

福島県環境センター一年報

Annual Report of Fukushima Prefectural Environmental Center

第 16 号

—平成24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3年を迎えようとしています。

いまだ14万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といえる状況にはなく、風評も根強く残るなど、本県は依然として厳しい状況にあります。

こうした状況の中、昨年度より東日本大震災・原子力災害からの復興・再生の視点を反映した新たな総合計画「ふくしま新生プラン」に基づく県づくりが始まりました。

『夢・希望・笑顔に満ちた“新生ふくしま”』を基本目標として、「人と地域」を礎に、「活力」、「安全と安心」、「思いやり」の3つの柱の下に、計画を推進しております。

先月県が公表した最近の県経済動向によりますと、生産活動は緩やかに持ち直してきており、個人消費の堅調さなどから、「県内の景気は、厳しい状況にあるものの、着実に持ち直している。」との総合判断をしています。

また、今年度からは、水生生物を活用した水質調査について、自主的に実施している団体もあることから、全国水生生物調査への参加登録の支援も再開いたしました。少しでも多くの団体が登録されることにより、本県の水環境を全国に発信できるものと考えております。

さて、平成24年度は前年度に引き続き一部事業を縮小し実施しました。

ここに平成24年度における業務の実績について取りまとめた年報16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ご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お願いいたします。

平成26年2月

福島県環境センター
所 長 大 友 宏

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	16
(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	21
2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査	37
3 プレジャーボートによる水質の影響調査	49
4 湖沼における難分解性有機物調査	59
5 高度処理浄化槽からの排水実態調査	67
6 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査	72

IV 資料

1 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)	77
2 猪苗代湖の大腸菌群数及び大腸菌数について(第1報)	87
3 ボランティアによる猪苗代湖の水環境保全活動について	89
4 猪苗代湖に流入する河川水中の大腸菌群等の生残性について	91
5 電子顕微鏡の利活用例について	93
6 煙道排ガス調査における留意点について	97

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

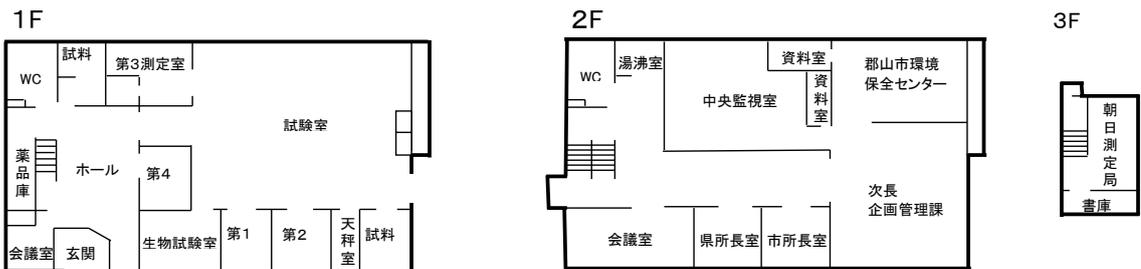
- (1) 位置 〒963-8024 郡山市朝日三丁目5番7号
 (電話)024-923-3401 (FAX)024-925-9029
 (Eメール)kance@pref.fukushima.lg.jp



(2) 施設の概要

(本館)

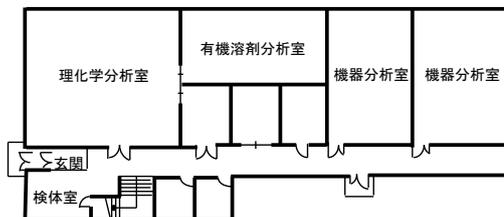
建築年月日 昭和51年9月13日 建床面積 347.86m²
 構造 鉄筋コンクリート造陸屋根3階建て 延床面積 735.06m²



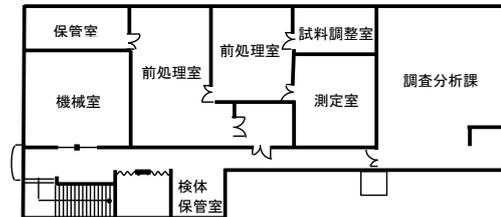
(環境総合調査・研究棟)

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)

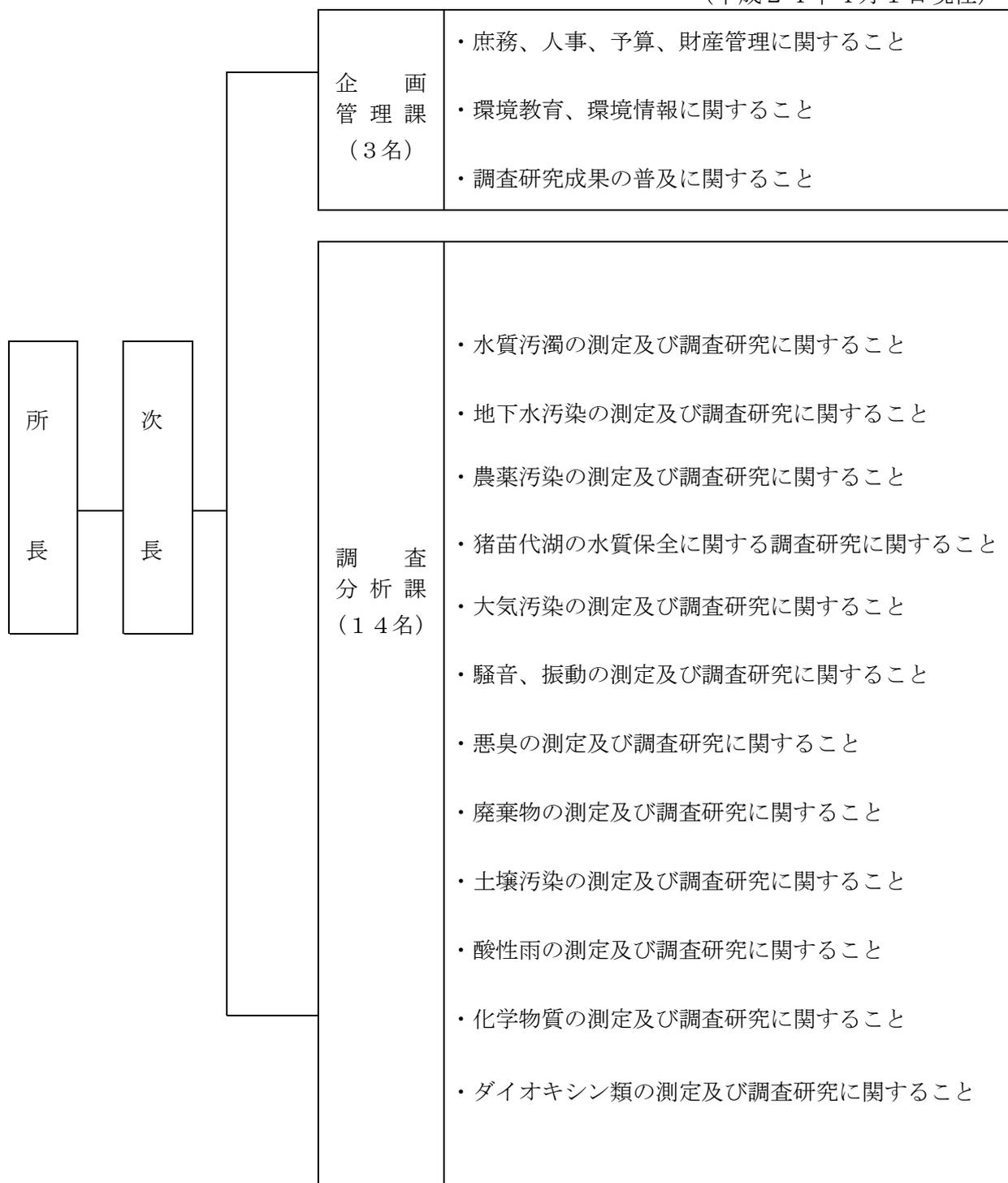


2F(ダイオキシン類分析施設)



3 組織及び事務分掌

(平成24年4月1日現在)



4 職員配置及び職員一覧

(平成24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		2		2		2
主査	1	3		4	1	3
主任薬剤技師		1		1		1
副主査		2		2		2
主事	1			1	1	
技師		5		5		5
専門員						
合計	3	16		19	3	14

職名	氏名
所長	渡辺俊次
次長	志田義美
企画管理課 (3名)	伊藤博子 藤幸子 後藤優子
調査分析課 (14名)	渡邊稔美 島貫勝彦 國井芳子 伊藤千恵子 渡邊惠美 橋本俊一 長南丈裕 山下文香子 鈴木美昌 古川誠 中馬千穂 寺内浩晃 柳沼圭吾 佐藤真由

(併)

(育児休業)

5 予算の概要

(決算額)

款	項	目	節	決算額(円)
総務費				2,602,647
	県民生活費			2,602,647
		県民生活総務費		2,602,647
			職員手当	1,526,670
			共済費	135,130
			賃金	936,647
			負担金・補助及び交付金	4,200
衛生費				68,008,629
	環境保全費			68,008,629
		環境保全対策費		27,632,060
			報償費	128,100
			旅費	658,005
			需用費	21,366,020
			役務費	792,252
			委託料	3,139,500
			使用料及び賃借料	1,415,483
			負担金、補助及び交付金	81,000
			公課費	51,700
		公害対策費		40,376,569
			共済費	184,775
			賃金	1,200,164
			報償費	126,500
			旅費	563,740
			需用費	14,083,777
			役務費	771,593
			委託料	17,553,585
			使用料及び賃借料	395,685
			備品購入費	5,469,450
			負担金、補助及び交付金	27,300
労働費				1,854,054
	雇用対策費			1,854,054
		緊急雇用対策費		1,854,054
			共済費	242,304
			賃金	1,611,750
		計		72,465,330

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
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	ソックサーム S360A	1	平11
農薬分析用固相抽出装置	ジューエルサイエンス SPL698セット	1	平20
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
誘導結合高周波プラズマ質量分析装置	サーモフィッシャー X-series2	1	平21
水銀分析計	日本インスツルメンツ SP-3	1	平3
クロマトグラフ			
ガスクロマトグラフ (ECD)	島津製作所 GC-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			
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
誘導結合プラズ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・セロガス調整装置	紀本電子 AFC-127・RG-127	1	平16
動圧平衡型等速吸引装置(煙道用)	濁川理化学工業 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
その他			
天然ガス車	日産 CFF-VGY11 (ADバン)	1	平16

<平成24年度に購入したもの>

機 器 名	型 式	数量
高速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
ガスクロマトグラフ質量分析装置(PT)	Agilent 7890A/5975 inertMSD	1
マイクロウェーブ試料分解装置	マイルストーン ETHOS One	1
固相抽出装置	ジーエルサイエンス 798C-0069	1
超純水製造装置	ミリポア Milli-Q Integral5	2
大型恒温器	いすゞ製作所 TPAF-448-20	1
紫外可視分光光度計	日立 U-3900	1
恒温振とう培養器	タイテック BR-300LF	1
環境大気移動測定車	トヨタ TQG (NOx計他搭載)	1

7 研修会等への出席状況

(1) 講演会及び研修会等

名 称	主 催 等	開催地	開催月日
日本水環境学会東北支部総会・講演会	(社)日本水環境学会東北支部	仙台市	5/30
アスベスト分析研修	環境省環境調査研修所	所沢市	5/14～5/18
課題分析研修Ⅰ (プランクトン)	環境省環境調査研修所	所沢市	5/28～6/1
機器分析研修	環境省環境調査研修所	所沢市	6/14～6/29
環境教育研修	環境省環境調査研修所	所沢市	10/9～10/12
特定機器分析研修Ⅱ (LC/MS)	環境省環境調査研修所	所沢市	10/22～11/2
VOCs分析研修	環境省環境調査研修所	所沢市	10/24～11/2
低周波騒音測定評価方法講習会	環境省	東京都	10/30
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	11/20～11/21
化学物質環境実態調査環境科学セミナー	環境省	東京都	1/18
第28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	2/14～2/15
第47回日本水環境学会年会	(社)日本水環境学会	大阪市	3/11～3/13

(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	秋田市	5/24～5/25
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	山形市	7/13
第38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	郡山市	10/25～10/26
第41回全国環境研協議会総会	全国環境研協議会	さいたま市	2/5
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	札幌市	3/1
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	大阪市	3/13

II 業務報告

Ⅱ 業務報告

1 企画管理課

(1) 環境教育（学習）

ア 環境アドバイザー派遣事業

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

- ・ 実施期間 平成24年4月～平成25年3月
- ・ 環境アドバイザー 22名
- ・ 派遣回数 10回
- ・ 参加人数 780名

イ セせらぎスクール推進事業

水環境教育指導者総合講座

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

実施日	平成24年7月21日（土）	平成24年8月4日（土）
実施場所	逢瀬川及び郡山市河内ふれあいセンター	夏井川及びいわき市立小川公民館
実施内容	河川での生物採取、水生生物の同定及び新指標生物等に関する講義	
対象者	教職員、公民館の指導員、こどもエコクラブのサポーター、環境保全活動団体関係者、自治体関係者等	
参加者数	26名	17名

ウ 環境学習プログラム

(ア) スターウォッチング(全国星空継続観察)

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

観察期間	平成24年8月8日～ 平成24年8月21日(夏期)	平成25年1月2日～ 平成25年1月15日(冬期)
対象者	小・中学校、高等学校、市民団体などの団体、グループ等	
参加者数	5団体 延べ101名	4団体 延べ36名

(イ) こどもエコクラブ

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

- ・ 実施期間 平成24年4月～平成25年3月
- ・ 対象者 幼児～高校生
- ・ クラブ構成員数 22団体769名

(2) 化学物質対策(化学物質リスクコミュニケーション)

化学物質リスクコミュニケーションに関するセミナー及び事例発表・交流会

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

(ア) 地下水汚染未然防止・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25年3月8日
- ・ 開催場所 ビッグパレットふくしま(郡山市)
- ・ 参加者数 77名
- ・ 内容 「水質汚濁防止法の改正による地下水汚染の未然防止対策について」
「地下水汚染を未然に防止するための取組事例」
「PRTRとリスクコミュニケーション」

(イ) 事例発表・交流会

実施日	平成24年4月21日	平成24年12月7日
実施場所	桜の聖母学院 (福島市)	県立勿来工業高校 (いわき市)
参加者数	572名	39名

(ウ) 事業所、工業団地等への化学物質アドバイザーの派遣

実施日	平成24年12月13日	平成25年2月27日
実施場所	福島市民会館 (福島市)	郡山市東部体育館研修室 (郡山市)
参加者数	12名	20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15号)」を発行し、ホームページに掲載した。

(4) 視察研修の受入れ

ポラリス看護学院 8名の視察研修があった。

(5) ホームページ

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

- ・ 平成24年度アクセス件数 5,413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24年4月～平成25年3月
- ・ 測定項目 硫酸化物、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24年4月～平成25年3月
- ・ 測定局数 35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）

- ・ 実施期間 平成24年8月～平成24年10月
- ・ 調査煙道 6煙道（6事業場）
- ・ 検体数(延べ項目数) 6検体（30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24年4月～平成25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(延べ項目数) 36検体（72項目）

(エ) 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24年4月～平成25年3月
- ・ 調査地点 3地点（会津若松市、天栄村（羽鳥）、郡山市）
- ・ 検体数(延べ項目数) 64検体（640項目）

b 全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会酸性雨全国調査

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

(a) パッシブサンプラー法

- ・ 実施期間 平成24年4月～平成25年3月
- ・ 調査地点 1地点（天栄村（羽鳥））
- ・ 検体数(延べ項目数) 12検体（48項目）

(b) 湿性沈着測定

- ・ 実施期間 平成24年4月～平成25年3月
- ・ 調査地点 1地点（郡山市）

- ・ 検体数(延べ項目数) 26検体(260項目)

(オ) 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24年4月～平成25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

(カ) 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24年4月～平成25年3月
- ・ 調査地点 16地点(福島市(3)、会津若松市、白河市(4)、須賀川市、田村市(2)、南相馬市、伊達市、矢吹町、棚倉町、只見町)
- ・ 検体数 23検体

イ 水質汚濁に関する調査分析等

(ア) 公共用水域水質常時監視事業

「公共用水域水質測定計画」に基づき、尾瀬沼等の水質分析を行った。

- ・ 実施期間 平成24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(延べ項目数) 17検体(224項目)

(イ) 湖水浴場の水質調査事業

猪苗代湖の水浴場について遊泳期間前と遊泳期間中に水質調査を行っている分析機関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24年6月、7月
- ・ 調査地点 猪苗代湖4地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 9検体(9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24年4月～平成25年3月
- ・ 調査地点

概況調査(ローリング方式)	20地点
概況調査(定点方式)	20地点
継続監視調査	114地点
汚染井戸周辺地区調査	28地点
その他の調査	2地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 184検体(1,574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24年4月～平成25年3月
- ・ 調査事業場等数 延べ303工場・事業場

- ・ 検体数(延べ項目数) 303検体(2, 200項目)
- b ゴルフ場排水農薬調査
 - ・ 実施期間 平成24年9月～12月
 - ・ 調査地点 7ゴルフ場
 - ・ 検体数(延べ項目数) 7検体(252項目)

(オ) 猪苗代湖調査研究事業

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

a 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査

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

- ・ 実施時期 湖心：4回/年(4月、6月、8月、10月)
河川：6回/年(4月、6月、8月、10月、12月、2月)
- ・ 調査地点 7地点(延べ10地点)
湖心：1地点(水深層別に延4地点)
河川：6地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 51検体(1, 130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24年4月～平成25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、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、6月、7月、8月、9月、10月、11月)
- ・ 調査地点 7地点(延10地点)
湖心：1地点(水深層別に延4地点)
河川流入沖：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(509項目)

d プレジャーボートによる水質への影響確認調査

プレジャー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(7月、8月の各2日連続で午前と午後に実施)
- ・ 調査地点 9地点(湖心1地点、湖岸4地点、湖岸沖合4地点)
- ・ 検体数(延べ項目数) 56検体(334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 3回/年(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) 6検体(66項目)
- f 高度処理浄化槽の排水実態調査
高度処理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(6月、7月、9月、11月)
 - ・ 調査地点 2地点(会津若松市内 高度処理浄化槽及び非高度処理浄化槽各1基)
 - ・ 検体数(延項目数) 80検体(123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(6月、9月)
尾瀬沼 2回/年(6月、9月)
千五沢ダム 2回/年(5月、8月)
 - ・ 調査地点 3地点(延べ6地点)
 - ・ 検体数(延べ項目数) 12検体(359項目)

ウ 騒音・振動に関する調査分析等

(7) 騒音測定機器取扱研修会

新幹線鉄道騒音調査及び高速自動車道路騒音調査を予定している市町村の担当者を対象に騒音の測定方法を習得するために、機器の取扱いに関する研修を行った。

- ・ 実施期間 平成24年5月
- ・ 参加市町村数 8市町村

(4) 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24年6月～10月
- ・ 貸出市町村数 9市町村

(9) 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24年6月～10月
- ・ 貸出市町村数 10市町村

(エ) 航空機騒音調査

a 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24年5月～平成25年2月

- ・ 調査地点 4地点
 - ・ 調査回数 4回/年(延べ112日)
- b 環境基準の一部改正に伴う調査
- 平成25年4月1日より施行される航空機騒音に係る環境基準の一部改正に伴い評価方法がWECPNLからLdenに変わるため、過去の測定結果を含め新たな評価方法による検討を行った。
- ・ 調査対象期間 平成21年度～平成24年度
 - ・ 調査対象地点 4地点
 - ・ 調査対象回数 4回/年(延べ448日分)

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

「廃棄物関係分析調査実施要領」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24年4月～平成25年3月
- ・ 調査施設数 114事業場
- ・ 検体数(延べ項目数) 293検体(6,034項目)

(イ) 廃棄物焼却灰等溶出試験

「廃棄物関係分析調査実施要領」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24年4月～平成25年3月
- ・ 調査施設数 6事業場
- ・ 検体数(延べ項目数) 6検体(55項目)

オ 化学物質に関する調査分析

(ア) 廃棄物最終処分場に係る環境ホルモン調査

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

- ・ 実施期間 平成24年8月～9月
- ・ 調査事業場数 3事業場
- ・ 検体数(延べ項目数) 3検体(45項目)
- ・ 調査対象物質 ビスフェノールA、アルキルフェノール類、ベンゾ(a)ピレン等

(イ) 化学物質発生源周辺環境調査

「化学物質発生源周辺環境実施要領」に基づき、発生源事業場等の調査を行った。

- ・ 実施期間 平成25年1月～2月
- ・ 対象事業場数 3事業場
- ・ 検体数(延べ項目数) 13検体(42項目)
- ・ 調査対象物質 N,N-ジメチルホルムアミド、1,4-ジオキサン、チオ尿素

(ウ) 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24年8月～10月

- ・対象煙道数 6煙道（6事業場）
 - ・検体数 6検体
 - b 特定事業場排水調査
 - ・実施期間 平成24年7月
 - ・調査事業場数 2事業場
 - ・検体数 2検体
- (エ) 産業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」等に基づき、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
 - ・実施期間 平成24年9月
 - ・調査事業場数 1事業場及び周辺公共用水域3地点
 - ・検体数 8検体（放流水1、周縁地下水1、公共用水域の水質及び底質各3）
 - b 産業廃棄物最終処分場放流水等調査
 - ・実施期間 平成24年10月～12月
 - ・調査事業場数 20事業場
 - ・検体数 20検体
 - c 産業廃棄物中間処理物調査
 - ・実施期間 平成24年11月
 - ・調査事業場数 3事業場
 - ・検体数 3検体
- (オ) 化学物質環境実態調査
 「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、底質及び蛭田川（蛭田橋）の水質の試料採取と前処理を行った。
- ・実施期間 平成24年10月～11月
 - ・調査地点数 4地点
 - ・調査対象物質 POPs等12物質、ジメチルアミン等
 - ・検体数 7検体（水質4、底質3）

カ 他機関等との共同研究

(ア) 福島大学等との共同研究

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

- ・調査時期 平成24年6月
- ・調査地点 12地点（13湖沼、1河川）
- ・検体数 22検体（187項目）

キ 民産学官連携による猪苗代湖の水質保全活動への参画

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

- (ア) 猪苗代湖北部水域における漂着水生植物の回収事業（平成24年9月～11月）
- (イ) 猪苗代湖北岸のヨシ刈り及び清掃活動（平成24年10月）

(2) 事故等緊急時の調査分析

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

ア 水質事故に伴う周辺環境への影響調査

- ・ 調査時期 平成24年6月及び平成25年1月、8月
- ・ 調査件数 2件
- ・ 検体数(延べ項目数) 9検体(56項目)

イ 魚類へい死調査

- ・ 調査時期 平成24年8月
- ・ 調査件数 1件
- ・ 検体数(延べ項目数) 2検体(4項目)

ウ 旧産業廃棄物最終処分場に係る周辺環境調査

川俣町の旧産業廃棄物最終処分場に関する周辺環境への影響調査

- ・ 調査時期 平成24年4月～平成25年3月
- ・ 調査対象 河川1地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 12検体(48項目)

エ その他の水質汚染・汚濁等の調査

(ア) 桜川(三春町)関連調査

- ・ 調査目的 土壌汚染の影響調査
- ・ 調査時期 平成24年6月
- ・ 調査地点数 5地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 5検体(50項目)

(イ) 滑川(須賀川市)関連調査

- ・ 調査目的 工場排水の河川への影響調査
- ・ 調査時期 平成24年6月
- ・ 調査地点数 4地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 6検体(22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24年9月、11月、12月
- ・ 調査地点数 10地点
- ・ 検体数(延項目数) 10検体(108項目)

(3) 調査分析検体数

平成24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24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	189	825	0	0	189	825
煙道排ガス調査	6	30	0	0	6	30
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	64	640	0	0	64	640
一般環境大気中アスベストモニタリング調査	60	60	0	0	60	60
特定粉じん排出作業等周辺環境調査	23	23	0	0	23	23
水質汚濁	767	6,861	52	132	819	6,993
公共用水域水質常時監視	17	224	5	26	22	250
地下水水質常時監視	151	1,500	30	74	181	1,574
水質汚濁発生源監視	295	2,177	8	23	303	2,200
ゴルフ場排水農薬調査	7	252	0	0	7	252
猪苗代湖調査研究事業	275	2,521	0	0	275	2,521
湖水浴場の水質調査	0	0	9	9	9	9
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	299	6,089	0	0	299	6,089
廃棄物最終処分場放流水水質等検査	293	6,034	0	0	293	6,034
廃棄物焼却灰等溶出試験	6	55	0	0	6	55
廃棄物焼却炉灰熱しゃく減量検査	0	0	0	0	0	0
化学物質	62	138	0	0	62	138
廃棄物最終処分場に係る環境ホルモン調査	3	45	0	0	3	45
化学物質発生源周辺環境調査	13	42	0	0	13	42
ダイオキシン類排出状況調査	8	8	0	0	8	8
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（環境省委託事業）	7	12	0	0	7	12
事故等緊急時	17	98	27	190	44	288
水質事故等緊急時調査	0	0	9	56	9	56
魚類へい死事故調査	0	0	2	4	2	4
その他水質汚染・汚濁等の調査	5	50	16	130	21	180
旧産業廃棄物最終処分場周辺調査	12	48	0	0	12	48
合 計 (前年度)	1,350 (837)	14,123 (9,785)	79 (254)	322 (1,339)	1,429 (1,091)	14,445 (11,124)

(4) 精度管理調査

国及び県等が主催する精度管理事業に参加し、分析精度の確保に努めた。

ア 環境測定分析統一精度管理調査（環境省）

- ・ 実施期間 平成24年9月
- ・ 試料の種類 土壌試料
- ・ 参加項目 カドミウム

イ 福島県試験検査精度管理調査

- ・ 実施時期 平成24年8月
- ・ 試料の種類 模擬排水試料（高濃度試料）
- ・ 分析対象項目 鉛、マンガン

ウ 酸性雨測定分析精度管理調査

- ・ 実施時期 平成24年10月～平成25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 水質調査等委託業者とのクロスチェック

(ア) 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24年5月～9月
- ・ 調査地点 3地点
- ・ 検体数(延べ項目数) 環境水 6検体（26項目）

(イ) ダイオキシン類調査委託業者とのクロスチェック

- ・ 実施時期 平成24年12月
- ・ 検体数 2検体（土壌1、底質1）

イ 排水水等の自主測定

(ア) 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24年11月
- ・ 検体数(延べ項目数) 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）及び敷地内大気環境に係る自主測定

- ・ 調査時期 平成25年2月
- ・ 検体数 2検体（放流水1、大気環境1）

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組成及び量に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組成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、イオン濃度等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

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。



図1 調査地点

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、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

(ア) pH (H1～H24)

経年変化を図 2 に示す（注 1）。

平成 1～7 年度までは 5.0～5.1 の範囲にあったが、平成 8 年以降、年々上昇してきた。

今年度の pH は 6.80 で、過去 3 か年（H21～H23）の結果（6.74～6.86）と比べ大きな違いはなく、ほぼ横ばいとなっている。

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（表層、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（表層、10、50 m）の平均値を示す。

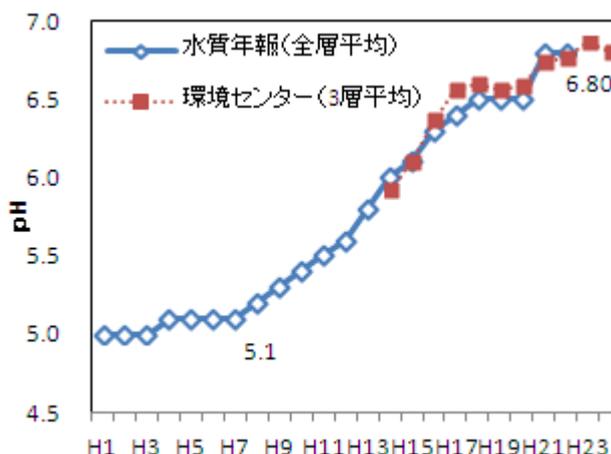


図 2 pH 経年変化

(イ) イオン当量濃度 (S54-56、H13-H24)

昭和 54～56 年度に福島大学等が、平成 13～24 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～24 年度のイオン当量濃度の総和は、昭和 54～56 年度と比較すると、減少している。また、平成 13 年度以降平成 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、平成 13 年度以降、成分濃度に顕著な経年変化は認められなかった。昭和 54～56 年度と比較すると、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。HCO₃⁻は平成 23 年度まで上昇傾向にあり、今年度調査ではやや低下した。

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 3.15～4.35 mgCaCO₃/L であった。経年的には緩やかな増加傾向がみられた。

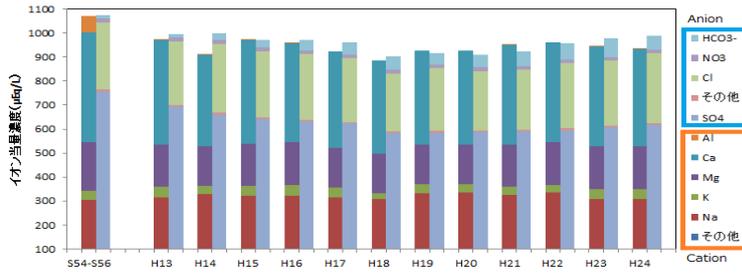


図3 イオン当量濃度の経年変化 (3層平均)

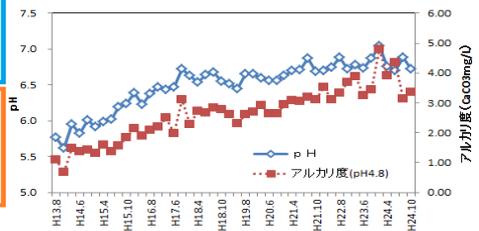


図4 pH及びアルカリ度の経年変化 (表層)

(ウ) T-P (H14-24)

これまでの調査で全リンが検出された (0.003 mg/L 以上) 調査年・調査月を表1に示す。

T-Pは0.003 mg/L未満がほとんどであったが、今年度の調査結果では、8月の水深10mにおいて0.004 mg/Lが検出された。過去の調査結果と比較すると、直近でT-Pが検出されたのは平成19年度調査の6月表層での0.003 mg/Lであった。それ以前も、時期としては水温躍層形成期の6~8月に、水深としては表層から水深20mにかけて、T-Pが検出されることがあった。

表1 T-P (全量) が検出された調査月および水深

調査年	調査月	水深	T-P(mg/L)
H14	6月	10m	0.004
	8月	10m	0.006
H15	8月	10m	0.003
H16	7月	20m	0.004
H17	6月	20m	0.005
H19	6月	表層	0.003
H24	8月	10m	0.004

※H18までは表層,10,20および50m, H19以降は表層,10,50および90mを調査対象としている

イ 平成24年度調査結果 (季節変動)

(ア) 水温の鉛直分布

水温の鉛直分布の調査結果を図5に示す。4月の水温は全層でほぼ一定であり、6月には水温躍層が水深10~30mに形成され、8月に最も発達し、10月になると水温躍層が水深20~30mに縮小するなど、例年と同様に推移した。測定期間の最高水温は8月の表層で24.8℃であった。

(イ) pHとEC

pHの結果を図6に示す。pHの最大値は、8月の7.13 (水深10m)で、最小値は10月の6.50 (水深90m)であった。

水深ごとにpHの季節変動をみると、表層では6.78~6.96の範囲で推移していた。水深10mでは、6.63~7.13で推移し、水深別で最も変動の幅が大きかった。水深50mでは、6.60~6.75で推移していた。水深90mでは、6.50~6.75の範囲で推移していた。

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月には表層のpHと水深10m以下のpHに差が見られ、水深10~20mに水温躍層が形成される8月、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。

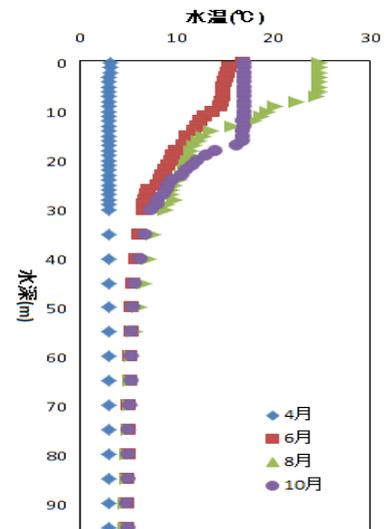


図5 鉛直水温

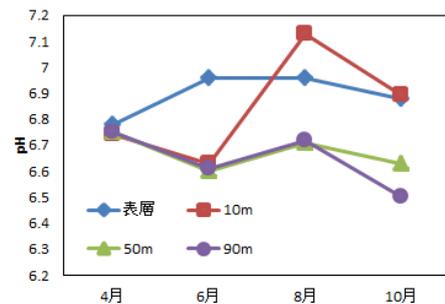


図6 pHの季節変動

(ウ) T-N、T-P

全窒素の最大値は6月の0.26 mg/L（表層）であり、最小値は10月の0.09 mg/L（表層）であった。T-Nの水深別の季節変動はみられなかった。

また、NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動を図7に示す。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及び90mでは4月から10月までほぼ一定だった。

全リンは8月の湖心10mにおいて0.004 mg/Lであり、このときのリン酸態リンは0.003 mg/L未満であった。

そのほかの水深・調査月ではT-Pは0.003 mg/L未満であった。また、溶存態リンはすべての地点・調査月で0.003 mg/L未満であった。前述のとおり、湖心部でT-Pが検出されるのは平成19年度調査以来であり、今後も注視していく必要がある。

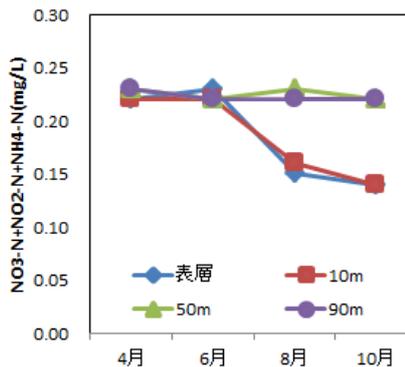


図7 NO₃-N、NO₂-N 及び NH₄-N の合算値の季節変動

(エ) 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8、9に示す。陽イオン、陰イオンともに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。

