

福島県環境センター一年報

Annual Report of Fukushima Prefectural Environmental Center

第 15 号

—平成23年度—

福島県環境センター

はじめに

東日本大震災からまもなく2年を迎えようとしています。

本県は、今なお15万人余りの方々が県内外で避難生活を余儀なくされるなど、依然として厳しい状況が続いています。

こうした厳しい状況の中でも、「ふくしまから はじめよう。」を合言葉に少しずつではありますが、着実に復興への道を進み始めています。

また、昨年末には県の総合計画の見直しが行われ、新たに「ふくしま新生プラン」が策定されました。基本目標である「夢・希望・笑顔に満ちた“新生ふくしま”」の実現に向け、復興・再生を確実に進めていくこととしています。

さて、平成23年度は、震災直後ということもあり大変混乱した中で業務が始まりました。まず、震災対応業務を最優先とし、放射線モニタリング業務や災害対策本部の業務にあたってきました。また、施設の一部損壊のためダイオキシン類の分析ができなくなったことや、屋外活動が厳しい状況のため環境教育事業の実施が困難になるなど環境関連の事業は一部中止や縮小をしてきました。

このような状況の中、震災後の解体作業等で影響が懸念されるアスベストについては、尼崎市の御協力を得てモニタリングを継続することができました。

また、東京都から職員の派遣を受け調査・分析業務の支援をいただきました。

御支援をいただいた自治体の皆さまには、心から御礼を申し上げます。

ここに平成23年度における業務の実績について取りまとめた年報第15号を発行いたしました。皆様方におかれましては、当センターの業務や研究に関しまして御意見や御要望をお寄せいただきますよう、また、引き続き御指導・御協力を賜りますようよろしくお願いいたします。

平成25年2月

福島県環境センター
所 長 渡 辺 俊 次

目 次

I 環境センターの概要

1 沿 革	1
2 位置及び施設の概要	2
3 組織及び事務分掌	3
4 職員配置及び職員一覧	4
5 予算の概要	5
6 主要機器の整備状況	6
7 研修会等への出席状況	8

II 業務報告

1 企画管理課	9
(1) 環境教育（学習）	9
(2) 化学物質対策（化学物質リスクコミュニケーション）	10
(3) 定期刊行物の発行	10
(4) 視察研修の受入れ	10
(5) ホームページ	10
2 調査分析課	10
(1) 調査分析	10
(2) 事故等緊急時の調査分析	15
(3) 調査分析検体数	17
(4) 精度管理調査	18
(5) その他	18

III 調査研究

1 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査	19
2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査	38
3 猪苗代湖北部水域の水質調査	48
4 水生植物による水質への影響確認調査	56
5 pH上昇によるリン酸塩の再溶出に関する調査	66
6 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査	72
7 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果	75

I 環境センターの概要

I 環境センターの概要

1 沿革

- | | | |
|--------------|-----|--|
| 昭和47年(1972年) | 1月 | ・厚生部の出先機関として、「福島県公害対策センター」(管理課、技術課)をいわき市に設置。 |
| | 6月 | ・行政機構改革により、生活環境部の出先機関となる。 |
| 昭和51年(1976年) | 10月 | ・生活環境部の出先機関として、「福島県郡山公害対策センター」(管理課、技術課)を郡山市に設置。
(同じ建物内に、郡山市が「郡山市公害対策センター」を設置。) |
| | | ・福島県郡山公害対策センターの設置に伴い、福島県公害対策センターの名称を「福島県いわき公害対策センター」に変更。 |
| 昭和53年(1978年) | 4月 | ・いわき公害対策センターの技術課に、公害第一係及び公害第二係を設置。
・行政機構改革により、両センターが保健環境部の出先機関となる。 |
| 平成3年(1991年) | 4月 | ・郡山公害対策センターの技術課に、大気係及び水質係を設置。 |
| 平成6年(1994年) | 4月 | ・行政機構改革により、両センターが生活環境部の出先機関となる。 |
| 平成9年(1997年) | 4月 | ・行政機構改革により、郡山公害対策センター及びいわき公害対策センターを廃止し、生活環境部の出先機関として「 福島県環境センター 」(管理課、調査分析課)及び「 福島県環境センターいわき支所 」を設置。
・環境センターの調査分析課に調査分析第一係及び調査分析第二係を設置。 |
| 平成11年(1999年) | 3月 | ・環境センター敷地内に、ダイオキシン類、環境ホルモン等調査分析のための環境総合調査・研究棟を設置。 |
| | 4月 | ・行政機構改革により、環境センターいわき支所を廃止。
環境センターの調査分析課に調査分析第三係を設置し、環境ホルモンの調査分析を開始。 |
| 平成12年(2000年) | 4月 | ・ダイオキシン類の調査分析を開始。 |
| 平成13年(2001年) | 4月 | ・衛生公害研究所から、県北地方における環境汚染の防止のための試験研究業務を移管。 |
| 平成16年(2004年) | 4月 | ・行政機構改革により、管理課が企画管理グループに、調査分析課が調査分析グループに、それぞれ組織名を変更。 |
| 平成20年(2008年) | 4月 | ・行政機構見直しにより、企画管理グループが企画管理課に調査分析グループが調査分析課に、それぞれ組織名を変更。 |

2 位置及び施設の概要

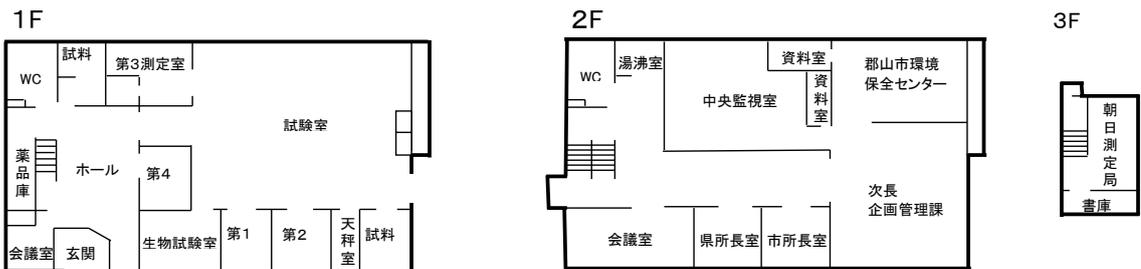
- (1) 位置 〒963-8024 郡山市朝日三丁目5番7号
 (電話)024-923-3401 (FAX)024-925-9029
 (Eメール)kance@pref.fukushima.lg.jp



(2) 施設の概要

(本館)

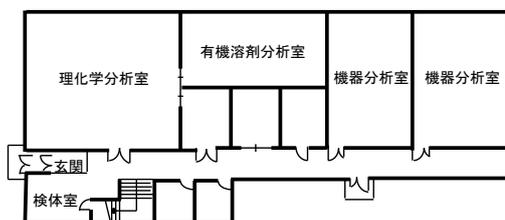
建築年月日 昭和51年9月13日 建床面積 347.86m²
 構造 鉄筋コンクリート造陸屋根3階建て 延床面積 735.06m²



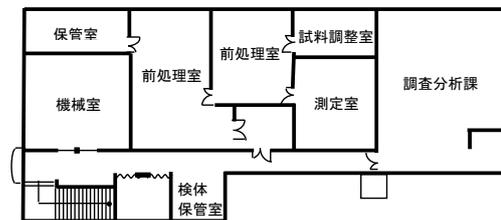
(環境総合調査・研究棟)

建築年月日 平成11年3月26日 建床面積 301.32m²
 構造 軽量鉄骨造トタン葺2階建て 延床面積 602.64m²

1F(環境ホルモン分析施設)

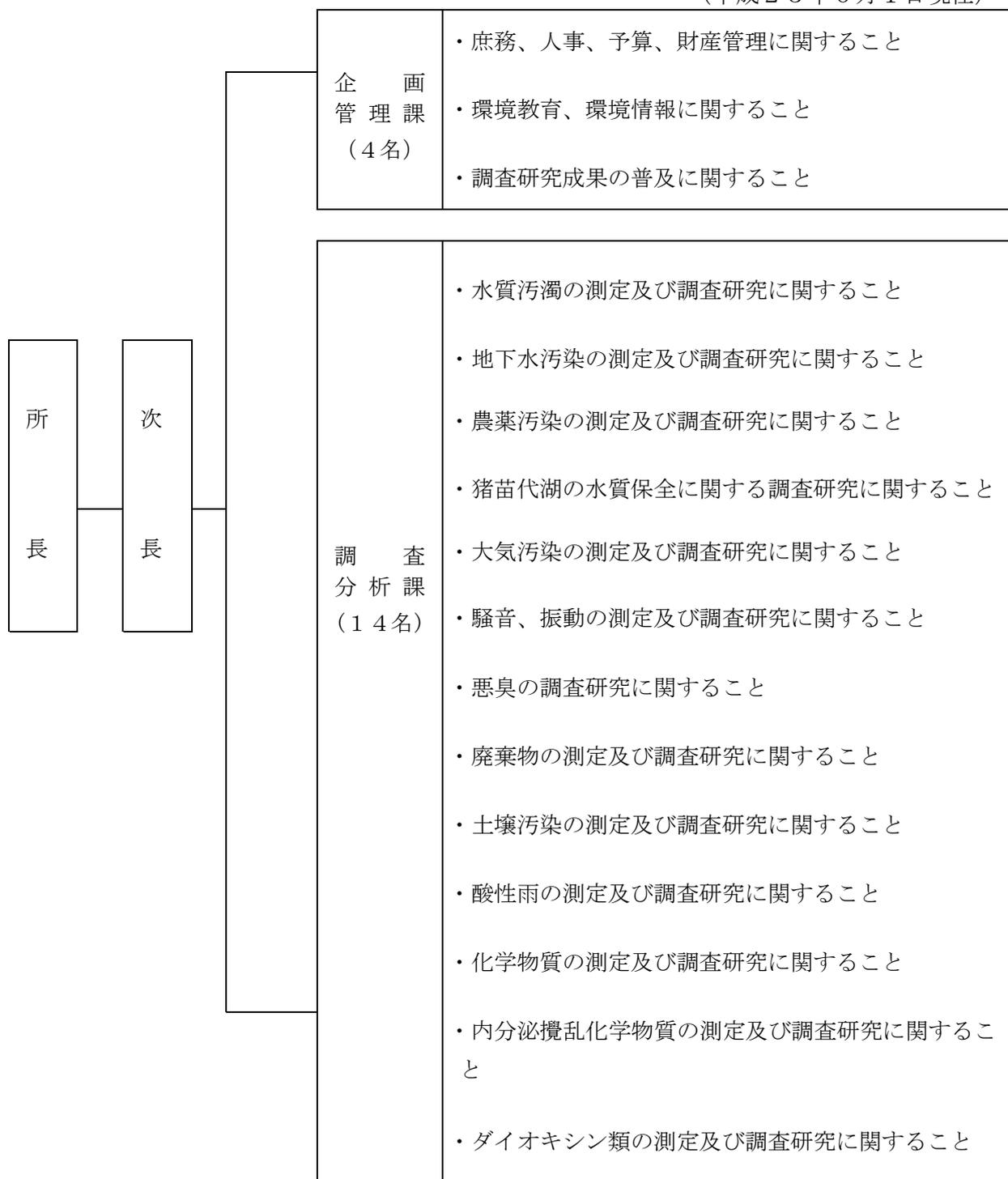


2F(ダイオキシン類分析施設)



3 組織及び事務分掌

(平成23年6月1日現在)



4 職員配置及び職員一覧

(平成23年6月1日現在)

職名	事務	技術	その他	計	企画管理課	調査分析課
所長		1		1		
次長		1		1		
課長	1	1		2	1	1
主任主査	1	1		2	1	1
主査	1	4		5	1	4
主任薬剤技師		1		1		1
副主査		1		1		1
主事						
技師		6		6		6
専門員			1	1	1	
合計	3	16	1	20	4	14

職名	氏名
所長	渡辺俊次
次長	志田義美
企画管理課 (4名)	伊藤博 山田圭司 後藤幸子 菊地久好
調査分析課 (14名)	鈴木仁美 島國勝彦 千葉美穂 伊藤千恵子 渡邊千恵美 長南丈裕 山古誠香 中川千穂 小島圭央 柳沼圭吾 佐藤真由 畑中亮輔

※ 技師 鈴木昌子 (育児休業)

5 予算の概要

(決算額)

款	項	目	節	決算額(円)
総務費				918,670
	総務管理費			913,670
		人事管理費		913,670
			旅費	913,670
	県民生活費			5,000
		県民生活総務費		5,000
			交際費	5,000
衛生費				62,317,076
	環境保全費			62,317,076
		環境保全対策費		37,556,353
			職員手当等(こども手当)	377,000
			共済費	82,825
			賃金	519,872
			報償費	146,000
			旅費	978,285
			需用費	20,889,093
			役務費	892,792
			委託料	3,850,560
			使用料及び賃借料	1,765,226
			工事請負費	7,982,100
			負担金、補助及び交付金	10,000
			公課費	62,600
		公害対策費		24,743,573
			共済費	257,937
			賃金	1,688,102
			報償費	80,000
			旅費	224,810
			需用費	8,056,500
			役務費	677,762
			委託料	7,165,662
			使用料及び賃借料	217,200
			工事請負費	5,418,000
			備品購入費	926,100
			負担金、補助及び交付金	31,500
		放射能対策費		17,150
			使用料及び賃借料	17,150
労働費				1,774,232
	雇用対策費			1,774,232
		緊急雇用対策費		1,774,232
			共済費	233,626
			賃金	1,540,606
		計		65,009,978

6 主要機器の整備状況

機 器 名	型 式	数量	整備年度
高速冷却遠心分離器	日立工機 CR21F	1	平11
超純水製造装置	日本ミリポア EQG-10S	1	平10
〃	〃 EDS10-L	1	平11
〃	日本ミリポア Elix-UV5	1	平17
蒸留水製造装置	ヤマト科学 WA700	2	平11
超音波洗浄器	ダルトン ICU-7321N	1	平10
マイクロウェーブ高速試料分解装置	マイルストーンゼネラル ETHOS900	1	平10
濃縮装置			
高速自動濃縮装置	ザイマーク TurboVap II	1	平10
〃	ザイマーク TurboVap II-D	1	平11
抽出装置			
自動固相抽出装置	ユニフレックス AutoTroce	1	平10
全自動高速溶媒抽出装置	ダイオネクス ASE-200	1	平11
全自動高速ソックスレー抽出装置	ソックスサム S360A	1	平11
農薬分析用固相抽出装置	ジーエルサイエンス SPL698セット	1	平20
恒温振とう培養器	タイテック BR-300L	1	平4
BOD用恒温器	朝日理化工業 AR-413MODELAL-9	1	平8
質量分析装置			
高分解能ガスクロマトグラフ・質量分析装置	日本電子 JMS-800D	1	平22
ガスクロマトグラフ・質量分析計(HS式)	Agilent HP5973I-HP6890N	1	平16
〃 (HS式)	日本電子 JMS-Q1000GC MK II	1	平21
〃 (PT式)	Agilent 7890A-5975Cinert	1	平21
誘導結合高周波プラスマ質量分析計	サーモフィッシャー X-series2	1	平21
水銀分析計	日本インスツルメンツ SP-3	1	平3
クロマトグラフ			
ガスクロマトグラフ(ECD)	島津製作所 GC-17A	1	平14
〃	島津製作所 GC-2014	1	平16
〃	Agilent 7890A	1	平21
〃	島津製作所 GC-2010plus	1	平22
ガスクロマトグラフ(FID/FPD)	島津製作所 GC-2014AFSPL	1	平18
ガスクロマトグラフ(FTD/FID)	Agilent 7890A(FTD(NPD)/FID)	1	平20
〃	Agilent 7890A	1	平21
可搬型ガスクロマトグラフ(FID)	S R I 310GC	1	平21
高速液体クロマトグラフ	日立製作所 L-7000シリーズ	1	平11
〃	日立製作所 L-2000シリーズ	1	平15
〃	島津製作所 Prominence LC-20AD	1	平17
イオンクロマトグラフ	日本ダイオネクス ICS-1500	1	平20
〃	日本ダイオネクス ICS-1600	1	平22
TOC計(全有機態炭素計)	島津製作所 TOC-V CPH	1	平21

機 器 名	型 式	数量	整備年度
光度計			
原子吸光光度計(フレーム)	島津製作所 AA-6800F	1	平13
原子吸光光度計(フレームレス)	島津製作所 AA-6800G	1	平19
紫外可視分光光度計	島津製作所 UV-2450	1	平13
〃	日本分光 V-560	1	平17
誘導結合プラズマ発光分光分析装置	サーモフィッシャー iCAP6500	1	平20
大気汚染測定装置			
オキシダント動的校正装置	ダイレック DY1000	1	平2
〃	ダイレック MODEL1150	1	平9
〃	東亜D K K GUX-313	1	平20
〃	東亜D K K GUX-313	1	平22
校正用ガス調整装置	島津製作所 SGPD-1000, SGPA-1000	1	平10
〃	東亜D K K CGS-12	1	平12
〃	東亜D K K CGS-12	1	平22
標準ガス調整装置・セロガス調整装置	紀本電子 AFC-127・RG-127	1	平16
動圧平衡型等速吸引装置(煙道用)	濁川理化工業 NGZ-4DS	1	平11
〃	濁川理化工業 NGZ-4DS	1	平20
窒素酸化物・酸素測定装置(標準用)	島津製作所 NOA-7000	1	平7
ポータブルガス分析計(煙道用)	堀場製作所 PG-230	1	平11
〃	堀場製作所 PG-250	1	平21
環境大気測定車	(堀場製作所 SOx、HAPs、CO2計等)	一式	平12
窒素酸化物測定装置(環境大気測定車用)	堀場製作所 APNA-360	1	平13
アスベストファイバーモニター	柴田科学 F-1	4	平20
自動雨水採取装置	小笠原計器 US-330HD	1	平21
アスベスト測定用位相差分散顕微鏡	ニコン 80iTP-DSPH	1	平18
低温灰化装置	ジェイ・サイエンス・ラボ JPA300	1	平20
騒音測定装置			
騒音測定車	(リオン 騒音計・振動計等)	一式	平13
環境騒音測定装置	日東紡音響 DL-100/P	2	平20
その他			
天然ガス車	日産 CFF-VGY11 (ADバン)	1	平16

<平成23年度に購入したもの>

機 器 名	型 式	数量
エネルギー分散型X線分析装置付き 走査型電子顕微鏡	日本電子 JMS-6010LA	1

7 研修会等への出席状況

(1) 講演会及び研修会等

名 称	主 催 等	開催地	開催月日
日本水環境学会東北支部総会・講演会	(社)日本水環境学会東北支部	仙台市	5/30
機器分析研修Cコース	環境省環境調査研修所	所沢市	6/20～7/1
廃棄物資源環境学会支部総会・セミナー	廃棄物資源環境学会	仙台市	6/22
環境汚染有機化学物質分析研修	環境省環境調査研修所	所沢市	10/17～10/28
水質分析研修 (HPLCコース)	環境省環境調査研修所	所沢市	11/24～12/9
環境大気常時監視技術講習会	(社)日本環境技術協会	東京都	11/24～11/25
アスベスト分析研修	環境省環境調査研修所	所沢市	1/16～1/20
日本水環境学会東北支部セミナー	(社)日本水環境学会東北支部	仙台市	1/18
環境パートナーシップ研修	環境省環境調査研修所	所沢市	1/30～2/3
第27回全国環境研究所交流シンポジウム	独立行政法人国立環境研究所	つくば市	2/15～2/16
放射線と放射線計測に関する基礎講習会	(独)産業技術総合研究所東北センター	郡山市	2/21
第46回日本水環境学会年会	(社)日本水環境学会東北支部	東京都	3/15～3/16

(2) 全国環境研協議会

名 称	主 催 等	開催地	開催月日
環境測定分析統一精度管理北海道・東北ブロック会議	全国環境研協議会	新潟市	7/13
第37回全国環境研協議会北海道・東北支部研究連絡会議	全国環境研協議会北海道・東北支部	盛岡市	10/13～10/14
全国環境研協議会騒音振動担当者会議	全国環境研協議会	東京都	11/18
全国環境研協議会環境保全公害防止研究発表会	全国環境研協議会	青森市	11/28～11/29
第40回全国環境研協議会総会	全国環境研協議会	千葉市	2/2
全国環境研協議会北海道・東北支部酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会	全国環境研協議会北海道・東北支部	青森市	3/ 1
第46回日本水環境学会年会併設全環研協議会研究集会	全国環境研協議会	東京都	3/16

II 業務報告

Ⅱ 業務報告

1 企画管理課

(1) 環境教育（学習）

ア 環境アドバイザー派遣事業

「福島県環境アドバイザー等派遣事業実施要領」に基づき、市町村、公民館及び各種団体等が主催する環境保全に関する講習会等に県が委嘱した環境アドバイザーを派遣した。

- ・ 実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・ 環境アドバイザー 24名
- ・ 派遣回数 10回
- ・ 参加人数 429名

イ セせらぎスクール推進事業

水環境教育指導者総合講座

「せせらぎスクール」再開時に必要となる指導者の知識向上を図ることを目的として講座を開催した。

実施日	平成23年10月8日（土）	平成23年11月13日（日）
実施場所	福島大学 生態学実験室	会津若松市北会津支所内 ピカリンホール
実施内容	水生生物に関する講義・現地研修	
対象者	教職員、公民館の指導員、こどもエコクラブのサポーター、環境保全活動団体関係者、自治体関係者等	
参加者数	25名	17名

ウ 環境学習プログラム

(ア) スターウォッチング(全国星空継続観察)

県民の大気環境保全の認識を高めるため、環境省が実施する星空観察という身近な方法による大気環境調査活動に参加する団体を支援した。

観察期間	平成23年7月21日～ 平成23年8月3日(夏期)	平成24年1月14日～ 平成24年1月27日(冬期)
対象者	小・中学校、高等学校、市民団体などの団体、グループ等	
参加者数	4団体 延べ17名	7団体 延べ59名

(イ) こどもエコクラブ

子どもたちが、地域の中で環境保全活動や環境学習を主体的に行うことができるよう環境省が支援する事業で、これに登録するクラブを支援した。

- ・ 実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・ 対象者 幼児～高校生
- ・ クラブ構成員数 47団体1,816名

(2) 化学物質対策(化学物質リスクコミュニケーション)

化学物質リスクコミュニケーションに関するセミナー及び事例発表・交流会

化学物質排出事業者が化学物質に関する情報を地域住民等へ自発的に提供し、意見交換を行い、相互理解を図るための取組みを行うことができるよう支援するため、セミナー及び事例発表・交流会を開催した。

(ア) リスクコミュニケーション推進総合セミナー

- ・ 開催日 平成24年2月14日
- ・ 開催場所 福島県農業総合センター
- ・ 参加者数 51名(午前のセミナーと午後の事例発表・交流会を併せた参加者数)

(イ) 事例発表・交流会

実施日	平成23年12月5日	平成24年1月18日	平成24年2月14日
実施場所	県立会津工業高校 (会津若松市)	県立福島工業高校 (福島市)	福島県農業総合センター (郡山市)
参加者数	47名	42名	48名

* 高校生のための事例発表・交流会は、予算上、環境アドバイザー派遣事業に計上

* 平成24年2月14日は、リスクコミュニケーション推進総合セミナーと同時開催

(3) 定期刊行物の発行

当環境センターが実施した業務をとりまとめた「福島県環境センター年報(第14号)」を発行し、ホームページに掲載した。

(4) 視察研修の受入れ

信陵学習センター、ポラリス看護学院合わせて18名の視察研修があった。

(5) ホームページ

当環境センターホームページ(<http://www.pref.fukushima.jp/kance/>)により、業務内容、調査結果、各種事業等について県民に情報提供を行った。

- ・ 平成23年度アクセス件数 10,692件

2 調査分析課

(1) 調査分析

ア 大気汚染に関する調査分析

(ア) 大気汚染常時監視

「大気汚染常時監視計画」に基づき、測定機器の管理及び大気汚染常時監視測定結果の統計処理を行った。

a 大気汚染常時監視測定機器の管理

- ・ 実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・ 測定項目 硫黄酸化物、窒素酸化物、光化学オキシダント、浮遊粒子状

物質、炭化水素など

- ・測定局数 16局（県設置分）
- b 大気汚染常時監視測定結果の統計処理
 - ・実施期間 平成23年4月～平成24年3月
 - ・測定局数 40局（全県分）
 - ・統計処理の種類 月報、年報及び環境省報告様式に基づく報告書

(イ) 有害大気汚染物質対策調査

「有害大気汚染物質調査計画」に基づき、一般大気環境中及び沿道のアセトアルデヒド及びホルムアルデヒドの分析を行った。

- ・実施期間 平成23年7月～平成24年3月（1回/月）
- ・対象地点 一般大気環境 2地点（福島市、会津若松市）
沿道 1地点（福島市）
- ・検体数(延項目数) 27検体（54項目）

(ウ) 酸性雨調査

a 酸性雨モニタリング調査

「酸性雨モニタリング調査計画」に基づき、降水の採取及び含まれる成分の分析を行った。

- ・実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・調査地点 3地点（会津若松市、羽鳥（天栄村）、郡山市）
- ・検体数(延項目数) 64検体（640項目）

b 全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会酸性雨全国調査

全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会が実施する調査に参加し、降水の採取及び含まれる成分の分析等を行うとともに、パッシブサンプラー法により、酸性化成分等の調査を実施した。

(a) パッシブサンプラー法

- ・実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・調査地点 1地点（羽鳥（天栄村））
- ・検体数(延項目数) 12検体（48項目）

(b) 湿性沈着測定

- ・実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・調査地点 1地点（郡山市）
- ・検体数(延項目数) 26検体（260項目）

(エ) アスベスト一般環境モニタリング調査

「一般環境大気中アスベストモニタリング調査実施要領」に基づき、一般環境大気中のアスベスト濃度の測定を尼崎市の協力を得て行った。

- ・実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・調査地点 5地点（福島市、白河市、会津若松市、南会津町、南相馬市）
- ・検体数 60検体

(オ) 特定粉じん排出等作業周辺環境調査

特定粉じん排出等作業における周辺環境中のアスベスト濃度の測定を行った。

- ・実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・調査地点 14地点（福島市(2)、二本松市、須賀川市、鏡石町、

白河市(3)、矢吹町(2)、西郷村、南会津町、相馬市、川内村)

- ・ 検 体 数 20 検体

イ 水質汚濁に関する調査分析等

(ア) 公共用水域水質常時監視事業

「公共用水域水質測定計画」に基づき、尾瀬沼等の水質分析を行った。

- ・ 実 施 期 間 平成23年6月～10月
- ・ 調 査 地 点 尾瀬沼1地点、尾瀬沼流入河川1地点
- ・ 検体数(延項目数) 20 検体 (290 項目)

(イ) 湖水浴場の水質調査事業

猪苗代湖の水浴場について遊泳期間前と遊泳期間中に水質調査を実施した。

- ・ 実 施 期 間 平成23年6月、7月
- ・ 調 査 地 点 猪苗代湖7地点(長浜、天神浜、志田浜、上戸浜、崎川浜、中田浜、小石ヶ浜)
- ・ 検体数(延項目数) 42 検体 (126 項目)

(ウ) 地下水の水質常時監視事業

「地下水の水質測定計画」に基づき、井戸水等の水質分析を行った。

- ・ 実 施 期 間 平成23年4月～平成24年3月
- ・ 調 査 地 点 概況調査(ローリング方式) 18 地点
概況調査(定点方式) 15 地点
継続監視調査 113 地点
汚染井戸周辺地区調査 69 地点
その他の調査 8 地点
- ・ 検体数(延項目数) 223 検体 (1,670 項目)

(エ) 水質汚濁発生源監視事業

「水質汚濁発生源監視調査実施計画」に基づき水質特定事業場等の排水及びゴルフ場の排水等の水質分析を行った。

a 水質特定事業場等調査

- ・ 実 施 期 間 平成23年6月～平成24年3月
- ・ 調 査 事 業 場 等 数 延153工場・事業場
- ・ 検体数(延項目数) 153 検体 (1,280 項目)

b ゴルフ場排水農薬調査

- ・ 実 施 期 間 平成23年9月～平成24年3月
- ・ 調 査 地 点 7 ゴルフ場
- ・ 検体数(延項目数) 7 検体 (252 項目)

(オ) 猪苗代湖調査研究事業

猪苗代湖のpH中性化に伴い、有機性汚濁指標となるCOD上昇や大腸菌群数増加など水質悪化が懸念されるため、原因を究明するとともに改善策の実践に資するため各種調査を実施した。

a 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査

猪苗代湖並びに酸性水を供給する長瀬川及びその支川において水質を調査し、湖心及び主要流入河川における各溶存成分の量や組成の季節的、経年的変化を把握した。

- ・ 実施時期 湖心：4回／年（4月、6月、8月、10月）
河川：6回／年（4月、6月、8月、10月、12月、2月）
 - ・ 調査地点 7地点（延10地点）
湖心：1地点（水深層別に延4地点）
河川：6地点
 - ・ 検体数(延項目数) 52検体（604項目）
- b 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査
猪苗代湖の水温及び電気伝導率を連続測定し、年間を通じた湖内の物質循環を把握した。
- ・ 実施時期 長瀬川河口沖1km：平成23年4月～11月
湖心：平成23年4月～平成24年3月
 - ・ 調査地点 2地点（長瀬川河口沖1km・湖心）
測定水深（0.5m、5m、15m及び30m）
 - ・ 調査方法 自記記録計による水温及び電気伝導率の連続測定
- c 水生植物による水質への影響確認調査
猪苗代湖湖岸に生育する水生植物が繁茂する時期と枯死、腐敗する時期において、水生植物群を通過する流水の水質を調査し、水生植物による湖内水質への浄化作用と負荷作用を把握した。
- ・ 実施時期 4回／年（4月、8月、9月、12月）
 - ・ 調査地点 11地点（入江浜5地点、赤沼川3地点、白鳥浜3地点）
 - ・ 検体数(延項目数) 41検体（410項目）
- d 大腸菌群超過対策調査
猪苗代湖及び大腸菌群の流入が大きい河川の水質を調査し、大腸菌群が出現する傾向を把握した。
- ・ 実施時期 湖心他：8回／年（7月(2)、8月(2)、9月(2)、10月、11月）
 - ・ 調査地点 7地点（延10地点）
小黒川：1地点
湖心：1地点（水深層別に延4地点）
小黒川沖：5地点
 - ・ 検体数(延項目数) 51検体（357項目）
- e 猪苗代湖北部水域の水質調査
猪苗代湖の北岸部は、水深が浅く、市街地及び農耕地からの排水の影響を受けやすいと考えられることから、北部水域の水質を調査した。
- ・ 実施時期 4回／年（4月、6月、8月、10月）
 - ・ 調査地点 5地点（白鳥浜沖、小黒川沖他）
 - ・ 検体数(延項目数) 20検体（220項目）

