

福島県環境センター一年報

Annual Report of Fukushima Prefectural Environmental Center

第 17 号

—平成25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4年を迎えようとしています。

いまだに12万人の県民が避難を余儀なくされ、東京電力福島第一原子力発電所も事故収束の見通しは依然として不透明であり、風評被害も残るなど、本県では「有事」が続いている状況にあります。

こうした状況の中、「新生ふくしま胎動の年」として、総合計画、復興計画に基づき様々な取組みがなされており、環境関係においても、県土の環境回復のため新たな拠点施設となる環境創造センターが着工しています。

環境センターにおいては、震災前まで水生生物を活用して水質調査を行う団体を「せせらぎスクール」として募集していましたが、今年度より震災後一時中断していた「せせらぎスクール」の募集を再開しております。少しでも多くの団体の参加により、本県の水環境を全国に発信できるものと期待しております。

ここに平成25年度における業務の実績について取りまとめた年報17号を発刊いたしました。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申し上げます。

平成27年2月

福島県環境センター
所長 小林 正人

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	11
(1) 調査分析	11
(2) 事故等緊急時の調査分析	17
(3) 調査分析検体数	18
(4) 精度管理調査	19
(5) その他	19

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	20
2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査	39
3 プレジャーボートによる水質の影響調査	52
4 湖沼における難分解性有機物調査	61
5 窒素・りん除去型浄化槽からの排水実態調査	70
6 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査	75
7 水質汚濁負荷量削減の数値化調査結果	79

IV 資料

1 イベントを通じた科学コミュニケーション活動について	87
2 ゴルフ場農薬分析方法の効率化の検討	90
3 猪苗代湖の大腸菌群数及び大腸菌数について(第2報)	93
4 裏磐梯五色沼湖沼群における水質の変化	95
5 裏磐梯五色沼湖沼群の水質(1985年調査との比較)	99
6 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(第3報)	102

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

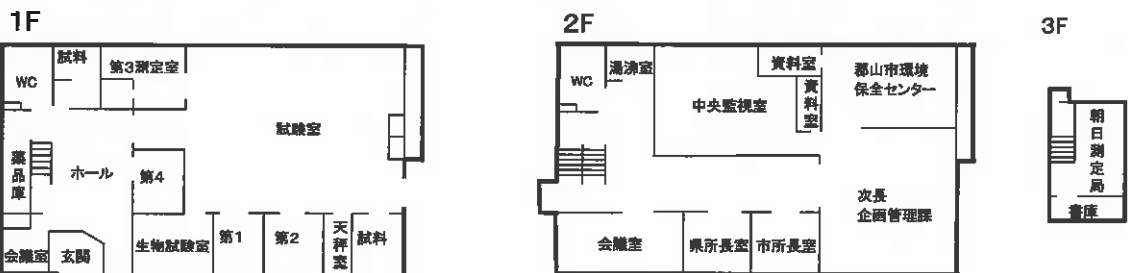
(本館)

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

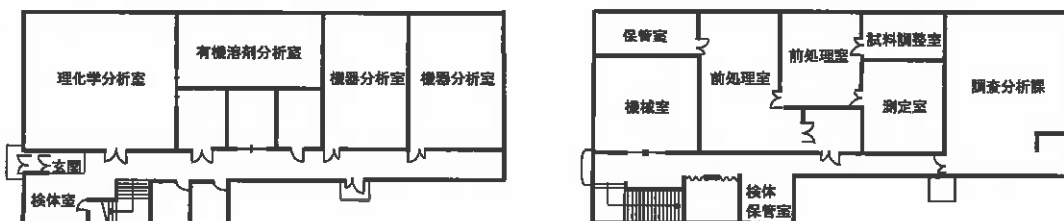
建床面積 301.32m²

構造 軽量鉄骨造トタン葺2階建て

延床面積 602.64m²

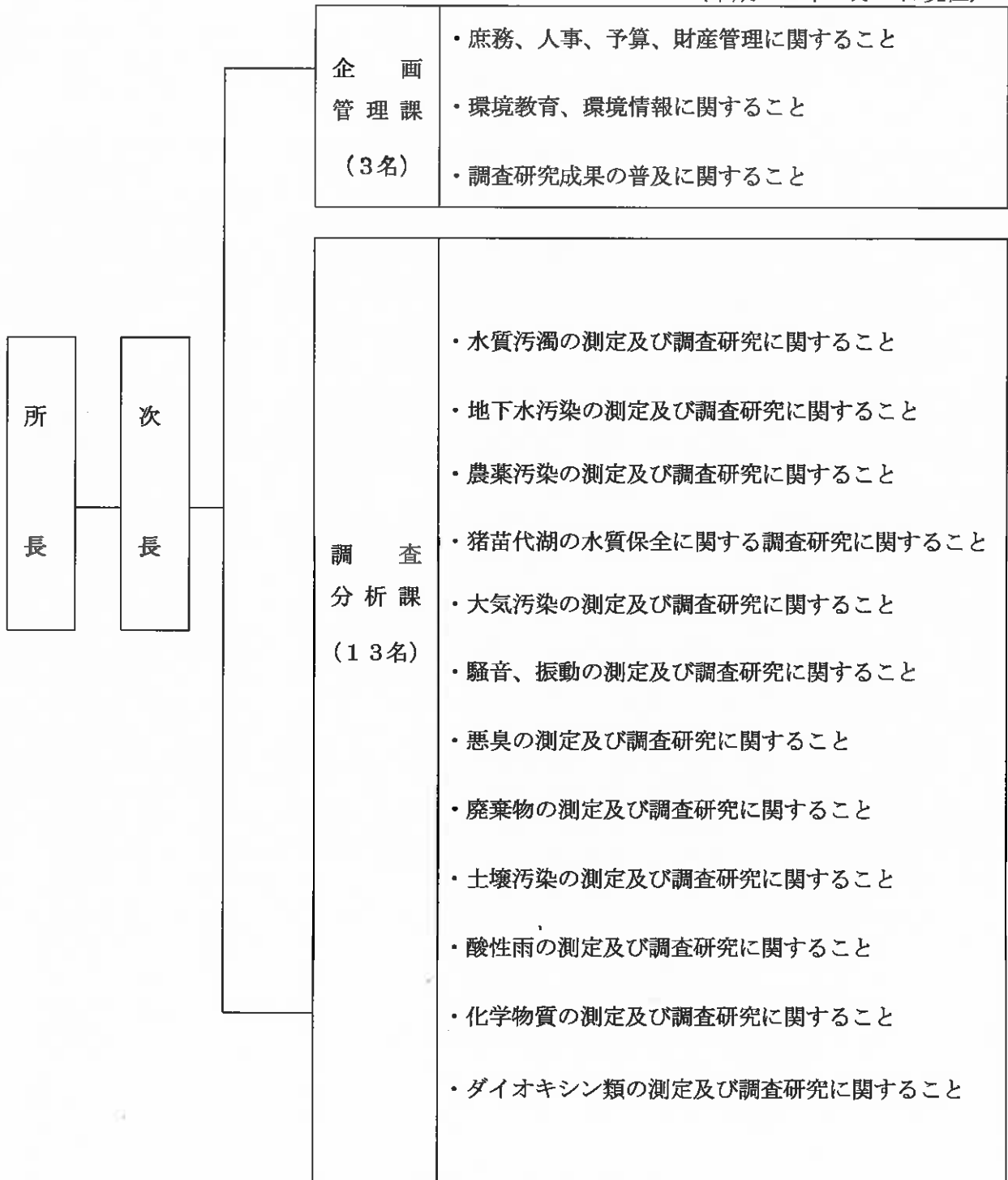
1F(環境ホルモン分析施設)

2F(ダイオキシン類分析施設)



3 組織及び事務分掌

(平成25年4月1日現在)



4 職員配置及び職員一覧

(平成25年4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						
主査	1	3		4	1	3
主任薬剤技師		1		1		1
副主査		3		3		3
主事	1			1	1	
技師		4		4		4
専門員		1		1		1
合計	3	15		18	3	13

職名	氏名
所次長	大友宏 志田義美
企画管理課 (3名) 課主主 主主	伊藤博 後藤幸子 小川優子
調査分析課 (13名) 課主主 主任薬剤技師 主主 副副 副副 技技 技技 技技 専門	長査査 査査 査査 査査 査査 師師 師師 師師 師師 員員 渡久邊 稔 渡保邊 恵美 長南 丈裕 伊藤 千恵子 山藤 美香 後下 奈緒 鈴木 昌子 中馬 千穂 古川 誠 寺内 晃 佐藤 真由美 島貫 勝美

5 予算の概要

(決算額)

款	項	目	節	決算額(円)
総務費				30,363
	県民生活費			12,422
		県民生活総務費		12,422
			共済費	8,222
			交際費	0
			負担金・補助及び交付金	4,200
	企画費			17,941
		地域振興費		17,941
			旅費	7,150
			需用費	10,791
衛生費				78,756,211
	環境保全費			78,756,211
		環境保全対策費		26,349,488
			共済費	545,475
			報償費	108,800
			旅費	529,005
			需用費	19,950,105
			役務費	777,353
			委託料	3,160,710
			使用料及び賃借料	1,143,940
			負担金、補助及び交付金	61,000
			公課費	73,100
		公害対策費		42,913,973
			共済費	236,280
			賃金	1,467,943
			報償費	107,900
			旅費	434,670
			需用費	13,882,950
			役務費	916,100
			委託料	18,420,045
			使用料及び賃借料	285,485
			備品購入費	7,125,300
			負担金、補助及び交付金	37,300
		除染推進費		9,492,750
			委託料	9,492,750
労働費				1,940,435
	雇用対策費			1,940,435
		緊急雇用対策費		1,940,435
			共済費	261,085
			賃金	1,653,000
			役務費	26,350
		計		80,727,009

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 Elix-UV5	1	平17
超純水製造装置	ミリポア Milli-Q Integral5	2	平24
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
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			
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
固相抽出装置	ジーエルサイエンス 798C-0069	1	平24
マイクロウェーブ試料分解装置	マイルストーン ETHOS One	1	平24
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装置 (HS)	Agilent HP5973I-HP6890N	1	平16
〃 (HS)	日本電子 JMS-Q1000GC MK II	1	平21
〃 (PT)	Agilent 7890A-5975Cinert	1	平21
〃 (PT)	Agilent 7890A/5975 inertMSD	1	平24
誘導結合高周波プラスマ質量分析装置	サーモフィッシャー X-series2	1	平21
液体クロマトグラフ質量分析装置	サーモフィッシャー TSQ Quantum Access MAX	1	平24
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-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-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
光度計			
紫外可視分光光度計	日立 U-3900	1	平24
原子吸光光度計 (フレイム)	島津製作所 AA-6800F	1	平13
原子吸光光度計 (フレイムレス)	島津製作所 AA-6800G	1	平19
紫外可視分光光度計	日本分光 V-560	1	平17
誘導結合プラスマ発光分光分析装置	サーモフィッシャー iCAP6500	1	平20

機 器 名	型 式	数量	整備年度
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・セカス調整装置	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)	濁川理化学工業 NGZ-4DS	1	平11
〃	濁川理化学工業 NGZ-4DS	1	平20
窒素酸化物・酸素測定装置(煙道用)	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
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
窒素酸化物測定装置(環境大気用)	堀場製作所 APNA-360	1	平13
アスベスト測定用位相差分散顕微鏡	ニコン 80iTP-DSPH	1	平18
EDS付き走査電子顕微鏡	日本電子 JMS-6010LA	1	平23
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
環境大気移動測定車	トヨタ TQG (NOx計他搭載)	1	平24
大型恒温器	いすゞ製作所 TPAF-448-20	1	平24
恒温振とう培養器	タイテック BR-300LF	1	平24
その他			
天然ガス車	日産 CFF-VGY11 (ADバン)	1	平16

<平成25年度に購入したもの>

機 器 名	型 式	数量
水銀測定装置	日本インスツルメンツ WA-5A	1
蒸留水製造装置	ADVANTEC RFV542EA	2
原子吸光光度計	島津製作所 AA-7000	1
ロータリーエバポレーターシステム	日本理化学器械 N-1200A	1
分析機材等搬送車	日産 キャラバン	1
超音波洗浄流台	日本超音波技研 IUC-7321N	1
器具乾燥機	ヤマト科学 DG850	1
定温恒温乾燥機	東京理化学器械 ND0601-SD	1
振とう機	タイテック SR-2DW	2
マッフル炉	ヤマト科学 FO510	2
シアン蒸留装置	スギヤマゲン P-382-5GS	1
SSろ過器	宮本理研工業 SM-1A	2
薬用保冷库	パナソニック MPR-215FS-PJ	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
環境モニタリング技術研修	環境省環境調査研修所	所沢市	7/2～7/5
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	9/30～10/4
廃棄物分析研修	環境省環境調査研修所	所沢市	10/21～11/1
水質分析研修	環境省環境調査研修所	所沢市	11/28～12/13
第7回日本化学連合シンポジウム	(一社)日本化学連合	東京都	3/17
日環協・関東支部環境セミナー	(一社)日本環境測定分析協会関東支部	郡山市	7/18
日本水環境学会東北支部幹事会・支部セミナー	(社)日本水環境学会東北支部	秋田市	11/27
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	11/21～11/22
化学物質環境実態調査環境科学セミナー	環境省	東京都	1/23～1/24
第29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	2/13～2/14
日本水環境学会年会	(社)日本水環境学会	仙台市	3/17～3/19

(2) 全国環境研協議会

名 称	主 催 等	開催地	開催月日
全国環境研協議会北海道・東北支部総会	全国環境研協議会北海道・東北支部	青森市	5/23～5/24
日本水環境学会東北支部幹事会・総会・講演会	(公社)日本水環境学会東北支部	仙台市	5/30
第48回日本水環境学会年会実行委員会	第48回日本水環境学会年会実行委員会	仙台市	7/6
第48回日本水環境学会年会第2回実行委員会	第48回日本水環境学会年会実行委員会	仙台市	11/30
第48回日本水環境学会年会実行委員会	第48回日本水環境学会年会実行委員会	仙台市	3/17～3/19
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	秋田市	7/18
第39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	札幌市	10/17～10/18
第42回全国環境研協議会総会	全国環境研協議会	東京都	2/3
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	盛岡市	2/27～2/28
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	仙台市	3/19

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開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等を派遣した。

- ・実施期間 平成25年4月～平成26年3月
- ・環境アドバイザー 25名
- ・派遣回数 6回（内1回は、県職員）
- ・参加人員 262名

イ. せせらぎスクール推進事業

(ア)全国水生生物調査（せせらぎスクール）

- ・実施期間 平成25年4月～平成25年11月
- ・参加団体 8団体
- ・参加人数 延べ398人

(イ)水環境教育指導者総合講座

水生生物調査「せせらぎスクール」の指導者の資質向上を図るとともに、福島県の復旧・復興に歩調を合わせながら、県民の水環境保全の意識の高揚を図ることを目的として講座を開催した。

実施日	平成25年7月6日（土）（初級編）	平成25年7月20日（土）（上級編）
実施場所	郡山市立湖南 コミュニティセンター	喜多方プラザ
実施内容	水生生物調査に関する講義及び実習	
対象者	教職員、公民館の指導員、こどもエコクラブサポーター、環境保全活動団体関係者、自治体関係者等	
参加者数	33名	25名

(ウ)せせらぎスクール実践モデル講座

東日本大震災及び原子力発電所事故からの復旧・復興に歩調を合わせながら、モデル的に児童に対し水生生物調査の指導実習を実施することにより、水生生物を用いた水質調査「せせらぎスクール」の指導者を養成し、県の「せせらぎスクール」復活を目的として講座を開催した。

実施日	平成25年9月10日（火）	
実施場所	実習：棚倉町山本キャンプ場内宮川 意見交換会：棚倉町立棚倉小学校会議室	
実施内容	水生生物調査に関する講義及び実習	
対象者	平成25年度水環境教育指導者総合講座（初級編）を受講した方で、こどもへの水生生物調査の指導経験を積みたい方	
参加者数	14名	

(エ)こどもエコクラブ

- ・実施期間 平成25年4月～平成26年3月
- ・対象者 幼児～高校生
- ・クラブ構成員数 11団体344名

(2) 化学物質対策(化学物質リスクコミュニケーション)

(ア)化学物質排出削減対策・リスクコミュニケーション推進セミナー

- ・開催日 平成26年2月14日
- ・開催場所 ビッグパレットふくしま
- ・参加者数 83名

(イ)郡山西部第二工業団地工業会 化学物質リスクコミュニケーション推進セミナー

- ・開催日 平成26年2月20日
- ・開催場所 福島県ハイテクプラザ研修室
- ・参加者数 33名(郡山西部第二工業団地工業会の事業所9社)

(ウ)環境コミュニケーションin 福島工業高校

- ・開催日 平成26年1月24日
- ・開催場所 福島県立福島工業高等学校
- ・参加者数 環境化学科三年生40名・見学者5名(事業者1名、県関係者4名)

(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16号)」を発行した。

(4) 視察研修の受け入れ

ポラリス保健看護学院16回生5名の視察研修を受け入れた。

(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25年度アクセス件数 4,893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25年4月～平成26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 18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25年4月～平成26年3月
- ・ 測定局数 36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) 大気発生源監視調査（煙道排ガス調査）

「大気発生源監視調査計画」に基づき、ばい煙発生施設の煙道排ガス調査及び採取した試料の分析を行った。

- ・ 実施期間 平成25年6月～7月
- ・ 調査煙道 3煙道（3工場・事業場）
- ・ 検体数(延項目数) 3検体（18項目）

(ウ) 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25年4月～平成26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) 36検体（72項目）

(エ) 火力発電所の環境影響調査

「広野火力発電所6号機立地に伴う環境影響基礎調査実施要領」に基づき、大気及び土壌の調査を行った。

- ・ 実施期間 平成26年2月～3月
- ・ 調査地点 富岡町1地点（大気）、広野町1地点（大気、土壌）
- ・ 検体数(延項目数) 大気2検体（5項目×7日間×2地点）
土壌1検体（5項目）

(オ) 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25年4月～平成26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) 66検体（660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25年4月～平成26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25年4月～平成26年3月
- ・ 調査地点 1地点(郡山市)
- ・ 検体数(延項目数) 27検体(270項目)

(ハ) 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行った。

- ・ 実施期間 平成25年4月～平成26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

(キ) 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25年4月～平成26年3月
- ・ 調査地点 11地点(福島市、伊達市、二本松市(2)、会津若松市(2)、猪苗代町、相馬市、飯館村、檜葉町、広野町)
- ・ 検体数 19検体

イ 水質汚濁に関する調査分析等

(7) 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うとともに、要調査項目の大腸菌数の測定を実施した。

- ・ 実施期間 平成25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) 17検体(249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の水質調査を委託業者(検査機関)とのクロスチェックを行うとともに、要調査項目の大腸菌数の測定を実施した。

- ・ 実施期間 平成25年5月、7月
- ・ 調査地点 猪苗代湖4地点
- ・ 検体数(延項目数) 9検体(10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25年4月～平成26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) 19地点

- | | | |
|-------------|------------------------|----------|
| | 継続監視調査 | 1 2 3 地点 |
| | 汚染井戸周辺地区調査 | 1 地点 |
| ・ 検体数(延項目数) | 1 6 1 検体 (1, 4 9 3 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25年4月～平成26年3月
- ・ 調査事業場等数 延べ255工場・事業場
- ・ 検体数(延項目数) 255検体 (1, 775項目)

b ゴルフ場排水農薬調査

- ・ 実施期間 平成25年9月～12月
- ・ 調査地点 7ゴルフ場
- ・ 検体数(延項目数) 7検体 (238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の原因を究明するとともに、その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(延べ10地点)
湖心：1地点(水深層別に延べ4地点)
河川：6地点
- ・ 調査方法 現地調査及び水質分析調査
- ・ 検体数(延項目数) 52検体(1, 123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 平成25年4月～平成26年3月
- ・ 調査地点 2地点(長瀬川河口沖300m、湖心)
測定水深(表層、5m、15m及び30m)
※ 長瀬川河口沖300mは表層を除く
- ・ 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 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 7回/年(5月～11月)
- ・ 調査地点 7地点(延10地点)
- ・ 調査方法 現地調査及び水質分析調査
湖心：1地点(水深層別に延べ4地点)
河川流入沖：3地点(長瀬川沖500m、小黒川沖500m、高橋川沖500m)

河 川：3地点（長瀬川、小黒川、高橋川）

- ・ 検体数(延項目数) 70検体（522項目）

d プレジャボートによる水質への影響確認調査

プレジャボートの走行時に排出される油分等の環境への影響等その実態を調査した。

- ・ 実施時期 4回/年（8月の平日及び日曜日（3回/日）、10月、11月（1回/日）
- ・ 調査地点 3地点（湖心1地点、湖岸1地点、湖岸沖合1地点）
小黒川：5地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 31検体（186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、市街地や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、詳細な水質分布や変動を把握するため調査を実施した。

- ・ 実施時期 4回/年（5月、6月、8月、10月）
- ・ 調査地点 2地点（堅田沖他）
- ・ 検体数(延べ項目数) 8検体（88項目）

f 窒素・りん除去型浄化槽の排水実態調査

窒素・りん除去型浄化槽排水の汚濁負荷量を把握し、その水質改善効果を確認するため、排水の実態を調査した。

- ・ 実施時期 4回/年（5月、7月、9月、11月）
- ・ 調査地点 2地点（会津若松市内、窒素・りん除去型浄化槽及び窒素除去型浄化槽各1基）
- ・ 検体数(延べ項目数) 16検体（107項目）

g 湖沼における難分解性有機物調査

県内湖沼におけるCODの環境基準達成率は改善傾向にないことから、その要因の一つと考えられる難分解性有機物について、その実態を把握するため調査を実施した。

- ・ 実施時期 猪苗代湖 2回/年（4月、9月）
尾瀬沼及び大江川 2回/年（6月、9月）
- ・ 調査地点 3地点（延べ7地点）
- ・ 検体数(延べ項目数) 14検体（325項目）

h 水質汚濁負荷削減量数値化調査

猪苗代湖北部水域に繁茂するヨシ及びヒシの刈り取りや漂着水草の回収、除じんスクリーンによる刈草の除去・回収の水質汚濁負荷削減効果を数値化するため、主な水生植物について栄養塩類の含有量等の調査を実施した。

- ・ 実施時期 5月、7月、8月、9月、11月及び12月
- ・ 調査対象 ヨシ、ヒシ、アオミドロ他、その他の漂着水生植物
- ・ 調査地点 7地点（猪苗代町小黒川河口、三ツ輪沖、村前沖、長田水路内、天神浜、松橋浜、猪苗代湖湖内）
- ・ 検体数(延べ項目数) 33検体（180項目）

ウ 騒音・振動に関する調査分析

(7) 騒音測定機材取扱研修会

新幹線鉄道騒音調査又は高速自動車道騒音調査予定の市町村担当者等を対象とした測定機材の取扱い実習を行った。

- ・ 実施時期 平成25年5月
- ・ 参加市町村数 7市町村、2地方振興局

(イ) 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25年6月～10月
- ・ 貸出市町村数 8市町村

(ロ) 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25年6月～10月
- ・ 貸出市町村数 7市町村

(エ) 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25年5月～平成26年1月
- ・ 調査地点 4地点
- ・ 調査回数 4回/年（延べ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25年4月～平成26年3月
- ・ 調査施設数 119事業場
- ・ 検体数(延項目数) 287検体（5,816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25年4月～平成26年3月
- ・ 調査施設数 7事業場
- ・ 検体数(延項目数) 7検体（72項目）

オ 化学物質に関する調査分析

(ア) 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26年1月～3月
- ・ 対象事業場数 3事業場
- ・ 検体数(延項目数) 15検体（38項目）
- ・ 調査対象物質 N,N-ジメチルホルムアミド、チオ尿素等

(イ) ダイオキシン類排出状況調査

「ダイオキシン類発生源立入検査実施要領」に基づき廃棄物焼却炉等の排出ガス及び放流水等の調査を行った。

a 煙道排ガス調査

- ・ 実施期間 平成25年6月～7月
- ・ 調査煙道数 3煙道（3事業場）

- ・ 検 体 数 3検体
- b 特定事業場排水調査
 - ・ 実 施 期 間 平成25年6月
 - ・ 調査事業場数 1事業場
 - ・ 検 体 数 1検体

(ウ) 廃棄物最終処分場等に係るダイオキシン類調査

「一般廃棄物最終処分場に係るダイオキシン類調査実施要領」及び「廃棄物関係分析調査実施要領」に基づき、放流水等の調査を行った。

- a 一般廃棄物最終処分場放流水等調査
 - ・ 実 施 時 期 平成25年10月
 - ・ 調査事業場数 1事業場及び周辺公共用水域2地点
 - ・ 検 体 数 6検体（放流水1、周縁地下水1、公共用水域の水質2及び底質2）
- b 産業廃棄物最終処分場放流水等調査
 - ・ 実 施 期 間 平成25年7月～12月
 - ・ 調査事業場数 22事業場
 - ・ 検 体 数 22検体
- c 産業廃棄物中間処理物調査
 - ・ 実 施 期 間 平成25年11月
 - ・ 調査事業場数 3事業場
 - ・ 検 体 数 3検体

(エ) 化学物質環境実態調査（環境省委託事業）

「化学物質環境実態調査委託業務実施計画書」に基づき、小名浜港の水質及び底質及び藤原川（みなと大橋）の水質試料採取と前処理を行った。

また、いわき市内において大気の試料採取を行った。

- a 水質及び底質
 - ・ 実 施 期 間 平成25年10月～11月
 - ・ 調 査 地 点 いわき市（4地点）
 - ・ 調査対象物質 POPs等6物質群、チオ尿素
 - ・ 検 体 数 7検体（水質4、底質3）
- b 大気
 - ・ 実 施 期 間 平成25年11月
 - ・ 調 査 地 点 いわき市（1地点）
 - ・ 調査対象物質 1, 1-ジクロロエチレン
 - ・ 検 体 数 3検体

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及び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。

- ・ 実 施 期 間 平成25年8月
- ・ 調 査 地 点 北塩原村
- ・ 調査湖沼等 銅沼、瑠璃沼、青沼、弁天沼、もうせん沼、弥六沼、柳沼、竜沼、深泥沼、毘沙門沼他15地点
- ・ 検体数(延項目数) 22検体（187項目）

(イ) 国立環境研究所との共同研究

アサガオに対する光化学スモッグや放射線による影響を調査するⅡ型共同研究に参加し、アサガオの成長の様子や異常の有無、周辺の空間線量率を調査した。

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。

(7) 猪苗代湖北部水域における漂着水生植物の回収・堆肥化事業（平成25年8月～10月）

(イ) 猪苗代湖北岸のヨシ刈り及び清掃活動（平成25年10月）

(2) 事故等緊急時の調査分析

・ 廃棄物不法投棄事案等に係る水質検査等を行った。

ア 口太川上流域における水質モニタリング調査

- ・ 調査目的 1, 4-ジオキサンに係る継続的な監視調査
- ・ 調査時期 平成25年4月～平成26年3月
- ・ 調査対象 河川1地点
- ・ 検体数(延項目数) 12検体(48項目)

イ その他の水質汚染・汚濁等の調査

(7) 桜川（三春町）の水質監視事業

- ・ 調査目的 土壌汚染の影響調査
- ・ 調査時期 平成25年6月、11月
- ・ 調査地点数 6地点
- ・ 検体数(延項目数) 11検体(116項目)

(イ) 土壌汚染対策法関連調査

- ・ 調査目的 土壌汚染の影響調査（要措置区域等の指定に係る検査）
- ・ 調査件数 4件
- ・ 調査時期 平成25年8月、9月、平成26年1月、3月
- ・ 調査地点 猪苗代町、須賀川市、白河市・西郷村、会津若松市
- ・ 検体数(延項目数) 27検体(72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25年9月、10月
- ・ 調査地点数 1地点
- ・ 検体数(延項目数) 3検体(7項目)

(3) 調査分析検体数

平成25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25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	187	844	0	0	187	844
煙道排ガス調査	3	18	0	0	3	18
有害大気汚染物質対策調査	36	72	0	0	36	72
酸性雨モニタリング調査	66	660	0	0	66	660
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	19	19	0	0	19	19
火力発電所環境影響調査	3	15	0	0	3	15
水質汚濁	683	6,456	12	27	695	6,483
公共用水域水質常時監視	17	249	0	0	17	249
地下水水質常時監視	160	1,484	1	9	161	1,493
水質汚濁発生源監視	253	1,767	2	8	255	1,775
ゴルフ場排水農業調査	7	238	0	0	7	238
猪苗代湖調査研究事業	224	2,531	0	0	224	2,531
湖水浴場の水質調査	0	0	9	10	9	10
他機関との共同研究	22	187	0	0	22	187
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	294	5,888	0	0	294	5,888
廃棄物最終処分場放流水水質等検査	287	5,816	0	0	287	5,816
廃棄物焼却灰等溶出試験	7	72	0	0	7	72
化学物質	57	107	0	0	57	107
化学物質発生源周辺環境調査	15	38	0	0	15	38
ダイオキシン類排出状況調査	4	4	0	0	4	4
廃棄物最終処分場等に係るダイオキシン類調査	31	31	0	0	31	31
化学物質環境実態調査	7	34	0	0	7	34
事故等緊急時	17	98	36	145	53	243
水質事故等緊急時調査	0	0	0	0	0	0
魚類へい死事故調査	0	0	0	0	0	0
その他水質汚染・汚濁等の調査	5	50	36	145	41	195
口太川上流域における水質モニタリング調査	12	48	0	0	12	48
合 計 (前年度)	1,254 (1,350)	13,505 (14,123)	48 (79)	172 (322)	1,302 (1,429)	13,677 (14,445)

(4) 精度管理調査

国及び県が主催する精度管理調査に参加した。

ア 環境測定分析統一精度管理調査（環境省）

- ・ 実施期間 平成25年9月
- ・ 試料の種類 模擬水質試料
- ・ 参加項目 カドミウム、鉛、亜鉛

イ 福島県試験検査精度管理事業

- ・ 実施時期 平成25年7月
- ・ 試料の種類 模擬排水試料（高濃度資料）
- ・ 分析対象項目 カドミウム、銅

ウ 酸性雨測定分析精度管理調査

- ・ 実施時期 平成25年10月～平成26年2月
- ・ 試料の種類 模擬降水試料（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 水質調査委託業者等とのクロスチェック

(7) 平成25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25年6月～10月
- ・ 調査地点 1地点
- ・ 検体数(延項目数) 環境水 4検体（24項目）

(イ) 平成25年度ダイオキシン類調査委託業者とのクロスチェック

- ・ 実施期間 平成26年1月
- ・ 検体数 3検体（土壌2検体、底質1検体）

イ 排水水等の自主測定

(7) 排水水自主測定

当センター放流水（公共下水道への排水水）の自主測定を行った。

- ・ 調査時期 平成25年11月
- ・ 検体数(延項目数) 1検体（39項目）

(イ) ダイオキシン類に係る自主測定

当センター放流水（公共下水道への排水水）、敷地内大気環境及び廃棄物（フィルター等）に係る自主測定を行った。

- ・ 実施時期 平成25年6月～12月
- ・ 検体数 7検体（放流水1検体、大気環境1検体、廃棄物5検体）

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るが、平成7年に5.1であったpHが平成23年には6.8まで上昇するなど、水質に変化が生じている。このpHの上昇は、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ている（H22年度福島県環境センター年報）。このため、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経年的に把握することを目的として平成13年度から継続して本調査を実施している。

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

調査地点を図1に示す。

- (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



図1 調査地点

なお、長瀬川(小金橋)は原則として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。

4 調査時期

3-(1)の地点 4月、6月、8月、10月(年4回)

3-(2)~(7)の地点 4月、6月、8月、10月、12月、2月(年6回)

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、クロロフィルa(chl-a))
- なお、Fe、Mn、Al、Zn、T-Pは、試料をGF/C(ろ紙)でろ過し、ろ液を溶存態物質とした。

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：電気伝導度計
- (3) DO、酸度、アルカリ度：滴定法
- (4) T-P、PO₄-P、T-N：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

本年度の現地調査結果を別紙 1-1 及び 1-2 に、湖心部の分析結果の一覧を別紙 2 に示す。

(1) 猪苗代湖湖心の水質

ア 経年変化

(7) pH (H1～H25)

pH の年平均値の経年変化を図 2 に示す(注1)。平成元～7 年度までは 5.0～5.1 の範囲にあったが、平成 8 年度以降、年々上昇していた。

今年度の pH の年平均値は 6.80 で、過去 3 か年 (H22～H24) の結果の範囲 (6.74～6.86) と比べほぼ横ばいの結果であった。

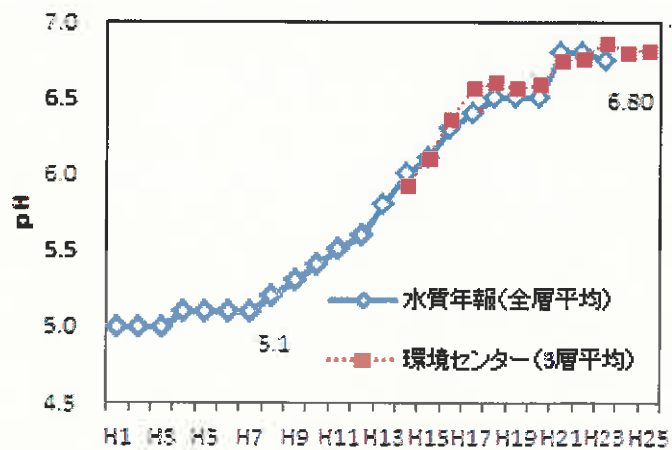


図 2 pH 経年変化

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、50 m 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、50 m) の平均値を示す。

(4) イオン当量濃度 (S54-56、H13-25)

昭和 54 年度から 56 年度に福島大学等が、平成 13 年度から 25 年度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。平成 13 年度から 25 年度のイオン当量濃度の総和は、昭和 54 年度から 56 年度と比較すると、減少していた。また、調査開始以降平成 18 年度までは減少、平成 19 年度からは横ばい若しくは上昇傾向となっている。

陽イオンの成分割合は、大きい順に Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺ の順で、調査開始から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 年度と比較すると、Al の低下の割合が大きかった。

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。SO₄²⁻ は調査開始から平成 18 年まで低下傾向にあり、平成 22 年度まで横ばいで推移した後上昇に転じた。

表層の pH 及びアルカリ度の経年変化を図 4 に示す。今年度調査のアルカリ度は 3.97～4.19 mgCaCO₃/L であった。経年的には緩やかな増加傾向がみられた。

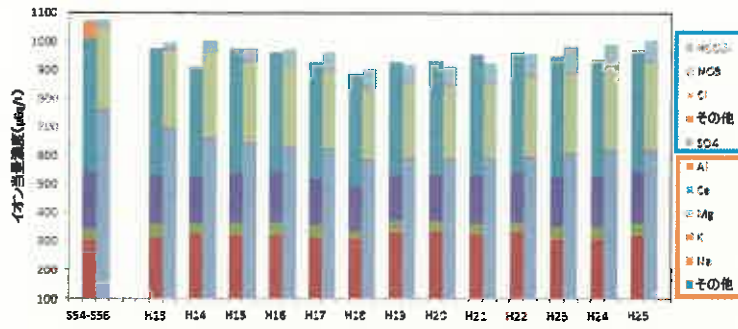


図3 イオン当量濃度の経年変化（3層平均）

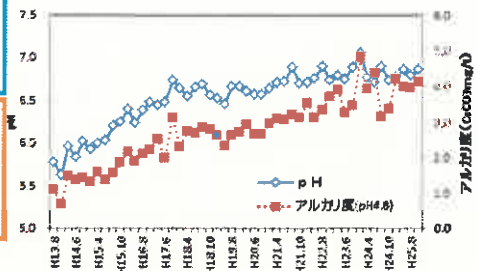


図4 pH及びアルカリ度の経年変化（表層）

(ウ) T-Mn (H19-H25)

水深90mの調査が始まった平成19年度から、T-Mnが10月の水深90mでもっとも高い値を示す傾向がみられ、平成25年度調査では0.31mg/Lであった。図5に示すとおり、経年的に増加傾向がみられることから、今後も注視していく必要があると考えられる。

(エ) TOC (H19-H25)

TOCは平成19年度から調査項目となった。TOCの表層、水深10m、50m、90m及び全層の年平均値の経年変化を図6に示す。層別では水温躍層の上層となる表層及び水深10mの値が下層となる水深50m及び90mよりおおむね高かった。また水深10m、50m及び全層の年平均値は平成19年度から今年度まで増加傾向がみられた。表層及び水深90mでは年度ごとの値の変動が大きいものの、経年的には増加傾向がみられた。

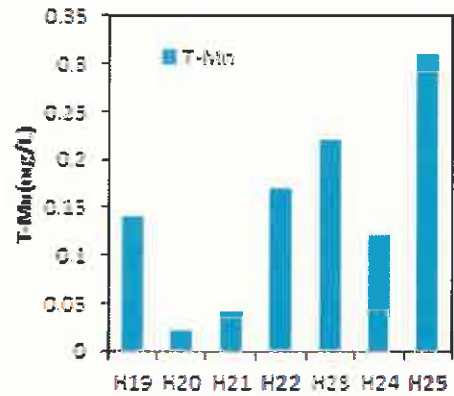


図5 10月水深90m T-Mn 経年変化

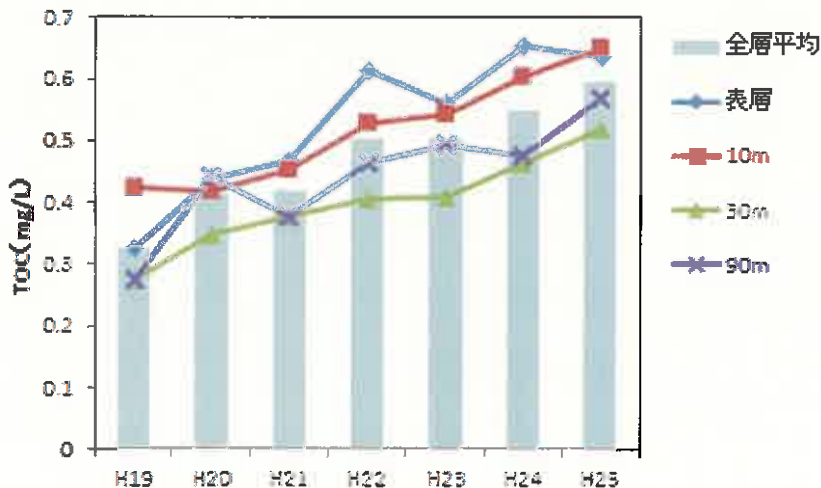


図6 TOCの層別年平均値及び全層年平均値の経年変化

イ 平成 25 年度調査結果 (季節変動)

(7) 鉛直水温

鉛直水温の調査結果を図 7 に示す。4 月の水温は全層でほぼ一定であり、6 月には水温躍層が形成されつつあり、8 月には水深 10~20 m に水温躍層が形成され、10 月には水温躍層が水深 20~30 m に下がり、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 23.9 °C であった。

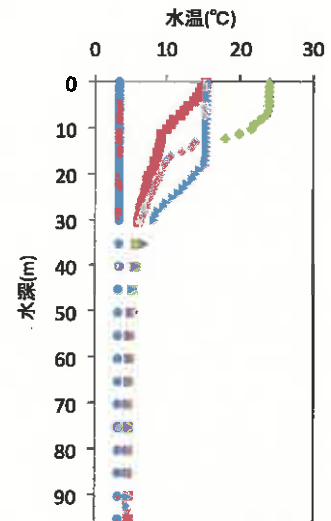


図 7 鉛直水温

(i) pH

pH の結果を図 8 に示す。pH の最大値は、6 月の水深 90 m における 7.04 で、最小値は 10 月 90 m における 6.52 であった。

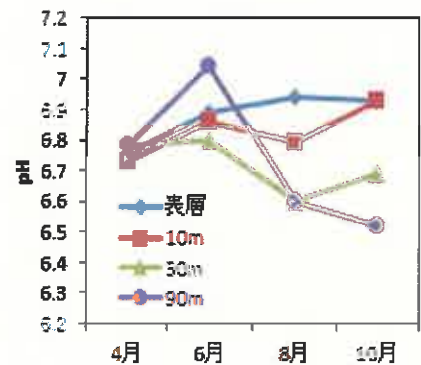


図 8 pH の季節変動

水深ごとに pH の季節変動をみると、表層では 6.75~6.94 の範囲で推移していた。水深 10 m では、6.73~6.93 で推移していた。水深 50 m では、6.60~6.78 で推移していた。水深 90 m では、6.60~7.04 の範囲で推移しており、水深別でもっとも季節変動が大きかった。

pH の季節変動を全層についてみると、水温躍層形成前の 4 月には pH の値が全層でほぼ一定であるのに対し、水温躍層が形成され始める 6 月には水深ごとに差が見られ、水深 10~20m に水温躍層が形成される 8 月及び水温躍層が水深 20~30m に下がる 10 月には、水温躍層の上下で差が見られた。

(j) T-N、T-P

T-N の最大値は 8 月 90 m の 0.48 mg/L であり、最小値は 10 月表層の 0.18 mg/L であった。T-N の水深別の季節変動はみられなかった。

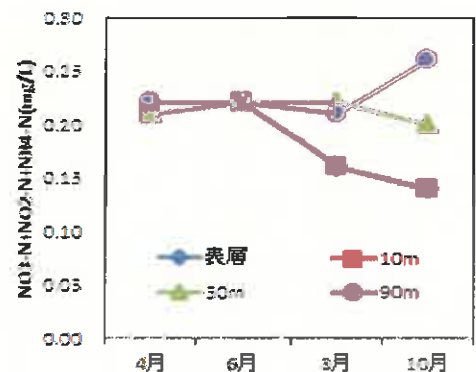


図 9 NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動

また、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動を図 9 に示す。NO₃⁻、NO₂⁻ 及び NH₄⁺ 濃度の定量下限は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合 0 mg/L として合算値を算出した。水温躍層が形成されている 8 月、10 月に、水温躍層の上下で差がみられた。4 月、6 月には全層でほぼ一定であり、8 月、10 月には表層及び水深 10m で濃度が低下しており、水深 50m では 4 月から 10 月までほぼ一定だった。水深 90 m では 10 月に濃度の上昇がみられた。これには NH₄-N 濃度の上昇が寄与していた。