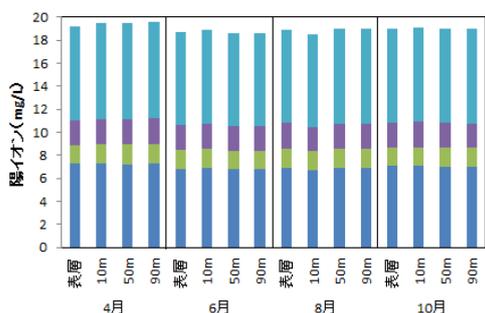


図8 陽イオン成分の水深別季節変動

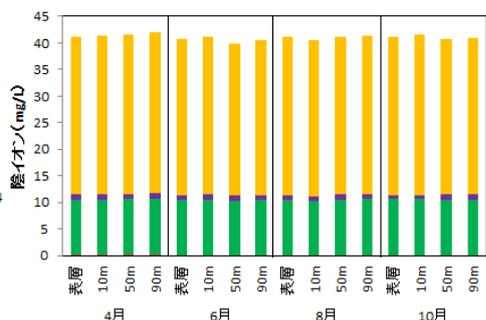


図9 陰イオン成分の水深別季節変動

(オ) DO

DO 飽和率の季節変動を図10に示す。飽和率が最も高くなったのは8月表層の108%、最も低くなったのは10月水深50mの80%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、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季節変動がみられた。

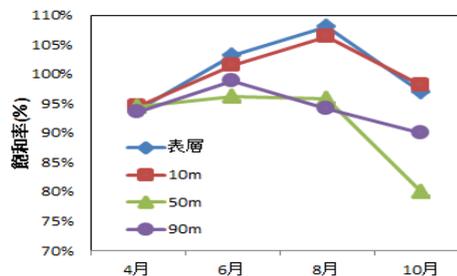


図10 DO 飽和率の季節変動

(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11に示す。

Fe は、全層・全調査月を通じてほとんどが懸濁態として存在していた。T-Fe の値は0.01 mg/L

未満～0.03 mg/L の狭い範囲で推移し、季節変動の明確な傾向はなかった。

Mn は、表層及び水深 10 m では主に溶存態として存在していた。水深 50 m 及び 90 m では溶存態の割合は 50～100 %であった。T-Mn の最大値は 10 月の 0.12 mg/L (水深 90 m) であった。T-Mn の季節変動をみると、表層及び水深 10 m では 4 月に最も高く、それ以降減少していた。水深 50 m 及び 90 m では、6 月に最も低く、10 月に最も高くなっていた。

Al は、全層で 4 月及び 6 月には懸濁態の割合が高かった。10 月には下層ほど溶存態の割合が高かった。T-Al の季節変動をみると、表層及び水深 10 m では 8 月に最も低く、10 月に最も高かった。水深 50 m 及び 90 m では、4 月に最も高く、8 月に最も低かった。

Zn は、4 月の 0.01 mg/L (表層) を除き、全層・全調査月で 0.01 mg/L 未満であった。

(キ) TOC

TOC の季節変動を図 12 に示す。

最も高い値は 8 月の 0.78 mg/L (表層) であり、最も低い値は 10 月の 0.44 mg/L (水深 50 m) であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の 4 月には全層で TOC 濃度が均一であったが、水温躍層が形成され始める 6 月と水温躍層が形成されている 8 月に表層及び水深 10 m の値が上昇していた。水深 50 m 及び 90 m の値は全調査月を通じてほぼ一定であった。このように、6 月から 10 月にかけて水温躍層の上下の層で異なる季節変動がみられた。

(2) 流入河川について

猪苗代湖流入河川に係る調査対象河川の概要を図 14 に、またその調査結果を別紙 3-1 及び 3-2 に示す。なお、調査地点の概要等は以下のとおりである。

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・中ノ沢温泉の影響を受ける酸川へ合流している。安達太良山系の酸性河川が合流した酸川(酸川野)は、さらにその下流で裏磐梯湖沼群からの河川水が流入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 13 に示す。なお、4 月の硫黄川(高森川合流前)と酸川(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、欠測とした。

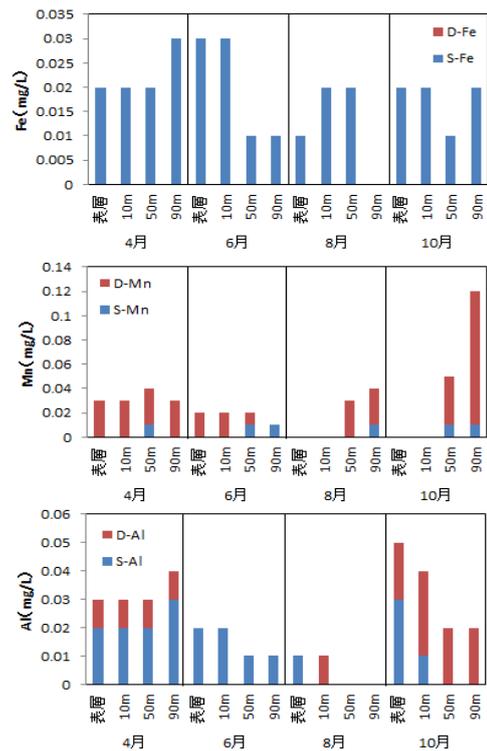


図 11 金属成分の水深別季節変動

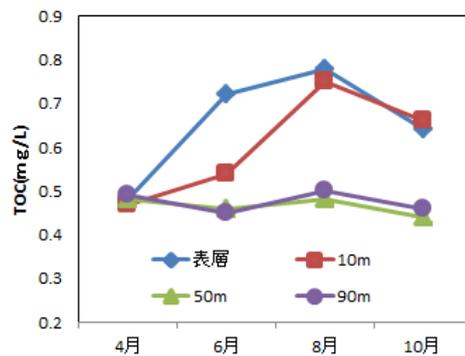


図 12 TOC の季節変動

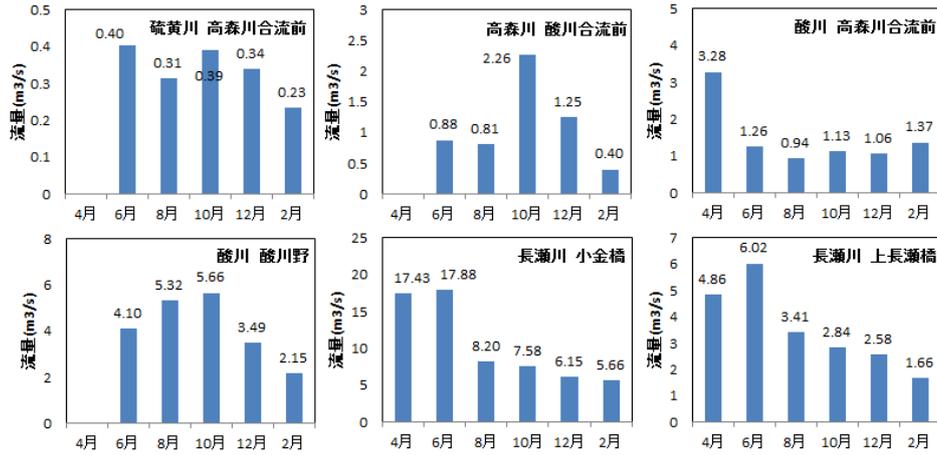


図13 各河川の流量の季節変動

4月の硫黄川（高森川合流前）は水量の増加により採水が出来なかったため、欠測となっている。また、2月の長瀬川（小金橋）は水質が他の月と大きく異なっており、発電所放流水の影響を受けたと考えられたため、全データを参考値として扱う。長瀬川（小金橋）の年平均値の算出は4月～12月のデータを用いた。

pHの年平均値は、硫黄川（高森川合流前）及び高森川（酸川合流前）において平成18年度から平成23年度までの年平均値の範囲を上回った。欠測等により年度毎にデータ数が異なるため、経年的な増加傾向かは判断できなかった。そのほかの調査地点では、昨年度までと同様な傾向であった。

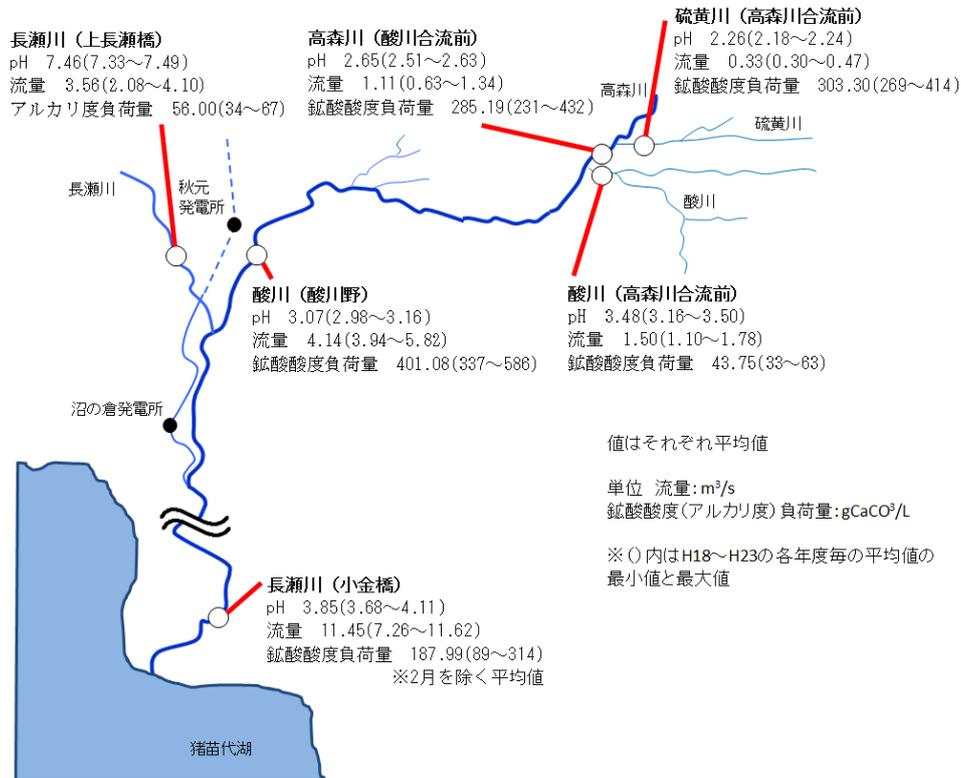


図14 調査対象河川の概要

ア 経年変化

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経年変化についてを検討した。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、アルカリ度負荷量および流量の経年変化を検討した。なお、それぞれの負荷量は全調査月の平均値で示している。

硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 15 に示す。D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 SO_4^{2-} 負荷量、鉍酸酸度負荷量は平成 18 年度が最大値であり、平成 20 年度まで減少傾向がみられた後、平成 22 年度まで増加あるいは横ばいの傾向がみられた。平成 23 年度に D-Fe 負荷量と D-Al 負荷量が目立って減少したが、今年度は平成 22 年度と同程度の値であった。

高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 16 に示す。すべての酸性成分負荷量について平成 18 年度が最大値であり、平成 20 年度まで減少傾向がみられた後、平成 21 年度に一度増加し、今年度まで減少もしくは横ばいであった。

酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 17 に示す。D-Fe 負荷量は平成 18 年度が最大値であり、平成 20 年度まで減少した後、緩やかな増加傾向に転じた。D-Al 負荷量は平成 19 年度が最大値であり、翌平成 20 年度に大きく減少した後緩やかな増加傾向に転じた。 SO_4^{2-} 負荷量は平成 23 年度が最大値だった。鉍酸酸度負荷量は平成 18 年度が最大値であり、平成 22 年度まで減少傾向がみられた後、平成 23 年度に増加し今年度は横ばいであった。

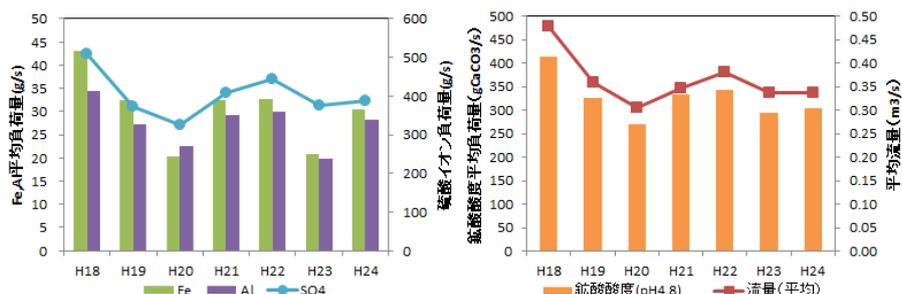


図 15 硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

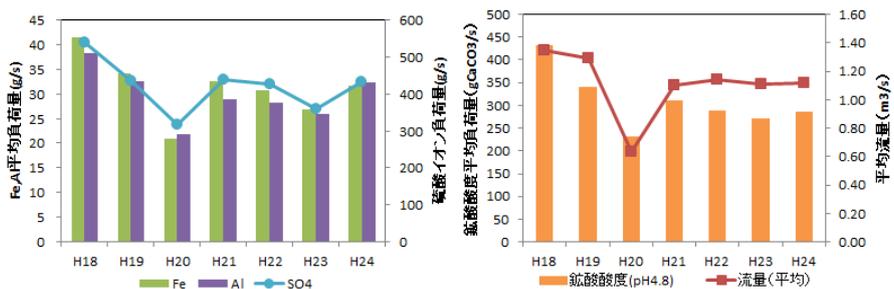


図 16 高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

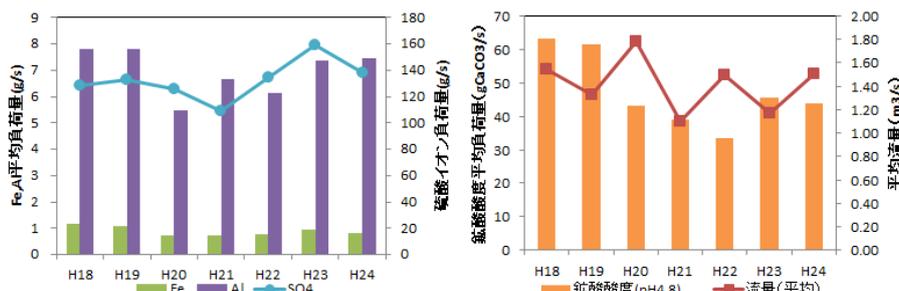


図 17 酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

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経年変化を図 18 に示す。すべての酸性成分で平成 20 年度から平成 23 年度にかけて減少傾向がみられたが、今年度はすべての酸性成分が増加していた。

長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 19 に示す。D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量および SO_4^{2-} 負荷量のいずれも他の地点に比べて極めて低い値で推移していた。アルカリ度負荷量は河川水流量と増減がほぼ一致していた。

最下流部である長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量等の経年変化を図 20 に示す。D-Fe 負荷量は最小値であった平成 22 年度から上昇傾向がみられた。今年度の D-Al 負荷量および SO_4^{2-} 負荷量は平成 23 年度に比較して増加したが、顕著な経年変化はみられなかった。鉍酸酸度負荷量については、平成 20 年度から平成 23 年度にかけて減少傾向がみられたが、今年度は増加した。

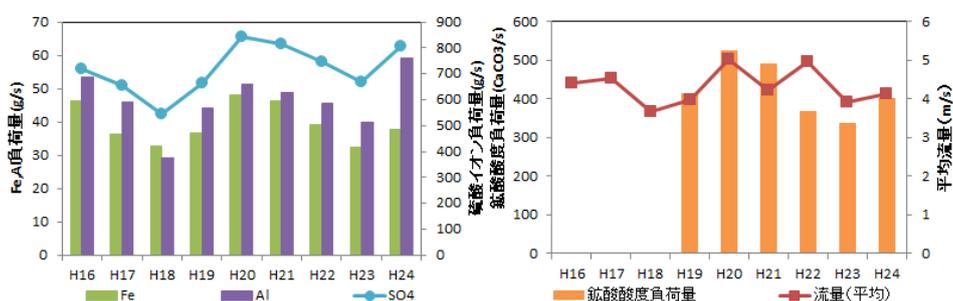


図 18 酸川（酸川野）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

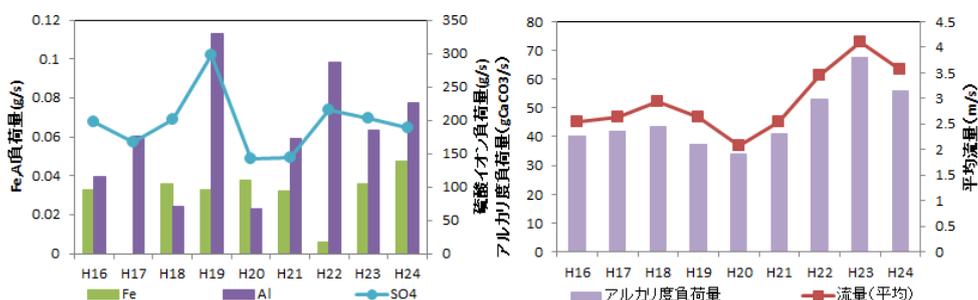


図 19 長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

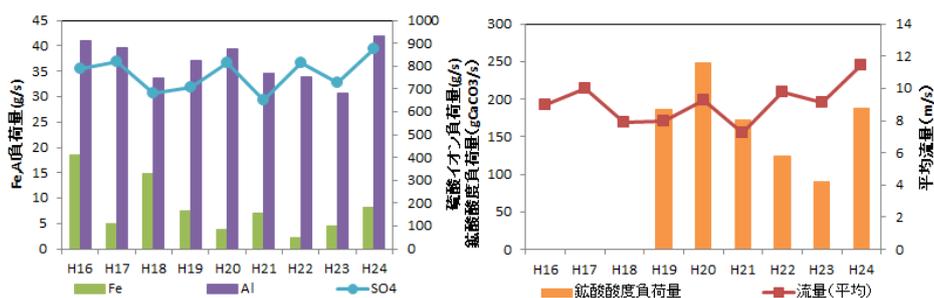


図 20 長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

イ 平成 24 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の季節変動について図 21 に示す。

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た。

Mn及びAlについては、上流域河川及び下流域河川（長瀬川（上長瀬橋）を除く）ともに1年を通じて全負荷量に占める溶存態の割合が高かった。裏磐梯湖沼群からの河川水が流入する長瀬川（上長瀬橋）では、1年を通じて懸濁態の割合が高かった。

Znについて、すべての調査対象河川において1年を通じて濃度が低かった。

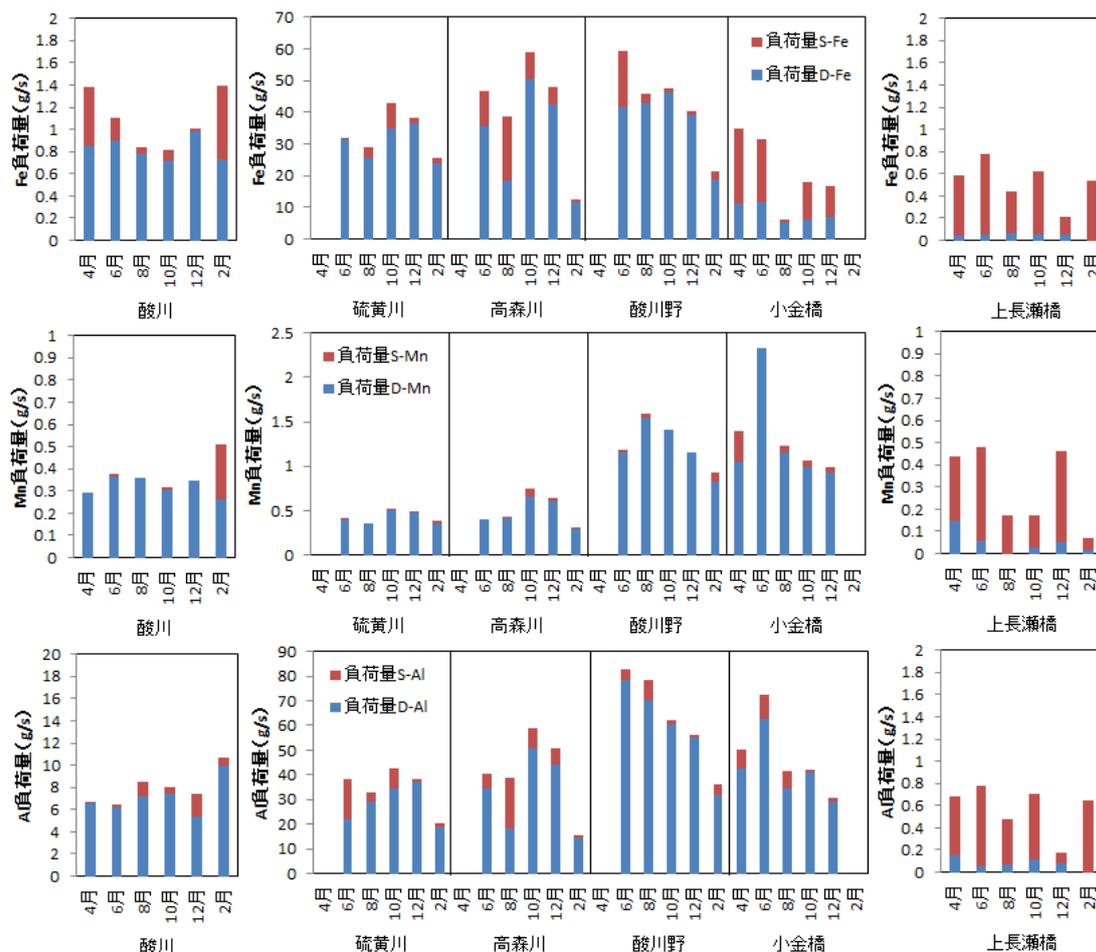


図21 金属成分負荷量の季節変動

(イ) 酸度、アルカリ度

調査対象河川の総酸度及び鉍酸酸度、あるいはアルカリ度の結果を図22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）、高森川（酸川合流前）では約70～90%と高く、酸川（酸川野）も8月（27%）を除けば約60～80%と高かった。酸川（高森川合流前）と長瀬川（小金橋）では約30～50%であった。

長瀬川（上長瀬橋）のアルカリ度は1年を通じて変化が小さく、アルカリ度負荷量は流量と同様に4月から2月にかけて減少した。

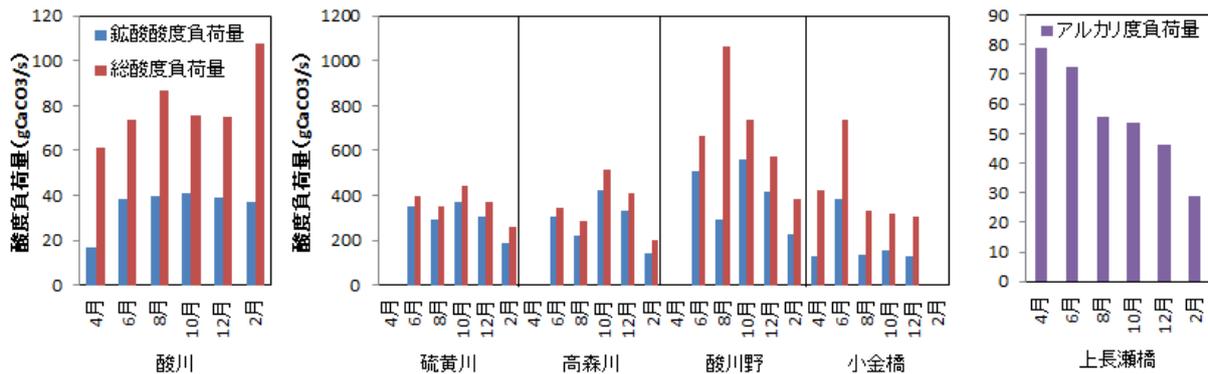


図 22 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(ウ) イオン成分負荷量

上流域河川における Cl^- 及び SO_4^{2-} 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 23 に示す。

すべての上流域河川において、1年を通じて SO_4^{2-} 負荷量が Cl^- 負荷量より大きかった。また、高森川に合流する前の支流のアニオン負荷量をみると SO_4^{2-} 負荷量は硫黄川（高森川合流前）が、 Cl^- 負荷量は酸川（高森川合流前）がより大きかった。

すべての下流域河川の陰イオン成分負荷量については、1年を通じて SO_4^{2-} 及び Cl^- 負荷量の合計量が陰イオン成分全体の負荷量の 97% 以上を占めていた。また、陰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。

陽イオン成分負荷量については、すべての下流域河川において Na^+ 及び Ca^{2+} 負荷量の合計量が陽イオン成分全体の負荷量の 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。

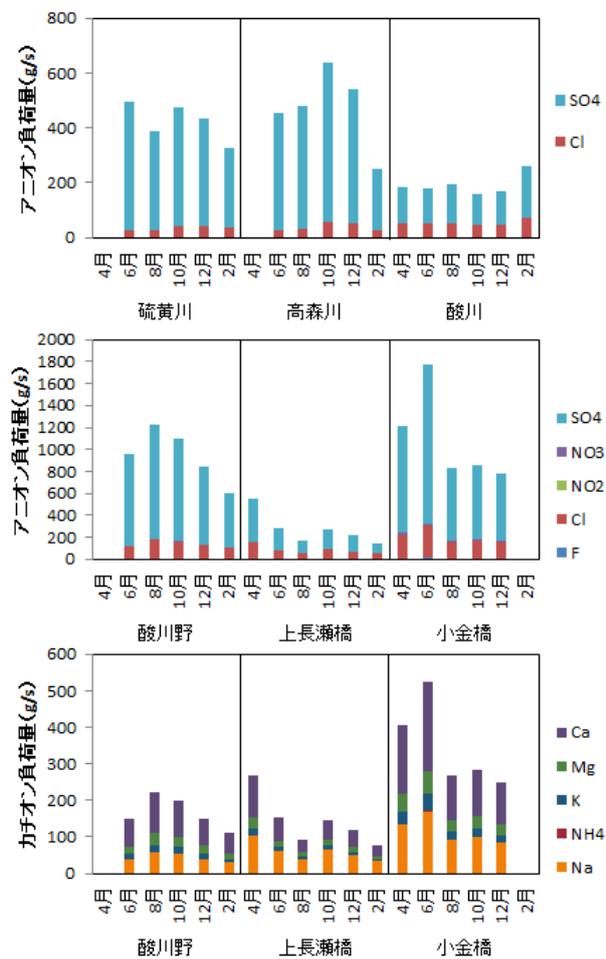


図 23 アニオン負荷量及びカチオン負荷量の季節変動

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、過去 3 か年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、DO 飽和率及び TOC 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。また、 NO_3-N 、 NO_2-N 及び NH_4-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 月に上

層で値が低くなり、下層で値が高かった。

今年度のイオン当量濃度は、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、今年度の陽イオン成分及び陰イオン成分の個別の濃度にはいずれも季節変動はみられず、同じ月における水深別の差もみられなかった。

T-Pについては、ほとんど検出されていない (<0.003 mg/L) が、平成14年から平成19年にかけて水温躍層形成期の6月から8月に、表層から水深20 mにかけて0.003～0.006 mg/L 検出されていた。今年度は、8月に0.004 mg/L (水深10 m) 検出されている。T-Pの検出状況については、今後も注視していく必要がある。

今年度の金属成分について、Feは全層・全調査月を通じてほとんどが懸濁態として存在していた。Mnは全調査月を通じて上層ほど溶存態として存在している割合が高い傾向がみられた。Alは全層で4月と6月に懸濁態の割合が高く、10月には下層ほど溶存態の割合が高かった。

(2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

上流域河川の酸性成分負荷量の経年変化をみると、旧硫黄鉱山坑内水が流入する硫黄川（高森川合流前）と硫黄川が合流した後の高森川（酸川合流前）ではすべての酸性成分負荷量は平成18年度が最大値であり、以降減少もしくは横ばいとなっており、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受ける酸川（高森川合流前）ではD-Al 負荷量及び鉍酸酸度負荷量は平成18年度、D-Fe 負荷量は平成19年度が最大値であり、平成20年度もしくは平成22年度まで減少した後、緩やかな増加傾向がみられた。SO₄²⁻負荷量は平成23年度が最大値であった。下流域河川の酸性成分負荷量の経年変化をみると、上流域河川の合流後である酸川（酸川野）と最下流部である長瀬川（小金橋）において、すべての酸性成分の負荷量は、平成20年度から減少傾向がみられたが、今年度は増加していた。長瀬川（上長瀬橋）においては、D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量及びSO₄²⁻負荷量いずれも他の河川に比べ極めて低い値で推移していた。アルカリ度負荷量は流量の増減と同様に推移していた。

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8月を除き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る。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。

また、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⁻負荷量より大きかった。また、高森川に合流する前の支流をみると、SO₄²⁻負荷量は硫黄川（高森川合流前）が、Cl⁻負荷量は酸川（高森川合流前）がより大きかった。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98%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。

調査地点	湖心(表層)			
調査年月日	H24.4.19	H24.6.27	H24.8.9	H24.10.17
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	9:48	9:30	10:38	9:45
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	曇り	晴れ	晴れ	晴れ
気温(°C)	9.1	18.8	23.3	10.1
水温(°C)	3.2	16.8	24.8	16.9
透明度(m)	10.3	6.5	9.7	10.4
水色(フォーレル)	6	5	7	7
色相	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明

調査地点	酸川(酸川野)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	10:25	12:20	10:50	11:40	11:05	12:55
天候(前日)	雨	曇り	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り時々晴れ	雨	晴れ	曇り	小雨	曇り
気温(°C)	16.5	20.5	22.0	17.5	6.2	2.0
水温(°C)	8.3	16.5	19.4	16.5	6.4	3.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	流量少	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(上長瀬橋)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	10:45	12:40	12:00	11:55	11:20	14:00
天候(前日)	雨	曇り	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り時々晴れ	雨	曇り	曇り	小雨	曇り
気温(°C)	14.5	19.0	24.2	17.9	4.0	-2.0
水温(°C)	8.9	17.5	22.9	19.2	5.5	2.0
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	長瀬川(小金橋)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	7:59	9:00	12:20	9:30	8:51	15:10
天候(前日)	雨	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ時々曇り	晴れ	晴れ	曇り	小雨	雪
気温(°C)	12.0	22.4	26.1	19.5	5.9	-4.0
水温(°C)	7.5	10.5	22.8	17.0	5.9	0.5
透視度	51.0	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	流量少	通常	通常	通常
色相	茶褐色	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	微濁	透明

調査地点	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	10:00	11:50	10:20	11:10	10:50	12:30
天候(前日)	雨	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り時々晴れ	曇り	晴れ	曇り	雨	曇り
気温(°C)	12.0	16.5	20.2	15.8	3.2	-1.0
水温(°C)	7.0	13.4	17.6	14.7	6.1	3.5
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	通常	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	酸川(高森川前)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	9:40	11:30	10:40	10:50	10:40	12:10
天候(前日)	雨	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	曇り	曇り	晴れ	曇り	小雨	曇り時々小雪
気温(°C)	10.5	17.1	21.8	15.4	3.5	0.4
水温(°C)	7.5	14.3	17.0	15.9	7.7	4.3
透視度	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	硫黄川(高森川前)					
調査年月日	H24.4.24	H24.6.7	H24.8.14	H24.10.3	H24.12.4	H25.2.19
採水時間	欠測	10:50	9:50	10:20	9:40	10:50
天候(前日)	欠測	雨	雨	曇り	曇り	曇り
天候(当日)	欠測	晴れ	曇り後晴れ	曇り	雨	曇り時々小雪
気温(°C)	欠測	17.5	20.8	15.6	6.1	-1.0
水温(°C)	欠測	14.5	17.2	15.6	9.0	4.1
透視度	欠測	>100	>100	56	>100	>100
流況	欠測	通常	流量少	通常	通常	通常
色相	欠測	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	欠測	微硫化水素臭	無臭	無臭	微硫化水素臭	無臭
濁り	欠測	透明	透明	透明	透明	透明

猪苗代湖 調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心90m						
	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17
pH	6.78	6.96	6.96	6.88	6.74	6.63	7.13	6.89	6.75	6.60	6.71	6.63	6.75	6.61	6.72	6.50
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	111.0	106.9	110.6	110.6	106.4	108.2	110.9	108.3	111.3	112.1	112.6	94.2	111.3	112.6	108.7	108.9
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	7.32	6.80	6.94	7.14	7.26	6.91	6.74	7.06	7.24	6.79	6.95	6.99	7.27	6.82	6.94	6.98
NH ₄ mg/L	<0.01	0.03	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
K mg/L	1.52	1.64	1.67	1.52	1.67	1.63	1.61	1.66	1.68	1.58	1.63	1.64	1.70	1.59	1.63	1.64
Mg mg/L	2.20	2.15	2.18	2.20	2.22	2.17	2.13	2.20	2.22	2.13	2.20	2.18	2.24	2.13	2.18	2.14
Ca mg/L	8.18	8.04	8.10	8.11	8.31	8.20	8.02	8.19	8.31	8.05	8.23	8.17	8.38	8.06	8.23	8.18
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	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.03	0.01	0.03	0.04	0.03	<0.01	0.03	0.11
Al mg/L	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.03	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02
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	0.16	0.12	0.12	0.12	0.16	0.12	0.12	0.12	0.16	0.11	0.12	0.12	0.15	0.12	0.13	0.12
Cl mg/L	10.35	10.26	10.43	10.50	10.39	10.40	10.19	10.58	10.45	10.19	10.44	10.39	10.51	10.30	10.48	10.45
NO ₂ mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₃ mg/L	0.99	0.94	0.70	0.63	1.01	0.98	0.74	0.64	1.03	0.98	1.02	0.99	1.04	1.01	1.00	1.01
SO ₄ mg/L	29.70	29.40	29.81	30.01	29.87	29.75	29.47	30.31	30.02	28.64	29.50	29.19	30.21	29.05	29.66	29.40
フッ素 mg/L	3.92	4.35	3.15	3.35	3.82	3.72	3.17	3.25	3.80	3.86	3.55	3.30	4.05	4.05	3.60	3.55
加ダリン酸 ug/L	0.8	1.3	0.3	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO mg/L	12.2	9.7	8.8	9.1	12.3	10.2	9.5	9.2	12.3	11.8	11.5	9.8	12.2	12.3	11.7	11.2

猪苗代全量 調査日	湖心 0m			湖心 10m			湖心 50m			湖心90m						
	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17	4/19	6/27	8/9	10/17
T-N mg/L	0.20	0.26	0.20	0.09	0.17	0.22	0.18	0.13	0.19	0.22	0.22	0.15	0.21	0.22	0.21	0.19
T-P mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.004	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Fe mg/L	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	<0.01	0.02
Mn mg/L	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.03	0.02	<0.01	<0.01	0.04	0.02	0.03	0.05	0.03	0.01	0.04	0.12
Al mg/L	0.03	0.02	0.01	0.05	0.03	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	<0.01	0.02	0.04	0.01	<0.01	0.02
Zn mg/L	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOC mg/L	0.48	0.72	0.78	0.64	0.47	0.54	0.75	0.66	0.48	0.46	0.48	0.44	0.49	0.45	0.5	0.46