ウ 騒音・振動に関する調査分析

(7) 東北新幹線鉄道騒音調査

「東北新幹線鉄道騒音調査計画」に基づき、市町村の実施する調査の支援及び市町村に騒音測定車（騒音測定機器）の貸出しを行った。

- ・ 実施期間 平成23年9月～12月
- ・ 貸出市町村数 8市町村

(イ) 高速自動車道騒音調査

「高速自動車道騒音調査計画」に基づき、市町村の実施する調査の支援及び市町村に騒音測定車（騒音測定機器）の貸出しを行った。

- ・ 実施期間 平成23年6月～12月
- ・ 貸出市町村数 6市町村

(ウ) 福島空港周辺航空機騒音調査

「福島空港周辺航空機騒音調査計画」に基づき、福島空港周辺の騒音の測定を行った。

- ・ 実施時期 平成23年6月、8～9月、10～11月及び平成24年1～2月
- ・ 調査地点 4地点
- ・ 調査回数 4回/年（延112日）

エ 廃棄物に関する調査分析

(ア) 廃棄物最終処分場放流水水質等検査

「廃棄物関係分析計画実施要領」に基づき、一般廃棄物・産業廃棄物最終処分場の放流水、浸透水、周縁地下水等の分析を行った。

- ・ 実施期間 平成23年4月～平成24年3月
- ・ 調査施設数 81事業場
- ・ 検体数(延項目数) 205検体（4, 367項目）

(イ) 廃棄物焼却灰等溶出試験

「廃棄物関係分析計画実施要領」に基づき、産業廃棄物焼却施設から排出される燃え殻、ばいじん等の溶出試験を行った。

- ・ 実施期間 平成23年11月～平成24年3月
- ・ 調査施設数 7事業場
- ・ 検体数(延項目数) 7検体（65項目）

(ウ) 廃棄物焼却灰熱しゃく減量検査

「廃棄物関係分析計画実施要領」に基づき、産業廃棄物焼却施設から排出される燃え殻の熱しゃく減量の測定を行った。

- ・ 実施期間 平成23年6月～7月
- ・ 調査施設数 2事業場
- ・ 検体数(延項目数) 2検体（2項目）

オ 化学物質に関する調査分析

(ア) 廃棄物最終処分場に係る環境ホルモン調査

「廃棄物最終処分場に係る環境ホルモン調査実施要領」に基づき、廃棄物最終処分場の放流水又は処理水の分析を行った。

- ・ 実施期間 平成23年8月～10月
- ・ 調査事業場数 4事業場
- ・ 検体数(延項目数) 7検体（73項目）
- ・ 調査対象物質 ビスフェノールA、アルキルフェノール類、ベンゾ(a)ピレン等

(イ) 化学物質発生源周辺環境調査

「化学物質発生源周辺環境実施要領」に基づき、発生源事業場等の調査を行った。

- ・ 実施期間 平成23年12月～平成24年2月
- ・ 対象事業場数 2事業場
- ・ 検体数(延項目数) 10検体(25項目)
- ・ 調査対象物質 N,N-ジメチルホルムアミド、1,4-ジオキサン

カ 他機関等との共同研究

(ア) 福島大学等との共同研究

裏磐梯五色沼の水辺生態系や水質の現状の変化を連携して調査するために設立された『裏磐梯の湖沼環境を考える会議』に参画し、水質調査を実施した。

- ・ 調査時期 平成23年11月
- ・ 調査地点 14地点(13湖沼、1河川)
- ・ 検体数 22検体(189項目)

キ 民産学官連携による猪苗代湖の水質保全活動への参画

「清らかな湖、美しい猪苗代湖の水環境研究協議会」に参画し、民産学官の連携・協力のもと猪苗代湖の水質保全活動に取り組んだ。

- (ア) 猪苗代湖北部水域における漂着水生植物の回収事業(平成23年9月～11月)
- (イ) 猪苗代湖北岸の清掃活動(平成23年10月)

(2) 事故等緊急時の調査分析

水質事故、魚類へい死、旧産業廃棄物最終処分場周辺調査等に係る水質検査等を行った。

ア 水質事故に伴う周辺環境への影響調査

- ・ 調査時期 平成23年6月
- ・ 調査件数 1件
- ・ 検体数(延項目数) 9検体(57項目)

イ 魚類へい死調査

- ・ 調査時期 平成23年8月
- ・ 調査件数 1件
- ・ 検体数(延項目数) 5検体(15項目)

ウ 旧産業廃棄物最終処分場に係る周辺環境調査

川俣町の旧産業廃棄物最終処分場に関する周辺環境への影響調査

- ・ 調査時期 平成23年8月、10月、12月、1月、2月、3月
- ・ 調査対象 河川水6地点
- ・ 検体数(延項目数) 11検体(44項目)

エ その他の水質汚染・汚濁等の調査

(ア) 桜川(三春町)関連調査

- ・ 調査目的 土壌汚染の影響調査
- ・ 調査時期 平成23年6月、7月
- ・ 調査地点数 7地点(延べ10地点)
- ・ 検体数(延項目数) 10検体(100項目)

(イ) 矢祭川（矢祭町）調査

- ・ 調査目的 東日本大震災以後に発生した湧水（白濁）の影響調査
- ・ 調査時期 平成23年6月
- ・ 調査地点数 3地点
- ・ 検体数(延項目数) 3検体（51項目）

(ウ) 苦情相談対応調査

- ・ 調査目的 苦情等への対応
- ・ 調査時期 平成23年8月、9月、10月、平成24年3月
- ・ 調査地点数 4地点
- ・ 検体数(延項目数) 4検体（41項目）

(3) 調査分析検体数

平成23年度の調査分析事業の実施に伴う分析検体等は、次のとおりである。

平成23年度 分析検体数

事業名	計 画		計 画 外		合 計	
	検体数	項目数	検体数	項目数	検体数	項目数
大気汚染	171	774	0	0	171	774
煙道排ガス調査	0	0	0	0	0	0
有害大気汚染物質対策調査	27	54	0	0	27	54
酸性雨モニタリング調査	64	640	0	0	64	640
一般環境大気中アスベストモニタリング調査	60	60	0	0	60	60
特定粉じん排出作業等周辺環境調査	20	20	0	0	20	20
水質汚濁	480	4,752	151	646	631	5,398
公共用水域水質常時監視	20	290	0	0	20	290
地下水水質常時監視	146	1,438	77	232	223	1,670
水質汚濁発生源監視	143	1,181	10	99	153	1,280
ゴルフ場排水農薬調査	7	252	0	0	7	252
猪苗代湖水質モニタリング調査	164	1,591	0	0	164	1,591
湖水浴場の水質調査	0	0	42	126	42	126
他機関との共同研究	0	0	22	189	22	189
騒音・振動	16	112	0	0	16	112
福島空港周辺航空機騒音調査	16	112	0	0	16	112
新幹線鉄道騒音対策確認調査	0	0	0	0	0	0
廃棄物	143	3,949	71	485	214	4,434
廃棄物最終処分場放流水水質等検査	134	3,882	71	485	205	4,367
廃棄物焼却灰等溶出試験	7	65	0	0	7	65
廃棄物焼却炉灰熱しゃく減量検査	2	2	0	0	2	2
化学物質	17	98	0	0	17	98
廃棄物最終処分場に係る環境ホルモン調査	7	73	0	0	7	73
化学物質発生源周辺環境調査	10	25	0	0	10	25
ダイオキシン類排出状況調査	0	0	0	0	0	0
廃棄物最終処分場等に係るダイオキシン類調査	0	0	0	0	0	0
事故等緊急時	10	100	32	208	42	308
水質事故等緊急時調査	0	0	9	57	9	57
魚類へい死事故調査	0	0	5	15	5	15
その他水質汚染・汚濁等の調査	10	100	7	92	17	192
旧産業廃棄物最終処分場周辺調査	0	0	11	44	11	44
合 計 (前年度)	837 (1,323)	9,785 (13,785)	254 (55)	1,339 (412)	1,091 (1,378)	11,124 (14,197)

(4) 精度管理調査

国及び県が主催する精度管理事業に参加し、分析精度の確保に努めた。

ア 環境測定分析統一精度管理調査（環境省）

- ・ 実施期間 平成23年9月～10月
- ・ 試料の種類 模擬排水
- ・ 参加項目 COD、BOD、ふっ素、TOC

イ 酸性雨測定分析精度管理調査

- ・ 実施時期 平成24年2月
- ・ 試料の種類 模擬酸性雨（高濃度試料、低濃度試料）
- ・ 分析対象項目 pH、電気伝導率、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+

(5) その他

ア 水質調査委託業者とのクロスチェック

(ア) 平成23年度公共用水域水質調査委託業者とのクロスチェック

- ・ 実施時期 平成23年6月～11月
- ・ 調査地点 5地点
- ・ 検体数(延項目数) 環境水 5検体（31項目）

イ 排水等の自主測定

(ア) 排水自主測定

当センター放流水（公共下水道への排水）の自主測定を行った。

- ・ 調査時期 平成23年11月
- ・ 検体数(延項目数) 1検体（41項目）

Ⅲ 調 査 研 究

1 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査

1 目的

猪苗代湖は長年酸性湖として知られていたが、平成7年に5.1であったpHが平成22年には6.8まで上昇するなど、水質に変化が生じている。pHが上昇しているのは、猪苗代湖や猪苗代湖に流入する河川中のイオンの量及び組成が変化していることが原因であると考えられる（H22年度福島県環境センター年報）。

このため本調査では、猪苗代湖及び猪苗代湖に流入する河川のイオン成分等を継続的に調査し、水質等を把握するとともに、猪苗代湖のpH上昇との関連を調べる。

2 調査方法

湖水及び流入河川について各溶存イオン等の濃度から負荷量を算出し、近年の湖水のpH上昇との関連について考察する。

3 調査地点

調査地点は図1に示した。

- (1) 猪苗代湖(湖心) 1地点
(4層 表層、10m、50m及び90m)
- (2) 硫黄川(高森川合流前) 1地点
- (3) 高森川(酸川合流前) 1地点
- (4) 酸川(高森川合流前) 1地点
- (5) 酸川(酸川野) 1地点
- (6) 長瀬川(上長瀬橋) 1地点
- (7) 長瀬川(小金橋) 1地点

なお、長瀬川(小金橋)は発電所から

の放流水の影響を受けない時間帯に調査を行った。

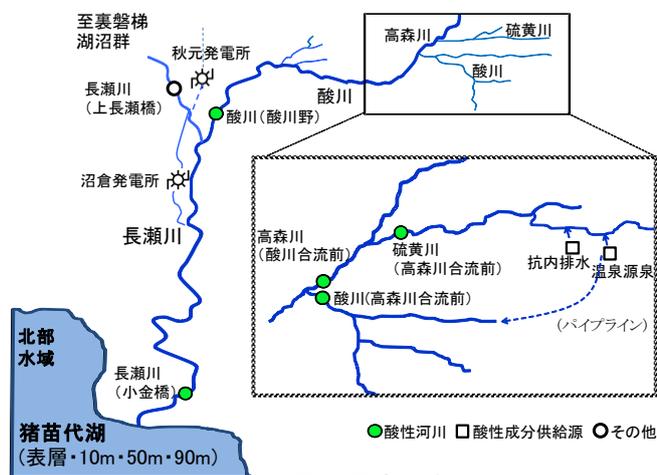


図1 調査地点

4 調査時期

3-(1)については年4回(4月、6月、8月、10月)

3-(2)～(7)については年6回実施した(4月、6月、8月、10月、12月、2月)。

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度(湖)、色相(湖)、流量(河川)、透視度(河川)
- (2) 金属成分(Fe、Mn、Al、Zn)
- (3) 陽イオン(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+)
- (4) 陰イオン(F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^-)
- (5) その他(pH、EC、DO、T-P、T-N、酸度、アルカリ度、TOC、chl-a)

なお、Fe、Mn、Al、Zn、T-Pは、試料をGF/C(ろ紙)でろ過し、ろ液を測定したものを溶存態物質として、イオンバランスを検討した。

以下、この溶存態物質をそれぞれ、S-Fe、S-Mn、S-Al、S-Zn、S-Pとして、全量を測定

したものを、それぞれ T-Fe、T-Mn、T-Al、T-Zn、T-P と示す。

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC(電気伝導度)：電気伝導度計
- (3) DO, 酸度, アルカリ度：滴定法
- (4) T-P, PO₄-P：吸光光度法
- (5) Fe, Mn, Al, Zn：ICP/AES 法又は ICP/MS 法
- (6) Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻：イオンクロマトグラフ法
- (7) TOC：燃焼酸化-赤外線式 TOC 自動計測法
- (8) chl-a：アセトン抽出による吸光光度法

7 結果及び考察

現地調査結果を別紙 1 に、分析結果の一覧は別紙 2 に示す。

(1) 猪苗代湖湖心の水質

ア 経年変化

(7) pH (調査年度：H2～H23)

経年変化を図 2 に示す(注 1)。

平成 2 年から 7 年までは 5.0～5.1 の範囲にあったが、平成 8 年以降、年々上昇していた。

平成 23 年の pH 平均値は 6.86 で、過去 3 か年(H20～H22)の結果の範囲(6.59～6.76)と比べて上昇していた。

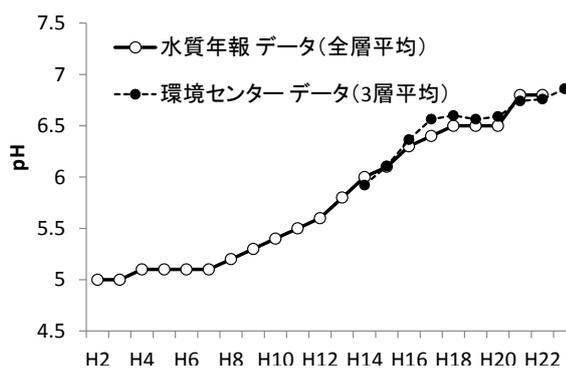


図 2 pH 経年変化

注 1：『水質年報データ(全層平均)』とは水質汚濁防止法に基づく常時監視結果であり、全層(0, 10, 20, 50mの4層)平均値を示し、『環境センターデータ(3層平均)』とは3層(0, 10, 50m)の平均値を示す。

(イ) 溶存イオン (調査年度：S54-56、H14-H23)

昭和 54～56 年に福島大学等が、平成 14～23 年(2001～2012)に当センターが行った調査のイオン当量濃度の推移を図 3 に示す。イオン当量濃度の総和(平成 14～23 年)は、昭和 54～56 年と比べると減少している。また、調査開始以降平成 18 年までは減少、19 年からは横ばい若しくは増加傾向となっている。

陽イオンの成分割合は、多い順に Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺の順で、調査開始以降、成分濃度に顕著な経年変化は認められなかった。昭和 54-56 年に比べると Al が減少している。

陰イオンの成分割合は、多い順に SO₄²⁻、Cl⁻で、この 2 物質で全体の 90%以上を占め、次いで HCO₃⁻、NO₃⁻の順であった。昭和 54-56 年に比べると SO₄²⁻が減少している。アルカリ度は、図 4 に示すように pH 上昇と同様の増加傾向が確認された。

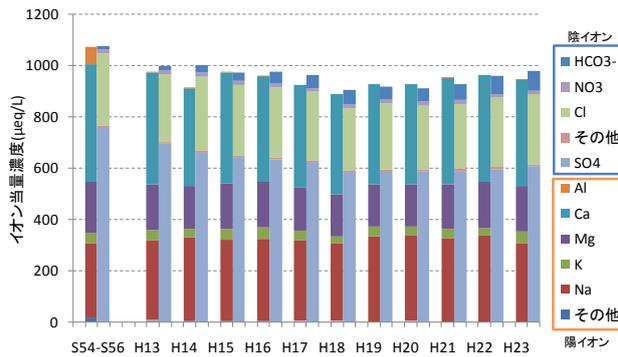


図3 イオン当量濃度の経年変化

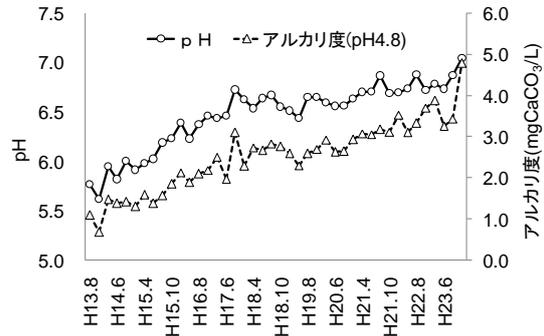


図4 pH及びアルカリ度の経年変化

(イ) 金属成分 (T-Fe、T-Mn、T-Al)

金属成分の経年変化を別紙 2-2 に示す。

T-Fe の H19 年度以降の結果の範囲は、 $<0.01 \sim 0.41 \text{mg/L}$ (最大値：H20.4月 90m) であり、各調査年度の最大値は4月の水深90mで認められることが多かった。

T-Mn の H19 年度以降の結果の範囲は、 $<0.01 \sim 0.53 \text{mg/L}$ (最大値：H22.10月 90m) であり、各調査年度の最大値は10月の水深90mで認められることが多かった。

T-Al の H19 年度以降の結果の範囲は、 $<0.01 \sim 0.35 \text{mg/L}$ (最大値：H20.4月 90m) であり、各調査年度の最大値は4月の水深90mで認められることが多かった。

イ 平成 23 年調査結果 (季節変動)

(ア) 鉛直水温

鉛直水温の調査結果を図5に示す。4月に全層が均一化、6月には水温躍層が形成されつつあり、10月に水温躍層が崩壊に向かう例年と同様の挙動であった。測定期間の最高水温は8月の表層で 26.5°C 、最低水温は4月の水深90mで 3.8°C であった。

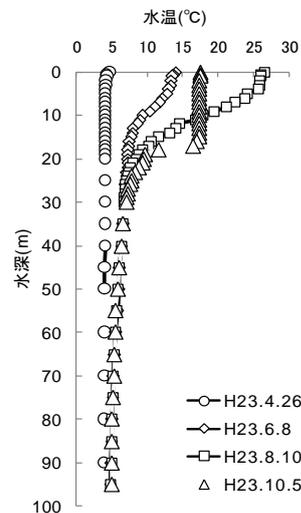


図5 鉛直水温

(イ) pH と EC

pH および EC の結果を図6、図7に示す。

pH の最大値は、7.53 (10月の水深10m) で、最小値は、6.32 (10月の水深90m) であった。

表層の pH は、6.64~6.90 の範囲で推移し、水深10mでは、6.76~7.53で推移し、水深別で最も変動の幅が大きかった。また、水深50mでは、6.62~6.73で推移し、水深別で最も変動の幅が小さかった。水深90mでは、6.32~6.69の範囲で

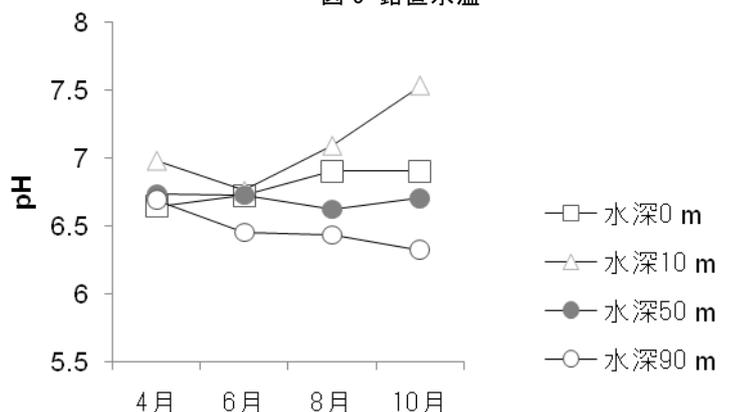


図6 pHの季節変動

推移し、4月を除き水深別で最も値が小さかった。

一方、ECは、112~116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲であり、水深別および季節で大きな差は認められなかったが、8月と10月の水深50m及び90mで比較的高い値を示した。

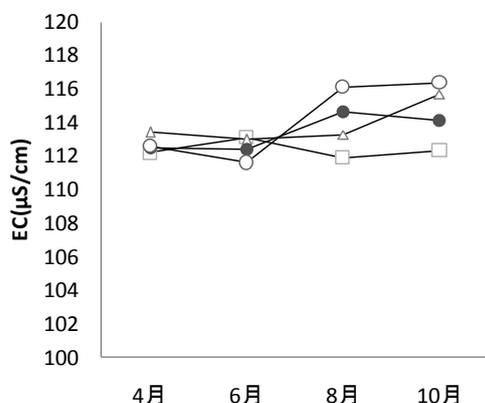


図7 ECの季節変動

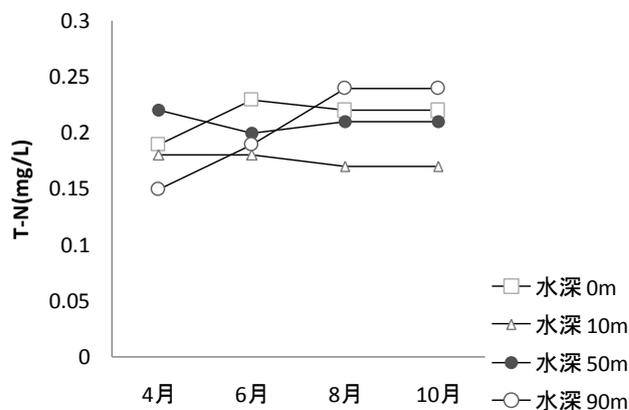


図8 T-Nの季節変動

(ウ) T-N、T-P

T-Nの季節変動を図8に示す。最小値は0.15mg/L(4月の水深90m)で最大値は0.24mg/L(8月および10月の水深90m)であった。水深90mのT-Nの季節変動幅は、他の3層を比べて大きかった。平成22年の水深90mの結果は、0.13(4月)、0.17(6月)、0.22(8月)、0.41(10月)mg/Lであり同様の季節変動を示した。今後も水深別の季節変動等を注視していく必要がある。

T-Pはすべて0.003 mg/L未満であった。

(エ) イオン成分

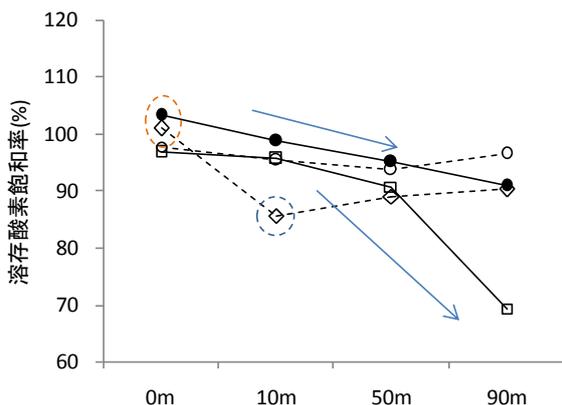
陽イオン (Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+)、陰イオン (SO_4^{2-} 、 Cl^-) は、全層で同様の水質を示し、また、季節変動も認められなかった。

(オ) D0

D0飽和率の季節変動を図9に示す。表層は6月と8月に過飽和となっていた。

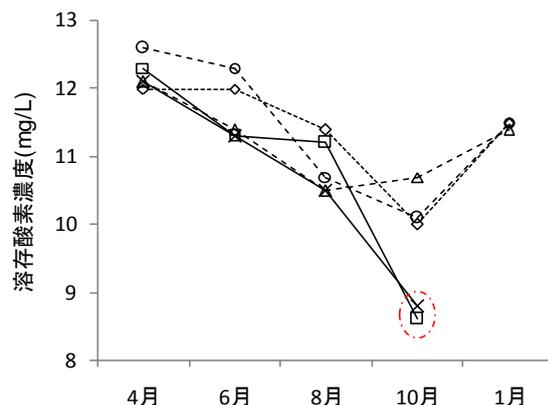
水深10mは8月にD0飽和率86%と他の3層と比較して低い値となった。水深90mでは、10月に69%と最も低かった。水温躍層が形成される6月と崩壊に向かう10月のD0飽和率は、下層ほど低下する傾向であった。

10月の水深90mのD0は、8.6mg/Lと最低値を示したが、図10に示した平成19年度以降のD0の経年変化はいずれも8mg/L以上であった。このことから、湖底のD0は高く保たれており、現時点で湖底にリンなどと共沈している水酸化鉄が嫌気的条件下で溶出し、リンなどを溶出させるおそれは低いものと考えられた。



--○-- H23.4 ● H23.6 --◇-- H23.8 □ H23.10

図9 DO飽和率(季節変動)



---◇--- H19 ---○--- H20 ---△--- H21 ---×--- H22 ---□--- H23

図10 水深90mにおけるDO(経年変化)

(カ) chl-a と水温、TOC

chl-a と水温の季節変動を図11に示す。chl-a濃度は6月と8月の湖水温の高い時期に高くなる傾向があり、10月に低下した。

TOCは8月と10月に高くなる傾向があったが、0.8mg/L未満であり、季節変動はそれほど大きくなかった(図12)。

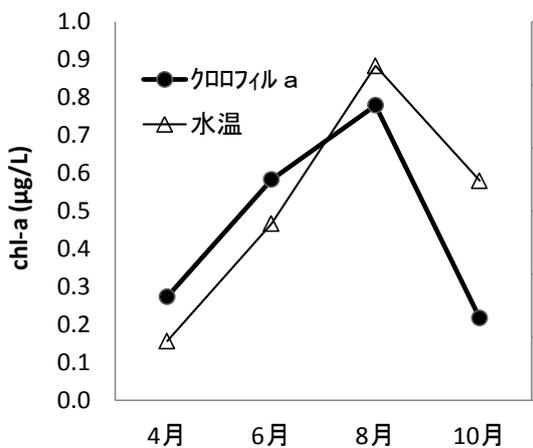


図11 chl.a と水温の季節変動

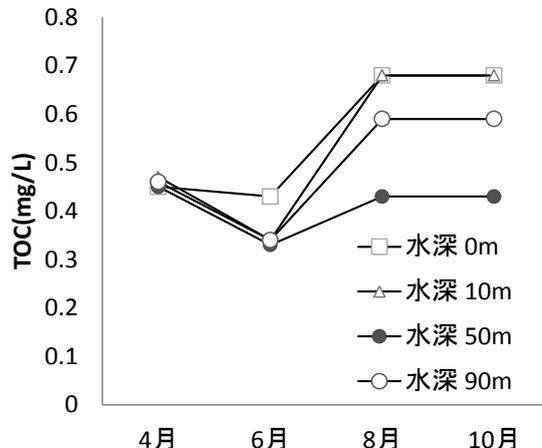


図12 TOCの季節変動

(キ) 金属成分

図13に溶解性(S-)と全量(T-)のFe、Al、Mnの季節変動を示す。

4月は、表層から水深90mまで、T-Feが0.10 mg/Lから0.12 mg/Lと平成22年4月の結果(0.01 mg/L)と比較して高い値だった。4月のS-Feは、すべての水深で0.01~0.03mg/Lであり、4月の高いT-Feは、懸濁態のFeによるものと考えられた。

同様にT-Alも4月にすべての水深で0.05~0.06 mg/Lと他の月(<0.01~0.01mg/L)と比べて高かった。また、平成22年のすべての結果の範囲(<0.01~0.02mg/L)と比べても高い値を示した。平成23年4月のS-Alは、すべての水深で<0.01~0.01mg/Lであったことから、4月の高いT-Alは、懸濁態のAlによるものと考えられた。

8月と10月の水深90mでT-Mnが他の3層の範囲 (<0.01~0.04mg/L) に比べて高い値 (0.22mg/L) を示した。平成22年もT-Mnが10月の水深90mで0.17 mg/Lと同様に高い傾向を示していた。10月の水深90mのS-Mnも同様に高い値(0.22mg/L)を示した。

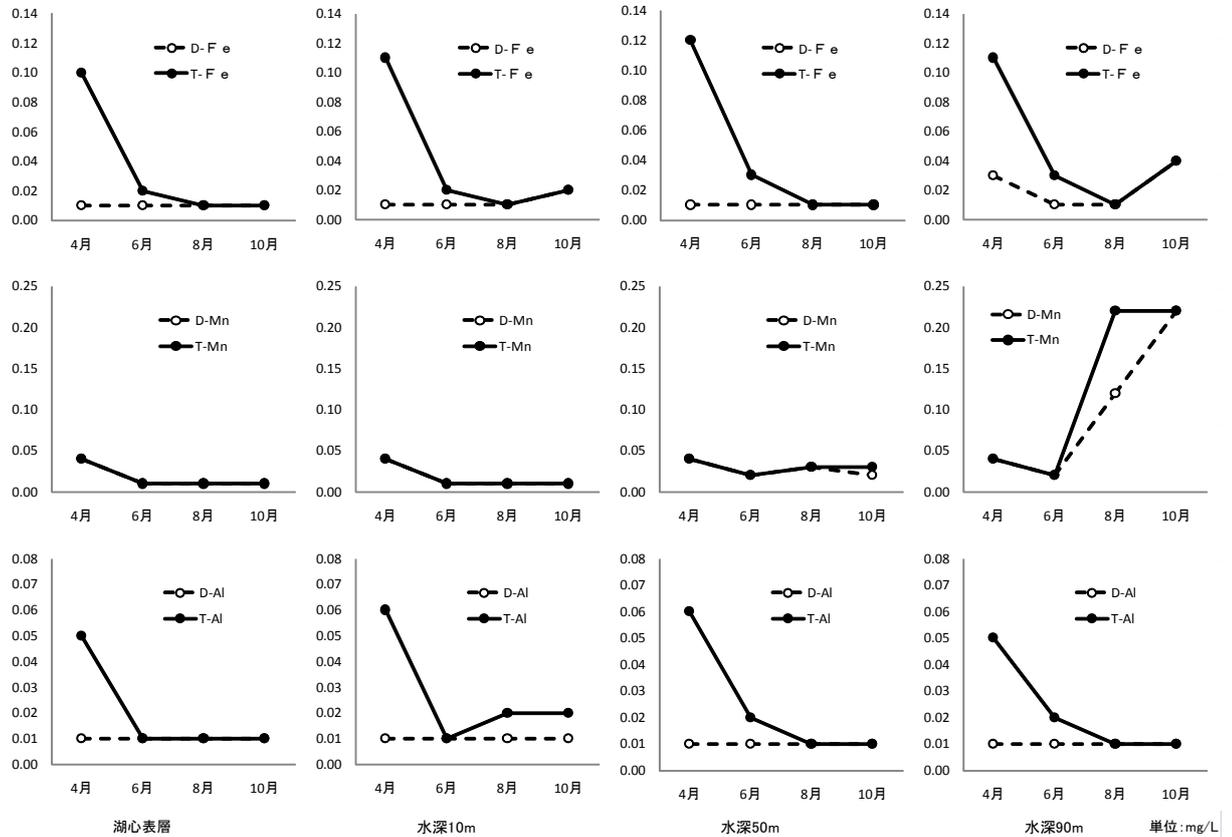


図 13 溶解性 (S-)・全 (T-) Fe、Mn、Al の季節変動

(ク) 透明度

平成23年4月の透明度は5.3mと低い値であったため、過去のデータが蓄積されている『水質年報(平成12年度)』～『水質年報(平成22年度)』と比較した。

この値は、平成13年9月の3.0mに次ぐ値であり、平成12年7月の5.5mに匹敵するものであった。平成12年および13年は年平均値でそれぞれ7.1m、6.8mと平成23年の平均値9.2mと比べて透明度の値が低い調査年であった。

しかし、平成20年度以降では、透明度8.0m以上を示し、今回の透明度5.3mは近年では顕著に低い値であったことから、その要因について検討した。透明度に関連する項目として、SS、chl-a、金属成分などが考えられるため、以下の点を考察する。