T-P はすべての水深・調査月で 0.003 mg/L 未満であった。

(k) イオン成分

陽イオン(Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、K⁺)、陰イオン(F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、NO₂⁻)濃度の結果を図 10、11 に示す。陽イオン及び陰イオン各成分の濃度の季節変動はなく、水深別の差もみられなかった。

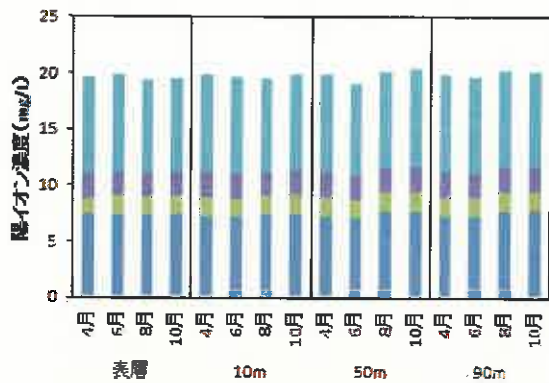


図10 陽イオン成分の水深別季節変動

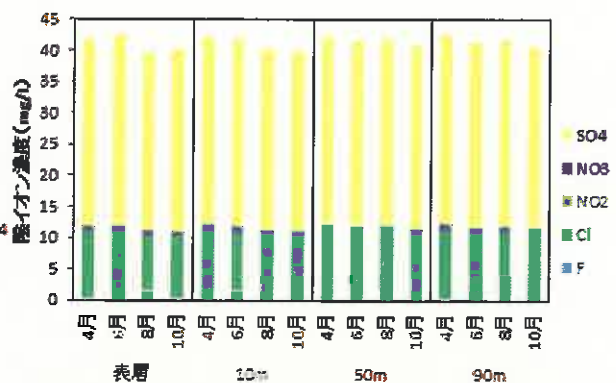


図11 陰イオン成分の水深別季節変動

(オ) DO

DO飽和率の季節変動を図12に示す。DO飽和率が最も高くなったのは6月表層の107%、最も低くなったのは10月水深90mの71%であった。

季節変動をみると、水温躍層が形成されている8月及び10月には、表層及び水深10mではDO飽和率が高く、水深50m及び90mでは低くなっており、水温躍層の上下で異なる傾向がみられた。特に10月の水深90mにおいてDO飽和率が低下しており、このときのDOは8.9 mg/Lであった。

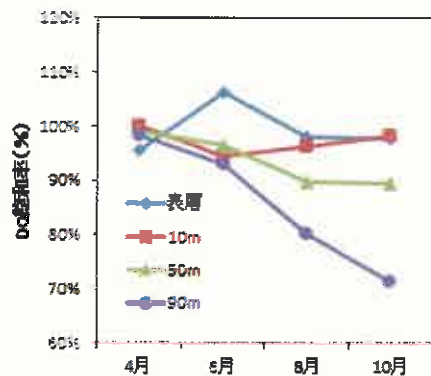


図12 DO飽和率の季節変動

(カ) 金属成分 (Fe, Mn, Al, Zn)

金属成分の全量 (T-) から溶存態 (D-) を差し引いた値を懸濁態 (S-) として、Fe、Al 及び Mn それぞれの溶存態と懸濁態の季節変動を図13~15に示す。金属成分の定量下限値は0.01 mg/Lであるが、0.01 mg/L未満の場合は0 mg/Lとしてプロットした。また、溶存態が0.01 mg/L未満の場合は0 mg/Lとして懸濁態を算出した。

Feについて、T-Feの値は0.01 mg/L未満から0.03 mg/Lの狭い範囲で推移していた。4月及び6月のほとんどが0.01 mg/L未満であり、季節変動の明確な傾向はなかった。

Mnについて、T-Mnの最大値は10月の水深90mの0.31 mg/Lであり、その全量が溶存態だった。T-Mnの季節変動をみると、表層、水深10m及び50mでは0.01未満から0.02 mg/Lの狭い範囲で推移しており、明確な季節変動はみられなかった。水深90mでは8月から濃度の上昇がみられていた。前述ア(ウ)T-Mnの経年変化で述べたとおり、10月水深90mのT-Mnは経年的に増加傾向がみられており、今後も注視する必要がある。

Alについて、T-Alが0.01未満から0.02 mg/Lの間で推移しており、季節変動及び溶存態と懸濁態の割合に明確な傾向はみられなかった。

Znについて、4月の表層で0.01 mg/Lであったのを除き、全層・全調査月で0.01 mg/L未満であった。

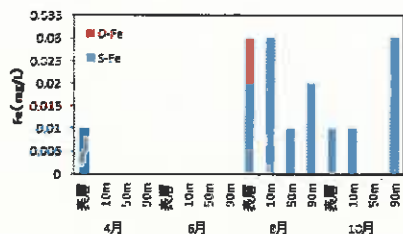


図 13 Feの季節変動

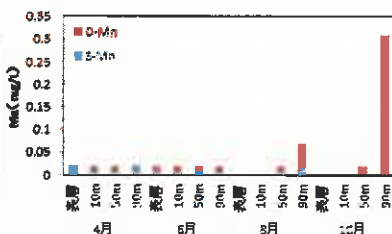


図 14 Mnの季節変動

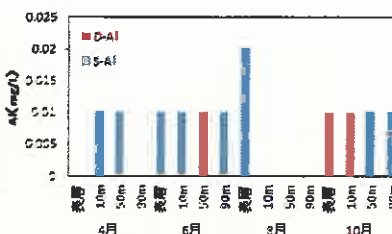


図 15 Alの季節変動

(キ) TOC

TOCの季節変動を図16に示す。

最も高い値は8月の水深10mで0.80 mg/Lであり、最も低い値は10月の水深50mで0.47 mg/Lであった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の4月と形成初期の6月には全層でTOC濃度がほぼ均一であったが、水温躍層の形成期の8月に水温躍層の上層である表層及び水深10mの値が上昇していた。水深50mのTOCはほぼ一定であった。水深90mでは6月から10月にかけてわずかに上昇する傾向がみられた。例年、水温躍層の上層では8月以降増加し、下層では減少する傾向がみられたが、今年度の水深90mにおいて異なる傾向がみられたため、今後も注視していく必要があると考えられる。

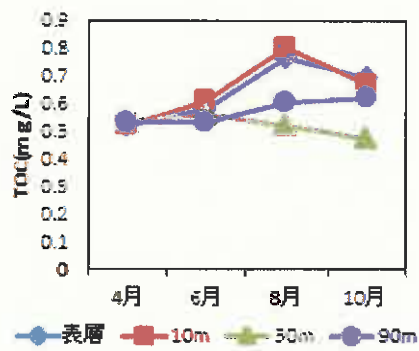


図 16 TOCの季節変動

(2) 流入河川について

猪苗代湖流入河川の調査結果を別紙3-1及び3-2に示す。また、調査地点の概要について述べる。

旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が高森川と合流した後、沼尻・中ノ沢温泉水の影響を受け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、3で示した調査地点のうち(1)硫黄川(高森川合流前)、(2)高森川(酸川合流前)、(3)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、(4)酸川(酸川野)、(5)長瀬川(上長瀬橋)、(6)長瀬川(小金橋)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17に示す。4月、8月及び10月の酸川(酸川野)は水量の増加により流速、水深及び川幅を測定できなかったため、平均流量の算出には6月、12月及び2月のデータを用いた。

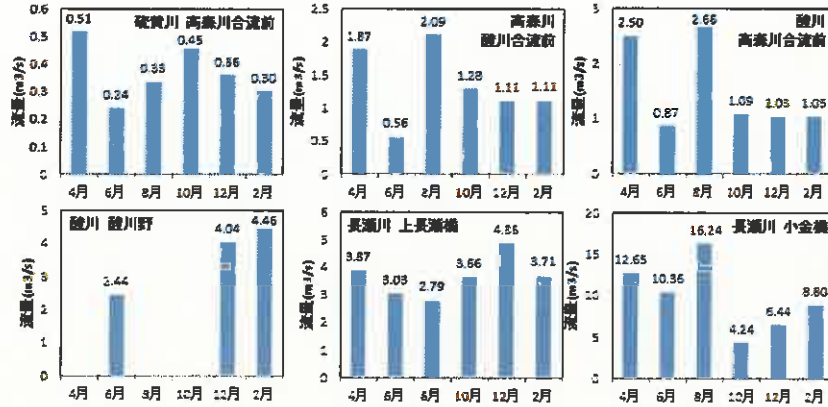


図17 各河川の流量の季節変動

また、調査対象河川の概要を図18に示す。

pHの年平均値について、長瀬川（上長瀬橋）及び高森川（酸川合流前）において平成18年度から平成24年度までの年平均値の範囲を上回った。pHの年平均値はそれぞれ7.52及び2.68であった。鉍酸酸度負荷量の年平均値について、硫黄川（高森川合流前）において平成18年度から平成24年度までの年平均値の範囲を下回った。鉍酸酸度負荷量の年平均値は252.95 gCaCO₃/Lであった。また、酸川（酸川野）において流量の年平均値が平成18年度から平成24年度までの年平均値を下回ったが、これは流量の多い時期のデータが欠測となったことが影響したと考えられた。そのほかの調査地点では、昨年度までの年平均値の範囲内であった。欠測等により年度毎にデータ数が異なるため、各成分の経年的な増減の傾向があるかは判断できないことから、来年度以降も傾向を注視する必要があると考えられる。



図18 調査対象河川の概要

ア 経年変化 (H16-H25)

酸性河川である硫黄川（高森川合流前）、酸川（高森川合流前）、高森川（酸川合流前）、酸川（酸川野）及び長瀬川（小金橋）について、溶存態 (D-) の Fe 負荷量、溶存態 (D-) の Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、鉍酸酸度負荷量及び流量の年平均値の経年変化を検討した。微アルカリ性河川である長瀬川（上長瀬橋）については D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の年平均値の経年変化を検討した。なお、それぞれの負荷量は年平均で示している。

硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 19 に示す。D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、鉍酸酸度負荷量は上流域河川の調査を開始した平成 18 年度が最大値であり、今年度調査では D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少した。流量の年平均値は平年並みであり、D-Fe と D-Al の濃度が減少したことが原因と考えられた。 SO_4^{2-} 負荷量及び鉍酸酸度負荷量の年平均値は平成 23 年度及び 24 年度と同程度であった。

高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 20 に示す。すべての酸性成分負荷量の年平均値について上流域河川の調査を開始した平成 18 年度が最大値であり、今年度調査では硫黄川（高森川合流前）と同様に D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少し、 SO_4^{2-} 負荷量及び鉍酸酸度負荷量の年平均値は平成 23 年度及び 24 年度と同程度であった。これは酸性成分の供給源である硫黄川の水質の影響を受けたものと考えられた。

酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 21 に示す。D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量の年平均値は上流域河川の調査を開始した平成 18 年度から 19 年度が最大値であり、今年度調査では大きく減少した。流量の年平均値は平年並みであり、D-Fe と D-Al の濃度が減少したことが原因と考えられる。 SO_4^{2-} 負荷量の年平均値は平成 24 年度と同程度であった。鉍酸酸度負荷量の年平均値は平成 24 年度に比べ増加していた。

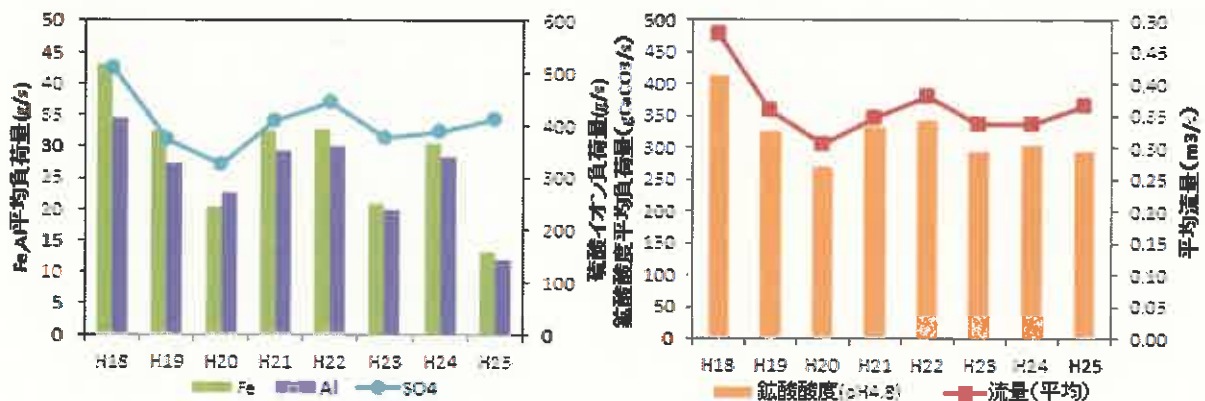


図 19 硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

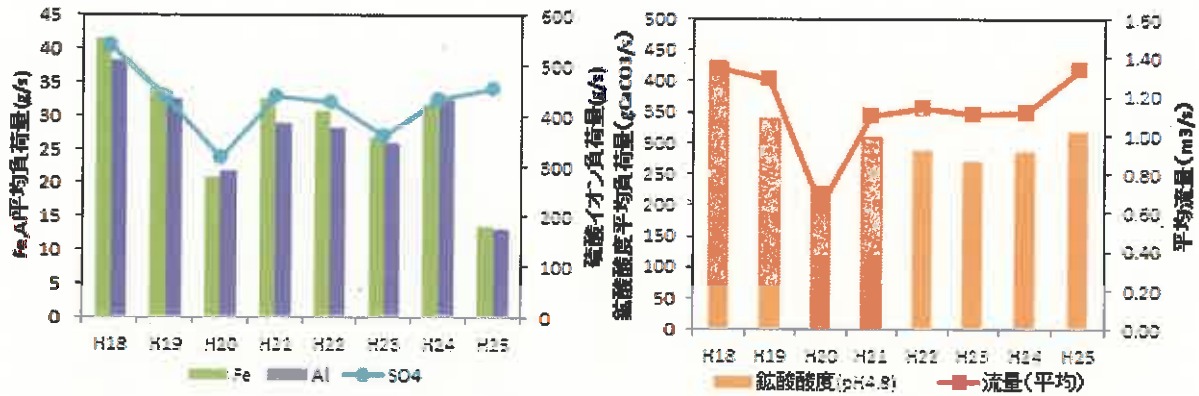


図20 高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

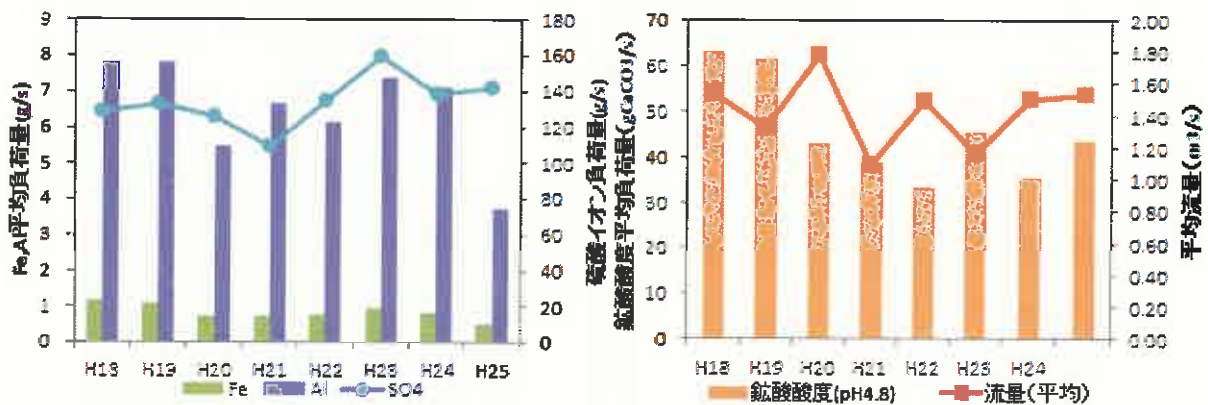


図21 酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

上流域の硫黄川、高森川及び酸川が合流した後の地点である酸川（酸川野）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図22に示す。今年度調査ではD-Fe負荷量及びD-Al負荷量の年平均値が大きく減少していた。これは上流域河川のD-Fe及びD-Al濃度が減少したことが影響したと考えられる。SO₄²⁻負荷量及び鉍酸酸度の年平均値は平成24年度より減少していたが、上流域河川ではSO₄²⁻負荷量の年平均値が減少していないことから、前述の通り欠測により流量の年平均値が例年を下回ったことが影響したと考えられる。

長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図23に示す。D-Fe負荷量及びD-Al負荷量は他の地点に比べ値が小さく、顕著な経年変化はみられなかった。SO₄²⁻負荷量の年平均値は平成22年度から24年度にかけての値と同程度であった。アルカリ度負荷量の年平均値は平成24年度と同程度であった。

最下流部である長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図24に示す。今年度調査ではD-Fe負荷量及びD-Al負荷量の年平均値が大きく減少していた。これは上流域河川及びそれらの合流後である酸川（酸川野）のD-Fe及びD-Al濃度が減少したことが影響したと考えられる。SO₄²⁻負荷量の年平均値は例年と同程度の値であり、経年変化はみられなかった。鉍酸酸度負荷量の年平均値は平成20年度が最大値であり、今年度調査では平成24年度に比べ減少しており平成22年度と同程度の値であった。

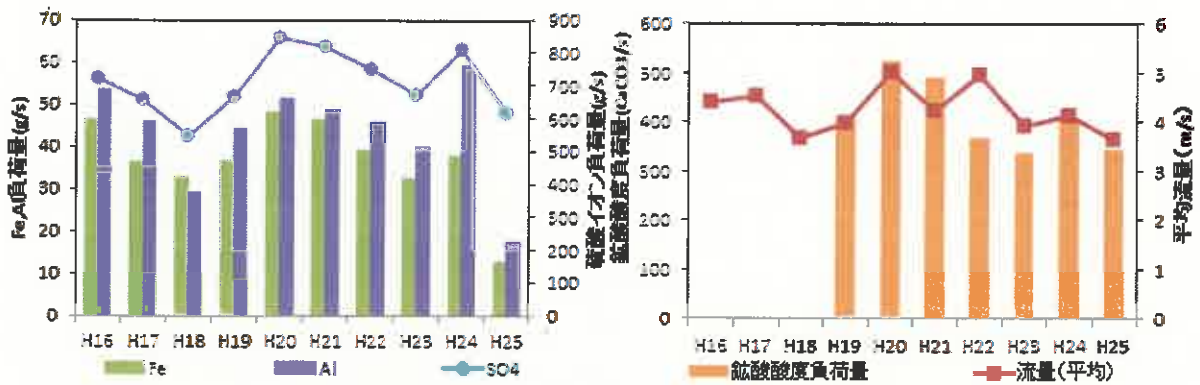


図22 酸川（酸川野）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

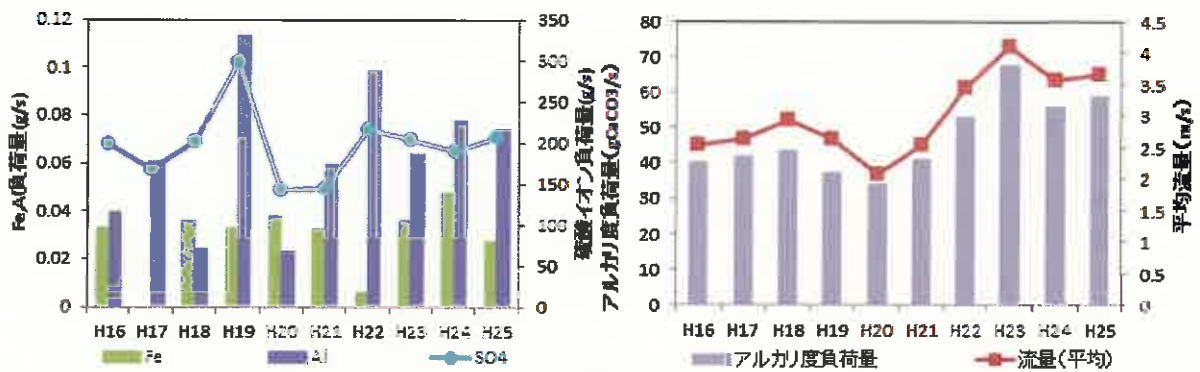


図23 長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

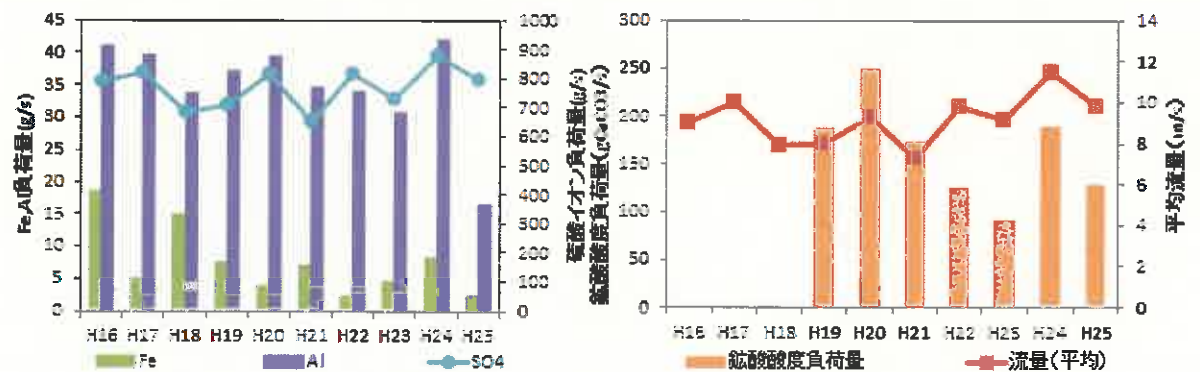


図24 長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

イ 平成25年度調査結果（季節変動）

(ア) 金属成分

調査対象河川における全量溶存態 (D-) のFe、Al及びMnのそれぞれの負荷量の季節変動について、また全量 (T-) から溶存態を差し引いた値を懸濁態 (S-) として算出した負荷量及び流量の季節変動について図25に示す。金属成分濃度の定量下限値は0.01 mg/Lであるが、0.01 mg/L未満の場合は0 mg/Lとして負荷量を算出しプロットしている。また、溶存態が0.01 mg/L未満の場合は0 mg/Lとして懸濁態を算出している。ただし、酸川（酸川野）の4月、6月及び10月は流量の欠測により負荷量が算出できないためプロットしていない。

Feについて、調査対象河川全体を通してみると、上流域河川及び上流域河川の合流後地点である酸

川（酸川野）までは溶存態の割合が高く、微アルカリ性河川である長瀬川（上長瀬橋）との合流後の長瀬川（小金橋）では懸濁態の割合が上昇している。これは酸川と長瀬川の合流による pH の上昇に伴い、Fe の一部が不溶化したものと思われる。

Mn 及び Al について、上流域河川及び上流域河川の合流後である酸川（酸川野）までは1年を通じて全負荷量に占める溶存態の割合が高く、裏磐梯湖沼群を上流源とする長瀬川（上長瀬橋）では、負荷量が小さく明確な溶存態と懸濁態の比率や季節変動はみられなかった。最下流部である長瀬川（小金橋）では、負荷量の大きい酸川（酸川野）の影響を受け、酸川（酸川野）と同様に1年を通じて溶存態として存在する割合が高かった。

Zn について、すべての調査対象河川において1年を通じて負荷量が小さく、明確な溶存態と懸濁態の比率や季節変動はみられなかった。

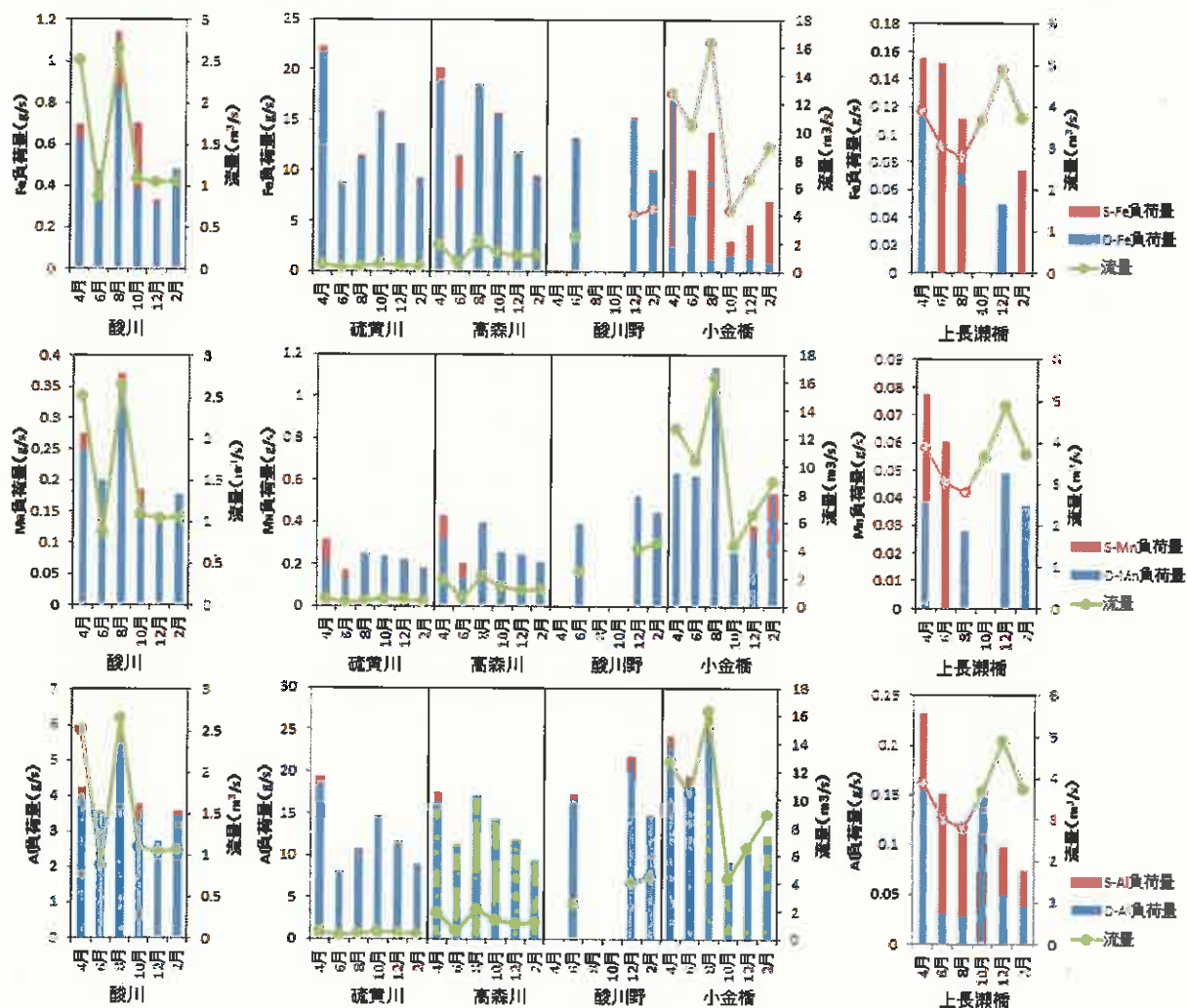


図 25 金属成分負荷量の季節変動

(イ) 酸度、アルカリ度

調査対象河川の総酸度及び鉍酸酸度、並びにアルカリ度の結果を図 26 に示す。鉍酸酸度負荷量の総酸度負荷量に占める割合は、硫黄川（高森川合流前）の 10 月の 56 %を除いて、硫黄川（高森川合流前）、高森川（酸川合流前）及び酸川（酸川野）で約 66～84 %であり、酸川（高森川合流前）と長瀬川（小金橋）で約 22～65 %であった。

長瀬川（上長瀬橋）のアルカリ度負荷量については、流量の変化に応じた増減がみられた。

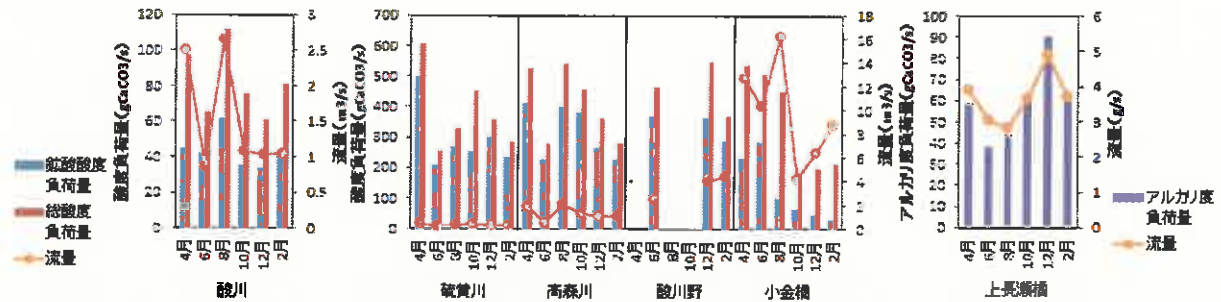


図26 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(7) イオン成分負荷量

上流域河川におけるCl⁻及びSO₄²⁻負荷量の季節変動、下流域河川における陰イオン及び陽イオン成分負荷量の各季節変動を図27に示す。

すべての上流域河川において、1年を通じてSO₄²⁻負荷量がCl⁻負荷量より大きく、流量に応じた増減がみられた。

すべての下流域河川の陰イオン成分負荷量について、1年を通じてSO₄²⁻及びCl⁻負荷量の合算が陰イオン成分の合計負荷量の98%以上を占めていた。また、すべての陰イオン成分負荷量は流量に応じた増減が見られ、イオン毎の構成比に季節変動はみられなかった。

陽イオン成分負荷量について、すべての下流域河川においてNa⁺及びCa²⁺負荷量の合算量が陽イオン成分の合計負荷量の76%以上を占めていた。また、陽イオン成分負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

(8) T-P (D-P, S-P)

下流域河川におけるD-Pのそれぞれの負荷量の季節変動について、またT-PからD-Pを差し引いた値をS-Pとして算出した負荷量及び流量の季節変動について図28に示す。また、D-Pの定量下限値は0.01 mg/Lであるが、0.01 mg/L未満の場合は0 mg/LとしてS-Pを算出している。

T-Pについて、1年を通してすべての調査地点で流量に応じた増減がみられた。また、上流域河川の合流後の地点である酸川(酸川野)にお

いて、S-PよりD-Pの割合が大きかった。裏磐梯湖沼群を流出源とする長瀬川(上長瀬橋)では負荷量が小さく明確な季節変動はみられなかったが、10月から2月にかけてD-Pの割合が増加していた。最下流部である長瀬川(小金橋)においては83~100%がS-Pであった。これは前述の通り、酸性河川の酸川と中性河川である長瀬川が合流しpHが上昇することで一部不溶化したFeにりんが吸着し懸

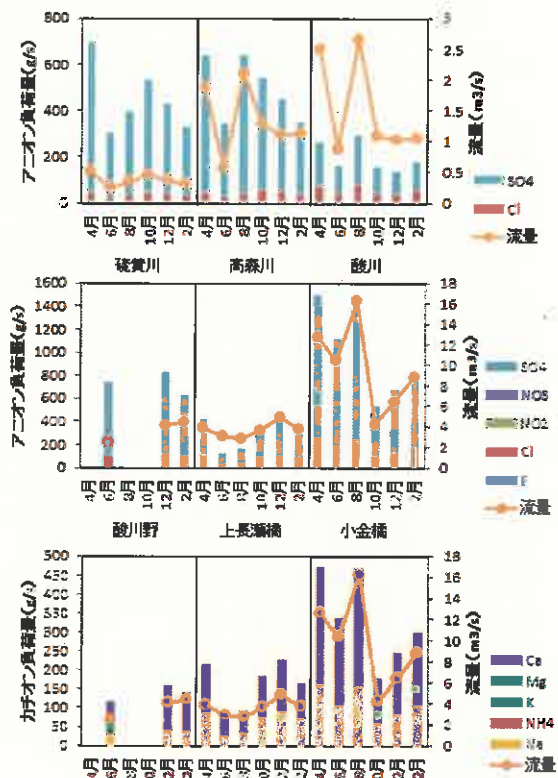


図27 アニオン負荷量及びカチオン負荷量の季節変動

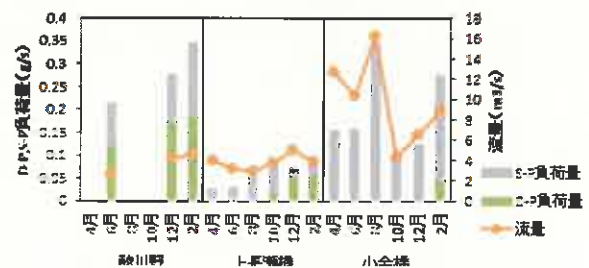


図28 D-P及びS-P負荷量の季節変動

濁態（フロック）になったものと考えられる。

8 まとめ

(1) 猪苗代湖湖心の調査結果

今年度の pH の 3 層平均は 6.80 であり、経年的には上昇傾向がみられたが、過去 3 か年の結果の範囲と比較するとほぼ横ばいであった。また、今年度結果をみると、pH 及び DO 飽和率について、水温躍層が形成されている 8 月と 10 月には水温躍層の上下で値が異なり、いずれも上層では値が高く、下層では値が低かった。10 月の水深 90 m では特に DO 飽和率が低かったが、このときの DO は 8.9 mg/L であり、湖心湖底の溶存酸素濃度は十分保たれていると考えられた。また、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値については、水温躍層が形成されている 8 月と 10 月に水温躍層の上層で値が低くなり、下層にあたる水深 50 m では調査月を通じてほぼ一定であった。10 月の水深 90 m で値が高くなったが、これには NH₄⁺濃度の上昇が寄与していた。

今年度の溶存イオン当量濃度は、昭和 54~56 年の結果と比較すると減少しているが、平成 19 年度から今年度にかけては横ばいもしくは増加の傾向がみられた。また、今年度の陽イオン及び陰イオン成分濃度に季節変動はみられず、水深別の差もみられなかった。

今年度の金属成分について、Fe は 0.01 mg/L 未満~0.03 mg/L の狭い範囲で推移し、4 月及び 6 月のほとんどが 0.01 mg/L 未満であり、溶存態と懸濁態の割合に明確な季節変動はみられなかった。Mn は水深 90 m において 8 月から濃度の上昇がみられた。10 月の水深 90 m における Mn は経年的に増加傾向がみられており、今後も注視していく必要がある。Al は全層で濃度が低く、溶存態と懸濁態の割合に明確な季節変動はみられなかった。Zn は 4 月の表層において 0.01 mg/L であったのを除き、全層・全調査月で 0.01 mg/L 未満であった。

平成 19 年度から調査項目となった TOC は、全層の年平均値について平成 19 年度から今年度まで増加傾向がみられた。水深別にみると、水温躍層の上層にあたる表層及び水深 10 m の年平均値が下層にあたる水深 50 m 及び 90 m の年平均値よりおおむね高かった。TOC は調査開始から今年度までの経年的な増加傾向がみられたことから、今後も注視していく必要がある。

(2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

酸性成分負荷量の年平均値の経年変化をみると、すべての上流域河川で D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量の年平均値の減少がみられた。上流域河川の SO₄²⁻負荷量及び硫酸酸度負荷量の年平均値は過去 3 か年の値と同程度であった。また、下流域河川では上流域河川の合流後地点である酸川（酸川野）、最下流部である長瀬川（小金橋）においても D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量が減少していた。これは上流域河川の影響を受けたものと考えられる。裏磐梯湖沼群を流出源とする長瀬川（上長瀬橋）では酸性成分負荷量及びアルカリ度負荷量の大きな変動はみられなかった。

今年度の金属成分負荷量は上流域河川では 1 年を通じてほとんどが溶存態として存在していた。下流域河川では、上流域河川の合流後地点である酸川（酸川野）の Fe が 1 年を通じて溶存態の割合が高い一方で、長瀬川（小金橋）では Fe の全量に対する溶存態の割合が低下していた。これは酸川（酸川野）と長瀬川（上長瀬橋）の合流による pH の上昇に伴い、Fe の一部が不溶化したものと思われた。そのほかの金属成分では、流下に伴う形態の変化はみられなかった。

イオン成分負荷量について、すべての上流域河川において、1 年を通じて SO₄²⁻負荷量が Cl⁻負荷量より大きく、流量の変化に応じた増減がみられた。また、すべての下流域河川において、陰イオン成分では Cl⁻負荷量及び SO₄²⁻負荷量の合算値が総負荷量の 99 % 以上を、陽イオン成分では Na⁺負荷量及び Ca²⁺負荷量の合算値が総負荷量の 76 % 以上を占めており、陰イオン成分、陽イオ

ン成分それぞれの負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

下流域河川におけるりん負荷量について、上流域河川の合流後地点である酸川（酸川野）では溶存態りん負荷量の割合が大きく、最下流部である長瀬川（小金橋）では83～100 %が懸濁態りん負荷量であった。これは前述の通り、酸性河川である酸川と中性河川である長瀬川の合流後、pHの上昇により不溶化した鉄にりんが吸着し懸濁態（フロック）になったものと考えられる。

調査地点	湖心(表層)			
	調査年月日	H25.4.15	H25.6.5	H25.8.7
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	10:05	9:10	9:35	9:15
天候(前日)	晴	晴	雨	雨
天候(当日)	晴	晴	晴	晴
気温(°C)	6.5	18.8	25.1	14.3
水温(°C)	3.5	15.3	23.9	15.7
透明度(m)	10.7	10.3	10.0	11.9
水色(フォーレル)	6	6	8	9
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	酸川(酸川野)					
	調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3
採取時間	10:30	12:40	10:30	9:50	13:15	7:30
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	曇り	曇り	晴	雪
気温(°C)	11.2	23.6	26.0	21.0	8.6	-1.0
水温(°C)	9.0	19.5	17.0	15.5	7.6	3.5
透視度(cm)	>1004	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	流量大	流量大	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	長瀬川(上長瀬橋)					
	調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3
採取時間	11:00	13:10	12:45	12:30	13:45	10:10
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	曇り	晴	晴	雪
気温(°C)	11.5	25.5	29.4	19.8	8.8	-1.1
水温(°C)	9.0	19.9	22.5	19.2	6.9	1.8
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量大	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	長瀬川(小金橋)					
	調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3
採取時間	7:15	9:20	8:40	9:05	9:25	6:47
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	曇り	晴	晴	曇り
気温(°C)	6.5	25.0	25.5	20.9	8.1	-1.8
水温(°C)	5.0	18.0	18.5	16.6	6.5	2.7
透視度(cm)	>100	>100	90	>100	77	61.5
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	黄色	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	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	8:45	12:00	10:50	10:40	12:00	9:20
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	曇り	晴	雪
気温(°C)	9.5	21.5	24.5	19.0	8.1	-2.9
水温(°C)	7.5	16.6	16.8	14.5	6.6	2.5
透視度(cm)	>100	>100	84.5	>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	硫化水素臭	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	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.8	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	9:30	11:30	11:20	11:03	12:40	9:40
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	曇り	晴	雪
気温(°C)	7.5	22.8	22.5	17.5	5.8	-1.8
水温(°C)	7.4	16.2	16.5	15.5	8.1	5.0
透視度(cm)	>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	硫黄川(高森川前)					
調査年月日	H25.4.23	H25.6.10	H25.8.26	H25.10.1	H25.12.3	H26.2.4
採水時間	9:50	10:30	14:10	11:50	11:00	8:40
天候(前日)	雨	晴	晴	雨	晴	晴
天候(当日)	晴	晴	晴	曇り	晴	雪
気温(°C)	5.8	24.0	22.8	19.1	5.0	-2.0
水温(°C)	8.9	17.3	19.5	16.7	8.5	4.8
透視度(cm)	98.5	>100	72	>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	硫化水素臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	微濁	透明	透明	透明

調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心 90m						
	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21
pH	6.75	6.89	6.94	6.93	6.73	6.86	6.79	6.93	6.78	6.80	6.60	6.69	6.78	7.04	6.60	6.52
EC $\mu\text{S/cm}$	112	111	106	109	113	113	109	110	114	113	110	110	113	115	111	111
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	7.38	7.31	7.28	7.37	7.21	7.18	7.35	7.46	7.19	7.03	7.63	7.65	7.21	7.18	7.66	7.63
NH ₄ 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	0.08
K mg/L	1.42	1.65	1.65	1.68	1.69	1.63	1.65	1.70	1.72	1.58	1.69	1.70	1.72	1.63	1.70	1.71
Mg mg/L	2.29	2.28	2.17	2.20	2.32	2.24	2.20	2.23	2.32	2.19	2.27	2.30	2.32	2.24	2.29	2.24
Ca mg/L	8.50	8.58	8.17	8.22	8.60	8.47	8.30	8.40	8.61	8.21	8.53	8.62	8.61	8.45	8.59	8.46
Fe 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
Mn mg/L	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	0.06	0.31
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	0.14	0.15	0.16	0.14	0.13	0.15	0.16	0.15	0.13	0.16	0.17	0.15	0.14	0.15	0.18	0.17
Cl mg/L	10.74	10.67	10.11	10.18	10.84	10.55	10.22	10.12	10.98	10.56	10.66	10.37	10.98	10.44	10.69	10.47
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	0.05
NO ₃ mg/L	0.94	0.98	0.75	0.64	0.97	0.98	0.75	0.65	0.97	0.98	0.98	0.92	0.99	0.99	0.97	0.87
SO ₄ mg/L	29.85	30.63	28.65	29.20	30.12	30.19	29.15	28.97	30.29	30.00	30.16	29.37	30.52	29.69	30.11	28.98
7152.086448 mgCaCO_3/L	4.19	3.97	3.97	4.18	4.18	3.94	4.08	4.12	4.2	4.01	3.73	4.05	4.17	4.73	5.13	6.46
加印7151 $\mu\text{g/L}$	0.7	0.1	0.9	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO mg/L	12.3	10.3	8.1	9.4	12.9	10.3	8.3	9.5	12.8	11.9	11.8	11.4	12.7	11.6	10.5	8.9

