出現し、水温成層が確認された。その後9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(密度の高い冷たい水の層)はおよそ水深60m以深で、最深部の水温は5°C前後で年間を通じ一定であった。

イ 大腸菌群数及び大腸菌数

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1未満~990MPN/100mLであったが、9月に2,400MPN/100mLとなり環境基準の1,000MPN/100mLを超過した。水深別にみると、5月は表層以外で検出され、6月以降は全水深で検出された。

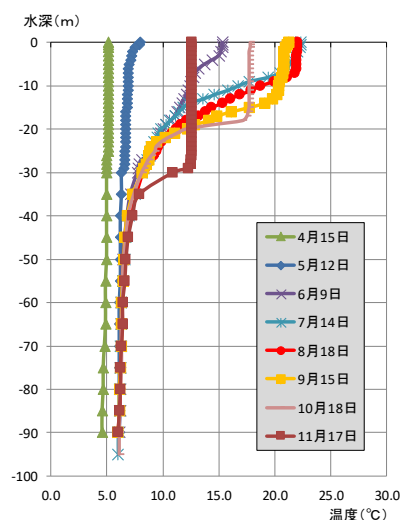


図3 湖心の鉛直分布

湖心表層の水温は7月に22.3℃と最高値を示し、大腸菌群数が環境基準を超過したのは9月のみであった。水温の低い水深30mにおいては、令和2年度までの調査でも、9月及び10月に大腸菌群数が高い値を示し、令和3年度も同様の傾向が見られ、10月で最も高い値を示していた。

なお、大腸菌群数は全ての時期及び水深で1MPN/100mL未満であった。

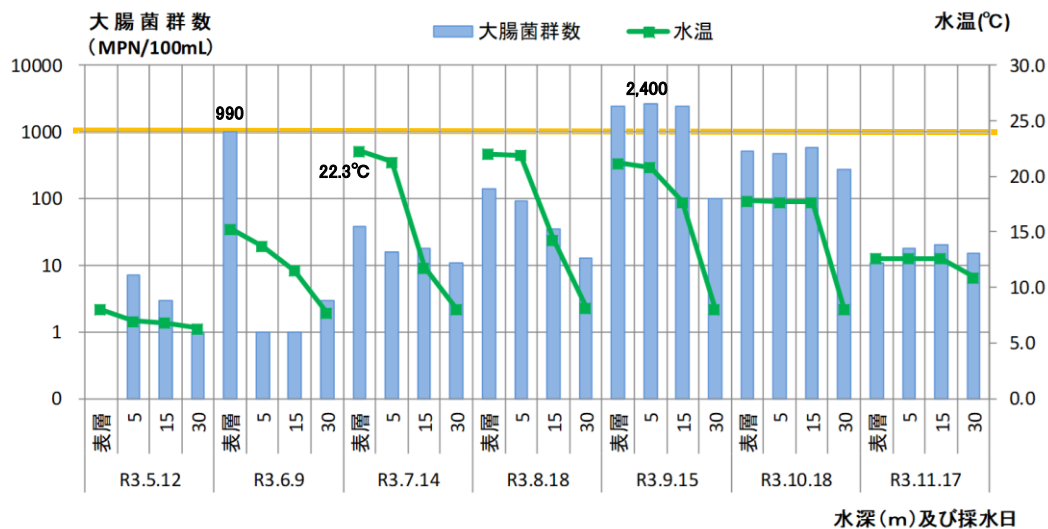


図4 湖心の大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目

湖心の pH 及び TOC の調査結果を図5に示し、平成24年度から令和3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関係を表1に示す。

pH は 6.85~7.17 であり、水深30mは他の水深に比べて低い傾向を示していた。pH の最大値7.17を示したのは10月の表層であった。

TOC は 0.51~0.91mg/L であり、令和2年度調査の最高値 1.60mg/L と比較すると低い値を示した。

平成24年度から令和3年度の調査で大腸菌群数とその他の水質項目の相関をみると大腸菌群数と水温、大腸菌群数と pH、大腸菌群数と TOC で弱い相関が確認できた。

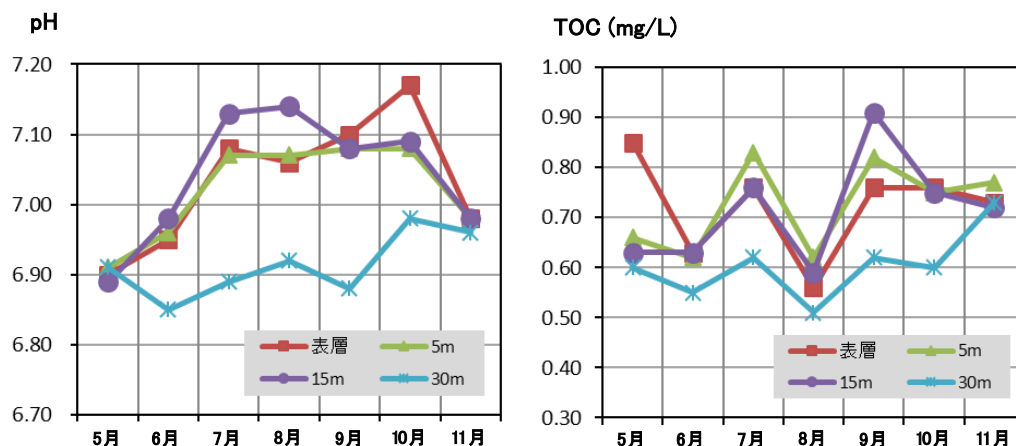


図5 湖心の pH 及び TOC

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 (H24～R3)

(n=280)

	水温	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.30	0.32	-0.02	0.01	0.32

(2) 各河川及び各河川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数

ア 高橋川新橋及び高橋川沖 500m

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 2,400～24,000MPN/100mL、大腸菌数は 24～65MPN/100mL、高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 1 未満～1,700MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満～4MPN/100mL であった。高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数は、高橋川より 1 桁～2 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、6、9 月を除いて湖心表層より高い値を示しており、7、9 月で環境基準の 1,000MPN/100mL を超過していた。

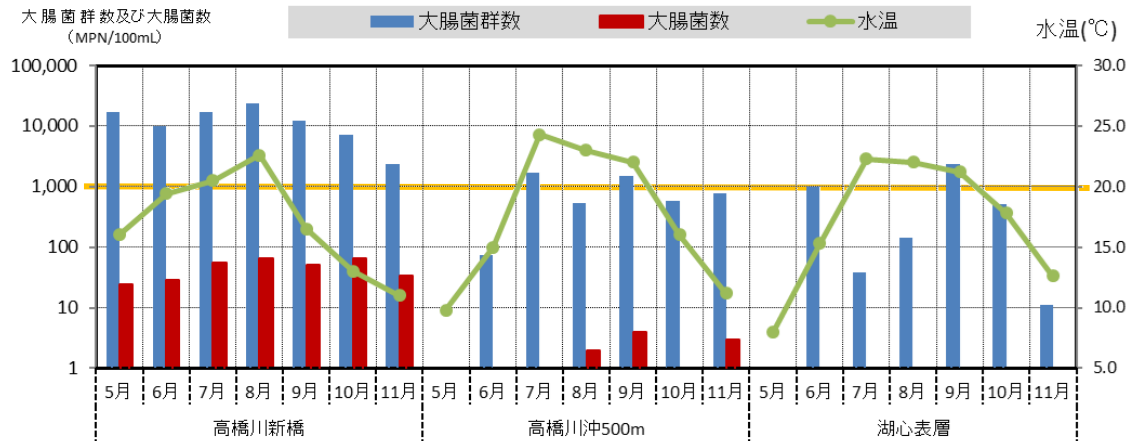


図 6 高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

イ 小黒川梅の橋及び小黒川沖 500m

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 9,800～24,000MPN/100mL、大腸菌数は 91～310MPN/100mL、小黒川沖 500m の大腸菌群数は 170～4,800MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満～81MPN/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、全ての調査日で小黒川より 1～2 桁低い値を示すが、湖心表層と比べると 9 月を除いて同等または高い値を示し、大腸菌群数は 6、7、8 月で環境基準の 1,000MPN/100mL を超えていた。

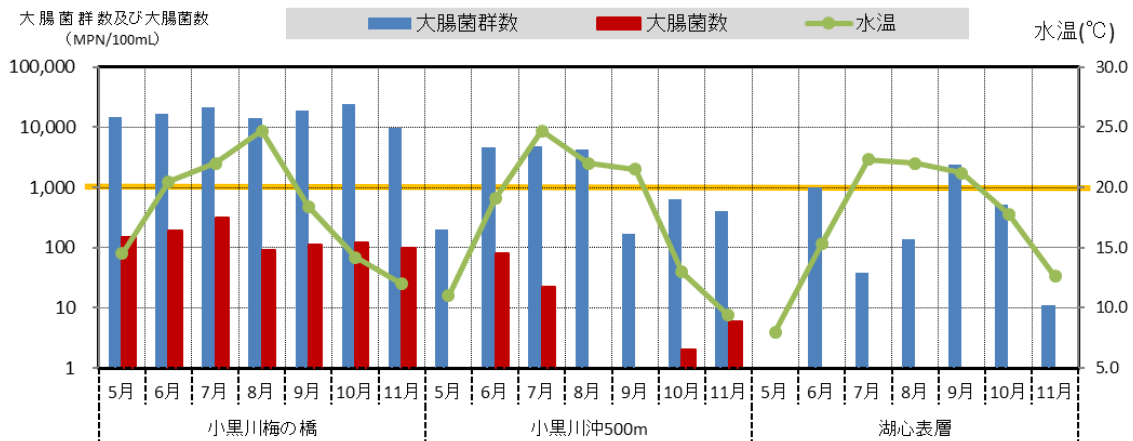


図7 小黒川梅の橋、小黒川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び長瀬川沖 500m

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98～980MPN/100mL、大腸菌数は1未満～12MPN/100mL、長瀬川沖 500mの大腸菌群数は1未満～1,900MPN/100mL、大腸菌数は1未満であった。大腸菌群数は、8月以降、長瀬川沖 500mと湖心表層は同様な値を示した。湖心表層と同じく9月には、長瀬川沖 500mで環境基準の1,000MPN/100mLを超過した。

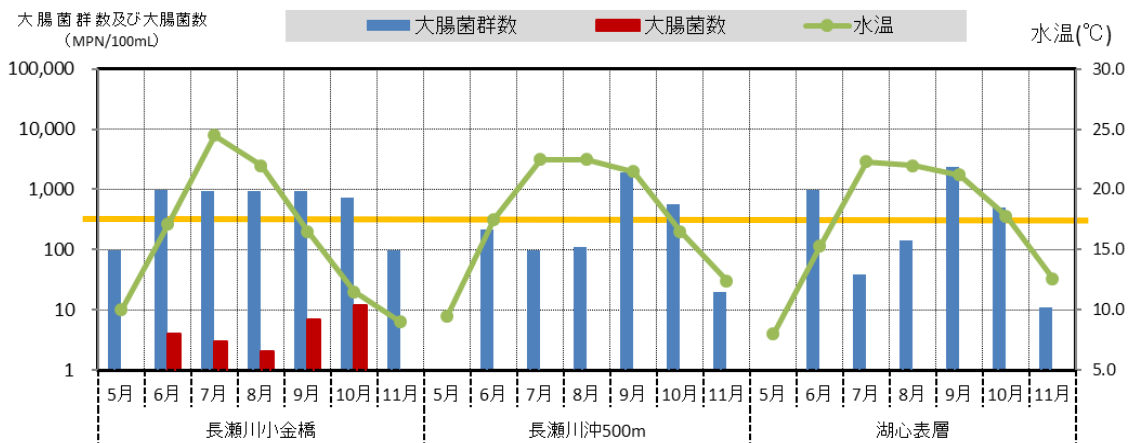


図8 長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m 及び湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