・SSは本調査では測定していないが、福島県水質年報によると、ほぼすべて

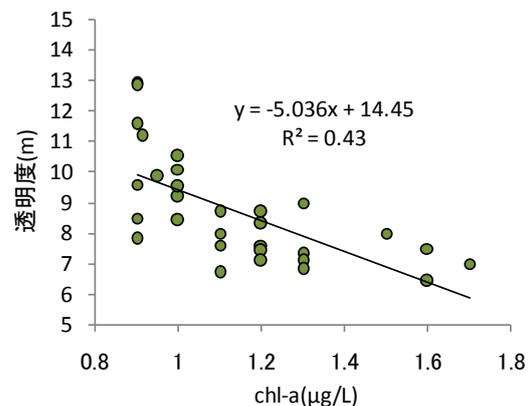


図 14 chl.a と透明度の関係 (S51-H21 水質年報)

の調査年度、時期、水深にかかわらず 1mg/L 未満である。このため透明度との比較が困難であるが、関連性は低いと考えられる。

・chl-a は、本年度はすべて $1\mu\text{g/L}$ と低い値で推移しており、図 14 に示した chl-a と透明度の関係によれば、 $R^2=0.43$ とわずかに相関がみられるが、平成 23 年 4 月の chl-a は $0.3\mu\text{g/L}$ と低く、4 月の透明度悪化との関連性は認められなかった。

・金属成分については、(キ) で述べたように 4 月の T-Fe、T-Al はすべての水深にわたって他の時期より高い値を示した。この際の S-Fe は、 $0.01\sim 0.03\text{mg/L}$ であったことから、4 月の高い T-Fe は、懸濁態の Fe に起因するものと考えられる。

同様に T-Al も 4 月にすべての水深で $0.05\sim 0.06\text{mg/L}$ と他の時期 ($<0.01\sim 0.01\text{mg/L}$) と比べて、高い値を示した。この際の S-Al は、すべての水深で $<0.01\sim 0.01\text{mg/L}$ であったことから、4 月の T-Al は、懸濁態の Al に起因するものと考えられる。

透明度悪化がみられた 4 月にすべての水深で T-Fe、T-Al 濃度が上昇していたことから、透明度悪化は懸濁態 Fe、Al 濃度上昇が関連している可能性が考えられた。

また、直近 5 か年の金属成分 (Fe、Mn、Al) 濃度の最大値は、4 月又は 10 月の水深 90m で認められることがあり、水温躍層の生成・崩壊時期と懸濁態 Fe、Al 濃度の上昇との関連について、今後検討する必要がある。

(2) 流入河川について

調査地点は、旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が下流で高森川と合流し、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受けている酸川へ合流している。すべての酸性河川が合流した酸川(酸川野)は、さらに下流で裏磐梯湖沼群を流出源とする長瀬川本川と合流する。

ここで上記3に記した調査地点の、硫黄川(高森川合流前)、高森川(酸川合流前)、酸川(高森川合流前)を酸性物質の発生源付近の『上流域河川』と位置づけ、酸川(酸川野)、長瀬川(上長瀬橋)、長瀬川(小金橋)^{注2}を『下流域河川』として結果を示す。

ただし、調査地点ごとの流量は次にまとめて図15に示し、また、図16に調査対象河川の概要をまとめて示す。

注2：平成23年度は長瀬川(小金橋)が震災の影響を受け、同地点での採水が困難であったことから、小金橋の下流約400m地点の月輪橋で採水した。この間河川水の流入はなく、距離も短いため今年度の月輪橋での調査結果も長瀬川(小金橋)の結果として記載している(以下同じ。)

調査地点の流量は、4月が最も大きく(硫黄川(高森川合流前)の12月 $0.48\text{m}^3/\text{s}$ を除く)、2月が最も小さかった。

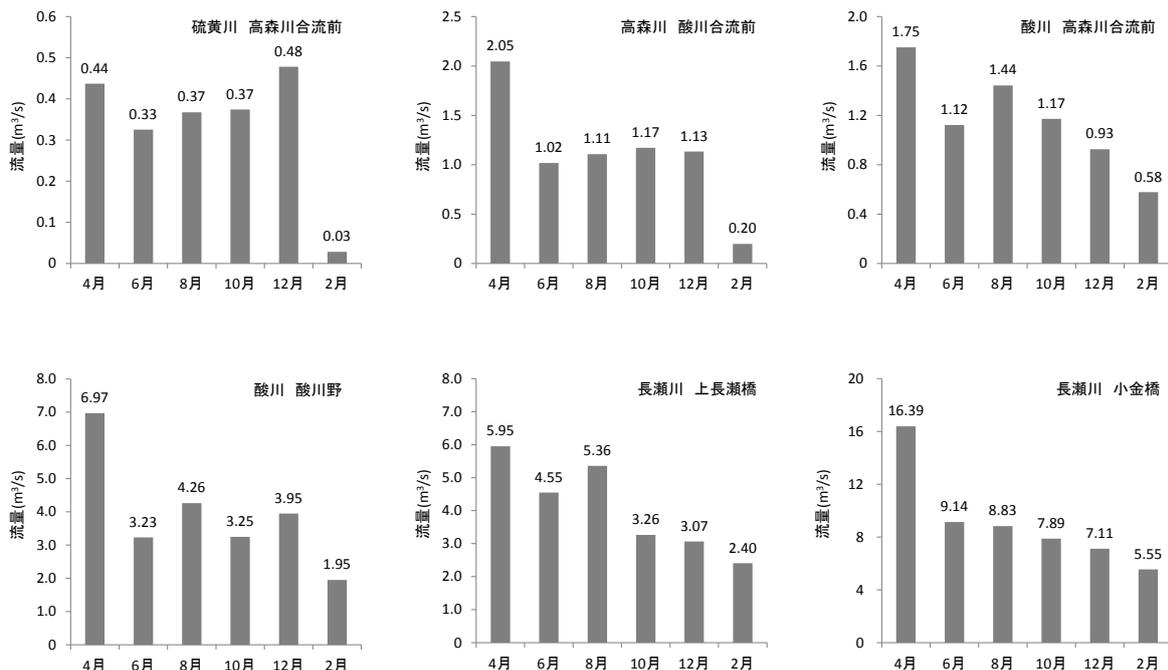


図15 河川流量の季節変動

ア 上流域河川の調査結果

猪苗代湖湖心でFe、Al濃度の経年的な減少が確認されている(H22年福島県環境センター年報)ことから、酸性物質湧出源付近の河川の水質変化を検討した。

(ア) 地点ごとの傾向

上流域の3河川の調査結果を別紙2-3に示す。

この3河川のpHは、いずれもpH2~3の強酸性の河川であり、旧硫黄鉱山坑内排水

の影響を受けている硫黄川(高森川合流前)は、調査対象河川中、各成分の濃度が最も高かった。調査対象河川の pH、流量および鉍酸酸度負荷量を図 16 に示す。

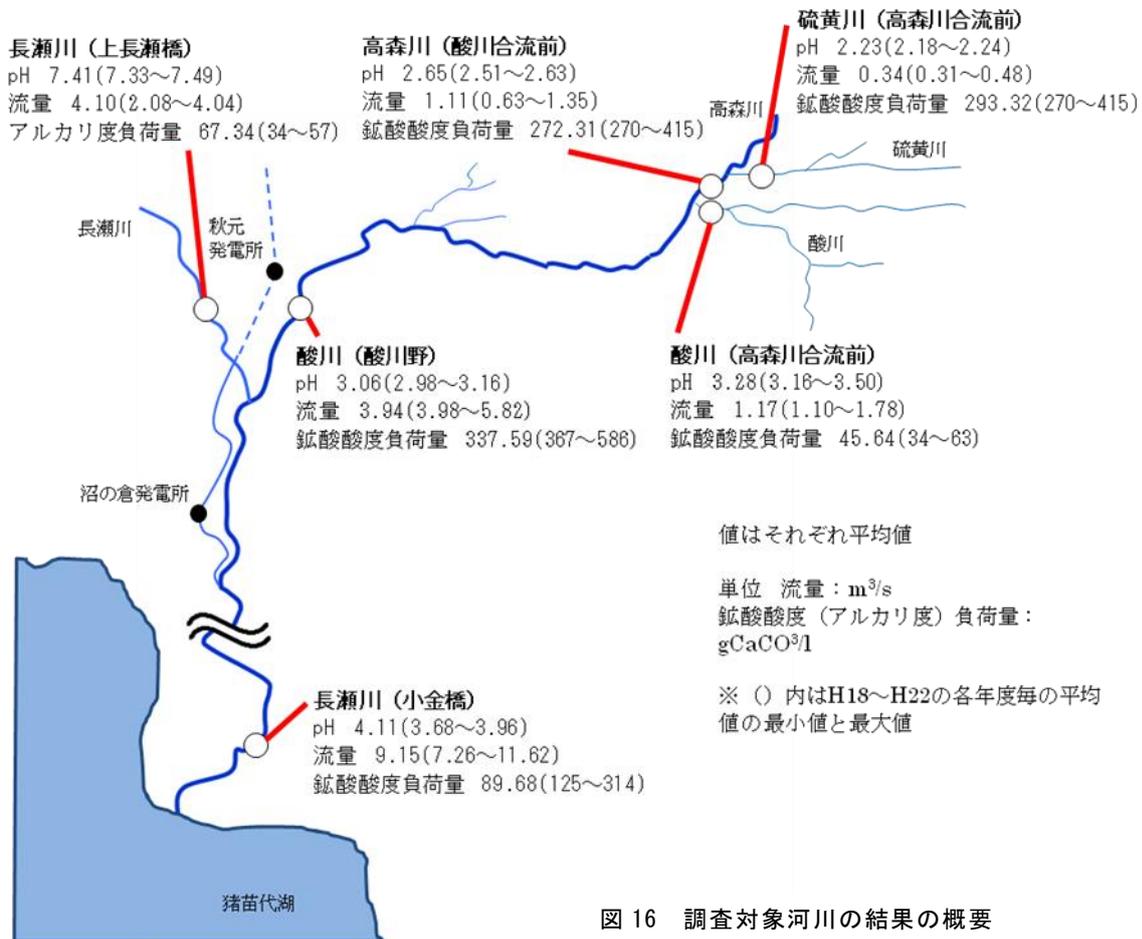


図 16 調査対象河川の結果の概要

(イ) 経年変化

旧硫黄鉍山坑内排水の影響を受けている硫黄川(高森川合流前)、沼尻・中ノ沢温泉水の影響を受けている酸川(高森川合流前)、また、硫黄川が流入する高森川(酸川合流前)の水素イオン、鉍酸酸度、Fe、Al、SO₄²⁻負荷量及び流量の経年変化を検討した。

なお、それぞれの負荷量は年平均値で示している。

最上流部に位置する、硫黄川(高森川合流前)の酸性成分の経年変化を図 17 に示す。

硫黄川(高森川合流前)の水素イオン負荷量、Fe、Al、SO₄²⁻負荷量は、平成 18 年が最大であり、その後、減少若しくは横ばいとなっている。平成 20 年度は平均流量が他の調査年度と比べて低く、各成分負荷量に影響を及ぼしている。

硫黄川(高森川合流前)は、調査対象河川中、各成分の濃度が最も高く、長瀬川への酸性成分の供給に寄与する影響が大きいと考えられる。

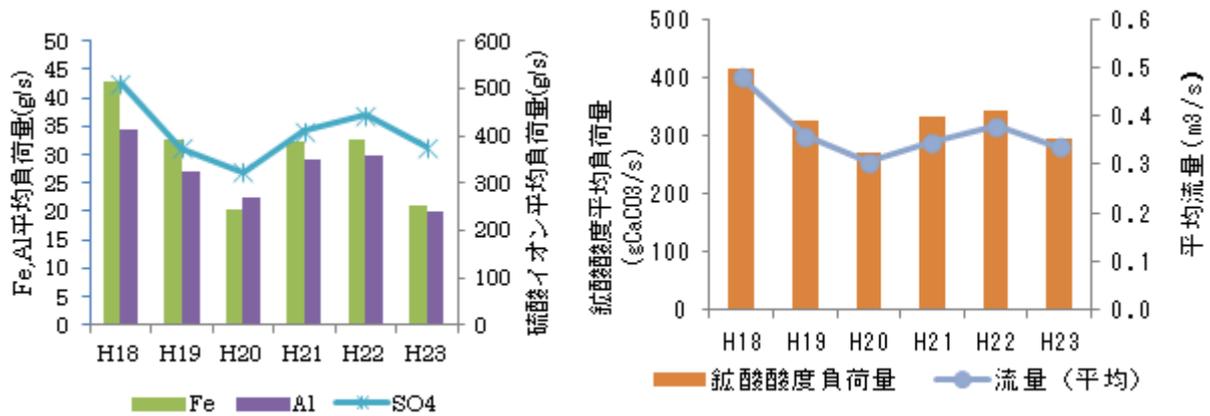


図 17 硫黄川（高森川合流前）における酸性成分の経年変化

酸川（高森川合流前）の酸性成分（水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量、Fe・Al・ SO_4^{2-} 負荷量）の経年変化を図 18 に示す。

酸川（高森川合流前）の水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量は直近の 6 年間で減少傾向が確認できたが、Fe、Al、 SO_4^{2-} の負荷量に明確な増減は認められなかった。

また、高森川（酸川合流前）の酸性成分（水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量、Fe・Al・ SO_4^{2-} 負荷量）の経年変化を図 19 に示す。高森川（酸川合流前）の水素イオン負荷量、鉍酸酸度負荷量、Fe、Al、 SO_4^{2-} 負荷量は直近 6 年間で減少傾向にある。

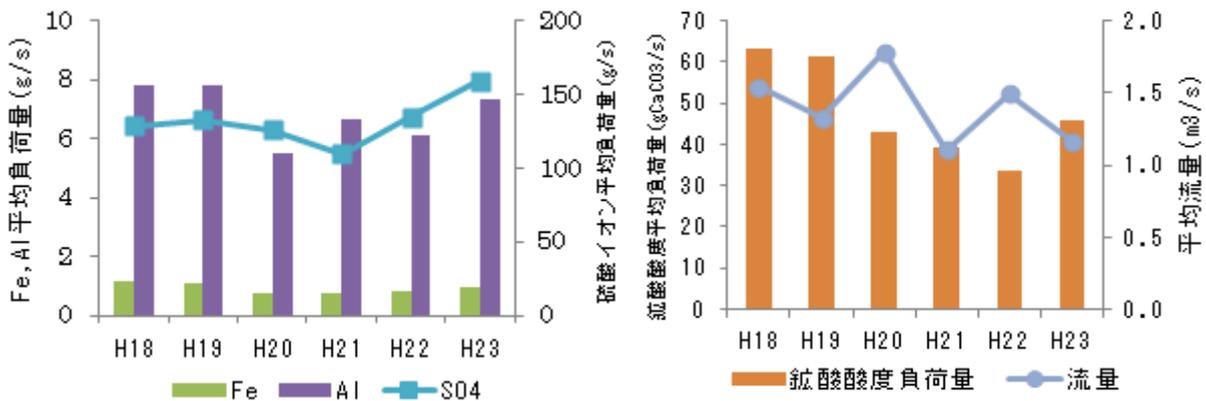


図 18 酸川（高森川合流前）における酸性成分の経年変化

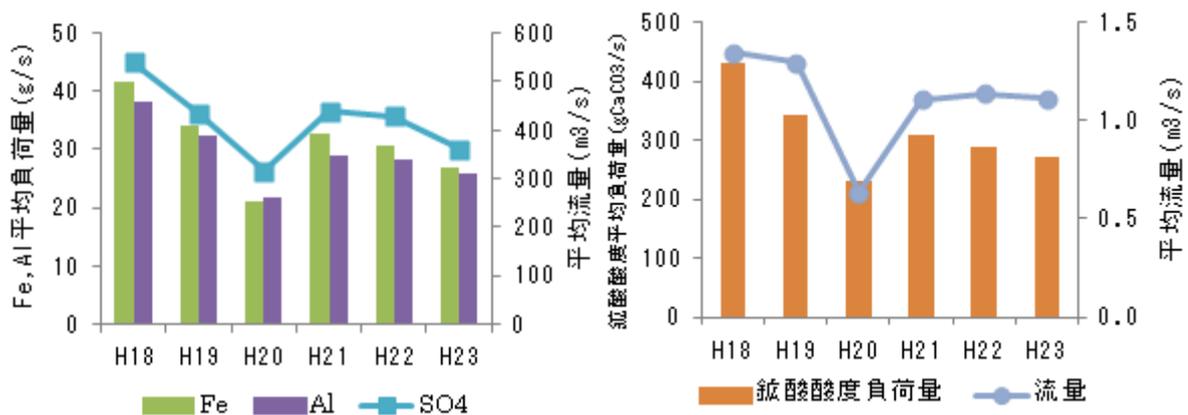


図 19 高森川（酸川合流前）における酸性成分の経年変化

イ 下流域河川の調査結果

酸川(酸川野)、長瀬川(上長瀬橋)、長瀬川(小金橋)の3地点は平成16年以降、年6回の頻度で調査を行っている。酸川(酸川野)は酸性物質の湧出源である旧硫黄鉱山坑内排水及び沼尻・中ノ沢温泉水の影響を受けた河川が合流した地点であり、酸性物質の総量を検討することができる。

(7) 地点ごとの傾向

下流域の3河川の調査結果を別紙2-4に示す

各地点のpHとECの季節変動は図20に示すとおり、酸川(酸川野)と長瀬川(小金橋)では、4月にECが低くpHが高くなっているが、融雪による流量増大の影響と考えられた。上長瀬橋のpHは年間を通して大きな変動は無くECは6月と8月に低くなっていた。

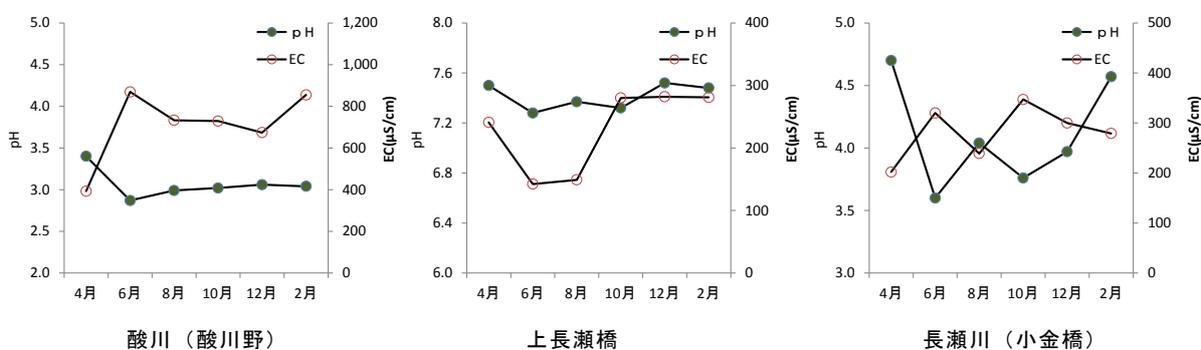


図 20 pH、EC の季節変動

(イ) 経年変化

酸川(酸川野)の酸性成分(鉍酸酸度負荷量、 $\text{Fe} \cdot \text{Al} \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 負荷量)の経年変化を図21、22に示す。酸川(酸川野)の鉍酸酸度負荷量は、直近の5年間で減少する傾向があり、平成16年度から調査している、Fe、Al負荷量は減少しており、 SO_4^{2-} 負荷量はFe、Al負荷量の増減と同様に変動していた。

長瀬川(小金橋)の酸性成分(鉍酸酸度負荷量、 $\text{Fe} \cdot \text{Al} \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 負荷量)の経年変化を図23、24に示す。長瀬川(小金橋)の鉍酸酸度負荷量は、直近の5年間で減少する傾向があり、Fe、Al、 SO_4^{2-} の負荷量は平成16年度からFe、Al負荷量が減少しており、 SO_4^{2-} 負荷量は明確な増減は認められなかった。

また、平成16年度からの調査では、長瀬川(上長瀬橋)のアルカリ度負荷量は河川流量にほぼ比例し、直近4年間は増加傾向にある(図25)。

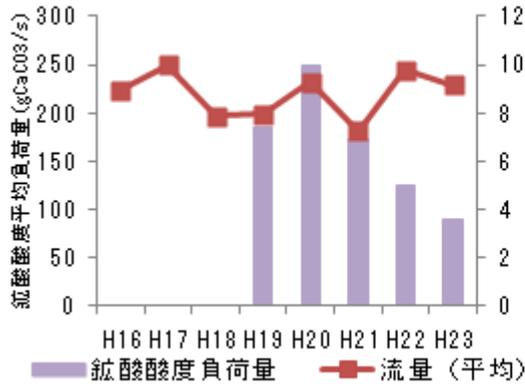


図 21 酸川（酸川野）の経年変化①

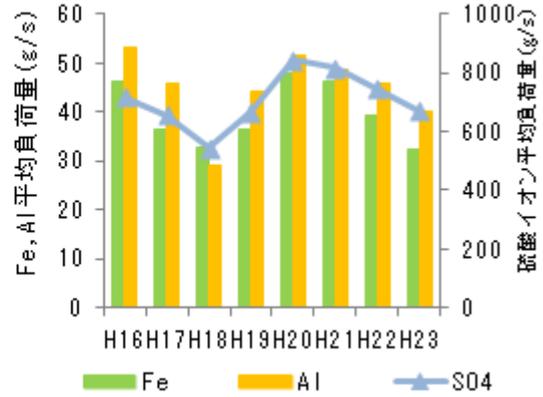


図 22 酸川（酸川野）の経年変化②

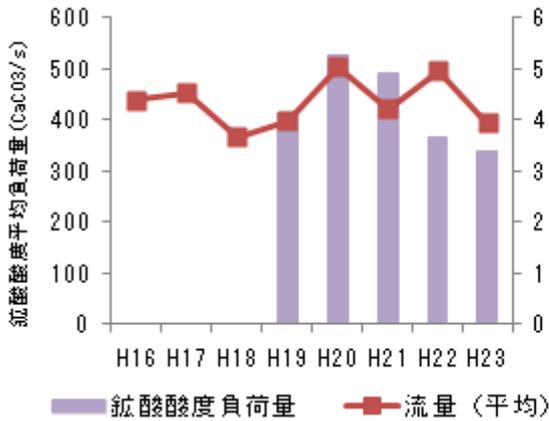


図 23 長瀬川小金橋の経年変化①

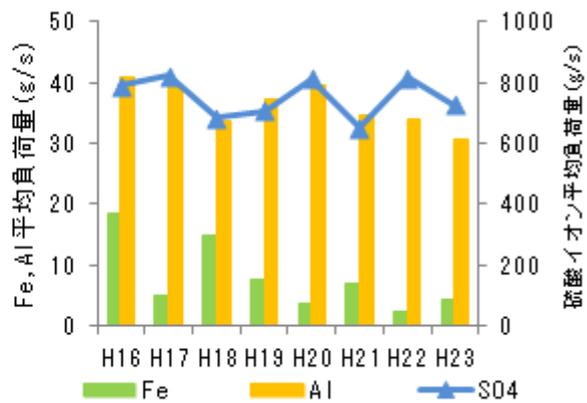


図 24 長瀬川小金橋の経年変化②

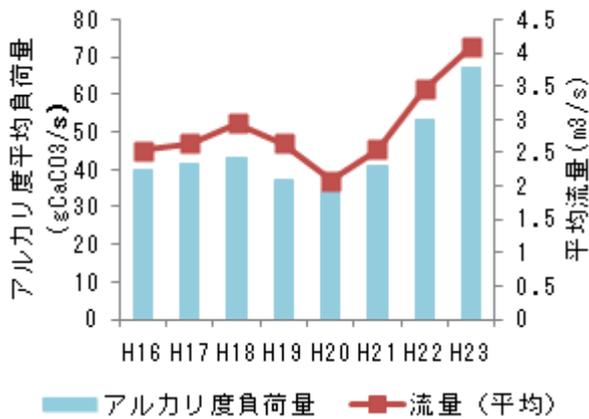


図 25 長瀬川上長瀬橋の経年変化

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

ア pH

猪苗代湖における平成 23 年の pH は 6.86、アルカリ度は $3.52\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ と経年的な上昇が認められた。

イ イオン成分

イオン成分の大きな季節変動はなく、イオン当量の総和は平成 18 年までは減少、平成 19 年からは横ばい若しくは増加傾向となっていた。

ウ DO

10 月の水深 90m の DO は、 8.6mg/L であったが、平成 19 年度以降、水深 90m では、いずれも 8mg/L 以上であり、湖底付近の DO は高く保たれている。このことから、現時点で湖底にリンなどと共沈している水酸化鉄が嫌氣的条件下で溶出し、リンなどを溶出させるおそれは低いものと考えられた。

エ 透明度と金属成分

透明度の悪化がみられた 4 月は、すべての水深で T-Fe、T-Al 濃度が上昇し、この濃度上昇は懸濁態 Fe、Al に起因していたことから、この透明度悪化は、懸濁態 Fe、Al の濃度上昇が関連している可能性が考えられた。また、水温躍層の生成時期、崩壊時期と懸濁態 Fe、Al 濃度上昇との関連についても、今後検討する必要がある。

(2) 河川の調査結果

上流域河川のうち、各成分の濃度が最も高い硫黄川(高森川合流前)の水素イオン負荷量、T-Fe、T-Al、 SO_4^{2-} 負荷量は、平成 18 年を最大にその後、減少若しくは横ばいとなっていた。

高森川(酸川合流前)でも、同様に T-Fe、T-Al、 SO_4^{2-} 負荷量は減少傾向であった。

上流域河川での T-Fe、T-Al、 SO_4^{2-} 負荷量の減少傾向をうけて、下流域河川の酸川(酸川野)及び長瀬川(小金橋)の T-Fe、T-Al の負荷量も平成 16 年度以降、減少していた。

これらの上流域河川は、長瀬川への酸性成分の供給源として重要な役割を果たしていることから、今後も継続して調査を実施し、詳細なデータの蓄積が必要である。

別紙1 猪苗代湖及び流入河川 現地調査票

調査地点 調査年月日	湖心(表層)			
	H23.4.26	H23.6.8	H23.8.10	H23.10.5
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	8:57	9:00	9:00	8:55
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	曇り
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	7.1	18.1	27.2	14.7
水温(°C)	4.7	14.0	26.5	17.4
透明度(m)	5.3	8.5	10.1	10.0
水色(フォーレル)	7	6	6	7
色相	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	酸川(酸川野)					
	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	11:35	8:34	14:33	10:45	11:55	11:45
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	7.0	18.8	27.0	16.0	7.0	-2.0
水温(°C)	5.6	16.8	21.5	13.0	5.6	3.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	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
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	長瀬川(上長瀬橋)					
	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	10:55	9:35	14:50	14:30	12:05	12:05
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	4.8	17.5	27.0	16.0	4.8	-3.0
水温(°C)	6.2	18.0	23.8	16.0	6.2	2.4
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	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
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	長瀬川(月輪橋)					
	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	9:45	8:34	8:55	9:15	9:25	7:10
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	2.8	21.0	27.6	15.5	2.8	-5.0
水温(°C)	4.5	17.3	20.6	13.5	4.5	0.5
透視度	>100	>100	>100	86	>100	65
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	褐色	無色	無色	茶褐色	無色	茶褐色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	微濁	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	11:35	10:40	11:05	11:38	11:35	11:15
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	4.8	18.0	27.0	16.5	4.8	-4.0
水温(°C)	4.8	14.5	17.0	12.5	4.8	3.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	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
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	酸川(高森川前)					
調査年月日	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	11:15	11:00	13:40	11:57	11:15	10:30
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	2.5	18.0	24.0	13.0	2.5	-5.0
水温(°C)	7.0	15.8	18.5	12.6	7.0	5.5
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	流量大	通常	通常
色相	無色	無色	無色	白色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	硫化水素臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	硫黄川(高森川前)					
調査年月日	H23.4.13	H23.6.13	H23.8.4	H23.10.12	H23.12.6	H23.2.8
採水時間	10:45	11:30	10:25	12:42	10:45	9:21
天候(前日)	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	雪
気温(°C)	1.3	19.5	26.5	13.0	1.3	-3.0
水温(°C)	6.5	16.5	19.0	14.5	6.5	4.2
透視度	>100	>100	>100	78	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	硫化水素臭	無臭	硫化水素臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

別紙 2-1

猪苗代湖 調査日	溶存態	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
		4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5
pH		6.64	6.72	6.90	6.90	6.98	6.76	7.09	7.53	6.73	6.72	6.62	6.70	6.69	6.45	6.43	6.32
EC	μ S/cm	112.2	113.1	111.9	112.3	113.4	113.0	113.3	115.7	112.5	112.4	114.6	114.1	112.6	111.6	116.1	116.4
T-P	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na	mg/L	7.03	7.00	7.04	7.02	7.04	6.95	6.93	6.88	7.11	6.97	6.99	6.89	7.07	7.04	7.60	6.96
NH ₄	mg/L	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07
K	mg/L	1.66	1.62	1.54	1.51	1.66	1.79	1.62	1.66	1.68	1.81	1.70	1.67	1.67	1.83	1.74	1.72
Mg	mg/L	2.13	2.25	2.13	2.13	2.26	2.27	2.12	2.14	2.15	2.29	2.12	2.13	2.13	2.32	2.16	2.18
Ca	mg/L	8.26	8.38	8.13	8.10	8.30	8.55	8.12	8.18	8.39	8.61	8.21	8.21	8.32	8.72	8.34	8.37
Fe	mg/L	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.04
Mn	mg/L	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.12	0.22
Al	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Zn	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
F	mg/L	0.12	0.16	0.15	0.16	0.12	0.14	0.14	0.14	0.12	0.13	0.14	0.15	0.12	0.12	0.14	0.16
Cl	mg/L	9.59	9.65	9.67	9.78	9.58	9.61	9.72	9.94	9.60	9.59	9.87	9.91	9.61	9.61	9.90	9.91
NO ₂	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃	mg/L	0.89	0.91	0.66	0.65	0.89	0.92	0.69	0.65	0.90	0.94	0.90	0.92	0.90	0.87	0.88	0.88
SO ₄	mg/L	28.97	29.46	28.96	29.05	28.94	29.25	29.24	29.20	28.08	29.06	29.25	29.21	29.09	29.12	29.53	29.16
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	3.7	3.4	3.3	4.1	4.1	3.0	3.6	6.7	3.8	3.4	3.5	3.6	3.7	2.8	4.4	4.9
クロロフィルa	ug/L	0.3	0.6	0.8	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO	mg/L	12.2	10.3	8.0	9.0	12.1	11.0	7.9	8.9	11.9	11.5	10.8	11.0	12.3	11.3	11.2	8.6

猪苗代湖 調査日	全量	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
		4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5	4/26	6/8	8/10	10/5
T-N	mg/L	0.19	0.23	0.22	0.22	0.18	0.18	0.17	0.17	0.22	0.2	0.21	0.21	0.15	0.19	0.24	0.24
T-P	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Fe	mg/L	0.10	0.02	<0.01	<0.01	0.11	0.02	<0.01	<0.01	0.12	0.03	<0.01	<0.01	0.11	0.03	<0.01	<0.01
Mn	mg/L	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.22	0.22
Al	mg/L	0.05	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.02	0.02	0.06	0.02	0.01	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01
Zn	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOC	mg/L	0.45	0.43	0.68	0.68	0.47	0.34	0.68	0.68	0.45	0.33	0.43	0.43	0.46	0.34	0.59	0.59

猪苗代湖 湖心の水深別 金属成分の季節変動と経年変化(H19～H23)

調査年度			平成23年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.04	0.02	10	90
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.22	0.05	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.12	0.07	4	50
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.22	0.06	8, 10	90
Al	(全量)	mg/L	0.01	0.06	0.02	4	50