調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心 90m						
	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21	4/15	6/5	8/7	10/21
T-N mg/L	0.24	0.21	0.29	0.18	0.27	0.22	0.28	0.17	0.29	0.21	0.30	0.23	0.24	0.22	0.48	0.32
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	0.01	<0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.03
Mn mg/L	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.31
Al mg/L	<0.01	0.01	0.02	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	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
TOC mg/L	0.52	0.58	0.76	0.69	0.52	0.61	0.80	0.67	0.53	0.56	0.52	0.47	0.53	0.53	0.60	0.62

河川	溶存態	酸川 酸川野				長瀬川 上長瀬橋				長瀬川 小金橋									
		4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4
pH		3.04	2.90	3.21	3.02	3.01	3.32	7.53	7.41	7.50	7.67	7.60	7.43	3.69	3.70	4.26	3.72	4.09	4.43
EC	μS/cm	640	914	447	707	683	460	302	127	167	276	226	221	325	297	201	350	272	214
T-P	mg/L	0.033	0.038	<0.003	0.028	0.025	0.036	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.011	0.015	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01
Na	mg/L	7.80	12.40	7.44	10.51	10.68	8.83	22.83	8.97	13.29	21.21	18.82	19.62	12.83	10.39	9.64	14.39	13.16	12.23
NH ₄	mg/L	0.03	0.09	0.04	0.06	0.06	0.06	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04
K	mg/L	2.50	4.05	2.08	3.11	3.11	2.35	3.87	1.76	2.49	3.87	3.41	3.35	2.94	2.84	2.23	3.22	2.91	2.61
Mg	mg/L	4.10	6.94	3.49	5.46	5.50	4.14	6.09	2.46	3.35	5.24	4.89	4.46	4.41	3.96	3.37	4.95	4.52	3.91
Ca	mg/L	14.76	23.80	13.46	19.43	19.36	15.65	22.40	9.95	13.26	19.52	19.06	16.95	16.90	15.08	13.38	18.56	17.23	15.10
Fe	mg/L	3.99	5.35	3.46	3.96	3.72	2.22	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.20	0.53	0.07	0.36	0.20	0.10
Mn	mg/L	0.08	0.16	0.11	0.13	0.13	0.10	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05
Al	mg/L	4.12	6.83	3.77	5.65	5.25	3.28	0.06	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	1.81	1.79	1.51	2.14	1.60	1.28
Zn	mg/L	<0.01	0.02	<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	0.83	1.13	0.69	1.09	1.10	0.73	0.12	0.05	0.09	0.09	0.08	0.07	0.42	0.43	0.34	0.45	0.39	0.36
Cl	mg/L	20.14	38.73	17.28	28.55	30.45	23.09	29.76	11.36	15.70	26.37	21.98	24.50	20.23	18.50	14.82	22.89	20.52	19.54
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	1.17	1.09	1.37	1.09	1.00	1.71	0.36	0.29	0.24	0.10	0.25	0.45	1.22	0.90	1.12	0.89	0.94	1.31
SO ₄	mg/L	165.32	261.54	123.73	183.68	172.61	113.76	78.34	30.40	41.00	67.40	58.85	52.07	96.03	87.33	66.92	102.13	83.28	66.05
チロシン	mg/100g	—	—	—	—	—	—	15.12	12.62	15.59	16.85	18.52	16.44	—	—	—	—	—	—
総酸(H+)	mg/100g	91.71	151.42	60.16	107.69	90.16	65.11	—	—	—	—	—	—	18.21	27.45	6.18	16.02	7.53	3.8
総酸(H+)	mg/100g	134.46	190.53	92.25	155.27	135.74	82.64	—	—	—	—	—	—	42.57	48.93	27.67	43.57	30.93	24.26
流量	m ³ /s	欠測	2.439	欠測	欠測	4.042	4.460	3.874	3.031	2.794	3.655	4.883	3.707	12.65	10.36	16.24	4.243	6.439	8.798

河川	全量	酸川 酸川野				長瀬川 上長瀬橋				長瀬川 小金橋									
		4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4
T-N	mg/L	0.49	0.47	0.50	0.56	0.46	0.87	0.08	0.09	0.12	0.15	0.12	0.17	0.31	0.28	0.31	0.38	0.29	0.52
T-P	mg/L	0.037	0.049	0.032	0.05	0.043	0.041	0.006	0.009	0.018	0.023	0.015	0.025	0.012	0.02	0.021	0.023	0.019	0.031
Fe	mg/L	4.22	5.44	3.48	4.14	3.82	2.26	0.04	0.05	0.04	<0.01	0.01	0.02	1.42	0.97	0.85	0.72	0.74	0.80
Mn	mg/L	0.08	0.16	0.11	0.14	0.13	0.10	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06
Al	mg/L	4.34	7.11	3.81	5.88	5.36	3.31	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02	1.92	1.88	1.64	2.16	1.61	1.41
Zn	mg/L	<0.01	0.04	<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

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									
4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/26	10/1	12/3	2/4
2.72	2.53	2.72	2.65	2.66	2.84	3.64	3.26	3.56	3.31	3.38	3.27	2.17	2.24	2.24	2.22	2.22	2.30
1110	1760	959	1300	1290	1040	309	558	318	516	440	577	3640	3310	3150	3250	3350	3070
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.19	14.27	8.83	11.98	10.61	8.26	0.25	0.50	0.33	0.35	0.30	0.46	41.91	36.20	33.50	34.39	34.77	29.30
0.17	0.23	0.19	0.13	0.22	0.19	0.10	0.22	0.13	0.15	0.13	0.17	0.41	0.52	0.73	0.52	0.60	0.59
8.76	19.40	8.08	11.00	10.47	8.23	1.63	4.06	2.04	2.96	2.54	3.26	36.18	33.18	31.14	31.97	32.21	29.30
<0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.57	45.19	19.68	43.51	41.62	32.08	28.40	50.35	29.91	31.80	36.13	48.99	80.83	88.37	93.35	88.96	118.64	104.97
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
319.72	573.33	286.34	378.82	363.93	281.64	75.06	130.53	78.76	107.73	93.32	118.32	1272.54	1174.75	1083.26	1085.88	1084.45	979.33
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220.11	408.64	191.53	298.03	241.43	205.36	18.01	48.88	23.29	33.05	33.05	40.71	968.7	872.43	807.25	559.50	841.51	780.40
280.78	497.38	259.22	355.63	325.58	252.95	38.92	75.46	42.10	69.49	58.85	77.34	1177.8	1062.96	977.73	1001.80	1006.80	951.71
1.869	0.557	2.092	1.281	1.105	1.114	2.502	0.867	2.657	1.086	1.032	1.047	0.514	0.239	0.333	0.452	0.357	0.300

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									
4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/8	10/1	12/3	2/4	4/23	6/10	8/26	10/1	12/3	2/4
10.81	20.66	8.89	12.32	10.77	8.52	0.28	0.55	0.43	0.65	0.32	0.46	43.45	37.03	34.60	35.03	35.44	29.75
0.23	0.37	0.19	0.20	0.22	0.19	0.11	0.23	0.14	0.17	0.13	0.17	0.62	0.72	0.75	0.52	0.62	0.60
9.36	20.17	8.16	11.22	10.71	8.48	1.69	4.13	2.16	3.47	2.62	3.41	37.57	33.71	32.33	32.35	32.82	29.75
<0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.02

2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

1 目的

猪苗代湖の大腸菌群数が湖沼A類型環境基準（1,000MPN/100ml）を超過する事例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負荷が大きいと考えられる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する。また、大腸菌群の種の同定を行い、湖心での季節による生息状況の違いを考察した。また、大腸菌群数が多く検出される9月においては、全ての地点について大腸菌群の同定を行い、湖心への影響を確認する。

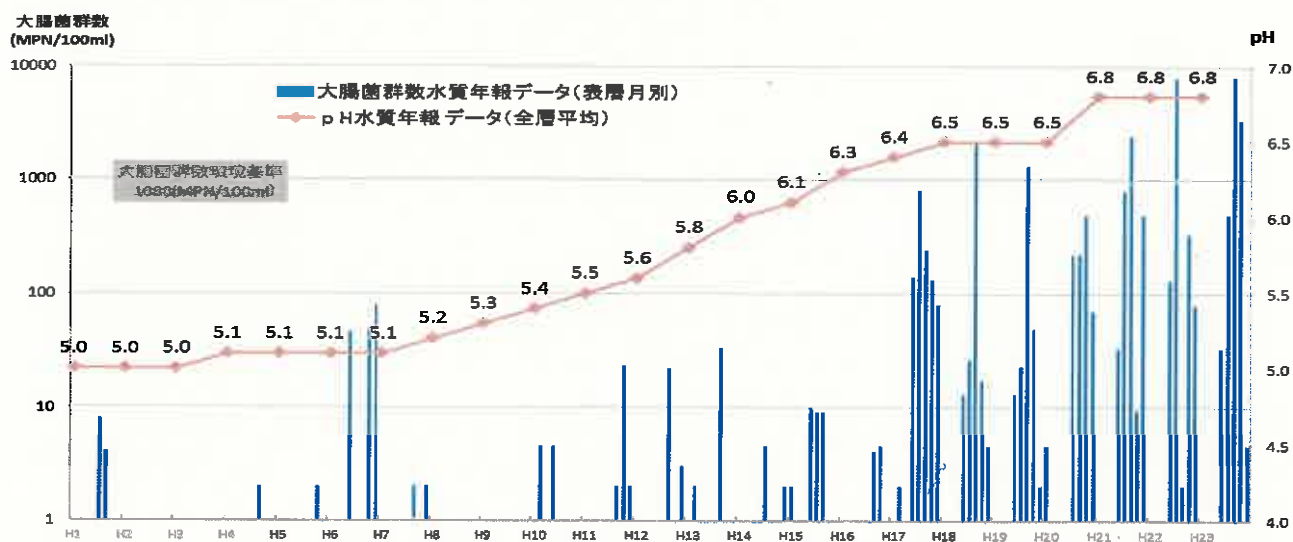


図1 猪苗代湖湖心のpH及び大腸菌群数の経年変化

2 調査方法

猪苗代湖及び小黒川、高橋川、長瀬川の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖の大腸菌群の由来や出現状況を考察した。

3 調査地点

調査地点は図2のとおり。

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



図2 調査地点

4 調査時期

年7回(5月、6月、7月、8月、9月、10月、11月)

5 調査項目

- (1) 3-(2) (3) (4)については、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量
- (2) 3-(1) (5) (6) (7)については、気温、水温、透明度、色相、臭気、濁り、沖合調査地点の水深
- (3) pH、EC、DO、SS、大腸菌群数、大腸菌数、TOC、大腸菌群の種の同定

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：伝導率計
- (3) DO：よう素滴定法
- (4) SS：重量法
- (5) 大腸菌群数、大腸菌数：コリレート培地によるQTトレイ法（アイデックス・ボートリーズ（株））
*猪苗代湖湖心の大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も実施した。
それ以外の地点については9月のみ実施した。
- (6) TOC：燃焼酸化-赤外吸収式TOC自動計測法
- (7) 種の同定：大腸菌群陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に塗末し、普通寒天培地で単離培養後、もう一度BGLB液体培地でガスを発生した菌株を対象にAPI20E（シメックス・ビオリヤー（株））で菌種を同定した。

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1のとおり。
分析結果の一覧については、別紙2のとおり。

(1) 猪苗代湖湖心の水質について

ア 水温の鉛直分布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25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、7月10日には水温躍層が確認された。その後10月21日には躍層部の下層への低下が始まっていた。

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。

猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、調査を始めた5月15日には3MPN/100mlと低い値であり、6月及び7月には検出されなかったが、8月7日には湖沼A類型の環境基準を超える1,700MPN/100mlが検出された。さらに9月11日には8,600MPN/100mlと上昇していたが、10月21日には420MPN/100mlと環境基準以下となっていた。

水深別にみても、4層全てで大腸菌群数が検出された8月及び9月の大腸菌群数は、水温躍層の上層である表層及び水深5mで、同程度であったが、水温躍層の下層である水深15m及び水深30mでは、表層及び水深5mより低い値を示した。表層から水深15mまで水温が同程度を示した、10月及び11月の大腸菌群数は、水深が深くなるにつれ高い値を示した。

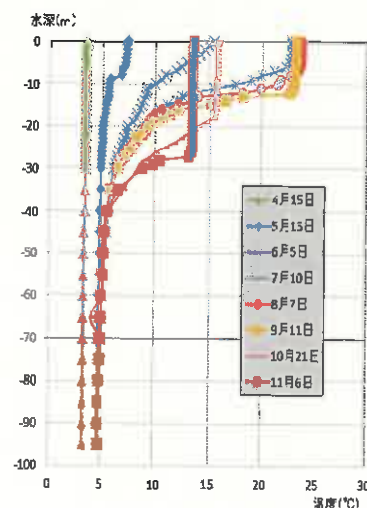


図3 湖心の鉛直分布

猪苗代湖湖心表層の水温は、7月10日に約23℃を示し、その後9月11日までその状態が続いた。水温の上昇とともに大腸菌群が高い値を示す傾向はみられるが、水温の低い水深30mでも大腸菌群の上昇がみられた。水温と大腸菌群数に中程度の正の相関が認められた。

なお、大腸菌数は全ての時期及び水深で1MPN/100ml未満であった。

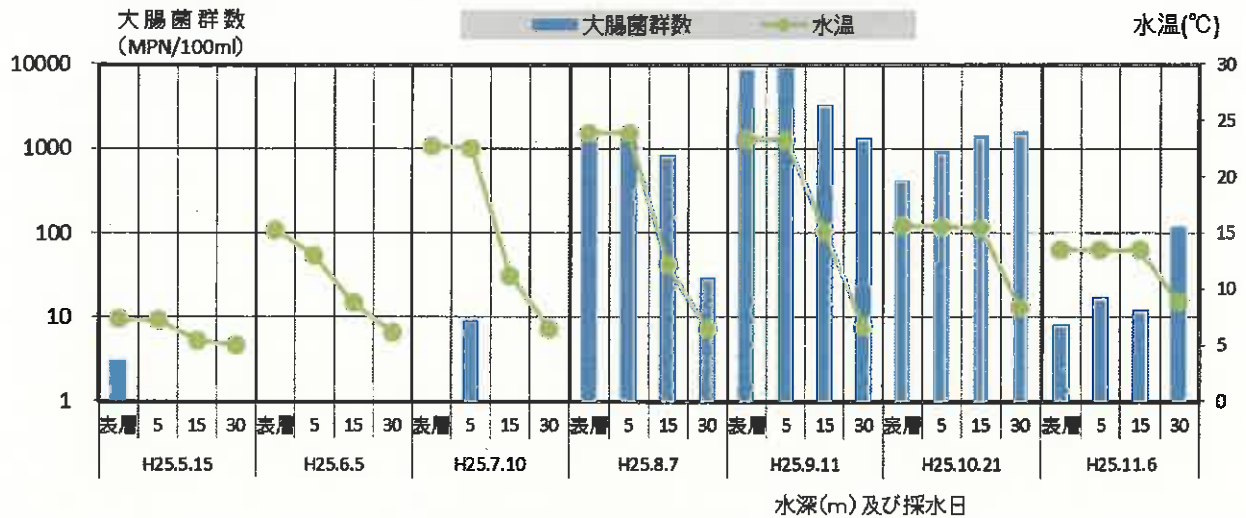


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

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6.64～7.04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。一方、大腸菌群数も最高値であった9月11日の表層及び水深5mのpHが7を超えた高い値であり、大腸菌群数とpHに中程度の正の相関関係が認められた。

TOCは0.53～0.77mg/Lで、TOCは水温と高い相関があった。TOCも比較的大腸菌群数が高かった、8月7日及び9月11日の表層及び水深5mで高い値を示し、大腸菌群数とTOCに中程度の正の相関関係が認められた。pHと同様に水深30mが他の水深と比較して低い値であった。なお、ECは104～115μS/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

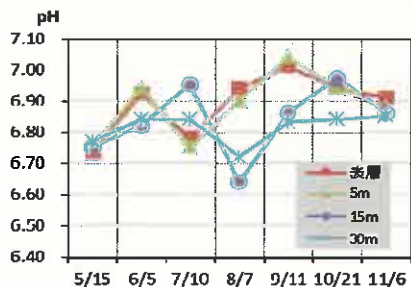


図5 猪苗代湖湖心のpH

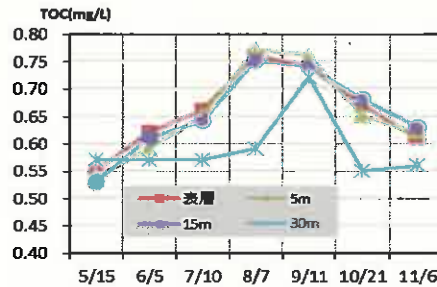


図6 猪苗代湖湖心のTOC

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	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.520	0.540	-0.384	-0.331	0.590

(2) 各河川及び各河川沖 500m の水質について

ア 高橋川新橋及び高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図 7 に示す。

高橋川新橋の大腸菌群数は 9,200~64,000MPN/100ml、大腸菌数は 14~190MPN/100ml、高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 14~8,600MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~6MPN/100ml であった。高橋川沖 500m では大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。高橋川沖 500m は猪苗代湖心表層より 9 月 11 日を除いては高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100ml を超えたのは、8 月 7 日 (2,700MPN/100ml)、10 月 21 日 (8,600MPN/100ml) の 2 回であった。

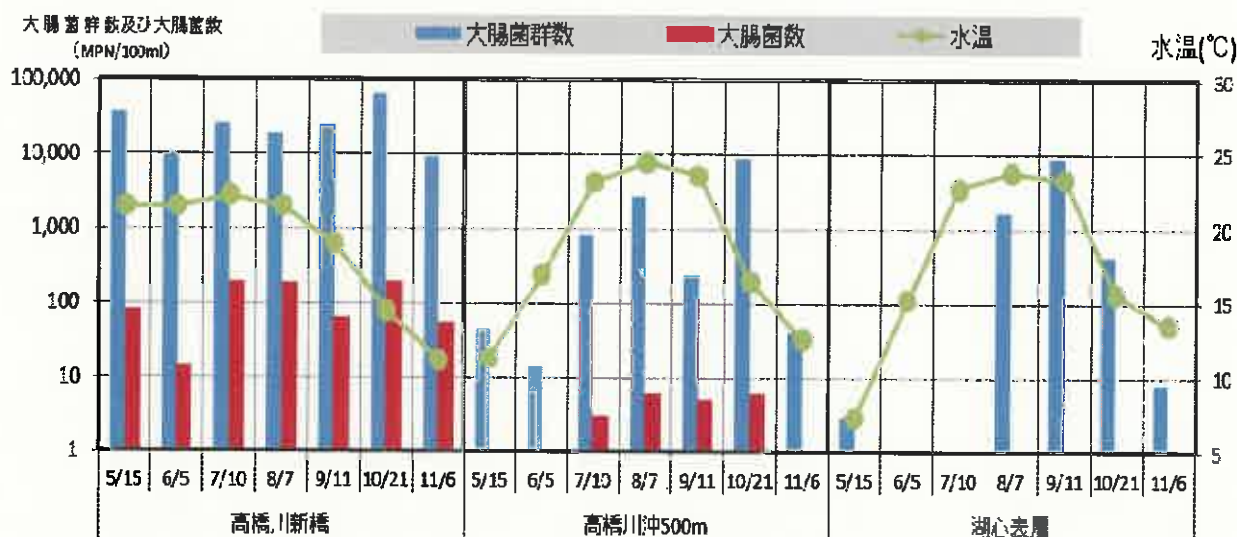


図 7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

イ 小黒川梅の橋及び小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、小黒川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図 8 に示す。

小黒川梅の橋の大腸菌群数は 12,000~120,000MPN/100ml、大腸菌数は 86~860MPN/100ml、小黒川沖 500m の大腸菌群数は 5~24,000MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~450MPN/100ml であった。8 月 7 日、9 月 11 日の大腸菌群及び 8 月 7 日、10 月 21 日の大腸菌数については、小黒川梅の橋と小黒川沖 500m で、ほぼ同様な値であったが、それ以外は小黒川沖 500m 地点の大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。小黒川沖 500m 地点は猪苗代湖心表層より 9 月 11 日を除いては高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100ml を超えたのは、7 月 10 日 (2,100MPN/100ml)、8 月 7 日 (24,000MPN/100ml)、9 月 11 日 (6,100MPN/100ml)、10 月 21 日 (5,200MPN/100ml) の 4 回であった。



図8 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図9に示す。

長瀬川小金橋の大腸菌群数は120～8,100MPN/100ml、大腸菌数は1未満～17MPN/100ml、長瀬川沖500mの大腸菌群数は1未満～2,700MPN/100ml、大腸菌数は1未満～16MPN/100mlであった。大腸菌群数については、長瀬川小金橋と長瀬川沖500m地点と同様な値を示す日が多く、長瀬川沖500mと猪苗代湖心表層も5月15日、7月10日以外はほぼ同様な値であった。長瀬川沖500mで大腸菌群数の湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mlを超えたのは、7月10日(2,400MPN/100ml)、9月11日(2,700MPN/100ml)の2回であった。酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数及び大腸菌数は、高橋川新橋及び小黒川梅の橋と比較して1～2桁低い値であった。しかし、長瀬川の流量は高橋川や小黒川の4～50倍あるため、大腸菌群の流入負荷総量では同程度の負荷を示す日もあった。また、長瀬川沖500mの大腸菌数は7月10日に16MPN/100mlが検出されただけであり、高橋川500m沖及び小黒川500m沖と比較して低い値だった。

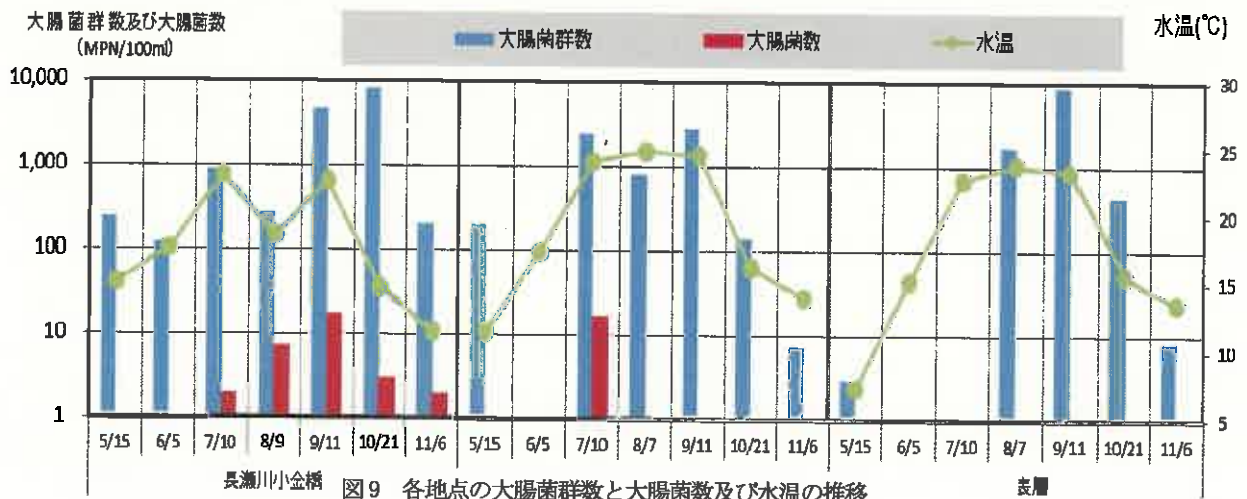


図9 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

エ 各河川及び各河川沖 500m の大腸菌群数に占める大腸菌数の比について

地点ごとの大腸菌群数に占める大腸菌数の比の結果を表 2 に示す。

全ての地点の分布は 0~8.7% であり、小黒川沖 500m で 10 月 21 日に 8.7% であった以外はすべて 5% 以下であった。全ての地点の平均値も、下水処理水流入前の河川水の平均値が 5% であったという和波らの報告¹⁾ よりも低く、各河川及び各河川沖 500m の大腸菌による汚染の割合は低いと考えられる。

表 2 各地点の大腸菌群数に占める大腸菌数の比

地点名	大腸菌数/大腸菌群数(%)	
	平均値	分布
高橋川新橋	0.5	0.1~0.9
高橋川沖500m	0.4	0~2.1
小黒川梅の橋	1.7	0.2~4.5
小黒川沖500m	1.5	0~8.7
長瀬川小金橋	0.6	0~2.6
長瀬川沖500m	0.1	0~0.7

オ 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について
各河川の流量等のグラフを図 10~11 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 3~4 に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋の pH は 7.02~7.62、EC は 151~298 μ S/cm、SS は 2~55mg/L、TOC は 0.90~5.02mg/L と猪苗代湖湖心の水質より高い値を示した。DO 飽和率は 90% 以上の値であった。5 月 15 日の採水は、高橋川新橋及び小黒川梅の橋 2 地点とも、水田の代掻きの影響を受けて透視度 (0.38m、0.18m) が低かった。その影響を受けて、EC 及び SS は高い値を示したが、大腸菌群数及び大腸菌数は、他の月と同程度であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋 2 地点とも、水温の上昇する夏期に大腸菌数が高くなり、大腸菌数と水温に正の相関が認められた。

長瀬川小金橋の pH は 4.05~6.64、EC は 73~292 μ S/cm、SS は 3~10mg/L、TOC は 0.67~1.77mg/L、DO 飽和率は 92% 以上であった。5 月 15 日、6 月 5 日、9 月 11 日は秋元発電所の放流水が流入している時間帯の採水のため、水量が多く流速の測定が困難だったため、流量を欠測とした。平成 24 年度の調査²⁾ では、秋元発電所が放流する時間帯の採水時は、秋元湖由来の水質の影響で pH が高く EC が低く、大腸菌群数及び大腸菌数は低い値を示していた。しかし、今年度の秋元発電所放流時の調査時であった 9 月 11 日に、pH が高く EC は低かったが、大腸菌群数及び大腸菌数は高い値を示した。この 9 月 11 日に TOC が高い値となり、大腸菌群数及び大腸菌数と TOC に正の相関が認められた。

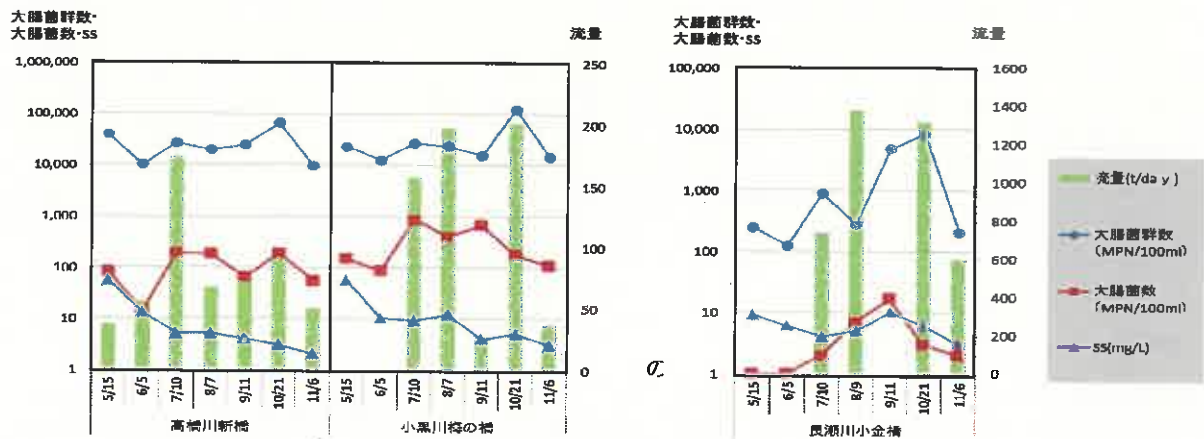


図 10 各河川の流量と SS 等の推移

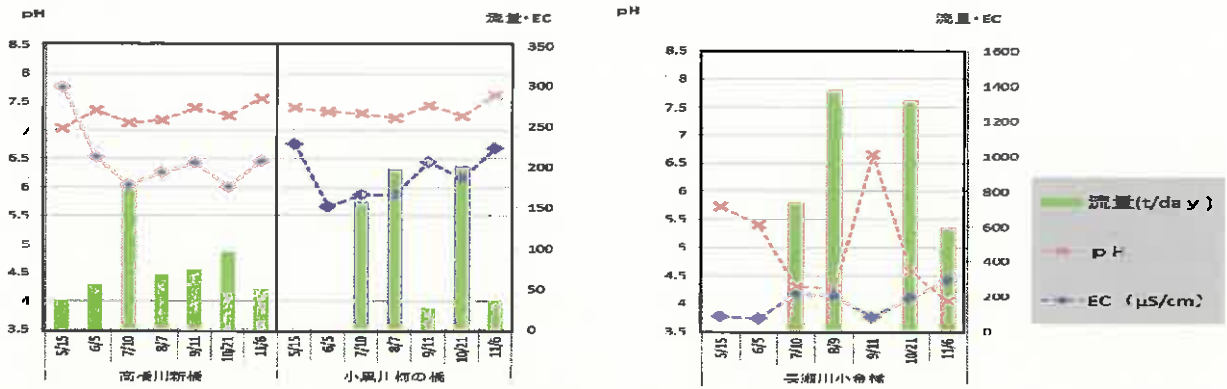


図11 各河川の流量とpH等の推移

表3 高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係 (n=14)

	水温	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	-0.247	-0.322	-0.072	-0.043	0.278	-0.028
大腸菌数	0.520	-0.017	-0.331	-0.167	-0.017	

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

	水温	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.039	0.193	-0.060	0.305	0.654	0.361
大腸菌数	0.537	0.588	-0.287	0.557	0.768	

カ 各河川沖500mの大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について
各河川沖500mの調査結果のグラフを図12~14に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表5~6に示す。

高橋川沖500m及び小黒川沖500mのpHは6.92~9.24、ECは112~201μS/cm、SSは1未満~8mg/L、TOCは0.66~3.43mg/L、DO飽和率は83%以上の値であった。水深の浅い高橋川沖500m及び小黒川沖500mは、pH、EC、SS及びTOCは猪苗代湖湖心より高い値を示した月も多く、各流入河川の影響を強くうけていた。また、この2地点の水深は、5月から11月まで0.5~1.7mと浅く、夏季から秋季にかけてはコカナダモ、セキシウモ及びヒルムシロが湖底に繁茂し、7月及び9月にはpHが8以上の値になる炭酸同化作用の影響がみられた。5月15日に代掻きの影響で、高橋川新橋及び小黒川梅の橋のEC及びTOCが高かったが、それぞれの河川沖500mでは、その影響はみられなかった。TOCは、高橋川沖500mで9月20日、小黒川沖500mで8月から10月にかけて高い値を示し、TOCと大腸菌数に正の相関がみられた。

長瀬川沖500mのpHは4.45~7.03、ECは106~159μS/cm、SSは1未満~3mg/L、TOCは0.54~1.94mg/L、DO飽和率は98%以上であった。長瀬川沖500mは、高橋川沖500m及び小黒川沖500mより水深が深く、このため、長瀬川小金橋の水質ではなく、ほぼ湖心表面と同様な水質であった。しかし、5月15日の調査では、長瀬川から帯状に流れてくる長瀬川由来のフロックが目視で確認でき、その時の長瀬川沖500mのpHやECは長瀬川の影響強くみられた。水温の高くなる夏期に、大腸菌群数と大腸菌数が高くなっており、水温と大腸菌群数及び大腸菌数に正の相関があった。大腸菌数とDO飽和率及びSSに高い相関があるが、検体数が少ないため今後データを蓄積して検討していきたい。

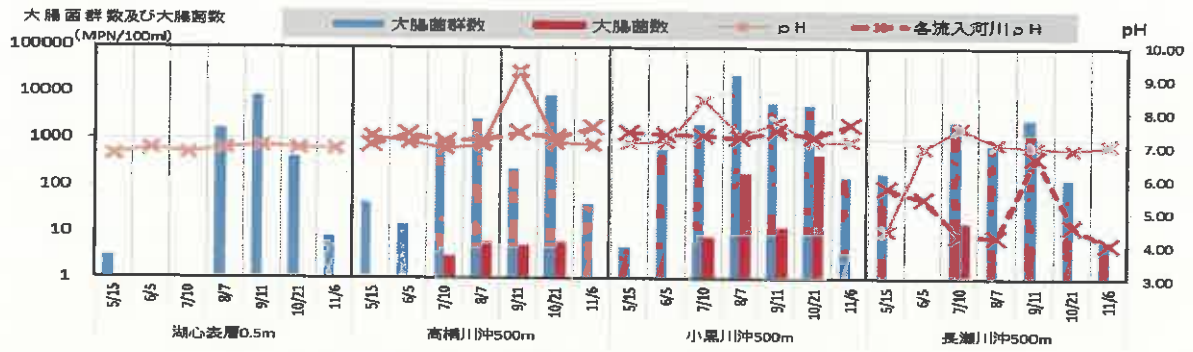


図12 各河川沖500m地点等のpHの推移

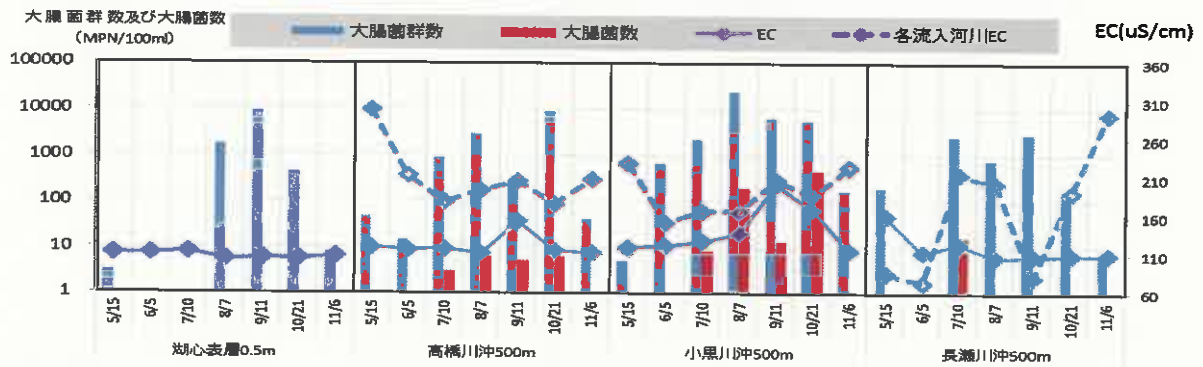


図13 各河川沖500m地点等のECの推移

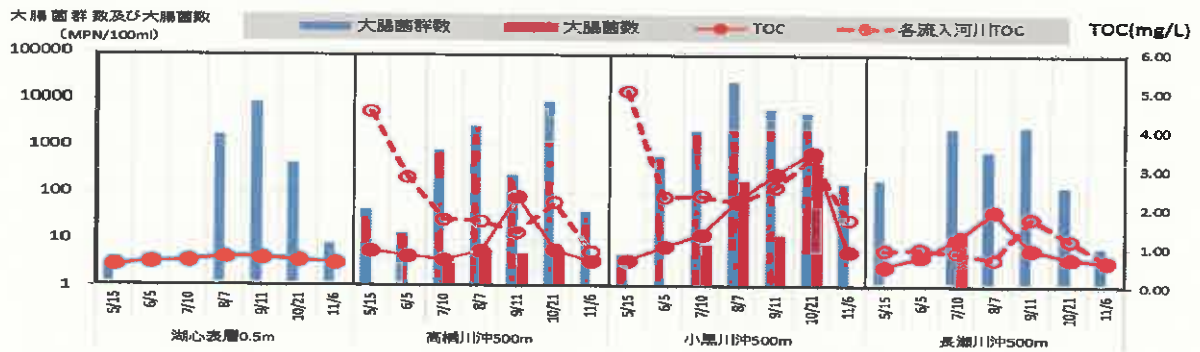


図14 各河川沖500m地点等のTOCの推移

表5 高橋川沖500m及び小黒川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	0.393	-0.057	0.255	0.126	0.203	0.425	0.131
大腸菌数	-0.020	-0.119	0.135	-0.502	0.619	0.723	

(n=14)

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

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.780	0.372	-0.141	0.469	0.422	0.355	0.571
大腸菌数	0.409	0.368	0.114	0.931	0.881	0.230	

(n=7)

(3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表7に示す。

猪苗代湖湖心の5月15日では、表層でのみ大腸菌群が検出され、*Enterobacter cloacae*が同定された。6月5日は全層で大腸菌群数が検出されず、7月10日は全層で大腸菌群数が検出され、全層から *Aeromonas* 属のみが同定された。表層で大腸菌群数がA類型の環境基準を超過した8月7日には、*E. cloacae*と *Aeromonas* 属が、水深5m及び水深15mでは *E. cloacae*が同定された。9月11日の表層で *E. cloacae*が、水深5m以下では、*E. cloacae*と *Enterobacter asburiae*が同定され、10月21日の表層では、*E. cloacae*、*Serratia* 属、*Pantoea* 属が、水深5mでは *Enterobacter amnigenus*2、水深15mでは *E. cloacae*と *E. asburiae*が水深30mでは *E. cloacae*が同定された。11月11日には、表層で *Aeromonas* 属が、水深5mでは *Aeromonas* 属と *E. cloacae*が、水深15mでは *E. cloacae*と *E. asburiae*が、水深30mでは *E. cloacae*のみが同定された。5月から11月にかけて猪苗代湖湖心の大腸菌群数の種の同定を行ったが、最も高い頻度で同定されたのは *E. cloacae*で、数回 *E. asburia*、*Aeromonas* 属、*E. amnigenus*2、*Serratia* 属、*Pantoea* 属が同定された。この結果は、湖心から単離された大腸菌群のうち最も高い頻度で *E. cloacae*が同定され、次いで *E. asburia*、*E. amnigenus*1が多く出現したという小野³⁾の報告と類似するものであった。しかし、7月に *Aeromonas* 属のみが検出される事例がみられることから、今後 *Aeromonas* 属の出現状況に注視していきたい。

9月11日の高橋川新橋からは *Aeromonas* 属、*E. cloacae*、小黒川梅の橋からは *E. cloacae*、*Enterobacter sakazaki*、*Klebsiella oxytoca*が同定された。酸性河川であり大腸菌群数が少ない長瀬川小金橋からは、*Aeromonas* 属、*E. cloacae*、*Serratia marcescens*が同定され、各河川においても *E. cloacae*が最も高い頻度で出現した。

高橋川沖500mでは *Aeromonas* 属、*E. asburia*、*S. marcescens*が、小黒川沖500mでは *Aeromonas* 属が、長瀬川沖500mは *E. cloacae*のみが同定された。

表7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	大腸菌群の同定結果				BGLB培地の大腸菌培養の結果 (MPN/100ml)	BGLB培地の最高希釈試験管接種量 (ml)	BGLB培地の最高希釈陽性試験管本数 (本)	コロニー		
		<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria</i> 2	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>						
猪苗代湖 湖心 表層	H25. 5. 15		0.8			7	10	3	3		
猪苗代湖 湖心 水深5m						<1	—	—	<1		
猪苗代湖 湖心 水深15m						<1	—	—	<1		
猪苗代湖 湖心 水深30m						<1	—	—	<1		
猪苗代湖 湖心 表層	H25. 6. 5					<1	—	—	<1		
猪苗代湖 湖心 水深5m						<1	—	—	<1		
猪苗代湖 湖心 水深15m						<1	—	—	<1		
猪苗代湖 湖心 水深30m						<1	—	—	<1		
猪苗代湖 湖心 表層	H25. 7. 10	2.4				240	1	5	<1		
猪苗代湖 湖心 水深5m		3.4				2400	0.1	5	9		
猪苗代湖 湖心 水深15m		2.9				790	0.1	3	1		
猪苗代湖 湖心 水深30m		2.9				790	0.1	3	<1		
猪苗代湖 湖心 表層	H25. 8. 7	2.7	3.3			2400	0.1	5	1700		
猪苗代湖 湖心 水深5m			3.1			1300	0.1	4	1500		
猪苗代湖 湖心 水深15m			2.4			280	0.1	3	810		
猪苗代湖 湖心 水深30m						33	1.5	1	29		
猪苗代湖 湖心 表層	H25. 9. 11		3.9			7900	0.01	3	8600		
猪苗代湖 湖心 5m			3.7	3.4		7900	0.01	3	9200		
猪苗代湖 湖心 15m			3.3	2.7		2400	0.1	5	3200		
猪苗代湖 湖心 30m			3.2	3.0		2400	0.1	5	1300		
猪苗代湖 高橋川沖500m		2.2		1.7		240	1.7	1	240		
猪苗代湖 小黒川沖500m		2.9 3.4				3500	0.01	4	6100		
猪苗代湖 長瀬川沖500m			3.4			2400	0.1	5	2700		
高橋川 新橋		3.5	3.7	3.2	3.2	3.2	13000	0.01	4	24000	
小黒川 海の橋		3.3	3.3	3.3		3.3	7900	0.01	3	15000	
長瀬川 小金橋		2.5	2.5			2.5	1300	0.1	4	4600	
猪苗代湖 湖心 表層	H25. 10. 21		1.6		1.5	1.5	1.5	130	1	4	420
猪苗代湖 湖心 水深5m				2.6				330	0.1	1	950
猪苗代湖 湖心 水深15m			2.7	2.4				790	0.1	3	1400
猪苗代湖 湖心 水深30m			2.3					220	0.1	2	1600
猪苗代湖 湖心 表層	H25. 11. 11	1.7					49	1	2	8	
猪苗代湖 湖心 水深5m		1.3	0.7				23	10	5	17	
猪苗代湖 湖心 水深15m			1.1	1.0			23	10	5	12	
猪苗代湖 湖心 水深30m			1.5				33	1	1	120	