河川	溶存態	酸川					長瀬川 上長瀬橋					長瀬川 小金橋							
		4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19
pH		3.42	2.97	2.97	3.06	3.09	2.96	7.49	7.44	7.49	7.65	7.46	7.25	4.10	3.76	3.82	3.79	3.82	6.62
EC	μS/cm	318	747	734	606	760	886	308	138	150	280	240	244	186	273	286	308	341	99
T-P	mg/L	欠測	0.030	0.026	0.011	0.028	0.038	欠測	<0.003	0.003	<0.003	<0.003	0.005	欠測	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na	mg/L	4.48	9.55	11.00	9.43	11.45	13.70	21.56	10.31	11.66	22.81	19.39	20.27	7.74	9.52	11.06	13.08	13.95	7.15
NH ₄	mg/L	0.04	0.10	0.13	0.06	0.09	0.15	<0.01	<0.11	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.04	0.07	0.01	0.02	0.01
K	mg/L	1.50	3.17	3.60	3.10	3.58	4.16	3.85	1.86	2.16	4.23	3.56	3.66	1.96	2.56	2.97	3.31	3.19	1.48
Mg	mg/L	2.23	5.36	6.03	5.10	6.40	7.71	6.23	2.65	2.78	5.41	4.88	4.69	2.76	3.58	3.88	4.48	4.97	1.73
Ca	mg/L	8.36	18.55	20.90	17.66	21.34	26.08	23.23	10.47	10.84	19.31	18.58	17.14	10.82	13.60	14.66	16.76	18.39	6.45
Fe	mg/L	3.05	10.17	8.09	8.19	11.25	8.70	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	<0.01	0.64	0.65	0.64	0.81	1.11	0.18
Mn	mg/L	0.09	0.28	0.29	0.25	0.33	0.38	0.03	0.01	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.06	0.13	0.14	0.13	0.15	<0.01
Al	mg/L	5.18	19.17	13.25	10.66	15.78	14.79	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03	<0.01	2.43	3.50	4.20	5.44	4.75	0.20
Zn	mg/L	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	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
F	mg/L	0.44	1.17	1.25	1.05	1.35	1.45	0.12	0.07	0.06	0.09	0.07	0.02	0.27	0.48	0.47	0.51	0.54	0.02
Cl	mg/L	10.97	27.34	32.07	26.79	35.36	44.84	31.18	13.07	15.14	30.45	25.97	28.33	12.22	16.49	18.84	21.96	24.96	10.27
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	1.33	1.00	1.06	0.87	0.75	0.96	0.55	0.59	0.31	0.23	0.36	0.34	1.39	1.03	0.90	0.88	0.84	0.44
SO ₄	mg/L	84.28	204.32	195.58	164.56	206.00	233.99	81.83	32.61	32.56	65.27	59.40	53.98	55.89	81.25	80.35	89.59	100.17	19.80
7/6/2:濁度(NTU)	mgCaCO ₃ /L	-	-	-	-	-	-	16.30	12.05	16.30	18.90	17.85	17.47	-	-	-	-	-	-
硬度(pH8)	mgCaCO ₃ /L	35.59	123.50	54.47	99.55	120.46	105.18	-	-	-	-	-	-	7.51	21.64	16.65	20.53	21.16	なし
硬度(pH8.3)	mgCaCO ₃ /L	60.98	161.72	200.18	130.76	165.04	180.07	-	-	-	-	-	-	24.22	41.22	40.15	41.72	50.09	11.14
流量	m ³ /s	欠測	4.10	5.32	5.65	3.48	2.14	4.85	6.02	3.40	2.84	2.57	1.66	17.42	17.87	8.19	7.58	6.14	5.66

河川	全量	酸川					長瀬川 上長瀬橋					長瀬川 小金橋							
		4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19
T-N	mg/L	0.59	0.57	0.42	0.44	1.00	0.47	0.19	0.13	0.10	<0.05	<0.05	<0.05	0.44	0.27	0.26	0.18	0.25	0.08
T-P	mg/L	欠測	0.032	0.034	0.013	0.034	0.039	欠測	0.007	0.012	0.003	0.006	0.009	欠測	0.01	0.015	<0.003	0.01	0.007
Fe	mg/L	4.48	14.45	8.59	8.38	11.55	9.86	0.12	0.13	0.13	0.22	0.08	0.32	2.01	1.75	0.75	2.38	2.70	0.35
Mn	mg/L	0.10	0.29	0.30	0.25	0.33	0.43	0.09	0.08	0.05	0.06	0.18	0.04	0.08	0.13	0.15	0.14	0.16	0.04
Al	mg/L	5.22	20.15	14.71	11.02	16.17	16.92	0.14	0.13	0.14	0.25	0.07	0.39	2.89	4.06	5.04	5.57	4.98	0.40
Zn	mg/L	0.01	0.03	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

河川	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									
	4/24	6/7	8/14	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	
pH	3.09	2.58	2.53	2.82	2.77	2.57	2.77	2.77	3.36	3.41	3.45	欠測	2.23	2.24	2.20	2.41	2.23	
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	558	1508	1729	930	1304	1846	153	465	595	453	577	欠測	3250	3290	3400	2830	3740	
T-P mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Na mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NH ₄ mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mg mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ca mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fe mg/L	10.60	40.73	22.64	22.37	34.19	29.01	0.26	0.71	0.83	0.64	0.93	0.53	78.43	81.58	88.43	107.38	101.76	
Mn mg/L	0.13	0.45	0.51	0.29	0.49	0.72	0.09	0.29	0.38	0.27	0.33	0.19	0.99	1.13	1.29	1.39	1.55	
Al mg/L	10.40	39.35	22.64	22.37	35.30	35.71	2.01	4.95	7.63	6.59	7.23	7.23	54.98	92.11	88.43	109.16	80.48	
Zn mg/L	0.01	0.05	0.03	0.01	0.05	0.03	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.12	0.12	0.05	0.03	0.06	
F mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl mg/L	11.39	29.00	39.82	25.94	42.74	68.39	15.27	39.59	53.63	38.92	44.62	53.95	70.36	80.83	108.79	127.50	154.25	
NO ₂ mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃ mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ mg/L	151.19	486.26	556.60	256.29	392.65	554.07	41.50	100.58	151.27	99.39	114.00	137.96	1155.74	1166.54	1098.00	1151.85	1243.28	
7日平均値 $\text{mg}/\text{CO}_2/\text{L}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH3) $\text{mg}/\text{CO}_2/\text{L}$	120.22	351.13	273.74	186.33	265.47	360.64	20.29	30.55	42.58	36.13	37.19	27.29	874.57	941.69	949.70	901.62	817.46	
酸度(pH3) $\text{mg}/\text{CO}_2/\text{L}$	152.77	395.71	356.52	227.90	330.59	500.90	7.64	58.63	92.67	66.94	71.07	78.64	984.77	1122.49	1124.99	1094.46	1127.52	
流量 m^3/s	欠測	0.87	0.80	2.26	1.24	0.40	3.28	1.26	0.93	1.12	1.05	1.37	0.40	0.31	0.39	0.34	0.23	

河川	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								
	4/24	6/7	8/14	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19	4/24	6/7	8/14	10/3	12/4	2/19
T-N mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-P mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe mg/L	10.90	53.06	48.10	25.97	38.37	30.96	0.42	0.88	0.89	0.72	0.95	1.02	79.61	92.11	108.90	112.70	109.44
Mn mg/L	0.13	0.45	0.53	0.33	0.52	0.76	0.09	0.30	0.38	0.28	0.33	0.37	1.00	1.13	1.31	1.41	1.68
Al mg/L	10.70	46.11	48.10	25.97	40.50	38.63	2.04	5.12	9.13	7.16	7.07	7.75	95.37	104.46	108.90	112.35	87.96
Zn mg/L	0.01	0.05	0.03	0.01	0.05	0.05	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.12	0.12	0.05	0.14	0.14

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、大腸菌群が検出され始める 6 月と、大腸菌群数が多くなる 9 月における大腸菌群の同定を行い、湖心での生息状況を確認する。

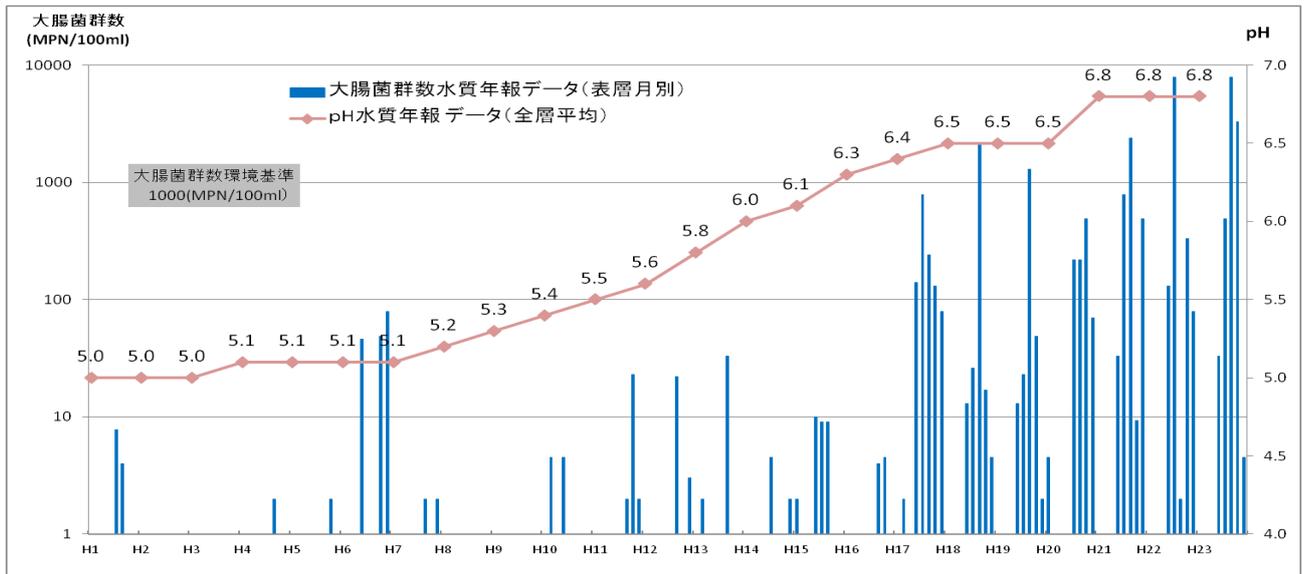


図1 猪苗代湖湖心の pH及び大腸菌群数の経年変化

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
- (6) 猪苗代湖小黒川沖500m
- (7) 猪苗代湖長瀬川沖500m

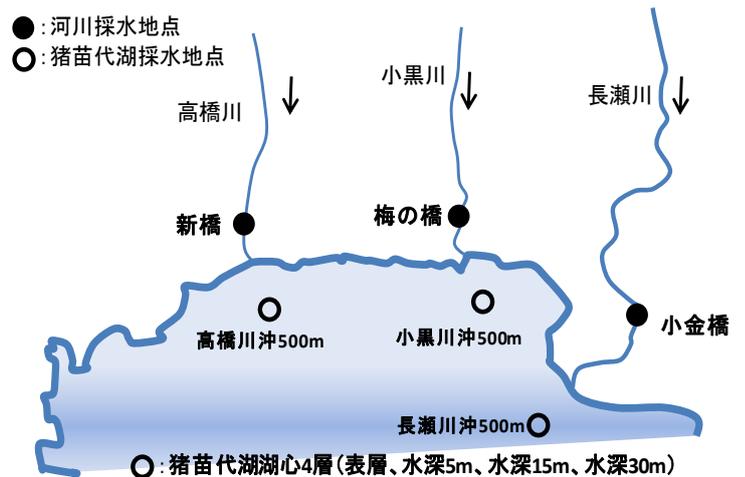


図2 調査地点

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、9月)

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：コリラート培地によるQTトレイ法（アイデックスラボラトリーズ（株））
*大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も6、9月に行った。
- (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（シスメックス・ビオリユー（株））で菌種を同定した。

7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1のとおり。

分析結果の一覧については、別紙2及び3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24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、6月27日には水温躍層が確認された。その後10月5日までは、水温躍層が確認できた。11月7日には水温躍層の崩壊が始まっていた。

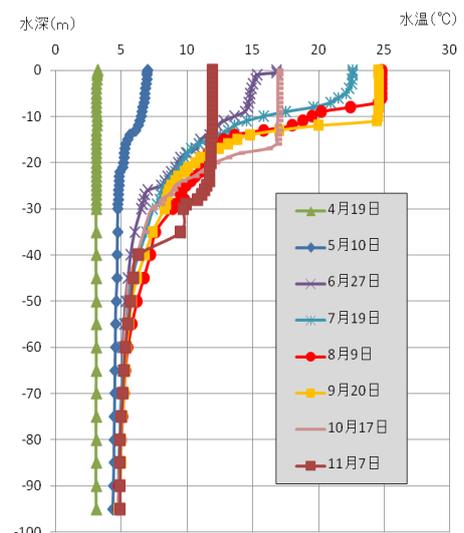


図3 湖心の鉛直分布

イ 大腸菌群数及び大腸菌数について

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10日には1MPN/100ml未満と低い値であり、9月20日の220MPN/100mlを除けば、すべて1桁台の低い値であった。昨年度の調査では8月25日に、湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mlを超える1,200MPN/100mlが検出され、さらに9月7日には、最高値である20,000MPN/100mlとなり、10月5日まで1,000MPN/100mlを超える状態が続いていた¹⁾、今年度の湖心表層は基準値未満が続いた。

今年の表層の水温は、8月9日に24.8℃と高い値を示し、その後9月20日までその状態が続いた。しかし、大腸菌群数が1,000MPN/100mlを超えることはなく、最も大腸菌群数の値が高かった9月20日の水深15mの時の水温は13.8℃と低く、水温と大腸菌群数に相関は認められなかった。

なお、大腸菌数は全ての時期及び水深で1MPN/100ml未満であった。

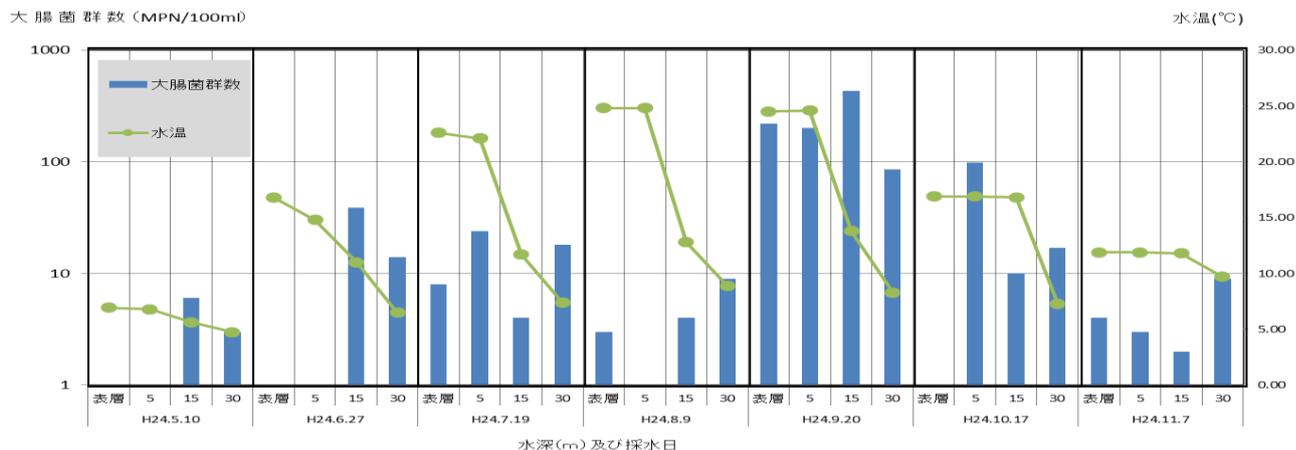


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

猪苗代湖湖心の pH 及び TOC の調査結果を図5~6に示す。

大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表1に示す。

pHは6.55~7.52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、月別変化が大きかった水深15mの9月20日のpHが7.52と最高値であり、この時の大腸菌群数も最高値であり、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0.46~0.74mg/lで、TOCは水温と高い相関があった。水深ごとにTOCの最大値をみると、表層では6月27日に0.72mg/l、水深5mでは1月遅れて7月19日に0.74mg/l、水深15mはさらに1月遅れの8月9日に0.72mg/lを示した。水深別ではpHと同様に水深30mが他の水深と比較して月別変化が少なく低い値であった。大腸菌群数との相関は認められなかった。

なお、ECは96.7~114.7μS/cmと月別、水深別とほぼ一定の値、DO飽和率は81%以上、SSは1mg/l未満と、大腸菌群数とこれらの項目に相関は認められなかった

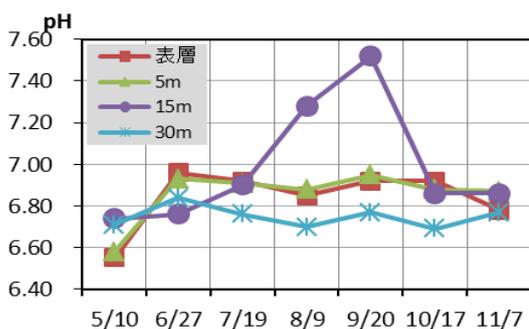


図5 猪苗代湖湖心の pH

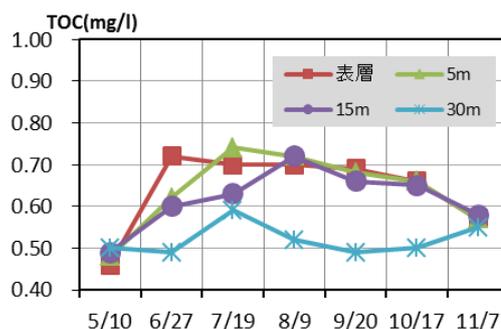


図6 猪苗代湖湖心の TOC

表1. 猪苗代湖湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係

	水温	透明度	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.256	0.165	0.626	-0.360	0.118	0.229

(2) 各河川及び各猪苗代湖沖 500m の水質について

ア 高橋川新橋及び猪苗代湖高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

高橋川新橋、猪苗代湖高橋川沖 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 6,400~23,000MPN/100ml、大腸菌数は 50~140MPN/100ml、猪苗代湖高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 4~1,700MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~6MPN/100ml であった。高橋川沖 500m 地点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 地点は猪苗代湖心表層より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、9月 20日 (1,700MPN/100ml) のみであった。

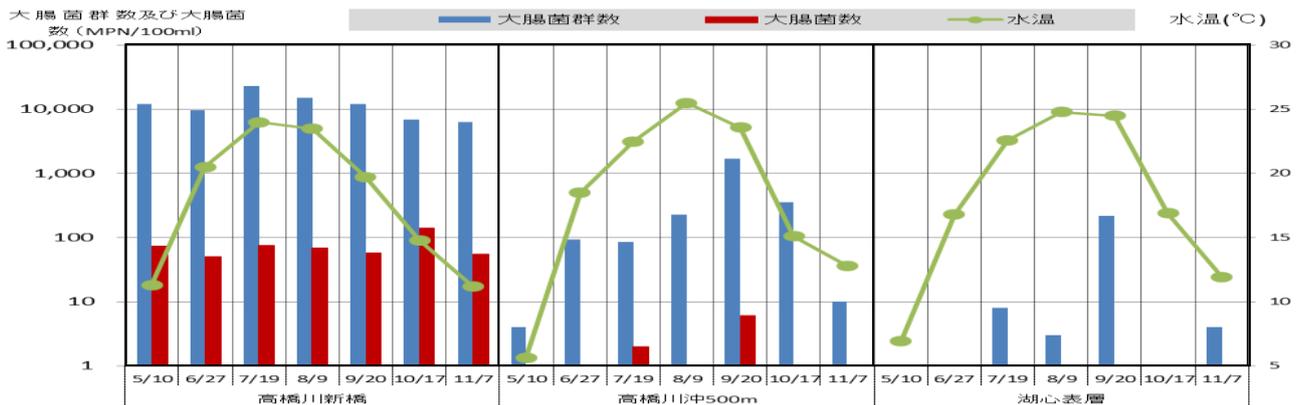


図 7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

イ 小黒川梅の橋及び猪苗代湖小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、猪苗代湖小黒川沖 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 11,000~34,000MPN/100ml、大腸菌数は 120~1,000MPN/100ml、猪苗代湖小黒川沖 500m 地点の大腸菌群数は 10~3,600MPN/100ml、大腸菌数は 1 未満~39MPN/100ml であった。小黒川沖 500m 地点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。小黒川沖 500m 地点は猪苗代湖心表層より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、6月 27日 (3,600MPN/100ml)、7月 19日 (1,400MPN/100ml)、8月 9日 (1,500MPN/100ml) の 3回で、猪苗代湖心表層より高い値だった。

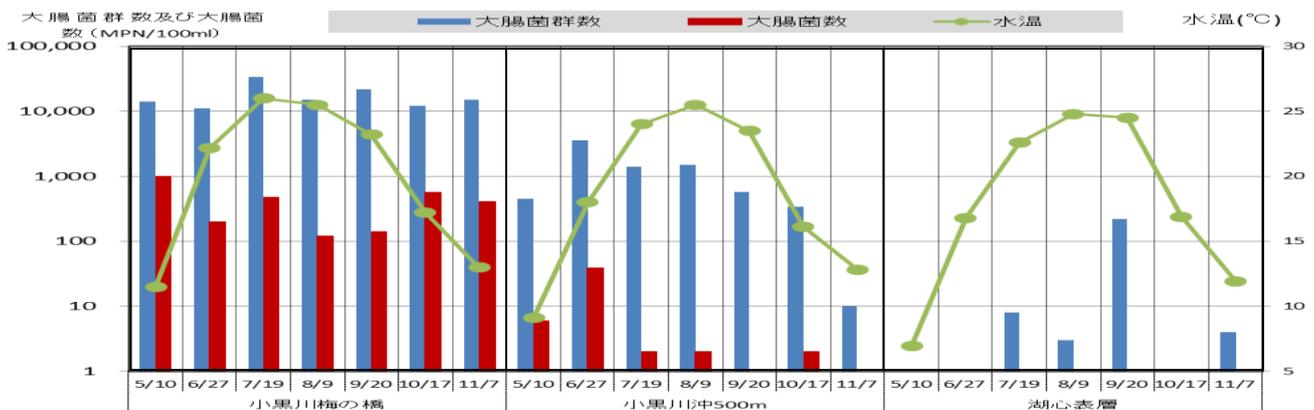


図 8 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び猪苗代湖長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

長瀬川小金橋、猪苗代湖長瀬川沖 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43～1,700MPN/100ml、大腸菌数は1未満～23MPN/100ml、猪苗代湖長瀬川沖500m地点の大腸菌群数は3～410MPN/100ml、大腸菌数は1未満～7MPN/100mlであった。長瀬川沖500m地点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。長瀬川沖500m地点は猪苗代湖心表層より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より小さい値であった。長瀬川沖500mの大腸菌数も同様か減少していた。酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数は、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。ただ、長瀬川の流量は高橋川や小黒川の10～50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月もあった。しかし、猪苗代湖長瀬川沖500mの大腸菌群数は全て500MPN/100ml以下で、大腸菌数も8月9日に7MPN/100mlが検出されただけであり、猪苗代湖高橋川500m沖及び猪苗代湖小黒川500m沖と比較して低い値だった。

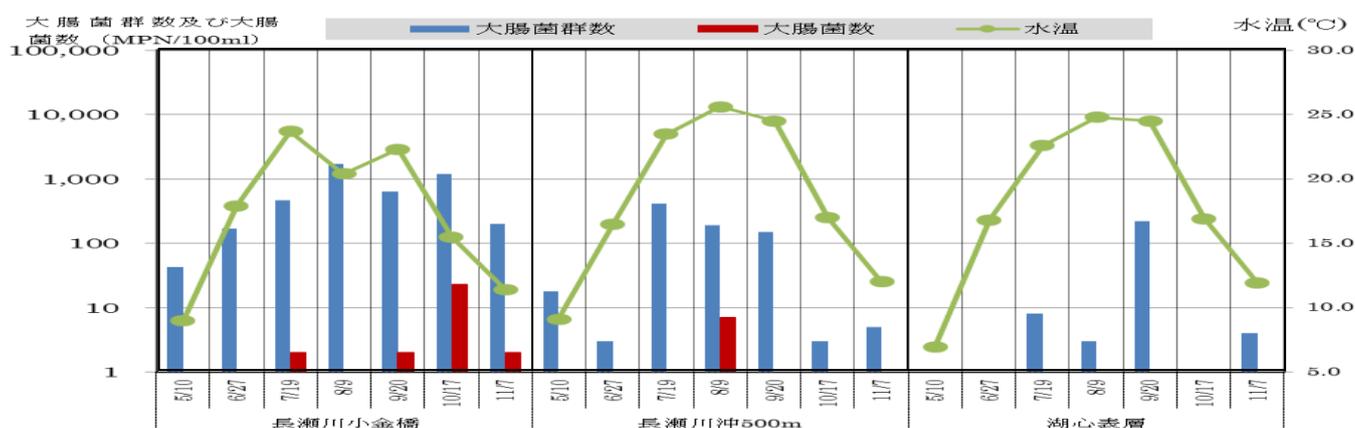


図9 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

エ 各河川及び各猪苗代湖沖 500m の大腸菌群数に占める大腸菌数の比について

大腸菌群数に占める大腸菌数の比の結果を表2に示す。

小黒川梅の橋以外は0～4.8%であり、小黒川梅の橋でも5月10日に7.1%であった以外はすべて5%以下で、下水処理流入前の河川水の平均値が5%であったという和波らの報告²⁾よりも低く、各河川及び各河川沖500mの糞便による汚染の割合は低いと考えられた。

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	0.8	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

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7.16～8.02、ECは154.6～246 μ S/cm、SSは2～9mg/l、TOCは0.99～2.55mg/lと猪苗代湖湖心の水質と比較して高い値を示した。DO飽和率は90%以上の値であった。小黒川梅の橋では、流量の多い6月から8月と、流量の少ない5月及び9月から11月を比較してみると、流量の多い時期にpH及びECは低い傾向を示した。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群数が多くなり、大腸菌群数と水温に正の相関が認められた。

長瀬川小金橋のpHは3.77～5.16、ECは76.5～343 μ S/cm、SSは1未満～23mg/l、TOCは0.62～1.35mg/l、DO飽和率は91%以上であった。6月27日は秋元発電所の放流水が流入している時間帯の採水で通常の4～10倍の水量があった。5月20日も同条件の採水であったが、さらに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。秋元発電所が放流する時間帯の採水では、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。このため、大腸菌群数とpHに中程度の負の相関、大腸菌群数とECに中程度の正の相関が認められた。大腸菌数とSS及びTOCの強い正の相関が認められたが、これは長瀬川特有のフロックが多く透視度も低く(0.54m)、大腸菌数、SS及びTOCの値が7ヶ月の中で一番高かった10月17日の影響を強く受けていたため、強い相関となったと思われる。

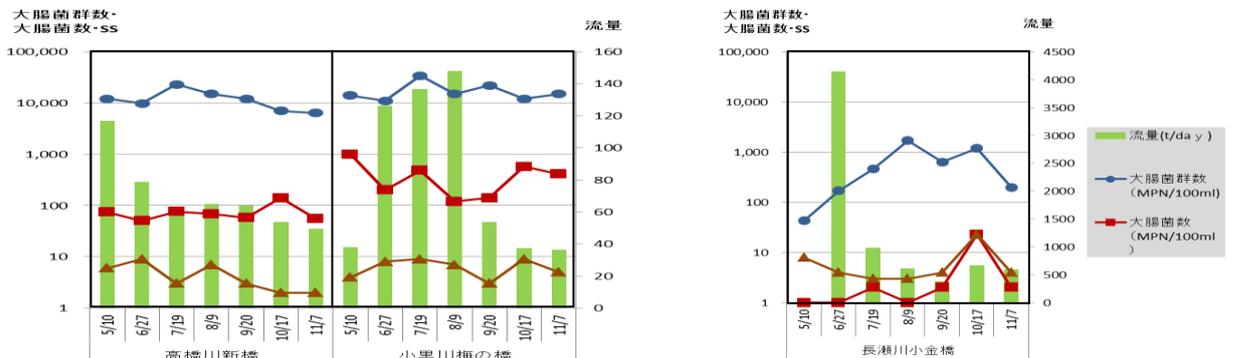


図10 各河川の流量とSS等の推移

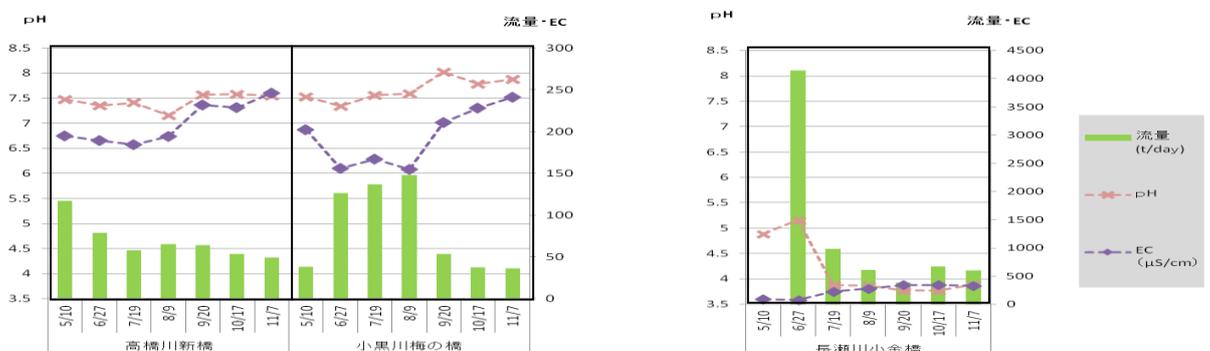


図11 各河川の流量とpH等の推移

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	流量	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.605	0.302	0.164	-0.430	0.137	0.221	0.281	0.207
大腸菌数	-0.291	-0.251	0.262	0.046	0.294	0.166	0.379	

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	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.415	-0.586	0.535	-0.197	0.285	-0.099	0.400
大腸菌数	-0.115	-0.345	0.430	-0.398	0.965	0.729	

カ 各猪苗代湖沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について猪苗代湖沖 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。

猪苗代湖高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の pH は 6.58～8.75、EC は 106.4～184.7 μ S/cm、SS は 1 未満～8mg/l、TOC は 0.47～1.83mg/l、DO 飽和率は 96%以上の値であった。水深の浅い猪苗代湖高橋川沖 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あり、各流入河川の影響を強く受けている時期もあった。また、この 2 地点の水深は、5 月には 2～4m あったが 8 月頃には約 1m となり、夏季から秋季にかけてはカナダモ、セキショウモ及びヒルムシロが湖底に繁茂し、8 月及び 10 月には pH が 8 前後の値と炭酸同化作用の影響がみられた。大腸菌群数又は大腸菌数と相関のある項目はなく、大腸菌群数と大腸菌数に正の相関があった。

猪苗代湖長瀬川沖 500m の pH は 6.38～7.05、EC は 109.5～115.3 μ S/cm、SS は 1 未満～2mg/l、TOC は 0.55～0.84mg/l、DO 飽和率は 95%以上であった。猪苗代湖長瀬川沖 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、ほぼ湖心表層と同様な水質であった。水温の高くなる夏期に、大腸菌群数と TOC が高くなっており、大腸菌群数と水温及び TOC に強い正の相関があった。大腸菌群数と pH に、大腸菌数と水温及び TOC に中程度の正の相関が、大腸菌群数と EC、大腸菌数と EC に中程度の負の相関があった。

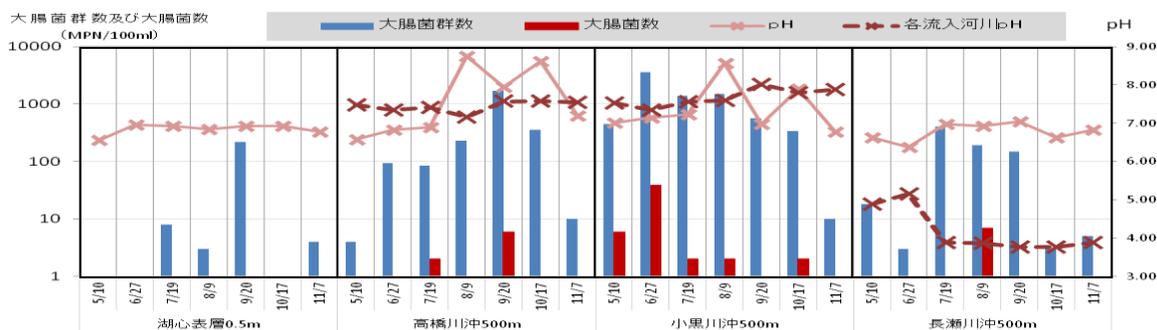


図 12 猪苗代湖沖 500m 地点の pH の推移

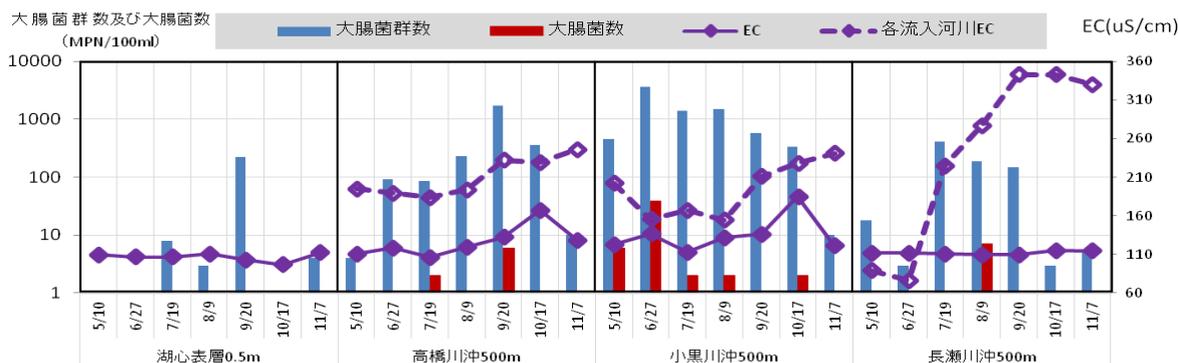


図13 猪苗代湖沖500m地点のECの推移

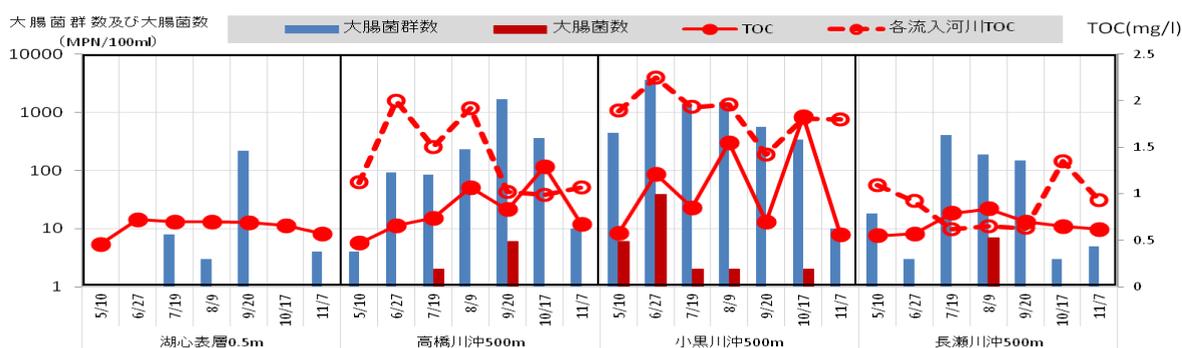


図14 猪苗代湖沖500m地点のTOCの推移

表5 猪苗代湖高橋川沖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 (n=14)