調査年度			平成22年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.53	0.07	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.08	0.02	10	90
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.17	0.03	10	90
Al	(全量)	mg/L	<0.01	0.02	0.01	***	***

調査年度			平成21年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.04	0.03	***	***
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.02	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.02	0.02	***	***
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.04	0.03	***	***
Al	(全量)	mg/L	0.01	0.04	0.02	***	***

調査年度			平成20年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.06	0.04	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.41	0.05	4	90
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.06	0.04	4	90
Al	(全量)	mg/L	<0.01	0.35	0.04	4	90

調査年度			平成19年度				
調査日			結果の範囲		年平均	最大値発生月・深度	
			年最小	～ 年最大		調査月	深度m
Fe	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Mn	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.14	0.05	10	90
Al	(溶存態)	mg/L	<0.01	0.01	0.01	***	***
Fe	(全量)	mg/L	<0.01	0.06	0.03	4	90
Mn	(全量)	mg/L	<0.01	0.14	0.05	10	90
Al	(全量)	mg/L	0.01	0.05	0.02	***	***

注: 「***」は最大値が0.05mg/L以下であることを示す。

別紙 2-3

河川 調査日	溶存態	高森川 酸川合流前						酸川 高森川合流前						硫黄川 高森川合流前					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
pH		3.00	2.54	2.64	2.59	2.71	2.40	3.60	3.19	3.25	3.31	3.18	3.15	2.30	2.17	2.21	2.21	2.22	2.29
EC	μ S/cm	726	1555	1367	1624	1211	2790	343	571	544	512	629	776	3060	3470	3460	3680	3480	3490
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₄	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	13.20	35.67	27.54	29.50	21.82	40.13	0.43	1.28	0.74	0.84	0.99	0.87	73.20	90.85	76.37	39.39	37.99	74.92
Mn	mg/L	0.21	0.38	0.38	0.53	0.35	0.59	0.17	0.29	0.28	0.27	0.34	0.29	0.87	0.92	0.99	1.32	1.19	0.88
Al	mg/L	13.20	30.42	25.64	30.90	21.84	41.65	4.05	9.20	6.24	5.85	7.35	7.08	71.40	76.67	70.33	41.97	38.96	76.39
Zn	mg/L	0.02	0.05	0.04	0.07	0.03	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.15	0.14	0.14	0.13	0.10
F	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	mg/L	19.14	27.19	33.07	50.51	51.20	87.23	28.68	43.46	41.88	40.40	32.88	63.60	87.58	65.10	90.59	119.61	105.40	111.18
NO ₂	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄	mg/L	193.85	460.60	390.42	458.56	132.32	866.99	74.55	118.30	112.86	106.56	339.78	154.90	998.69	1187.24	1081.57	1205.52	1126.46	1086.97
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	115.1	340.3	285.2	323.1	217.7	551.0	20.1	50.0	43.9	36.5	46.5	57.8	752.1	938.8	894.2	914.1	894.7	688.74
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	165.1	422.8	377.8	408.2	316.3	831.5	48.9	77.8	76.6	68.3	87.6	112.8	935.3	1115.9	1114.4	1137.0	1130.9	1026.85
流量	m ³ /s	2.05	1.02	1.11	1.17	1.13	0.20	1.75	1.12	1.44	1.17	0.93	0.58	0.44	0.33	0.37	0.37	0.48	0.03

河川 調査日	全量	高森川 酸川合流前						酸川 高森川合流前						硫黄川 高森川合流前					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
T-N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	13.20	35.68	27.94	29.83	21.82	50.31	0.49	1.34	0.74	0.96	1.02	0.95	74.30	91.95	83.15	40.08	38.70	74.92
Mn	mg/L	0.21	0.38	0.38	0.53	0.35	0.73	0.17	0.31	0.28	0.28	0.35	0.31	0.88	0.92	1.05	1.33	1.21	0.88
Al	mg/L	13.20	30.42	25.93	31.36	21.84	52.56	4.15	9.64	6.28	6.02	7.50	7.93	72.50	78.16	77.05	42.59	39.75	76.39
Zn	mg/L	0.02	0.05	0.04	0.07	0.03	0.07	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.15	0.17	0.14	0.13	0.10

別紙 2-4

河川	溶存態	酸川 酸川野						長瀬川 上長瀬橋						長瀬川 小金橋					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
調査日		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
pH		3.40	2.87	2.99	3.02	3.06	3.04	7.50	7.28	7.37	7.32	7.52	7.48	4.70	3.60	4.04	3.76	3.97	4.57
EC	μ S/cm	393	869	733	729	674	855	241	142.3	149.1	280	282	281	202	320	239	347	300	279
T-P	mg/L	0.033	0.042	0.026	0.020	0.023	0.044	0.019	0.008	0.003	0.003	0.006	0.009	0.02	0.01	<0.003	<0.003	0.01	0.01
Na	mg/L	7.17	10.49	10.15	10.04	10.66	13.79	18.87	10.05	11.73	21.62	23.38	23.56	11.06	10.18	10.58	13.81	13.79	15.38
NH ₄	mg/L	0.10	0.15	0.15	0.02	0.13	0.21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.06	0.05	0.05	0.03	0.07
K	mg/L	2.05	3.45	3.20	3.26	3.22	4.24	3.31	1.94	2.26	3.95	4.01	4.13	2.42	2.62	2.60	3.32	3.15	3.33
Mg	mg/L	3.47	5.91	5.50	5.73	5.72	7.71	4.78	2.66	2.73	5.43	5.46	5.22	3.71	3.84	3.59	4.99	4.72	4.96
Ca	mg/L	12.67	19.66	19.66	19.41	19.40	25.96	18.97	10.93	10.93	20.48	18.25	19.48	14.62	14.59	14.59	18.74	17.57	18.07
Fe	mg/L	4.59	12.54	13.29	8.88	5.56	7.29	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.35	0.63	0.44	0.46	0.96	0.20
Mn	mg/L	0.14	0.28	0.23	0.25	0.18	0.24	0.03	<0.01	<0.01	0.03	0.01	0.01	0.10	0.12	0.12	0.12	0.10	0.09
Al	mg/L	4.05	14.70	16.96	12.15	7.59	11.43	0.02	<0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	2.06	4.38	3.33	4.61	3.78	3.20
Zn	mg/L	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
F	mg/L	0.75	1.39	1.15	1.15	1.18	1.67	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.07	0.34	0.46	0.41	0.51	0.49	0.54
Cl	mg/L	17.06	28.75	27.34	28.84	29.73	44.03	23.06	11.26	13.95	26.34	28.26	29.99	16.29	16.09	16.28	22.61	22.32	25.63
NO ₂	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃	mg/L	1.59	1.02	1.04	1.13	1.09	1.28	0.48	0.41	0.22	0.18	0.16	0.30	1.48	0.90	0.78	1.03	1.05	1.00
SO ₄	mg/L	100.49	231.18	188.77	194.28	175.92	227.44	57.42	32.13	31.15	67.53	65.54	60.96	62.40	89.60	71.13	103.42	87.88	80.43
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	18.1	13.0	14.8	18.5	17.7	18.0	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	43.0	143.0	88.2	111.6	77.7	112.1	-	-	-	-	-	-	1.1	22.0	9.6	18.4	9.4	4.0
酸度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	74.3	188.1	126.9	154.7	132.7	177.0	-	-	-	-	-	-	21.1	44.8	21.8	42.9	34.7	31.2
流量	m ³ /s	6.97	3.23	4.26	3.25	3.95	1.95	5.95	4.55	5.36	3.26	3.07	2.40	16.39	9.14	8.83	7.89	7.11	5.55

河川	全量	酸川 酸川野						長瀬川 上長瀬橋						長瀬川 小金橋					
		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
調査日		4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9	4/13	6/13	8/4	10/12	12/6	2/9
T-N	mg/L	0.39	0.52	0.48	0.5	0.48	0.51	<0.05	0.10	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	0.30	0.26	0.25	0.29	0.32	0.23
T-P	mg/L	0.042	0.034	0.033	0.031	0.029	0.052	0.023	<0.003	0.01	0.007	0.011	0.015	0.032	<0.003	0.012	0.013	0.014	0.022
Fe	mg/L	4.78	12.77	14.35	9.19	7.94	7.67	0.10	0.07	0.15	0.07	0.04	0.05	1.79	0.89	0.44	2.34	1.71	1.38
Mn	mg/L	0.15	0.28	0.25	0.26	0.25	0.25	0.06	0.05	0.05	0.03	0.01	0.03	0.11	0.12	0.12	0.12	0.10	0.09
Al	mg/L	4.15	14.80	18.00	12.80	11.02	11.66	0.10	0.08	0.14	0.10	0.04	0.05	2.54	4.38	3.38	4.61	3.85	3.21
Zn	mg/L	0.01	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01

2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

1 目的

平成 18 年度から猪苗代湖湖心表層において大腸菌群数が環境基準を超過する事例が見受けられることから（図 1）、猪苗代湖及び大腸菌群の流入が大きい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傾向を把握し、その対策に資する。

また、大腸菌群数が高く検出される時期における大腸菌群の種を同定する。

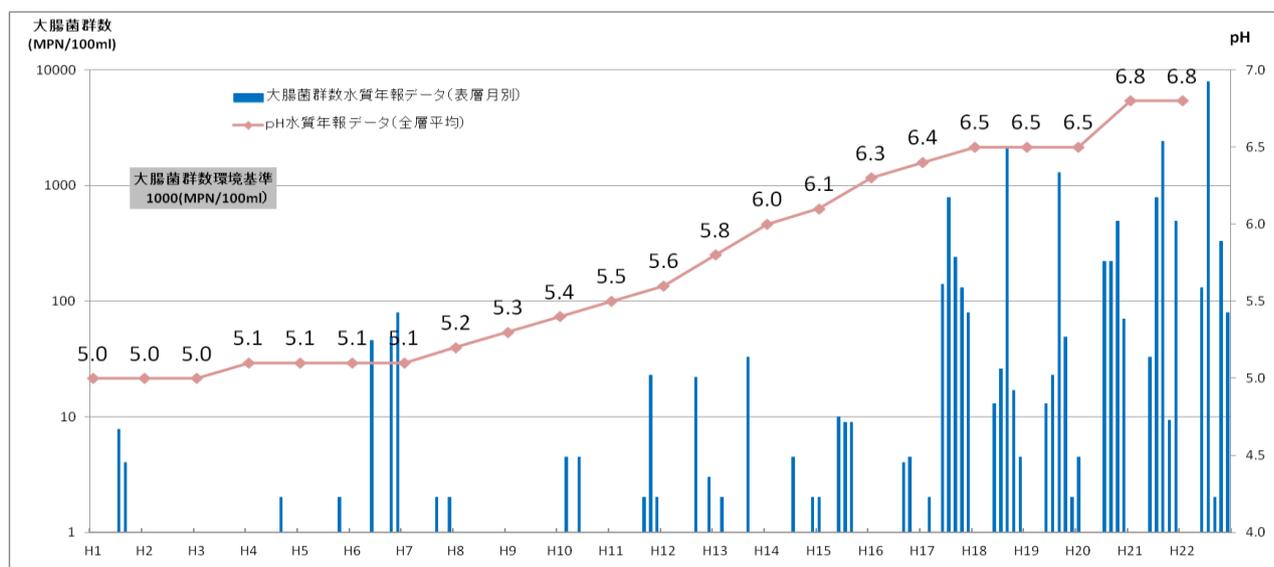


図 1 猪苗代湖湖心の pH 及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

猪苗代湖及び小黑川の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖に流入した大腸菌群の存在状況及び拡散状況を考察した。

3 調査地点

調査地点は図2のとおり。

- (1) 小黑川梅の橋
- (2) 猪苗代湖湖心：1地点4層
(水深0.5m、水深5m、水深15m、水深30m)
- (3) 猪苗代湖小黑川沖500m
- (4) 猪苗代湖小黑川沖500m関係地点：4地点
(SW、SSW、SSE、SE地点)

4 調査時期

- (1) 3-(1)、(2)、(3)については年8回
(7月×2回、8月×2回、9月×2回、10月×1回、11月×1回)
- (2) 3-(4)については年2回 (8月×1回、9月×1回)

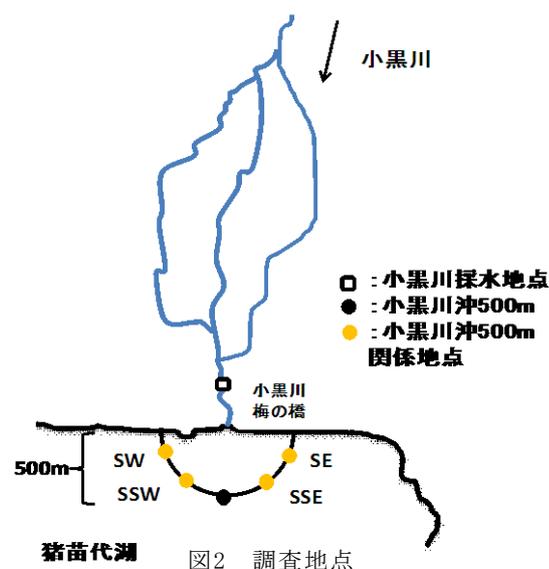


図2 調査地点

5 調査項目

- (1) 3-(1)については、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量
- (2) 3-(1)以外については、気温、水温（垂直水温）、透明度、色相、臭気、濁り、
沖合調査地点の水深（調査時湖全体水位は土木部から確認した）
- (3) pH、EC、D0、SS、大腸菌群数、大腸菌数、TOC、大腸菌群の種（9月の1回。当所で
大腸菌群数が陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に分離したコロニーを、福
島大学共生システム理工学類に提供し、その種の同定を依頼した）

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：伝導率計
- (3) D0：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
*大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も一部の地点で行った。
- (6) TOC：燃烧酸化－赤外吸収式TOC自動計測法

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。
分析結果の一覧については、別紙2のとおり。

(1) 猪苗代湖湖心の水質について

ア 鉛直水温と水温躍層について

猪苗代湖湖心における鉛直水温の調査結果を図3に示す。なお、図3の作成にあたっては「平成23年度猪苗代湖水質モニタリング調査事業」で測定したデータも使用している。

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は上昇し、調査を開始した7月12日には水温躍層が確認された。その後10月5日までは、水温躍層が確認できた。11月の調査では悪天候のため鉛直水温の調査を行えなかったが、当日の湖心水深0.5m水温が10.1℃だったことから、例年どおり水温躍層の崩壊が始まっていたと示唆された。

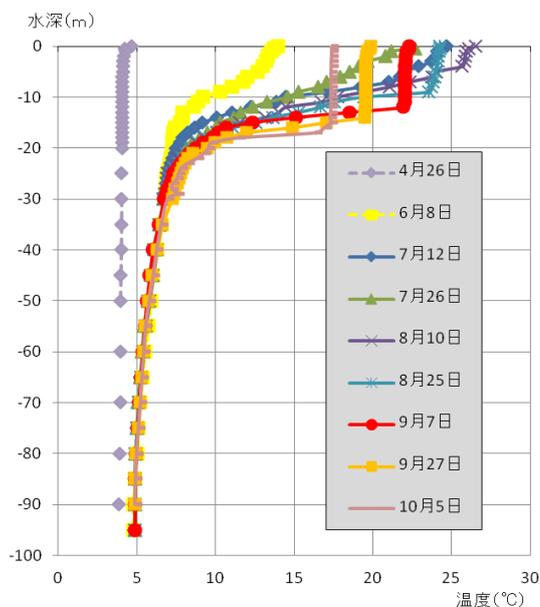


図3 湖心垂直水温

イ 大腸菌群数及び大腸菌数について

猪苗代湖湖心の大腸菌群数及び水温の調査結果を図4に示す。

猪苗代湖湖心水深0.5mの大腸菌群数は、調査を始めた7月12日には3MPN/100mlと低い値であったが、7月26日以降上昇し、8月25日には湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mlを超える1,200MPN/100mlが検出、さらに9月7日には、最高値である20,000MPN/100mlとなり、10月5日まで1,000MPN/100mlを超える状態が続いた。昨年度の調査で、湖沼A類型の環境基準を超過したのは、8月4日の1回だけであったのと比較すると、今年度は大腸菌群が生息しやすい状況が約40日間続いていたと考えられる。

水深別にみても、水深0.5mと水深5mは同様な値を示した。水深15mは水深0.5mと比較すると低い値の時、高い値の時があった。水深30mは水深0.5mと比較すると8月25日以外低い値を示したが、水深0.5mと同様に8月から9月にかけて、環境基準を超える高い値を示した。

今年の水深0.5mの水温は、7月12日の早い時期に24℃と高い値を示し、その後25℃を超えたのは8月10日のみであり、この時の大腸菌群数はまだ1,000MPN/100mlを超えていなかった。その後、大腸菌群数が1,000MPN/100mlを超えたが、水温が20℃を下回った9月27日、10月5日でも大腸菌群数が1,000MPN/100mlを超えていた。水温と大腸菌群数に相関は認められなかった。

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。

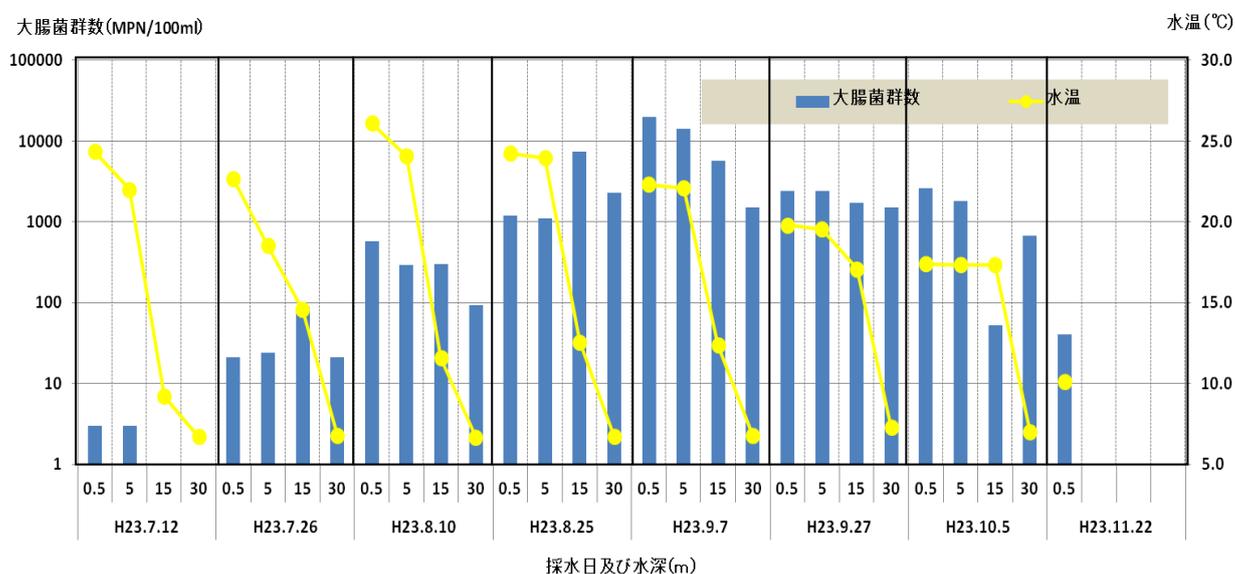


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

猪苗代湖湖心の pH 及び TOC の調査結果を図5～6に示す。

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6.62～7.00であり、水深別では、水深30mが他の水深と比較して月別変化が少なく、低い値で一定であった。大腸菌群数が最高値を示した、9月7日の水深0.5mのpHは6.84と中程度の値で、大腸菌群数とpHに相関関係は認められなかった。

TOCは0.40~0.85mg/lで、TOCは水温と高い相関が認められ、水温の上昇に伴い高い値を示した。水深0.5mの最高値が8月10日で、水深5mが2週間遅れて8月25日に最高値を示した。水深別ではpHと同様に水深30mが他の水深と比較して月別変化が少なく、低い値で一定であった。大腸菌群数との相関は認められなかった。

なお、ECは109.8~114.4 μ S/cmと月別、水深別とほぼ一定の値、DO飽和率は93%以上、SSは1mg/l未満と、大腸菌群数とこれらの項目に相関は認められなかった。



図5 猪苗代湖湖心のpH

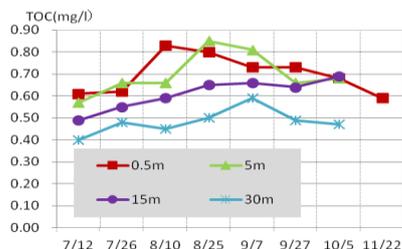


図6 猪苗代湖湖心のTOC

表1. 猪苗代湖湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係

	水温	透明度	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.209	0.339	0.166	-0.176	-0.118	0.378

(2) 小黒川梅の橋及び猪苗代湖小黒川沖500mの水質について

ア 大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、猪苗代湖小黒川沖500m及び猪苗代湖湖心水深0.5m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21,000~58,000MPN/100ml、大腸菌数は130~1,900MPN/100ml、猪苗代湖小黒川沖500m地点の大腸菌群数は17~2,900MPN/100ml、大腸菌数は1未満~14MPN/100mlであった。小黒川梅の橋から流入した大腸菌群、大腸菌は、猪苗代湖水に接触して小黒川沖500m地点ではともに約2桁減少していた。小黒川沖500m地点で大腸菌群数の環境基準1,000MPN/100mlを超えたのは、8月10日(1,800MPN/100ml)、9月7日(2,900MPN/100ml)の2回のみで、猪苗代湖湖心で環境基準を超えていた8月25日~10月5日の4回の調査時は猪苗代湖湖心より1桁低い値を示した。

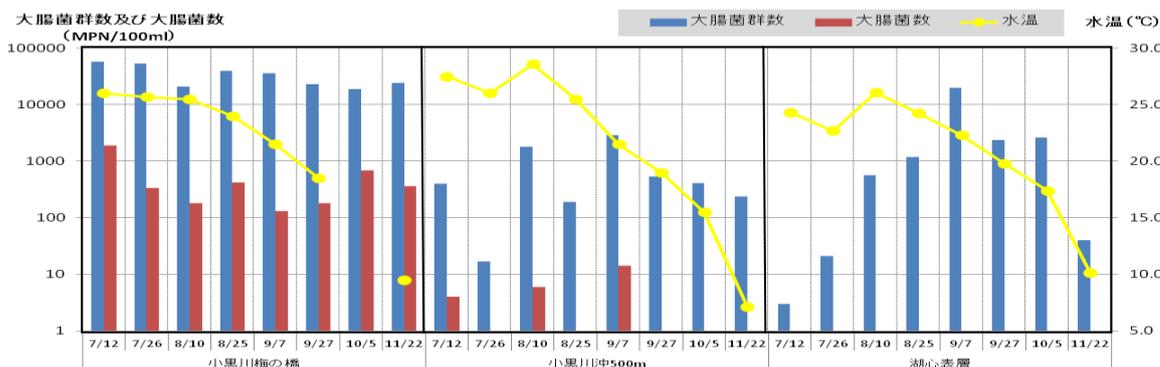


図7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

小黒川から流入した大腸菌群が猪苗代湖内でのどのように拡散していくかを確認するために、小黒川沖 500m 関係地点の調査を 8 月 10 日と 9 月 7 日行った。小黒川沖 500m 関係地点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。大腸菌群数は 8 月 10 日は 830~4,800MPN/100ml、9 月 7 日は 1,500~2,900MPN/100ml、大腸菌数は 8 月 10 日は 5~9MPN/100ml、9 月 7 日は 1~14MPN/100ml と同程度の値で、地点による明確な違いは認められなかった。

大腸菌群数にしめる大腸菌数の割合は猪苗代湖小黒川沖 500m（関係地点も含む）で 0~1.0%、小黒川梅の橋で 0.3~3.6%と、下水処理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⁾よりも低かったため糞便による汚染の割合は低いと考えられた。

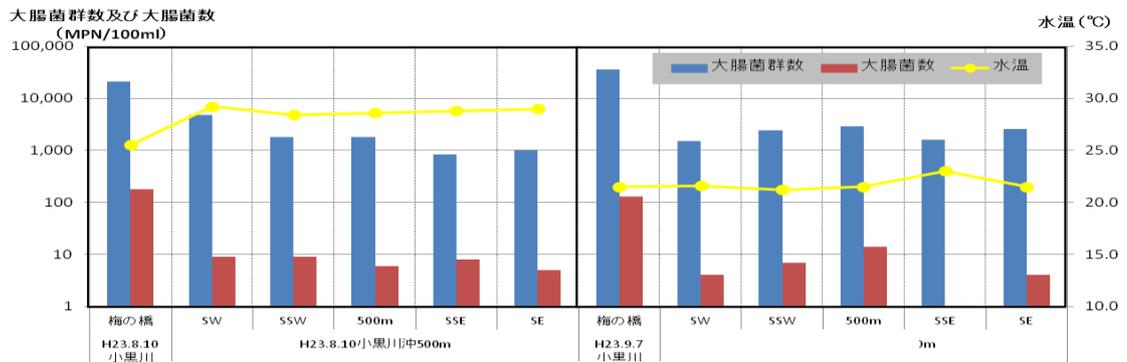


図 8 小黒川 500m 関係地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温

イ 小黒川梅の橋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
小黒川梅の橋の流量等のグラフを図 9~10 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 2 に示す。

pH は 7.19~7.63、EC は 166.9~243.0 μ S/cm、SS は 1~11mg/l、TOC は 1.44~2.34mg/l と猪苗代湖内の水質と比較して高い値を示した。DO 飽和率は 87%以上の値であった。流量の多い 7 月から 8 月と、流量の少ない 9 月から 11 月を比較してみると、流量の多い時期に pH 及び EC は低く、大腸菌群数及び SS は高い傾向を示した。

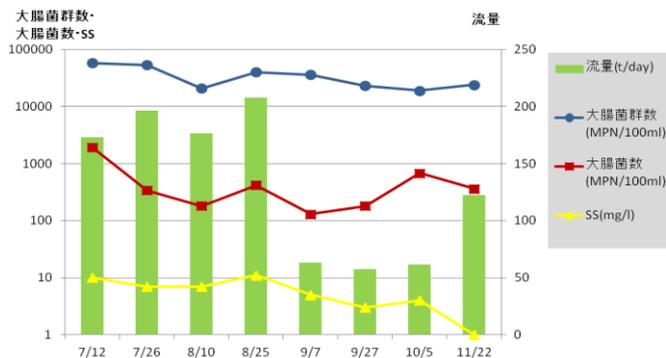


図 9 小黒川梅の橋の SS 等の推移

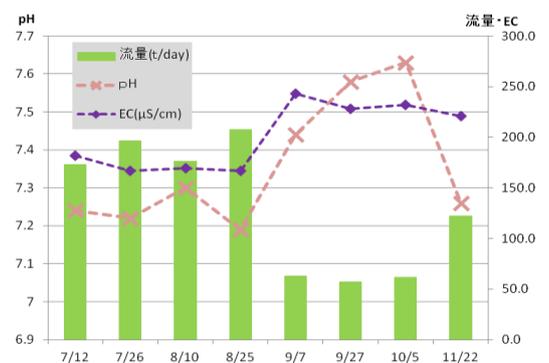


図 10 小黒川梅の橋の pH 等の推移

大腸菌群数と流量、水温、SS 及び大腸菌数で中程度の正の相関、大腸菌群数と pH 及び EC で中程度の負の相関がみられた。このことから、流量の多い時期に SS が高く土壌由来の大腸菌群数が多くなり、流量が多い時に pH 及び EC は低い値を示すため、大腸菌群数と EC で負の相関がみられたと思われた。大腸菌数は大腸菌群数と正の相関はあるが、その他の項目との相関は少なかった。

表 2 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

	流量	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.581	0.571	-0.615	-0.517	-0.114	0.667	-0.046	0.570
大腸菌数	0.247	0.303	-0.215	-0.224	0.060	0.457	-0.217	

ウ 猪苗代湖小黒川沖 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猪苗代湖小黒川沖 500m（関係地点を含む。）の調査結果のグラフを図 11～13 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 3 に示す。

pH は 6.28～9.44 であった。8月10日から9月7日にかけて炭酸同化作用のため、pH が 8 以上を示す地点があり、同時に DO 飽和率も、ほぼ 100% を超える現象がみられた。炭酸同化作用が活発で pH の高かった猪苗代湖小黒川沖 500m 関係地点の大腸菌群数が高く、pH と大腸菌群数に中程度の正の相関が認められた。

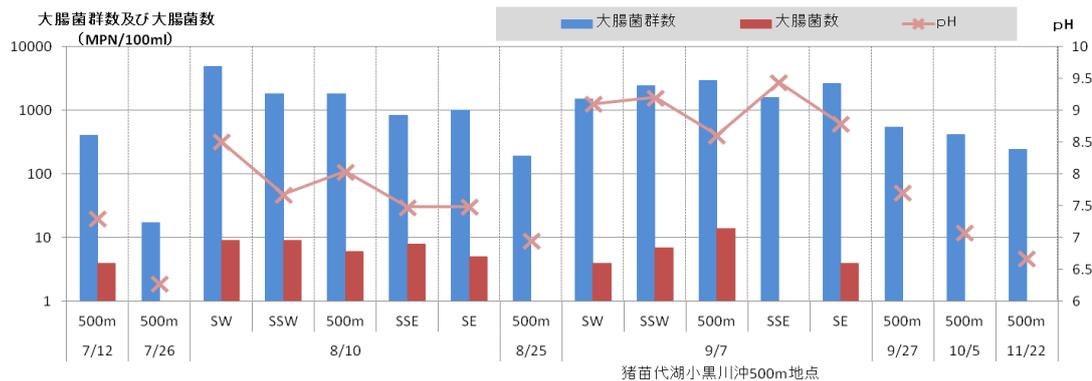


図 11 猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の pH の推移

EC は 113.2～199.0 μ S/cm で、小黒川梅の橋の水質の影響を受けていた。また、小黒川沖 500m 関係地点においても、小黒川沖 500mSSE 及び SE が小黒川の影響をより受けていた。EC と大腸菌群数に正の中程度の相関が認められた。

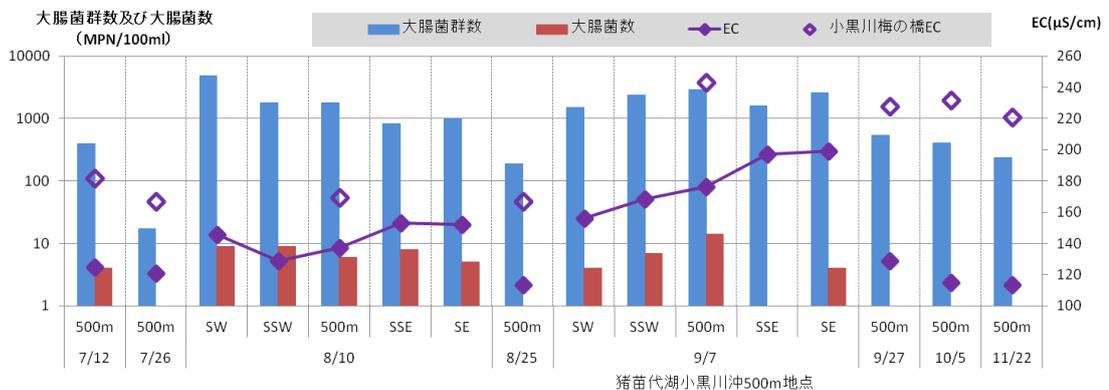


図 12 猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の EC の推移

TOC は、0.48～2.69mg/l で、小黒川梅の橋の水質の影響を受けていた。しかし、8月10日と9月7日の小黒川関連地点では、特に SSE 及び SE が小黒川梅の橋よりも高かった。TOC と大腸菌群数に正の中程度の相関が認められた。