エ 大腸菌群数に占める大腸菌数の割合

各調査地点ごとの大腸菌群数に占める大腸菌数の割合を表2に示す。

全ての地点の分布は0～1.8%と5%以下であった。また、全ての地点の平均値は、和波らが報告¹⁾した下水処理水流入前の河川水の平均値が5%よりも低く、今回調査した各河川及び各河川沖 500mの大腸菌による汚染割合の程度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割合 (%)

	高橋川新橋	高橋川沖500m	小黒川梅の橋	小黒川沖500m	長瀬川小金橋	長瀬川沖500m
平均値	0.5	0.2	0.9	0.6	0.6	0
分布	0.1~1.4	0~0.4	0.5~1.5	0~1.8	0~1.7	0

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との相関

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 7.19~7.66、EC は 148~241 μ S/cm、SS は 1~24mg/L、TOC は 0.84~2.41mg/L、DO 飽和率は 88%以上の値であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋では大腸菌群数と水温、大腸菌数と DO 飽和率、大腸菌群数と大腸菌数の間にやや正の相関がみられ、大腸菌群数と TOC、大腸菌数と水温、大腸菌数と pH、大腸菌数と TOC との間に弱い正の相関がみられた。また、大腸菌数と EC の間にやや負の相関がみられ、大腸菌群数と EC の間に弱い負の相関が見られた。

長瀬川小金橋の pH は 3.68~4.62、EC は 159~353 μ S/cm、SS は 1~10mg/L、TOC は 0.39~0.68mg/L、DO 飽和率は 87%以上であった。大腸菌群数と水温の間に強い正の相関があり、大腸菌群数と DO 飽和率、大腸菌群数と pH、大腸菌群数と SS、大腸菌群数と TOC の間にやや正の相関関係が確認され、大腸菌群数と大腸菌数の間に弱い正の相関が確認された。また、大腸菌群数と EC の間に強い負の相関がみられた。なお、長瀬川小金橋の大腸菌数については、1 未満~12MPN/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 1~3 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、全ての調査月で小黒川梅の橋を下回っていたが、6 月と 9 月は高橋川新橋を上回っており、10 月は同程度の負荷を示していた (図 15)。

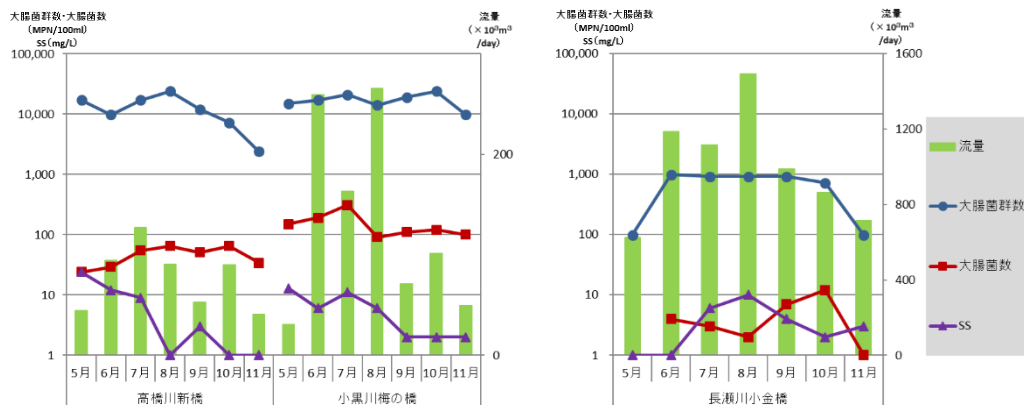


図 9 流量と大腸菌群数、大腸菌数及び SS の推移

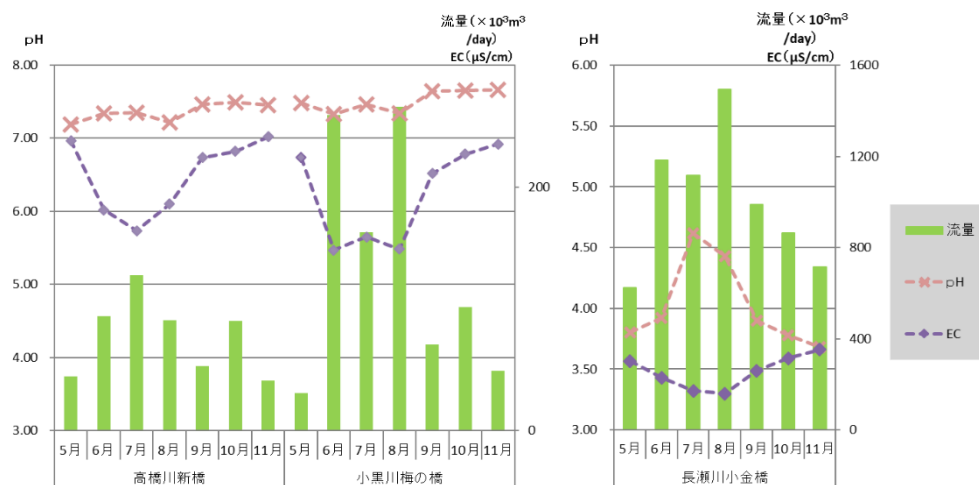


図 10 流量とpH及び EC の推移

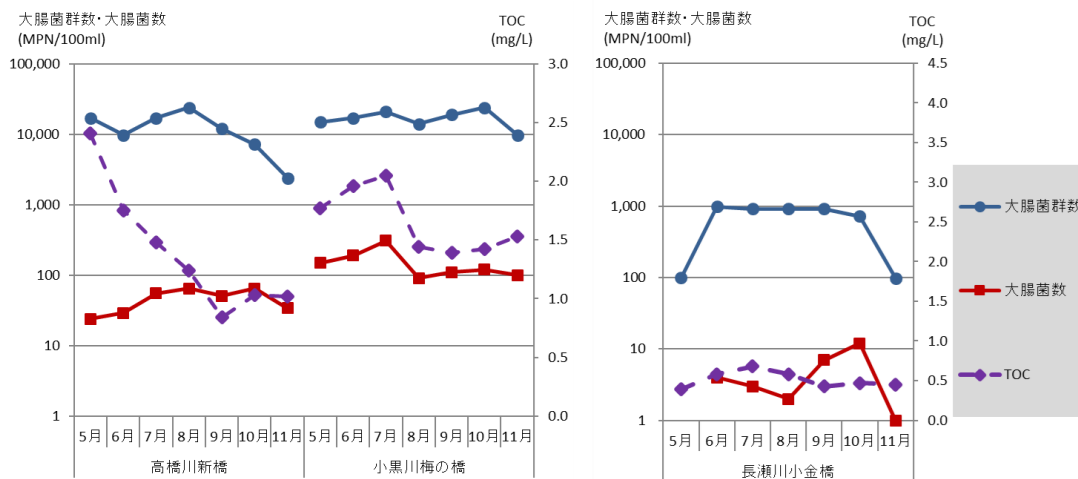


図 11 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数と TOC の推移

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

(n=14)

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.54	0.09	-0.10	-0.36	0.14	0.36	0.44
大腸菌数	0.29	0.44	0.25	-0.43	0.03	0.40	-

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	0.80	0.66	0.59	-0.76	0.42	0.66	0.24

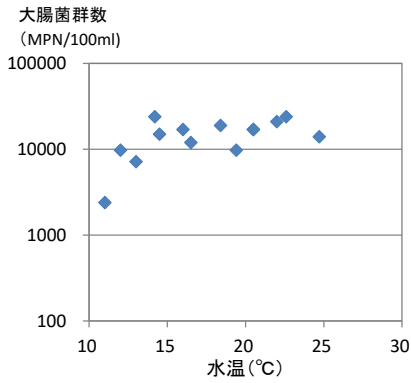


図 12 高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数と水温の散布図

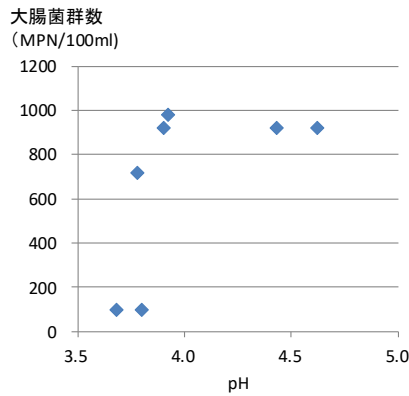


図 13 長瀬川小金橋における大腸菌群数と pH の散布図

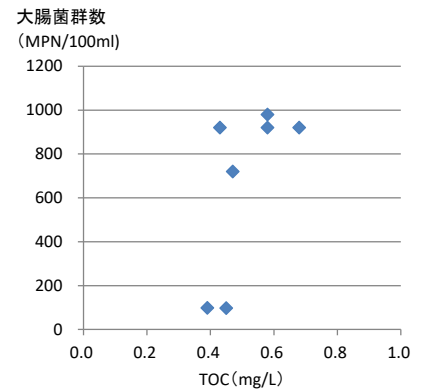


図 14 長瀬川小金橋における大腸菌群数と TOC の散布図

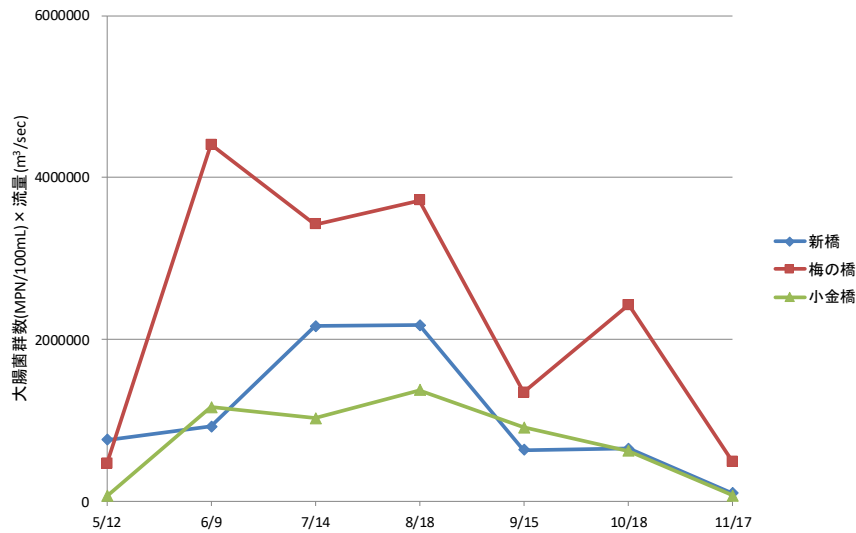


図 15 高橋川新橋、小黒川梅の橋、長瀬川小金橋における大腸菌群数の流入負荷総量

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 6.90～9.08、EC は 111～183 μ S/cm、SS は 1 未満～17mg/L、TOC は 0.69～2.74mg/L、DO 飽和率は 73%以上の値であった。また、大腸菌群数と水温及び大腸菌群数と TOC の間にやや正の相関がみられ、大腸菌群数と pH 及び大腸菌数と TOC の間に弱い正の相関、大腸菌群数と DO 飽和率の間にやや負の相関、大腸菌数と DO 飽和率の間に弱い負の相関が見られた。