	水温	pH	EC	DO飽和率	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.356	0.176	0.134	-0.070	0.022	0.351	0.856
大腸菌数	0.022	-0.081	0.097	-0.298	0.097	0.193	

表6 猪苗代湖長瀬川沖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	0.717	0.694	-0.626	0.032	-0.312	0.798	0.227
大腸菌数	0.500	0.290	-0.472	0.383	-0.167	0.670	

(3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表7に示す。

6月27日の猪苗代湖湖心表層では、コリラート培地では1MPN/100mlと検出されたが、BGLB培地では大腸菌群が検出されなかったため同定操作が行えなかった。水深30mでは、*Enterobacter cloacae*が同定された。9月20日の猪苗代湖心表層及び水深5m(水温躍層の上層)で*Enterobacter asburiae*が、水深15m及び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のうち最も高い頻度で*E. cloacae*が同定され、次いで*E. asburiae*、*E. amnigenus1*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湖沼A類型の環境基準を超える大腸菌群数が検出されていたが、今年の9月は790MPN/100ml(BGLB培地で行った結果)と湖沼A類型の環境基準以下であった。9月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*, *Klebsiella oxytoca*, *Citrobacter freundii*, *Serratia liquefaciens*, *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出現した。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 amnigenus2*, 9月20日には *E. cloacae*, *S. marcescens* のみが出現し、他の河川より検出種が限定されていた。

猪苗代湖沖500mでも *E. cloacae* が最も高い頻度で出現した。猪苗代湖高橋川沖500mでは *E. cloacae*, *E. sakazaki*, *S. liquefaciens*, *P. spp2* が、猪苗代湖小黒川沖500mでは、*Klebsiella oxytoca*, *E. cloacae*, *S. liquefaciens*, *Pantoea spp3*, *Raoultella terrigena*, *Aeromonas* 属と河川由来の大腸菌群が出現し、湖心より多様な種が出現した。長瀬川沖500mでは、6月27日は *E. cloacae* が9月20日は *E. cloacae*, *Hafnia alvei1*, *Chromobacterium violaceum* のみの出現だった。

表7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	大腸菌群の同定結果										BGLB培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100ml)	BGLB培地の最高希釈試験管接種量 (ml)	BGLB培地の最高希釈陽性試験管本数 (本)	コロラート培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100ml)					
		<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria1</i>	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria2</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter sakazaki</i>	<i>Enterobacter asburiae</i>	<i>Enterobacter amnigenus2</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>					<i>Hafnia alvei1</i>	<i>Chromobacterium violaceum</i>	<i>Pantoea spp2</i>	<i>Pantoea spp3</i>	<i>Raoultella terrigena</i>
猪苗代湖 湖心 表層	2012/6/27																<1	-	-	1
猪苗代湖 湖心 30m	2012/6/27			1.2													17	1	1	14
猪苗代湖 高橋川沖500m	2012/6/27			1.5	1.5				1.5		1.5						130	1	4	93
猪苗代湖 小黒川沖500m	2012/6/27			2.6			2.9		2.6			2.6	2.6				2400	0.1	5	3600
猪苗代湖 長瀬川沖500m	2012/6/27			0.3													2	10	1	3
高橋川 新橋	2012/6/27			2.8	3.0	2.5		2.5	2.5								2400	0.1	5	9800
小黒川 梅の橋	2012/6/27			3.5	3.5	3.5					3.5						13000	0.01	4	11000
長瀬川 小金橋	2012/6/27						1.5										33	1	1	170
猪苗代湖 湖心 表層	2012/9/20					2.9											790	0.1	3	220
猪苗代湖 湖心 5m	2012/9/20					2.5											330	0.1	1	200
猪苗代湖 湖心 15m	2012/9/20	3.1															1300	0.1	4	430
猪苗代湖 湖心 30m	2012/9/20		2.1														140	0.1	2	85
猪苗代湖 高橋川沖500m	2012/9/20			3.4										3.4			4900	0.01	2	1700
猪苗代湖 小黒川沖500m	2012/9/20	2.4															260	0.01	1	570
猪苗代湖 長瀬川沖500m	2012/9/20			1.1					0.9	0.6							23	10	5	150
高橋川 新橋	2012/9/20			3.5	3.5	3.5	3.5										13000	0.01	4	12000
小黒川 梅の橋	2012/9/20	4.4												4.4			49000	0.001	2	22000
長瀬川 小金橋	2012/9/20			1.4				1.4									49	1	2	640

*表中の数値は最高希釈の試験管から出現した割合に計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、9月20日の220MPN/100mlを除けば、すべて1桁台の低い値であり、1,000MPN/100ml（湖沼A類型の環境基準）を超えることはなかった。湖心4層の大腸菌群数とpHに中程度の正の相関があった。また、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から数万MPN/100ml、大腸菌数は数十から数百MPN/100ml程度、猪苗代湖高橋川沖500m及び猪苗代湖小黒川沖500m地点の大腸菌群数は数MPNから数千MPN/100ml、大腸菌数は数MPN/100ml程度であった。2河川から流入した大腸菌群及び大腸菌は猪苗代湖水に接触して猪苗代湖2河川沖500mでは数桁減少していた。猪苗代湖2河川沖の大腸菌群数と大腸菌数に高い正の相関があった。
- (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23MPN/100mlであり、8(2)の2河川と比較して低い値であった。猪苗代湖湖水に流入した大腸菌群は、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、8月9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SS及びTOCに、猪苗代湖長瀬川沖500mで大腸菌群数と水温及びTOCに高い正の相関があったが、試料数(n=7)が少ないため今後の調査で検討していきたい。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の比は各河川で0～7.1%、猪苗代湖各河川沖500m地点で0～3.7%と糞便による汚染の割合は少なかった。
- (5) 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流入する多様な大腸菌群等が、猪苗代湖湖心では限られた種のみが出現していた。また、長瀬川から流入する大腸菌群等は高橋川及び小黒川と比較して検出される種は少なかった。

参考文献

- 1) 平成23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
- 2) 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
- 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 現地調査票

調査地点	猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			
	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30	0.5	5	15	30
採取水深(m)	H24.5.10				H24.6.27				H24.7.19				H24.8.9			
調査年月日	9.25				9.30				10.38				9.45			
採水時間	<むり後雨>				晴れ				晴れ				晴れ			
天候(前日)	<むり後雨>				晴れ				晴れ				晴れ			
天候(当日)	10.3				18.8				23.3				10.1			
気温(℃)	6.93	6.79	5.63	4.74	16.80	14.80	11.00	6.50	22.60	22.10	11.70	7.40	24.80	24.80	13.80	8.30
水温(℃)	7.3				6.5				9.7				10.5			
透明度(m)	5				7				7				10.4			
水色(コパーレル)	無色				無色				無色				無色			
色相	無臭				無臭				無臭				無臭			
臭気	透明				透明				透明				透明			
濁り																

調査地点	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														
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
調査年月日	H24.5.10			H24.6.27			H24.7.19			H24.8.9			H24.9.20			H24.10.17				
採水時間	11:21	11:11	10:51	12:00	11:20	11:00	11:37	11:20	11:00	12:50	12:20	11:57	11:00	11:22	10:40	11:40	11:10	11:10		
天候(前日)	曇り			晴れ			晴													
天候(当日)	<むり後雨>			晴れ			晴れ			晴れ			曇り			晴れ			晴れ一時雨	
気温(℃)	9.4	9.5	9.8	20.0	20.5	19.1	25.8	24.2	23.5	24.6	24.2	23.5	22.4	24.7	21.7	18.1	18.9	18.1	11.3	
水温(℃)	5.6	9.1	9.1	18.5	18.0	16.5	22.5	24.0	23.5	25.5	25.5	25.5	23.6	23.5	24.5	15.1	16.1	17.0	12.8	
水深(m)	2.6	4.1	7.0	2.4	1.0	37.1	1.4	1.6	30.3	1.1	1.2	14.4	0.5	0.8	15	0.5	1.1	14.4	1.0	
透明度(m)	全透	全透	全透	全透	全透															
水色(コパーレル)	12	12	7	10	13	5	13	8	8	13	13	8	10	12	8	16	17	8	15	
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																

*高橋川は500m沖より少し手前

調査地点	猪苗代湖			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	高橋川	小黒川	長瀬川	
採取水深(m)	1.50	12.25	12.50	13.10	13.24	13.50	13.20	13.45	12.40	13.30	13.57	8.38	13.40	14.10	12.05	13.40	14.05	14.30	12.45
調査年月日	H24.5.10			H24.6.27			H24.7.19			H24.8.9			H24.9.20			H24.10.17			H24.11.7
採水時間	11:50	12:25	12:50	13:10	13:24	13:50	13:20	13:45	12:40	13:30	13:57	8:38	13:40	14:10	12:05	13:40	14:05	14:30	12:45
天候(前日)	<むり後雨>			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ一時雨
天候(当日)	<むり後雨>			晴れ			晴れ			晴れ			曇り			晴れ			晴れ一時雨
気温(℃)	10.5	10.5	10.5	23.9	26.2	22.5	29.2	30.9	31.2	28.5	27.1	23.2	22	25.2	26	18.1	18.1	18.7	10.5
水温(℃)	11.3	11.5	9.0	20.5	22.2	17.9	24.0	26.0	23.7	23.5	25.5	20.4	19.7	23.2	22.3	14.8	17.2	15.5	11.2
透明度(m)	0.85	0.65	0.55	>1	0.48	0.64	0.64	0.86	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	0.54	>1
流量(m ³ /sec)	1.35	0.44	0.91	1.46	47.95	0.67	1.58	11.34	0.75	1.71	6.99	0.74	0.62	4.38	0.62	0.62	0.43	7.66	0.57
色相	無色	淡褐色	茶褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	淡黄褐色	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	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明

*小黒橋は流速が速すぎて欠測

放流 3:00~16:40

放流 12:45~

*工事中 放流12:10~

*工事中 放流なし

*工事中 放流なし

別紙 調査結果

調査地点	猪苗代湖																		
	湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心								
採取水深(m)	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5								
調査年月日	H24.5.10																		
pH	6.55	6.58	6.74	6.71	7.01	6.62	7.48	7.53	4.89	6.96	6.93	6.76	6.84	6.82	7.15	6.38	7.35	7.34	5.16
EC	109.5	109.2	110.9	110.3	110.6	122.7	112	195.1	202	89.1	106.9	106.4	108.3	118.2	136.9	111.7	189.3	155.7	76.5
DO	11.9	11.7	12.2	12.2	10.8	11.2	9.8	10.1	10.6	9.7	9.8	10.4	11.1	9.1	8.8	9.8	8.1	8.5	9.1
SS	<1	<1	<1	<1	1	1	6	4	8	8	<1	<1	<1	2	3	2	9	8	4
大腸菌群数(αTL/法)	<1	<1	6	3	4	450	18	12,000	43	<1	1	39	14	93	3,600	3	9,800	11,000	170
大腸菌群数(βGLB法)	<1	<1	<1	<1	6	<1	74	1,000	1	<1	<1	<1	<1	130	2,400	2	2,400	13,000	33
太陽菌数	0.46	0.48	0.49	0.50	0.47	0.58	0.55	1.12	1.09	0.72	0.62	0.60	0.49	0.66	1.21	0.57	2.00	2.25	0.92
TOC																			

調査地点	猪苗代湖																		
	湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心								
採取水深(m)	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5								
調査年月日	H24.7.19																		
pH	6.92	6.91	6.90	6.76	6.90	7.23	7.41	7.56	3.88	6.85	6.88	7.28	6.70	8.75	8.57	6.83	7.16	7.59	3.87
EC	107.0	107.8	109.9	109.6	106.4	112.6	110.6	167.2	225	110.8	109.8	109.6	112.4	119.6	131.8	109.5	194.1	154.6	277
DO	8.7	8.7	10.9	11.1	8.8	8.1	8.4	7.8	8.4	8.8	9.1	9.9	11.5	8.7	9.0	8.4	7.5	8.4	8.3
SS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	9	3	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	7	7	3
大腸菌群数(αTL/法)	8	24	4	18	85	1,400	410	23,000	460	3	<1	4	9	280	1,500	190	15,000	15,000	1,700
大腸菌群数(βGLB法)	<1	<1	<1	<1	2	2	<1	76	480	<1	<1	<1	<1	<1	2	7	69	120	1
太陽菌数	0.70	0.74	0.63	0.59	0.74	0.85	0.79	1.50	1.93	0.70	0.72	0.72	0.52	1.07	1.55	0.84	1.92	1.96	0.65
TOC																			

調査地点	猪苗代湖																		
	湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心								
採取水深(m)	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5								
調査年月日	H24.9.20																		
pH	6.92	6.95	7.52	6.77	7.95	6.97	7.05	7.57	8.02	6.92	6.88	6.86	6.69	8.61	7.89	6.62	7.58	7.79	3.77
EC	102.8	106.0	104.5	106.9	132.4	136.1	109.8	232	211	343	96.7	109.9	110.6	101.8	167.4	184.7	115.3	229	343
DO	8.2	8.1	10.3	11.9	9.1	8.4	8.1	8.3	9.4	8.0	9.1	9.3	9.4	11.3	10.6	9.9	9.7	10.5	8.9
SS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	3	4	<1	<1	<1	8	5	<1	2	9	23
大腸菌群数(αTL/法)	220	200	430	85	1,700	570	150	12,000	22,000	640	1	98	10	17	360	340	3	7,000	12,000
大腸菌群数(βGLB法)	790	330	1,300	140	4900	260	23	13,000	49,000	49	23	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
太陽菌数	<1	<1	<1	<1	6	1	<1	58	140	2	<1	<1	<1	1	2	<1	140	570	23
TOC	0.69	0.68	0.66	0.49	0.83	0.70	0.70	1.02	1.42	0.63	0.66	0.65	0.50	1.29	1.83	0.65	0.99	1.81	1.35

調査地点	猪苗代湖																		
	湖心		湖心		湖心		湖心		湖心		湖心								
採取水深(m)	5	15	30	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5								
調査年月日	H24.11.7																		
pH	6.78	6.87	6.86	6.77	7.20	6.78	6.82	7.55	7.88	3.89	6.88	6.86	6.69	8.61	7.89	6.62	7.58	7.79	3.77
EC	112.3	113.8	113.3	114.7	128.4	121.2	114.7	246	241	330	96.7	109.9	110.6	101.8	167.4	184.7	115.3	229	343
DO	9.8	10.3	10.1	10.2	10.1	9.8	9.9	10.0	11.6	9.6	9.1	9.3	9.4	11.3	10.6	9.9	9.7	10.5	8.9
SS	<1	<1	<1	<1	3	1	<1	2	5	4	<1	<1	<1	8	5	<1	2	9	23
大腸菌群数(αTL/法)	4	3	2	9	510	10	5	6,400	15,000	200	1	98	10	17	360	340	3	7,000	12,000
大腸菌群数(βGLB法)	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	55	410	2	<1	<1	<1	<1	2	<1	140	570	23
太陽菌数	0.57	0.57	0.58	0.55	0.67	0.56	0.62	1.07	1.80	0.93	0.66	0.65	0.50	1.29	1.83	0.65	0.99	1.81	1.35
TOC																			

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、本県では、平成12年に猪苗代湖を利用するボート数の調査とプレジャーボートからの油分排出実験を行っているが、その後の実態調査は行っておらず、実態を把握することは水環境保全対策上重要と考える。

このため本調査は、プレジャーボートから排出される油成分による水質への影響を把握するとともに、その結果を広く県民及びプレジャーボート利用者・事業者にも周知し、プレジャーボートに係る燃料等の適正な取扱いや水質の汚濁負荷低減策の一助となることを目的とするものである。

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翌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揮発性有機化合物(VOC)であるベンゼン、トルエン、キシレン等の分析を行った。休日は沖合及び湖心で採水し、翌平日は浜及び沖合、湖心で採水した。沖合及び湖心の採水にはボートを用い、表層を採取した。

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

- ①蟹沢浜(沖合) ②中田浜(沖合) ③崎川浜(沖合) ④舟津浜(沖合)
⑤湖心

沖合の調査地点は、プレジャーボートが走行する沖合200m程度とし、浜の調査地点は、湖水浴場として利用されている岸から10~20m程度の地点とした。



図1 調査地点

4 調査時期

- (1) 休日 (7月22日(日)、8月26日(日))
2回/日 (午前・午後)
(2) 平日 (7月23日(月)、8月27日(月))
2回/日 (午前・午後)

5 調査項目

- (1) 現地での調査項目：気温、水温、透明度または透視度、臭気、水色、濁り、ボート台数
(2) 分析項目：pH、電気伝導度、TOC、トルエン、キシレン、ベンゼン



図2 蟹沢浜の様子(7月22日午後)

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）

電気伝導度：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

今回調査した 4 浜のプレジャーボートの総数は、曇りだった 7 月 22 日(日)は 232 台、好天だった 8 月 26 日(日)は 406 台であった。4 浜の中では、走行数、停泊数ともに中田浜で多く、種類別では、4 サイクルエンジン付き座り乗りタイプの上水オートバイが 560 台、2 サイクルエンジン付き立ち乗りタイプの上水オートバイが 60 台、モーターボートが 83 台、エンジン付きヨットが 4 台、観光船が 1 台であり、4 サイクルエンジン付き座り乗りタイプの上水オートバイが全体の約 8 割を占めた。走行していたプレジャーボートは 478 台、停泊していたプレジャーボート数は 230 台であった。平日のボート数は 35 台程度で休日の 1~2 割であった。

表 1 プレジャーボート台数調査結果

		①藤沢浜		②中田浜		③崎川浜		④舟津浜				
		AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM			
7月22日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	2	6	12	15	8	6				
		停泊数	9	12	30	29	10	13	2	2		
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数		1	7	2		1				
		停泊数	5	2	15	16	3	1				
	モーターボート	走行数		1	1		1		1			
		停泊数		3		1		2	6	3		
	ヨット(エンジン付き)	走行数			1		1	2				
		停泊数										
	白鳥号 (観光船)	走行数										
		停泊数										
合計	走行数	2	8	21	17	10	9	1	0	走行数合計	68	
	停泊数	14	17	45	46	13	16	8	5	停泊数合計	164	
7月23日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	2	2	1	1	1	1				
		停泊数	3			8		2	1	1		
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数		1								
		停泊数										
	モーターボート	走行数	1			1						
		停泊数		1			1	1	4			
	ヨット(エンジン付き)	走行数										
		停泊数										
	白鳥号 (観光船)	走行数	1									
		停泊数										
合計	走行数	4	3	1	2	1	1	0	0	走行数合計	12	
	停泊数	3	1	0	8	1	3	5	1	停泊数合計	22	
8月26日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	32	45	65	80	38	55	16	14		
		停泊数		1			2					
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数	1	1	2		2					
		停泊数										
	モーターボート	走行数		24				3	5	3		
		停泊数	6	9			1			3		
	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	33	70	67	80	40	58	21	17	走行数合計	386	
	停泊数	6	10	0	0	1	0	0	3	停泊数合計	20	
8月27日	水上オートバイ (座り乗り4サイクル)	走行数	3	1		2	6					
		停泊数	3	6	1	1	6	1	2	3		
	水上オートバイ (立ち乗り2サイクル)	走行数										
		停泊数										
	モーターボート	走行数								1		
		停泊数										
	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	3	1	0	2	6	0	0	0	走行数合計	12	
	停泊数	3	6	1	1	6	1	3	3	停泊数合計	24	
合計	走行数	42	82	89	101	57	68	22	17	210	268	
	停泊数	26	34	46	55	21	20	16	12	109	121	

(2) pH、EC、TOCの結果(別表1、2)

pHは、沖合 6.27~7.56、浜 6.83~8.60、ECは、沖合 105.3~129.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、浜 97.8 ~148.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 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、沖合 0.50~1.20 mg/L 、浜 0.72~1.79 mg/L であり、沖合でTOCが1 mg/L を超過したのは8月26日(日)午前の蟹沢浜を除き平日であった。

図2を見ると、TOC及びECは大きな変動はなかった。

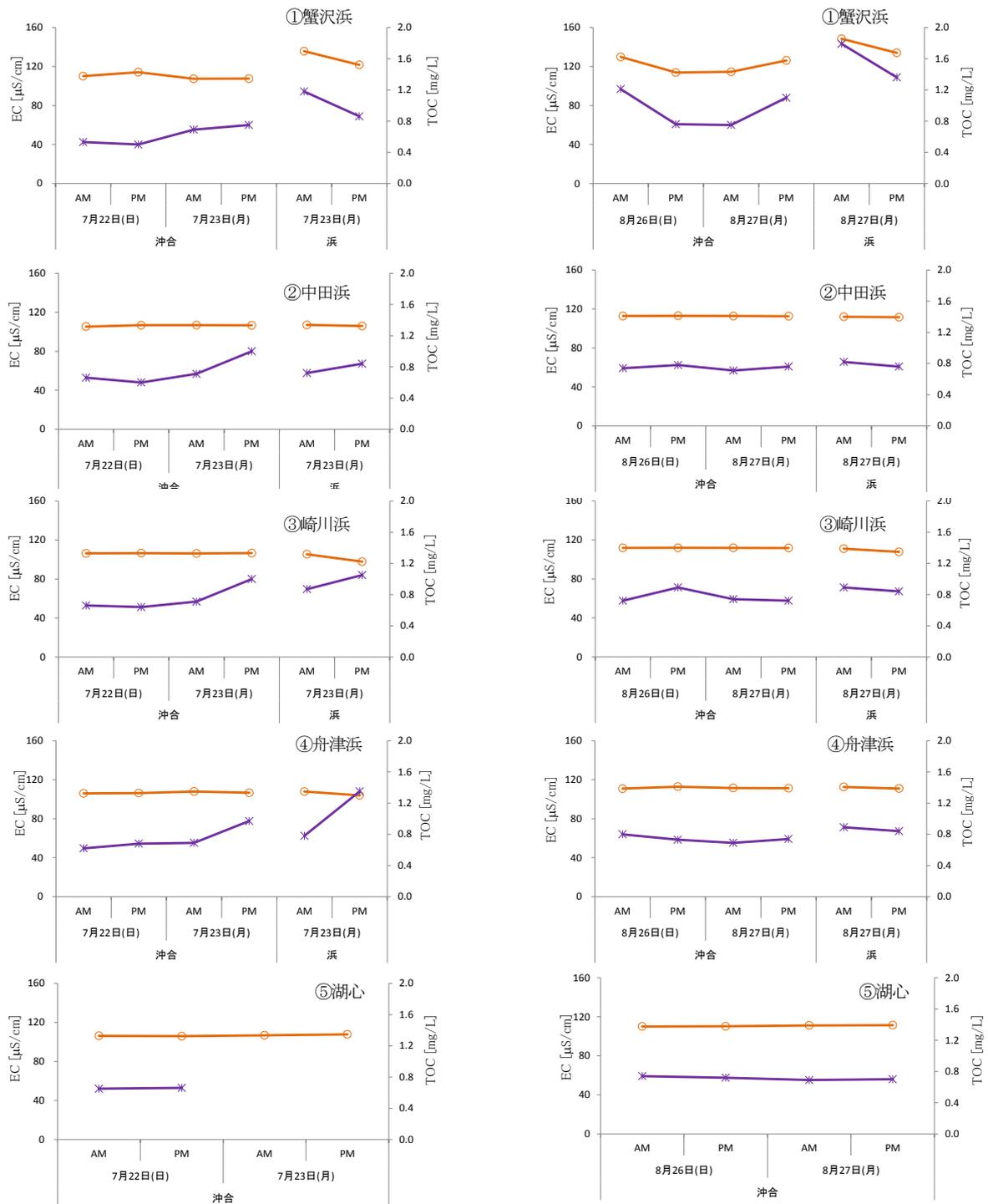


図3 各調査地点におけるEC及びTOC ○ EC * TOC

(3) VOCの結果(別表1、2)

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揮発性有機化合物(VOC)3種であるベンゼン、トルエン、キシレンの結果を図3に示す。ベンゼンは、7月23日(月)崎川浜沖合で0.0002 mg/L、8月26日(日)午後中田浜沖合で0.0003 mg/L 検出された。トルエンは、沖合<0.0002~0.0009 mg/L、浜<0.0002~0.0014 mg/L の範囲で検出された。キシレンは、崎川浜で8月27日(月)午前に0.0007 mg/L 検出されたただけであった。これらの最大値を環境基準等と比較すると、表2のとおりとなり、ベンゼンは最大約1/30、キシレンは約1/500、トルエンは水道水質基準の約1/140であった。

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	0.0003	0.0002	0.01	0.01
トルエン	0.0009	0.0014	0.6 ^{*1}	0.2 ^{*2}
キシレン	< 0.0004	0.0007	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)

VOC濃度の推移をみると、7月の調査では、休日にトルエンが検出されたすべての沖合で翌平日もトルエンが検出されたが、浜で検出されたのは中田浜のみであった。8月の調査では、休日の沖合ほぼすべての地点でトルエンが検出され、翌平日は、沖合では蟹沢浜のみ、浜では崎川浜のみでトルエンが検出された。平日のプレジャーボート数は休日の1~2割であるのに、平日の午前が休日の午後と同程度かそれ以上にトルエンが検出されたことは、前日(休日)のプレジャーボート走行の影響と考えられた。8月よりも7月のほうがこの影響が大きかった要因の一つは、8月の調査時は7月の調査時よりも気温水温ともに約7℃高かったため、VOCの揮散が促進された可能性も考えられた。

また、トルエンが0.001 mg/L以上検出されたのは、7月23日(月)午前の中田浜で0.0011 mg/L、8月27日(月)午前の崎川浜で0.0014 mg/Lであり、プレジャーボート走行数の少ない平日でトルエンが最高濃度となったことから前日(休日)のプレジャーボート走行の影響が考えられた。

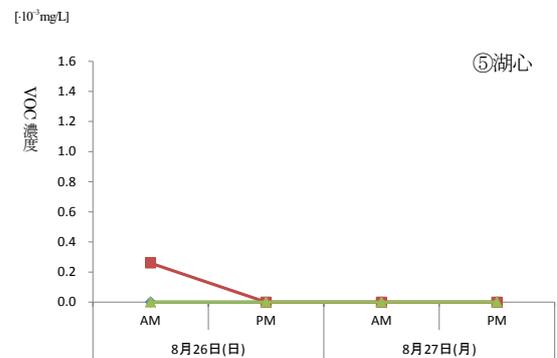
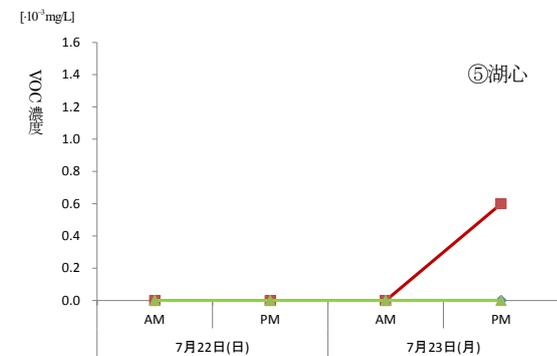
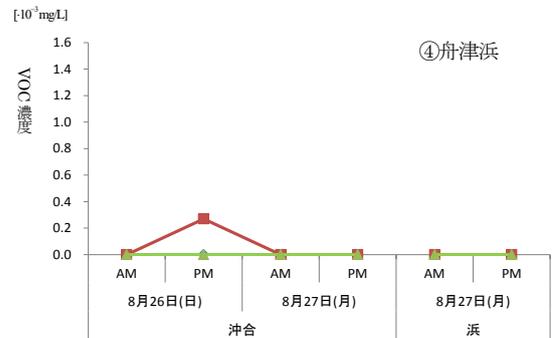
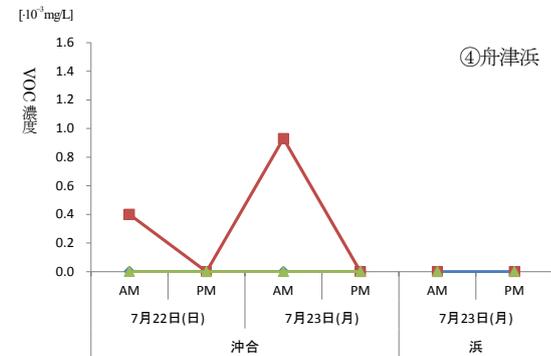
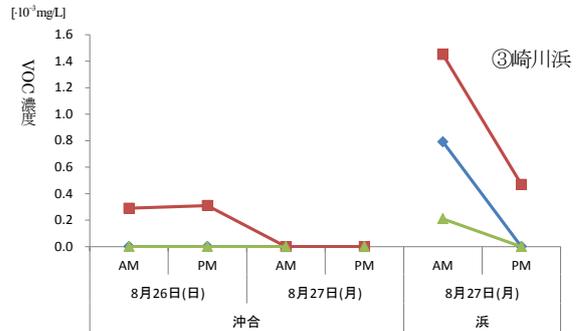
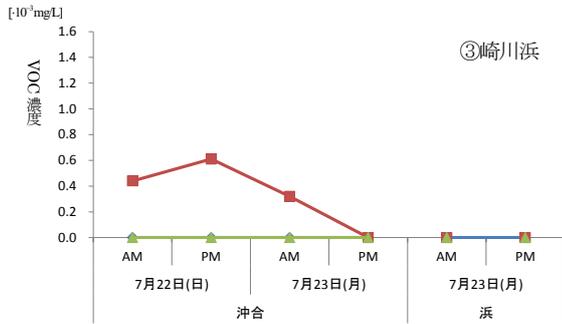
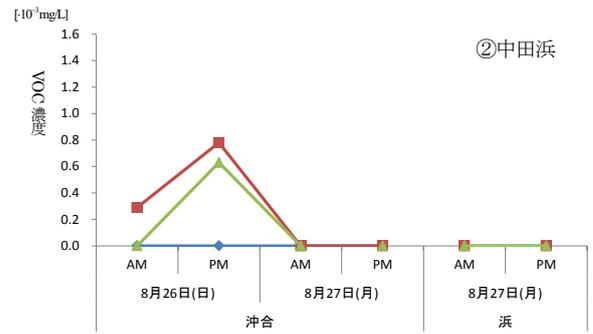
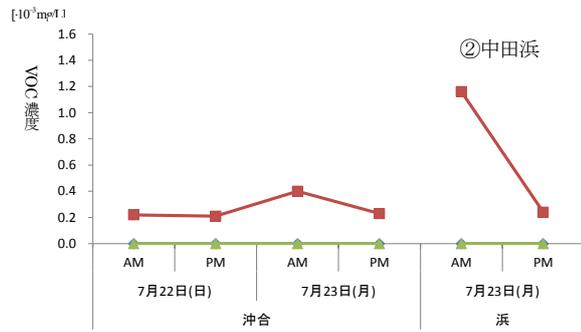
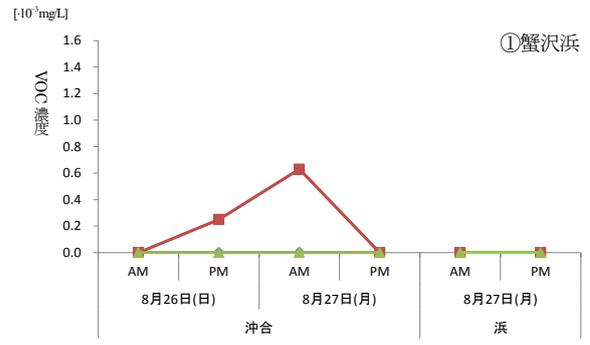
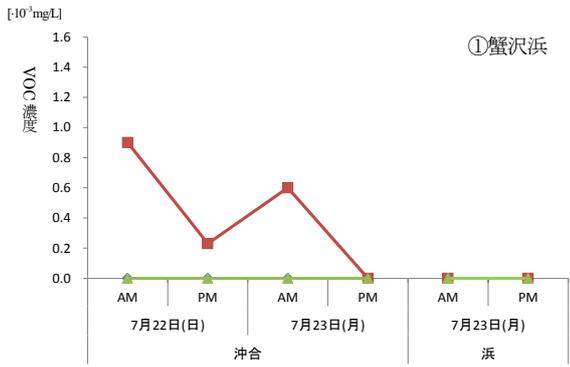


図4 各調査地点におけるVOC濃度

◆ キシレン ■ トルエン ▲ ベンゼン

(4) プレジャーボート走行及び停泊台数とトルエン濃度との関係

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間に一定の傾向はなかったが、7月23日(月)午前に中田浜で0.0011 mg/L、8月27日(月)午前に崎川浜で0.0014 mg/Lと最高値を示し、7月調査8月調査ともに平日にトルエンが検出されたのはほぼ午前であり、平日はプレジャーボート走行数が少ないことから前日のプレジャーボートの影響が考えられた。