DO 飽和率は 98～148%、SS は 1 未満～5mg/l で大腸菌群数及び大腸菌数と相関は認められなかった。

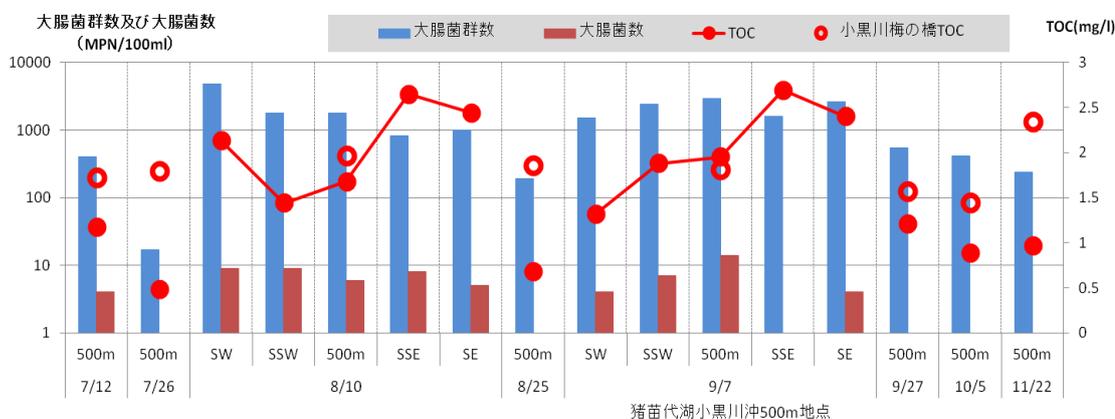


図 13 猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の TOC の推移

表 3 猪苗代湖小黒川 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

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.265	0.693	0.565	0.300	0.387	0.561	0.685
大腸菌数	0.388	0.378	0.348	-0.180	0.062	0.464	

(3) 大腸菌群の菌種について

猪苗代湖湖心で検出された大腸菌群の菌種の同定結果を表 4 に示す。

9月7日の猪苗代湖湖心では3層で、*E. cloacae* が、小黒川梅の橋では *E. cloacae* と *E. aminigenus 2* が検出された。同定をおこなった検体数が少ないが、湖心3層で *E. cloacae* が検出され湖心で優占している可能性が示唆された。

今回の結果は、猪苗代湖内では河川から流入した多様な大腸菌群が、それぞれの種毎に異なる死滅と生存や増殖過程を経た後、湖心では *E. cloacae* が優占しているという上野らの報告²⁾ と類似していた。

表 4 大腸菌群菌種同定結果

検体名	採取水深(m)	調査年月日	大腸菌群種同定結果
猪苗代湖湖心	0.5	H23.9.7	<i>Enterobacter cloacae</i>
	5		<i>Enterobacter cloacae</i>
	30		<i>Enterobacter cloacae</i>
小黒川梅の橋	0.5		<i>Enterobacter cloacae</i>
			<i>Enterobacter aminigenus2</i>

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心の大腸菌群は、調査を始めた7月から検出され、その後徐々に上昇し、水深0.5mで8月25日から10月5日までの期間、1,000MPN/100ml（環境基準）より高い値を示した。最高値は、9月7日の20,000MPN/100mlであった。大腸菌は検出されなかった。また、7月26日から10月5日までの期間は4層で大腸菌群が検出され、水深30mでは水深0.5mより低い値を示す傾向であった。
- (2) 小黒川梅の橋の大腸菌群数は数万MPN/100ml、大腸菌数は数百MPN/100ml程度、猪苗代湖小黒川沖500m地点の大腸菌群数は数百MPN/100ml、大腸菌数は数個MPN/100ml程度と調査期間中大きな変化はなかった。小黒川梅の橋から流入した大腸菌群及び大腸菌は猪苗代湖水に接触して猪苗代湖小黒川沖500mでは2桁近く減少していた。大腸菌群数が猪苗代湖湖心水深0.5mで1,000MPN/100mlより高い値を示した期間、猪苗代湖小黒川沖500mは1桁低い値であった。また、小黒川梅の橋及び猪苗代湖小黒川沖500m地点の糞便の汚染の割合は少なかった。
- (3) 猪苗代湖小黒川沖500m関連地点の大腸菌群数は1,000MPN/100ml前後、大腸菌数は数個MPN/100ml程度の値で地点による明確な違いは認められなかった。しかし、ECは猪苗代湖小黒川沖500mSSE及びSEが小黒川梅の橋の影響を受けていた。
- (4) 各地点で、大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目で、高い相関がみられた項目はなかった。
- (5) 猪苗代湖心3層で、*E. cloacae*が検出され、猪苗代湖心では、*E. cloacae*優占しているという今までの報告²⁾と類似した結果であった。今回の菌種の同定は、9月1回のみのものであり、季節による優占種の消長なども検討するため、今後、検体数を増やしていく必要がある。

参考文献

- 1) 和波ら：大腸菌群数測定 of 課題と今後の動向
第46回日本水環境学会併設全国環境協議会研究集会
- 2) 上野 難波ら：猪苗代湖流入河川の大腸菌群は糞便汚染に由来するのか
福島大学プロジェクト研究〔自然と人間〕研究報告 No. 8:25-31(2010)

別紙1 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)				猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)				猪苗代湖(湖心)											
採取水深(m)	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30
調査年月日	H23.7.12				H23.7.26				H23.8.10				H23.8.25				H23.9.7				H23.9.27				H23.10.5				H23.11.22							
採水時間	8:45				10:10				9:00				10:00				9:15				9:15				8:55				10:25							
天候(前日)	晴れ後雨				晴れ後時々雨				晴れ				曇り				晴れ																			
天候(当日)	晴れ				晴れ				晴れ				曇り				快晴				曇り				曇り				曇り							
気温(℃)	27.1				29.8				27.2				26.0				20.5				15.3				14.7				5.0							
水温(℃)	24.33	22.00	9.19	6.71	22.67	18.54	14.58	6.76	26.09	24.05	11.56	6.68	24.25	23.97	12.56	6.73	22.30	22.07	12.35	6.75	19.80	19.56	17.09	7.26	17.40	17.36	17.32	6.97	10.10	-	-	-				
透明度(m)	13.6				9.5				10.1				9.5				13.2				9.1				10				-							
水色(フォーレル)	4				3				6				6				5				7				7				-							
色相	無色				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							
濁り	透明				透明				透明				透明				透明				透明				透明				透明							

調査地点	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500mSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSE	猪苗代湖小黒川沖500mSE	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500mSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSW	猪苗代湖小黒川沖500mSSE	猪苗代湖小黒川沖500mSE	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖500m	猪苗代湖小黒川沖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	0.5
調査年月日	H23.7.12	H23.7.26	H23.8.10				H23.8.25		H23.9.7				H23.9.27	H23.10.5	H23.11.22	
採水時間	10:00	11:00	10:40	11:00	10:50	11:10	11:15	11:00	10:20	10:30	10:40	10:45	10:50	10:35	10:00	9:40
天候(前日)	晴れ後雨	晴れ後時々雨	晴れ				曇り		晴れ				晴れ	晴れ	晴れ	
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ				曇り		快晴				曇り	曇り	曇り	
気温(℃)	28.1	27.0	28.6	29.4	28.8	30.2	30.5	32.0	21.9	21.6	21.7	21.6	21.8	18.5	15.1	5.0
水温(℃)	27.5	26.0	28.6	29.2	28.4	28.8	29.0	25.5	21.0	21.6	21.2	23.0	21.5	19.0	15.5	7.1
透明度(m)	1.6(全透)	1.7(全透)	1.4(全透)	1.0(全透)	1.0(全透)	1.2(全透)	0.9(全透)	1.3(全透)	1.1(全透)	0.5(全透)	0.5(全透)	水深1m水深測定	0.5(全透)	0.9(全透)	0.6(全透)	1.4(全透)
水色(フォーレル)	16	-	15	15	14	14	15	5	16	16	16	17	16	12	11	-
色相	茶褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	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	無臭
濁り	濁	透明	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	透明	透明	透明	透明	微濁	微濁	微濁	透明	透明
備考(採取した水質データの日付)	513.23	513.08	513.19				512.91		512.72				512.85	512.62	512.78	

*1:濁り方の単位は10m

調査地点	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川	小黒川
	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋	梅の橋
採水位置	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心
調査年月日	H23.7.12	H23.7.26	H23.8.10	H23.8.25	H23.9.7	H23.9.27	H23.10.5	H23.11.22
採水時間	11:30	13:25	12:30	11:40	12:30	12:10	11:40	13:30
天候(前日)	晴れ後雨	晴れ後時々雨	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	快晴	曇り	曇り	曇り
気温(℃)	31.0	25.0	32.0	28.0	21.8	22.5	15.1	5.5
水温(℃)	26.0	25.7	25.5	24.0	21.5	18.5	-	9.5
透明度(m)	>1	>1	0.54	0.89	>1	>1	>1	0.57
流量(m ³ /sec)	2.00	2.27	2.04	2.40	0.73	0.66	0.71	1.41
色相	茶褐色	茶褐色	無色	茶褐色	茶褐色	茶褐色	茶褐色	褐色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	濁

*水草多し

別紙2 調査結果表

調査地点	単位	猪苗代湖					小黒川	猪苗代湖					小黒川
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5
調査年月日		H23.7.12						H23.7.26					
pH		6.90	6.72	6.86	6.62	7.31	7.24	6.95	7.00	6.88	6.67	6.28	7.22
EC	μS/cm	111.8	114.4	113.2	113.2	124.9	181.8	113.1	111.7	112.8	112.8	120.7	166.9
DO	mg/l	8.3	8.4	10.9	12.0	8.7	8.3	8.3	9.1	11.4	11.4	8.2	7.8
DO飽和率	%	101	98	98	101	111	104	98	100	116	96	103	97
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	2	10	<1	<1	<1	<1	<1	7
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	3	3	1	<1	400	58,000	21	24	88	21	17	54,000
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	23											
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	4	1900	<1	<1	<1	<1	<1	340
TOC	mg/l	0.61	0.57	0.49	0.40	1.17	1.72	0.62	0.66	0.55	0.48	0.48	1.79

調査地点	単位	猪苗代湖								小黒川	猪苗代湖						小黒川
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	小黒川沖500mSW	小黒川沖500mSW	小黒川沖500mSE	小黒川沖500mSE	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5
調査年月日		H23.8.10									H23.8.25						
pH		6.90	6.82	6.96	6.64	8.04	8.51	7.68	7.48	7.49	7.30	6.68	6.80	6.84	6.64	6.96	7.19
EC	μS/cm	111.9	111.3	112.9	113.4	137.2	145.8	129.0	152.9	152.1	169.3	112.4	112.7	113.3	113.4	113.4	166.9
DO	mg/l	8.0	7.9	10.8	11.2	8.5	8.9	8.3	7.8	8.4	8.7	7.9	8.0	10.9	11.0	8.5	8.1
DO飽和率	%	112	97	103	95	111	117	108	102	110	108	96	97	106	93	106	98
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	2	2	1	2	3	7	<1	<1	<1	<1	<1	11
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	570	290	300	93	1,800	4,800	1,800	830	1,000	21,000	1,200	1,100	7,300	2,300	190	40,000
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	3,300															
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	6	9	9	8	5	180	<1	<1	<1	<1	<1	420
TOC	mg/l	0.83	0.66	0.59	0.45	1.68	2.13	1.44	2.65	2.44	1.96	0.80	0.85	0.65	0.50	0.68	1.86

調査地点	単位	猪苗代湖								小黒川	猪苗代湖						小黒川
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	小黒川沖500mSW	小黒川沖500mSW	小黒川沖500mSE	小黒川沖500mSE	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5
調査年月日		H23.9.7									H23.9.27						
pH		6.84	6.88	6.85	6.62	8.61	9.10	9.20	9.44	8.79	7.44	6.81	6.86	6.64	6.63	7.71	7.58
EC	μS/cm	111.9	112.2	110.9	112.4	176.3	156.1	168.4	197.0	199.0	243.0	110.9	109.8	111.1	111.8	128.9	228.0
DO	mg/l	8.1	8.1	10.6	11.1	8.5	9.7	9.2	12.4	10.3	8.6	8.6	8.5	8.8	11.3	9.2	10.1
DO飽和率	%	95	95	103	94	98	113	106	148	120	100	97	95	94	97	102	111
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	2	2	3	5	4	5	<1	<1	<1	<1	1	3
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	20,000	14,000	5,700	1,500	2,900	1,500	2,400	1,600	2,600	36,000	2,400	2,400	1,700	1,500	540	23,000
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	28,000										2,400	3,300	1,100	490	280	22,000
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	14	4	7	1	4	130	<1	<1	<1	<1	1	180
TOC	mg/l	0.73	0.81	0.66	0.59	1.95	1.32	1.88	2.69	2.40	1.81	0.73	0.66	0.64	0.49	1.21	1.57

調査地点	単位	猪苗代湖					小黒川	猪苗代湖					小黒川	
		湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋	湖心	湖心	湖心	湖心	小黒川沖500m	梅の橋	
採取水深(m)		0.5	5	15	30	0.5	0.5	0.5	5	15	30	0.5	0.5	
調査年月日		H23.10.5						H23.11.22						
pH		6.90	6.88	6.81	6.68	7.08	7.63	6.60				6.68	7.26	
EC	μS/cm	112.3	111.2	112.3	113.4	115.1	232.0	112.9				113.2	221.0	
DO	mg/l	9.0	9.1	8.8	11.3	9.8	10.0	10.3				10.8	10.2	
DO飽和率	%	97	98	95	96	101	-	94	風が強く、採水不可能のため欠測				98	87
SS	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	4	<1				<1	1	
大腸菌群数(QT法)	MPN/100ml	2,600	1,800	52	680	410	19,000	40				240	24,000	
大腸菌群数(BGLB法)	MPN/100ml	1,700												
大腸菌数	MPN/100ml	<1	<1	<1	<1	<1	680	<1				1	360	
TOC	mg/l	0.68	0.68	0.69	0.47	0.89	1.44	0.59	風が強く、採水不可能のため欠測				0.97	2.34

3 猪苗代湖北部水域の水質調査

1 目的

猪苗代湖の北岸部(長瀬川河口から翁島地区にかけて)は、水深 5 m 以下の水域が沖合まで広がっており、猪苗代町の市街地および農耕地からの排水が小黑川、高橋川等の中小河川を介して流入していることからその影響を受けやすく、湖岸部から沖合にかけてヨシ、ヒシ、アサザ等の水生植物が広く生育している。平成 23 年 2 月の猪苗代湖水質保全対策検討委員会の提言書でも、今後の水質保全対策の方向性について、猪苗代湖の湖心部と北部水域を分けて考えていく必要があると指摘している。

これを受け、猪苗代湖北部水域の水質について、その分布や季節変動を把握するため調査を実施した。

2 調査方法

北部水域の湖岸から 100~200m 沖の各地点の表層水をボートから採水した。ただし 10 月の調査では水深が浅かったため、湖岸から徒歩で湖に入り採水した。

3 調査地点

調査地点は図 1 のとおり。

- ① 白鳥浜沖
- ② 白鳥浜沖・小黑川沖中間(以下堅田沖)
- ③ サイクリングロード D 沖(以下 D 沖)
- ④ サイクリングロード E 沖(以下 E 沖)
- ⑤ サイクリングロード H 沖(以下 H 沖)

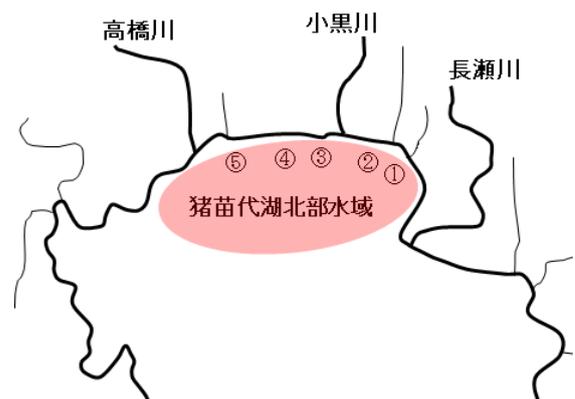


図1 採水地点

4 調査時期

年 4 回(4 月、6 月、8 月、10 月)

5 調査項目

- (1) 現地調査項目
気温、水温、透明度、色相
- (2) 水質調査項目
pH、DO、SS、COD、TOC、T-P、 PO_4 -P、T-N、 NH_4^+ -N、大腸菌群数、大腸菌数

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) DO：ヨウ素滴定法
- (3) SS：重量法
- (4) COD：滴定法 (COD_{Mn})
- (5) TOC：燃焼酸化-赤外吸収式 TOC 自動計測法
- (6) T-P、 PO_4 -P、T-N：分光光度法

- (7) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ：イオンクロマトグラフ法 (NH_4^+ の測定値に 14/18 を乗じて換算した)
- (8) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地による QT トレイ法

7 結果及び考察

(1) pH および DO について

pH および DO についての結果を図 2~4 に示す。

pH の最小値は 6 月白鳥浜沖の 5.64、最大値は 8 月 D 沖の 9.11 であった。すべての地点で pH は 6 月に低い傾向がみられ、白鳥浜沖を除く地点で 8 月にもっとも高く、10 月には下がる傾向が見られた。

北部水域の pH 平均値と、同月に採取した湖心表層、10 m、30 m および 50 m の pH 平均値を比較すると、北部水域は pH が高い傾向にあり、時期による変動も大きいことがわかった。

DO は調査期間中すべての地点で 8.8 mg/l を上回っており、DO 飽和率も 100 %前後の値であった。8 月は DO 飽和率が高く、特に堅田沖、D 沖および E 沖で 130 %を超える値であった。

これらの結果から、8 月は水温が上昇し水生植物が生育しやすい状態になることで、炭酸同化作用により pH が上昇し、DO が過飽和になったと考えられた。

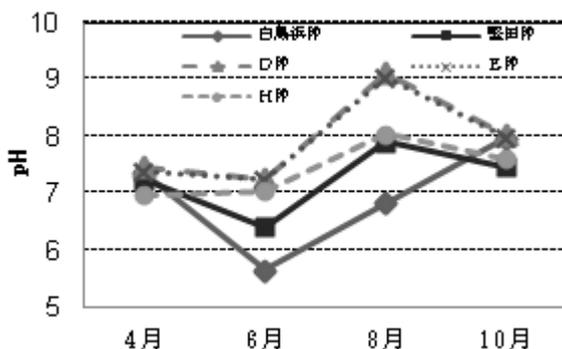


図 2 北部水域における pH の推移

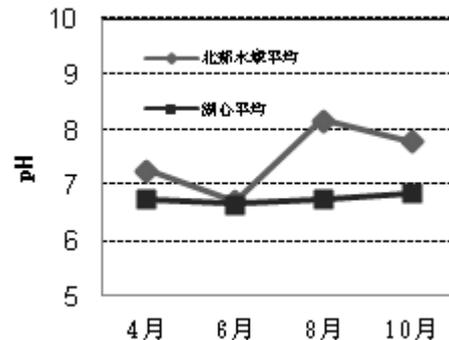


図 3 北部水域と湖心との比較

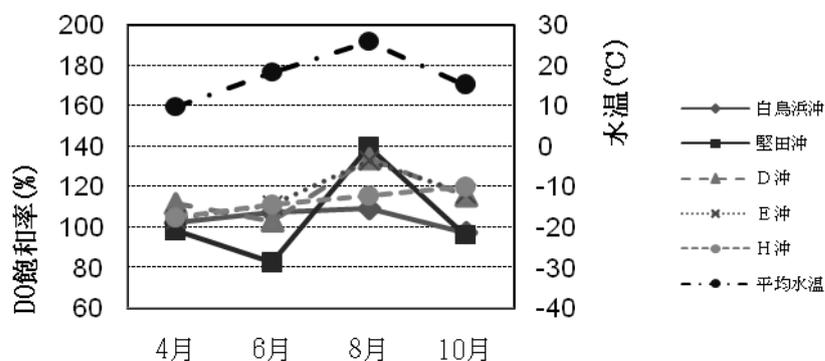


図 4 DO 飽和率の推移

(2) SS、COD および TOC について

SS、COD および TOC の結果を図 5～8 に示す。

SS、COD とともに 10 月に高い値を示した。特に D 沖で SS 85 mg/l および COD 14 mg/l、白鳥浜沖で SS 63 mg/l および COD 9.5 mg/l と高い値であった。

その原因として水生植物の枯死による SS および COD の増加が考えられるが、10 月は、例年秋の水深が浅くなる時期（水位調整等に伴うもの）で、風で波が立ち底質が巻き上げられたことの影響が大きかったことも考えられた。

TOC は最大値が 10 月の白鳥浜沖の 3.16 mg/l、最小値が 6 月の白鳥浜沖の 0.35 mg/l だった。白鳥浜沖を除く地点で 8 月にもっとも高い値を示した。

COD と TOC の比の推移をみると、E 沖を除いた地点で TOC 1 mg/l あたりの COD 量が 6 月と 10 月に高く、4 月と 8 月に低くなる傾向があった。

表 1 のように、各項目の相関係数を算出した。SS と COD に高い正の相関が見られた。TOC と COD の相関は、COD が最大値を示した 10 月 D 沖のデータが近似曲線から大きく外れ、相関が下がった。

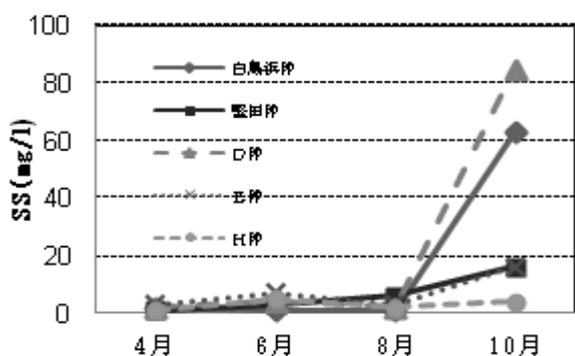


図 5 SS の推移

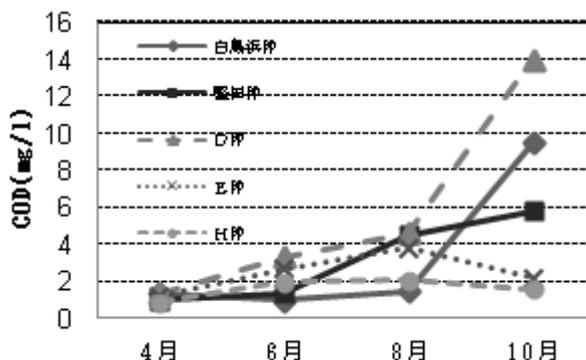


図 6 COD の推移

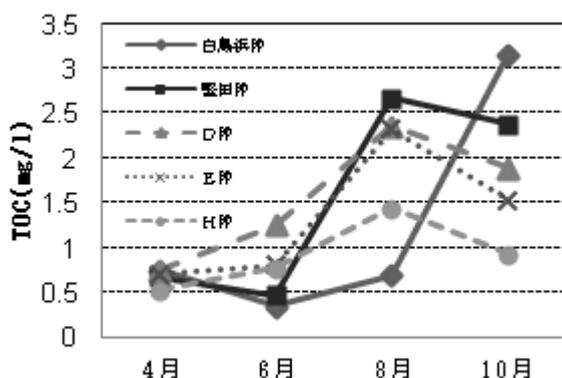


図 7 TOC の推移

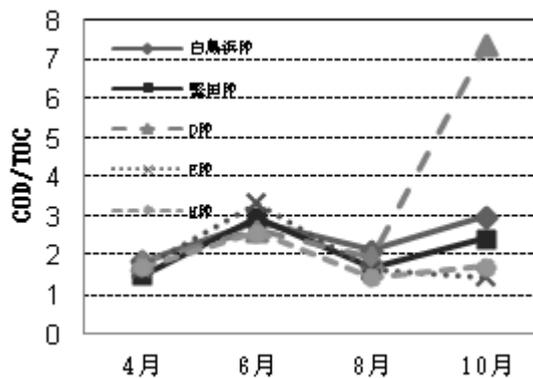


図 8 COD/TOC 比の推移

表 1 相関係数

	COD	TOC
SS	0.8667	0.2499
TOC	0.4824	—

(3) 富栄養化関連指標について

富栄養化関連指標の結果について図 9、10 に示す。

T-P は 10 月に堅田沖で 0.069 mg/l の最大値を示した。PO₄-P は最大値が 10 月の堅田沖の 0.059 mg/l、最小値は 6 月、8 月の白鳥浜沖と 4 月の D 沖で 0.003 mg/l 未満であった。

T-N は堅田沖で 10 月に 0.72 mg/l の最大値を示した。他の地点でも 10 月に値が上昇する傾向があり、これは底質の巻き上げや水生植物の枯死による窒素の増加も一因と考えられる。NH₄⁺-N は最大値が 6 月 D 沖の 0.10 mg/l、最小値は 8 月のすべての地点において 0.007 mg/l 未満であった。

湖沼の富栄養化の目安は T-P で 0.02 mg/l、T-N で 0.20 mg/l とされており²⁾、今回の調査期間中では T-P、T-N ともに D 沖、E 沖がすべての月でこの値を上回っていた。

各項目の相関係数を表 2 に示す。T-P と PO₄-P、T-P と T-N に中程度の正の相関が見られた。T-N と NH₄⁺-N については、NH₄⁺-N が報告下限値未満のデータが多いこともあり、相関は低かった。

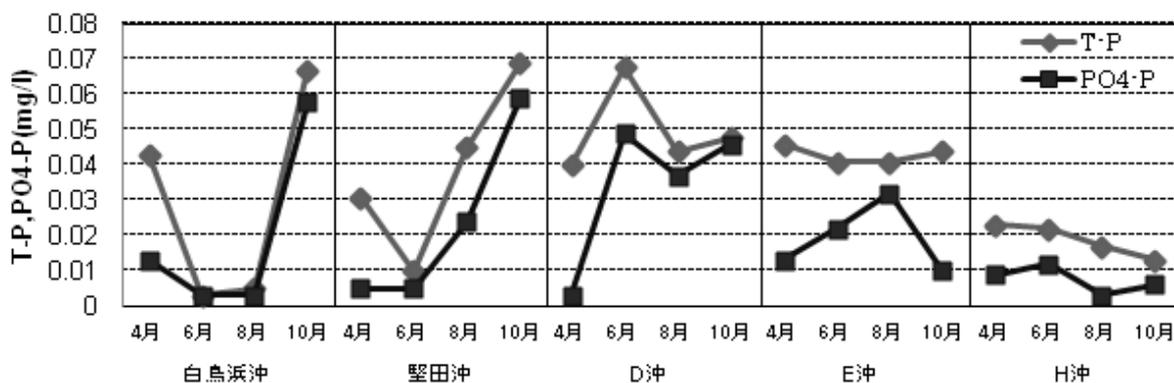


図 9 T-P および PO₄-P の推移

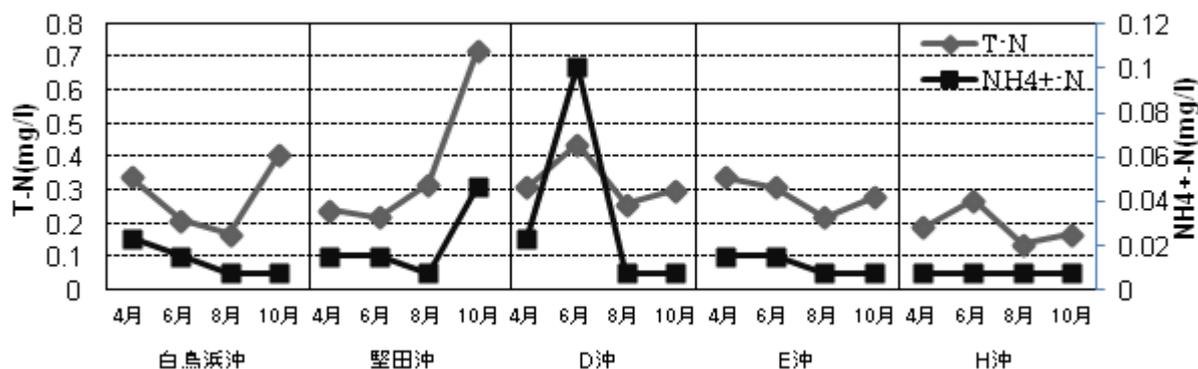


図 10 T-N および NH₄⁺-N の推移

表 2 相関係数

	PO ₄ -P	T-N	NH ₄ ⁺ -N
T-P	0.6914	0.6445	—
T-N	—	—	0.3282

(4) 糞便汚染指標について

糞便汚染指標について、図 11 に結果を示す。

大腸菌群数は 6 月に D 沖で 8100 MPN/100 ml、10 月には堅田沖で 9200 MPN/100 ml と高い値を示した。また、10 月にはすべての地点で A 類型の環境基準 1000 MPN/100 ml を超過していた。

白鳥浜沖および堅田沖では大腸菌群数が 4 月から 6 月に減少した後水温の下降する 10 月まで増加した。D 沖では 6 月に最大値を示した後 10 月にかけて減少した。E 沖では 4 月から 10 月まで増加し続けた。H 沖では 4 月から 6 月に大きく増加し、8 月に減少した後 10 月に再び増加した。大腸菌数もおおむね同様の傾向を示したが、H 沖においては同地点の大腸菌群数と異なる増減の傾向がみられ、測定値のオーダーも 2~3 桁低かった。このように、地点によって値の増減に異なる傾向がみられた。

相関係数を表 3 に示す。大腸菌群数と大腸菌数に高い正の相関がみられた。

堅田沖および D 沖で大腸菌群数および大腸菌数がそれぞれ最大値を示した 10 月と 6 月はし尿や肥料による汚染の目安となる $\text{NH}_4^+\text{-N}$ も大きな値を示し、特に大腸菌数と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の増減に類似の傾向が見られ、表 4 のように高い正の相関があった。この 2 地点は小黒川河口部の東側および西側に位置していることから、6 月に D 沖、10 月に堅田沖が生活排水や農業排水を含む小黒川の影響を強く受けたことが考えられた。表 5 のように他の地点では大腸菌群数および大腸菌数と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の間に相関関係はみられなかった。