*表中の数値は最高希釈の試験管から出現した割合に数値を乗じた値の常用対数表

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、5月から7月まではほとんど検出されなかったが、水温の上昇とともに8月から11月にかけては4層で検出された。特に9月11日の表層では、8,600MPN/100mlと、湖沼A類型の環境基準(1,000MPN/100ml)を超える高い値となった。大腸菌群数とpHに中程度の相関がみられた。なお、年間を通じて大腸菌は検出されなかった。
- (2) 高橋川新橋及び小黒川梅の橋の大腸菌群数は数千~十万MPN/100ml、大腸菌数は数十~数百MPN/100ml程度、高橋川沖500m及び小黒川沖500mの大腸菌群数は数MPN~数万MPN/100ml、大腸菌数は1未満~数百MPN/100ml程度であった。高橋川及び小黒川から流入後、猪苗代湖内の高橋川沖500m及び小黒川沖河川沖500mでは、同程度又は数桁減少していた。猪苗代湖2河川沖の大腸菌数とTOCに高い正の相関がみられた。
- (3) 長瀬川小金橋の大腸菌群数は数百~数千MPN/100ml、大腸菌数は1未満から17MPN/100mlであり、8(2)の2河川と比較して低い値であった。猪苗代湖内の、猪苗代湖長瀬川沖500mではほぼ同様に1~2桁減少、大腸菌数も減少し、大腸菌数は7月10日を除いては1MPN/100ml未満であった。長瀬川小金橋で大腸菌数とTOCに、猪苗代湖長瀬川沖500mで大腸菌群数と水温、大腸菌数とDO飽和率及びTOCに高い正の相関がみられたが、試料数(n=7)が少ないため今後データを蓄積し、検討していきたい。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の比は各河川で0~4.5%、猪苗代湖各河川沖500m地点で0~8.7%と大腸菌数の割合は少なかった。
- (5) 猪苗代湖湖心の大腸菌群数の種は、最も高い頻度で同定されたのは*E. cloacae*で、このほか*E. asburia*、*Aeromonas*属、*E. amnigenus*2、*Serratia*属、*Pantoea*属が同定された。各河川において大腸菌群も、*E. cloacae*が高い頻度で出現した。

参考文献

- 1) 和波ら：大腸菌群数測定の課題と今後の動向
第46回日本水環境学会併設全国環境協議会研究集会
- 2) 平成24年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境センター
- 3) 小野公嗣：猪苗代湖に出現する大腸菌群とその由来
福島大学大学院共生システム理工学研究科 修士論文 2011年3月

別紙1 現地調査結果

調査地点	猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)		
	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30
採取水深(m)	H25.5.15				H25.6.5				H25.7.10			
調査年月日	9:40	晴れ	晴れ	晴れ	9:10	晴れ	晴れ	晴れ	9:25	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	15.3	晴れ	晴れ	曇り時々雨	24.3	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り
気温(℃)	7.3	7.2	5.4	4.9	15.2	12.9	8.7	6.1	22.7	22.5	11.1	6.4
水温(℃)					23.8	23.8	12.1	6.4	23.3	23.2	15.1	6.6
透明度(m)					10.3	11.2	10	11	11.9	11.9	13.4	13.4
水色(フォーレル)	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8
色相	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
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日	H25.5.15			H25.6.5			H25.7.10			H25.8.7			H25.9.11		
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	
気温(℃)	20.8	19.6	18.1	24.8	23.8	22.6	25.4	23.9	24.7	26.1	25.5	25.1	24.1	24.2	
水温(℃)	11.4	10.7	11.4	16.9	18.9	17.3	23.1	25.5	24	24.5	25.0	24.8	23.6	23.2	
水深(m)	1.2	1.0	24.8	3.4	0.9	41.2	1.4	1.0	10.2	1.7	1.2	10.4	0.5	0.7	
透明度(m)	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	2.6	全透	全透	6.4	全透	全透	
水色(フォーレル)	14	16	14	13	14	6	11	14	14	10	10	9	14	16	
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	淡茶色	無色	茶褐色	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	
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	

*長瀬川沖500mまで長瀬川由来のブロッコが確認できた

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川	高橋川	小黒川	長瀬川
採取水深(m)	新橋	梅の橋	新橋	新橋	梅の橋	新橋	新橋	梅の橋	新橋	新橋	梅の橋	新橋	新橋	梅の橋	新橋
調査年月日	12:10	12:25	13:30	13:10	13:30	14:15	11:40	12:05	12:35	12:10	14:00	8:40	12:05	12:33	12:56
天候(当日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り
気温(℃)	27	24	24.5	30.9	28.5	29.2	30	32	29	29.2	30.5	25.5	25.7	25.5	27.5
水温(℃)	21.5	20.9	15.0	21.5	21.8	17.6	22.2	25.0	23.0	21.5	25.2	18.5	19	23	22.5
透明度(m)	0.38	0.18	0.76	0.78	>1	>1	>1	0.82	>1	>1	>1	0.90	>1	>1	>1
水色(フォーレル)	0.42	茶色	濁褐色	濁褐色	無色	無色	2.00	1.81	8.51	0.77	2.28	15.94	0.85	0.31	欠測
色相	無色	茶色	濁褐色	濁褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	茶褐色	茶褐色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明

*小黒川は、猪苗代湖の水位が高くなり、橋から流速測定できず欠測

*小黒川、高橋川は流れが弱く、橋から流速測定できず欠測

*放流8:00~20:00

*小黒川は、流れがなく、橋から流速測定できず欠測

*小黒川、高橋川は流れがなく、橋から流速測定できず欠測

*放流7:30~17:00

*小黒川は、流れがなく、橋から流速測定できず欠測

*小黒川、高橋川は流れがなく、橋から流速測定できず欠測

*放流14:30~

3 プレジャーボートによる水質への影響調査

1 調査目的

猪苗代湖は、夏季に湖水浴やヨット、水上バイク等のウォーターレジャーによる湖面利用がなされており貴重な観光資源となっている。しかし、近年、湖水の中性化に伴って水質が悪化しており、福島県では、平成25年3月に改定した「猪苗代湖及び裏磐梯湖沼水環境保全推進計画」（以下「計画」という。）において重点的に取り組む施策の一つとして観光地対策を掲げ、プレジャーボート等による水質への影響の把握や、プレジャーボート等による汚濁負荷低減を図っていくとしている。

プレジャーボートは、燃料等の取扱いや走行時に排出される廃油分の環境への影響が懸念されており、福島県では平成24年度に猪苗代湖において実態調査を行った。その結果、揮発性有機化合物(VOC)が検出されたが、その値は基準値や指針値等の参考値と比較すると低い値であった。平成24年度の調査では湖水のVOC濃度とプレジャーボート数との明確な関係は得られなかったため、平成25年度は、平成24年度の調査で最もプレジャーボートが多く確認された中田浜において調査を行った。

2 調査方法

プレジャーボート利用者の多い夏季の休日及び平日に湖水を採取し、プレジャーボートの排ガスからの排出が懸念されている VOC 中のベンゼン、トルエン及びキシレンと pH 等の測定を行った。沖合及び湖心の採水にはボートを用い、湖心採水時に比較として調査用ボート後方のエンジン付近の湖水も採取した。

プレジャーボート台数は、採水を行う湖岸から目視により 10 分間の航行台数及び停泊台数を数えた。

3 調査地点

中田浜：湖水浴場として利用されている岸から 10～20m 程度の地点
(平成 24 年度の調査地点の北側の入江)

中田浜沖合：プレジャーボートが走行する中田浜の沖合 200m 程度の地点

湖心：猪苗代湖中心部の表層及び調査用ボートエンジン付近の表層

4 調査日時

8月21日(水) 11時頃から約2時間おきに3回

8月26日(日) 11時頃から約2時間おきに3回

10月21日(月) AM1回

11月6日(木) AM1回 ※中田浜沖合及び湖心のみ

5 調査項目

(1) 現地での調査項目：気温、水温、透明度又は透視度、臭気、水色、濁り、プレジャーボート台数

(2) 分析項目：pH、電気伝導度(EC)、TOC、ベンゼン、トルエン、キシレン



図1 調査地点

6 測定方法

気温：日本工業規格（以下「JIS」と略す）K0102 7.1 に定める方法

水温：JIS K0102 7.2 に定める方法

透明度：海洋観測指針(第1部気象庁)に掲げる方法

透視度：JIS K0102 9 に定める方法を準用し透視度計は全長 1m のものを使用

pH：JIS K0102 12 に定める方法（イオン電極法）

EC：JIS K0102 13 に定める方法（導電率計）

TOC：燃焼酸化-赤外吸収式 TOC 自動計測法

ベンゼン、トルエン、キシレン：JIS K0125 5.1 に定める方法

7 結果と考察

(1) プレジャーボート台数調査結果

プレジャーボートの総数は、8月21日(水)は35台、8月25日(日)は72台であった。種類別では、4サイクルエンジン付き座り乗りタイプ的水上オートバイが61台、2サイクルエンジン付き立ち乗りタイプ的水上オートバイが14台、モーターボートが28台、エンジン付きヨットが1台、観光船が3台であり、4サイクルエンジン付き座り乗りタイプ的水上オートバイが全体の約6割を占めた。走行していたプレジャーボートは96台、停泊していたプレジャーボートは11台であった。平日のボート数は35台で休日の約5割であった。

表1 プレジャーボート台数調査結果

			中田浜							
			10:30	11:15	13:00	13:30	14:25	15:00		
8月21日 水	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	1	2	2	4	1	8		
		停泊数					1			
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数	1	1	1		3	1		
		停泊数								
	モーターボート	走行数		2	1		3			
		停泊数	1	1					1	
	ヨット (エンジン付き)	走行数								
		停泊数								
	白鳥号 (観光船)	走行数								
		停泊数								
合計	走行数	2	5	4	4	7	9	走行数合計	31	
	停泊数	1	1	0	0	1	1	停泊数合計	4	

			中田浜							
			10:30	11:00	13:00	13:40	14:10	14:40		
8月25日 日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	5	1	8	6	13	6		
		停泊数					3			
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数	2	3	1	1				
		停泊数								
	モーターボート	走行数	3	3	2	4	2	2		
		停泊数			1	2				
	ヨット (エンジン付き)	走行数								
		停泊数				1				
	白鳥号 (観光船)	走行数	1		1	1				
		停泊数								
合計	走行数	11	7	12	12	15	8	走行数合計	65	
	停泊数	0	0	1	3	3	0	停泊数合計	7	

(2) pH、EC、TOCの結果(別表1、2)

pHは、中田浜沖合、中田浜ともに6.9~7.0、ECは、中田浜沖合106~116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、中田浜106~107 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。いずれも休日、平日による差異はみられず、県が湖心ほか8地点で行っている常時監視測定結果との大きな違いもみられなかった。TOCは、中田浜沖合0.67~0.86 mg/L 、中田浜0.74~1.17 mg/L であった。

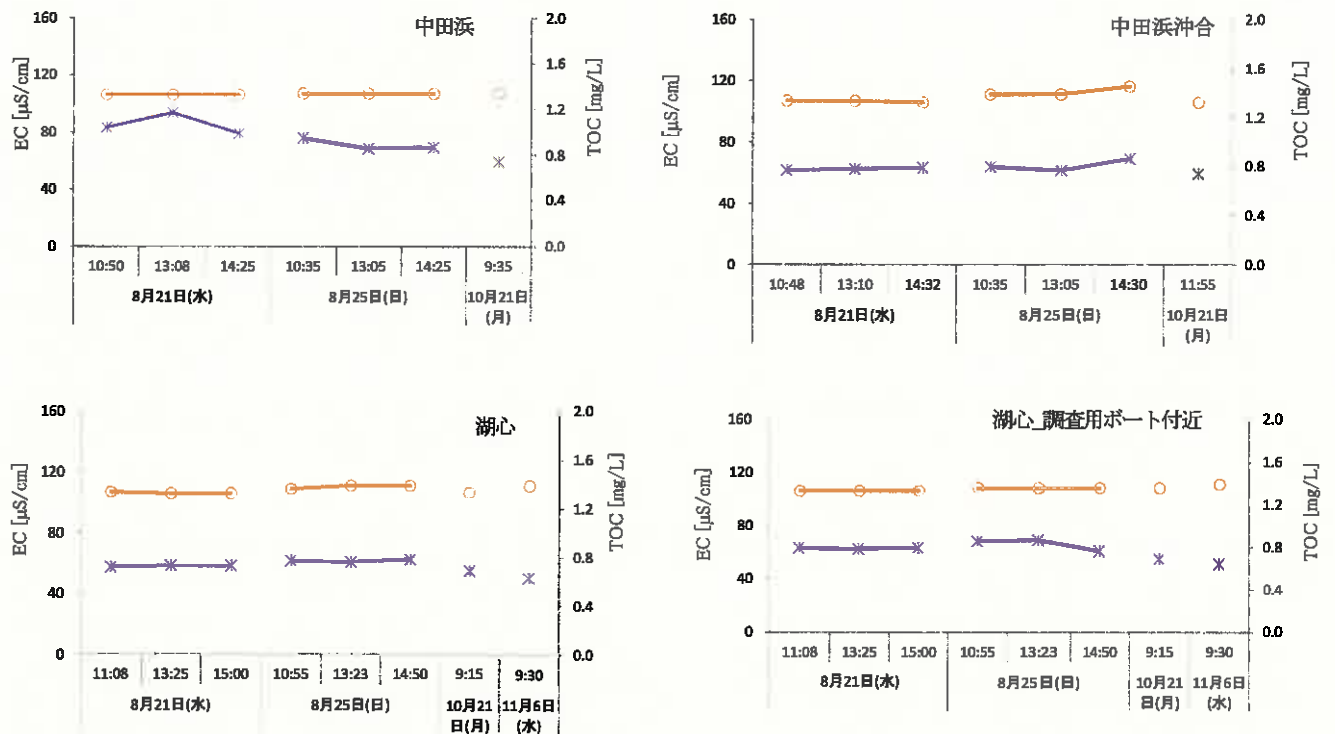


図2 各調査地点におけるEC及びTOC ○ EC * TOC

(3) VOCの結果(別表1、2)

ベンゼン、トルエン、キシレンの結果を図3及び図4に示す。ベンゼン及びキシレンは中田浜沖合、中田浜いずれでも検出されず、トルエンは、中田浜沖合0.0003~0.0009 mg/L、中田浜<0.0002~0.0003 mg/Lの範囲で検出された。

これらの最大値を環境基準値等と比較すると、中田浜沖合のトルエンは水道水質基準の約1/220、浜のトルエンは1/660であった。(表2)

物質名	最大値		水質汚濁に係る 環境基準等	水質基準 (水道法第4条)等
	沖合	浜		
ベンゼン	<0.0002	<0.0002	0.01	0.01
トルエン	0.0009	0.0003	0.6*1	0.2*2
キシレン	<0.0004	<0.0004	0.4*1	0.4*3

*1 要監視項目及び指針値

*2 水質管理目標設定項目(目標値/15年局長通知)

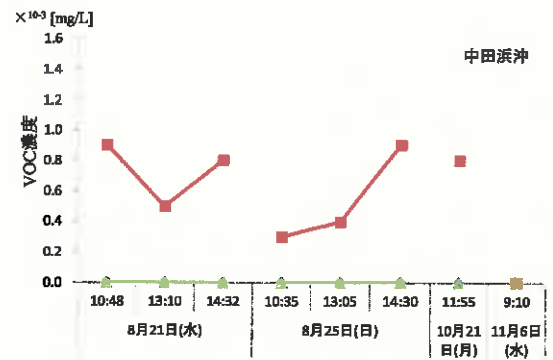
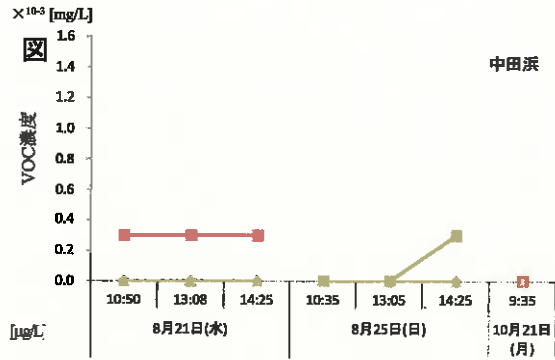
*3 要検討項目(目標値/15年審議会答申)

調査用ボートからどの程度 VOC が排出されるかを走行するボートが少ない湖心で調査用ボートのエンジン付近の湖水を採取、測定することにより確認した。その結果、ベンゼンは最大 0.0015 mg/L、トルエンは最大 0.040 mg/L、キシレンは最大 0.0010 mg/L 検出されたが、採取するタイミングによっては検出されない場合もあった。

VOC濃度の推移をみると、中田浜、中田浜沖合及び湖心、いずれでもトルエンのみ検出された。中田浜のトルエンは、8月21日(水)は時間経過によらず0.0003 mg/Lと一定、8月25日(日)は10時、13時は検出されず、15時は0.0003 mg/Lであった。10月21日(月)は検出されなかった。中田浜沖合のトルエンは、10時半、13時、14時半の順に8月21日(水)は0.0009 mg/L、0.0005 mg/L、0.0008 mg/L、8月25日(日)は0.0003 mg/L、0.0004 mg/L、0.0009 mg/Lであり、8月25日(日)は時間経過とともにトルエン濃度が上昇した。10月21日(月)は0.0008 mg/L、11月6日(水)は検出されなかった。中田浜及び中田浜沖合を比較すると、8月21日(水)及び8月25日(日)いずれも中田浜よりもプレジャーボートの往航する中田浜沖合のトルエン濃度が高かった。

湖心のトルエンは、8月21日(水)の13時半、15時に0.0046 mg/L、0.0056 mg/Lと中田浜や中田浜沖合のトルエン濃度と比較して高い値であった。8月21日(水)の湖心調査時は、調査用ボート以外にプレジャーボートは確認できなかったため、トルエンが高濃度に検出された原因として調査用ボートの影響が考えられた。このため、湖水の採水方法をひしゃくにより直接汲み取る方法からバケツ投げ入れにより調査用ボートから2m程度離れた地点の採水へと変更した。採水方法変更後はトルエンは検出されなかった。

また、8月21日(水)と8月25日(日)の湖心調査用ボート付近のVOC濃度が大きく異なる一因として風の影響が示唆された。8月21日の調査時は風がほとんどなく湖面が穏やかだったのに対して、8月25日の調査時は8月21日調査時よりも波があり、調査用ボートエンジン付近のVOCの拡散が進み、トルエンが検出されなかった可能性が考えられた。



◆ キシレン ■ トルエン ▲ ベンゼン (下限値は0とプロット)

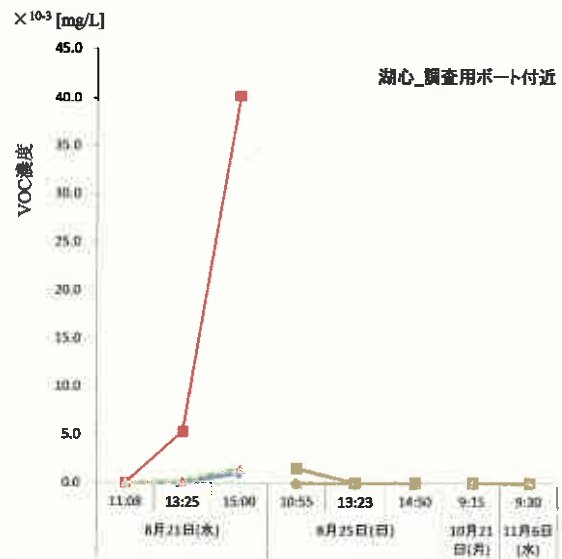
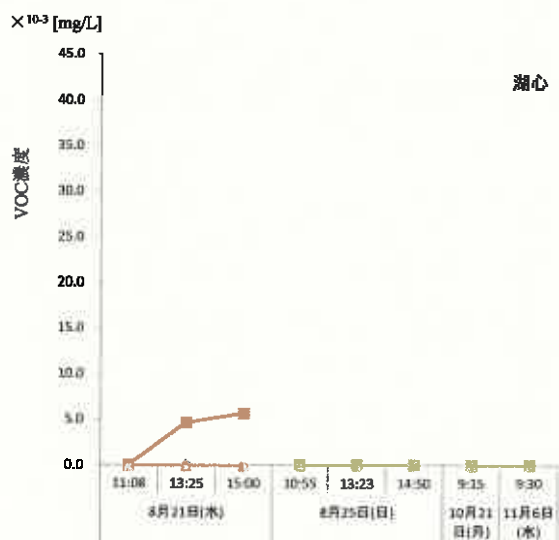


図4 湖心及び調査用ボート付近におけるVOC濃度

◆ キシレン ■ トルエン ▲ ベンゼン (下限値は0とプロット)

(4) プレジャーボート走行台数及び停泊台数とトルエン濃度との関係

中田浜において確認されたプレジャーボート走行台数と、検出されたトルエン濃度の最大値をみると、それぞれの調査時間帯ではプレジャーボート数とトルエン濃度の間に一定の傾向はなかったが、8月25日(日)は時間経過とともにトルエン濃度が上昇した。一方で、日曜日に比べてプレジャーボート数の少ない8月21日(水)においても8月25日(日)と同程度の濃度のトルエンが検出された。また、プレジャーボートが走行していなかった10月においても中田浜沖でトルエンが検出された。

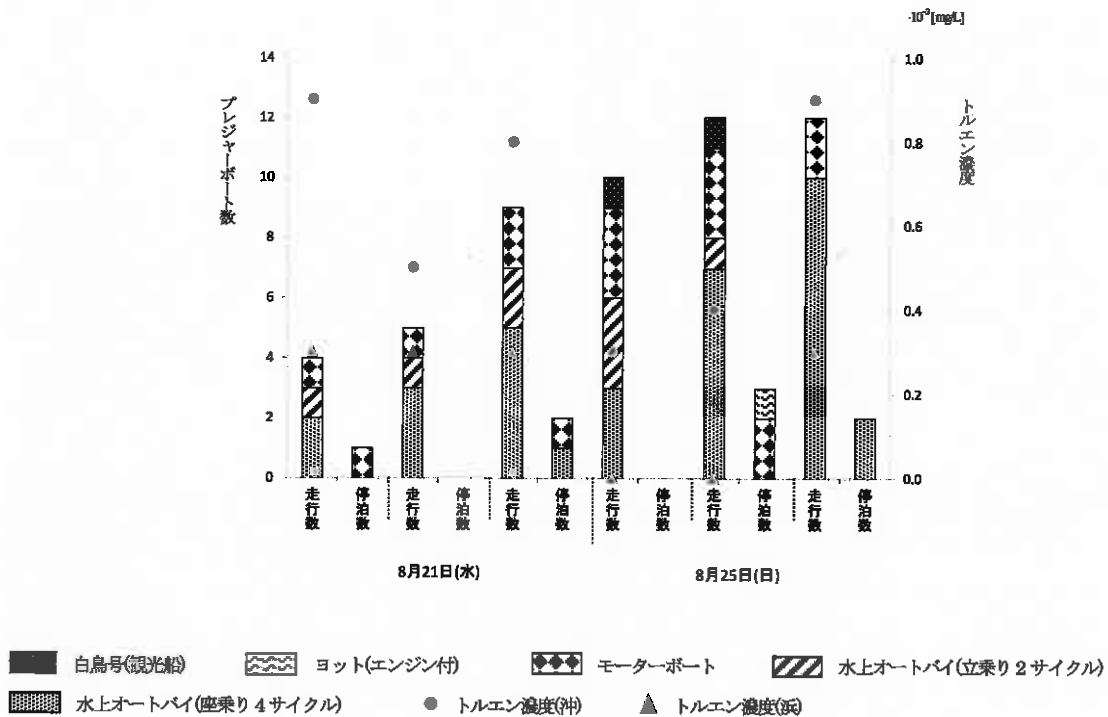


図5 中田浜におけるボート数とトルエン濃度の関係

8 まとめ

- (1) プレジャーボートは、8月21日(水)は35台、8月25日(日)は72台確認された。
- (2) 今回の調査における中田浜及び中田浜沖合のVOCの最高値は、トルエン0.0009 mg/L、ベンゼン、キシレンは不検出であった。このトルエンの結果を環境基準値の指針値と比較すると約660分の1、水道水質基準と比較すると約220分の1であった。
- (3) 湖心調査用ボート付近のVOC濃度が調査回によって大きな差異を生じたことから、湖水中のVOCはプレジャーボートと採水地点の距離や湖面の状態等、採水時の状況に大きく影響を受けると示唆された。
- (4) 今回の調査において検出されたVOCは基準や指針値等の参考値と比較し低い値ではあるが、今後も継続的な調査が必要であると考えられる。

9 参考文献等

- (1) 猪苗代湖及び裏磐梯湖沼水環境保全推進計画,福島県,平成14年3月
- (2) 猪苗代湖水環境保全基礎調査委託業務報告書,福島県,平成12年11月
- (3) 水上バイクが琵琶湖に与える影響調査結果報告書(2006年度版),琵琶湖市民大学,平成18年3月
- (4) プレジャーボートによる水質への影響調査報告書,福島県,平成25年3月

別表1 調査結果(8月21日(水))

調査地点	中田浜			中田浜沖			猪苗代湖湖心			猪苗代湖湖心 調査用ボート付近			
採水日	8月21日(水)												
天候 当日(前日)	曇り(小雨)												
採水時間	10:50	13:08	14:25	10:48	13:10	14:32	11:08	13:25	15:00	11:08	13:25	15:00	
位置情報	緯度	37° 31' 52.28			37° 28.828			37° 28' 32.30			37° 28' 32.30		
	経度	140° 02' 15.41			140° 02.201			140° 05' 44.64			140° 05' 44.64		
湖岸からの距離	m	6			150								
採水地点の水深	m	1.0	1.0	1.0	5.0	6.0	3.0	96.0	96.0	97.0	98.0	96.0	97.0
気温	°C	23.8	26.0	26.1	24.0	32.0	26.8	26.2	26.5	26.8	26.2	26.5	26.8
水温	°C	27.0	28.0	28.6	21.5	27.0	27.0	21.0	20.8	20.8	21.0	20.8	20.8
透明度 (中田浜は透視度)	m	>1	>1	>1	>5	>6	>9	10.2	10.0	9.6	10.2	10.0	9.5
水色(フォーレル)	No	15	16	15	5	6	6	6	6	5	6	6	5
色相		緑色	無色	緑色	緑色	緑色	無色	緑色	緑色	無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
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
pH		6.9	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.9
EC	μS/cm	106	106	106	107	107	106	107	106	106	106	106	106
TOC	mg/l	1.04	1.17	0.99	0.77	0.78	0.79	0.72	0.73	0.73	0.79	0.78	0.79
ベンゼン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	1.5
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	0.3	0.3	0.3	0.9	0.5	0.8	<0.2	4.6	5.6	<0.2	5.3	40
キシレン	×10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	1.0

別表2 調査結果(8月25日(日))

調査地点	中田浜			中田浜沖			猪苗代湖湖心			猪苗代湖湖心 調査用ボート付近			
採水日	8月25日(日)												
天候 当日(前日)	晴れ(雨)												
採水時間	10:35	13:05	14:25	10:35	13:05	14:30	10:55	13:23	14:50	10:55	13:00	15:00	
位置情報	緯度	37° 28.49.54			37° 28.853			37° 28.359			37° 24.862		
	経度	140° 02.21.39			140° 02.476			140° 06.001			140° 07.207		
湖岸からの距離	m	3			150								
採水地点の水深	m	1.0	0.9	0.9	7.3	5.7	7.3	96	96	96	96	96	96
気温	°C	22.5	24.0	25.3	26.7	31.0	29.5	26.8	29.8	25.0	26.8	29.8	25.0
水温	°C	25.5	27.5	27.0	26.0	25.8	25.5	25.0	26.7	24.5	25.0	25.7	24.5
透明度 (中田浜は透視度)	m	>1	>1	>1	6.5	5.7	7.3	10.5	10.0	10.5	10.5	10.0	10.5
水色(フォーレル)	No	17	17	17	6	6	6	5	5	4	5	5	4
色相		無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色
濁り		透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
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
pH		6.9	6.9	7.0	6.9	6.9	7.2	7.0	7.0	6.9	7.0	6.9	6.9
EC	μS/cm	107	107	107	111	111	116	109	111	111	108	108	108
TOC	mg/l	0.95	0.96	0.87	0.80	0.77	0.86	0.77	0.76	0.78	0.85	0.86	0.76
ベンゼン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	0.3	0.3	0.4	0.9	<0.2	<0.2	<0.2	1.5	<0.2	<0.2
キシレン	×10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

別表3 調査結果(10月21日(月))

調査地点	中田浜	中田浜沖	猪苗代湖湖心	猪苗代湖湖心 調査用ポート付近
採水日	10月21日(月)			
天候 当日(前日)	晴れ(雨)			
採水時間	9:35	11:55	9:15	9:15
位置情報	緯度	37° 31' 02.28	37° 28.053	37° 28.359
	経度	140° 02' 15.41	140° 02.476	140° 00.001
湖岸からの距離	m	0	150	
採水地点の水深	m	0.8	10.6	95.8
気温	°C	19.2	17.2	14.3
水温	°C	15.7	16.0	15.7
透明度 (中田浜は透明度)	m	>1	8.0	11.9
水色(コージェル)	No		10	9
色相		緑色	緑色	無色
濁り		透明	透明	透明
臭気		緑臭	緑臭	緑臭
pH		6.9	7.0	6.8
EC	μS/cm	107	106	107
TOC	mg/l	0.74	0.74	0.69
ベンゼン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	0.8	<0.2
キシレン	×10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4	<0.4

別表4 調査結果(11月6日(水))

調査地点	中田浜沖	猪苗代湖湖心	猪苗代湖湖心 調査用ポート付近
採水日	11月6日(水)		
天候 当日(前日)	晴れ(晴れ)		
採水時間	9:10	9:30	9:30
位置情報	緯度	37° 28.053	37° 28.359
	経度	140° 02.476	140° 00.001
湖岸からの距離	m	150	
採水地点の水深	m	10.6	90.0
気温	°C	10.1	7.1
水温	°C	13.2	13.5
透明度 (中田浜は透明度)	m	>10.6	13.4
水色(コージェル)	No	8	8
色相		緑色	無色
濁り		透明	透明
臭気		無臭	緑臭
pH		6.9	6.9
EC	μS/cm	110	111
TOC	mg/l	0.67	0.63
ベンゼン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	<0.2	<0.2
キシレン	×10 ⁻³ mg/L	<0.4	<0.4

4 湖沼における難分解性有機物調査

1 目的

湖沼における環境基準未達成の要因の一つと考えられる難分解性有機物について、県内の代表的な湖沼の実態を把握することにより、水環境保全対策に資することを目的とする。

2 調査方法

猪苗代湖及び尾瀬沼の溶存態及び懸濁態の有機物量等を調査する。また、生分解試験を行い難分解性有機物の存在状況を把握し、各湖沼の有機物による汚濁の現状を検討した。

3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心（表層、水深 50m、水深 90m）
- (2) 尾瀬沼湖心（表層、水深 3m、水深 6m）、大江川 尾瀬沼流入前の橋（表層）

4 調査時期

- (1) 3-(1)については、4月及び9月
- (2) 3-(2)については、6月及び9月

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度（透視度）、色相、臭気、濁り
- (2) pH、EC、BOD、COD、溶存態 COD (D-COD)、TOC、溶存態 TOC (DOC)、SS、T-N、溶存態全窒素 (DTN)、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、T-P、溶存態全リン (DTP)、PO₄-P、一般細菌数、紫外部吸光度 (UV260)、クロロフィル a
- (3) 難分解性有機物に関する報告書（案）（平成 23 年 3 月環境省水・大気環境局水環境課）に基づき、表 1 の条件で生分解試験を行った。

なお、100 日生分解後の有機物を難分解性成分とした。

表 1 生分解試験の条件等

試料量	500ml 又は 900ml
分解期間	100 日間（尾瀬沼のみ 30 日も実施した）
容器等	ガラス製容器 蓋シリコ栓
温度、光条件	20℃、暗
植種、希釈の有無	無
酸素供給	攪拌
分析項目	pH、EC、TOC、DOC、UV260

6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：伝導率計

- (3) BOD：よう素滴定法
- (4) COD：100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
- (5) D-COD：ろ過後、100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
- (6) 懸濁態 COD (P-COD)：COD-D-COD で算出
- (7) TOC：燃焼酸化-赤外吸収式 TOC 自動計測法
- (8) DOC：ろ過後、燃焼酸化-赤外吸収式 TOC 自動計測法
- (9) POC：TOC-DOC で算出
- (10) T-N、T-P、PO₄-P：分光光度法
- (11) DTN、DTP：ろ過後、分光光度法
- (12) 懸濁態 T-N (PTN)：T-N-DTN で算出
- (13) 懸濁態 T-P (PTP)：T-P-DTP で算出
- (14) NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N：イオンクロマトグラフ法
- (15) SS：重量法
- (16) 一般細菌数：標準寒天培地による平板法
- (17) UV260：波長 260nm の紫外外部吸光度
- (18) クロロフィル a：分光光度法

* 溶存態成分のろ過は 450℃で約 3 時間加熱後の WhatmanGF/B ろ紙 (Poresize 約 1.0 μm) を使用してろ過した。

7 結果及び考察

現地調査結果は、別紙 1 のとおり。

分析結果の一覧は、別紙 2 のとおり。

(1) 各湖沼等における BOD、COD 及び TOC の月別変化について

各湖沼等における BOD、COD 及び TOC の調査結果を図 1 に示す。図において、BOD の定量下限値は、0.5mg/L であるが定量下限値未満の検体については 0mg/L の位置にプロットした。

一般的に BOD として測定される有機物は微生物により分解されやすい有機物（易分解性有機物）であり、COD として測定される有機物は、酸化剤により分解させることから微生物に分解されにくい有機物（難分解性有機物）を含んだ有機物となる。また、TOC は、実質的な全有機炭素量を測定しているため、有機物の種類により差がでない指標である。

猪苗代湖の BOD は、9 月の表層で 0.5mg/L であった以外すべて 0.5mg/L 未満の低い値であった。COD は 0.65~1.0mg/L の範囲にあり、4、9 月とも表層の値が、水深 50m 及び 90m と比較して高く、BOD と同様に COD の最高値は 9 月表層であった。それぞれの COD に占める D-COD の割合は 67~100% と、特に 4 月表層が低い値を示した。TOC も、9 月の表層が 0.71mg/L と最高値を示し、それ以外すべて 0.5mg/L 程度の低い値であった。TOC に占める DOC の割合は 87~98% と全有機物に占める溶存態の割合が高かった。

尾瀬沼の BOD は、6 月は 0.5 未満~0.7mg/L、9 月は 0.8~1.0mg/L、COD は 6 月は 2.6~2.9mg/L、9 月は 4.3~4.9mg/L であった。COD に占める D-COD の割合は 76~89% で、採取水深による明確な差はなかった。COD は BOD と比較して 4 倍以上の高い値であり、このことから、全有機物に占める難分解性成分が多いと考えられる。TOC は 6 月は 1.4~1.6mg/L であったが、9 月は 2.2~2.8mg/L と上昇していた。TOC に占める DOC の割合は 81~100% と、COD 同様に溶存態の割合

は高く、採取水深による明確な差はみられなかった。BOD、COD 及び TOC は全ての水深で、4 月より 9 月に高い値を示していた。

尾瀬沼に流入する河川の中で最も流量の多い大江川の BOD は 0.5 mg/L 未満(6 月)、0.5mg/L(9 月)、COD は 1.5mg/L(6 月)、1.8mg/L(9 月)、TOC は 1.0mg/L(6 月)、0.95mg/L(9 月)であり、尾瀬沼のそれぞれの値より低い値を示した。COD 及び TOC の溶存態の割合は 88~100%と、全有機物に占める溶存態の割合は高かった。

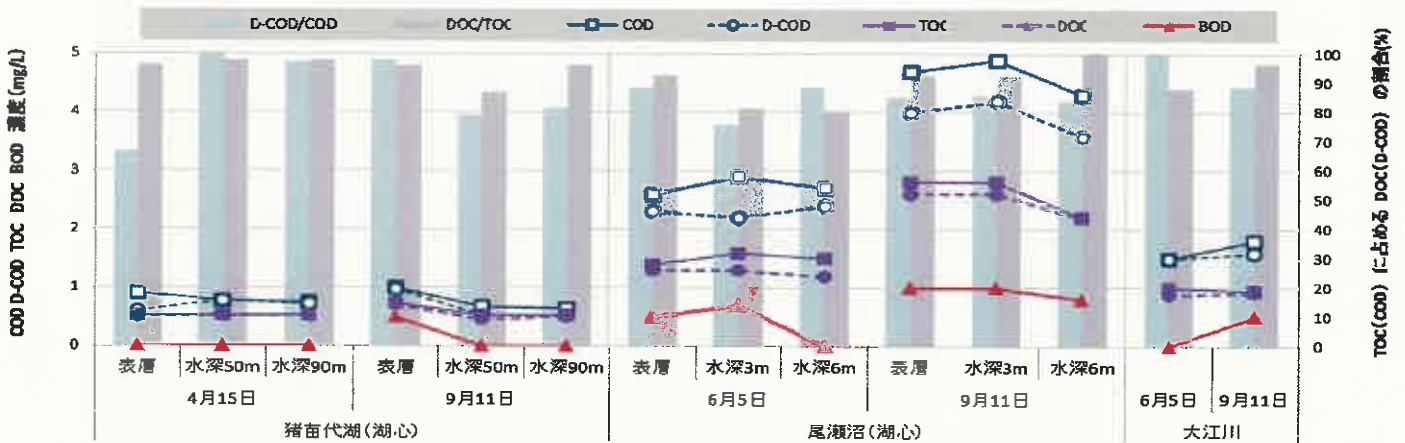


図1 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川における BOD 等の変化

(2) 各湖沼等における窒素及びリンの月別変化について

各湖沼等における T-N 及び T-P 等の調査結果を図 2、図 3 及び表 2 に示す。図において、T-N、NO₃-N、NH₄-N の定量下限値は 0.05mg/L、TP、PO₄-P の定量下限値は 0.003mg/L であるが定量下限値未満の検体については 0mg/L の位置にプロットした。

猪苗代湖の T-N は、4 月は 0.24~0.29mg/L、9 月は 0.27~0.39mg/L であり、9 月は水深が深くなるに従い高い値を示していた。4 月は T-N の約 80%を NO₃-N が占めていたが、9 月には約 50%前後に下がり、9 月の水深 90m では NH₄-N が 0.07mg/L 検出された。T-N は、4 月より 9 月に少し高い値を示し、含まれる N の形態が異なっていることがわかった。T-P はすべて 0.003mg/L 未満を示し、T-P が 0.003mg/L であったと仮定して N:P 比 (重量比) を計算しても 10 以上となり、リンが植物プランクトンの増殖の制限因子となっていた¹⁾。

尾瀬沼の T-N は、6 月には 0.28~0.40mg/L と水深が深くなるに従い、高い値を示していた。この時の NO₃-N は水深に関わらず 0.17mg/L 前後の値であった。しかし、9 月の T-N は 0.15~0.19mg/L とすべての水深で T-N の減少がみられ、NO₃-N も検出されなくなった。このことは、6 月表層と比較して 9 月表層のクロロフィル a 濃度が 2 倍以上の値を示していることからわかるが、9 月に植物プランクトンの増殖が活発になり、NO₃-N が消費され減少していることが原因と考えられた。T-P は 6 月、9 月とも表層で 0.005mg/L 前後の低い値であったが、下層に行くにつれて上昇傾向にあり、特に 9 月の水深 6m で 0.015mg/L と高い値を示した。PO₄-P はすべてで検出されなかった。N:P 比 (重量比) はすべて 10 以上となり、リンが植物プランクトン増殖の制限因子となっていた¹⁾。

大江川の T-N は 6 月に 0.37mg/L、9 月に 0.27mg/L と尾瀬沼湖心表層より高い値を示し、T-N の約 90%近くを NO₃-N が占めていた。T-P は検出されなかった。

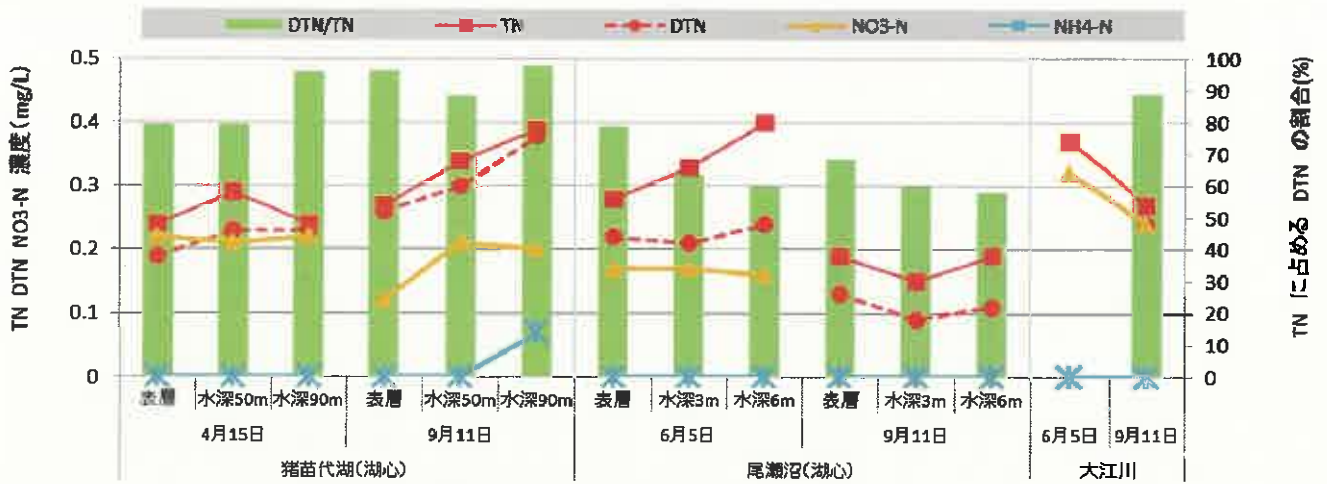


図2 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川におけるT-N等の変化

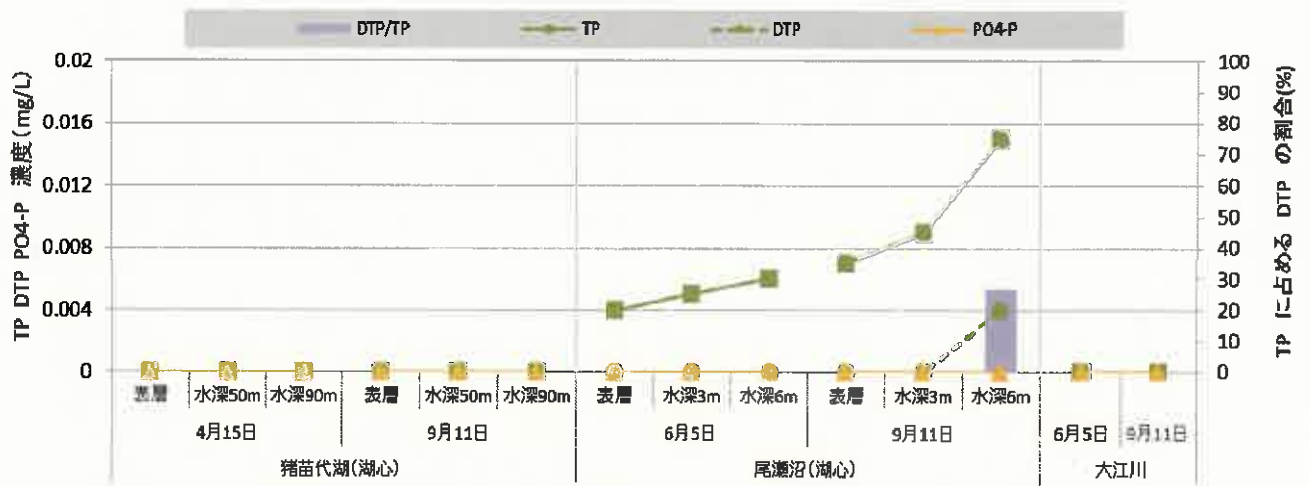


図3 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川におけるT-P等の変化

表2 猪苗代湖及び尾瀬沼におけるN:P比(重量比)