長瀬川沖 500m の pH は 6.91～7.24、EC は 107～114 μ S/cm、SS は 1mg/L 未満、TOC は 0.59～1.19mg/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。また、大腸菌群数と水温の間に弱い正の相関がみられ、大腸菌群数と EC の間にやや負の相関、大腸菌群数と pH の間に弱い負の相関がみられた。なお、大腸菌数は 1 未満、SS は 1mg/L 未満であったため、相関関係は検討しなかった。

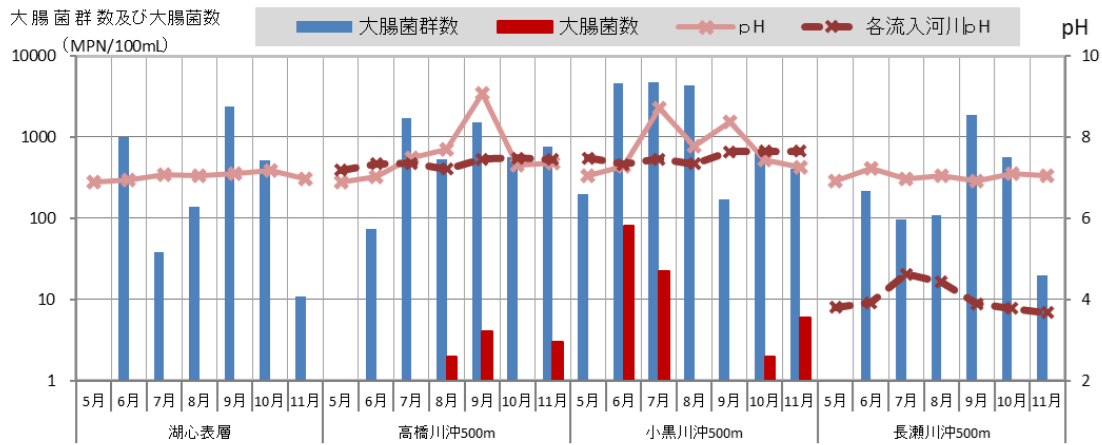


図 16 各河川沖 500m 地点等の pH の推移

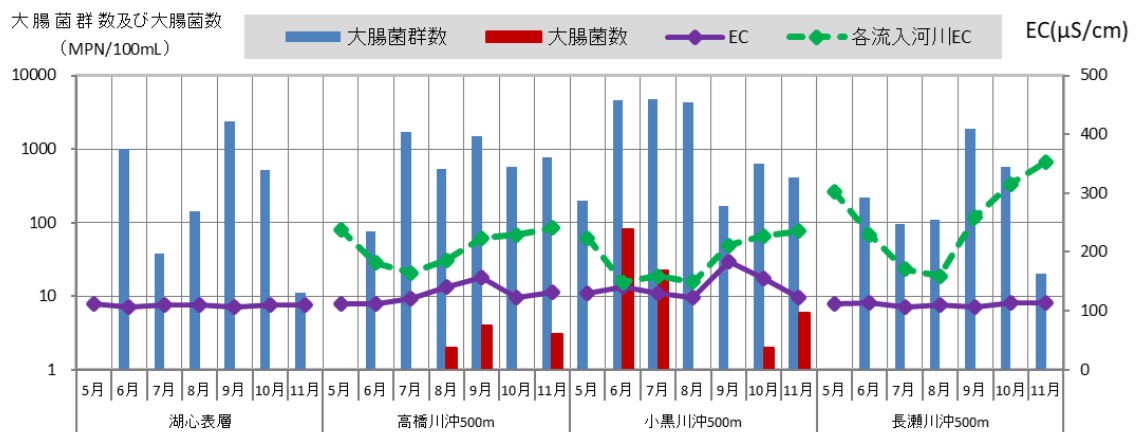


図 17 各河川沖 500m 地点等の EC の推移

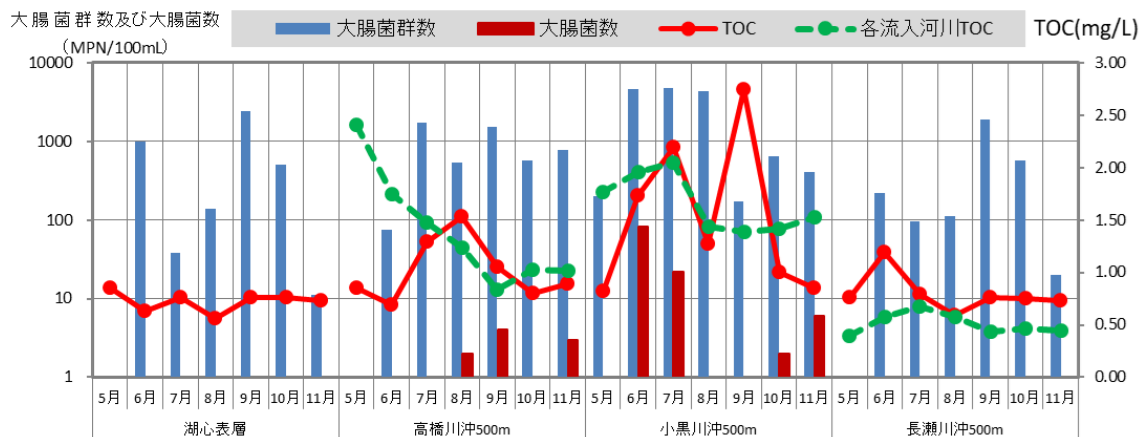


図 18 各河川沖 500m 地点等の TOC の推移

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	0.57	-0.62	0.37	-0.06	0.09	0.42
大腸菌数	0.17	-0.21	-0.01	0.09	0.15	0.32

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	0.38	-0.06	-0.28	-0.50	-0.04

(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* 属と *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 9 月は表層と水深 5m で *Enterobacter cloacae* が同定され、水深 15m と水深 30m で *Aeromonas hydrophilia/caviae/sobria*² が同定された。小野²⁾ 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考えられる。

9 月の各流入河川の大腸菌群については、高橋川新橋からは *Enterobacter* 属と *Serratia* 属、小黒川梅の橋からは *Aeromonas* 属、長瀬川小金橋からは *Enterobacter* 属、*Serratia* 属、*Pantoea* 属が同定された。また、高橋川沖 500m と小黒川沖 500m では *Aeromonas* 属が同定され、長瀬川沖 500m からは *Enterobacter cloacae* が同定された。

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* は年間を通じいずれの採水地点からも検出されなかった。

表 7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	<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>Serratia odorifera 1</i> <i>Hafnia alvei1</i> <i>Chromobacterium violaceum</i> <i>Pantoea spp2</i> <i>Pantoea spp3</i> <i>Pantoea spp4</i> <i>Pseudomonas fluorescens/putida</i> <i>Raoultella terrigena</i> <i>Rahnella aquatilis</i> The others	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培地の最高希釈試験管本数(本)	コリラート培地の大腸菌群数の結果(MPN/100mL)	
猪苗代湖 湖心 表層	R3.5.12		0	-	-	<1	
猪苗代湖 湖心 5m			0	-	-	7	
猪苗代湖 湖心 15m			0.3	2	10	1	3
猪苗代湖 湖心 30m				0	-	-	1
猪苗代湖 湖心 表層	R3.6.9	2.0	240	1	5	990	
猪苗代湖 湖心 5m			0	-	-	1	
猪苗代湖 湖心 15m			0	-	-	1	
猪苗代湖 湖心 30m		0.6	4	10	2	3	
猪苗代湖 湖心 表層	R3.7.14	2.5	350	0.1	1	38	
猪苗代湖 湖心 5m		2.7	540	0.1	2	16	
猪苗代湖 湖心 15m		2.7	540	0.1	2	18	
猪苗代湖 湖心 30m		1.9	79	1	3	11	
猪苗代湖 湖心 表層	R3.8.18	3.7	4900	0.01	2	140	
猪苗代湖 湖心 5m		3.0	1100	0.01	1	93	
猪苗代湖 湖心 15m		3.1	1300	0.1	4	35	
猪苗代湖 湖心 30m		2.8	700	0.01	1	13	
猪苗代湖 湖心 表層	R3.9.15	3.8	7000	0.001	1	2400	
猪苗代湖 湖心 5m		3.8	7000	0.001	1	2600	
猪苗代湖 湖心 15m		4.2	17000	0.001	1	2400	
猪苗代湖 湖心 30m		2.7	490	0.1	2	99	
猪苗代湖 高橋川沖500m		3.2	1700	0.01	1	1500	
猪苗代湖 小黒川沖500m		2.9	790	0.1	3	170	
猪苗代湖 長瀬川沖500m		3.0	1100	0.01	1	1900	
高橋川 新橋		4.4	79000	0.001	3	12000	
小黒川 梅の橋		4.5	33000	0.001	1	19000	
長瀬川 小金橋		2.4	790	0.1	3	920	
猪苗代湖 湖心 表層	R3.10.18	3.0	1100	0.01	1	510	
猪苗代湖 湖心 5m		3.0	1100	0.01	1	480	
猪苗代湖 湖心 15m		2.4	490	0.1	2	570	
猪苗代湖 湖心 30m		2.9	790	0.1	3	270	
猪苗代湖 湖心 表層	R3.11.17	1.7	79	1	3	11	
猪苗代湖 湖心 5m		2.2	170	0.1	1	18	
猪苗代湖 湖心 15m		1.7 2.0	240	1	5	20	
猪苗代湖 湖心 30m		1.7	46	0.1	1	15	

*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1未満～990MPN/100mLであったが、9月に環境基準の1,000MPN/100mLを超過した。平成24年度から令和3年度の調査の結果を見ると大腸菌群数と水温、大腸菌群数とpH、大腸菌群数とTOCで弱い相関が確認できた。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～数桁低い値であった。高橋川沖500mと小黒川沖500mでは、大腸菌群数と水温及び大腸菌群数とTOCの間にやや正の相関が見られ、高橋川新橋と小黒川梅の橋では大腸菌群数と水温、大腸菌群数と大腸菌数、大腸菌数とDO飽和率、大腸菌数TOCの間にやや正の相関が見られた。
- (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8月以降は湖心と同傾向にあり、環境基準を超過したのは湖心表層と同じ9月のみであった。長瀬川小金橋の大腸菌群数と水温との間に強い正の相関が見られた。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の割合は、各河川で0～1.7%、猪苗代湖各河川沖500m地点では0～1.8%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。高橋川沖500mと小黒川沖500mでは*Aeromonas*属が同定され、長瀬川沖500mでは*Enterobacter*属が同定された。高橋川新橋と長瀬川小金橋からは*Enterobacter*属と*Serratia*属が同定され、小黒川梅の橋は*Aeromonas*属が同定された。

いずれの調査地点でも、糞便汚染の生物指標となる*Escherichia coli*は検出されなかった。

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) 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3年度大腸菌詳細調査現地調査票