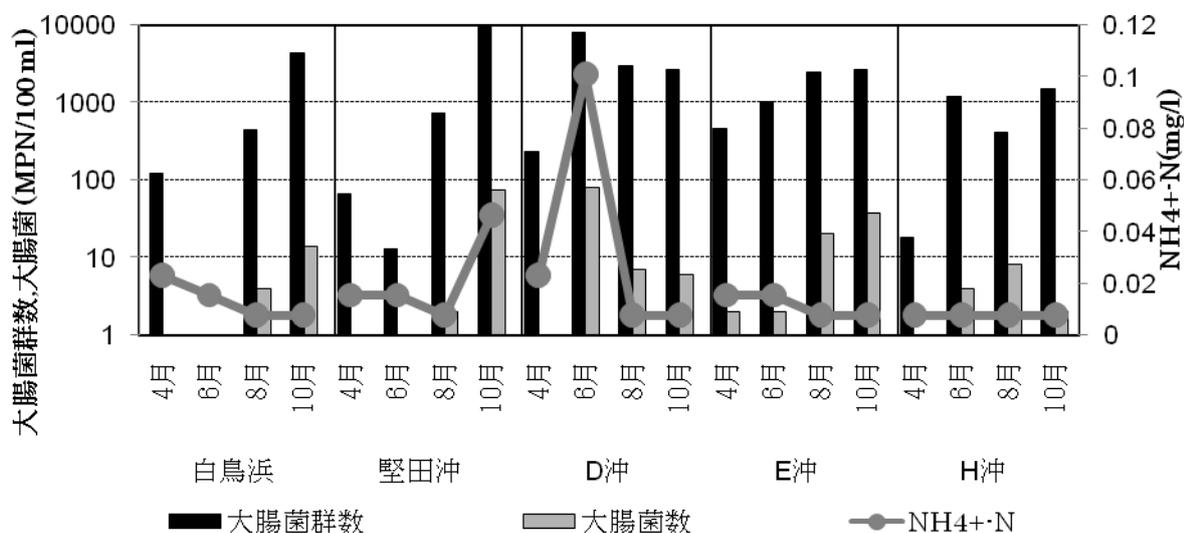


図 11 大腸菌群数および大腸菌数の推移

表 3 相関係数(全地点)

	大腸菌
大腸菌群数	0.8526

	大腸菌数	NH ₄ ⁺ -N
大腸菌群数	0.9253	0.5749
大腸菌数	—	0.7856

	大腸菌数	NH ₄ ⁺ -N
大腸菌群数	0.4437	0.2009
大腸菌数	—	0.1693

8 まとめ

今回の調査を通して、猪苗代湖北部水域の水質に以下のような特徴がみられた。

- (1) pHの上昇とDOの過飽和が8月にみられた。また、湖心と比較して北部水域はpHがより高いことが確認された。原因として、生育する水生植物の炭酸同化作用が一因と考えられた。
- (2) 10月にCOD、SSが増加する傾向がみられた。原因として水深低下による底質の巻き上げと水生植物の枯死の影響が考えられた。TOCは白鳥浜沖を除き、8月に最大となる傾向がみられた。
- (3) T-P、T-NはD沖、E沖で調査期間を通して富栄養化の目安を超えていることが確認された。
- (4) 堅田沖およびD沖では大腸菌群数、大腸菌数およびNH₄⁺-Nの値が高く、この2地点において特に大腸菌数とNH₄⁺-Nの値の増減に同様の傾向がみられることから、し尿を含む生活排水や農業排水由来の汚濁の影響が考えられ、これらの排水を含み堅田沖およびD沖の間に流入する小黑川の影響が特に大きいことが考えられた。

これらの点から、北部水域の水質は猪苗代湖湖心の水質と異なっており、より水質の汚濁が進行していることが分かった。

また、10月に各地点で見られる底質の巻き上げの影響については、北部水域の水深が秋の水位調整に伴い浅くなることと、巻き上げが少なくなる風の穏やかな日を選水日に選択することが困難なことから、他の季節との条件の均一化は難しいと考えられる。

参考文献

- 1) 日本大学工学部・福島県環境センター共同研究発表会、「清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る講座」運営協議会：清らかな湖、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌（2008）
- 2) 日本水道協会：上水試験方法 解説編(1993)

表 5. 4月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		4月26日				
天候(前日)		晴れ(晴れ時々雨)				
時間		11:57	11:47	11:23	11:15	11:08
気温		12.4	12.1	11	11	10.7
水温		11.4	9.1	10.2	9.5	8.7
透明度		1m以上	1m以上	1m以上	1m以上	1m以上
色相		無色	無色	無色	無色	無色
pH		7.36	7.23	7.45	7.37	6.96
SS	mg/L	2	1	2	3	1
TOC	mg/L	0.75	0.67	0.75	0.71	0.53
COD	mg/L	1.4	1.0	1.4	1.2	0.9
NH ₄ ⁺	mg/L	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01
T-P	mg/L	0.043	0.031	0.040	0.046	0.023
PO ₄ -P	mg/L	0.013	0.005	<0.003	0.013	0.009
T-N	mg/L	0.34	0.24	0.31	0.34	0.19
大腸菌群数	MPN/100mL	120	67	230	460	18
大腸菌数	MPN/100mL	<1	1	1	2	<1
DO	mg/L	10.8	11.0	11.0	11.5	11.8

表 6. 6月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		6月8日				
天候(前日)		晴れ(-)				
時間		11:55	11:44	11:27	11:20	11:10
気温		21.1	20.7	20.3	20.3	19.9
水温		16.8	18.2	18.8	19.0	18.6
透明度		1.5m以上	1.2m以上	0.7m以上	0.9m以上	0.7m以上
色相		無色	無色	無色	無色	無色
pH		5.64	6.41	7.25	7.23	7.04
SS	mg/L	1	3	4	7	5
TOC	mg/L	0.35	0.47	1.25	0.81	0.77
COD	mg/L	1.0	1.4	3.3	2.7	2.0
NH ₄ ⁺	mg/L	0.02	0.02	0.13	0.02	0.01
T-P	mg/L	0.003	0.010	0.068	0.041	0.022
PO ₄ -P	mg/L	<0.003	0.005	0.049	0.022	0.012
T-N	mg/L	0.21	0.22	0.44	0.31	0.27
大腸菌群数	MPN/100mL	<1	13	8100	1000	1200
大腸菌数	MPN/100mL	<1	<1	80	2	4
DO	mg/L	10.1	9.4	9.3	10.0	10.1

表 7. 8月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		8月4日				
天候(前日)		晴れ(-)				
時間		11:30	11:02	10:42	10:25	10:20
気温		29.0	27.0	27.5	28.0	28.0
水温		25.5	27.0	26.0	25.5	25.5
透明度		2.7m以上	2.0m以上	1.0m以上	3.0m以上	2.0m以上
色相		無色	茶色	茶色	無色	無色
pH		6.82	7.90	9.11	9.02	8.03
SS	mg/L	1	6	2	3	2
TOC	mg/L	0.70	2.67	2.36	2.33	1.44
COD	mg/L	1.5	4.5	4.6	3.8	2.1
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
T-P	mg/L	0.005	0.045	0.044	0.041	0.017
PO ₄ -P	mg/L	<0.003	0.024	0.037	0.032	0.003
T-N	mg/L	0.17	0.32	0.26	0.22	0.14
大腸菌群数	MPN/100mL	440	730	3000	2400	410
大腸菌数	MPN/100mL	4	2	7	20	8
DO	mg/L	8.8	11.0	10.7	10.7	9.3

表 8. 10月の調査結果

調査地点		①白鳥浜	②堅田沖	③D沖	④E沖	⑤H沖
採水日		10月18日				
天候(前日)		くもり時々晴れ(晴れ)				
時間		11:20	11:50	12:30	13:05	13:20
気温		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
水温		15.5	15.4	15.3	15.0	15.0
透明度		0.45m以上	0.55m以上	0.55m以上	0.35m	0.95m以上
色相		茶色	褐色	褐色	無色	無色
pH		7.97	7.46	8.02	7.96	7.60
SS	mg/L	63	16	85	16	4
TOC	mg/L	3.16	2.38	1.89	1.53	0.93
COD	mg/L	9.5	5.8	14	2.2	1.6
NH ₄ ⁺	mg/L	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01
T-P	mg/L	0.067	0.069	0.048	0.044	0.013
PO ₄ -P	mg/L	0.058	0.059	0.046	0.010	0.006
T-N	mg/L	0.41	0.72	0.3	0.28	0.17
大腸菌群数	MPN/100mL	4300	9200	2600	2600	1500
大腸菌数	MPN/100mL	14	74	6	37	2
DO	mg/L	9.4	9.3	11.2	11.4	11.7

4 水生植物による水質への影響確認調査

1 目的

猪苗代湖湖岸に生育するヨシやヒシなどの水生植物が猪苗代湖の水質に与える影響を確認する。

2 調査方法

水生植物が生育している水路及び生育していない水路において、植物が繁茂している時期及び枯死、腐敗している時期の水質を調べる。

3 調査地点

(1) 水生植物が生育している水路

－入江浜（5地点）（秋期刈り取りなし）
流程 約 80m

- ① 流入水：水生植物が生育している水路に流入する水
- ② 植物入口：水生植物群に流入する前の水
- ③ 植物出口：水生植物群を通過した後の水
- ④ 沖 10 m：猪苗代湖に流入した地点から沖 10m 地点の湖水

(2) 水生植物が生育している流水路

－白鳥浜西側（3地点）（秋期刈り取りあり）
流程 約 30m

- ① 植物入口：水生植物群に流入する前の水
- ② 植物出口：水生植物群を通過した後の水
- ③ 沖 10 m：猪苗代湖に流入した地点から沖10m地点の湖水

(3) 水生植物が生育していない水路

－赤沼川（3地点） 流程 約 200m

- ① 流入水：水路に流入する水
- ② 出口：流水路を通過した水
- ③ 沖 10 m：猪苗代湖に流入した地点から沖10m地点の湖水

4 調査時期

4月（水生植物が腐敗している時期）、8月及び9月（水生植物が繁茂している時期）、12月（水生植物が枯死している時期）

5 調査項目

pH、SS、TOC、COD、T-N、T-P、PO₄-P、大腸菌群数、大腸菌数、DO



図1 調査地点

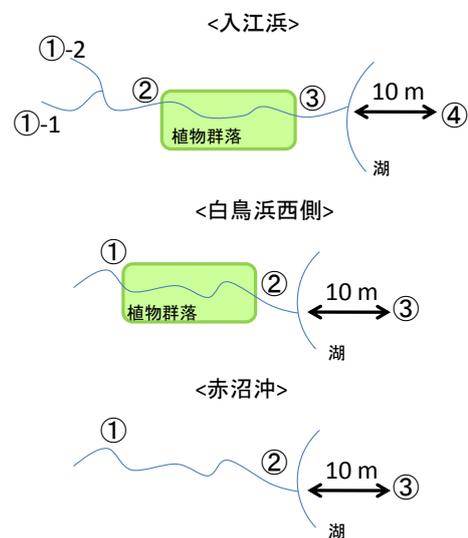


図2 採水地点概略図

6 測定方法

pH：イオン電極法

SS：重量法

TOC：燃焼酸化－赤外吸収式TOC自動計測法

COD：滴定法（CODMn）

T-N、T-P、PO₄-P：分光光度法

大腸菌群数、大腸菌数：QTトレイ法

DO：よう素滴定法

7 結果と考察

調査時の水路の状況は図3のとおり

入江浜及び白鳥浜西側の水路に生育している主な植物は図4のとおり

入江浜及び白鳥浜西側で見られた主な水生植物は、水路にヨシが生育し、「植物出口」付近にフトイが生育し、湖内にヒシ、コウホネが生育していた。

(1) 水生植物の腐敗期（調査日：平成23年4月21日）

表1 腐敗期の調査結果

	入江浜					赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
調査時刻	11:20	11:30	11:40	11:00	10:50	10:30	9:50	9:50
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温 [°C]	17.2	17.2	17.2	15.5	15	12.0	10.5	10.5
水温 [°C]	12.5	12.5	13.5	11	11.3	9.5	7.5	8.5
透視度 [cm]	70	40.5	61	53	52	>100	15	17
流量 [m ³ /s]	0.006	0.003	0.008*1	0.008	—	0.060	0.061	—
流速 [m/s]	0.059	0.033	—	0.008	—	0.246	0.394	—
断面積 [m ²]	0.096	0.08	—	1.065	—	0.246	0.152	—
はば [cm]	94	100	—	300	—	120	160	—
pH	6.83	6.94	6.93	7.12	7.19	6.90	6.86	7.19
SS [mg/l]	9	19	8	7	6	2	41	19
TOC [mg/l]	3.21	3.56	3.20	2.60	2.18	1.63	2.86	2.28
COD [mg/l]	6.7	6.7	5.7	5.7	4.0	3.1	6.3	4.4
T-N [mg/l]	0.68	1.5	1.4	0.64	0.60	0.62	0.85	0.94
T-P [mg/l]	0.131	0.208	0.173	0.115	0.102	0.091	0.249	0.147
PO ₄ -P [mg/l]	0.118	0.197	0.158	0.101	0.074	0.066	0.189	0.108
大腸菌群数 [MPN/100ml]	1,700	240,000	3,800	2,900	3,500	240,000	64,000	36,000
大腸菌数 [MPN/100ml]	6	2300	12	12	9	1200	380	220
DO [mg/l]	9.78	7.27	9.66	10.03	12.04	9.84	9.58	10.71
COD負荷量[g/s]	0.038	0.018	0.046	0.045	—	0.186	0.381	—
N負荷量[g/s]	0.004	0.004	0.011	0.005	—	0.037	0.051	—
P負荷量[g/s]	0.001	0.001	0.001	0.001	—	0.005	0.015	—

*1 入江浜 植物入口の流速、水路の幅は欠測のため、流入水①及び流入水②の全量が流入したと仮定した。

ア 入江浜

4月に調査した際の入江浜は、枯れたヨシ等が倒れ、水路中には腐敗しているものもあった。水はほぼ停滞している状態であった。

植物群落への流入前後である「植物入口」と「植物出口」の分析結果を比較すると、TOC、T-N、T-P、 PO_4 -Pの濃度が低下し、N負荷量が減少した。

これは、流入水のSSが流下に従い低下もしくは横ばいとなっていることから、水路に倒れこんだ植物に有機物が付着したことも要因の一つと推測される。

イ 赤沼川

流入前後の「流入水」と「出口」を比較すると、SS、TOC、COD、T-N、T-P、 PO_4 -P濃度が上昇し、COD負荷量、N負荷量、P負荷量が増加した。

これは、「流入水」採水地点はコンクリート製のU字溝であるのに対し、水路は素掘りであるなど、水路構造が要因の一つと考えられる。

水路に植物群落のない赤沼川では流下によって水質に変化がないのに対し、入江浜では流水路中の植物の腐敗によって植物に蓄積されていた窒素やリンが溶出し、流下に従い汚濁負荷量が増加するのではないかと考えたが、ア、イのとおり、植物の腐敗による影響よりも流路の状態による影響のほうが大きくみられた。

また、滞留時間は、入江浜では約160分、赤沼川では約15分程度であり、滞留時間の差も考慮する必要がある。

(2) 水生植物の繁茂期（調査日：平成23年8月23日、平成23年9月1日）

表2 繁茂期の調査結果(上段:平成23年8月23日、下段:平成23年9月1日)

	入江浜					白鳥浜西側			赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
時刻	10:45 12:25	11:45 12:40	11:00 12:00	10:10 11:20	9:50 11:00	12:45 13:20	12:35 13:10	12:25 13:05	11:30 10:40	11:52 10:10	12:00 10:00
天候	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり時々雨	くもり くもり	くもり くもり	くもり くもり	くもり(小雨) くもり時々雨	くもり(小雨) くもり時々雨	くもり(小雨) くもり時々雨
気温 [°C]	24.0 24.8	24.0 24.8	24.0 25.0	23.0 25.0	23.0 25.0	25.5 24.5	25.5 24.5	25.5 24.5	22.5 24.3	24.0 24.0	24 24
水温 [°C]	21.5 22.5	22.5 22.7	22.2 22.5	21.5 22.2	21.3 22.3	23.5 23	22.5 22.7	21.8 22.0	22 22.4	21.8 22.5	23.0 22.5
透視度 [cm]	93.5 83	>100 87	94 >100	>100 74	>100 >100	85 91	43 45	>100 55	>100 86	>100 61.5	>100 69.5
流量 [m ³ /s]	0.102 0.06	0.180 0.15	0.296 0.18	0.289 0.14	— —	0.035*2 0.06*3	0.035 0.06	— —	0.149 0.12	0.208 0.12	— —
流速 [m/s]	0.421 0.338	0.458 0.581	0.299 0.197	0.084 0.071	— —	— —	0.071 0.278	— —	0.371 0.482	0.426 0.150	— —
断面積 [m ²]	0.24 0.18	0.40 0.27	0.95 0.99	3.02 1.76	— —	— —	0.45 0.17	— —	0.40 0.26	0.46 0.73	— —
はば [cm]	100 100	130 100	300 400	770 600	— —	150 150	300 200	— —	120 115	280 160	— —
pH	6.78 6.44	6.81 6.61	6.68 6.63	6.67 6.53	6.68 6.62	7.13 7.30	7.01 7.19	7.08 7.24	6.62 6.64	6.66 6.62	7.00 6.62
SS [mg/l]	7 9	9 9	8 11	10 19	7 4	13 12	34 22	7 32	8 14	6 20	2 22
TOC [mg/l]	2.48 2.23	1.75 2.09	2.51 2.07	2.31 2.13	2.33 2.21	2.20 2.25	2.17 2.67	1.91 1.83	1.79 2.47	1.82 2.61	1.42 2.34
COD [mg/l]	5.9 7.2	4.7 4.7	5.8 4.8	5.7 5.9	5.5 4.3	5.3 4.9	7.1 6.2	4.2 6.3	4.7 5.0	4.5 6.3	2.9 5.9
T-N [mg/l]	0.41 0.98	0.25 0.34	0.40 0.39	0.40 0.54	0.42 0.46	0.59 0.73	1.1 1.0	0.68 0.78	0.47 0.51	0.29 0.71	0.24 0.67
T-P [mg/l]	0.074 0.086	0.059 0.11	0.076 0.111	0.089 0.18	0.119 0.172	0.084 0.153	0.143 0.315	0.13 0.467	0.082 0.18	0.056 0.145	0.043 0.200
PO ₄ -P [mg/l]	0.068 0.077	0.055 0.089	0.070 0.094	0.081 0.12	0.082 0.062	0.084 0.140	0.123 0.254	0.11 0.464	0.057 0.123	0.053 0.145	0.024 0.135
大腸菌群数 [MPN/100ml]	14,000 19,000	24,000 34,000	13,000 32,000	22,000 40,000	10,000 31,000	28,000 84,000	26,000 95,000	18,000 68,000	15,000 43,000	12,000 65,000	4,800 24,000
大腸菌数 [MPN/100ml]	35 49	130 48	43 52	58 31	55 60	110 280	190 340	170 200	170 1900	120 360	25 340
DO [mg/l]	6.4 4.9	8.2 6.7	6.3 7.2	6.1 5.6	6.0 6.6	8.5 7.0	7.8 7.7	8.8 8.0	7.7 5.0	7.2 5.2	7.8 6.1
COD負荷量[g/s]	0.602 0.428	0.845 0.726	1.718 0.888	1.645 0.843	— —	0.186 0.294	0.246 0.352	— —	0.700 0.625	0.936 0.740	— —
N負荷量[g/s]	0.024 0.058	0.039 0.052	0.074 0.072	0.057 0.077	— —	0.021 0.044	0.063 0.057	— —	0.059 0.064	0.034 0.083	— —
P負荷量[g/s]	0.004 0.005	0.009 0.017	0.014 0.021	0.013 0.026	— —	0.003 0.009	0.008 0.018	— —	0.010 0.022	0.007 0.017	— —

*2*3 白鳥浜西側の植物入口の流速、水路の幅は欠測のため、植物出口の流量と同じと仮定した。

ア 入江浜

植物群落への流入前後を比較すると、T-P 及び PO₄-P の濃度が上昇したが、T-P 負荷量に大きな変化はなかった。

また、9月は、流下に従って透視度が小さくなり、SS、COD、T-N 濃度が上昇したが、T-N 負荷量に大きな変化はなかった。

イ 白鳥浜西側

植物群落への流下前後を比較すると、透視度が小さくなり、SSが増加した。また、COD、T-N、T-P、PO₄-Pの濃度が上昇し、COD負荷量、T-N負荷量、T-P負荷量が増加した。また、DOは、8月は減少したが9月は増加した。

「植物入口」から「植物出口」には「流入水」以外の流入がないため、COD負荷量、T-N負荷量、T-P負荷量が増加したことは、繁茂期の植物群落中でCOD、T-N濃度、T-P濃度が上昇したことが考えられた。

ウ 赤沼川

流下の前後を比較すると、8月は、流量増加に伴いCOD負荷量が増加したが、T-N負荷量、T-P負荷量に大きな変化はなかった。

水路に植物群落のない赤沼川では流下による水質の変化がないのに対し、入江浜及び白鳥浜西側では、植物の成長により窒素やリンが減少するのではないかと考えたが、ア～ウのとおり、植物の成長によると思われる傾向はみられなかった。また、滞留時間は、入江浜では約20分程度以下、白鳥浜西側では約10分程度以下、赤沼川では約20分程度以下であった。

(3) 水性植物の枯死期(調査日:平成23年12月20日)

表3 枯死期の調査結果

	入江浜					白鳥浜西側			赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
時刻	11:50	12:00	11:35	11:05	10:58	12:50	12:40	12:30	10:25	10:00	9:25
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	晴れ
気温 [°C]	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
水温 [°C]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
透視度 [cm]	42	70	40	45	10	35	25	20	27	25	18
流量 [m ³ /s]	0.01	0.01	0.02 ^{*4}	0.14	—	0.03	0.03 ^{*5}	—	0.09	0.12	—
流速 [m/s]	0.11	0.04	—	0.07	—	0.07	—	—	0.26	0.05	—
断面積 [m ²]	0.11	0.15	—	1.76	—	0.37	—	—	0.33	2.16	—
はば [cm]	100	120	400	500	—	150	—	—	100	400	—
pH	6.85	6.77	6.84	6.73	7.40	7.44	7.44	7.53	7.09	7.00	7.48
SS [mg/l]	7	4	7	10	94	56	6	18	38	59	15
TOC [mg/l]	3.52	2.63	3.51	3.05	4.12	4.95	4.00	3.68	2.09	2.28	2.09
COD [mg/l]	5.3	3.8	4.2	4.7	7.1	7.3	5.9	7.7	5.6	3.3	5.4
T-N [mg/l]	1.2	1.1	1.1	1.2	4.4	3.1	3.2	3.8	1.1	0.77	1.2
T-P [mg/l]	0.097	0.065	0.074	0.073	0.71	0.40	0.49	0.63	0.25	0.095	0.17
PO ₄ -P [mg/l]	0.066	0.060	0.074	0.073	0.530	0.390	0.480	0.62	0.220	0.094	0.13
大腸菌群数 [MPN/100ml]	4,900	18,000	28,000	4,100	15,000	25,000	14,000	20,000	15,000	18,000	2,700
大腸菌数 [MPN/100ml]	3	190	24	4	1,700	5,800	4,200	2,500	200	300	100
DO [mg/l]	9.7	10.7	10.3	8.8	12.0	11.0	11.1	11.0	12.1	11.6	12.9
COD負荷量[g/s]	0.062	0.021	0.072	0.672	—	0.194	0.156	—	0.486	0.411	—
N負荷量[g/s]	0.014	0.006	0.019	0.172	—	0.082	0.085	—	0.095	0.096	—
P負荷量[g/s]	0.001	0.000	0.001	0.010	—	0.011	0.013	—	0.022	0.012	—

※4入江浜 植物入口の流速、水路の幅は欠測のため、流入水①及び流入水②の全量が流入したと仮定した。

※5白鳥浜西側の植物出口の水路の幅は欠測のため、流入水の全量が流入したと仮定した。

ア 入江浜

植物群落への通過前後を比較すると、COD、T-N濃度、T-P濃度にはほとんど変化がなかったが、COD負荷量、T-N負荷量がともに約9倍に増加した。これは、流量が約7倍に増加したためと考えられるが、「植物入口」から「植物出口」の間は流入が

なく、湖水が逆流していた可能性が考えられる。

イ 白鳥浜西側

調査時には水路周辺のヨシが刈り取られていた。

植物群落への通過前後を比較すると、SS、COD が減少し、T-P 濃度、 PO_4 -P 濃度が上昇したが、T-P 負荷量はほとんど変化がなく、わずかに COD 負荷量が減少した。

ウ 赤沼川

流下の前後を比較すると、SS が増加し、T-P 濃度、 PO_4 -P 濃度が低下し、COD 負荷量、T-P 負荷量が減少した。

水路に植物群落のない白鳥浜西側及び赤沼川では流下による水質の変化はなく、水路に植物群落のある入江浜では、植物の枯死により植物に蓄積されていた窒素やリンが溶出し、流下に従い汚濁負荷量が増加するのではないかと考えたが、ア～ウのとおり、入江浜でのみ流下に従い汚濁負荷量が増加した。しかし、これは、植物の枯死による影響だけでなく、湖水の逆流や土壌からの溶出等様々な要因が考えられる。また、滞留時間は、入江浜では約 20 分程度、白鳥浜西側では約 10 分程度、赤沼川では約 60 分程度であった。

(4) 平成 22 年度に行った調査結果との比較

表5 繁茂期における調査結果(調査日:平成22年8月18日)

	入江浜					赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
調査時刻	9:45	10:15	13:00	12:05	11:50	10:40	11:10	10:20
天候	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
気温 [°C]	29.8	31.3	28.0	28.0	28.0	28.2	30.3	30.3
水温 [°C]	24.7	22.0	27.0	26.0	26.0	25.7	22.0	29.0
透視度 [cm]	53	>100	77	50	50	>100	85	37
流量 [m ³ /s]	0.10	0.15	0.29	0.25	—	0.10	0.08	—
流速 [m/s]	0.437	1.100	0.433	0.318	—	0.380	0.262	—
断面積 [m ²]	0.240	0.14	0.660	0.8	—	0.264	0.3	—
はば [cm]	100	70	200	200	—	120	200	—
pH	6.59	6.73	6.64	6.62	6.66	6.58	6.56	8.15
SS [mg/l]	11	12	18	11	18	8	11	31
TOC [mg/l]	2.87	2.50	2.68	2.61	2.68	2.39	2.27	2.15
COD [mg/l]	6.1	5.4	6.0	5.6	5.9	4.9	5.1	5.1
T-N [mg/l]	0.50	0.42	0.47	0.51	0.51	0.42	0.47	0.55
T-P [mg/l]	0.083	0.075	0.086	0.081	0.081	0.085	0.086	0.042
PO4-P [mg/l]	0.046	0.071	0.063	0.059	0.058	0.085	0.086	0.042
大腸菌群数 [MPN/100ml]	23,590	444,800	29,500	30,760	41,060	30,760	30,900	15,290
大腸菌数 [MPN/100ml]	55	387	60	104	290	214	248	115
DO [mg/l]	5.8	7.1	7.4	6.2	8.2	7.3	6.1	11.4
COD負荷量[g/s]	0.640	0.832	1.715	1.425	—	0.492	0.401	—
N負荷量[g/s]	0.052	0.065	0.134	0.130	—	0.042	0.037	—
P負荷量[g/s]	0.009	0.012	0.025	0.021	—	0.009	0.007	—

表6 枯死、腐敗期における調査結果(調査日:平成22年1月11日)

	入江浜					赤沼川沖		
	流入水①	流入水②	植物入口	植物出口	沖10m	流入水	出口	沖10m
調査時刻	12:05	12:20	12:40	11:20	11:40	10:45	10:30	10:15
天候	くもり	くもり	くもり	くもり	くもり	くもり	雪	雪
気温 [°C]	0	0	0	-1.5	-1.2	-2.0	-2.5	-2.5
水温 [°C]	0.5	0.7	0.1	0.8	0.7	0.1	0.5	0.0
透視度 [cm]	—	—	—	—	—	59	89	21
流量 [m ³ /s]	0.1*2	0.03	0.13*1	0.13	—	0.11	0.13	—
流速 [m/s]	0.015	0.294	—	—	—	0.156	—	—
断面積 [m ²]	—	0.095	—	0.29	—	0.72	—	—
はば [cm]	—	50	—	—	—	60	—	—
pH	6.65	6.68	6.63	6.66	6.66	6.76	6.72	7.36
SS [mg/l]	3	5	5	7	11	3	3	31
TOC [mg/l]	2.62	1.84	2.30	2.50	2.45	1.44	1.52	1.84
COD [mg/l]	4.4	4.3	4.7	5.1	5.4	4.3	3.4	6.3
T-N [mg/l]	0.84	0.64	0.80	0.94	1.0	0.74	0.69	1.4
T-P [mg/l]	0.073	0.115	0.084	0.097	0.105	0.117	0.061	0.285
PO4-P [mg/l]	0.069	0.102	0.073	0.085	0.074	0.080	0.058	0.111
大腸菌群数 [MPN/100ml]	2,755	6,131	5,560	3,180	2,481	7,170	3,130	2,950
大腸菌数 [MPN/100ml]	127	280	178	95	69	1730	1112	201
DO [mg/l]	9.2	10.1	9.6	8.1	9.8	11.0	欠測	14.0
COD負荷量[g/s]	0.449	0.120	0.611	0.664	—	0.483	0.442	—
N負荷量[g/s]	0.086	0.018	0.104	0.122	—	0.083	0.090	—
P負荷量[g/s]	0.007	0.003	0.011	0.013	—	0.013	0.008	—

※入江浜における透視度及び流量は、積雪やそれによる歩行困難のため欠測

*1 入江浜植物入口は植物出口と同じ流量と仮定した

*2 流入①の流量は植物入口の流量から流入水②の流量を引いた差と仮定した

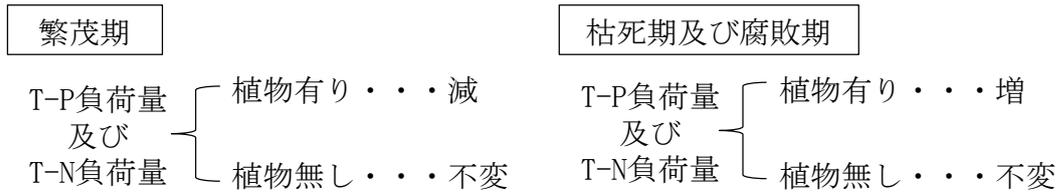
昨年度行った調査では、それぞれの調査時期に COD 負荷量の増減が認められたが、T-N 負荷量、T-P 負荷量に大きな変化はなかった。

また、今年度の調査と比較しても、調査時期や水路による傾向はみられなかった。

8 まとめ

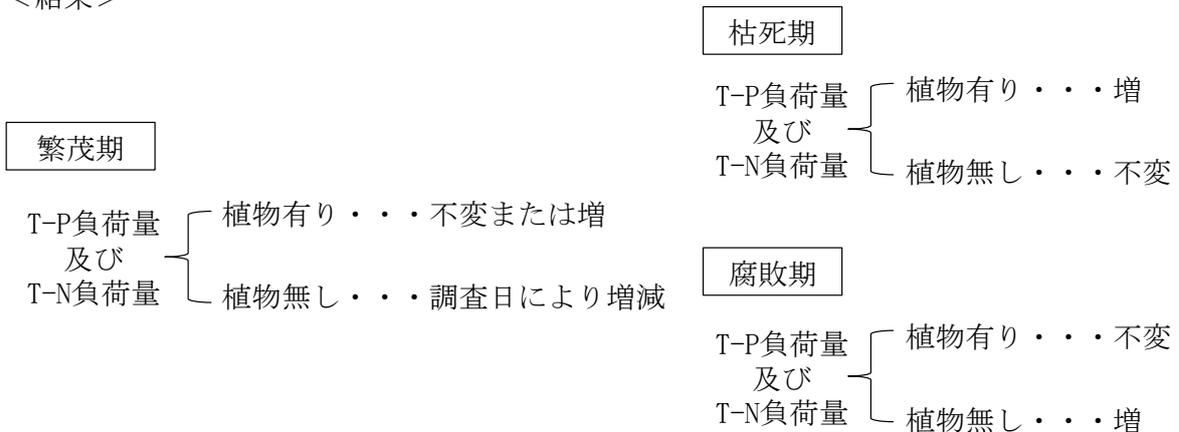
- (1) 植物はリンや窒素を栄養塩として吸収して成長し、枯死、腐敗すると蓄積されていた栄養塩類が再び水中に溶出するのではないかと考え、次のとおり仮説を立てた。