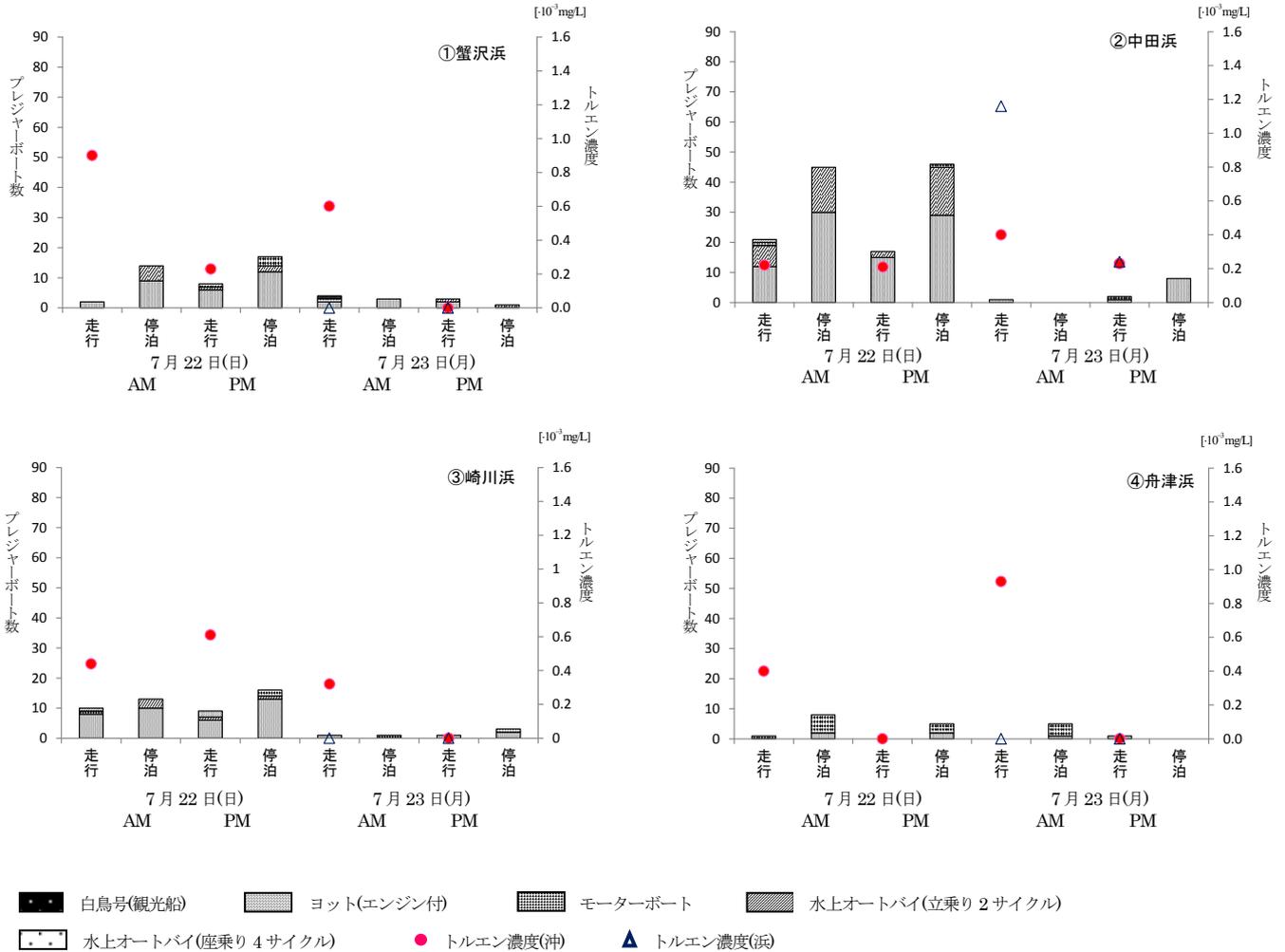


図5 ボート数とトルエン濃度(最大値)の関係(7月調査)

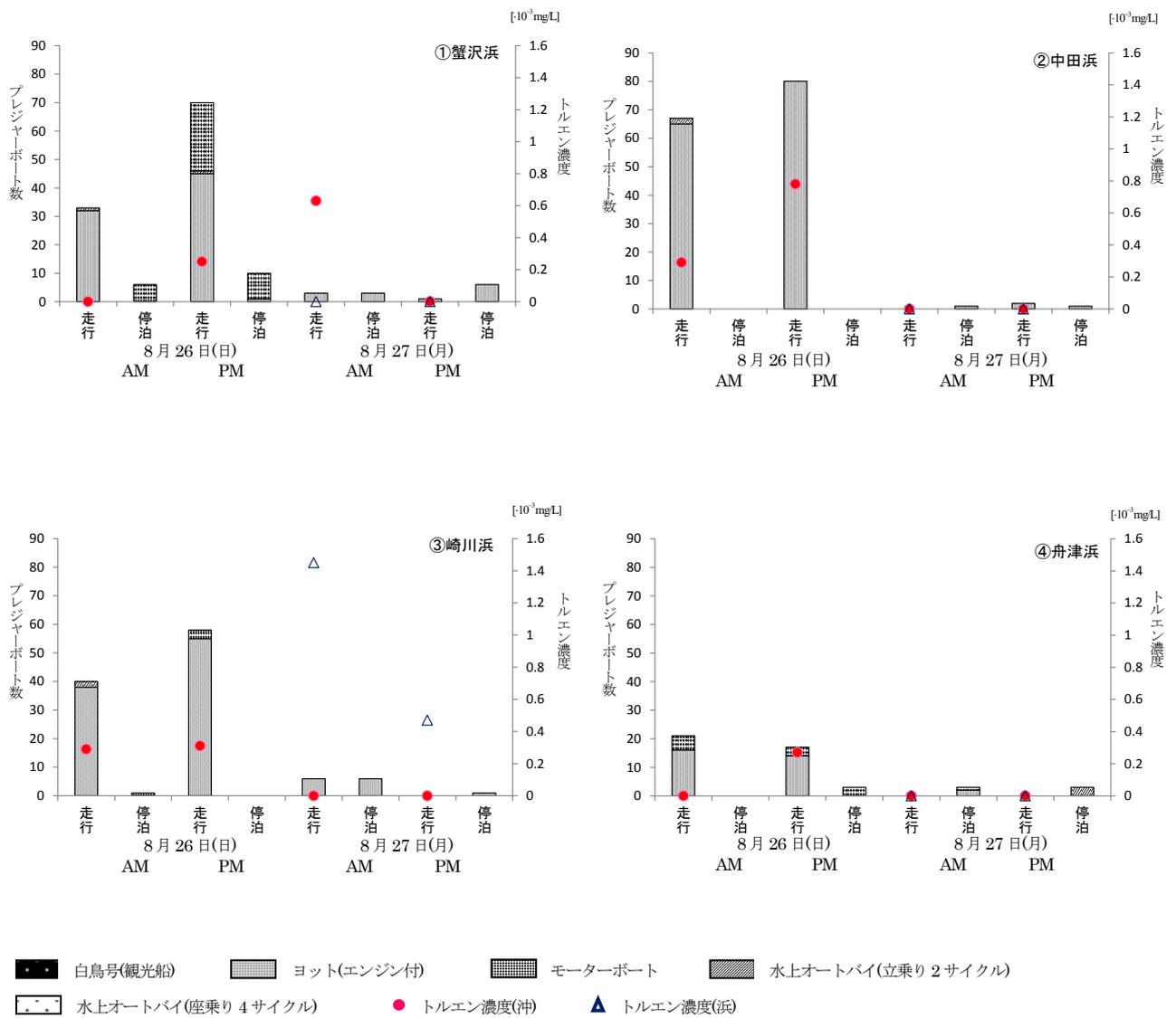


図6 ボート数とトルエン濃度(最大値)の関係(8月調査)

また、午前午後のプレジャーボート走行台数の和を各浜ののべ走行台数としてトルエン濃度の最大値との関係を見ると、図7のとおりとなった。

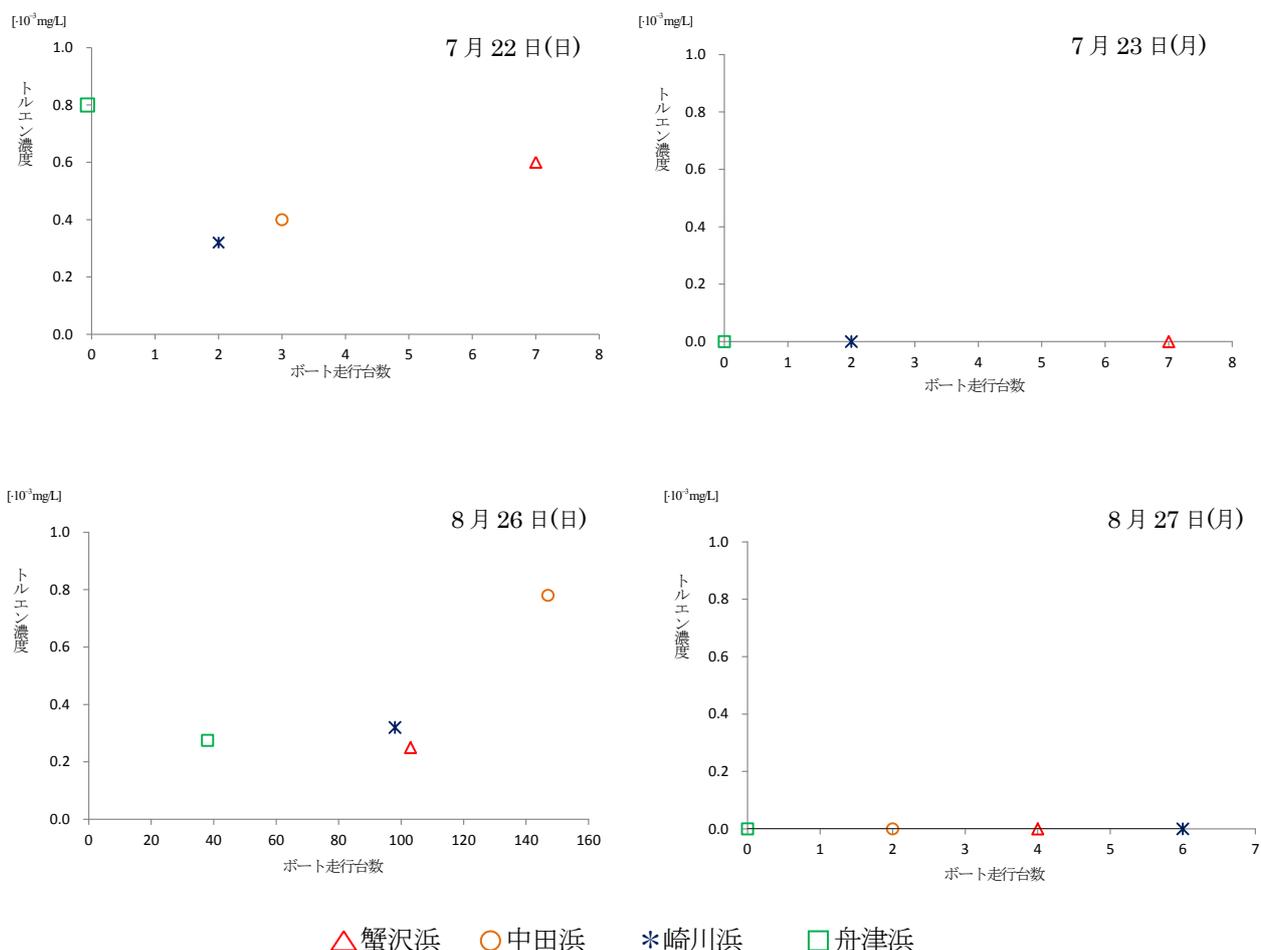


図7 プレジャーボートのべ走行台数とトルエン濃度(最大値)の関係

8 まとめ

- (1) プレジャーボートは走行中のもの、停泊中のものいずれも中田浜で多く確認された。
- (2) 今回の調査における VOC の最高値は、ベンゼン 0.0003 mg/L、トルエン 0.0014 mg/L、キシレン 0.0009 mg/L であった。これを環境基準や指針値等の参考値と比較すると、ベンゼンは約 100 分の 1、トルエンは約 430 分の 1、キシレンは約 500 分の 1 であり、トルエンは水道水質基準と比較すると約 150 分の 1 であった。
- (3) 7月8月ともにプレジャーボート数の少ない平日午前においても VOC が検出され、前日のプレジャーボート走行の影響が考えられた。
- (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思われる。

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

別表1 調査結果(7月)

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心	
採水日		7月22日(日曜日)									
天候(前日・当日)		曇り・曇り									
採水時間		午前	午後								
		10:40	13:50	10:15	13:40	10:00	13:30	11:20	12:30	11:00	14:00
位置情報	緯度	37°31.320		37°28.628		37°27.844		37°24.862		37°27.763	
	経度	140°03.622		140°02.201		140°03.156		140°07.207		140°05.986	
湖岸からの距離	m	200		300		250		400		*****	
採水地点の水深	m	2.5	3.2	15		36		9		95	
気温	℃	20.4	22.2	20.3	23.5	20.5	23.3	21.1	22.5	21.2	22.8
水温	℃	20.3	20.7	21.0	21.2	20.9	21.5	20.8	20.6	21.1	21.1
透明度	m	2.5	2.5	6.5	6.5	6.5	7	6.7	6.7	7.5	6.5
水色(フォーカ)	No	4	3	4	4	5	5	5	5	4	3
色相		無色	無色								
濁り		透明	透明								
臭気		無臭	無臭								
pH		6.57	6.27	6.94	6.67	6.91	6.90	6.92	6.98	6.90	6.91
EC	μS/cm	110.1	114.1	105.3	106.7	106.3	106.5	105.9	106.2	106.2	105.9
TOC	mg/L	0.53	0.50	0.66	0.66	0.66	0.64	0.62	0.68	0.65	0.66
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
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	0.9	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.4	<0.2	<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

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖	
採水日		7月23日(月曜日)																	
天候(前日・当日)		曇り・曇りのち晴れ																	
採水時間		午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後
		10:15	13:45	10:30	14:00	10:45	14:10	11:00	14:30	10:00	13:30	11:50	12:30	10:45	14:20	11:00	14:05	9:50	13:15
位置情報	緯度	37°31.277	37°31.277	37°28.575	37°28.589	37°27.886	37°28.589	37°24.855	37°24.843	37°28.388		37°31.276		37°28.386		37°27.469		37°30.507	
	経度	140°03.609	140°03.609	140°02.133	140°02.122	140°03.130	140°02.122	140°07.250	140°07.207	140°05.981		140°03.330		140°02.338		140°02.593		140°06.583	
湖岸からの距離	m	200		300		250		400		*****		20		10		15		10	
採水地点の水深	m	2.7	6.5	8.6	4.8	34.8	33.4	8.0	33.4	96		0.6		1.2		1.2		1.2	
気温	℃	25.0	27.1	23.9	26.0	24.5	26.2	23.8	25.8	26.5	27.9	29.5	26.9	25.2	28.3	24.5	25.5	22.8	26.3
水温	℃	21.9	23.1	22.1	23.1	21.9	23.0	22.0	23.5	22.5	22.8	25.0	25.7	24.4	22.5	24.4	23.5	21.9	23.9
透明(視)度	m	2.7	5.2	6.5	4.8	7	6.2	8	8	8.5	8.3	0.83	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1
水色(フォーカ)	No	4	3	6	2	1	1	3	2	3	2	*****		*****		*****		*****	
色相		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								
臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭								
pH		6.88	6.92	6.87	6.89	6.92	6.98	6.92	6.92	6.95	6.88	7.02	6.85	6.88	6.91	6.94	6.89	6.83	6.95
EC	μS/cm	107.4	107.5	106.8	106.6	106.2	106.6	107.9	106.6	106.8	107.7	135.7	121.7	107.0	105.9	105.4	97.8	107.8	103.9
TOC	mg/L	0.69	0.75	0.71	1.00	0.71	1.00	0.69	0.97	/		1.18	0.86	0.72	0.84	0.87	1.05	0.78	1.35
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	<0.2	<0.2	0.2	<0.2
トルエン	×10 ⁻³ mg/L	0.6	<0.2	0.4	0.2	0.3	<0.2	0.9	<0.2	<0.2	0.6	<0.2	<0.2	1.1	0.2	<0.2	<0.2	<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	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

別表 2 調査結果(8月)

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心	
採水日		8月26日(日曜日)									
天候(前日・当日)		晴れ・晴れ									
採水時間		午前	午後								
		11:00	14:10	11:20	14:20	11:30	14:35	11:52	14:55	10:17	13:45
位置情報		緯度		37°28.628		37°27.844		37°24.816		37°28.056	
		経度		140°02.201		140°03.156		140°07.218		140°06.150	
湖岸からの距離		200		300		250		400		*****	
採水地点の水深		4.6	6.3	4.4	4	9.2	7.8	6.6	7.2	95	
気温		31.5	32.0	31.0	30.3	29.0	29.8	29.5	30.5	30.5	29.0
水温		28.0	28.0	26.5	27.5	26.5	28.5	27.5	28.0	28.8	28.4
透明度		4.6	6.3	4.4	4	9.2	7.8	6.6	7.2	9.6	10.5
水色(ハザレ)		No	6	6	6	4	4	5	4	1	2
色相		無色	無色								
濁り		透明	透明								
臭気		無臭	無臭								
pH		7.56	6.87	6.80	6.83	6.80	6.75	6.87	7.3	6.92	6.87
E C		129.8	113.8	112.7	112.9	111.8	111.9	110.8	112.8	110.1	110.3
T O C		1.20	0.76	0.74	0.78	0.72	0.89	0.80	0.73	0.74	0.72
ベンゼン		<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
トルエン		<0.2	0.2	0.2	0.7	0.3	0.3	<0.2	0.2	0.2	<0.2
キシレン		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4

調査地点		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖		⑤猪苗代湖湖心		①蟹沢浜沖		②中田浜沖		③崎川浜沖		④舟津浜沖			
採水日		8月27日(月曜日)																			
天候(前日・当日)		晴れ・晴れ																			
採水時間		午前	午後																		
		10:40	14:00	11:00	14:20	11:15	14:30	11:40	14:50	10:20	13:45	13:05	14:10	11:55	14:55	11:20	15:30	10:20	15:55		
位置情報		緯度		37°28.575		37°28.589		37°24.855		37°24.843		37°28.388		37°31.276		37°28.386		37°27.469		37°30.507	
		経度		140°02.133		140°02.122		140°03.130		140°02.122		140°07.250		140°05.981		140°03.330		140°02.338		140°02.593	
湖岸からの距離		200		300		250		400		*****		20		10		15		10			
採水地点の水深		4.5	3.6	4.5	6.0	30.3	28.0	6.6	7.5	95.5	96	0.6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2				
気温		30.5	29.6	28.9	28.5	29.5	29.6	28.0	30.8	30.5	29.5	31.8	26.9	25.2	28.3	24.5	25.5	22.8	26.3		
水温		28.5	29.0	29.0	28.5	28.0	28.6	27.5	28.4	28.0	28.5	31.5	25.7	24.4	22.5	24.4	23.5	21.9	23.9		
透明度(視)度		4.5	3.6	3.6	6	11.5	11	6.6	7.5	12	11.5	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1		
水色(ハザレ)		No	6	6	6	6	6	7	4	3	5	*****	*****	*****	*****	*****	*****				
色相		無色	無色	淡黄褐色	淡黄褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色										
濁り		透明	透明																		
臭気		無臭	無臭	微海草臭	微海草臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭										
pH		6.94	7.55	6.86	6.86	6.82	6.83	6.84	6.87	6.83	6.81	8.60	8.33	7.00	6.93	6.88	6.96	7.17	7.07		
E C		114.5	126.2	112.7	112.5	111.8	111.7	111.4	111.2	111.2	111.5	148.4	134.0	112.0	111.5	111.0	107.7	112.5	110.9		
T O C		0.75	1.10	0.71	0.76	0.74	0.72	0.69	0.74	0.69	0.70	1.79	1.36	0.82	0.76	0.89	0.84	0.86	0.72		
ベンゼン		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<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		0.6	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	1.4	0.4	<0.2	<0.2		
キシレン		<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.79	<0.4	<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、尾瀬沼及び千五沢ダム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考察した。

3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心（表層）
- (2) 尾瀬沼湖心（表層、水深 3m、水深 6m）
- (3) 千五沢ダム湖心（表層、水深 10m）

4 調査時期

- (1) 3-(1)、3-(2)については、6月及び9月
- (2) 3-(3)については、5月及び8月

5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度、色相、臭気、濁り
- (2) 3-(1)、3-(2)については、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、紫外外部吸光度(UV260)、クロロフィル a
- (3) 3-(3)については、pH、EC、BOD、COD、D-COD、TOC、DOC
- (4) 3-(1)、3-(2)については、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	1200ml
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、COD、D-COD、TOC、DOC、NO ₃ -N、NO ₂ -N、NH ₄ -N、 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：吸光光度法
- (11) DTN、DTP：ろ過後、吸光光度法
- (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 の紫外部吸光度
- (18) クロロフィル a：吸光光度法

* 溶存態成分のろ過は 450℃で約 3 時間燃焼後の 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) 各湖沼における BOD、COD 及び TOC の月別変化について

各湖沼における 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することから微生物により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。

猪苗代湖の BOD は、6、9 月とも 0.5mg/l 未満の低い値であった。一方 COD は 6 月に 1.3mg/l、9 月に 1.0mg/l で BOD の 2 倍以上で、それぞれの D-COD の割合は 85%、91% と溶存態の割合が高かった。TOC は、6 月 0.72mg/l、9 月 0.74mg/l で、それぞれの DOC の割合は 90%、95% と D-COD 同様溶存態の割合が高かった。

尾瀬沼の BOD は、6 月は 0.5mg/l 前後の低い値であったが、9 月の水深 6m では 1.7mg/l となった。COD は 6 月には、2.5mg/l 前後の値、9 月の水深 6m では 4.7mg/l となった。D-COD の割合は、表層及び水深 3m は 81%（6 月～9 月平均値）を示したが、水深 6m では 66%（6 月～9 月平均値）と下層で溶存態の割合が小さく、さらに 9 月は 57% と低かった。TOC も、6 月より 9 月に高い値を示した。6 月は 1.5mg/l 前後の低い値であったが、9 月は 2.0mg/l 前後

であった。DOC の割合は 83% (平均値)、D-COD 割合より高く、採取水深による明らかな差はみられなかった。

千五沢ダムの BOD は、6 月表層 5.1mg/l、水深 10m では 2.5mg/l、COD は表層 5.9mg/l、水深 10m では 3.6mg/l、TOC は表層 3.3mg/l、水深 10m では 2.3mg/l と猪苗代湖及び尾瀬沼より高い値で、特に BOD が COD と比較して高く、易分解性の有機物が多いことが考えられた。8 月の千五沢ダムは、アオコの大量発生がみられ、表層では高い BOD 及び COD を示した。水深 10m では BOD が 2.1mg/l に対し COD 5.5mg/l、TOC 3.0mg/l と 5 月の水深 10m とは異なり BOD と比較して COD が 2 倍以上の高い値であった。

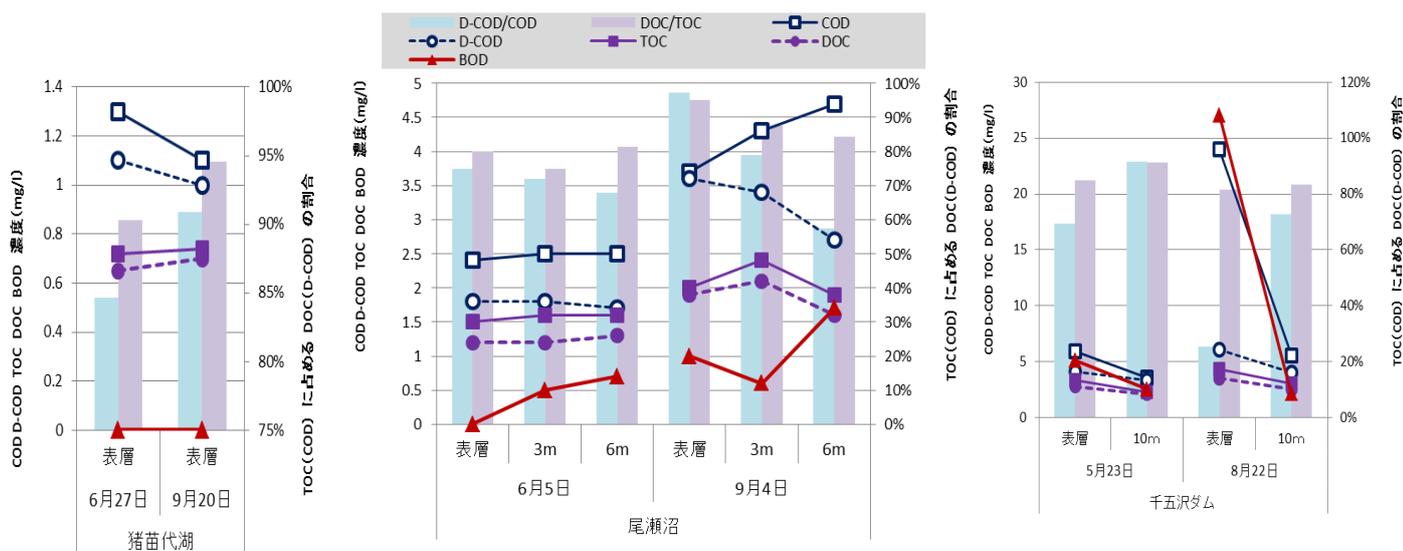


図1 猪苗代湖、尾瀬沼及び千五沢ダムにおける BOD 等の変化

(2) 猪苗代湖及び尾瀬沼における窒素及びリンの月別変化について

各湖沼における T-N 及び T-P 等の調査結果を図 2 及び表 2 に示す。図において、T-N、NO₃-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 6 月 0.26mg/l、9 月 0.17mg/l で NO₃-N は 6 月 0.21mg/l、9 月 0.14mg/l と T-N の約 80% を NO₃-N が占めていた。T-P はすべて < 0.003mg/l で、T-P が 0.003mg/l であったと仮定しても、N : P 比 (重量比) が 10 以上となり、リンが植物プランクトンの増殖を制限因子となっていた。¹⁾

尾瀬沼の T-N は 6 月は 0.25mg/l 前後の値、DTN の割合も 90% 以上、NO₃-N も 0.17mg/l 前後の値であった。これが 9 月は表層で T-N の減少、NO₃-N が検出されなくなり DTN 割合の減少がみられた。水深 3、6m の T-N は表層より高い値を示し、NO₃-N、DTN 割合の減少が確認された。このことは、植物プランクトンの活発化により、特に表層で NO₃-N が消費され、減少していることが考えられた。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 0.019mg/l と高い値を示した。この時、DTP 割合も低かった。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を制限因子となっていた。

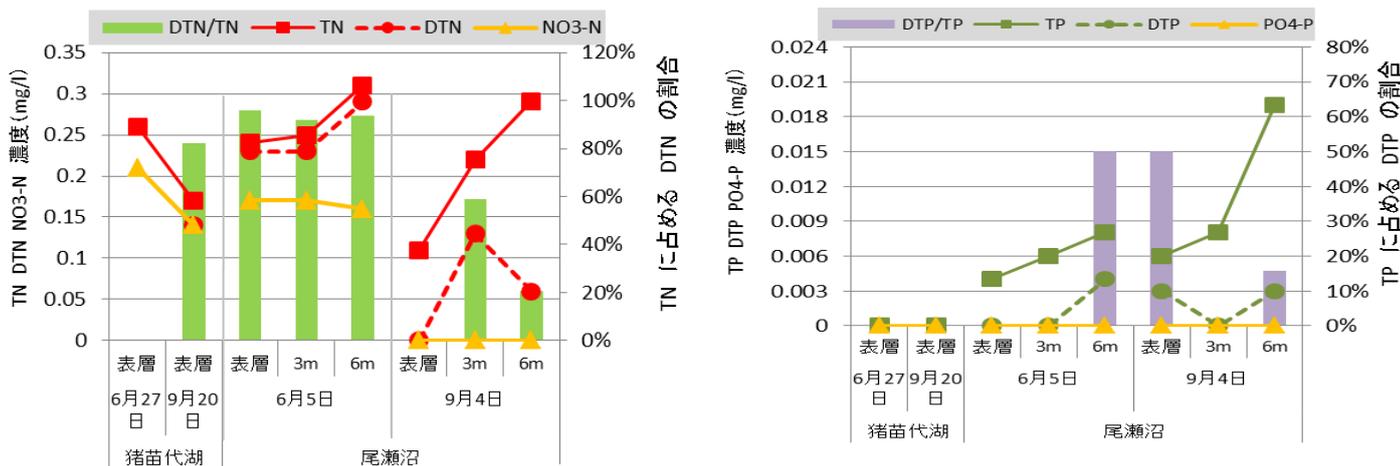


図2 猪苗代湖及び尾瀬沼における T-N 等の変化

表2 尾瀬沼における N:P 比 (重量比)

調査地点	尾瀬沼					
	6月5日			9月4日		
採取年月日						
採水地点	0.5m	3m	6m	0.5m	3m	6m
N:P比	60	42	39	18	28	15

(3) 各湖沼における UV260/DOC 比について

各湖沼における UV260/DOC 比の調査結果を図3に示す。

猪苗代湖の UV260/DOC 比は 10[(mABS/cm)/(mg/l)]前後の値であり、土壌由来である外来性有機物由来の寄与ではなく、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⁾であった。

尾瀬沼の UV260/DOC 比は 6 月には 40[(mABS/cm)/(mg/l)]との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 (23~58[(mABS/cm)/(mg/l)])²⁾であった。しかし、9 月の表層及び水深 6m では 28[(mABS/cm)/(mg/l)]程度と低下していた。このことは、9 月のクロロフィル a 濃度が表層で上昇していたことから、植物プランクトンの増殖が活発であったため、UV260/DOC 比の低い内部生産由来の有機物が増加したことにより、UV260/DOC 比が低下していたと考えられた。9 月の水深 6m については、35[(mABS/cm)/(mg/l)]程度であり、下層ではこの影響は少なかったと考えられた。

千五沢ダム表層の UV260/DOC 比は 25[(mABS/cm)/(mg/l)]前後の値であり、内部生産有機物由来と、外来性有機物質由来の両者の寄与があることが推定された。水深 10m の UV260/DOC 比は表層のより高く、特に 8 月には 93[(mABS/cm)/(mg/l)]と高かった。

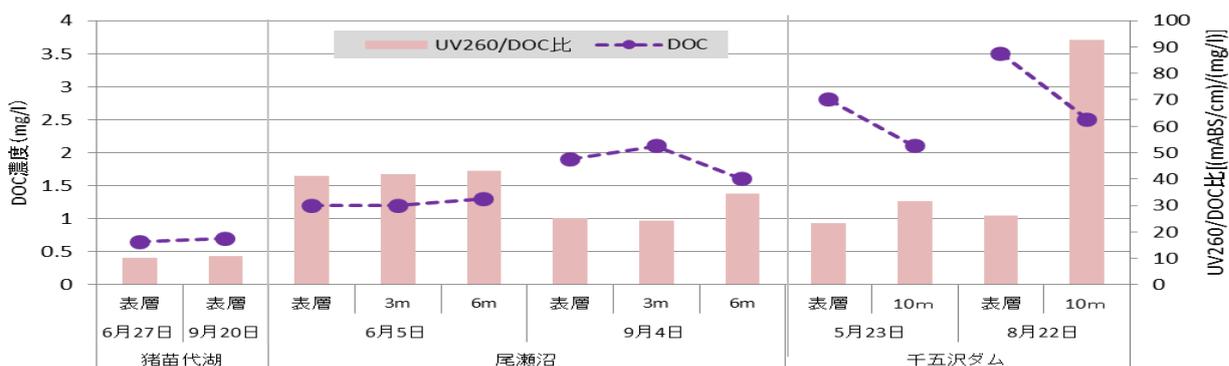


図3 各湖沼における UV260/DOC 比及び DOC の変化

(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 4 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 で検討を行った。猪苗代湖は、平均滞留時間が約 3.7 年と長いため 100 日後の生分解試験を行ったが、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。

猪苗代湖の難分解性 TOC は 0.58mg/l (6、9 月平均値)、難分解性 DOC は 0.55mg/l (6、9 月平均値) であり、難分解性 TOC 及び難分解性 DOC の値は変わらず、難分解性 TOC のほぼ 100% が溶存態であることがわかった。TOC 及び DOC の約 80% が難分解性成分であった。

尾瀬沼の 6 月の難分解性 TOC は 0.99mg/l (3 層平均値)、難分解性 DOC は 0.98mg/l (3 層平均値)、9 月の難分解性 TOC は 1.23mg/l (3 層平均値)、難分解性 DOC は 1.17mg/l (3 層平均値) であり、難分解性 TOC のほぼ 100% が溶存態であり、生分解前に存在していた POC のすべてが減少したことにより、POC のほとんどが易分解性であることがわかった。難分解性 TOC は、季節や水深による違いがなく約 60%、難分解性 DOC は約 80% (9 月の表層及び水深 3m を除く) と違いが認められた。

また、30 日生分解後の TOC をみてみると、6 月には 30 日生分解後 TOC と 100 日生分解後の TOC はほぼ同様であり易分解性有機物が 30 日ですべて分解されたが、9 月では 30 日間ではまだ生分解の途中であったため、6 月と 9 月では易分解性有機物の種類が異なる可能性が示唆された。



図 4 猪苗代湖及び尾瀬沼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 5 に示す。

猪苗代湖の 100 日生分解後の UV260/DOC 比はほとんど変化がなかった。

尾瀬沼の 6 月については、30 日後で UV260/DOC 比は微増していた。これは、DOC 中の易分解性分が減少しているが、難分解性有機物が変化していないことを示している。しかし 100 日後の UV260 は減少しており、UV260/DOC 比も減少していた。9 月については、30 日後、100 日後と、DOC の減少及び UV260/DOC 比の増加がみられ (採取水深 6m の 100 日後検体を除く)、易分解性有機物が分解され難分解性有機物が残存していることが考えられた。

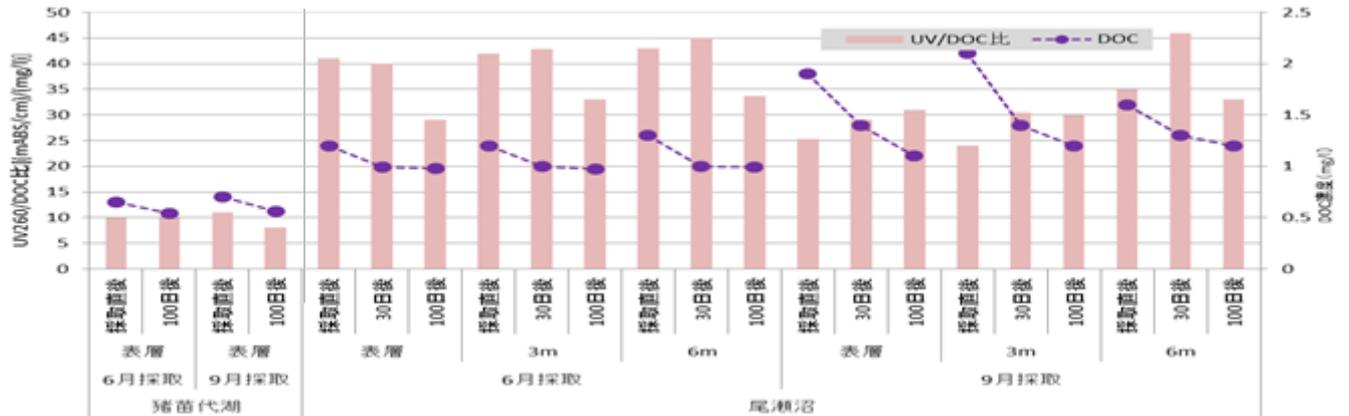


図5 猪苗代湖及び尾瀬沼における生分解試験における UV260/DOC 等の変化

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いが、湖水の有機物特性は内部生産性有機物の寄与が大きいことが示唆された。難分解性 TOC 及び難分解性 DOC 割合は約 80%と、難分解性有機物の割合は高かった。
- (2) 尾瀬沼の有機物特性は、6月の 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の大きな値であったが、9月には内部生産由来有機物の寄与が増えていることがわかった。難分解性 TOC 割合は約 60%、難分解性 DOC 割合は約 80%あり、難分解性 TOC より難分解性 DOC の割合は高く、POC のほとんどが易分解性有機物であった。
- (3) 千五沢ダムの水深 0.5m は COD が高いが、BOD も高く難分解性有機物の寄与が少ないことが示唆された。