調査地点	猪苗代湖湖心						尾瀬沼湖心					
	表層	水深50m	水深90m	表層	水深50m	水深90m	表層	水深3m	水深6m	表層	水深3m	水深6m
採取年月日	4月15日			9月11日			6月5日			9月11日		
N:P比	80	97	80	90	113	130	70	66	67	57	17	13

*猪苗代湖湖心についてはT-Pが0.003mg/L未満であったため、0.003mg/Lと仮定して計算した。

(3) 各湖沼等におけるUV260/DOC比について

各湖沼等におけるUV260/DOC比の調査結果を図4に示す。

猪苗代湖のUV260/DOC比は、4月、9月ともにすべての水深で10[(mABS/cm)/(mg/L)]であり、湖水の内部生産有機物由来が多いことを示す値(12[(mABS/cm)/(mg/L)])²⁾に近かった。

尾瀬沼のUV260/DOC比は、6月は40[(mABS/cm)/(mg/L)]と土壌由来である外来性有機物を多く含むと考えられる値に近い値(23~58[(mABS/cm)/(mg/L)])²⁾であった。しかし、9月には25~29[(mABS/cm)/(mg/L)]と低下していた。このことは、7(2)のとおり9月表層の植物プランクトンの増殖が活発であったことから、UV260/DOC比の低い内部生産由来の有機物の増加により、UV260/DOC比が低下したと考えられる。

大江川の UV260/DOC 比は、6 月は 33 [(mABS/cm)/(mg/L)]、9 月は 44 [(mABS/cm)/(mg/L)] と、6 月の尾瀬沼と同程度の値を示していた。この値は、UV260/DOC 比が 20~30 [(mABS/cm)/(mg/L)]に入る河川が多いという報告³⁾より高い値であり、発生源が生活雑排水 (10 [(mABS/cm)/(mg/L)])³⁾ではなく、腐植物質を多く含む畑、森林流出水 (30 [(mABS/cm)/(mg/L)])³⁾の影響を強く受けていることが確認できた。そして、9 月は、6 月より腐植物質を多く含む畑、森林流出水の寄与が高いことが考えられる。

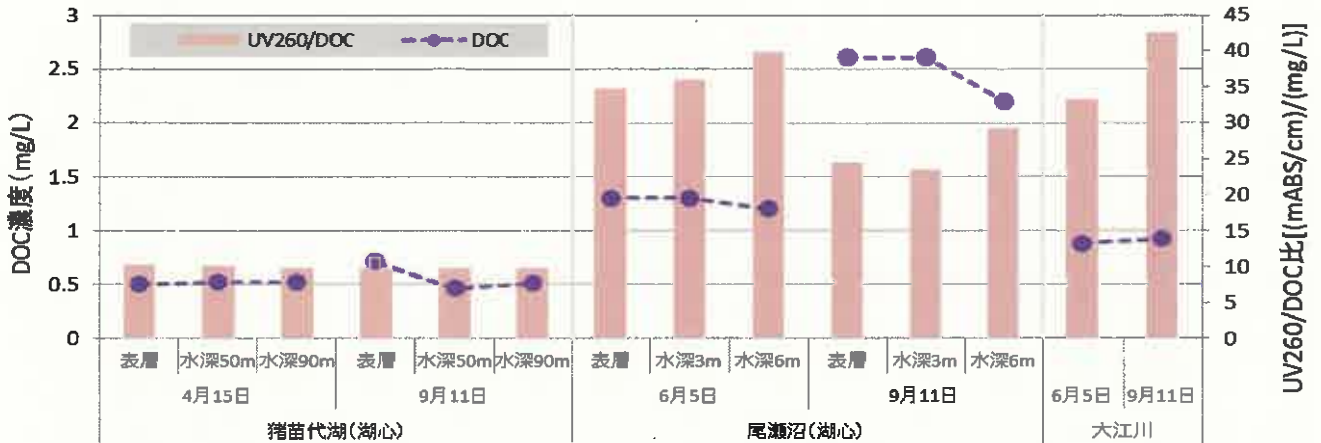


図4 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川における UV260/DOC 比及び DOC の変化

(4) 生分解試験結果について

ア. 難分解性有機物について

生分解試験の TOC 等の調査結果を図5及び図6に示す。

難分解性有機物について難分解性 TOC 及び難分解性 DOC を用い検討を行った。猪苗代湖は、平均滞留時間が約 3.7 年と長いため 100 日後の生分解試験のみ行ったが、尾瀬沼は、平均滞留時間が約 78 日⁴⁾と短いことから、30 日間の生分解試験も行い、易分解性有機物の分解にかかる時間経過についても検討した。

猪苗代湖の 4 月表層及び水深 50m、9 月の水深 50m の難分解性 TOC は 0.42mg/L (平均値)、難分解性 DOC は 0.41mg/L (平均値)であった。難分解性 TOC と難分解性 DOC の値はほぼ変わらず、難分解性 TOC のほぼ 100%近くが溶存態であり、TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は約 80%であった。しかし、9 月表層の TOC (0.74mg/L)が一番高かった時の、難分解性 TOC は 0.46mg/L、難分解性 DOC は 0.45mg/L と、TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は約 60%であった。このことは、9 月表層の TOC が一番高い値を示したが、この TOC の増加分には易分解性の成分が多いことを示している。水深 90m の難分解性 TOC は 0.51mg/L (平均値)、難分解性 DOC は 0.49mg/L (平均値)で、TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は約 90%と高かった。

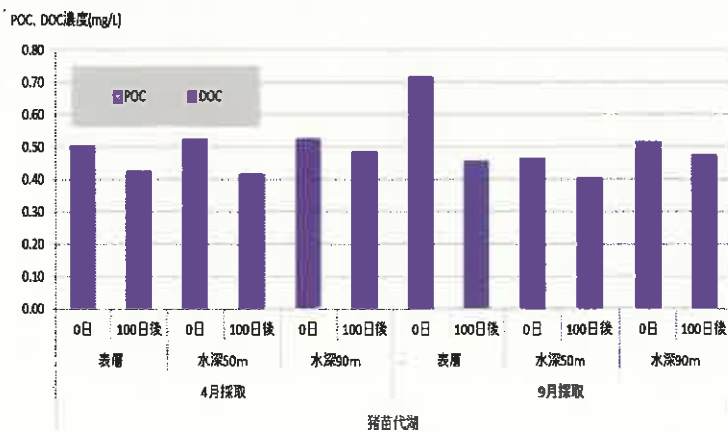


図5 猪苗代湖における生分解試験における DOC 等の変化

尾瀬沼の6月の難分解性 TOC は 1.03mg/L (3層平均値)、難分解性 DOC は 0.97mg/L (3層平均値)、9月の難分解性 TOC は 1.49mg/L (3層平均値)、難分解性 DOC は 1.46mg/L (3層平均値) であり、6月に比べ9月が高く、難分解性 TOC のほぼ 100%が溶存態であった。生分解前に存在していた POC のほとんどが減少したことにより、POC のほとんどが易分解性成分であったことがわかった。TOC 及び DOC 中の難分解性有機物割合は9月の表層及び水深 3m で約 55%と低い値を示し、それ以外は 65~81%であった。このことは猪苗代湖と同様に、9月表層及び水深 3m で TOC が高い値を示すが、この TOC の増加分には易分解性の成分が多いことを示していた。また、30日で生分解するものは、全有機物の 20%程度であるが、9月表層及び水深 3m では 30%以上となった。

また、大江川の TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は、6月(80%) 9月(90%) とも、尾瀬沼より高かった。

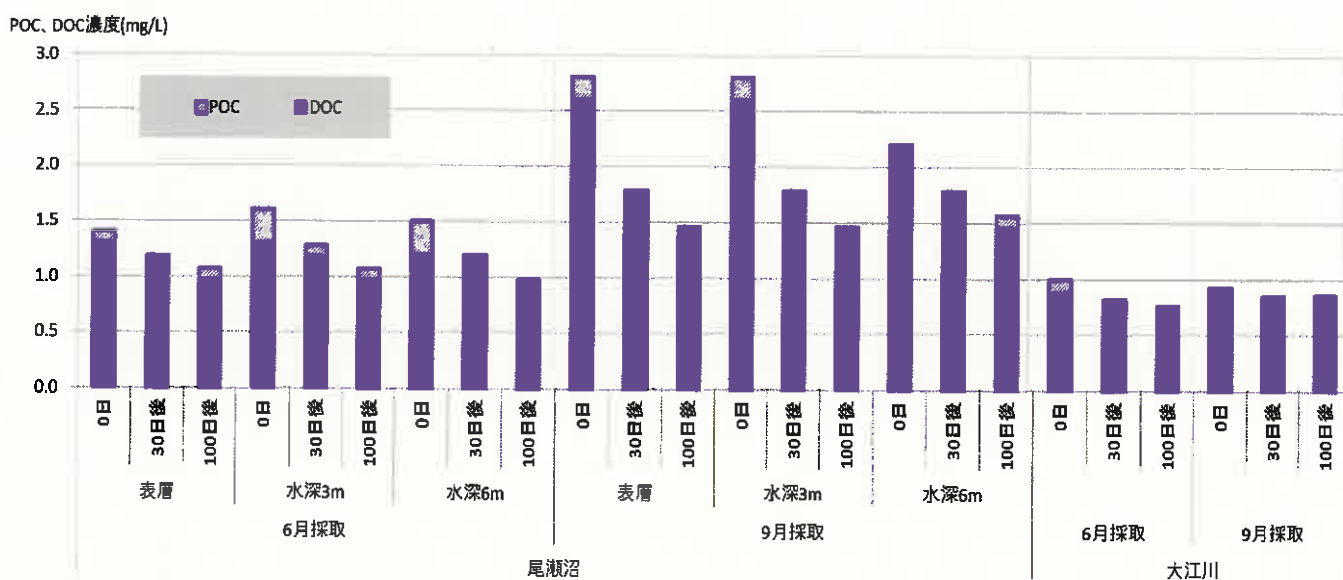


図6 尾瀬沼及び大江川における生分解試験における DOC 等の変化

イ 生分解後の UV260/DOC 比について

生分解試験の UV260/DOC 比の調査結果を図 7 に示す。

猪苗代湖の 100 日生分解後の UV260/DOC 比は 11~15 [(mABS/cm)/(mg/L)] と、生分解前の値 (10 [(mABS/cm)/(mg/L)]) と比較してわずかな増加がみられた。

尾瀬沼の生分解後の 6 月の UV260/DOC 比は生分解前の値と比較して減少、9 月の UV260/DOC 比は生分解前の値と比較して増加していた。このことは、DOC 中の易分解性成分が分解され DOC 濃度の低下はみられるが、難分解性有機物は分解されず、UV260 の値は変わらないため、UV260/DOC 比が増加していると考えられる。

大江川の 100 日生分解後の UV260/DOC 比は、6 月はほとんど変化がなく、9 月は低下していた。

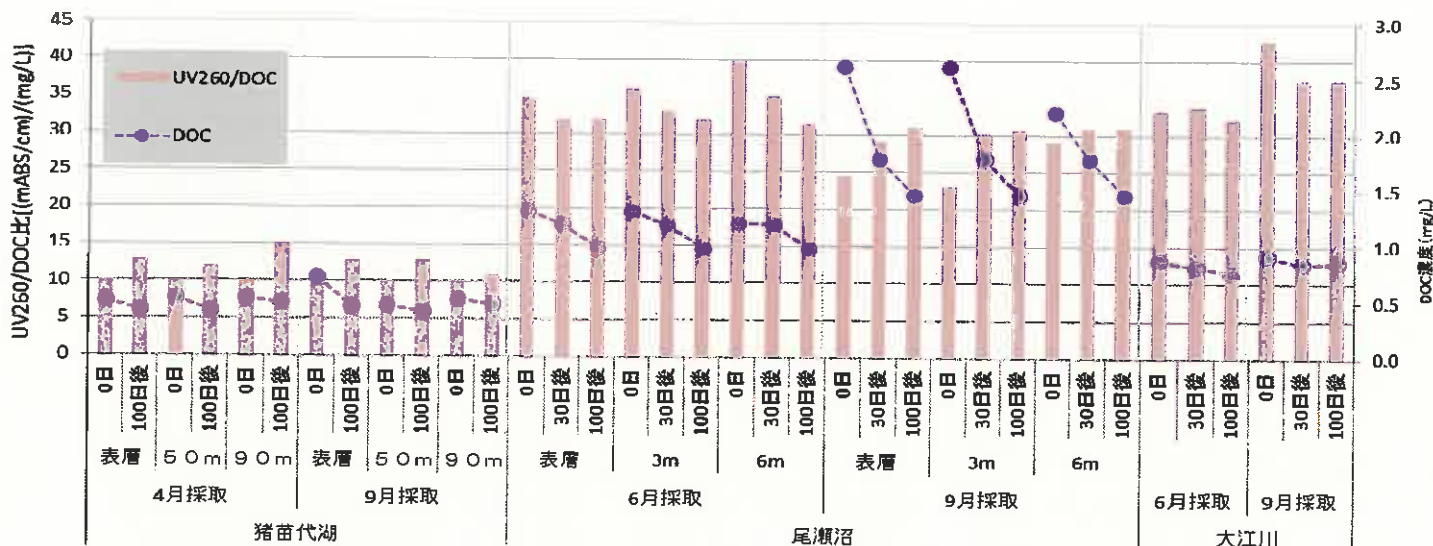


図7 猪苗代湖、尾瀬沼及び大江川における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖では、リンが植物プランクトンの増殖の制限因子となっているため内部生産は少なく、BOD、COD 及び TOC とも低い値であった。湖水の有機物特性は内部生産性有機物の寄与が大きいと考えられた。TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は 9 月表層で約 60%、6 月及び 9 月の水深 90m は約 90%、それ以外は約 80%と異なり、水深及び時期により易分解性有機物の割合に違いがあった。9 月表層の難分解性有機物割合が低く、TOC の増加分には易分解性の成分が多いことが示唆された。
- (2) 尾瀬沼の有機物特性は、6 月に DOC 成分は腐植物質等を多く含むと考えられ外来性有機物の寄与が大きく、9 月には内部生産由来有機物の寄与が増えていた。TOC 及び DOC の難分解性有機物割合は 9 月の表層及び水深 3m で約 55%、それ以外は 65~81%と、猪苗代湖と同様に、9 月表層及び水深 3m の難分解性有機物の割合が低く、TOC の増加分には易分解性の成分が寄与していると示唆された。
- (3) 大江川の有機物特性は、6 月及び 9 月とも腐植物質等を多く含むと考えられる外来性有機物の寄与が大きく、特に 9 月が顕著であった。TOC を始め含まれる有機物の濃度は、尾瀬沼より少ないが、有機物中の難分解性有機物割合は高いことがわかった。

参考文献

- 1) 陸水学 アレキサンダー・J・ホーン チャールス・R・ゴールドマン 著
京都大学学術出版会
- 2) 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究
国立環境研究所特別研究報告、SR-36-2001 (2001)
- 3) 湖水溶存有機物の紫外部吸光度 水環境学会誌 20. 397 (1997)
福島武彦 今井章夫 松重一夫 井上隆信 小澤秀明
- 4) 全国湖沼環境保全対策推進協議会：全国湖沼資料集 (第 7 章) (平成 17 年 3 月)

別紙 1 現地調査結果一覧

調査地点	猪苗代湖(湖心)						尾瀬沼(湖心)						大江川	
採取水深(m)	表層		50	90	表層		50	90	表層		3	6	表層	
調査年月日	H25.4.15			H25.9.11			H25.6.4			H25.9.11			H25.6.4	H25.9.11
採水時間	10:05	10:05	10:05	9:25	9:25	9:25	9:55	10:20	10:45	8:55	9:15	9:38	8:55	9:38
天候(前日)	晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ			晴れ			快晴			曇り			快晴	曇り
気温(℃)	6.5	6.5	6.5	23.4	23.4	23.4	13.0	13.0	13.0	17.5	17.5	17.5	16.5	17.8
水温(℃)	3.5	3.3	3.3	23.3	5.1	4.7	13.3	11.5	6.6	18.6	18.6	13.6	6.2	11.7
全水深(m)	97.5			95.8			8.5			8.5			-	-
透明(透視)度(m)	10.7			11.0			3.6			3.1			>100	-
水色(フォーレル)	6			8			15			17			-	-
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色	中緑色	淡褐色	淡褐色	中緑色	淡褐色	淡褐色	中緑色	無職
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
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明
流量(m ³ /s)	-			-			-			-			0.364	0

別紙2 難分解性有機物水質測定結果

*黄色セル及び赤字セルは訂正値

調査地点	猪苗代湖(湖心)						尾瀬湖(湖心)						大江川	
	表層	50	90	表層	50	90	表層	3	6	表層	3	6	表層	9月
採取水深(m)	2013/4/5						2013/6/5						2013/9/11	
調査年月日	2013/4/5						2013/6/5						2013/9/11	
pH	6.9	6.8	6.9	7.0	6.6	6.5	6.9	6.8	6.5	7.4	7.3	6.7	6.8	6.9
EC $\mu S/cm$	114	113	113	108	111	112	32	33	36	31	32	36	25	32
BOD mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.7	<0.5	1.0	1.0	0.8	<0.5	0.5
COD mg/L	0.90	0.78	0.75	1.0	0.67	0.65	2.6	2.9	2.7	4.7	4.9	4.3	1.5	1.8
D-COD mg/L	0.60	0.78	0.73	0.98	0.53	0.53	2.3	2.2	2.4	4.0	4.2	3.6	1.5	1.6
P-COD mg/L	0.30	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	0.7	0.3	0.7	0.7	0.7	<0.2	0.2
TOC mg/L	0.52	0.53	0.53	0.74	0.53	0.53	1.4	1.6	1.5	2.8	2.8	2.2	1.0	0.95
DOC mg/L	0.50	0.52	0.52	0.71	0.46	0.51	1.3	1.3	1.2	2.6	2.6	2.2	0.88	0.92
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	<0.1	0.12	<0.1
T-N mg/L	0.24	0.29	0.24	0.27	0.34	0.39	0.28	0.33	0.40	0.19	0.15	0.19	0.37	0.27
DRP mg/L	0.19	0.23	0.23	0.26	0.30	0.38	0.22	0.21	0.24	0.13	0.09	0.11	大測	0.24
TP mg/L	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.26	0.13	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	<0.05	0.05
NH ₃ -N mg/L	0.22	0.21	0.22	0.12	0.21	0.20	0.17	0.17	0.16	<0.05	<0.05	<0.05	0.32	0.24
NO ₂ -N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NO ₃ -N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.07	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH ₄ ⁺ -N mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.009	0.015	<0.003	<0.003
TP mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	<0.003	<0.003
DTP mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	<0.003	<0.003
POP mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.006	0.011	<0.003	<0.003
POH-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
SS mg/L	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	1	2	1	3	2	3	(1)	(1)
一般細菌数 個/ml	1	4	7	82	5	1	6	5	45	23	940	47	4	68
UV250 ABS/cm	0.0051	0.0052	0.0069	0.0069	0.0045	0.0050	0.0458	0.0478	0.0637	0.0610	0.0642	0.0292	0.0332	0.0332
UV250/DOC $(\text{Abs}/\text{mg}) \times 10^3$	10	10	10	10	10	10	36	36	40	23	29	33	43	43
クロロフィルa $\mu g/L$	0.7	-	-	0.6	-	-	2.4	-	-	5.7	-	-	-	-

猪苗代湖生分解試験結果

調査地点	猪苗代湖(湖心)									猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)					
	表層			50			90			表層	50	90	表層	50	90	表層	50	90			
採取水深(m)	2013/4/15									2013/9/11			2013/9/11			2013/9/11					
調査年月日	2013/4/15									2013/9/11			2013/9/11			2013/9/11					
生分解試験日数	0日			30日			100日			0日			100日			0日			100日		
容量 ml	500	480	900	890	880	900	890	880	900	500	500	480	480	480	900	900	900	880	880	870	
pH	6.3	6.9	6.3	5.9	5.9	6.3	5.9	5.9	6.9	6.8	6.8	7.0	7.0	7.2	7.0	6.6	6.5	6.9	6.9	6.9	
EC $\mu S/cm$	1	5	1	4	1	1	1	1	114	113	113	115	116	122	108	111	112	116	117	117	
TOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.19	0.25	<0.1	0.10	<0.1	0.52	0.53	0.53	0.43	0.44	0.50	0.74	0.53	0.53	0.48	0.42	0.51	
DOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.19	0.22	<0.1	0.10	<0.1	0.50	0.52	0.52	0.44	0.42	0.50	0.71	0.46	0.51	0.47	0.41	0.49	
UV250 ABS/cm	0.0000	0.0009	0.0000	0.0005	0.0003	0.0000	0.0007	0.0000	0.0051	0.0052	0.0051	0.0059	0.0054	0.0075	0.0069	0.0045	0.0050	0.0059	0.0053	0.0054	
UV250/DOC $(\text{Abs}/\text{mg}) \times 10^3$	0	0	0	2	1	0	7	0	10	10	10	13	12	15	10	10	10	13	13	11	

生分解試験結果(修正値)

調査地点	b1									猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)		
	表層			50			90			表層	50	90	表層	50	90	表層	50	90	表層	50	90
採取水深(m)	2013/4/15									2013/9/11			2013/9/11			2013/9/11			2013/9/11		
調査年月日	2013/4/15									2013/9/11			2013/9/11			2013/9/11			2013/9/11		
生分解試験日数	0日			30日			100日			0日			100日			0日			100日		
容量 ml	6.3	6.9	6.3	5.9	5.9	6.3	5.9	5.9	6.9	6.8	6.8	7.0	7.0	7.2	7.0	6.6	6.5	6.9	6.9	6.9	
EC $\mu S/cm$	1	5	1	4	1	1	1	1	114	113	113	115	116	122	108	111	112	116	117	117	
TOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.18	0.24	<0.1	0.09	<0.1	0.52	0.53	0.53	0.43	0.42	0.49	0.74	0.53	0.53	0.46	0.41	0.49	
DOC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	0.18	0.21	<0.1	0.09	<0.1	0.50	0.52	0.52	0.42	0.41	0.48	0.71	0.46	0.51	0.45	0.40	0.47	
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
UV250 ABS/cm	0.0000	0.0008	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000	0.0006	0.0000	0.0051	0.0052	0.0051	0.0056	0.0051	0.0072	0.0069	0.0045	0.005	0.0057	0.0051	0.0052	
UV250/DOC $(\text{Abs}/\text{mg}) \times 10^3$	0	0	0	2	1	0	7	0	10	10	10	13	12	15	10	10	10	13	13	11	

尾瀬湖生分解試験結果

調査地点	尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			大江川			大江川								
	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6						
採取水深(m)	2013/6/4						2013/9/11						2013/6/4			2013/9/11											
調査年月日	2013/6/4						2013/9/11						2013/6/4			2013/9/11											
生分解試験日数	0日			30日			100日			0日			30日			100日			0日			30日			100日		
容量 ml	900	900	900	890	890	895	880	880	880	900	900	900	880	890	890	880	880	880	900	890	885	900	890	880	880		
pH	6.9	6.8	6.5	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	6.7	7.5	7.6	7.6	7.5	7.5	7.5	6.8	7.3	7.3	6.9	7.5	7.4			
EC $\mu S/cm$	32	33	36	34	34	41	34	33	37	31	32	36	35	32	39	36	34	40	25	26	26	32	32	33			
TOC mg/L	1.4	1.6	1.5	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	2.8	2.8	2.2	1.8	1.9	1.8	1.5	1.6	1.6	1.0	0.83	0.77	0.95	0.86	0.85			
DOC mg/L	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	2.6	2.6	2.2	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5	0.98	0.83	0.78	0.92	0.86	0.86			
UV250 ABS/cm	0.0450	0.0468	0.0478	0.0383	0.0399	0.0423	0.0322	0.0320	0.0312	0.0637	0.0610	0.0642	0.0527	0.0543	0.0558	0.0460	0.0462	0.0463	0.0292	0.0287	0.0249	0.0392	0.0318	0.0330			

生分解試験結果(修正値)

調査地点	尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			尾瀬湖(湖心)			大江川			大江川								
	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6	表層	3	6						
採取水深(m)	2013/6/4						2013/9/11						2013/6/4			2013/9/11											
調査年月日	2013/6/4						2013/9/11						2013/6/4			2013/9/11											
生分解試験日数	0日			30日			100日			0日			30日			100日			0日			30日			100日		
容量 ml	900	900	900	890	890	895	880	880	880	900	900	900	880	890	890	880	880	880	900	890	885	900	890	880	880		
pH	6.9	6.8	6.5	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	6.7	7.5	7.6	7.6	7.5	7.5	7.5	6.8	7.3	7.3	6.9	7.5	7.4			
EC $\mu S/cm$	32	33	36	34	34	41	34	33	37	31	32	36	35	32	39	36	34	40	25	26	26	32	32	33			
TOC mg/L	1.4																										

5 窒素・リン除去型浄化槽からの排水実態調査

1 目的

猪苗代湖及び裏磐梯湖沼群の水環境保全条例の改正により、小規模事業所及び一戸建ての住宅に新規で設置する浄化槽について、窒素・リン除去型浄化槽の設置が平成 25 年 4 月 1 日から求められている。このため、猪苗代湖流域での窒素・リン除去型浄化槽の放流水を調査し、処理機能を確認するとともに効果的な負荷低減対策の検討に資する。

2 調査対象

次のとおり(位置は図1のとおり)。

- ① 窒素・リン除去型浄化槽
(会津若松市湊町)
- ② 窒素除去型浄化槽
(会津若松市湊町)

調査対象浄化槽のそれぞれの諸元は、表1のとおり。



図1 調査対象施設の位置

表1 調査対象浄化槽の諸元等

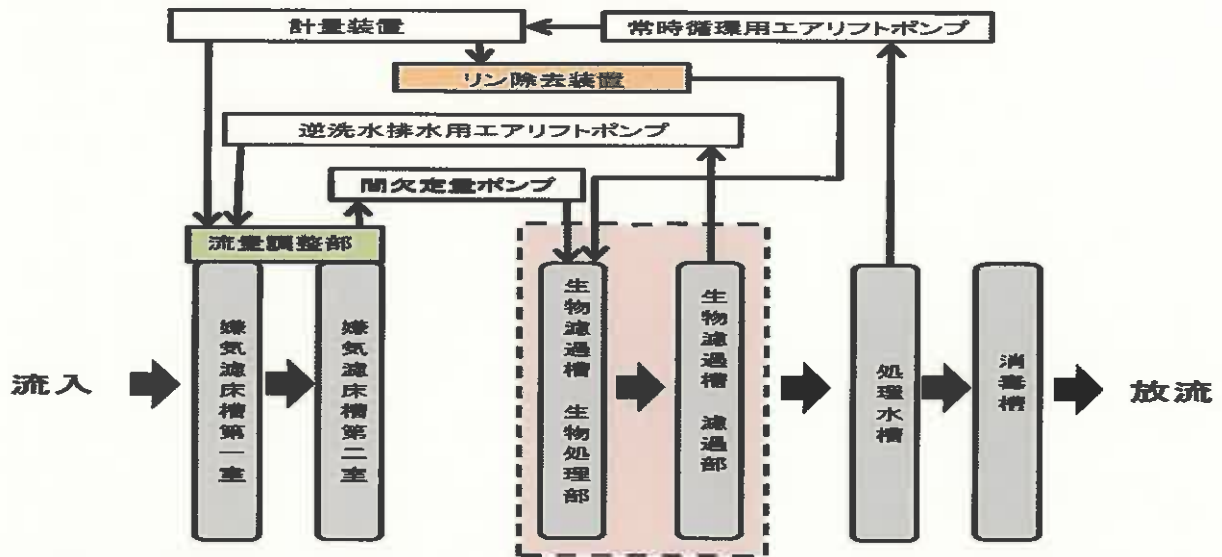
種 別	処理方式	流入水質(mg/L) (上段)			実使用人員	建物用途
		処理性能(設計処理水質)注) (mg/L)(下段)				
		BOD	全窒素	全リン		
①窒素・リン除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床・担体流動ろ過方式にリン除去装置を加えた方式	200以下	45以下	5以下	6人	一戸建住宅
		10以下	10以下	1以下		
②窒素除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床接触ばっき循環方式	200以下	50以下	—	4人	一戸建住宅
		10以下	15以下	—		

注) 設計処理水質は、日間平均値である。

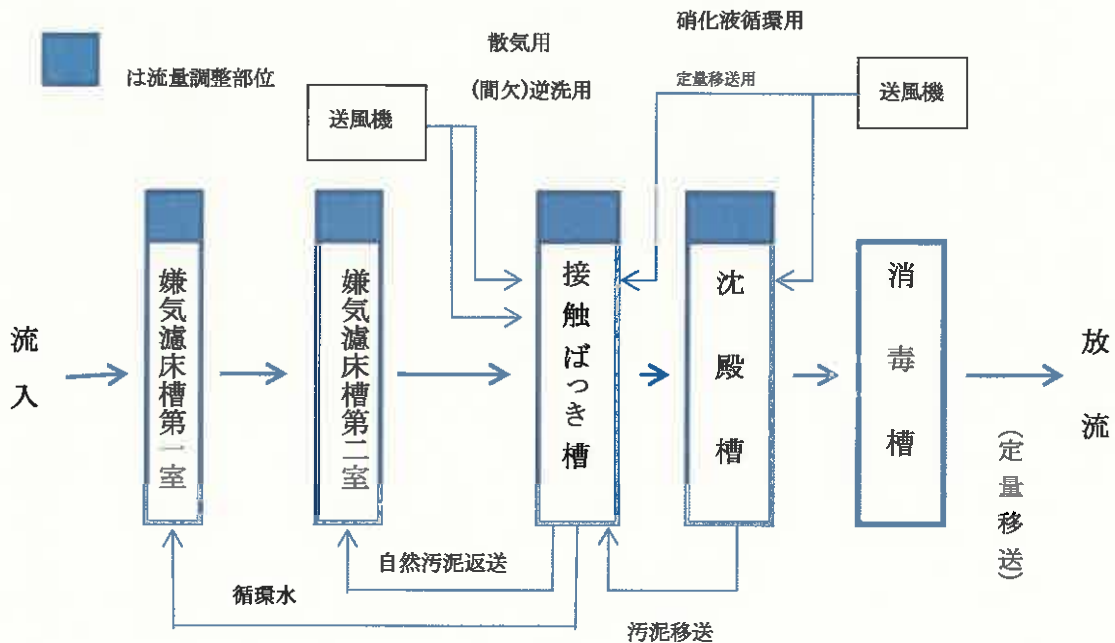
* 両浄化槽とも市が整備したものであり、維持管理も市が委託して行っている。

『各浄化槽のフローシート』

① 窒素・リン除去型浄化槽



② 窒素除去型浄化槽



『①窒素・リン除去型浄化槽のリン除去装置の概要』

鉄電解槽の原理は、水に接触した2枚の鉄電極板間に大電流を通すと、陽極側から2価の鉄イオン(Fe²⁺)が溶出し、水中の溶存酸素により3価の鉄イオン(Fe³⁺)が生成される。これと水中のリン酸イオンが反応し、不溶性のリン酸鉄が生成され、汚泥として取り込まれることで水中のリンが除去される。このため、消耗品である鉄電極板の交換など適切な維持管理が行われないと、所定のリン除去機能が発揮できない可能性がある。

実際の鉄電解槽及び鉄電極板の状況は以下のとおりである(写真1,2 平成24年6月撮影)。引き上げた鉄電極板(写真2)は、使用後2ヵ月目で一部に腐食がみられ、鉄イオンが処理水中

に溶解している状況である。この鉄電極極板の交換時期は、概ね 4 か月に一度とされており、時期を超えて交換しないと、2 価の鉄イオンの発生が減少し、リン除去機能が低下するとされる。



写真 1 鉄電極板の設置状況



写真 2 鉄電極板

3 調査方法等

(1) 協力機関

社団法人福島県浄化槽協会、会津若松市

(2) 調査時期

年 4 回(5 月、7 月、9 月、11 月)

(3) 調査項目

ア) 現地調査項目

気温、水温、透視度

イ) 試料採取等

処理水は、窒素・リン除去型は処理水槽から、窒素除去型は沈殿槽からいずれも手動ポンプを用いて採水した。原水は、いずれも沈殿分離槽から手動ポンプを用いて採水した。

ウ) 分析項目

pH、BOD、SS、COD、EC、全リン (T-P)、溶存態リン (D-P)、全窒素 (T-N)、溶存態窒素 (D-N)、溶解性鉄

(4) 測定方法

ア) pH：ガラス電極法 (昭和 49 年環境庁告示第 64 号)

イ) BOD：容量法 (昭和 49 年環境庁告示第 64 号)

ウ) SS：重量法 (昭和 49 年環境庁告示第 64 号)

エ) COD：容量法 (昭和 49 年環境庁告示第 64 号)

オ) EC：電極法 (JIS K 0101 12)

カ) T-P、D-P、T-N、D-N：

ペルオキシ 2 硫酸カリウム分解法による吸光光度法(昭和 49 年環境庁告示第 64 号)

キ) 溶解性 Fe：フレイム原子吸光法 (昭和 49 年環境庁告示第 64 号)

4 結果及びまとめ

調査結果は、別紙『平成 25 年度 窒素・りん除去型浄化槽排水実態調査 総括表』のとおりである。

今回、処理方式の異なる浄化槽 2 基を対象に継続して調査を実施したが、いずれの結果も採水時における瞬時値であるため、各浄化槽の設計処理水質（日間平均値）と単純に比較することはできない。

窒素及びりんの原水と処理水と比較した除去率は、表 2 のとおりである。

窒素・りん除去型浄化槽は、全リンの除去率は 7～89%であり、懸濁態リンの除去率は 9～99%であった。特に 5,7,9 月の懸濁態リンの除去率は、83～99%と高率であった。また、全窒素の除去率は 0～59%であり、懸濁態窒素の除去率は 25～91%であった。

窒素除去型浄化槽は、全窒素の除去率は 4～67%であり、懸濁態窒素の除去率は 67～98%であった。

表2)窒素及びりんの原水と処理水と比較した除去率

		全リン	溶存態リン	懸濁態リン	全窒素	溶存態窒素	懸濁態窒素
窒素・りん除去型浄化槽	5月	89%	11%	99%	59%	18%	91%
	7月	17%	3%	83%	9%	-12%	60%
	9月	34%	0%	83%	25%	-21%	90%
	11月	7%	6%	9%	0%	-8%	25%
窒素除去型浄化槽	5月	-2%	-8%	40%	4%	-4%	85%
	7月	9%	0%	67%	29%	-4%	97%
	9月	6%	-3%	43%	16%	-5%	67%
	11月	48%	9%	93%	67%	30%	98%

別紙 平成25年度 窒素・リン除去型浄化槽排水実態調査 総括表

処理水	①pH	②電気伝導度 μS/cm	③SS mg/L	④BOD mg/L	⑤COD mg/L	⑥全リン mg/L	⑦溶存態リン mg/L	⑦懸濁態リン mg/L	⑧全窒素 mg/L	⑨溶存態窒素 mg/L	⑨懸濁態窒素 mg/L	⑩溶解性鉄 mg/L	気温 °C	水温 °C	透視度 cm
窒素・リン除去型	5月	300	4	5.1	9.9	1.8	1.7	0.1	16	14	2	1.0	20.2	20.0	>30
	7月	380	6	7.3	12	3.0	2.9	0.1	32	28	4	-	27.0	25.0	>30
	9月	370	10	16	11	2.9	2.6	0.3	18	17	1	0.2	25.0	24.0	30
	11月	310	24	32	25	3.9	2.9	1.0	17	14	3	0.4	2.5	15.5	12.5
窒素除去型	5月	440	18	16	30	4.2	3.9	0.3	24	24	<0.3	-	18.9	18.3	16
	7月	450	10	16	25	3.0	3.0	<0.1	27	29	<0.3	-	28.5	24.5	>30
	9月	370	22	21	23	3.4	3.0	0.4	26	23	3	-	21.0	23.0	18.5
	11月	280	8	12	18	3.2	3.0	0.2	8.5	8.4	<0.3	-	1.5	14.5	24

原水	①pH	②電気伝導度 μS/cm	③SS	④BOD mg/L	⑤COD mg/L	⑥全リン mg/L	⑦溶存態リン mg/L	⑦懸濁態リン mg/L	⑧全窒素 mg/L	⑨溶存態窒素 mg/L	⑨懸濁態窒素 mg/L
窒素・リン除去型	5月	-	-	-	-	16	1.9	14	39	17	22
	7月	-	-	-	-	3.6	3.0	0.6	35	25	10
	9月	-	-	-	-	4.4	2.6	1.8	24	14	10
	11月	-	-	-	-	4.2	3.1	1.1	17	13	4
窒素除去型	5月	-	-	-	-	4.1	3.6	0.5	25	23	2
	7月	-	-	-	-	3.3	3.0	0.3	38	28	10
	9月	-	-	-	-	3.6	2.9	0.7	31	22	9
	11月	-	-	-	-	6.2	3.3	2.9	26	12	14

注)懸濁態リン(窒素)は、全リン(窒素)濃度から溶存態リン(窒素)濃度を差し引いて算出したもので、合計が合わないことがある。

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、水温及び電気伝導率を連続的に測定する。

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 10m 及び水深 15m



図1 調査地点

4 調査時期

(1) 猪苗代湖湖心

平成 20 年 4 月 22 日から継続調査中

今年度調査期間：

平成 25 年 7 月 11 日～平成 26 年 4 月 8 日

(2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m

平成 23 年 11 月 22 日から継続調査中

今年度調査期間：平成 25 年 6 月 7 日～平成 26 年 3 月 24 日

ただし、水深 10m については測定器故障のため欠測

なお、平成 20 年 7 月 31 日～平成 22 年 11 月 3 日の期間は猪苗代湖長瀬川河口沖 1km において測定を行った。

5 調査項目

水温及び電気伝導率 (EC)

ただし、EC 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

以下の小型メモリー計測器を用いてデータ採取間隔 10 分間で水温を連続的に測定した。

表層、水深 5m、水深 15m：JFE アドバンテック社製 MDS-MkV/T

水深 30m：JFE アドバンテック社製 DEFI-T

(2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m

以下の水深、項目及び計測器で採取間隔 10 分間で連続的に測定を行った。

水深 5m：水温及び電気伝導率 (JFE アドバンテック社製 COMPACT-CT 使用)

水深 10m：水温 (JFE アドバンテック社製 MDS-MkV/T)

水深 15m：水温 (JFE アドバンテック社製 MDS-MkV/T)

7 結果及び考察

(1) 猪苗代湖における水温連続測定結果

平成20年4月22日から平成26年4月8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（以下日平均気温）の推移を図2に示す。なお、平成24年7月から平成25年4月までの水深5m及び30mの水温データは計測器の故障により採取できていない。

猪苗代湖において、水温躍層は例年8月に水深10～20mで形成され、10月には水深20～30mへ下がることが確認されている。今年度は、水深15mにおける水温の上昇が9月16日頃に始まっており、平成21年度、平成20年度と同時期である一方で、上昇開始が遅かった平成24年度、平成22年度とは異なる傾向を示した。

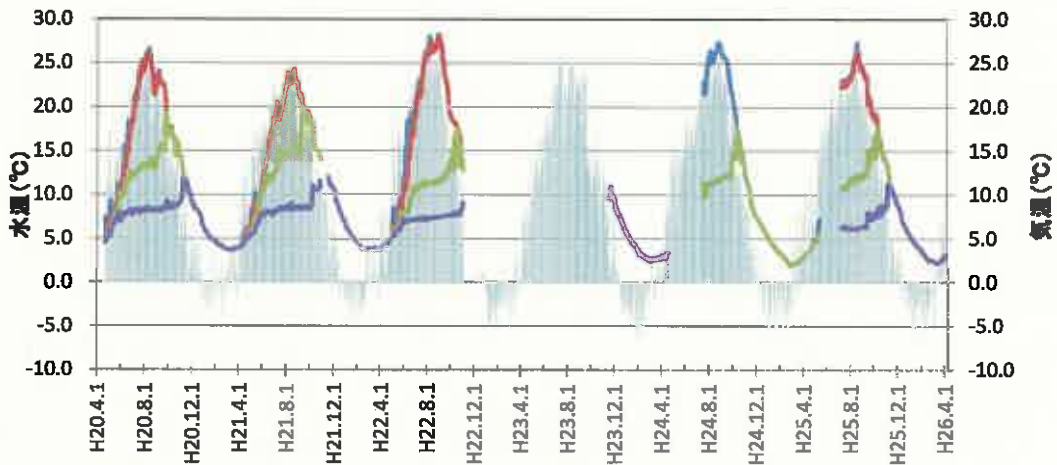


図2 猪苗代湖湖心における層別日平均水温及び日平均気温の関係

平均気温 湖心表層 湖心水深5m 湖心水深15m 湖心水深30m

また、水温躍層が形成され崩壊する6月から11月の表層及び水深30mにおける年度別の水温の変化を図3及び図4に示す。いずれの年度も概ね類似した傾向だが、表層においては、平成20年、平成22年、平成24年は8月上旬に水温が上昇し、一度下降した後9月にかけて再び上昇する傾向がみられたが、今年度は8月半ばに最高温度となり、その後は下降した。水深30mでは今年度が最も水温が低い傾向にあった。