<仮説>



しかし、結果は、以下のとおり枯死期を除いては調査時期や調査地点による傾向はみられず、水生植物と栄養塩類との明確な関係性を見出すことはできなかった。

<結果>



- (2) 水生植物が猪苗代湖の水質に与える影響を調べるためには、植物の有無だけでなく、土壌や流入水等の条件を統一した圃場等で試験を行い、その後実際の環境で調査を行うことによってより確実なデータを得ることができると思う。
- (3) また、水質の変化には植物の成長だけでなく、土壌への吸着や土壌からの溶出等、様々な要因が考えられるため、多角的な調査や分析を行うことによって水生植物の影響をより確実に捉えることができると思う。また、滞留時間は、時期により異なるが、入江浜では約 20～160 分、赤沼川では約 15～60 分程度であり、白鳥浜西側では約 10 分程度以下であり、滞留時間の差も考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 福島県環境センター:平成 22 年度猪苗代湖等調査研究事業等報告書
「水生植物による水質への影響確認調査」 (2011)

図 3 調査地点の様子

<入江浜>



4 月「植物出口」から
「沖 10m」方向



7 月「植物出口」から「植物入
口」方向



12 月「植物出口」から「植
物入口」方向

<白鳥浜西側>



7 月「植物入口」から
「植物出口」方向



12 月「植物入口」手前から
「植物出口」方向

<赤沼川>



4 月「出口」から「入
口」方向



7 月「入口」流下後から「出口」
方向



12 月「出口」から「入口」方向

図4 調査地点に生育している主な植物



ヨシ



コウホネ



フトイ



コウホネ



ヒシ

5 pH上昇によるリン酸塩の再溶出に関する調査

1 目的

近年、猪苗代湖の pH が上昇する傾向にあり、長瀬川から供給される鉄イオンやアルミニウムイオンによって湖底に沈殿したリン酸塩が猪苗代湖の pH 上昇に伴って溶出し、汚濁負荷の要因となるのではないかと懸念する声があることから、長瀬川河口湖底で採取したフロック、pH を調整した湖水を用いてリン酸塩の再溶出確認試験を行った。

2 調査機関

環境センター

3 調査方法

(1) フロック採取地点

長瀬川河口付近の猪苗代湖底

(2) 試験条件

ア 試験1 フロックからの溶出確認試験

長瀬川河口付近の湖底から採取したフロック 10 mL に pH を調整した猪苗代湖水（湖心、表層）250 mL を加え、遮光して振とうした（15℃、40 rpm/分）。この際、振とう速度は猪苗代湖底を想定して低速とした。その後、0.45 μm メンブランフィルターを用いて急速ろ過し、ろ液を分析した。

なお、平成17年度及び平成18年度に行った同様の調査¹⁾²⁾で、pH8 まではリン酸塩の溶出がないことが確かめられているため、今回の試験はアルカリ性側は pH9 で行った。

(ア) フロックの採取方法

長瀬川河口付近の湖水中で柄杓で湖水を攪拌し、フロックを巻きあげて湖水ごとサンプル瓶に採取した。そのサンプル瓶をしばらく静置してフロックを沈澱させ、上澄水をアスピレータで吸引してフロックを取り出した（フロック 10mL の重量 約 9.5g、乾燥重量 約 0.25g）。

(イ) pH 及び振とう時間

pH： pH5、pH9、調整なし（pH6.5）

振とう時間： 5分、2時間、24時間、48時間、5日間、9日間、20日間

イ 試験2 リン酸塩担持フロックを用いた溶出確認試験

平成18年度に行った同様の調査^{*2}により、フロックがリンを吸着することが分かっており、溶液中のリンをフロックに担持させるために 0.025 mg/L に調整したリン酸カリウム溶液 250 mL に試験1と同様に採取したフロック 10mL を添加して12日間振とうした（15℃、40rpm/分）。

次に、そのリン酸塩を担持させたフロックを用いて試験1と同じ条件（ただし、振とう時間は5分、24時間、7日間、12日間）で振とう試験を行った。

(3) 分析項目

ア 試験1

pH、全鉄(T-Fe)、アルミニウム(Al)、全窒素(T-N)、全リン(T-P)

平成17年度及び平成18年度に行った同様の調査^{*1*2}により、フロックの主成分は鉄とアルミニウムであることがわかっているため、金属成分の分析はT-FeとAlとした。

イ 試験2

- pH、T-P
- (4) 測定方法
 - pH：イオン電極法
 - T-Fe、Al：ICP-AES法
 - T-N、T-P：分光光度法

4 結果と考察

(1) 試験 1

分析結果は表 1～表 4 のとおり。

ア pHについて

pH5 では、20 日間振とう後も pH4.83 とほぼ調整どおりだったが、調整なしでは、pH6.50 だった湖水が振とう 5 分後に pH5.66 と低下し、振とう 20 日後には pH5.19 となった。また、pH9 では、振とう 5 分後に pH6.28 と急激に低下し、振とう 20 日間後には pH5.48 となった。いずれもフロックの添加によって低下したと考えられた。

イ T-Pについて

振とう時間、pH によらず T-P 濃度は 0.003 mg/L であった。

ウ T-Nについて

図 1 のとおり、pH 調整なし、pH9 の振とう 5 分後、2 時間後、pH 調整なしの 9 日後で T-N 濃度が上昇した。今回用いたフロック成分量と平成 18 年度に行った調査に使用したフロック成分量 (5.16mgT-N/L-DW) を同じと仮定すると、フロック 0.25g に含まれる窒素量は 1.29 mg であり、pH9 は 2 時間の振とうによっておよそ 25%の窒素が溶出したと考えられた。

エ Alについて

図 2 のとおり、pH9 はほとんど溶出がなかったが、pH5、pH 調整なしは、振とう時間が長いほど多く溶出し、pH5 の振とう 20 日間後の濃度 0.49 mg/L は、猪苗代湖が pH5 程度であった 1980 年頃の猪苗代湖水のアルミニウム濃度 0.63 mg/L³⁾ と同程度であった。今回用いたフロックの成分量と平成 18 年度に行った調査に使用したフロッ

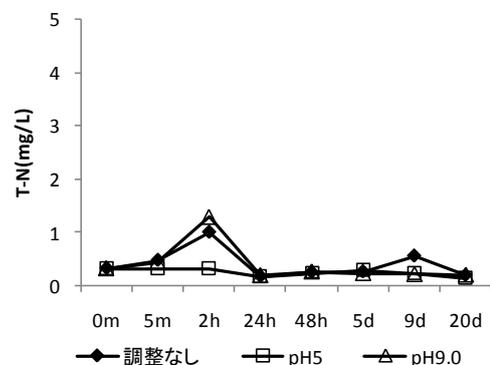


図 1 T-N 分析結果

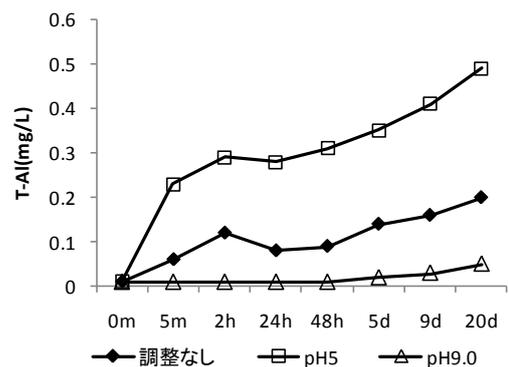


図 2 Al 分析結果

クの成分量(23.39 mg Al/L-DW)を同じと仮定すると、フロック 0.25g に含まれるアルミニウム量は 5.60 mg であり、およそ 2%が溶出したと考えられた。

オ T-Fe について

振とう時間、pH レベルによらず T-Fe 濃度は <0.01 mg/L であった。

(2) 試験 2

分析結果は表 5、表 6 のとおり

ア リン酸塩の吸着について

表 5 より、12 日間振とう後の溶液の T-P 濃度が <0.003 mg/L となったことから、溶液中のリン酸塩(6.25 μ g)がすべてフロックに担持されたものと考えられた。

イ pH について

表 6 より、試験 1 と同様に、pH5 は 14 日間振とう後も pH4.70 とほぼ調整どおりだったが、調整なしは、pH6.50 だった湖水が振とう 5 分後に pH5.73 になり、14 日間後に pH5.07 に低下した。また、pH9 は、振とう 5 分後に pH6.61 と急激に低下し、振とう 14 日間後には pH6.34 となった。いずれもフロックの添加によって低下したと考えられる。

ウ T-P について

振とう時間、pH レベルによらず T-P 濃度は <0.003 mg/L であり、担持させたリン酸塩の溶出はなかった。

5 まとめ

- (1) 猪苗代湖の pH 上昇によりフロックに担持されているリン酸塩が溶出して水質汚濁が進むのではないかと懸念する声が上がっているが、本試験では、pH レベルによらず振とうによるフロックからのリン酸塩の溶出はなかった。
- (2) 窒素は、平成 17 年度及び平成 18 年度に行った同様の調査^{*1*2}では振とうによる窒素濃度の上昇は確認されなかったが、今回の試験では振とうによりいったん溶液中の濃度が上昇し、その後も振とうを続けると濃度が低くなり、振とう 24 時間後以降は振とう前の濃度(使用した湖水の濃度)より低下した。
- (3) 鉄とアルミニウムについては、今回の試験では、鉄は pH レベルによらず溶出しなかったが、アルミニウムは pH が小さいほど溶出し、pH5 の振とう 20 日後の濃度は、猪苗代湖の pH が pH5 台を維持していた頃(1980 年代)の濃度と同程度であった。
- (4) 振とうによるリン酸塩の溶出がなかったこと、窒素は振とうを続けると振とう前の濃度(使用した湖水の濃度)より低下したことから、pH 上昇が猪苗代湖底のフロックからのリンや窒素の溶出を招き、水質汚濁に直結するとは考えにくい。
- (5) 今回の試験結果は、フロック添加直後に pH 低下が認められ、調整した pH を維持した状態で振とうした結果ではないため、フロック添加後及び振とう時間経過後も pH を調整し、設定 pH を維持して振とうした場合には、今回と異なる結果となる可能性も考えられる。また、今回、溶存酸素濃度を測定していないが、振とう操作によって十分な酸素濃度が確保され、好氣的な条件であったと考えられる。今後、溶出試験を行う場合には、嫌氣的条件下での試験も検討する必要がある。

参考文献

- 1) 福島県環境センター：猪苗代湖等水環境保全対策検討事業報告書
「湖内フロック成分、浄化能力等調査」（2005）
- 2) 福島県環境センター：猪苗代湖等水環境保全対策検討事業報告書
「湖内フロック成分、浄化能力等調査」（2006）
- 3) 株式会社クボタ：アーバンクボタ No. 26「会津盆地と猪苗代湖」（1987）

表1 振とうに用いた湖水の分析結果

		溶出用湖水	フロック採取地点湖水
pH		6.50	4.51
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.33	0.05
Al	[mg/l]	<0.01	3.62
T-Fe	[mg/l]	<0.01	0.01

表2 試験1 pH5の分析結果

		振とう時間						
		5分	2時間	24時間	48時間	5日間	9日間	20日間
pH		4.92	4.82	4.83	4.86	4.95	4.96	4.94
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.33	0.32	0.18	0.25	0.29	0.24	0.14
Al	[mg/l]	0.23	0.29	0.28	0.31	0.35	0.41	0.49
T-Fe	[mg/l]	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表3 試験1 pH調整無しの分析結果

		振とう時間						
		5分	2時間	24時間	48時間	5日間	9日間	20日間
pH		5.66	5.36	5.35	5.34	5.20	5.30	5.19
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.48	1.0	0.18	0.26	0.27	0.56	0.20
Al	[mg/l]	0.06	0.12	0.08	0.09	0.14	0.16	0.2
T-Fe	[mg/l]	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表4 試験1 pH9の分析結果

		振とう時間						
		5分	2時間	24時間	48時間	5日間	9日間	20日間
pH		6.28	6.08	5.95	5.58	5.75	5.71	5.48
T-P	[mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
T-N	[mg/l]	0.45	1.3	0.20	0.27	0.24	0.22	0.21
Al	[mg/l]	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.05
T-Fe	[mg/l]	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表5 試験2 リンの吸着試験結果

		振とう時間		
		0分	10日	12日間
T-P	[mg/l]	0.025	0.009	<0.003

表6 試験2 振とう後のT-P分析結果

		振とう時間			
		5分	24時間	7日間	14日間
pH5	pH	5.26	4.94	4.96	4.70
	T-P [mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
pH調整なし	pH	5.73	5.58	5.21	5.07
	T-P [mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
pH9	pH	6.61	6.02	6.50	6.34
	T-P [mg/l]	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003

＜参考＞ H18年度調査時のフロック成分

項目	H18.1.13	H18.2.13	H18.6.20 AM	H18.6.20 PM	H18.8.3	H18.8.3	(※)平均	※備考
	長瀬川河口	長瀬川河口	五万堂山沖	五万堂山沖	五万堂山沖	小黒川沖		
乾燥減量(%)	72.48	75.30	61.25	68.13	77.77	75.10	70.56	乾燥減量による
Fe mg/g乾	80.60	-	54.23	57.03	62.00	62.77	59.01	
Al mg/g乾	48.44	-	55.65	59.89	71.61	66.69	63.46	
Mn mg/g乾	0.54	-	0.67	1.00	1.64	0.75	1.02	
Zn mg/g乾	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Cd mg/g乾	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
金属成分計	129.59	-	110.56	117.93	135.26	130.22	123.49	風乾による
P mg/g乾	2.192	2.883	0.951	1.066	1.340	1.279	1.159	
形態別P計	1.012	1.420	0.3055	0.325	0.304	0.348	0.321	
Ca-Pmg/g乾	0.018	0.022	0.004	0.007	0.009	0.011	0.008	
Al-Pmg/g乾	0.047	0.021	0.0695	0.087	0.138	0.135	0.107	
Fe-Pmg/g乾	0.947	1.377	0.232	0.231	0.157	0.202	0.206	
N mg/g乾	5.16	7.85	1.95	3.02	5.08	3.84	3.47	
C mg/g乾	59.22	71.68	21.03	31.34	52.12	41.2	36.42	

(※)平均には、長瀬川河口のデータ含めず

※保管により、フロックからのFe成分が溶出されたものを分析したため、参考として表示

なお、フロック採取時の金属成分の分析結果は下記のとおり。

	金属成分計	Fe mg/g乾	Al mg/g乾	Mn mg/g乾	Zn mg/g乾	Cd mg/g乾
平成18年1月13日 長瀬川河口	148.63	125.41	22.39	0.81	0.02	0.00

6 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査

1 目的

猪苗代湖の年間を通じた物質循環を検討するための基礎資料を得ることを目的とする。

2 調査方法

小型メモリー計測器を調査地点に設置し、連続的に水温及び電気伝導率を測定する。

3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心
表層、水深 5m、水深 15m 及び水深 30m
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
水深 5m、水深 15m 及び水深 30m



図 1 調査地点

4 調査時期

- (1) 猪苗代湖湖心
2008年4月22日から継続調査中
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m
2011年11月22日から2012年4月17日まで

5 調査項目

水温及び電気伝導率

ただし、電気伝導率は、猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 水深 5m でのみ測定。

6 測定方法等

- (1) 猪苗代湖湖心
JFEアレックのMDS-MkV/Tを用いて、データ採取間隔10分間で水温を連続測定した。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 1km
JFEアレックのMDS-MkV/Tを用いて、データ採取間隔10分間で水温を連続測定した。
水深5mの電気伝導率は、COMPACT-CTを用いて、データ採取間隔10分間で連続測定した。

7 結果及び考察

(1) 猪苗代湖における水温連続測定結果

図2に2008年4月22日から2012年4月17日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖湖心における層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を示した。なお、2010年10月から2011年9月までのデータ（水温、電気伝導率）は観測機器の不具合により採取できなかった。

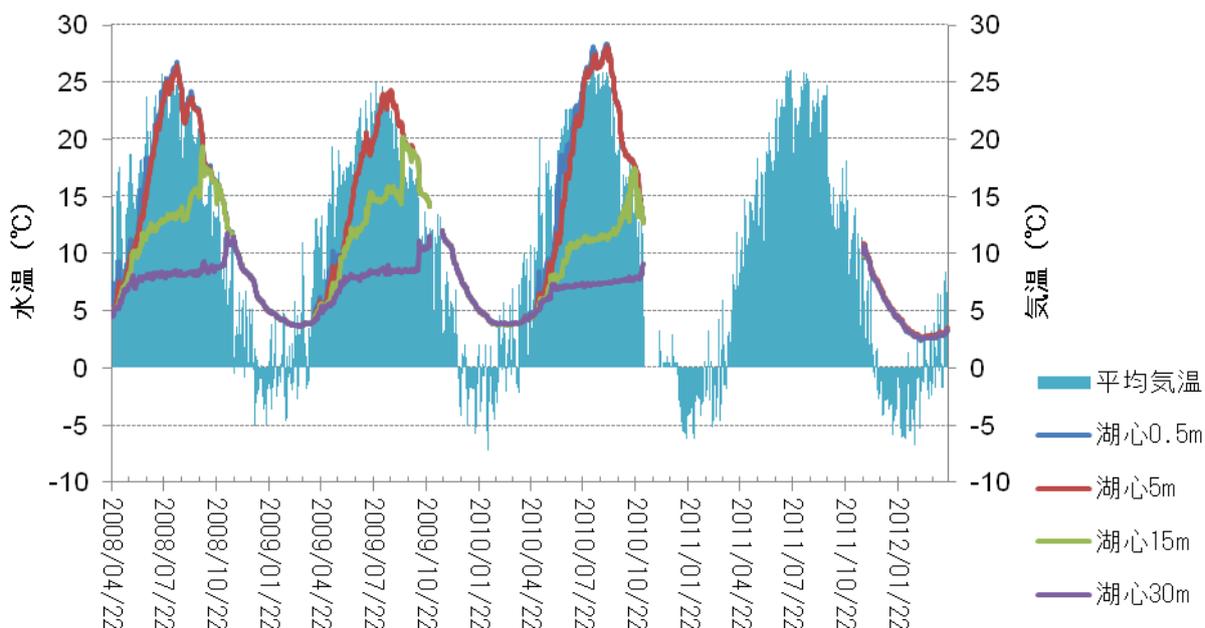


図2 猪苗代湖湖心における層別日平均水温及び日平均気温の関係

今回データを採取した11月下旬～4月中旬では全層の水温がほぼ均一であることから、水温躍層崩壊後及び形成前であることが分かった。気温に対する水温の変化についても例年と同様の傾向が得られた。

(2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における水温連続測定結果と過去データとの比較

図3に2011年11月22日から2012年4月17日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 地点の層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を示した。

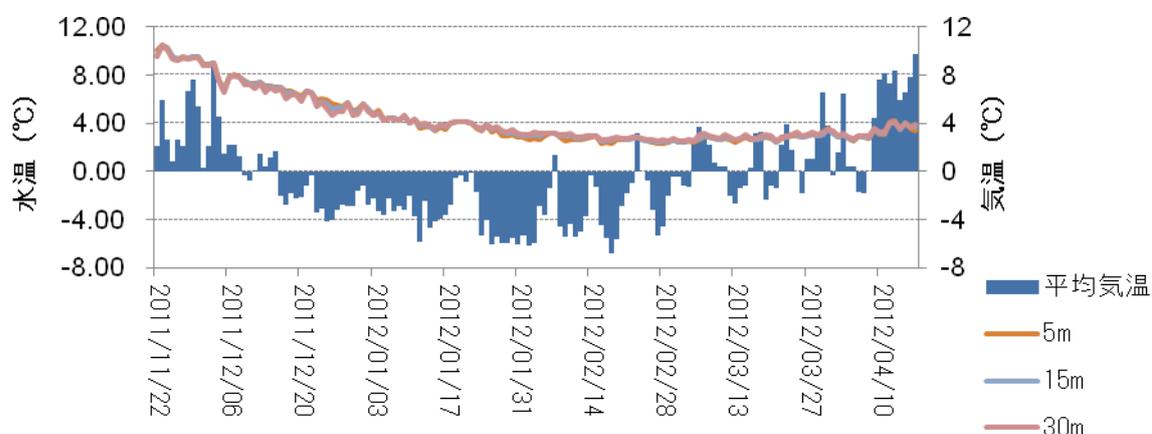


図3 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

湖心と同様に、水温が全層で均一であることが分かった。

図4には長瀬川河口沖300m地点の水深5mにおける水温及びECの測定結果を示すと同時に、過去の同時期（2009年11月22日から2010年4月17日）に測定した長瀬川河口沖1km地点の水深5m地点での水温及び電気伝導率（EC）のデータを示した。

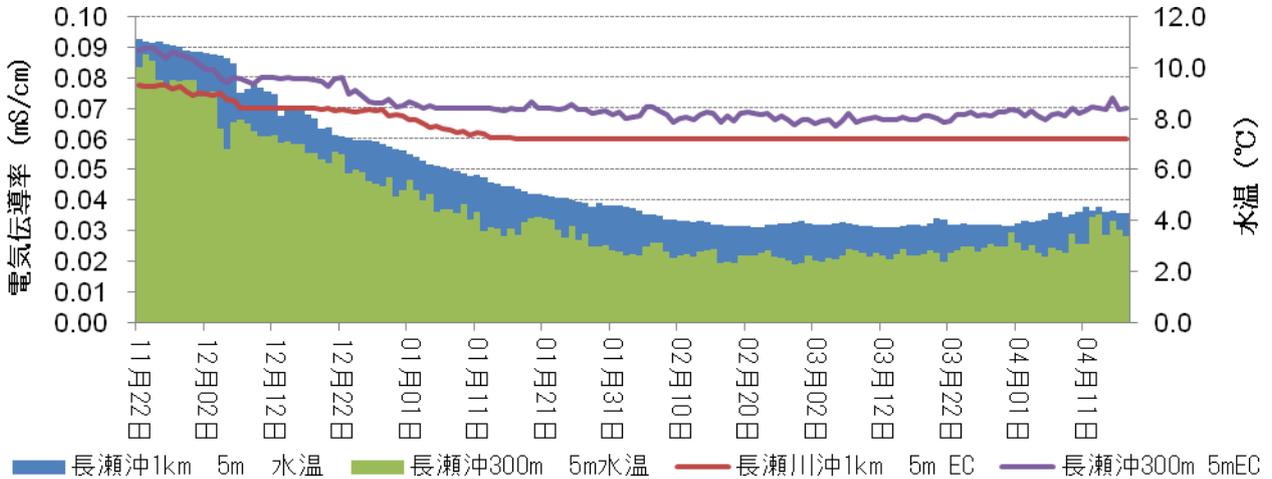


図4 長瀬川河口沖300m地点と1km地点の水深5mにおける水温及びECの比較

測定を開始した11月22日から水温の下降につれて電気伝導率の微減傾向が見られ、1月上旬から4月17日にかけては、電気伝導率がほぼ一定の平均0.07 mS/cmとなった。冬期4ヶ月間のデータであるが、長瀬川河口沖1km地点で測定した過去のデータと同様の季節変動傾向が見られた。¹⁾

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心において、冬期の各層における水温の変化が過去の傾向と一致することを確認した。
- (2) 長瀬川河口沖300m地点において、冬期の各層における水温の変化が湖心とほぼ同様であることが分かった。水深5mにおける電気伝導率の変化は、過去に採取した長瀬川河口沖1km地点におけるデータと同様の傾向を示した。今後、通年データを採取した上で更に考察を深めたい。

参考文献

- 1) 福島県環境センター：福島県環境センター年報 第14号（平成22年度）

7 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に関する調査結果

國井芳彦*¹、鈴木 仁*¹、佐久間智彦*²、林王克明*²
(*1 福島県環境センター、*2 財団法人福島県保健衛生協会)

1. はじめに

1888年の磐梯山の噴火により長瀬川とその支流が堰き止められるなどしてできた五色沼湖沼群の水質は、火山活動に由来し金属成分を豊富に含んだ硫酸酸性の水や磐梯山の深層地下水などにより構成され、沼ごとに微妙に異なる多様なものとなっている。いくつかの沼では、金属成分を含む酸性水が中和される過程で生成するケイ酸アルミニウムの微細な粒子（アロフェン）により青白色の美しい水色を呈し、沼の周囲及び湖内の多様な植生と相まって独特の美しい景色が楽しめることから、本県を代表する景勝地とされている。しかし近年は、外来植物の侵入が見られ、また、水色の変化の指摘もあるなど、五色沼湖沼群をとりまく環境の変化が懸念されている。

五色沼湖沼群の生態系や水質についての本格的な調査は1980年代半ばを境に激減していることから、福島大学、福島県等の関係機関が「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」を設置し、五色沼湖沼群の水辺生態系や水質の現状や変化の有無を明らかにするために、連携して調査を行うこととした。

本報は、その一つとして実施した「湖水の化学的成分に関係した項目」に関する調査の結果をまとめたものである。なお、調査は平成23年11月と平成24年5月の2回予定されており、本報は第1回目の調査結果をまとめた中間報告である。

2. 調査内容

(1) 調査年月日

平成23年11月8日（銅沼等の3地点）及び11月14日（それ以外の湖沼）

(2) 調査地点

ア 対象湖沼

五色沼湖沼群の主要な湖沼である、銅沼、瑠璃沼、青沼、弁天沼（以上、3. 考察において『銅沼系』と整理）、もうせん沼、弥六沼、柳沼、石倉沼（以上『柳沼系』）、竜沼、深泥沼、毘沙門沼（以上『竜沼系』）及び赤沼の12湖沼を対象とした。

また、現地調査時に興味を持たれた銅沼の北にある無名の沼、及び裏磐梯スキー場グレンデ内湧水（最も湧水量の多い場所）でも採水を行った。さらに参考地点として五色沼湖沼群からの流出先である長瀬川でも追加して調査を行った。

イ 調査地点

12湖沼では原則として、それぞれの流入水と流出水を採用することとしたが、植生や底泥等によ



図1. 採水の様子（銅沼）

り流入水（又は流出水）の採水が困難なものについては、流入地点（又は流出地点）付近の湖沼内の水を採取した。

また、表流水の流入が確認できない銅沼、赤沼、流入地点付近への到達が著しく困難な瑠璃沼、もうせん沼は沼の中央部または流出地点付近の1箇所とした。総調査地点数は、7湖沼×2地点、5湖沼×1地点、追加地点3地点の計22地点であった。



図2. 採水の様子（深泥沼流入水）

(3) 調査機関

ア 現地調査・採水：福島県生活環境部水・大気環境課、
福島県環境センター

イ 分析：福島県環境センター、財団法人福島県保健衛生協会

(4) 分析項目及び測定方法

表1のとおり。なお分析項目のうち、大腸菌群数とクロロフィルaは原則として各湖沼の1地点（流出側）とした。

表1. 分析項目と分析方法

分析項目	測定方法
pH	昭和46年環境庁告示第59号(JIS ※ 12.1 ガラス電極法)
EC	JIS 13 電気伝導度計
COD	昭和46年環境庁告示第59号(JIS 17 KMnO4による酸素消費量)
大腸菌群数	昭和46年環境庁告示第59号(最確数による定量法)
全窒素	昭和46年環境庁告示第59号(JIS 45.2 紫外吸光光度法)
全 磷	昭和46年環境庁告示第59号(JIS 46.3.1 ヘルキニ二硫酸トリウム分解法)
クロロフィルa	上水試験方法 27
DO	昭和46年環境庁告示第59号(JIS 32 よう素滴定法)
蒸発残留物	JIS 14.2
酸度	上水試験方法 14.3
アルカリ度	上水試験方法 14.2
TOC	JIS 22 燃焼酸化一赤外線式TOC自動計測法
Fe	JIS 57.4 ICP発光分光分析法
Mn	JIS 56.4 ICP発光分光分析法
Al	JIS 58.4 ICP発光分光分析法
Zn	JIS 53.3 ICP発光分光分析法
SiO ₂	JIS K0101 44.3.1 モリブデン青吸光光度法
Na ⁺	JIS 48.3 イオンクロマトグラフ法
K ⁺	JIS 49.3 イオンクロマトグラフ法
Ca ²⁺	JIS 50.4 イオンクロマトグラフ法
Mg ²⁺	JIS 51.4 イオンクロマトグラフ法
NH ₄ ⁺	JIS 42.5 イオンクロマトグラフ法
F ⁻	JIS 34.3 イオンクロマトグラフ法
SO ₄ ²⁻	JIS 41.3 イオンクロマトグラフ法
NO ₃ ⁻	JIS 43.2.5 イオンクロマトグラフ法
NO ₂ ⁻	JIS 43.1.2 イオンクロマトグラフ法
Cl ⁻	JIS 35.3 イオンクロマトグラフ法
HCO ₃ ⁻	衛生試験法 4.1.10) (2) 中和滴定法

※ JISとは「日本工業規格 K0102 工場排水試験方法」を示す。

3. 結果と考察

調査の結果は、資料1（巻末）のとおり。

五色沼湖沼群は、表流水によって水系をたどると、

- ①（銅沼）→スキー場湧水→緑沼→瑠璃沼→青沼→弁天沼の系列（以下[銅沼系]）と
- ② もうせん沼→弥六沼→父沼→母沼→柳沼→（石倉沼）の系列（以下[柳沼系]）があり、
- ③ ①②が合流して、竜沼→深泥沼→毘沙門沼（以下[竜沼系]）と流下して長瀬川に流入している。^{※1}