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	尾瀬沼(湖心)			尾瀬沼(湖心)		
	採取水深(m)	0.5	3	6	0.5	3
調査年月日	H24.6.5			H24.9.4		
採水時間	8:32	8:48	9:05	8:25	8:30	8:39
天候(前日)	曇り			雨		
天候(当日)	曇り			晴れ		
気温(°C)	18.5	18.5	18.5	14.8	14.8	14.8
水温(°C)	14.5	9.6	6.6	21.3	21.1	15.1
全水深(m)	8.5			7.5		
透明度(m)	3			4.8		
水色(フォーレル)	14			15		
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	猪苗代湖(湖心)		千五沢ダム(湖心)			
	採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	10	0.5
調査年月日	H24.6.27	H24.9.20	H24.5.23		H24.8.22	
採水時間	9:30	9:35	9:15		10:35	
天候(前日)	晴れ	晴れ	曇り後雨		晴れ	
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り		晴れ	
気温(°C)	18.8	20.9	17.4		32.2	
水温(°C)	16.8	24.5	17.6	13.9	30.7	8.8
透明度(m)	6.5	10.5	1.5		0.7	
水色(フォーレル)	5	6				
色相	無色	無色	緑青色	無色	中緑色	薄茶色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	カビ臭	硫化水素臭
濁り	透明	透明	微濁	微濁	濁	微濁

* アオコ発生、

5 高度処理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 日より求められる。このため、猪苗代湖流域での高度処理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

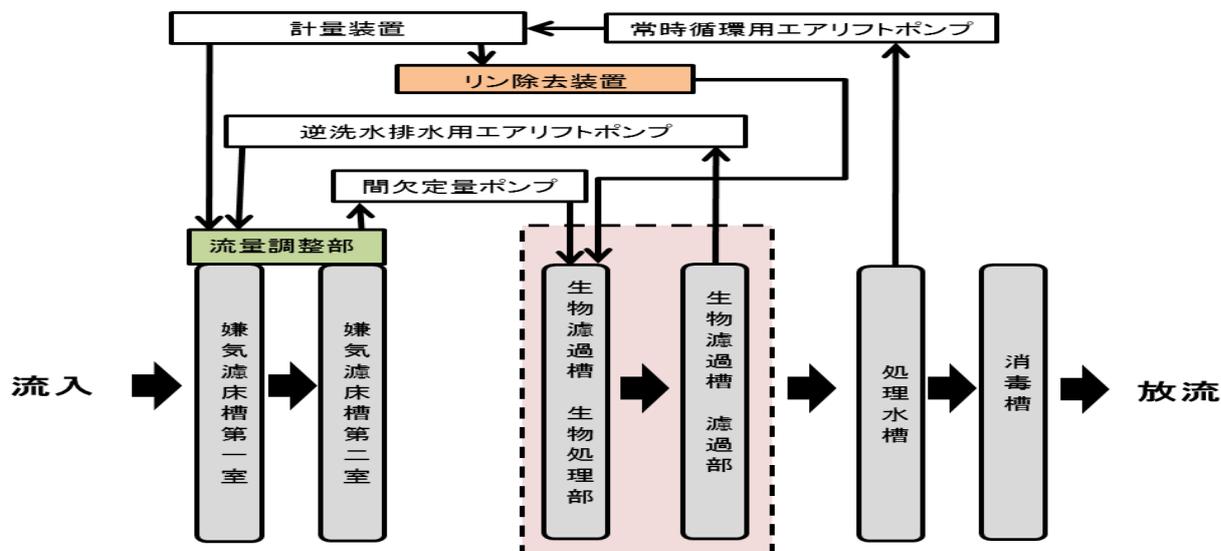
種 別	処理方式	流入水質(mg/L)			実使用人員
		処理性能(設計処理水質)注)(mg/L)			
		BOD	全窒素	全リン	
①窒素・リン除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床・担体流動ろ過方式にリン除去装置を加えた方式	200以下	45以下	5以下	6人
		10以下	10以下	1以下	
②窒素除去型 浄化槽 7人槽	流量調整型嫌気ろ床・担体流動循環生物ろ過方式	200以下	45以下	—	3人
		10以下	10以下	—	

注)設計処理水質は、日間平均値である。

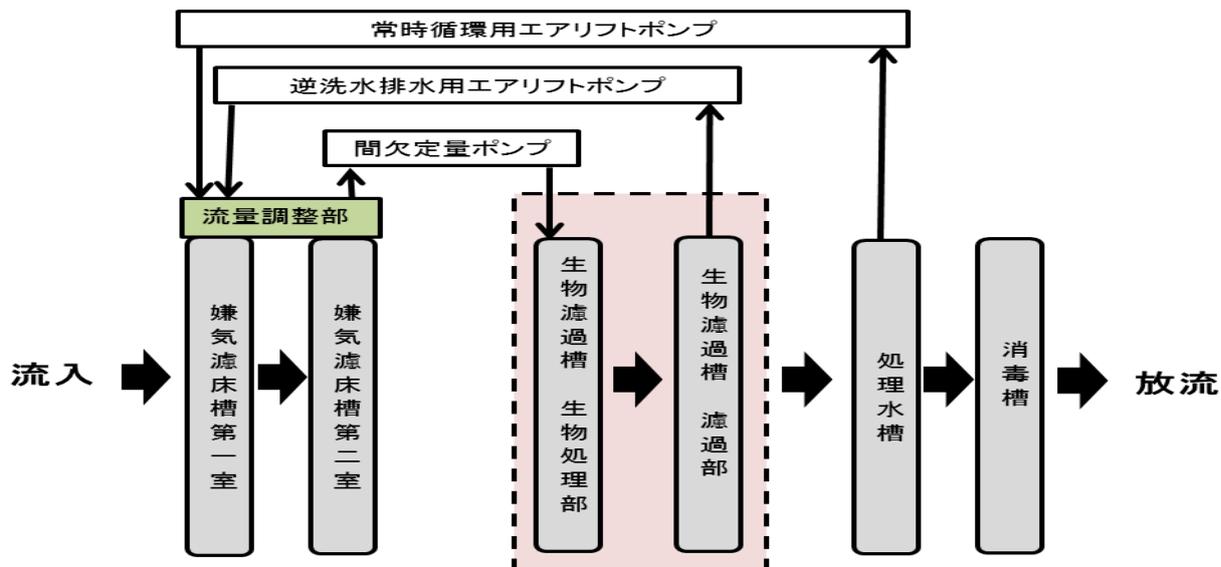
*両浄化槽とも市が整備したものであり、維持管理も市が委託して行っている。

『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(Fe^{2+})が溶出し、水中の溶存酸素により3価の鉄イオン(Fe^{3+})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。

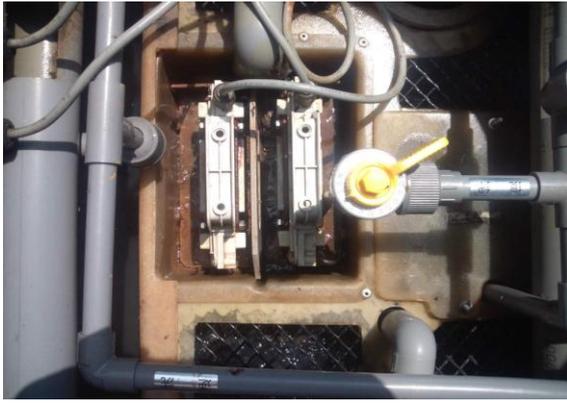


写真1 鉄電極板の設置状況



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(6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、いずれも処理水槽から手動ポンプを用いて採水した。ただし、6月の検体はいずれも『曝気槽静止部』(呼び称)から採水した。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。なお、原水は、夾雑物が認められたため、試験室にて2mmメッシュでろ過したものを試料として分析した。

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: フレーム原子吸光法 (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 24 年度 高度処理浄化槽排水実態調査 結果』のとおり。

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。しかしながら、窒素・リン除去型浄化槽の処理水の BOD、全リン、全窒素は、少なくとも設計処理水質を満足せず、維持管理の実施状況なども含めて、今後検討していく必要がある。

また、2 種類の浄化槽の処理対象人員は 7 人と同じであるが、実使用人員が窒素・リン除去型浄化槽で 6 人、窒素除去型浄化槽は 3 人と異なること、また設計に対しての負荷量が少ないこと、使用水量が井戸水等を使用していたため不明であることから、汚濁負荷量としての考察は困難である。今後、対象とする浄化槽の選定等を含めて検討を行い、処理方式の実態を反映したデータの蓄積に努めたい。

別紙 平成24年度 高度処理浄化槽排水実態調査 総括表

処理水	①pH	②BOD	③COD	④電気伝導度	⑤全リン	⑥溶存態リン	⑥懸濁態リン	⑦全窒素	⑧溶存態窒素	⑧懸濁態窒素	⑨溶解性鉄	気温	水温	透視度
		mg/l	mg/l	μ S/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	°C	cm
窒素・リン除去型	6月	28.9	37.5	297	3.1	1.5	1.6	41	43	0.3	2.9	22.0	21.5	6
	7月	9.3	17.1	284	1.0	0.8	0.2	12	11	1.0	4.0	27.0	26.0	20
	9月	8.5	15.9	290	2.0	1.7	0.3	14	14	0.3	3.0	24.0	25.5	17
	11月	7.4	14.5	19.1	230	1.4	1.0	0.4	13	11	2.0	7.0	13.5	23
窒素除去型	6月	7.5	9.4	17.8	504	3.8	0.3	8.1	8.0	0.3	<0.1	20.5	21.0	>30
	7月	6.8	10.6	19.0	287	2.2	0.1	8.3	9.4	0.3	-	28.0	26.0	48
	9月	6.7	4.5	20.7	380	5.9	0.0	10	11	0.3	-	24.5	26.0	>50
	11月	7.3	6.1	20.4	420	5.5	0.1	10	11	0.3	-	5.0	12.5	>30
原水	①pH	②BOD	③COD	④電気伝導度	⑤全リン	⑥溶存態リン	⑥懸濁態リン	⑦全窒素	⑧溶存態窒素	⑧懸濁態窒素				
		mg/l	mg/l	μ S/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l				
窒素・リン除去型	6月	-	-	-	3.3	1.2	2.1	42	41	1				
	7月	-	-	59.9	2.7	1.3	1.4	19	10	9				
	9月	6.9	25.5	38.4	310	3.2	2.0	27	16	11				
	11月	7.1	-	71.6	220	1.3	1.1	0.2	11	11	0			
窒素除去型	6月	-	-	-	4.3	4.2	0.1	12	10	2				
	7月	-	-	37.3	2.5	2.3	0.2	12	10	2				
	9月	6.9	22.2	27.5	420	6.2	6.3	17	13	4				
	11月	7.4	-	27.4	440	5.7	5.8	13	13	0				

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。

猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査

1 目的

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

2 調査方法

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

3 調査地点

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



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 24 年 7 月 19 日～平成 25 年 5 月 15 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 24 年 7 月 19 日～平成 25 年 4 月 15 日
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ている。

図 1 調査地点

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
JFE アドバンテック社の MDS-MkV/T を用いて、データ採取間隔 10 分間で水温を連続測定した。
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m
水深 10m 及び 15m において、JFE アドバンテック社の MDS-MkV/T を用いて、データ採取間隔 10 分間で水温を連続測定した。水深 5m の水温及び電気伝導率は、JFE アドバンテック社の COMPACT-CT を用いて、データ採取間隔 10 分間で連続測定した。

7 結果及び考察

(1) 猪苗代湖における水温連続測定結果

2008年4月22日から2013年4月15日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖湖心における層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を図2に示す。なお、2012年7月から2013年4月までの水深5m及び30mの水温データは、観測機器の故障により採取できなかった。また、水温躍層が形成され崩壊する6月から11月にかけての期間の表層及び水深15mにおける年度別の水温の変化を図3及び図4に示す。

猪苗代湖において、水温躍層は例年8月に水深10～20mで形成されており、10月には水深20～30mへ下がる事が確認されている。今年度は、水深15mにおける水温の上昇が、10月1日頃に始まっており、水温躍層の下層への移動の時期が遅かった。これは平成22年度と同程度の時期であり、平成20年度及び21年度に比べて遅かった。表層においては、平成20年度の8月21日から24日にかけて、日平均気温が16.1～18.8℃と寒冷であった期間に水温も8月26日に21.6℃まで下降していた。それ以外の期間では、平成20年度、22年度及び24年度の表層の水温の変動傾向は類似していた。

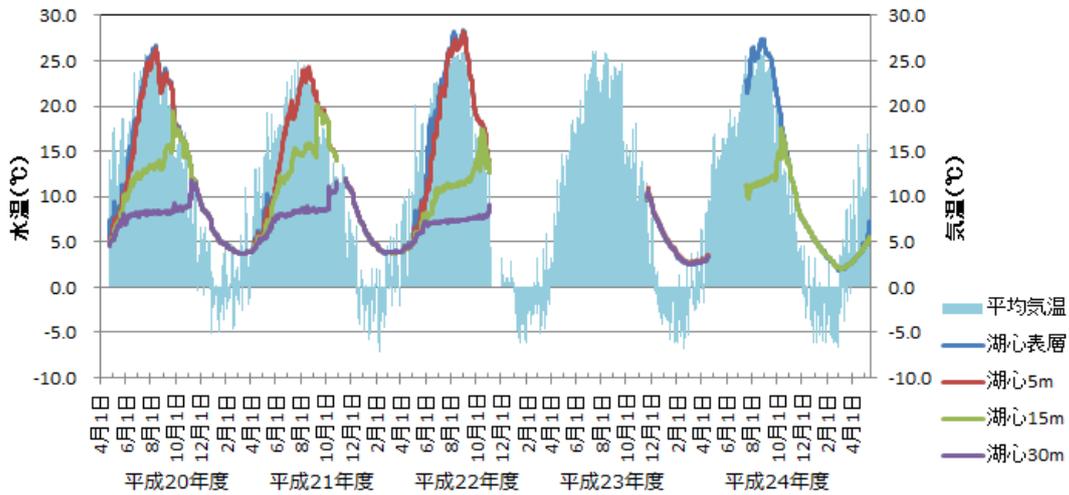


図2 猪苗代湖湖心における層別日平均水温及び日平均気温の関係

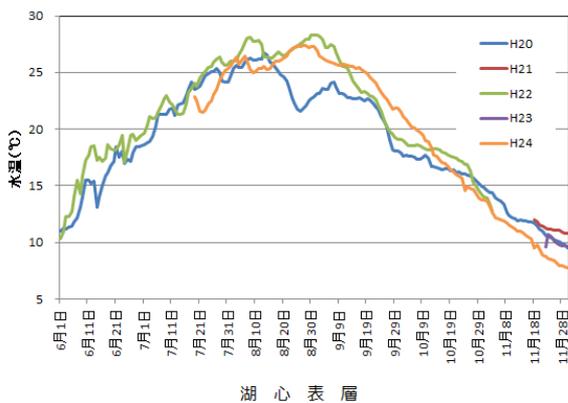


図3 6月から11月にかけての表層における水温変化（H20～H24）

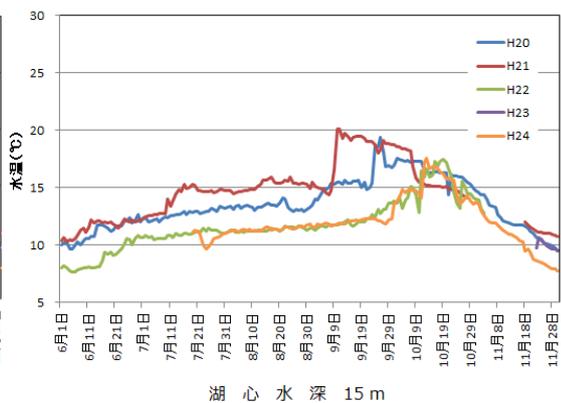


図4 6月から11月にかけての水深15mにおける水温変化（H20～H24）

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

2011 年 11 月 22 日から 2013 年 4 月 15 日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖長瀬川河口沖 300m 地点の層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温の推移を図 5 に示す。

今年度の調査開始日である 7 月 19 日には、水温躍層が水深 10～15 m にかけて形成されていた。9 月 17 日頃には水深 10 m の水温が水深 5 m の水温と同程度まで上昇し、水温躍層の下層への移動が確認された。水深 15 m においても、10 月 1 日頃から水温の上昇が始まり、水温躍層の崩壊が確認された。

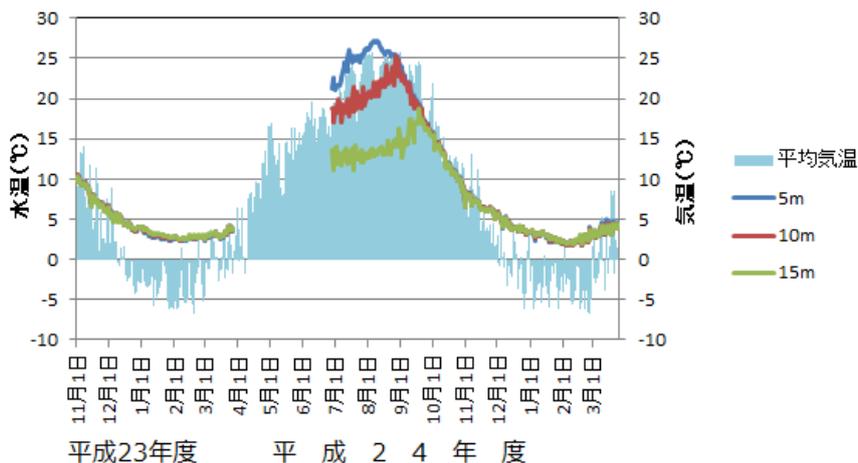


図 5 猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

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、日平均 EC 測定値及び 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水深 5 m における EC（平成 24 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 24 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 6 に示す。なお、25℃における EC の換算には次式を用いた。

$$b = \frac{a}{\{1 + 0.02(c - 25)\}}$$

a : EC測定値 (mS/cm) b : EC25℃換算値 (mS/cm) c : 水温 (℃)

長瀬川河口沖 300m 地点(水深 5m)における、EC の 25℃換算値は一年を通してほぼ 0.11 mS/cm 前後であった。

また、長瀬川（小金橋）の EC が 0.22～0.34 mS/cm であるのに対し、長瀬川河口沖 300 m 地点（水深 5 m）における EC の℃換算値は、湖心（水深 5 m）の値に近いことが確認された。

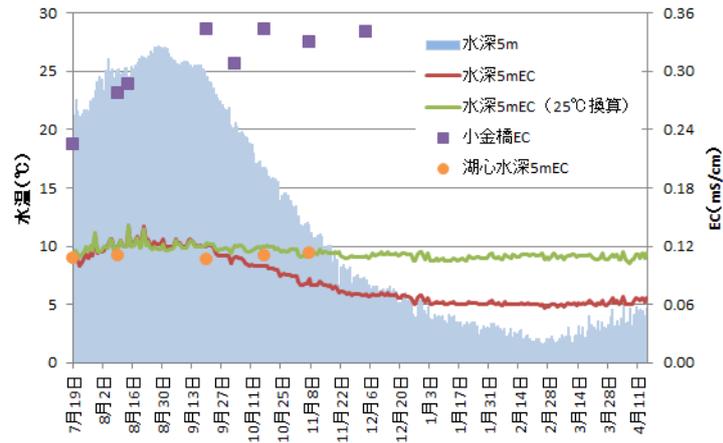


図6 長瀬川河口沖 300 m 地点の水深 5 m における水温、EC の日平均値測定値及び 25°C換算値と、小金橋及び湖心水深 5 m における EC の比較

8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心において、水温躍層の下降の時期が平成 22 年度と同程度の時期に起きており、平成 20 年度及び平成 21 年度より遅くなっていた。
- (2) 長瀬川河口沖 300m 地点において、水温の変化が湖心と同様であることがわかった。水深 5 m で測定した EC は、1 年を通しほぼ一定であった。また、この値は、猪苗代湖流入前の長瀬川（小金橋）の値よりも低く、湖心（水深 5m）の値に近いことが確認された。

IV 資 料

(外部の研究会等において発表しました。)

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)

國井芳彦・渡邊稔 (福島県環境センター)・
佐久間智彦 (公益財団法人福島県保健衛生協会)

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年と2012年に調査を実施し、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。各湖沼のイオン当量の占める割合は、1985年調査と同様の傾向であったが、全体的にイオン成分は減少傾向であり、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半減していた。

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、國井ら(2012)が2011年11月に実施した1回目の調査と2012年6月の2回目の調査で、湖水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)

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ゲレンデ内湧水(最も湧水量の多い場所)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。



図1. 採水の様子（銅沼）

3. 調査機関

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



図2. 採水の様子（もうせん沼）

4. 分析項目及び測定方法

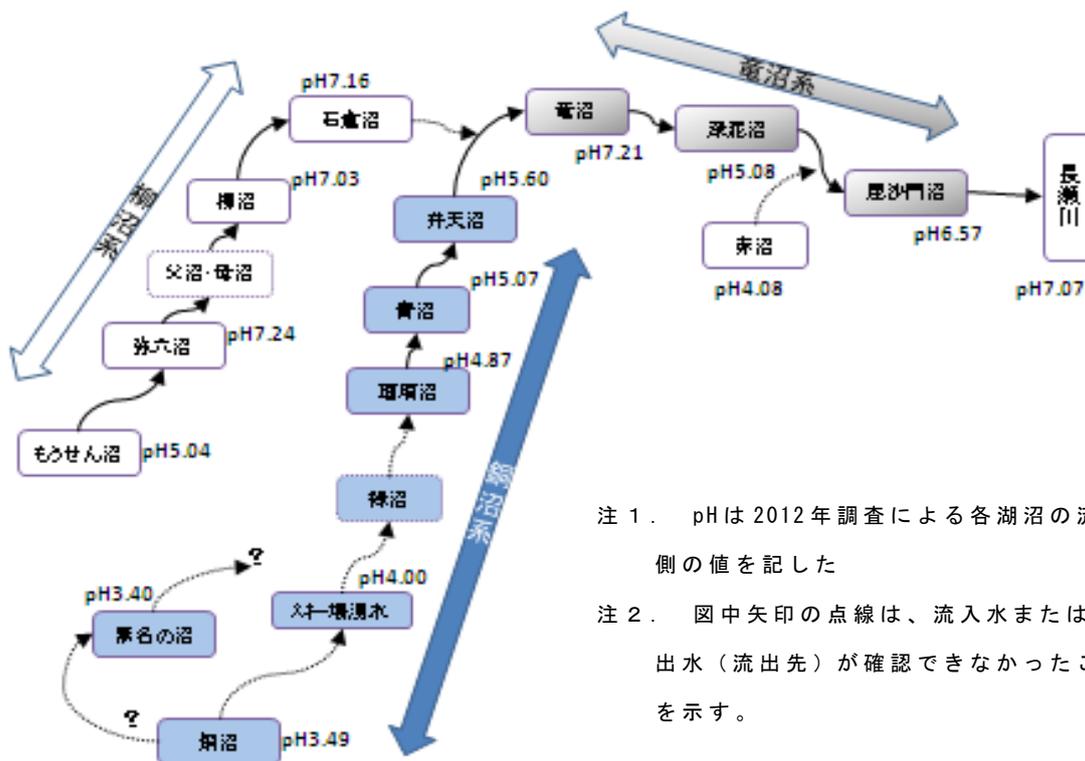
表1のとおり。なお、分析項目のうち、大腸菌群数とクロロフィル a は原則として各湖沼の1地点（流出側）とした。

表1 調査項目ごとの測定方法

調査項目	測定方法	単位
pH	昭和46年環境庁告示第59号(JIS(※1)K0102 12.1 カラ電極法)	-
EC	JIS K0102 13 電気伝導度計	mS/cm
COD	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 17 KMnO4による酸素消費量)	mg/L
大腸菌群数	昭和46年環境庁告示第59号(最確数による定量法)	MPN/100mL
全窒素	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 45.2 紫外吸光光度法)	mg/L
全炭	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 46.3.1 4%財チニ硫酸ナリル分解法)	mg/L
クロロフィル a	上水試験方法 27	μg/L
DO	昭和46年環境庁告示第59号(JIS K0102 32 よう素滴定法)	mg/L
蒸発残留物	JIS K0102 14.2	mg/L
酸度	上水試験方法 14.3	CaCO ₃ mg/L
アルカリ度	上水試験方法 14.2	CaCO ₃ mg/L
TOC	JIS K0102 22 燃焼酸化-赤外線式TOC自動計測法	mg/L
Fe	※2 JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg/L
Mn	※2 JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L
Al	※2 JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L
Zn	※2 JIS K0102 59.3 ICP発光分光分析法	mg/L
Si	※2 JIS K0101 44.3.1 矽フッ素青吸光光度法	mg/L
Na ⁺	※2 JIS K0102 48.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L
K ⁺	※2 JIS K0102 49.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L
Ca ²⁺	※2 JIS K0102 50.3 ICP発光分光分析法	mg/L
Mg ²⁺	※2 JIS K0102 51.3 ICP発光分光分析法	mg/L
NH ₄ ⁺	※2 JIS K0102 42.2 インドフェノール青吸光光度法	mg/L
F ⁻	※2 JIS K0102 34.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L
SO ₄ ²⁻	※2 JIS K0102 41.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L
NO ₃ ⁻	※2 JIS K0102 43.2.5 イオンクロマトグラフ法	mg/L
NO ₂ ⁻	※2 JIS K0102 43.1.2 イオンクロマトグラフ法	mg/L
Cl ⁻	※2 JIS K0102 35.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L
HCO ₃ ⁻	※2 衛生試験法 4.1.10) (2) 中和滴定法	mg/L

※1 JISとは「日本工業規格」を示す。

※2 金属成分等は、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て分析した。



- 注1. pHは2012年調査による各湖沼の流出側の値を記した
- 注2. 図中矢印の点線は、流入水または流出水（流出先）が確認できなかったことを示す。

図3. 五色沼湖沼群の系統図とpH

Ⅲ. 結果と考察

調査の結果は、別表「平成24年度結果一覧表」のとおり、五色沼湖沼群の水系は、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

ているとされており、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）。

今回の結果も各水系に分け、1985年調査との比較を行い、考察した。なお、7つの沼では流入水と流出水の両方を調査したが、その結果を見ると（表2）、柳沼はpH及び各項目ともに流入・流出の濃度差がほとんどなく、同じ水質のものと

表2. 流入水（流入部）と流出水（流出部）の水質の比較

湖沼名	pH		EC(mS/cm)		流入・流出で変動の大きかった金属成分・イオン成分(mg/L) (注)
	流入	流出	流入	流出	
青沼	4.75	5.07	1.080	1.046	Fe 0.06→0.02, Al 2.22→0.66
弁天沼	5.87	5.60	1.010	0.984	Fe<0.01→0.06, Al 0.16→0.27
弥六沼	7.22	7.24	0.378	0.383	F 0.6 → 0.22
柳沼	6.98	7.03	0.441	0.431	—
竜沼	6.89	7.21	0.449	0.438	—
深泥沼	7.21	5.08	0.442	0.734	Fe 0.02→0.42, Al 0.02→0.34 Na 30.4→46.2, Ca 44.1→78.4 蒸発残留物 303→610
毘沙門沼	6.76	6.57	0.487	0.595	Mn 0.28→0.62

(注) 流入水と流出水で概ね50%以上の濃度変動があった項目を記した。

考えられた。青沼では、pHが4.75→5.07、竜沼では、6.89→7.21と上昇した。一方、深泥沼では、pHが7.21→5.08と低下し、鉄やアルミニウム、イオン成分濃度が上昇し、蒸発残留物も大幅に増加し、明らかな水質変動が認められ、今回採水した流入水（表流水）以外の流入水または湧水の存在が示唆された。他の3つの沼（弁天沼、弥六沼、毘沙門沼）ではpHの変動は0.1～0.2程度であったが、50%以上の増減を示す項目がいくつか見られた。1985年調査は各沼の流出口で調査を行っているので、以下本報で今回の結果と1985年調査結果を比較する際は、流出水（流出部）の結果を用いることとした。

1. 調査項目ごとの結果と考察

pHの結果を図4に示す。多くの湖沼で1985年調査と比較すると、上昇していた。銅沼系では、pHはすべて酸性を示し、銅沼の3.49から流下に伴いpHが上昇し、弁天沼（流出水）では5.60を示した。柳沼系のもうせん沼では、1985年調査と比較するとpHが4.26から5.04

（2011年調査では5.95）へ上昇し、弥六沼、柳沼は中性を示し、変化はみられなかった。

銅沼系と柳沼系が合流した後の竜沼系ではpHは中性を示し、1985年調査とほぼ同程度の値であった。深泥沼（流出部）で7.32から5.08と低下しているが、採水地点のわずかな違いや湧水その他の流入水、降水量などが湖水pHに影響を及ぼしている可能性があり、沼内部を詳細に調査することで湧水などの影響の有無が確認できると考えられた。赤沼は酸性を示し、大きな変化は見られなかった。

各湖沼のイオン当量濃度で、陽イオンの占める割合は「 $Ca^{2+} > Na^{+} > (≒) Mg^{2+}$ 」、陰イオンの占める割合は「 $SO_4^{2-} > Cl^{-} > HCO_3^{-}$ 」の順となっており、1985年調査と同様の傾向であった。1985年調査と比較すると、銅沼系、柳沼系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、Caイオン、Mgイオンでも著しい減少がみられた。他のイオン成分は多少の増減はあ

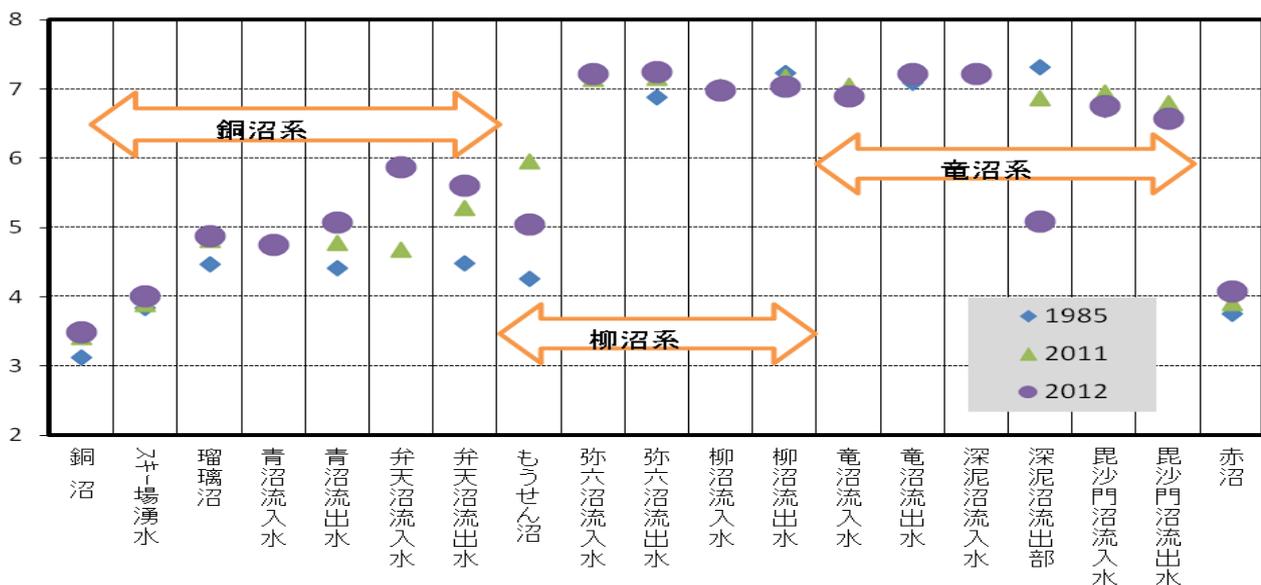


図4. 各調査地点のpH値

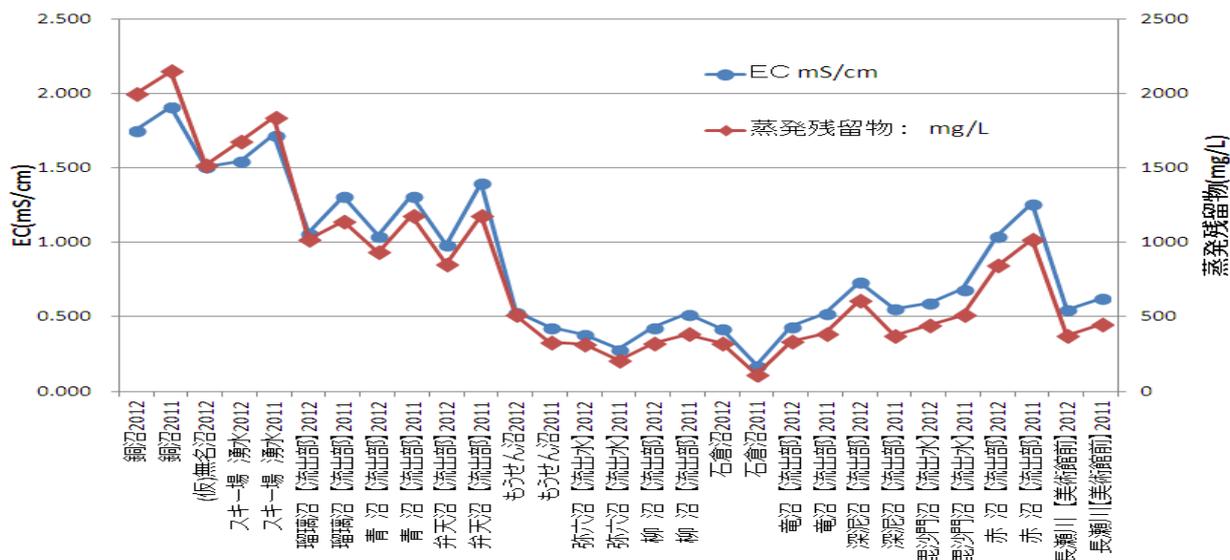


図 5.各調査地点の EC と蒸発残留物

るものの変動幅は小さかった。

EC は、銅沼系と赤沼で 1 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（図 5）。

TOC は、柳沼系は 1.0 mg/L 前後であったのに対し、銅沼系及び竜沼系では 0.5 mg/L 程度以下であった。COD も同様の傾向がみられた。

大腸菌群数は、石倉沼で最大値 7,900 MPN/100mL（2011 年は毘沙門沼が 3,300 MPN/100mL）を示し、次いで柳沼及び毘沙門沼が 1,000 MPN/100mL 以上であった。各水系とも概ね流下に伴い増加していた。