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)	R3.5.12	R3.6.9	R3.7.14	R3.8.18	R3.9.15	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.11.17
調査年月日	9.00	9.05	9.00	9.10	9.05	9.30	9.10	9.10	9.30	9.10	9.10	9.10
採取時間	晴	晴	<曇り>	<曇り>	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
天候(前日)	晴	晴	<曇り>	<曇り>	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
水温(°C)	13.2	13.2	13.1	13.1	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
透明度(m)	8.0	7.0	6.8	6.3	15.3	13.7	11.5	7.7	22.3	21.3	11.8	8.1
透明度(m)	12.7	9.6	12.5	12.5	11.3	12.2	12.2	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
色相	6	5	5	5	6	7	7	7	7	7	7	7
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
濁り	透明	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			
	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30
採取水深(m)	R3.5.12	R3.6.9	R3.7.14	R3.8.18	R3.9.15	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.11.17	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.11.17
調査年月日	11.10	10.30	10.00	11.40	11.00	10.30	11.00	10.30	11.40	11.40	10.25	11.15	11.00	10.25	11.15	10.30
採取時間	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
天候(前日)	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
水温(°C)	19.5	18.5	17.9	22.1	20.2	22.5	26.3	28.0	28.0	28.7	28.0	28.0	28.1	28.7	28.0	28.0
透明度(m)	9.8	11.0	9.5	15.0	19.1	17.5	24.3	24.7	22.5	22.0	22.5	22.5	23.0	22.0	21.5	22.0
色相	1.3	1.2	6.7	>1.0	>1.0	4.0	>0.9	0.8	8.8	16	9	16	>1.0	0.6	>0.6	>0.6
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	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	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			
	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30
採取水深(m)	R3.5.12	R3.6.9	R3.7.14	R3.8.18	R3.9.15	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.11.17	R3.10.18	R3.11.17	R3.11.17	R3.11.17
調査年月日	12.26	10.59	9.28	11.40	10.38	9.35	11.45	10.45	9.30	15.30	14.30	10.55	10.10	9.10	11.37	10.50
採取時間	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
天候(前日)	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
水温(°C)	16.5	20.8	18.2	21.7	24.8	24.0	24.2	26.1	29.2	27.0	28.5	24.3	25.2	21.5	13.0	15.0
透明度(m)	16.0	14.5	10.0	19.4	20.5	17.1	20.5	22.0	24.5	22.6	24.7	22.0	16.5	18.4	14.2	11.5
色相	1.0	0.32	>1.0	0.53	0.58	>1.0	0.85	0.57	0.70	0.80	>1.0	0.74	>1.0	>0.83	>1.0	>1.0
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	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明

別紙2

令和3年度猪苗代湖大腸菌群調査

調査地点	調査年月日	猪苗代湖												
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		
採取水深(m)	調査年月日	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	
pH		6.90	6.91	6.89	6.91	6.90	7.06	6.91	7.19	7.48	3.80	6.95	6.96	7.03
EC	μS/cm	111	110	109	112	112	129	112	238	303	303	106	110	114
DO	mg/L	11	11	11	11	11	11	11	9.2	10	10	10	10	10
SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	24	13	1	<1	<1	<1
大腸菌群数(OH+法)	MPN/100ml	0	7	3	1	<1	200	<1	17000	15000	99	990	1	3
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	240	0	4
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	24	150	<1	<1	<1	<1
TOC	mg/L	0.85	0.86	0.63	0.60	0.85	0.82	0.76	2.41	1.77	0.39	0.63	0.62	0.55

調査地点	調査年月日	猪苗代湖												
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		
採取水深(m)	調査年月日	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	
pH		7.08	7.07	7.13	6.89	7.49	8.71	6.96	7.35	7.46	4.62	7.06	7.07	7.14
EC	μS/cm	109	111	110	112	120	129	107	164	159	171	109	110	111
DO	mg/L	9.0	8.9	11	10	9.5	11	8.6	8.0	8.6	8.8	8.2	8.4	10
SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	1	6	<1	9	11	6	<1	<1	<1
大腸菌群数(OH+法)	MPN/100ml	38	16	18	11	1700	4800	96	17000	21000	920	140	93	35
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	350	540	540	79	0	0	0	0	0	4900	1100	1300	700
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	1	22	<1	55	310	3	<1	<1	<1
TOC	mg/L	0.76	0.83	0.76	0.62	1.29	2.19	0.79	1.48	2.05	0.68	0.56	0.62	0.59

調査地点	調査年月日	猪苗代湖												
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		
採取水深(m)	調査年月日	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	
pH		7.10	7.08	7.08	6.88	9.08	8.38	6.92	7.46	7.64	3.90	7.17	7.08	7.09
EC	μS/cm	107	109	108	110	156	183	107	224	211	260	110	114	113
DO	mg/L	8.5	8.7	9.1	11	12	8.3	8.6	8.8	9.8	9.0	9.1	9.2	9.3
SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	3	2	4	<1	<1	<1
大腸菌群数(OH+法)	MPN/100ml	2400	2600	2400	99	1500	170	1900	12000	19000	920	510	480	270
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	7000	7000	17000	4900	1700	790	1100	79000	33000	790	1100	1100	490
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	4	<1	<1	51	110	7	<1	<1	<1
TOC	mg/L	0.76	0.82	0.91	0.62	1.05	2.74	0.76	0.84	1.39	0.43	0.76	0.75	0.75

調査地点	調査年月日	猪苗代湖												
		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		
採取水深(m)	調査年月日	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	
pH		6.98	6.98	6.98	6.96	7.95	7.25	7.04	7.45	7.66	3.68	7.17	7.08	7.09
EC	μS/cm	110	111	108	112	132	123	114	241	235	353	110	114	113
DO	mg/L	10	10	10	10	10	10	10	9.7	11	10	9.1	9.2	9.3
SS	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	2	3	<1	<1	<1
大腸菌群数(OH+法)	MPN/100ml	11	18	20	15	770	410	20	2400	9800	98	510	480	270
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	79	170	240	46	0	0	0	0	0	0	1100	1100	490
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	3	6	<1	34	100	1	<1	<1	<1
TOC	mg/L	0.73	0.77	0.72	0.73	0.89	0.85	0.73	1.02	1.53	0.45	0.76	0.75	0.75

2 猪苗代湖全湖水面調査

1 目的

猪苗代湖の湖水のpHが酸性から中性に転じつつある現状で、平成18年度以降、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)に湖内全域で調査を行い、大腸菌群数の分布状況及び湖水のpHの状況等を把握する。

2 調査方法

猪苗代湖全域の状況を把握するため、表層52地点(概ね緯度・経度1分毎のメッシュで1地点)及び湖北部の流入河川2地点のpH、大腸菌群数等を調査した。

3 調査地点

図1のとおり、湖心を含む湖内全域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。湖内の調査地点の選定は、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⁾を参考とした。流入2河川の選定は、例年、大腸菌群数の数値が低い傾向を示す湖北部の調査地点近くの河川、高橋川及び小黒川とし、平成29年度から調査地点に追加している。

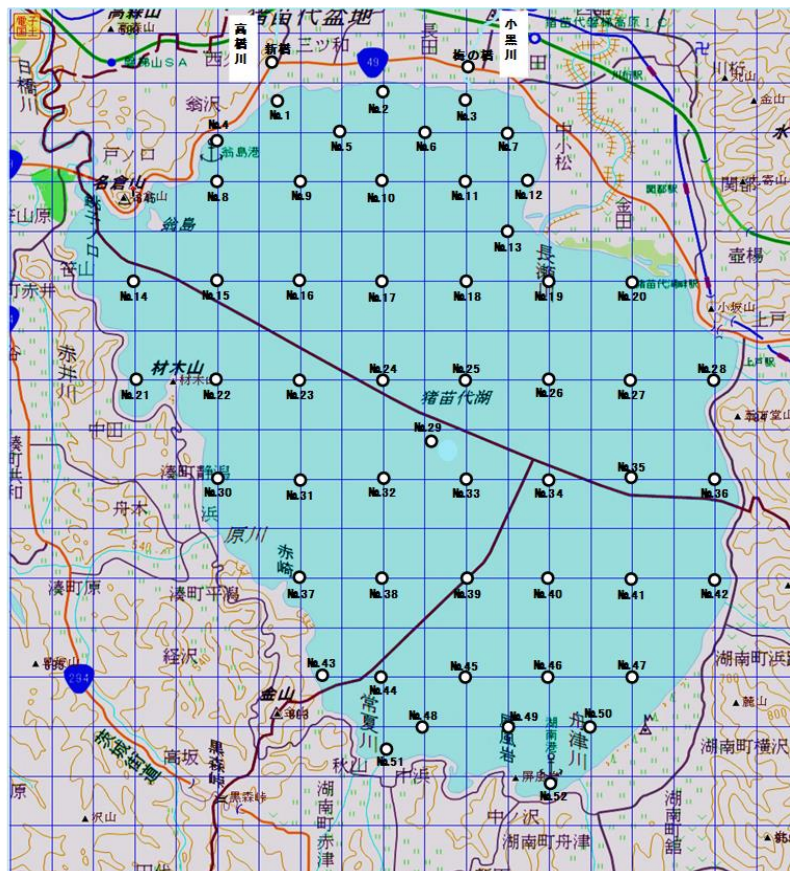


図1 全湖水面調査 調査地点(出典:国土地理院地図を加工して作成)

4 調査時期

令和3年9月29日

5 調査項目

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

6 測定方法

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

7 調査結果

現地調査結果を別紙1に、分析結果を別紙2に示す。

(1) 湖水

ア 大腸菌群数及び大腸菌数

(ア) 大腸菌群数

52地点全てで検出され、そのうち4地点(No.2、3、6、7)を除く48地点で湖沼A類型環境基準である1,000MPN/100mLを超過していた。

その範囲は最小値～最大値(110～6,100MPN/100mL)であった。

湖心(No.29)では3,200MPN/100mLであり、平均値2,600MPN/100mLと同程度であった。

(イ) 大腸菌

3地点(No.3、37、51)で検出され、他49地点では検出されなかった(最大3MPN/100mL)。

イ pH

北部の3地点(No.3、13、15)を除く49地点で7.0以上であった。全52地点の最小値～最大値は6.53～7.65、平均は7.11であった。

湖心(No.29)では7.11であり、平均値と同等の値であった。

ウ その他の項目(水温、EC、TOC)

(ア) 水温

最小～最大値は18.5～20.5℃(平均19.5℃)で、ほぼすべての地点で20℃前後であった。

湖心(No.29)は20.0℃で平均値と同等の値であった。

(イ) EC

最小～最大値は106～126 μ S/cm(平均113 μ S/cm)であり、湖心(No.29)は115 μ S/cmで平均値と同等であった。

(ウ) TOC

最小～最大値は0.58～0.88mg/L(平均0.78mg/L)で、北部(No.3地点)の最小値0.58mg/Lを除き、概ね0.8mg/L前後であった。湖心(No.29)は0.76mg/Lで平均値と同等であった。

(2) 流入河川

ア 大腸菌群数及び大腸菌数

(ア) 大腸菌群数

小黒川梅の橋で 24,000MPN/100mL、高橋川新橋で 15,000MPN/100mL であった。

(イ) 大腸菌数

小黒川梅の橋で 79MPN/100mL、高橋川新橋で 31MPN/100mL であった。

イ pH

小黒川梅の橋で 8.04、高橋川新橋で 7.60 であった。

ウ その他の項目（水温、EC、TOC）

(ア) 水温

小黒川梅の橋で 20.5℃、高橋川新橋で 19.5℃であった。

(イ) EC

小黒川梅の橋で 232 μ S/cm、高橋川新橋で 233 μ S/cm であった。

(ウ) TOC

小黒川梅の橋で 1.25mg/L、高橋川新橋で 0.89mg/L であった。

8 考察

(1) 大腸菌群数と水質項目との相関関係

ア 令和3年度調査

湖水調査においては、大腸菌群数と有意な相関関係が認められた水質項目は無かった（表-1）。

大腸菌数は検出地点が3地点であったため、水質項目との相関関係は検討しなかった。

表-1 大腸菌群数と水質項目との相関関係(n=52)

	pH	EC	TOC	水温
大腸菌群数	-0.01	0.30	-0.04	-0.07
pH	—	-0.36	-0.36	0.06
EC	—	—	-0.46	-0.16
TOC	—	—	—	0.13