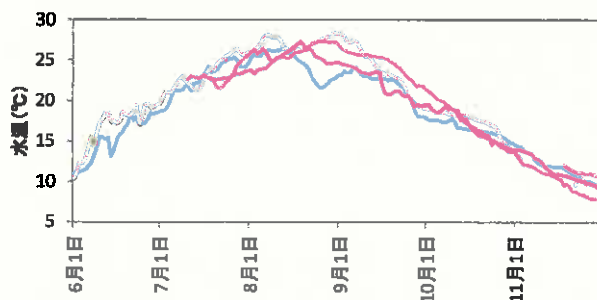


図3 6月から11月にかけての表層における水温変化

H20 H21 H22 H23 H24 H25

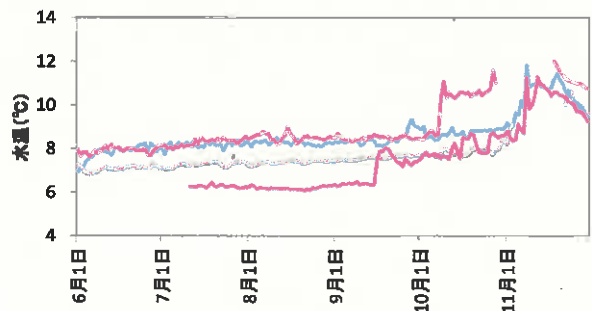


図4 6月から11月にかけての水深30mにおける水温変化

H20 H21 H22 H23 H24 H25

(2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における連続測定結果

今年度の猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m における層別日平均水温及び日平均気温の関係を図 5 に、今年度の猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m(水深 5 m)における水温及び EC の日平均値を図 6 に示す。

長瀬川河口沖では、これまでの調査同様で5月中旬から水温躍層が形成され、9月下旬から10月上旬にかけて水温躍層が下降し、11月上旬には崩壊することが確認されており、今年度の調査開始日である6月7日には水温躍層が水深5~15 mにかけて形成されていた。また、10月9日頃には水深15 mの水温が水深5 mの水温と同程度まで上昇し、水温躍層の下降、崩壊が示唆された。

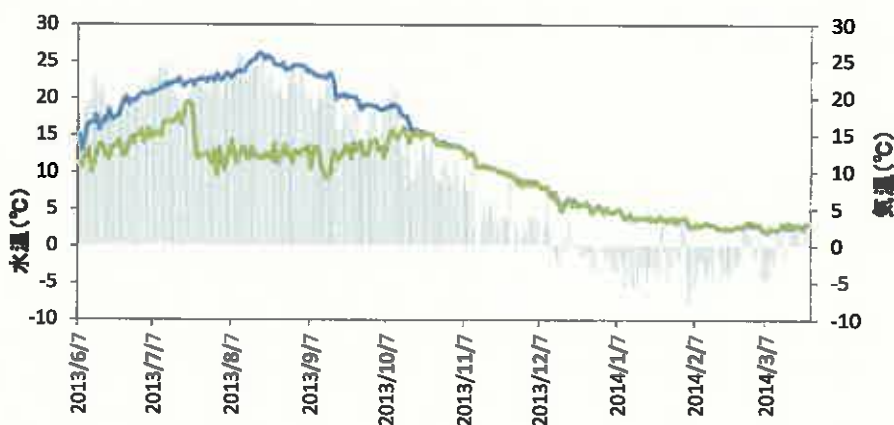


図 5 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

— 日平均気温 — 水深5m_水温 — 水深15m_水温

また、EC は 1°C の水温上昇に対して約 2% 増加すると言われているため、長瀬川河口沖 300m 地点の水深 5m における日平均 EC の結果を以下の数式により水温 25°C として換算した。今年度調査における EC は 0.10~0.13 mS/cm となり、ほぼ一定であった。

$$EC_{25} = EC_t / \{1 + 0.02(t - 25)\}$$

EC_{25} : EC 25°C 換算値、 EC_t : EC 生データ、 t : 水温

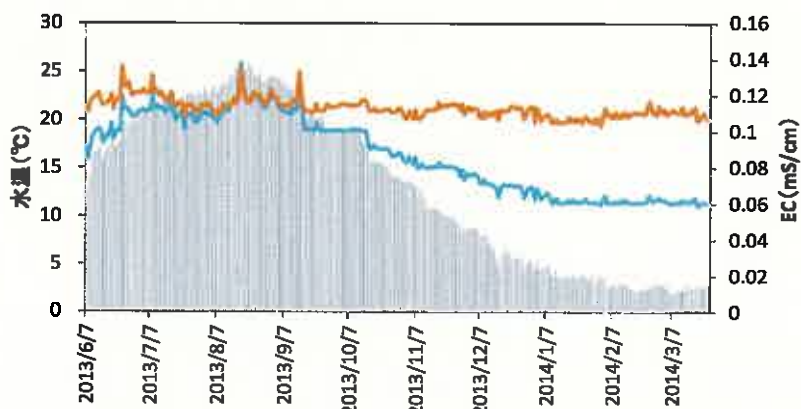


図 6 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m(水深 5m)における水温及び EC の日平均値

— 水深5m_水温 — 水深5m_EC(生データ) — 水深5m_EC(換算値)

また、長瀬川河口沖 300 m 地点の水深 5 m における日平均水温及び日平均 EC の測定結果 (25℃ 換算値) と、長瀬川河口から約 2 km 上流に位置する小金橋及び猪苗代湖湖心表層における EC (平成 25 年度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結果並びに平成 25 年度猪苗代湖大腸菌群数超過対策調査よりデータを抜粋) の比較を図 7 に示す。なお、小金橋及び猪苗代湖湖心表層の EC は、試験室で 25℃ に加温して測定した結果であることから、長瀬川河口沖の EC 連続測定結果は 25℃ に換算した値を用いた。図 7 より、昨年度同様、長瀬川河口沖 300 m 地点 (水深 5 m) における EC は、小金橋ではなく湖心 (表層) の値に近いことが確認された。

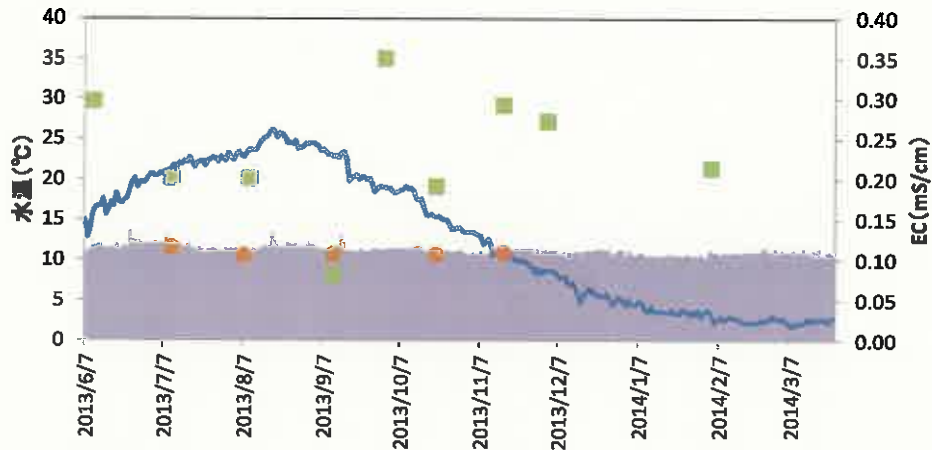


図 7 長瀬川河口沖 300 m 地点 (水深 5 m) における水温及び EC の日平均値と、小金橋及び湖心表層における EC の比較

■ 河口沖水深5m_EC(換算値) — 河口沖水深5m_水温 ■ 小金橋_EC ● 湖心表層_EC

8 まとめ

- (1) 今年度は、猪苗代湖湖心水深 15m における水温の上昇が 9 月 16 日頃に始まっており、平成 21 年度、平成 20 年度と同時期である一方で平成 24 年度、平成 22 年度とは異なる傾向を示した。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 地点において、これまでの調査同様、6 月 7 日調査開始時に水温躍層が既に形成されており、10 月には水温躍層の下降が確認された。また、長瀬川河口沖 300m (水深 5m) の EC は猪苗代湖流入前の長瀬川 (小金橋) の値より湖心 (表層) の値に近いことが確認された。

9 参考文献

- (1) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 23 年 3 月
- (2) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 24 年 3 月
- (3) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 25 年 3 月
- (4) 湖水の電気伝導度の温度依存性について, 滋賀大学

7 水質汚濁負荷量削減の数値化調査結果

1 目的

猪苗代湖においては、北部水域に繁茂するヨシ及びヒシの刈り取りや漂着水草の回収、除じんスクリーンによる刈草の除去・回収などが緊急雇用創出基金事業やボランティアなどにより行われている¹⁾。これらの活動による水質汚濁負荷削減効果を数値化するため、主な水生植物について栄養塩類等の調査を行った。

2 調査方法

水生植物の含水率測定及び栄養塩等含有量試験により、汚濁負荷削減量を考察する。

3 調査地点

図1に示すとおり、6地点で試料の採取を行った。

- (1) ヨシ…① (小黒川河口左岸付近)
- (2) ヒシ…7月② (猪苗代町三ツ輪沖・湖内)、8月③ (猪苗代町村前沖・湖内)
- (3) アオミドロ状水生植物…③ (猪苗代町村前沖・湖内)
- (4) 刈草…④ (猪苗代町長田・水路)
- (5) 天神浜漂着水生植物…⑤ (天神浜・湖岸)
- (6) 松橋浜漂着水生植物、堆積枯死水生植物…⑥ (松橋浜・湖岸)



図1 調査地点

4 調査時期

- (1) ヨシ…4回/年 (5月、8月、11月、12月)
- (2) ヒシ…2回/年 (7月、8月)
- (3) アオミドロ状水生植物、刈草…1回/年 (9月)
- (4) 漂着水生植物 (天神浜、松橋浜、堆積枯死) …1回/年 (11月)

5 調査項目

含水率、全炭素、全窒素、全りん、放射性核種濃度

6 測定方法

- (1) 含水率…試料を水道水で洗浄し水気を拭き取った後、鋏で1~2 cmに裁断してアルミカップに入れ、105℃で4~7時間乾燥した後80℃で一晩乾燥した。
- (2) 全炭素、全窒素…(1)の乾燥試料をミルサーで粉碎もしくは乳鉢ですり潰した粉末試料を作製した。これを農業総合センターに依頼し、SUMIGRAPH NC-220F（住化分析センター製）で分析した。
- (3) 全りん…(1)の乾燥試料をミルサーで粉碎もしくは乳鉢ですり潰した粉末試料を底質調査法4.9.1(4)b硝酸-硫酸分解法により前処理した後、モリブデンブルー吸光光度法で分析した。
- (4) 放射性核種濃度…(1)の乾燥試料をミルサーで粉碎もしくは乳鉢ですり潰した粉末試料を作製し容量100 mLのU8容器に詰め、これを原子力センターに依頼し、分析した。

7 結果及び考察

分析結果を別紙1に示す。

(1) ヨシ

ヨシの概念図は図2に示したとおり。葉、茎、地下茎及び穂（11月及び12月採取試料のみ）の部位別に分けて測定した。なお、地下茎は地上の茎から直接繋がる新株、新株の分岐元の旧株及びひげ根（5月及び8月採取試料のみ）の3種に分割し測定した。

また、ヨシの生育する土壌を採取し、同様に測定した。

ヨシの含水率、全炭素、全窒素及び全りん含有率を図3~6に示す。

含水率は、ヨシの地上部位である葉及び茎で5月に74%及び

86%と高く、その後12月の7.4%及び8.0%まで顕著に減少していた。地下部位の地下茎新株及び旧株についても、5月から11月まで62~72%で顕著な増減がなかった含水率が12月には37%及び38%へ低下していた。

全炭素含有率は、ヨシのすべての部位及び採取時期で41~46%の範囲にあり、葉及び地下茎（新）では生長・枯死に従い炭素含有率が低下する傾向がみられた。

全窒素含有率は、地上部位である葉及び茎では5月に採取した試料が3.4%及び2.3%と調査時期の中で最も高く、その後低下する傾向がみられた。全りん含有率も、5月の葉及び茎が0.33%及び0.37%と調査時期の中で最も高く、その後低下する傾向がみられた。全窒素及び全りん含有率ともに、茎は5月から8月にかけて大きく低下し、葉は5月から11月にかけて徐々に減少していく傾向がみられた。地下部位である地下茎新株及び旧株は、5月及び8月と11月及び12月を比較すると、後半にかけて増加する傾向がみられた。また穂の全りん含有率は、同時期の葉、茎及び地下茎と比べて高いことがわかった。

これらのことから、ヨシを夏に刈り取ると水質汚濁負荷を効率よく除去すると考えられるが、ヨシズ材料への利用等を考慮しヨシの枯死後に刈り取る場合には、地上部位の枯死後なるべく早い時期に刈り取りを行うことが良いと考えられる。

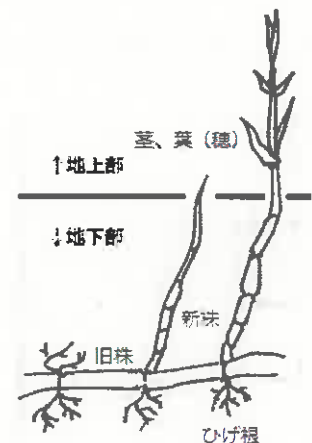


図2 ヨシ概念図

なお、夏に刈り取る場合は、切口から窒素及びリン等の成分が漏出する可能性があることから水質汚濁負荷除去については、これらの影響も含めて検討する必要があると考えられる。

また、ヨシの部位別放射性核種濃度の測定結果を図7に、ヨシ原土壌の放射性核種濃度の測定結果を図8に示す。検出下限値未満の場合は0 Bq/kg-乾としてプロットした。ヨシを部位別に見ると、葉、茎及び地下茎新株において5月に最も高く、その後減少する傾向がみられた。しかし、ひげ根や穂の放射性核種濃度は検出下限値が高く、すべて検出下限値未満であったため検討できなかった。土壌の放射性核種濃度について、8月に¹³⁴Csと¹³⁷Csの合算値が903 Bq/kg-乾と特に高い値を示した。

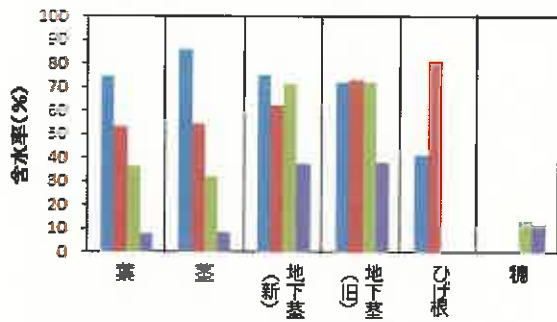


図3 ヨシの部位別含水率

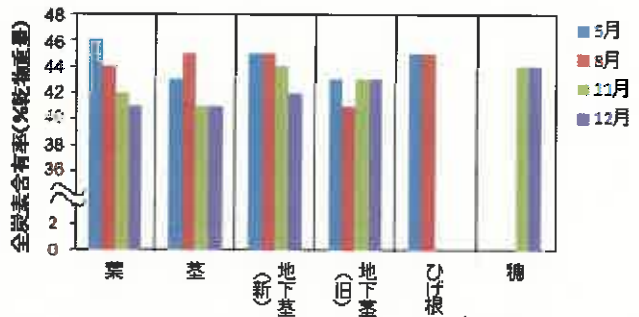


図4 ヨシの部位別全炭素含有率

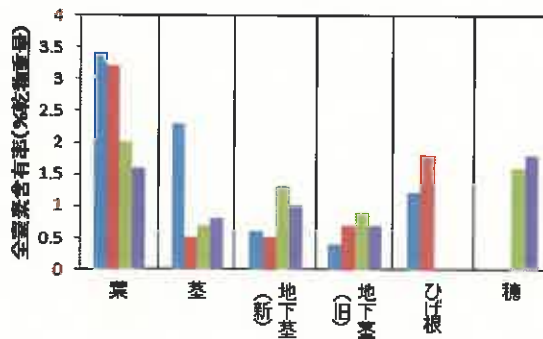


図5 ヨシの部位別全窒素含有率

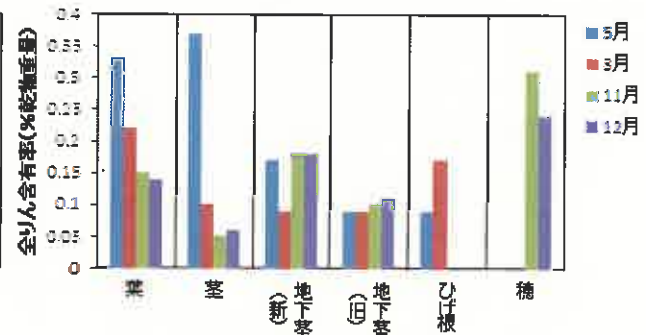


図6 ヨシの部位別全りん含有率

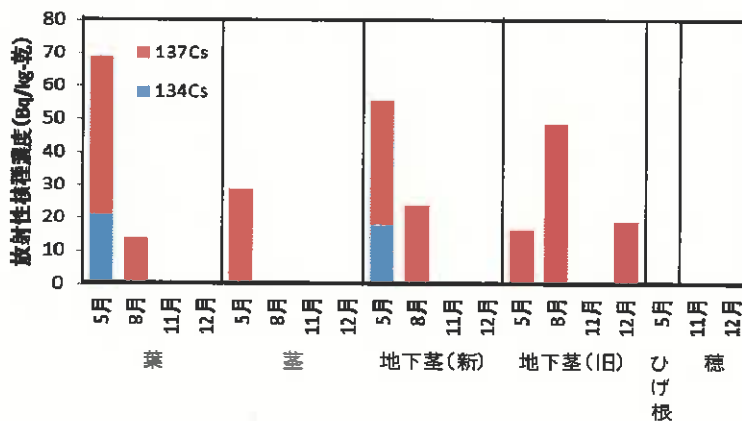


図7 ヨシの部位別放射性核種濃度

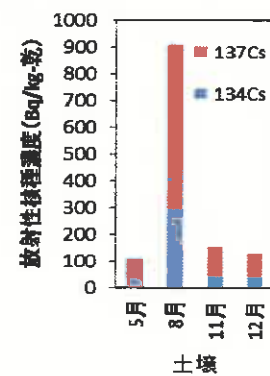


図8 土壌放射性核種濃度

(2) ヒシ

ヒシの概念図は図9に示したとおり。ヒシは葉、浮き袋等の水上部と茎や水中葉等の水中部の二部位に分けて測定した。全炭素、全窒素及び全りん含有率の結果を図10～12に示す。

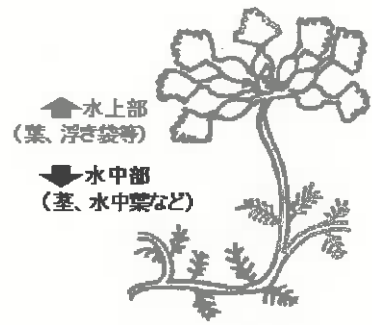


図9 ヒシ概念図

含水率は、すべての採取時期及び部位で一定(87%)であった。全炭素含有率は水上部水中部ともに7月から8月にかけて増加しており、最も高い値は8月の水上部の42%であった。全窒素含有率は7月の水上部が最も高く、4.3%であった。同様に、全りん含有率は7月の水上部が最も高く、0.57%であった。全窒素及び全りん含有率は水上部、水中部ともに7月から8月にかけて減少していた。また、各元素の含有率は水中部より水上部の方が高かった。

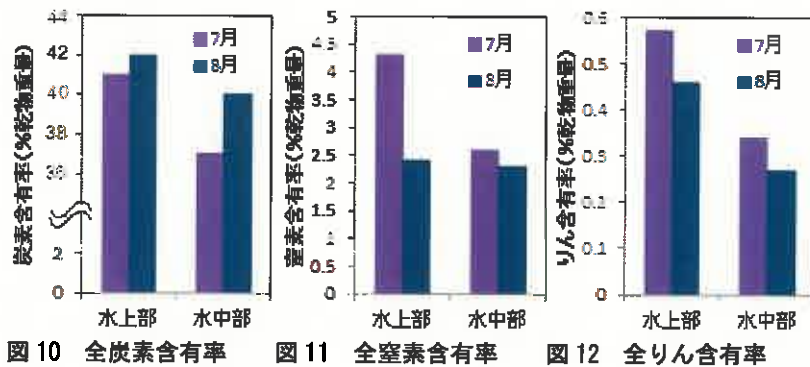


図10 全炭素含有率 図11 全窒素含有率 図12 全りん含有率

(3) アオミドロ状水生植物、刈草、漂着水生植物及び堆積枯死水生植物

アオミドロ状水生植物、刈草、漂着水生植物(天神浜・松橋浜)及び堆積枯死水生植物についての測定結果を図13～16に示す。

含水率は87～97%であり、アオミドロ状水生植物が最も高かった。全炭素含有率は34～43%であり、刈草が最も高かった。全窒素含有率は1.7～2.3%であり、刈草と堆積枯死水生植物が最も高かった。全りん含有率は、0.17～0.23%である他の試料に比べ刈草の値が高く、0.44%であった。刈草は農業用水路に設けられた除じんスクリーンからの回収物であり、猪苗代湖に流入する水質汚濁負荷物質である。

漂着水生植物は秋から冬にかけて猪苗代北部水域の東岸に打ち寄せられるもので、湖内部の栄養塩類を吸収した水質汚濁負荷物である。猪苗代湖岸の漂着水草回収活動による平成25年度の回収量は天神浜と松橋浜の合算で184.8m³であった。湖岸に漂着する水生植物は主にヒメホタルイとセキショウモであり、嵩重量は527.9kg/m³である³⁾。天神浜及び松橋浜の試料の全窒素及び全りん含有率の平均をとり水質汚濁負荷の除去量を算出すると窒素除去量が209kg、りん除去量が23kgであった。

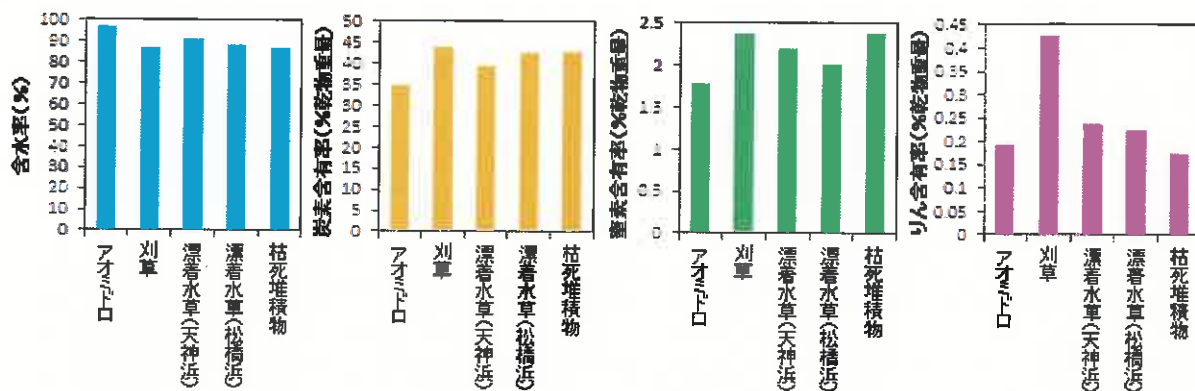


図 13 含水率

図 14 全炭素含有率

図 15 全窒素含有率

図 16 全りん含有率

8 まとめ

- (1) ヨシの地上部の全窒素及び全りん含有率は5月が最も高く、8月もしくは11月にかけて大きく低下した。一方、地下部の全窒素及び全りん含有率は5月及び8月と比較して11月及び12月に増加していた。このことから水質汚濁負荷を効率よく除去するためには夏に刈り取るのが望ましいと考えられるが、ヨシズへの利用等を考慮しヨシの枯死後に刈り取る場合にはなるべく早い時期にヨシ刈りを行うことが良いと考えられる。なお、夏に刈り取る場合は、切口から窒素及びリン等の成分が漏出する可能性があることから水質汚濁負荷除去については、これらの影響も含めて検討する必要があると考えられる。
- (2) ヒシは水中部より水上部の全炭素、全窒素及び全りん含有率が高かった。全炭素含有率は7月から8月にかけて上昇しており、全窒素及び全りん含有率は7月から8月にかけて低下していた。
- (3) その他の水生植物・湖内流入植物体について、農業用水路等より猪苗代湖へ流入することが考えられる刈草の全りん含有率が特に高かった。また、ヒメホタルイ及びセキショウモ等からなる漂着水生植物の全窒素及び全りん含有率から、平成25年度漂着水草回収事業による水質汚濁負荷除去量を計算すると、全窒素として209 kg、全りんとして23 kgであった。

9 引用文献

- 1) 福島県水・大気環境課：猪苗代湖及び裏磐梯湖沼水環境保全推進計画，平成25年3月
- 2) 紺碧の猪苗代復活プロジェクト会議：平成24年度事業実績
- 3) 清らかな湖、美しい猪苗代湖の水環境研究協議会：平成24年度活動報告，平成25年5月

10 写真資料

	
<p>5月ヨシ採取地点</p>	<p>5月ヨシ葉裁断後</p>
	
<p>5月ヨシ茎裁断後</p>	<p>5月ヨシ地下茎(新株)裁断後</p>
	
<p>5月ヨシ地下茎(旧株)裁断後</p>	<p>5月ヨシひげ根裁断後</p>



8月ヒシ水上部洗浄後



8月ヒシ水中部洗浄後



9月刈草洗浄後



11月漂着水草(天神浜)



11月漂着水草(松橋浜)洗浄後



11月漂着水草(枯死堆積物)

表 1 含水率並びに窒素、炭素及びリン含有率

植物	試料名 採取日	部位	含水率 %	全窒素 %乾物重	全炭素 %乾物重	全リン %乾物重
ヨシ	5月30日	葉	74	3.4	46	0.33
		茎	86	2.3	43	0.37
		地下茎(新株)	75	0.6	45	0.17
		地下茎(旧株)	72	0.4	43	0.09
		ひげ根	41	1.2	45	0.09
		土壌	82	0.4	6.4	0.16
	8月9日	葉	53	3.2	44	0.22
		茎	54	0.5	45	0.10
		地下茎(新株)	62	0.5	45	0.09
		地下茎(旧株)	73	0.7	41	0.09
		ひげ根	81	1.8	45	0.17
		土壌	68	0.6	8.8	0.29
	11月6日	葉	36	2.0	42	0.15
		茎	32	0.7	41	0.05
		地下茎(新株)	71	1.3	44	0.18
		地下茎(旧株)	72	0.9	43	0.10
		穂	13	1.6	44	0.31
		土壌	53	0.5	7.1	0.19
	12月3日	葉	7.4	1.6	41	0.14
		茎	8.0	0.8	41	0.06
		地下茎(新株)	37	1.0	42	0.18
		地下茎(旧株)	38	0.7	43	0.11
		穂	12	1.8	44	0.24
		土壌	66	0.6	9.1	0.25
ヒシ	7月29日	水上部(葉、浮き袋)	87	4.3	41	0.57
		水中部(茎)	87	2.6	37	0.34
	8月30日	水上部(葉、浮き袋)	87	2.4	42	0.46
		水中部(茎)	87	2.3	40	0.27
アオミドロ状水生植物	8月30日	全体	97	1.7	34	0.19
刈草	8月31日	全体	87	2.3	43	0.44
漂着水生植物	11月10日	天神浜採取	91	2.1	39	0.23
		松橋浜採取	88	2.0	42	0.22
堆積枯死水生植物		松橋浜採取	87	2.3	42	0.17

表 2 ヨシ及びヨシ原土壌の放射性核種濃度

(Bq/Kg・乾)

	5月		8月		11月		12月	
	134Cs	137Cs	134Cs	137Cs	134Cs	137Cs	134Cs	137Cs
葉	20.9	47.8	<15.1	14.1	<13.1	<11.0	<19.1	<20
茎	<15.9	29	<11.1	<9.23	<15.9	<14.1	<21.6	<14.0
地下茎(新)	17.8	37.7	<15.7	23.8	<30.6	<25.8	<13.1	<11.8
地下茎(旧)	<17.1	16.3	<17.3	48.4	<21.6	<22.8	<19.8	18.9
ひげ根	<93.7	<89.5						
穂					<53.6	<51.3	<144	<122
土壌	27.3	76.1	290	613	36.4	112	39.1	65.0

IV 資 料

(外部の研究会等において発表しました。)

1 はじめに

ふくしまサイエンスプラットフォーム(spff)は福島大学によって運営されており、科学イベントを通して県民に自然や科学についての興味、関心を育成する科学コミュニケーション活動を行っている。

spffには公的機関や多様な一般企業等が連携機関として参加している。環境センターも連携機関として参加しており、spffの実施するイベントに科学実験等を行うブースを出展している。

平成25年度においては、「spffサイエンス屋台村 in いわき」及び「そうそうこども科学祭 2013 ウィンター」の二つのイベントに参加しており、その対応の状況について報告する。

2 環境センターで行った科学実験について

今回環境センターが参加したイベントでは、ペーパークロマトグラフィーの原理を用いて紙に模様をつける実験を行った。

実験の流れとしては、以下の通りである

- ① コーヒーフィルターに水性ペンで円状になるように自由に印をつけてもらう。・・・写真1①
- ② 中心にスポイトで水を滴下する。
- ③ 水が円状に広がっていき、それに伴い水性ペンの色素も分離され円状に広がる。・・・写真1②
- ④ 色素の分離によってコーヒーフィルターに模様ができる。
- ⑤ 出来上がった模様を切り抜いて、しおり等の工作を行う

ペーパークロマトグラフィーの実験は2回行ってもらい、水性ペンの色の種類によって、色素の広がり方や分離される色素の数の違い等を観察してもらった。



写真1 ペーパークロマトグラフのサンプル

今回参加したイベントでの環境センターのブースにおける実験参加者は、いわき市では約117名、南相馬市では約75名であり、実験の参加待ちができるなど、実験の内容についても好評であった。



写真2 環境センターのブースの状況



写真3 模造紙の木に参加者の作品を貼ってもらい花を咲かせた

3 出展における課題等

今回の出展においては、ブースへの来場者数が多かったこともあり、実験の原理の説明等の時間を十分にとることができなかった。

当初の予定では、水性ペンではなく油性ペンを使った場合、油性ペンの色素は水で分離できないことや、水の代わりにエタノールを使用すると油性ペンの色素を分離できることを通して、溶媒の種類により分離できるものが異なることを実験で示すこととしていた。

しかしながら、来場者が多かったため、来場者一人にかけることのできる時間やスペースに余裕がなく、これらの実験を行うことはできなかった。

また、ブースの対象も主に小学生を対象にしていたため、実験の説明に難しい用語は使えず、わかりやすく説明を行うのに苦労した。

来場者に対して自然や科学についての興味や関心をより深めてもらうためにも、実験の原理等について難しい用語等を使わずにわかりやすく伝える工夫が重要であると考えられ、今後も検討していきたい。

【はじめに】

「福島県生活環境の保全等に関する条例」（以下「条例」という。）、「ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁の防止に係る暫定指導指針」（平成 25 年 6 月 18 日一部改正。以下「指針」という。）等に基づき、ゴルフ場で使用される農薬による水質汚濁状態を監視している。県内の規制対象ゴルフ場をローリングしながら、毎年 7 ゴルフ場程度の排水調査を実施している。調査対象物質は条例に定められており、県内のゴルフ場での使用頻度が高い農薬を調査している。

調査対象となる農薬の種類は多く、また前処理操作も煩雑であるため、分析には多くの労力と時間を要している。

このたび、LC/MS/MS を導入し、簡便で精度の良い分析方法を検討したので報告する。

【分析方法】

1 調査対象農薬

オキシ銅、アシュラム、チオジカルブ、チウラム、トリクロピル、フラザスフロロン、メコプロップ、シデュロン、アゾキシストロピン、ハロスフロロンメチル及びベンスリドの 11 農薬

2 分析方法

水質管理目標設定項目検査方法（厚生労働省健康局水道課）中の別添方法 18 を参考とした。

水質試料 500mL に EDTA10mL を添加後、硝酸(1+10)で pH3.5 に調整後、ろ過し、固相 (Oasis HLB Plus) に 10mL/分で通水後、窒素ガスで 15 分乾燥させ、5mL アセトニトリルにてバックフラッシュ抽出した。その後、窒素ガスを吹きつけながら、ろ紙抽出液を併せて 0.2mL 以下とし、超純水で 1mL に定容後、LC/MS/MS で測定した。



図 1 分析に使用した LC/MS/MS
(サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)製)

【測定条件】

カラムは、サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)製 Acclaim 120 C18 (3 μ m \times 2.1mm \times 150mm) を使用した。その他の測定条件は、表 1 及び表 2 のとおり。

表1 測定メソッド

カラム温度(°C)		40°C		
注入量(μL)		10 μL		
冷却装置の有無(オートサンプラー部)		10°C		
移動相	A液	ギ酸(0.1v/v%)		
	B液	アセトニトリルHPLC用		
移動相流量(mL/分)		0.2mL/分		
グラジエント条件				
時間(分)	A%	B%	流量(mL/分)	
1	0	90	10	0.2
2	18	10	90	0.2
3	23	10	90	0.2
4	23.1	90	10	0.2
5	30.6	90	10	0.2
Mass range(m/z)		-		
Ion Source		ESI		
Sheath gas		50 arb		
Aux gas		15 arb		
Vaporizer Temperature		450		
Capillary Temperature		220		
Polarity				
Positive		Negative		
3000V		2500V		

表2 各農薬の定量イオン

調査対象農薬	ESI	プレカーサーイオン	プロダクトイオン
オキシ銅	pos.	146.1	128.0
アシュラム	pos.	231.0	156.0
チオジカルブ	pos.	355.1	88.0
チウラム	pos.	241.0	88.0
トリクロピル	neg.	255.9	198.0
フラザスルフロ	pos.	408.1	182.0
メコプロップ	neg.	213.0	141.0
シデュロン	pos.	233.2	137.1
アゾキシストロビン	pos.	404.1	372.0
ハロスルフロメチル	pos.	435.1	182.0
ベンスリド	pos.	398.1	314.0

【結果および考察】

1 精度管理

(1) 装置の検出下限値 (IDL)、定量下限値 (IQL) の確認

分析に使用した検量線の最低濃度 10ng/mL の標準液試料について 7 回繰り返し測定を行ったところ、一部の農薬を除いて、装置の検出下限値は試料換算濃度で 0.00068~0.0039ng/mL と良好な結果が得られた。計算式は、次のとおり。

$$IDL = t(n-1, 0.05) \times \sigma \times 2 \quad IQL = 10 \times \sigma$$

σ : 標準偏差 t (n-1, 0.05) : 危険率 5%

自由度 n-1 の t 値 n=7 の時 t=1.9432

(2) 分析方法の検出下限値 (MDL)、定量下限値 (MQL) の確認

条例で設定されている各農薬の定量下限値を満足する濃度（試料濃度 0.0001mg/L）となるように添加した7試料を測定したところ、一部の農薬を除き、回収率の許容範囲である70～120%をほぼ満足した。

また、一部の農薬を除いて、分析方法の定量下限値は試料換算濃度で0.000016～0.000035mg/Lと条例で設定されている定量下限値を満足することができた。計算式は、次のとおり。

$$MDL = t(n-1, 0.05) \times \sigma \times 2 \quad MQL = 10 \times \sigma$$

σ : 標準偏差 $t(n-1, 0.05)$: 危険率 5%

自由度 $n-1$ の t 値 $n=7$ の時 $t=1.9432$

なお、精度管理測定中、フラザスルフロン、シデュロン、ベンスリドの3農薬において、検量線のピーク面積が測定中に低下する現象が見られた。測定中に分解している可能性を疑い、当日標準溶液を作製後、すぐ測定したが、状況は改善しなかった。また、標準溶液を作製する溶媒の比率やグレードなどを変更して測定したが、やはり改善は見られなかった。測定機器メーカーのアドバイスを取り入れ、不活性処理済みバイアルにて測定したところ、若干の改善が見られた。

2 各ゴルフ場の測定結果

今年度調査した7ゴルフ場のうち1ゴルフ場から、アゾキシストロピンが定量下限値以上で検出された。これ以外は、いずれの項目も検出されなかった。

【まとめ】

これまで、前処理が煩雑なGC/MSでの測定対象農薬及び分離が良くないHPLCでの測定対象農薬を併せて分析できる方法として、LC/MS/MSで測定する方法を検討した。

一部の農薬においては、十分な精度がとれないものがあり、今後も改善の必要があるが、比較的簡便な前処理方法での測定が可能となり、より迅速な農薬分析にLC/MS/MSでの測定方法は有効であると考えられる。

なお、11農薬すべてを安定して測定できるようLCの溶離液をギ酸/アセトニトリル系からギ酸/メタノール系に変更するなど測定条件の検討をしていきたい。

1 はじめに

福島県の中央に位置する猪苗代湖の水質は、流入する酸性河川である長瀬川の影響で、平成8年頃までpH5程度の弱酸性を示していた。しかし、近年 pH の上昇がみられ、全層年平均値のpHが6.5となった平成18年度より、大腸菌群数が環境基準湖沼A類型の1,000MPN/100ml(以下大腸菌群数の環境基準)を度々超過している。そこで、平成22年度から23年度にかけて、湖内の大腸菌群数及び大腸菌数の分布、流入河川(小黒川)からの大腸菌群数の影響等について調査を行った。その結果、湖心で夏期に大腸菌群が1,000MPN/100mlを超過するが、大腸菌数は検出されないこと、また、小黒川の下流域である梅の橋で大腸菌群数及び大腸菌数は高い値を示すが、「猪苗代湖小黒川沖500m」地点では猪苗代湖湖心とほぼ同様な結果となっていることがわかった。平成24年度は、対象地点を増やすとともに、各河川から流入する大腸菌群の菌種の同定を行う等の調査を行ったのでその結果を報告する。

2 調査地点(図1)

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

3 調査時期

平成24年5、6、7、8、9、10、11月(1回/月)

4 調査方法

- (1) pH:イオン電極法
- (2) EC:電気伝導度計
- (3) DO:よう素滴定法
- (4) SS:重量法
- (5) 大腸菌群数、大腸菌数:MMO-MUG培地によるQTトレイ法

(アイマックスボートリース(株))

*大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法(以下BGLB法)を6月及び9月に行った。



図1 調査地点

(6) TOC: 燃焼酸化-赤外線吸収式 TOC 自動計測法

(7) 菌種の同定: BGLB 液体培地で陽性になった発酵管から BGLB 寒天培地に塗末し、普通寒天培地で単離培養後、もう一度 BGLB 液体培地でガスを発生した菌株を対象に API20E で菌種を同定した。
(システム・ビオリー株式会社)

5 結果及び考察

(1) 猪苗代湖湖心の水質について(図2)

「湖心表層」の大腸菌群数は、水温の低い5月、6月には検出されなかったが、水温の上昇とともに7月頃から検出されはじめた。9月には220MPN/100ml(790MPN/100ml(BGLB法))と上昇したが、環境基準を超過しなかった。水温の低い水温躍層の下部(「湖心水深15m」、「湖心水深30m」)でも大腸菌群が検出され、特に9月の「湖心水深15m」では、430MPN/100ml(1,300MPN/100ml(BGLB法))と、湖心の全水深において最高値を示した。

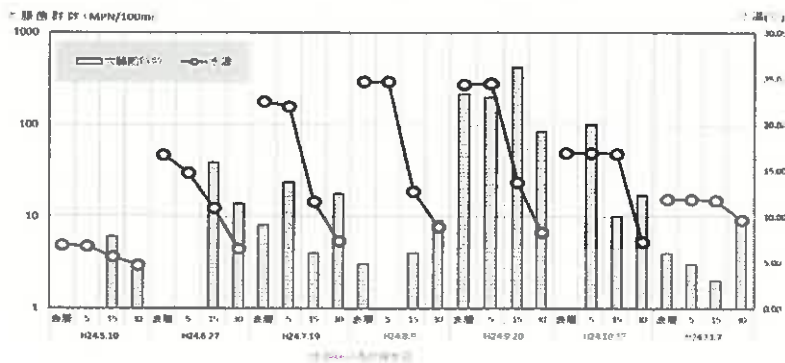
TOCは0.46~0.74mg/l、ECは110μS/cm前後、SSはすべて1mg/l未満の値であった。pHは6.5~7.5であり水深30m地点が他の水深と比較して、月別変化が少なく6.7前後の低い値であった。月別変化の大きかった水深15m地点の9月のpHは7.5と最高値であり、この時の大腸菌群数も最高値で、pHと大腸菌群数との間に正の相関が認められた。それ以外の項目と大腸菌群数に相関は認められなかった。

なお、大腸菌は、全ての時期・水深で検出されなかった。

(2) 高橋川、小黒川及び長瀬川の水質について

「高橋川 新橋」の大腸菌群数は、6,400~23,000MPN/100ml、大腸菌数は50~140MPN/100mlであった。「小黒川梅の橋」の大腸菌群数は、11,000~34,000MPN/100ml、大腸菌数は120~1,000MPN/100mlであった。「長瀬川小金橋」の大腸菌群数は、43~1,700MPN/100ml、大腸菌数は1未満~23MPN/100mlであった。市街地を流れる小黒川で、平成22、23年度と同程度である数万MPN/100mlの大腸菌群数が検出され、主に田畑に囲まれた高橋川でも同程度の大腸菌群数がみられた。猪苗代湖への総流入割合が59%¹⁾を占める酸性河川である長瀬川の大腸菌群数は1,700MPN/100ml以内と、大腸菌数も含め低い値を示した。

大腸菌群数に占める大腸菌数の比の平均値は、0.8~2.8%



(表1)と、大腸菌群数に占める大腸菌数の比の下水処理水流入前の多摩川河川水の平均値が5%であったという和波らの報告²⁾よりも低く糞便による汚染の割合は低いと考えられた。中でも、「小黒川梅の橋」の平均値が他の地点と比較して、2.8%と高い値であった。