全窒素は、銅沼で 0.24 mg/L（2011 年は 0.18 mg/L）と最大値を示し、次いで赤沼が 0.21 mg/L（2011 年は <0.05 mg/L）、弁天沼が 0.18 mg/L（2011 年は 0.06 mg/L）であり、その他の地点では 0.10 mg/L 以下であった。

全リンは、2011 年は柳沼、石倉沼が 0.020 mg/L 以上だったが、2012 年調査で

はいずれも 0.010mg/L 以下だった。

2011 年（11 月）にクロロフィル a が、低い値を示した銅沼及び赤沼を除き、2012 年（6 月）の結果は 2011 年（11 月）の結果に比べて顕著に低い値を示し、調査時期の差が認められた。2011 年の最高値は柳沼の 85.91 $\mu\text{g/L}$ でこれに次ぐ石倉沼の 67.95 $\mu\text{g/L}$ であったのが、2012 年の結果ではそれぞれ 1.61, 1.05 $\mu\text{g/L}$ となっていた。なお、これらの項目は、1985 年調査では行われていないため、データの比較はできない。

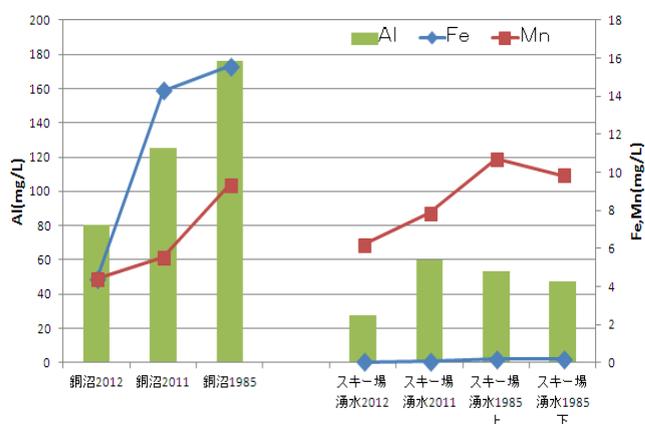


図 6.銅沼とスキー場湧水の金属成分濃度

2.水系ごとの結果と考察

銅沼系は銅沼の pH 3.42 が最低で、弁天沼の 5.28 が最高であった。スキー場湧水 (pH3.89) を含め、銅沼系すべてで酸性であった。1985 年調査と比較すると、上昇傾向 (銅沼, 瑠璃沼及び青沼で 0.4 程度, 弁天沼で 0.8) にあるが, 1.0 以上上昇した地点はなかった。金属成分は, 1985 年調査と比較すると著しい減少傾向が認められた。特に銅沼で 1985 年と 2012 年結果をそれぞれ比較すると、アルミニウムが 176 mg/L から 80 mg/L へ, マンガンが 9.3 mg/L から 4.4 mg/L へ, 鉄が 5.5 mg/L から 4.3 mg/L と半減若しくはそれ以上の減少が認められた (図 6)。各イオン成分は, 1985 年と比べ, 硫酸イオンが減少しており, 特に銅沼では, おおよそ半減し, 陽イオンも減少傾向であった (図 7)。また, 瑠璃沼, 青沼及び弁天沼のイオン当量を図 9~11 に示す。

銅沼

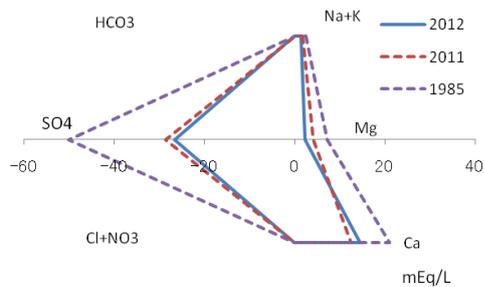


図 7. 銅沼のヘキサゴングラム

スキー場湧水

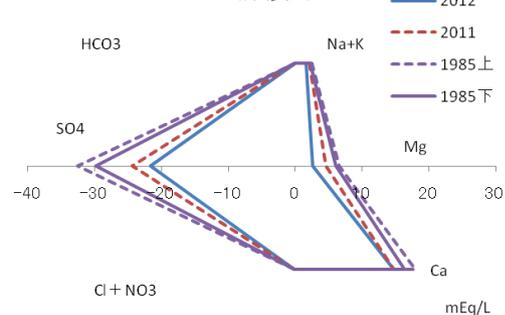


図 8. スキー場湧水のヘキサゴングラム

瑠璃沼

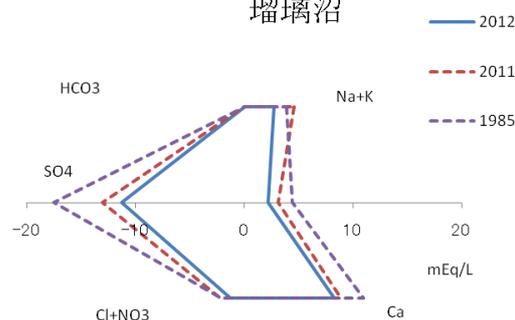


図 9. 瑠璃沼のヘキサゴングラム

青沼

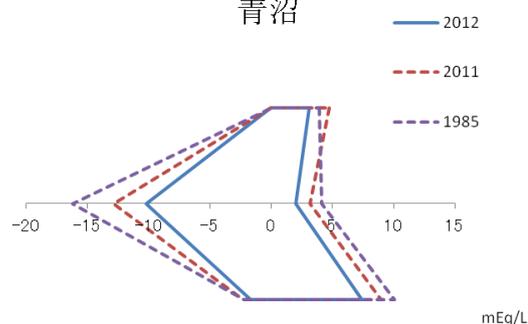


図 10. 青沼のヘキサゴングラム

弁天沼

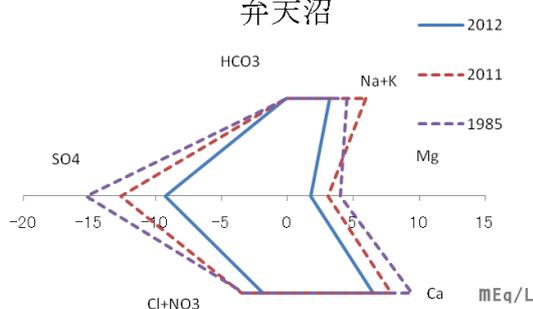


図 11. 弁天沼のヘキサゴングラム

千葉ら (1986) は, 瑠璃沼, 青沼及び弁天沼の流下の順に Na イオン及び Cl イオンが増大し, Ca イオン及び硫酸イオンの減少傾向が認められることを報告しているが, 今回の調査でも同様の傾向が認められた (図 7~12)。また, Na イオン当量と Cl イオン当量の相関を図 13 に示す。

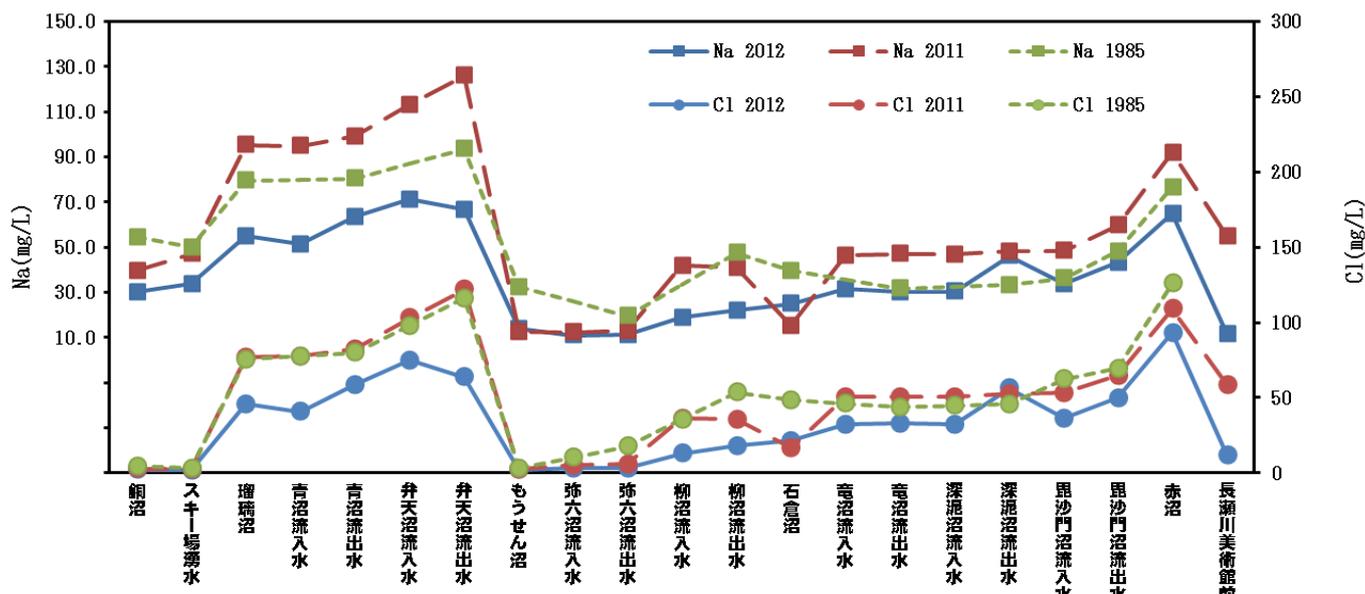


図 12. 各調査地点の Na イオンおよび Cl イオン濃度

「銅沼とスキー場湧水」及び「もうせん沼」は Cl イオン当量が低いにもかかわらず、Na イオン当量が高くなっている。千葉ら（1986 年）は、これ以外の湖沼の水質は、Na イオン当量と Cl イオン当量との正の高い相関から同一起源と推定し、流下に伴って、Na イオンと Cl イオンの増加が認められることなどから、「Na+Cl 型地下水」の混入の可能性も推定しており、今回の調査結果も、その推定結果と類似するものであった。

瑠璃沼の水質については、スキー場湧水は緑沼（今回未確認）を経て、瑠璃沼に至るとされる。千葉ら（1986）は、瑠璃沼とスキー場湧水との溶解性金属、イオン濃度比を検討している。2012 年、2011 年調査でこの比を計算したところ、1985 年調査と同様の傾向を示した（表 3）。瑠璃沼の水質を 1985 年調査と比較すると、鉄が 75～85% 減少し、マンガン及びアルミニウムが半減していた。

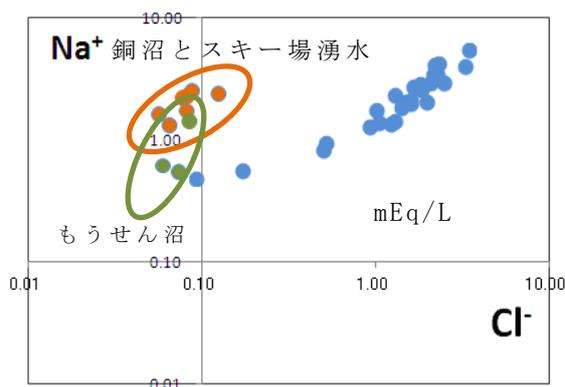


図 13. Na イオン当量と Cl イオン当量の相関

瑠璃沼、青沼及び弁天沼と比較すると、瑠璃沼、青沼及び弁天沼の流下の順に Na イオン及び Cl イオンが増加し、Ca イオン及び硫酸イオン濃度の減少傾向が認められ、千葉ら（1986）と同様の傾向が認められた（図 13）。

赤沼の pH は 3.91 で、銅沼に次いで強い酸性を示した。表流水の流入は確認できず、沼内の湧水等に起因する水質であると考えられる。鉄及びアルミニウムは、1985 年調査に比べてそれぞれ 62%、60% 減少（2012 年調査比）し、マンガ

表 3. 銅沼, スキー場湧水および瑠璃沼の金属・イオン成分

金属・イオン成分	銅沼			スキー場湧水			瑠璃沼			(瑠璃沼)/(銅沼)比			(瑠璃沼)/(湧水)比		
	(mg/L)	1985年	2011年	2012年	1985年*1	2011年*2	2012年	1985年	2011年*2	2012年	1985年	2011年	2012年	1985年	2011年
Fe	15.56	14.3	4.39	0.18	0.08	0.03	0.67	0.17	0.11	0.04	0.01	0.03	3.72	2.13	3.67
Mn	9.34	5.52	4.4	9.83	7.84	6.2	4.47	2.45	1.83	0.48	0.44	0.42	0.45	0.31	0.30
Al	176	125	80.1	47.5	60.2	27.8	6.55	3.32	1.68	0.04	0.03	0.02	0.14	0.06	0.06
Na ⁺	54.5	39.7	30.1	47.5	47.1	33.9	79.5	95.3	55.0	1.46	2.40	1.83	1.67	2.02	1.62
K ⁺	3.6	3.2	2.7	7.9	6.5	5.6	14.9	15.7	10.7	4.14	4.91	3.96	1.89	2.42	1.91
Ca ²⁺	420	250	290	329	297	296	219	178	165	0.52	0.71	0.57	0.67	0.60	0.56
Mg ²⁺	87.0	49.1	27.0	74.5	56.6	31.4	53.8	37.4	26.6	0.62	0.76	0.99	0.72	0.66	0.85
SO ₄ ²⁻	2411	1380	1280	1431	1170	1040	840	627	542	0.35	0.45	0.42	0.59	0.54	0.52
Cl ⁻	4.4	2.9	2.3	2.9	2.7	2.0	75.5	77.0	45.7	17.2	26.6	19.9	26.0	28.5	22.9

*1: 1985年データは、千葉(1986)を加工して作成。湧水は1985年データ『湧水(下)』を使用。

*2: 2011年の金属成分は、試料をろ過せずに分析した結果で、1985年と2012年の金属成分は、試料をろ過(0.45μm)したものを分析した結果である。

ンは2012調査比で40%減少し、2011年比では17%増加していた。2012年調査結果を1985年調査と比較すると、Mgイオン、Caイオンが20%程度低下し、硫酸イオン、Clイオンがそれぞれ31%、26%低下していた(図14)。

柳沼系(もうせん沼、弥六沼、柳沼、石倉沼)は、石倉沼が2012年調査で2011年調査時に比べ、その沼の面積が大幅に

増大していた。降雨の多い時期などは、その沼の形状が大きく変化するものと考えられた。しかし、前回に引き続き、今回も流出地点は確認できなかった。もうせん沼は酸性を、弥六沼、柳沼、石倉沼は中性を示した。1985年調査と比較すると、もうせん沼のpHが上昇していた(1985年pH4.26 2011年pH5.95, 2012年pH5.04)。もうせん沼は他の柳沼系の沼と比較して、鉄、マンガン、アルミニ

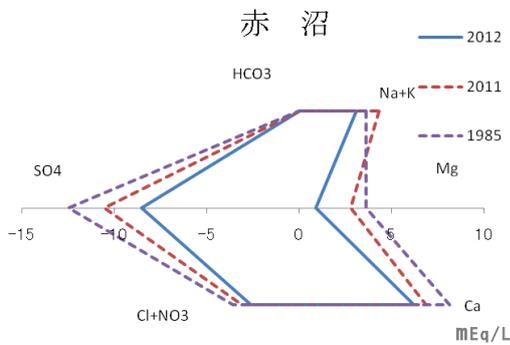


図 14. 赤沼のヘキサゴン図

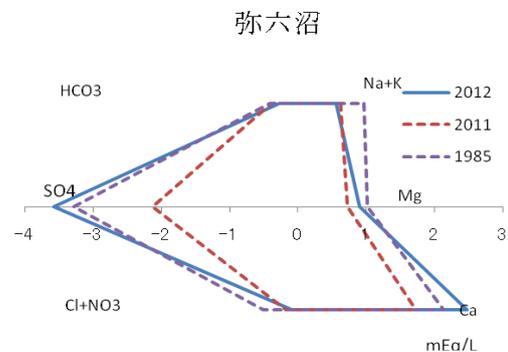


図 16. 弥六沼のヘキサゴン図

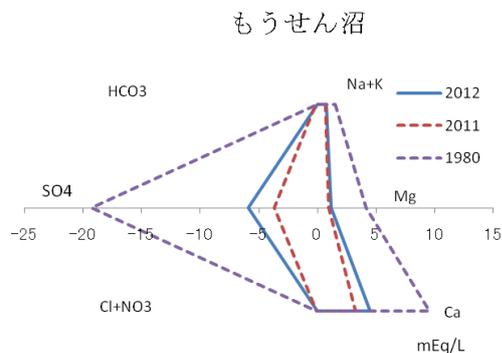


図 15. もうせん沼のヘキサゴン図

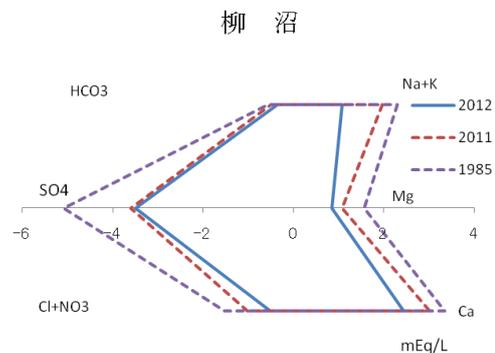


図 17. 柳沼のヘキサゴン図

と比較すると鉄・マンガン・アルミニウムとも 70～90%の顕著な低下が認められた。

弥六沼，柳沼でも 1985 年調査と比較可能なすべての陽イオン、陰イオンで減少が認められた（図 15～17）。特にもうせん沼では，主成分となる硫酸イオン，Ca イオン，Mg イオンに著しい減少が認められた（図 15）。弥六沼から柳沼にかけて Na イオン，K イオン，Cl イオンの上昇が認められた。これは 1985 年調査でも認められ「Na-Cl 型地下水」の流入とされている（図 12）。

石倉沼は全体的にイオン濃度が低く，EC 及び蒸発残留物も調査地点中最低だった。千葉（1986）が指摘した「低濃度地下水又は表流水」の影響を強く受けている可能性が推測された。しかし，2011 年度調査と比較して陽イオン（Na，K，Ca，Mg）濃度が 1.6～2.8 倍に上昇し，硫酸イオン濃度は 36 mg/L から 161 mg/L と 4.3 倍に上昇していた（図 18）。これらの変化は降雨の影響だけでは説明できないと考えられた。

竜沼系（竜沼，深泥沼，毘沙門沼）の pH は，竜沼，深泥沼及び毘沙門沼はいずれも中性を示し，1985 年調査と比較して，深泥沼を除き大きな変化は認められなかった。深泥沼は，1985 年，2011 年はそれぞれ 7.32，6.87 であったのが，2012 年は 5.08 に低下していた。金属類に関しては，1985 年調査と 2011 年，2012 年調査結果に，特徴的な増減は認められなかった。各イオン成分に関しても，1985 年調査と 2011 年，2012 年調査結果に，特徴的な増減は認められなかった（図 19～

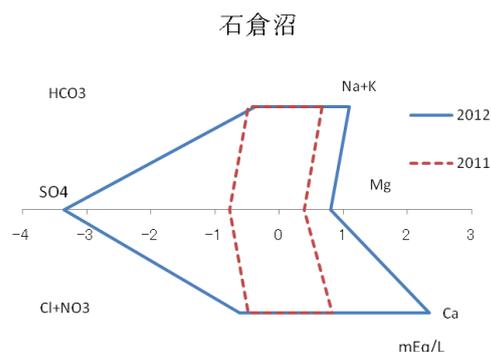


図 18. 石倉沼のヘキサグラム

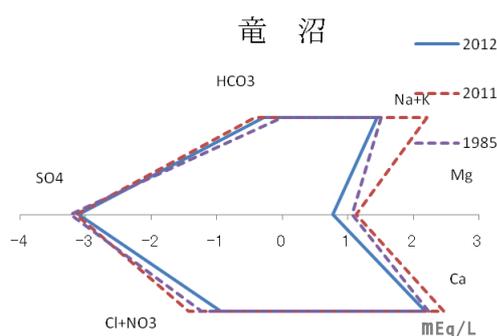


図 19. 竜沼のヘキサグラム

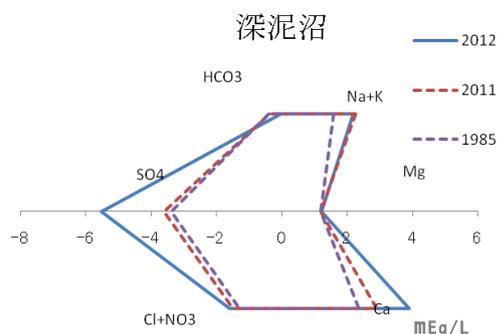


図 20. 深泥沼のヘキサグラム

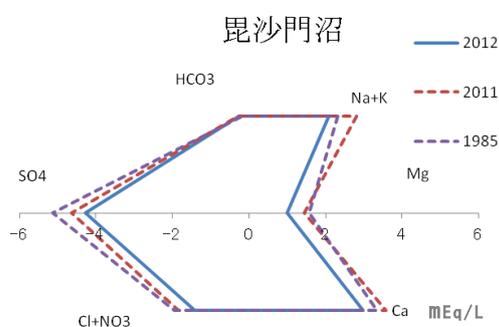


図 21. 毘沙門沼のヘキサグラム

表 4. 竜沼, 深泥沼および毘沙門沼の金属・イオン成分

	2012年調査					2011年調査					1985年調査				
	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／ 竜沼	毘沙門沼 ／ 深泥沼	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／ 竜沼	毘沙門沼 ／ 深泥沼	竜沼	深泥沼	毘沙門沼	深泥沼 ／ 竜沼	毘沙門沼 ／ 深泥沼
pH	7.21	5.08	6.57	—	—	7.25	6.87	6.79	—	—	7.09	7.32	6.53	—	—
Fe mg/L	0.01	0.42	<0.01	42.0	0.02	0.35	0.31	0.13	0.89	0.42	0.04	0.19	0.05	4.75	0.26
Mn mg/L	0.27	1.23	0.62	4.56	0.50	0.42	0.47	0.83	1.12	1.77	0.48	0.43	1.38	0.90	3.21
Na ⁺ mg/L	30.1	46.2	43.3	1.53	0.94	47.1	48.1	59.7	1.02	1.24	31.7	33.3	48.3	1.05	1.45
K ⁺ mg/L	5.3	7.3	7.6	1.38	1.04	6.2	6.4	8.6	1.03	1.34	5.2	5.5	8.1	1.06	1.47
Ca ²⁺ mg/L	43.7	78.4	59.8	1.79	0.76	49.4	58.2	71.6	1.18	1.23	44.7	47.2	67.0	1.06	1.42
Mg ²⁺ mg/L	9.3	14.7	12.2	1.58	0.83	13.7	14.6	17.6	1.07	1.21	13.0	14.3	19.2	1.10	1.34
SO ₄ ²⁻ mg/L	149	266	205	1.79	0.77	151	173	223	1.15	1.29	155	163	246	1.05	1.51
Cl ⁻ mg/L	32.9	56.3	49.8	1.71	0.88	50.6	52.7	64.9	1.04	1.23	43.7	45.8	69.3	1.05	1.51
HCO ₃ ⁻ mg/L	16.3	1.3	13	0.08	10.0	23.0	18.4	14.2	0.80	0.77	21.9	20.3	9.3	0.93	0.46

21). 2011年調査では、竜沼から毘沙門沼への流下に伴って、陽イオン、陰イオンなどの項目で若干の濃度上昇が認められ、2012年調査では、竜沼から深泥沼間で濃度上昇が認められた(表4)。また、深泥沼と竜沼、毘沙門沼と深泥沼の各成分の濃度比でみると竜沼と深泥沼の濃度比は、2012年調査では1.4~4.5倍に上昇している項目があった。2011年調査では深泥沼と毘沙門沼の濃度比で類似の傾向を示し、金属成分の供給源として深泥沼に着目する必要があると、深泥沼内部での詳細な調査の必要性が考えられた。また、深泥沼から毘沙門沼に至る流程で赤沼の湖水の流入の可能性や、毘沙門沼湖内からの地下湧水などの影響等についても検討する必要があると思われた。

IV. まとめ

1. 今回の調査(2012年6月)では、前回2011年11月調査時点と湖沼の様相が異なる沼として、特に石倉沼があげられた。石倉沼は前回調査時と比べて大幅に水位が上昇し水量が増えているにも関わらず、陽イオン、硫酸イオンが増加し、降雨の影響だけでは説明できないと考えられた。調査時期によって水質が変化する可能性もあり、異なる時期での調査も重要であると考えられた。

2. 深泥沼や、毘沙門沼など湖内の湧水の存在が示唆される湖沼については、その湧水の影響を確認するため、深度別や調査地点を増やすなどして詳細な調査が必要であると考えられた。

3. 湖水の化学的成分を1985年調査と2011年、2012年調査で比較すると、いくつかの地点で溶解性金属や各種イオンに増減が認められた。特に、銅沼やもうせん沼など上流の地点で硫酸イオンが大幅に低下しており、五色沼湖沼群の長期的な水質を観測していくうえで、上流の湖沼の水質観測が重要であると考えられた。

引用文献

- 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.
- 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, 51-60.

猪苗代湖の大腸菌群数及び大腸菌数について(第1報)

福島県環境センター ○国井 芳彦 渡邊 恵美

1 はじめに

福島県の中央に位置する猪苗代湖は、環境省の公表において、平成14年度から4年連続日本一となる良好な水質を示していた。猪苗代湖の水質は、酸性河川である長瀬川から流入する酸性水の影響で、平成8年頃までpH5程度の弱酸性を示していたが、近年pHの上昇がみられている。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A類型の1,000MPN/100mlを超過し、環境省の公表においてランク外となった。その後、平成20年度に水質2位と返り咲いたが、平成21年度には大腸菌群数の超過でランク外となった。このため、平成22年度から23年度かけて、湖内の大腸菌群数及び大腸菌数の分布、流入河川からの大腸菌群数の影響等について調査及び検討を行ったので、その結果を報告する。

2 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心:1地点4層
(水深0.5m、水深5m、水深15m、水深30m)
- (2) 猪苗代湖小黒川沖:4地点表層
(小黒川沖25m、小黒川沖75m、小黒川沖200m、小黒川沖500m)
- (3) 小黒川:5地点
(梅の橋、第一小黒川下流、カジ堀下流、第二小黒川下流、猪苗代市街地上流)
- (4) 猪苗代湖小黒川沖500m
- (5) 猪苗代湖小黒川沖500m関係地点:4地点
(SW、SSW、SSE、SE地点)
- (6) 小黒川 梅の橋

3 調査時期(図1)

- (1) 2-(1)について
平成22年度:4月、5月、6月、7月、8月×2回、9月×2回、10月、11月
平成23年度:7月×2回、8月×2回、9月×2回、10月、11月
- (2) 2-(2)について(小黒川沖75m地点のみ)
平成22年度:4月、6月、8月×2回、9月×2回、10月
- (3) 2-(2)(小黒川沖75m地点以外)、2-(3)について
平成22年度:8月×2回、9月×2回、10月
- (4) 2-(4)、(6)について
平成23年度:7月×2回、8月×2回、9月×2回、10月、11月
- (5) 2-(5)について
平成23年度:8月、9月

4 調査方法

- (1) pH:イオン電極法
- (2) EC:電気伝導度計
- (3) DO:よう素適定法
- (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
*大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も一部の地点で行った
- (6) TOC:燃焼酸化-赤外吸収式TOC自動計測法
- (7) 大腸菌群の種(平成23年9月の1回。当センターで大腸菌群数が陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に分離したコロニーを、福島大学共生システム理工学類に種の同定を依頼した)

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0.5m」の大腸菌群数が環境基準(A類型:1,000MPN/100ml以下)を超過したのは、平成22年度は8月4日の1回、平成23年度は8月25日の調査から10月5日の調査までの4回の調査時であった。最高値は、平成23年9月7日の20,000MPN/100mlであった。水温の低い4、5月には、4層とも大腸菌群数は検出されないが、水温の上昇とともに7月頃から「湖心0.5m」で大腸菌群数は上昇しはじめていき、水温の低い水温躍層の下部(「湖心15m」、「湖心30m」)でも大腸菌群数が検出された。水温躍層の下部は、上部よりは低い値を示す傾向にあった。しかし、平成22年8月23日、9月1日は、水温躍層の上部では大腸菌群数がほとんど検出されていないのに、下部では数百MPN/100mlの値を示した時もあった。
大腸菌は、全ての時期・水深で検出されず、湖心まで糞便による汚染は進んでいなかった。
pHは6.5~7.1、ECは110µS/cm前後、SSはほとんど1mg/l未満の値であった。TOCが0.40~0.85mg/lであり水温の高い時期(8、9月)の0.5mで比較的高い値を示した。水温も含めこれらの項目と大腸菌群数との間に相関はなかった。

(2) 猪苗代湖小黒川の水質について
平成22年度に行った小黒川流域の調査で、上流部である「猪苗代町市街地上流」では、大腸菌群数は数千MPN/100ml、大腸菌数は数十MPN/100ml程度、その後3河川に分岐し、その合流前である、「第1小黒川下流」、「カジ堀川下流」、「第2小黒川下流」の3地点では、大腸菌群数は数万から数十万

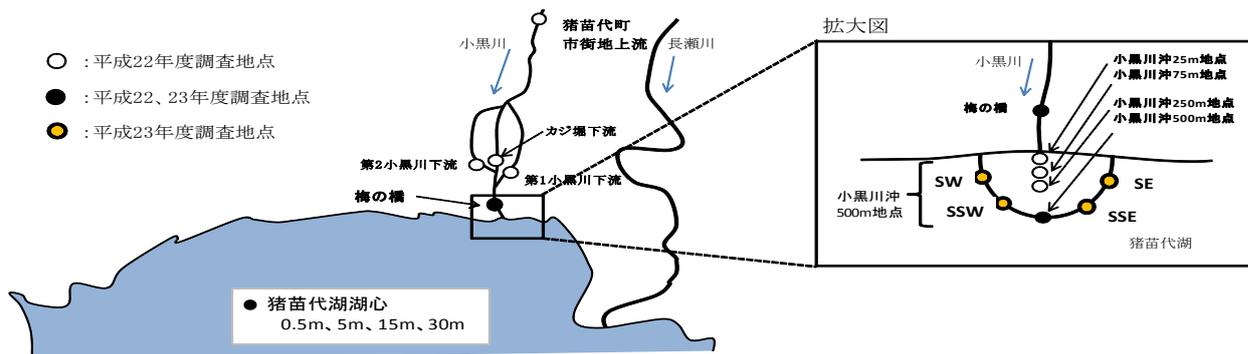


図1 調査地点

MPN/100ml、大腸菌数は数百～数千 MPN/100ml 程度の値であった。その3河川の合流後である「梅の橋」では3河川の結果と同程度の値を示した。

平成22、23年共通調査地点である「梅の橋」の大腸菌群数は、21,000MPN/100ml～58,000MPN/100ml、大腸菌数は130～1,900MPN/100mlであった(雨天の1日を除く)。大腸菌群数に占める大腸菌数の比は0.4～5.8% (平均値: 1.7%) (表1)と、大腸菌群数に占める大腸菌数の比の下水処理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¹⁾よりも低かったため糞便による汚染の割合は低いと考えられた。また、大腸菌群数その他の項目との相関をみてみると、水温及びSSで相関があったため、土壌由来の大腸菌群数の影響等があると考えられた。また、大腸菌数とその他の項目との相関は小さかった。

(3) 猪苗代湖小黒川沖の水質について

平成22年度に行った小黒川沖の調査では、大腸菌群数及び大腸菌数は、「沖50m」では「梅の橋」とほぼ同じ値であり、「沖75m」、「沖200m」、「沖500m」と沖に向かうにつれて減少し、「沖500m」では湖心に近い値となった。

平成23年度には、小黒川沖500m地点の同心円状の調査を行い、小黒川の拡散状況を調査した。猪苗代湖小黒川沖500m関連地点の大腸菌群数は1,000MPN/100ml前後、大腸菌数は数個MPN/100ml程度の値で地点による明確な違いは認められなかった。しかし、ECは「沖500mSSE」及び「沖500mSE」が「梅の橋」の影響を受けていた。

また、大腸菌群数に占める大腸菌数の比は、0～4.1% (平均値: 0.8%) (表1)と「梅の橋」より低く、糞便による汚染の割合はさらに低いことが確認された。

他の項目との相関においては、pHやDO飽和率の高い時期、地点で大腸菌群数が高い値を示す傾向がみられ、大腸菌群数とpHに中程度の相関があった。

(4) 大腸菌群の種の同定結果について

平成23年9月7日に検出された大腸菌群の種の同定結果を表2に示す。猪苗代湖湖心では3層で、*E. cloacae*が、「梅の橋」では*E. cloacae*と*E. aminigenus2*が検出された。同定をおこなった検体数が少ないが、湖心3層で*E. cloacae*が検出され湖心で優先している可能性が示唆された。今回の結果は、猪苗代湖内では河川から流入した多様な大腸菌群が、それぞれの種毎に異なる死滅と生存や増殖過程を経た後、湖心では*E. cloacae*が優占しているという上野らの報告²⁾と類似していた。

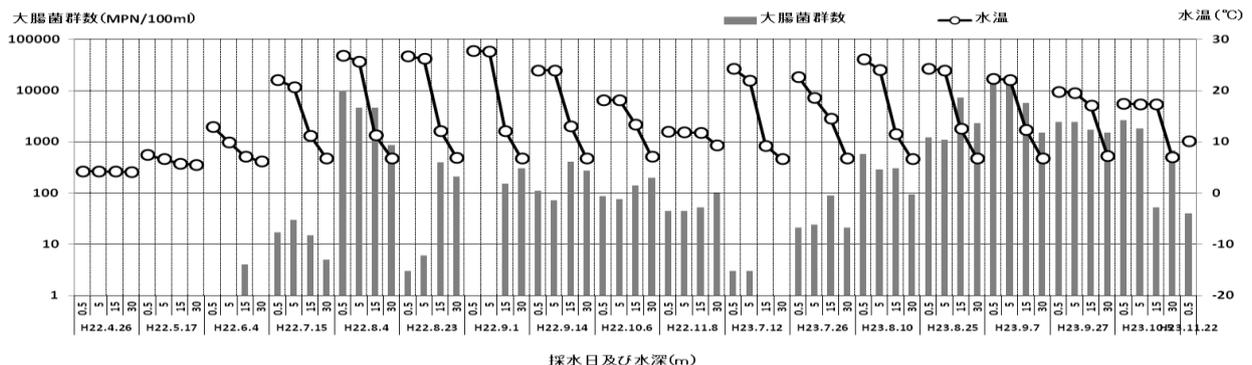


図2 猪苗代湖湖心の大腸菌群数及び水温の推移

6 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心0.5mの大腸菌群数は、平成22年で1回(8月)、平成23年で4回(8,9,10月)A類型の環境基準値を超過し、最高値は20,000MPN/100mlだった。湖心では大腸菌は、全ての時期、水深で検出されず、糞便汚染は進んでいなかった。
- (2) 小黒川の大腸菌群数及び大腸菌数は、小黒川の下流部に位置する「梅の橋」では、上流部に位置する「猪苗代市街地上流」の20倍以上高い値となり、小黒川を流下するのに伴い増加することが確認された。
- (3) 小黒川から猪苗代湖に流入した大腸菌群及び大腸菌数は、沖に行くに従い、同心円状に希釈・拡散され「沖500m」では、猪苗代湖湖心に近い値となった。
- (4) 小黒川、猪苗代湖小黒川沖の大腸菌群数に占める大腸菌数の比は低く、糞便による汚染の割合は低いと考えられた。
- (5) 猪苗代湖心3層で、*E. cloacae*が検出され、猪苗代湖心では、*E. cloacae*優占しているという報告²⁾と類似した結果であった。