イ 平成26年度～令和3年度調査

湖水調査における大腸菌数及び大腸菌群数とその他の項目の相関は以下の表-2のとおりである。

(ア) 大腸菌数

pHおよびTOC：やや相関あり (r=0.4~0.7)

(イ) 大腸菌群数

水温：やや相関あり (r=0.4~0.7)

表-2 大腸菌群数の水質項目との相関関係(平成 26 年度～令和 3 年度調査 n=468)

	大腸菌群数	大腸菌数	pH	EC	TOC	水温
大腸菌群数	—	-0.07	-0.09	-0.01	0.06	0.55
大腸菌数	—	—	0.41	0.24	0.48	-0.05
pH	—	—	—	0.22	0.73	-0.12
EC	—	—	—	—	0.32	0.17
TOC	—	—	—	—	—	0.06

(2) 流入河川及び湖水の水質 (令和 3 年度調査)

ア 大腸菌群数及び大腸菌数

高橋川、小黒川に比べ、湖内の方が数値は低かった。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、湖内では数値が低くなると推察される。

大腸菌数が検出された No. 3、No. 37、No. 51 の 3 地点については、湖岸付近の地点であることから、猪苗代湖近辺に生息する生物の活動が影響していると考えられる。

イ ア以外の水質項目

pH は No. 4、EC は No. 3、TOC は No. 31 の地点で最大となった。No. 3 は小黒川の河口付近であることから、流入河川の影響で値が高くなったと考えられる。

(3) 主要な調査項目の湖内分布状況 (令和 3 年度調査)

ア 大腸菌群数及び大腸菌数

(ア) 大腸菌群数

大腸菌群数の分布を図 2 に示す。

52 地点全てで検出され、このうち北部の 4 地点 (No. 2、3、6、7) を除く 48 地点で環境基準 (A 類型) の大腸菌群数 1,000MPN/100mL を超過していた。

その範囲は最小値～最大値 (110 ～ 6,100MPN/100mL) であった。

(イ) 大腸菌数

3 地点 (No. 3、37、51) で検出し、他 49 地点で検出されなかった (最大 3MPN/100mL)。

イ pH

pH の分布を図 3 に示す。

北部の 3 地点 (No. 3、13、15) を除く 49 地点で 7.0 以上であり、湖内全域でほぼ同じ値であった。全 52 地点の最小値～最大値は 6.53～7.65、平均は 7.11 であった。

北岸付近で比較的高い値 (No. 2 7.39、No. 4 7.65) が見られたが、高橋川と小黒川の pH が湖内に比べ高いことから、流入河川が影響していると考えられる。

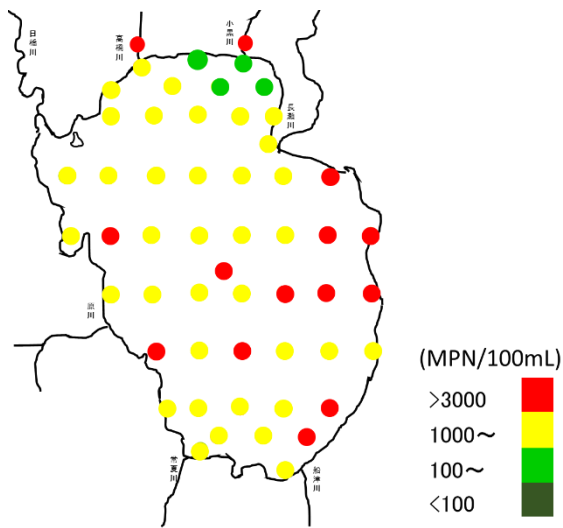


図2 大腸菌群数の分布図

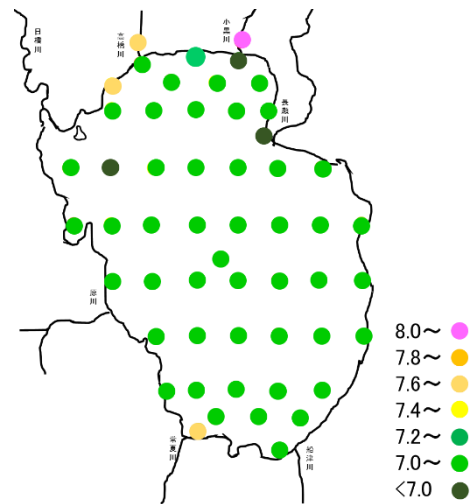


図3 pHの分布図

9 まとめ

- (1) 令和3年度の調査では、pHは湖水52調査地点のうち、北部3地点を除く49地点で7.0以上であった。
- (2) 大腸菌群数は、例年8月、9月に多く検出されており、令和3年度調査では湖水52調査地点のうち、北部4地点を除いた48地点で湖沼A類型環境基準(1,000MPN/100mL)を超過した。
- (3) 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湖内では希釈されるため数値が低くなると推察される。
- (4) 平成26年度から令和3年度までの調査では、大腸菌群数と水温との間にやや相関があることが認められた。

10 参考文献

- 1) 令和2年度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

別紙 1

現地調査結果(令和3年9月29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	10:42	曇り	20.5	19.8	4	無し	無し	無し	無し	無し	高橋川河口付近
2	37	31	55	140	5	0	11:01	曇り	22.9	19.4	9	無し	無し	無し	無し	無し	三城形地先付近
3	37	31	50	140	6	0	9:56	曇り	21.2	18.9	14	無し	無し	無し	無し	無し	小黒川河口付近
4	37	31	21	140	3	0	10:34	曇り	22.8	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	長浜付近
5	37	31	30	140	4	30	10:49	曇り	18.5	20.0	6	無し	無し	無し	無し	無し	
6	37	31	30	140	5	30	10:12	曇り	21.3	19.6	7	無し	無し	無し	無し	無し	
7	37	31	30	140	6	30	9:50	曇り	19.9	19.3	14	無し	無し	無し	無し	無し	
8	37	31	0	140	3	0	10:29	曇り	21.9	20.0	5	無し	無し	無し	無し	無し	
9	37	31	0	140	4	0	10:23	曇り	21.8	19.6	5	無し	無し	無し	無し	無し	
10	37	31	0	140	5	0	10:17	曇り	20.6	20.0	4	無し	無し	無し	無し	無し	
11	37	31	0	140	6	0	9:40	曇り	19.2	19.5	6	無し	無し	無し	無し	無し	
12	37	31	0	140	6	42	9:37	曇り	18.3	19.5	7	無し	無し	無し	無し	無し	天神浜付近
13	37	30	0	140	6	30	9:30	曇り	18.0	19.7	4	無し	無し	無し	無し	無し	長瀬川河口
14	37	30	0	140	2	0	9:04	曇り	18.2	19.5	6	無し	無し	無し	無し	無し	
15	37	30	0	140	3	0	9:10	曇り	17.2	19.5	5	無し	無し	無し	無し	無し	
16	37	30	0	140	4	0	9:17	曇り	17.9	19.5	5	無し	無し	無し	無し	無し	
17	37	30	30	140	5	0	9:23	曇り	17.9	19.5	5	無し	無し	無し	無し	無し	
18	37	30	0	140	6	30	9:53	曇り	19.7	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
19	37	30	0	140	6	0	10:00	曇り	19.0	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	長瀬川河口付近
20	37	30	0	140	7	0	10:06	曇り	19.3	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
21	37	29	0	140	8	0	9:06	曇り	19.2	20.0	8	無し	無し	無し	無し	無し	中田浜付近
22	37	29	0	140	2	0	9:17	曇り	17.5	19.5	7	無し	無し	無し	無し	無し	材木山地先付近
23	37	29	0	140	3	0	9:25	曇り	19.7	19.5	7	無し	無し	無し	無し	無し	
24	37	29	0	140	4	0	9:35	曇り	18.3	19.8	7	無し	無し	無し	無し	無し	
25	37	29	0	140	5	0	9:43	曇り	19.0	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
26	37	29	0	140	6	0	10:53	曇り	20.5	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
27	37	29	0	140	7	0	10:45	曇り	21.0	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
28	37	29	0	140	8	0	10:16	曇り	19.0	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	五万堂山地先付近
29	37	28	20	140	5	36	11:13	曇り	21.8	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	湖心
30	37	28	0	140	2	0	11:36	曇り	19.5	20.0	6	無し	無し	無し	無し	無し	崎川浜付近
31	37	28	0	140	3	0	11:28	曇り	21.0	20.0	6	無し	無し	無し	無し	無し	
32	37	28	0	140	4	0	11:20	曇り	21.0	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
33	37	28	0	140	5	0	11:07	曇り	21.2	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
34	37	28	0	140	6	0	11:00	曇り	20.5	20.5	7	無し	無し	無し	無し	無し	
35	37	28	0	140	7	0	10:36	曇り	20.2	20.0	7	無し	無し	無し	無し	無し	
36	37	28	0	140	8	0	10:27	曇り	21.0	20.5	7	無し	無し	無し	無し	無し	
37	37	27	0	140	3	0	10:20	晴れ	20.6	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	赤崎地先付近、微風
38	37	27	0	140	4	0	10:12	晴れ	20.8	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	
39	37	27	0	140	5	0	10:05	曇り	19.3	18.6	6	無し	無し	無し	無し	無し	
40	37	27	0	140	6	0	9:10	曇り	19.9	18.5	7	無し	無し	無し	無し	無し	
41	37	27	0	140	7	0	9:03	曇り	19.9	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	
42	37	26	45	140	4	12	9:34	曇り	20.5	18.9	8	無し	無し	無し	無し	無し	大沢川河口付近
43	37	26	0	140	5	0	10:28	曇り	20.5	18.9	8	無し	無し	無し	無し	無し	小倉沢地先付近
44	37	26	0	140	6	0	10:36	曇り	20.6	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	
45	37	26	0	140	7	0	9:58	晴れ	20.5	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	
46	37	26	0	140	8	0	9:43	曇り	19.5	18.5	6	無し	無し	無し	無し	無し	
47	37	26	0	140	5	30	8:54	曇り	19.5	18.8	6	無し	無し	無し	無し	無し	
48	37	25	30	140	6	30	10:51	曇り	21.3	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	
49	37	25	30	140	7	30	9:51	晴れ	20.7	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	
50	37	25	30	140	5	0	8:47	曇り	20.1	19.1	6	無し	無し	無し	無し	無し	
51	37	25	15	140	7	0	10:44	晴れ	20.0	18.8	7	無し	無し	無し	無し	無し	青松浜付近
52	37	24	53	140	7	0	11:00	曇り	21.2	18.9	6	無し	無し	無し	無し	無し	舟津港付近
小黒川河口	37	32	13	140	5	57	13:45	曇り	29.5	20.5	無色	無し	無し	無し	無し	無し	
高橋川河口	37	32	13	140	3	51	13:25	曇り	26.5	19.5	無色	無し	無し	無し	無し	無し	

全湖水面調査分析結果（令和3年度）

令和3年9月29日(水)