(3) 高橋川沖500m、小黒川沖500m及び長瀬川沖500mの水質について

「高橋川沖500m」の大腸菌群数は、4~1,700MPN/100ml、大腸菌数は1未満~6MPN/100mlであった。「小黒川沖500m」の大腸菌群数は、10~3,600MPN/100ml、大腸菌数は1未満~39MPN/100mlであった。「長瀬川沖500m」の大腸菌群数は、3~410MPN/100ml、大腸菌数は1未満~7MPN/100mlであった。それぞれの沖500m地点では、直近の河川より大腸菌群数及び大腸菌数ともに、数桁低い値を示していた。大腸菌群数の環境基準と比較すると、「長瀬川沖500m」ではすべて低い値、「高橋川沖500m」で1回(9月)、「小黒川沖500m」で3回(6,7,8月)高い値を示した。「小黒川沖500m」が他の地点より、河川の影響を受けて大腸菌群数及び大腸菌数ともに高い値となっているが、平成22、23年度と同様な1,000MPN/100ml前後の値であった。

また、大腸菌群数に占める大腸菌数の比の平均値は、0.5~3.6%(表1)であり、各河川の平均値と沖500mの平均値を比べると、各河川より低く、糞便による汚染の割合は各河川よりさらに低いことが確認された。

(4) 大腸菌群の菌種の同定結果について

6月27日の「湖心表層」では、大腸菌群が検出されなかったが「湖心水深30m」では、*Enterobacter cloacae*が検出された。9月20日の「湖心表層」及び「湖心水深5m」(水温躍層の上層)で*Enterobacter asburiae*が、「湖心水15m」及び「湖心水深30m」(水温躍層の下層)で*Aeromonas*属が出現した。この結果は、湖心から単離された大腸菌群細菌のうち最も高い頻度で*E. cloacae*が同定され、次いで*E. asburiae*、*E. amnigenus*が多く出現したという小野³⁾の報告と類似するものであったが、今まで湖心では検出されていない*Aeromonas*属が検出された。ここ数年、9月の猪苗代湖湖心表層で環境基準を超える大腸菌群数が検出されていたが、平成24年9月は790MPN/100ml(BGLB法)と環境基準以下であった。この時の水温躍層の上層の優占種が*E. asburiae*だったこと、下層の優占種が*Aeromonas*属であったことに関連があるのか等、今後検討していきたい。

「高橋川新橋」からは*E. asburiae*、*E. cloacae*、*lebsiella oxytoca*、*Citrobacter freundii*、*Serratia liquefaciens*、

表1 各地点における大腸菌群数に占める大腸菌数の比

	大腸菌数/大腸菌群数(%)	
	平均値	分布
高橋川新橋	0.8	0.3~2.0
高橋川沖500m	0.6	0~2.4
小黒川梅の橋	2.8	0.6~7.1
小黒川沖500m	0.5	0~1.3
長瀬川小金橋	0.9	0~2.3
長瀬川沖500m	0.5	0~3.7

Serratia marcescens、「小黒川梅の橋」からは*E. cloacae*、*Enterobacter sakazaki*、*C. freundii*、*Pantoea spp2*、*Aeromonas*属と多様な大腸菌群等が検出された。酸性河川であり大腸菌群数が少ない「長瀬川 小金橋」からは、6月27日には*Enterobacter amnigenus*2、9月20日には*E. cloacae*、*S. marcescens*のみが検出され、他の河川より検出種が少なかった。

「高橋川沖500m」では*E. cloacae*、*E. sakazaki*、*S. liquefaciens*、*P. spp2*が、「小黒川沖500m」では、*Klebsiella oxytoca*、*E. cloacae*、*S. liquefaciens*、*Pantoea spp3*、*Raoultella terrigena*、*Aeromonas*属が検出された。2地点とも各河川由来の大腸菌群が検出され、湖心と比較して菌種は多様であった。「長瀬川沖500m」では、6月27日は*E. cloacae*が9月20日は*E. cloacae*、*Hafnia alveii*、*Chromobacterium violaceum*のみ検出された。なお、すべての河川及び沖で*E. cloacae*が検出された。

6 まとめ

- (1) 「湖心表層」の大腸菌群数は低値であり、1,000MPN/100ml(湖沼A類型の環境基準)を超えることはなかった。また、湖心4層の大腸菌群数とpHに正の相関がみられた。なお、湖心で大腸菌は検出されなかった。
- (2) 「高橋川新橋」及び「小黒川梅の橋」で数万MPN/100mlの大腸菌群数、数十~千MPN/100mlの大腸菌数が検出され、「長瀬川 小金橋」では数十~数千MPN/100mlの大腸菌群数、1未満~数十MPN/100mlの大腸菌数が検出された。なお、大腸菌群数に占める大腸菌数の比は0.8~2.8%(平均値)と糞便による汚染の割合は少なかった。
- (3) 各沖500mの大腸菌群数及び大腸菌数は、それぞれの流入河川より大腸菌群数及び大腸菌数ともに、数桁低い値を示していた。沖500mで大腸菌群数の環境基準を超過したのは、4回(21回中)で、特に「小黒川沖500m」が多かった。なお、大腸菌群数に占める大腸菌数の比は各河川の平均値より低く、糞便による汚染の割合は各河川よりさらに低いことが確認された。
- (4) 猪苗代湖湖心では、6月の水深30mで*E. cloacae*、9月の表層及び水深5mで*E. asburiae*、水深15m及び30mで*Aeromonas*属が検出された。高橋川及び小黒川からは、多様な大腸菌群が、流入しているが、猪苗代湖湖心では限られた種のみが検出された。また、長瀬川から流入する大腸菌群は高橋川及び小黒川と比較して検出された種は少なかった。

【参考文献】

- 1) 清らかな水、美しい猪苗代湖の秘密を探る水環境研究誌 平成20年6月
- 2) 和波ら：大腸菌群数測定への課題と今後の動向 第46回日本水環境学会併設全国環境協議会研究集会
- 3) 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)

裏磐梯五色沼湖沼群における水質の変化

渡邊 稔
(環境センター)

要 旨

裏磐梯五色沼湖沼群の湖沼水等は高濃度の硫酸塩を主成分としたものか若しくはそれらに由来したものである。共通して硫酸イオンとカルシウムイオンなどの2価イオンが一定の比率で存在しており、その比は1985年調査時とほぼ同じであった。

1985年調査時と異なるのは、上流部の銅沼及びもうせん沼における成分濃度の大幅な減少である。

また、五色沼湖沼群の大半でpH上昇がみられ、pHの高低と成分濃度の間に一定の関係がみられた。この関係は調査時期にかかわらず同じであった。

1. はじめに

磐梯山北麓の五色沼と呼称されている湖沼群の本格的な水質調査は1980年代半ばを境に急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、五色沼湖沼群を取り巻く環境の変化を明らかにするため調査を行なっている。

本報告は、2011年と2012年に上記会議の関係機関等が実施した水質に関する調査結果を元に裏磐梯五色沼湖沼群の水質に共通する特徴及びその多様な水質の成因について1985年の千葉ら¹⁾の調査を参考に考察を行なったものである。

2. 調査地点及び調査方法

標高が高い順に銅沼、スキー場湧水、もうせん沼、るり沼、青沼、弁天沼、弥六沼、柳沼、石倉沼、竜沼、深泥沼、赤沼、毘沙門沼、毘沙門沼直下の長瀬川の12湖沼、2河川等を対象とした。

原則として、各湖沼において流入水と流出水がいずれも採取可能な地点については2地点で、流入、流出が明確に捉えられないところでは1地点でのみサンプリングを行なった。総調査地点数は7湖沼×2地点、5湖沼×1地点、その他3地点の計22地点である。分析項目及び分析方法は既報²⁾のとおり。

3. 結果および考察

3.1 主要成分

添付資料にある分析結果のとおり、共通する成分で含有量 (mg/L) の多い上位3成分 (硫酸イオン、カルシウムイオン及びマグネシウムイオン) の全成

分の総和に占める割合を比較すると最大88% (スキ

一場湧水)、最小62% (深泥沼流入水)、平均73%であった。その他の成分はNaClやケイ酸 (SiO₂) 等である。2011年もほぼ同様な傾向であった。

3.3.2 主要成分の濃度分布

含有成分中最も含有量が多い硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度 (meq/L) 及びマグネシウムイオン濃度 (meq/L) との分布を示したのが図1、図2である。いずれも2011年の結果を示した。

硫酸イオンとカルシウムイオンの二つの成分間で直線上にのるのはいずれの場合もスキー場湧水より下流の地点のデータである。スキー場湧水より標高の高いところに位置している銅沼等は直線上にのらないものの主成分濃度の高低は同じような傾向を示し、何らかの流路でつながっているものと思われる。主成分間のこのような関係は1985年、2012年のデータでもみられる。

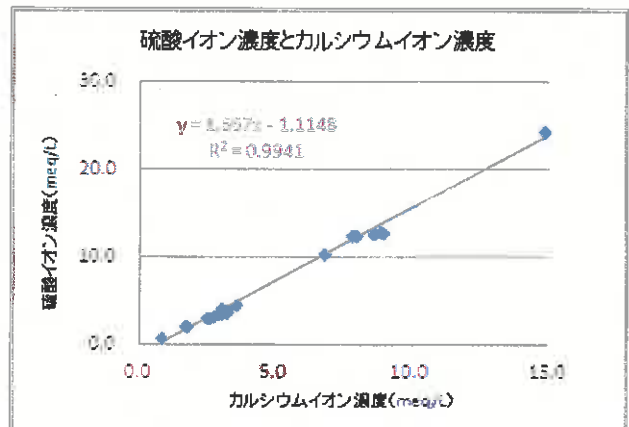


図1 硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度

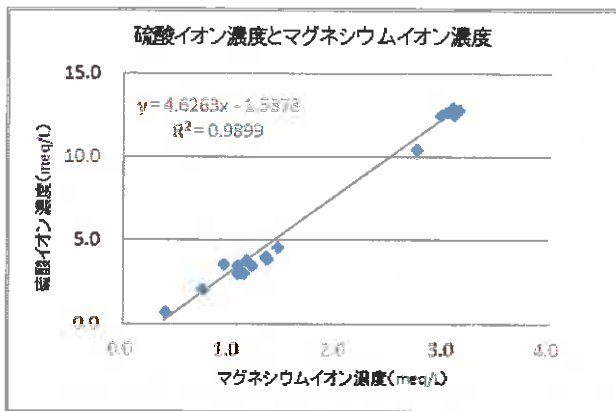


図2 硫酸イオン濃度とマグネシウムイオン濃度

3.3 ナトリウムイオン濃度と塩化物イオン濃度

千葉らによると裏磐梯の五色沼湖沼群周辺の地下水には食塩濃度の異なる2種類以上の地下水が存在するとしており、今回の調査結果(図3)からも確認された。

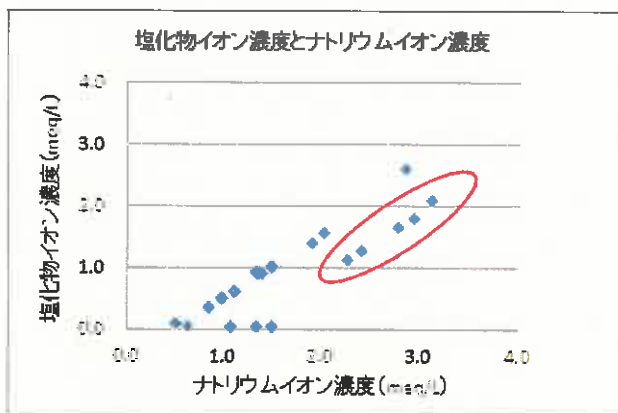


図3 塩化物イオン濃度とナトリウムイオン濃度

この図において楕円の枠線で囲った地点は千葉らが銅沼系と呼んでいる五色沼湖沼群の流路の一つで、左から順にり沼、青沼、弁天沼の流入・流出地点である。塩化物イオン濃度とナトリウムイオン濃度との間に一定の関係があり、他の流路よりNaCl濃度が高い。上流部にある銅沼、スキー場湧水より高濃度で流下方向とは逆の濃度勾配があることから直接、弁天沼の底あるいはその近辺から湧出しているものではないかと推測される。

他方で裏磐梯湖沼群の西側に位置している柳沼系と西から東方向に位置している竜沼系の湖沼群はよりNaCl濃度の低いグループを構成しているように思われ、銅沼系の地下水等とは由来の異なる地下水脈の存在が推測できる。

3.4 主要成分濃度とpHの関係

1985年の千葉らの調査では銅沼から長瀬川合流前の毘沙門沼までにpHは約3程度の差があった。今回の調査でも同様な相違が見られた。

概ね、標高の高い銅沼又は銅沼付近の無名沼、スキー場湧水でpH3台を示し、下流ではほぼ中性の7強になる。図4から図6に主要成分とpHの関係を示した。

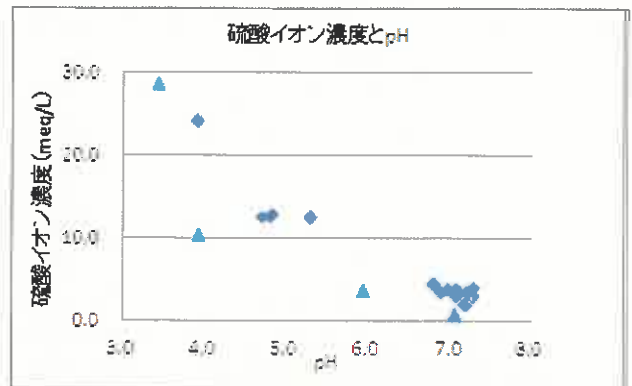


図4 硫酸イオン濃度とpHの関係

上図で流入水、流出水が明確に把握できない湖沼銅沼、もうせん沼、石倉沼、赤沼を左から順に▲で示した。pHが高い地点では、硫酸イオン濃度が低い傾向にある。

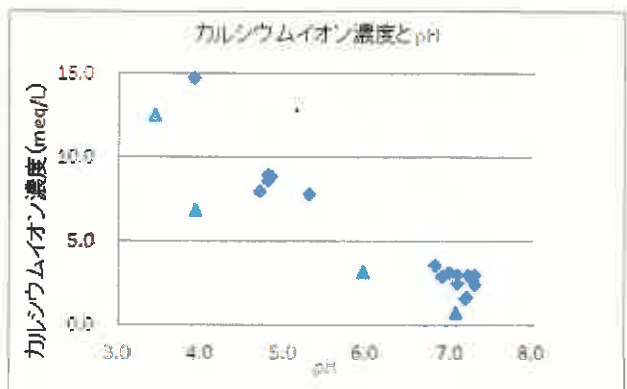


図5 カルシウムイオン濃度とpHの関係

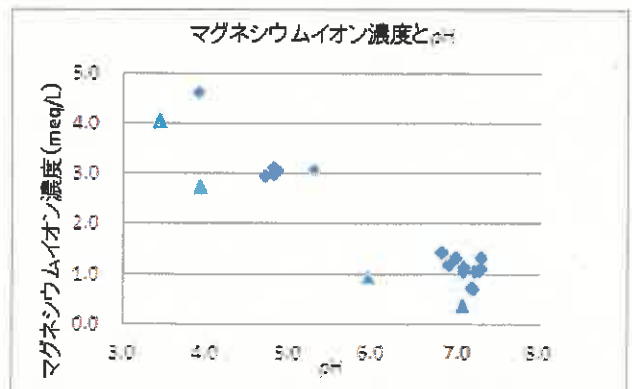


図6 マグネシウムイオン濃度とpHの関係

図5、図6にカルシウムイオン濃度とpH、マグネシウム濃度とpHとの関係を示した。硫酸イオン濃度と同様にpHが高い地点では、各成分濃度も低い。

流入水及び流出水が明確に確認可能な湖沼（◆）では成分濃度とpH間に負の相関があるが、地表から水の流れが明確でない湖沼（▲）については同程度のpHの湖沼水等と比べると濃度が低い傾向にある。

このことは調査時期にかかわらず同様であった。

3.5 濃度変動の比較

前項の「3.4 主要成分濃度とpHの関係」の中で地表から水の流れが明確に確認できない湖沼について主成分の濃度が直近の上下流（と考えられる）地点において主成分濃度が連動しているか否かの目安にするため次の内容の比較を行なった。

主成分である硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度について、 $A1 = \text{硫酸イオン濃度（比較対象地点）} / \text{硫酸イオン濃度（直近の下流地点又はそれと考えられる地点）}$ とし、 $B1 = \text{カルシウムイオン濃度（比較対象地点）} / \text{カルシウムイオン濃度（直近の下流地点又はそれと考えられる地点）}$ とすると「3.2 主要成分の濃度分布」で示したように硫酸イオン濃度とカルシウム濃度の間に一次式で示されるような一定の関係にあることから濃度の変動はあったとしても連続した水の流れがある所では $C1 = A1 / B1$ で示される濃度の変動比 $C1$ の値は他の主成分も同程度変動するため1.0程度になるはずである。もし、流路が何らかの原因で遮断されていたり、従来の流路と異なり、主成分比の異なる水が合流すれば $C1$ の値は1.0から外れることになる。

比較の対象地点を上流部から銅沼とスキー場湧水、もうせん沼と弥六沼及び赤沼と毘沙門沼とした。明確な流入流出水を確認している竜沼と深泥沼を比較に用いた。併せて、過去の調査との比較も行ない、図7-1から図7-4に結果を示した。

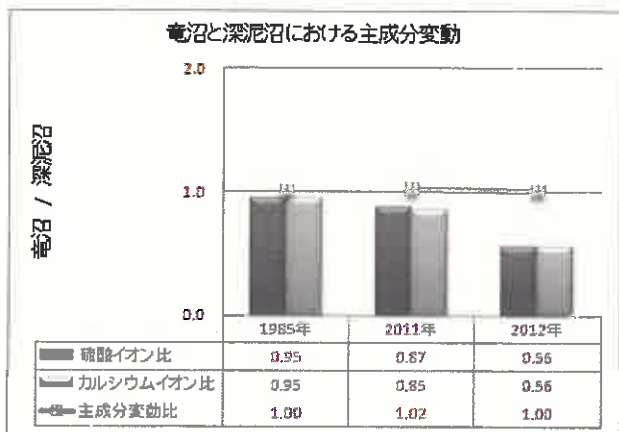


図7-1 主成分変動1（流路の明確な湖沼間）

参考として竜沼と深泥沼における硫酸イオン濃度

比とカルシウムイオン濃度比を比較した図（図7-1）を示した。

調査時期によって上下流地点での各成分の濃度比が異なっている。2012年調査では下流の深泥沼の硫酸イオン濃度比、カルシウムイオン濃度比は共に0.56と小さくなっていることから、相対的に下流の硫酸イオン濃度、カルシウムイオン濃度が上昇したことになる。しかし、両者の比である主成分変動比 C [竜沼-深泥沼]は1.0と変わらないことから竜沼より硫酸イオン、カルシウムイオンが比率が同じであるか、より高濃度の水が竜沼-深泥沼間で合流しているものと考えられる。

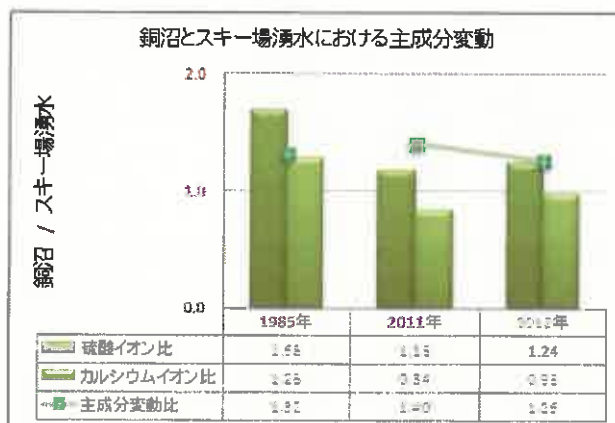


図7-2 主成分変動2

銅沼と直接の流路があるのかは確認できていないが、成分組成から地下浸透か何らかの形でスキー場湧水へ流下しているものと考えられている。両者間で違いがあるのは、下流部のスキー場湧水では鉄分がほとんどなくなっていることである。

また、硫酸イオン濃度はいずれの年も低下しているが、カルシウムイオン濃度は調査時により増減が見られる。主成分変動比 C [銅沼-スキー場湧水]は1.3ないし1.4と調査時期が異なってもほぼ一定である。以上のことから銅沼-スキー場湧水間には水の流れはあるが、何らかの地下水等の合流があるものと考えられる。

もうせん沼と弥六沼間には、直線距離にして約670mの距離がある。既報告3)では1985年調査時と比較してもうせん沼の主成分濃度が激減していることが指摘されている。硫酸イオン濃度は6倍弱、カルシウムイオン濃度は4倍強であったものが2011年、2012年の調査では2倍弱まで低下している。しかも、主成分の変動比が約30%もあることから1985年から2011年の間にもうせん沼-弥六沼間で水の流れに変化が生じたと推測できる。

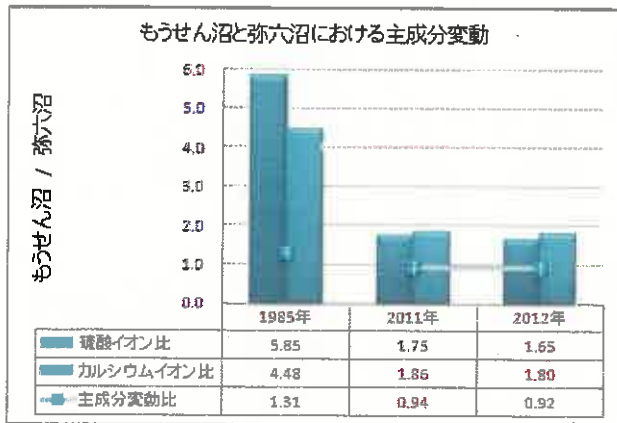


図 7-3 主成分変動 3

赤沼は調査年にかかわらず近くの他の沼と比べて成分濃度が高い。また、明確な流入水も確認できていない。水面近くより底部の方が濃度が高い濃度勾配が見られるとの報告¹⁾もあることから沼底部から高濃度の硫酸塩水が湧いていると考えられている。



図 7-4 主成分変動 4

毘沙門沼の水面は赤沼の水面より低い所に位置していることと、周辺の地形形状から赤沼の下流は毘沙門沼となるので比較の対象とした。硫酸イオン濃度比とカルシウムイオン濃度比は2または2強であるが、主成分比に大きな変動はないことから赤沼-毘沙門沼間にはある程度の水の流れがあるか、赤沼に流入している水と同じような組成で高濃度の水が何らかの流路で毘沙門沼に流入していると思われる。

参考文献

- 1) 千葉茂・朝倉誠司・松本仁志：裏磐梯五色沼の水質とその成因について. 福島大学教育学部論集理科報告, P19-29 1986
- 2) 國井芳彦・鈴木仁・佐久間智彦・林王克明：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. 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査中間報告書, P51-60 2012

4. まとめ

千葉らの1985年調査を参考に2011年と2012年に「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」の会員機関等で行った調査データから、裏磐梯五色沼湖沼群の水質について考察した。

共通する特徴として主成分は硫酸カルシウム及び硫酸マグネシウムを主とする硫酸塩であり、硫酸イオンはカルシウムイオンやマグネシウムイオンと一定の比率で存在する。

pHの高低により硫酸イオンやカルシウムイオン及びマグネシウムイオン等の濃度が減少または増大する傾向にある。

流入流出水の明確に確認できる湖沼と確認できない湖沼とでは、同程度のpHであっても成分含有量に違いがあり、他からの水の出入りの少ない（と思われる）湖沼水は濃度が希薄であると思われる。主成分の濃度変動比から1985年から2011年の間に流程に変化が生じた可能性がある地点が存在する。

また、千葉らが想定していた濃度の異なるNaClを含む複数の地下水の存在が確認できた。

裏磐梯湖沼群の水質はpH 3程度から7までと幅広く分布しており、2011年、2012年の調査では1985年調査時より五色沼湖沼群全体が若干、高pH側にシフトしていた。銅沼の主要成分濃度も1985年調査時の約5分3程度まで減少していた。安達太良山からの酸性物質供給量が一時期より減少し、下流河川の酸度減少、pH上昇を引き起こしている⁴⁾が同じようなことが磐梯山でも起きていて、猪苗代湖への硫酸塩負荷量の減少をもたらすなど下流水質に影響を及ぼしている可能性がある。

裏磐梯五色沼湖沼群の水質 (1985年調査との比較)

○渡邊 稔※1、國井 芳彦※2、佐久間 智彦※3

※1 福島県環境線センター ※2 現福島県生活環境部

※3 公益財団法人 福島県保健衛生協会

1. はじめに

磐梯山北麓の五色沼湖沼群に関する水質調査は1980年代半ばの千葉ら¹⁾の調査(以下、1985年調査とする)を最後に詳細な調査報告はない。

また、近年になって、コカナダモなどの外来植物や、ヨシ等の繁茂およびそれらによる景観の悪化、さらに湖沼水の色の変化が指摘されるなど五色沼湖沼群を取り巻く環境の変化が懸念されることから、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、五色沼湖沼群を取り巻く環境の変化を明らかにするため調査を行ってきた。

本報告は、本格調査を開始した2011年と2012年の水質調査等の結果を元に、裏磐梯五色沼湖沼群の水質に共通する特徴および千葉らの調査結果と比較し、水質の変化について考察を行なったものである。

2. 調査地点

標高の高い地点から順に銅沼、スキー場湧水、もうせん沼、瑠璃沼、青沼、弁天沼、弥六沼、柳沼、石倉沼、竜沼、深泥沼、赤沼、毘沙門沼、毘沙門沼下流の長瀬川の12湖沼、2河川等を対象とした。

各湖沼等において流入水と流出水がいずれも採取可能な地点については2地点で、流入、流出が明確でないところでは1地点でのみサンプリングを行なった。総調査地点数は7湖沼×2地点、5湖沼×1地点、その他3地点の計22地点。

3. 調査項目および測定方法

3.1 調査項目

pH, EC, 蒸発残留物, 酸度, アルカリ度, TOC, Fe, Mn, Al, Zn, Si, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻ 他。

3.2 測定方法

JIS K0102 他。

4. 結果および考察

4.1 主要成分

五色沼湖沼群のpHは銅沼など上流部が低く、スキー場湧水の下部に位置しているもうせん沼、瑠璃沼、

青沼、弁天沼、赤沼はやや酸度が低下し、pHが上昇する。下流の多くの沼では、ほぼ中性となる。例外として、赤沼は湖沼群の下流域にあっても低pHである。上流部から下流部に進むにつれpHが上昇する傾向は1985年調査と変わらなかった。

各成分毎にイオン当量濃度で比較するとどの沼でも陽イオンではカルシウムイオンが総陽イオン濃度のおおよそ50%以上を占めて最多成分となっていた。次にマグネシウムイオン、ナトリウムイオンが同程度で続く。

陰イオンについては、硫酸イオンが最小でも70%を超えており、多いところでは95%を超えるところがあった。次いで塩化物イオン、炭酸水素イオンと続く。これらの濃度の順序は例外なく硫酸イオン>塩化物イオン>炭酸水素イオンの順であった。この傾向は、1985年調査と変わらなかった。

次に各地点毎の主要成分含有量を比較すると2011年調査では下図(図1)のとおりとなった。

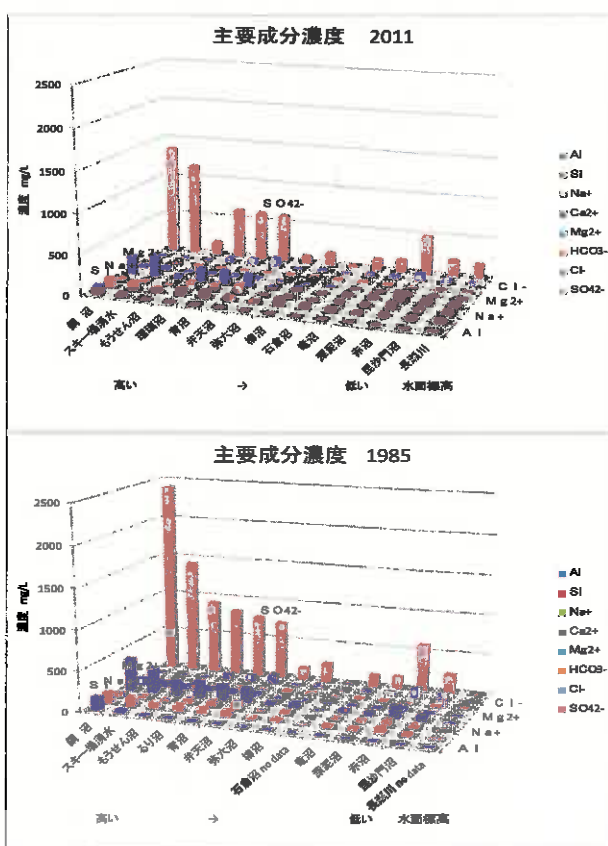


図1 主要成分濃度の比較

1985年調査では上流部から下流部へ行くにつれ、濃度が低下する傾向がみられる。基本的な傾向は以前と変わらないが、上流部ほど濃度低下が認められた。

最も顕著な濃度低下を示したのはもうせん沼で1985年調査時より、硫酸イオン濃度は約1/5にまで低下した。2012年調査も2011年調査とほぼ同じ結果となっており、上流部で何らかの変化が生じたものと思われる。

4.2 主要成分間の相関

硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度の間には高い正の相関性が認められる(図3)。同様に硫酸イオンとマグネシウムイオンとの間にも強い相関が認められる。

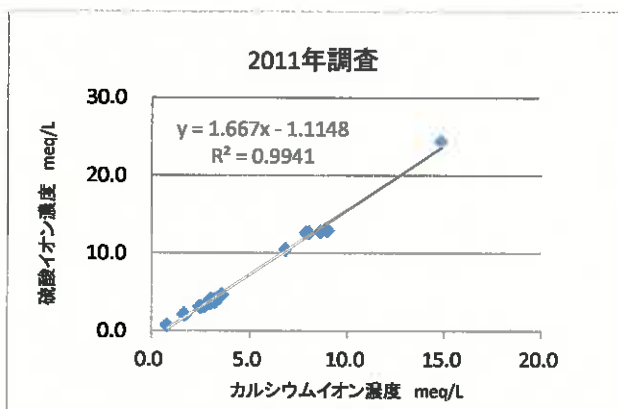


図3 硫酸イオンとカルシウムイオン間の相関

この関係はスキー場湧水より上流部に位置している湖沼水以外の湖沼水等において成り立つが、比較の対象を硫酸イオン濃度 (meq/L) とアルミニウム等の金属成分を含めた成分 (=Ca²⁺+Mg²⁺+Al) に広げると五色沼湖沼群全ての湖沼水等に当てはまる。このことから、これらの成分が硫酸塩として存在しているか、状況の変化により硫酸塩として沈殿しやすくなっていることを示しているものと思われる。1985年調査、2012年調査でもこの相関は認められた。

4.3 Na-Cl型地下水の存在

千葉らによると裏磐梯の五色沼湖沼群周辺の地下水にはNaCl濃度の異なる少なくとも2種類の地下水が存在するとしており、今回の調査結果でも同様の結果(図4)が得られた。

図で楕円の枠線で囲った地点は左から順に瑠璃沼、青沼、弁天沼の流入・流出地点である。千葉らが銅沼系と呼んでいる流路の一つで。

塩化物イオンとナトリウムイオン濃度との間には一定の関係が見られる。楕円の枠線で囲った以外の

地点(千葉らの五色沼系に相当する流路)も銅沼系と同様にナトリウムイオン濃度と塩化物イオン濃度との間にイオン当量濃度でほぼ1対1の割合で濃度の増減が見られる。1985年調査、2012年調査でも同じことが確認された。

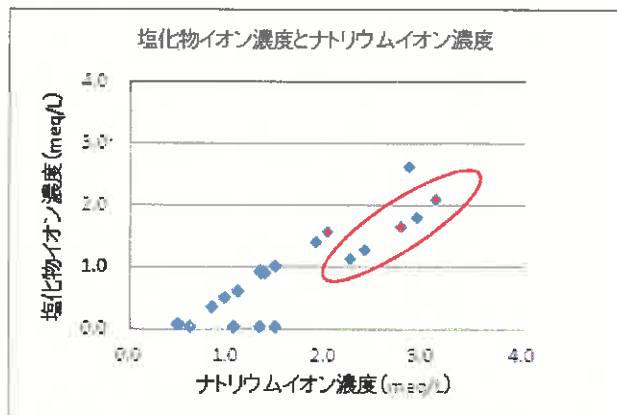


図4 塩化物イオン濃度とナトリウムイオン濃度

4.4 pHと成分含有量との関係

五色沼湖沼群のpHと各成分の含有量総和(図5)

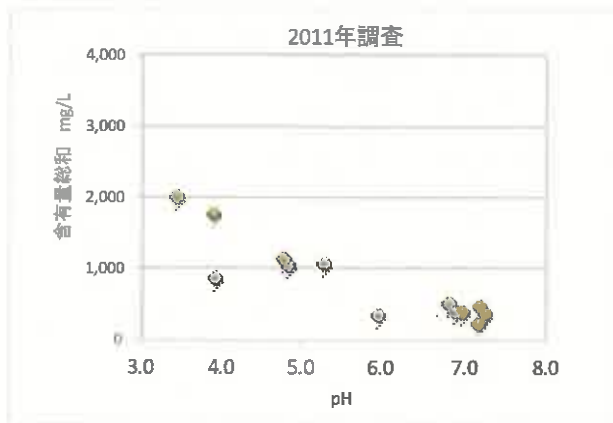


図5 pHと含有量総和

や、pHと硫酸イオン、pHと2価イオン、pHとケイ酸SiO₂との間にも負の相関がある。

5. まとめ

- ・五色沼湖沼群の湖沼水等はpH3台から7まで幅広く分布している。硫酸カルシウム塩等を主成分としており、硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度等との間に一定の関係がある。
- ・銅沼やもうせん沼では1985年調査時よりpHが上昇し、大幅な硫酸イオン濃度の低下が見られた。
- ・上流部のpH上昇はアルミニウムとケイ酸の複合体であるアロフェンの生成に悪影響を及ぼし、五色沼の水色に変化を及ぼしている可能性がある。

参考文献

- 1) 千葉茂他：裏磐梯五色沼の水質とその成因について。福島大学教育学部論集理科報告, P19-29 1986

- 2) 國井芳彦・鈴木仁・佐久間智彦・林王克明：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. 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査中間報告書, P52 2012
- 3) 國井芳彦・渡邊稔・佐久間智彦：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（第2報）. 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, P26-35 2013
- 4) 渡邊稔・國井芳彦・渡辺俊次：流入河川が猪苗代湖に及ぼす影響について. 全国環境研会誌, 第37巻P51-57 2012

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（第3報）

要 旨

裏磐梯五色沼湖沼群の水質の現況を把握するため、2011年から2013年にかけて調査を実施し、千葉ら(1986年)が実施した1985年の調査結果と比較し考察した。各湖沼水等における陽イオンや陰イオン等の成分割合は、1985年調査と同様の傾向であったが、全体的に各成分の含有量は減少傾向にあった。特に銅沼及びもうせん沼では、1985年に比べ硫酸イオンや金属成分が顕著に減少していた。

I.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から構成され、沼ごとに微妙に異なったものとなっている。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粒子(アロフェン)により青白色の美しい水色を呈し、湖内や周囲の多様な植生と相まって独特の美しい景色が楽しめるなど、本県を代表する景勝地とされている。しかし近年、外来植物の侵入や水色変化の指摘など、五色沼湖沼群をとりまく環境の変化が懸念されている。

生態系や水質に関する本格的な調査は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2011年に「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」を設置し、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、連携して調査を行うこととした。

本報は、環境センター等が2011年11月に実施した1回目の調査、2012年6月の2回目の調査及び2013年8月の3回目の調査で、湖水等の化学的成分に関する調査の結果をまとめたものである。

II.調査内容

1.調査年月日

- 1回目：2011年11月14日
(銅沼等の3地点は11月8日)
- 2回目：2012年6月19日
(銅沼等の3地点は6月15日)
- 3回目：2013年8月27日
(銅沼等の3地点は8月26日)

2.調査地点

銅沼、瑠璃沼、青沼、弁天沼
(以上『銅沼系』)、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(12湖沼)

また、このほか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等でも採水を行った。さらに参考地点と

して五色沼湖沼群からの流水が合流する長瀬川直下でも追加して調査を行った。

12湖沼では原則として、それぞれの流入水と流出水を採取することとしたが、植生や底泥等により流入水(又は流出水)の採水が困難な地点は、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又は流出地点付近の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6地点の計25地点とした。

3.調査機関

現地調査・採水：福島県水・大気環境課、会津地方振興局、環境センター、公益財団法人福島県保健衛生協会、福島大学

分析：福島県環境センター、公益財団法人福島県保健衛生協会

4.分析項目及び測定方法

分析項目及び測定方法は別表1のとおり。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。

Ⅲ.結果と考察

調査の結果は、別紙2「平成25年度結果一覧表」のとおり。五色沼湖沼群は、千葉ら(1986)によると、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、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、これらが合流して、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おり、1985年に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)。

今回(2013年調査)は五色沼湖沼群の水質について、1985年、2011年～2013年の各調査結果との比較を行った。なお、採水地点名を省略する場合は、別表2の地点番号(No.1～No.22)を使用した。

1.湖沼水の主要成分について

溶存物質の総量である蒸発残留物(mg/L)及び個別の各成分含有量を積算した含有量総和(mg/L)、イオン当量総和(meq/L)、電気伝導率EC及びpHについて各項目間の相関(R値)を調べた。

表1 主要項目間の相関 2013年

2013年					
	pH	蒸発残留物	イオン当量	含有量総和	EC
pH	1				
蒸発残留物	-0.7962	1			
イオン当量	-0.8010	0.9938	1		
含有量総和	-0.8078	0.9983	0.9978	1	
EC	-0.8519	0.9826	0.9814	0.9865	1

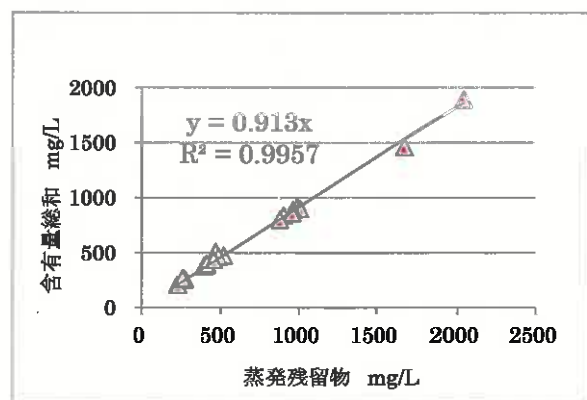


図1 主要項目間の相関 2013年

蒸発残留物、含有量総和、イオン当量総和いずれの間においても高い相関を示している。蒸発残留物と含有量総和との関係を図1に示した。ECと蒸発残留物、

含有量総和，イオン当量総和との間に高い相関が見られる．2011年，2012年も同様であった．

主要成分の含有量(mg/L)を地点毎に比較した(図2)．調査地点の中で最も標高の高い所に位置している銅沼は蒸発残留物が2040 mg/L(別表)と調査地点の中で最大だった．含有量が最大の成分は硫酸イオンであり，各成分の総和(mg/L)に硫酸イオンが占める割合が最も高い地点は銅沼で約70%を占めていた．最小地点は弥六沼流出地点で約50%であった．上流部の地点は各成分とも濃度が高く，下流域では大きな違いはなかった．

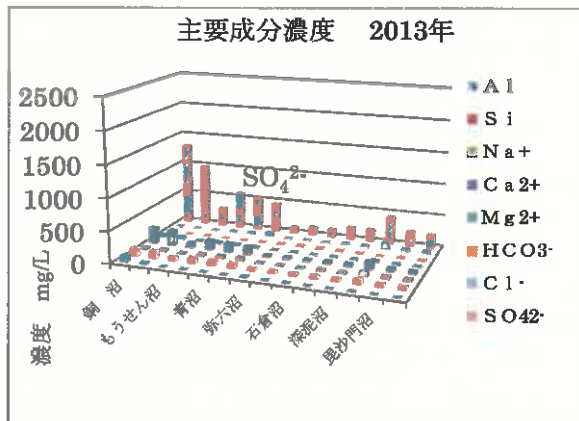


図2 主要成分濃度 2013年

成分含有量の総量(含有量総和)が最大の地点(銅沼)では，硫酸イオン以外にカルシウムイオンやマグネシウムイオンのカチオンやAl,Fe,Mnの金属及びケイ酸SiO₂が多かった．2011年及び2012年の結果も同様であった．

1985年の千葉らの調査結果では，湖沼群全体の成分含有量について上流部は各成分の濃度が高く，下流部では低いという傾向は大きな変化はないが，銅沼ともうせん沼では硫酸イオン等成分の濃度低下が顕著であった(図3)．

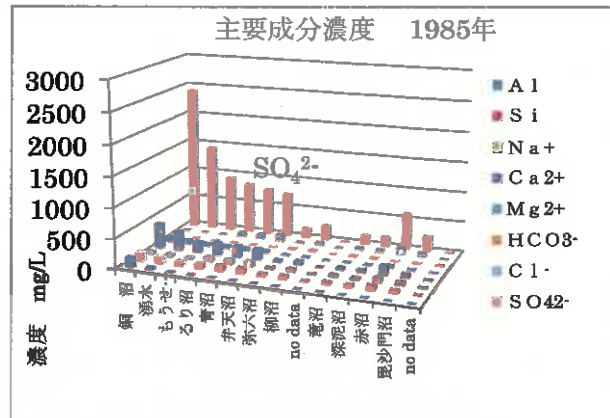


図3 主要成分濃度 1985年

2. 主要成分間の相関

千葉らが主要成分としていた硫酸イオン濃度，カルシウムイオン濃度について相関を調べると1985年調査と同じような相関がみられた(図4)．

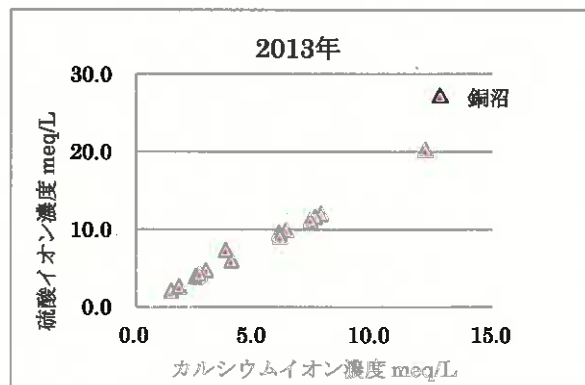


図4 硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度との関係

銅沼は直線から外れるが，[硫酸イオン濃度(meq/L)]=1.61×[カルシウムイオン濃度(meq/L)]-0.276 (R²=0.996) の関係式が成り立つ．硫酸イオン濃度とマグネシウムイオン濃度との間にも同様な一次式で表される一定の関係が成立していた．