7 謝辞

大腸菌群の種を同定していただいた、福島大学共生システム理工学類の難波教授に、深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 和波ら: 大腸菌群数測定課題と今後の動向 第46回日本水環境学会併設全国環境協議会研究集会
- 2) 上野 難波ら: 猪苗代湖流入河川の大腸菌群は糞便汚染に由来するのかわ 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)

表1 各地点における大腸菌群数に占める大腸菌数の比

地点	大腸菌数/大腸菌群数(%)	
	平均値	分布
小黒川 猪苗代湖市街地上流	0.9	0.3~1.3
小黒川 梅の橋	1.7	0.4~5.8
猪苗代湖小黒川沖	0.8	0~4.1
猪苗代湖湖心	0	0

表2 大腸菌群の種の同定結果

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

ボランティアによる猪苗代湖の水環境保全活動について
 - 「清らかな湖、美しい猪苗代湖の水環境研究協議会」の活動 -

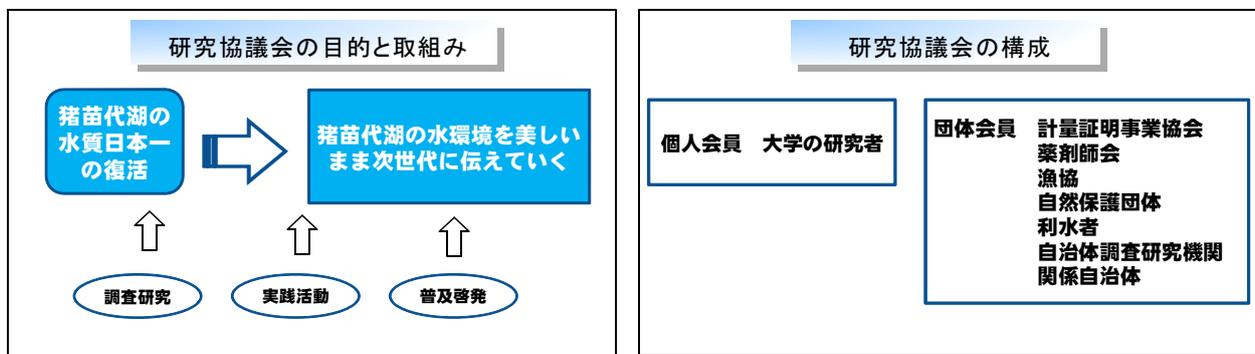
福島県環境センター 志田義美

1 はじめに

猪苗代湖は、磐梯山を背景とした景観や湖水の清澄は素晴らしく、福島県民の誇りであり、宝でもある。しかし近年は、湖水のpHが上昇し中性付近になるとともにCODの上昇や大腸菌群数の増加が見られるなど、水質の悪化が懸念されるようになってきている。平成14年度から4年連続で環境省の公表で水質日本一と評価されてきた猪苗代湖だが、その後は大腸菌群数の環境基準超過などでランキングの対象外となっている。このため猪苗代湖の水環境を改善し、美しいまま次世代に伝えていくことを目的に民産学官協働のもと「清らかな湖、美しい猪苗代湖の水環境研究協議会」を設立し、調査研究と水質日本一復活に向けた実践活動に取り組んできたので、その内容を報告する。

2 経過と活動状況

「清らかな湖、美しい猪苗代湖の水環境研究協議会」は、大学の研究者等が発起人となり平成20年6月に発足した。協議会には、研究者以外には民間の団体や事業者、自治体の環境関係機関などが参加し、民産学官協働による取り組みを行ってきた。



調査研究としては、平成20年9月に「みんなで守る美しい猪苗代湖の水質一斉調査」として多くの参加者を得て猪苗代湖及び周辺河川等の大規模な水質調査を実施した。平成21年度～22年度は福島大学や日本大学工学部、法政大学などと共同研究を実施し、湖の大腸菌や植生等の研究を行った。平成23年度からは、湖岸部の現況把握や植生分布調査並びに湖岸部の変化を画像資料として蓄積しておくこと等を目的にヘリコプターによる猪苗代湖岸の空中撮影を実施している。また、これらの調査研究については、「猪苗代湖の水環境保全セミナー」等を開催し、成果を広く県民に報告している。

調査研究

みんなで守る猪苗代湖の水質一斉調査

調査日 平成20年9月11日
 参加機関 産学民官の40機関
 調査地点 湖内・流入河川等155地点
 調査項目 pH、CODなどの水質、衛星観測他

猪苗代湖岸の空中撮影

目的 湖岸部の現況把握
植生分布調査
湖岸部の変化を画像資料として蓄積
 調査内容 ヘリコプターを使用して空中撮影
及び画像の解析
 平成23年度～継続

[猪苗代湖北部水域]

実践活動としては、平成22年度から湖岸の漂着水草回収作業に力を入れて実施している。猪苗代湖北岸は栄養塩類等が流入する河川や水路が多くあり、また水深が浅いため、水草が繁茂している。これらの水草が秋季から冬季にかけて岸辺に大量に打ち上げられ、腐敗し臭気を発したり、景観を損ねている。また、腐敗し湖水に溶けることでCOD源となったり、窒素、リンの溶出といった水質に対する影響が懸念されている。このため、腐敗する前に打ち上げられた水草を回収・除去するものである。また、回収した水草は堆肥化し資源とすることで、有機物の循環を計画している。活動は、ロータリー猪苗代湖水環境協議会と共催し、広くボランティアの参加を呼びかけて実施した。9月から11月の毎週土・日曜日に実施したところ、毎年、千名を超える参加者があり、回収量も年々増えている。

実践活動

猪苗代湖岸の漂着水草回収事業

目的 湖岸に打ち上げられた水草を回収し、猪苗代湖の水環境を保全する

活動時期 9月～11月初旬 毎週土・日曜日（平成22年度～）

活動者 ロータリー猪苗代水環境協議会と共催
広く県民の参加を呼びかけて実施



[打ち上げられた水草]





[回収活動後の湖岸]



[活動の様子]

[活動の実績]

	活動回数	参加者数	水草回収量
平成22年度	16回	1,289人	68.3m ³
平成23年度	20回	1,271人	123m ³
平成24年度	18回	1,695人	184.8m ³

3 まとめ

本研究協議会は、猪苗代湖の水環境の保全に向けて多くの県民の理解と協力を得て事業を進めることができた。このような住民参加の活動が猪苗代湖の水環境保全に大きく寄与するものと期待している。

また、本研究協議会は、民・産・学・官の協働によって様々な立場から調査研究を進めており、その成果を実践活動に反映させて、目標である猪苗代湖の水質の改善を実現し、県民運動として豊かな自然環境を保全する活動を定着させていきたい。

謝辞：実践活動に多くの皆さまの御参加をいただきましたこと、あらためて感謝申し上げます。

猪苗代湖に流入する河川水中の大腸菌群等の生残性について

福島県環境センター 渡邊 恵美

1. はじめに

近年、猪苗代湖の大腸菌群数が環境基準（湖沼 A 類型：1,000MPN/100ml）を超過する事例が見受けられる。福島県の行った水質測定結果¹⁾によると平成 22 年 8 月及び平成 23 年 9 月には 7,900MPN/100ml と高い値の大腸菌群数が検出されている。しかし、水中での大腸菌群等の挙動及び生残性は明らかになっていない。このため、猪苗代湖に流入水の約 60%を占める酸性河川である長瀬川及び大腸菌群の負荷量の多い小黒川の河川水を用いて、大腸菌群等の水中での生残性の確認を実験室内において行ったので報告する。

2. 調査方法

(1) 実験日時

平成 24 年 4 月

(2) 試料調整方法

長瀬川小金橋及び小黒川梅の橋で採取した検体はガラス繊維ろ紙（GF/F）でろ過後、孔径 0.45 μ m 滅菌済みメンブランフィルターでろ過した。

(3) 使用菌株

- ・ *Enterobacter cloacae* (ATCC No.13047)
- ・ *Esherichia coli* (ATCC No.8739)
- ・ *Serratia marcescens* (ATCC No.8100)

普通寒天培地で 36°C、約 20 時間塗末培養した各菌を、一定量滅菌済み生理食塩液に懸濁させた。MacFarland 濁度管 No1（約 3×10^8 個/ml）の濁度と同程度としたものを各懸濁原液とし、段階的に 1/1000 まで希釈したものを各希釈懸濁液（約 3×10^5 個/ml）とした。

(4) 試験操作

試料調整された長瀬川小金橋及び小黒川梅の橋で採水した検体を、それぞれ約 900ml ずつ 3 本分取し、その中に、*Enterobacter cloacae*、*Esherichia coli* 及び *Serratia marcescens* それぞれの希釈懸濁液を 1ml ずつ接種した。標準株入り調整試料を 200ml 滅菌済み採水瓶に約 200ml ずつ分注し、培養（条件：25°C、遮光、50rpm）を行った。接種直後、培養 3 時間後、6 時間後、24 時間後、48 時間後の生菌数（標準寒天培地で 24 時間培養）及び pH の測定を行った。

3. 結果及び考察

調査結果を表 1、図 1 及び図 2 に示す。

水中で大腸菌群数に影響を与える諸条件として、温度、pH 及び SS 等がある²⁾といわれているが、今回は温度を 25°C の一定状態にし、SS 分は除いた条件で実験を行った。

長瀬川は桧原湖を由来とする本来は中性河川であるが、旧硫黄鉱山の坑内排水と沼尻・中ノ沢温泉の源泉が流れ込む硫黄川を由来とする酸川との合流後は pH3~5 程度の酸性河川となる。長瀬川小金橋は、酸川との合流後約 12km 下流にあり、長瀬川河口の約 2.4km 上流の地点に位置している。平成 22 年度の大腸菌群数の調査結果が 2~2,400MPN/100ml¹⁾ 程度と通常の河川より低い値を示していた。今回の実験では、長瀬川小金橋に添加したすべての菌株で段階的な細菌数の減少がみられており 0 個/ml となるまで数時間以上かかることがわかった。長瀬川に酸性河川である酸川が合流してから長瀬川小金橋までの約 4~7 時間（流達時間）で pH4.4 程度の状態が続いたとしても、その時間内で大腸菌群等は減少するがすべては死滅しないと考えられた。このため、長瀬川小金橋の大腸菌群数は通常の河川より低い値を示していることが示唆された。

小黒川は、猪苗代町中心部を流れる全長約 4.5km の河川である。小黒川梅の橋は小黒川の下流に位置し、猪苗代湖に流入する直前の地点である。平成 22 年度に行った大腸菌群数の調査によると、上流の小黒川猪苗代市街地前で 1,600～10,000MPN/100ml、下流の小黒川梅の橋では 24,000～150,000MPN/100ml と下流の梅の橋で高い値の大腸菌群が検出された。今回の実験では、小黒川梅の橋の検水中に添加した *Enterobacter cloacae* 及び *Esherichia coli* は、培養 24 時間後から増加し、*Serratia marcescens* は接種直後から 48 時間後まで細菌数を維持していることが確認できた。小黒川上流から猪苗代湖までの流達時間(約 2～6 時間)を考えると、小黒川の上流部で流入した、*Enterobacter cloacae* 及び *Esherichia coli* 両者とも猪苗代湖に流入するまでに小黒川水中ではほとんど増殖していないものと推測される。

表 1.長瀬川小金橋及び小黒川梅の橋の生残性結果

検体名	長瀬川 小金橋						小黒川 梅の橋					
	<i>E. cloacae</i>		<i>E. coli</i>		<i>S. marcescens</i>		<i>E. cloacae</i>		<i>E. coli</i>		<i>S. marcescens</i>	
使用標準株名	生菌数 (個/ml)	pH	生菌数 (個/ml)	pH	生菌数 (個/ml)	pH	生菌数 (個/ml)	pH	生菌数 (個/ml)	pH	生菌数 (個/ml)	pH
接種直後	500	4.4	1,200	4.4	1,400	4.4	470	7.5	1400	7.5	1,700	7.5
3時間後	160	4.4	200	4.4	430	4.4	500	7.5	1,300	7.4	1,900	7.5
6時間後	57	4.4	79	4.4	280	4.4	460	7.5	1,400	7.4	1,700	7.5
24時間後	0	4.4	0	4.4	37	4.4	2,600	7.5	2,900	7.5	1,600	7.5
48時間後	0	4.4	0	4.4	5	4.4	7,500	7.5	7,200	7.5	1,800	7.5

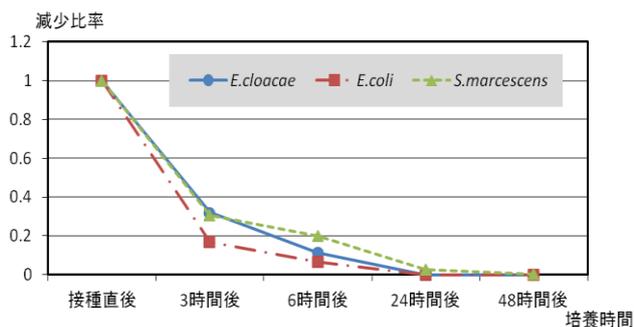


図 1.長瀬川小金橋における大腸菌群等の減少比率

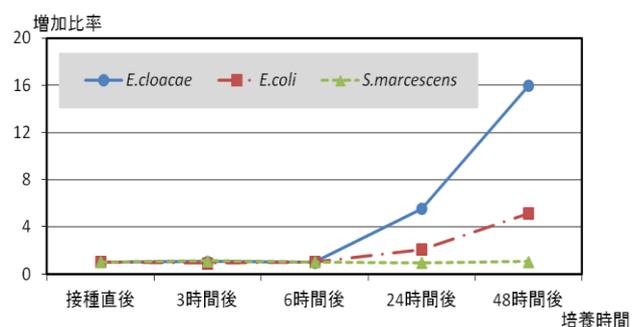


図 2.小黒川梅の橋における大腸菌群等の増加比率

4. まとめ

今回の実験から、pH7.5 (小黒川梅の橋) では、生菌数の維持又は増加が、pH4.4 (長瀬川小金橋) では生菌数の減少が各々認められた。利根川吾妻川水系の大腸菌群数について pH7 未満の地点における大腸菌群数の低下が明らかであるという上野²⁾の結果と同様な傾向がみられた。水中での細菌の挙動は複雑であり栄養塩濃度も異なる検体のため一概に比較はできないが、今回の標準株を用いた生残性については pH の影響が大きいと思われた。また、大腸菌群等は pH4.4 の条件でもすぐには死滅せず数時間は生存しており、長瀬川と酸川が合流してすぐに死滅するのではなく、減少はするが数時間生存していることがわかった。

今後は、猪苗代湖水を用いた同様な試験を行い、湖水においての大腸菌群数等の挙動を検討したい。

参考文献

- 1) 「水質年報 (平成 22 年度)」 「平成 23 年度公共用水域の水質測定結果」
福島県生活環境部水・大気環境課、
- 2) 「大腸菌群の周辺」 上野英世 用水と廃水(1977)

電子顕微鏡の利活用例について

福島県環境センター 古川 誠

1 はじめに

福島県では今年度より環境大気中のアスベスト濃度の測定を、アスベストモニタリングマニュアル（第4.0版）を技術的指針として行っている。昨年度まで指針としてきたアスベストモニタリングマニュアル（第3版）は、採取したろ紙を位相差顕微鏡法で観察して総繊維数を計数した後、生物顕微鏡法でクリソタイルを除いた繊維数を計数し、両者の差を求めることによってアスベスト繊維数を測定していたが、第4.0版では位相差顕微鏡法で総繊維数を計数し、1本/Lを超過した場合に電子顕微鏡法でアスベストを同定し計数することとしている。アスベストの同定は、電子顕微鏡で計数対象の繊維かどうか判断し、計数対象繊維は全てエネルギー分散型X線検出装置（EDX 検出装置）を用いて構成成分を確認し、識別する。

電子顕微鏡は試料を高倍率で観察でき、EDX 検出装置による成分分析も可能であることから、環境大気中のアスベスト濃度の測定以外にも幅広く応用可能である。電子顕微鏡を活用した事例として、①河川白濁の原因究明、②廃棄物最終処分場でサンプリングされた未知試料の同定について紹介する。

2 環境大気中のアスベスト濃度の調査方法

(1) 試料採取

ア 一般環境大気

捕集回数は3回を一連の測定とし、原則連続する3日間捕集する。

調査は毎月1回実施する。

イ 特定粉じん排出等作業（大防法）及び解体現場（建設リサイクル法）

作業現場の敷地境界の2地点（集じん・排気装置の排出口に最も近い1地点及び主風向の風下1地点）で捕集する。

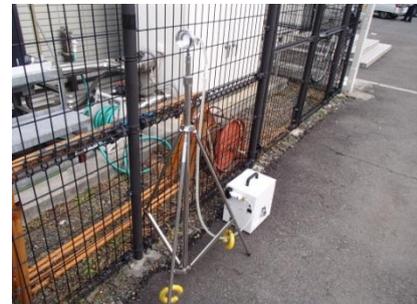


図1 試料採取の様子

(2) 分析方法

- ① 位相差顕微鏡法で総繊維数濃度を計測する。
- ② 総繊維数濃度が1本/Lを超過した場合は電子顕微鏡法でアスベストを同定し計数する。



図2 電子顕微鏡

(3) 電子顕微鏡法での分析例

電子顕微鏡で計数対象の繊維かどうか判断する。計数対象繊維は、以下の条件を満たす繊維とする。

- ・長さ：5 μm 以上
- ・幅：0.2 μm 以上3 μm 未満
- ・アスペクト比：3以上（長さ／幅 \geq 3）

繊維の計数は、倍率1000倍で検鏡した視野の数が300視野になるまで、あるいは繊維数が40本以上になるまで行う。

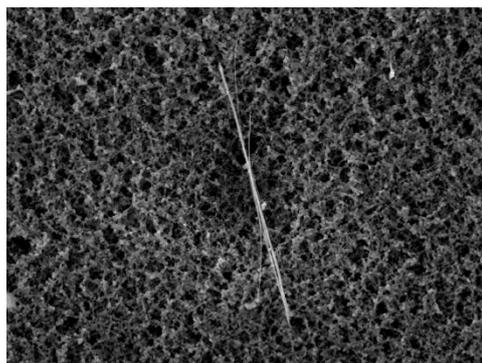


図3 電子顕微鏡による繊維の観察画像

計数対象繊維は、全てEDX検出装置を用いて構成成分を確認し、次の5つの区分に識別する。

- ① クリソタイル
- ② アモサイト
- ③ クロシドライト
- ④ その他の角閃石系アスベスト
(アンソフィライト、トレモライト、アクチノライト)
- ⑤ その他の繊維
(硫酸カルシウム、ロックウール、グラスウール等)

アスベストの種類ごとに特徴的なEDXスペクトルを示すので、ほとんどの場合、スペクトルからアスベストの種類を同定できる。

図4は図3の繊維のEDXスペクトルであり、クロシドライトのEDXスペクトルの特徴と一致する。

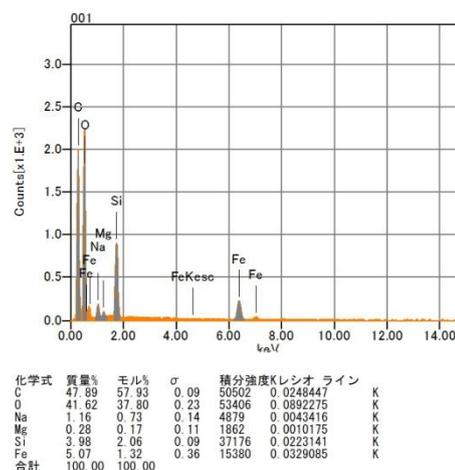


図4 図3の繊維のEDXスペクトル

3 電子顕微鏡の利活用例

(1) 河川白濁の原因究明

住民から河川が白濁しているとの通報があり、県中地方振興局が付近を調査した。調査の結果、付近の工場で床の清掃作業を行っており、その作業でシリコンメタクリル酸共重合体が流出した可能性が浮上した。その工場が原因者とみられたことから、環境センターに工場下流の河川水の分析を依頼された。

白濁の原因物質を特定するため、浮遊物質量(SS)を測定したろ紙から浮遊物質を採取し、電子顕微鏡で観察した(図5)。

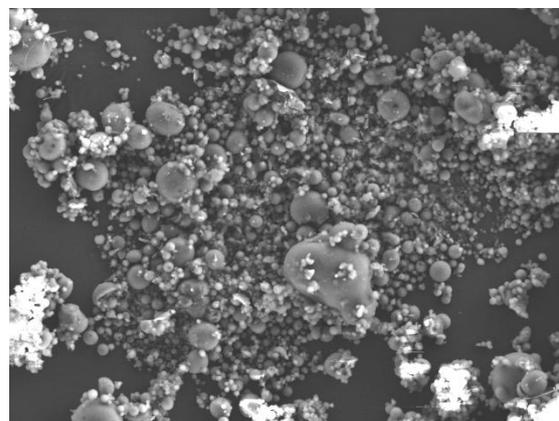


図5 電子顕微鏡によるサンプルの観察画像

観察により浮遊物質には人工物と思われる球体が多量に含まれていることを確認した。球体の成分分析を行ったところ、主成分はけい素・酸素・炭素であった（図6、図7）。

これらの観察結果及び成分分析結果により白濁の主成分が工場由来の化学物質（シリコンメタクリル酸共重合体）である可能性が高いことが確認できた。

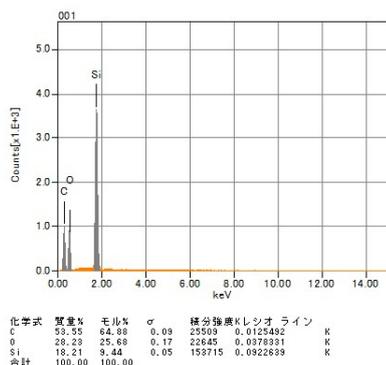


図6 観察画像内の球体のEDXスペクトル

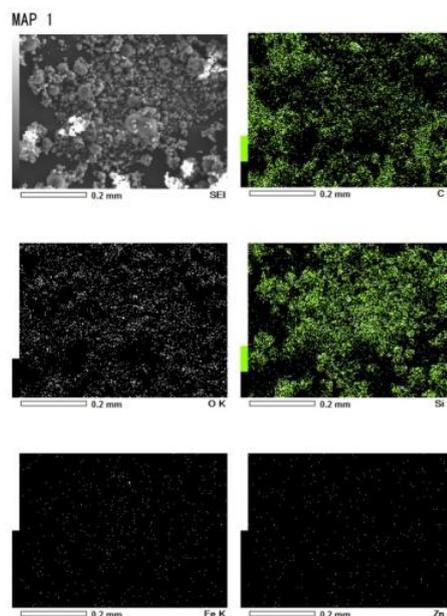


図7 画像上の成分元素のマッピング

(2) 廃棄物最終処分場でサンプリングされた未知試料の同定

ある産業廃棄物最終処分場跡地でボーリング調査を行ったところ、繊維状物質を団子状に丸めて固めた廃棄物が発掘された。埋め立てられた年代から、繊維状物質がアスベストである可能性が疑われたため、産業廃棄物課より分析を依頼された。

電子顕微鏡による観察及びEDXスペクトルによる成分分析の結果、繊維状物質の主成分はアスベスト(石綿)ではなく、ロックウール(岩綿)であることが判明した。



図8 サンプリングされた繊維状物質

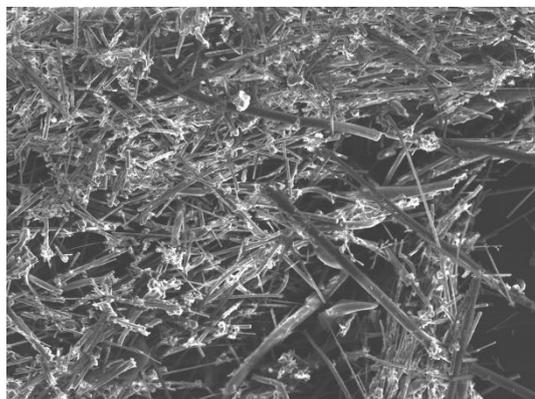


図9 電子顕微鏡による観察画像

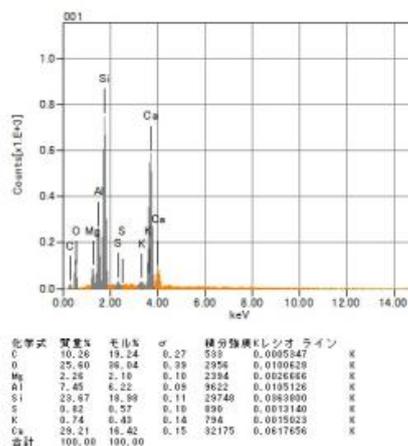


図10 繊維のEDXスペクトル

4 電子顕微鏡の原理

環境センターで導入した走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope:SEM) は電子線 (電子ビーム) を試料に当てたときに発生する二次電子等を利用して試料の形状を観察する。また、EDX 検出装置は試料に電子線を当てたときに発生する特性 X 線を利用して成分元素を分析する。

実際にはまず、前処理として試料を台座に載せ、電子を当てたときに帯電しないようカーボン等で蒸着する。次に、カーボン等で蒸着した試料を電子顕微鏡の試料室に台座ごとセットし、試料室内を高真空状態にして観察する。

従って、観察する試料はカーボン等での蒸着により帯電しない試料に加工できるものであり、試料室内での乾燥・高真空状態でも変性しない (形状が変化しない、ガス等が発生しない) ものである必要がある。また、試料室の広さの制限から、台座に載せる試料の厚さは数ミリ程度が限度である。これらの条件を満たす試料 (もしくは加工可能) であれば、電子顕微鏡による分析が可能である。

5 まとめ

今回の事例で紹介した河川白濁の原因究明では、高倍率で試料を観察した結果、人工物と思われる球体が多量に含まれることの確認ができ、原因究明調査の参考資料とすることができた。また、廃棄物最終処分場でサンプリングされた未知試料の同定では、EDX 検出装置による試料の成分分析により繊維状物質の主成分を同定できた。これらの事例で紹介したように、電子顕微鏡による高倍率での観察画像や成分分析結果は環境調査等の参考資料として非常に有益であり、今後もこれらの機能を駆使して環境行政に大いに役立てたい。

煙道排ガス調査における留意点について

福島県環境センター ○寺内浩晃、鈴木昌子

1 はじめに

県では廃棄物焼却炉等についてのダイオキシン類の排出基準の遵守状況を確認するため、基準適用施設を有する事業場に対して立入検査を実施している。

平成24年度は、6地点の廃棄物焼却炉において県直営の調査として環境センターが煙道排ガス調査の試料採取・分析を実施した。この煙道排ガス調査を実施したなかで発生した不具合と、その対応の状況について報告する。

2 煙道排ガス調査で発生した不具合とその対応状況について

(1) 煙道排ガス調査の作業の流れと発生した不具合について

図1に煙道排ガス調査の作業フローを示す。

煙道排ガス調査においては、採取管の吸引ノズルの径や吸引速度等の試料採取の条件を設定するために、煙道内部の流速や水分等を事前に測定する必要がある。その測定の後、設定した試料採取の条件を用いてダイオキシン類、塩化水素及びばいじんの試料の採取をそれぞれ行うこととなる。

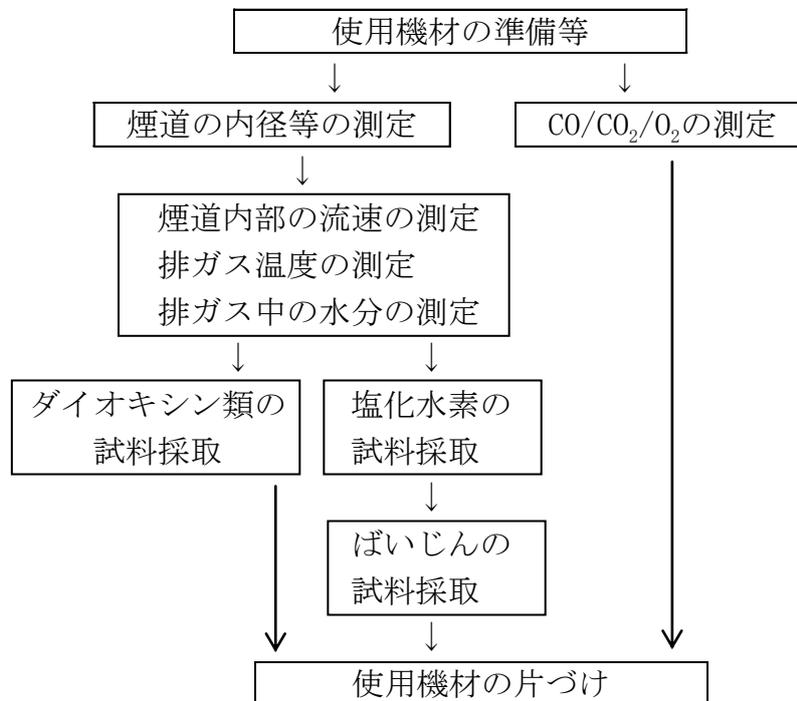


図1 煙道排ガス調査の作業フロー

この一連の作業の中で発生した主な不具合は以下のとおりである。

- ①流速測定の際に、煙道内部の流速が速すぎたため、測定に使用していた傾斜マノメータの指示値が振り切れた。
- ②熱電対の接触不良や断線が生じたため、温度測定に支障が発生した。
- ③測定孔から測定車までの距離が長く、測定孔と測定機材をつなぐホースの長さが足りなかったため、一部機材を移動する必要が発生した。
- ④測定に使用可能な測定孔が1つしかないうえに、測定孔の径が小さかったため、同時に複数の採取管を使用することができなかった。
- ⑤試料の採取中に吸引ガス量の変動したことにより、自動等速吸引装置に異常が発生し、等速吸引に支障が生じた。

不具合の内容は、①、②のように使用機材の設定変更や、不良のあった部品の交換等で対応が可能であったものから、③、④のように煙道周辺の作業環境が原因となって作業時間の遅延が発生する場合のように、多様なものがあった。

(2) 試料の等速吸引に関する不具合とその対応について

(1)で挙げた不具合の中で、⑤の不具合は場合によっては対応のため試料の吸引を中断する必要が発生するなど、作業に与える影響が大きく発生の頻度も高かった。この不具合は試料の採取中に吸引ガス量の変動したことにより発生していると考えられ、その発生要因は以下のとおりである。

○要因1

まず一つ目の発生要因としては、試料を吸引するホースの内部に水分がたまっていたことが挙げられる。自動等速吸引装置は流量制御のため、採取管と複数のホースで接続されている。自動等速吸引装置から排ガスの測定孔まではある程度の距離があるため、ホースがたるんでしまう部分や屈曲する部分が生じる場合がある。そのような部分には排ガス中の水分がたまりやすいため、たまった水が流路を狭めたことにより、吸引流量が変動し自動等速吸引装置に異常が発生したものと考えられる。

[対応]

この現象への対応として、以下のことを行った。

- ・なるべくホースにたるみが生じないように配置する。
- ・定期的にホースを振動させ、ホース内部に水がたまらないようにする。

○要因2

もう一つの発生要因として、採取管内部にある円筒ろ紙が外れ流路をふさいでしまったことが挙げられる。ダイオキシン類のサンプリングに使用する採取管には排ガス中のばいじんを捕集するため、フィルタ捕集部に円筒ろ紙が取り付けられている。排ガス中の水分が多い場合や、フィルタ捕集部の温度が低くなる場合

には、円筒ろ紙に水分が付着してしまい、ガスの通りが悪くなり圧力差が大きくなるために円筒ろ紙が外れてしまう現象が発生した（参考：写真1）。この外れた円筒ろ紙が流路の障害となり、吸引流量が変動してしまい正常な吸引ができなくなってしまった。

〔対応〕

この現象が発生した場合、一旦試料の吸引を停止して円筒ろ紙を交換することが必要となる。フィルタ捕集部には、リボンヒーターを巻き加熱することで水分の付着を防いでいるが、フィルタ捕集部が120℃以上になると捕集されたばいじんと排ガスの接触によりダイオキシン類が二次生成する可能性があるため、強い加熱は測定結果に影響を及ぼすことが懸念される。

そのためこの現象への対応として、写真2のようにフィルタ捕集部前に空のインピンジャーを接続することによって、フィルタ捕集部の手前で排ガス中の水分を除去し、円筒ろ紙への水の付着を防ぐことを行った。

この対策により、円筒ろ紙が外れることを防止することができたが、排ガス中のばいじんが多い場合ではフィルタ捕集部前に接続したインピンジャー内部にばいじんがたまり内部の水が濁る現象が発生した。そのような現象が発生した場合、採取後の前処理の段階でインピンジャー内部にたまった水をろ過し、水とばいじんを分離してそれぞれを前処理することで対応した。



写真1 円筒ろ紙が外れたフィルタ捕集部の状況

3 今後の対応について

煙道排ガス調査では、ダイオキシン類、硫黄酸化物、ばいじん、塩化水素、窒素酸化物及び一酸化炭素が検査項目となっている。この測定項目のなかでダイオキシン類は試料採取に4時間以上吸引することが必要となり、試料採取の時間が最も長くかかることとなる。そのため、ダイオキシン類の試料採取を速やかに開始することが、煙道排ガス調査全体に要する作業時間を短縮させ、迅速な調査につながると考えられる。今年度の調査では、試料採取前の準備段階で発生する不具合により試料の採取が遅れる事例や、不具合により試料の採取を一時中断する必要がある事例等、作業時間に支障が生じることが多く見られた。

今年度の調査で発生した不具合に対する対応・改善等を次回以降の調査に活かすことで、円滑に作業を進めることができるように努めていくこととしたい。



写真2 ダイオキシン類の試料採取状況

福島県環境センター年報
第16号（平成24年度）

発行年月 平成26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。