地点No	大腸菌群数	大腸菌数	pH	EC	TOC	気温(°C)	水温(°C)
	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		μ S/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	1,500	<1	7.06	111	0.79	20.5	19.8
湖-02	230	<1	7.39	106	0.85	22.9	19.4
湖-03	110	2	6.53	126	0.58	21.2	18.9
湖-04	1,700	<1	7.65	110	0.78	22.8	20.0
湖-05	1,700	<1	7.12	107	0.77	18.5	20.0
湖-06	570	<1	7.11	109	0.80	21.3	19.6
湖-07	720	<1	7.17	108	0.81	19.9	19.3
湖-08	1,900	<1	7.19	108	0.82	21.9	20.0
湖-09	1,900	<1	7.09	108	0.78	21.8	19.6
湖-10	2,400	<1	7.11	108	0.79	20.6	20.0
湖-11	2,400	<1	7.02	110	0.78	19.2	19.5
湖-12	2,600	<1	7.11	108	0.77	18.3	19.5
湖-13	2,000	<1	6.91	109	0.78	18.0	19.7
湖-14	2,400	<1	7.09	109	0.78	18.2	19.5
湖-15	2,800	<1	6.87	108	0.77	17.2	19.5
湖-16	2,400	<1	7.05	115	0.81	17.9	19.5
湖-17	3,000	<1	7.05	116	0.78	17.9	19.5
湖-18	2,700	<1	7.12	116	0.79	19.7	20.0
湖-19	1,800	<1	7.12	116	0.78	19.0	20.0
湖-20	3,200	<1	7.15	116	0.78	19.3	20.0
湖-21	1,900	<1	7.03	116	0.81	19.2	20.0
湖-22	4,100	<1	7.08	115	0.78	17.5	19.5
湖-23	2,000	<1	7.12	115	0.77	18.3	19.5
湖-24	2,400	<1	7.11	115	0.78	19.7	19.8
湖-25	2,700	<1	7.13	115	0.78	19.0	20.0
湖-26	2,900	<1	7.14	115	0.78	20.5	20.0
湖-27	4,600	<1	7.14	115	0.76	21.0	20.0
湖-28	3,600	<1	7.11	115	0.77	19.0	20.0
湖-29	3,200	<1	7.11	115	0.76	21.8	20.0
湖-30	2,300	<1	7.14	115	0.78	19.5	20.0
湖-31	1,900	<1	7.12	116	0.88	21.0	20.0
湖-32	2,400	<1	7.08	116	0.77	21.0	20.0
湖-33	3,000	<1	7.10	116	0.76	21.2	20.0
湖-34	4,100	<1	7.07	115	0.76	20.5	20.5
湖-35	3,400	<1	7.09	116	0.77	20.2	20.0
湖-36	3,800	<1	7.11	118	0.77	21.0	20.5
湖-37	4,100	1	7.16	116	0.78	20.6	18.9
湖-38	2,900	<1	7.03	116	0.78	20.8	18.9
湖-39	5,100	<1	7.06	116	0.77	19.3	18.6
湖-40	2,600	<1	7.08	116	0.78	19.9	18.5
湖-41	3,000	<1	7.12	116	0.87	19.9	18.9
湖-42	2,600	<1	7.12	114	0.77	20.5	18.9
湖-43	2,500	<1	7.16	116	0.79	20.5	18.9
湖-44	2,400	<1	7.08	115	0.76	20.6	18.9
湖-45	2,600	<1	7.09	115	0.78	20.5	18.9
湖-46	2,900	<1	7.10	115	0.77	19.5	18.5
湖-47	6,100	<1	7.10	115	0.76	19.5	18.8
湖-48	2,400	<1	7.10	115	0.76	21.3	18.9
湖-49	2,900	<1	7.17	115	0.77	20.7	18.9
湖-50	4,800	<1	7.11	115	0.77	20.1	19.1
湖-51	2,100	3	7.64	113	0.80	20.0	18.8
湖-52	1,900	<1	7.11	115	0.77	21.2	18.9
小黒川梅の橋	24,000	79	8.04	232	1.25	29.5	20.5
高橋川新橋	15,000	31	7.60	233	0.89	26.5	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 が減少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）

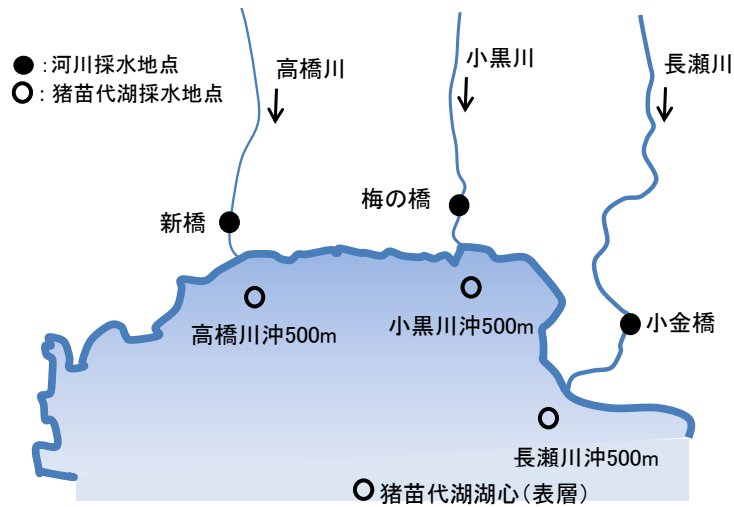


図1 調査地点

4 調査時期

- (1) 採水及び現地調査 令和3年10月19日
- (2) 生分解試験 令和3年10月19日～令和4年1月27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、流量（河川）

(2) 水質分析項目

pH、EC、BOD（生物化学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）、溶存態 COD（DCOD）、TOC（全有機体炭素）、溶存態 TOC（DOC）、SS、T-N（全窒素）、溶存態 T-N（DT-N）、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）、T-P（全りん）、溶存態 T-P（DT-P）、PO₄-P（オルトリン酸態りん）、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：よう素滴定法
- (4) COD 及び DCOD：100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
- (5) 懸濁態 COD (PCOD)：「COD 測定値」－「DCOD 測定値」
- (6) TOC 及び DOC：燃焼酸化－赤外吸収式 TOC 自動計測法
- (7) 懸濁態 TOC (POC)：「TOC 測定値」－「DOC 測定値」
- (8) T-N 及び DT-N：分光光度法
- (9) 懸濁態 T-N (PT-N)：「T-N 測定値」－「DT-N 測定値」
- (10) T-P、DT-P 及び PO₄-P：分光光度法
- (11) 懸濁態 T-P (PT-P)：「T-P 測定値」－「DT-P 測定値」
- (12) NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N：イオンクロマトグラフ法
- (13) SS：重量法
- (14) 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）
* 溶存態成分のろ過（(4)、(6)、(8)及び(10)）には 450℃で約 3 時間加熱後の WhatmanGF/B ろ紙を使用しろ過した検体を分析に供した。

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の有無により水量に影響がある場合があるが、今年度の採水日には放流はなかった。（平成 27～29 年度は放流中の採水であった。）

- (1) 猪苗代湖及び各河川における 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、各地点における COD 及び TOC に対する溶存態の割合を表 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り、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は高橋川沖500mが0.5mg/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、湖心が1.4mg/Lであり、長瀬川沖500m及び長瀬川(小金橋)が1.5mg/L、小黒川沖500mが1.6mg/Lと、湖心と近い値であった。一方、高橋川沖500mが2.0mg/L、高橋川(新橋)が2.1mg/L、小黒川(梅の橋)が2.8mg/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、猪苗代湖内は85%以上、河川3地点は73~82%であった。

TOCは、湖心が0.76mg/Lで、河川沖3地点が0.75~0.90mg/Lと、湖心と同程度であったが、河川の長瀬川(小金橋)が0.46mg/Lと低い値を示し、高橋川(新橋)が0.98mg/L、小黒川(梅の橋)が1.33mg/Lと生活排水等の影響により、湖心より高い値を示した。

また、TOCの溶存態の割合(DOC/TOC)は、全地点で93%以上と高い値を示した。

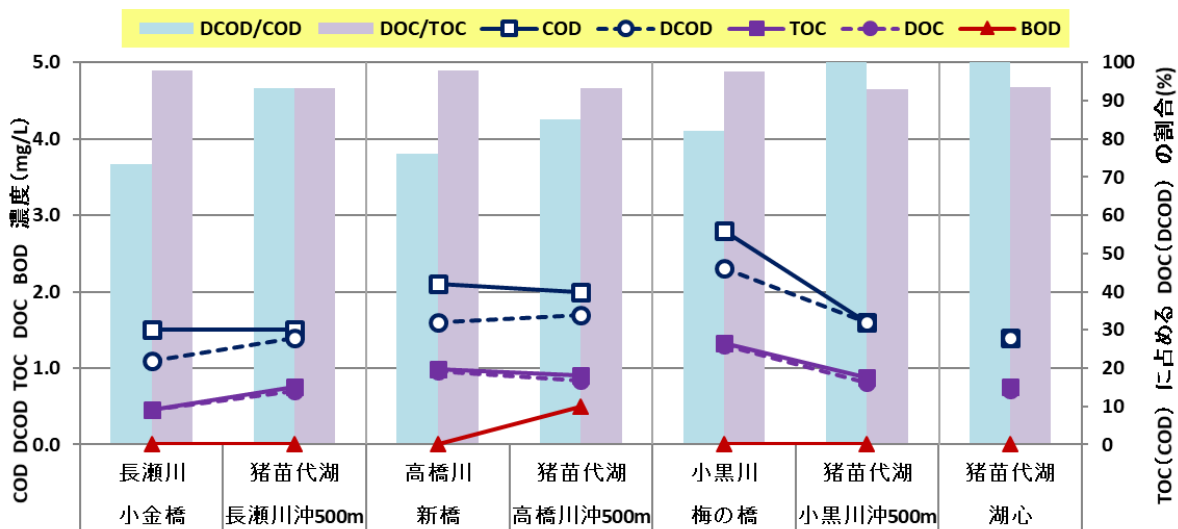


図2 各地点におけるBOD、COD、TOC等濃度及び溶存態の割合

表2 各地点におけるCOD、TOC、T-N及びT-Pに対する溶存態の割合

調査地点		DCOD/COD	DOC/TOC	DT-N/T-N	DT-P/T-P
猪苗代湖	湖心	100%	93%	75%	-
	長瀬川沖500m	93%	93%	86%	-
	高橋川沖500m	85%	93%	0%	0%
	小黒川沖500m	100%	93%	0%	0%
長瀬川	小金橋	73%	98%	74%	0%
高橋川	新橋	76%	98%	84%	47%
小黒川	梅の橋	82%	98%	93%	62%

※「-」は全量及び溶存態が定量下限値未満であった地点を示す。

(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 等の濃度を図 3、4 に、各地点における T-N 及び T-P に対する溶存態の割合を表 2 に示す。

T-N は、湖心及び河川沖 500m 地点の値が 0.07~0.08mg/L であったが、河川の長瀬川(小金橋)は 0.23mg/L、高橋川(新橋)は 0.37mg/L、小黒川(梅の橋)は 0.60mg/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、DT-N は高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の 2 地点で定量下限値 (0.05mg/L) 未満であった。溶存態の割合 (DT-N/T-N) は DT-N が検出された地点で 74~93% であった。

NO₂-N 及び NH₄-N は全地点で定量下限値 (0.05mg/L) 未満であった。NO₃-N は、湖心、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m は定量下限値 (0.05mg/L) 未満、長瀬川沖 500m は 0.05mg/L であった。一方で長瀬川(小金橋)、高橋川(新橋)、小黒川(梅の橋)はそれぞれ 0.14、0.30、0.54mg/L で、河川が高い値を示した。