五色沼湖沼群の水質については、1985年に千葉らが今回とほぼ同様の詳細な調査を行い上記の水系別に考察を加えている（以下「1985年調査」とする）。^{※1}

今回の結果も上記①～③の水系に分け、1985年調査との比較を行い、考察を試みた。

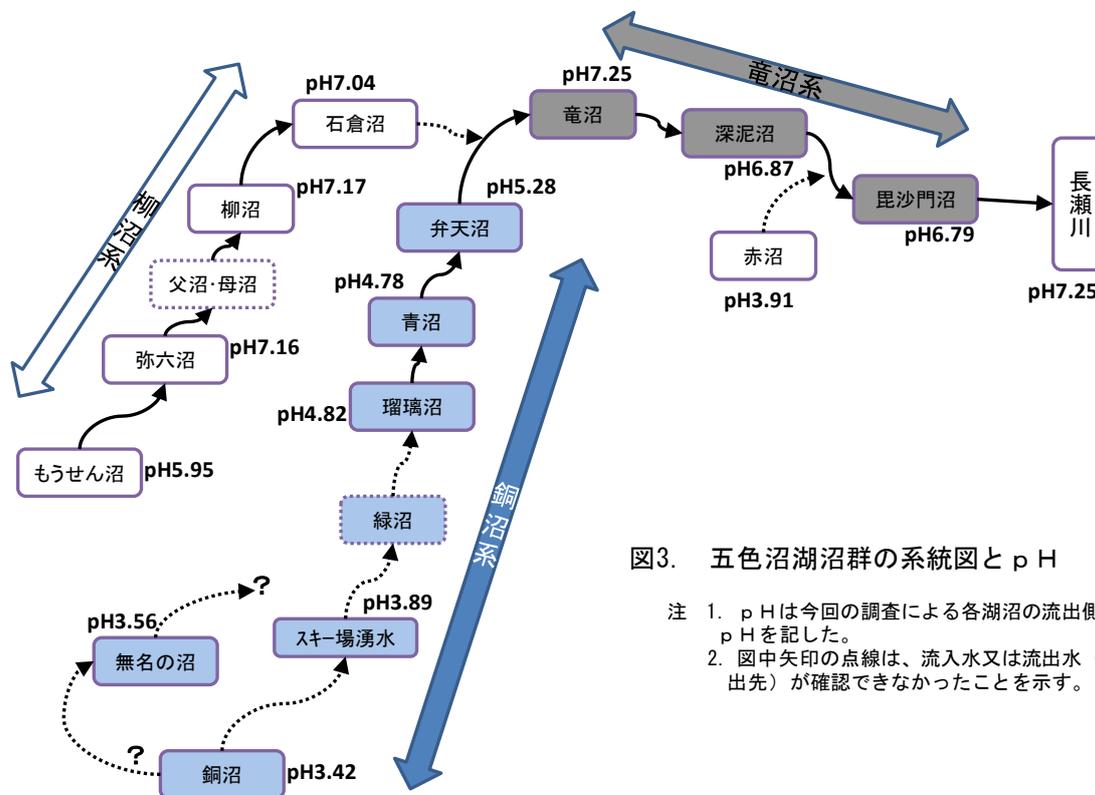


図3. 五色沼湖沼群の系統図とpH

- 注 1. pHは今回の調査による各湖沼の流出側のpHを記した。
 2. 図中矢印の点線は、流入水又は流出水（流出先）が確認できなかったことを示す。

表2. 流入水(流入部)と流出水(流出部)の水質の比較

湖沼名	pH		EC (mS/cm)		流入・流出で変動の大きかった 金属成分・イオン成分(mg/L) (注)
	流入	流出	流入	流出	
青沼	4.78	4.78	1.316	1.313	—
弁天沼	4.68	5.28	1.337	1.400	Fe 0.01→0.33 Al 1.70→1.01
弥六沼	7.14	7.16	0.281	0.285	—
柳沼	7.04	7.17	0.544	0.522	Fe <0.01→0.09 Si 65.2→104
竜沼	7.05	7.25	0.521	0.525	Fe 0.87→0.35 Al 0.50→0.15
深泥沼	7.24	6.87	0.527	0.555	Mn 0.30→0.47
毘沙門沼	6.95	6.79	0.600	0.686	Fe 0.05→0.13 Mn 0.45→0.83

(注) 流入水と流出水で概ね50%以上の濃度変動があった項目を記した。

なお、2. (2)に記したように、7つの沼では流入水と流出水の両方を調査したが、その結果を見ると（表2）、青沼と弥六沼はpH及び各項目ともに流入・流出の濃度差がほとんどなく、同じ水質のものと考えられた。一方、弁天沼ではpHが4.68→5.28と上昇、深泥沼では7.24→6.87に低下しており、明らかな水質の変動が認められた。他の3沼（柳沼、竜沼、毘沙門沼）ではpHの変動は0.1~0.2程度であったが、50%以上の増減を示す項目が見られた。これらの沼では、特に流出側で濃度が上昇している沼では、今回採水した流入水以外に沼全体の水質に影響を及ぼす流入水（表流水）又は沼内湧水の存在が示唆され、これについては、表流水及び地下水の水収支に関係した事項（担当：福島大学）の調査結果と含めて検討する必要がある。

1985年調査は各沼の流出口で調査を行っているので、以下本報で今回の結果と1985年調査結果を比較する際は、流出水（流出部）の結果を用いることとする。

(1) 調査項目ごとの結果と考察

ア pH

pHの結果を図4に示す。

銅沼系において、pHはすべて酸性を示していた。銅沼の3.42から流下に伴いpHが上昇し、弁天沼では5.28を示した。1985年調査と比較すると、若干上昇していた（銅沼、瑠璃沼および青沼で0.3~0.4程度、弁天沼では0.8）。

柳沼系のもうせん沼は酸性を示したが、1985年調査と比較するとpHが4.26から5.95へ上昇した。弥六沼、柳沼、石倉沼は中性を示し、変化はみられなかった。

銅沼系と柳沼系が合流した後の竜沼系ではpHは中性を示し、1985年調査と比較するとほぼ同程度の値であった。

赤沼は酸性を示し、変化は見られなかった。

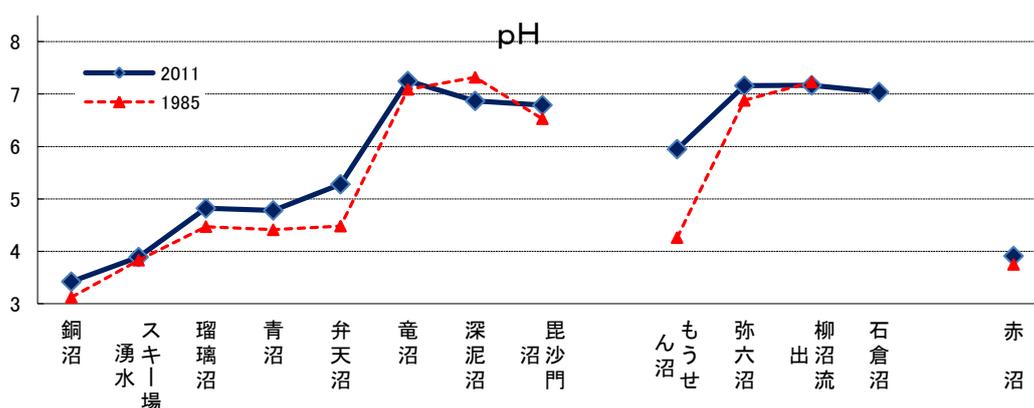


図4. 各調査地点のpH値

イ 陽イオン及び陰イオン

各湖沼のイオン当量濃度で、陽イオンの占める割合は「Ca²⁺>Na⁺>Mg²⁺」、陰イオンの占める割合は「SO₄²⁻>Cl⁻>HCO₃⁻」の順となっており、1985年調査と同様の傾向であった。

1985年調査と比較すると、銅沼系、柳沼系および赤沼で硫酸イオンの減少がみられた。

特に銅沼ともうせん沼では硫酸イオンの他に、カルシウムイオン、マグネシウムイオンでも著しい減少がみられた。他のイオン成分は多少の増減はあるものの変動の幅は小さかった。

今回の調査地点のなかで特徴的な水質を示す沼として、石倉沼があげられる。イオン成分濃度が周囲の湖沼群と比較して低く、ECおよび強熱減量も全調査地点中、最小であった。

千葉(1986)が指摘した「低濃度地下水又は表流水」の影響を強く受けた湖沼であると推測された。

図5にナトリウムイオンと塩化物イオンの流程変化を示す。

瑠璃沼から弁天沼にかけて、また、もうせん沼から柳沼にかけて成分濃度の上昇が認められ、千葉(1986)における「Na-Cl型地下水」の流入が示唆された。

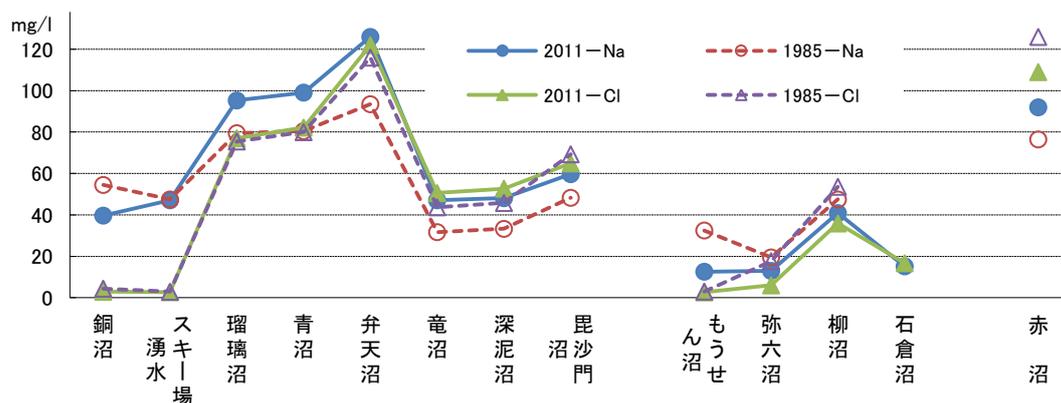


図5. 各調査地点のナトリウムイオンおよび塩化物イオン濃度

ウ 鉄、マンガン、アルミニウム、シリカ

1985年調査と比較して、銅沼系ではこれらの成分のわずかな濃度減少がみられた。

シリカ (SiO₂) は、銅沼ともうせん沼で、減少の幅が大きく (図6)、溶存態として比較した場合、1985年調査と2011年調査の差はさらに大きいものとなった(1985年調査では溶存態シリカを測定しているため。)

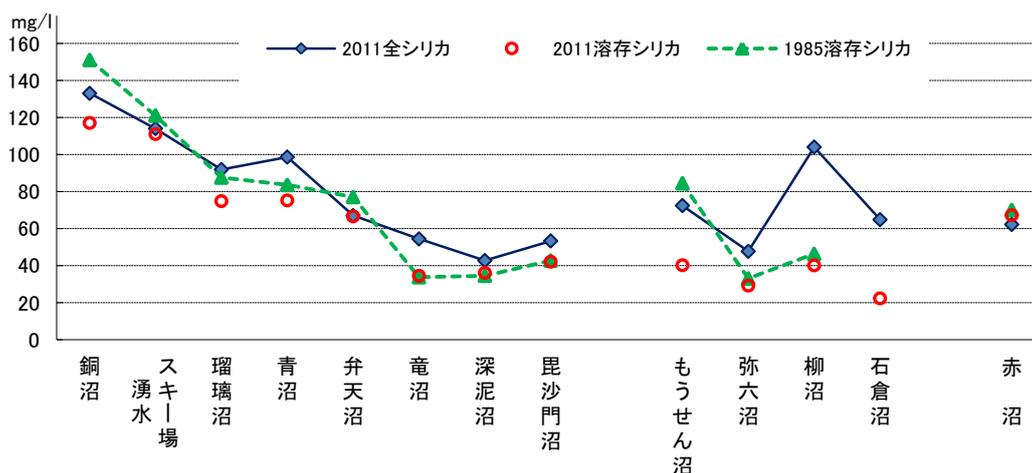


図6. 各調査地点のシリカ濃度

エ その他の項目

ECは、銅沼系と赤沼で高く (1 mS/cm 以上)、柳沼系および竜沼系は低い値であった。蒸発残留物も同様の傾向が見られた。

TOCは、柳沼系は1.0 mg/L 前後の値であったのに対し、銅沼系および竜沼系では0.5 mg/L 程度以下であった。CODも同様の傾向が見られた。

DOは、弁天沼流入部、石倉沼で低い値 (飽和率 54%、58%) を示し、他の湖沼の 70~90% と比較

して低い値であった。

大腸菌群数は、毘沙門沼で最大値 3,300 MPN/100ml を示し、次いで柳沼系の弥六沼、柳沼および石倉沼が 2,400 MPN/100ml と各水系の流下に従い増加していた。

全窒素は、銅沼で最大値 0.18 mg/L を示し、次いで もうせん沼で 0.10mg/L であったが、その他の地点では 0.10mg/L 以下であった。

全リン濃度が 0.020mg/L 以上であったのは、柳沼、石倉沼、竜沼の 3 湖沼であった。

クロロフィル a は、最低値は銅沼で 0.10 μg/L、最高値は柳沼の 85.91 μg/L であった。

なお、これらの項目は、1985 年調査では行われていないため、データの比較検討はできない。

(2) 水系ごとの結果と考察

ア 銅沼系(銅沼、(仮)無名沼、瑠璃沼、青沼、弁天沼、スキー場湧水)

(ア) pH

銅沼の 3.42 が最低で、弁天沼の 5.28 が最高であった。スキー場湧水 (pH3.89) を含め、銅沼系のすべてで酸性であった。

1985 年調査と比較すると、pH は上昇傾向 (銅沼、瑠璃沼および青沼で 0.3 ~0.4 程度、弁天沼では 0.8) にあるが、1.0 以上変化したものはなかった。

(イ) 鉄・マンガン・アルミニウム

1985 年調査と比較すると、全体的に減少傾向にある項目が多かったが、著しい変化は認められなかった。

(ウ) 陽イオン及び陰イオン

千葉(1986)は、瑠璃沼、青沼および弁天沼の流下の順にナトリウムおよび塩化物イオンが増大し、カルシウムイオンおよび硫酸イオンの減少傾向が認められることを報告しているが、今回の調査でも同様の傾向が認められた。

(エ) 銅沼と (仮) 無名沼・スキー場湧水との比較

銅沼は、磐梯山山頂から北側約 2 km 地点にあり、赤褐色の底質をもつ沼である。

スキー場湧水は、銅沼から約 1 km 北側のスキー場ゲレンデ付近からの湧出水である。

銅沼とスキー場湧水の水質を 1985 年調査と比較し考察する (表 3、図 7、図 8) と、鉄・マンガン・アルミニウム、陽イオン・陰イオン濃度は全体的に減少傾向にあり、銅沼の主要成分である、カルシウムイオン、硫酸イオンが 1985 年調査の約 6 割程度に減少していた。

スキー場湧水の水質は、鉄およびアルミニウムが低いことを除いて銅沼と類似していた。

表3. 銅沼とスキー場湧水のpH、鉄・マンガン・アルミニウムおよびイオン濃度

項目	銅沼1985	銅沼2011	銅沼2011/ 銅沼1985 (%)	湧水(上) 1985	湧水(下) 1985	湧水2011	湧水2011/ 湧水(下)1985 (%)
pH	3.12	3.42	-	3.83	3.84	3.89	-
Fe mg/L	15.56	14.3	91.9	0.19	0.18	0.08	44.4
Mn mg/L	9.34	5.52	59.1	10.69	9.83	7.84	79.8
Al mg/L	176	125	71.0	53.4	47.5	60.2	126.7
Na ⁺ mg/L	54.5	39.7	72.8	52.5	47.5	47.1	99.2
K ⁺ mg/L	3.6	3.2	88.9	8.3	7.9	6.5	82.3
Ca ²⁺ mg/L	420	250	59.5	361	329	297	90.3
Mg ²⁺ mg/L	87	49.1	56.4	80.5	74.5	56.6	76.0
SO ₄ ²⁻ mg/L	2411	1380	57.2	1563	1431	1170	81.8
Cl ⁻ mg/L	4.4	2.9	65.9	3.1	2.9	2.7	93.1

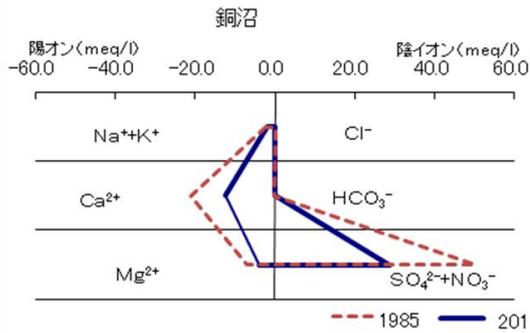


図 7. 銅沼のイオン当量

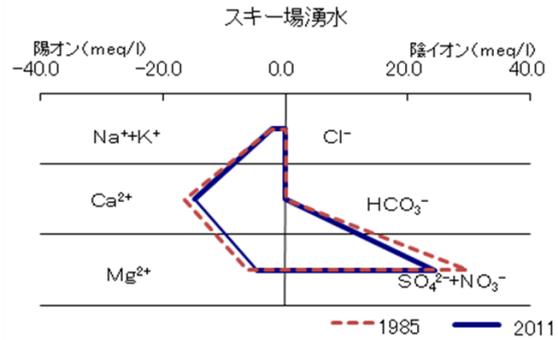


図 8. スキー場湧水のイオン当量

また、今回調査した(仮)無名沼は、銅沼の北方向約 200m地点にある名称不明の小さな沼である(銅沼からの流入水は確認されなかった)。

pHは 3.56 と、銅沼に次いで低かったが、ECは、銅沼およびスキー場湧水でそれぞれ 1.91、1.72 mS/cmであるのに対し、(仮)無名沼では、0.34 mS/cmであり、銅沼の水質由来とは異なる可能性がある。

表 4. 銅沼、(仮)無名沼、スキー場湧水の pH 等

	銅沼2011	(仮)無名沼 2011	スキー場湧水 2011
pH	3.42	3.56	3.89
EC	mS/cm 1.911	0.342	1.723
COD	mg/L 1.94	0.72	0.27
T-N	mg/L 0.18	0.05	0.09
T-P	mg/L 0.006	0.005	0.020
DO	mg/L 8.14	9.72	7.14

(オ) スキー場湧水と瑠璃沼との関係

スキー場湧水は緑沼(今回未確認)を経て、瑠璃沼に至るとされる。

千葉(1986)は瑠璃沼とスキー場湧水との溶解性金属、イオン比を検討している。

2011年調査でこの比を計算したところ、1985年調査と同様の傾向を示した(表5)。

瑠璃沼の水質を1985年調査と比較すると、鉄が75%減少し、マンガンおよびアルミニウムが半減していた。

表 5. スキー場湧水と瑠璃沼の水質

mg/L	湧水(下) 1985	瑠璃沼 1985	湧水 2011	瑠璃沼 2011	(瑠璃沼)/(湧水)比		瑠璃沼2011/ 瑠璃沼1985 (%)
					1985年	2011年	
Fe	0.18	0.67	0.08	0.17	3.72	2.13	25.4
Mn	9.83	4.47	7.84	2.45	0.45	0.31	54.8
Al	47.5	6.55	60.2	3.32	0.14	0.06	50.7
Na ⁺	47.5	79.5	47.1	95.3	1.67	2.02	119.9
K ⁺	7.9	14.9	6.5	15.7	1.89	2.42	105.4
Ca ²⁺	329	219	297	178	0.67	0.60	81.3
Mg ²⁺	74.5	53.8	56.6	37.4	0.72	0.66	69.5
SO ₄ ²⁻	1431	840	1170	627	0.59	0.54	74.6
Cl ⁻	2.9	75.5	2.7	77.0	26.03	28.52	102.0

1985年データは、千葉(1986)を加工して作成。

(カ) 瑠璃沼、青沼および弁天沼との比較

瑠璃沼は探勝路の東側約 100m 付近を流出部として採水した。青沼は探勝路の下で接続している水路から表流水を採水し、また、沼内部の「流出部」から採水した。

瑠璃沼、青沼および弁天沼の流下順にナトリウムイオンおよび塩化物イオンが増加し、カルシウムイオンおよび硫酸イオン濃度の減少傾向が認められ、千葉(1986)と同様の傾向が認められた。

瑠璃沼、青沼および弁天沼のイオン当量を図 9～11 に示す。

また、pH は弁天沼で最高となり、クロロフィル a は流下に従い減少した。

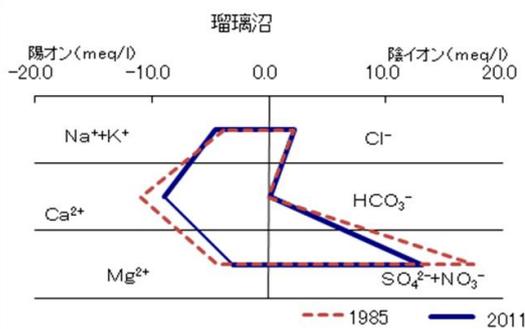


図 9. 瑠璃沼のイオン当量

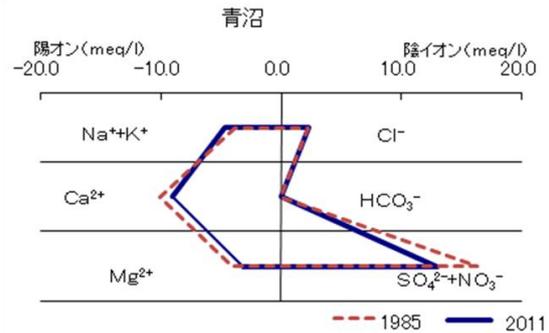


図 10. 青沼のイオン当量

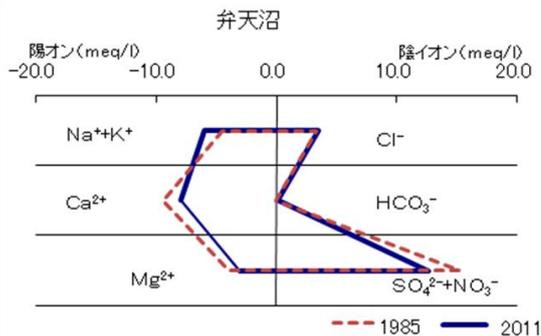


図 11. 弁天沼のイオン当量

イ 赤沼

(ア) pH

pH は 3.91 で、銅沼、(仮)無名沼に次いで強い酸性を示した。表流水の流入は確認できず、沼内の湧水等に起因する水質であると考えられる。

(イ) 鉄・マンガン・アルミニウム

鉄およびアルミニウムは、1985 年調査に比べてそれぞれ 91%、32% 減少し、マンガンは 17% 増加していた。

(ウ) 陽イオン及び陰イオン

1985 年調査と比較すると、マグネシウムイオンが 24% 減少したほか、顕著な増減は認められなかった (図 12)。

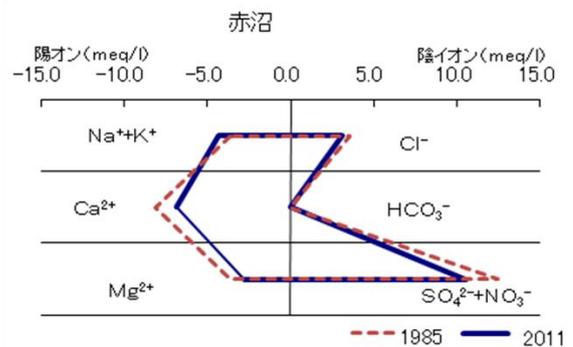


図 12. 赤沼のイオン当量

ウ 柳沼系（もうせん沼、弥六沼、柳沼、石倉沼）

(ア) pH

もうせん沼は弱酸性を、弥六沼、柳沼、石倉沼は中性を示した。

1985年調査と比較すると、もうせん沼のpHに大きな変化が認められた（pHが1.7上昇）。

(イ) 鉄・マンガン・アルミニウム

もうせん沼のアルミニウムは顕著な減少（90%以上減少）が認められた。

もうせん沼は他の柳沼系の沼と比較して、鉄、マンガン、アルミニウムが高い値を示した。

(ウ) 陽イオン及び陰イオン

1985年調査と比較可能なすべての陽イオン、陰イオンで減少が認められた（図13～15）。

特にもうせん沼では、主成分となる硫酸イオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンに著しい減少が認められた（図13）。

弥六沼から柳沼にかけてナトリウムイオン、カルシウムイオン、塩化物イオンの上昇が認められた。

これは1985年調査でも認められ「Na-Cl型地下水」の流入とされている（図14）。

石倉沼は全体的にイオン濃度が低く（図16）、千葉(1986)が指摘した「低濃度地下水又は表流水」の影響を強く受けた可能性が推測された。

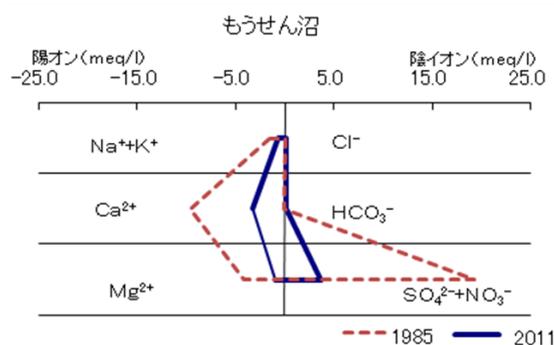


図13. もうせん沼のイオン当量

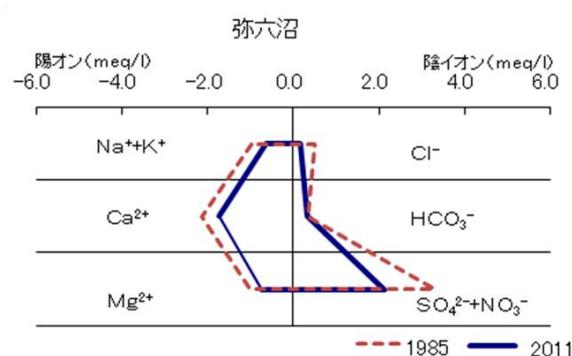


図14. 弥六沼のイオン当量

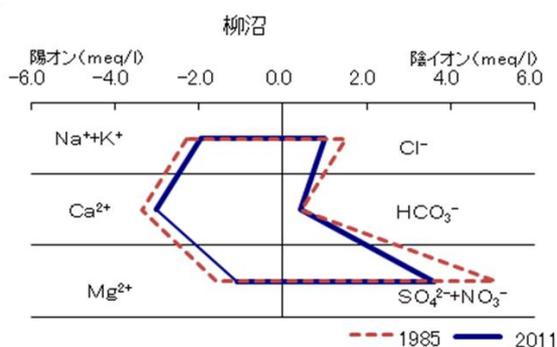


図15. 柳沼のイオン当量

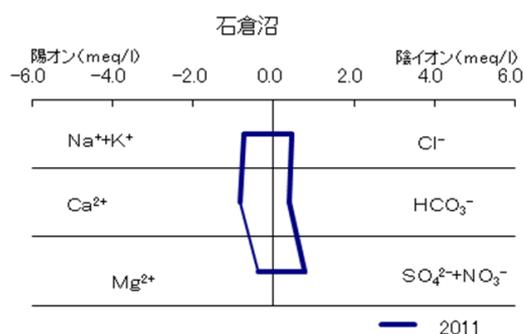


図16. 石倉沼のイオン当量 (2011)

エ 竜沼系（竜沼、深泥沼、毘沙門沼）

(ア) pH

竜沼、深泥沼および毘沙門沼はいずれも中性を示し、1985年調査と比較して大きな変化は認められなかった。

(イ) 鉄・マンガン・アルミニウム

鉄は、竜沼、深泥沼および毘沙門沼で1985年調査に比べ、約2～8倍に増加した。マンガンは、毘沙門沼で約60%程度に減少し、他の2つの沼では同程度であった。

(ウ) 陽イオン及び陰イオン

1985年調査と比較すると竜沼および深泥沼のナトリウムイオンが約40%程度増加しているほか、大きな変化はみられなかった(図17~19)。

(エ) その他

竜沼から毘沙門沼に流下に従って、陽イオン、陰イオンなどほとんどの項目で若干の上昇が認められ(表6)、深泥沼から毘沙門沼間で増加割合が大きかった。これは深泥沼から毘沙門沼に至る流程で赤沼の湖水の流入、もしくは、毘沙門沼湖内からの地下湧水などの影響があるためと推察される。

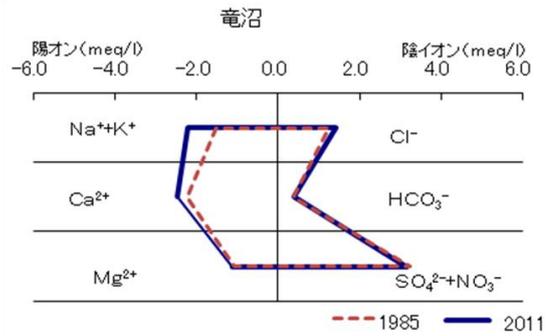


図17. 竜沼のイオン当量

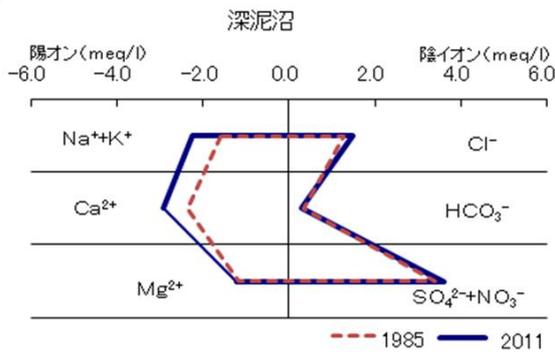


図18. 深泥沼のイオン当量

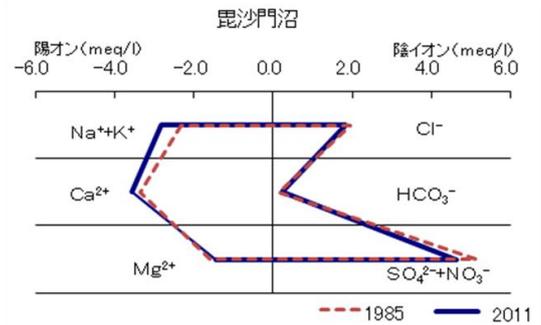


図19. 毘沙門沼のイオン当量

表6. 竜沼系の陽イオン、陰イオンの変化

	2011年調査					1985年調査				
	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／竜沼	毘沙門沼 ／深泥沼	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／竜沼	毘沙門沼 ／深泥沼
pH	7.25	6.87	6.79	-	-	7.09	7.32	6.53	-	-
Fe mg/L	0.35	0.31	0.13	0.89	0.42	0.04	0.19	0.05	4.75	0.26
Mn mg/L	0.42	0.47	0.83	1.12	1.77	0.48	0.43	1.38	0.90	3.21
Na ⁺ mg/L	47.1	48.1	59.7	1.02	1.24	31.7	33.3	48.3	1.05	1.45
K ⁺ mg/L	6.2	6.4	8.6	1.03	1.34	5.2	5.5	8.1	1.06	1.47
Ca ²⁺ mg/L	49.4	58.2	71.6	1.18	1.23	44.7	47.2	67.0	1.06	1.42
Mg ²⁺ mg/L	13.7	14.6	17.6	1.07	1.21	13.0	14.3	19.2	1.10	1.34
SO ₄ ²⁻ mg/L	151	173	223	1.15	1.29	155	163	246	1.05	1.51
Cl ⁻ mg/L	50.6	52.7	64.9	1.04	1.23	43.7	45.8	69.3	1.05	1.51
HCO ₃ ⁻ mg/L	23.0	18.4	14.2	0.80	0.77	21.9	20.3	9.3	0.93	0.46

4. まとめ

- (1) 湖沼水の化学的成分を1985年調査と2011年調査で比較すると、大きな変化は認められなかったが、溶解性金属や各種イオンに増減が認められ、その増減は、銅沼やもうせん沼など上流の地点で大きいものであった。
- (2) 今回、調査地点に追加した(仮)無名沼および石倉沼は、それぞれ銅沼系、柳沼系の水質を考える上で特徴的な水質を示したことから、平成24年5月に2回目の調査を実施し、さらなる考察を行う。

参考文献

- 1) 千葉 茂(1986)『裏磐梯五色沼の水質とその成因について』(福島大学理科報告38号)

福島県環境センター年報
第15号（平成23年度）

発行年月 平成25年2月

編集・発行 福島県環境センター

〒963-8024 郡山市朝日三丁目5番7号

電話 024(923)3401

FAX 024(925)9029

E-mail : kance@pref.fukushima.lg.jp

HP

福島県環境センター

検索





ふくしまから
はじめよう。