硫酸イオンは多くの2価イオンと塩を生成するので，カルシウムイオン，マグネシウムイオン及びAl,Fe,Mnの金属成分を合計したイオン当量濃度(meq/L)と硫

酸イオン当量濃度(meq/L)との相関を調べてみた(図 5)。

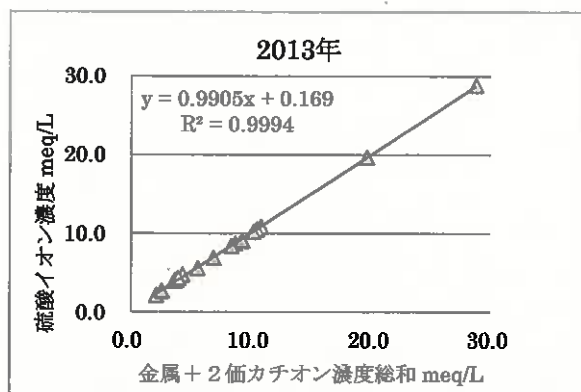


図 5 硫酸イオン濃度と金属 + 2 価カチオン濃度との関係

五色沼湖沼群では、イオン等量数でほぼ 1 対 1 の関係が成り立っている。この強い相関は、1985 年、2011 年、2012 年の結果でも同様であった。

以上のことから、五色沼湖沼群の湖沼水はカルシウムイオンやマグネシウムイオン等の硫酸塩が主成分といえる。

3.各調査項目の結果と考察

3.1 pH

pH の結果を図 6 に示す。1985 年調査と比較すると多くの地点で pH の上昇がみられた。銅沼系の湖沼では、すべて酸性を示していた。銅沼(No.1)の 3.44 から下流部へ下るにつれ pH が上昇し、弁天沼(流出水, No.8)では 5.46 を示した。柳沼系のもうせん沼(No.7)では、1985 年調査と比較すると pH が 4.26 から 5.31 (2011 年調査: 5.95, 2012 年調査: 5.04) へ上昇している。弥六沼(No.11)及び柳沼(No.13)はいずれも中性を示し、大きな変動はみられなかった。

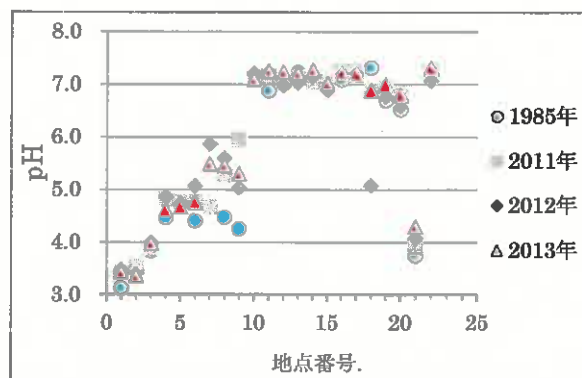


図 6 各調査地点の pH 値

銅沼系と柳沼系が合流した後の竜沼系の湖沼では中性を示し、1985 年調査とほぼ同程度の値であった。深泥沼(流出水, No.18)では 7.32 から 6.89 と低下していた。赤沼(No.21)は竜沼系の沼と異なり、酸性を呈しているが pH3.75(1985 年)から 3.91(2011 年)、4.08(2012 年)、4.30(2013 年)と上昇が続いている。

各湖沼のイオン当量濃度でカチオンの占める割合は「 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > (\approx) \text{Mg}^{2+}$ 」、アニオンの占める割合は「 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ 」の順となっており、1985 年調査と同様の結果となった。1985 年調査と比較すると、銅沼系、柳沼系及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も減少した。

イオン当量の構成比にも変化が生じている(別図「五色沼湖沼群の主要構成イオンの比較」)。1985 年調査より約 30 年経過した現在(2013 年)は、カルシウムイオン及びナトリウムイオンの割合が増え、金属、マグネシウム及び塩化物イオンの割合が減少した。

3.2 EC(電気伝導率)

ECは、銅沼系と赤沼で1.0 mS/cm以上と高く、柳沼系及び竜沼系は低い値であった。蒸発残留物も同様に銅沼系と赤沼で1000 mg/L以上と高い値を示した。2011年及び2012年の調査結果と比べると全般に低下した地点が多かった。特に銅沼直下の沼(No.2)は2012年調査時の約半分に低下し、2011年とほぼ同水準の値に近くなった。降水等低濃度の水で湖沼水が希釈されたためと思われる。1985年調査では同じ地点のデータがなかったので比較はできなかった。

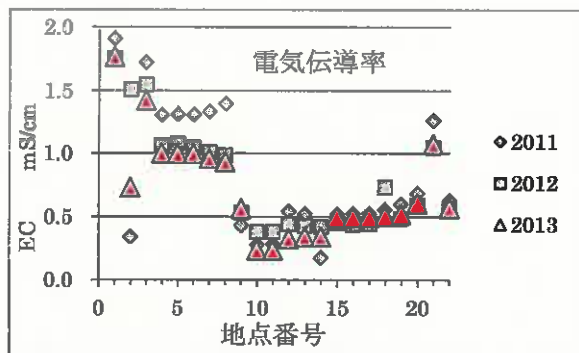


図7 電気伝導率 EC

3.3 DO(溶存酸素)

もうせん沼と赤沼が比較的、溶存酸素濃度が低いこと以外は目立った変化はなかった(図8)。もうせん沼と赤沼は表流

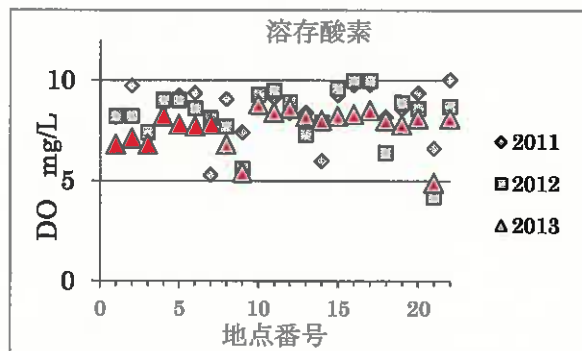


図8 溶存酸素

水の流れが不明確で水の流入・流出に乏しい湖沼と思われる。

2013年の調査時期は8月の暑い日であったため、比較的低い値を示したものと思われる。

3.4 CODとTOC

COD及びTOCはいずれも有機物指標に用いられるものである。柳沼系の湖沼はCODが2 mg/L前後であるが銅沼系および竜沼系の湖沼は1前後と比較的低値である。赤沼は2011年と比較して上昇しており、2013年は4.3mg/Lとなった(図9)。

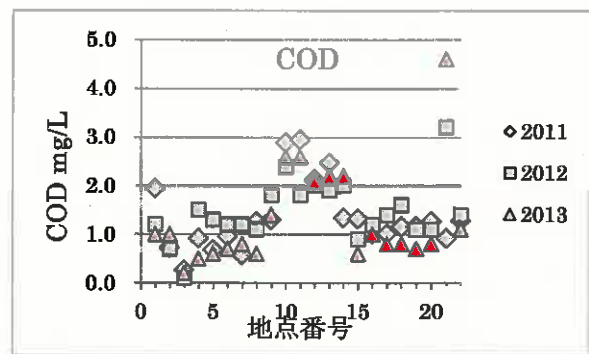


図9 COD

TOCはCODと同様に柳沼系の沼が比較的高めであった(図10)。

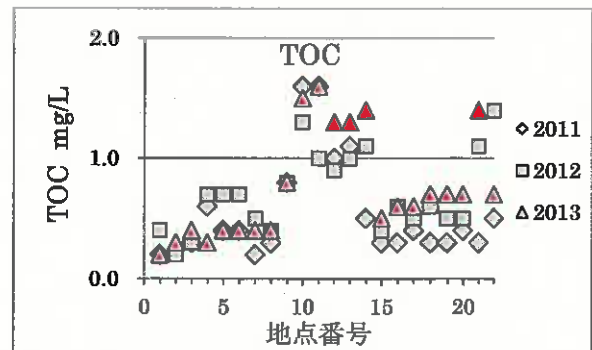


図10 TOC

この二つの項目の比COD/TOCをとると銅沼系の一部と赤沼(No.21)を除いた大部分のCOD/TOC値は1.6前後となっ

た(図 11). 2012 年は 2013 年と同様な傾向だが, 2011 年は全般に高めであった.

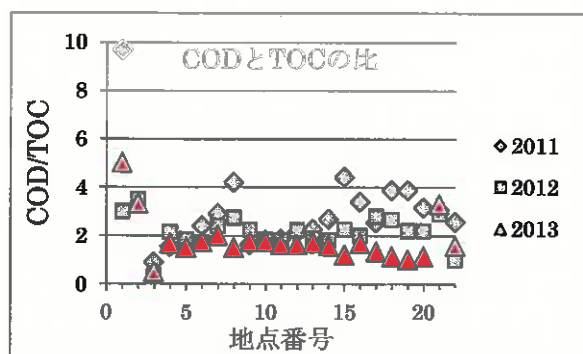


図 11 COD と TOC の関係

3.5 T-P, T-N およびクロロフィル a
全リン(T-P)は定量下限未満となった地点が弁天沼流出地点(No.8)のみであった。2013 年は 0.003 未満から 0.019 mg/L と比較的 low 値であった(図 12)。調査時期により, 多少の変動がみられた。2011 年からの 3 ケ年の結果では, 柳沼系の地点が比較的高めであった。

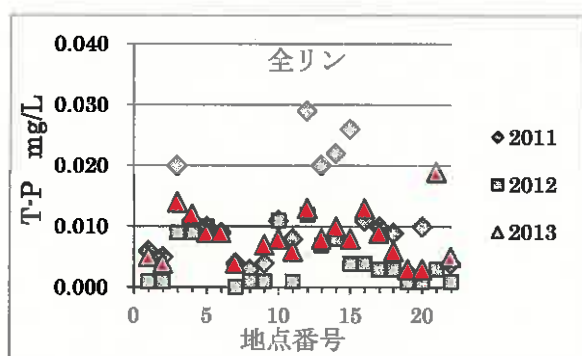


図 12 全リン

全窒素(T-N)は, 銅沼系湖沼と赤沼(No.21)で比較的高い。また, 2013 年は 2011 年と 2013 年の間の値を示すものが多い。調査時期別では 6 月(2012 年), 8 月(2013 年), 11 月(2011 年)の順に値が大きいく。

クロロフィル a 濃度は, 瑠璃沼(No.4)を除き, 銅沼系の湖沼では比較的 low 値

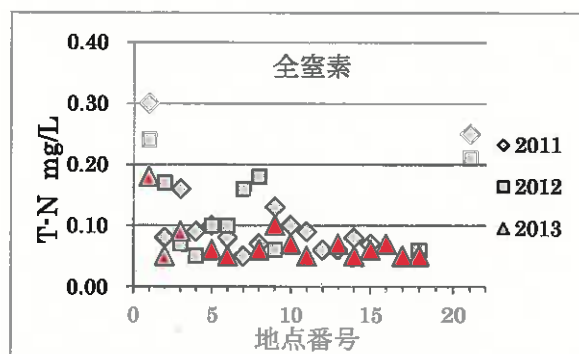


図 13 全窒素

(図 14)で柳沼系及び竜沼系の竜沼流入・流出水(No.15, No.16), 深泥沼流出水(No.18), 赤沼(No.21)で高めである。

また, 毘沙門沼流入・流出水(No.19, No.20)では低めである。

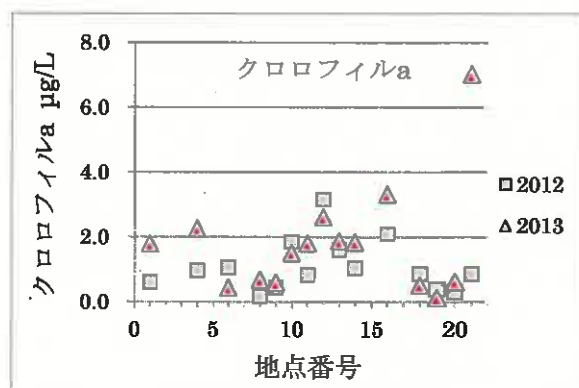


図 14 クロロフィル a

クロロフィル a は全リン(T-P)濃度及び全窒素(T-N)濃度との相関が高く, その関係を表す式⁴⁾が知られている。

今回の調査結果に適用すると, 全リンとの間では関係式 $\log[\text{クロロフィル濃度}(\mu\text{g/L})]=1.83\log[\text{T-P 濃度}(\text{mg/L})]+3.615$ を満足し, よい相関が得られた(図 15)。

また, 全窒素との間に相関はなかった。

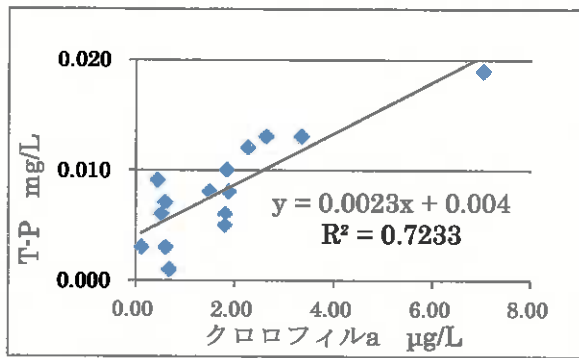


図 15 クロロフィル a と全リン

3.6 大腸菌群数

銅沼系では低めで、柳沼系及び竜沼系で多い傾向にある。竜沼流出水(No.16)と毘沙門沼流入水(No.19)が 2013 年調査では最大値の 330MPN/100 mL を示した。毘沙門沼流出水が合流する直下の長瀬川(No.22)では、環境基準を超える 1,300MPN/100 mL であった(図 16)。

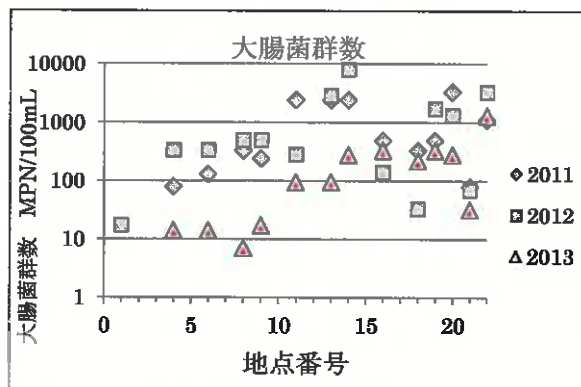


図 16 大腸菌群数

2011 年,2012 年の調査はそれぞれ 11 月, 6 月の調査であり, 調査年による違いか, 季節変化を示すものかはわからない。

なお, 赤沼(No.21) の大腸菌群数が少ないのは pH が低いことと関連があるのか(図 17)調べた。

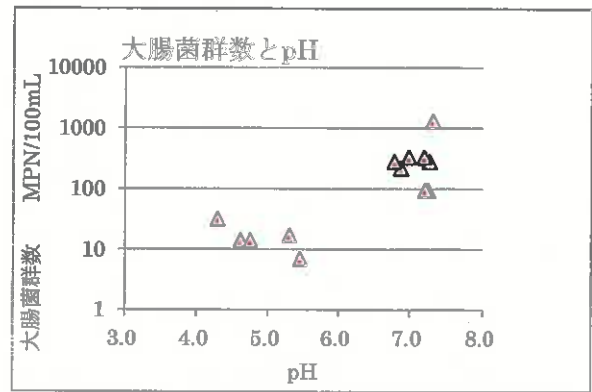


図 17 大腸菌群数と pH(2013 年)

大腸菌群数が高いグループと低いグループそれぞれ中性側, 弱酸性側に 2 分された。対象を 2011 年から 2013 年までの 3 年分を使用して大腸菌群数と pH の傾向は図 18 のとおり。菌数の分布範囲が広く, 低 pH になるほど菌数の最大値が

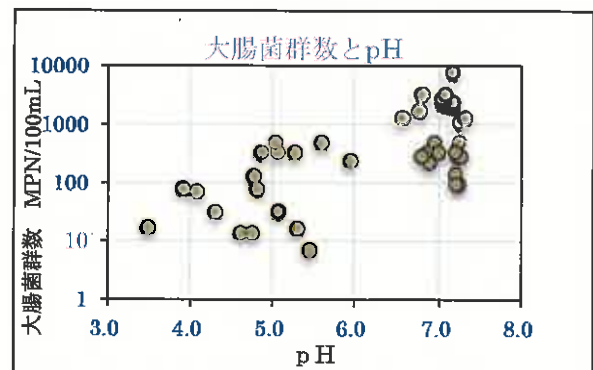


図 18 大腸菌群数と pH(1998 年～2011 年)

小さくなる。

五色沼湖沼群の下流部に位置している毘沙門沼は「福島県水質測定計画」で水質の定期モニタリングを行なっている地点である。

1998 年(平成 10 年)から 2011 年(平成 23 年)にかけて毘沙門沼湖心における pH と大腸菌群数の関係を図 19 に示した。五色沼湖沼群全域と同じような傾向が見られた。

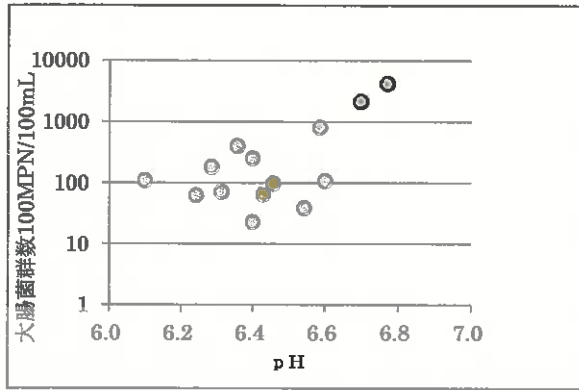


図 19 毘沙門沼における pH と大腸菌群数(1998 年～2011 年)

1,000MPN/100 mL を上回るのは pH が 6.6 付近のときであった。五色沼湖沼群水が流下する猪苗代湖も近年、pH 上昇とともに大腸菌群数検査で検出されることが多くなった。1000MPN/100 mL を超えるようになったのは湖心の pH が 6.5 以上になってきてからである。

3.7 アルカリ度および酸度

アルカリ度の最大値は柳沼系の柳沼流出水(No.13)で 16.6 mg/L だった。

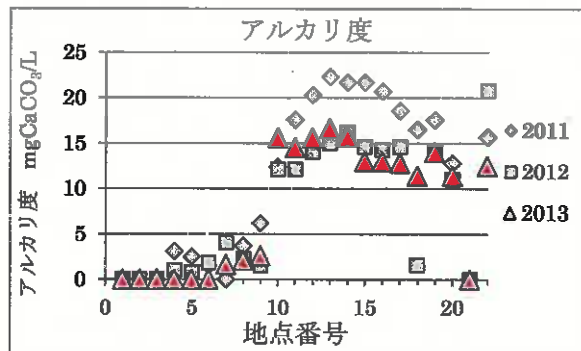


図 20 アルカリ度

2011 年からの最近 3 ヶ年では、低値であった(図 20)。2011 年に最大値を示した地点は 2013 年と同様、柳沼流出水地点(No.13)で最大値は 22.3 mg/L と 2013 年の約 1.3 倍あった。

酸度については、銅沼系の地点は他の水系より酸度が高い(図 21)。銅沼系、柳沼系、竜沼系の 3 つの水系いずれとも流入・流出水の出入りが明確ではない赤沼は酸度が高く(34.2 mg/L)、銅沼系や柳沼系のもうせん沼より高い。同じ水系の中でも上流より下流側に酸度の高い地点がいくつか見られる。これは、表流水以外に伏流水等の地下水のつながりがあることで、上流(上流側)から酸度の高い水が供給されていることを示しているものと思われる。

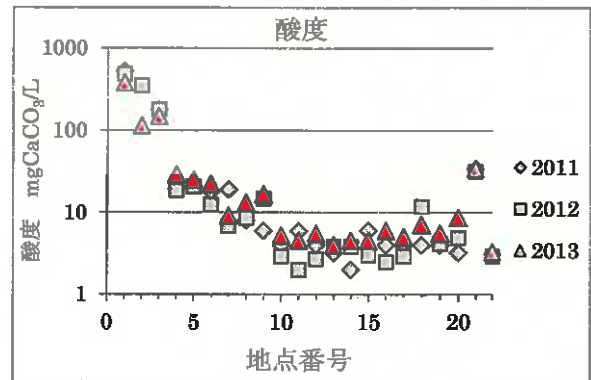


図 21 酸度

8 金属成分

酸度とアルミニウム濃度は相関が高い(図 22)。鉄やマンガンなどの金属成分も同様である。

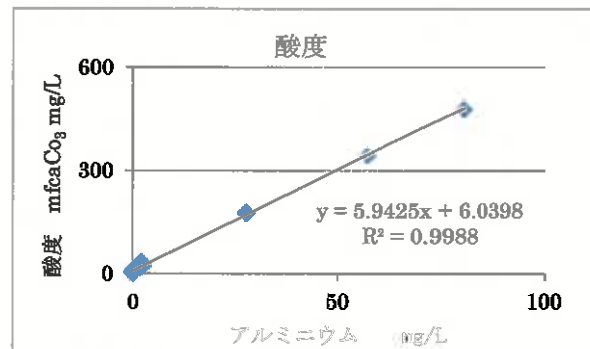


図 22 酸度とアルミニウム濃度

アルミニウムなどの金属成分は pH の低い銅沼系の湖沼および赤沼(No.21)に多く含まれている。とりわけ、最も酸度の高い銅沼(No.1)が最も高濃度であった(図 23)。

五色沼湖沼群では、アルミニウムは金属成分の中で最も含有量(mg/L)が多く、銅沼では、溶存している金属の中で、約 92%をアルミニウムが占めている。

スキー場湧水(No.3)でのアルミニウムの割合は 83% (溶存態)、同様に瑠璃沼流出水(No.4)では 83%、青沼流出水(No.6)59%、弁天沼流出水(No.8)25%となっていた。

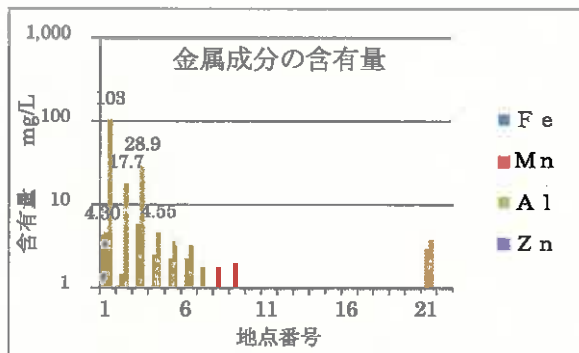


図 23 金属成分の含有量

アルミニウムなどの金属成分は pH の低い銅沼系の湖沼及び赤沼(No.21)に多く含まれている。とりわけ、最も酸度の高い銅沼(No.1)が最も高濃度であった(図 23)。

また、pH5.0 を超える地点では全アルミニウム、溶存態ともに検出下限未満となった。

金属成分中の溶存態が占める割合を図 24 に示した。鉄はアルミニウムと異なり溶存態の割合は低く、銅沼では 61%、瑠璃沼で 71%、青沼流出水では 17%であった(図 24)。

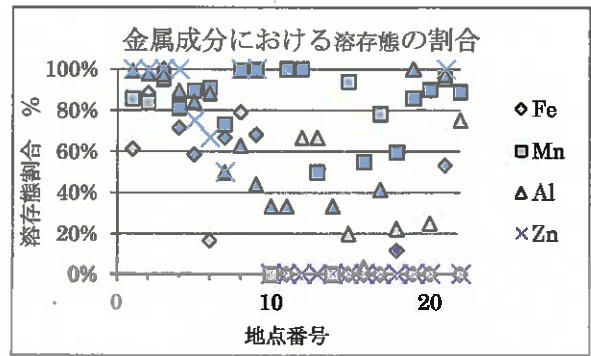


図 24 金属成分中の溶存態の割合

マンガンは地点別にこれといった傾向はなかった。亜鉛は含有量が少なく、pH5 台の低い pH では溶存態の割合が高かった。

3.9 ケイ酸

ケイ素をケイ酸 SiO_2 として求めた(図 25)。上流部及び銅沼系で高く、柳沼系および竜沼系ではほぼ一定で 33mg/L から 55mg/L の範囲で分布していた。No.2 の地点では、2012 年調査時と比べると半減しており、ケイ酸以外の成分も半分から約 1/3 に低下していた。降水成分等低

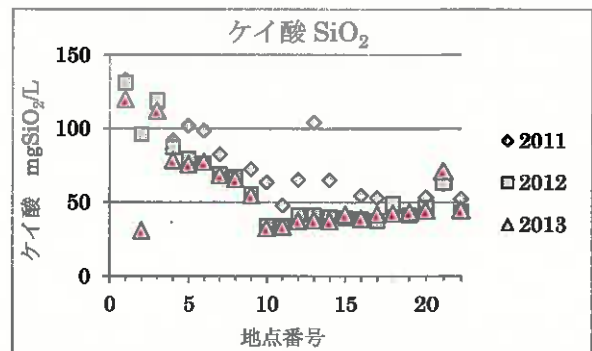


図 25 ケイ酸

濃度の水で希釈された可能性が高い。赤沼はケイ酸含有量が高く pH が低い。銅沼系湖沼との類似性から pH とケイ酸との関連を調べたところ(図 26)、比較的高い相関が得られた。

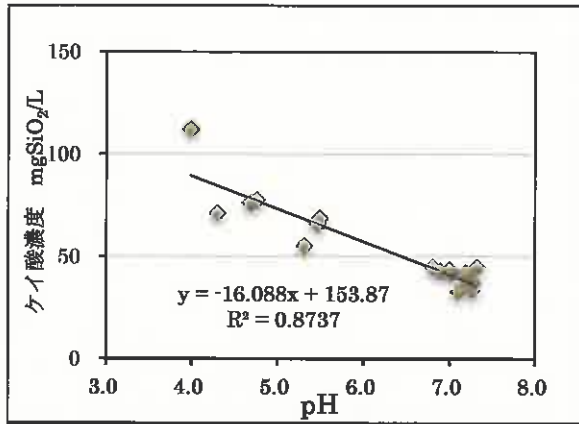


図 26 ケイ酸濃度と pH

2011年, 2012年調査も同様傾向を示した。1985年の千葉らの結果をあてはめても同様な結果が得られた。

3.10 その他の成分

千葉らの報告(1986年)では, NaCl型地下水の存在に言及している。ナトリウムイオン濃度(meq/L)と塩化物イオン濃度(meq/L)との間に1対1の割合で流下方向に増加している。上流部の銅沼には塩化物イオンが2.9mg/L程度と極くわずかし

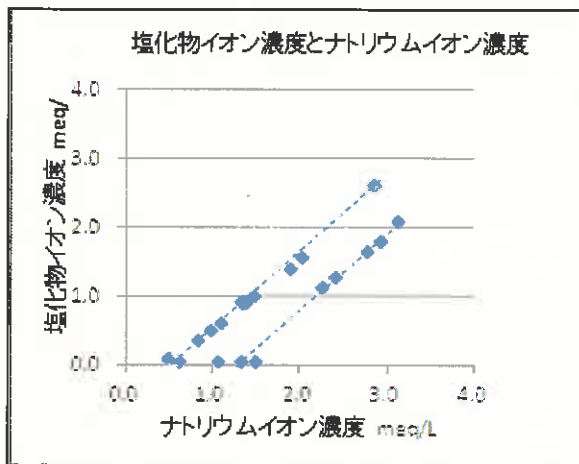


図 27 塩化物イオンとナトリウムイオン濃度(1)

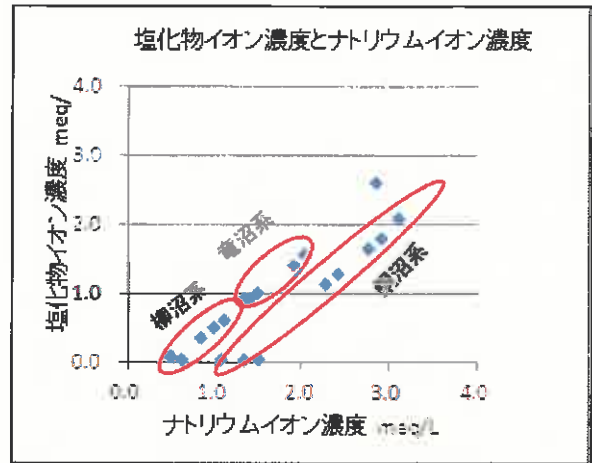


図 28 塩化物イオンとナトリウムイオン濃度(2)

果はその推定結果と類似するものである。

図 27 において, イオン当量比で塩化物イオン濃度とナトリウムイオン濃度との間に, 1対1の割合で増減している水系が少なくとも2つあることがわかる。

二本の直線上にプロットされる地点は左下から柳沼系, 竜沼系で右側の直線は銅沼系の湖沼がプロットされている(図 28)。

炭酸水素イオンはNaClと同様に銅沼にはない成分であるが柳沼系及び竜沼系の湖沼に広く存在している。

また, 炭酸水素イオンはpHと相関が高い成分で, 五色沼湖沼群では弥六沼流入水から出現する。もうせん沼から弥六沼に至る水系のどこかで炭酸水素イオンを含有するアルカリ性の水が合流してくるものと思われる。佐藤ら⁵⁾の柳沼等の底質の分析結果からカルシウム、マグネシウム、アルミニウム等金属が豊富に検出されることからこのことを支持するものである。

最後に、フッ素(F)イオン, 硝酸イオン, 亜硝酸イオン, アンモニアイオン及びカリウムイオンは含有量が少なく, 他の成分や調査項目と相関が認められなかった。

IV. まとめ

千葉らの1985年調査を参考に2011年と2012年に「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」の会員機関等で実施した調査データから、裏磐梯五色沼湖沼群の水質について考察した。

裏磐梯五色沼湖沼群に共通する特徴として、主成分は硫酸カルシウム及び硫酸マグネシウムなどの硫酸塩であり、硫酸イオンとカルシウムイオン及びマグネシウムイオンとは一定の比率で存在している。

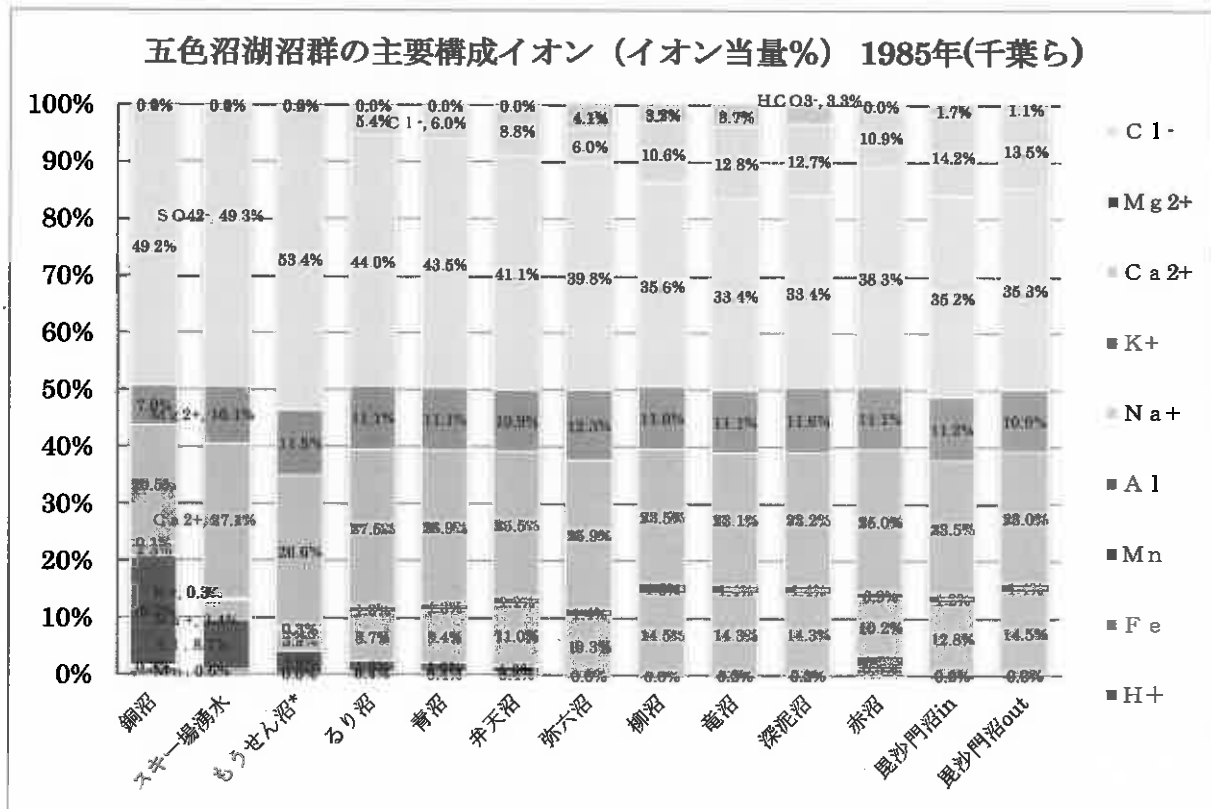
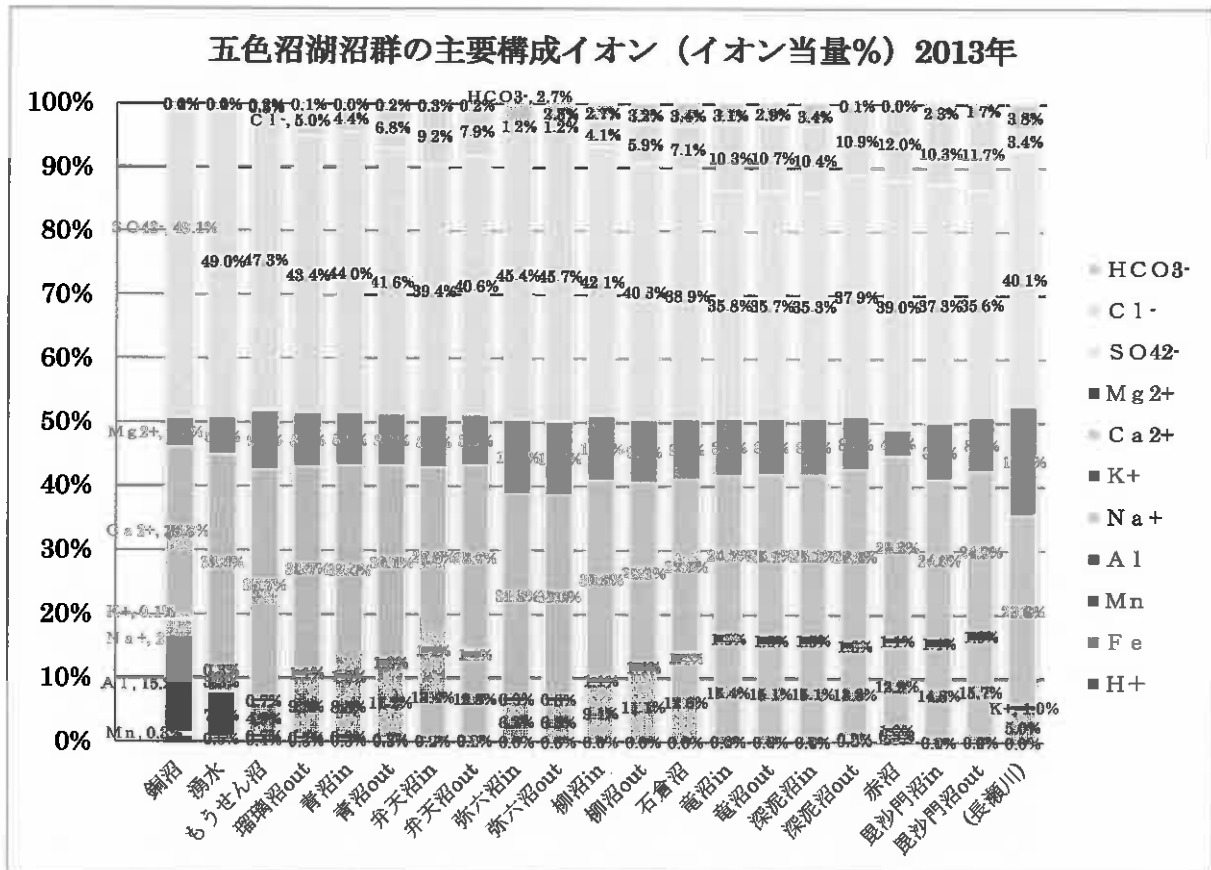
銅沼のpHの高低により下流部の湖沼等の硫酸イオンやカルシウムイオン及びマグネシウムイオン等の濃度が減少または増大する。

裏磐梯湖沼群の水質は約pH4程度から7までと幅広く分布しており、2011年から2013年の調査では、1985年調査時より、pHが上昇している。銅沼の主要成分濃度も1985年調査時の約半分程度、もうせん沼においては約5分の1にまで顕著に減少していた。安達太良山からの酸性物質供給量が一時期より減少し、下流河川の酸度減少、pH上昇を引き起こしている⁶⁾が同じような源流域河川の成分濃度低下が磐梯山周辺でも生じていて、猪苗代湖への硫酸塩等の負荷量の減少をもたらすなど下流域の水質に影響を及ぼしている可能性がある。

引用文献

- 1) 千葉 茂・朝倉誠司・松本仁志 (1986) 裏磐梯五色沼の水質とその成因について、福島大学教育学部論集理科報告 (38), 19-29.
- 2) 國井芳彦・鈴木 仁・佐久間智彦・林王克明 (2012) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的成分に関する調査結果、裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 26-37.
- 3) 國井芳彦・渡邊 稔・佐久間智彦 (2013) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的成分に関する調査結果 (第2報), 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 26-35.
- 4) Sakamoto, M. (1966) Primary production by phytoplankton community in some Japanese-lakes and its dependence on lake depth. Arch. Hydrobiol., 62, 1-28.
- 5) 佐藤一男・阿部純一・佐久間智彦 (2012) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖底堆積物～その物理化学的な性状～, 裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書, 157-162.
- 6) 渡邊 稔・國井芳彦・渡辺俊次 (2012) 流入河川が猪苗代湖に及ぼす影響について, 全国環境研会誌, 37, 51-57.

別図 裏磐梯五色沼湖沼群の構成イオンの比較



付表1 調査項目ごとの測定方法と結果の表示方法 (裏磐梯五色沼湖沼群環境調査 第3回目)

【福島県環境センター】

調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法		
			定量下限値	表示した最小桁数	「水質測定計画」との相違点
pH	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 12.1 ガラス電極法)	—	—	小数点以下2桁	※1 大腸菌群数、全窒素及び全磷については水質測定計画と同じ。 ※2 ECも単位(mS、μS)が異なるだけで水質測定計画と同じ。 ※3 pH及びクロロフィルaは、水質測定計画よりも一桁下まで(小数点以下2桁目まで)表示することとし、有効数字桁数は考慮しないこととした。 ※4 DO及びCODは水質測定計画で報告下限とされている0.5mg/L未満の値でも、結果をそのまま表記した。同様にクロロフィルaも1μg/L未満の値も表記した。
EC	JIS 13 電気伝導度計	mS/cm	—	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
COD	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 17 KMnO4による酸素消費量)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
大腸菌群数	" (最確数による定置法)	MPN/100mL	(0)	—	
全窒素	" (JIS 45.2 紫外分光光度法)	mg/L	0.05	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
全磷	" (JIS 48.3.1 ベルロキリニウム沈降法)	mg/L	0.003	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	
クロロフィルa	上水試験方法 27	μg/L	(0.00)	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
DO	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 32 よう素測定法)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	

※ JISとは「日本工業規格 K0102 工場排水試験方法」を示す。

※ 水質測定計画とは「平成25年度水質測定計画(福島県)」を示す。

【(財)福島県保健衛生協会】

調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法		備考
			定量下限値	表示した最小桁数	
蒸発残留物	JIS K0102 14.2	mg/L	1	整数3桁(小数点以下を切り捨て)	0.45μmのメンブランフィルターにてろ過したものを試料とした。
酸度	上水試験方法 14.3	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
7pH酸度	上水試験方法 14.2	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
TOC	JIS K0102 22 燃焼酸化-紫外線式TOC自動計測法	mg/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Fe	JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Mn	JIS K0102 56.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Al	JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Zn	JIS K0102 53.3 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Si	JIS K0101 44.3.1 モリブデン青分光光度法	mgSiO2/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Na ⁺	JIS K0102 48.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
K ⁺	JIS K0102 49.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Ca ²⁺	JIS K0102 50.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
Mg ²⁺	JIS K0102 51.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
NH ₄ ⁺	JIS K0102 42.2 インドフェノール青分光光度法	mg/L	0.05	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
F ⁻	JIS K0102 34.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
SO ₄ ²⁻	JIS K0102 41.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
NO ₃ ⁻	JIS K0102 43.2.5 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
NO ₂ ⁻	JIS K0102 43.1.2 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
Cl ⁻	JIS K0102 35.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
HCO ₃ ⁻	酸素分析法指針 7-30 中和滴定法	mg/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	
T-Fe	JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	懸濁分は脱液加による分液を行い、試料中の全量を測定した。
T-Mn	JIS K0102 56.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
T-Al	JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	
T-Zn	JIS K0102 53.3 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	

付表2 結果一覧表(重金属・五色沼湖沼環境調査 第3回目)

測定項目	観測点1		観測点2		観測点3		観測点4		観測点5		観測点6		観測点7		観測点8		観測点9		観測点10		観測点11		観測点12		観測点13		観測点14		観測点15		観測点16		観測点17		観測点18		観測点19		観測点20		その他									
	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間	年月日	時間						
水温	23.8	24.7	25.2	24.9	24.0	24.5	24.5	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0			
pH	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	
透明度	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100

※1 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

※2 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

※3 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

※4 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

※5 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

※6 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

※7 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

※8 湖内では水質の悪化が認められ、その水質を悪化した。

福島県環境センター年報
第17号（平成25年度）

発行年月 平成27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。