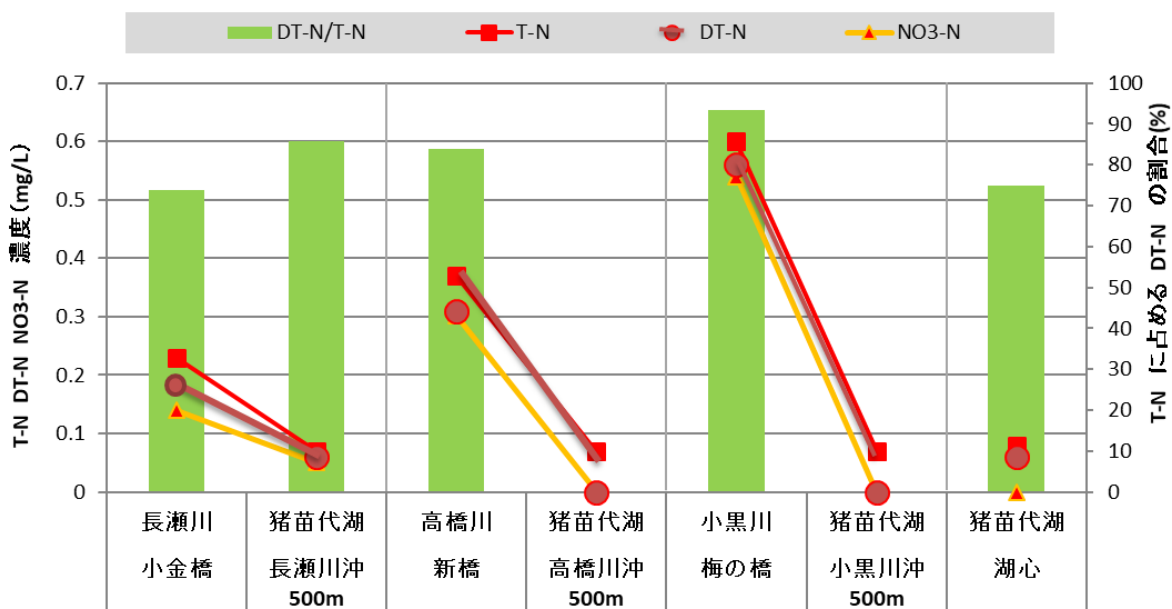


図 3 T-N 等の濃度及び溶存態の割合

T-P は、湖心及び長瀬川沖 500m が定量下限値 (0.003mg/L) 未満で、高橋川沖 500m が 0.007mg/L、小黒川沖 500m が 0.003mg/L であった。一方、河川では小黒川(梅の橋)が 0.12mg/L、長瀬川(小金橋)が 0.011mg/L、高橋川(新橋)が 0.030mg/L と高い値を示した。

溶存態の割合 (DT-P/T-P) は、T-P が検出された河川 3 地点のうち長瀬川(小金橋)は 0% で、高橋川(新橋)及び小黒川(梅の橋)も 47% 及び 62% 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。

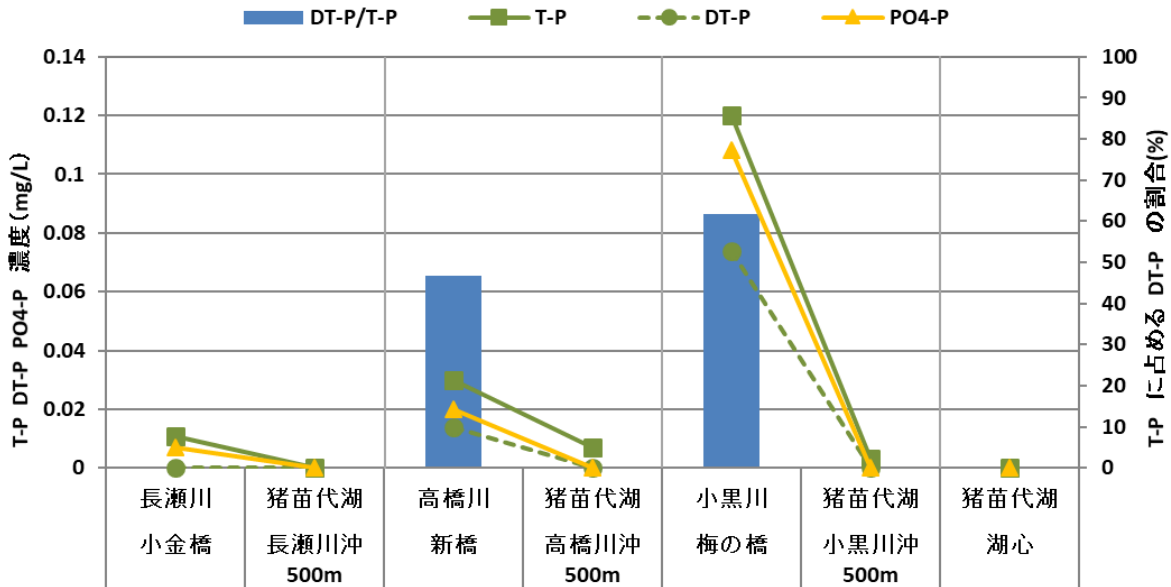


図4 T-P等の濃度及び溶存態の割合

(3) 猪苗代湖及び各河川における UV260/DOC 比の結果について

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。令和 3 年度の UV260/DOC 比及び DOC 濃度を図 5、平成 26 年度から令和 3 年度の UV260/DOC 比及び流量を図 6 に示す。

令和 3 年度の UV260/DOC 比は、湖心及び長瀬川沖 500m 地点で 16 [(mABS/cm)/(mg/L)] で、過去の調査と同様であった。これは、内部生産有機物由来の値 (12 [(mABS/cm)/(mg/L)])²⁾ に近い値であり、一方で、小黑川沖 500m は 24 [(mABS/cm)/(mg/L)] で、湖心よりやや高い値を示した。

また、高橋川沖 500m は 52 [(mABS/cm)/(mg/L)] と高い値を示し、高橋川（新橋）の 50 [(mABS/cm)/(mg/L)] 及び小黑川（梅の橋）の 76 [(mABS/cm)/(mg/L)] と河川に近い値を示し、外来性有機物由来の可能性が考えられた。また、長瀬川（小金橋）は 136 [(mABS/cm)/(mg/L)] と、昨年度に次いで高い値を示した。

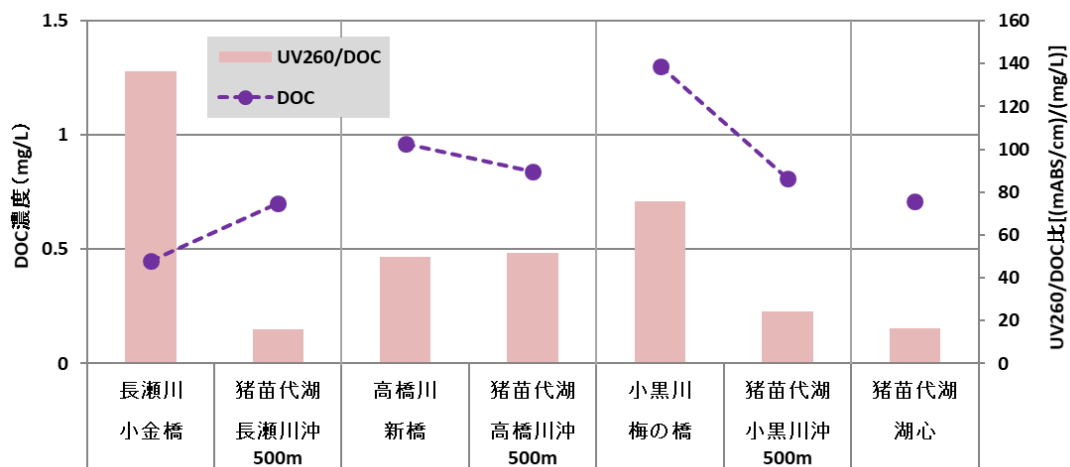


図5 UV260/DOC 比及び DOC 濃度

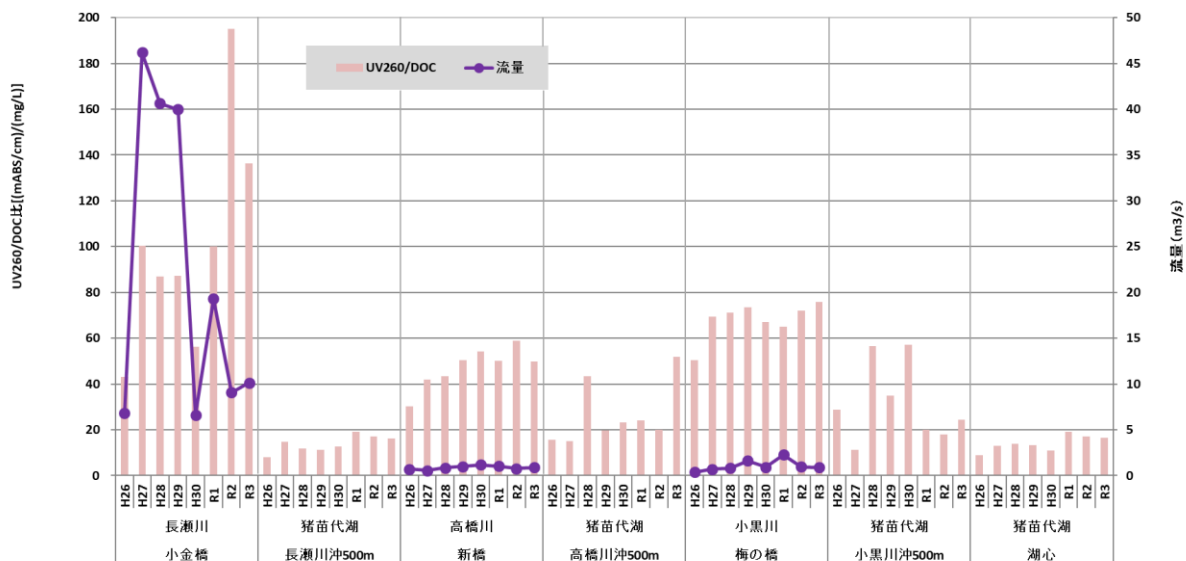


図6 平成26年度から令和3年度のUV260/DOC比及び流量

(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濃度の変化を図7に、生分解試験開始前のDOCに対する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日後の試験も実施した。

100日後の残存DOC濃度については、湖心及び各河川沖3地点は0.50～0.60 mg/Lを示し、河川では長瀬川（小金橋）が0.32mg/Lであるのに対し高橋川（新橋）が0.82mg/L、小黒川（梅の橋）が1.18mg/Lとやや高い値を示した。

POC濃度はいずれの地点でも検出下限値（0.1mg/L）未満であった。

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が63～77%、各河川が71～91%であった。

また、生分解過程を観察するために実施した30日後のDOCの割合は、湖心及び各河川沖500mが80～93%で、各河川が71～91%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たが、30日間に分解される易分解性有機物は少ないものでは20%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。

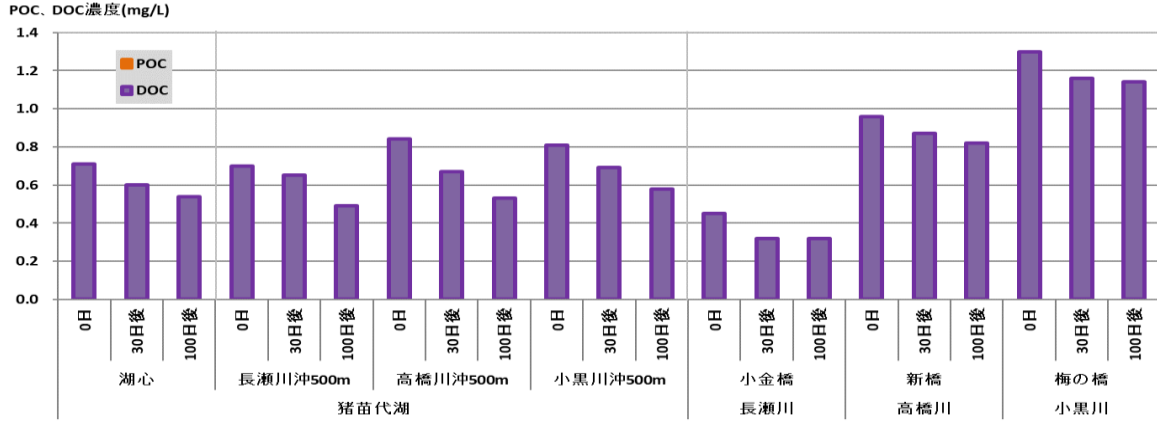


図7 生分解試験によるDOC濃度の変化

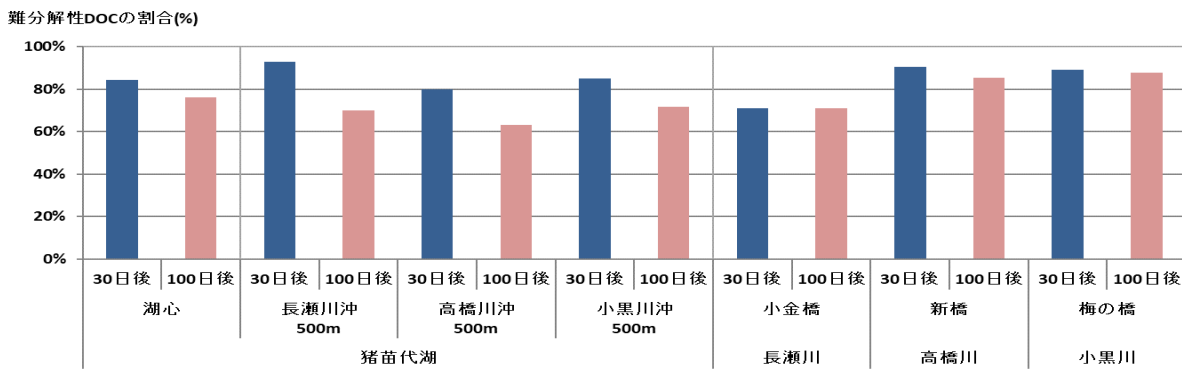


図8 生分解試験30日後及び100日後の難分解性DOCの割合

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比は、全ての地点で減少した。

一般的には、微生物による生分解後は易分解性でUV260/DOCの比が低い有機物が減少し、相対的にUV260/DOCの比が高いフミン物質等の難分解性有機物の比が増加することにより、UV260/DOC比は増加する又はほぼ変化しないと報告^{1), 2)}されているが、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。

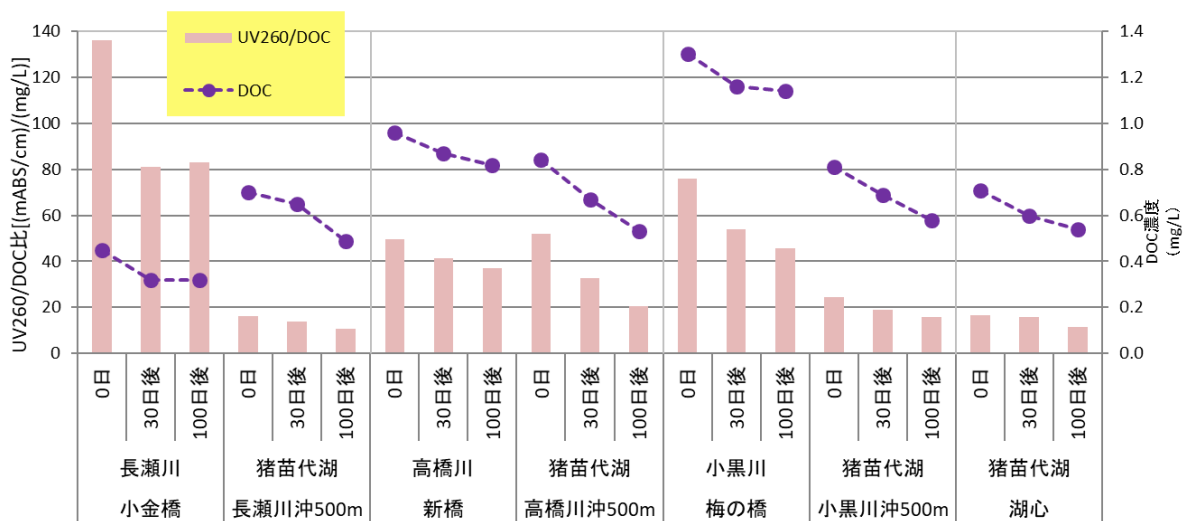


図9 猪苗代湖及び各河川における生分解試験におけるUV260/DOC等の変化

8 まとめ

- (1) TOCは、猪苗代湖（湖心及び各河川沖500m）と比べて長瀬川（小金橋）が低い値を、小黑川（梅の橋）及び高橋川（新橋）がやや高い値を示し、そのほとんどが溶存態で存在していた。小黑川及び高橋川は、生活排水等の影響で高い値を示したと推察された。
- (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、猪苗代湖の難分解性有機物の由来は、湖心及び長瀬川沖500m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地点及び高橋川沖500mは、外来性有機物の可能性が考えられた。
- (3) 生分解試験の結果、湖心及び各河川沖500mの難分解性DOCは6～8割で、流入河川では7～9割であった。
- (4) 生分解100日後のUV260/DOC比は、全ての地点で減少した。

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外部吸光度 水環境学会誌 20. 397(1997)
福島武彦 今井章雄 松重一夫 井上隆信 小澤秀明

別紙 1 現地調査結果

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	令和3年10月19日						
採水時間	9:20	9:40	10:35	10:00	9:25	11:20	10:35
天候(前日)	晴れ						
天候(当日)	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(℃)	11.5	12.0	13.5	13.0	12.0	13.5	13.4
水温(℃)	14.5	14.5	12.5	13.0	11.2	12.0	13.6
透明(透視)度(m)	9.4	9.0	1.3	>1.0	>1.0	>1.0	>1.0
水色(フォーレル・ウーレ)	6	6	16	7	—		
色相	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
濁り	透明	透明	微濁	透明	透明	透明	透明
流量(m ³ /s)	—				10.130	0.895	0.873

※沼ノ倉発電所放流なし

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	2021年10月19日						
pH	7.0	7.0	7.2	7.2	3.7	7.5	7.6
EC μ S/cm	107	104	112	117	314	224	211
BOD mg/L	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
COD mg/L	1.4	1.5	2.0	1.6	1.5	2.1	2.8
DCOD mg/L	1.4	1.4	1.7	1.6	1.1	1.6	2.3
PCOD mg/L	<0.1	0.1	0.3	<0.1	0.4	0.5	0.5
DCOD/COD	100%	93%	85%	100%	73%	76%	82%
TOC mg/L	0.76	0.75	0.90	0.87	0.46	0.98	1.33
DOC mg/L	0.71	0.70	0.84	0.81	0.45	0.96	1.30
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
DOC/TOC	93%	93%	93%	93%	98%	98%	98%
T-N mg/L	0.08	0.07	0.07	0.07	0.23	0.37	0.60
DT-N mg/L	0.06	0.06	<0.05	<0.05	0.17	0.31	0.56
PT-N mg/L	<0.05	<0.05	0.07	0.07	0.06	0.06	<0.05
DT-N/T-N	75%	86%	0%	0%	74%	84%	93%
NO3-N mg/L	<0.05	0.05	<0.05	<0.05	0.14	0.30	0.54
NO2-N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH4-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	0.007	0.003	0.011	0.030	0.12
DT-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.014	0.074
PTP mg/L	<0.003	<0.003	0.007	0.003	0.011	0.016	0.046
DT-P/T-P	-	-	0%	0%	0%	47%	62%
PO4-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.007	0.020	0.10
SS mg/L	<1	<1	5	<1	3	3	3
UV260 ABS/cm	0.0117	0.0113	0.0435	0.0197	0.0613	0.0478	0.0985
UV260/DOC [(mABS/cm)/(mg/L)]	16	16	52	24	136	50	76

猪苗代湖生分解実験結果

調査地点	猪苗代湖		小黒川		高橋川		長瀬川		猪苗代湖		小黒川		高橋川		長瀬川		猪苗代湖		小黒川		高橋川		長瀬川		
	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	
採取水深(m)	表層																								
調査年月日	令和元年10月19日																								
生分解試験日数	0日目	30日後	100日後																						
容量 mL	1000	982	974	1000	1000	1000	1000	1000	991	994	990	995	988	994	990	979	970	971	979	970	979	970	979	970	970
pH	5.9	6.7	6.1	7.0	7.2	7.2	7.2	3.7	7.2	7.2	7.3	7.3	3.6	7.9	8.0	7.0	7.1	7.3	7.3	7.3	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0
EC $\mu\text{S/cm}$	1	2	1	107	104	112	117	314	224	211	112	119	326	228	214	116	122	126	130	130	356	240	243	243	243
TOC mg/L	0.04	0.11	0.10	0.76	0.90	0.87	0.46	0.98	0.98	1.33	0.63	0.70	0.33	0.91	1.20	0.56	0.51	0.56	0.60	0.33	0.86	1.18	1.18	1.18	
DOC mg/L	0.04	0.11	0.10	0.71	0.70	0.84	0.81	0.45	0.96	1.30	0.61	0.68	0.33	0.88	1.18	0.56	0.51	0.55	0.60	0.33	0.84	1.18	1.18	1.18	
UV260 ABS/cm	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0113	0.0435	0.0197	0.0613	0.0478	0.0885	0.0096	0.0092	0.0223	0.0131	0.0260	0.0363	0.0631	0.0054	0.0083	0.0275	0.0310	0.0637	0.0637	0.0637	

生分解試験結果(容量補正有り)

は計算式による

調査地点	猪苗代湖		小黒川		高橋川		長瀬川		猪苗代湖		小黒川		高橋川		長瀬川		猪苗代湖		小黒川		高橋川		長瀬川	
	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m
採取水深(m)	表層																							
調査年月日	令和元年10月19日																							
生分解試験日数	0日	30日	100日																					
容量 mL	1000	982	974	1000	1000	1000	1000	1000	991	994	990	995	988	994	990	979	970	971	979	970	979	970	979	970
pH	5.9	6.7	6.1	7.0	7.2	7.2	7.2	3.7	7.2	7.2	7.3	7.3	3.6	7.9	8.0	7.0	7.1	7.3	7.3	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0
EC $\mu\text{S/cm}$	1	1	0	107	104	112	117	314	224	211	110	118	325	226	211	113	118	122	127	345	234	235	235	235
TOC mg/L	0.04	0.10	0.09	0.76	0.75	0.90	0.87	0.46	0.98	1.33	0.62	0.69	0.32	0.90	1.18	0.54	0.49	0.54	0.58	0.32	0.84	1.14	1.14	1.14
DOC mg/L	0.04	0.10	0.09	0.71	0.70	0.84	0.81	0.45	0.96	1.30	0.60	0.69	0.32	0.87	1.16	0.54	0.49	0.53	0.58	0.32	0.82	1.14	1.14	1.14
PCC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
UV260 ABS/cm	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0113	0.0435	0.0197	0.0613	0.0478	0.0885	0.0095	0.0091	0.0220	0.0130	0.0259	0.0624	0.0061	0.0052	0.0108	0.0266	0.0303	0.0620	0.0620	0.0620
UV260/DOC (mass/cm ³ /mg/L)	0	0	0	16	16	52	24	138	50	76	16	14	81	41	54	11	11	20	16	83	37	46	46	46